طراحی سازه های بتنی

ویژه آزمون محاسبات

ویرایش بهار ۹۷

مسعود حسین زاده اصل

بنام خدا

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۱-۱- مشخصات مصالح ۲

۲- تیرها ۶

۲-۱- مفاهیم ۶

۲-۲- مقاومت خمشی ۱۱

۲-۳- آرماتور طولی حداکثر و بالانس ۱۵

۲-۴- آرماتور طولی حداقل ۲۵

۲-۵- فولاد فشاری ۳۳

۲-۶- تیر T شکل ۳۸

۲-۷- تیرچه بلوک ۴۳

۲-۸- ضوابط لرزه ای میلگرد طولی ۴۵

۲-۹- فواصل میلگردها ۴۷

۳- برش ۴۹

۳-۱- مفاهیم ۴۹

۳-۲- مقاومت برشی بتن ۵۱

۳-۳- مقاومت برشی خاموت ۵۷

۳-۴- خاموت حداقل ۶۰

۳-۵- خاموت حداکثر ۶۱

۳-۶- فواصل خاموت ها ۶۲

۳-۶-۱- ضوابط عمومی (تیر و ستون) ۶۲

۳-۶-۲- ضوابط لرزه ای (تیر) ۶۳

۳-۷- مقطع بحرانی برش ۷۴

۳-۸- ضوابط مهار خاموت ها و تنگها و خم آنها ۷۵

۴- ستونها ۷۹

۴-۱- معیار ستون بودن ۷۹

۴-۲- مرکز پلاستیک ۸۱

۴-۳- مقاومت فشاری-خمشی (اندرکنش P-M) ۸۳

۴-۴- فواصل میلگرد طولی ۸۹

۴-۵- مهار جانبی میلگردهای طولی ۹۴

۵- فاصله تنگها و دورپیچ در ستونها ۹۶

۵-۱- تنگها ۹۶
۵-۲- دورپیچ ۱۰۴
۶- ضوابط لرزه ای ۱۰۸
۶-۱- برش لرزه ای ۱۰۸
۷- برش اصطکاک ۱۱۲
۸- اثرات لاغری ۱۱۶
۸-۱- مفاهیم ۱۱۶
۸-۲- تشدید لنگر در ستونهای قابهای مهار شده ۱۱۷
۸-۳- تشدید لنگر سازه مهار شده ۱۱۹
۸-۴- تشدید لنگر سازه مهار نشده ۱۲۲
۹- طول مهاری ۱۲۵
۹-۱- مفاهیم ۱۲۵
۹-۲- میلگرد کششی بدون قلاب ۱۲۶
۹-۳- مهار میلگرد کششی با قلاب ۱۲۸
۹-۴- طول گیرایی میلگرد فشاری ۱۳۲
۹-۵- ضوابط قطع میلگرد ۱۳۳
۱۰- وصله میلگردها ۱۳۶
۱۱- گروه میلگرد ۱۴۲
۱۱-۱- طول گیرایی گروه میلگرد ۱۴۲
۱۲- دال ۱۴۳
۱۲-۱- مفاهیم ۱۴۳
۱۲-۲- بازشو در دال ۱۴۸
۱۲-۳- کتیبه ۱۵۰
۱۲-۴- انتقال لنگر از دال تخت به ستون ۱۵۱
۱۲-۵- آرماتور گذاری حداقل در دالها ۱۵۳
۱۳- برش پانچ ۱۵۴
۱۴- پیچش ۱۶۰
۱۴-۱- مقدمه ۱۶۰
۱۴-۲- مقاومت پیچشی ۱۶۱
۱۴-۳- پیچش نامعین ۱۷۲
۱۵- خیز و ترک ۱۷۷
۱۵-۱- روابط دقیق ۱۷۷

۱۵-۲- عرض ترک ۱۸۵
۱۵-۳- لنگر ترک خوردگی مقطع ۱۸۹
۱۶- دیوارها ۱۹۶
۱۶-۱- آرماتور حداقل ۱۹۶
۱۶-۲- مقاومت برشی دیوار برشی ۱۹۸
۱۶-۳- ضوابط لرزه ای دیوار برشی ۲۰۲
۱۶-۴- آرماتور حداقل در دیوارهای برشی ۲۰۳
۱۶-۵- اجزای لبه ۲۰۵
۱۷- تیر همبند ۲۰۹
۱۸- گره اتصال ۲۱۲
۱۹- ضوابط ویژه لرزه ای ۲۱۹
۱۹-۱- محدودیتهای هندسی تیرها (اعضای خمشی) ۲۱۹
۱۹-۲- محدودیتهای هندسی ستونها (اعضای تحت فشار و خمش) ۲۲۱
۱۹-۳- ضابطه تیر ضعیف ستون قوی ۲۲۲
۲۰- پی ۲۲۴
۲۰-۱- آرماتور حداقل در پی ها ۲۲۴
۲۱- تبدیل مقاومت ۲۳۲
۲۲- خلاصه روابط ۲۳۴

۱-مقدمه

داوطلب گرامی ضمن آرزوی پیروزی برای شما قبل از استفاده از جزوه مطالب زیر را مطالعه بفرمایید:

- ✓ این کتاب کار ویژه تدریس سرکلاس و افزایش سرعت تدریس تهیه شده و کامل نیست. کتاب به مرور زمان ویرایش و تکمیل خواهد شد (تاریخ ویرایش در قسمت فوقانی صفحات درج شده است).
- ✓ برای اطلاع از برنامه های آموزشی و زمانبندی دوره ها به www.hoseinzadeh.net مراجعه کنید.
- ✓ استفاده از متن و یا تصاویر این کتاب با ذکر منبع آن (www.hoseinzadeh.net) بلامانع است.
- ✓ کانال تلگرام: جهت آگاهی از کلاسهای نظام مهندسی اینجانب و نیز مشاهده پرسش و پاسخهای انجام شده در زمینه آزمون محاسبات می توانید در کانال تلگرام زیر عضو شوید:

لینک عضویت در کانال عمومی:	https://telegram.me/hoseinzadehasl
ارسال سوال از طریق کانال عمومی:	https://telegram.me/mhoseinzadehasl
لینک عضویت در کانال اختصاصی آزمون محاسبات:	https://telegram.me/nezam_hoseinzadehasl
ارسال سوال از طریق کانال اختصاصی آزمون محاسبات:	https://telegram.me/nezam_mhoseinzadehasl

- ✓ مسلما جزوه خالی از اشتباه نیست. در صورتی که به اشتباهی برخوردید، ممنون می شوم که از طریق کانال تلگرام اطلاع دهید تا در ویرایش بعدی اصلاح شود.
- ✓ علاوه بر این جزوه، مطالب مفید دیگر را می توانید از سایت اینجانب (www.hoseinzadeh.net) دانلود نمایید.

مسعود حسین زاده اصل

ویرایش اول: ۱۳۹۳/۱۰
ویرایش فعلی: ۱۳۹۷/۳

۱-۱- مشخصات مصالح

۹-۱۳-۷ مشخصات مصالح

۹-۱۳-۷-۱ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^3، از رابطه (۹-۱۳-۱) تعیین می‌گردد:

$$E_c = (۳۳۰۰\sqrt{f_c} + ۶۹۰۰)(\frac{\gamma_c}{۲۳})^{۱/۵} \qquad (۹-۱۳-۱)$$

۹-۱۳-۷-۲ در تحلیل خطی مقدار $E_S = ۲\times۱۰^۵$ مگاپاسکال منظور می‌شود.

۹-۱۳-۷-۳ ضریب انبساط حرارتی بتن معادل $(۱/°C)$ $۱۰^{-۵}$ در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۳-۷-۴ ضریب پواسون به ترتیب برابر با ۰/۱۵ برای بتن معمولی و ۰/۲ برای بتن با مقاومت بالا و ۰/۳ برای فولاد است.

۹-۱۳-۷-۵ برای ساختمان‌های بتن‌آرمه، بتن رده $C۲۰$ و بالاتر و برای ساختمان‌های بتن پیش تنیده، بتن رده $C۳۰$ و بالاتر به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفته می‌شود.

۹-۲۳ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

۹-۲۳-۲-۳ مشخصات مصالح

۹-۲۳-۲-۳-۱ بتن مورد استفاده در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای ساختمان‌های با شکل پذیری زیاد باید از رده C۲۵ و یا بالاتر و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط از رده C۲۰ و یا بالاتر باشد.

۹-۲۴-۵ مشخصات بتن مصرفی

نظر به اهمیت تنش‌های حاصل از نیروی پیش‌تنیدگی، حداقل رده بتن مصرفی C۳۰ می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه تغییر شکل‌های بتن نقش قابل ملاحظه‌ای در تغییرات نیروی پیش‌تنیدگی دارند، مقدار این تغییرشکل‌ها باید بر حسب زمان مشخص شود.

۹-۱۳-۷-۶ رده میلگردهای به کار برده در قاب‌ها و اجزای لبه‌ای دیوارهای مقاوم در برابر زلزله و همچنین فولادهای دورپیچ ستونها و فولادهای عرضی پیچشی و برشی و برش اصطکاکی نباید بالاتر از رده $S۴۰۰$ باشند.

۹-۱۳-۷-۷ استفاده از میلگردهای ساده به عنوان میلگرد سازه‌ای فقط در دور پیچ‌ها مجاز می‌باشد.

۹-۱۳-۷-۸ ضریب λ که جهت اعمال شرایط استفاده از بتن سبک می‌باشد، به شرح زیر تعیین می‌گردد:

الف) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) سبک و سنگدانه‌های درشت (شن) سبک: $\lambda = ۰/۷۵$

ب) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) سبک و سنگدانه‌های درشت (شن) معمولی: ۰/۸۵ تا $\lambda = ۰/۷۵$

مقدار دقیق λ با درون‌یابی خطی بر حسب درصد حجمی جایگزینی سنگدانه‌های ریز تعیین می‌شود.

پ) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) معمولی و سنگدانه‌های درشت (شن) سبک: ۱ تا $\lambda = ۰/۸۵$

مقدار دقیق λ با درون‌یابی خطی بر حسب درصد حجمی جایگزینی سنگدانه‌های درشت تعیین می‌شود.

ت) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) معمولی و سنگدانه‌های درشت (شن) معمولی: $\lambda = ۱$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۸۳- پایه ۲

۳۸- در طراحی سازه یک ساختمان ۱۲ طبقه با سیستم قاب خمشی با شکل‌پذیری زیاد از آرماتور AIII استفاده شده است. در زمان اجرای سازه، آرماتور خریداری شده دارای حد جاری شدن ۶۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است، استفاده از این آرماتور:

۱) بهتر بوده و ایمنی ساختمان را در برابر زلزله افزایش می‌دهد.

۲) مجاز نبوده و ایمنی ساختمان را در برابر زلزله ممکن است کاهش دهد.

۳) اقتصادی و مقرون به صرفه نیست.

۴) گزینه ۱ و ۳ صحیح می‌باشد.

طبق بند ۹-۱۳-۷-۶ گزینه ۲ صحیح است.

اصلاحیه شماره یک ویرایش سال ۱۳۹۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه)

استفاده از میلگرد های A4 با تنش تسلیم ۵۰۰ و ۵۲۰ مگاپاسکال، که در استاندارد ملی۳۱۳۲(تیرماه۱۳۹۲) به ترتیب به عنوان میلگردهای آج ۵۰۰ وآج ۵۲۰ خوانده می شوند، در طراحی و ساخت همه انواع سازه های ساختمانی (سازه های غیر ساختمانی را شامل نمی شود) بتن آرمه، به جز دیوارهای برشی ویژه و قاب های خمشی ویژه، در صورت احراز شرایط زیر به تصویب رسید .

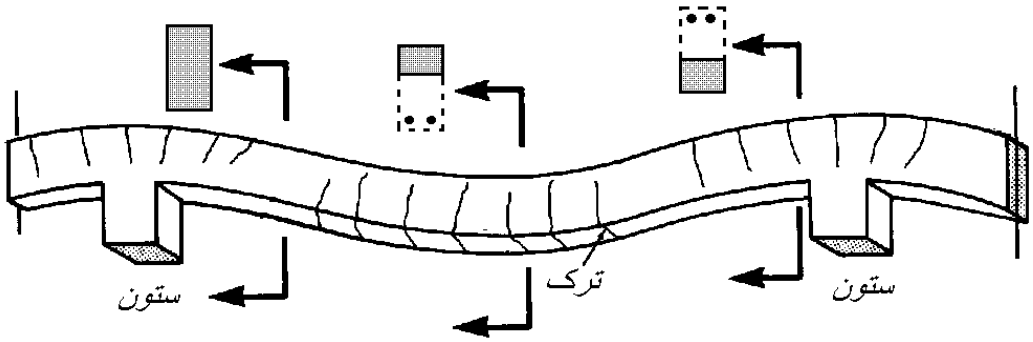
۱- میلگرد دارای آج های عرضی دوکی شکل در دو طرف آج طولی بوده (مطابق شکل ۹ استاندارد ملی ۳۱۳۲) وخصوصیات عمومی مندرج در استاندارد ملی ۳۱۳۲ (تیر ماه ۱۳۹۲) را نیز داشته باشد.

۲- شکل پذیری میلگرد حداقل در حد مورد انتظار برای میلگرد A3 باشد، به طوری که میزان ازدیاد طول نسبی آن در طولی معادل ۵ برابر قطر، حداقل ۱۶٪ باشد.

۳- در تولید میلگرد، از شمش با کربن بالا استفاده نشود. روش تولید میلگرد، تکنولوژی ترمکس بوده وکربن معادل (CE) میلگرد، حداکثر ۰/۵ باشد.

۴- کارخانه تولید کننده میلگرد، گواهی سازمان ملی استاندارد را برای تولید میلگرد های آج ۵۰۰ وآج ۵۲۰ اخذ نموده ونشان کارخانه و رده میلگرد را بر آن حک کرده باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



۹-۱۳-۸-۴ اثر ترک‌خوردگی

در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده به نحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک‌خوردگی با توجه به تغییر شکل‌های محوری و خمشی و آثار دراز مدت باید محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک‌خوردگی می‌توان:

- در قاب‌های مهار نشده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۷ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- در قاب‌های مهار شده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۵ و ۱ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.

سختی خمشی دیوارها در هر دو جهت را در صورتی که ترک خورده باشند۰/۳۵ و در غیر این صورت ۰/۷ برابر سختی خمشی مقطع کل منظور نمود.

محاسبات ۹۲

۲۴- در تحلیل یک قاب خمشی بتن مسلح در برابر بار زلزله، فرض مناسب برای سختی مؤثر تیر و ستون جهت طراحی اعضای سازه به ترتیب متناسب است با:

۱) EI_g و EI_g

۲) $0.5EI_g$ و EI_g

۳) $0.35EI_g$ و $0.7EI_g$

۴) $0.7EI_g$ و EI_g

گزینه ۳.

دقت شود که برای محاسبه دوره تناوب باید سختی اعضا مطابق گزینه ۲ باشد (به استاندارد ۲۸۰۰ مراجعه شود).

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۳-۱۰ طراحی در حالت حدی نهایی مقاومت

کلیه اجزای سازه‌ای باید در حالت حدی نهایی مقاومت محاسبه شوند و در هر مقطع باید رابطه عمومی (۹-۱۳-۲) همواره برقرار باشد.

$$S_u \le S_r \qquad (۹-۱۳-۲)$$

در این رابطه S_u نیروی داخلی ایجاد شده در مقطع و S_r نیروی مقاوم عضو در مقطع مورد نظر است.

۹-۱۳-۱۰-۱ نیروی مقاوم S_r

۹-۱۳-۱۰-۱-۱ نیروی مقاوم مقطع باید متناسب با مشخصات هندسی و مکانیکی مقطع عضو در برابر آن نیرو و با توجه به شرایط تعادل نیروها و سازگاری تغییر شکل‌ها محاسبه شود.

در تعیین این نیرو ضوابط ذکرشده در فصول مختلف این مبحث برای قطعات تحت اثر خمش، برش، خمش و فشار یا کشش، پیچش و آثار مربوط به لاغری و پیوستگی و مهاری باید در نظر گرفته شود.

۹-۱۳-۱۰-۱-۲ برای‌محاسبه نیروی مقاوم S_r، مقادیر مقاومت‌های مشخصه بتن و فولاد در ضرایب ایمنی جزئی به شرح (الف) تا (ج) این بند، ضرب می‌شوند:

الف) ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن در قطعات درجا ϕ_c = ۰/۶۵

ب) ضریب ایمنی جزئی مقاومت بتن در قطعات پیش‌ساخته ϕ_c = ۰/۷

ج) ضریب ایمنی جزئی مقاومت فولاد ϕ_s = ۰/۸۵

در موارد استثنائی مقادیر ϕ برای هر حالت ارائه شده‌اند. روابط ارائه شده در این مبحث با فرض ϕ_c = ۰/۶۵ می‌باشد.

تبصره: در شرایطی که در یک عضو حاشیه ایمنی بیشتری مورد نیاز باشد یک ضریب ایمنی مکمل ϕ_n نیز بر مقاومت نهایی مقطع اعمال می‌گردد.

۹-۱۳-۱۱ کنترل در حالت حدی بهره برداری

کنترل اعضای مختلف سازه‌ای در دو حالت حدی تغییرشکل و ترک‌خوردگی، بر اساس مطالب مندرج در فصل هفدهم تحت اثر ترکیبات بار حالت حدی بهره برداری انجام می‌شود.

در محاسبات حالت حدی بهره‌برداری، با رعایت نکات مندرج در بند ۹-۱۷-۳-۲-۱، با حذف بارهای اتفاقی، ضرایب ایمنی جزئی بارهای سرویس برابر واحد منظور می‌شود، همچنین ضرایب مقاومت φ_m متناسب با مطالب فصل هفدهم اختیار می‌شود.

محاسبات ۹۴

۵۳- حداکثر نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن برای عملکرد دوطرفه یک شالوده‌ی پیش‌ساخته، چه تفاوتی با مقدار متناظر آن در یک شالوده‌ی با بتن درجا دارد؟ (فرض کنید ابعاد و رده بتن هر دو نوع شالوده یکسان می‌باشد.)

(۱) در شالوده‌ی با بتن پیش‌ساخته، حدود 8 درصد بیشتر از شالوده‌ی با بتن درجاست.
۲) در شالوده‌ی با بتن پیش‌ساخته، حدود 5 درصد کمتر از شالوده‌ی با بتن درجاست.
۳) در شالوده‌ی با بتن پیش‌ساخته، حدود 5 درصد بیشتر از شالوده‌ی با بتن درجاست.
۴) هیچ تفاوتی ندارد.

گزینه ۱

تنها تفاوت مربوط به ضریب کاهش مقاومت می باشد. بنابراین نسبت مقاومت ها برابر خواهد بود با:

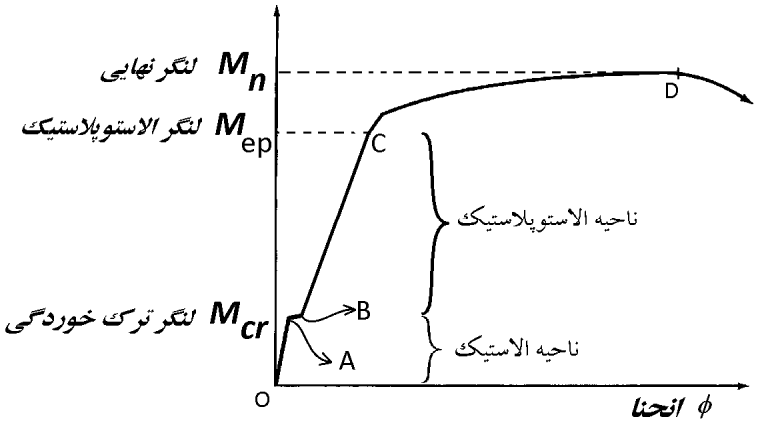
$$\frac{V_{\text{پیش ساخته}}}{V_{\text{درجا}}} = \frac{0.7}{0.65} = 1.0769$$

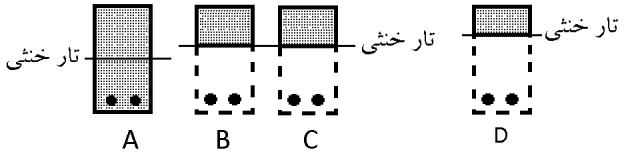
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲-تیرها

۲-۱- مفاهیم

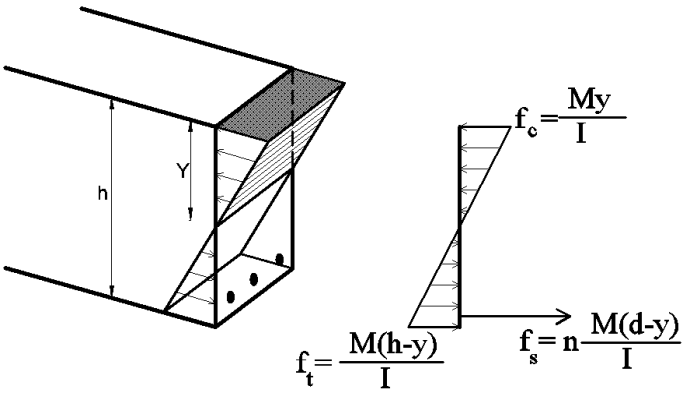
سه فاز مختلف در نمودار لنگر انحنا چیست؟



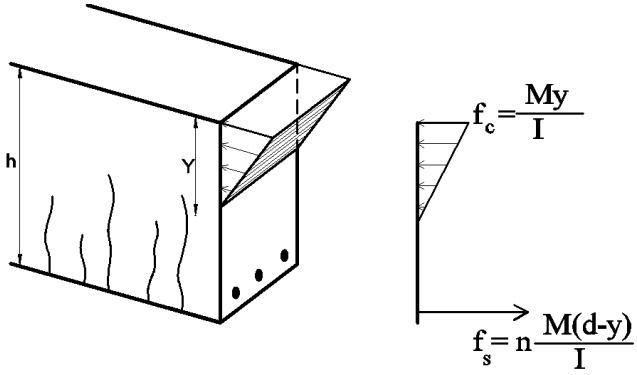


انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

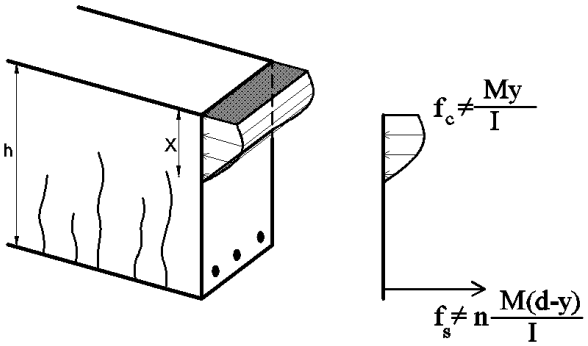
مشخصات فاز یک (الاستیک):



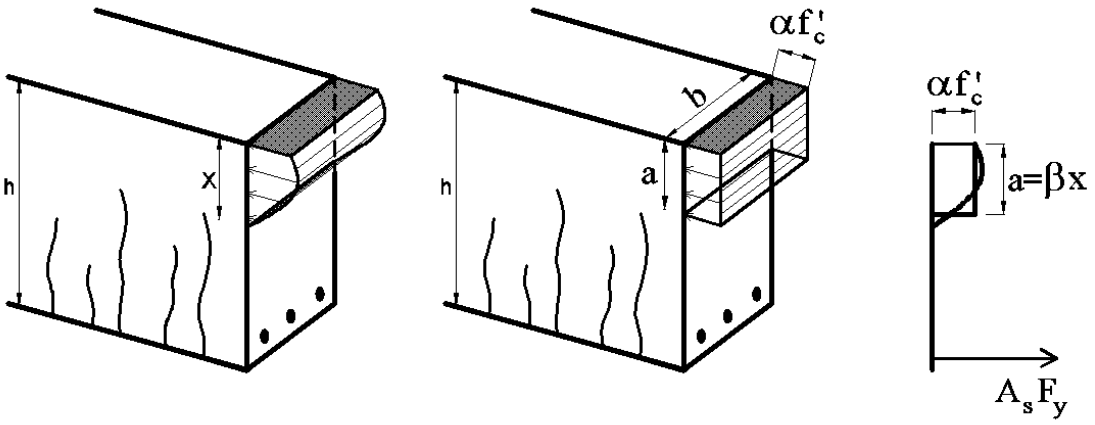
مشخصات فاز دو (الاستوپلاستیک):



مشخصات فاز سه (پلاستیک):



ضوابط مقاومت مصالح در کدام نواحی صادق است؟

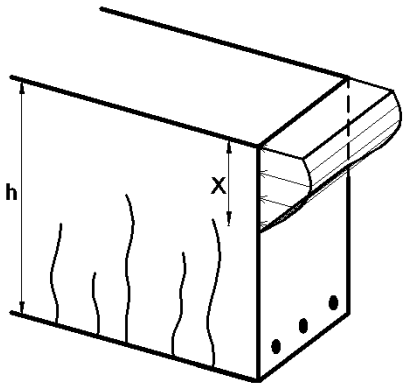


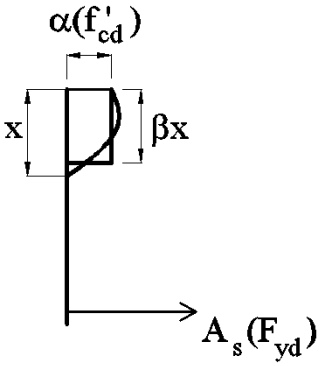
تار خنثی در تیرها در حد نهایی

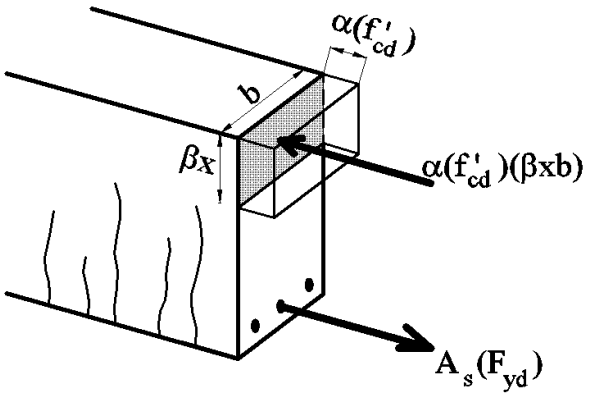
۹-۱۴-۳ فرضیات طراحی مقطع

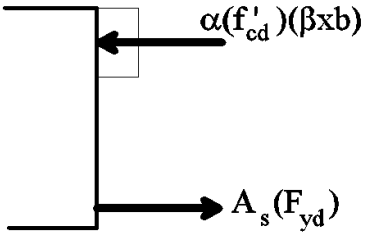
۹-۱۴-۳-۶ ضوابط بند ۹-۱۴-۳-۵ را می‌توان به وسیله یک توزیع تنش یکنواخت عمود بر مقطع با مقدار $\alpha_1\varphi_c f_c$ که سطح تأثیر آن، سطح محدود شده در ناحیه فشاری مقطع بین کناره‌های مقطع و خطی به موازات محور خنثی به فاصله $\beta_1 x$ از دورترین تارفشاری می‌باشد، معادل نمود. ضرایب α_1 و β_1 وابسته به مقدار f_c مطابق روابط (۹-۱۴-۳) بدست می‌آیند:

$$\alpha_1 = ۰/۸۵ - ۰/۰۰۱۵ f_c \qquad (۹-۱۴-۳)$$
$$\beta_1 = ۰/۹۷ - ۰/۰۰۲۵ f_c$$









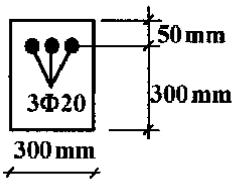
$$C = T \quad \rightarrow \quad A_s(F_{yd}) = (\beta x)(b)(\alpha \times f'_{cd})$$

$$x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha\beta(b)(f'_{cd})}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۳۴- در هنگام شکست تیر شکل زیر، تار خنثی در چه فاصله‌ای از تار فوقانی تیر برحسب mm قرار می‌گیرد؟



۱) ۲۶۰
۲) ۲۴۰
۳) ۱۱۰
۴) ۹۰

گزینه ۱

مقادیر fc و Fy باید مشخص باشد که طراح فراموش کرده مشخص کند. علاوه بر این باید ذکر شود که تیر تحت اثر لنگر منفی قرار دارد. با فرض fc=25MPa و Fy=400MPa، داریم:

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 \times 25 = 0.8125$$
$$\beta = 0.97 - 0.0025 \times 25 = 0.9075$$

$$x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha\beta(b)(f'_{cd})} = \frac{3 \times 3.14 \times 0.85 \times 400}{0.737 \times 300 \times 0.65 \times 25} = 89.14$$

فاصله از تار بالا برابر خواهد بود با: 350-89=261 mm

محاسبات-۹۱

۱۹- در یک مقطع مستطیل(d=50 cm , b=30 cm) تحت اثر لنگر خمشی چنانچه آرماتورهای کششی 4Φ20 و رده بتن C25 و رده فولاد S400 باشد، فاصله محور خنثی در حالت حدی نهائی از دورترین تار فشاری مقطع به کدام یک از اعداد زیر برحسب میلیمتر نزدیکتر است؟

۱) 90
۲) 130
۳) 100
۴) 120

گزینه ۴:

$$C = T \quad \rightarrow \quad (\beta x)b(\alpha f'_{cd}) = A_s(F_{yd})$$

$$x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha\beta(b)(f'_{cd})}$$

با توجه به جداول انتهای جزوه مقدار $\alpha\beta$ برابر 0.737 می باشد و داریم:

$$x = \frac{(4 \times 314) \times (0.85 \times 400)}{0.74(300)(0.65 \times 25)} = 118\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۱

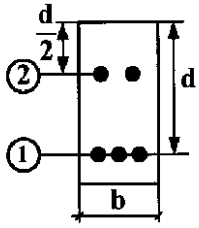
۳۶- مقطع تیر بتون آرمه‌ی زیر، در حالت متوازن (بالانس) قرار دارد. نیروی کل آرماتورهای ردیف ۱ چند برابر نیروی کل آرماتورهای ردیف ۲ می‌باشد؟ (۰/۰۰۳ = کرنش نهایی بتون و ۰/۰۰۲ = کرنش تسلیم فولاد) جنس و سطح مقطع کلیه‌ی آرماتورها یکسان فرض شود. $\phi_c = \phi_s = 1$

۱) -۴

۲) +۴

۳) -۶

۴) +۶



گزینه ۳

$$x = \frac{0.003}{0.003 + 0.002} d = 0.6d$$

آرماتورهای ردیف ۲ در ناحیه فشاری قرار دارند.

$$\left.\begin{matrix} \varepsilon_1 = 0.002 \\ \varepsilon_2 = \dfrac{(0.6 - 0.5)d}{0.6d} \times 0.003 = 0.0005 \end{matrix}\right\} \rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{(E\varepsilon_1)A_{s1}}{(E\varepsilon_2)A_{s2}} = \frac{(\varepsilon_1)3\pi r^2}{(\varepsilon_2)2\pi r^2} = \frac{3(\varepsilon_1)}{2(\varepsilon_2)} = \frac{3 \times 0.002}{2 \times -0.0005} = -6$$

محاسبات ۹۴

۳- تیری با مقطع مستطیل شکل (d=500 mm , b=300 mm) مفروض است. در صورتیکه فولاد مصرفی از نوع S400 و بتن مصرفی در حالت اول از رده C30 و در حالت دوم از رده C60 باشد، نسبت فاصله محور خنثی تا دورترین تار فشاری بتن در مقطع متعادل در حالت اول به همین فاصله در حالت دوم به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

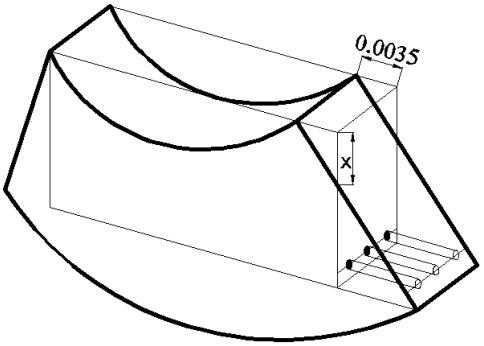
۱) 0.90 ۲) 0.94 ۳) 1.00 ۴) 1.06

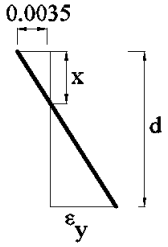
گزینه ۴

وقتی مقطع در حالت تعادل است عمق تار خنثی، مطابق شکل زیر، تنها به کرنش نهایی بتن (0.0035) و کرنش نهایی فولاد (0.002) بستگی دارد. با تغییر مقاومت بتن از ۳۰ به ۶۰، کرنش نهایی آن از 0.0035 به 0.003 کاهش می یابد.

جدول ۹-۱۴-۱

رده بتن	C۵۰ تا C۱۲	C۵۵	C۶۰	C۷۰	C۸۰	C۹۰	C۱۰۰	C۱۲۰
ε_{cu}	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸



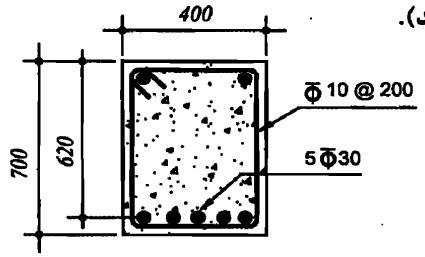


$$\left.\begin{matrix} x_1 = \dfrac{0.0035}{0.0035 + 0.002} d = \dfrac{35}{55} d \\ x_2 = \dfrac{0.0030}{0.0030 + 0.002} d = \dfrac{30}{50} d \end{matrix}\right| \frac{x_1}{x_2} = \frac{35}{33} = 1.06$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۲۹- با فرض خطی بودن توزیع کرنش در ارتفاع مقطع تیر با شکل مقابل، کرنش فولاد تحت لنگر خمشی مقاوم مقطع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ بتن از رده C70 و رده فولاد میلگردها S400 و E_s= 200 GPa می‌باشد. در محاسبات از آرماتور فشاری صرفنظر گردد. (ابعاد به میلی‌متر و پنج میلگرد پایین تحت کشش هستند).



۱) 0.0152

۲) 0.0028

۳) 0.0020

۴) 0.0128

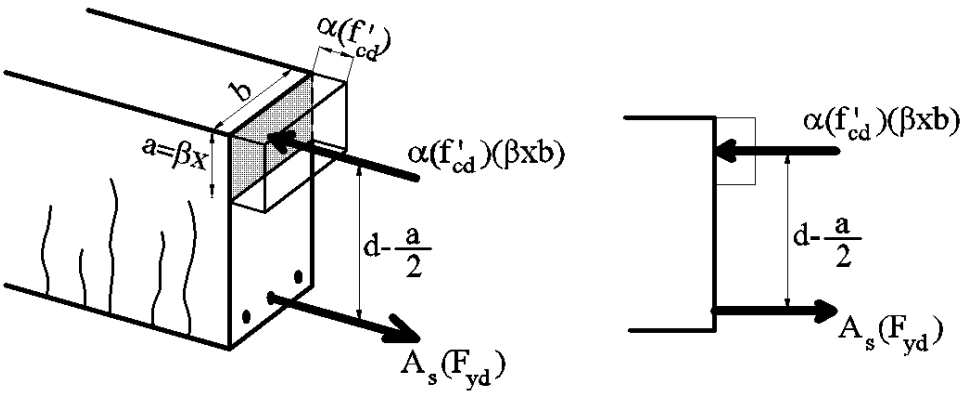
گزینه ۴

$$x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha\beta(b)(f'_{cd})}$$

$$= \frac{(5 \times 3.14 \times 15^2)(0.85 \times 400)}{(0.85 - 0.0015 \times 70)(0.97 - 0.0025 \times 70)(400)(0.65 \times 70)} = 111.42\ mm$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - x}{x}\varepsilon_{cu} = \frac{620 - 111.42}{111.42} \times 0.0028 = 0.01278$$

۲-۲- مقاومت خمشی



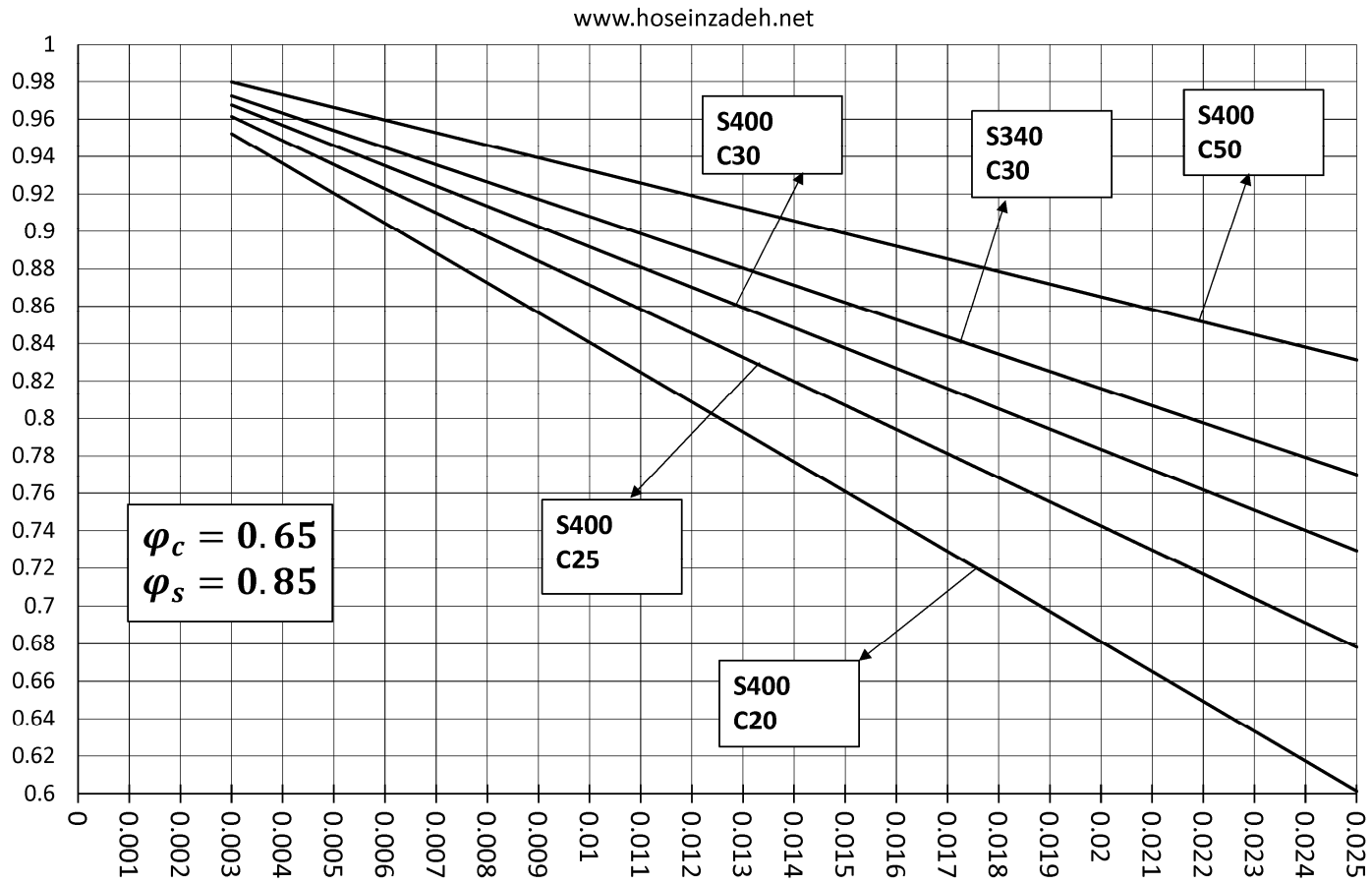
$$x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha\beta(b)(f'_{cd})}$$

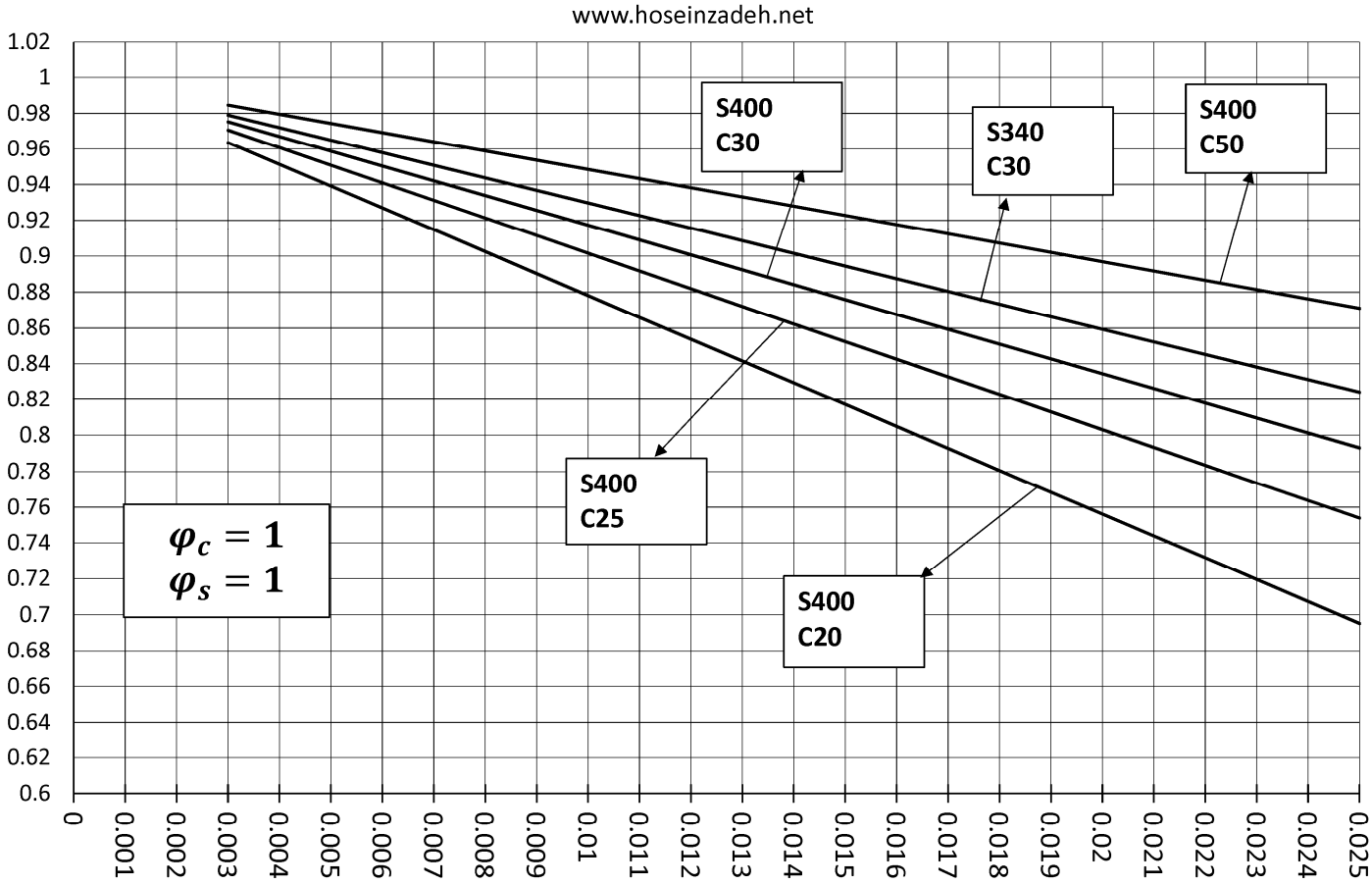
$$M_r = A_s F_{yd} Z = A_s F_{yd}\left(d - \frac{\beta x}{2}\right) = A_s F_{dy}\left(d - \frac{A_s(F_{yd})}{2\alpha(b)(f'_{cd})}\right)$$

$$M_r = A_s F_{yd} d\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) = \rho F_{yd} b d^2\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right)$$

نکته : اگر ظرفیت خمشی اسمی مقطع خواسته شود، در هیچ یک از مراحل محاسبه ظرفیت از ضرایب کاهش ظرفیت نباید استفاده کنیم. یعنی φ_c و φ_s را برابر یک در نظر می گیریم.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



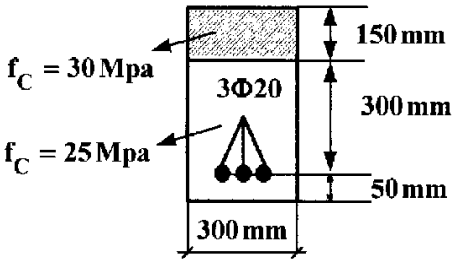


انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

مقطع تیر بتون آرمه به ابعاد ۳۵۰×۳۰۰ mm موجود است. برای تقویت مقاومت خمشی آن به ضخامت ۱۵۰ mm، بتون با مقاومت فشاری ۳۰ MPa روی آن اجرا شده است. افزایش لنگر خمشی مقاوم مقطع کدام است؟

۱) ۱/۲
۲) ۱/۶
۳) ۲
۴) ۲/۴



گزینه ۲

محاسبه دقیق:

$$\rho_2 = \frac{3 \times 314}{300 \times 450} = 0.00698 \quad \alpha_2 = 0.805 \quad \beta_2 = 0.895$$

$$\rho_1 = \frac{3 \times 314}{300 \times 300} = 0.01047 \quad \alpha_1 = 0.8125 \quad \beta_1 = 0.9075$$

$$M_{r2} = A_s F_{yd} d \left(1 - \frac{1}{2\alpha} \rho \frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) = A_s F_{yd} \times 450 \left(1 - 0.621 \times 0.00698 \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 30}\right)$$

$$M_{r1} = A_s F_{yd} d \left(1 - \frac{1}{2\alpha} \rho \frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) = A_s F_{yd} \times 300 \left(1 - 0.615 \times 0.01047 \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 25}\right)$$

$$\frac{M_{r2}}{M_{r1}} = \frac{450\left(1 - 0.621 \times 0.00698 \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 30}\right)}{300\left(1 - 0.615 \times 0.01047 \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 25}\right)} = 1.6$$

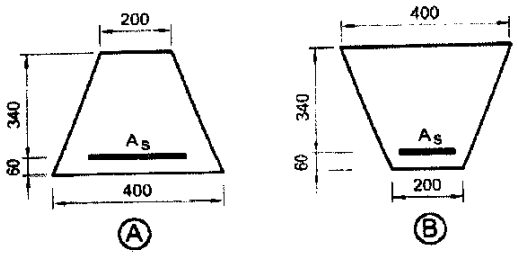
روش تقریبی:

$$\frac{M_{r2}}{M_{r1}} = \frac{d_2}{d_1} \times 1.1 = 1.5 \times 1.1 = 1.65$$

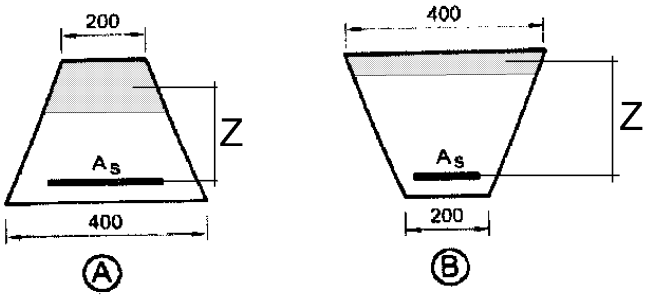
محاسبات ۹۴

۴۵- در صورتی‌که مقدار آرماتور کششی در هر دو مقطع شکل زیر برابر $A_s = 4\Phi 20$ باشد، نسبت لنگر خمشی مقاوم مقطع A به لنگر خمشی مقاوم مقطع B به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C30 و فولاد از نوع S400 و ابعاد به میلی متر می‌باشد.)

۱) 1.20
۲) 0.8
۳) 1.1
۴) 0.9



گزینه ۴



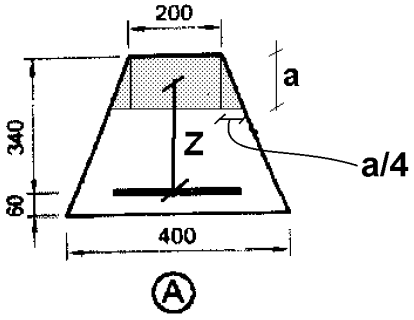
$$M = A_s F_{yd} Z$$

در هر دو مقطع یکسان

مقدار Z بسته به شکل مقطع و درصد میلگرد ممکن است بین حدود 0.75d تا 0.95d تغییر کند.

در این سوال باید مقدار Z در هر دو مقطع محاسبه شود.

مقطع A:



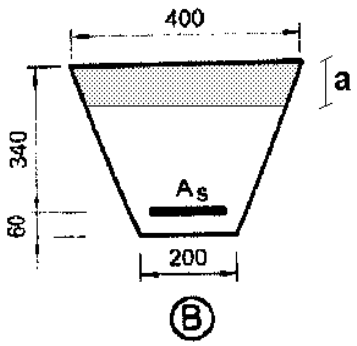
$$C = T \rightarrow \left(200a + \frac{a^2}{4}\right)\alpha f'_{cd} = A_s F_{yd}$$

$$\left(200a + \frac{a^2}{4}\right)0.8 \times 0.65 \times 30 = 4 \times 314 \times 0.85 \times 400 \rightarrow a = 119\ mm$$

با فرض اینکه مرکز سطح قسمت هاشور خورده به صورت تقریبی در میانه مقطع باشد، داریم:

$$Z_A = 340 - \frac{a}{2} = 280\ mm$$

مقطع B:



$$C = T \rightarrow \left(400a - \frac{a^2}{4}\right)\alpha f'_{cd} = A_s F_{yd}$$

$$\left(400a - \frac{a^2}{4}\right)0.8 \times 0.65 \times 30 = 4 \times 314 \times 0.85 \times 400 \rightarrow a = 72\ mm$$

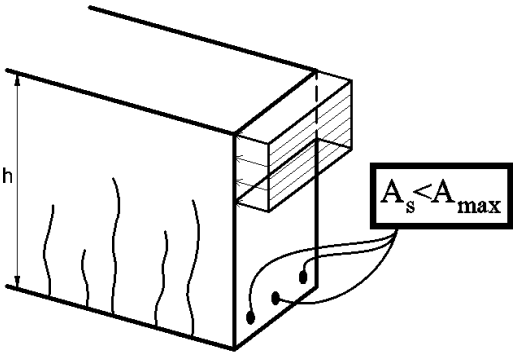
با فرض اینکه مرکز سطح قسمت هاشور خورده به صورت تقریبی در میانه مقطع باشد، داریم:

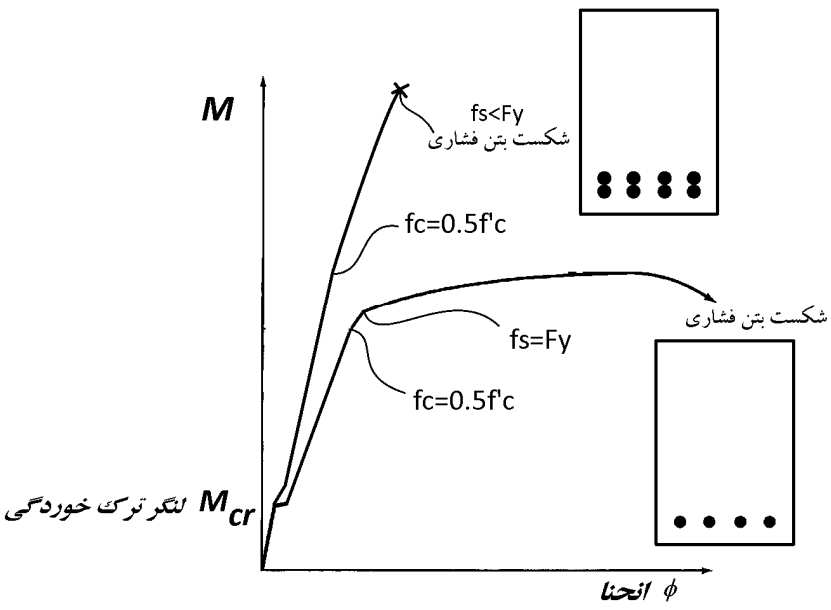
$$Z_B = 340 - \frac{a}{2} = 304\ mm$$

$$\frac{M_A}{M_B} = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{280}{304} = 0.92$$

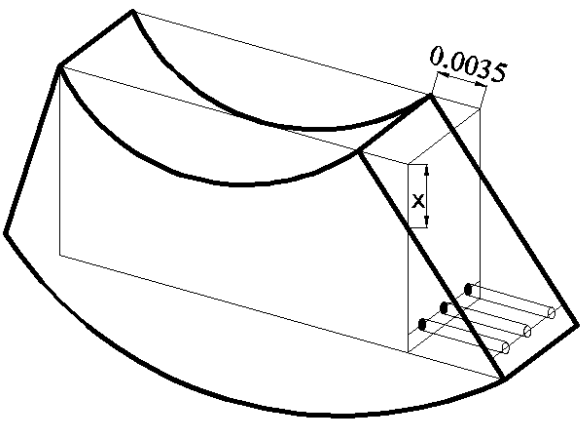
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

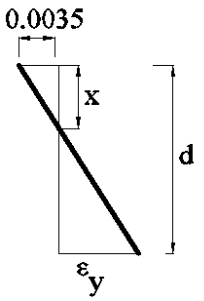
۲-۳- آرماتور طولی حداکثر و بالانس





در شکل فوق به دلیل پرفولاد بودن دیوار، میلگردها تسلیم نشده اند.





۹-۱۴-۳ فرضیات طراحی مقطع

۹-۱۴-۳-۲ حداکثر تغییرشکل نسبی بتن دردورترین تار فشاری، ε_{cu}، مطابق جدول ۹-۱۴-۱ در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۹-۱۴-۱

رده بتن	C۵۰ تا C۱۲	C۵۵	C۶۰	C۷۰	C۸۰	C۹۰	C۱۰۰	C۱۲۰
ε_{cu}	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸

۹-۱۴-۴ ضوابط کلی طراحی

آرماتور بالانس

۹-۱۴-۴-۱ مقطع متعادل مقطعی است که در حالت حدی نهایی مقاومت، تغییرشکل نسبی آرماتور کششی در آستانه رسیدن به تغییرشکل نسبی جاری شدن قرارگرفته و همزمان، تغییرشکل نسبی بتن فشاری به مقدار نهایی مفروض در بند ۹-۱۴-۳-۲ برسد.

$$\frac{x}{d} \le \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}}$$

۹-۱۴-۵ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات خمشی

آرماتور حداکثر در تیرها

۹-۱۴-۵-۱ حداکثر مقدار آرماتور کششی

در قطعات میله‌ای تحت خمش و یا تحت خمش و نیروی محوری فشاری توأم که در آنها نیروی محوری کمتر از هر دو مقدار $۰/۱۵\phi_c f_c A_g$ و N_{rb} است. مقدار A_s باید به گونه‌ای باشد که روابط (۹-۱۴-۵) و (۹-۱۴-۶) برقرار گردد:

~~$\frac{x}{d} \le \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}}$~~ $\frac{x}{d} \le \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 0.004}$ (۹-۱۴-۵)

~~$\rho \le ۰/۰۲۵$~~ (۹-۱۴-۶)

غلط نامه:

۷	صفحه ۱۹۶ رابطه (۹-۱۴-۵)	$\frac{x}{d} \le \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}}$	$\frac{x}{d} \le \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_t}$ در رابطه فوق ε_t کرنش خالص کششی در دورترین لایه آرماتورهای کششی بوده و مقدار آن نباید از ۰/۰۰۴ کمتر باشد.
۸	صفحه ۱۹۶ رابطه (۹-۱۴-۶)	رابطه (۹-۱۴-۶)	این رابطه حذف می‌گردد.

برای مقاطع مستطیلی بدون میلگرد فشاری:

$$\rho_{bal} = \alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{F_y}{E_s}} \right)$$

$$\rho_{max} = \alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 0.004} \right)$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

برای مقاطع مستطیلی بدون میلگرد فشاری:

F_y	f'_c	α	β	αβ	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{min}
400	20	0.8200	0.9200	0.7544	0.0184	0.0135	0.0035
400	21	0.8185	0.9175	0.7510	0.0192	0.0141	0.0035
400	22	0.8170	0.9150	0.7476	0.0200	0.0147	0.0035
400	23	0.8155	0.9125	0.7441	0.0208	0.0153	0.0035
400	24	0.8140	0.9100	0.7407	0.0216	0.0159	0.0035
400	25	0.8125	0.9075	0.7373	0.0224	0.0164	0.0035
400	26	0.8110	0.9050	0.7340	0.0232	0.0170	0.0035
400	27	0.8095	0.9025	0.7306	0.0240	0.0176	0.0035
400	28	0.8080	0.9000	0.7272	0.0248	0.0182	0.0035
400	29	0.8065	0.8975	0.7238	0.0255	0.0187	0.0035
400	30	0.8050	0.8950	0.7205	0.0263	0.0193	0.0035
400	31	0.8035	0.8925	0.7171	0.0270	0.0198	0.0035
400	32	0.8020	0.8900	0.7138	0.0278	0.0204	0.003536
400	33	0.8005	0.8875	0.7104	0.0285	0.0209	0.00359
400	34	0.7990	0.8850	0.7071	0.0292	0.0214	0.003644
400	35	0.7975	0.8825	0.7038	0.0300	0.0220	0.003698
400	36	0.7960	0.8800	0.7005	0.0307	0.0225	0.00375
400	37	0.7945	0.8775	0.6972	0.0314	0.0230	0.003802
400	38	0.7930	0.8750	0.6939	0.0321	0.0235	0.003853
400	39	0.7915	0.8725	0.6906	0.0328	0.0240	0.003903
400	40	0.7900	0.8700	0.6873	0.0334	0.0245	0.003953
400	41	0.7885	0.8675	0.6840	0.0341	0.0250	0.004002
400	42	0.7870	0.8650	0.6808	0.0348	0.0255	0.00405
400	43	0.7855	0.8625	0.6775	0.0354	0.0260	0.004098
400	44	0.7840	0.8600	0.6742	0.0361	0.0265	0.004146
400	45	0.7825	0.8575	0.6710	0.0367	0.0269	0.004193
400	46	0.7810	0.8550	0.6678	0.0374	0.0274	0.004239
400	47	0.7795	0.8525	0.6645	0.0380	0.0279	0.004285
400	48	0.7780	0.8500	0.6613	0.0386	0.0283	0.00433
400	49	0.7765	0.8475	0.6581	0.0392	0.0288	0.004375
400	50	0.7750	0.8450	0.6549	0.0398	0.0292	0.004419
400	51	0.7735	0.8425	0.6517	0.0402	0.0294	0.004463
400	52	0.7720	0.8400	0.6485	0.0405	0.0295	0.004507
400	53	0.7705	0.8375	0.6453	0.0408	0.0297	0.00455
400	54	0.7690	0.8350	0.6421	0.0411	0.0298	0.004593
400	55	0.7675	0.8325	0.6389	0.0413	0.0299	0.004635
400	56	0.7660	0.8300	0.6358	0.0417	0.0300	0.004677
400	57	0.7645	0.8275	0.6326	0.0420	0.0302	0.004719
400	58	0.7630	0.8250	0.6295	0.0423	0.0304	0.00476
400	59	0.7615	0.8225	0.6263	0.0426	0.0305	0.004801
400	60	0.7600	0.8200	0.6232	0.0429	0.0306	0.004841
400	61	0.7585	0.8175	0.6201	0.0433	0.0309	0.004881
400	62	0.7570	0.8150	0.6170	0.0436	0.0311	0.004921
400	63	0.7555	0.8125	0.6138	0.0440	0.0313	0.004961
400	64	0.7540	0.8100	0.6107	0.0443	0.0315	0.005
400	65	0.7525	0.8075	0.6076	0.0447	0.0317	0.005039
400	66	0.7510	0.8050	0.6046	0.0450	0.0319	0.005078
400	67	0.7495	0.8025	0.6015	0.0453	0.0321	0.005116

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

F_y	f'_c	α	β	αβ	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{min}
400	68	0.7480	0.8000	0.5984	0.0456	0.0323	0.005154
400	69	0.7465	0.7975	0.5953	0.0459	0.0325	0.005192
400	70	0.7450	0.7950	0.5923	0.0462	0.0326	0.005229
400	71	0.7435	0.7925	0.5892	0.0467	0.0329	0.005266
400	72	0.7420	0.7900	0.5862	0.0471	0.0332	0.005303
400	73	0.7405	0.7875	0.5831	0.0475	0.0335	0.00534
400	74	0.7390	0.7850	0.5801	0.0479	0.0338	0.005376
400	75	0.7375	0.7825	0.5771	0.0483	0.0341	0.005413
400	76	0.7360	0.7800	0.5741	0.0487	0.0343	0.005449
400	77	0.7345	0.7775	0.5711	0.0490	0.0346	0.005484
400	78	0.7330	0.7750	0.5681	0.0494	0.0349	0.00552
400	79	0.7315	0.7725	0.5651	0.0498	0.0351	0.005555
400	80	0.7300	0.7700	0.5621	0.0501	0.0354	0.00559
300	20	0.8200	0.9200	0.7544	0.0269	0.0179	0.004667
300	21	0.8185	0.9175	0.7510	0.0281	0.0188	0.004667
300	22	0.8170	0.9150	0.7476	0.0293	0.0196	0.004667
300	23	0.8155	0.9125	0.7441	0.0305	0.0204	0.004667
300	24	0.8140	0.9100	0.7407	0.0317	0.0211	0.004667
300	25	0.8125	0.9075	0.7373	0.0329	0.0219	0.004667
300	26	0.8110	0.9050	0.7340	0.0340	0.0227	0.004667
300	27	0.8095	0.9025	0.7306	0.0352	0.0235	0.004667
300	28	0.8080	0.9000	0.7272	0.0363	0.0242	0.004667
300	29	0.8065	0.8975	0.7238	0.0375	0.0250	0.004667
300	30	0.8050	0.8950	0.7205	0.0386	0.0257	0.004667
300	31	0.8035	0.8925	0.7171	0.0397	0.0264	0.004667
300	32	0.8020	0.8900	0.7138	0.0408	0.0272	0.004714
300	33	0.8005	0.8875	0.7104	0.0418	0.0279	0.004787
300	34	0.7990	0.8850	0.7071	0.0429	0.0286	0.004859
300	35	0.7975	0.8825	0.7038	0.0440	0.0293	0.00493
300	36	0.7960	0.8800	0.7005	0.0450	0.0300	0.005
300	37	0.7945	0.8775	0.6972	0.0460	0.0307	0.005069
300	38	0.7930	0.8750	0.6939	0.0470	0.0314	0.005137
300	39	0.7915	0.8725	0.6906	0.0481	0.0320	0.005204
300	40	0.7900	0.8700	0.6873	0.0491	0.0327	0.00527
300	41	0.7885	0.8675	0.6840	0.0500	0.0334	0.005336
300	42	0.7870	0.8650	0.6808	0.0510	0.0340	0.005401
300	43	0.7855	0.8625	0.6775	0.0520	0.0347	0.005465
300	44	0.7840	0.8600	0.6742	0.0529	0.0353	0.005528
300	45	0.7825	0.8575	0.6710	0.0539	0.0359	0.00559
300	46	0.7810	0.8550	0.6678	0.0548	0.0365	0.005652
300	47	0.7795	0.8525	0.6645	0.0557	0.0372	0.005713
300	48	0.7780	0.8500	0.6613	0.0566	0.0378	0.005774
300	49	0.7765	0.8475	0.6581	0.0575	0.0384	0.005833
300	50	0.7750	0.8450	0.6549	0.0584	0.0390	0.005893
300	51	0.7735	0.8425	0.6517	0.0590	0.0392	0.005951
300	52	0.7720	0.8400	0.6485	0.0595	0.0394	0.006009
300	53	0.7705	0.8375	0.6453	0.0600	0.0395	0.006067
300	54	0.7690	0.8350	0.6421	0.0605	0.0397	0.006124
300	55	0.7675	0.8325	0.6389	0.0610	0.0398	0.00618
300	56	0.7660	0.8300	0.6358	0.0615	0.0401	0.006236

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

F_y	f'_c	α	β	αβ	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{min}
300	57	0.7645	0.8275	0.6326	0.0621	0.0403	0.006292
300	58	0.7630	0.8250	0.6295	0.0626	0.0405	0.006346
300	59	0.7615	0.8225	0.6263	0.0631	0.0407	0.006401
300	60	0.7600	0.8200	0.6232	0.0635	0.0408	0.006455
300	61	0.7585	0.8175	0.6201	0.0641	0.0412	0.006509
300	62	0.7570	0.8150	0.6170	0.0647	0.0415	0.006562
300	63	0.7555	0.8125	0.6138	0.0653	0.0418	0.006614
300	64	0.7540	0.8100	0.6107	0.0658	0.0420	0.006667
300	65	0.7525	0.8075	0.6076	0.0664	0.0423	0.006719
300	66	0.7510	0.8050	0.6046	0.0669	0.0426	0.00677
300	67	0.7495	0.8025	0.6015	0.0674	0.0428	0.006821
300	68	0.7480	0.8000	0.5984	0.0679	0.0431	0.006872
300	69	0.7465	0.7975	0.5953	0.0684	0.0433	0.006922
300	70	0.7450	0.7950	0.5923	0.0688	0.0435	0.006972
300	71	0.7435	0.7925	0.5892	0.0694	0.0439	0.007022
300	72	0.7420	0.7900	0.5862	0.0701	0.0443	0.007071
300	73	0.7405	0.7875	0.5831	0.0707	0.0447	0.00712
300	74	0.7390	0.7850	0.5801	0.0713	0.0451	0.007169
300	75	0.7375	0.7825	0.5771	0.0718	0.0454	0.007217
300	76	0.7360	0.7800	0.5741	0.0724	0.0458	0.007265
300	77	0.7345	0.7775	0.5711	0.0730	0.0462	0.007312
300	78	0.7330	0.7750	0.5681	0.0735	0.0465	0.00736
300	79	0.7315	0.7725	0.5651	0.0741	0.0469	0.007407
300	80	0.7300	0.7700	0.5621	0.0746	0.0472	0.007454

محاسبات ۹۴

۳۲- حداکثر سطع مقطع آرماتور کششی در یک تیر بتنی غیر باربر جانبی به ابعاد 400×400 mm برحسب میلی‌مترمربع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟بتن از رده C25 و فولاد میلگردها از نوع S400 بوده و ارتفاع مؤثر مقطع را برابر 340 میلی‌متر فرض نمایید.

۱) 3580 ۲) 3400 ۳) 3050 ۴) 2850

پاسخ در گزینه ها نیست (روابط تغییر کرده اند)

با توجه به جداول جزوه داریم:

$$\rho_{max} = .0164 \quad \rightarrow A_{smax} = 0.0164 \times 400 \times 340 = 2230\ mm^2$$

حل بدون استفاده از جدول:

$$\left.\begin{array}{c} x = \dfrac{0.0035}{0.0035 + 0.004} d = \dfrac{35}{75} d = 158.7\ mm \\ (\beta x \times b)(\alpha f'_{cd}) = A_s F_{yd} \end{array}\right\} \rightarrow$$

$$A_s = \frac{(\beta x \times b)(\alpha f'_{cd})}{F_{yd}} = \frac{0.907 \times 158.7 \times 400 \times 0.8125 \times 0.65 \times 25}{0.85 \times 400} = 2236\ mm^2$$

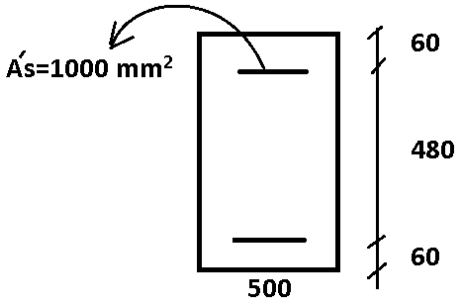
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

مثال: مقطع شکل زیر تحت اثر لنگر مثبت قرار دارد. این تیر مربوط به یک سازه با شکل پذیری متوسط می باشد.

الف) مساحت میلگرد معادل حالت متوازن (بالانس) را محاسبه کنید؟

ب) حداکثر میلگرد کششی مجاز مقطع چقدر می باشد؟

$$f'_c = 25MPa \quad F_y = 400MPa$$



الف) در حالت تعادل محل تار خنثی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$x = \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{F_y}{E_s}}\right) d = \left(\frac{0.0035}{0.0035 + \frac{400}{2\times10^5}}\right) d = \frac{35}{55} d = \frac{35}{55} \times 540 = 343.6 \text{ mm}$$

پس از یافتن x، کرنش فولادهای فشاری محاسبه می شود تا بررسی شود که آیا میلگردهای فشاری جاری می شوند یا نه:

$$\varepsilon'_s = \frac{x-60}{x} \times 0.0035 = \frac{343.6-60}{343.6} 0.0035 = 0.0029 > 0.002$$

میلگردهای فشاری تسلیم می شوند. حال با نوشتن تعادل مساحت میلگرد بالانس محاسبه می شود:

$$C = T \quad \rightarrow \quad (\beta x \times b)\alpha f_{cd} + A'_s F_{yd} = A_{sb} F_{yd}$$

$$(0.9 \times 343.6 \times 500) \times 0.8 \times 0.65 \times 25 + 1000 \times 0.85 \times 400 = A_{sb} \times 0.85 \times 400$$

$$A_{sb} = 6912\, mm^2$$

ب) محل تار خنثی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$x = \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 0.004}\right) d = \left(\frac{0.0035}{0.0035 + 0.004}\right) 540 = 252 \text{ mm}$$

پس از یافتن x، کرنش فولادهای فشاری محاسبه می شود تا بررسی شود که آیا میلگردهای فشاری جاری می شوند یا نه:

$$\varepsilon'_s = \frac{x-60}{x} \times 0.0035 = \frac{252-60}{252} 0.0035 = 0.0027 > 0.002$$

میلگردهای فشاری تسلیم می شوند. حال با نوشتن تعادل مساحت میلگرد حداکثر محاسبه می شود:

$$C = T \quad \rightarrow \quad (\beta x \times b)\alpha f_{cd} + A'_s F_{yd} = A_{sb} F_{yd}$$

$$(0.9 \times 252 \times 500) \times 0.8 \times 0.65 \times 25 + 1000 \times 0.85 \times 400 = A_{sb} \times 0.85 \times 400$$

$$A_{s-max} = 5335\, mm^2$$

با توجه به اینکه تیر مربوط به شکل پذیری متوسط می باشد مقدار آرماتور کششی نباید بیش از 0.025 منظور شود:

$$(A_{s-max} = 5335) < (0.025 \times 500 \times 540 = 6750 mm^2) \quad OK$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۴۰- نسبت فاصله محور خنثی تا دورترین تار فشاری یک مقطع مستطیل‌شکل بتنی با آرماتور کششی تنها و با بتن C30 و فولاد S400 در حالت متعادل (بالانس)، به فاصله مذکور همان مقطع ولی با بتن C70، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟(حالت متعادل حالتی است که در آن به‌طور همزمان کرنش در بتن به مقدار حداکثر خود و کرنش در میلگردهای کششی به کرنش نظیر تسلیم آنها برسد.)

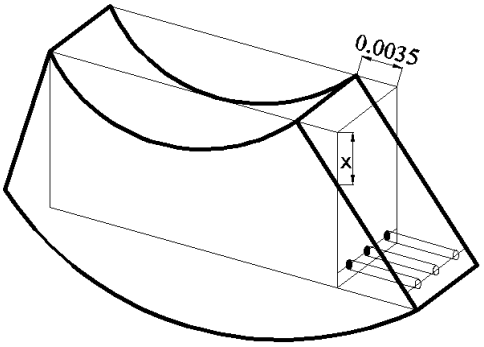
۱) 1.10 ۲) 1.20 ۳) 1.00 ۴) 0.90

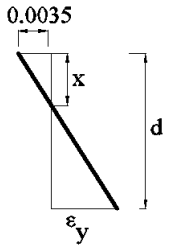
گزینه ۱

وقتی مقطع در حالت تعادل است عمق تار خنثی، مطابق شکل زیر، تنها به کرنش نهایی بتن (0.0035) و کرنش نهایی فولاد (0.002) بستگی دارد. با تغییر مقاومت بتن از ۳۰ به ۷۰، کرنش نهایی آن از 0.0035 به 0.0038 کاهش می یابد.

جدول ۹-۱۴-۱

رده بتن	C۵۰ تا C۱۲	C۵۵	C۶۰	C۷۰	C۸۰	C۹۰	C۱۰۰	C۱۲۰
ε_{cu}	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۸





$$x_1 = \frac{0.0035}{0.0035 + 0.002} d = \frac{35}{55} d \Big\rangle \quad \frac{x_1}{x_2} = 1.091$$
$$x_2 = \frac{0.0028}{0.0028 + 0.002} d = \frac{28}{48} d \Big\rangle$$

محاسبات ۹۰

۴۳- حداکثر مقدار آرماتور کششی تیری به ابعاد مقطع b = 35 cm و d = 30 cm (مقطع بدون آرماتور فشاری) به کدام گزینه زیر نزدیک‌تر است؟

$f_c = 22.5$ MPa
$f_y = 400$ MPa

۱) 16.1 سانتیمتر مربع ۲) 19.8 سانتیمتر مربع
۳) 21.4 سانتیمتر مربع ۴) 26.3 سانتیمتر مربع

با توجه به جدول انتهای جزوه داریم:

$$\rho_{max} = \frac{0.0147 + 0.0153}{2} = 0.015 \rightarrow A_s = 15.75\ \text{cm}^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

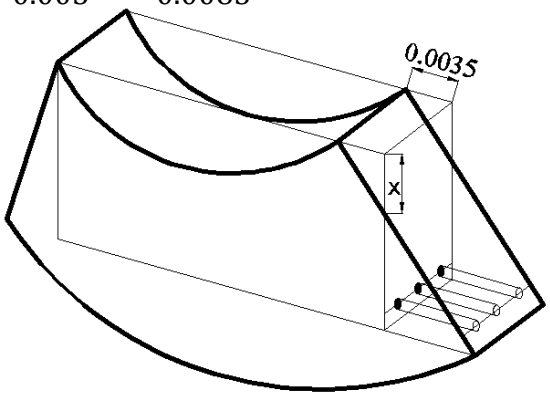
محاسبات ۹۷

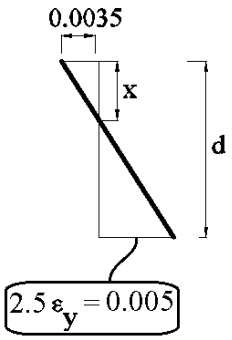
۴۰- در یک تیر بتن آرمه با مقطع مستطیلی در حالت حدی نهایی تحت اثر خمش، کرنش در مرکز سطح آرماتور کششی دو و نیم برابر کرنش نظیر جاری شدن فولاد می‌باشد. اگر عمق موثر مقطع تیر (فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتورهای کششی طولی) برابر 680 میلی‌متر بوده و بتن از رده C30 و آرماتورها از رده S400 باشد، فاصله تار خنثی از دورترین تار فشاری مقطع حدوداً چند میلی‌متر خواهد بود؟

۱) 320 ۲) 280 ۳) 230 ۴) 140

گزینه ۲

$$x = \frac{0.0035}{0.0035 + 0.005} d = \frac{0.0035}{0.0085} \times 680 = 280\ mm$$

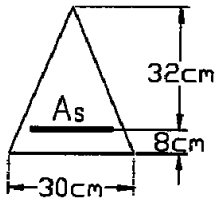




محاسبات ۸۹

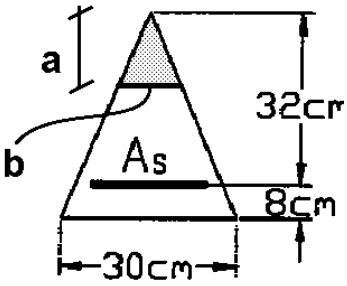
۴۲- در صورتی که $f_c = ۲۰\ MPa$ $f_y = ۳۰۰\ MPa$ باشد سطح مقطع A_s نظر حالت بالانس چقدر است؟

۱) ۸/۸۶ cm^2
۲) ۷/۲۶ cm^2
۳) ۸/۲۶ cm^2
۴) ۷/۸۶ cm^2



گزینه ؟

$$x_b = \frac{0.0035}{0.0035 + 0.0015} d = 0.7d = 22.4\ cm$$
$$a = \beta x = 0.92x = 20.608\ cm$$
$$b = \frac{3}{4} a = 15.456\ cm$$



$$C = T \quad \rightarrow \quad \frac{ab}{2} \alpha f'_{cd} = A_s F_{yd}$$
$$\frac{20.608 \times 15.456}{2} \times 0.82 \times 0.65 \times 20 = A_s \times 0.85 \times 300 \quad \rightarrow \quad A_s = 6.65\ cm^2$$

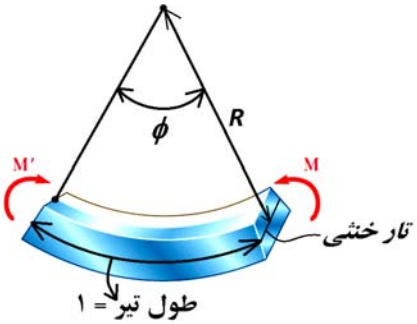
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

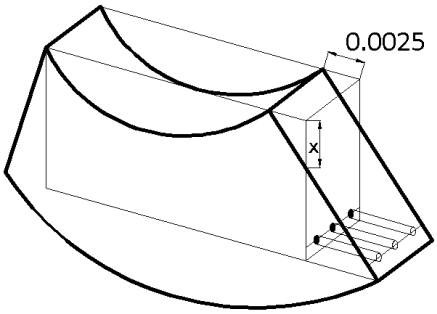
محاسبات ۹۵

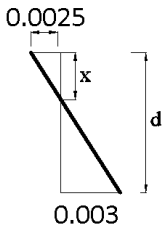
۳۰- در مقطعی از یک تیر بتن مسلح براثر لنگر خمشی وارده، به‌طور هم‌زمان کرنش در دورترین تار فشاری به 0.0025 و در مرکز میلگردهای کششی به 0.0030 رسیده است. اگر عمق مؤثر تیر برابر 500 mm باشد، شعاع انحنای تیر در آن مقطع حدوداً چند متر خواهد بود؟

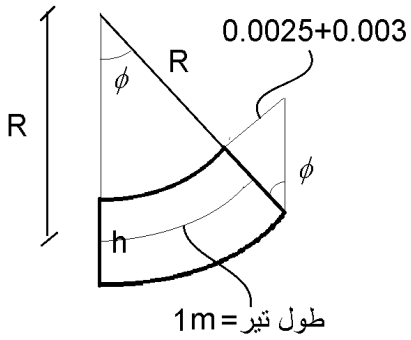
۱) 200 ۲) 167 ۳) 91 ۴) 1000

گزینه ۳









$$\left.\begin{matrix}\emptyset = \dfrac{1m}{R} \\ \emptyset = \dfrac{0.0025 + 0.003}{h = 0.5m} = 0.011\end{matrix}\right\} 0.011 = \frac{1}{R} \quad \rightarrow \quad R = \frac{1}{0.011} = 90.91\ m$$

محاسبات ۹۵

۳۱- یک مقطع بتن‌آرمه درجا با ابعاد b = 300 mm، d = 400 mm و دارای چهار عدد میلگرد Φ20 از رده S400 در ناحیه کششی است. چنانچه نوع بتن مقطع از C25 به C50 تغییر یابد، لنگر خمشی مقاوم تیر حدوداً چند درصد افزایش می‌یابد؟

۱) 7 ۲) 12 ۳) 20 ۴) 30

گزینه ۱

$$\rho = \frac{4 \times 314}{300 \times 400} = 0.01$$

مقطع کم فولاد است. در مقاطع کم فولاد با تغییر مقاومت بتن، مقاومت خمشی تغییر جزئی در مقاومت خمشی خواهیم داشت:

$$\left.\begin{matrix}(M_r)_I = \rho F_{yd} b d^2 \left(1 - \dfrac{1}{2\alpha}\rho\dfrac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) \\ (M_r)_{II} = \rho F_{yd} b d^2 \left(1 - \dfrac{1}{2\alpha}\rho\dfrac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right)\end{matrix}\right\}$$

$$\frac{(M_r)_{II}}{(M_r)_I} = \frac{\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right)}{\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right)} = \frac{\left(1 - \frac{1}{2\times 0.775}0.01\frac{0.85\times 400}{0.65\times 50}\right)}{\left(1 - \frac{1}{2\times 0.8125}0.01\frac{0.85\times 400}{0.65\times 25}\right)} = \frac{0.93}{0.87} = 1.07$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۰

۳۷- درصد آرماتور متعادل مقطع یک تیر بتنی با مقطع مربع 40×40 cm به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ ($f_c = 22.5$ MPa و $f_y = 400$ MPa)

۱) 1.72 درصد **۲) 1.93 درصد**

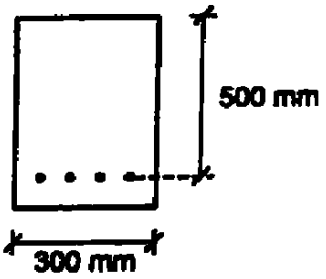
۳) 2.04 درصد **۴) 1.88 درصد**

با توجه به جدول جزوه گزینه ۳ صحیح است.

$$\alpha = 0.85 - .0015 \times 22.5 = 0.81625$$
$$\beta = 0.97 - 0.0025 \times 22.5 = 0.91375$$
$$\alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{F_y}{E_s}} \right) = 0.746 \frac{0.65 \times 22.5}{0.85 \times 400} \left(\frac{0.0035}{0.0035 + \frac{400}{2\times10^5}} \right) = 0.0204$$

محاسبات ۹۳

۳۴- در مقطع یک عضو خمشی مطابق شکل (b= 300 mm , d =500 mm) در صورتیکه بتن از رده C30 و فولاد از نوع S400 با سطح مقطع $A_s = 4\Phi20$ باشد، تغییرشکل نسبی فولاد در حالت حدی نهایی (موقعی که تغییرشکل نسبی بتن در دورترین تار فشاری به 0.0035 می‌رسد) به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر است؟ توزیع تغییرشکل نسبی در ارتفاع مقطع بصورت خطی می‌باشد و $\phi_c = 0.65$ فرض شود.



۱) 0.018
۲) 0.002
۳) 0.005
۴) 0.014

گزینه ۴

ابتدا با استفاده از تعادل C=T ارتفاع تار خنثی محاسبه می شود. در نوشتن معادله تعادل ابتدا فرض می شود فولادها تسلیم خواهند شد:

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 f_c = 0.805$$
$$\beta = 0.97 - 0.0025 f_c = 0.895$$
$$(\beta x) b (\alpha f'_{cd}) = A_s F_{yd}$$
$$\rightarrow \quad 0.805 \times 0.895 \times 300 \times 0.65 \times 30 \times x = 4 \times 314 \times 0.85 \times 400$$
$$x = 101.32\ mm$$

پس از یافتن عمق تار خنثی می توان کرنش فولاد ها را بر اساس دیاگرام کرنش ها بدست آورد:

$$\frac{\varepsilon_s}{d - x} = \frac{0.0035}{x}$$

$$\frac{\varepsilon_s}{500 - 101.32} = \frac{0.0035}{101.32} \quad \rightarrow \varepsilon_s = 0.0138$$

پس از بدست آوردن کرنش فولاد باید کنترل شود که آیا فرض تسلیم شدن آنها صحیح است یا نه؟

با توجه به اینکه کرنش تسلیم فولادها 0.002 می باشد، فولادها تسلیم شده اند و فرض اولیه صحیح بوده است.

۲-٤- آرماتور طولی حداقل

۹-۱۴-۵-۲ حداقل مقدار آرماتور کششی

۹-۱۴-۵-۲-۱ در هر مقطع از قطعات میله‌ای تحت خمش (به جز موارد مندرج در بند ۹-۱۴-۵-۲-۳) مقدار آرماتور به کار رفته در مقطع، A_s، باید به گونه‌ای باشد که رابطه (۹-۱۴-۷) برقرار باشد:

$$\rho \geq \max\left(\frac{۱/۴}{f_y}, \frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}\right) \qquad (۹-۱۴-۷)$$

۹-۱۴-۵-۲-۲ در تیرهای با مقطع **T** شکل و تیرچه‌هایی که درآنها جان مقطع درکشش قرار دارد ρ، به دست آمده از بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ متناظر با سطح مقطع موثر $A_e = b_w d$ می‌باشد. در اعضای معین استاتیکی با مقطع **T** شکل که بال مقطع در کشش می‌باشد مقدار بدست آمده از بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ متناظر با سطح مقطع موثر، A_e، که بر اساس جایگزینی b_w با کمترین دو مقدار $۲b_w$ و عرض‌بال، محاسبه شده باشد، خواهد بود.

۹-۱۴-۵-۲-۳ در صورتی که سطح مقطع فولاد کششی محاسبه شده با فرضیات بند ۹-۱۴-۳ کمتر از مقادیر حاصل از بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ و ۹-۱۴-۵-۲-۲ باشد، قرار دادن ۱/۳۳ برابر مقدار حاصل از محاسبه به عنوان فولاد کششی مقطع کافی می‌باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

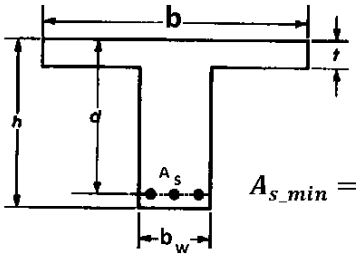
۹-۲۳-۳-۱-۲-۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتورها، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر مساوی یا بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول ادامه یابند.

شکل‌پذیری متوسط

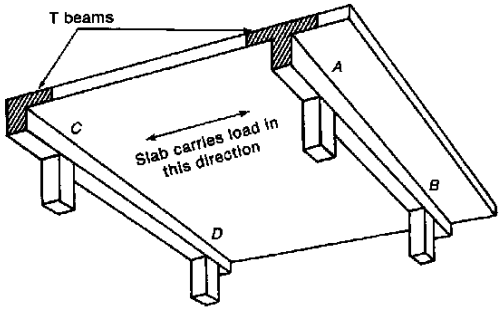
۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

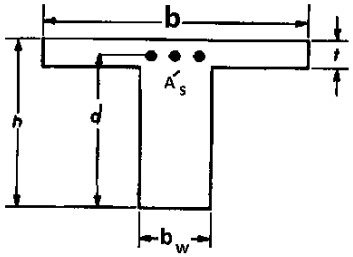
۹-۲۳-۴-۱-۲-۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتور، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلیمتر یا بیشتر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول تعبیه شود.

شکل‌پذیری زیاد



$$A_{s_min} = Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) b_w d$$





$$A'_{s_min} = Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) \times Min(2b_w, b) \times d$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

آرماتور حداقل خمشی در تیرهای قاب خمشی

آرماتور حداقل خمشی در تیرهای بتنی:

$$\rho_{min-\text{تیرها}} = \text{Min}\begin{bmatrix} Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) \\ 1.33 \times \left(\text{درصد میلگرد کششی محاسباتی}\right) \end{bmatrix}$$

تیرهای با شکل پذیری متوسط و ویژه:

$$\rho_{min-\text{تیرها}} = Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right)$$

نکته: برای پی ها و دالها حداقل آرماتور حرارتی باید رعایت شود.

محاسبات ۹۰

۲۹- تیر بتن آرمه با مقطع مستطیلی به عرض 40 سانتیمتر و ارتفاع موثر 54 سانتیمتر مفروض است. مقدار مساحت فولاد کششی تیر برای لنگرهای $M_D = 50$ kN.m و $M_L = 25$ kN.m در حالتی که از فولاد فشاری استفاده نشده باشد به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

$f_c = 20$ MPa
$f_y = 400$ MPa

۱) 6.58 سانتیمتر مربع **۲) 6.05 سانتیمتر مربع**
۳) 8.56 سانتیمتر مربع **۴) 7.56 سانتیمتر مربع**

لنگر وارد بر مقطع:

$$M_u = 1.25M_D + 1.5M_L = 100\ kN.m \times 10^6$$

ظرفیت خمشی مقطع:

$$M_r = \rho F_{yd} bd^2\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) = \rho(0.85 \times 400)400 \times 540^2\left(1 - \frac{1}{2 \times 0.82}\rho\frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 20}\right)$$

$$M_u = M_r \quad \rightarrow \rho_{\text{لازم}} = 0.00263$$

مقدار فوق (0.00263) مقدار محاسباتی می باشد که بر اساس لنگر وارد بر مقطع تعیین شده است. این مقدار نباید کمتر از مقدار حداقل باشد:

$$\rightarrow \rho_{min} = \text{Min}[0.0035, 1.33 \times 0.00263] = 0.0035$$

حداقل حاکم شد:

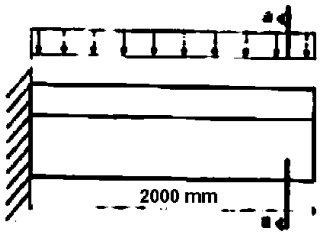
$$\rightarrow A_s = \rho bd = 0.0035 \times 400 \times 540 = 756\ mm^2$$

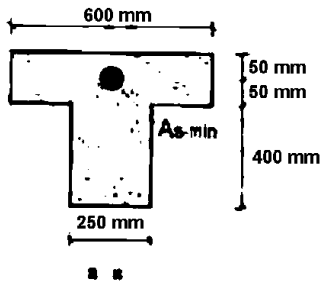
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۳۹-در شکل زیر طول و مقطع یک تیر بتنی طره‌ای نمایش داده شده است. چنانچه نیروهای حاکم بر طراحی تیر مذکور ثقلی باشد، بدون توجه به میزان آرماتورهای محاسباتی، حداقل آرماتور موردنیاز (A_{s-min}) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ بتن از رده C25 و آرماتور از نوع S400 می‌باشد.

۱) 4.73 سانتی‌مترمربع
۲) 3.94 سانتی‌مترمربع
۳) 9.45 سانتی‌مترمربع
۴) 7.88 سانتی‌مترمربع





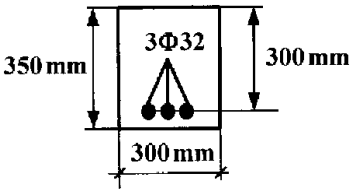
گزینه ۴

$$Max\left(\frac{1.4}{400},\frac{0.25\times\sqrt{25}}{400}\right)\times(Min(2b_w,600)\times 450)=\frac{1.4}{400}\times(500\times 450)=787.5\,mm^2$$

محاسبات ۹۱

۳۷- مقطع تیری مطابق شکل زیر می‌باشد. رفتار خمشی تیر چگونه است؟ $f_c = ۲۵MPa$ $f_y = ۴۰۰MPa$

۱) پر فولاد
۲) کم فولاد
۳) غیر مسلح
۴) متعادل



گزینه ۱

$$\rho=\frac{3\times 3.14\times 16^2}{300\times 300}=0.0268$$

با توجه به جدول انتهای جزوه، مقدار ρ_{bal} برابر 0.0224 می باشد که محاسبات آن در ادامه آمده است:

$$\begin{cases}\alpha=0.85-0.0015\times 25=0.8125\\ \beta=0.97-0.0025\times 25=0.9075\end{cases}$$

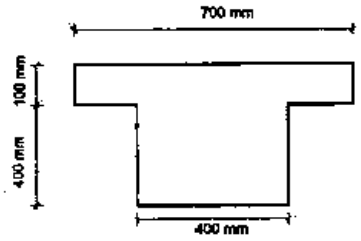
$$\rho_{bal}=\alpha\beta\frac{f'_{cd}}{F_{yd}}\left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\frac{F_y}{E_s}}\right)=0.8125\times 0.9075\times\frac{0.65\times 25}{0.85\times 400}\times\frac{0.0035}{0.0055}=0.0224$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۴- حداقل مقدار فولاد کششی (بدون توجه به سطح مقطع فولاد کششی محاسباتی لازم) برای یک تیر طُره با مقطع مطابق شکل که تحت اثر لنگر خمشی منفی قراردارد، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ عمق مؤثر مقطع 430 میلی‌متر است و رده بتن C40 و رده فولاد S400 می‌باشد.

۱) $700\ mm^2$
۲) $1000\ mm^2$
۳) $1200\ mm^2$
۴) $1400\ mm^2$



گزینه ۳

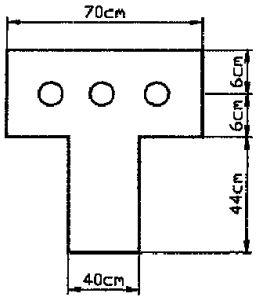
طبق جدول انتهای جزوه درصد میلگرد حداقل برابر 0.00395 میباشد:

$$0.00395 \times (700 \times 430) = 1189\ mm^2$$

محاسبات ۹۰

۳۴- حداقل آرماتور لازم یک تیر طره با مقطع مطابق شکل با $f_c = 25\ MPa$ و $f_y = 400\ MPa$ به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 12 سانتیمترمربع
۲) 7 سانتیمترمربع
۳) 8 سانتیمترمربع
۴) 14 سانتیمترمربع

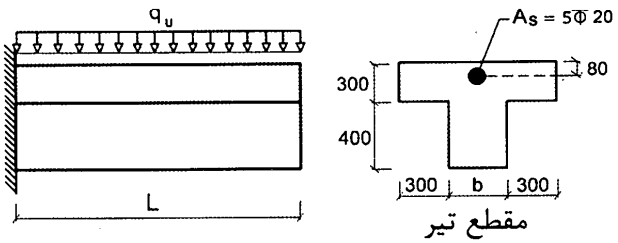


گزینه ۱

محاسبات ۹۷

۳۸- شکل زیر یک تیر بتنی طره‌ای با مقطع T شکل را نشان می‌دهد. بدون توجه به میزان آرماتورهای محاسباتی، حداکثر مقدار عرض جان مقطع (b) برای آنکه میلگردهای فوقانی مقطع قابل قبول باشند، به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگردها از نوع S400 است. همچنین ابعاد مقطع تیر به میلی‌متر است).

۱) 125 mm
۲) 180 mm
۳) 250 mm
۴) 360 mm



گزینه ۴

با افزایش مقدار b، عرض بال تیر نیز افزایش میابد و ممکن است آرماتور حداقل رعایت نشود.

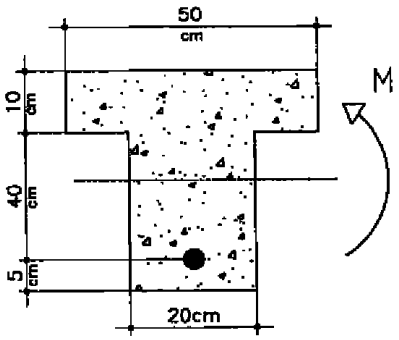
$$\frac{A_s}{b_e d} > Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) = 0.0035$$

$$\rightarrow \quad \frac{5 \times 314}{b_e \times 620} > 0.0035 \quad \rightarrow \quad b_e < 723\ mm$$

$$b_e = Min(b + 600, 2b) < 723\ mm \quad \rightarrow \ b < 361\ mm$$

تمرین: محاسبات ۸۷

۴۶- چنانچه تیر بتنی با مقطع T شکل تحت اثر لنگر خمشی مثبت M قرار گرفته و محل تار خنثی مطابق شکل می‌باشد، براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان حداقل آرماتور بکاررفته (بدون توجه به آرماتور محاسباتی) کدامیک از مقادیر زیر است؟



$$f_y = 4000\ Kg/cm^2$$
$$f'_c = 250\ Kg/cm^2$$

۱) $(A_s)_{min} = 8.7cm^2$
۲) $(A_s)_{min} = 7cm^2$
۳) $(A_s)_{min} = 3.5cm^2$
۴) $(A_s)_{min} = 3.125cm^2$

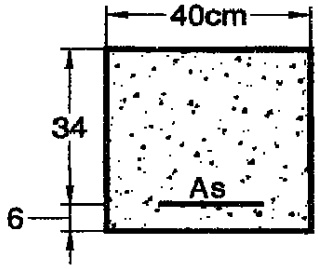
گزینه ۳

$$\rho_{min-\text{تیرها}} = \text{Min}\left[Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right), 1.33 \times \left(\text{درصد میلگرد کششی محاسباتی}\right)\right]$$

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۵- در صورتی که لنگر طراحی مقطع تیر زیر برابر $M_u = 40\ kN.m$ باشد مقدار آرماتور کششی مورد نیاز مقطع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر می‌باشد؟ (بتن در جا می باشد). $f_y = 400\ MPa$, $f_c = 22.5\ MPa$

۱) $A_s = 5.6\ cm^2$
۲) $A_s = 3.6\ cm^2$
۳) $A_s = 4.8\ cm^2$
۴) $A_s = 5.2\ cm^2$



گزینه ۳

روش دقیق:

$$M_u \le M_r \quad \rightarrow 40 \times 10^6 \le A_s F_{dy}\left(d - \frac{A_s(F_{yd})}{2\alpha(b)(f'_{cd})}\right)$$
$$40 \times 10^6 \le A_s \times 0.85 \times 400\left(340 - \frac{A_s(0.85 \times 400)}{2 \times .82 \times (400)(.65 \times 22.5)}\right)$$
$$40 \times 10^6 \le A_s(115600 - 12A_s) \rightarrow A_s = 360\ mm^2$$

روش تقریبی:

$$M_u \le M_r \quad \rightarrow 40 \times 10^6 \le A_s F_{dy}(.9d)$$
$$40 \times 10^6 \le A_s \times 0.85 \times 400(.9 \times 340)$$
$$\rightarrow A_s = 384\ mm^2$$

کنترل درصد میلگرد:

$$\left.\begin{array}{c} \rho = \dfrac{360}{400 \times 340} = 0.0026 \\ \rho_{min} = \text{Min}[0.0035, 1.33 \times 0.0026] = 0.0035 \end{array}\right\} \rightarrow A_s = 0.0035 \times 400 \times 340 = 476\ mm^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۷

۳۶- در یک تیر بتن آرمه از یک ساختمان با شکل پذیری زیاد که عرض آن ۴۰ سانتیمتر و ارتفاع موثر آن ۷۵ سانتیمتر است، مساحت میلگردهای کششی ۹۰ سانتیمترمربع می باشد. کدام گزینه صحیح است؟ (آرماتور مصرفی از نوع A-II با f_y =3000 Kg/cm² و بتن مصرفی از نوع C25 می‌باشد.)

۱) مساحت میلگردهای کششی بیش از مقدار مجاز است.

۲) مساحت میلگردهای کششی کمتر از مقدار مجاز است.

۳) مساحت میلگردها درحد مجاز است.

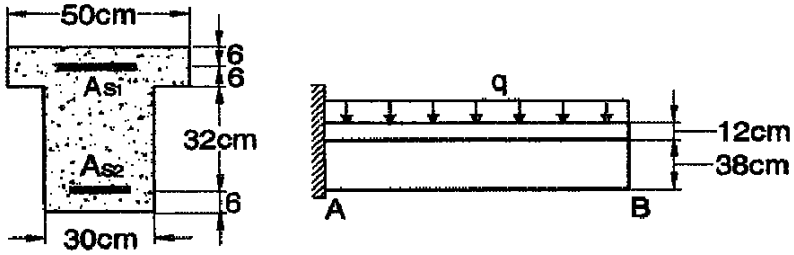
۴) مساحت میلگردها در حد مجاز است ولی عرض مقطع کمتر از حد مجاز می باشد.

درصد میلگرد مصرفی $\rho = \frac{90}{40\times\times75} = 0.03$ می باشد که بیش از مقدار مجاز (ρ_{max}) می باشد.

گزینه ۱

تمرین: محاسبات ۸۹

۴۱- مقطع تیر طره AB مطابق شکل است. در صورتی که $f_y = 400$ MPa, $f_c = 25$ MPa باشند درخصوص مقدار حداقل آرماتورهای طولی فوقانی (As_1)، کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟



۱) 9.3 cm²
۲) 4.7 cm²
۳) 7.7 cm²
۴) 12.3 cm²

گزینه طبق جدول انتهای جزوه درصد میلگرد حداقل برابر 0.0035 می باشد:

$$0.0035 \times (440 \times 500) = 770\ mm^2$$

محاسبات ۹۵

۳۷-مقطع یک تیر خمشی بتن مسلح دارای عرض و ارتفاع مؤثر به ترتیب 400 و 655 میلی‌متر است. اگر بتن از رده C25 و آرماتورهای مصرفی از نوع S340 و آرماتورهای کششی محاسباتی معادل 4Φ20 باشد، مقدار سطح مقطع آرماتور کششی لازم جهت تعبیه در مقطع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 12.57×10^2 mm²
۲) 10.74×10^2 mm²
۳) 9.64×10^2 mm²
۴) 16.72×10^2 mm²

گزینه ۱

درصد میلگرد محاسبه شده برای تیر برابر است با:

$$\rho_{\text{محاسباتی}} = \frac{4 \times 314}{400 \times 655} = 0.00479$$

درصد میلگرد کم به نظر می رسد. باید میلگرد حداقل را محاسبه و کنترل کنیم:

$$\rho_{min-\text{تیرها}} = \text{Min}\begin{bmatrix} Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) \\ 1.33 \times (\text{درصد میلگرد کششی محاسباتی}) \end{bmatrix} = \text{Min}\begin{bmatrix} Max(0.0036, 0.0041) \\ 1.33 \times (0.00479) \end{bmatrix} = 0.0041$$

نتیجه: $4\varphi20 = 4 \times 314 = 1256\ mm^2$ از حداقل بیشتر بوده و می تواند استفاده شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۹- در طراحی یک قاب خمشی بتن آرمه مقاوم در برابر زلزله تیری به عرض 30 سانتیمتر و ارتفاع موثر d=57 سانتیمتر وجود دارد، که هم در بالا و هم در پایین آن سه عدد میلگرد آجدار به قطر 16 میلیمتر پیش بینی شده است. اگر بتن مصرفی از رده C25 باشد حداقل ردهٔ فولاد برای آرماتور طولی فوق کدام است؟

۱) S240 ۲) S500
۳) S340 ۴) S400

گزینه ۴

محاسبات ۹۶

۲۸- در یک تیر بتن مسلح با مقطع 400×600 mm، به ترتیب حداکثر و حداقل آرماتورهای خمشی برحسب میلی‌مترمربع به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (d = 530 mm، آرماتورها از نوع S400 و بتن از رده C30 فرض شود).

۱) 800 و 5700
۲) 700 و 5300
۳) 650 و 5400
۴) 750 و 5600

پاسخ در گزینه ها نیست.

با توجه به جداول انتهای جزوه بتن ویژه محاسبات بنده برای بتن *C30* و میلگرد *S400* داریم:

$$\left.\begin{matrix}\rho_{min}=0.0035\\ \rho_{max}=0.0193\end{matrix}\right\} \rightarrow \begin{matrix}A_{s-min}=0.0035\times400\times530=742\ mm^2\\ A_{s-max}=0.0193\times400\times530=4091\ mm^2\end{matrix}$$

نحوه محاسبه مساحت آرماتور حداکثر اعضای خمشی در اصلاحیه مبحث نهم تغییر کرده است و ظاهرا طراح سوال از این موضوع اطلاع نداشته است. متن مبحث نهم در ص ۱۹۶ به صورت زیر میباشد:

۹-۱۴-۵ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات خمشی

۹-۱۴-۵-۱ حداکثر مقدار آرماتور کششی

در قطعات میله‌ای تحت خمش و یا تحت خمش و نیروی محوری فشاری توأم که در آنها نیروی محوری کمتر از هر دو مقدار $۰/۱۵\phi_c f_c A_g$ و N_{rb} است. مقدار A_s باید به گونه‌ای باشد که روابط (۹-۱۴-۵) و (۹-۱۴-۶) برقرار گردد:

$$\frac{x}{d}\le\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\frac{f_y}{E_s}} \qquad (۹-۱۴-۵)$$

$$\rho\le۰/۰۲۵ \qquad (۹-۱۴-۶)$$

متن اصلاحیه این صفحه:

اصلاحیه مبحث نهم ویرایش ۱۳۹۲

ردیف	شرح	متن اصلی	اصلاحیه
۷	صفحه ۱۹۶ رابطه (۹-۱۴-۵)	$\frac{x}{d}\le\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\frac{f_y}{E_s}}$	$\frac{x}{d}\le\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\varepsilon_t}$ در رابطه فوق ε_t کرنش خالص کششی در دورترین لایه آرماتورهای کششی بوده و مقدر آن نباید از ۰/۰۰۴ کمتر باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات- ۹۱

۳۲- حداقل درصد آرماتور کششی تیر بتون آرمه در سازه‌ای با شکل‌پذیری متوسط، کدام است؟

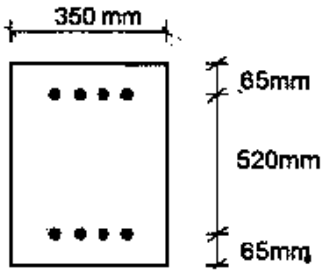
$f_c = ۲۵MPa \quad f_y = ۴۰۰Mpa$

۱) ۰/۰۲۵ ۲) ۰/۰۰۲۵ ۳) ۰/۰۰۳۱ ۴) ۰/۰۰۳۵

گزینه ۴

محاسبات ۹۳

۵۴- در طراحی یک تیر از یک قاب خمشی با شکل‌پذیری زیاد، از بتن با رده C25 و 4Φ18 در بالا و پایین مقطع استفاده شده است. حداقل رده قابل قبول فولاد برای میلگرد طولی کدام است؟



۱) S240
۲) S340
۳) S400
۴) S500

گزینه ۲:

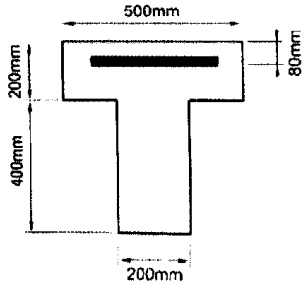
در صورت استفاده از گزینه ۱ میلگردهای قرار داده شده کمتر از حداقل مجاز آیین نامه خواهند بود و غیر قابل قبول خواهد بود.

$$\rho = \frac{4 \times \pi \times 9^2}{350 \times 585} = 0.005$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{F_y} \quad \rightarrow \quad \rho > \rho_{min} \quad \rightarrow \quad 0.005 > \frac{1.4}{F_y} \quad \rightarrow F_y > 280$$

محاسبات ۹۴

۲- مقطع T شکل نشان داده شده در شکل زیر مربوط به یک تیر طره بوده و تحت اثر لنگر خمشی منفی قرار دارد. حداقل مقدار آرماتور کششی مصرفی برحسب میلی‌متر مربع بدون توجه به مقدار آرماتور کششی لازم محاسباتی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (رده بتن C25 و نوع میلگرد S340 فرض شود.)



۱) 760
۲) 430
۳) 1070
۴) 860

گزینه ۴

بر اساس جداول انتهای جزوه بتن:

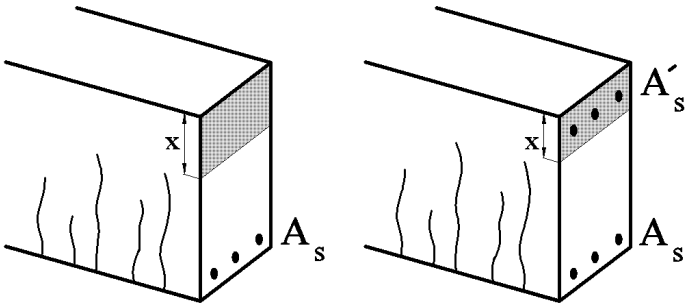
$$Max\left(\frac{0.25\sqrt{25}}{340}, \frac{1.4}{340}\right) = 0.0041$$

$$A_{s-min} = 0.0041 \times 400 \times 520 = 852.8\, mm^2$$

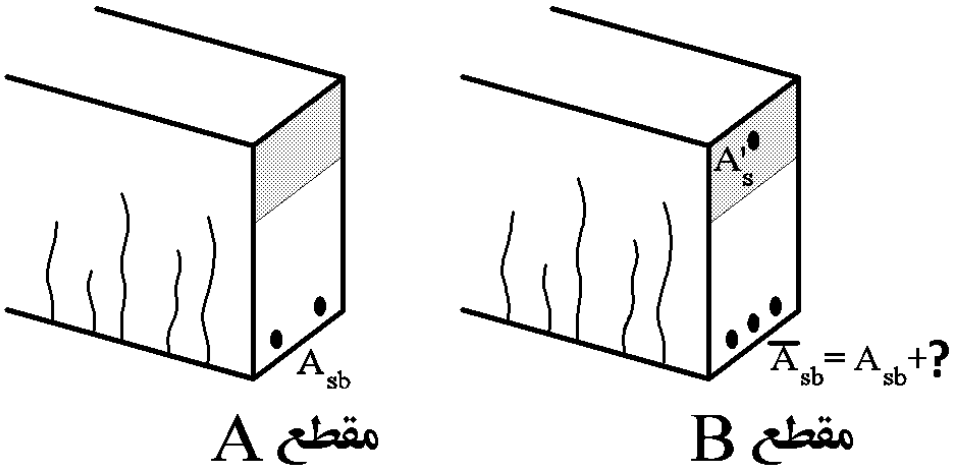
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲-۵- فولاد فشاری

- تاثیر فولاد فشاری بر عمق تار خنثی:



- تاثیر فولاد فشاری بر آرماتور بالانس



فرض کنید مقطع A در حالت بالانس باشد. اگر به این مقطع مطابق مقطع B آرماتور فشاری اضافه گردد، مقدار آرماتور بالانس چه تغییری می کند؟ هدف یافتن ? در شکل می باشد.

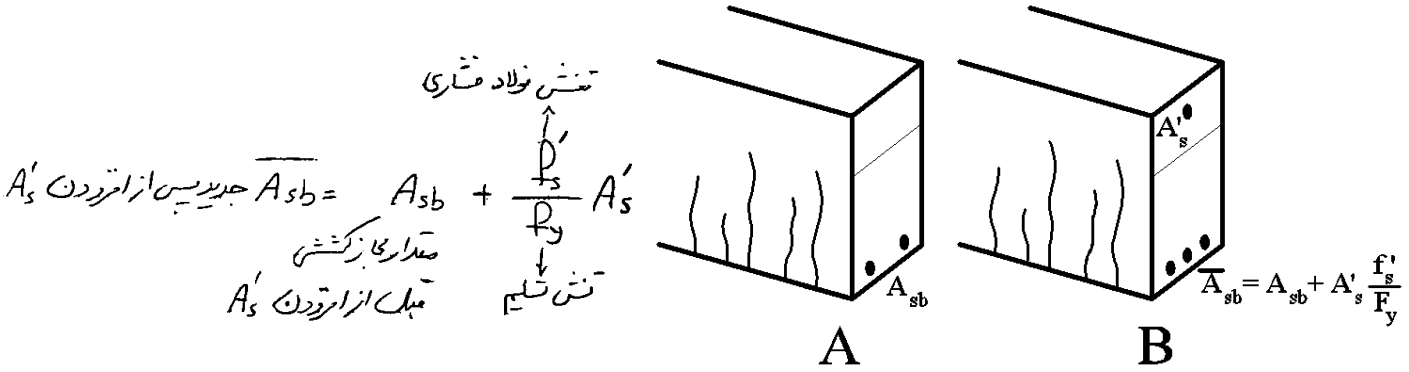
با توجه به اینکه در هر دو مقطع حالت بالانس داریم، ارتفاع تار خنثی در هر دو یکی بوده و تغییر نمی کند (چرا؟)

در مقطع A داریم:

$$C = T \rightarrow (A_{sb})F_{yd} = ab(\alpha f'_{cd})$$

در مقطع B داریم:

$$C = T \rightarrow (A_{sb}+?)F_{yd} = ab(\alpha f'_{cd}) + A'_s f'_{sd}$$
$$\rightarrow (?)F_y = A'_s f'_s$$
$$\rightarrow (?) = A'_s \frac{f'_s}{F_y}$$



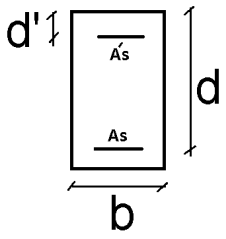
به شرط اینکه آرماتورهای فشاری نیز جاری می شوند:

$$\overline{A}_{sb} = A_{sb} + A'_s$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

کنترل جاری شدن میلگردهای فشاری (در صورتی که میلگردهای کششی جاری شوند):

در صورتی که میلگردهای A_s (کششی) از مقدار زیر بیشتر باشند، میلگردهای A'_s (فشاری) جاری خواهند شد:



$$A_s > \alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \epsilon_y} bd' + A'_s \left(\frac{F_{yd} - \alpha f'_{cd}}{F_{yd}} \right)$$

اگر میلگردهای کششی جاری شوند

$\rightarrow$ A'_s جاری خواهد شد

محاسبات ۹۰

۳۶- در یک تیر بتنی با ابعاد و مشخصات مصالح ثابت، اگر نسبت فولاد کششی از ρ_{max} تجاوز نماید، برای قابل قبول نمودن مقطع چه می‌توان کرد؟

۱) قراردادن آرماتورهای کششی در دو ردیف

۲) قراردادن خاموت بیشتر

۳) قراردادن آرماتورهای فشاری در مقطع

۴) افزایش طول گیرایی و استفاده از قلابهای استاندارد

محاسبات- ۹۱

۳۳- برای افزایش شکل‌پذیری تیر بتون آرمه، انتخاب کدام یک از گزینه‌های زیر، مناسب‌تر است؟

f_c مقاومت فشاری بتون **A_s مساحت سطح مقطع آرماتورهای کششی**

f_y تنش حد جاری شدن فولاد **A'_s مساحت سطح مقطع آرماتورهای فشاری**

۱) افزایش f_c، کاهش f_y، افزایش A'_s، کاهش A_s

۲) افزایش f_c، افزایش f_y، کاهش A'_s، افزایش A_s

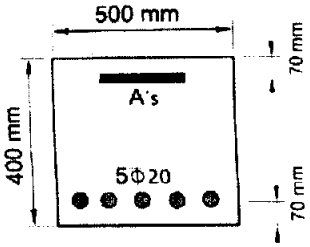
۳) کاهش f_c، افزایش f_y، کاهش A'_s، افزایش A_s

۴) کاهش f_c، کاهش f_y، افزایش A'_s، کاهش A_s

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۱- حدوداً با چه مقدار آرماتور فشاری برحسب میلی‌مترمربع، مقطع زیر در شرایط مقطع متعادل قرار می‌گیرد؟ (بتن از رده C20 و میلگردهای مصرفی از نوع S400 می‌باشد.)



۱) 1000

۲) 1500

۳) 500

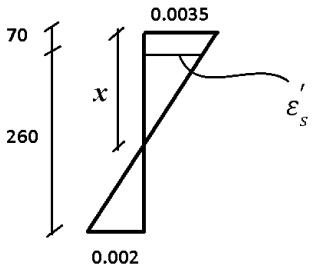
۴) نیازی به آرماتور فشاری نیست.

گزینه ؟

درصد میلگردهای کششی در مقطع فوق برابر $\rho = \frac{5\times314}{500\times330} = 0.0095$ می باشد که بسیار کمتر از آرماتور بالانس می باشد. یعنی مقطع کم فولاد است. بنابراین برای رسیدن به یک مقطع متعادل باید به جای افزایش میلگرد فشاری، میلگرد کششی به آن اضافه نمود. یعنی در این مقطع با افزودن میلگرد فشاری نمی توان به حالت تعادل رسید و گزینه ۴ صحیح است.

اگر مقطع پر فولاد باشد (درصد میلگرد کششی بالا باشد)، با افزودن میلگرد فشاری می توان آن را به یک مقطع متعادل تبدیل کرد.

با این حال برای یادگیری نحوه محاسبه، مراحل محاسبه آمده است:



با توجه به اینکه مقطع در حالت متعادل می باشد، کرنش فولادهای کششی برابر 0.002 خواهد بود. و مقدار عمق تار خنثی (x) به شرح زیر بدست می آید:

$$x = \frac{0.0035}{0.0035 + 0.002}330 = 210\,mm$$

پس از یافتن مقدار x، مقدار کرنش فولادهای فشاری نیز برابر خواهد بود با:

$$\varepsilon_s' = \frac{210 - 70}{210} \times 0.0035 = 0.0023$$

بنابراین فولادهای فشاری در حالت تعادل مقطع جاری می شوند. برای یافتن مقدار مساحت فولادهای فشاری از رابطه تعادل مقطع استفاده می شود:

$$C = T \quad \rightarrow \quad A_s'F_{yd} + (\beta x)(b)(\alpha f_{cd}') = A_sF_{yd}$$

$$\rightarrow \quad A_s' \times 0.85 \times 400 + (0.92 \times 210)(500)(0.82 \times 0.65 \times 20) = 5 \times 314 \times 0.85 \times 400$$

$$A_s' = -1458\,mm^2$$

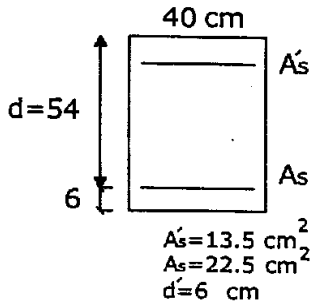
علامت منفی به این معنی می باشد که عملا امکان برقراری تعادل در این مقطع وجود ندارد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۶

۳۸- دریک تیر بتن آرمه با مقطع مربع مستطیل به ابعاد ۶۰×۴۰ درصورتیکه بر اثر بارگذاری ثقلی تیر کرنش در دورترین تار بتن فشاری ۰،۰۰۳ شود، کدامیک از جملات زیر صحیح است؟

$f_y = 4000\,kg/cm^2$ $\quad f_{cc} = 200\,kg/cm^2$



الف) هردو آرماتور های کششی و فشاری جاری می شوند.

ب) فقط آرماتورهای کششی جاری می شوند و آرماتورهای فشاری جاری نمی شوند.

ج) هیچکدام از آرماتورهای کششی و فشاری جاری نمی شوند.

د) فقط آرماتورهای فشاری جاری می شوند و آرماتورهای کششی جاری نمی شوند.

گزینه ۲

با توجه به جدول انتهای جزوه داریم:

$$\rho_{\text{موجود}} = \frac{22.5}{40 \times 54} = 0.01 \quad < \quad \rho_{bal} = 0.0184$$

$\rho_{bal} = 0.0184$ برای مواردی صادق است که آرماتور فشاری نداشته باشیم.

با توجه به اینکه درصد میلگرد کششی پایین می باشد، حتی اگر میلگرد فشاری هم نباشد، مقطع بازهم کم فولاد محسوب شده و میلگردهای کششی جاری می شوند.

کنترل جاری شدن میلگردهای فشاری:

$$A_s > \alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \epsilon_y} bd' + A'_s \left(\frac{F_{yd} - \alpha f'_{cd}}{F_{yd}} \right) \quad \rightarrow \quad A'_s \text{ جاری خواهد شد}$$

$$\alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \epsilon_y} bd' + A'_s \left(\frac{F_{yd} - \alpha f'_{cd}}{F_{yd}} \right)$$

$$= 0.7544 \left(\frac{0.65 \times 20}{0.85 \times 400} \right) \left(\frac{0.003}{0.003 - 0.002} \right) \times 400 \times 60 + 1350 \left(\frac{0.85 \times 400 - 0.82 \times 0.65 \times 20}{0.85 \times 400} \right) =$$

$$= 3384\ mm^2$$

مقدار As موجود از مقدار فوق کمتر است ($2250\ mm^2 < 3384\ mm^2$). بنابراین میلگردهای فشاری جاری نخواهند شد.

تمرین: محاسبات ۸۹

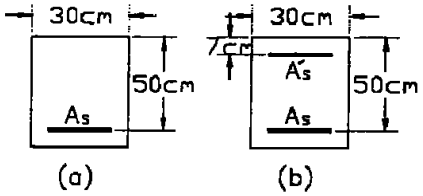
۴۱- در صورتی که $f'_c = ۲۰\ MPa$ $\quad f_y = ۳۰۰\ MPa$ باشد، افزایش لنگر خمشی مقاوم مقطع حالت (b) نسبت به حالت (a) حدوداً برابر است با :

۱) بین ۳۰ و ۵۰ درصد

۲) بین ۱۰ و ۲۰ درصد

۳) کمتر از ۱۰ درصد

۴) بیش از ۵۰ درصد



$A_s = A'_s = 5\Phi 20$

گزینه ۳

تمرین: محاسبات ۸۶

۳۹-در تیر بتن آرمه با مقطع مستطیل به ابعاد ۶۰×۴۰ که مقدار آرماتورهای فشاری $A'_s = 22.5cm^2$ و مقدار آرماتورهای کششی $A_s = 45cm^2$ می باشد لنگر خمشی مقاوم نهائی اسمی تیر چقدر است؟

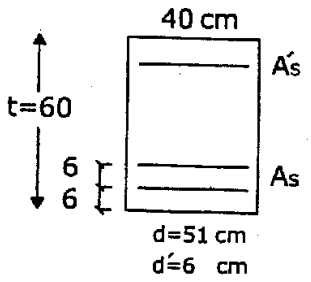
$f_y = 4000\,kg/cm^2$ $f_{cc} = 200\,kg/cm^2$

الف) در حدود ۶۰/۵ Ton.m

ب) در حدود ۸۰/۵ Ton.m

ج) در حدود ۵۰/۵ Ton.m

د) در حدود ۷۰/۵ Ton.m



گزینه ب

- با توجه به اینکه مقاومت خمشی "اسمی" خواسته شده، ضرایب کاهش مقاومت برابر یک منظور خواهد شد.

درصد میلگرد کششی برابر است با:

$$\rho = \frac{45}{40\times 51} = 0.022 < \rho_{bal} = \alpha\beta\frac{f'_c}{F_y}\left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\frac{F_y}{E_s}}\right) = 0.7544\times\frac{20}{400}\left(\frac{0.0035}{0.0035+0.002}\right) = 0.024$$

با توجه به اینکه درصد میلگرد کششی کمتر از مقدار آرماتور بالانس است، فولاد کششی جاری خواهد شد.

کنترل جاری شدن میلگرد فشاری (با فرض جاری شدن میلگرد کششی):

$$A_s > \alpha\beta\frac{f'_c}{F_y}\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}-\epsilon_y}bd' + A'_s\left(\frac{F_{yd}-\alpha f'_{cd}}{F_{yd}}\right) \quad \rightarrow \quad A'_s \text{ جاری خواهد شد}$$

$$\alpha\beta\frac{f'_c}{F_y}\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}-\epsilon_y}bd' + A'_s\left(\frac{F_y-\alpha f'_c}{F_y}\right) =$$

$$= 0.7544\frac{20}{400}\times\frac{0.0035}{0.0035-0.002}\times 400\times 60 + 2250\left(\frac{0400-0.82\times 20}{400}\right) = 4270\,mm^2$$

مقدار As از مقدار فوق بیشتر است. بنابراین میلگردهای فشاری جاری خواهند شد.

برای یافتن لنگر ابتدا باید x را بیابیم:

پس از اطمینان از جاری شدن میلگردهای فشاری و کششی می توان x را بدست آورد. با توجه به اینکه مقاومت اسمی خواسته شده، تمامی φ ها برابر یک می باشند.

$$A_sF_y = \alpha\beta f'_c bx + A'_s(F_y-\alpha f'_c)$$

$$x = \frac{A_sF_y - A'_s(F_y-\alpha f'_c)}{\alpha\beta f'_c b} = \frac{4500\times 400 - 2250(400-0.82\times 20)}{0.7544\times 20\times 400} \quad \rightarrow \quad x = 155\,mm$$

پس از یافتن مقدار x مقدار لنگر مقاوم بدست می آید:

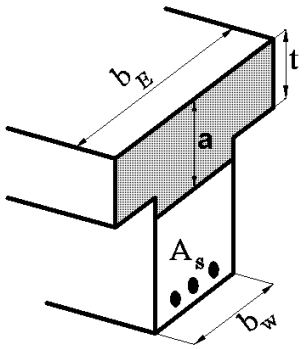
$$M_r = A'_s(F_y-\alpha f'_c)(d-d') + \alpha\beta f'_c xb\left(d-\frac{\beta x}{2}\right)$$

$$= 2250\times(400-0.82\times 20)(510-60) + 0.7544\times 20\times 155\times 400\times\left(510-\frac{0.92\times 155}{2}\right) = 799\,kN.m$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲-۶- تیر T شکل

۱- یافتن a اولیه:



$$a = \beta x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha(b_E)(f'_{cd})}$$

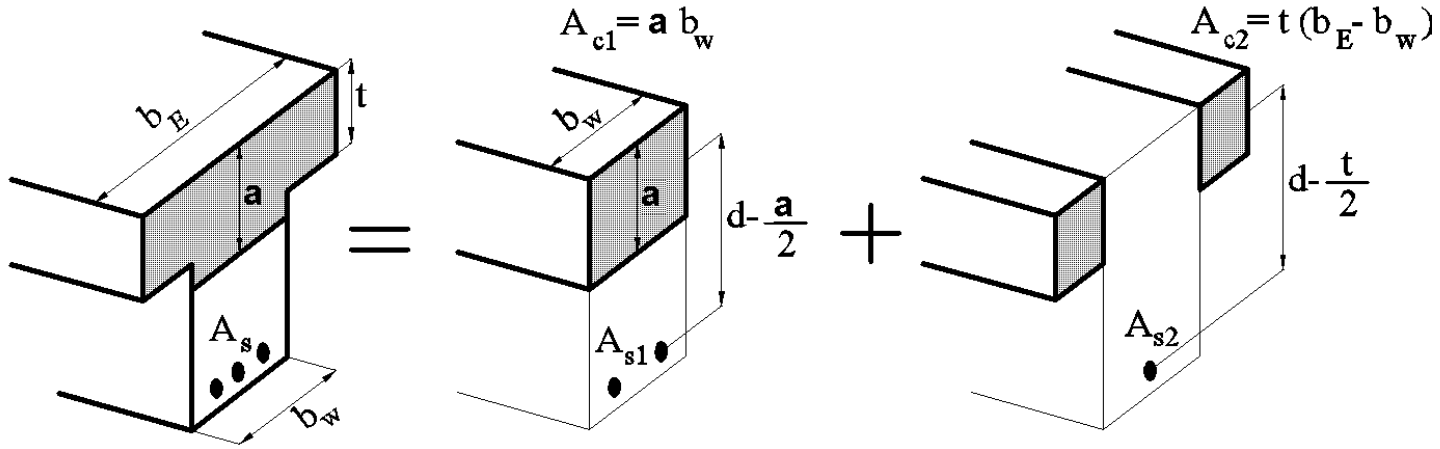
۲- اگر a اولیه کمتر از t بود، مقطع مستطیلی عمل خواهد کرد و مقاومت خمشی مقطع بدست می آید:

$$a \le t \quad \rightarrow \quad \text{مستطیلی} \quad \rightarrow \quad M_r = A_s F_{dy}\left(d - \frac{A_s(F_{yd})}{2\alpha(b_E)(f'_{cd})}\right)$$

۳- اگر a اولیه بزرگتر از t بود، مقطع T شکل عمل خواهد کرد مقدار a باید مجددا محاسبه شود:

$$a > t \quad \rightarrow \quad \text{شکل } T \quad \rightarrow \quad a_{\text{جدید}} = \frac{A_s(F_{yd}) - A_{c2}(\alpha f'_{cd})}{(b_w)(\alpha f'_{cd})}$$

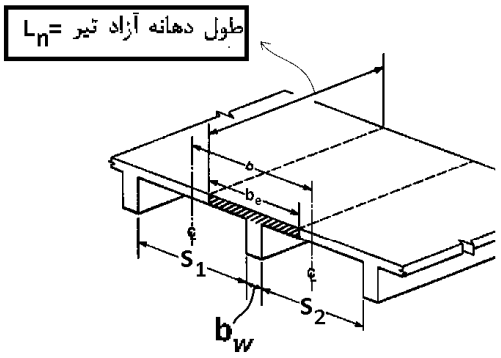
$$\rightarrow \quad M_r = A_{c1}(\alpha f'_{cd})\left(d - \frac{a_{\text{جدید}}}{2}\right) + A_{c2}(\alpha f'_{cd})\left(d - \frac{t}{2}\right)$$



 انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۴-۶ ضوابط تیرهای T شکل و تیرچه‌های بتنی

۹-۱۴-۶-۱ تیرهای T شکل



۹-۱۴-۶-۱-۱ در ساخت تیرهای T شکل، جان و بال باید به صورت یکپارچه ساخته شوند، در غیر اینصورت پیوستگی بین جان و بال باید به نحوی مناسب تأمین شود.

۹-۱۴-۶-۱-۲ عرضی از دال که به طور موثر به عنوان بال تیر عمل می‌کند نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد تیر، برای تیرهای یکسره، و بیشتر از دو پنجم طول دهانه آزاد تیر، برای تیرهای ساده، اختیار شود. عرض موثر بال تیر میانی در هر طرف جان تیر نیز نباید بیشتر از دو مقدار (الف) و (ب) این بند، اختیار گردد:

الف- هشت برابر ضخامت دال

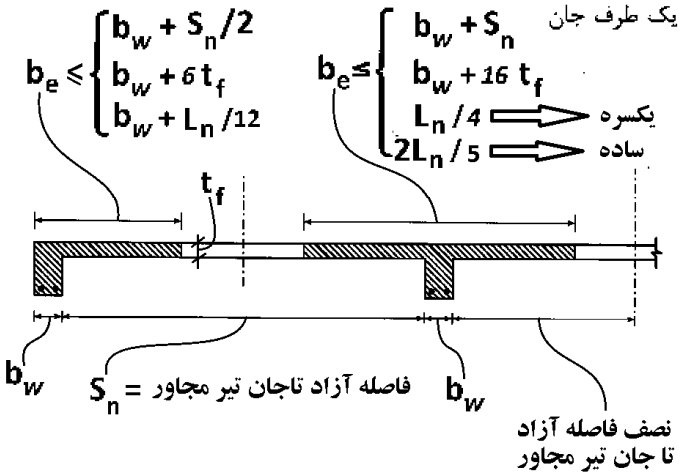
ب- نصف فاصله آزاد تا جان تیرهای مجاور

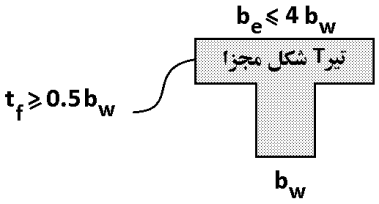
۹-۱۴-۶-۱-۳ عرض موثر بال تیر کناری از بر جان، در تیرهایی که دال فقط در یک طرف جان آنها قرار دارد، نباید بیشتر از سه مقدار (الف) تا (پ) این بند، اختیار شود:

الف) یک دوازدهم طول دهانه آزاد تیر

ب) شش برابر ضخامت دال

پ) نصف فاصله آزاد تا جان تیر مجاور





۹-۱۴-۶-۱-۴ در تیرهای T شکل مجزا که از بال آنها برای تأمین سطح فشاری اضافی استفاده می‌شود، ضخامت بال نباید کمتر از نصف عرض جان تیر باشد. در این تیرها عرض موثر بال نباید بیشتر از چهار برابر عرض جان تیر اختیار شود.

۹-۱۴-۶-۱-۵ در مواردی که میلگردهای اصلی خمشی در دالی که به عنوان بال تیر T در نظر گرفته شده است موازی تیر باشند، میلگردهایی عمود بر تیر باید مطابق ضوابط (الف) و (ب) این بند، در دال قرار داده شود. سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول مقررات بند ۹-۱۴-۶-۲ هستند، از این ضابطه مستثنی می‌باشند.

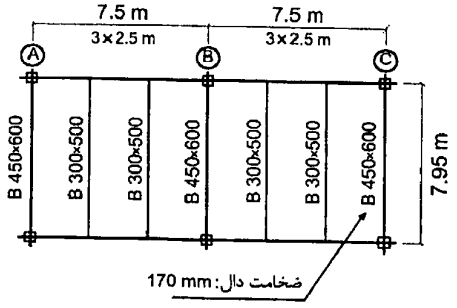
الف- میلگردهای عرضی عمود بر تیر باید برای تحمل بارهای نهایی وارد بر بال و با فرض عملکرد طره‌ای دال طراحی شوند. در تیرهای T شکل مجزا تمام عرض بال طره‌ای و در سایر تیرها عرض موثر بال در این طراحی منظور می‌شوند.

ب- فاصله میلگردهای عرضی عمود بر تیر نباید از پنج برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلی‌متر بیشتر اختیار شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۹- در تیرریزی یک سازه بتن مسلح مطابق شکل درنظر است، که مقطع تیر واقع در محورهای A و C به صورت مقطع T در طراحی درنظر گرفته شود تا سطح فشاری مقطع جهت کنترل تغییر شکل افزایش یابد. عرض مؤثر بال مقطع T با توجه به مقررات به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟ ارقام مربوط به ابعاد مقطع تیر به ترتیب عرض و ارتفاع مقطع برحسب میلی‌متر است. مقطع تمام ستون‌ها 450×450 میلی‌متر است.



۱) 1075 میلی‌متر

۲) 625 میلی‌متر

۳) 1470 میلی‌متر

۴) 1270 میلی‌متر

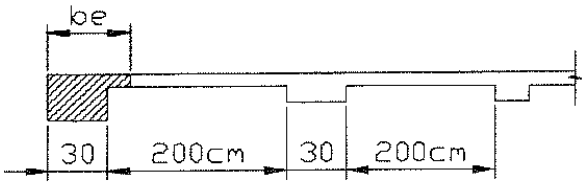
گزینه ۱

$$b_e = Min\left(b_w + \frac{S_n}{2}, b_w + 6t_f, b_w + \frac{L_n}{12}\right)$$

$$= Min\left(450 + \frac{2500 - \frac{450}{2} - \frac{300}{2}}{2}, 450 + 6 \times 170, 450 + \frac{(7950-450)}{12}\right) = Min(1512, 1470, 1075) = 1075\ mm$$

محاسبات-۹۰

۴۱- مقطع سقف بتن آرمه‌ای مطابق شکل است. حداکثر عرض موثر تیر کناری (b_e) با طول دهانه آزاد 7.2 متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (ضخامت دال = 12 سانتیمتر)



۱) 60 سانتیمتر

۲) 100 سانتیمتر

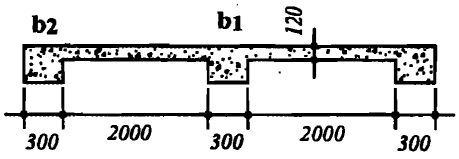
۳) 90 سانتیمتر

۴) 130 سانتیمتر

گزینه ۳

محاسبات ۹۴

۲۷- مقطع یک سقف بتن‌آرمه مطابق شکل است. در صورتی‌که دهانه آزاد تیر برابر 4.8 متر (تیر با تکیه‌گاه‌های مفصلی) و ضخامت دال 120 میلی‌متر باشد، کل عرض مؤثر بال تیر میانی (b_1) و کل عرض مؤثر بال تیر کناری (b_2) به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (اندازه‌ها در شکل بر حسب میلی‌متر است).



۱) کل عرض مؤثر تیر b_1 برابر 2.1 متر و کل عرض مؤثر تیر b_2 برابر 1.3 متر است.

۲) کل عرض مؤثر تیر b_1 برابر 2.3 متر و کل عرض مؤثر تیر b_2 برابر 1.0 متر است.

۳) کل عرض مؤثر تیر b_1 برابر 2.2 متر و کل عرض مؤثر تیر b_2 برابر 0.7 متر است.

۴) کل عرض مؤثر تیر b_1 برابر 1.9 متر و کل عرض مؤثر تیر b_2 برابر 0.7 متر است.

گزینه ۴

$$b_{e1} = Min\left(300 + 2000,\quad 300 + 16 \times 120,\quad \frac{2}{5} \times 4800\right) = 1920\ mm$$

$$b_{e2} = Min\left(300 + \frac{2000}{2},\quad 300 + 6 \times 120,\quad 300 + \frac{1}{12}4800\right) = 700\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۶

۳۵- در یک تیر T شکل مجزا، که از بال آن برای تأمین سطح فشاری اضافی استفاده می شود، کدامیک از موارد زیر صحیح است؟

۱) ضخامت بال می باید حداقل برابر با نصف عرض جان باشد. عرض موثر بال نیز می باید حداقل 4 برابر عرض جان باشد.

۲) ضخامت بال می باید حداقل برابر با نصف عرض جان باشد. عرض موثر بال نیز می باید حداکثر 4 برابر عرض جان باشد.

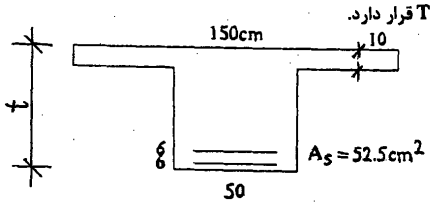
۳) ضخامت بال می باید حداقل برابر با 20 سانتیمتر باشد. عرض موثر بال نیز می باید حداقل برابر با 6 برابر عرض جان باشد.

۴) ضخامت بال می‌باید بین نصف تا یک برابر عرض جان باشد. عرض موثر بال نیز می باید بین 4 تا 6 برابر عرض جان باشد.

گزینه ۲

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۳

۳۴- تیری با مقطع T به شکل زیر در نظر است. این تیر زیر اثر لنگر خمشی نهائی $M_u = 62/0\ T-m$ قرار دارد. بگوئید ارتفاع مورد نیاز تیر نزدیک‌تر به کدام‌یک از مقادیر زیر است. تیر در شرایط محاسبات تیر T قرار دارد.



$f_c = 200\ kg/cm^2$ $f_y = 4000\ kg/cm^2$

۱) $t = 50\ cm$

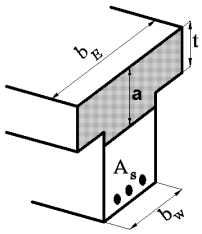
۲) $t = 60\ cm$

۳) $t = 70\ cm$

۴) $t = 80\ cm$

گزینه ۱

یافتن a اولیه:



$$a = \beta x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha(b_E)(f'_{cd})} = \frac{5250 \times 0.85 \times 400}{0.82 \times 1500 \times 0.65 \times 20} = 111.63$$

a اولیه بزرگتر از t می باشد و مقطع T شکل عمل خواهد کرد و مقدار a باید مجددا محاسبه شود:

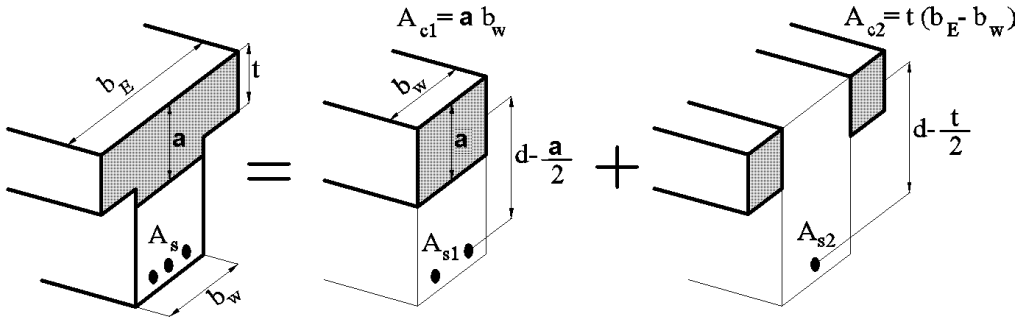
$$a = 111 > t = 100 \rightarrow \text{شکل } T$$

$$\rightarrow \quad a_{\text{جدید}} = \frac{A_s(F_{yd}) - A_{c2}(\alpha f'_{cd})}{(b_w)(\alpha f'_{cd})} = \frac{5250 \times 0.85 \times 400 - 1000 \times 100(0.82 \times 0.65 \times 20)}{500 \times 0.82 \times 0.65 \times 20}$$
$$= 135\ mm$$

$$\rightarrow \quad M = A_{c1}(\alpha f'_{cd})\left(d - \frac{a_{\text{جدید}}}{2}\right) + A_{c2}(\alpha f'_{cd})\left(d - \frac{t}{2}\right) = 620\ kN.m$$

$$M = 135 \times 500(0.82 \times 0.65 \times 20)\left(d - \frac{135}{2}\right) + 1000 \times 100(0.82 \times 0.65 \times 20)\left(d - \frac{100}{2}\right)$$

$$M = -101869625 + 1785550d = 620 \times 10^6\ N.mm \quad \rightarrow d = 404\ mm \rightarrow t = 404 + 90 = 494\ mm$$



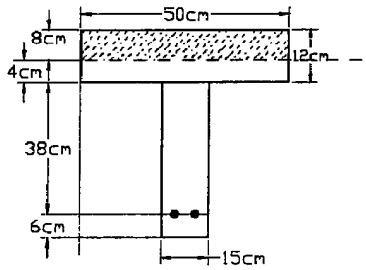
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۹- در یک تیر بتنی با مقطع T شکل، ناحیه بلوک فشاری تنش (با فرض توزیع یکنواخت تنش) مطابق شکل نـشان داده شده است. آرماتور کششی لازم مقطع برابر است با:

$f'_c = ۲۵\text{-kg/cm}^۲$ $F_y = ۳۰۰۰\text{kg/cm}^۲$

۱) $۹/۱۷\ \text{cm}^۲$
۲) $۳/۵\ \text{cm}^۲$
۳) $۱۱/۶۷\ \text{cm}^۲$
۴) $۲۰/۷\ \text{cm}^۲$



گزینه ۴

$$a(b)(\alpha f'_{cd}) = A_s(F_{yd})$$
$$80(500)(0.8125 \times 0.65 \times 25) = A_s(0.85 \times 300) \quad \rightarrow A_s = 2071\ mm^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲-۷- تیرچه بلوک

۹-۱۴-۶-۲ ضوابط مربوط به سیستم تیرچه‌های بتنی

۹-۱۴-۶-۲-۱ سیستم تیرچه‌های بتنی، مرکب از تیرچه‌های با فواصل تقریباً مساوی در یک امتداد و یا دو امتداد عمود بر هم و یک دال فوقانی، که در آنها محدودیت‌های زیر رعایت شده باشند، می‌توانند به صورت مجموعه طبق ضوابط دال‌ها طراحی شوند:

الف) عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ب) فاصله آزاد بین تیرچه‌ها نباید بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۶-۲-۲ سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول ضوابط بند ۹-۱۴-۶-۲-۱ نمی‌شوند باید به صورت سیستم تیر و دال طراحی شود.

۹-۱۴-۶-۲-۳ درسیستم‌هایی که از اجزای پرکننده دائمی، مانند بلوک‌های سفالی و یا بلوک‌های بتنی، در فواصل بین تیرچه‌ها استفاده می‌شود و مقاومت فشاری مصالح این اجزا حداقل برابر با مقاومت مشخصه بتن تیرچه‌ها است، می‌توان از مقاومت جدارهایی از این اجزا که در تماس با تیرچه‌ها هستند در محاسبه مقاومت برشی و مقاومت خمشی منفی تیرچه‌ها استفاده کرد. از مقاومت سایر قسمت‌های اجزای پرکننده در مقاومت سیستم صرفنظر می‌شود. در این سیستم‌ها محدودیت‌های (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف) ضخامت دال روی اجزای پرکننده نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۴۰ میلی‌متر کمتر اختیار شود.

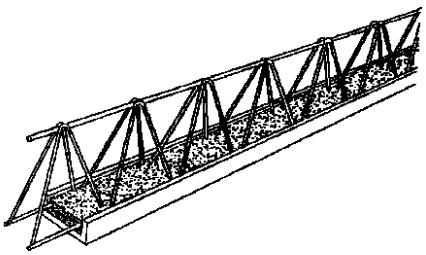
ب) در سیستم تیرچه‌های یک طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی عمود بر امتداد تیرچه‌ها و مطابق بند ۹-۱۸-۴ قرار داد. در سیستم تیرچه‌های دو طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی در دو امتداد عمود بر هم و مطابق بند ۹-۱۸-۴ پیش‌بینی کرد.

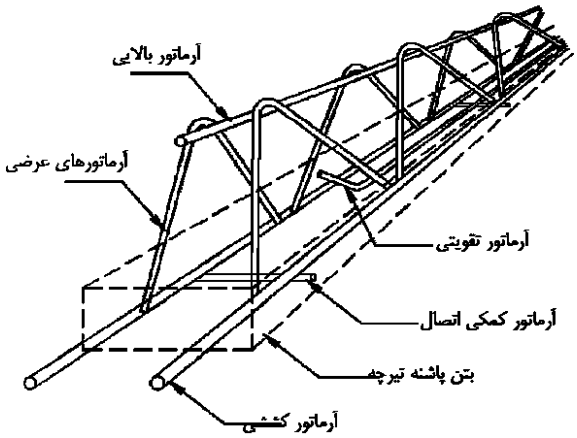
۹-۱۴-۶-۲-۴ در سیستم‌هایی که از قالب موقت استفاده می‌شود و یا اجزای پرکننده مشمول ضابطه بند ۹-۱۴-۶-۲-۳ نمی‌شوند، محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:

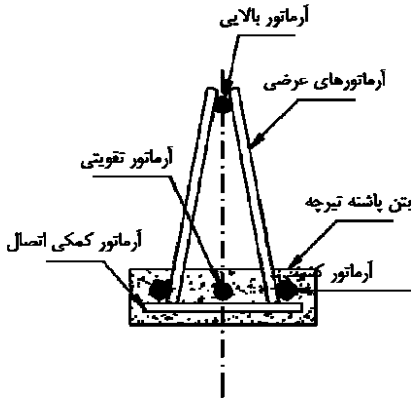
الف) ضخامت دال فوقانی نباید از یک‌دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلی متر کمتر اختیار شود.

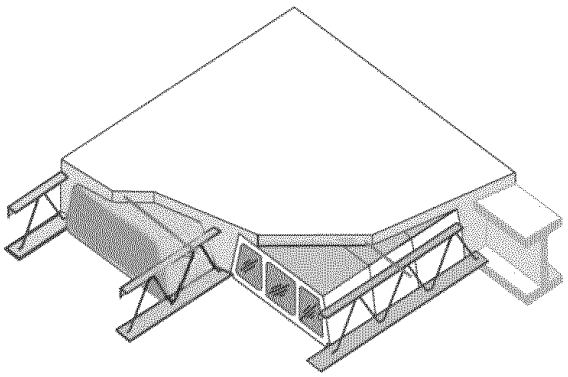
ب) در دال فوقانی باید میلگردهایی عمود بر تیرچه‌ها که بر اساس ضوابط مربوط به خمش و با در نظر گرفتن بارهای متمرکز، درصورت موجود بودن، طراحی شده‌اند، پیش‌بینی کرد. مقدار این آرماتورها نباید کمتر از مقدار مندرج در بند ۹-۱۸-۴ اختیار شود.

۹-۱۴-۶-۲-۵ مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن در تیرچه‌ها را می‌توان به اندازه ده درصد بیشتر از مقدار گفته شده در فصل پانزدهم در نظر گرفت. مقاومت برشی تیرچه‌ها را می‌توان با استفاده از آرماتور برشی و یا زیاد کردن عرض تیرچه‌ها افزایش داد.

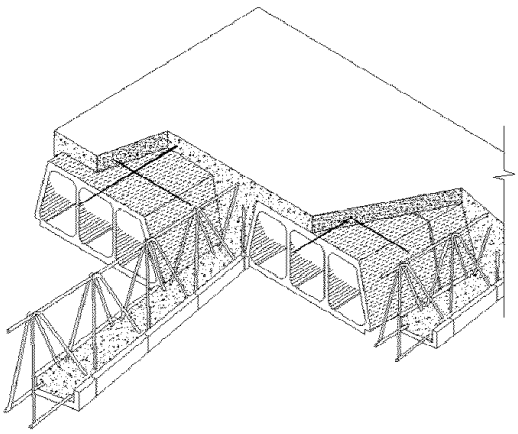








الف- سقف تیرچه و بلوک با تیرچه‌ی فولادی با جان باز



ب- سقف تیرچه و بلوک با تیرچه‌ی بتنی

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۱۹- کدامیک از تیرچه‌های بتنی زیر باید به‌صورت سیستم تیر و دال طراحی شوند؟

۱) تیرچه‌های با عرض 150 میلی‌متر و ارتفاع کل 600 میلی‌متر و دارای فاصله آزاد بین تیرچه‌ها برابر 650 میلی‌متر

۲) تیرچه‌های با عرض 120 میلی‌متر و ارتفاع کل 400 میلی‌متر و دارای فاصله آزاد بین تیرچه‌ها برابر 700 میلی‌متر

۳) تیرچه‌های با عرض 100 میلی‌متر و ارتفاع کل 350 میلی‌متر و دارای فاصله آزاد بین تیرچه‌ها برابر 750 میلی‌متر

۴) تیرچه‌های با عرض 150 میلی‌متر و ارتفاع کل 450 میلی‌متر و دارای فاصله آزاد بین تیرچه‌ها برابر 600 میلی‌متر

گزینه ۱

تمرین: محاسبات ۸۶

۳۷- در مورد تیرچه های بتنی کدامیک از جملات زیر صحیح است؟

الف) عرض تیرچه ها نباید کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ب) عرض تیرچه ها نباید کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از دو و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ج) عرض تیرچه ها نباید کمتر از ۱۲۰ میلیمتر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

د) عرض تیرچه ها نباید کمتر از ۱۲۰ میلیمتر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از دو و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

گزینه ۱

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲-۸- ضوابط لرزه ای میلگرد طولی

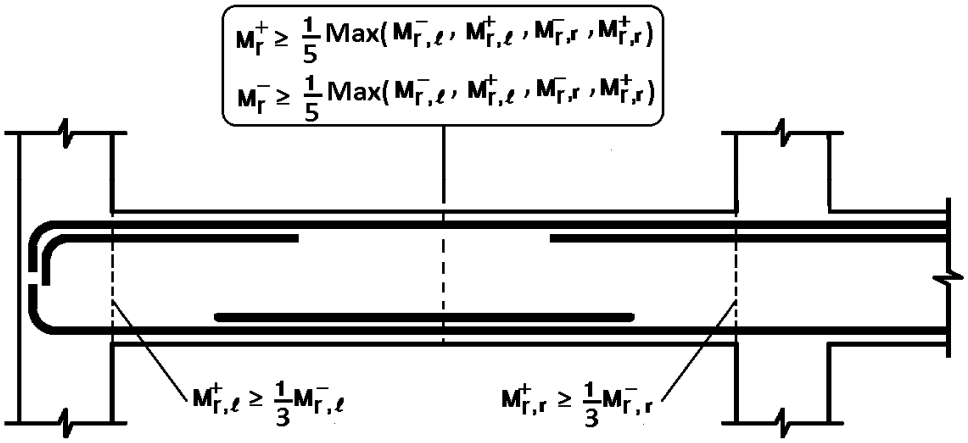
۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی، مقاومت خمشی مثبت نباید از یک‌سوم مقاومت خمشی منفی همان تکیه‌گاه کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول عضو، نباید از یک‌پنجم حداکثر مقاومت خمشی هر یک از دو انتهای عضو کمتر باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۳ در هر عضو خمشی حداقل یک پنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه‌گاه‌ها، هر انتها که آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند.



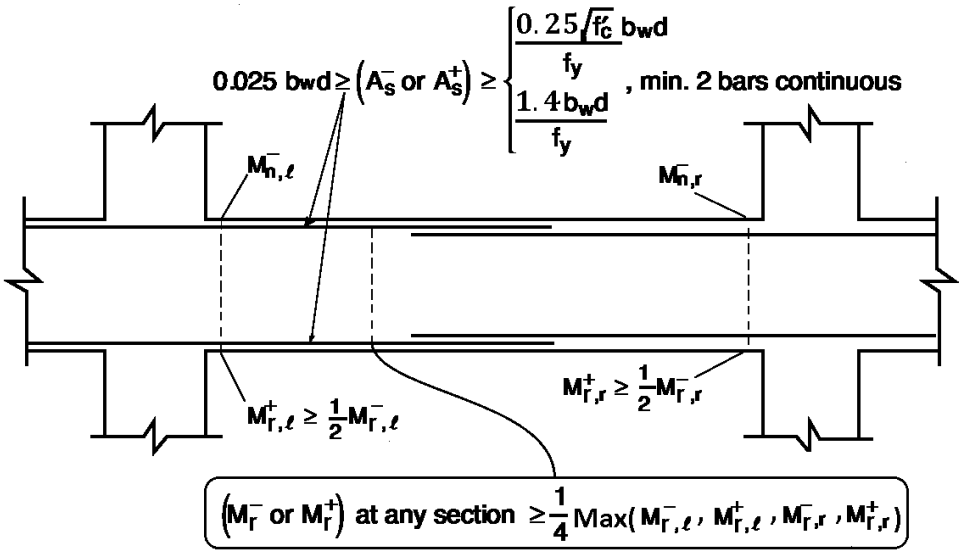
۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۱-۲-۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی، مقاومت خمشی مثبت هر تکیه‌گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان تکیه‌گاه باشد.

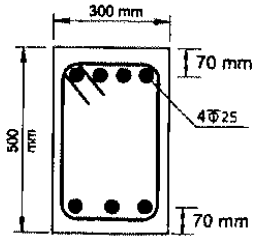
۹-۲۳-۴-۱-۲-۳ مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نبایستی کمتر از یک‌چهارم مقاومت خمشی حداکثر تکیه‌گاه باشد.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۱- در یک قاب خمشی بتنی با شکل‌پذیری متوسط، یک تیر بتنی درجا در محل تکیه‌گاه دارای مقطعی با جزییات شکل زیر می‌باشد. در صورتی‌که قسمت بالای تیر تحت کشش باشد، با درنظر گرفتن ضوابط طراحی در برابر زلزله، حداقل مقدار مساحت میلگردهای قسمت پایین مقطع، بدون توجه به مقدار محاسباتی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فولاد میلگردها S400 و بتن از نوع C25 می‌باشد. همچنین در محاسبه مقاومت خمشی مقطع از اثر آرماتورهای فشاری صرفنظر شود)



۱) 560 میلی‌مترمربع

۲) 460 میلی‌مترمربع

۳) 400 میلی‌مترمربع

۴) 680 میلی‌مترمربع

گزینه ۱

$$A_s^- = 1962mm^2$$

روش تقریبی: با فرض اینکه بازوها (Z) برای خمش مثبت و منفی تقریبا برابر باشند داریم:

$$M_r^+ > \frac{M_r^-}{3} \quad \rightarrow \quad A_s^+ F_{dy}\left(d - \frac{A_s^+(F_{yd})}{2\alpha(b)(f'_{cd})}\right) = \frac{A_s^- F_{dy}}{3}\left(d - \frac{A_s^-(F_{yd})}{2\alpha(b)(f'_{cd})}\right)$$

$$\rightarrow \quad A_s^+\left(430 - \frac{A_s^+(0.85\times 400)}{2\times 0.81(30)(0.65\times 25)}\right) = \frac{1962}{3}\left(430 - \frac{1962(0.85\times 400)}{2\times 0.81(30)(0.65\times 25)}\right)$$

$$A_s^+ = 557mm^2$$

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۳- برای یک تیر در قاب خمشی بتن آرمه با شکل پذیری متوسط، لنگر خمشی مقاوم منفی در تکیه‌گاه‌ها برابر 400 kN.m و لنگر خمشی مقاوم مثبت در وسط دهانه برابر 250 kN.m می‌باشد. براساس لنگرهای خمشی مقاوم فوق، حداقل لنگر خمشی مقاوم منفی وسط دهانه برحسب kN.m چقدر باید باشد؟

۱) 100

۲) 125

۳) 62.5

۴) 200

پاسخ: 80 kN.m

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲- فواصل میلگردها

۹-۱۴-۱۱ محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا فشاری

۹-۱۴-۱۱-۱ محدودیت‌های فاصله میلگردها

۹-۱۴-۱۱-۱-۱ فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچیک از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) قطر میلگرد بزرگتر

ب) ۲۵ میلی‌متر

پ) ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن

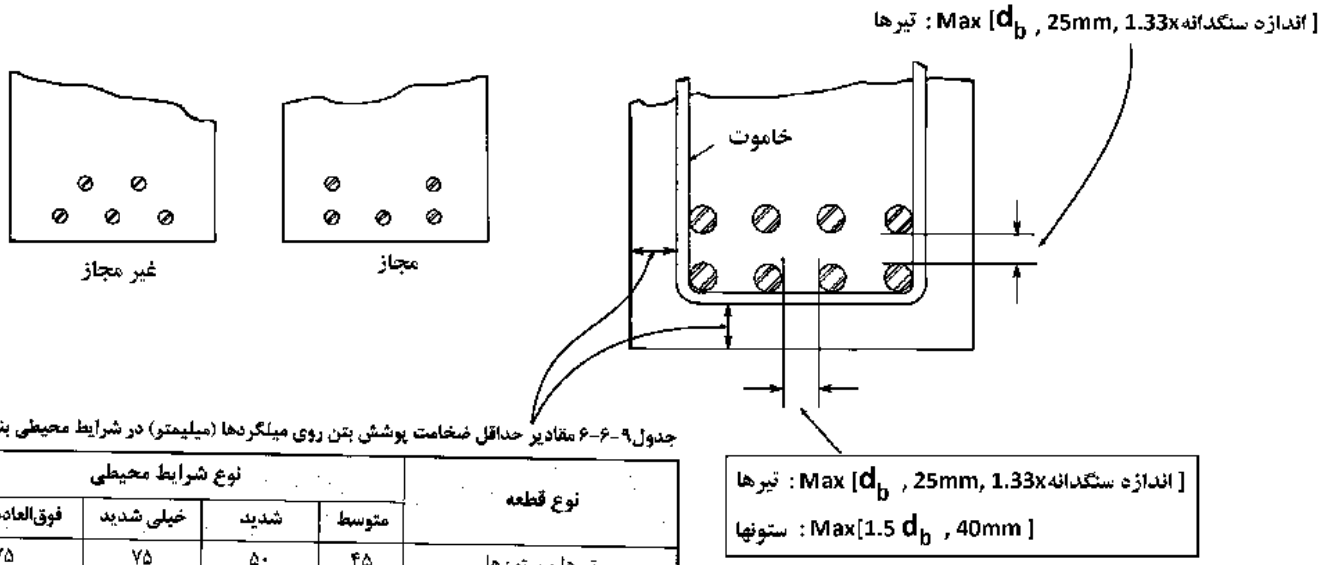
۹-۱۴-۱۱-۱-۲ در اعضای تحت فشار و خمشی فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۳ درصورتی که میلگردهای موازی در چند سفره قرار گیرند، میلگردهای سفره فوقانی باید طوری بالای میلگردهای سفره تحتانی واقع شوندکه معبر بتن تنگ نشود، فاصله آزاد بین هر دو سفره نباید از ۲۵ میلی‌متر و نه از قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۴ دراعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از ۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۵ فاصله مجاز بین میلگردها درمحل وصله‌های پوششی در بند ۹-۲۱-۴-۱-۵ ارائه شده است.

۹-۱۴-۱۱-۱-۶ محدودیت‌های فاصله آزاد بین میلگردها باید در مورد فاصله آزاد وصله‌های پوششی با وصله‌ها یا میلگردهای مجاور نیز رعایت شوند.



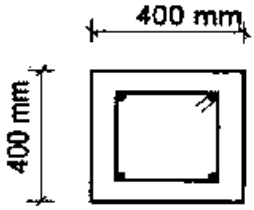
جدول۹-۶-۶ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر) در شرایط محیطی بند ۹-۶-۴

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی			
	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۴۵	۵۰	۷۵	۷۵
دال ها و تیرچه‌ها	۳۰	۳۰	۶۰	۶۰
دیوار ها وپوسته‌ها	۲۵	۳۰	۵۵	۵۵
شالوده‌ها	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۶- در مورد ستونی با مقطع 400×400 mm با آرماتور طولی 4Φ25 و تنگ Ø10@150 mm و پوشش بتن 50 mm گزینه صحیح را انتخاب کنید:



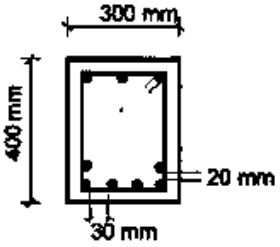
۱) آرماتورگذاری ستون قابل قبول نیست.
۲) آرماتورگذاری ستون قابل قبول است.
۳) چنانچه آرماتورهای طولی از 4Φ25 به 4Φ28 تغییر یابد آرماتورگذاری قابل قبول می‌گردد.
۴) چنانچه قطر تنگ از Ø10 به Ø12 تغییر یابد، آرماتورگذاری ستون قابل قبول تلقی می‌گردد.

گزینه ۱

فاصله میلگردهای طولی بیش از 20cm بوده و غیر قابل قبول است. باید تعداد آرماتورهای طولی افزایش یابد.

محاسبات ۹۳

۵۵- در یک ساختمان با شرایط محیطی شدید، جزئیات مطابق شکل برای مقطع یک تیر به کار رفته است. در صورتیکه حداکثر قطر سنگدانه در بتن 20 میلی‌متر باشد، کدامیک از موارد زیر صحیح است؟ (پوشش میلگردها 50 میلی‌متر، بتن از رده C25 و قطر میلگردهای طولی 20 میلی‌متر می‌باشد)



۱) ضوابط حداقل فاصله میلگردها از یکدیگر در یک سفره رعایت شده است.
۲) ضوابط حداقل فاصله میلگردها از یکدیگر در یک سفره رعایت نشده است.
۳) فاصله آزاد میلگردها بین دو سفره رعایت شده است.
۴) ضوابط مربوط به محدودیت فاصله میلگردها کاملاً رعایت شده است.

گزینه ۱

فاصله آزاد بین دو سفره (20mm) کمتر از 25mm بوده و گزینه های ۳ و ۴ نادرست هستند.

فاصله آزاد بین میلگردها در یک سفره (30mm) ضوابط تیرها را ارضا کرده و قابل قبول است. همچنین پوشش ۵۰ میلیمتر برای شرایط محیطی شدید کافی است.

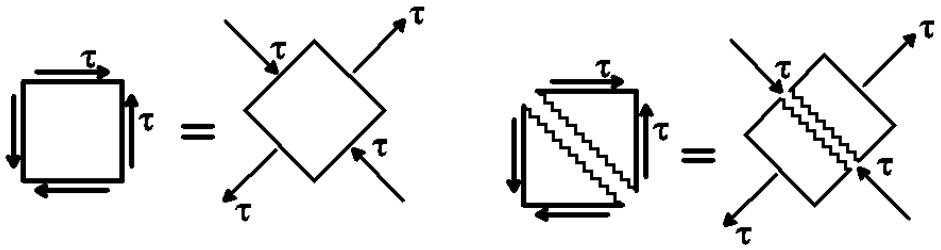
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-برش

۳-۱- مفاهیم

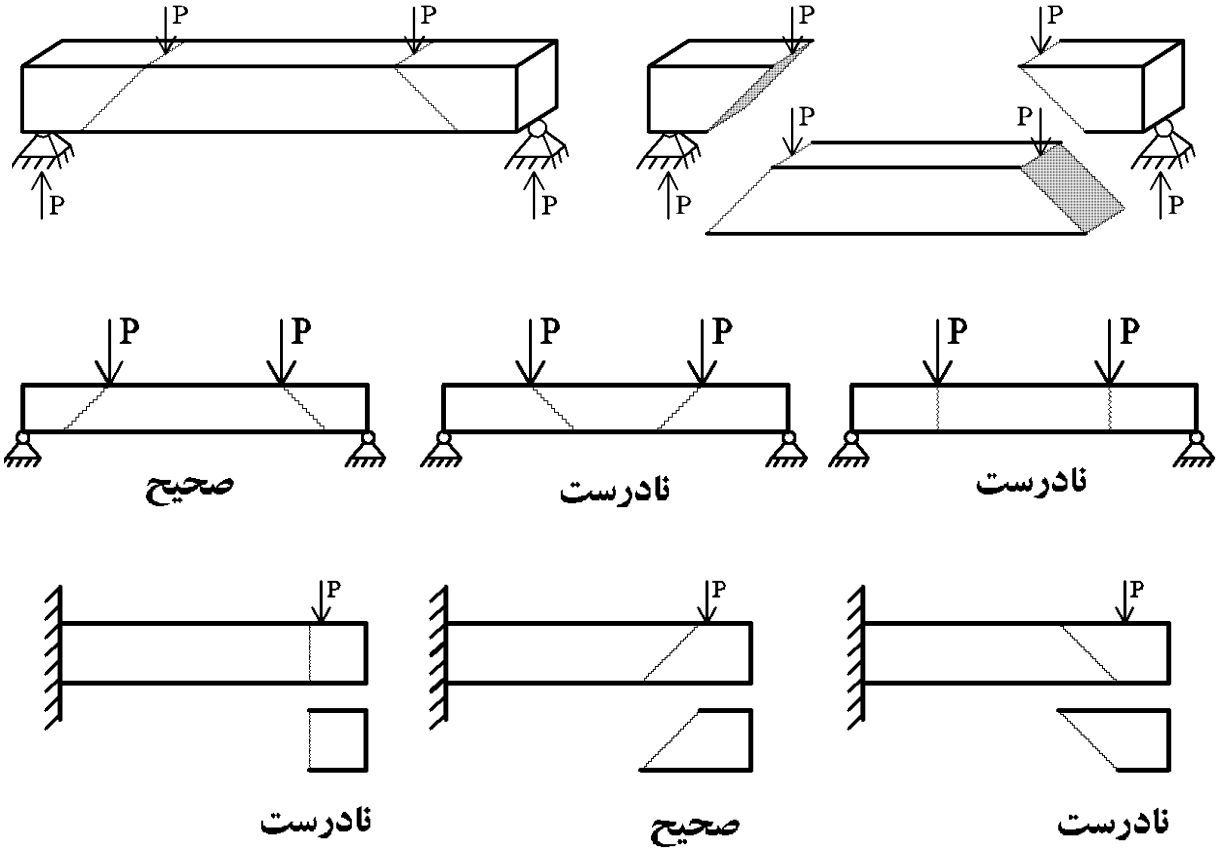
زمانی که یک المان تحت برش خالص قرار دارد، این المان در حقیقت تحت ترکیب کشش و فشار قرار دارد.

بتن تحت کشش ضعیف است و ترک می خورد:

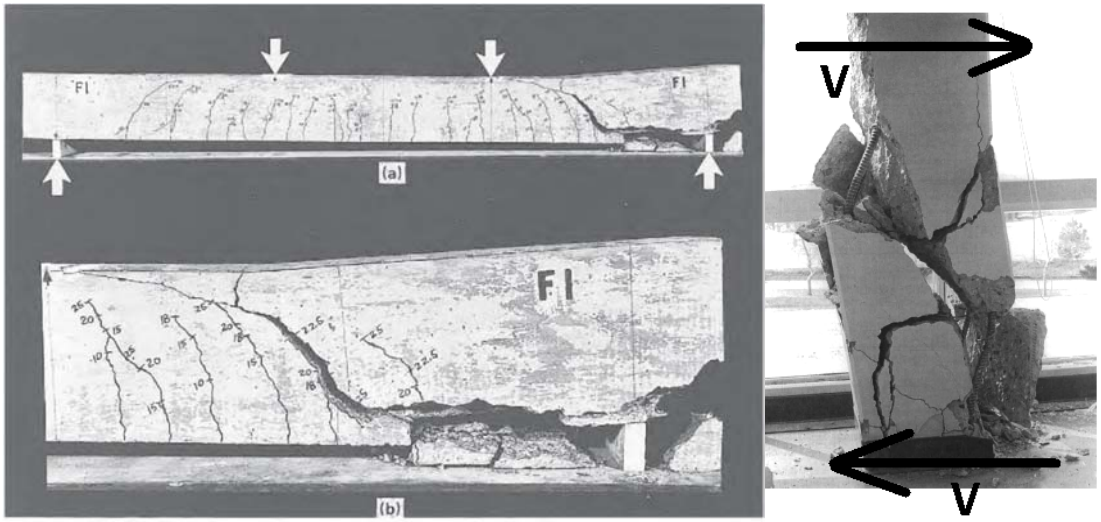


ترکهای برشی با راستای نیروی وارده زاویه ۴۵ درجه می سازند. در حقیقت بتن تحت "برش" به صورت کششی "ترک" می خورد.

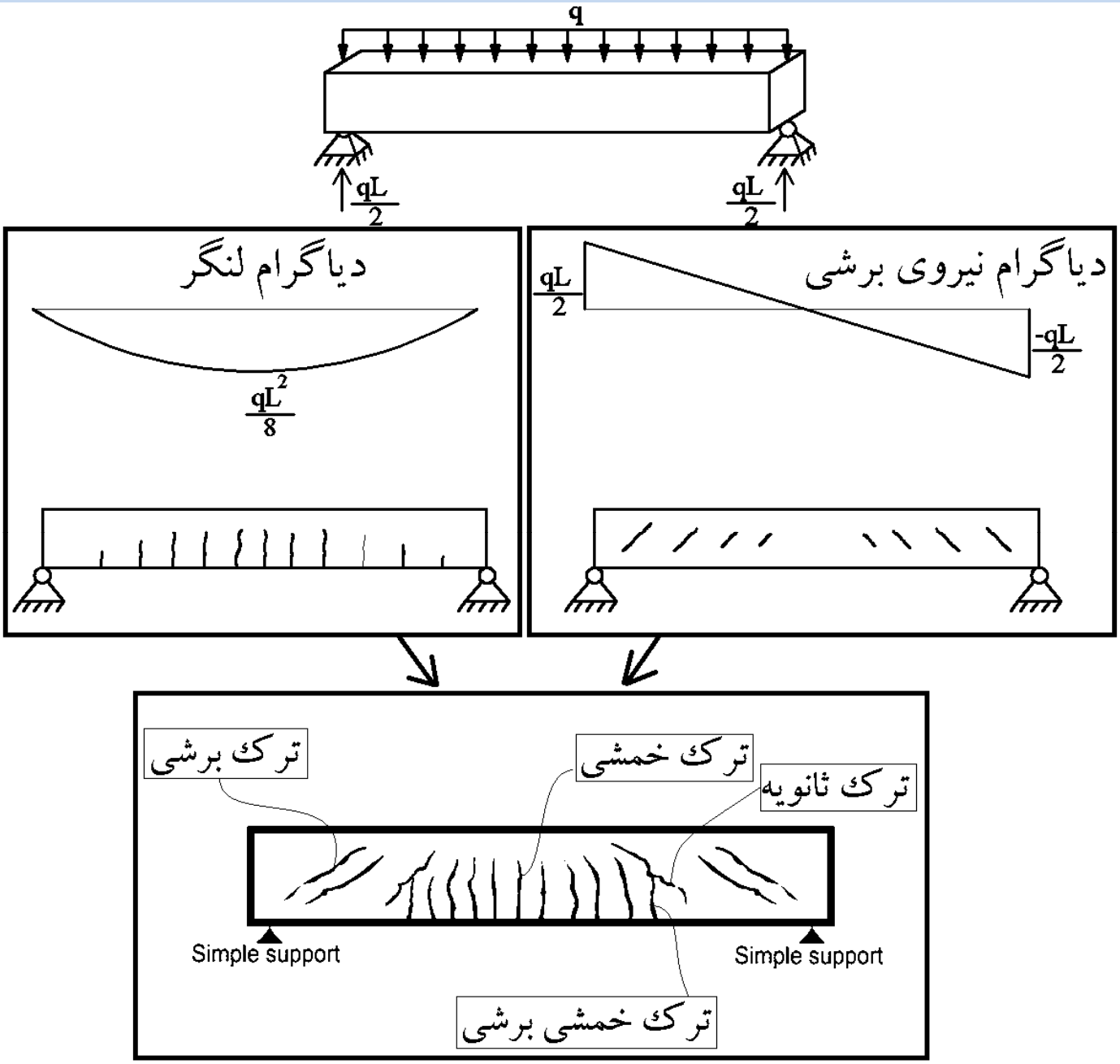
نحوه تشخیص ترک: تیر به صورتی ترک می خورد که بتواند در راستای اعمال نیرو حرکت کند:



شکست برشی ستون در زلزله San Fernando 1971 (شکل سمت راست):



انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



در مقطع مستطیلی تحت برش، تنش برشی حداکثر در وسط جان اتفاق می افتد و بنابراین ترک های برشی از وسط مقطع شروع می شوند.

در مقطع مستطیلی تحت خمش، تنش خمشی حداکثر در پایین مقطع اتفاق می افتد و بنابراین ترک ها از پایین مقطع شروع می شوند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-۲- مقاومت برشی بتن

برای محاسبه مقاومت برشی مقطع دو روش داریم: ۱- روش تقریبی، ۲- روش

۹-۱۵-۳ نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن

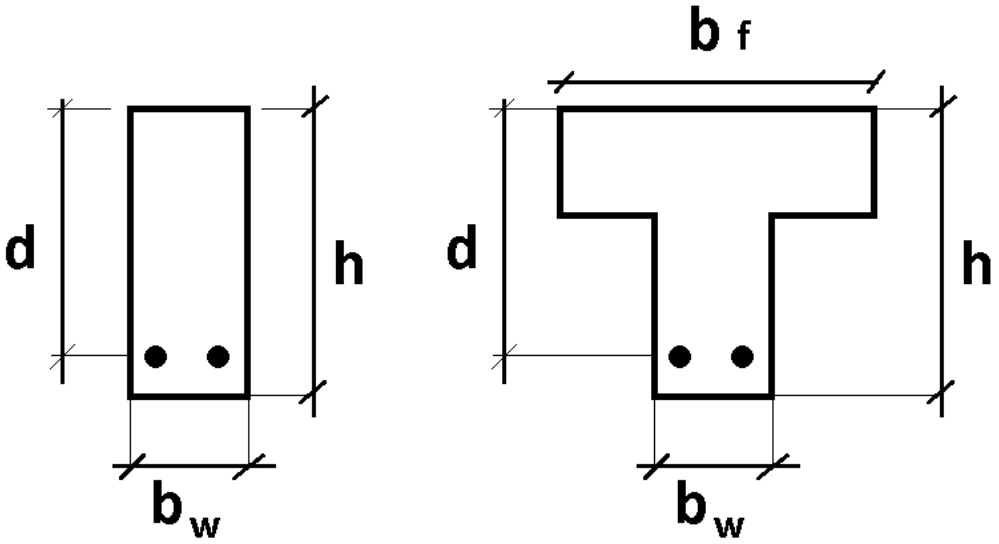
۹-۱۵-۳-۱-۱ V_c را می‌توان بر اساس ضوابط بندهای ۹-۱۵-۳-۱-۱ تا ۹-۱۵-۳-۱-۳ و یا با جزئیات دقیق‌تر مطابق بند ۹-۱۵-۳-۲ محاسبه نمود.

۹-۱۵-۳-۱-۱ برای اعضایی که تحت اثر برش و خمش قرار دارند:

$$V_c = v_C b_w d \qquad (۹-۱۵-۳)$$

در این رابطه v_C با استفاده از رابطه (۹-۱۵-۴) محاسبه می‌شود:

$$v_c = ۰/۲\varphi_c \lambda \sqrt{f_c} \qquad (۹-۱۵-۴)$$



۹-۱۵-۳-۱-۲ برای اعضایی‌که تحت اثر برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

$$V_c = v_c(۱ + \frac{N_u}{۱۲A_g})b_w d \qquad (۹-۱۵-۵)$$

۹-۱۵-۳-۱-۳ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش، خمش و کشش محوری قرار دارند:

$$V_c = v_c(۱ + \frac{N_u}{۳A_g})b_w d \geq ۰ \qquad (۹-۱۵-۶)$$

در این رابطه، N_u منفی است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

روش دقیق:

۹-۱۵-۳-۲-۲ مقدار V_c را می‌توان با جزئیات دقیق تر مطابق بندهای ۹-۱۵-۳-۲-۱ و ۹-۱۵-۳-۲-۲ محاسبه نمود.

۹-۱۵-۳-۲-۱ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش و خمش قرار دارند:

$$V_c = (0/95\nu_c + 12\rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \qquad (۹-۱۵-۷)$$

مقدار V_c در هر حال نباید بزرگتر از $1/75\nu_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

در محاسبه V_c از رابطه (۹-۱۵-۷) کمیت $\frac{V_u d}{M_u}$ نباید بزرگتر از واحد اختیار شود. لنگر خمشی نهایی M_u لنگری است که همزمان با نیروی برشی نهایی V_u بر مقطع مورد نظر اثر می‌کند.

۹-۱۵-۳-۲-۲ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

در این حالت برای محاسبه V_c می‌توان رابطه (۹-۱۵-۷) را به کار برد با این تفاوت که در آن به جای M_u مقدار M_m از رابطه (۹-۱۵-۸) را جایگزین نموده و کمیت $\frac{V_u d}{M_u}$ را نیز به مقدار واحد محدود نکرد.

$$M_m = M_u - N_u(\frac{4h-d}{8}) \qquad (۹-۱۵-۸)$$

مقدار V_c در هر حال نباید بزرگتر از مقدار به دست آمده از عبارت (۹-۱۵-۹) در نظر گرفته شود:

$$1/75\nu_c\sqrt{1+\frac{N_u}{3A_g}}\, b_w d \qquad (۹-۱۵-۹)$$

در صورتی که مقدار M_m در رابطه (۹-۱۵-۸) منفی گردد، V_c معادل مقدار حاصل از عبارت (۹-۱۵-۹) منظور می‌گردد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۲۲-یک مقطع بتن مسلح تحت اثر برش و خمش قرار دارد. چنانچه نیروی محوری نهایی فشاری برابر N_u= [illegible] نیز اضافه شود، بدون استفاده از جزئیات دقیق‌تر، نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن مقطع چند برابر خواهد شد؟

۱) 0.5 ۲) 3 ۳) 1.5 ۴) 1

گزینه ۳

$$\frac{V_{c2}}{V_{c1}} = \left(1 + \frac{N_u}{12A_g}\right) = 1 + \frac{1}{2} = 1.5$$

محاسبات ۹۳

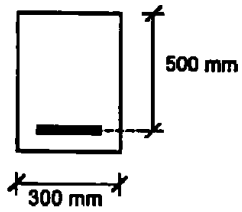
۵۷- در مورد نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن (V_c) اعضایی که تحت اثر نیروی برشی و لنگر خمشی و نیروی محوری قرار دارند، گزینه صحیح را انتخاب کنید.

۱) نیروی محوری فشاری، مقدار V_c را افزایش و نیروی محوری کششی، مقدار V_c را کاهش می‌دهد.
۲) نیروی محوری فشاری، مقدار V_c را کاهش و نیروی محوری کششی، مقدار V_c را افزایش می‌دهد.
۳) نیروی محوری فشاری و نیروی محوری کششی هر دو، مقدار V_c را افزایش می‌دهند.
۴) نیروی محوری تأثیری بر نیروی مقاوم برشی V_c ندارد.

گزینه ۱

محاسبات ۹۳

۲۷- مقدار نیروی برشی تأمین شده توسط بتن برای عضو بتن‌آرمه که تحت اثر همزمان برش و خمش قرار دارد، با جزئیات دقیق‌تر، در صورتیکه: b= 300 mm، d=500 mm، As= 5Φ25، Vu= 100kN، Mu= 100 kN.m، رده بتن C25 و نوع فولاد S400 باشد به کدامیک از مقادیر زیر بر حسب kN نزدیک‌تر است؟ Mu و Vu همزمان بر مقطع عضو اثر می‌کنند و $\phi_c = 0.65$ فرض شود.



۱) 72
۲) 170
۳) 107
۴) 85

گزینه ۳

با توجه به رابطه ۹-۱۵-۷ داریم:

$$V_c = \left(0.95 \times 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25} + 12 \times \frac{5 \times \pi \times 12.5^2}{300 \times 500} \times min\left(\frac{100 \times 0.5}{100}, 1\right)\right) \times 300 \times 500 = 107\ kN$$

مقدار فوق نباید بیشتر از مقدار زیر منظور شود:

$$V_c = 1.75\left(0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25}\right) \times 300 \times 500 = 170\ kN$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۴۱- در یک عضو بتن آرمه با مقطع مستطیلی شکل تحت اثر همزمان برش، خمش و نیروی محوری فشاری، بدون استفاده از رابطه با جزئیات دقیق‌تر، اگر پهنای عضو 25 درصد بزرگتر شود ولی سایر ابعاد و مشخصات ثابت بماند، حداکثر نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن حدوداً چند درصد می‌تواند افزایش یابد؟ (فرض کنید مقدار نیروی فشاری نهایی برابر $2A_g$ برحسب نیوتن می‌باشد و A_g مساحت برحسب میلی‌متر مربع قبل از افزایش پهنا است).

۱) 28 ۲) 25 ۳) 21 ۴) 14

گزینه ۳

$$\frac{V_{c2}}{V_{c1}}=\frac{v_c\left(1+\frac{N_u}{12A_g'}\right)(b'd)}{v_c\left(1+\frac{N_u}{12A_g}\right)bd}=\frac{\left(1+\frac{2A_g}{12(1.25A_g)}\right)(1.25bd)}{\left(1+\frac{2A_g}{12A_g}\right)bd}=\frac{(1.1333)(1.25bd)}{(1.1667)bd}=1.21$$

محاسبات ۹۴

۴۲- تیری با مقطع مستطیلی به عرض 300 میلی‌متر و ارتفاع مؤثر 500 میلی‌متر با بتن درجا مفروض است. در صورتی‌که آرماتور کششی 4Φ25، رده بتن C25، نوع فولاد S400 و نیروی برشی و لنگر خمشی در مقطع موردنظر برابر V_u= 300 kN و M_u= 100 kN.m باشد، نسبت مقدار V_c (با جزییات دقیق‌تر) مقطع تیر به مقدار V_c (فرمول ساده‌تر) آن مقطع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 1.10 ۲) 1.20 ۳) 1.30 ۴) 1.40

گزینه ۲

رابطه تقریبی:

$$V_c=v_cbd=0.2\times0.65\times\sqrt{25}\times300\times500=0.65\times bd=97500\,N=97.5\,kN$$

رابطه دقیق:

$$\frac{V_ud}{M_u}=\frac{300\times0.5}{100}=1.5>1\quad\rightarrow\quad\frac{V_ud}{M_u}=1$$

$$\rho_w=\frac{4\times3.14\times12.5^2}{300\times500}=0.013$$

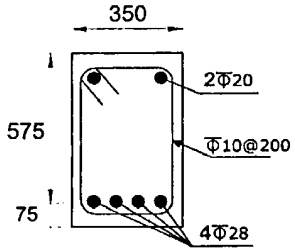
$$V_c=\left(0.95v_c+12\rho_w\frac{V_ud}{M_u}\right)\times300\times500=(0.95\times0.65+12\times0.013\times1)\times300\times500=116.025\,kN$$

$$\frac{116.025}{97.5}=1.19$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۳۴-یک مقطع بتنی درجا با شکل مقابل تحت نیروی برشی نهایی 150 kN و نیروی محوری نهایی 250 kN قرار دارد. نسبت نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن در حالتی که نیروی محوری به صورت فشاری وارد شود، به حالتی که نیروی محوری به صورت کششی وارد شود، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (رده بتن C25، فولاد میلگردها S400 هستند. ابعاد روی شکل به میلی‌متر است.)



۱) 1.0

۲) 1.3

۳) 1.7

۴) 2.0

گزینه ۳

$$\left.\begin{aligned} V_{c-comp} &= v_c\left(1+\frac{N_u}{12A_g}\right)b_w d \\ V_{c-tension} &= v_c\left(1+\frac{N_u}{3A_g}\right)b_w d \end{aligned}\right\} \quad \frac{V_{c-comp}}{V_{c-tension}} = \frac{\left(1+\frac{N_u}{12A_g}\right)}{\left(1+\frac{N_u}{3A_g}\right)} = \frac{\left(1+\frac{250000}{12\times350\times650}\right)}{\left(1-\frac{250000}{3\times350\times650}\right)} = 1.7$$

محاسبات ۹۶

۲۶- یک عضو بتن‌آرمه با مقطع مستطیلی شکل (d = 600 mm , b = 400 mm) و دارای 8Φ20 به عنوان آرماتور کششی به‌طور هم‌زمان تحت اثر لنگر خمشی M_u= 120 kN.m و نیروی برشی V_u= 240 kN قرار دارد. در صورتیکه نوع بتن C20 و رده فولاد S400 باشد، مقدار نیروی برشی تأمین شده توسط بتن برحسب کیلونیوتن با جزئیات دقیق‌تر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 163 ۲) 184 ۳) 156 ۴) 169

گزینه ۱

$$v_c = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{20} = 0.58\ MPa$$

در رابطه دقیق مقدار $\frac{V_u d}{M_u}$ نباید بزرگتر از یک منظور شود. کنترل مقدار $\frac{V_u d}{M_u}$:

$$\frac{V_u d}{M_u} = \left(\frac{240 \times 0.6}{120}\right) = 1.2$$

مقدار $\frac{V_u d}{M_u}$ بیش از یک می باشد و بنابراین در رابطه دقیق به جای $\frac{V_u d}{M_u}$ باید مقدار یک قرار داده شود:

$$V_c = \left(0.95 \times 0.58 + 12 \times \left(\frac{8 \times 314}{400 \times 600}\right)(1)\right) \times 400 \times 600 = 162\ kN$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۲۷- شالوده منفرد با بتن از رده C30 را درنظر بگیرید. اگر در نظر باشد که از بتن C25 استفاده شده و ابعاد پلان شالوده تغییر داده نشود، مقدار عمق مؤثر d (فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی) حدوداً چند درصد اضافه شود که نیروی برشی مقاوم تأمین شده یک‌طرفه توسط بتن از طرح اولیه کمتر نشود؟ (از رابطه ساده‌تر مقاومت برشی استفاده شود).

۱) 20 ۲) 5 ۳) 10 ۴) 12

گزینه ۳

$$\left(0.2\varphi_c\sqrt{30}\right)bd_1 = \left(0.2\varphi_c\sqrt{25}\right)bd_2 \quad \rightarrow \quad \sqrt{30}d_1 = \sqrt{25}d_2 \quad \rightarrow \quad 1.095d_1 = d_2$$

تمرین: محاسبات ۸۷

۳۴- در خصوص تأثیر نیروی محوری فشاری بر روی برش مقاوم یک مقطع بتنی، کدام یک از جملات زیر صحیح می‌باشد؟

۱) نیروی فشاری بر برش مقاوم تأثیر مستقیم ندارد.

۲) در مقطعی که نسبت برش به لنگر کم باشد، نیروی برشی مقاوم افزایش می‌یابد.

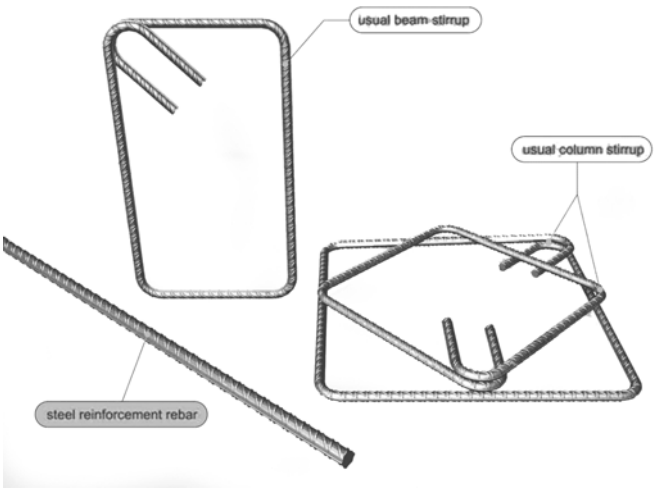
۳) نیروی محوری فشاری، برش مقاوم مقطع را افزایش می‌دهد.

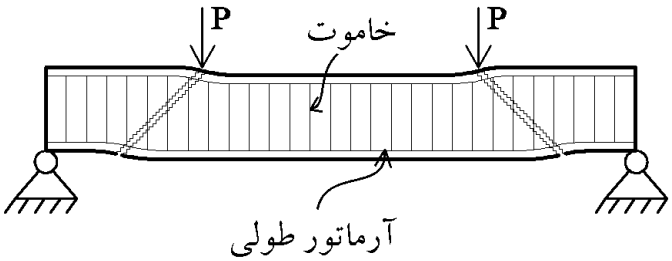
۴) نیروی محوری فشاری، برش مقاوم مقطع را کاهش می‌دهد.

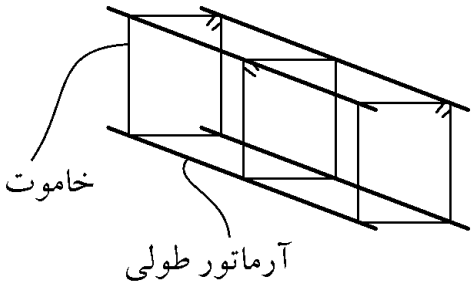
گزینه ۳

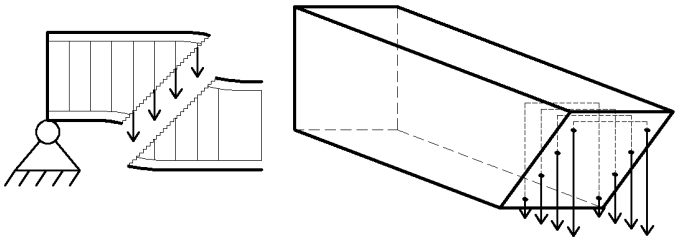
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

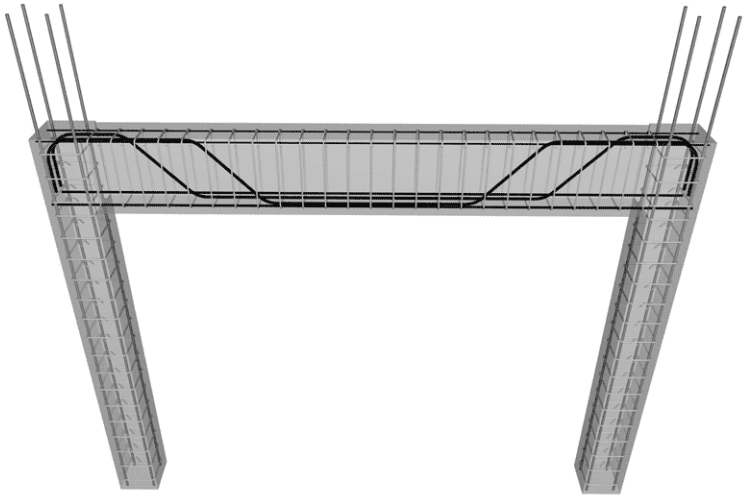
۳-۳- مقاومت برشی خاموت











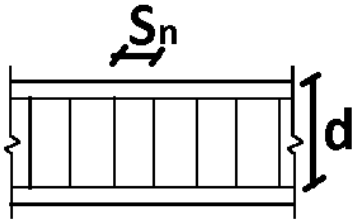
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۵-۴-۲ نیروهای برشی مقاوم انواع آرماتورها

مقدار V_s در حالات مختلف براساس بندهای ۹-۱۵-۴-۲-۱ تا ۹-۱۵-۴-۲-۶ محاسبه می‌شوند.

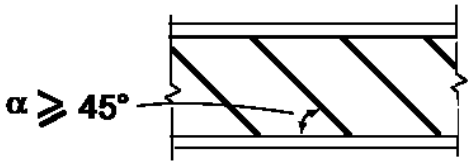
۹-۱۵-۴-۲-۱ وقتی‌که از آرماتور برشی عمود بر محور عضو استفاده می‌شود:

$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \frac{d}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۰)$$



۹-۱۵-۴-۲-۲ وقتی‌که از خاموت‌های مایل به عنوان آرماتورهای برشی استفاده می‌شود:

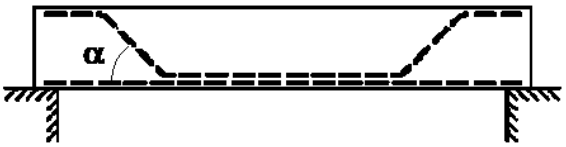
$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} (\sin\alpha + \cos\alpha) \frac{d}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۱)$$



۹-۱۵-۴-۲-۳ وقتی‌که آرماتور برشی شامل یک میلگرد منفرد یا یک ردیف میلگردهای متوازی باشد که همگی در فاصله‌ای یکسان از تکیه‌گاه خم شده باشند:

$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \sin\alpha \qquad (۹-۱۵-۱۲)$$

مقدار V_s در این حالت نباید بیشتر از $1/5 v_c b_w d$ در نظر گرفته شود.



۹-۱۵-۴-۲-۴ وقتی آرماتور برشی شامل یک سری میلگردهای خم شده متوازی در فواصل مختلف از تکیه‌گاه باشد، مقدار V_s برابر ۰/۷۵ مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۵-۱۱) در نظر گرفته می‌شود. در این حالت مقدار V_s نباید بیشتر از مقدار $2/5 v_c b_w d$ اختیار شود.

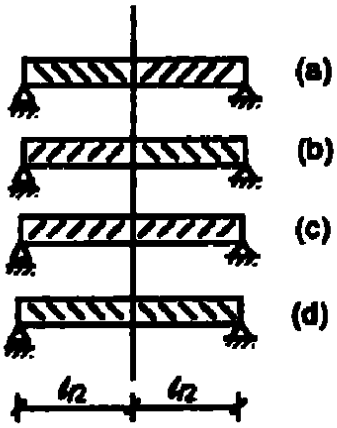
۹-۱۵-۴-۲-۵ آرماتورهای طولی خم شده را تنها در سه چهارم طول ناحیه مورب متقارن به مرکز آنها، می‌توان به عنوان آرماتور برشی موثر تلقی نمود. فواصل این آرماتورها باید طوری انتخاب شود که ضابطه بند ۹-۱۵-۶-۴-۲ در طولی معادل سه چهارم طول ناحیه مورب (متقارن نسبت به مرکز) میلگردها عملی گردد.

۹-۱۵-۴-۲-۶ در صورتی که بیش از یک نوع آرماتور برشی در یک ناحیه از عضوی مورد استفاده قرار گیرد، مقدار V_s برابر مجموع مقادیر نظیر محاسبه شده برای انواع مختلف آرماتورها می‌باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

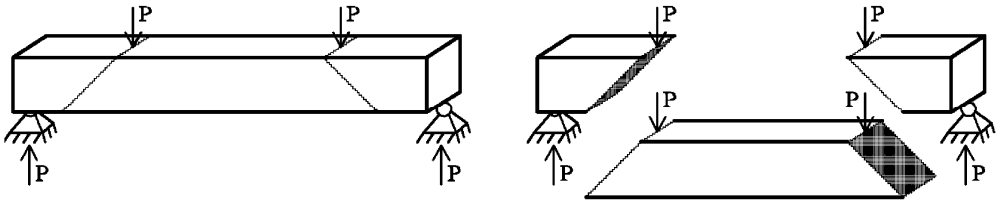
محاسبات ۹۳

۳۵- در یک تیر با تکیه‌گاه‌های ساده تحت اثر بار گسترده ثقلی یکنواخت از نظر آرایش آرماتورهای برشی، گزینه صحیح را انتخاب نمایید؟



(a) (۱
(d) (۲
(c) (۳
(b) (۴

با توجه به نحوه ترک خوردن تیرهای بتنی تحت بار ثقلی که در شکل زیر نشان داده شده است، خاموت ها باید عمود بر راستای ترک ها قرار داده شوند تا بتوانند ترکها را بدوزند. بنابراین گزینه ۱ صحیح است.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-٤- خاموت حداقل

۹-۱۵-۶-۳ حداقل آرماتور برشی

۹-۱۵-۶-۳-۱ در تمامی اعضای خمشی بتن‌آرمه‌ای، به غیر از موارد مندرج در بند ۹-۱۵-۶-۳-۲، که در آنها مقدار V_u از نصف مقدار V_c تجاوز کند، باید آرماتور برشی به کار برده شود.

مقدار آرماتور برشی حداقل از رابطه (۹-۱۵-۱۳) به دست می‌آید:

$$A_{sv\min} = ۰/۰۶\sqrt{f_c}\frac{b_w S_n}{f_{yv}} \qquad (۹-۱۵-۱۳)$$

۹-۱۵-۶-۳-۲ درموارد زیر ضوابط مربوط به بخش‌های مربوطه ملاک عمل خواهد بود.

الف) دال‌ها و شالوده‌ها

ب) سقف‌های ساخته شده با سیستم تیرچه‌های بتنی مطابق تعریف بند ۹-۱۴-۶-۲

پ) تیرهایی که ارتفاع آنها کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است.

ت) تیرهایی‌که به صورت یکپارچه با دال ریخته شده و ارتفاع کل آنها کمتر از دو و نیم برابر ضخامت دال، نصف پهنای جان و ۶۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۵-۶-۳-۳ چنانچه بتوان به کمک آزمایش‌های قابل قبول نشان داد که در صورت حذف آرماتور برشی، مقاطع مورد نظر مقاومت‌های خمشی و برشی لازم را خواهند داشت، می‌توان ضابطه بند ۹-۱۵-۶-۳-۱ را رعایت نکرد. در این آزمایش‌ها باید اثر نشست‌های نامساوی، وارفتگی، جمع‌شدگی و تغییر درجه حرارت محیط را براساس ارزیابی واقعی در شرایط بهره‌برداری در نظر گرفت.

۹-۱۵-۶-۳-۴ چنانچه براساس بند ۹-۱۵-۷-۱ طراحی برای پیچش لازم باشد، حداقل سطح مقطع خاموت برشی و پیچشی بسته در مجموع از رابطه (۹-۱۵-۱۴) بدست می‌آید.

$$(A_{sv} + ۲A_t)_{\min} = ۰/۰۶\sqrt{f_c}\frac{b_w S_n}{f_{yv}} \qquad (۹-۱۵-۱۴)$$

این آرماتورها باید از نوع خاموت بسته باشد، ضمناً تعبیه حداقل فولاد پیچشی طولی نیز الزامی است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-۵- خاموت حداکثر

۹-۱۵-۲ حالت حدی نهایی مقاومت در برش

۹-۱۵-۲-۱ در مقاطع تحت اثر برش، کنترل حالت حدی مقاومت باید بر اساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد:

$$V_u \le V_r \qquad (۹-۱۵-۱)$$

در این رابطه V_u نیروی برشی مقاوم مقطع است که از تحلیل سازه تحت اثر بار نهایی به دست می‌آید و V_r مطابق بند ۹-۱۵-۲-۲ محاسبه می‌شود.

۹-۱۵-۲-۲ مقدار V_r از رابطه (۹-۱۵-۲) محاسبه می‌شود:

$$V_r = V_c + V_s \qquad (۹-۱۵-۲)$$

مقادیر V_c و V_s بر اساس ضوابط قسمت‌های ۹-۱۵-۳ و ۹-۱۵-۴ محاسبه می‌شوند.

۹-۱۵-۲-۳ مقدار V_r نباید بیشتر از $۰/۲۵ f_{cd} b_w d$ در نظر گرفته شود.

۹-۱۵-۱۰ محدودیت‌های آرماتورهای پیچشی

۹-۱۵-۱۰-۷ حداکثر تنش در مقاطع قوطی شکل از رابطه (۹-۱۵-۲۱) و در مقاطع توپر از رابطه (۹-۱۵-۲۲) بدست می‌آید.

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{۱/۷ A_{oh}^{۲}} \le ۰/۲۵ f_{cd} \qquad (۹-۱۵-۲۱)$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^{۲} + \left(\frac{T_u P_h}{۱/۷ A_{oh}^{۲}}\right)^{۲}} \le ۰/۲۵ f_{cd} \qquad (۹-۱۵-۲۲)$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-٦- فواصل خاموت ها

۳-٦-۱- ضوابط عمومی (تیر و ستون)

۹-۱۵-۶-۴ حداکثر فواصل خاموت برشی

۹-۱۵-۶-۴-۱ فاصله بین خاموت‌های برشی عمود بر محور عضو نباید از $\frac{d}{۲}$ بیشتر باشد.

۹-۱۵-۶-۴-۲ فاصله بین خاموت‌های مایل و یا میلگردهای طولی خم شده باید چنان باشد که هر خط ۴۵ درجه‌ای که به طرف عکس‌العمل از وسط مقطع، $\frac{d}{۲}$ تا میلگردهای کششی طولی رسم شود، حداقل به وسیله یک ردیف از آرماتورهای برشی قطع گردد.

۹-۱۵-۶-۴-۳ درصورتی‌که مقدار V_u بیشتر از $۰/۱۲۵\phi_v f_c b_w d$ باشد، حداکثر فواصل داده شده در بندهای ۹-۱۵-۶-۴-۱ و ۹-۱۵-۶-۴-۲ باید به نصف تقلیل داده شوند.

۹-۱۵-۱۰ محدودیت‌های آرماتورهای پیچشی

۹-۱۵-۱۰-۵ حداکثر فاصله بین خاموت‌های بسته پیچشی از رابطه (۹-۱۵-۲۰) تعیین می‌گردد:

$$S_{max} = \min(\frac{P_h}{۸}, ۳۰۰) \qquad (۹-۱۵-۲۰)$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-۶-۲- ضوابط لرزه ای (تیر)

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le 0/15 f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۴ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت بسته مطابق ضوابط بند ۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی‌که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ خاموت‌ها و فواصل‌آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) و (ب) این بند باشند:

الف- قطر خاموت‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

ب- فاصله خاموت‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ- فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۶ در قسمت‌هایی‌از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۳-۱-۲-۴ خاموت‌گذاری نمی‌شود، فاصله خاموت‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le 0/15 f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۱-۳-۱ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند، آرماتور عرضی باید از نوع تنگ ویژه بوده و شرایط آن مطابق بند ۹-۲۳-۴-۱-۳-۲ در نظر گرفته شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک در اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب وجود داشته باشد.

پ- در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به میلگرد فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۲ تنگ‌های ویژه و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) تا (پ) این بند باشند:

الف- قطر تنگ‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

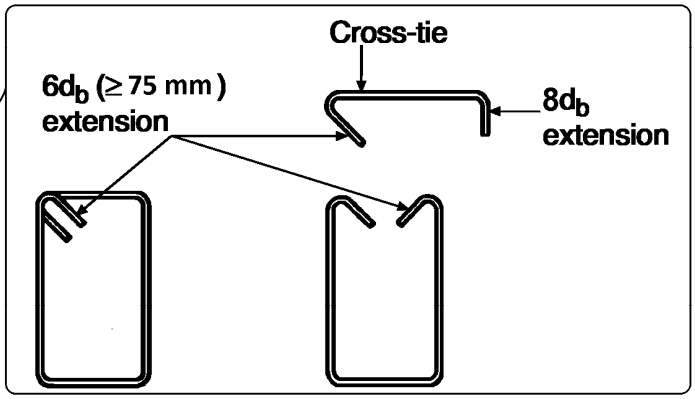
ب- فاصله تنگ‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

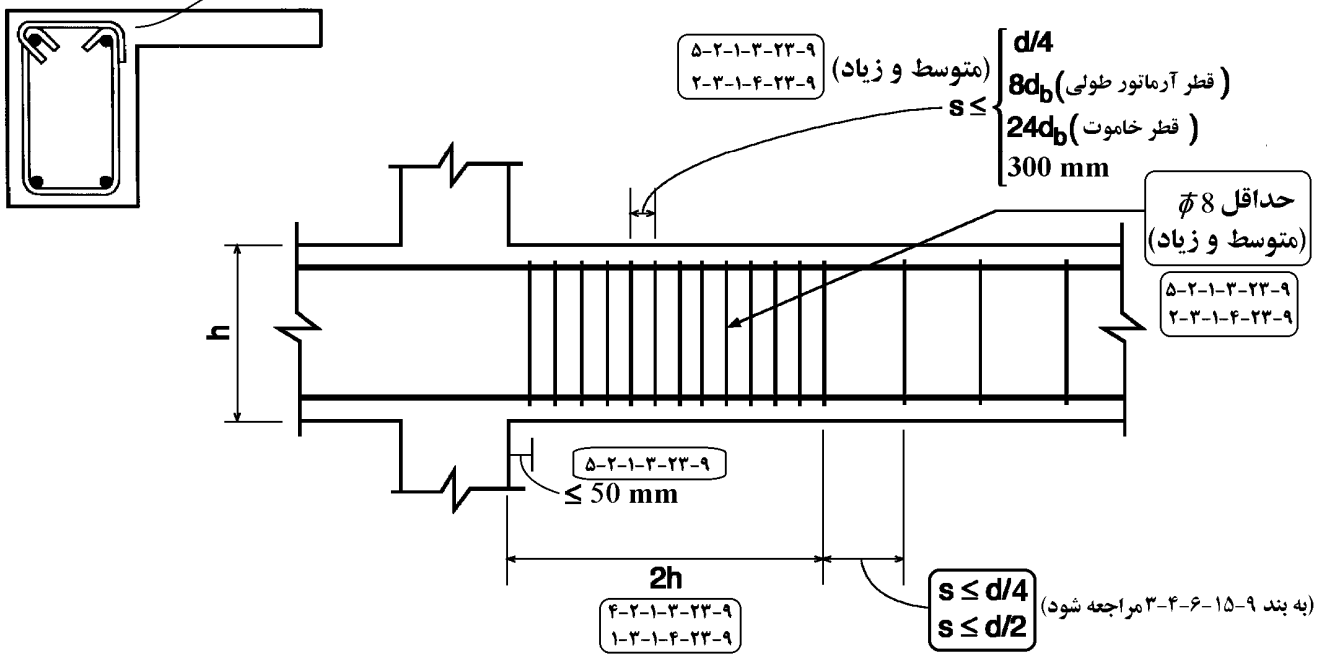
پ- فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۳ در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۱-۳-۱ تنگ ویژه به کار برده می‌شود، میلگردهای طولی در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی باشند.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۴ در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که به تنگ ویژه نیاز نیست، خاموت‌ها باید در دو انتها دارای قلاب ویژه بوده و فاصله آنها از یکدیگر کمتر یا مساوی نصف ارتفاع موثر باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۵ تنگ‌های ویژه در اعضای خمشی را می‌توان با دو قطعه میلگرد ساخت. یک میلگرد به شکل U که در دو انتها دارای قلاب ویژه باشند و میلگرد دیگر به شکل قلاب دوخت که با میلگرد اول یک تنگ بسته تشکیل دهد. خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت متوالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید بطور یک در میان در دو سمت عضو خمشی قرار داده شوند. چنانچه میلگردهای طولی که توسط قلاب‌های دوخت نگهداری شده‌اند در داخل یک دال که تنها در یک سمت عضو خمشی قرار دارد محصور باشند، خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت را می‌توان در آن سمت، در دال، قرار داد.

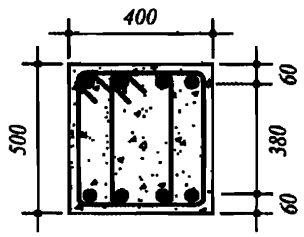




انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۴۰- فرض کنید مقدار V_u در طول یک تیر بتنی ثابت و برابر 400 کیلونیوتن است. چنانچه تیر مذکور مربوط به یک ساختمان بتنی با شکل‌پذیری متوسط بوده و بتن از رده C25 باشد، فاصله خاموت‌های برشی عمود بر محور تیر در خارج از ناحیه بحرانی تیر، برحسب میلی‌متر حداکثر چقدر می‌تواند باشد؟ (ابعاد مقطع به میلی‌متر است).



۱) 250
۲) 220
۳) 125
۴) 110

گزینه ۴

$$V_c = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c}bd = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25} \times 400 \times 440 = 114400N = 114.4\ kN$$

$$(V_u = 400\ kN) > (0.125\ \varphi_c f_c bd = 0.125 \times .65 \times 25 \times 400 \times 440 = 357.5\ kN) \quad \rightarrow \quad S < \frac{d}{4} = 110\ mm$$

محاسبات ۹۴

۵۰- در یک قاب خمشی با شکل‌پذیری زیاد، ابعاد مقطع یکی از ستون‌های طبقه بام برابر 500×500 mm (d=440 mm) است. چنانچه حداکثر نیروی محوری نهایی مؤثر به این ستون برابر 500 kN، قطر میلگردهای عرضی برابر 10 mm، قطر میلگردهای طولی برابر 25 میلی‌متر، نوع فولاد S400 و رده بتن C25 باشد، بدون توجه به نیازهای محاسباتی حداکثر فاصله میلگردهای عرضی در نواحی بحرانی این عضو به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 100 mm
۲) 125 mm
۳) 150 mm
۴) 200 mm

گزینه ۱

ابتدا باید بررسی شود که عضو مورد نظر عضو فشاری محسوب می شود یا نه:

$$\left.\begin{matrix} N_u = 500\ kN \\ 0.15 f_{cd} A_g = 0.15 \times 0.65 \times 25 \times 500 \times 500 = 609.375 \end{matrix}\right\} N_u < 0.15 f_{cd} A_g$$

با توجه به اینکه نیروی محوری کمتر از مقدار عنوان شده می باشد، عضو یک عضو خمشی محسوب می شود و ضوابط مربوط به اعضای خمشی را باید ارضا کند:

$$S < Min\left(\frac{440}{4}, 8 \times 25, 24 \times 10, 300\right) = 110\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۷-یک عضو تحت خمش در یک قاب بتن مسلح با شکل‌پذیری زیاد که ابعاد کلی مقطع b=300 mm و h=500 mm می‌باشد، با توجه به دیاگرام لنگر خمشی و نیروی برشی به‌دست آمده از تحلیل سازه به صورت زیر در تمام طول عضو مسلح گردیده است. آرماتور فوقانی 3Φ20 و آرماتور تحتانی 2Φ20 و خاموت بسته Φ10 @ 150 mm می‌باشند. در صورتی‌که پوشش بتن برابر 45 mm و نوع بتن C30 و رده فولاد S400 باشد، گزینه صحیح را انتخاب کنید؟

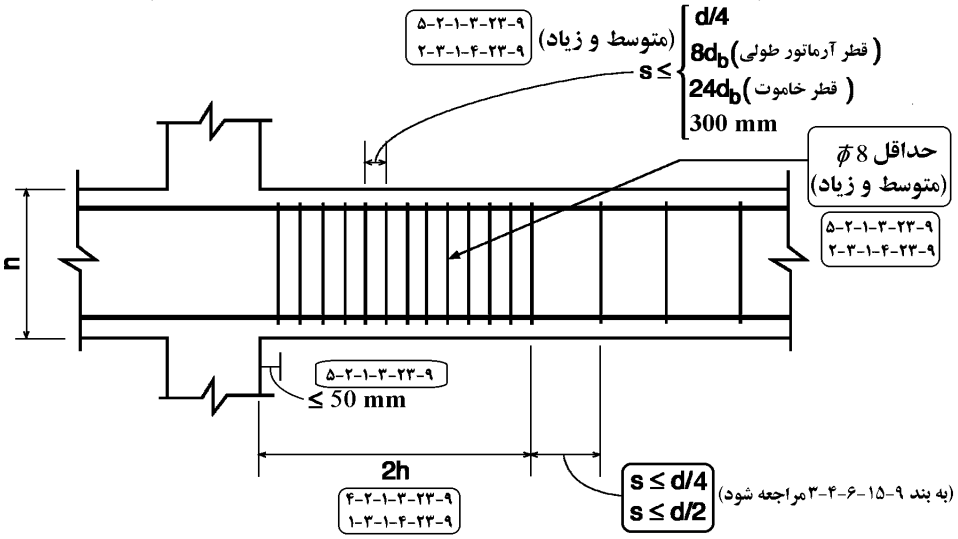
۱) آرماتور طولی تحتانی و فوقانی از نظر حداکثر سطح مقطع، قابل قبول نیستند.
۲) آرماتور طولی تحتانی مقطع از نظر حداقل سطح مقطع، قابل قبول نیست.
۳) آرماتور طولی فوقانی مقطع از نظر حداقل سطح مقطع، قابل قبول نیست.
۴) آرماتور برشی به‌کار برده شده قابل قبول نیست.

گزینه ۴

با توجه به شکل زیر فواصل آرماتورهای عرضی در انتهای تیرهای ویژه و متوسط نباید از $d/4$ فراتر رود. بنابراین حداکثر فاصله آرماتورهای عرضی در تیر برابر است با:

$$\frac{d}{4} = \frac{(500 - 45 - 10 - 10)}{4} = 108.75\ mm$$

$$S < Min\left(\frac{d}{4} = 108.75\ mm, 8d_b = 160, 24d = 240, 300\right) = 108.75\ mm$$



تمرین: محاسبات ۸۹

۳۹- در نواحی بحرانی یک تیر بتنی با شکل‌پذیری متوسط با ارتفاع مؤثر ۶۰۰ میلیمتر و دارای میلگردهای طولی با قطر ۲۰ میلیمتر و خاموت با قطر ۸ میلیمتر، حداکثر فاصله خاموت‌ها چقدر می‌تواند باشد؟

۱) ۱۶۰ mm
۲) ۱۵۰ mm
۳) ۳۰۰mm
۴) ۲۰۰ mm

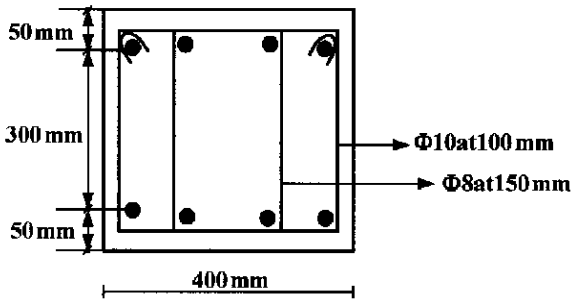
گزینه ۲

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات – ۹۱

۳۱- نیروی برشی مقاوم مقطع تیر روبه‌رو، چند kN است؟ ($f_y = 300MPa$ $f_c = 25MPa$)

۱) ۱۹۲
۲) ۲۱۱
۳) ۲۱۹
۴) ۲۹۱



گزینه ۴

$$A_{\emptyset 10} = 78.5\ mm^2$$
$$A_{\emptyset 8} = 50.24\ mm^2$$
$$\left.\begin{aligned} V_c &= 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25}(400 \times 350) = 91\ \text{kN} \\ V_s &= \left(\frac{78.5 \times 2}{100} + \frac{50.24 \times 2}{150}\right) \times 350 \times 0.85 \times 300 = 199.9\ kN \end{aligned}\right\} V = 291\ kN$$

کنترل خاموت حداقل:

$$\left(\frac{A_v}{s} = \frac{2 \times 3.14 \times 5^2}{100} + \frac{2 \times 3.14 \times 4^2}{150} = 2.24\right) > \left(0.06\sqrt{f_c'}\frac{b_w}{F_y} = 0.06\sqrt{25}\frac{400}{300} = 0.4\right) \qquad OK$$

کنترل مقاومت برشی حداکثر:

$$(V_r = V_c + V_s = 291\ kN) < (0.25 f_{cd}' b_w d\ = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 350) = 568\ \ kN \qquad OK$$

کنترل فاصله خاموت ها:

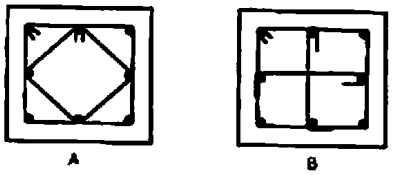
فواصل خاموت ها بیش از $\frac{d}{2} = \frac{350}{2} = 175\ mm$ می باشد و بنابراین برش وارد شده نباید بیش از مقدار زیر باشد:

$$V_u < 0.125 f_{cd}' b_w d\ = 284\ kN$$

محاسبات ۹۲

۴۱- دوستون با مقاطع A و B مفروضند. اگر غیر از آرایش تنگها، سایر مشخصات (بارگذاری، ابعاد، رده بتن، سایز، تعداد و نوع میلگردها، فواصل تنگها و...) کاملاً یکسان باشند، درخصوص مقاومت برشی این دو ستون، کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

۱) مقاومت برشی هر دو ستون برابر است.
۲) مقاومت برشی ستون B بیش از ستون A می‌باشد.
۳) مقاومت برشی ستون A بیش از ستون B می‌باشد.
۴) مقاومت برشی هر دو ستون، فقط در بارگذاری‌های عیرلرزه‌ای برابر است.



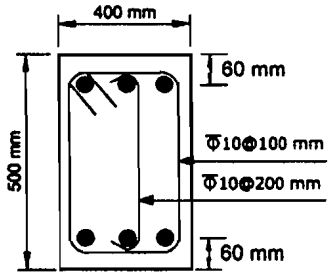
گزینه ۳

$$(A_v)_A = 2\pi r^2 + 2\pi r^2 \sin 45 = 3.4\pi r^2$$
$$(A_v)_B = 3\pi r^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۳۲-مقدار نیروی برشی مقاوم مقطع تیر بتنی درجا نشان داده شده در شکل زیر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن C25 و از نوع معمولی و فولاد خاموت‌ها S340 هستند. از اثر خمش و فشار محوری در تعیین مقاومت برشی صرفنظر شود)



۱) 385 kN

۲) 247 kN

۳) 291 kN

۴) 363 kN

گزینه ۴

$$V_r = V_c + V_s = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c}bd + \frac{A_v}{s}dF_{yd}$$

$$V_r = V_c + V_s = 0.2 \times 0.65\sqrt{25} \times 400 \times 440 + \left(\frac{2 \times 3.14 \times 5^2}{100} + \frac{3.14 \times 5^2}{200}\right) \times 440 \times 0.85 \times 340 = 364\ kN$$

کنترل خاموت حداقل:

$$\left(\frac{A_v}{s} = \frac{2 \times 3.14 \times 5^2}{100} + \frac{3.14 \times 5^2}{200} = 1.96\right) > \left(0.06\sqrt{f_c'}\frac{b_w}{F_y} = 0.06\sqrt{25}\frac{400}{340} = 0.35\right) \qquad OK$$

کنترل مقاومت برشی حداکثر:

$$(V_r = V_c + V_s = 364\ kN) < (0.25f_{cd}'b_w d\ = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 440) = 715\ kN \qquad OK$$

کنترل فاصله خاموت ها:

۹-۱۵-۶-۴-۴ حداکثر فواصل خاموت برشی

۹-۱۵-۶-۴-۱ فاصله بین خاموت‌های برشی عمود بر محور عضو نباید از $\frac{d}{2}$ بیشتر باشد.

۹-۱۵-۶-۴-۲ فاصله بین خاموت‌های مایل و یا میلگردهای طولی خم شده باید چنان باشد که هر خط ۴۵ درجه‌ای که به طرف عکس‌العمل از وسط مقطع، $\frac{d}{2}$ تا میلگردهای کششی طولی رسم شود، حداقل به وسیله یک ردیف از آرماتورهای برشی قطع گردد.

۹-۱۵-۶-۴-۳ درصورتی‌که مقدار V_u بیشتر از $0/125\phi_c f_c b_w d$ باشد، حداکثر فواصل داده شده در بندهای ۹-۱۵-۶-۴-۱ و ۹-۱۵-۶-۴-۲ باید به نصف تقلیل داده شوند.

با توجه به اینکه $(V_r = 364\ kN) > (0.125f_{cd}'b_w d\ = 0.125 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 440) = 357.5\ kN$ بنابراین در صورتی که نیروی وارد بر عضو (Vu) بیش از $0.125f_{cd}'b_w d$ شود باید فواصل خاموت ها کمتر از $\frac{d}{4} = \frac{440}{4} = 110\ mm$ باشد تا بتوان از آنها استفاده کرد. در این صورت سنجاق های میانی که با فواصل ۲۰۰ قرار داده شده اند، غیر قابل استفاده خواهند بود.

نتیجه با توجه به اینکه در این مقطع از ارماتورهای عرضی با فواصل بیش از $\frac{d}{4}$ استفاده شده است، مقاومت برشی طراحی مقطع نباید بیش از $0.125f_{cd}'b_w d$ منظور شود. بنابراین مقاومت طراحی برشی مقطع برابر خواهد بودبا :

$$V_r = 0.125f_{cd}'b_w d = 357.5\ kN$$

که نزدیکترین گزینه به آن گزینه ۳ می باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۴۴- نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن در یک تیر بتن مسلح درجا با مقطع مستطیل براساس رابطه $V_c = 0.2\,\phi_c\sqrt{f'_c}\,b_w d$ بدست می‌آید. با توجه به رابطه مذکور حداکثر نیروی برشی مقاوم مقطع تیر (شامل سهم بتن و سهم فولاد برشی) حدوداً چه مقدار می‌تواند باشد؟ بتن از رده C25 و f_{cd} برابر $\Phi_c f_c$ است.

۱) $25\ V_c$ ۲) $9.50\ V_c$ ۳) $6.25\ V_c$ ۴) $4\ V_c$

گزینه ۳

با افزایش خاموت، مقاومت برشی افزایش می یابد. ولی آیین نامه برای این افزایش محدودیتی قرار داده است. به طوریکه حداکثر مقاومت برشی (شامل مقاومت بتن و خاموت) نباید از مقدار زیر فراتر رود:

$$V_r < 0.25 f_{cd} b_w d = 0.25 \times 0.65 \times 25 b_w d = 4.0625 b_w d$$

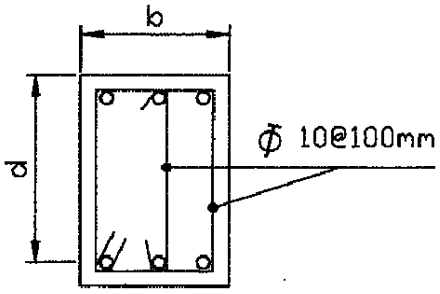
مقدار Vc برابر است با:

$$V_c = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25} b_w d = 0.65 b_w d$$

بنابراین مقدار حداکثر نیروی برشی مقاوم مقطع برابر است:

$$V_r < (4.0625 b_w d = 6.25 V_c)$$

۴۵- در صورتی که $b=25\ cm$ ، $d=40\ cm$ و $f'_c = 25\ MPa$ و $f_y = 400\ MPa$ و از آرماتورهای برشی عمود بر محور تیر مطابق شکل استفاده شده باشد، نیروی برشی مقاوم مقطع برحسب کیلونیوتن به کدام گزینه نزدیک‌تر است.



۱) 385
۲) 400
۳) 350
۴) 420

گزینه ۱

$$A_{\phi 10} = 78.5\ mm^2$$

$$\left.\begin{aligned} V_c &= 0.2\ \times 0.65 \times \sqrt{25}(400 \times 250) = 65\ \text{kN} \\ V_s &= \left(\frac{78.5 \times 3}{100}\right) \times 400 \times 0.85 \times 400 = 320.28\ kN \end{aligned}\right\} V = 385.28\ kN$$

کنترل خاموت حداقل:

$$\left(\frac{A_v}{s} = \frac{3 \times 3.14 \times 5^2}{100} = 2.35\right) > \left(0.06\sqrt{f'_c}\,\frac{b_w}{F_y} = 0.06\sqrt{25}\,\frac{250}{400} = 0.1875\right) \qquad OK$$

کنترل مقاومت برشی حداکثر:

$$(V_r = V_c + V_s = 385.28\ kN) < (0.25 f'_{cd} b_w d\ = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 250 \times 400) = 406\ \ kN \qquad OK$$

کنترل فاصله خاموت ها:

$$(V_r = 385\ kN) > (0.125 f'_{cd} b_w d\ = 203\ kN) \quad \rightarrow \quad (\ S = 100\ mm) \le \left(\frac{d}{4} = \frac{400}{4} = 100\ mm\right) \qquad OK$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۳- در یک تیر بتن‌آرمه با آرماتور برشی، نیروی برشی مقاوم تمام عوامل به جز آرماتور برشی (V_c) نصف مقاومت ناشی از آرماتور برشی (V_s) می‌باشد. چنانچه فاصله آرماتورهای برشی در تیر به $\frac{2}{3}$ مقدار قبلی آن کاهش یابد و مقررات آیین‌نامه رعایت شده باشد، نسبت نیروی برشی مقاوم تیر در این حالت به حالت قبلی به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 1.25 ۲) 1.33 ۳) 1.50 ۴) 1.75

گزینه ۲

$$V_r = V_c + V_s \quad \begin{cases} (V_r)_I = V_c + V_s = 0.5V_s + V_s = 1.5V_s \\ (V_r)_{II} = V_c + V_s = 0.5V_s + \frac{3}{2}V_s = 2V_s \end{cases} \rightarrow \frac{(V_r)_{II}}{(V_r)_I} = \frac{2}{1.5} = 1.33$$

محاسبات ۹۷

۳۶- در یک تیر بتنی با مقطع مربعی شکل که تحت اثر برش و خمش قرار دارد، نسبت حداکثر نیروی برشی مقاوم تامین شده (قابل قبول) توسط فولادهای برشی به نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C30 و میلگردها از نوع S400 است. برای تعیین نیروی برشی مقاوم تامین شده توسط بتن استفاده از روابط با جزئیات دقیق‌تر مدنظر نیست).

۱) 5.25 ۲) 5.85 ۳) 4.0 ۴) 1.25

گزینه ۲

مقاومت برشی بتن:

$$V_c = 0.2\varphi\sqrt{f_c}bd = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{30}bd = 0.712\ bd$$

مقاومت برشی فولادهای برشی (حداکثر ممکن):

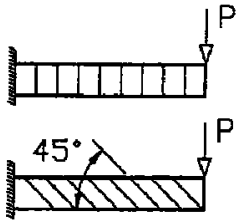
$$V_s = V_r - V_c = 0.25f_{cd}bd - V_c = 0.25 \times 0.65 \times 30bd - 0.712\ bd = 4.163bd$$

$$\frac{V_s}{V_c} = \frac{4.163}{0.712} = 5.84$$

تمرین: محاسبات ۸۹

۴۳- در یک تیر کنسول بتنی از آرماتورهای برشی مطابق شکل‌های ۱ و ۲ استفاده شده است. با فرض یکسان بودن A_v و S در هر دو حالت، نسبت نیروی برشی مقاوم آرماتورهای برشی حالت ۲ نسبت به حالت ۱ برابر است با :

۱) ۲/۰۰
۲) ۰/۷۱
۳) ۱/۰۰
۴) ۱/۴۱



گزینه ۴

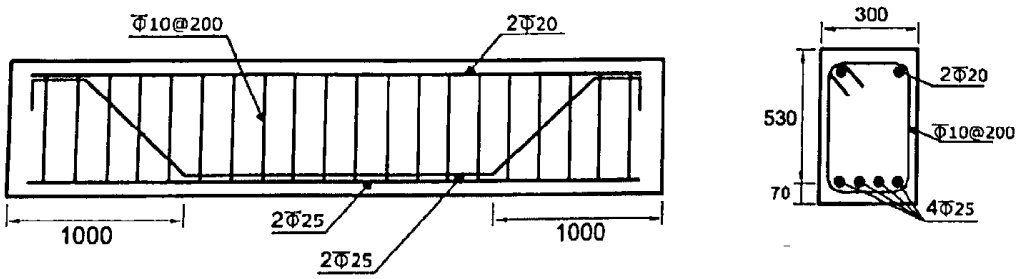
$$Sin45 + Cos45 = 1.41$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۳۳-در یک تیر بتنی پیش‌ساخته با مقطع نشان داده شده، برای تأمین مقاومت برشی کافی دو عدد از چهار میلگرد Φ25 در فاصله یک متری از تکیه‌گاه با زاویه 45 درجه خم شده‌اند. نیروی برشی مقاوم مقطع (بدون درنظر گرفتن اثر خمش و نیروی محوری) در ناحیه خم برحسب kN به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فولاد میلگردها S400 و بتن C25 است. ابعاد روی شکل برحسب میلی‌متر است).

۱) 416 ۲) 436 ۳) 498 ۴) 505



گزینه ۱

مقاومت برشی بتن:

$$V_c = v_c bd = \left(0.2 \times 0.7 \times \sqrt{25}\right) \times 300 \times 530 = 111.3\ kN$$

مقاومت برشی خاموت ها:

$$V_{s1} = \left(0.85 \times (2 \times 3.14 \times 5^2) \times 400 \times \frac{530}{200}\right) = 141.46\ kN$$

مقاومت برشی میلگردهای خم شده:

$$V_{s2} = (0.85 \times (2 \times 3.14 \times 12.5^2) \times 400 \times Sin45) = \mathbf{235.9\ kN} < 1.5 v_c bd = 1.5 \times 111.3 = \mathbf{167\ kN}$$

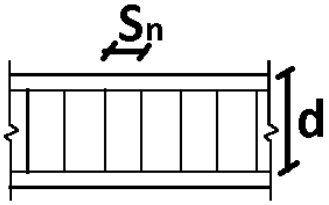
$$V_r = V_c + V_{s1} + V_{s2} = 111 + 141.46 + 167 = 419.46\ kN$$

۹-۱۵-۴-۲ نیروهای برشی مقاوم انواع آرماتورها

مقدار V_s در حالات مختلف براساس بندهای ۹-۱۵-۴-۲-۱ تا ۹-۱۵-۴-۲-۶ محاسبه می‌شوند.

۹-۱۵-۴-۲-۱ وقتی‌که از آرماتور برشی عمود بر محور عضو استفاده می‌شود:

$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \frac{d}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۰)$$



۹-۱۵-۴-۲-۳ وقتی‌که آرماتور برشی شامل یک میلگرد منفرد یا یک ردیف میلگردهای متوازی باشد که همگی در فاصله‌ای یکسان از تکیه‌گاه خم شده باشند:

$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \sin\alpha \qquad (۹-۱۵-۱۲)$$

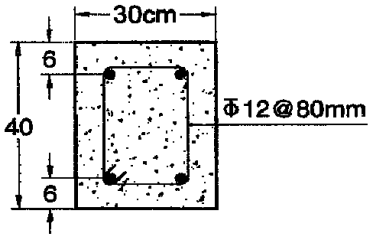
مقدار V_s در این حالت نباید بیشتر از $1/5 v_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

۹-۱۵-۴-۲-۶ در صورتی که بیش از یک نوع آرماتور برشی در یک ناحیه از عضوی مورد استفاده قرار گیرد، مقدار V_s برابر مجموع مقادیر نظیر محاسبه شده برای انواع مختلف آرماتورها می‌باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۶- نیروی برشی مقاوم مقطع تیر زیر که به صورت در جا بتن ریزی می‌شود، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر می‌باشد؟ (f_{yv} =400 MPa , f_c =22.5 MPa)



۱) $V_r = 390$ kN
۲) $V_r = 373$ kN
۳) $V_r = 350$ kN
۴) $V_r = 327$ kN

گزینه ۲

$$V_r = V_c + V_s = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c}bd + \frac{A_v}{s}dF_{yd}$$

$$V_r = V_c + V_s = 0.2 \times 0.65\sqrt{22.5} \times 300 \times 340 + \left(\frac{2 \times 3.14 \times 6^2}{80}\right) \times 340 \times 0.85 \times 400 = 389.6\ kN$$

کنترل خاموت حداقل:

$$\left(\frac{A_v}{s} = \frac{2 \times 3.14 \times 6^2}{80}\right) > \left(0.06\sqrt{f_c'}\frac{b_w}{F_y} = 0.06\sqrt{22.5}\frac{300}{340}\right) \qquad OK$$

کنترل مقاومت برشی حداکثر:

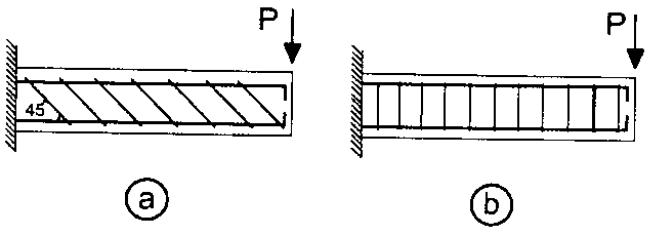
$$(V_r = V_c + V_s = 389.6\ \ kN) \nleq (0.25f_{cd}'b_w d\ = 0.25 \times 0.65 \times 22.5 \times 300 \times 340) = 373\ kN \qquad Not\ Good$$

مقاومت برشی نباید بیش از 373 kN منظور شود. **بنابراین مقاومت برشی طراحی مقطع برابر 373 kN منظور خواهد شد.**

کنترل فاصله خاموت ها: $S = 80\ mm < \frac{d}{4} = \frac{340}{4} = 85\ mm \quad OK$

محاسبات ۹۶

۲۳- در یک تیر بتنی طره‌ای برای مقاوم نمودن تیر در مقابل نیروی برشی از آرماتورگذاری برشی مطابق شکل‌های زیر استفاده شده است. با فرض یکسان بودن A_{sv} و S_n و f_{yv} در هر دو حالت، نسبت نیروهای برشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای در حالت (a) به نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای در حالت (b) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (مقادیر آرماتورهای مصرفی در حد قابل قبول است و راستای نیروی P همواره به سمت پایین است).



۱) 0.7
۲) 2.0
۳) 1.4
۴) 1.0

گزینه ۳

با توجه به روابط زیر در حالتی که خاموت ها مورب هستند، مقاومت برشی خاموت ها با نسبت زیر افزایش میابد:

$$(Sin\alpha + Cos\alpha) = \sqrt{2} = 1.4$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۷

۴۰- مقطعی از یک تیر بتن آرمه مفروض است. در این مقطع، برای تحمل برش از تعدادی آرماتور موازی، که همگی در فاصله ای یکسان از تکیه گاه خم شده اند، استفاده می شود. ارتفاع موثر مقطع برابر با 600 میلیمتر، عرض مقطع برابر با 400 میلیمتر، زاویه آرماتورهای خم شده به بالا نسبت به افق برابر با 45 درجه، مقاومت مشخصه آرماتور های خم شده به بالا برابر با $340MP_a$، مقاومت مشخصه بتن برابر با $25MP_a$ و قطر آرماتور خم شده به بالا برابر با 12 mm است. V_C و V_S به ترتیب از راست به چپ برابرند با:

۱) 144 KN و 23 KN
۲) 144 KN و 138 KN
۳) 54 KN و 23 KN
۴) 0.6 KN و 216 K.N

$$V_c = v_c bd = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25} \times (400 \times 600) = 0.65 \times bd = 156\ kN$$
$$V_s = \varphi_s A_v F_y (Sin45) = 0.85 \times 113.04 \times 340 \times 0.707 = 23.1\ kN$$

۹-۱۵-۴-۲-۳ وقتی‌که آرماتور برشی شامل یک میلگرد منفرد یا یک ردیف میلگردهـای متـوازی باشد که همگی در فاصله‌ای یکسان از تکیه‌گاه خم شده باشند:

$$V_s = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \sin\alpha \qquad (۹-۱۵-۱۲)$$

مقدار V_s در این حالت نباید بیشتر از $1/5 v_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

- مقدار Vs نباید بیش از $1.5 v_c b_w d = 1.5 \times 156 = 234$ منظور شود که در رابطه فوق برابر 23.1 بدست آمده است و قابل قبول است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۳- پایه ۲و پایه ۳

۳۶- در یک تیر مستطیلی با عرض ۳۵ سانتیمتر و عمق موثر ۵۰ سانتیمتر، از خاموت‌های بسته T10/25cm بصورت مایل با زاویه ۶۰ درجه و نیز از خاموت‌های بسته T12/25cm بصورت قائم استفاده شده است. مقاومت برشی نهایی مقطع این تیر چقدر است؟

$f_c = 300kg/cm^2$ و $f_y = 3000kg/cm^2$

۱) $V_r = 11.5$ Ton

۲) $V_r = 22.5$

۳) $V_r = 34.0$

۴) $V_r = 45.5$

$$V_r = V_c + V_s = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c'}bd + \varphi_s A_{sv}F_y\frac{d}{s}(Sin60 + Cos60) + \varphi_s A_{sv}F_y\frac{d}{s}$$

$$= 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{30} \times 350 \times 500$$
$$+0.85 \times (2 \times 3.14 \times 5^2) \times 300 \times \frac{500}{250}(Sin60 + Cos60)$$
$$+0.85 \times (2 \times 3.14 \times 6^2) \times 300 \times \frac{500}{250} = 349.3\ kN$$

کنترل خاموت حداقل:

$$\left(\frac{A_v}{s} = \frac{(2 \times 3.14 \times 5^2)}{250}(Sin60 + Cos60) + \frac{(2 \times 3.14 \times 6^2)}{250}\right) > \left(0.06\sqrt{f_c'}\frac{b_w}{F_y} = 0.06\sqrt{30}\frac{350}{300}\right) \qquad OK$$

کنترل مقاومت برشی حداکثر:

$$(V_r = V_c + V_s = 349.3\ \ kN) < (0.25f_{cd}'b_w d\ = 0.25 \times 0.65 \times 30 \times 350 \times 500) = 853\ kN \qquad Ok$$

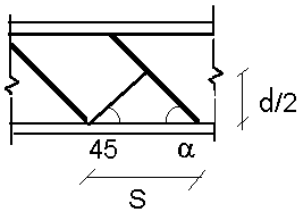
کنترل فاصله خاموت ها:

۹-۱۵-۶-۴ حداکثر فواصل خاموت برشی

۹-۱۵-۶-۴-۱ فاصله بین خاموت‌های برشی عمود بر محور عضو نباید از $\frac{d}{۲}$ بیشتر باشد.

۹-۱۵-۶-۴-۲ فاصله بین خاموت‌های مایل و یا میلگردهای طولی خم شده باید چنان باشد که هر خط ۴۵ درجه‌ای که به طرف عکس‌العمل از وسط مقطع، $\frac{d}{۲}$ تا میلگردهای کششی طولی رسم شود، حداقل به وسیله یک ردیف از آرماتورهای برشی قطع گردد.

۹-۱۵-۶-۴-۳ درصورتی‌که مقدار V_u بیشتر از $۰/۱۲۵\phi_c f_c b_w d$ باشد، حداکثر فواصل داده شده در بندهای ۹-۱۵-۶-۴-۱ و ۹-۱۵-۶-۴-۲ باید به نصف تقلیل داده شوند.



برای خاموت های مایل:

$$S = 250\ mm \le \frac{d}{2}(Cot45 + Cot\alpha) = \frac{500}{2}(1 + Cot60) = 394\ mm \quad OK$$

برای خاموت های قائم:

$$S = 250\ mm \le \frac{d}{2} = 250\ mm \quad OK$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-۷- مقطع بحرانی برش

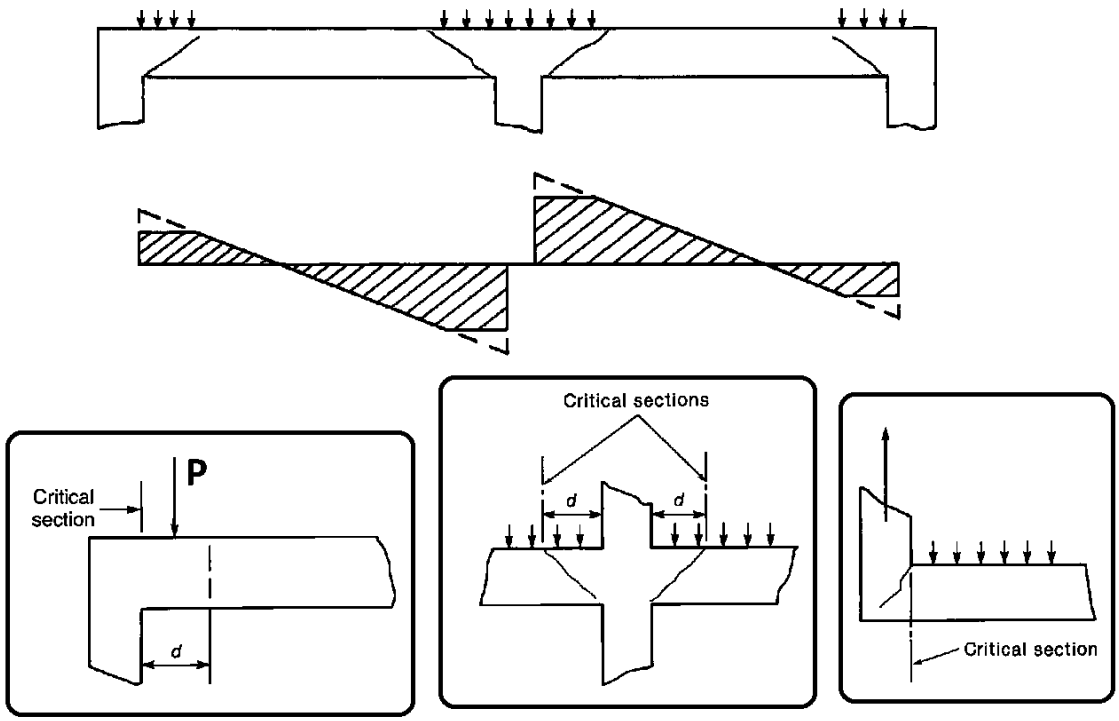
۹-۱۵-۵ ضوابط کلی طراحی برای برش

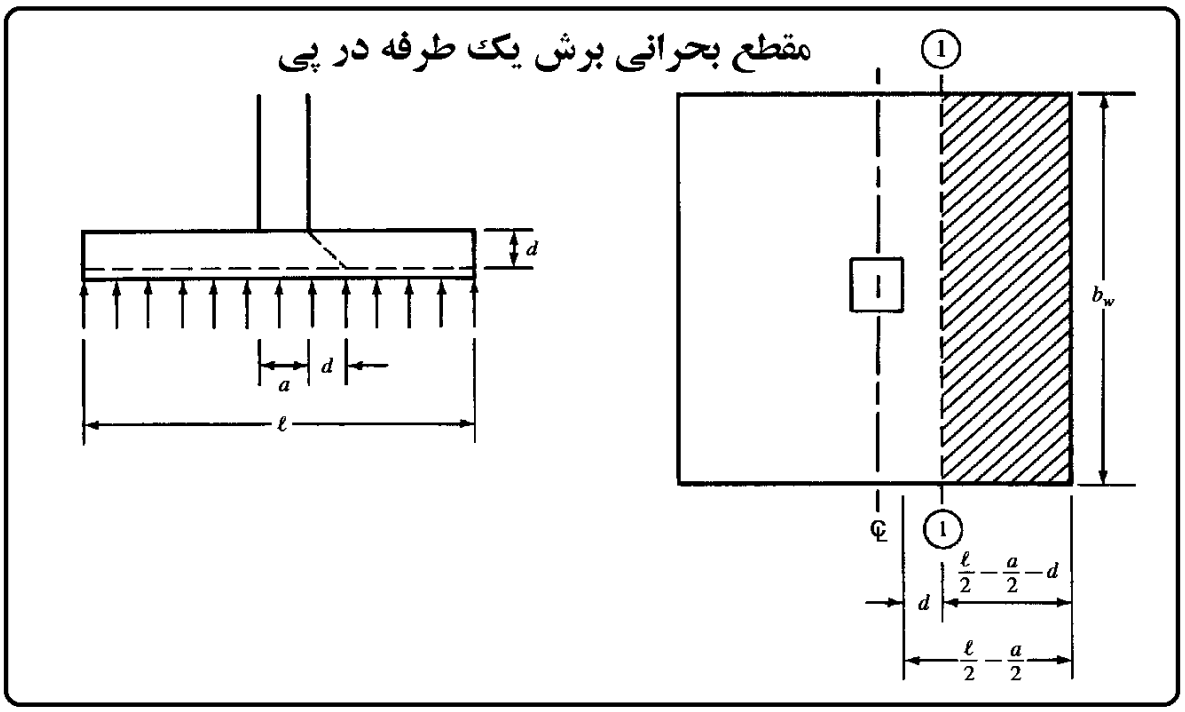
۹-۱۵-۵-۳ مقدار V_u در تکیه‌گاه‌ها را می‌توان طبق بند ۹-۱۵-۵-۴ کاهش داد، مشروط بر آنکه:

الف) عکس‌العمل تکیه‌گاه درامتداد برش اعمال شده در نواحی انتهایی عضو ایجاد فشار کند.

ب) هیچ بار متمرکزی در فاصله بین بر داخلی تکیه‌گاه تا محل مقطع بحرانی، مطابق بند ۹-۱۵-۵-۴ وارد نشود.

۹-۱۵-۵-۴ تمامی مقاطعی را که در فاصله‌ای کمتر از d از بر داخلی تکیه‌گاه قرار دارند می‌توان برای همان برش V_u که در مقطع به فاصله d (مقطع بحرانی) وجود دارد، طراحی کرد.

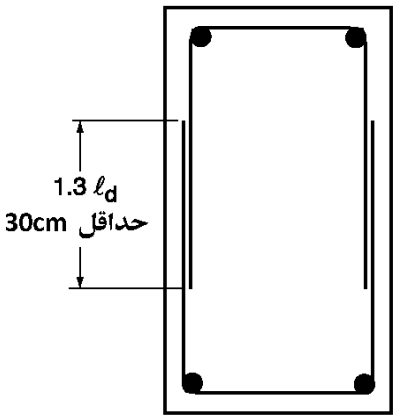


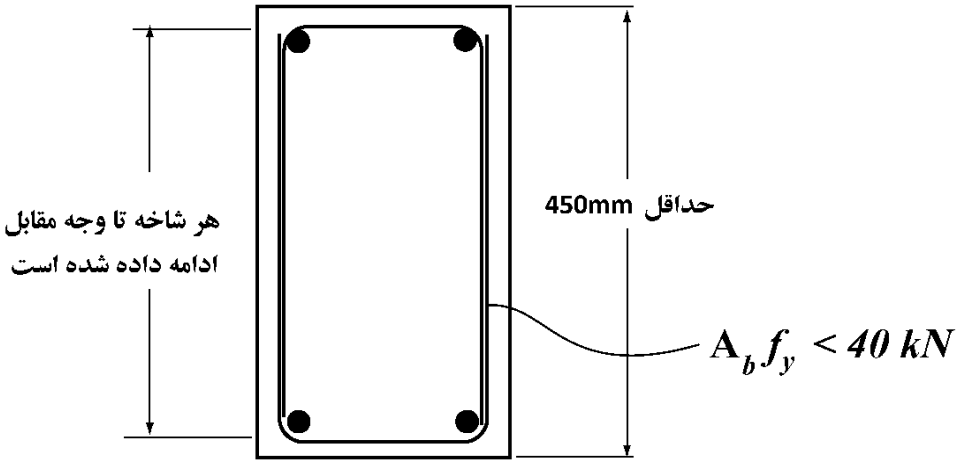


انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۳-۸- ضوابط مهار خاموت ها و تنگها و خم آنها

۹-۲۱-۳-۴-۵ در زوج خاموت‌های U شکل که با وصله پوششی، یک خاموت بسته می‌سازند، باید طول پوشش برابر با حداقل $1/3 l_d$ رعایت شود. در این خاموت‌ها، چنانچه مقدار $A_b f_y$ هر شاخه کمتر از ۴۰ کیلونیوتن و ارتفاع مقطع عضو بیشتر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد، می‌توان طول پوشش را کمتر از $1/3 l_d$ در نظر گرفت مشروط بر آنکه هر شاخه از U تا وجه مقابل ادامه داده شود.





انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۱ مهار و وصله آرماتور

۹-۲۱-۲ مهار میلگردها

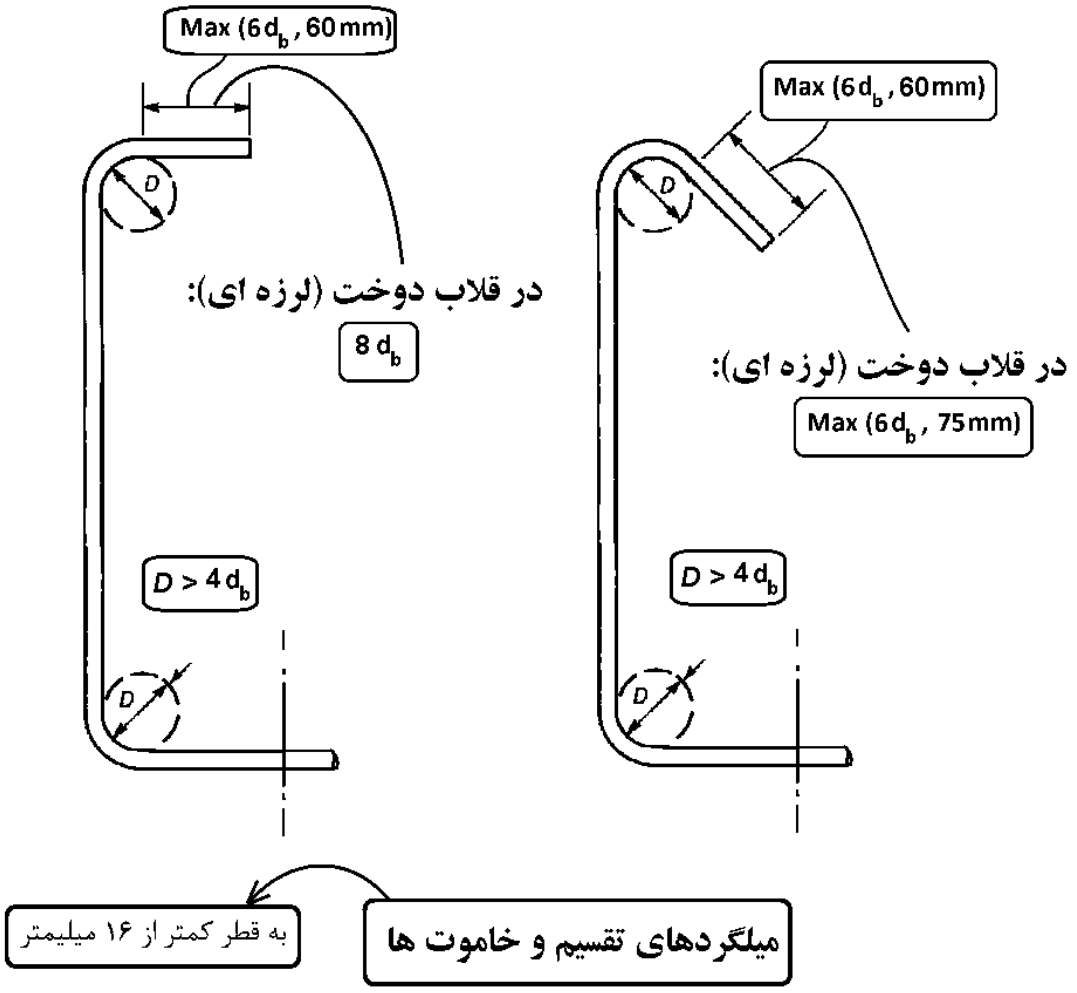
۹-۲۱-۲-۲ قلاب‌های استاندارد

ب ـ برای میلگردهای تقسیم و خاموت‌ها

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $۶d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر۱۶ میلی‌متر و کمتر
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $۲d_b$ طول مستقیم در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر بیشتر از۱۶ میلی‌متر و کمتر از۲۵ میلی‌متر
- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل $۶d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد

۹-۲۱-۲-۳ حداقل قطر خم‌ها

ب- قطر داخلی خم‌ها برای خاموت‌های به قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید کمتر از $۴d_b$ اختیار شود.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

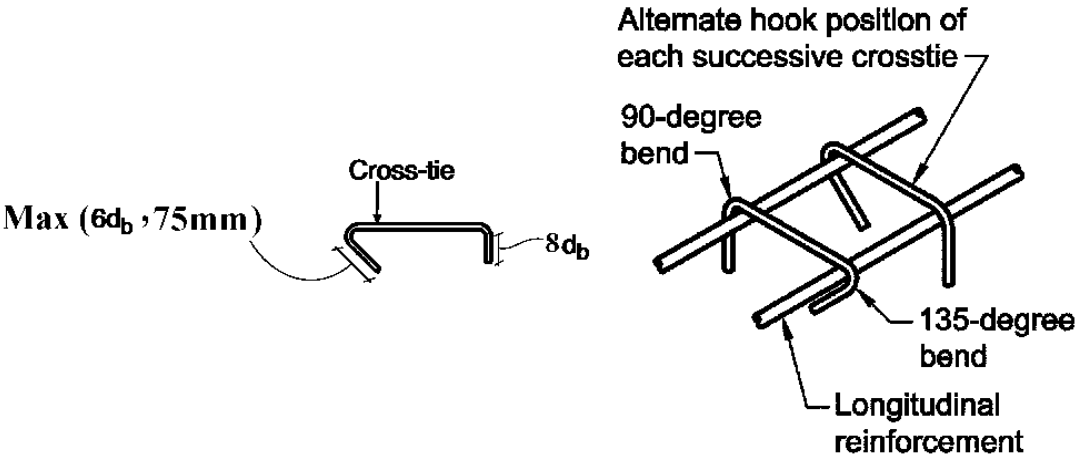
۹-۲۳ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

۹-۲۳-۲ ضوابط کلی طراحی

۹-۲۳-۲-۱ تعاریف

۹-۲۳-۲-۱-۶ قلاب دوخت

میلگردی که در یک انتها دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۱۳۵ درجه و قسمت مستقیم انتهایی به طول‌حداقل ۶ برابر قطر میلگرد یا ۷۵ میلیمتر و در انتهای دیگر دارای قلابی با زاویه خم حداقل ۹۰ درجه و قسمت مستقیم انتهایی به طول حداقل ۸ برابر قطر میلگرد باشد. این قلاب‌ها باید میلگردهای طولی واقع در محیط مقطع عضو را در برگیرند. محل خم ۹۰ درجه قلاب‌ها باید به صورت یک در میان، در مقاطع متوالی در طول عضو، عوض شود.



قلاب میلگردهای اصلی

۹-۲۱-۲-۲ قلاب‌های استاندارد

در این مبحث هریک از خم‌های مشروح زیر قلاب استاندارد تلقی می‌شود:

الف- میلگردهای اصلی

- خم نیم‌دایره (قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل $۴d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل $۱۲d_b$ در انتهای آزاد میلگرد

ب ـ برای میلگردهای تقسیم و خاموت‌ها

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $۶d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر۱۶ میلی‌متر و کمتر
- خم۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $۲d_b$ طول مستقیم در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر بیشتر از۱۶ میلی‌متر و کمتر از۲۵ میلی‌متر
- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل $۶d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد

۹-۲۱-۲-۳ حداقل قطر خم‌ها

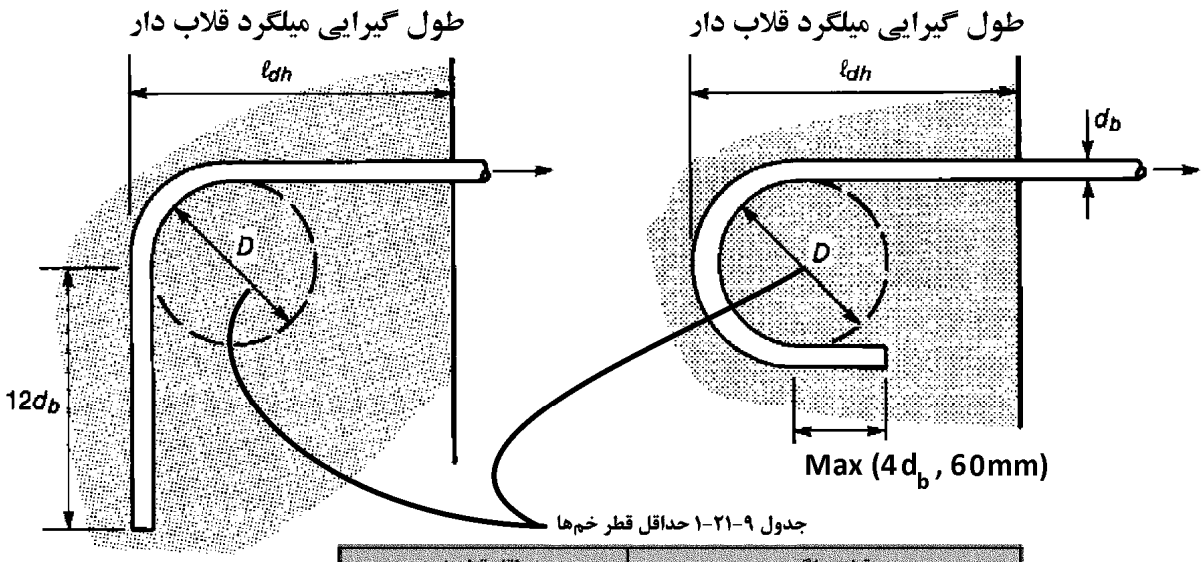
الف- قطر داخلی خم‌ها به جز برای خاموت‌های با قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹-۲۱-۱ کمتر اختیار شود:

جدول ۹-۲۱-۱ حداقل قطر خم‌ها

قطر میلگرد	حداقل قطر خم
کمتر از ۲۸ میلیمتر	$۶d_b$
۲۸ تا ۳۴ میلیمتر	$۸d_b$
۳۶ تا ۵۵ میلیمتر *	$۱۰d_b$

* برای خم کردن میلگردهای به قطر ۳۶ میلیمتر و بیشتر و با زاویه بیشتر از ۹۰ درجه به روش‌های خاصی نیاز است.

ب- قطر داخلی خم‌ها برای خاموت‌های به قطر کمتر از ۱۶ میلیمتر نباید کمتر از $۴d_b$ اختیار شود.



جدول ۹-۲۱-۱ حداقل قطر خم‌ها

قطر میلگرد	حداقل قطر خم
کمتر از ۲۸ میلیمتر	$۶d_b$
۲۸ تا ۳۴ میلیمتر	$۸d_b$
۳۶ تا ۵۵ میلیمتر *	$۱۰d_b$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

٤-ستونها

٤-١- معیار ستون بودن

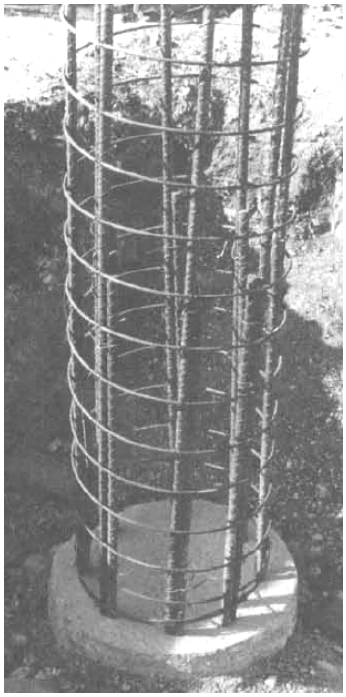
۹-۲۳ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

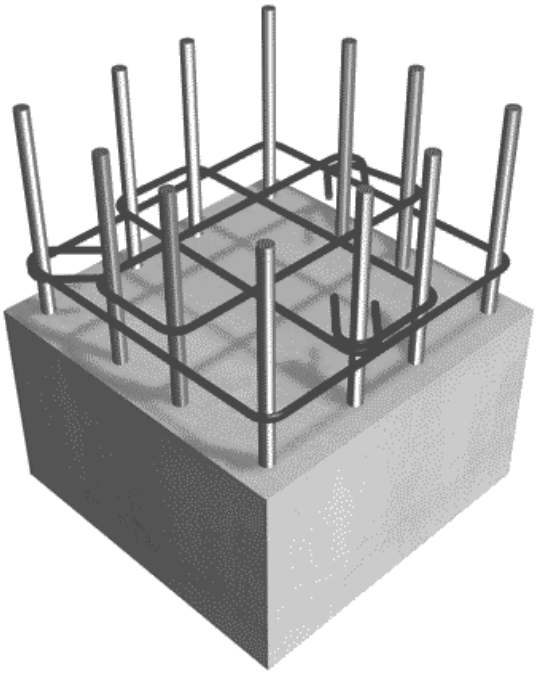
۹-۲۳-۲ ضوابط کلی طراحی

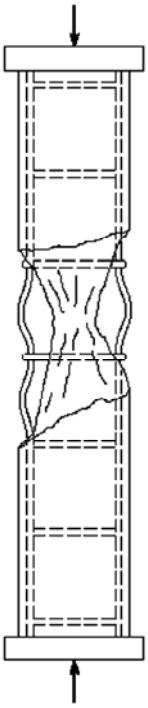
۹-۲۳-۲-۱ تعاریف

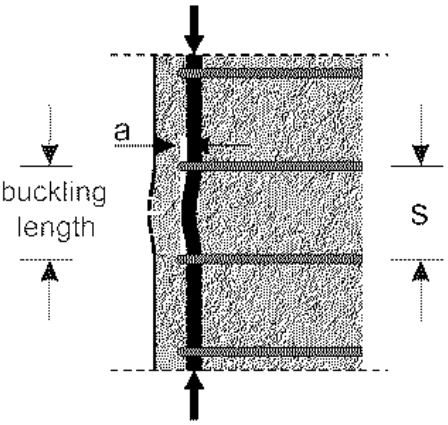
۹-۲۳-۲-۱-۲ اعضای تحت فشار و خمش و اعضای تحت خمش

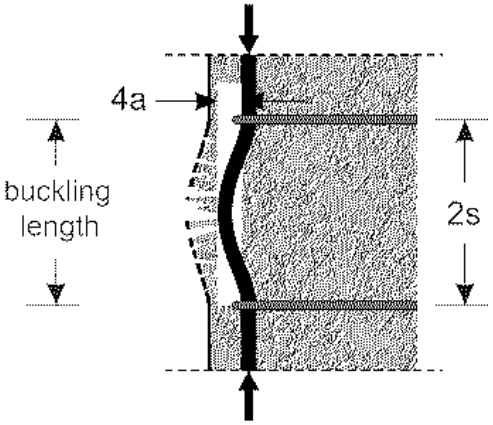
اعضای تحت فشار و خمش به اعضایی اطلاق می‌شود که در آنها علاوه بر وجود لنگر خمشی نیروی محوری فشاری نهایی‌بیشتر از $۰/۱۵f_{cd}A_g$ باشد. در صورتی که نیروی محوری فشاری نهایی کمتر از این مقدار باشد، عضو خمشی محسوب می‌شود.

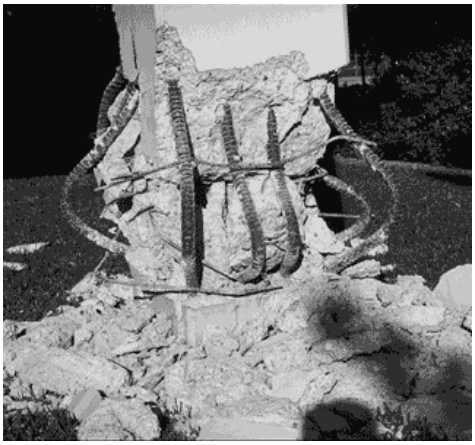












انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۲۵- اگر در عضوی از یک قاب ساختمانی بتنی با شکل‌پذیری متوسط، مقدار نیروی محوری نهایی در حالتهای مختلف ترکیبات بار، در محدوده $0.08 f_c A_g$ تا $0.13 f_c A_g$ باشد، حداقل نسبت عرض به بعد دیگر مقطع مورد قبول چقدر می‌باشد؟ لزومی به کنترل محدودیتهای دیگر نیست و $\phi_c = 0.65$ فرض شود.

۱) محدودیتی وجود ندارد.

۲) 0.3

۳) 0.25

۴) 0.5

گزینه ۲

$$N_{u-max} = 0.13\, f_c = \frac{0.13}{0.65} f_{cd} = 0.2 f_{cd}$$

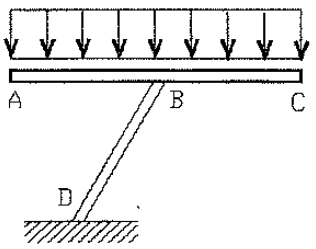
$$N_{u-min} = 0.08\, f_c = \frac{0.08}{0.65} f_{cd} = 0.123 f_{cd}$$

معیار تیر یا ستون بودن محدوده نیروی محوری عضو می باشد. در ترکیب بارهایی که نیروی محوری کم است، عضو تیر محسوب می شود و باید ضوابط تیر را رعایت کند و در ترکیب بارهایی که نیروی محوری بیشتر از $0.15 f_{cd} A_g$ می باشد عضو ستون محسوب شده و باید ضوابط ستونها در مورد آن رعایت شود.

بنابراین با توجه به محدوده نیروهای وارد بر عضو، هم باید ضوابط تیر رعایت شود و هم ضوابط ستون ضابطه نسبت بعد کمتر به بعد بزرگتر در ستونها تعیین کننده تر است و گزینه ۲ صحیح است.

محاسبات-۹۰

۴۰- درخصوص سازه شکل مقابل کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟



۱) عضو BD در صورتی با ضوابط تیر آرماتور گذاری می‌شود. که N_u از هر دو مقدار $0.15\phi_c f_c A_g$ و N_{rb} کمتر باشد.

۲) عضو BD باید همواره با ضوابط ستون آرماتورگذاری شود.

۳) عضو BD باید همواره با ضوابط تیر آرماتورگذاری شود.

۴) عضو BD در صورتی با ضوابط ستون آرماتورگذاری می‌شود که ابعاد مقطع آن حداقل 35×35 سانتیمتر باشد.

گزینه ۱

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است @hoseinzadehasl & Telegram:@nezam_hoseinzadehasl

٤-۲- مرکز پلاستیک

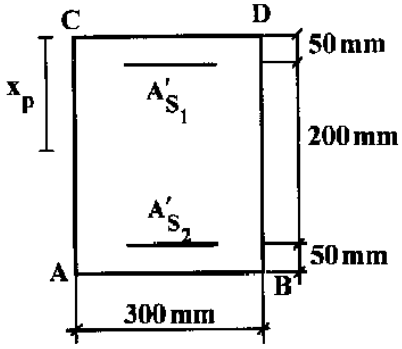
تفاوت مرکز پلاستیک با مرکز الاستیک؟

محاسبات-۹۱

۲۶- در مقطع ستون روبه‌رو، فاصله‌ی مرکز پلاستیک تا وجه CD (x_p)، کدام است؟

$f_c = 25MPa$ $A'_{s_1} = 2000mm^2$

$f_y = 400MPa$ $A'_{s_2} = 1000mm^2$



۱) ۱۲۵

۲) ۱۳۴

۳) ۱۴۳

۴) ۱۵۳

گزینه ۲:

$$m = \frac{F_{yd}}{\alpha f'_{cd}} = \frac{0.85 \times 400}{0.8125 \times 0.65 \times 25} = 25.75$$

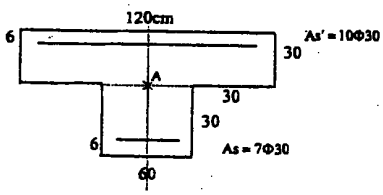
$$\alpha = 0.85 - 0.0015 f_c = 0.8125$$

$$X = \frac{A'_{s1} \times (m-1) \times 50 + A'_{s2} \times (m-1) \times 250 + (300 \times 300) \times 150}{A'_{s1} \times (m-1) + A'_{s2} \times (m-1) + 300 \times 300} = 134 \text{ mm}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۴-پایه ۳

۳۶- ستونی با مقطع شکل مقابل در نظر است. به این ستون در حالت حدی نهائی بار محوری $N_u = 400T$ در امتداد محور گذرنده از نقطه A وارد می‌شود. بگوئید این بار چه لنگر خمشی در ستون ایجاد می‌کند؟



۱) صفر ۲) ۱۸٫۸ تن متر ۳) ۲۰٫۰ تن متر ۴) ۲۱٫۲ تن متر

گزینه ۲

البته باید در صورت سوال مشخصات بتن و فولاد (f'_c F_y) ارائه میشد. با فرض $f'_c = 25\ MPa,\ F_y = 400MPa$ داریم:

$$\alpha = 0.85 - 0.0015f_c = 0.8125$$

$$m = \frac{F_{yd}}{\alpha f'_{cd}} = \frac{0.85 \times 400}{0.8125 \times 0.65 \times 25} = 25.75$$

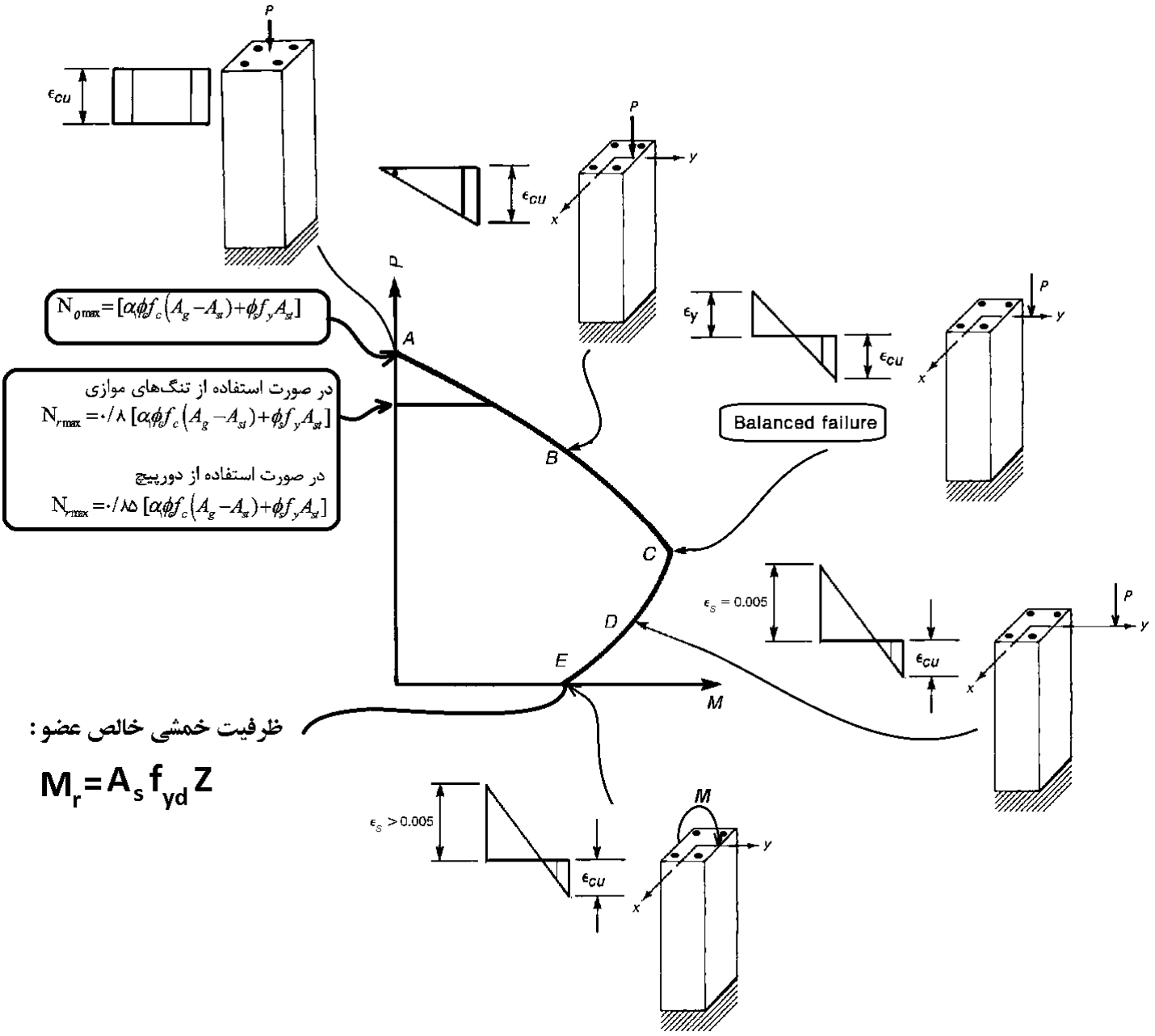
$$\left.\begin{matrix} A_s = 4945.5\ mm^2 \\ A'_s = 7065\ mm^2 \end{matrix}\right\}$$

$$X = \frac{A_s \times (m-1) \times 60 + A'_s \times (m-1) \times 540 + (300 \times 600) \times 150 + (300 \times 1200) \times 450}{A_s \times (m-1) + A'_s \times (m-1) + (300 \times 600) + (300 \times 1200)} = 347\ mm$$

بنابراین خروج از مرکزیت برابر 347-300=47 mm می باشد. بنابراین لنگر برابر $M = 400 \times 0.047 = 18.8\ t.m$ می باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

٤-۳- مقاومت فشاری-خمشی (اندرکنش P-M)



۹-۱۴-۴-۳ در قطعات میله‌ای تحت اثر فشارمحوری، حداکثر نیروی محوری مقاوم، درصورت استفاده از تنگ های موازی به ۸۰ درصد و در صورت استفاده از دورپیچ، به ۸۵ درصد مقداری که بر اساس فرضیات بند ۹-۱۴-۳ به دست می‌آید، محدود می‌گردد. در صورت استفاده از فرضیات بند ۹-۱۴-۳-۶ این نیرو برابر یکی از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۱۴-۴) خواهد بود:

در صورت استفاده از تنگ‌های موازی $N_{rmax}=۰/۸\,[\alpha_1\phi f_c(A_g-A_{st})+\phi_s f_y A_{st}]$

(۹-۱۴-۴)

در صورت استفاده از دورپیچ $N_{rmax}=۰/۸۵\,[\alpha_1\phi f_c(A_g-A_{st})+\phi_s f_y A_{st}]$

۹-۱۴-۴-۴ در قطعات میله‌ای تحت اثر توأم فشار محوری و خمش، نیروی محوری مقاوم هر مقطع، در هر حالت نباید بیشتر از مقدار بدست آمده از بند ۹-۱۴-۴-۳ در نظر گرفته شود.

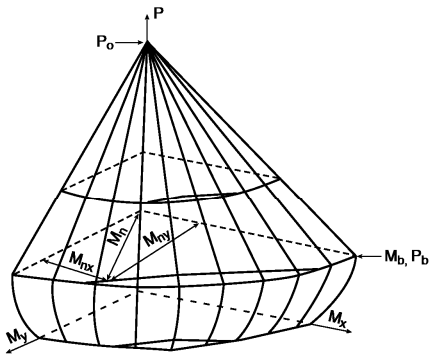
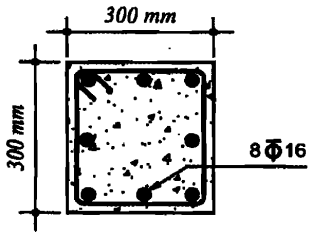


Figure 7-6 Biaxial Interaction Surface

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۳۵- نسبت حداکثر نیروی محوری فشاری مقاوم به حداکثر نیروی محوری کششی مقاوم یک ستون بتنی با مقطع شکل زیر با تنگ‌های موازی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ رده بتن C25 و فولاد میلگردها S400 است.



۱) 2.9
۲) 2.0
۳) 3.4
۴) 2.5

گزینه ۴

$$A_{st} = 8 \times 3.14 \times 8^2 = 1607.68\ mm^2$$

تحت فشار:

$$N_{r-c} = 0.8[0.81 \times 0.65 \times 25(300^2 - 1608) + 0.85 \times 400 \times 1607.68] = 1368\ kN$$

تحت کشش:

$$N_{r-t} = 0.85 \times 400 \times 1607.68 = 546\ kN$$

$$\frac{N_{r-c}}{N_{r-t}} = 2.5$$

محاسبات-۹۱

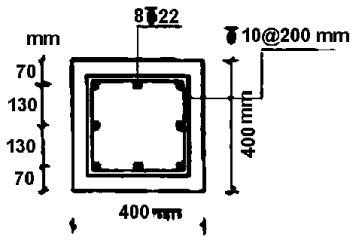
۲۹- حداکثر نیروی محوری مقاوم ستون بتونی کوتاه با مقطع مربع و به ضلع ۴۰۰ mm؛ که با ۸ عدد آرماتور طولی به قطر ۲۵ mm مسلح شده، چند کیلونیوتن است؟ ($f_y = ۴۰۰MPa$ $f_c = ۲۵MPa$)

۱) ۲۶۱۷ ۲) ۲۶۷۱ ۳) ۲۷۱۶ ۴) ۲۷۶۱

$$N = 0.8 \times (0.8125 \times 0.65 \times 25 \times (160000 - 8 \times 490.6) + 0.85 \times 400 \times 8 \times 490.6) = 2716\ kN$$

محاسبات ۹۲

۲۹- مقطع روبرو برای یک ستون کوتاه مهارشده بتنی درجا که تحت اثر نیروی محوری ناشی از بارمرده برابر 1200 kN و نیروی محوری فشاری ناشی از بار زنده برابر 800 kN قرار دارد، طرح شده است. کدام عبارت در رابطه با طراحی مقطع ستون صحیح است؟
(فرض کنید بتن از رده C25 و میلگردها از نوع S400 می‌باشند.)



۱) مقطع ستون به علت کمبود مقاومت فشاری قابل قبول نیست.
۲) مقطع ستون به علت فاصله غیرمجاز آرماتورهای طولی قابل قبول نیست.
۳) مقطع ستون به علت نامناسب بودن فاصله آرماتورهای عرضی قابل قبول نیست.
۴) مقطع ستون قابل قبول است.

گزینه ۱

$$A_s = 8 \times 3.14 \times 11^2 = 3039\ mm^2$$
$$A_c = 400 \times 400 - 3039 = 156960\ mm^2$$

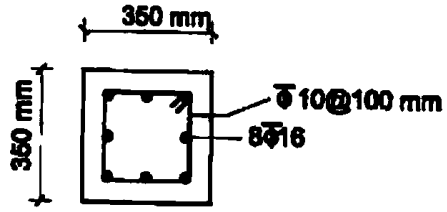
$$N_{rmax} = 0.8[(0.85 - 0.0015 \times 25) \times 0.65 \times 25 \times 156960 + 0.85 \times 400 \times 3039] = 2484498N = 2484kN$$
$$N_u = 1.25 \times 1200 + 1.5 \times 800 = 2700\ kN$$

$$2484 \not> 2700 \quad N.G.$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۳۵-نسبت مقاومت فشاری به مقاومت کششی ستونی با مقطع شکل زیر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر می‌باشد؟ $f_c = 25\ MPa$ و $f_y = 400\ MPa$



۱) 3.15
۲) 2.38
۳) 1
۴) 3.6

گزینه ۱

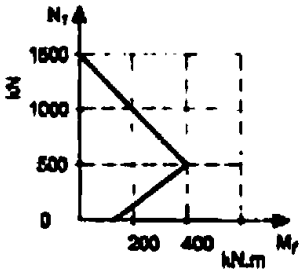
$$A_s = 8 \times 3.14 \times 8^2 = 1608\ mm^2$$
$$A_c = 350 \times 350 - 1608 = 120892\ mm^2$$

$$N_{rmax} = 0.8[(0.85 - 0.0015 \times 25) \times 0.65 \times 25 \times 120892 + 0.85 \times 400 \times 1608] = 1714298N$$
$$N_{tmax} = 0.85 \times 400 \times 1608 = 546720$$

$$\frac{N_{rmax}}{N_{tmax}} = 3.14$$

محاسبات ۹۲

۳۰ - منحنی اندرکنش فشار و خمش برای یک ستون کوتاه بتنی با تنگ بسته مطابق شکل روبرو داده شده است. نیروی محوری مقاوم مقطع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



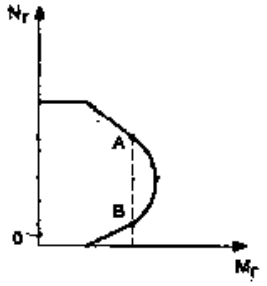
۱) 800 کیلونیوتن
۲) 1000 کیلونیوتن
۳) 1200 کیلونیوتن
۴) 400 کیلونیوتن

$$N_{rmax} = 0.8 \times 1500 = 1200\ kN$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۵-دو نقطه A و B در منحنی اندرکنش نیروی محوری فشاری (N_r) و لنگر خمشی(M_r) ستونی با مقدار لنگر خمشی یکسان مفروض است. در مورد این دو نقطه گزینه صحیح را انتخاب کنید.

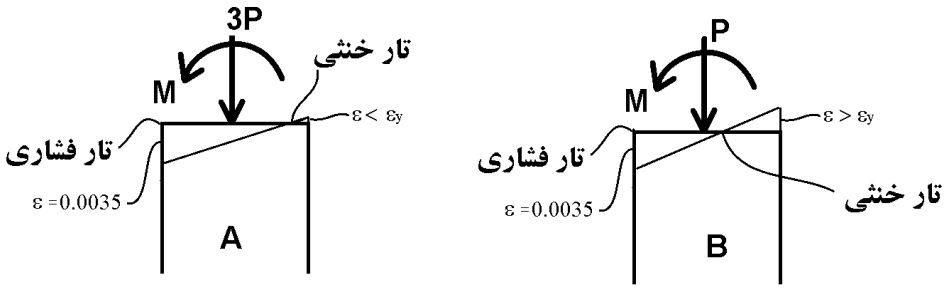


۱) فاصله محور خنثی مقطع تا دورترین تار فشاری مقطع در حالت A بیشتر از همان فاصله در حالت B می‌باشد.
۲) فاصله محور خنثی مقطع تا دورترین تار فشاری مقطع در حالت A کمتر از همان فاصله در حالت B می‌باشد.
۳) فاصله محور خنثی مقطع تا دورترین تار فشاری مقطع در دو حالت A و B یکسان است.
۴) فاصله محور خنثی مقطع تا دورترین تار فشاری مقطع بستگی به نقاط روی منحنی اندرکنش ندارد.

گزینه ۱

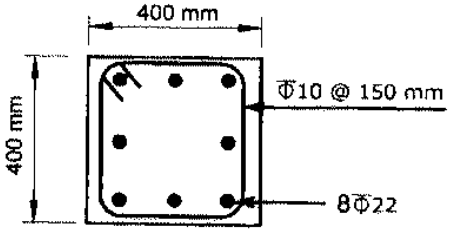
در نقطه A مقطع در ناحیه کنترل فشار قرار دارد و بنابراین ناحیه کششی کوچکتر می باشد.

در نقطه B مقطع در ناحیه کنترل کشش قرار دارد و بنابراین ناحیه کششی بزرگتر می باشد.



محاسبات ۹۵

۲۰- در ستون بتنی درجا ریخته‌شده غیر لرزه‌بَر شکل زیر، حداکثر نیروی محوری مقاوم مقطع حدوداً چه مقدار است؟ (میلگردهای اصلی از نوع S500 و بتن از نوع C35 می‌باشند)



۱) 2356 kN
۲) 2982 kN
۳) 3312 kN
۴) 3982 kN

گزینه ۳

$$\alpha = 0.85 - 0.0015 \times 35 = 0.7975$$
$$\beta = 0.97 - 0.0025 \times 35 = 0.8825$$
$$A_s = 8 \times 3.14 \times 11^2 = 3039.5\ mm^2$$

$$N_{rmax} = 0.8(0.7975 \times 0.65 \times 35 \times (400^2 - 3039.5) + 0.85 \times 500 \times 3039.5) = 3311.633\ N$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۴- در طراحی یک ستون بتنی درجا با مقطع دایره‌ای برای یک ترکیب بارگذاری خاص، تمام ضوابط فنی رعایت و نسبت S_u (نیروی ایجاد شده در مقطع یا نیروی نهایی موجود) به S_r (نیروی مقاوم مقطع)، با فرض استفاده از میلگردهای مارپیچ، 0.97 محاسبه شده است. اگر با رعایت تمام ضوابط فنی، در این ستون به جای میلگرد مارپیچ از تنگ‌های موازی معادل آن استفاده شود، در مورد نسبت S_u به S_r کدام گزینه صحیح خواهد بود؟ (توجه شود که در ترکیب بارگذاری موردنظر، برش نهایی در ستون در برابر نیروی مقاوم برشی مقطع ناچیز و غیرکنترل‌کننده می‌باشد)

۱) نسبت S_u به S_r ممکن است حداکثر به 1.03 برسد.

۲) نسبت S_u به S_r تغییر نمی‌کند.

۳) نسبت S_u به S_r کاهش می‌یابد.

۴) نسبت S_u به S_r حدود 15 درصد افزایش می‌یابد.

گزینه ۱

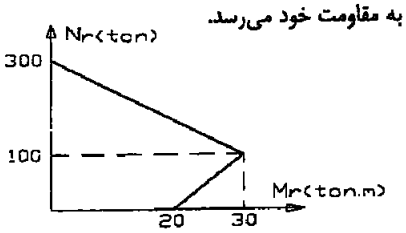
در صورتی که نیروی مورد نظر فشار خالص باشد، مقاومت فشاری ستون با تنگ کمتر از مقاومت همان ستون با دورپیچ می باشد:

$$\frac{S_u}{S_{r-\text{دورپیچش}}} = 0.97 \quad \rightarrow \quad \frac{S_u}{S_{r-\text{تنگ}}} = \frac{S_u}{\frac{0.8}{0.85} S_{r-\text{دورپیچش}}} = \frac{0.97}{\frac{0.8}{0.85}} = 1.03$$

ولی اگر نیروی وارد به صورت خمشی باشد، این نسبت تغییر نمی کند. بنابراین بسته به نوع نیروی وارد شده ممکن است این نسبت بین 0.97 تا 1.03 تغییر کند.

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۵- منحنی اندرکنش لنگر خمشی- نیروی محوری یک ستون با مقطع مربع شکل به صورت زیر می‌باشد. اگر نیروهای وارد بر مقطع برابر N_u =۲۰۰ton , M_u =۱۵ton.m باشد کدامیک از عبارات زیر درخصوص مقطع این ستون صحیح است؟



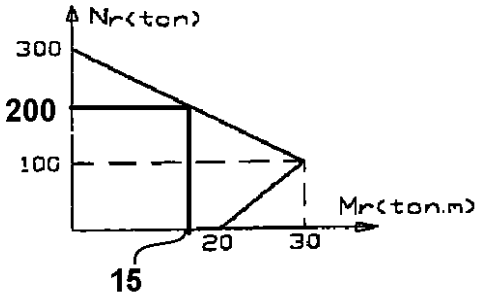
۱) مقطع گسیخته می‌شود و همزمان تنش کششی در فولاد به حد تسلیم و تنش در بتن به مقاومت خود می‌رسد.

۲) مقطع گسیخته نمی‌شود.

۳) مقطع گسیخته می‌شود و تنش در فولاد به حد تسلیم می‌رسد.

۴) مقطع گسیخته می‌شود ولی تنش کششی در فولاد به حد تسلیم نمی‌رسد.

گزینه ۴. با توجه به اینکه نقطه شکست بالای نقطه بالانس است، فولادهای کششی تسلیم نمی شوند.



تمرین: محاسبات ۸۳-پایه ۳

۳۴- در صورتیکه ابعاد یک ستون ۵۰×۵۰ سانتیمتری باندازه ۱۰٪ افزایش داده شود، ولی درصد فولاد برابر با یک درصد ثابت بماند، حداکثر ظرفیت بار محوری ستون چند درصد افزایش خواهد یافت؟ $f_c = 200kg/cm^2$ و $f_y = 4000kg/cm^2$

۱) حدود ۱۰٪ ۲) حدود ۱۵٪

۳) حدود ۲۰٪ ۴) حدود ۲۵٪

گزینه ۳

با افزایش ۱۰ درصدی در ابعاد، "مساحت" ستون ۲۱ درصد افزایش می یابد $(1.1 \times 1.1 = 1.21)$

از طرفی با توجه به اینکه درصد میلگرد ثابت است (۱٪)، با افزایش مساحت مقطع، مساحت میلگردها نیز ۲۱ درصد افزایش خواهند یافت.

بنابراین هم مساحت مقطع و هم مساحت میلگردها به میزان ۲۱ درصد افزایش یافته است و ظرفیت محوری نیز ۲۱ درصد افزایش خواهد یافت.

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۷- جهت طراحی یک ساختمان، ابعاد اولیه مقطع یک ستون در تحلیل ^{cm} ۴۰ × ^{cm} ۴۰ منظور گردیده است، در زمان تیپ‌بندی ستونها ابعاد مقطع به ^{cm} ۴۵×^{cm} ۴۵ افزایش یافته است. دراین صورت :

۱) در صورتی که ستون مذکور در طبقه نهایی باشد، نیاز به تحلیل مجدد نخواهد بود، در غیر این صورت باید تحلیل مجدد صورت پذیرد.

۲) به دلیل آنکه ابعاد مقطع ستون بزرگتر گردیده است نیازی به تحلیل مجدد نمی‌باشد.

۳) در صورتی که با افزایش سختی ستون، سختی تیرها را نیز افزایش دهیم نیاز به تحلیل مجدد نمی‌باشد.

۴) از آنجا که سختی مقطع حدوداً ۶۰٪ افزایش می‌یابد به تحلیل مجدد نیاز می‌باشد.

گزینه ۴

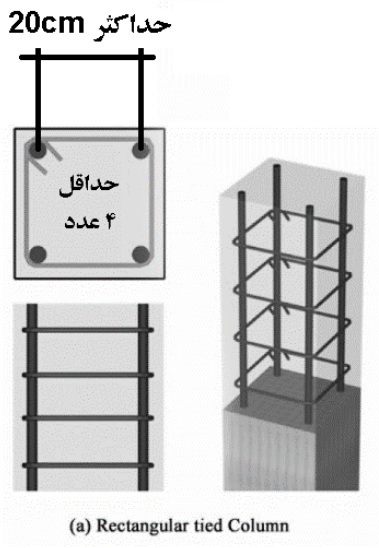
محاسبات ۸۶

۳۶- ابعاد مقطع یک ستون کوتاه ۵۰×۵۰ سانتیمتر است اگر این ابعاد ده درصد افزایش یابد و در صد فولاد آن برابر با یک درصد ثابت بماند، حداکثر ظرفیت بار محوری ستون چند در صد افزایش خواهد یافت؟ $f_{cc} = 200\,kg/cm^2$ $f_y = 4000\,kg/cm^2$

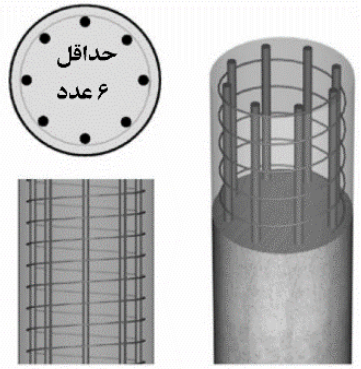
الف) حدود ۱۵٪ ب) حدود ۳۰٪ ج) حدود ۲۱٪ د) حدود ۱۲٪

گزینه ۳

٤-٤- فواصل میلگرد طولی



(a) Rectangular tied Column



(b) Round spiral Column

۹-۱۴-۸ ابعاد طراحی برای قطعات فشاری

۹-۱۴-۸-۱ پس از تحلیل سازه و تعیین مقادیر نیروهای موثر در طراحی که به ازای سختی نظیر مقطع ترک خورده قطعات انجام می‌پذیرد، برای طراحی قطعات میله‌ای و تعیین مقدار آرماتور فشاری می‌توان محدودیتهای بندهای ۹-۱۴-۸-۲ و ۹-۱۴-۸-۳ را مورد استفاده قرار داد.

۹-۱۴-۸-۲ در صورتی‌که قطعه میله‌ای فشاری با دورپیچ یا تنگ، با یک دیوار یا پایه به صورت یکپارچه ساخته شود، حداکثر ۴۰ میلی‌متر خارج از دورپیچ یا تنگ‌ها را می‌توان جزء محدوده مقطع موثر قطعه فشاری فرض کرد.

۹-۱۴-۸-۳ در تعیین مقاومت مقطع و حداقل آرماتور مورد نیاز در یک عضو فشاری که دارای سطح مقطعی بزرگتر از مقدار لازم برای تحمل بارهای مورد نظر است، می‌توان سطح مقطع موثر کاهش یافته‌ای که برابر با سطح مقطع لازم برای تحمل بارهای مورد نظر می‌باشد در نظرگرفت. این سطح مقطع نباید از نصف سطح مقطع کل کوچکتر باشد.

۹-۱۴-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۴-۹-۲ حداقل تعداد میلگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیر است:

الف- میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب- میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد

پ- میلگردهای داخل دورپیچ، شش عدد، مطابق بند ۹-۱۴-۹-۳ .

۹-۱۴-۱۱ محدودیت‌های فولادگذاری جهت اعضای خمشی یا فشاری

۹-۱۴-۱۱-۱ محدودیت‌های فاصله میلگردها

۹-۱۴-۱۱-۱-۲ در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۱-۴ دراعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از ۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

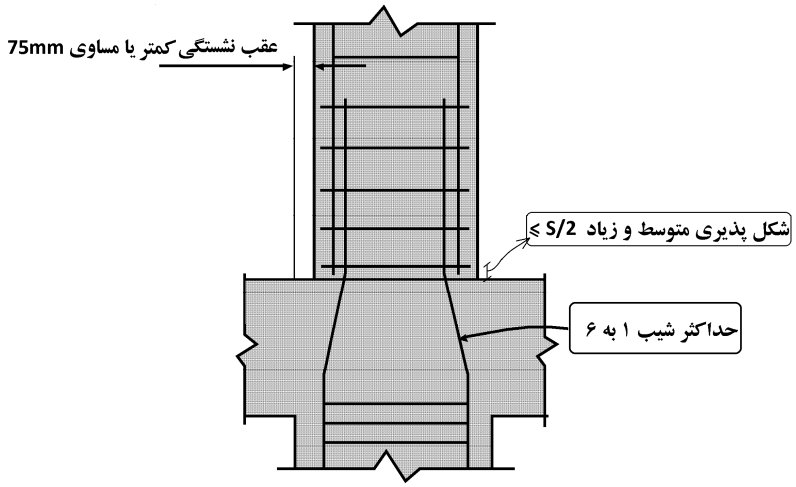
۹-۱۴-۱۱-۳ میلگردهای انتظار خم شده

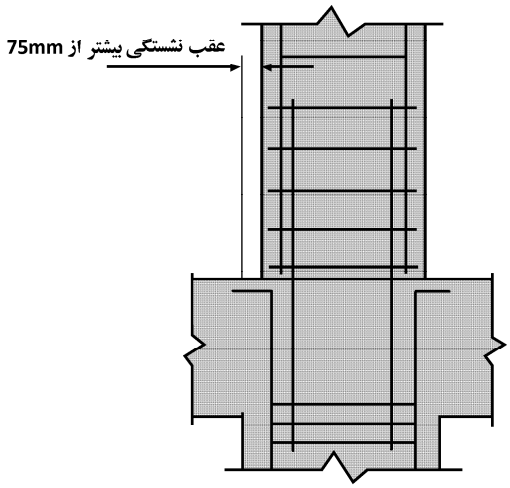
۹-۱۴-۱۱-۳-۱ شیب قسمت مایل میلگردهای خم شده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ تجاوز کند. قسمت‌های فوقانی و تحتانی قسمت مایل باید موازی با محور ستون باشند.

میلگردهای انتظار باید در محل خم با خاموت‌ها، دورپیچ‌ها و یا قسمت‌هایی از سیستم سازه‌ای کف مهار شوند. مهار مذکور باید برای تحمل نیرویی معادل ۱/۵ برابر مولفه نیروی محاسباتی قسمت مایل در امتداد مهار، طرح شود. در صورت استفاده از خاموت‌ها یا دورپیچ فاصله آنها تا نقاط خم شده نباید از ۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۹-۱۴-۱۱-۳-۲ خم کردن میلگردهای انتظار باید قبل از جاگذاری میلگردها انجام پذیرد.

۹-۱۴-۱۱-۳-۳ در مواردی که وجه ستون یا دیوار بیشتر از ۷۵ میلی‌متر عقب نشستگی یا پیش‌آمدگی داشته باشد میلگردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برده شوند، و در محل عقب نشستگی باید میلگردهای انتظار مجزا برای اتصال به میلگردهای وجوه عقب نشسته پیش‌بینی شوند. در هر حالت باید ضوابط مربوط به مهارها و وصله‌ها در منطقه تغییر مقطع رعایت شوند.





انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۲ اعضای تحت فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۲-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از چهار و نیم درصد در نظر گرفته شود. مقدار آرماتور در محل وصله‌ها باید حداکثر برابر شش درصد در نظر گرفته شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد S۴۰۰ است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر سه درصد محدود می‌شود.

۹-۲۳-۳-۲-۲-۲ فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۲-۲-۱ در این اعضاء نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی از نوع فولاد S۴۰۰ است، نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.

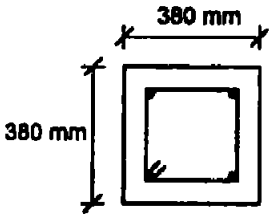
اصلاحیه مبحث نهم ویرایش ۱۳۹۲

ردیف	متن اصلی	اصلاحیه
۱۵	۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از چهار و نیم درصد در نظر گرفته شود. مقدار آرماتور در محل وصله‌ها باید حداکثر برابر شش درصددر نظر گرفته شود. در مواردی‌که‌آرماتور طولی‌از نوع فولاد S۴۰۰ است نسبت آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر سه درصد محدود می‌شود.	۹-۲۳-۳-۲-۲-۱ در ستون‌ها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از هشت درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.
۱۰	۹-۱۴-۹-۱ درقطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ وبیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. درصورت استفاده ازفولاد S۴۰۰ در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود می‌گردد.	۹-۱۴-۹-۱ درقطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ وبیشتر از ۰/۰۸ سطح مقطع کل باشد.
۱۷	۹-۲۳-۴-۲-۲-۱در این اعضاء نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود. در مواردی که آرماتور طولی‌از نوع فولاد S۴۰۰ است، نسبت‌آرماتور در خارج از محل وصله‌ها به حداکثر چهار و نیم درصد محدود می‌شود.	۹-۲۳-۴-۲-۲-۱در این اعضاء نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. محدودیت حداکثر مقدار آرماتور باید در محل وصله‌ها نیز رعایت شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۲۸- در مورد ستون (عضو تحت فشار و خمش) با مقطع 380×380 mm با آرماتور طولی4Φ25 و تنگ $\Phi 10 @ 150\ mm\ c/c$ و پوشش بتن 40 mm گزینه صحیح را انتخاب کنید؟



۱) چنانچه قطر تنگ از Φ10 به Φ12 تغییر یابد آرماتورگذاری قابل قبول تلقی می‌گردد.

۲) آرماتورگذاری عضو مورد نظر قابل قبول نیست.

۳) آرماتورگذاری عضو موردنظر قابل قبول است.

۴) چنانچه آرماتورهای طولی از 4Φ25 به 4Φ30 تغییر یابد آرماتورگذاری قابل قبول می‌گردد.

گزینه ۲

فاصله میلگردهای طولی برابر است با:

$$s = 380 - 2(40 + 10 + 12.5) = 255\ mm$$

که غیر قابل قبول است. برای این ستون باید از آرایش ۸ تایی به جای آرایش ۴ تایی برای میلگردهای طولی استفاده شود.

همچنین پوش بتن (40 mm) برای تیر و ستون طبق جدول زیر در بهترین حالت حداقل باید 45mm باشد و بنابراین پوشش میلگرد نیز کافی نمی باشد.

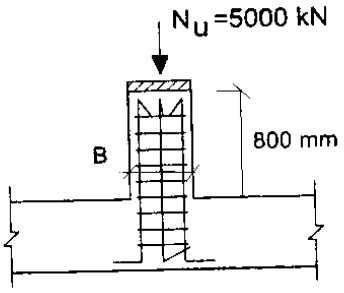
جدول۹-۶-۶ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر) در شرایط محیطی بند ۹-۶-۴

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی			
	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۴۵	۵۰	۷۵	۷۵
دال ها و تیرچه‌ها	۳۰	۳۰	۶۰	۶۰
دیوار ها وپوسته‌ها	۲۵	۳۰	۵۵	۵۵
شالوده‌ها	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۲۲- در صورتیکه نیروی محوری طراحی برای یک پدستال بتنی با شکل‌پذیری معمولی مطابق شکل زیر برابر N_u=5000 kN باشد، حداقل بعد مقطع این پدستال مربعی برحسب میلی‌متر به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S340 فرض شود).



۱) B = 460

۲) B = 690

۳) B = 425

۴) B = 530

گزینه ۳

حداقل بعد یک عضو فشاری زمانی بدست میاید که بیشترین درصد مجاز میلگرد در ان قرار داده شود.

با توجه به اصلاحیه مبحث نهم حداکثر درصد میلگرد مجاز برای اعضای فشاری برابر ۸ درصد می باشد. بنابراین با فرض اینکه میلگرد طولی پدستال برابر ۸ درصد باشد، داریم:

$$5000 \times 10^3 \le 0.8[0.81 \times 0.65 \times 25 \times B^2 + (0.85 \times 340 - 0.81 \times 0.65 \times 25) \times (0.08 \times B^2)]$$

$$5000 \times 10^3 \le 28.18B^2 \quad \rightarrow \quad 421 \le B$$

٤-٥- مهار جانبی میلگردهای طولی

۹-۱۵ برش و پیچش

۹-۱۵-۱۲ جزئیات تکمیلی آرماتورهای عرضی

۹-۱۵-۱۲-۱ تمامی میلگردهای اعضای فشاری باید با خاموت‌هایی در بر گرفته شوند و ضوابط بندهای ۹-۱۵-۱۲-۱ تا ۹-۱۵-۱۲-۸ در آنها رعایت شوند.

۹-۱۵-۱۲-۲ قطر خاموت‌ها نباید کمتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند اختیار شود:

الف) $\frac{1}{3}$ قطر بزرگترین میلگرد طولی با قطر حداکثر ۳۰ میلی‌متر

ب) ۱۰ میلی‌متر برای میلگردهای طولی با قطر بیش از ۳۰ میلی‌متر و نیز برای گروه میلگردهای در تماس

۹-۱۵-۱۲-۳ قطر خاموت‌ها به هر حال نباید از ۸ میلی‌متر کمتر باشد.

۹-۱۵-۱۲-۴ فاصله هر دو خاموت متوالی از هم نباید از هیچ یک از مقادیر (الف) تا (ت) بیشتر باشد:

الف) ۱۲ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی اعم از اینکه منفرد باشد یا عضوی از گروه میلگردهای در تماس به شمار آید.

ب) ۳۶ برابر قطر میلگرد خاموت

پ) کوچکترین بعد عضو فشاری

ت) ۲۵۰ میلی‌متر

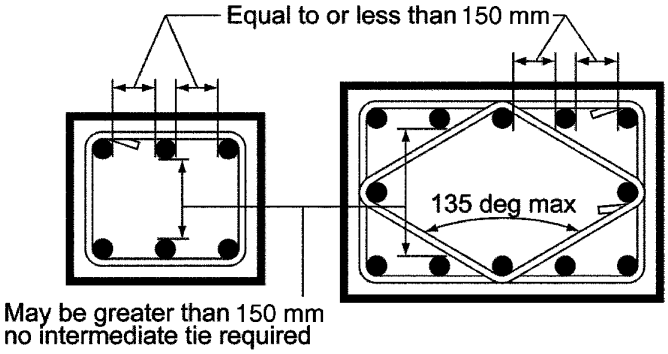
۹-۱۵-۱۲-۵ در هر مقطع تعداد خاموت‌ها باید طوری باشد که هریک از میلگردهای زیر در گوشه یک خاموت با زاویه داخلی حداکثر ۱۳۵ درجه قرار گیرد و به طور جانبی نگهداشته شود:

الف- هر میلگردی که در گوشه‌های عضو واقع شود

ب- هر میلگرد غیر گوشه‌ای به صورت حداکثر یک در میان

پ- هر میلگردی که فاصله آزاد آن تا میلگرد نگهداری شده مجاور بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

در مواردی که میلگردهای طولی روی محیط دایره قرار گیرند، می‌توان از خاموت‌های مدور استفاده کرد مشروط بر آنکه انتهای آنها به قلاب استاندارد ۱۳۵ درجه ختم شود یا به نحوی مناسب در بتن قسمت داخلی دایره مهار شود.



۹-۱۵-۱۲-۶ خاموت‌ها باید با فواصل تعیین شده در تمام طول عضو قرار داده شوند. فاصله اولین خاموت از سطح فوقانی شالوده یا دال طبقه تحتانی و آخرین خاموت از زیر پایین‌ترین میلگردهای دال یا کتیبه سرستون طبقه فوقانی نباید از نصف فواصل تعیین شده در بند ۹-۱۵-۱۲-۴ بیشتر باشد.

۹-۱۵-۱۲-۷ در صورتی که تیرها یا دستک‌هایی به کلیه وجوه ستون متصل شده باشند می‌توان خاموت‌ها را در مقطعی به فاصله حداکثر ۷۵ میلی متر از زیر پایین‌ترین میلگرد در کم ارتفاع‌ترین تیر یا دستک متوقف کرد.

۹-۱۵-۱۲-۸ ضوابط مهار و وصله خاموت‌ها در فصل بیست و یکم ارائه شده‌اند.

۹-۱۵-۱۲-۹ تمامی ضوابط مربوط به اندازه‌های خاموت‌ها و محدودیت‌های فاصله آنها برای اعضای فشاری باید در مورد میلگردهای فشاری در اعضای خمشی هم رعایت شوند.

۹-۱۵-۱۲-۱۰ در اعضای خمشی قاب‌ها که در معرض پیچش یا تغییر جهت تنش در تکیه‌گاه‌ها قرار می‌گیرند، باید از خاموت‌های بسته یا مارپیچی که دور همه میلگردهای اصلی می‌پیچد استفاده شود.

محاسبات ۸۳- پایه ۲

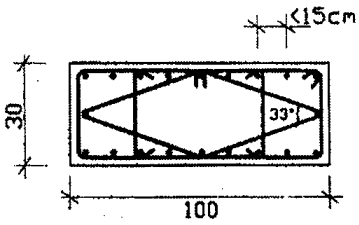
۳۳- در مقطع ستون بتن‌آرمه زیر، در صورتیکه فاصله آزاد ما بین آرماتورهای طولی کمتر از ۱۵ سانتیمتر باشد،

۱) از نظر فاصله آرماتورهای طولی از همدیگر مشکل فنی وجود دارد.

۲) از نظر نسبت ابعاد ستون مشکل فنی وجود دارد.

۳) عرض ستون کمتر از حد مجاز می‌باشد.

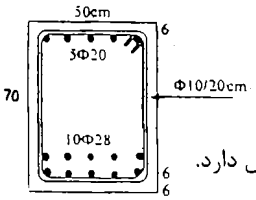
۴) از نظر تنگ‌گذاری مقطع ستون مشکل فنی وجود دارد.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۲

۴۱- در تیر بتن آرمه زیر در صورتی‌که آرماتورهای فوقانی آن بصورت فشاری در تحمل خمش تیر شرکت نمایند.:



۱) خاموت‌گذاری آن از نظر مهار آرماتورهای فوقانی مشکل دارد.

۲) خاموت‌گذاری آن از نظر فاصله خاموت‌ها در امتداد طولی تیر مشکل دارد.

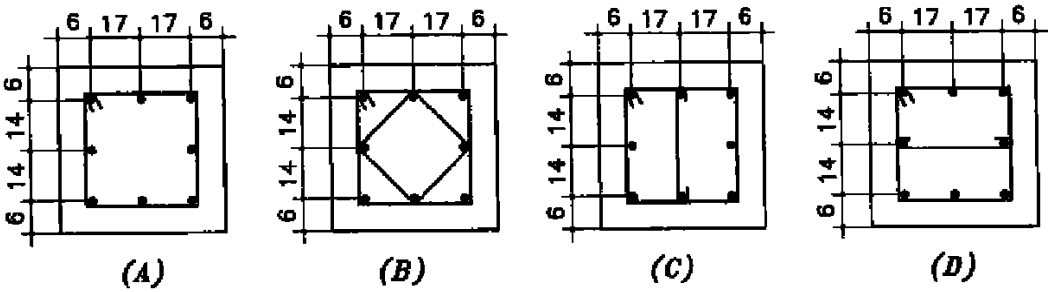
۳) از نظر فاصله آرماتورهای طولی در جهت عرضی و جایگیری آنها در یک ردیف مشکل دارد.

۴) از نظر فاصله آزاد آرماتورهای دو سفره پائین از همدیگر در جهت قائم که برابر ۶ سانتی‌متر می‌باشد مشکل دارد.

گزینه ۱

محاسبات ۸۷

۴۱- برای ستون بتن آرمه واقع در یک ساختمان بتنی با شکل پذیری متوسط کدامیک از موارد زیر در مورد خاموت گذاری صحیح است؟ (اعداد بر حسب سانتیمتر می‌باشد.)



۱) فقط گزینه B قابل استفاده است.

۲) گزینه های A و B قابل استفاده هستند.

۳) گزینه های B و C قابل استفاده هستند.

۴) هر سه گزینه B و C و D قابل استفاده هستند.

گزینه ۳

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۵-فاصله تنگها و دورپیچ در ستونها

۵-۱- تنگها

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۲ اعضای تحت فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۲-۳ در دو انتهای ستون‌ها به طول ℓ_0 باید آرماتور عرضی بسته مطابق ضوابط بند ۹-۲۳-۳-۲-۴ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند. طول ℓ_0 ، ناحیه بحرانی، که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

الف- یک ششم ارتفاع آزاد ستون

ب- ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل ستون یا قطر مقطع دایره‌ای شکل ستون

پ- ۴۵۰ میلی‌متر

۹-۲۳-۳-۲-۴ آماتور عرضی مورد نیاز در طول ℓ_0 باید دارای قطر حداقل ۸ میلیمتر بوده و فواصل آنها از یکدیگر در مواردی که به صورت دورپیچ به کار گرفته می‌شوند از ضابطه بند ۹-۱۴-۹-۴ تعیین گردد. فواصل آماتورهای عرضی در مواردی که به صورت خاموت بسته به کار می‌روند باید کمتر از مقادیر (الف) تا (ت) این بند در نظر گرفته شود:

الف- ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی ستون

ب- ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها

پ- نصف کوچکترین ضلع مقطع ستون

ت- ۳۰۰ میلی‌متر

فاصله اولین خاموت از بر اتصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف فاصله خاموت‌ها در نظر گرفته شود.

۹-۲۳-۳-۲-۵ در قسمت‌هایی از طول ستون که شامل طول ℓ_0 نمی‌شود، ضوابط میلگردگذاری عرضی مشابه ضوابط بند ۹-۱۵-۱۲ است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۲-۳-۱ در ستون‌ها، قسمت‌هایی از دو انتهای آنها به طول ℓ_0 «ناحیه بحرانی» تلقی شده و در آنها باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ انجام شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به میلگرد بیشتری را ایجاب کند. طول ℓ_0 که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

الف- یک ششم ارتفاع یا دهانه آزاد عضو

ب- ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل

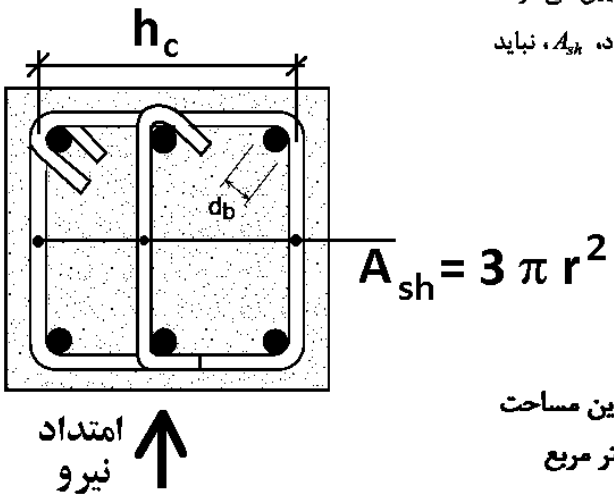
پ- ۴۵۰ میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

ب- در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد، A_{sh}، نباید کمتر از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۲۳-۳) و (۹-۲۳-۴) باشد:

$$A_{Sh} = ۰/۴۶ (S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}}) (\frac{A_g}{A_{ch}} - ۱) \qquad (۹-۲۳-۳)$$

$$A_{Sh} = ۰/۱۴ \times S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۴)$$



A_{ch} = **مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد عرضی واقع شده است. این مساحت براساس انداز پشت تا پشت میلگرد عرضی محاسبه می‌شود، میلی‌متر مربع**

A_g = سطح مقطع کل قطعه، میلی‌متر مربع

A_{sh} = سطح مقطع کل آرماتور عرضی، با احتساب رکابی‌های تک شاخه‌ای، در فاصله s در امتداد عمود بر بعد h_c، میلی‌متر مربع

h_c = بعد مقطع ستون در جهت عرضی (محور تا محور میلگردهای محصورکننده)، میلی‌متر

S = فاصله بین سفره‌های میلگردهای عرضی در امتداد محور طولی عضو، میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۳ درستون‌هایی که مقاومت هسته ستون به تنهایی جوابگوی بارهای وارده از جمله بارهای ناشی از زلزله می‌باشد، نیازی به کنترل روابط ۹-۲۳-۱ و ۹-۲۳-۲ نیست.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۴ قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند باشد:

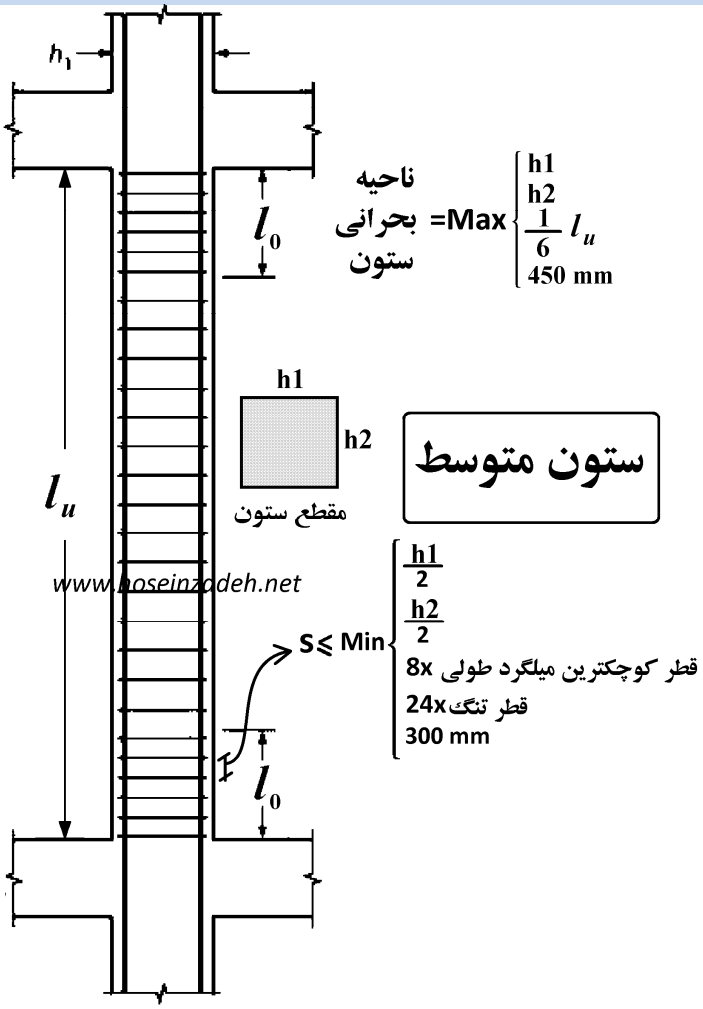
الف- یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون

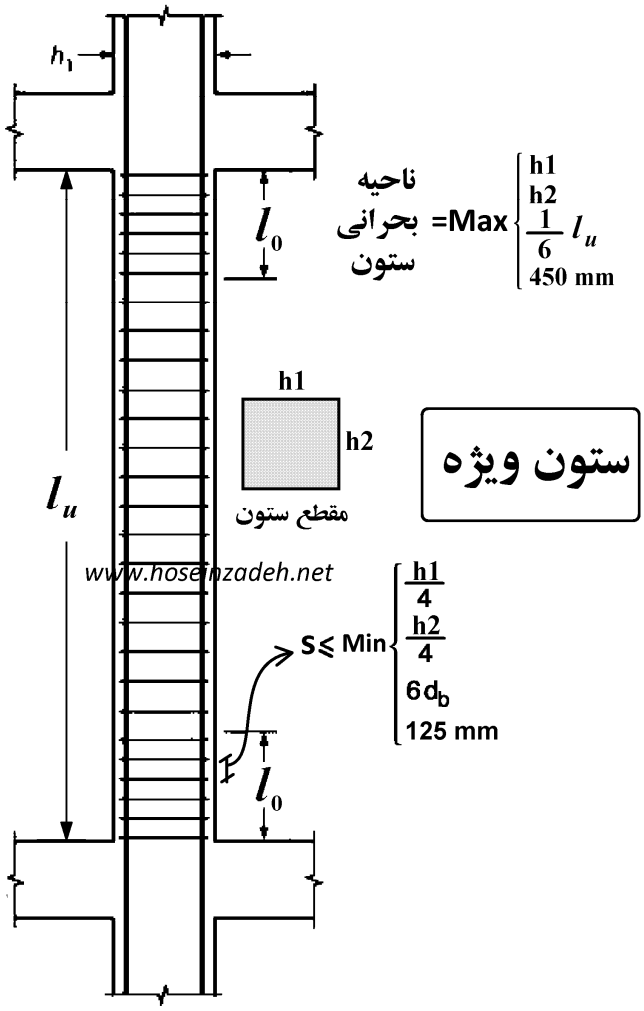
ب- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی

پ- ۱۲۵ میلی‌متر

ت- فاصله اولین خاموت از بر اتصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف فاصله خاموت‌ها در نظر گرفته شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl





محاسبات ۹۲

۲- در یک ستون به ارتفاع آزاد 3.3 متر از قاب خمشی بتن مسلح ویژه با مقطع 600×400 میلی‌متر، حداقل طولِ ناحیه بحرانی در دو انتها، که باید میلگرد عرضیِ ویژه به‌کار رود، چقدر می‌باشد؟ فرض کنید ستون دارای بار محوری فشاری قابل ملاحظه است.

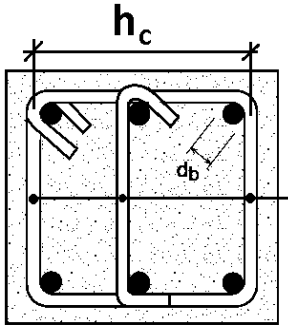
۱) 450 mm
۲) 550 mm
۳) 600 mm
۴) 750 mm

گزینه ۳

$$Max\left(\frac{3300}{6}, 600, 450\right) = 600\ mm$$

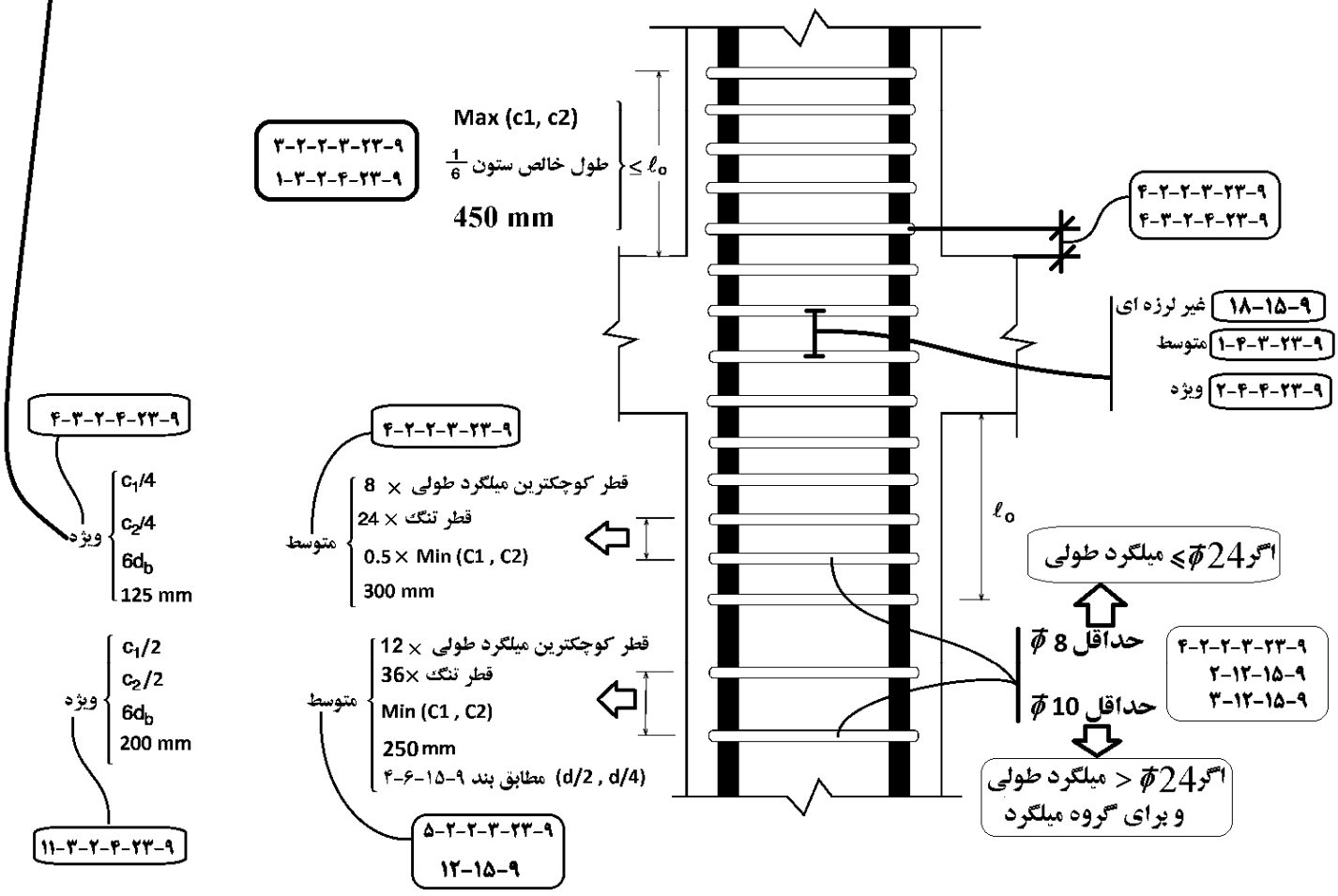
ناحیه بحرانی ستون ویژه

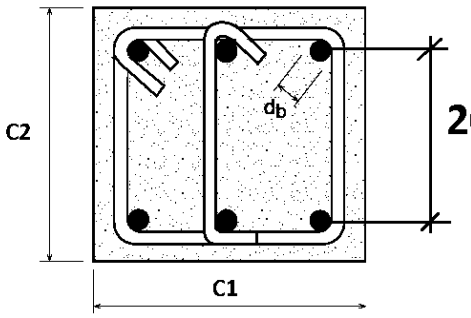
$$A_{sh} \geq max \begin{cases} 0.46\left(Sh_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}}\right)\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right) \\ 0.14 Sh_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \end{cases}$$



$A_{sh} = 3\,\pi\, r^2$

امتداد نیرو





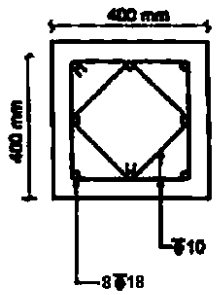
حداکثر 200mm

۲-۲-۲-۳-۲۳-۹

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۳۷-برای ستون با مقطع نشان داده شده حداکثر فاصله تنگ‌ها، برحسب میلیمتر در خارج از ناحیه بحرانی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید ستون برای شکل‌پذیری زیاد طرح شده، پوشش روی تنگ‌ها برابر 50 mm و آرماتور از نوع S400 و بتن از رده C25 می‌باشد. (فرض نمائید نیروی برشی کنترل‌کننده طرح نمی‌باشد).



۱) 100
۲) 150
۳) 200
۴) 250

گزینه ۱

$$Min\left(\frac{400}{2}, 6\times 18, 200\right) = 108\ mm$$

محاسبات ۹۵

۳۵-در یک ساختمان بتنی درجا با شکل‌پذیری متوسط، در صورتی‌که نیروی محوری نهایی ستون‌های طبقه بام 12 درصد حاصل‌ضرب مقاومت فشاری مشخصه بتن در سطح مقطع کلی ستون باشد، حداکثر فاصله خاموت‌های بسته در طول ستون در نواحی بحرانی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید برش نهایی عضو نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب نکند. بتن از رده C25 و فولاد از نوع S340 است. میلگردهای طولی Φ20، خاموت‌ها Φ10 و ابعاد ستون 500×500 میلی‌متر و ارتفاع مؤثر مقطع 420 میلی‌متر است.)

۱) 200 میلی‌متر
۲) 80 میلی‌متر
۳) 105 میلی‌متر
۴) 160 میلی‌متر

گزینه ۴

معیار تیر یا ستون بودن محدوده نیروی محوری عضو می باشد. در ترکیب بارهایی که نیروی محوری کم است، عضو تیر محسوب می شود و باید ضوابط تیر را رعایت کند و در ترکیب بارهایی که نیروی محوری بیشتر از $0.15f_{cd}$ می باشد عضو ستون محسوب شده و باید ضوابط ستونها در مورد آن رعایت شود:

۹-۲۳ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

۹-۲۳-۲ ضوابط کلی طراحی

۹-۲۳-۲-۱ تعاریف

۹-۲۳-۲-۱-۲ اعضای تحت فشار و خمش و اعضای تحت خمش

اعضای تحت فشار و خمش به اعضایی اطلاق می‌شود که در آنها علاوه بر وجود لنگر خمشی نیروی محوری فشاری نهایی‌بیشتر از $۰/۱۵f_{cd}A_g$ باشد. در صورتی که نیروی محوری فشاری نهایی کمتر از این مقدار باشد، عضو خمشی محسوب می‌شود.

$$0.15f_{cd}A_g = 0.15\times 0.65\times f_cA_g = 0.1f_cA_g$$

با توجه به اینکه نیروی وارد بر ستون $0.12f_cA_g$ می باشد، این عضو "عضو فشاری" محسوب می شود و تنگها باید ضوابط ستون را ارضا کنند:

$$s < Min(8\times 20, 24\times 10, 0.5\times 500, 300) = 160\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۱۱- ارتفاع آزاد یک ستون 40×40 cm بتنی قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط، برابر 6 متر و حداقل بار محوری نهائی آن N_u=250 kN است. حداکثر فاصله تنگ‌ها در نزدیک دو انتهای این ستون بر حسب میلیمتر چقدر می‌تواند باشد؟

(قطر تنگ‌ها 8 میلیمتر، قطر میلگردهای اصلی ستون 20 میلیمتر و رده بتن C25 و پوشش بتن برابر 40 میلیمتر فرض شود.)

۱) 160 ۲) 125
۳) 100 ۴) 85

گزینه ۴:

ضوابط فواصل آرماتورهای عرضی برای تیرها و ستونها متفاوت است. تعریف تیر و ستون از نظر آیین نامه چیست؟ طبق تعریف مبحث ۹ اگر مقدار نیروی محوری (Nu) کمتر از ۱۵ درصد مقاومت فشاری بتن باشد $(0.15 \times \varphi f_c A_g)$، آن عضو تیر نامیده می شود و در غیر این صورت ستون محسوب می شود. در سوال فوق داریم:

$$0.15 \times \varphi_c f_c A_g = 0.15 \times 0.65 \times 25 \times 400 \times 400 = 390000N = 390\ kN$$

ضوابط مربوط به فواصل خاموت ها در تیر ها سخت گیرانه تر از ستون می باشد و با توجه به اینکه حداقل نیروی محوری 250 kN می باشد، علاوه بر ضوابط ستون، ضوابط تیر نیز باید رعایت شود:

۹ – ۲۰ – ۳ – ۱ – ۲ – ۵ خاموت‌ها و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) و (ب) این بند باشند:

الف) قطر خاموت‌ها کمتر از ۶ میلی‌متر نباشد.

ب) فاصله خاموت‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین‌آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ) فاصله اولین خاموت از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

$$s < Min\left\{\frac{d}{4}, 8d_b, 24d_s\right\} = Min\left\{\frac{340}{4}, 8 \times 20, 24 \times 8\right\} = 85\ mm$$

محاسبات ۹۲

۳۴-برای یک ستون بتنی با مقطع 500×500 میلی‌متر از 16Φ20 با توزیع یکنواخت در پیرامون مقطع ستون به عنوان آرماتور طولی و در سرتاسر طول ستون از تنگ‌هایی به قطر 8 میلی‌متر و به فاصله 80 میلی‌متر استفاده شده است. در صورتیکه در مراحل اجرا بنا به دلایلی قرار باشد از تنگ‌هایی به قطر 12 میلی‌متر برای این ستون استفاده شود، حداکثر فاصله لازم تنگ‌ها برای این ستون در نواحی بحرانی به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید ستون برای شکل‌پذیری متوسط طراحی شده است.

۱) 160 میلی‌متر ۲) 100 میلی‌متر ۳) 140 میلی‌متر ۴) 120 میلی‌متر

گزینه ۱

حداکثر فواصل در ناحیه بحرانی ستون متوسط:

$$s < Min(8 \times 20, 24 \times 12, 0.5 \times 500, 300) = 160\ mm$$

همچنین حجم خاموت$(\frac{A_v}{s})$ نباید کاهش یابد:

$$\frac{\pi \times 12^2}{S} \geq \frac{\pi \times 8^2}{80} \quad \rightarrow \quad S \leq 180\ mm$$

لازم به ذکر است که در کلید اولیه ارائه شده توسط سازمان، گزینه ۴ (۱۲۰ میلیمتر) انتخاب شده بود و سپس در اصلاحیه کلید نهایی، گزینه ۱ به عنوان گزینه صحیح تعیین شده است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

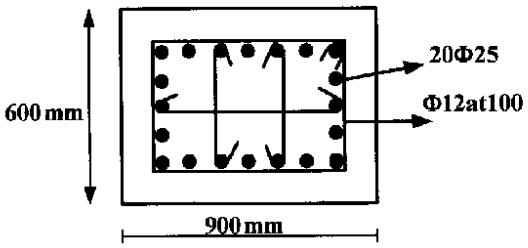
۴۰- ستونی با مقطع زیر، برای شکل‌پذیری زیاد طراحی شده است. سطح مقطع لازم تنگ‌های ویژه A_{sh} برحسب mm^2 کدام است؟ (فاصله‌ی لبه خارجی ستون تا پشت تنگ‌ها ۴۵mm، $f_y = 400MPa$ $f_c = 20MPa$)

۱) ۳۴۲

۲) ۲۴۷

۳) ۳۵۰

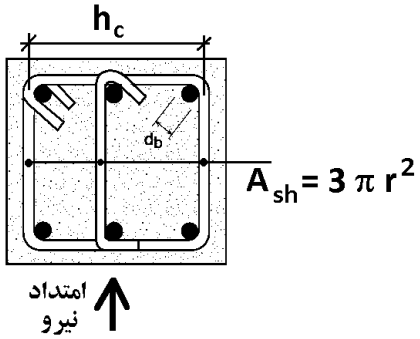
۴) ۲۵۳



گزینه ۳

$$A_{sh} = max\left\{\begin{matrix}0.46\left(100\times 798\times\frac{0.65\times 20}{400}\right)\left(\frac{900\times 600}{810\times 510}-1\right)=366\ mm^2\\ 0.14\times 100\times 798\times\frac{0.65\times 20}{400}=363\ mm^2\end{matrix}\right\}=366\ mm^2$$

$$A_{sh}\geq max\left\{\begin{matrix}0.46\left(Sh_c\frac{f_{cd}}{f_{yh}}\right)\left(\frac{A_g}{A_{ch}}-1\right)\\ 0.14Sh_c\frac{f_{cd}}{f_{yh}}\end{matrix}\right.$$



محاسبات-۹۱

۲۰- در ستون‌های با مقطع 60 × 60 cm در یک قاب خمشی با شکل‌پذیری زیاد، مقدار پوشش بتن برابر 45mm، قطر میلگردهای طولی 20 میلیمتر، قطر میلگردهای عرضی 10 میلیمتر، فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر 100 میلیمتر، بتن از رده C25 و فولاد مصرفی از رده S400 می‌باشد. چنانچه مقدار آرماتور عرضی مورد نیاز براساس تحلیل سازه برای ستون‌های این قاب برابر 250 میلیمتر مربع باشد، کدامیک از مقادیر زیر نزدیکترین مقدار به حداقل مقدار آرماتور عرضی ویژه لازم در ناحیه بحرانی ستون‌های مذکور می‌باشد؟

۱) 480 میلیمتر مربع

۲) 360 میلیمتر مربع

۳) 280 میلیمتر مربع

۴) 250 میلیمتر مربع

گزینه ۲

$$h_c = 600 - 2\left(45+\frac{10}{2}\right) = 500\ mm$$
$$A_{ch} = \left(600-2(45)\right)^2 = 510^2\ mm$$

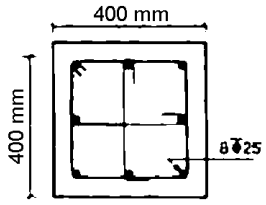
$$A_{sh} = Max\left\{0.46\left(100\times 500\times\frac{0.65\times 25}{400}\right)\left(\frac{600^2}{510^2}-1\right)\ ,0.14\times 100\times 500\times\frac{0.65\times 25}{400}\right\}$$
$$= Max\{359\ ,284\} = 359\ mm^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۳۶- حداکثر فاصله تنگ‌های ویژه را در ناحیه بحرانی ستون با مقطع زیر که دارای 8Φ25 بوده و برای شکل‌پذیری زیاد طرح شده است تعیین کنید. قطر تنگ 10 mm، پوشش روی تنگ‌ها برابر 40 mm، میلگردها از نوع S400 و بتن از رده C25 فرض می‌شود.

(فرض کنید نیروی برشی کنترل‌کننده نمی‌باشد)



۱) 100 mm
۲) 50 mm
۳) 70 mm
۴) 80 mm

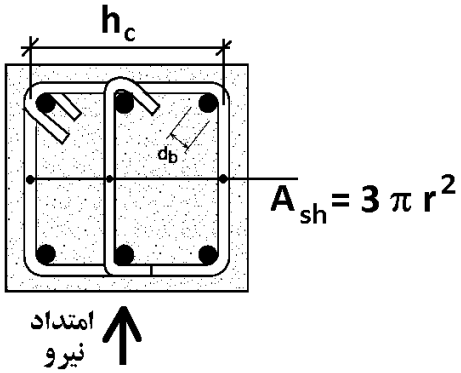
پاسخ: گزینه ۳

$$Min\left(\frac{400}{4}, 6\times 25, 125\right) = 100\ mm$$

$$3\pi\times 5^2 > 0.46s\times 310\times\frac{0.65\times 25}{400}\left(\frac{400\times 400}{320\times 320}-1\right)\rightarrow s<72\ mm$$

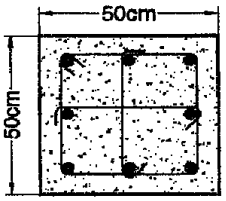
$$3\pi\times 5^2 > 0.14s\times 310\times\frac{0.65\times 25}{400}\rightarrow s<133\ mm$$

$$A_{sh}\geq max\begin{cases}0.46\left(Sh_c\frac{f_{cd}}{f_{yh}}\right)\left(\frac{A_g}{A_{ch}}-1\right)\\ 0.14Sh_c\frac{f_{cd}}{f_{yh}}\end{cases}$$



تمرین: محاسبات ۸۹

۴۰- در ناحیه بحرانی ستونی از یک قاب خمشی با شکل پذیری زیاد، برای آرماتورهای طولی از Φ25 و برای آرماتورهای عرضی (تنگ) از Φ12 مطابق با شکل استفاده شده است. در صورتی که پوشش بتن روی میلگردهای عرضی برابر 4 سانتیمتر، $f_c = 25\ MPa$ ، $f_y = 400\ MPa$ و با فرض اینکه مقاومت هسته ستون به تنهایی جوابگوی بارهای وارده نباشد، فاصله لازم میلگردهای عرضی از یکدیگر به کدام گزینه نزدیکتر است؟



۱) 100 میلیمتر
۲) 125 میلیمتر
۳) 75 میلیمتر
۴) 150 میلیمتر

گزینه ۱

$$(A_{sh}=3\pi\times 6^2)\geq max\begin{Bmatrix}0.46\left(S\times 408\times\frac{0.65\times 25}{400}\right)\left(\frac{500^2}{420^2}-1\right)=3.18\times S\\ 0.14\times S\times 408\times\frac{0.65\times 25}{400}=2.32\times S\end{Bmatrix}=3.18\times S$$

$$106.6\ mm\geq S$$

علاوه بر کنترل حجم تنگها، در ناحیه بحرانی فواصل نباید بیش از مقدار زیر باشند:

$$S<Min\left(\frac{C}{4}, 6d_b, 125\ mm\right)=Min\left(\frac{500}{4}, 6\times 25, 125\ mm\right)=125\ mm$$

۵-۲- دورپیچ

۹-۱۴-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۴-۹-۳ نسبت حجمی آرماتور دورپیچ به حجم کل هسته، ρ_s، نباید از مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۴-۸) کمتر باشد:

$$\rho_s = ۰/۶(\frac{A_g}{A_c}-۱)\frac{f_{cd}}{f_{yd}} \qquad (۹-۱۴-۸)$$

۹-۱۴-۹-۴ دورپیچ‌ها

در طراحی دورپیچ‌های اعضای فشاری علاوه بر مراعات ضوابط فصل بیست و یکم باید ضوابط زیر را هم در نظر گرفت:

۹-۱۴-۹-۴-۱ دورپیچ باید از میلگرد پیوسته ساخته شود و روش ساخت آنها طوری باشدکه جابجایی و نصب آنها بدون اعوجاج و تغییر ابعاد میسر باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۲ قطر میلگردهای مصرفی در دورپیچ نباید از ۶ میلی‌متر کمتر باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۳ در هر گام دورپیچ فاصله آزاد بین میلگردها نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر و از ۲۵ میلی‌متر کمتر باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۴ گام دورپیچ نباید از $\frac{۱}{۶}$ قطر هسته بتنی داخل دورپیچ تجاوز کند.

۹-۱۴-۹-۴-۵ در هر طبقه، دورپیچ باید از روی شالوده یا دال تا تراز پایین‌ترین میلگردهای طبقه فوقانی ادامه یابد.

۹-۱۴-۹-۴-۶ درصورتی که تیرها یا دستک‌هایی از همه طرف به ستون اتصال نداشته باشد، باید از محل توقف دورپیچ تا کف دال یا کتیبه سرستون تعدادی خاموت قرار داد.

۹-۱۴-۹-۴-۷ در ستون‌های قارچی با سرستون، دورپیچ باید تا ارتفاعی ادامه یابد که در آن قطر یا پهنای سرستون دو برابر قطر یا پهنای ستون باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۸ دورپیچ باید با فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت شود.

۹-۱۴-۹-۴-۹ در صورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر باشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند، اختیار شود:

الف- دو عدد برای دورپیچ با قطر کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر

ب- سه عدد برای دورپیچ با قطر ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر

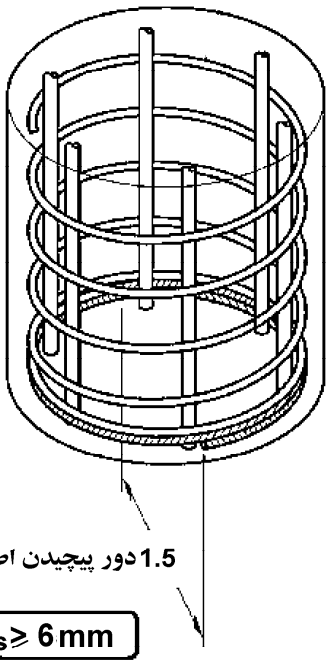
پ- چهار عدد برای دورپیچ با قطر بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر

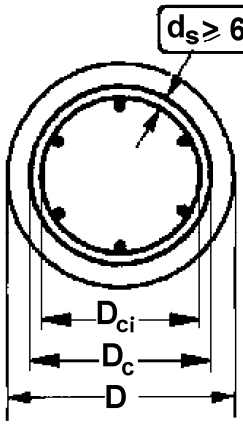
۹-۱۴-۹-۴-۱۰ درصورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر نباشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند، اختیار شود:

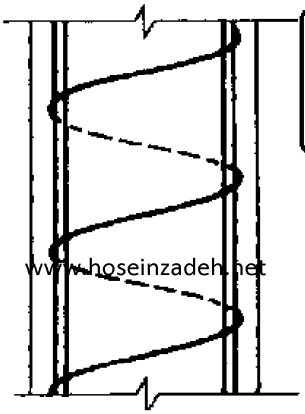
الف- سه عدد برای دورپیچ با قطر مساوی یا کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر

ب- چهار عدد برای دورپیچ با قطر بیشتراز ۶۰۰ میلی‌متر

۹-۱۴-۹-۴-۱۱ مهارکردن دورپیچ با ۱/۵ دور پیچیدن اضافی میلگرد در انتهای قطعه تأمین می‌شود.

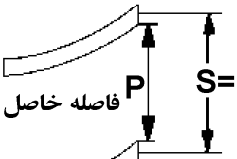






$S \leq D_{ci}/6$

$25mm \leq P \leq 75mm$



www.hoseinzadeh.net

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف- در ستون‌های با مقطع دایره نسبت حجمی آرماتور دورپیچ یا تنگ‌های‌حلقوی، ρ_s نباید کمتر از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۲۳-۱) و (۹-۲۳-۲) باشد:

$$\rho_s = ۰/۱۸ \times \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۱)$$

$$\rho_s = ۰/۶۹(\frac{A_g}{A_c}-۱)\frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۲)$$

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq 0.6\left(\frac{A_g}{A_c}-1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

ستون با شکل پذیری معمولی و متوسط

+ ستون غیر لرزه ای

ستون با شکل پذیری ویژه

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq \text{Max}\begin{cases} 0.18\dfrac{f_{cd}}{f_{yh}} \\ 0.69\left(\dfrac{A_g}{A_c}-1\right)\dfrac{f_{cd}}{f_{yh}} \end{cases}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

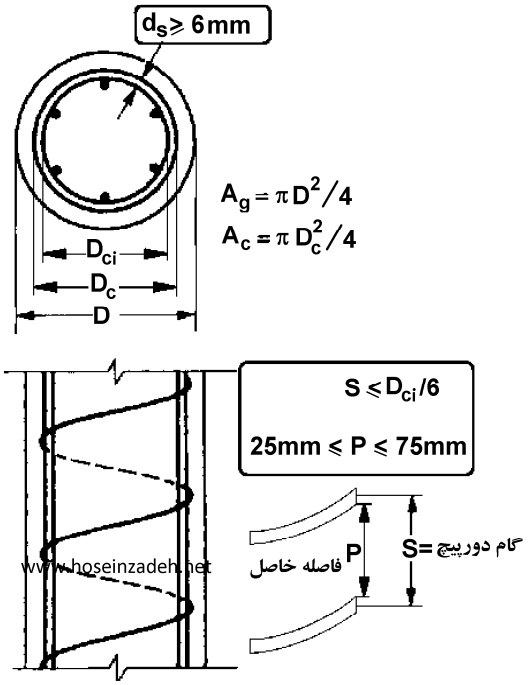
محاسبات ۹۵

۲۵- ستونی دایره‌ای به قطر 500 میلی‌متر با آرماتور Φ10 دورپیچ با گام 60 میلی‌متر (محور تا محور) مفروض است. در صورتی‌که پوشش بتن برابر 50 میلی‌متر باشد، نسبت حجمی آرماتور دورپیچ به حجم کل هسته به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 0.021 ۲) 0.018
۳) 0.013 ۴) 0.010

گزینه ۳

$$\rho = \frac{\pi(10)^2}{(500-100)60} = 0.013$$



$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq 0.6\left(\frac{A_g}{A_c}-1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

ستون با شکل پذیری معمولی و متوسط
+ ستون غیر لرزه ای

ستون با شکل پذیری ویژه

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq \text{Max}\begin{cases} 0.18\frac{f_{cd}}{f_{yh}} \\ 0.69\left(\frac{A_g}{A_c}-1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yh}} \end{cases}$$

محاسبات ۹۳

۲۷- در یک ستون با مقطع دایره‌ای به قطر 450 mm و پوشش بتن 45 mm، حداکثر گام دورپیچ، بدون توجه به نیازهای محاسباتی، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (قطر دورپیچ را 10 میلی‌متر فرض کنید)

۱) 45 mm ۲) 55 mm
۳) 75 mm ۴) 100 mm

گزینه ۲

$$Min\left((75+10),\left(\frac{D_{ci}}{6}=\frac{450-2\times45-20}{6}\right)\right) = 56.66$$

محاسبات ۹۳

۳۳- ستونی با مقطع دایره و قطر خارجی 400 میلی‌متر در یک قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط مفروض است. پوشش بتن برابر 50 میلی‌متر، آرماتور طولی 6Φ25، آرماتور دورپیچ از Φ10 و رده بتن C25 می‌باشند. حداقل نسبت حجمی آرماتور دورپیچ لازم به حجم کل هسته به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ نوع فولاد آرماتور طولی S400 و نوع فولاد دورپیچ S340 می‌باشد.
$(f_{yd} = \Phi_s f_y\ ,\ f_{cd} = \Phi_c f_c\ ,\ \Phi_c = 0.65)$

۱) 0.026 ۲) 0.028 ۳) 0.022 ۴) 0.024

گزینه ۱

$$\rho_s > 0.6\left(\frac{\pi\times200^2}{\pi\times(200-50)^2}-1\right)\frac{0.65\times25}{0.85\times340} = 0.0259$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۲۲- یک ستون بتنی درجا ریز با مقطع دایره‌ای با قطر D = 500 mm مفروض است. در صورتی‌که پوشش بتن از روی آرماتور دورپیچ برابر 50 mm، نوع بتن C30 و نوع فولاد مصرفی S340 باشد، حداقل نسبت حجمی آرماتور دورپیچ لازم به حجم کل هسته به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 0.012 ۲) 0.015 ۳) 0.023 ۴) 0.030

گزینه ۳

$$\rho = 0.6\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.6\left(\frac{500^2}{400^2} - 1\right)\frac{0.65 \times 30}{0.85 \times 340} = 0.0228$$

تمرین: محاسبات ۸۷

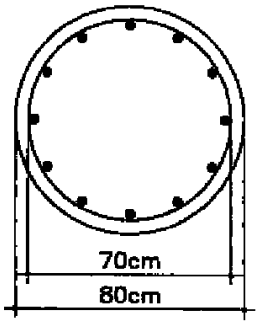
۴۳- برای ستون با مقطع دایره ای شکل روبرو، حداقل مقدار $\left(\frac{A_{sp}}{S}\right)$ کدامیک از مقادیر زیر است؟

S = فاصله مارپیچ در هرگام

A_{sp} = سطح مقطع میلگرد مارپیچ

$f_c' = 250\ Kg/cm^2$

$f_y = 3000\ Kg/cm^2$



۱) 0.1 ۲) 0.2

۳) 0.15 ۴) 0.05

گزینه ۲

$$\left(\frac{\pi d_s^2}{D_c S}\right) \geq \left(0.6\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.6\left(\frac{800^2}{700^2} - 1\right)\frac{0.65 \times 25}{0.85 \times 300} = 0.0117\right)$$

$$\left(\frac{\pi d_s^2}{D_c S}\right) \geq 0.0117 \quad \rightarrow \quad \left(\frac{A_{sp}}{S} = \frac{\pi d_s^2}{4S}\right) \geq \left(\frac{D_c \times 0.0117}{4} = \frac{70 \times 0.0117}{4} = 0.2047\right)$$

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۳

۳۸- اگر بخواهیم از میلگرد $\phi 8$ بعنوان میلگرد دورپیچی برای ستون با مقطع دایره به قطر $60\,cm$ استفاده کنیم، حداقل گام لازم برای آن چه مقدار خواهد بود؟ $f_c = 200\,kg/cm^2$ $f_y = 4000\,kg/cm^2$

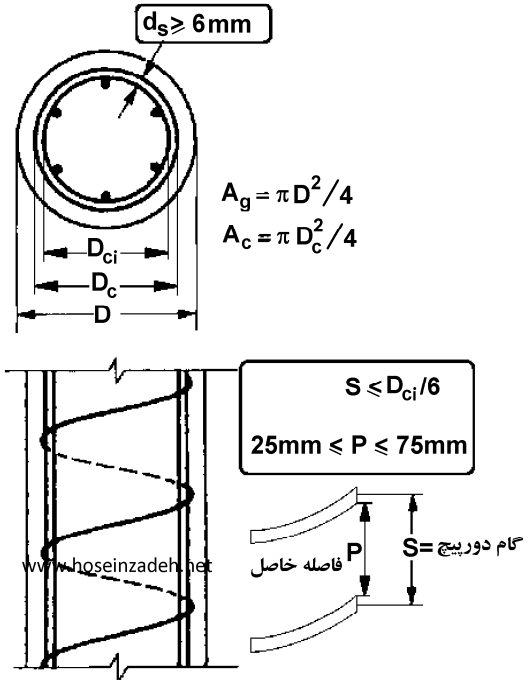
۱) ۸/۵cm ۲) ۷/۵cm ۳) ۵/۰cm ۴) ۲/۵cm

گزینه ۳

با فرض اینکه پوشش خالص بتن برابر 45 mm باشد و بر اساس مبحث نهم ویرایش جدید:

$$\rho = \frac{\pi(8)^2}{(600-90)S} > 0.6\left(\frac{600^2}{(600-90)^2} - 1\right)\frac{0.65 \times 20}{0.85 \times 400} \quad \rightarrow \quad S < 44.7\ mm$$

$$S < \frac{D_{ci}}{6} = \frac{502}{6} = 83.7\ mm$$
$$S < 75 + 8 = 83\ mm$$



$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq 0.6\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

ستون با شکل پذیری معمولی و متوسط + ستون غیر لرزه ای

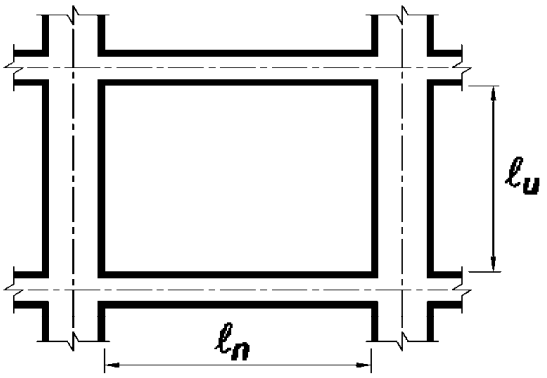
ستون با شکل پذیری ویژه

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq \text{Max}\begin{cases} 0.18\frac{f_{cd}}{f_{yh}} \\ 0.69\left(\frac{A_g}{A_c} - 1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yh}} \end{cases}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

٦-ضوابط لرزه ای

٦-١- برش لرزه ای



۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۵ ضوابط طراحی برای برش

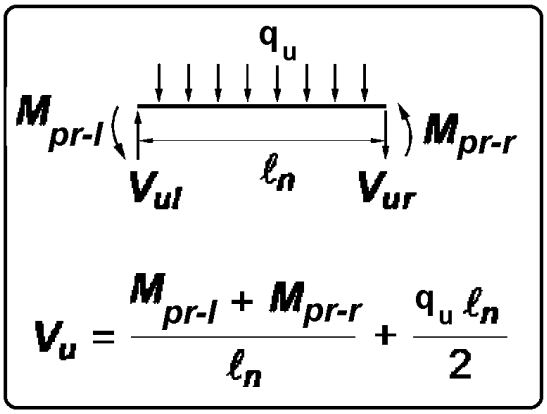
۹-۲۳-۴-۵-۱ اعضای تحت خمش و تحت فشار و خمش در قاب‌ها

۹-۲۳-۴-۵-۱-۱ در اعضای تحت خمش و تحت فشار و خمش‌در قاب‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد. مقادیر V_u و V_r در این رابطه باید بر طبق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۵-۱-۲ تا ۹- ۲۳-۴-۵-۱-۴ محاسبه شوند.

۹-۲۳-۴-۵-۱-۲ نیروی برشی نهایی، V_u، در اعضای خمشی باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی عضو با فرض آنکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده‌اند، تعیین شود. ظرفیت خمشی مفصل‌های پلاستیک، مثبت یا منفی باید برابر با لنگر خمشی مقاوم محتمل مقطع، M_{pr}، در نظر گرفته شود. جهت‌های این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شوند که نیروی برشی ایجاد شده در عضو بیشترین باشد.

۹-۲۳-۲-۱-۹ لنگر خمشی مقاوم محتمل

لنگر خمشی مقاوم محتمل مساوی است با لنگر خمشی مقاوم با فرض $f_s = ۱/۲۵ f_y$، $\phi_c = \phi_s = ۱$ (f_s، مقاومت میلگردهای فولادی می‌باشد).



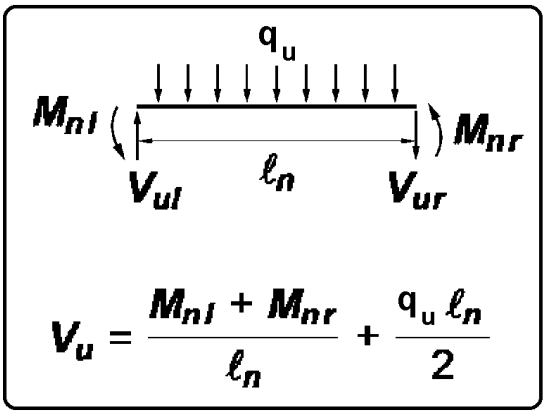
۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

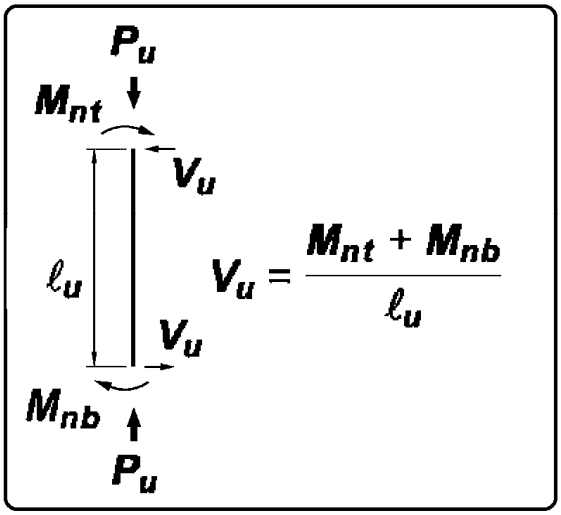
۹-۲۳-۳-۵ ضوابط طراحی برای برش در اعضای قاب‌ها

۹-۲۳-۳-۵-۱ در اعضای تحت خمش و تحت نیروی محوری و خمش در قاب‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد. مقدار V_u در این رابطه نباید از یکی از دو مقدار (الف) و (ب) این بند کمتر در نظر گرفته شود:

الف- مجموع نیروی برشی ایجاد شده در عضو در اثر بارهای قائم نهایی و نیروی برشی همساز با لنگرهای خمشی اسمی موجود در مقاطع انتهایی با انحنای خمشی مضاعف، با فرض تشکیل مفصل‌های پلاستیکی

ب- نیروی برشی به دست آمده از تحلیل ساختمان زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله با فرض آنکه نیروی زلزله مؤثر به ساختمان دو برابر مقدار تعیین شده در مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان منظور شود.





انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

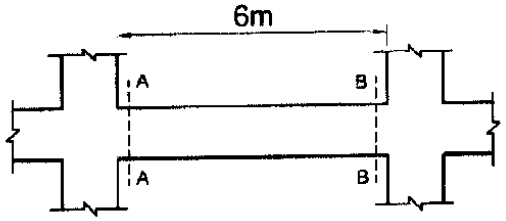
۵۱- در صورتی‌که لنگرهای خمشی اسمی موجود در مقاطع A-A و B-B تیر یک ساختمان با شکل‌پذیری متوسط برابر مقادیر زیر باشد، حداکثر نیروی برشی همساز با لنگرهای خمشی اسمی در مقطع B-B با فرض تشکیل مفصل‌های پلاستیکی در مقاطع انتهایی تیر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (مقاطع A-A و B-B در برستون می‌باشند و از بار روی تیر و وزن تیر صرفنظر شود.)

$M_A^- = 150$ kN.m

$M_A^+ = 60$ kN.m

$M_B^- = 120$ kN.m

$M_B^+ = 66$ kN.m



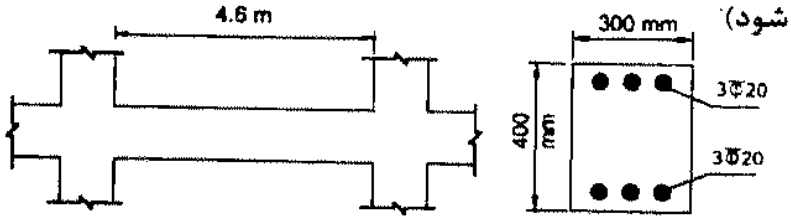
۱) 21 ۲) 30 ۳) 36 ۴) 45

گزینه ۳

$$V_1 = \frac{M_A^- + M_B^+}{6} = \frac{150 + 66}{6} = 36\ kN$$
$$V_2 = \frac{M_A^+ + M_B^-}{6} = \frac{60 + 120}{6} = 30\ kN$$
$$V = Max(V_1, V_2) = 36\ KN$$

محاسبات ۹۵

۳۱- تیر شکل زیر مربوط به یک سازه بتنی درجا با شکل‌پذیری متوسط است. در صورتی‌که بار مرده و زنده وارد بر تیر ناچیز بوده و از وزن واحد طول تیر صرفنظر شود، مقدار برش طراحی (V_u) این تیر بر حسب کیلونیوتن بر اساس تشکیل مفصل پلاستیک در دو انتهای تیر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض نمایید عمق مؤثر مقطع برابر 340 میلی‌متر، میلگردها از رده S400 و بتن از رده C25 است. همچنین در محاسبه لنگر خمشی اسمی از اثر آرماتور فشاری صرفنظر شود)



۱) 40
۲) 50
۳) 60
۴) 70

گزینه ۲

$$M_n = A_s F_y \left(d - \frac{A_s(F_y)}{2\alpha(b)\left(f_c^{'}\right)} \right) = 3 \times 314 \times 400 \left(340 - \frac{3 \times 314 \times 400}{2 \times 0.8125 \times 300 \times 25} \right)$$

$$M_n = 116.4\ kN.m$$
$$V_u = \frac{2M_n}{4.6} = \frac{2 \times 116.2}{4.6} = 50.6\ kN$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۳۰- اگر در یک تیر از قاب خمشی بتن‌آرمه با شکل‌پذیری زیاد به‌طول دهانه آزاد 7.2 متر لنگرهای خمشی مقاوم محتمل در هریک از دو انتها برابر 800 kN.m – و 640 kN.m + بوده و نیروی برشی نهایی در بَر ستون حاصل از بارهای ثقلی ضریب‌دار (با ضرایب بار در حضور زلزله) برابر 160 kN باشد، مقطع تیر در دو انتها حدوداً برای چه نیروی برشی نهایی برحسب kN باید طراحی شود؟

۱) 410 ۲) 360 ۳) 290 ۴) 230

گزینه ۲

$$V_u = \frac{M_{pr-left} + M_{pr-rigth}}{7.2} + 160 = \frac{640 + 800}{7.2} + 160 = 360\ kN.m$$

محاسبات ۹۶

۱۳- اگر در یک تیر از قاب خمشی بتن‌آرمه با شکل‌پذیری زیاد به طول دهانه آزاد 8 متر لنگرهای خمشی مقاوم محتمل در هریک از دو انتها برابر 800 kN.m ± بوده و تیر در طول خود تحت اثر بارهای ثقلی ضریب‌دار (با ضرایب بار در حضور زلزله) برابر 50 kN/m باشد، مقطع تیر در دو انتها حدوداً برای چه نیروی برشی نهایی باید طراحی شود؟

۱) 200 kN ۲) 600 kN
۳) 400 kN ۴) 300 kN

گزینه ۳

$$V_{pr} = \frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2} = \frac{2 \times 800}{8} + \frac{50 \times 8}{2} = 200 + 200 = 400\ kN$$

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۱

۳۹- برای تنگ‌های ویژه در نواحی بحرانی ستون‌ها در قاب‌های با شکل‌پذیری زیاد رابطه زیر پیشنهاد شده است. با استفاده از این رابطه تعیین کنید درصد حجمی تنگ‌های ویژه نسبت به بتن محصور شده در این نواحی حدوداً چه اندازه است؟

$A_{sh} = ۰/۰۹ shc \frac{f_c}{f_{yh}}$ $f_c = ۲۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$ $f_y = ۴۰۰۰ \frac{kg}{cm^۲}$

۱) $\rho_s = ۰/۴۵\%$ ۲) $\rho_s = ۰/۶۵\%$ ۳) $\rho_s = ۰/۹۰\%$ ۴) $\rho_s = ۱/۳\%$

گزینه ۳. با توجه به اینکه در دو راستا خاموت گذاری خواهد شد (X و Y) حجم محاسباتی باید دو برابر شود:

$$2 \times \left(\frac{A_{sh}}{S \times h_c} = \frac{0.09 f_c}{F_{yh}} = 0.0045 \right) = 0.09$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

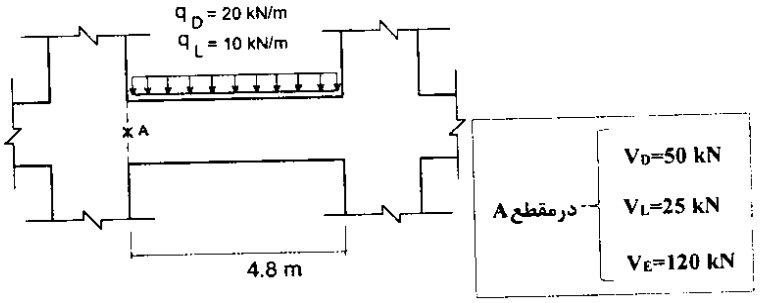
۲۰- در تیر شکل زیر در یک قاب بتنی با شکل‌پذیری متوسط مقادیر برش حاصل از تحلیل در نقطه A مشخص است. در صورتیکه لنگرهای مقاوم اسمی تیر در هر دو انتهای آن برابر $M_u=\pm 520\ kN.m$ باشد، مقدار برش طراحی حداقل در نقطه A به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S400 فرض شود).

۱) $V_u= 293\ kN$

۲) $V_u= 181\ kN$

۳) $V_u= 217\ kN$

۴) $V_u= 282\ kN$



گزینه ۴

$$V_u = Min\begin{Bmatrix} \dfrac{2M_n}{L}+\dfrac{q_uL}{2}=\dfrac{2\times 520}{4.8}+\dfrac{(20+1.2\times 10)\times 4.8}{2}=293.46\ kN \\ V_D+1.2V_L+0.84\times 2V_E=50+1.2\times 25+0.84\times(2\times 120)=281.6\ kN \end{Bmatrix}=281.6\ kN$$

تمرین: محاسبات ۸۳-پایه ۱

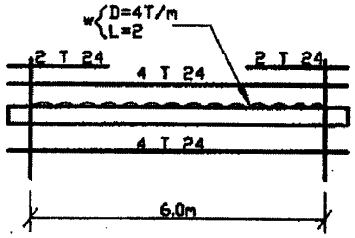
۲۱- تیر زیر دارای مقطع ۴۰×۶۰ سانتیمتر است. بارها در حد سرویس‌اند. آرماتورگذاری در تیر مطابق با شکل است. برش وارده به تیر در هنگام زلزله در حد سرویس $V_E = 8.0T$ است. تیر برای شکل‌پذیری زیاد طراحی می‌شود. بگوئید خاموت لازم در نزدیک تکیه‌گاه چه اندازه است؟ d=50cm $f_c = 200kg/cm^2$ و $f_y = 4000kg/cm^2$

۱) $A_v = 1.35cm^2/12.5cm$

۲) $A_v = 1.80cm^2/12.5$

۳) $A_v = 2.10cm^2/12.5$

۴) $A_v = 2.55cm^2/12.5$



$$A_{s-bot} = 4\pi * 12^2 = 1808.64\ mm^2$$
$$A_{s-top} = 6\pi * 12^2 = 2712.96\ mm^2$$

$$M_{pr+} = A_{s-bot}(1.25F_y)Z = (1808.64)(1.25\times 400)\times(0.9d) = 406944000\ N.mm = 406.9\ kN.m$$
$$M_{pr-} = A_{s-top}(1.25F_y)Z = (2712.96)(1.25\times 400)\times(0.9d) = 610.416\ kN.m$$
$$V_u = \frac{610+410}{6}+\frac{(40+20\times 1.2)\times 6}{2} = 362\ kN$$

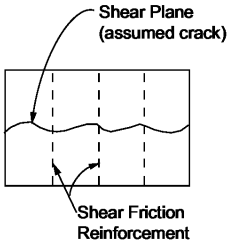
اگر شکل پذیری متوسط بود، باید برش مربوط به تحلیل سازه با زلزله دو برابر نیز محاسبه می شد:

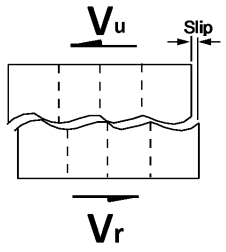
$$V_u = \frac{(q_D+1.2q_L)L}{2}+0.7\times 1.2\times(2E) = \frac{(40+20\times 1.2)\times 6}{2}+0.7\times 1.2\times 2\times(80) = 326\ kN$$

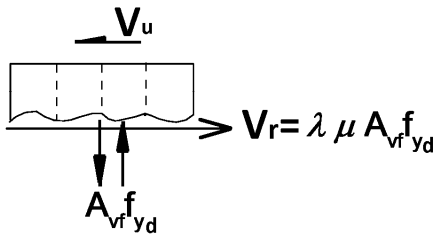
$$V_c+\frac{A_v}{s}dF_{yd} > 362000 \ \rightarrow$$
$$0.2\times 0.65\times\sqrt{20}\times 400\times 500+\frac{A_v}{125}\times 500\times 0.85\times 400 > 362000 \qquad A_v = 180\ mm^2$$

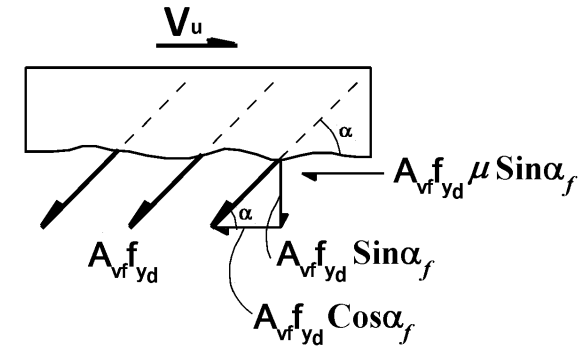
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۷-برش اصطکاک









$$Vr= \lambda A_{vf} f_{yd} (\mu \, Sin\alpha_f + Cos\alpha_f)$$

۹-۱۵-۱۳ برش‌اصطکاکی

۹-۱۵-۱۳-۱ گستره

ضوابط این قسمت در مواردی که انتقال نیروی برشی بین دو سطح بـا مشخصـات (الـف) الـی (ت) مورد نظر باشد، به کار گرفته می‌شود:

الف) وجود ترک یا استعداد ترک خوردن بین دو سطح

ب) دو سطح ساخته شده با مصالح غیر متشابه

ت) دو سطح بتن ریزی شده در زمان‌های متفاوت

انتقال برش در موارد فوق توسط عملکرد برشی- اصطکاکی صورت می‌گیرد.

۹-۱۵-۱۳-۲ حالت حدی نهائی مقاومت

۹-۱۵-۱۳-۲-۳ در مواردی که آرماتور برش اصطکاکی نسبت به صفحه برش مایل باشد، به طـوری که نیروی برشی در آن ایجاد کشش کند:

$$V_r = \lambda A_{vf} f_{yd} (\mu \sin\alpha_f + \cos\alpha_f) \qquad (۹-۱۵-۲۳-۱)$$

۹-۱۵-۱۳-۲-۴ در مواردی که آرماتور برش اصطکاکی عمود بر صفحه برش باشد:

$$V_r = \lambda \mu A_{vf} f_{yd} \qquad (۹-۱۵-۲۳-۲)$$

۹-۱۵-۱۳-۲-۵ ضریب اصطکاک μ در روابـط (۹-۱۵-۲۳-۱) و (۹-۱۵-۲۳-۲) برابـر بـا یکـی از مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف) برای بتنی که به صورت یکپارچه ریخته شده باشد: ۱/۲۵

ب) برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی قید شده در بند ۹-۱۵-۱۳-۳-۵ ریخته شده باشد: ۰/۹

پ) برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده‌ای با زبری سطحی کمتر از میزان قید شـده در بنـد ۹-۱۵-۱۳-۳-۵ ریخته شده باشد: ۰/۵

ت) برای بتنی‌که به وسیله گل میخ‌ها یا به وسیله میلگردهایی به پروفیـل فـولاد سـاختمانی مهـار شده باشد: ۰/۶

ضریب λ در روابط فوق مطابق بند ۹-۱۳-۷-۸ تعیین می‌گردد.

۹-۱۵-۱۳-۲-۶ مقدار V_r در هیچ حالت نباید بزرگتر از مقـادیر $۰/۲۵\phi_s f_c A_{cv}$ و $۶/۵\phi_c A_{cv}$ در نظـر گرفته شود.

۹-۱۵-۱۳-۲-۷ مقدار V_r را می‌توان با استفاده از هر روش طراحی دیگری که صحت آن بـه وسـیله آزمایش‌های جامع تأیید شده باشد، تعیین نمود.

۹-۱۵-۱۳-۳ ضوابط طراحی برش اصطکاکی

۹-۱۵-۱۳-۳-۲ در مواردی که در سطح برش علاوه بر نیروی برشی، نیروی کششی نیـز اثـر کنـد، باید آرماتور اضافی برای تحمل کشش در امتداد نیروی کششی اعمال شده، پیش‌بینی شود.

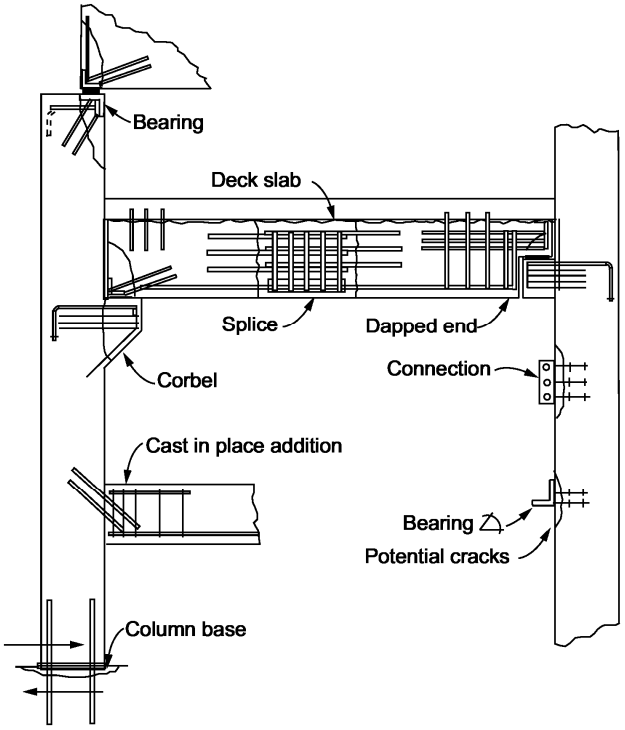
۹-۱۵-۱۳-۳-۳ در مواردی که در سطح برش علاوه بر نیروی برشی نیروی فشاری دائمی نیـز اثـر کند، مقدار این نیرو را می‌توان به نیروی $\phi_s A_{vf} f_y$، متعلـق بـه‌آرمـاتور بـرش اصـطکاکی در رابطـه ۹-۱۵-۲۳-۲ اضافه نمود.

۹-۱۵-۱۳-۳-۴ آرماتورهای برش اصطکاکی باید به نحوی مناسب در سطوح صـفحه بـرش توزیـع شوند و برای آنکه بتوانند به تنش نظیر جاری شدن برسند باید به طور کامـل در دو سـمت صـفحه برش در بتن مهار گردند. برای مهار کردن آرماتورها می‌توان از ادوات مکانیکی استفاده نمود.

۹-۱۵-۱۳-۳-۵ در مواردی که بتن در مجاورت بتن سخت شده قبلی ریخته می‌شود، سطح تماس برای انتقال برش باید تمیز و عاری از دوغاب خشک شده باشد. برای آنکه بتوان ضـریب اصـطکاک μ را برابر با ۰/۹ فرض نمود سطح تماس باید با ایجاد خراش‌های به عمق تقریبی پنج میلی‌متر به حالت زبر درآورده شود.

۹-۱۵-۱۳-۳-۶ در مواردی که برش بین پروفیل‌های فولاد ساختمانی و بتن با استفاده از گل میخ‌ها یا میلگردهای جوش شده به پروفیل انتقال داده می‌شود، فولادها باید تمیز و عاری از زنگ‌زدگی باشند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



Applications of the Shear-Friction Concept and Potential Crack Locations

محاسبات ۹۳

۹- طول مهاری میلگردهای برش اصطکاکی دو قطعه بتن ریخته‌شده در زمان‌های متفاوت، براساس چه معیاری تعیین می‌شود؟

۱) رسیدن میلگردها به تنش جاری شدن
۲) رسیدن میلگردها به تنش مقاومت نهائی
۳) ضریب اصطکاک بین دو قطعه بتنی
۴) رسیدن میلگردها به گسیختگی

گزینه ۱

محاسبات ۹۴

۵۲- یک قطعه‌ی بتنی بر روی قطعه‌ی بتنی دیگری که قبلاً ریخته و بتن آن سخت شده است اجرا خواهد شد. به این منظور سطح تماس تمیز و عاری از دوغاب شده و با ایجاد خراشهایی به عمق تقریبی پنج میلی‌متر به حالت زبر درآورده می‌شود. چنانچه سطح تماس دو قطعه به طور همزمان تحت اثر نیروی برشی نهایی برابر 800 kN و نیروی محوری نهایی عمود بر سطح تماس (که می‌تواند فشاری یا کششی باشد) برابر 200 kN باشد. حداقل مساحت موردنیاز میلگردهای عمود بر سطح تماس به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ رده بتن C25، نوع فولاد S400 و ضریب λ برابر یک فرض شود.

۱) $3800\ mm^2$
۲) $2650\ mm^2$
۳) $600\ mm^2$
۴) $3250\ mm^2$

گزینه ۴

آرماتورهای لازم برای تحمل برش:

$$V_r > 800\ kN$$
$$\left(\lambda\mu A_{vf} f_{yd} = 1 \times 0.9 A_{vf} \times 0.85 \times 400 = 306 A_{vf}\right) > 800000\ N \quad \rightarrow \quad A_{vf} > 2614\ mm^2$$

آرماتور لازم برای تحمل کشش:

$$N_r > 200\ kN$$
$$\left(A_t f_{yd} = A_t \times 0.85 \times 400 = 340 A_t\right) > 200000\ N \quad \rightarrow \quad A_t > 588\ mm^2$$
$$A_{vf} + A_t = 3202\ mm^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۴۵- در یک قطعه بتنی درجا و دارای شن و ماسه سبک، به منظور انتقال برش بین دو سطح بتن‌ریزی شده در زمان‌های متفاوت از آرماتور برش اصطکاکی عمود بر صفحه برش استفاده شده است. سطح تماس بتنی 0.2 مترمربع بوده و قبل از بتن‌ریزی تمیز و با ایجاد خراش‌هایی به عمق تقریبی 5 میلی‌متر به حالت زبر درآورده شده است. آرماتور برش اصطکاکی 10 عدد Φ12 می‌باشند. نیروی برشی اصطکاکی مقاوم برحسب kN به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (آرماتورها از رده S340 و بتن از رده C20 می‌باشند).

۱) 510 ۲) 450

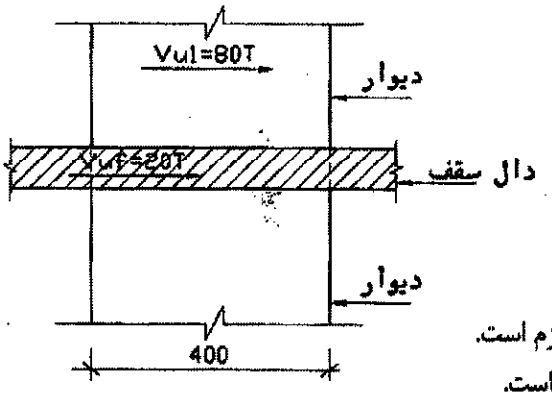
۳) 340 ۴) 220

گزینه۴

$$\left.\begin{array}{l}\lambda\mu A_{vf}f_{yd}=0.75\times0.9\times\left(10\times3.14\times\dfrac{12^2}{4}\right)\times0.85\times340=220\ kN\\ 0.25f'_{cd}A_{cv}=0.25\times0.65\times20\times(0.2\times10^6\ mm^2)=4875\ kN=650\ kN\\ 6.5\varphi A_{cv}=6.5\times0.65\times(0.2\times10^6\ mm^2)=5070\ kN=845\ kN\end{array}\right\}\rightarrow\ V_r=220\ kN$$

تمرین: محاسبات ۸۳ پایه ۲

۴۲- در شکل مقابل دیوار بالا و سقف به ترتیب برشهای $V_{U1}=80T$ و $V_{Uf}=20T$ را در حد نهایی به دیوار زیر وارد می‌کنند. ابعاد دیوارها در پلان ۲۵×۴۰۰ سانتیمتر است. بتن دیوارها و سقف در زمانهای مختلف ریخته می‌شوند. بگوئید برای انتقال این برش چه آرماتوری لازم است. زبری دیوار زیر را ۲ میلیمتر به حساب آورید؟ $f_c=200kg/cm^2$ و $f_y=4000kg/cm^2$



۱) برای انتقال برش آرماتور عمودی 2T14/20 cm لازم است.
۲) برای انتقال برش آرماتور افقی 2T14/20 cm لازم است.
۳) برای انتقال برش آرماتور افقی 2T8/20 cm لازم است.
۴) برای انتقال برش آرماتور افقی و آرماتور قائم 2T8/20 cm لازم است.

گزینه ۱

$$(V_u=800+200=1000\ kN)<\left(\lambda\mu A_{vf}f_{yd}=1\times0.5\times A_{vf}\times0.85\times400=0.170A_{vf}\ kN\right)$$

$$\rightarrow\quad A_{vf}=5882\ mm^2$$

با توجه گزینه ها فواصل آرماتورها 200 mm می باشد و در هر ردیف ۲ عدد میلگرد قرار گرفته است. بنابراین کل تعداد میلگردها برابر $\frac{4000\ mm}{200mm}\times2=40$ عدد خواهد بود و مساحت هر کدام برابر خواهد بود با:

$$\frac{5882}{40}=147.05\ mm^2\qquad\rightarrow\quad r=6.84\ mm\qquad\rightarrow\ \varphi13.7\qquad\rightarrow\qquad Use\ \varphi14$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۳ پایه ۱

۳۸- برای انتقال برش از دیوار برشی به ابعاد ۳۰×۴۰۰ سانتیمتر به شالوده از ۱۶۵ سانتیمتر مربع آرماتور عمود بر صفحه شالوده استفاده می‌شود. مقاومت برشی نهائی مقطع، V_r، چقدر است؟ بتن‌ریزی دیوار پس از سخت شدن بتن پی ریخته می‌شود ولی سطح شالوده تمیز و با خراشهائی به عمق حدود ۵ میلیمتر زیر می‌شود. $f_c = 250kg/cm^2$ و $f_y = 4000kg/cm^2$

۱) ۴۵۰ تن ۲) ۴۶۸ تن ۳) ۵۰۵ تن ۴) ۵۶۱ تن

طبق آیین نامه جدید:

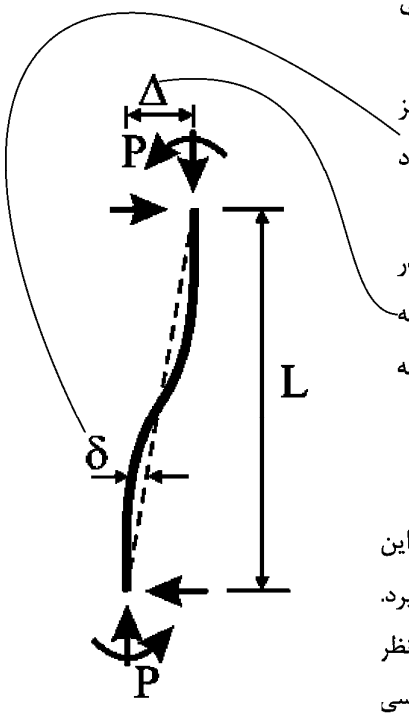
$$\left.\begin{array}{c} \lambda\mu A_{vf} f_{yd} = 1 \times 0.9 \times 16500 \times 0.85 \times 400 = 5049\ kN = 505\ ton \\ 0.25 f'_{cd} A_{cv} = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 300 \times 4000 = 4875\ kN = 487.5\ ton \\ 6.5\varphi A_{cv} = 6.5 \times 0.65 \times 300 \times 4000 = 5070\ kN = 507\ ton \end{array}\right\} \rightarrow \quad V_r = 487.5\ ton$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۸-اثرات لاغری

۸-۱- مفاهیم

۹-۱۶ اثر لاغری و کمانش



۹-۱۶-۱-۲ آثار لاغری شامل‌آثار ناشی از وجود انحنا در قطعه و آثار ناشی از تغییر مکان‌جانبی نسبی دو انتهای قطعه به شرح زیر است:

الف) آثار ناشی از وجود انحنا در قطعه، لنگرهای خمشی‌ای هستند که به علت عدم انطباق مرکز سطح مقطع بر خطی که دو انتهای بخشی از طول عضو را به هم وصل می‌کند، به وجود می‌آیند.

ب) آثار ناشی از تغییر مکان جانبی، لنگرهای خمشی و نیروهای داخلی دیگری هستند که در مقاطع قطعه به علت برون‌محوری ناشی از تغییر مکان جانبی یک انتهای قطعه نسبت به انتهای دیگر آن به وجود می‌آیند. تغییر مکان جانبی نسبی دو انتهای قطعه ممکن است به علت بارهای قائم یا بارهای جانبی یا ترکیبی از آنها باشد.

۹-۱۶-۲ کلیات

۹-۱۶-۲-۱ طراحی قطعات فشاری، تیرهای مقیدکننده آنها و اعضای دیگر تحمل کننده بار این قطعات باید برای نیروها و لنگرهایی که از تحلیل مرتبه دوم ساختمان به دست آمده‌اند، انجام گیرد. در این تحلیل علاوه بر نیروهای وارد بر ساختمان که در تحلیل مرتبه اول ساختمان‌ها مورد نظر قرار می‌گیرند، باید آثار لاغری مطابق آنچه در بند (۹-۱۶-۱) گفته شد، آثار تغییرات ممان اینرسی ناشی از ترک‌خوردگی، رفتار غیرخطی مصالح، جمع‌شدگی و نیز آثار تابع زمان بارهای درازمدت در نظر گرفته شوند.

۹-۱۶-۲-۲ درصورتی که آثار گفته شده در بند ۹-۱۶-۲-۱ در تحلیل ساختمان منظور نشده باشند، می‌توان آنها را به طور تقریب با استفاده از روش «تشدید لنگرهای خمشی» طبق بند (۹-۱۶-۸) با رعایت محدودیت بند ۹-۱۶-۷-۳ محاسبه کرد.

۹-۱۶-۳ طبقات مهارشده جانبی

۹-۱۶-۳-۱ طبقه مهارشده به طبقه‌ای گفته می‌شود که تغییرمکان جانبی نسبی آن ناچیز باشد. چنانچه ضریب پایداری طبقه، که از رابطه (۹-۱۶-۱) به دست می‌آید کوچکتر از ۰/۰۵ باشد، طبقه مهارشده جانبی تلقی می‌شود. در این حالت تمامی قطعات فشاری واقع در این طبقه اصطلاحاً «مهار شده» نامیده می‌شود.

$$Q=\frac{\sum N_u\delta_u}{H_u h_s} \qquad (۹-۱۶-۱)$$

محاسبه δ_u با توجه به ضوابط بند ۹-۱۶-۸-۱ انجام می‌گیرد.

h_s = ارتفاع طبقه، میلی‌متر

H_u = بار کل جانبی نهایی وارد بر طبقه، نیوتن

N_u = بار محوری فشاری نهایی، نیوتن

δ_u = تغییر مکان جانبی طبقه نسبت به طبقه زیرین به ازای هر ترکیب بار مشخص

۹-۱۶-۳-۲ در ساختمان‌های کوتاه متعارف تا ۴ طبقه در صورتی‌که مجموع سختی جانبی اعضای مهارکننده طبقه، مانند دیوارهای برشی و بادبندها، مساوی یا بزرگتر از شش برابر مجموع سختی جانبی ستون‌های طبقه باشد، آن طبقه را می‌توان مهار شده تلقی کرد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

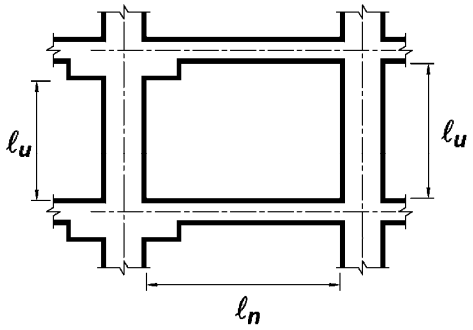
۸-۲- تشدید لنگر در ستونهای قابهای مهار شده

- مراحل تعیین لاغری ستون:

$$\frac{kl_u}{r}$$

۱- محاسبه l_u

۹-۱۶-۴ طول آزاد قطعات فشاری



۹-۱۶-۴-۱ طول آزاد قطعه فشاری، l_u برابر است با فاصله آزاد بین دال‌های طبقات، تیرها یا سایر قطعاتی که قادر به ایجاد تکیه‌گاه جانبی برای آن قطعه باشند.

۹-۱۶-۴-۲ در صورتی‌که ستون دارای کتیبه یا سرستون باشد، طول آزاد آن تا سطح تحتانی کتیبه یا سر ستون محاسبه می‌شود.

۲- محاسبه شعاع ژیراسیون

۹-۱۶-۶ شعاع ژیراسیون

۹-۱۶-۶-۱ شعاع ژیراسیون، r، را می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد:

الف) در مقاطع مستطیلی: ۰/۳ برابر بعد کلی مقطع در امتدادی که اثر لاغری مورد بررسی است.

ب) در مقاطع گرد ۰/۲۵ برابر قطر.

پ) در سایر مقاطع شعاع ژیراسیون در امتداد مورد نظر با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۷) محاسبه می‌شود:

$$r=\sqrt{\frac{I_g}{A_g}} \qquad (۹-۱۶-۷)$$

A_g = مساحت کل مقطع، میلی‌متر مربع

I_g = ممان اینرسی کل مقطع، میلی‌متر به توان چهار

۳- محاسبه k

۹-۱۶-۵-۲ مقدار k در قطعات فشاری مهار شده را می‌توان برابر با یک و یا کوچکترین دو مقدار به دست‌آمده از روابط (۹-۱۶-۲) و (۹-۱۶-۳) منظور نمود.

$$k=۰/۷+۰/۱\psi_m \le ۱ \qquad (۹-۱۶-۲)$$

$$k=۰/۸۵+۰/۰۵\psi_{min} \le ۱ \qquad (۹-۱۶-۳)$$

ψ = نسبت مجموع سختی ستون‌ها به مجموع سختی تیرهای منتهی به یک گره در یک صفحه

Ψ_m = متوسط مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری

Ψ_{min} = کوچکترین مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری

۹-۱۶-۵-۳ مقدار k در قطعات فشاری مهار نشده‌ای که در دو انتها مقید باشند با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۴) یا رابطه (۹-۱۶-۵) به دست می‌آید:

در مواردی که $\psi_m < ۲$ باشد:

$$k=(۱-۰/۰۵\psi_m)\sqrt{۱+\psi_m} \ge ۱ \qquad (۹-۱۶-۴)$$

و در مواردی که $\psi_m \ge ۲$ باشد:

$$k=۰/۹\sqrt{۱+\psi_m} \qquad (۹-۱۶-۵)$$

۹-۱۶-۵-۴ مقدار k در قطعه فشاری مهارنشده‌ای که یک انتهای آن مفصلی باشد، با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۶) به دست می‌آید:

$$k=۲+۰/۳\psi \qquad (۹-۱۶-۶)$$

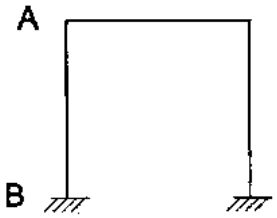
۹-۱۶-۷-۳ در قطعات فشاری با $k\frac{l_u}{r}>۱۰۰$ اثر لاغری باید براساس‌تحلیل دقیق، مطابق بند ۹-۱۶-۲-۱ بررسی شود.

۹-۱۶-۷-۴ استفاده از قطعات فشاری با $k\frac{l_u}{r}>۲۰۰$ مجاز نیست.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۳- ضریب طول مؤثر ستون AB در قاب مهار نشده بتنی با تکیه‌گاه‌های گیردار مطابق شکل، در صورتیکه $\psi_B = 1.0$ باشد، به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر است؟



۱) 1.20
۲) 1.35
۳) 1.50
۴) 1.70

گزینه ۲

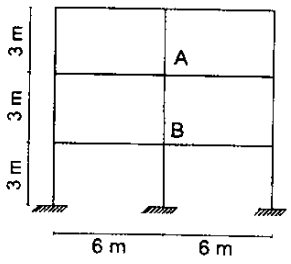
Ψ_m متوسط Ψ در بالا و پایین ستون AB می باشد. با توجه به اینکه تکیه گاهها گیردار هستند، $\Psi_B = 1$ می باشد. مقدار Ψ_A را نیز خود مسئله داده است. بنابراین $\Psi_m = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2} = 1$

پس از محاسبه Ψ_m مقدار K بدست می آید:

$$k = (1 - .05 \times 1)\sqrt{1+1} = 1.34$$

محاسبات ۹۶

۲۴- در یک قاب بتن‌آرمه، در صورتیکه ابعاد مقطع تمام ستون‌ها 400×400 میلی‌متر و تمام تیرها 400×600 میلی‌متر (h = 600 mm , b =400 mm) باشد، ضریب طول مؤثر ستون AB در صفحه قاب به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟(قاب مهارنشده فرض شود و استفاده از نتایج تحلیل دقیق مدنظر نیست).



۱) 1.40
۲) 1.10
۳) 1.20
۴) 1.30

گزینه ۱

$$\Psi_A = \Psi_A = \frac{0.7\left(\left(\frac{EI}{L}\right)_5 + \left(\frac{EI}{L}\right)_6\right)}{0.35\left(\left(\frac{EI}{L}\right)_1 + \left(\frac{EI}{L}\right)_2\right)} = \frac{0.7}{0.35} \times \frac{\left(\frac{400^4}{3}\right) + \left(\frac{400^4}{3}\right)}{\left(\frac{400\times600^3}{6}\right) + \left(\frac{400\times600^3}{6}\right)} = 4 \times \left(\frac{4}{6}\right)^3 = \frac{32}{27} = 1.19$$

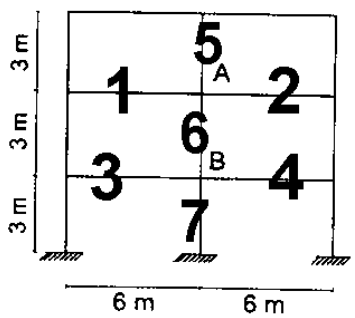
$$\Psi_m = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2} = 1.19 \quad \rightarrow \quad k = \left(1 - 0.05\Psi_m\right)\sqrt{1+\Psi_m} = 1.4$$

۹-۱۶-۵-۳ مقدار k در قطعات فشاری مهار نشده‌ای که در دو انتها مقید باشند با استفاده از رابطه (۹-۱۶-۴) یا رابطه (۹-۱۶-۵) به دست می‌آید:

در مواردی که $\psi_m < ۲$ باشد:

$$k = (۱ - ۰/۰۵\psi_m)\sqrt{۱+\psi_m} \geq ۱ \qquad (۹-۱۶-۴)$$

و در مواردی که $\psi_m \geq ۲$ باشد:



$$k = ۰/۹\sqrt{۱+\psi_m} \qquad (۹-۱۶-۵)$$

ψ = نسبت مجموع سختی ستون‌ها به مجموع سختی تیرهای منتهی به یک گره در یک صفحه

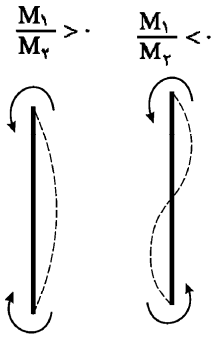
Ψ_m = متوسط مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری

Ψ_{min} = کوچکترین مقدار Ψ در دو انتهای عضو فشاری

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۸-۳- تشدید لنگر سازه مهار شده

۹-۱۶-۷ ضوابط اثر لاغری



۹-۱۶-۷-۱ در قطعات فشاری مهارشده در صورتی که $K\frac{l_u}{r} \le (۳۴-۱۲\frac{M_۱}{M_۲})$ باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد. مقدار $(۳۴-۱۲\frac{M_۱}{M_۲})$ را نبایستی بیش از ۴۰ در نظر گرفت. نسبت $\frac{M_۱}{M_۲}$ مثبت است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در یک جهت شوند و منفی است اگر این دو لنگر موجب انحنای ستون در دو جهت شوند.

محاسبات ۹۵

۲۵- در یک قطعه فشاری بتن مسلح مهارشده در صورتی‌که K = 1.0 و طول آزاد عضو 5.0 متر و ابعاد مقطع 400×400 mm باشد و لنگرهای خمشی مؤثر در دو انتهای عضو 60 و 80 کیلونیوتن‌متر و این لنگرها موجب انحنای ستون در دو جهت شوند، گزینه صحیح را انتخاب کنید. شعاع ژیراسیون مقطع برابر 0.3 بُعد کلی مقطع درنظر گرفته شود.)

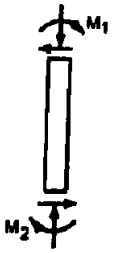
۱) چون انحنای ستون در دو جهت است، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر نمود.
۲) چون مقدار K برابر واحد است، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر نمود.
۳) نمی‌توان از اثر لاغری صرفنظر نمود.
۴) چون لنگرهای خمشی دو انتهای ستون هم علامت هستند، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر نمود.

گزینه ۳

$$\left(K\frac{l_u}{r}=1\frac{5000mm}{0.3\times 400}=41.66\right) \quad > \quad Min\left(34-12\frac{M_1}{M_2}\ ,\quad 40\right)$$

محاسبات ۹۳

۲۹- یک عضو بتنی فشاری مهارشده (K=1.0) با ابعاد مقطع 400×400 mm تحت‌اثر لنگرهای خمشی $M_1=M_2$ مطابق شکل قرار دارد. برای آنکه بتوان از اثر لاغری در این عضو صرفنظر نمود، حداکثر طول آزاد آن باید به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر باشد؟ (شعاع ژیراسیون برابر 0.3 بعد مقطع درنظر گرفته شود و $\phi_c = 0.65$)



۱) 6.0 m
۲) 2.65 m
۳) 4.8 m
۴) 5.5 m

گزینه ۳

$$\left(\frac{Kl_u}{r}=\frac{1\times l_u}{0.3\times 400}\right)\le Min\left[40,34-12\left(\frac{M_1}{M_2}\right)\right]$$
$$l_u \le 120Min\,[40,34-12(-1)]=4800\,mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

مراحل محاسبه ضریب تشدید لنگر برای ستون سازه مهار شده:

۱- محاسبه Cm

ضریب C_m، در مواردی که در فاصله بین دو انتهای قطعه فشاری بار جانبی وارد نشود از رابطه (۹-۱۶-۱۰) محاسبه می‌گردد:

$$C_m = ۰/۶ + ۰/۴(\frac{M_{۱b}}{M_{۲b}}) \geq ۰/۴ \qquad (۹-۱۶-۱۰)$$

در سایر موارد C_m = ۱ است.

$M_{۱b}$ = لنگرخمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که $M_۱$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

$M_{۲b}$ = لنگرخمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که $M_۲$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

۲- محاسبه بار بحرانی ستون Nc

بار بحرانی N_c از رابطه (۹-۱۶-۱۱) محاسبه می‌شود:

$$N_c = \frac{\pi^۲ EI_e}{(kl_u)^۲} \qquad (۹-۱۶-۱۱)$$

که در آن

$$EI_e = \frac{۰/۲E_cI_g + E_SI_{se}}{۱+\beta_d} \qquad (۹-۱۶-۱۲)$$

یا به طور تقریبی

$$EI_e = ۰/۲۵E_cI_g \qquad (۹-۱۶-۱۳)$$

β_d = الف) برای قاب‌های مهار شده β_d نسبت بار محوری دائمی نهایی به بار محوری نهایی‌کل می‌باشد.

ب) برای قاب‌های مهار نشده، β_d نسبت برش نهایی دائمی یک طبقه به برش نهایی کل آن طبقه می‌باشد.

ضریب k در رابطه (۹-۱۶-۱۱)، برای محاسبه N_c، از بند ۹-۱۶-۵-۲ به دست می‌آید.

۳- تشدید لنگر

۹-۱۶-۸-۲ تشدید لنگر در طبقات مهار شده

در قطعات فشاری طبقات مهارشده مقدار M_c از رابطه (۹-۱۶-۸) محاسبه می‌شود:

$$M_c = \delta_b M_2 \qquad (۹-۱۶-۸)$$

ضریب δ_b از رابطه (۹-۱۶-۹) محاسبه می‌شود:

$$\delta_b = \frac{C_m}{۱-\frac{N_u}{۱/۱۵\varphi_c N_c}} \geq ۱ \qquad (۹-۱۶-۹)$$

محاسبات ۹۵

۳۸- در یک قاب بتن آرمه با مهارجانبی دو ستون لاغر با مشخصات مصالح، مقطع و ارتفاع یکسان را درنظر بگیرید. هر دو ستون دارای بار محوری دائمی نهایی برابر 800 kN می‌باشند. ستون اول دارای بار محوری نهایی کل 1600 kN و ستون دوم دارای بار محوری کل نهایی 1200 kN است. ضریب طول مؤثر برای هر دو ستون واحد فرض می‌شود. اگر بار بحرانی ستون اول 4500 kN باشد، براساس رابطه دقیق‌تر، بار بحرانی ستون دوم حدوداً چند کیلونیوتن است؟

۱) 3750 ۲) 4050 ۳) 5000 ۴) 5850

گزینه ۲

$$\left.\begin{aligned} N_{cI}&=\frac{\pi^2(EI_e)_I}{(kl_u)^2}\\ N_{cII}&=\frac{\pi^2(EI_e)_{II}}{(kl_u)^2}\end{aligned}\right\} \xrightarrow{k,l_u \text{ یکسان}} \frac{N_{cI}}{N_{cII}}=\frac{(EI_e)_I}{(EI_e)_{II}}=\frac{\left(\frac{0.2E_cI_g+E_sI_{se}}{1+\beta_d}\right)_I}{\left(\frac{0.2E_cI_g+E_sI_{se}}{1+\beta_d}\right)_{II}}$$

$$\xrightarrow{E_c,I_g,E_s,I_{se} \text{ یکسان}} \frac{N_{cI}}{N_{cII}}=\frac{(1+\beta_d)_{II}}{(1+\beta_d)_I}=\frac{\left(1+\frac{800}{1200}\right)_{II}}{\left(1+\frac{800}{1600}\right)_I}=1.111 \rightarrow \frac{4500}{N_{cII}}=1.1111 \rightarrow N_{cII}=4050\,kN$$

۹-۱۶-۸-۲ تشدید لنگر در طبقات مهار شده

در قطعات فشاری طبقات مهارشده مقدار M_c از رابطه (۹-۱۶-۸) محاسبه می‌شود:

$$M_c=\delta_b M_2 \qquad (۸-۱۶-۹)$$

ضریب δ_b از رابطه (۹-۱۶-۹) محاسبه می‌شود:

$$\delta_b=\frac{C_m}{1-\frac{N_u}{۱/۱۵\varphi_c N_c}}\geq ۱ \qquad (۹-۱۶-۹)$$

در این رابطه ضریب C_m و بار بحرانی N_c به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

ضریب C_m، در مواردی که در فاصله بین دو انتهای قطعه فشاری بار جانبی وارد نشود از رابطه (۹-۱۶-۱۰) محاسبه می‌گردد:

$$C_m=۰/۶+۰/۴(\frac{M_{۱b}}{M_{۲b}})\geq ۰/۴ \qquad (۱۰-۱۶-۹)$$

در سایر موارد C_m = ۱ است.

در رابطه (۹-۱۶-۱۰) نسبت $\frac{M_{۱b}}{M_{۲b}}$ با توجه به بند ۹-۱۶-۷-۱ در نظر گرفته شود.

بار بحرانی N_c از رابطه (۹-۱۶-۱۱) محاسبه می‌شود:

$$N_c=\frac{\pi^۲ EI_e}{(kl_u)^۲} \qquad (11-16-9)$$

که در آن

$$EI_e=\frac{۰/۲E_cI_g+E_sI_{se}}{۱+\beta_d} \qquad (۱۲-۱۶-۹)$$

یا به طور تقریبی

$$EI_e=۰/۲۵E_cI_g \qquad (۱۳-۱۶-۹)$$

ضریب k در رابطه (۹-۱۶-۱۱)، برای محاسبه N_c، از بند ۹-۱۶-۵-۲ به دست می‌آید.

β_d = الف) برای قاب‌های مهار شده β_d نسبت بار محوری دائمی نهایی به بار محوری نهایی‌کل می‌باشد.
ب) برای قاب‌های مهار نشده، β_d نسبت برش نهایی دائمی یک طبقه به برش نهایی کل آن طبقه می‌باشد.

δ_b = ضریب تشدید متعلق به اثر انحنای قطعه

$M_۱$ = کوچکترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار $M_۱$ مثبت است اگر

$M_۲$ = بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار $M_۲$ همواره مثبت فرض می‌شود)، نیوتن- میلی‌متر

$M_{۱b}$ = لنگرخمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی که $M_۱$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

$M_{۲b}$ = لنگرخمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که $M_۲$ بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_c = لنگر خمشی نهایی تشدید شده، نیوتن - میلی‌متر

C_m = ضریبی که مقادیر واقعی لنگر را به مقادیر معادل با لنگر یکنواخت تبدیل می‌کند.

N_c = بار بحرانی، نیوتن

N_u = بار محوری فشاری نهایی، نیوتن

I_e = ممان اینرسی مؤثر مقطع، میلی‌متر به توان چهار

I_g = ممان اینرسی کل مقطع، میلی‌متر به توان چهار

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۸-٤- تشدید لنگر سازه مهار نشده

۹-۱۶-۷-۲ در قطعات فشاری مهار نشده در صورتی که $k\frac{l_u}{r} \le 22$ باشد، می‌توان از اثر لاغری صرفنظر کرد.

محاسبات-۹۱

۱۰- در یک قاب خمشی، چنانچه ابعاد ستون‌ها 50×50 cm و ابعاد تیرها 40×60 cm (b=40 cm , h=60 cm) و فاصله محور تا محور تیرهای طبقات 300 cm و ضریب طول موثر ستون k=1.2 باشد، در مورد طراحی آرماتورهای ستون گزینه صحیح را انتخاب نمایید؟

۱) صرفنظر کردن از اثر لاغری این ستون بستگی به لنگرهای خمشی دو انتهای ستون دارد.
۲) صرفنظر کردن از اثر لاغری این ستون بستگی به مقدار آرماتورهای طولی ستون دارد.
۳) می‌توان از اثر لاغری ستون صرفنظر نمود.
۴) نمی‌توان از اثر لاغری ستون صرفنظر نمود.

گزینه ۳:

در ستونها مهار نشده ضریب طول موثر ستون بزرگتر از یک بدست می آید و بنابراین با توجه به اینکه k=1.2 می باشد، ستون مهار نشده می باشد. لاغری ستون از رابطه kL/r بدست می آید که در آن L طول خالص ستون و r شعاع ژیراسیون مقطع ستون می باشد و برای مقطع مستطیلی تقریبا برابر است با r=0.3b=0.3×500 = 150 mm

بنابراین لاغری این ستون برابر است با:

$$\frac{kL}{r} = \frac{1.2 \times (3000 - 600)}{150} = 19.2 < 22$$

لاغری این ستون پایین است و یک ستون چاق محسوب می شود و می توان از اثرات لاغری صرف نظر کرد

محاسبات ۹۳

۶۰- برای یک ستون مهارشده بتن مسلح با مقطع 400×400 میلی‌متر و ضریب طول مؤثر واحد، با طول آزاد سه متر، حداکثر نسبت لنگر خمشی نهایی کوچکتر به لنگر خمشی نهایی بزرگتر دو انتهای ستون $\frac{M_1}{M_2}$، به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیکتر باشد تا بتوان از اثر لاغری صرفنظر کرد؟ (انحنا در یک جهت فرض شود)

۱) 1 ۲) 0.7 ۳) 0.6 ۴) 0.5

گزینه ۲

با توجه به اینکه ستون مهار شده است، برای صرف نظر کردن از لاغری، رابطه زیر باید برقرار شود:

$$\left(\frac{1 \times 3000}{0.3 \times 400} = 25\right) < \left(34 - 12\frac{M_1}{M_2}\right) \rightarrow \frac{M_1}{M_2} = 0.75$$

مراحل محاسبه ضریب تشدید لنگر برای ستون سازه مهار نشده:

۹-۱۶-۸ روش تشدید لنگرهای خمشی

۹-۱۶-۸-۳ تشدید لنگر در طبقات مهار نشده

درطبقات مهار نشده تشدید لنگرها با توجه به موارد مندرج در بندهای ۹-۱۶-۸-۳-۱ تا ۹-۱۶-۸-۳-۴ صورت می‌گیرد.

۹-۱۶-۸-۳-۱ در قطعات فشاری طبقات مهار نشده، لنگرهای M_1 و M_2 از روابط (۹-۱۶-۱۴) و (۹-۱۶-۱۵) محاسبه می‌گردند.

$$M_1 = M_{1b} + \delta_S M_{1S} \qquad (۹-۱۶-۱۴)$$

$$M_2 = M_{2b} + \delta_S M_{2S} \qquad (۹-۱۶-۱۵)$$

مقادیر $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ را می‌توان با استفاده از یکی از روش‌های بندهای ۹-۱۶-۸-۳-۲ الی ۹-۱۶-۸-۳-۴ محاسبه نمود. طراحی ستون بر مبنای بار محوری نهایی وارده و لنگر خمشی محاسبه شده M_2 از رابطه (۹-۱۶-۱۵) انجام می‌گیرد.

۹-۱۶-۸-۳-۲ لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ لنگرهای انتهایی ستون هستند که با استفاده از تحلیل مرتبه دوم، با منظور نمودن مشخصات مصالح و ویژگی‌های هندسی مقطع مطابق ضوابط بند ۹-۱۶-۸-۱، محاسبه می‌گردند.

۹-۱۶-۸-۳-۳ روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{2S}$ و $\delta_S M_{1S}$ استفاده از رابطه (۹-۱۶-۱۶) جهت محاسبه δ_s می‌باشد. استفاده از این روش فقط در حالتی مجاز است که ضریب پایداری طبقه، Q، از $\frac{1}{3}$ تجاوز ننماید.

$$\delta_S = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \qquad (۹-۱۶-۱۶)$$

۹-۱۶-۸-۳-۴ روش دیگر محاسبه لنگرهای تشدید یافته $\delta_S M_{1S}$ و $\delta_S M_{2S}$ استفاده از رابطه (۹-۱۶-۱۷) جهت محاسبه δ_s است.

$$\delta_S = \frac{1}{1-\frac{\sum N_u}{1/15\varphi_c \sum N_c}} \geq 1 \qquad (۹-۱۶-۱۷)$$

در این رابطه $\sum N_u$ مجموع بارهای قائم نهایی طبقه و $\sum N_c$ مجموع بارهای بحرانی ستون‌هایی از طبقه است که در برابر تغییرمکان جانبی مقاومت می‌کنند. مقدار N_c برای هر عضو فشاری با استفاده از روابط (۹-۱۶-۱۱) تا (۹-۱۶-۱۳) محاسبه می‌گردد. ضریب k در رابطه (۹-۱۶-۱۱) با استفاده از بندهای ۹-۱۶-۵-۳ یا ۹-۱۶-۵-۴ به دست می‌آید.

δ_s = ضریب تشدید متعلق به اثر تغییر مکان جانبی

M_{1s} = لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که M_1 بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_{2s} = لنگر خمشی نهایی انتهای عضو فشاری، در انتهایی‌که M_2 بر آن اثر می‌کند، تحت اثر بارهایی که تغییر مکان جانبی قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌کنند، نیوتن- میلی‌متر

M_1 = کوچکترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_1 مثبت است اگر

M_2 = بزرگترین لنگر خمشی نهایی دو انتهای عضو فشاری (مقدار M_2 همواره مثبت فرض می‌شود)، نیوتن- میلی‌متر

M_c = لنگر خمشی نهایی تشدید شده، نیوتن - میلی‌متر

C_m = ضریبی که مقادیر واقعی لنگر را به مقادیر معادل با لنگر یکنواخت تبدیل می‌کند.

N_c = بار بحرانی، نیوتن

N_u = بار محوری فشاری نهایی، نیوتن

I_e = ممان اینرسی مؤثر مقطع، میلی‌متر به توان چهار

I_g = ممان اینرسی کل مقطع، میلی‌متر به توان چهار

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۶-۹ حداقل برون‌محوری بار

۹-۱۶-۹-۱ در قطعات فشاری مهار شده چنانچه بار محوری و لنگر خمشی‌حاصل از تحلیل الاستیکی مرتبه اول چنان باشد که برون محوری بار در آنها کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۶-۱۸) باشد:

$$e_{min} = ۱۵ + ۰/۰۳h \qquad (۹-۱۶-۱۸)$$

باید e_{min} را به عنوان برون‌محوری بار در محاسبات لنگر خمشی عضو و اثر لاغری منظور کرد. این برون‌محوری باید برای خمش حول هر دو محور اصلی مقطع، بطور جداگانه، به‌کار گرفته شود. در این صورت لنگر خمشی $M_{۲min}$ از رابطه (۹-۱۶-۱۹) به دست می‌آید.

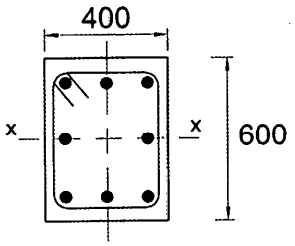
$$M_{۲min} = N_u(۱۵ + ۰/۰۳h) \qquad (۹-۱۶-۱۹)$$

در این حالت می‌توان C_m را برابر با یک در نظر گرفته و یا بر اساس لنگر خمشی $M_۱$ و $M_۲$ در دو انتهای عضو محاسبه نمود.

محاسبات ۹۷

۴۴- نتایج تحلیل استاتیکی مرتبه اول برای یک عضو فشاری بتنی با مقطع شکل زیر به‌صورت زیر است:

M_y = 10 kN.m ، M_x = 40 kN.m ، P= 1000 kN



در صورتی‌که عضو مهار شده باشد حداقل نیروهایی که بدون احتساب ضرایب تشدید لنگر، در طراحی این عضو باید در نظر گرفت به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیکتر است. (ابعاد روی شکل به میلی‌متر است)

۱) M_y = 27 kN.m ، M_x = 40 kN.m ، P = 1000 kN
۲) M_y = 20 kN.m ، M_x = 40 kN.m ، P = 1000 kN
۳) M_y = 10 kN.m ، M_x = 40 kN.m ، P = 1000 kN
۴) M_y = 27 kN.m ، M_x = 33 kN.m ، P = 1000 kN

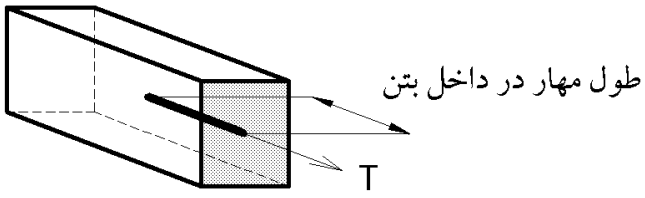
گزینه ۱

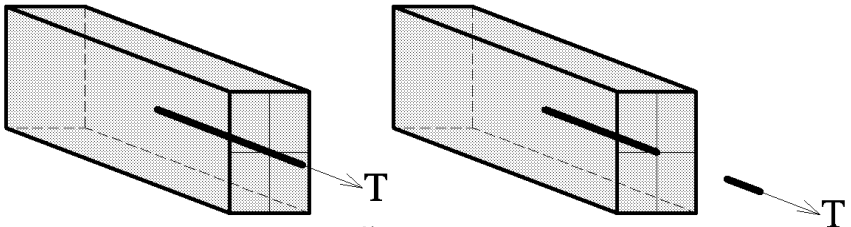
$$M_{min-x} = 1000 \times (15 + 0.03 \times 600) = 33\ kN.m$$
$$M_{min-y} = 1000 \times (15 + 0.03 \times 400) = 27\ kN.m$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-طول مهاری

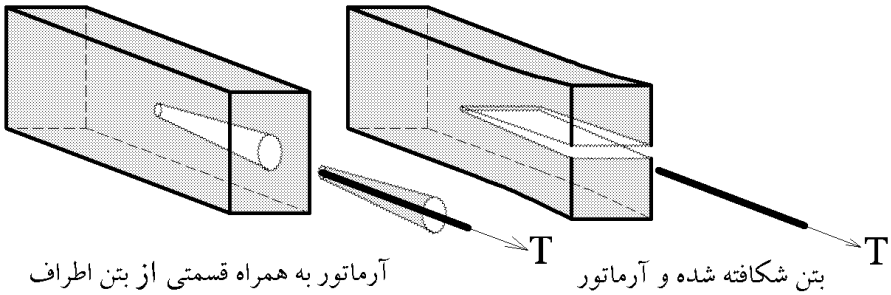
۹-۱- مفاهیم





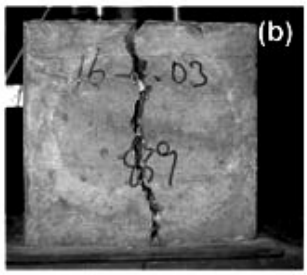
آرماتور مدفون در بتن تحت کشش

آرماتور تحت اثر کشش به
تسلیم رسیده و گسیخته می شود



آرماتور به همراه قسمتی از بتن اطراف
آن از داخل بتن خارج می شود

بتن شکافته شده و آرماتور
از داخل آن خارج می شود



۹-۲۱-۲ مهار میلگردها

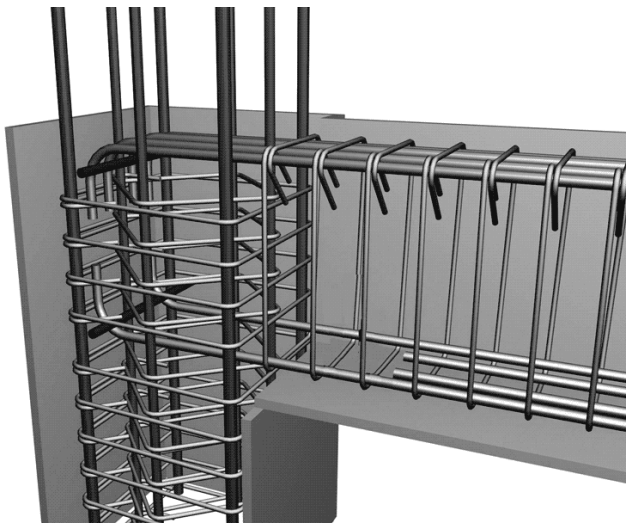
۹-۲۱-۲-۱ کلیات

۹-۲۱-۲-۱-۱ در تمامی قطعات بتن آرمه نیروهای کششی یا فشاری موجود در میلگردها در هر مقطع باید به وسیله مهار میلگردها در دو سمت آن مقطع به بتن منتقل گردد. مهار میلگردها در بتن به یکی از سه طریق (الف) تا (پ) این بند و یا با ترکیبی از آنها امکان‌پذیر است:

الف- پیوستگی موجود بین بتن و آرماتور در سطح جانبی آرماتور

ب ـ ایجاد قلاب استاندارد در انتهای میلگرد

پ ـ به‌کارگیری وسایل مکانیکی در طول میلگرد



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲- میلگرد کششی بدون قلاب

۹-۲-۲۱-۴ طول گیرایی میلگردهای کششی

۹-۲-۲۱-۴-۱ طول گیرایی یک میلگرد در کشش، l_d، باید حداقل برابر با مقدار حاصل از رابطه (۹-۲۱-۱) در نظر گرفته شود، در هرحال کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

$$l_d = \left[\frac{\cdot/۸۶ f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{c+k_{tr}}{d_b}\right)}\right] d_b \qquad (۹-۲۱-۱)$$

مقدار $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ نبایستی بیش از ۲/۵ درنظر گرفته شود.

الف- ضریب α، یا ضریب موقعیت میلگردها، برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰۰ میلیمتر بتن تازه در زیر آنها، در ناحیه طول گیرایی، ریخته می‌شوند برابر با ۱/۳ و برای سایر میلگردها برابر با یک است.

ب- ضریب β، یا ضریب اندود میلگرد، برای میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد کمتر از $۳d_b$ و فاصله‌آزاد میلگردها کمتر از $۶d_b$ است، برابر با ۱/۵ و برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند برابر۱/۲ و برای میلگردهایی که اندود اپوکسی نشده‌اند برابر با یک است.
لازم نیست حاصلضرب α و β بیشتر از۱/۷ در نظر گرفته شود.

پ- ضریب γ یا ضریب قطر میلگرد برای میلگردهای با قطر کمتر و یا مساوی ۲۰ میلیمتر برابر با ۰/۸ و برای میلگردهای با قطر بیش از ۲۰ میلیمتر برابر با یک است.

ت-ـ ضریب λ یا ضریب نوع بتن، برای بتن‌های سبک برابر ۱/۳ و برای بتن‌های معمولی برابر با یک می‌باشد.

ث-ـ ضریب c یا ضریب فاصله میلگردها از یکدیگر و از رویه قطعه برابر با کوچکترین دو مقدار فاصله مرکز میلگرد از نزدیکترین رویه بتن و نصف فاصله مرکز تا مرکز میلگردهایی است که در یک محل قطع و یا وصله می‌شوند.

ج- ضریب k_{tr}، ضریبی است که با توجه به مقدار آرماتور عرضی موجود در طول گیرایی از رابطه (۹-۲۱-۲) به دست می‌آید:

$$k_{tr} = \frac{\cdot/۱۲ A_{tr} f_{yd}}{sn} \qquad (۹-۲۱-۲)$$

در این رابطه n تعداد میلگردهایی است که در یک محل مهار و یا وصله می‌شوند.

برای سهولت در محاسبات، چنانچه فاصله آزاد میلگردها و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد و حداقل آماتور برشی مطابق رابطه (۹-۱۵-۱۳) در ناحیه طول گیرایی به کار برده شده باشد و یا اینکه فاصله آزاد میلگردها کمتر از $۲d_b$ و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ را می‌توان برابر با ۱/۵در نظر گرفت.

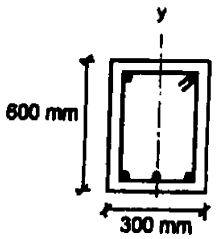
۹-۲-۲۱-۸ اضافه آرماتور

۹-۲-۲۱-۸-۱ در مواردی‌که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم براساس تحلیل سازه می‌باشد، می‌توان روابط ۹-۲۱-۱ ، ۹-۲۱-۳ ، ۹-۲۱-۴ و۹-۲۱-۵ را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد (فصل بیست و سوم) باید برابر یک منظور گردد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۳۱- در تیری با مقطع مطابق شکل تحت اثر لنگر خمشی مثبت (قسمت پایین مقطع تحت اثر کشش) در صورتیکه $A_s = 3\Phi25$ و $A'_s = 2\Phi20$، خاموت‌ها c/c $\Phi12@150\ mm$، پوشش بتن برابر 50 میلی‌متر و آرماتورگذاری متقارن نسبت به محور y‌ها و آرماتور طولی از نوع S400 و آرماتور عرضی (خاموت) از نوع S340 باشد، ضریب دقیق محاسباتی $\left(\frac{c+K_{tr}}{d_b}\right)$ برای تعیین طول مهاری آرماتورهای کششی که در یک محل قطع و یا وصله می‌شوند، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (C برابر کوچکترین دو مقدار فاصله مرکز میلگرد از نزدیک‌ترین رویه بتن و نصف فاصله مرکز تا مرکز میلگردها می‌باشد)



۱) 3.30
۲) 2.50
۳) 2.20
۴) 2.00

گزینه ۳

فاصله مرکز میلگرد تا رویه بتن برابر است با:

$$Cover\ to\ rebar\ center = 50 + 12 + 12.5 = 74.5\ mm$$

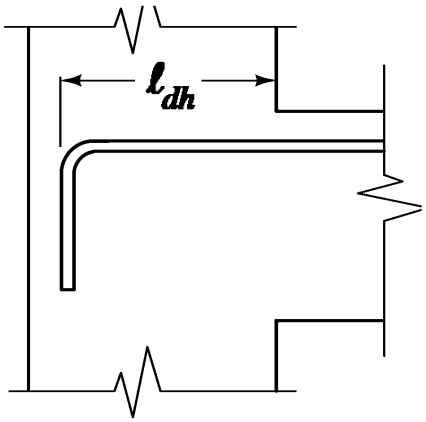
فاصله مرکز تا مرکز میلگردهای کششی از هم برابر است با:

$$S_{bar\ to\ bar} = \frac{300 - 74.5 \times 2}{2} = 75.5 \quad \rightarrow \quad c = Min\left(74.5, \frac{75.5}{2}\right) = 37.75\ mm$$

$$K_{tr} = \frac{0.12(2\pi \times 6^2) \times 0.85 \times 340}{150 \times 3} = 17.42\ mm$$

$$\frac{k_{tr} + c}{d_b} = \frac{17.42 + 37.75}{25} = 2.2068$$

۹-۳- مهار میلگرد کششی با قلاب

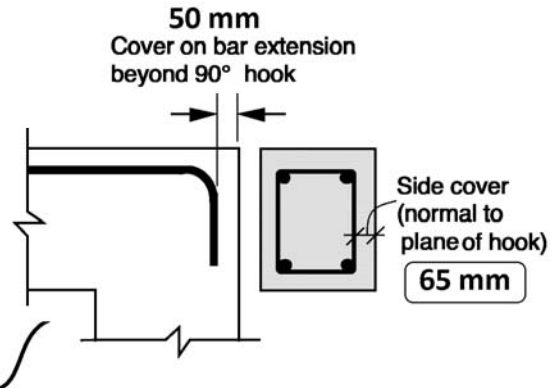


۹-۲۱-۲-۱-۲ برای مهار میلگردهای کششی به وسیله قلاب، انتهای میلگردها خم شده و به صورت قلاب درآورده می‌شود. برای انتقال نیروی $A_b f_y$ از میلگرد به بتن ایجاد قلاب به تنهایی کافی نیست و باید علاوه بر آن طول اضافی مستقیم میلگرد از انتهای آزاد میلگرد تا شروع قلاب در بتن وجود داشته باشد. حداقل این طول اضافی بعلاوه شعاع قلاب انتهایی آن بعلاوه قطر میلگرد،که برای انتقال نیروی $A_b f_y$ لازم است، «طول گیرایی میلگرد قلابدار» نامیده می‌شوند. ضوابط مربوط به تأمین طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش در بند ۹-۲۱-۲-۷ داده شده‌اند. قلابها برای مهار آرماتور فشاری موثر نیستند.

۹-۲۱-۲-۷ طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

۹-۲۱-۲-۷-۱ طول گیرایی یک میلگرد قلابدار در کشش، l_{dh}، باید حداقل برابر مقدار رابطه (۹-۲۱-۵) در نظر گرفته شود. مقدار l_{dh} در هیچ حالت نباید کمتر از $8d_b$ و یا ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد.

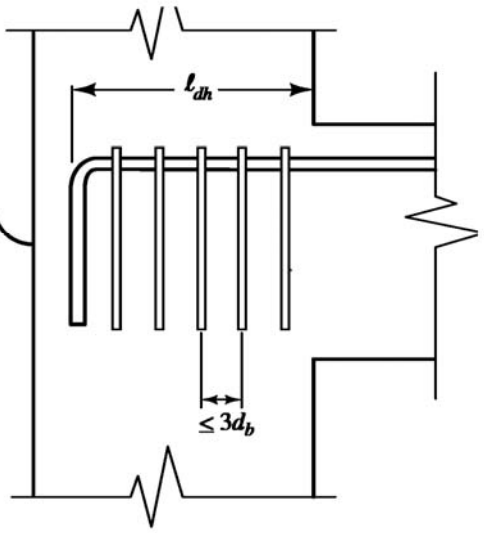
$$l_{dh} = \left[0/24 k_1 k_2 \beta \lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \qquad (۹-۲۱-۵)$$



برای تعیین ضرایب β و λ به بند ۹-۲۱-۲-۴-۱ مراجعه شود.

ضریب k_1 در تمامی موارد برابر با یک منظور می‌شود مگر در مواردی که در قلابهای با خم ۱۸۰ درجه پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، مساوی یا بیشتر از ۶۵ میلی‌متر و در قلابهای با خم ۹۰ درجه پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب به ترتیب مساوی یا بیشتر از ۶۵ و۵۰ میلیمتر باشد. در این موارد ضریب k_1 را می‌توان برابر با ۰/۷ منظور کرد.

ضریب k_2 در تمامی موارد برابر یک منظور می‌شود مگر در مواردی که میلگردها در طول گیرایی با خاموت‌های با فاصله‌ای مساوی یا کمتر از $3d_b$ محصور شده باشند، در این موارد ضریب k_2 را می‌توان ۰/۸ منظور کرد.



ضریب β، یا ضریب اندود میلگرد، برای میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد کمتر از $3d_b$ و فاصله‌آزاد میلگردها کمتر از $6d_b$ است، برابر با ۱/۵ و برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند برابر۱/۲ و برای میلگردهایی که اندود اپوکسی نشده‌اند برابر با یک است.

لازم نیست حاصلضرب α و β بیشتر از۱/۷ در نظر گرفته شود.

ضریب λ یا ضریب نوع بتن، برای بتن‌های سبک برابر ۱/۳ و برای بتن‌های معمولی برابر با یک می‌باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۶- ستونی به ابعاد 40×40 cm در مرکز یک پی منفرد به ابعاد 180×180×50 cm قرار دارد. در قسمت تحتانی پی از 10Φ25 در هر جهت استفاده شده است. در صورتی که پوشش بتن برابر 6 cm و رده بتن C25 و رده فولاد S400 باشد، از نظرطول مهاری گزینه صحیح را انتخاب کنید؟

۱) آرماتورها در مقطع بحرانی حتی با تعبیه قلاب استاندارد انتهایی نمی‌توانند به حد جاری شدن برسند.

۲) در صورت وجود آرماتور فوقانی، آرماتورهای تحتانی با وجود قلاب استاندارد انتهایی نمی‌توانند به حد جاری شدن برسند.

۳) آرماتورها در مقطع بحرانی نمی‌توانند به حد جاری شدن برسند، مگر آنکه قلاب استاندارد انتهایی داشته باشند.

۴) آرماتورها در مقطع بحرانی می‌توانند بدون قلاب استاندارد انتهایی به حد جاری شدن برسند.

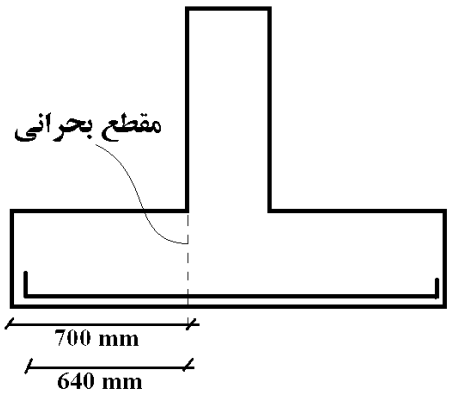
گزینه ۳:

در صورتی که از قلاب استفاده نشود، طول مهار لازم برای آرماتور تحتانی پی از رابطه زیر بدست می آید:

$$l_d = \left[\frac{0.086 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{\left(\frac{C+k_{tr}}{d_b}\right)}\right] d_b \qquad (۹-۲۱-۱)$$

برای بدست آوردن ld، مقدار $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ باید محاسبه شود. در بهترین حالت مقدار $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ برابر 2.5 خواهد بود که در این صورت طول مهار برابر خواهد بود با: $l_d = \left[\frac{0.86\times0.85\times400}{\sqrt{0.65\times25}} \frac{1}{2.5}\right] 25 = 725\ mm$

با توجه به شکل زیر، حداکثر فضای ممکن برای مهار آرماتور برابر 640 mm می باشد و بنابراین نیاز به قلاب داریم.



۹-۲۱-۲-۷ طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

۹-۲۱-۲-۷-۱ طول گیرایی یک میلگرد قلابدار در کشش، l_{dh}، باید حداقل برابر مقدار رابطه (۹-۲۱-۵) در نظر گرفته شود. مقدار l_{dh} در هیچ حالت نباید کمتر از $8d_b$ و یا ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد.

$$l_{dh} = \left[0.24 k_1 k_2 \beta\lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}}\right] d_b \qquad (۹-۲۱-۵)$$

در صورت استفاده از قلاب، طول لازم برای مهار آرماتور از رابطه زیر بدست می آید:

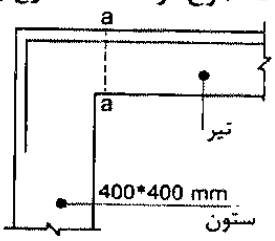
$$l_{dh} = \left[0.24 \times 1 \times 1 \times \frac{0.85 \times 400}{\sqrt{0.65 \times 25}}\right] 25 = 506\ mm$$

بنابراین در صورت استفاده از قلاب، طول مهار تامین می شود و گزینه ۳ صحیح است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۹- میلگردهای کششی اندود نشده لنگر خمشی منفی انتهای تیر بتنی درجا در یک ساختمان با شکل‌پذیری زیاد با استفاده از قلاب 90° استاندارد در داخل ستونی به ابعاد مقطع 400 mm ×400 مهار شده است. در صورتی‌که پوشش روی میلگرد قلاب‌شده برابر 50 میلی‌متر باشد، حداکثر قطر میلگرد قابل استفاده برای اینکه در مقطع a – a تنش در میلگرد بتواند به حد جاری شدن برسد، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (نوع فولاد S340، نوع بتن C25 و بتن از نوع معمولی می‌باشد)



۱) 25 میلی‌متر

۲) 20 میلی‌متر

۳) 18 میلی‌متر

۴) 16 میلی‌متر

گزینه ۲

$$l_{dh} = 0.24 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \frac{0.85 \times 340}{\sqrt{0.65 \times 25}} d_b < (400 - 50) \quad \rightarrow \quad d_b < 20.3\ mm$$

$$l_{dh} = \left[\cdot/۲۴ k_۱ k_۲ \beta \lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b \qquad (۵\text{-}۲۱\text{-}۹)$$

تمرین: محاسبات ۸۶

۳۸- برای آنکه بتوان میلگردهای Φ28 یک تیر را در یک ستون کناری مهار نمود، حداقل بعد ستون به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ حداکثر پوشش همه جانبه روی میلگردهای Φ28، 5cm، میلگرد از نوع S400 و بتن از رده C25 فرض شود. (میلگردها بدون اندود اپوکسی هستند).

۱) 45 ۲) 55

۳) 65 ۴) 75

گزینه ۳

$$l_{dh} = 0.24 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \frac{0.85 \times 400}{\sqrt{0.65 \times 25}} \times 28 < (C - 50) \quad \rightarrow \quad 616\ mm < C$$

تمرین: محاسبات ۸۹

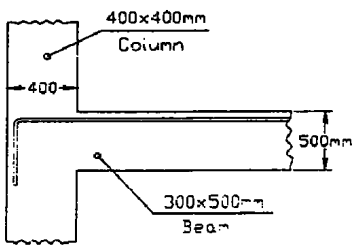
۳۳- حداکثر قطر آرماتوری که می‌توان بعنوان آرماتور ممان منفی تیر استفاده نمود و آن آرماتور بتواند به حد تسلیم خود برسد، چقدر است؟ (پوشش بتن روی آرماتور = ۵ cm ، f_c =۲۵ MPa ، f_y =۳۰۰MPa و میلگرد بدون اندود)

۱) ۲۲ mm

۲) ۲۵ mm

۳) ۲۰ mm

۴) ۱۸ mm



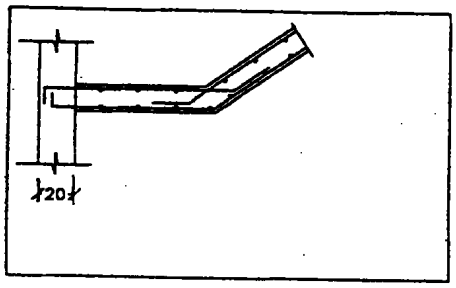
گزینه ۱

$$l_{dh} = 0.24 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \frac{0.85 \times 300}{\sqrt{0.65 \times 25}} \times d_b < (400 - 50) \quad \rightarrow \quad d_b < 23\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۳

۴۱- رمپ پله در پاگرد خود به یک دیوار برشی به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر متصل است، در صورتی‌که در انتهای قلاب میلگردهای پله ۲ سانتی‌متر پوشش بتنی باقی بماند، حداکثر قطر این میلگردها چه اندازه می‌تواند باشد؟



$f_c = ۲۰۰ kg/cm^۲$ $f_y = ۳۰۰۰ kg/cm^۲$

۱) $\bar{\phi}۱۴$

۲) $\bar{\phi}۱۲$

۳) $\bar{\phi}۱۰$

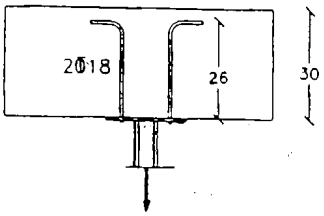
۴) $\bar{\phi}۸$

گزینه ۳

$$l_{dh} = 0.24 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \frac{0.85 \times 300}{\sqrt{0.65 \times 20}} \times d_b < (200 - 20) \quad \rightarrow \quad d_b < 10.6\, mm$$

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۲

۳۹- از دو میلگرد $\bar{\phi}۱۸$ برای انتقال بار کششی به یک عضو بتن آرمه استفاده می‌شود. در صورتی‌که از قلاب استاندارد ۹۰ درجه در انتها استفاده شود، با توجه به ابعاد نشان داده شده در شکل، حداکثر نیروی کششی نهائی قابل اعمال چقدر خواهد بود؟



$f_c = ۲۰۰ kg/cm^۲$ $f_y = ۴۰۰۰ kg/cm^۲$

۱) ۲۰/۳T

۲) ۱۸/۳T

۳) ۱۲/۸T

۴) ۱۰/۲T

حل بر اساس ویرایش سال ۹۲ مبحث نهم:

طول مهار لازم برای آرماتور با توجه به اینکه پوشش آن 40 mm می باشد برابر است با:

$$l_{dh} = 0.24 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \frac{0.85 \times 400}{\sqrt{0.65 \times 20}} \times 18 = 407\, mm$$

طول مهار لازم برابر 407 mm می باشد در حالیکه تنها 260 mm برای آن منظور شده است. بنابراین نیروی کششی کمتری تحمل می کند. با توجه به اینکه دو میلگرد داریم:

$$T_u = 2\left[\frac{260}{407} \times A_s F_{yd}\right] = 2\left[\frac{260}{407} \times 254 \times 0.85 \times 400\right] = 110\, kN = 11\, ton$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-٤- طول گیرایی میلگرد فشاری

۹-۲۱-۲-۵ طول گیرایی میلگردهای فشاری

۹-۲۱-۲-۵-۱ طول گیرایی یک میلگرد در فشار، باید حداقل برابر بزرگترین مقدار دو رابطه (۹-۲۱-۳) و (۹-۲۱-۴) در نظر گرفته شود. در هرحال کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار نشود.

$$l_{dc} = \left[۰/۲۴ \frac{f_{ya}}{\sqrt{f_{ca}}} \right] d_b \qquad (۹-۲۱-۳)$$

$$l_{dc} = [۰/۰۵ f_{yd}] d_b \qquad (۹-۲۱-۴)$$

۹-۲۱-۲-۸ اضافه آرماتور

۹-۲۱-۲-۸-۱ در مواردی‌که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم براساس تحلیل سازه می‌باشد، می‌توان روابط ۹-۲۱-۱ ، ۹-۲۱-۳ ، ۹-۲۱-۴ و۹-۲۱-۵ را در نسبت مقدار آرماتور لازم به مقدار آرماتور مـصرفـی ضرب نمود. این ضریب در مورد ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد (فصل بیست و سوم) باید برابر یک منظور گردد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۵- ضوابط قطع میلگرد

۹-۲۱-۳ ضوابط مهار آرماتورهای خمشی

۹-۲۱-۳-۱ ضوابط کلی

۹-۲۱-۳-۱-۱ آرماتور کششی در قطعات خمشی را می‌توان با رعایت محدودیت‌های بند ۹-۲۱-۳-۱-۵ در ناحیه بتن کششی مهار نمود و یا در جان تیر خم کرده و در سمت مقابل قطعه مهار کرد. این آرماتور را می‌توان در سمت مقابل قطعه به عنوان آرماتور کششی یا فشاری مورد استفاده قرار داد.

۹-۲۱-۳-۱-۲ در قطعات خمشی مقاطع بحرانی که در دو سمت آنها کافی بودن مهار آرماتور باید بررسی شود، به شرح (الف) و (ب) این بند می‌باشد.

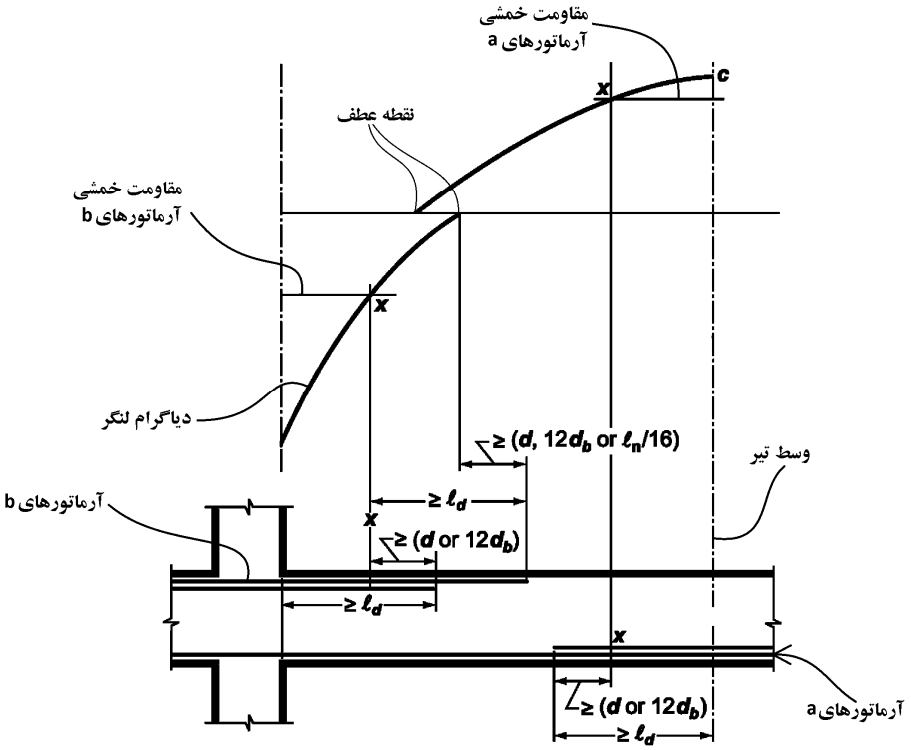
الف- مقاطع دارای بیشترین تنش

ب- مقاطعی که در آنها، در طول دهانه قطعه، آرماتور قطع یا خم می‌شود.

در این قطعات در مقاطع مجاور تکیه‌گاه‌های ساده و مقاطع نقاط عطف منحنی تغییر شکل ضوابط بند ۹-۲۱-۳-۲-۳ نیز باید رعایت شوند.

۹-۲۱-۳-۱-۳ میلگردها باید از محل مقطعی که وجودشان دیگر برای تحمل خمش لازم نیست بطول حداقل برابر با d یا $12d_b$، هرکدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه‌گاه ساده و یا انتهای آزاد عضو طره‌ای الزامی نیست.

۹-۲۱-۳-۱-۴ در مواردی که تعدادی از میلگردها قطع یا خم می‌شوند، آن دسته از میلگردها که ادامه پیدا می‌کنند باید از مقطعی که میلگردهای قطع یا خم شده وجودشان دیگر برای تحمل خمش ضروری نیست، بطول حداقل برابر با طول گیرایی، l_d، ادامه داده شوند.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۰

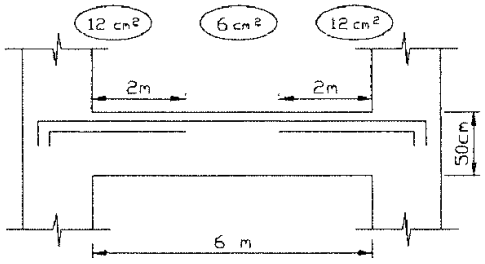
۳۹- نتایج محاسبه مقادیر آرماتور فوقانی یک تیر بتنی در ابتدا، وسط وانتهای تیر به صورت زیر است. چنانچه میزان آرماتور مورد نیاز از وسط تا انتها به صورت خطی فرض شود. مقدار سطح مقطع آرماتورهای سراسری می‌تواند کدامیک از مقادیر زیر اختیار شود. فرض شود از آرماتورهای با قطر کمتر از Φ25 استفاده گردد.

۱) $4\ cm^2$

۲) $7.5\ cm^2$

۳) $6\ cm^2$

۴) $9\ cm^2$



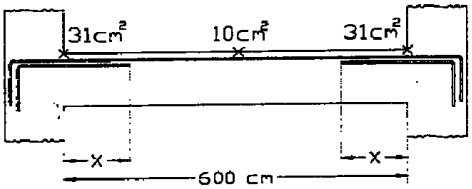
$$6 + 6 \times \frac{(3 - 2 + 0.44)}{3} = 8.88\ cm^2$$

محاسبات ۸۹

۳۴- در طراحی یک تیر بتنی با استفاده از یک نرم افزار مناسب مقادیر سطح مقطع آرماتورهای فوقانی در نقاط ابتـدا، وسط و انتهای تیر به صورت شکل زیر گزارش شده است. فرض کنید توزیع مساحت آرماتورها از نقطه وسط دهانه تا نقاط ابتدا و انتهای تیر خطی بوده و مقادیر حداقل‌ها و حداکثر در مساحت‌های گزارش شده لحاظ شده است. چنانچـه مساحت آرماتورهای سراسری برابر $17cm^2$ اختیار شود. طول صحیح آرماتورهای اضـافی (تقـویتی) در نقـاط ابتـدا و انتهای تیر (x) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

ارتفاع مؤثر مقطع تیر ۴۰cm و قطر آرماتورهای مصرفی کمتر از ۲۵mm می‌باشد.

A_s =۱۷cm² سراسری و A_s =۱۴cm² تقویتی



۱) X= ۱۵۰cm

۲) X= ۲۰۰cm

۳) X= ۲۴۰cm

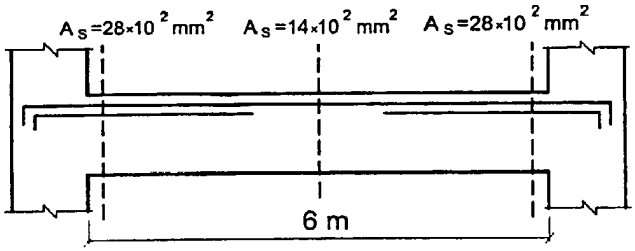
۴) X= ۱۸۰cm

گزینه ۳

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۴۰- در تیربتنی شکل زیر مقدار آرماتور موردنیاز فوقانی با رعایت مقادیر حداقل و حداکثر در سه ایستگاه گزارش شده است. چنانچه توزیع مقدار آرماتورهای موردنیاز در بین هر دو نیمه تیرخطی فرض شود، کدامیک از آرماتورهای زیر برای تهیه کروکی این تیر مناسب‌تر است؟



۱) 4Φ25 برای آرماتورهای سراسری به علاوه 2Φ25 برای آرماتورهای تقویتی
۲) 3Φ25 برای آرماتورهای سراسری به علاوه 3Φ25 برای آرماتورهای تقویتی
۳) 2Φ25 برای آرماتورهای سراسری به علاوه 4Φ25 برای آرماتورهای تقویتی
۴) 3Φ25 برای آرماتورهای سراسری به علاوه 6Φ25 برای آرماتورهای تقویتی

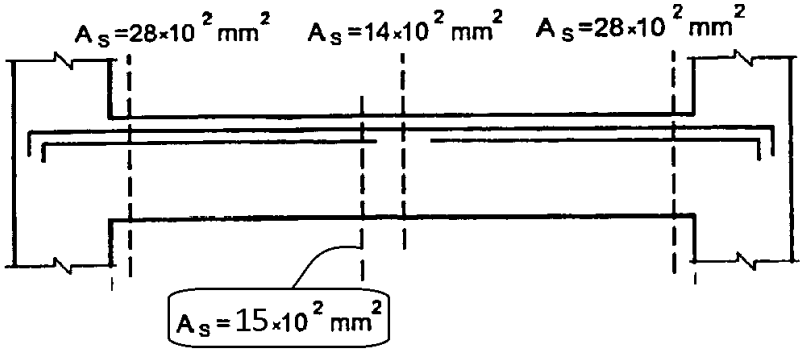
گزینه ۱

باید با حذف گزینه ها پاسخ دهیم:

گزینه ۴: در انتهای تیر $6\varphi25 = 2946\ mm^2$ کفایت می کند. در حالیکه در گزینه ۴ در دو انتها $\varphi25$ $(3 + 6 = 9)$ میلگرد منظور شده است که غیر اقتصادی است و بنابراین گزینه ۴ پاسخ نمی باشد.

گزینه ۳: در وسط تیر $3\varphi25 = 1473\ mm^2$ لازم است. در حالیکه در گزینه ۳ برای وسط تیر تنها $2\varphi25$ منظور شده است که کافی نیست و بنابراین گزینه ۳ پاسخ نمی باشد.

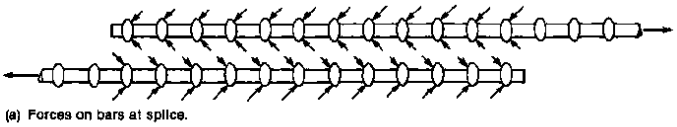
گزینه۲: در صورتی که میلگردهای سراسری $3\varphi25 = 1473\ mm^2$ انتخاب شوند، عملا میلگردهای تقویتی باید تا وسط تیر ادامه یابند. به شکل زیر توجه کنید. اگر وسط تیر $1400mm^2$ میلگرد لازم باشد، مسلما اندکی جلوتر $1500mm^2$ لازم خواهد بود. بنابراین میلگردهای تقویتی تا نزدیکی وسط تیر باید ادامه یابند که غیر اقتصادی خواهد بود

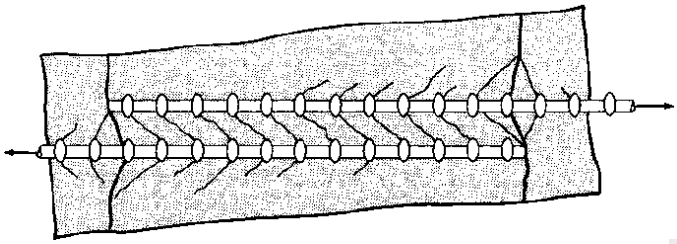


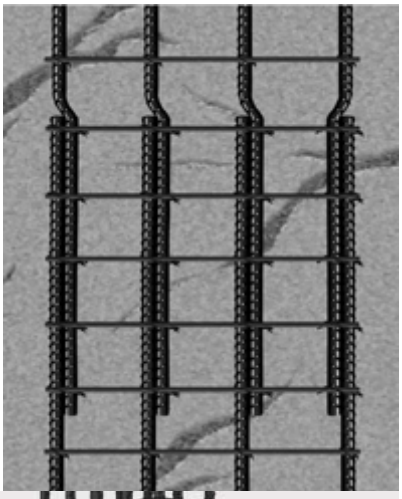
بنابراین باید طراح میلگردهای سراسری را کمی بیشتر از مقدار مورد نیاز در وسط تیر منظور کند تا تقویتی ها را بتوان عقب تر قطع کرد.

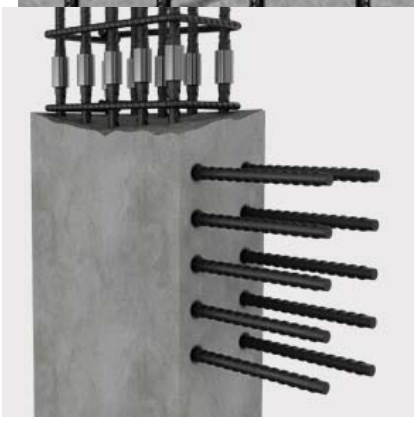
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۰-وصله میلگردها


(a) Forces on bars at splice.







۹-۲۱-۴ وصله میلگردها

۹-۲۱-۴-۱ ضوابط کلی

۹-۲۱-۴-۱-۱ وصله میلگردها به یکدیگر به یکی از چهار طریق (الف) تا (ت) این بند و یا ترکیبی از آنها مجاز است:

الف- وصله پوششی: که با مجاور هم قرار دادن دو میلگرد در قسمتی از طولشان عملی می‌شود. طولی که دو میلگرد باید در مجاور هم قرار داده شوند، «طول پوشش» نامیده می‌شود.

ب- وصله جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام می‌شود.

پ- وصله مکانیکی: که با بکارگیری وسایل مکانیکی خاص حاصل می‌شود.

ت- وصله اتکایی: که با بر روی هم قرار دادن دو انتهای میلگردهای فشاری عملی می‌گردد.

۹-۲۱-۴-۱-۲ وصله پوششی، تنها در مورد میلگردهای با قطر کمتراز ۳۶ میلیمتر مجاز می‌باشد.

۹-۲۱-۴-۱-۳ وصله پوششی برای گروه میلگردها، به عنوان یک مجموعه میلگرد، مجاز نیست. اما هریک از میلگردها را می‌توان جداگانه با وصله پوششی بهم متصل نمود. در این حالت نواحی وصله میلگردهای مختلف نباید با هم تداخل داشته باشند.

۹-۲۱-۴-۱-۴ طول پوشش لازم برای وصله پوششی هر دو میلگرد در گروه میلگردها باید براساس طول پوشش لازم برای هریک از میلگردها تعیین شود و در آن ضوابط بند ۹-۲۱-۲-۶ نیز رعایت شود.

۹-۲۱-۴-۱-۵ در اعضای خمشی فاصله محور تا محور دو میلگرد که با وصله پوششی بهم متصل می‌شوند نباید بیشتر از یک پنجم طول پوشش لازم و یا بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

در سایر اعضا این فاصله نباید بزرگتر از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر باشد.

محل وصله غیر تماسی باید با میلگردهای عرضی عمود بر میلگردهای وصله شونده محصور گردد.

۹-۲۱-۴-۱-۶ وصله جوشی میلگردها باید به صورت یکی از روش‌های اتصال جوشی نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی) یا اتصال جوشی ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی) انجام شود. مقاومت این وصله‌ها در کشش باید حداقل برابر با $1/47 A_b f_{yd}$ باشد، مگر آنکه الزامات بند ۹-۲۱-۴-۲-۲ تأمین شده باشد.

اتصال جوشی نوک به نوک خمیری فقط در شرایط کارخانه‌ای و در صورتی مجاز است که قطر میلگردها از ۱۰ میلیمتر برای فولادهای گرم نورد شده یا ۱۴ میلیمتر برای فولادهای سرد اصلاح شده کمتر نباشد، و نسبت سطح مقطع دو میلگرد وصله شونده از ۱/۵ تجاوز نکند.

اتصال جوشی ذوبی با الکترود در صورتی مجاز است که برای هر نوع فولاد، مطابق مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان، از الکترود و روش جوشکاری مناسب آن استفاده شود.

اتصال جوشی ذوبی با الکترود به‌طور معمول به یکی از روش‌های (الف) تا (پ) این بند انجام می‌پذیرد:

الف- اتصال جوشی پهلو به پهلو با جوش از یک‌رو یا دورو، که فقط برای میلگردهای گرم نورد شده با قطر ۶ تا ۳۶ میلیمتر مجاز است. در این روش طول نوار جوش از یک‌رو نباید از ۱۰ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر باشد و طول نوار جوش دورو نباید از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر، کمتر اختیار شود.

ب- اتصال جوشی با وصله یا وصله‌های جانبی اضافه با جوش از یک‌رو یا دورو، فقط برای میلگردهای گرم نورد شده مجاز است. حداقل طول نوار جوش برای اتصال هر میلگرد به وصله یا وصله‌ها مشابه اتصال جوشی پهلو به پهلو است.

پ- اتصال جوشی نوک به نوک با پشت بند با آمادگی یا بدون آمادگی سر میلگردها، که طول پشت بند نباید کمتر از ۳ برابر قطر میلگردها برای فولادهای گرم نورد شده یا ۸ برابر قطر میلگردها برای فولادهای سرد اصلاح شده اختیار شود. فاصله دو سر میلگردهای وصله شونده از هم در حالت با آمادگی ۳ میلیمتر و در حالت بدون آمادگی باید معادل نصف قطر میلگردها باشد. در مورد فولادهای سرد اصلاح شده آماده کردن سر هر دو میلگرد الزامی است. در صورتی که میلگردهای وصله شونده در وضعیت قائم یا نزدیک به قائم قرار گیرند، آماده کردن انتهای میلگرد فوقانی الزامی است و انتهای میلگرد تحتانی باید عمود بر محور آن بریده شود.

۹-۲۱-۴-۱-۷ وصله مکانیکی میلگردها باید درکشش و فشار دارای مقاومت حداقل برابر با $1/47 A_b f_{yd}$ باشد مگر آنکه ضابطه بند ۹-۲۱-۴-۲-۲ تأمین شده باشد.

۹-۲۱-۴-۱-۸ وصله‌های اتکایی فقط برای میلگردهای تحت فشار با قطر ۲۵ میلیمتر و بیشتر مجاز است و رعایت ضوابط بند ۹-۲۱-۴-۳-۳ در آنها الزامی است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۱-۴ وصله میلگردها

۹-۲۱-۴-۲ وصله میلگردهای کششی

۹-۲۱-۴-۲-۱ در وصله‌های پوششی، طول پوشش باید حداقل برابر با $1/3 l_d$ باشد. تنها در مواردی که دو شرط (الف) و (ب) این بند بطور توأم تأمین باشد طول پوشش را می‌توان به مقدار l_d کاهش داد:

الف ـ مقدارآرماتور موجود در ناحیه طول پوشش حداقل به اندازه دو برابر مقدار مورد نیاز باشد.

ب ـ حداکثر نصف آرماتور موجود در مقطع در ناحیه طول پوشش وصله شوند.

l_d طول گیرایی میلگرد در کشش است که باید براساس ضوابط بند ۹-۲۱-۲-۴ محاسبه شود. در محاسبه l_d، ضریب اضافه آرماتور موضوع بند ۹-۲۱-۲-۸ باید برابر با یک منظور شود.

طول پوشش در هیچ حالت نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۱-۴-۲-۲ در وصله‌های جوشی یا مکانیکی در مواردی که مقدار آرماتور موجود در مقطع کمتر از دو برابر مورد نیاز باشد، مقاومت وصله باید برابر با $1/47 A_b f_{yd}$ باشد ولی در سایر موارد مقاومت وصله را می‌توان کمتر از این مقدار و مطابق ضابطه (الف) و (ب) این بند در نظر گرفت:

الف ـ مقاومت وصله در هر میلگرد باید چنان باشد که کل میلگردهای موجود در این مقطع بتوانند نیرویی حداقل معادل دو برابر نیروی لازم در آن مقطع را تحمل نمایند. این نیرو نباید کمتر از ۱۴۰ مگاپاسکال برای کل میلگردها در نظر گرفته شود. فاصله وصله‌ها از یکدیگر در مقاطع مختلف متوالی نباید کمتر از ۶۰۰ میلیمتر باشد.

ب ـ نیروی کششی مقاوم مورد نظر در بند الف را باید برای میلگردهای وصله داده شده برابر با نیروی مقاوم وصله وبرای میلگردهای وصله نشده برابر $A_b f_y$ آنها که به نسبت طول واقعی مهار شده به طول گیرایی لازم آنها کاهش داده شده است، محاسبه نمود.

۹-۲۱-۴-۲-۳ در قطعات کششی وصله میلگردها باید تنها به وسیله وصله‌های جوشی یا مکانیکی انجام شود و در آنها ضوابط بند ۹-۲۱-۴-۱-۶ یا ۹-۲۱-۴-۱-۷ رعایت گردد. فاصله وصله‌ها درمیلگردهای مجاور هم باید بیشتر از ۷۵۰ میلیمتردر نظر گرفته شود.

۹-۲۱-۴ وصله میلگردها

۹-۲۱-۴-۴ ضوابط خاص وصله آرماتورها در ستون‌ها

۹-۲۱-۴-۴-۱ در ستون‌ها وصله آرماتورها می‌تواند از نوع پوششی، جوشی، مکانیکی و یا اتکایی باشد. وصله آرماتورها باید برای تمامی ترکیبات بارگذاری مناسب باشد.

۹-۲۱-۴-۴-۲ وصله پوششی میلگردهایی که در فشار قرار دارند مشمول ضوابط این نوع وصله‌ها در فشار و میلگردهایی که در کشش قرار دارند مشمول ضوابط این نوع میلگردها در کشش می‌شوند. در میلگردهای کششی چنانچه تنش موجود در آنها کمتر از $0/56 f_{yd}$ و تعداد میلگردهایی که در طول ناحیه پوشش وصله می‌شوند، کمتر از نصف میلگردهای کششی باشد طول پوشش باید حداقل برابر با l_d و در غیر اینصورت باید حداقل برابر با $1/3 l_d$ در نظر گرفته شود. در حالت اول فاصله وصله‌ها در میلگردهای مختلف از یکدیگر نباید کمتر از l_d اختیار شود.

۹-۲۱-۴-۴-۳ در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحیه وصله پوششی آرماتور عرضی به صورت خاموت با سطح مقطع بیشتر از $0/0015hs$ وجود داشته باشد طول پوشش را می‌توان به اندازه ۲۰ درصد و چنانچه آرماتور عرضی به صورت مارپیچ وجود داشته باشد، طول پوشش را می‌توان به اندازه ۲۵ درصد کاهش داد. طول پوشش در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود. در محاسبه سطح مقطع خاموت تنها سطح مقطع شاخه‌های عمود در امتداد h منظور می‌گردد.

۹-۲۱-۴-۴-۴ در ستون‌ها وصله‌های اتکایی میلگردها را مطابق ضابطه بند ۹-۲۱-۴-۳-۳ می‌توان به کار برد مشروط بر آنکه یا این نوع وصله برای هر تعداد از میلگردها در مقاطع مختلف انجام شود و یا در محل وصله، میلگرد اضافی به کار برده شود، به طوری که مقاومت میلگردهایی که در محل وصله ادامه دارند، حداقل معادل با یک چهارم مقدار $A_b f_y$ برای تمامی میلگردهای موجود در آن وجه ستون باشد.

۹-۲۱-۴ وصله میلگردها

۹-۲۱-۴-۳ وصله میلگردهای فشاری

۹-۲۱-۴-۳-۱ در وصله‌های پوششی، طول پوشش برای فولادهای از رده $S400$ یا پایین‌تر باید حداقل برابر با $0/08 f_{yd} d_b$ و برای فولادهای مقاوم‌تر برابر با $(0/15 f_{yd} - 24) d_b$ باشد. این طول در هر حال نباید کمتر از ۳۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۱-۴-۳-۲ در مواردی که میلگردهای با قطرهای مختلف با وصله پوشش بهم متصل می‌شوند طول پوشش باید برابر بزرگترین دو مقدار، طول گیرایی میلگرد با قطر بزرگتر یا طول پوشش لازم برای میلگرد با قطر کوچکتر، در نظر گرفته شود. میلگردهای با قطر بزرگتر از ۳۶ میلیمتر را می‌توان به میلگردهای با قطر کوچکتر از ۳۶ میلیمتر اتصال داد.

۹-۲۱-۴-۳-۳ در وصله‌های اتکایی که در آنها برای انتقال فشار از یک میلگرد به دیگری، انتهای آن دو به هم تکیه داده می‌شوند، باید سطوح انتهای میلگردها کاملاً گونیا بریده شوند و تماس آن دو تا حد امکان کامل باشد. زاویه سطح انتهایی هر میلگرد نسبت به سطح عمود بر محور میلگرد بیش از ۱/۵ درجه انحراف داشته باشد و سطح تماس دو میلگرد بعد از سوار شدن نیز نباید بیش از ۳ درجه نسبت به اتکای کامل انحراف داشته باشد. این نوع وصله تنها در قطعاتی که دارای خاموت عرضی بسته یا مارپیچ هستند، مجاز می‌باشد.

۹-۲۱-۴ وصله میلگردها

۹-۲۱-۴-۵ طول وصله دورپیچ‌ها

آرماتورهای دورپیچ را می‌توان با طول‌های داده شده در زیر وصله نمود:

۱- میلگردهای آجدار $48 d_b$

۲- میلگردهای ساده $72 d_b$

۳- میلگردهای آجدار اندود شده $72 d_b$

۲- میلگردهای ساده و آجدار با قلاب استاندارد انتهایی (قلاب در بتن هسته قرار گیرد) $48 d_b$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

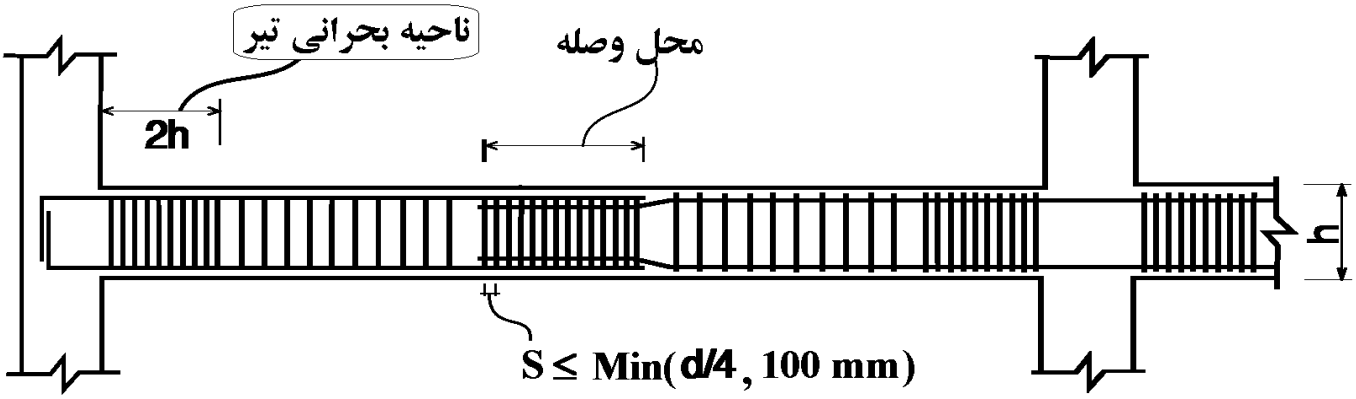
۹-۲۳-۴-۱-۲-۵ استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ‌یا دورپیچ موجود باشد. فواصل سفره‌های آرماتور عرضی دربرگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع و ۱۰۰ میلیمتر اختیار شود.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۶ استفاده از وصله پوششی در محل‌های زیر مجاز نیست:

الف- در اتصالات تیرها به ستون‌ها

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه

۹-۲۳-۴-۱-۲-۷ وصله‌های جوشی یا مکانیکی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۱-۴-۱-۶ و ۹-۲۱-۴-۱-۷ به شرطی مجاز است‌که وصله میلگرد در هر سفره میلگرد به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر در امتداد طول عضو، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.



۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۲-۲-۳ استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله‌ها باید برای وصله‌های کششی در نظر گرفته شود.

۹-۲۳-۴-۲-۲-۴ وصله‌های جوشی یا مکانیکی، مطابق ضوابط بند ۹-۲۱-۴-۱-۶ و ۹-۲۱-۴-۱-۷ در میلگردهای طولی به شرطی مجاز است که وصله میلگردها در هر مقطع به صورت یک در میان انجام شود و فاصله وصله‌ها در میلگردهای مجاور یکدیگر، در امتداد طول ستون، کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر نباشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۸۹

۴۲- برای مقطع یک ستون بتنی در بالای محل وصله از آرماتور طولی با قطر Φ16 و در زیر محل وصله از آرماتورهای طولی با قطر Φ20 استفاده شده است. چنانچه محل وصله در قسمت میانی ستون باشد، طول وصله براساس طول وصله کدامیک از قطرهای زیر محاسبه می شود؟

۱) Φ16 ۲) Φ20

۳) متوسط Φ20و Φ16 ۴) طول وصله براساس قطر خاموتهای عرضی محاسبه می شود.

گزینه ۱

محاسبات ۹۳

۲۶- طول پوشش لازم برای دو میلگرد Φ20 که در یک عضو خمشی با وصله پوششی به هم وصله شده‌اند، برابر 900 میلی‌متر می‌باشد. حداکثر فاصله مجاز محور تا محور آن دو میلگرد برحسب میلی‌متر برابر است با:

۱) 150 ۲) 250 ۳) 180 ۴) 100

گزینه ۱

$$S = Min\left(\frac{900}{5}, 150\right) = 150\ mm$$

محاسبات ۹۳

۳۴- حداقل طول پوشش دو میلگرد فشاری با قطرهای 20 و 25 میلی‌متر که با وصله پوششی به هم متصل می‌شوند به کدامیک از مقادیر زیر بر حسب میلی‌متر نزدیکتر است؟ نوع فولاد S400 و رده بتن C30 می‌باشد. ($\phi_c = 0.65$)

۱) 700 ۲) 470 ۳) 550 ۴) 650

گزینه ۳

طول گیرایی میلگرد با قطر بزرگتر برابر است با:

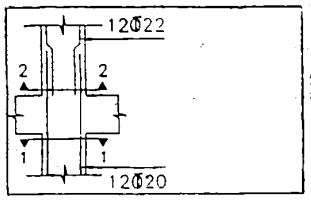
$$l_{dc} = Max\left(0.24 \times \frac{0.85 \times 400}{\sqrt{0.65 \times 30}}, 0.05 \times 0.85 \times 400\right) d_b = 18.47 d_b = 461\ mm$$

طول پوشش لازم برای میلگرد کوچکتر برابر است با:

$$0.08 \times 0.85 \times 400 d_b = 27.2 d_b = 544\ mm$$

محاسبات-۸۴- پایه ۲

۳۸- نتایج خروجی طراحی یک ستون مقدار فولاد لازم در مقطع ۱-۱ را ۱۲$\bar{\phi}$۲۰ و در مقطع ۲-۲ را ۱۲$\bar{\phi}$۲۲ تعیین کرده است. با توجه به شکل کدام عبارت صحیح است؟



۱) میلگردهای پائین باید به ۱۲$\bar{\phi}$۲۲ تغییر پیدا کنند.

۲) میلگردهای طبقه فوقانی همواره باید کمتر از طبقه پائین باشند.

۳) در صورتی‌که طول وصله بر اساس قطر میلگرد کوچکتر انجام شود (۱۲$\bar{\phi}$۲۰)، طرح صحیح است.

۴) در صورتی‌که طول وصله بر اساس قطر میلگرد بزرگتر انجام شود (۱۲$\bar{\phi}$۲۲)، طرح صحیح است.

گزینه ۱

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۱۳- در مورد وصله پوشش دو میلگرد فشاری با قطرهای 20 و 25 میلیمتر گزینه صحیح‌تر را انتخاب کنید؟

۱) طول پوشش برابر کوچکترین دو مقدار طول گیرائی میلگرد Φ25 و طول پوشش لازم برای میلگرد Φ20 در نظر گرفته می‌شود.

۲) طول پوشش برابر بزرگترین دو مقدار طول گیرائی میلگرد Φ25 و طول پوشش لازم برای میلگرد Φ20 در نظر گرفته می‌شود.

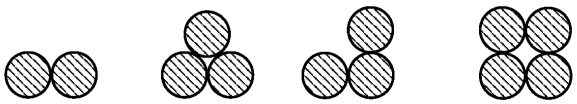
۳) طول پوشش فقط براساس طول پوشش میلگرد 25 میلیمتری تعیین می‌گردد.

۴) طول پوشش فقط براساس طول گیرایی میلگرد 20 میلیمتری تعیین می‌شود.

گزینه ۲

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۱-گروه میلگرد



۹-۱۴-۱۱-۲ گروه میلگردهای در تماس

۹-۱۴-۱۱-۲-۱ در استفاده از گروه میلگردهای موازی که درآنها میلگردها درتماس با هم بسته می‌شوند تا به صورت واحد عمل کنند، ضوابط (الف) تا (ج) این بند، باید رعایت شوند:

الف) تعداد میلگردهای هرگروه برای گروه‌های قائم تحت فشار نباید از ۴ عدد، و در سایر موارد از ۳ عدد تجاوز کند.

ب) در تمامی موارد تعداد میلگردهای هرگروه در محل وصله‌ها نباید بیشتراز ۴ باشد.

پ) درگروه میلگردها با بیش از دو میلگرد، نباید محورهای تمامی میلگردها در یک صفحه واقع شوند. همینطور تعداد میلگردهایی که محورهای آنها در یک صفحه واقع می‌شوند جز در محل وصله‌ها نباید بیشتر از دو باشد.

ت) درتیرها نباید میلگردها با قطر بزرگتر از ۳۶ میلی‌متر را به صورت گروهی به کاربرد.

ث) گروه‌های میلگردهای در تماس باید درخاموت‌های بسته یا دورپیچ محصور شوند.

ج) درمواردی نظیر تعیین محدودیت‌های فاصله و حداقل ضخامت پوشش بتن محافظ، که قطر میلگردها مبنای محاسبه قرار می‌گیرد، قطرگروه میلگردهای درتماس معادل قطر میلگردی فرض می‌شود که سطح مقطع آن با سطح مقطع کل گروه مساوی باشد. ملاک اندازه‌گیری فاصله آزاد و حداقل ضخامت پوشش در این گونه موارد خارجی‌ترین سطح گروه میلگرد در امتداد مورد نظر خواهد بود.

۱۱-۱- طول گیرایی گروه میلگرد

۹-۲۱-۲-۶ طول گیرایی در گروه میلگردها

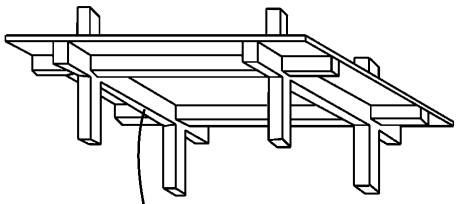
۹-۲۱-۲-۶-۱ طول گیرایی گروه میلگردهای سه‌تایی و چهارتایی در کشش یا فشار باید به ترتیب ۱/۲ و ۱/۳۳ برابر طول گیرایی یک میلگرد تنها در نظر گرفته شود. برای گروه میلگردهای دوتایی افزایش طول گیرایی الزامی نیست.

۹-۲۱-۲-۶-۲ برای تعیین طول گیرایی یک میلگرد در گروه میلگردها ضرایب بکار برده شده رابطه ۹-۲۱-۱ باید براساس قطر میلگرد فرضی با مقطع معادل گروه میلگردها اختیار شوند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

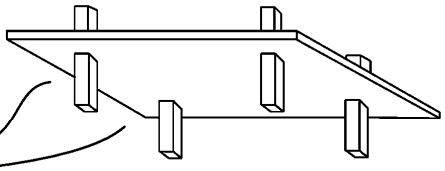
۱۲-دال

۱۲-۱- مفاهیم

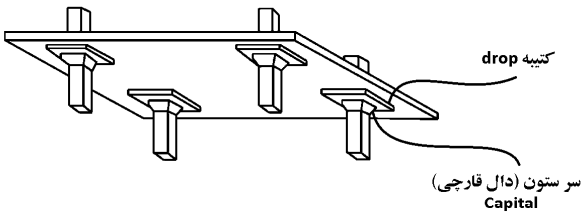


۹-۱۸ طراحی دال

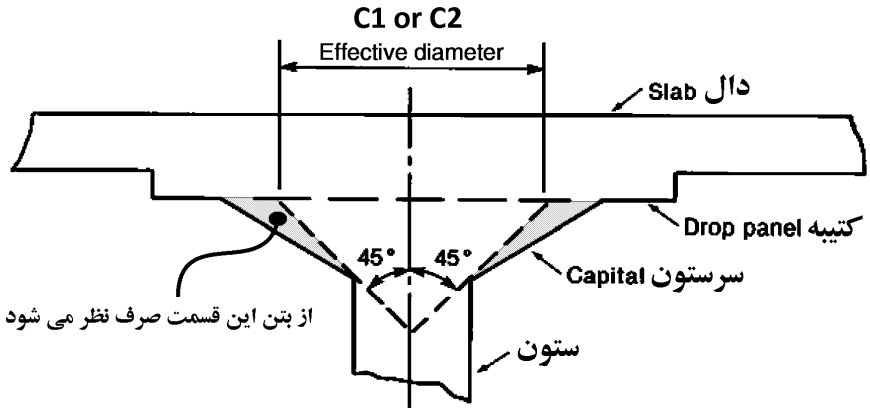
۹-۱۸-۱ گستره

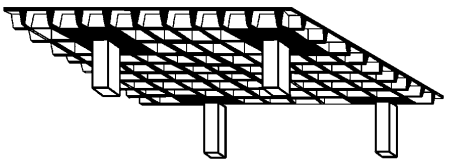


۹-۱۸-۱-۱ ضوابط این فصل مربوط به طراحی سیستم‌هایی از دال‌ها است که مشخصات هندسی آنها در بند (۹-۱۳-۵) تعریف شده است. سیستم دال می‌تواند دارای تیرهای زیر سری باشد و یا مستقیماً روی ستون یا دیوار تکیه کنند.



۹-۱۸-۱-۲ سیستم‌هایی که در آنها دال مستقیماً روی ستون‌هایی بدون سرستون (دال تخت)، یا با سرستون (دال قارچی)، تکیه دارند به شرطی مشمول ضوابط این فصل می‌شوند که آن قسمت از سرستون که خارج از بزرگترین مخروط یا هرم ناقص محاط در داخل ستون و سرستون با زاویه تمایل یال‌ها با وجوه کمتر از ۴۵ درجه نسبت به محور ستون، قرار می‌گیرد از نظر سازه‌ای نادیده انگاشته می‌شود. در این حالت ابعاد c_1 و c_2، ابعاد سطح تقاطع همین مخروط یا هرم با دال، یا کتیبه سرستون، در صورت وجود، محسوب می‌شود و دهانه آزاد دال، l_n، با توجه به همین ابعاد تعیین می‌شود.





۹-۱۸-۱-۳ سیستم‌های دال‌های مشبک با یا بدون قطعات پرکننده بین تیرچه‌ها، با شرط آنکه تیرچه‌ها در دو امتداد وجود داشته باشند، مشمول ضوابط این فصل می‌شوند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹- ۱۸-۲ تعاریف

۹-۱۸-۲-۱ سیستم دال

به مجموعه‌ای از قطعات صفحه‌ای با یا بدون تیر گفته می‌شود که تحت اثر بارهای عمود بر صفحه خود قرار می‌گیرند. سیستم‌های معمول دال‌ها عبارتند از تیر- دال، دال تخت، دال قارچی و دال مشبک.

۹-۱۸-۲-۲ نوار پوششی

به قسمتی از سیستم دال گفته می‌شود که در دو سمت محور ستون‌های واقع در یک ردیف در پلان قرار می‌گیرد و به محورهای طولی گذرنده از وسط چشمه‌های مجاور محدود شود.

۹-۱۸-۲-۳ نوار ستونی

به قسمتی از نوار پوششی گفته می‌شود که در دو سمت محور ستون‌ها واقع شود و عرض آن در هر سمت محور برابر با $0/25l_1$ و یا $0/25l_2$ هرکدام کوچکتر است، باشد. این نوار شامل تیر بین ستون‌ها در صورت وجود، نیز می‌شود.

۹-۱۸-۲-۴ نوار میانی

نواری از سیستم دال است که در حد فاصل دو نوار ستونی قرار می‌گیرد.

۹-۱۸-۲-۵ نوار کناری

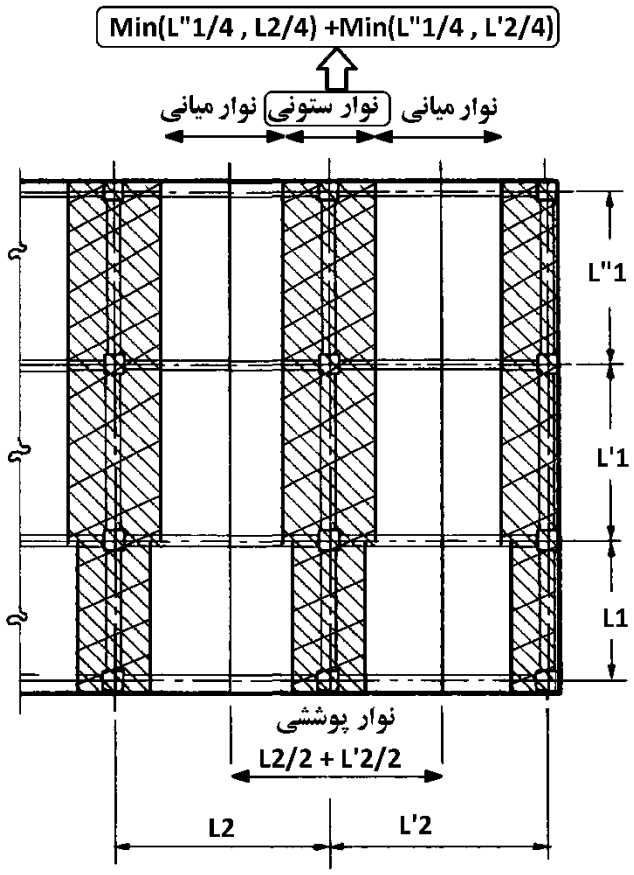
در سیستم (تیر، دال) نواری از دال است که در هر سمت تیر در نوار ستونی قرار می‌گیرد.

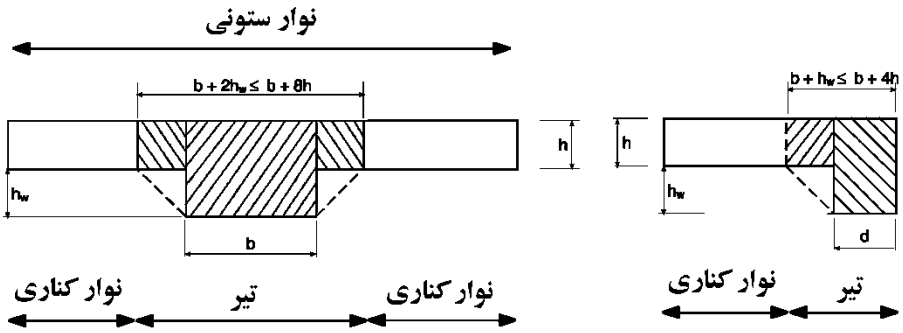
۹-۱۸-۲-۶ تیر در سیستم (تیر، دال)

تیر در دال‌ها شامل جان تیر و قسمتی از دال است که در هر سمت تیر دارای عرضی برابر با تصویر مایل ۴۵ درجه آن قسمت از جان تیر باشد که در زیر یا در روی دال، هر کدام ارتفاع بیشتری دارد، قرار می‌گیرد مشروط بر آنکه این عرض در هر سمت جان بزرگتر از چهار برابر ضخامت دال نباشد.

۹-۱۸-۲-۷ چشمه دال

قسمتی از سیستم دال است که به محورهای ستون‌ها، تیرها، یا دیوارهای تکیه‌گاهی محدود می‌شود.



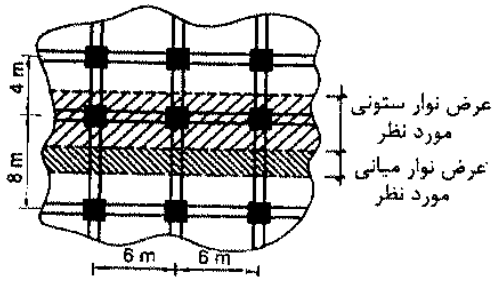


اگر دالی به جای اینکه در هر چهارطرف تکیه گاه داشته باشد (به تیر تکیه کند) تنها در دو طرف (یک راستا) تکیه گاه داشته باشد و یا اگر چهار تکیه گاه داشته باشد ولی نسبت طول به عرض آن بیش از ۲ باشد، به آن دال یکطرفه گویند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۳۳- شکل روبرو پلان قسمتی از یک سقف با سیستم دال دوطرفه را نشان می‌دهد. برای تحلیل و طراحی این دال عرض نوار میانی و نوار ستونی نشان داده شده در شکل به ترتیب چقدر باید در نظر گرفته شود؟



۱) 3 متر و 2 متر

۲) 4 متر و 2 متر

۳) 5 متر و 2.5 متر

۴) 6 متر و 3 متر

گزینه ۳

عرض نوار ستونی:

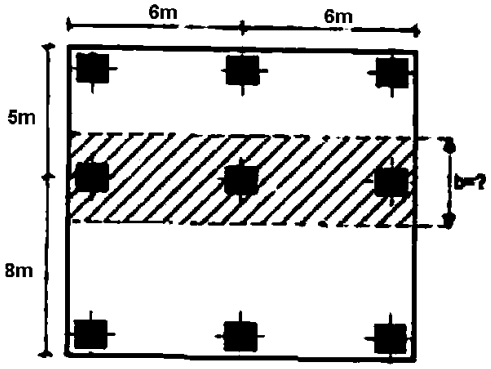
$$Min\left(\frac{6}{4},\frac{8}{4}\right)+Min\left(\frac{6}{4},\frac{4}{4}\right)=1.5+1=2.5m$$

عرض نوار میانی:

$$8-2\times Min\left(\frac{6}{4},\frac{8}{4}\right)=8-3=5m$$

محاسبات ۹۲

۴۰- در شکل زیر پلان یک طبقه از ساختمانی با سیستم دال دوطرفه نشان داده شده است. پهنای نوار ستونی نشان داده شده به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



۱) b = 4 m

۲) b = 3 m

۳) b = 2.75 m

۴) b = 2.5 m

گزینه ؟

فواصل آکس تا آکس ستونها در مسئله مشخص نشده است. در صورتی که فواصل داده شده، فواصل آکس تا آکس ستونها فرض شود، داریم:

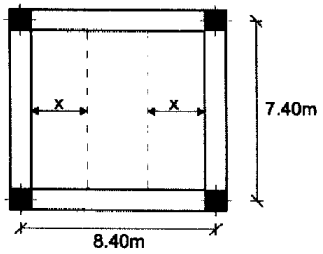
$$b=Min\left(\frac{5}{4},\frac{6}{4}\right)+Min\left(\frac{6}{4},\frac{8}{4}\right)=1.25+1.5=2.75\ m$$

در کلید اولیه سازمان گزینه ۳ و سپس در اصلاحیه کلید نهایی گزینه های ۳ و ۴ به عنوان گزینه قابل قبول مشخص شده اند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۱۸- در صورتیکه ابعاد ستون‌ها 40×40 cm و تیرها 40×60 cm (b=40 cm , h=60 cm) باشد، عرض نوار کناری دال دوطرفه (x) در جهت 7.4 متری چقدر می‌باشد؟(برحسب متر)



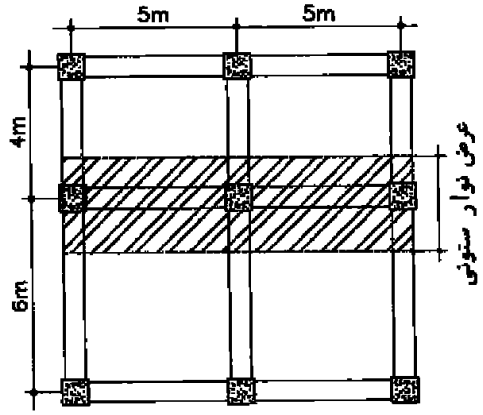
۱) 1.85
۲) 2.10
۳) 1.90
۴) 1.65

گزینه ۴:

$$\frac{7.4}{4}-\frac{0.4}{2}=1.65\,m$$

تمرین: محاسبات ۸۷

۴۷- در دال دوطرفه زیر که قسمتی از دال های یک کف است، برای محاسبه آرماتورهای موردنیاز در نوار ستونی نشان داده شده در شکل، عرض نوار ستونی کدامیک از مقادیر زیر باید درنظر گرفته شود؟

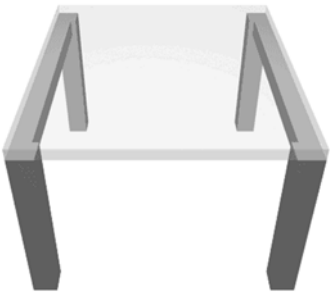


۱) 5 متر
۲) 3 متر
۳) 2.5 متر
۴) 2 متر

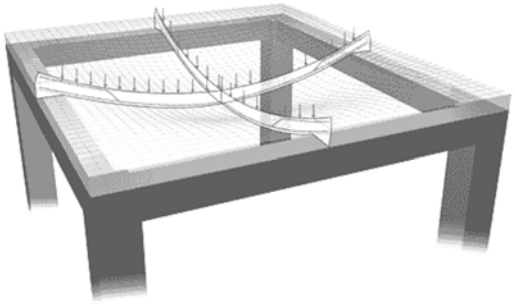
گزینه ؟

$$Min\left(\frac{5}{4},\frac{6}{4}\right)+Min\left(\frac{5}{4},\frac{4}{4}\right)=1.25+1=2.25\,m$$

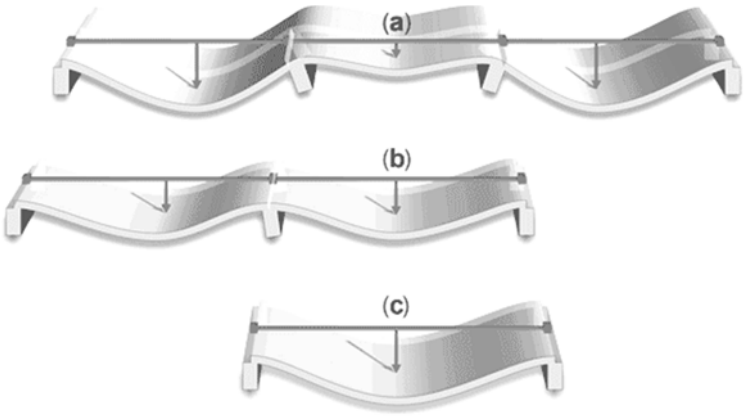
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



دال یک طرفه: تنها در دو لبه تیر (تکیه گاه) داریم

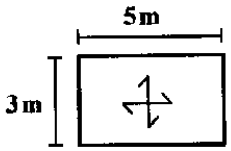


دال دو طرفه: در هر چهار لبه تیر (تکیه گاه) داریم



محاسبات-۹۱

۲۷- دال دو طرفه‌ی زیر در چهار طرف دارای تکیه‌گاه ساده می‌باشد. اگر W_a و W_b به ترتیب سهم بار، در امتداد کوتاه و بلنـد از کل بار W باشند، $\frac{W_a}{W_b}$ کدام است؟



ضخامت دال = ۲۰ cm و f_y = ۴۰۰ Mpa و f_c = ۲۵ MPa

۱) ۲/۷۲

۲) ۲/۷۷

۳) ۷/۲۷

۴) ۷/۷۲

$$\frac{Wa}{Wb} = \left(\frac{5}{3}\right)^4 = 7.72$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۲-۲- بازشو در دال

۹-۱۸ طراحی دال

۹-۱۸-۳ ضوابط کلی طراحی دال‌ها

۹-۱۸-۳-۵ بازشوها در سیستم دال‌ها

۹-۱۸-۳-۵-۱ در سیستم‌های دال‌ها می‌توان بازشوهایی با هر اندازه و در هر محل پیش بینی کرد، مشروط بر آنکه با انجام تحلیل ویژه بتوان نشان داد سیستم از مقاومت کافی برخوردار است و ضوابط مربوط به حالات حدی بهره‌برداری به ویژه ضوابط مربوط به تغییر شکل‌ها را ارضا می‌کند.

۹-۱۸-۳-۵-۲ در صورتی که تحلیل ویژه‌ای انجام نشود، باید ضوابط بندهای ۹-۱۸-۳-۵-۳ تا ۹-۱۸-۳-۵-۵ را در تعیین محل و ابعاد بازشوها رعایت کرد. در تمامی موارد باید در طرفین بازشوها در هر امتداد، آرماتورهای اضافی به اندازه آرماتورهای قطع شده قرار داد.

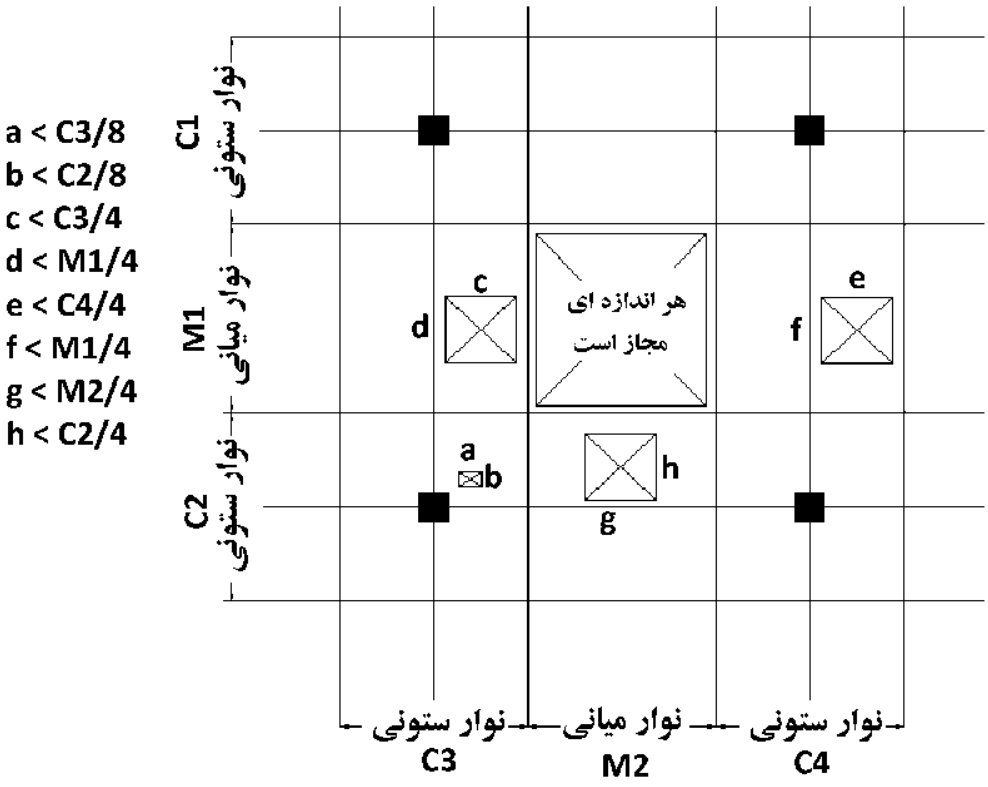
۹-۱۸-۳-۵-۳ در نواحی مشترک بین دو نوار میانی متقاطع دال می‌توان هر باز شویی با هر اندازه‌ای پیش‌بینی کرد.

۹-۱۸-۳-۵-۴ در نواحی مشترک بین دو نوار ستونی متقاطع دال فقط باز شوهایی با ابعاد کمتر از یک هشتم عرض نوار در هر جهت می‌توان پیش‌بینی کرد.

۹-۱۸-۳-۵-۵ در نواحی مشترک بین یک نوار ستونی و یک نوار میانی متقاطع دال فقط باز شوهایی با ابعاد کمتر از یک چهارم عرض نوار در هر جهت می‌توان پیش‌بینی کرد.

۹-۱۸-۳-۵-۶ در صورت ایجاد بازشو در سیستم دال، باید ضوابط طراحی برای برش مطابق بند ۹-۱۵-۴-۱۷ رعایت شوند.

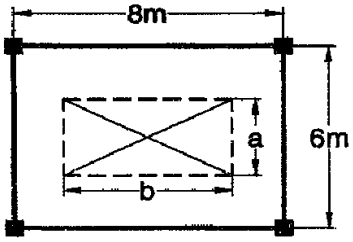
۹-۱۸-۳-۵-۷ در دال‌های سیستمهای (تیر،دال)، بازشوها نباید از محل تیرها عبور کند، مگر آنکه تحلیل قابل قبولی ارائه شود.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۸۹

۳۰- حداکثر ابعاد بازشویی که می‌توان در مرکز یک چشمه دال دو طرفه مطابق شکل، بدون انجام تحلیل ویژه‌ای با تامین آرماتورهای اضافی باندازه آرماتورهای قطع شده در طرفین باز شو در هر امتداد و بدون توجه به ضوابط طراحی برای برش ایجاد نمود، برحسب متر چقدر است؟

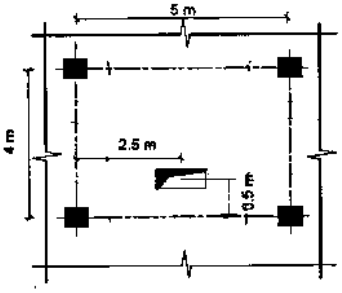


۱) $a=3$ و $b=5$
۲) $a=3$ و $b=4$
۳) $a=3$ و $b=3$
۴) $a=4$ و $b=4$

گزینه ۱

محاسبات ۹۳

۱۰- در شکل زیر پلان یک دال بتنی بدون تیر (دال تخت) با بازشویی به ابعاد 450×700 میلی‌متر نشان داده شده است. کدامیک از گزینه‌ها در خصوص این بازشو صحیح است؟ اندازه‌ها موقعیت مرکز بازشو از محور ستونها را به متر نشان می‌دهند. دهانه‌های مجاور در هر امتداد، طول دهانه یکسان با پانل نشان داده شده در همان امتداد را دارند.



۱) ابعاد بازشو مجاز نیست مگر آنکه برای بررسی کفایت مقاومت سیستم، تحلیل ویژه انجام شود.
۲) ابعاد بازشو و محل آن مجاز بوده و باید در گوشه‌های بازشو میلگردهای مورب به اندازه میلگردهای قطع‌شده قرار داد.
۳) ابعاد بازشو و محل آن مجاز بوده و باید در طرفین بازشو در هر امتداد، میلگردهای اضافی به اندازه میلگردهای قطع‌شده قرار داد.
۴) ابعاد بازشو قابل قبول نمی‌باشد.

گزینه ۳

با توجه به اینکه عرض نوار میانی برابر $5-2=3m$ و عرض نوار ستونی برابر 2m می باشد، داریم:

$$0.45 < \frac{1}{4} \times 2\text{m} \quad OK.$$

$$0.7 < \frac{1}{4} \times 3\text{m} \quad OK.$$

بدین ترتیب گزینه ۳ صحیح خواهد بود. البته با توجه به شکل سمت راست (راهنمای مبحث نهم) این استنباط رد می شود.

محاسبات ۹۲

۳۲-در یک دال تخت بتنی که فاصله ستونها در دو راستا 4 متر می‌باشد، بازشویی به ابعاد 300×300 میلی‌متر در محدوده یک متری از محور ستون ایجاد شده است. کدام حالت را توصیه می‌کنید؟

۱) ایجاد بازشو با ابعاد مذکور در آن موقعیت فقط با انجام تحلیل ویژه مجاز می‌باشد.
۲) ایجاد بازشو با ابعاد مذکور در آن موقعیت بدون انجام تحلیل ویژه و با افزودن میلگردهای قطع‌شده در طرفین بازشو مجاز است.
۳) درصورتیکه بازشوی مذکور در آن موقعیت میلگردهای اصلی دال را قطع ننماید، ایجاد بازشوی مذکور بدون هیچگونه تمهیدات خاصی مجاز است.
۴) تعبیه بازشو در آن موقعیت مجاز نمی‌باشد.

گزینه ۱. دقت شود که محدوده "یک متری از محور ستون" در محدوده نوار ستونی قرار میگیرد و بنابراین هم می تواند شامل هر دو بند ۹-۱۵-۳-۵-۴ و ۹-۱۵-۳-۵-۵ شود که در هر دو حالت بیش از مقادیر ذکر شده در این بندها می باشد.

۱۲-۳- کتیبه

۹-۱۸ طراحی دال

۹-۱۸-۳ ضوابط کلی طراحی دال‌ها

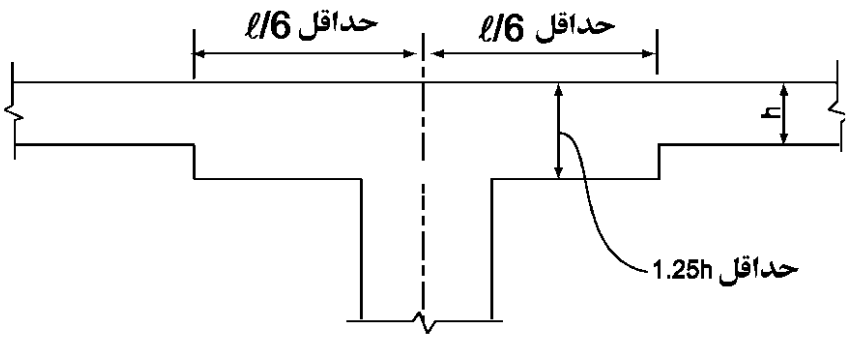
۹-۱۸-۳-۴ کتیبه دال‌ها

۹-۱۸-۳-۴-۱ در مواردی که برای کاهش مقدار آرماتور منفی، روی ستون‌های دال‌های تخت یا قارچی، اقدام به ایجاد کتیبه در روی ستون می‌شود، ضوابط بندهای۹-۱۸-۳-۴-۲ تا ۹-۱۸-۳-۴-۴ باید رعایت شوند.

۹-۱۸-۳-۴-۲ بعد کتیبه در هر سمت محور ستون نباید کمتر از یک ششم طول دهانه (مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها) در امتداد آن دهانه در نظر گرفته شود.

۹-۱۸-۳-۴-۳ ضخامت کتیبه نباید کمتر از یک چهارم ضخامت دال باشد.

۹-۱۸-۳-۴-۴ در محاسبه مقدار آرماتورهای منفی در ناحیه کتیبه نباید ضخامت کتیبه را بیشتر از یک چهارم فاصله بعد کتیبه از بر ستون منظور کرد.



محاسبات-۹۱

۲۱- در مورد اثر کتیبه در دالهای دوطرفه بدون تیر تحت اثر بارهای ثقلی گزینه نادرست کدام است؟

۱) کاهش مقدار آرماتور منفی دال
۲) افزایش نیروی برشی مقاوم دوطرفه دال
۳) افزایش لنگر خمشی مقاوم مثبت در وسط دال
۴) کاهش تغییر شکل وسط دهانه چشمه

گزینه ۳.

گزینه ۱: بیشترین لنگر منفی در دالها، همانند تیرها، در انتهای دال (نقطه اتصال به ستون) می باشد. با قرار دادن کتیبه در حقیقت ضخامت دال را در دو انتها افزایش داده ایم و در نتیجه مقدار آرماتورهای منفی کاهش می یابد و گزینه ۱ صحیح است.

گزینه ۲: هدف اصلی از استفاده از کتیبه جلوگیری از پانچ (برش دو طرفه) ستون است.

گزینه ۳: در این گزینه گفته "لنگر خمشی مقاوم". لنگر خمشی مقاوم به هندسه دال (ضخامت، مساحت آرماتورها، مقاومت بتن، ...) بستگی دارد و با قرار دادن کتیبه تغییر نمی کند.

دقت شود که "لنگر ناشی از بارهای وارده" در وسط دال کاهش می یابد. استفاده از کتیبه موجب می شود که طول خالص دال کاهش یابد و با کاهش طول خالص، هم لنگر منفی دو انتهای دال و هم لنگر مثبت وسط دال کاهش می یابند (هر دو آنها با qL_n^2 متناسب هستند).

گزینه ۴: با کاهش طول موثر، خیز نیز کاهش می یابند (خیز با $\frac{qL_n^2}{EI}$ متناسب است).

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۲-٤- انتقال لنگر از دال تخت به ستون

۹-۱۸ طراحی دال

۹-۱۸-۳ ضوابط کلی طراحی دال‌ها

۹-۱۸-۳-۳ انتقال لنگر خمشی در اتصالات دال به ستون

۹-۱۸-۳-۳-۱ در مواردی که لنگر خمشی متعادل نشده‌ای، M_u، ناشی از بارهای قائم، باد یا زلزله باید بین دال بدون تیر به ستون منتقل شود، قسمتی از آن، M_{uf}، با عملکرد خمشی و بقیه آن، M_{uv}، با اثر نیروی برشی خارج از مرکزی که در اطراف ستون در دال ایجاد می‌شود، منتقل می‌گردد. مقدار M_{uf} از رابطه (۹-۱۸-۱) محاسبه می‌شود:

$$M_{uf} = \frac{M_u}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \qquad (۹-۱۸-۱)$$

۹-۱۸-۳-۳-۲ لنگر خمشی M_{uf} توسط عرضی از دال که به دو مقطع به فواصل ۱/۵ برابر ضخامت دال یا ضخامت کتیبه دال از بر خارجی ستون در دو سمت آن محدود است، تحمل می‌شود. آرماتورهای مورد نیاز برای تحمل این لنگر خمشی باید در همین عرض جای داده شوند.

۹-۱۸-۳-۳-۳ طراحی برای آن قسمت از لنگر خمشی که با اثر نیروی برشی خارج از محوری که در اطراف ستون در دال یا کتیبه دال منتقل می‌شود، M_{uv}، باید بر اساس ضوابط بند ۹-۱۵-۱۷-۵ صورت گیرد.

۹-۱۵ برش و پیچش

۹-۱۵-۱۷ ضوابط ویژه برای دال‌ها و شالوده‌ها

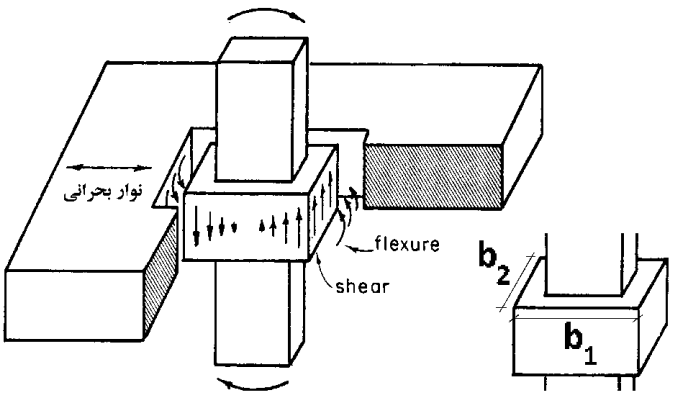
۹-۱۵-۱۷-۵ انتقال لنگر خمشی در اتصالات دال به ستون

۹-۱۵-۱۷-۵-۱ در مواردی‌که لنگر خمشی متعادل نشده‌ای، M_u، ناشی از بارهای قائم، باد یا زلزله باید بین دال و ستون منتقل شود، قسمتی از آن، M_{uf}، با عملکرد خمشی بر اساس ضوابط بند ۹-۱۸-۳-۳ و بقیه آن، M_{uv}، از رابطه (۹-۱۵-۴۱) محاسبه می‌شود:

$$M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}\right) M_u \qquad (۹-۱۵-۴۱)$$

b_1 = بعد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ‌شدگی که به فاصله $\frac{d}{2}$ از لبه تکیه‌گاه قرار دارد و در امتداد محور طولی نوار پوششی می‌باشد، میلی‌متر

b_2 = بعد مربوط به محیط بحرانی برش سوراخ‌شدگی که به فاصله $\frac{d}{2}$ از لبه تکیه‌گاه قرار دارد و در امتداد محور عرضی نوار پوششی می‌باشد، میلی‌متر



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۵۶- در یک اتصال دال به ستون، لنگر خمشی متعادل نشده‌ای ناشی از بارهای ثقلی برابر 100 kN.m باید بین دال و ستون میانی یک ساختمان منتقل شود. قسمتی از این لنگر که با عملکرد خمشی منتقل می‌شود (برحسب kN.m) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید ابعاد مقطع ستون 400×400 میلی‌متر و ضخامت دال 200 میلی‌متر (d=150 mm) می‌باشد.

۱) 100 ۲) 60 ۳) صفر

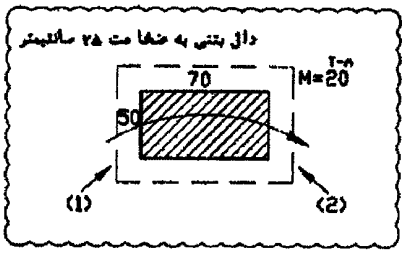
گزینه ۲

$$M_{vf} = \frac{M_u}{1+\frac{2}{3}\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} = \frac{M_u}{1+\frac{2}{3}\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} = \frac{100}{1+\frac{2}{3}\sqrt{\frac{400+150}{400+150}}} = 60\ kN.m$$

تمرین: محاسبات ۸۳- پایه ۱

۴۰- شکل زیر متعلق به قسمتی از یک دال تخت و ستون زیر آنست. ضخامت دال ۲۵ سانتیمتر است. این دال باید لنگر خمشی $M_U = 20t.m$ را در حد نهایی به ستون منتقل نماید. فرض کنید برش ناشی از این لنگر در هر ستون تنها در وجوه(۱) و (۲) از مقطع بحرانی عنوان شده در آیین‌نامه منتقل گردد. بگویید تنش برشی ایجاد شده بر روی این سطوح حدوداً چه اندازه است:

$f_c = 200kg/cm^2$ و $f_y = 4000kg/cm^2$



۱) ۵/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
۲) ۶/۴ //
۳) ۸/۴ //
۴) ۹/۳ //

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۲-۵- آرماتور گذاری حداقل در دالها

۹-۱۸-۴ آرماتورگذاری در دال‌ها

۹-۱۸-۴-۱ ضوابط کلی آرماتورگذاری

۹-۱۸-۴-۱-۱ مقادیر آرماتورهای لازم در مقاطع مختلف دال در هر امتداد بر مبنای لنگرهای خمشی وارد بر آن مقاطع محاسبه می‌شوند. مقادیر آرماتورهای بکار رفته در ناحیه کششی دال‌ها در هر صورت نباید کمتر از مقادیر نظیر حرارت و جمع‌شدگی مطابق بند ۹-۱۸-۴-۱-۲ در نظر گرفته شوند. در دال‌های یک طرفه که آرماتورهای خمشی صرفاً در یک جهت قرار می‌گیرد باید حداقل میلگردهای حرارت و جمع‌شدگی مطابق بند ۹-۱۸-۴-۱-۲ در جهت دیگر قرار داده شوند.

۹-۱۸-۴-۱-۲ نسبت سطح مقطع میلگردهای حرارت و جمع‌شدگی به کل سطح مقطع بتن برای دال‌هایی به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلی‌متر نباید از مقدار بدست آمده از عبارت (۹-۱۸-۲) کمتر اختیار شود.

$$\frac{۰/۱۶\sqrt{f_{cd}}}{f_{yd}} \qquad (۹-۱۸-۲)$$

۹-۱۸-۴-۱-۳ فاصله میلگردهای خمشی در دال‌ها، جز در دال‌های مشبک، نباید از دو برابر ضخامت دال و نه از ۳۵۰ میلی‌متر تجاوز کند. در دال‌های مشبک، حداقل آرماتورگذاری در ناحیه‌ای از دال که روی حفره‌ها قرار دارد بر طبق بند ۹-۱۸-۴-۱-۲ تعیین می‌شوند. در مورد دال‌های در معرض شرایط محیطی شدید فاصله میلگردها به دو برابر ضخامت و ۲۵۰ میلی‌متر و برای شرایط محیطی خیلی شدید و فوق‌العاده شدید به ۱/۵ برابر ضخامت و ۲۰۰ میلی‌متر محدود می‌شود.

۹-۱۸-۴-۱-۴ میلگردهای خمشی مثبت عمود بر بعد ناپیوسته دال باید تا لبه دال ادامه یابند و بعلاوه، به طولی حداقل معادل ۱۵۰ میلی‌متر به طور مستقیم، با قلاب یا بدون آن، در تیر پیشانی یا دیوار یا ستون داخل شوند.

۹-۱۸-۴-۱-۵ میلگردهای خمشی منفی عمود بر لبه ناپیوسته دال باید با خم یا قلاب یا وسیله مهاری دیگری در داخل تیر پیشانی یا دیوار ستون به طور کامل مهار شوند. برای این میلگردها باید گیرایی کامل در مقطع بر داخلی تکیه‌گاه، بر اساس ضوابط فصل بیست و یکم، تأمین شود.

۹-۱۸-۴-۱-۶ در مواردی که دال در لبه ناپیوسته به تیر پیشانی یا دیوار منتهی نشود یا فراتر از تکیه‌گاه کنسول شود، مهار کردن میلگردهای عمود بر این لبه می‌تواند داخل دال صورت گیرد.

۹-۱۸-۴-۲ جزئیات ویژه برای آرماتورگذاری دال‌های با تیر

۹-۱۸-۴-۲-۱ برای سیستم‌های (تیر، دال) که در آنها α بزرگتر از یک باشد، در گوشه‌های خارجی دال‌ها باید آرماتورهای ویژه‌ای به شرح بندهای ۹-۱۸-۴-۲-۲ تا ۹-۱۸-۴-۲-۵ در پایین و بالای دال اضافه کرد.

۹-۱۸-۴-۲-۲ هر یک از آرماتورهای ویژه در پایین و بالای دال در واحد عرض، باید قادر باشد حداکثر لنگر خمشی مثبت دال را تحمل کند.

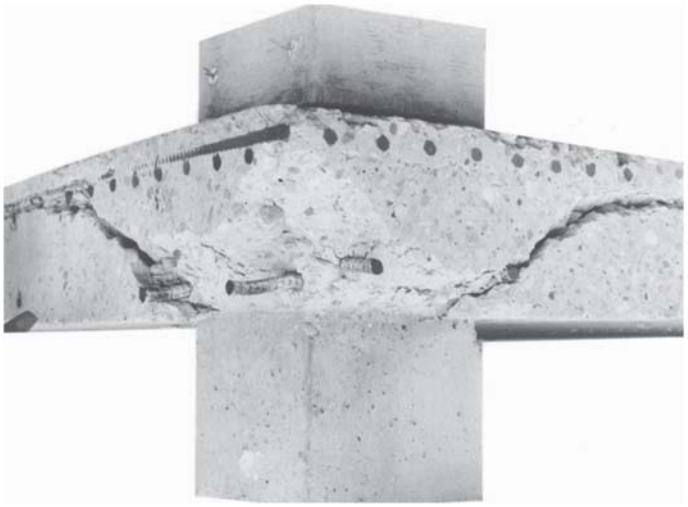
۹-۱۸-۴-۲-۳ آرماتورهای ویژه باید در بالای دال به زاویه ۴۵ درجه و تقریباً در امتداد قطر گذرنده از گوشه دال و در پایین دال عمود بر این قطر قرار گیرند.

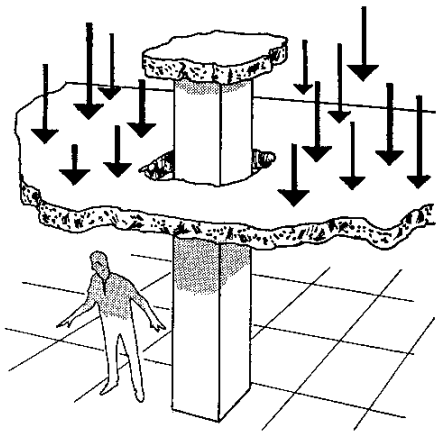
۹-۱۸-۴-۲-۴ آرماتورهای ویژه باید در هر امتداد تا طولی برابر با حداقل یک پنجم دهانه بزرگتر، قرار داده شوند.

۹-۱۸-۴-۲-۵ آرماتورهای ویژه را می‌توان در دو سفره در امتدادهای مندرج در بند ۹-۱۸-۴-۲-۳ یا در دو شبکه به موازات دو ضلع دال قرار داد.

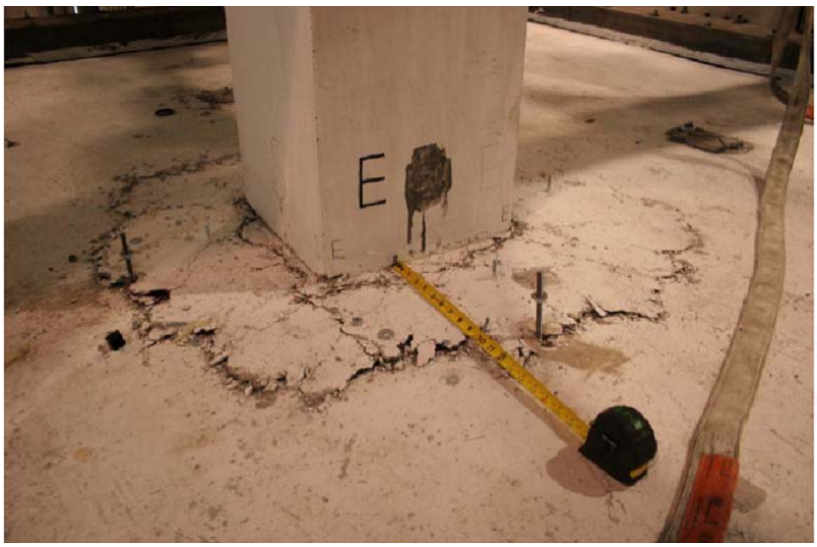
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۳-برش پانچ





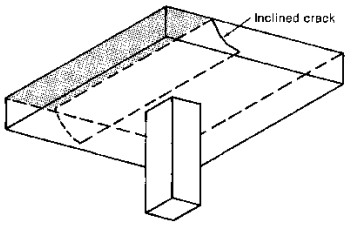
مشکل پانچ (برش منگنه ای) در دالهای تخت (بدون تیر و بدون سرستون)



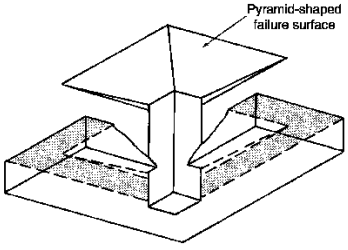
۹-۱۵-۱۷-۲ حالت حدی مقاوم نهائی در برش

۹-۱۵-۱۷-۲-۱ برش دال‌ها و شالوده‌ها در حوالی بارهای متمرکز و تکیه‌گاه‌های با سطح محدود باید برای دو نوع عملکرد یکطرفه و دو طرفه کنترل شود:

الف) عملکرد یک طرفه به صورت تیر: در این‌حالت دال یا شالوده باید نیروی برشی را مانند یک تیر در تمام عرض خود تحمل‌کند. مقطع بحرانی که مقاومت دال یا شالوده باید در آن کنترل شود به‌صورت صفحه‌ای عمود بر دال با فاصله d از لبه سطح اثر بار متمرکز یا از وجه کتیبه یا هر تعبیر دیگر در ضخامت دال با تکیه‌گاه، در تمام عرض دال در نظر گرفته می‌شود.



(a) One-way shear.



(b) Two-way shear.

ب- عملکرد دو طرفه: در این حالت دال یا شالوده باید نیروی برشی را در دو جهت ولی در ناحیه‌ای محدود در اطراف بار متمرکز یا تکیه‌گاه تحمل کند. مقطع بحرانی در این‌حالت سطح جانبی منشوری است که وجوه آن عمود بر سطح دال بوده و از لبه‌ها و گوشه‌های سطح اثر بار متمرکز یا تکیه‌گاه و یا مقاطعی از دال که ضخامت دال در آنجا تغییر می‌کند دارای فاصله‌ای برابر با $\frac{d}{2}$ باشند. مقطع بحرانی باید چنان در نظر گرفته شود که محیط چند ضلعی قاعده منشور در آن حداقل باشد. برای ستون‌ها، بارهای متمرکز و سطوح تکیه‌گاهی دارای مقطع مربع یا مستطیل مقاطع بحرانی می‌توانند دارای چهار ضلع مستقیم باشند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

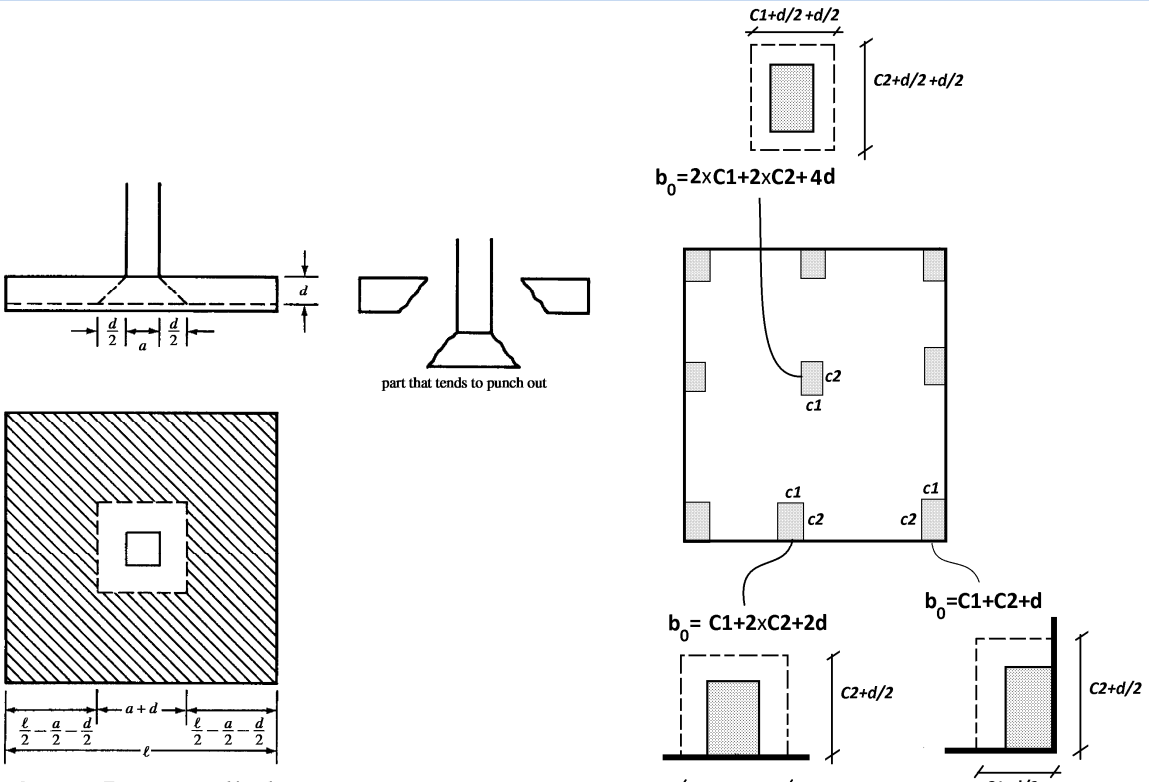
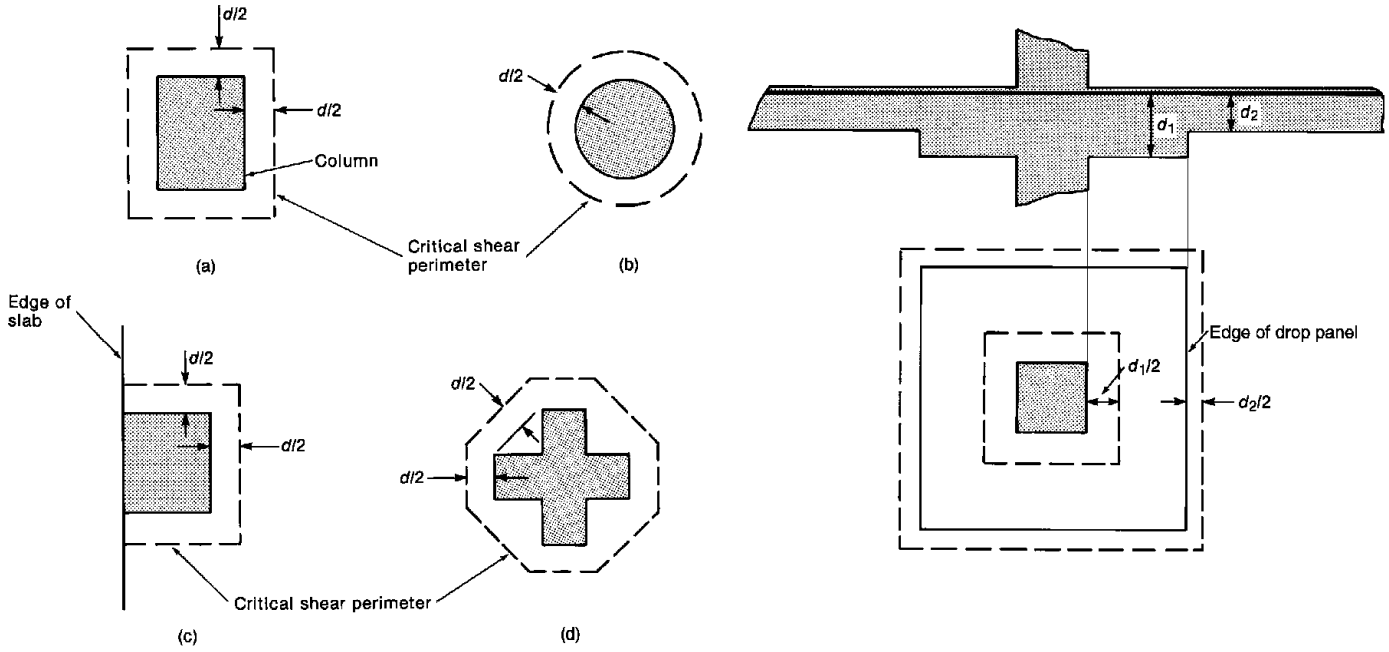
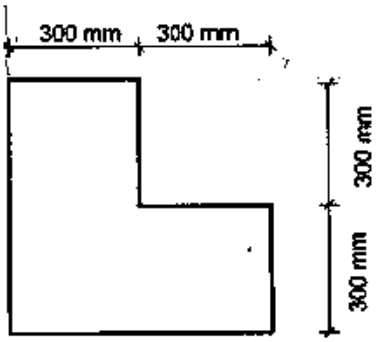


FIGURE 12.9 Two-way or punching shear.



محاسبات ۹۳

۵۹- دال تخت با عمق مؤثر 200 میلی‌متر روی یک ستون میانی با مقطعی مطابق شکل قرار دارد. محیط مقطع بحرانی (b_0) برای کنترل برش دوطرفه (پانچ) به کدامیک از اعداد زیر برحسب میلی‌متر نزدیکتر است؟

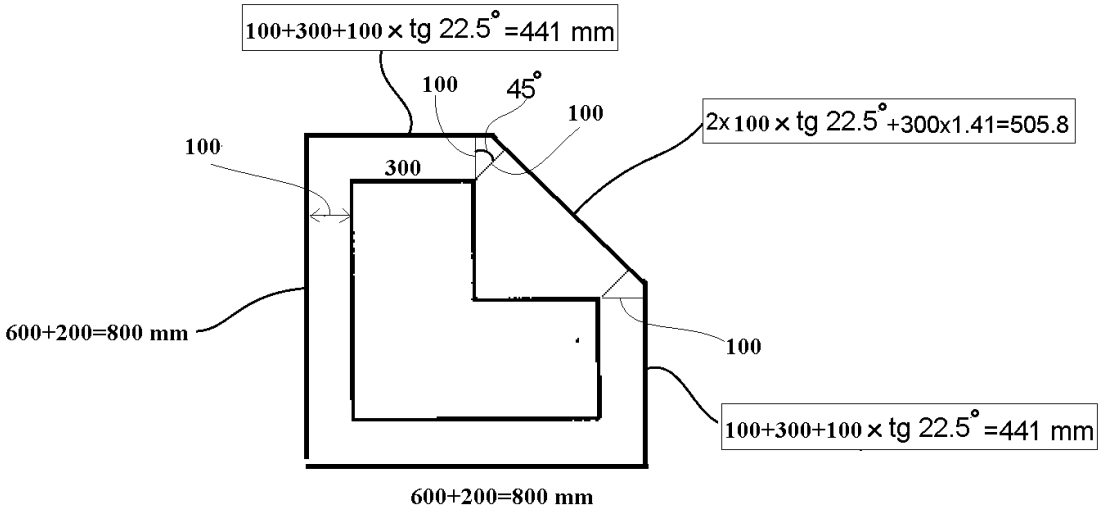


۱) 2800
۲) 3000
۳) 3200
۴) 3400

گزینه ۲

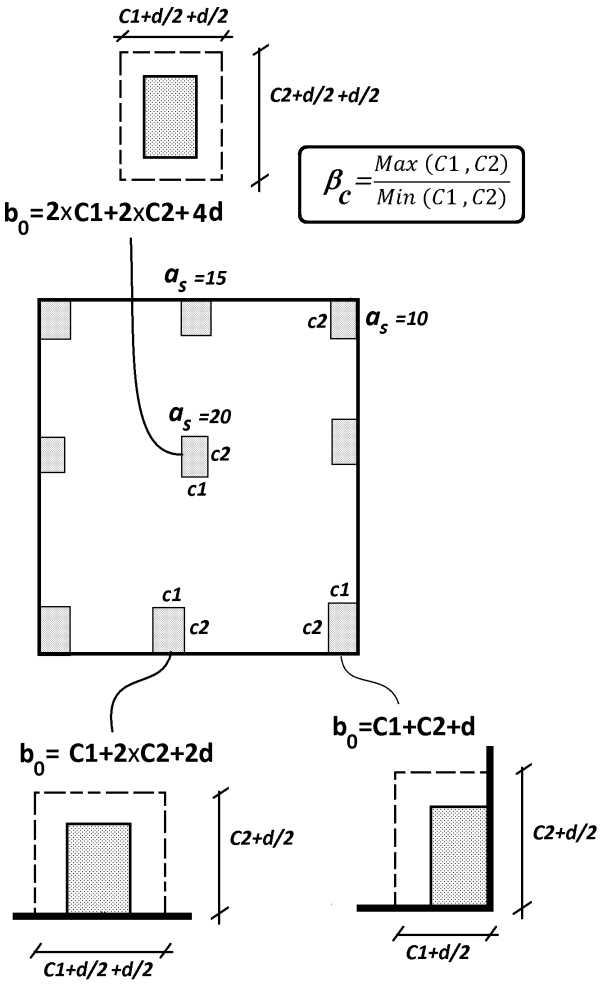
محیط پانچ به فاصله d/2 از ستون محاسبه می شود. با توجه به اینکه عمق موثر دال 200mm می باشد، محیط پانچ به فاصله 100mm سنجیده می شود.

$$b_0 = 800 + 441 + 505.8 + 441 + 800 = 2987.8\ mm$$



- ضریب 0.707 در شکل فوق همان $\frac{\sqrt{2}}{2}$ می باشد.
- محیط پانچ به فاصله d/2 از بر گوشه های ستون اندازه گیری می شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



۹-۱۵-۲-۱۷-۴ در دال‌ها و شالوده‌هایی که در آنها از آرماتور برشی یا کلاهک برشی استفاده نمی‌شود مقدار V_c، برابر با کمترین مقادیر به دست آمده از سه رابطه (۹-۱۵-۳۳) الی (۹-۱۵-۳۵) در نظر گرفته می‌شود:

$$V_c = (۱ + \frac{۲}{\beta_c}) v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۳)$$

β_C = نسبت طول به عرض سطح اثر بار متمرکز با سطح تکیه‌گاه محدود

b_o = محیط مقطع بحرانی برای دال‌ها و شالوده‌ها، میلی‌متر

$$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۴)$$

$$V_c = ۲ v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۵)$$

a_s عددی است که برای ستون‌های میانی برابر با ۲۰، برای ستون‌های کناری ۱۵و برای ستون‌های گوشه ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۵-۲-۱۷-۵ دردال‌ها و شالوده‌هایی که در آن‌ها از آرماتور برشی برای تأمین مقاومت برشی استفاده می‌شود مقدار V_c و V_s براساس ضوابط (الف) الی (پ) تعیین می‌شوند:

الف) مقدار V_c از رابطه (۹-۱۵-۳۶) محاسبه می‌شود:

$$V_c = v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۶)$$

ب) مقدار V_s، با استفاده از ضوابط بند ۹-۱۵-۴ محاسبه می‌شود.

پ) در این‌حالت مقدار V_s نباید بیشتر از $۳ v_c b_o d$ در نظر گرفته شود.

محاسبات ۹۴

۲۵- در یک ساختمان بتن آرمه با دال دو طرفه بدون تیر و با محوربندی منظم و با فاصله مرکز تا مرکز ستون‌ها از یکدیگر در هردو جهت برابر 6 متر، درصورتی‌که ضخامت موثر دال 180 میلی‌متر، ابعاد مقطع ستونها 400×400 میلی‌متر، نوع بتن C25 و از آرماتور برشی و یا کلاهک برشی استفاده نشده باشد، نیروی برشی مقاوم بتن Vc بر حسب کیلونیوتن برای عملکرد دو طرفه دال روی یک ستون میانی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 814 ۲) 690 ۳) 540 ۴) 460

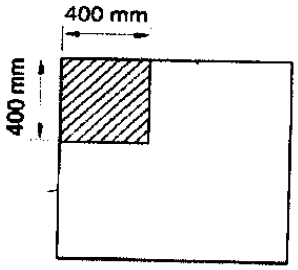
گزینه ۳

$$V_c = Min \begin{Bmatrix} 1 + \frac{2}{\beta} \\ \frac{\alpha_0 \times d}{b_0} + 1 \\ 2 \end{Bmatrix} v_c b_0 d = Min \begin{Bmatrix} 1 + \frac{2}{1} = 3 \\ \frac{20 \times 180}{2320} + 1 = 2.18 \\ 2 \end{Bmatrix} v_c b_0 d$$

$$= 2 v_c b_0 d = 2 \times \left(0.65 \times 0.2\sqrt{25}\right) \times 2320 \times 180 = 542880N = 543\ kN$$

محاسبات ۹۴

۵۵- ستون گوشه یک ساختمانی به ابعاد 400×400 میلی‌متر تحت اثر نیروی محوری فشاری، روی پی به ابعاد 1500×1500 mm قرار دارد. در صورتیکه در پی از آرماتور برشی و یا کلاهک برشی استفاده نشده و عمق مؤثر پی d=500 mm باشد، مقدار V_c برای کنترل برش در حالت حدی برای عملکرد دو طرفه بر حسب کیلونیوتن، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (رده بتن C25 و تنش برشی در مقطع بحرانی یکنواخت فرض شود.)



۱) 550

۲) 850

۳) 1250

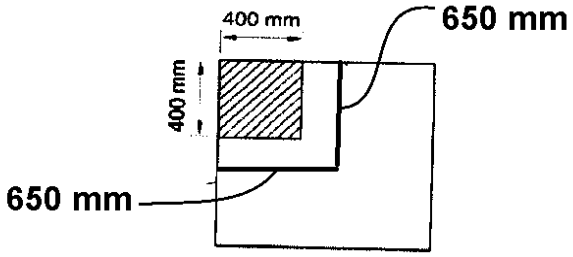
۴) 1700

گزینه ۲

$$b_0 = 650 + 650 = 1300\ mm \qquad \beta_c = \frac{400}{400} = 1 \qquad \alpha_s = 10 \qquad v_0 = 0.2\varphi\sqrt{f_c} = 0.65$$

$$V_c = Min\left\{\begin{matrix} 1+\frac{2}{\beta} \\ \frac{\alpha_0 \times d}{b_0}+1 \\ 2 \end{matrix}\right\} v_c b_0 d = Min\left\{\begin{matrix} 1+\frac{2}{1} \\ \frac{10\times 500}{1300}+1 \\ 2 \end{matrix}\right\} \times 0.65 \times 1300 \times 500$$

$$= Min\begin{Bmatrix} 1267.5\ kN \\ 2047.5\ kN \\ 845\ kN \end{Bmatrix} = 845\ kN$$



محاسبات-۹۱

۱۵- بار محوری نهائی یک ستون 3500 kN است. محاسبات نشان می‌دهد که ظرفیت بتن برای تحمل برش دو طرفه (پانچ) برای شالوده این ستون که از رابطه $V_c=2v_cb_0d$ بدست می‌آید برابر 3200 کیلونیوتن می‌باشد اگر بخواهیم از میلگرد برشی برای جبران ضعف موجود استفاده کنیم، آنها را برای چه نیرویی برحسب کیلونیوتن (V_s=?) باید طراحی کنیم؟

۱) 300

۲) 1900

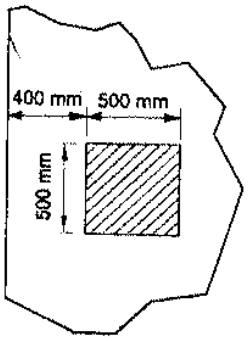
۳) 3500

۴) 1450

گزینه ۲:

دقت شود که در صورت استفاده از آرماتور عرضی کمکی برای تحمل برش پانچ، مقاومت برشی بتن به نصف کاهش می یابد. بنابراین مقاومت بتن به جای 3200 kN برابر با 1600 kN منظور می شود. در این حالت میلگردهای برشی باید بتوانند نیرویی برابر با 3500-1600=1900 kN را تحمل نمایند.

۳۲- ضخامت یک پی گسترده درجا برابر 1200 mm است. مقدار برش مقاوم دوطرفه پی مذکور، برای ستون بتنی کناری مطابق شکل زیر، برحسب کیلونیوتن، به کدامیک از مقادیر زیر، نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید عمق مؤثر مقطع پی برابر 1100 میلی‌متر، میلگردها از رده S340 و بتن از نوع C25 و معمولی است. همچنین در محاسبات از اثر انتقال لنگر صرفنظر شود)



۱) 6430

۲) 9150

۳) 5350

۴) 7830

$$b_0 = (400 + 500) \times 2 + 1100 + 1100 + 500 = 4500mm$$

$$V_c = Min\left\{\begin{matrix} 1 + \frac{2}{1} = 3 \\ \frac{15 \times 1100}{4500} + 1 = 4.66 \\ 2 \end{matrix}\right\} v_c b_0 d$$

$$= 2v_c b_0 d = 2 \times \left(0.65 \times 0.2\sqrt{25}\right) \times 4500 \times 1100 = 6435kN$$

محاسبات ۹۵

۲۶- حداکثر نیروی مقاوم برش دوطرفه یک دال تخت در مجاور یک ستون میانی با مقطع مربع، چنانچه از آرماتور برشی یا کلاهک برشی استفاده نشود، 635 کیلونیوتن است. اگر از آرماتور برشی کافی استفاده شود، می‌توان نیروی برشی مقاوم تا 703 کیلونیوتن را توسط فولاد برشی تأمین نمود. در این صورت کل نیروی برشی مقاوم به‌دست آمده برحسب kN به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک خواهد بود؟[منظور از برش، برش دوطرفه است. نسبت $(\frac{d}{b_0})$ (خارج‌قسمت عمق مؤثر دال به محیط مقطع بحرانی) حدود 0.1 بوده و فرض می‌شود لنگر متعادل نشده‌ای از دال به ستون منتقل نمی‌شود].

۱) 703 ۲) 950 ۳) 1020 ۴) 1338

گزینه ۲

با افزودن میلگرد برشی، مقاومت برشی بتن به نصف کاهش می یابد بنابراین:

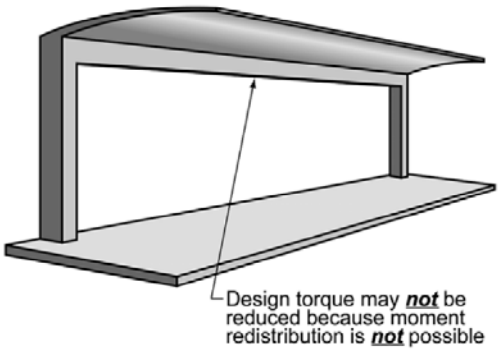
$$V_r = V_c + V_s = \frac{635}{2} + 703 = 1020.5\ kN$$

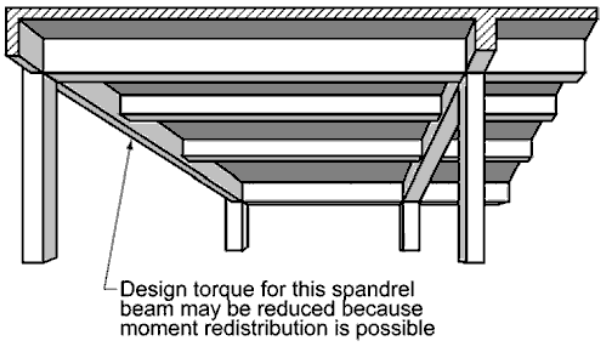
مقدار فوق نباید از $3v_c b_0 d$ فراتر رود. با توجه به اینکه مقدار $V_c = 2v_c b_0 d$ برابر $635\ kN$ می باشد، بنابراین حداکثر مقدار قابل قبول برای Vr برابر است با:

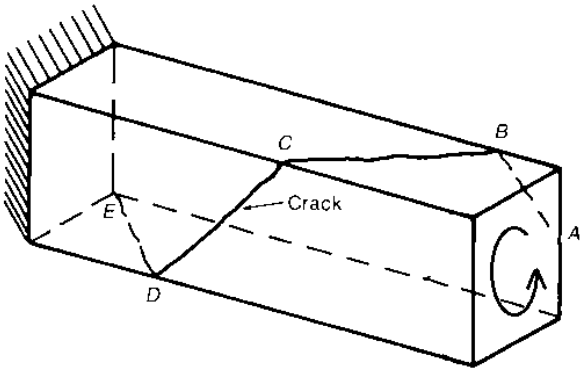
$$V_r < 3v_c b_0 d = 1.5 \times 635 = 952.5\ kN$$

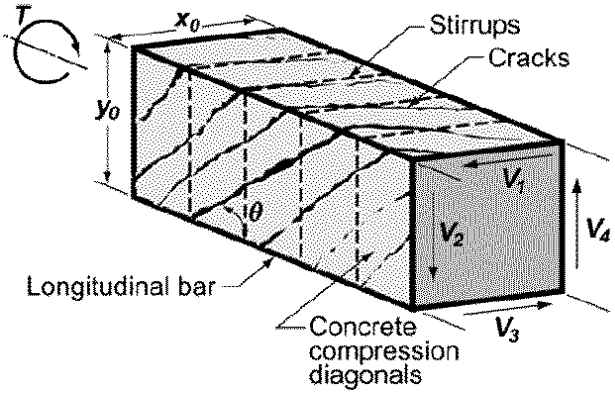
۱۴-پیچش

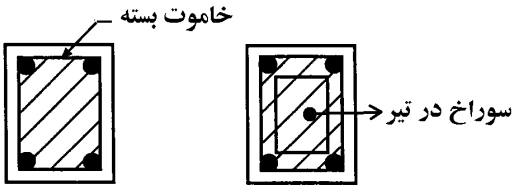
۱۴-۱- مقدمه

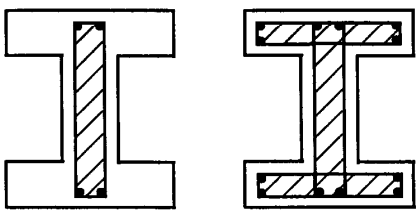








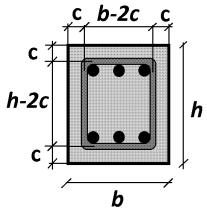




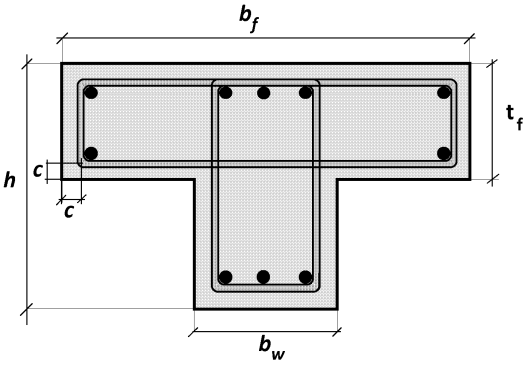
A_{oh} = مساحت سطح محصور شده به وسیله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع، شامل سطح سوراخ‌ها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۴-۲- مقاومت پیچشی



$A_c=bh$
$P_c=2(b+h)$
$A_{oh}=(b-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b-2c)+2(h-2c)$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f + 2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)+(t_f-2c)(b_f - b_w)$
$P_h=2(b_f -2c) +2(h-2c)$

۹-۱۵-۷ حالت حدی نهائی پیچش

۹-۱۵-۷-۱ در صورتی‌که مقدار T_u از مقدار $۰/۲۵T_{cr}$ کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضرورتی ندارد. مقدار T_{cr} از رابطه (۹-۱۵-۱۵) به دست می‌آید:

$$T_{cr}=\left(\frac{A_c^2}{P_c}\right)۱/۹v_c \qquad (۹-۱۵-۱۵)$$

۹-۱۵-۷-۲ در مقاطع تحت اثر پیچش، در مواردی که طراحی برای پیچش لازم باشد، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت باید بر اساس رابطه (۹-۱۵-۱۶) صورت گیرد:

$$T_u \le T_r \qquad (۹-۱۵-۱۶)$$

در این رابطه T_r از رابطه (۹-۱۵-۱۷) محاسبه می‌شود:

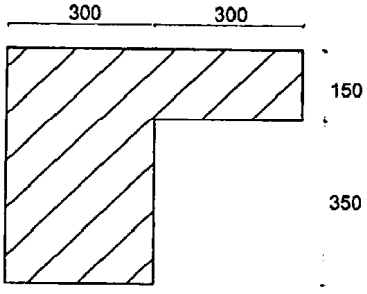
$$T_r = T_s \qquad (۹-۱۵-۱۷)$$

بدین منظور، علاوه بر خاموتهای بسته پیچشی باید فولادهای طولی پیچشی مطابق بند ۹-۱۵-۸-۳ نیز جداگانه طراحی گردد. در این مبحث از کمک بتن برای تأمین مقاومت پیچشی، به علت ترک خوردگی، صرفنظر شده است. مقدار T_s طبق ضوابط بندهای ۹-۱۵-۸ تا ۹-۱۵-۱۰ محاسبه می‌شود.

A_c = سطح محصور توسط محیط خارجی مقطع بتن شامل سطح سوراخ‌ها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

محاسبات ۹۵

۲۸- لنگر پیچشی ترک‌خوردگی مقطع بتنی معمولی درجا مطابق شکل به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (نوع بتن C25 است و مقادیر بر روی شکل بر حسب میلی‌متر است.)



۱) 21.35 KN.m
۲) 17.35 kN.m
۳) 16.25 kN.m
۴) 23.45 kN.m

گزینه ۱

$$T_{cr}=\left(\frac{(300\times500+300\times150)^2}{600\times2+500\times2}\right)\times1.9\times\left(0.2\times0.65\sqrt{25}\right)=21.34\,kN.m$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۵-۸ لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای پیچشی

۹-۱۵-۸-۱ آرماتورهای پیچشی مورد نیاز برای تأمین لنگر پیچشی در یک قطعه شامل خاموت‌های قائم بسته یا دورپیچ‌ها و آرماتور طولی که بطور یکنواخت در اطراف مقطع پخش می‌شود، می‌باشند.

۹-۱۵-۸-۲ مقدار T_s با استفاده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) محاسبه می‌شود.

$$T_S = ۲\varphi_s A_o A_t \frac{f_{yv}}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۸)$$

در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر مقدار A_o را می‌توان $۰/۸۵A_{oh}$ منظور نمود.

۹-۱۵-۸-۳ مقدار A_l مورد نیاز برای تأمین مقاومت T_s از رابطه (۹-۱۵-۱۹) به دست می‌آید:

$$A_l = (\frac{A_t}{S_n})P_h(\frac{f_{yv}}{f_{yl}}) \qquad (۹-۱۵-۱۹)$$

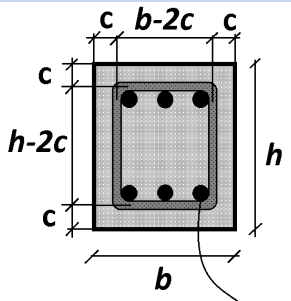
همچنین نسبت $\frac{A_t}{S_n}$ باید برابر مقدار به دست آمده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) باشد.

فاصله این آرماتورها نباید بیش از ۳۰۰ میلی‌متر از یکدیگر بوده و باید دور تا دور مقطع در داخل محیط خاموت بسته پیچشی به طور یکنواخت به نحوی توزیع شوند که حداقل یک میلگرد طولی به قطر معادل $\frac{S_n}{۱۶}$ یا بیشتر در هر گوشه خاموت‌های پیچشی قرار گیرد.

۹-۱۵-۸-۴ در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی مقطع نباید کمتر از $۰/۵\frac{A_{oh}}{P_h}$ باشد.

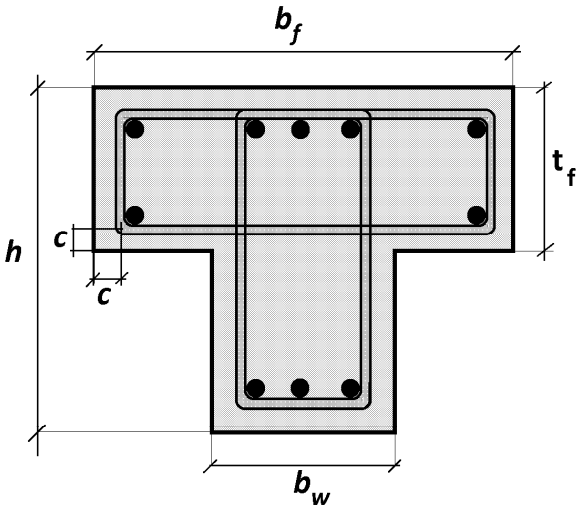
۹-۱۵-۹ ترکیب پیچش و خمش - پیچش و برش

۹-۱۵-۹-۳ تمامی مقاطع را که در فاصله‌ای کمتر از d از بر داخلی تکیه‌گاه قرار دارند، می‌توان برای همان لنگر پیچشی T_u که در مقطع به فاصله d وجود دارد طراحی کرد، مشروط بر آنکه در این فاصله هیچ لنگر پیچشی متمرکزی موجود نباشد.

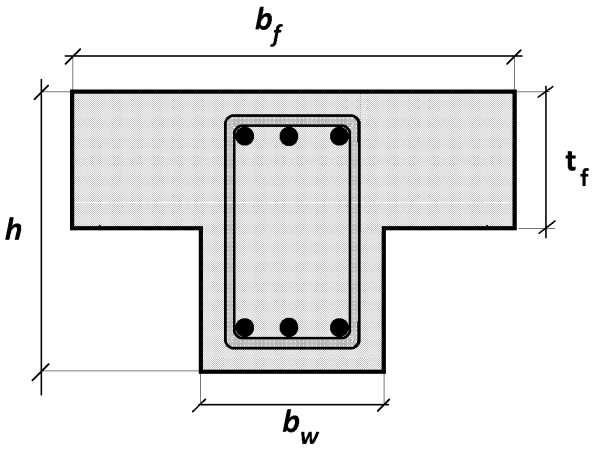


$A_c=bh$
$P_c=2(b+h)$
$A_{oh}=(b-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b-2c)+2(h-2c)$
$A_o=0.85A_{oh}$

قطر میلگرد طولی باید حداقل $\frac{S_n}{۱۶}$ باشد



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f +2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)+(t_f-2c)(b_f - b_w)$
$P_h=2(b_f-2c) +2(h-2c)$
$A_o= 0.85A_{oh}$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f +2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b_w-2c) +2(h-2c)$
$A_o= 0.85A_{oh}$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۵-۶-۳ حداقل آرماتور برشی

۹-۱۵-۶-۳-۴ چنانچه براساس بند ۹-۱۵-۷-۱ طراحی برای پیچش لازم باشد، حداقل سطح مقطع خاموت برشی و پیچشی بسته در مجموع از رابطه (۹-۱۵-۱۴) بدست می‌آید.

$$(A_{sv}+2A_t)_{\min}=0.06\sqrt{f_c}\frac{b_w S_n}{f_{yv}} \qquad (۹-۱۵-۱۴)$$

این آرماتورها باید از نوع خاموت بسته باشد، ضمناً تعبیه حداقل فولاد پیچشی طولی نیز الزامی است.

۹-۱۵-۱۰ محدودیت‌های آرماتورهای پیچشی

۹-۱۵-۱۰-۵ حداکثر فاصله بین خاموت‌های بسته پیچشی از رابطه (۹-۱۵-۲۰) تعیین می‌گردد:

$$S_{\max}=\min\left(\frac{P_h}{8},300\right) \qquad (۹-۱۵-۲۰)$$

۹-۱۵-۱۰-۷ حداکثر تنش در مقاطع قوطی شکل از رابطه (۹-۱۵-۲۱) و در مقاطع توپر از رابطه (۹-۱۵-۲۲) بدست می‌آید.

$$\frac{V_u}{b_w d}+\frac{T_u P_h}{1.7A_{oh}^2}\le 0.25 f_{cd} \qquad (۹-۱۵-۲۱)$$

$$\Rightarrow \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2+\left(\frac{T_u P_h}{1.7A_{oh}^2}\right)^2}\le 0.25 f_{cd} \qquad (۹-۱۵-۲۲)$$

محاسبات ۹۳

۵۶- در طراحی یک تیر برای اثر مشترک پیچش و برش، استفاده از خاموت ضروری بوده و به این‌منظور، از خاموت بسته با قطر 8 میلی‌متر، استفاده شده است. براساس این اطلاعات، حداکثر فاصله ممکن بین خاموتها به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (عرض مقطع 400 میلی‌متر، رده فولاد S340 و رده بتن C25)

۱) 400 mm ۲) 350 mm ۳) 250 mm ۴) 150 mm

گزینه۳

دقت نمایید که حداکثر فاصله "ممکن" را خواسته است. حداکثر فاصله تابع عمق موثر d می باشد. برای بدست آوردن حداکثر ممکن باید d را عدد بزرگی در نظر گیریم.

علاوه بر کنترل فاصله d/2 باید حداقل مقدار خاموت نیز کنترل شود:

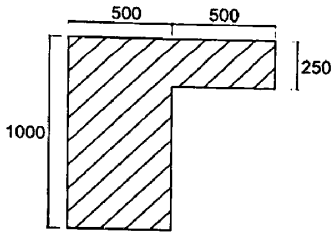
$$2\times\pi\times 4^2 > 0.06\sqrt{25}\frac{400S}{340} \;\rightarrow\; S<285\,mm$$

بنابراین حداکثر فاصله ممکن برای خاموت ها 285mm می باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۴۱- مقطع یک تیر بتن مسلح درجا مطابق شکل زیر که با بتن معمولی و از رده C30 و آرماتورها از رده S400 می‌باشند، تحت تأثیر پیچش قرار می‌گیرد. لنگر نهایی پیچشی حداکثر چه مقدار باشد که مقطع به لحاظ محاسباتی نیازی به آرماتورهای پیچشی نداشته باشد؟ (ابعاد شکل به میلی‌متر است.)



۱) 43 kN
۲) 53 kN
۳) 23 kN
۴) 33 kN

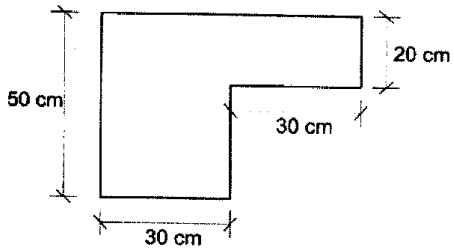
گزینه ۴

$T_u < 0.25T_{cr}$ → نیاز به آماتور پیچشی نخواهد بود

$$T_u < 0.25T_{cr} = 0.25\left(\frac{(500\times1000+500\times250)^2}{1000\times2+1000\times2}\right)\times1.9\times\left(0.2\times0.65\sqrt{30}\right)=33\ kN.m$$

محاسبات-۹۱

۴۲- درصورتی‌که رده بتن C25 باشد، لنگر پیچشی ترک‌خوردگی مقطع مطابق شکل (بر حسب kN.m) به کدام یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟



۱) 26
۲) 22
۳) 24
۴) 28

پاسخ: 24.757 kN.m (بر اساس مبحث ۹ قدیم گزینه ۱)

$$T_{cr}=1.9\left(\frac{(200\times300+300\times500)^2}{2200}\right)\left(0.2\times0.65\times\sqrt{25}\right)=24.757\times10^6\ N.mm=25\ kN.m$$

محاسبات ۹۴

۴۳- یک عضو بتن‌آرمه با مقطع مربع شکل به ابعاد 400×400 mm فقط تحت اثر لنگر پیچشی قرار دارد. در صورتی‌که آرماتورهای طولی شامل کلاً 4 عدد Φ20 در چهارگوشه مقطع، خاموت بسته Φ10@100 mm c/c عمود بر محور عضو، پوشش بتن روی خاموت برابر 50 میلی‌متر، نوع فولاد S400 و نوع بتن C25 باشد، لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای پیچشی برحسب کیلونیوتن‌متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 44 ۲) 38 ۳) 34 ۴) 30

گزینه ۲

$$T_s=2\times0.85\times(0.85\times290^2)(3.14\times5^2)\frac{400}{100}=38\ kN.m$$

$$\frac{T_uP_h}{1.7A_{oh}^2}<(0.25f_{cd}=0.25\times0.65\times25=4.0625MPa)\ \rightarrow\ T_u<\frac{1.7\times290^4}{(4\times290)}\times4.0625=42\ kN.m$$

$$A_{l\,\text{لازم}}=\frac{3.14\times5^2}{100}(4\times290)\left(\frac{400}{400}\right)=910mm^2$$

آرماتور طولی تامین شده برابر 4*314=1256 می باشد که کافی می باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۶- یک مقطع مستطیل‌شکل بتن آرمه با b=300 mm، h = 500 mm، d= 430 mm، نوع بتن C25، نوع فولاد S400، پوشش بتن 50 mm و خاموت بسته Φ10@100 mm تحت اثر نیروی برشی نهایی 100 kN و لنگر پیچشی نهایی 30 kN.m قرار دارد. حداکثر تنش بتن در این مقطع برحسب MPa به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 4.00
۲) 3.50
۳) 3.40
۴) 3.80

گزینه ۴

$$P_h = 2[(300-110)+(500-110)] = 1160mm$$
$$A_{oh} = (300-110)(500-110) = 74100mm$$
$$\tau = \sqrt{\left(\frac{100000}{300\times 430}\right)^2 + \left(\frac{30\times 10^6 \times 1160}{1.7\times 74100^2}\right)^2} = 3.808\ MPa$$

محاسبات-۹۱

۱۲- در یک تیر بتن‌آرمه با مقطع مستطیلی به ارتفاع 50 cm و به پهنای 40 cm و با پوشش بتن 6 cm از مرکز آرماتورهای اصلی، چنانچه لنگر پیچشی نهایی برابر T_u=6 kN.m باشد، میزان آرماتور عرضی لازم ناشی از پیچش به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

فرض کنید بتن از رده C25 و آرماتورها از رده S340 است.

۱) Φ10@150
۲) Φ10@250
۳) Φ10@350
۴) به لحاظ پیچش نیازی به آرماتور عرضی نمی‌باشد.

گزینه ۴:

$$T_{cr} = 1.9\left(\frac{(400\times 500)^2}{1800}\right)(0.2\times 0.65\times\sqrt{25}) = 27.455\times 10^6\ N.mm = 27.455\ kN.m$$
$$0.25\times T_{cr} = 6.86\ kN.m$$

با توجه به اینکه پیچش وارد شده کمتر از $0.25T_{cr}$ می باشد، نیازی به خاموت پیچشی نیست.

اگر Tu بیشتر از $0.25\times T_{cr}$ بود، به شرح زیر عمل می کردیم:

در محاسبه خاموت های پیچشی، برخلاف برش، از مقاومت پیچشی بتن صرف نظر می شود و خاموت ها به تنهایی باید بتوانند پیچش وارد شده را تحمل کنند (البته در حالتیکه $0.25T_{cr} < T_u$ باشد):

$$\left[T_s = 2\times 0.85\times(0.85\times 310\times 410)\frac{A_t}{s}\times 340\times 1 = 62444230\frac{A_t}{s}\right] \geq [T_u = 6\times 10^6]$$
$$\left(\frac{A_t}{s} = \frac{78.5}{s}\right) \geq 0.096 \quad \rightarrow s \geq 817\ mm$$
$$s_{max} = \left(\frac{1400}{8}, 300\right) \quad \rightarrow s = 175\ mm$$

- در روابط فوق قطر میلگردهای طولی ۲۰ میلیمتر فرض شده است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۷- مقطع مستطیل‌شکل بتن آرمه به ابعاد b=300 mm ،h = 500 mm، پوشش بتن برابر 50 mm با خاموت بسته Φ10@100 mm، نوع بتن C25 و نوع فولاد خاموت S340 مفروض است. با فرض قابل قبول بودن آرماتورهای طولی مقطع، و در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر، لنگر پیچشی مقاوم تأمین‌شده توسط آرماتورهای پیچشی بر حسب kN.m به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

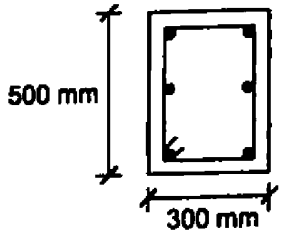
۱) 28 ۲) 22 ۳) 41 ۴) 35

گزینه ۱

$$T_s = 2 \times 0.85 \times [0.85(300-110)(500-110)](3.14 \times 5\text{^}2)\frac{340}{100} = 28.57\ kN.m$$

محاسبات ۹۳

۳۶- در مقطع مطابق شکل، پوشش بتن برابر 50 میلی‌متر، آرماتور طولی 6Φ16 و آرماتور عرضی Φ10@ 100 mm c/c، رده بتن C25 و نوع فولاد مصرفی (آرماتورهای طولی و عرضی) S340 می‌باشد. لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای مصرفی (برحسب kN.m) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ آرماتورهای نشان داده شده فقط برای تأمین لنگرپیچشی درنظر گرفته شوند. ($\phi_c = 0.65$)



۱) 39.5
۲) 28.6
۳) 33.6
۴) 24.3

گزینه ۲

$$T_s = 2 \times 0.85 \times 0.85 \times (300-100-10)(500-100-10) \times \pi \times 5^2 \frac{340}{100} = 28.57\ kN.m$$

برای اینکه خاموت های پیچشی به صورت کامل عمل کنند، باید آرماتور طولی از رابطه ۹-۱۵-۱۹ محاسبه شود و در مقطع قرار داده شود:

$$A_l = \frac{\pi \times 5^2}{100}[2(500-100-10)+2(300-100-10)]\frac{340}{340} = 910.6\ mm^2$$

مساحت میلگردهای طولی برابر $6 \times \pi \times 8^2 = 1200\ mm^2$ که بیشتر از مقدار لازم است.

محاسبات-۹۰

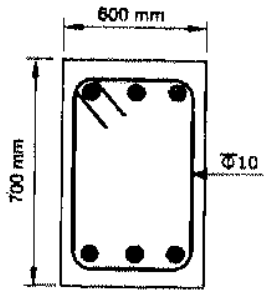
۳۲- مقطع بتن آرمه‌ای به ابعاد 40×60 cm تحت اثر لنگر پیچشی $T_u = 10$ kN.m قرار دارد. در این مورد گزینه بهتر را انتخاب کنید. ($f_c = 35$ MPa و $f_y = 400$ MPa)

۱) طراحی برای آرماتورهای طولی پیچشی لازم بوده و می‌توان از آرماتورهای عرضی پیچشی صرفنظر کرد.
۲) طراحی برای پیچش لازم است.
۳) طراحی آرماتورهای عرضی پیچشی لازم بوده و می‌توان از آرماتورهای طولی پیچشی صرفنظر کرد.
۴) طراحی برای پیچش ضرورتی ندارد.

گزینه ۴

محاسبات ۹۵

۳۰- با فرض اینکه برای یک تیر با مقطع نشان داده شده در شکل زیر طراحی برای برش و پیچش الزامی باشد، فقط از منظر حداقل آرماتور برشی و پیچشی و بدون توجه به سایر الزامات از جمله الزامات لرزه‌ای، حداکثر فاصله خاموت‌های بسته به قطر 10 میلی‌متر به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید پوشش بتن برابر 50 میلی‌متر، میلگردها از رده S340 و بتن از نوع C35 است)



۱) 150 mm
۲) 125 mm
۳) 300 mm
۴) 250 mm

گزینه ۴

ازنظر برش حداکر فواصل d/2 می باشد که با توجه به اینکه تقریبا d=630 می باشد، حداکثر فواصل 315 mm می باشد.

از طرفی از نظر پیچش:

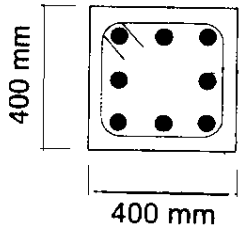
$$S_{max} = min\left(\frac{2(490+590)}{8}, 300\right) = 270\ mm$$

همچنین رابطه ۹-۱۵-۱۴ نیز باید کنترل شود:

$$(2\pi \times 5^2) \geq 0.06\sqrt{35}\frac{600S_n}{340} \qquad \rightarrow \qquad 250.6 \geq S_n$$

محاسبات ۹۶

۲۵- در یک مقطع بتن‌آرمه به ابعاد خارجی 400×400 میلی‌متر در صورتیکه آرماتور طولی 8 Φ16 و پوشش بتن روی آرماتورهای عرضی (Φ10@150 mmc/c) برابر 40 میلی‌متر و تنش جاری شدن آرماتورهای طولی و عرضی برابر 340 MPa باشد، لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط خاموت پیچشی برحسب کیلونیوتن متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



۱) 20
۲) 30
۳) 27
۴) 25

گزینه ۴

$$T_s = 2 \times 0.85 \times (0.85A_{oh})A_t\frac{F_{yv}}{S_n} = 2 \times 0.85(0.85 \times 310 \times 310) \times (\pi \times 5^2)\frac{340}{150} = 24.7\ kN.m$$

بررسی کفایت مساحت آرماتورهای طولی:

$$A_l = \frac{\pi \times 5^2}{150}[4(310)]\frac{340}{340} = 648\ mm^2$$

مساحت میلگردهای طولی برابر $8 \times \pi \times 8^2 = 1600\ mm^2$ که بیشتر از مقدار لازم است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۷- در یک مقطع مستطیل شکل (b=30 cm , h=50 cm) در صورتی‌که پوشش بتن برابر 4 cm و خاموت مصرفی به صورت بسته از Φ12 و آرماتور طولی 6Φ20 (در گوشه‌ها و در گونه‌ها) و بتن از رده C25 و فولاد از رده S400 (آرماتور طولی و عرضی) و نیروی برشی و لنگر پیچشی نهایی موثر به مقطع به ترتیب برابر V_u=200 kN و T_u=40 kN.m باشد، گزینه صحیح را انتخاب کنید؟

۱) مقطع قابل قبول نیست.
۲) با طراحی مناسب فاصله خاموت‌های بسته از یکدیگر می‌توان مقطع را قابل‌قبول دانست.
۳) با طراحی مناسب فاصله خاموت‌های بسته از یکدیگر و مقدار آرماتور طولی می‌توان مقطع را قابل قبول دانست.
۴) با طراحی مناسب مقدار آرماتور طولی می‌توان مقطع را قابل قبول دانست.

گزینه ۱:

این مقطع تحت اثر برش و پیچش بالا قرار دارد. با افزایش برش و پیچش، یا باید ابعاد مقطع را افزایش داد و یا اینکه خاموت ها را افزایش داد. در این سوال ابعاد مقطع ثابت است و تنها راه افزایش مقاومت افزایش حجم خاموت می باشد. از طرفی برای قرار دادن خاموت محدودیت داریم و مقدار خاموت نباید از یک حدی فراتر رود. آیین نامه برای کنترل خاموت گذاری در مقطع می گوید در مقاطع تحت اثر ترکیب برش و پیچش باید روابط زیر ارضا شوند

۹ – ۱۲ – ۱۰ – ۷ حداکثر تنش در مقاطع قوطی‌شکل از رابطـه (۹ – ۱۲ – ۲۱) و در مقاطع توپر از رابطه (۹ – ۱۲ – ۲۲) به‌دست می‌آید.

$$\frac{V_u}{b_w d}+\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\le 0.25\phi_c f_c \qquad (۹-۱۲-۲۱)$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2+\left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2}\le 0.25\phi_c f_c \qquad (۹-۱۲-۲۲)$$

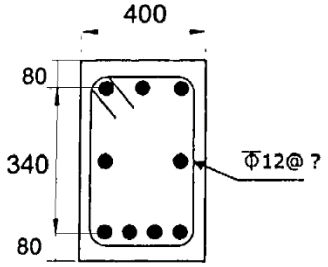
در صورتی که رابطه 22-12-9 ارضا نشود، تنها راه افزایش مقاومت برشی و پیچشی مقطع افزایش ابعاد مقطع افزایش می باشد:

$$\left(\sqrt{\left(\frac{200000}{300\times 438}\right)^2+\left(\frac{40\times 10^6\times 2\times 616}{1.7(208\times 408)^2}\right)^2}=4.3\right)\not\le (0.25\times 0.65\times 25=4.06)$$

بنابراین مقطع با ابعاد فعلی قابل قبول نمی باشد

محاسبات ۹۵

۳۶- با فرض اینکه برای مقطع نشان‌داده شده در شکل زیر طراحی برای پیچش ضروری بوده و مقدار برش نهایی ناچیز باشد، حداکثر فاصله خاموت‌های بسته، بدون توجه به مقدار محاسباتی ناشی از لنگر پیچشی، حدوداً چند میلی‌متر می‌باشد؟ (بتن از رده C25 و فولاد از نوع S400 فرض شود. ابعاد در شکل به میلی‌متر است.)



۱) 210
۲) 375
۳) 420
۴) 750

گزینه ۱

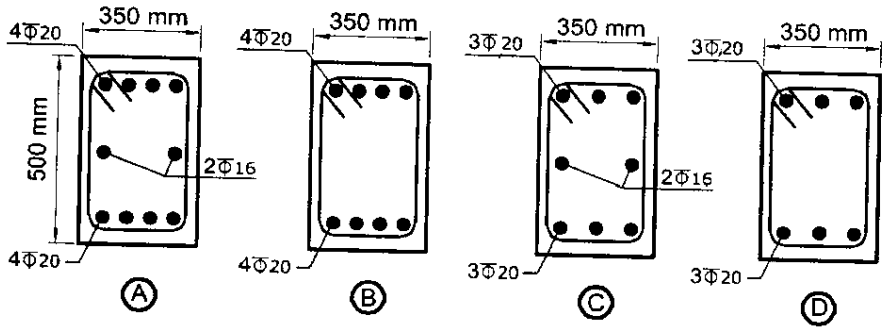
اگر پوشش بتن را "تا آکس خاموت" حدودا $c=80-10-6=64mm$ فرض کنیم:

$$s<Min\left(\frac{P_h}{8},300\right)=Min\left(\frac{2(400-2\times 64)+2(500-2\times 64)}{8},300\right)=161\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۱۷- یک تیر بتنی تحت خمش و پیچش قرار دارد. در صورتیکه مساحت آرماتورهای لازم برای خمش در بالا و پایین مقطع برابر $A_s = A'_s = 900\ mm^2$ و مساحت آرماتورهای طولی لازم برای پیچش برابر $A_l = 1000\ mm^2$ باشد. کدامیک از فولادگذاری‌های طولی زیر صحیح‌تر است؟ (فاصله خاموت‌ها 100 میلی‌متر و پوشش میلگرد طولی 50 میلی‌متر است).



۱) A ۲) D ۳) C ۴) B

گزینه ۱

شکلهای B و D قابل قبول نیستند. چون آماتور گونه ندارند و فاصله میلگردها از یکدیگر در این مقاطع بیش از ۳۰ سانتیمتر می باشد.

مقطع C نیز قابل قبول نیست. چون مساحت میلگردی که قرار داده شده است، کم است.

جمع مساحت میلگردها در محیط مقطع باید حداقل برابر مقدار زیر باشد:

کل مساحت قرار گرفته در محیط مقطع= مساحت میلگرد خمشی بال + مساحت میلگرد خمشی پایین + مساحت میلگرد طولی پیچشی

$$= A_s + A'_s + A_l = 900 + 900 + 1000 = 2800\ mm^2$$

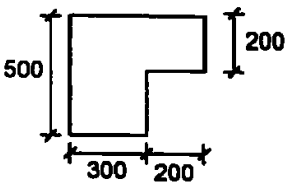
مجموع مساحت قرار داده شده در مقطع C برابر $6 \times 314 + 2 \times 3.14 \times 8^2 = 2285\ mm^2$ می باشد.

مجموع مساحت قرار داده شده در مقطع A برابر $8 \times 314 + 2 \times 3.14 \times 8^2 = 2913\ mm^2$ می باشد.

محاسبات ۹۳

۳۲- لنگر پیچشی ترک‌خوردگی مقطع مطابق شکل در صورتیکه رده بتن C25 باشد، برحسب کیلونیوتن‌متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (واحدها در شکل بر حسب میلی‌متر است و $\phi_c = 0.65$).

۱) 24
۲) 22
۳) 16
۴) 18



گزینه ۲

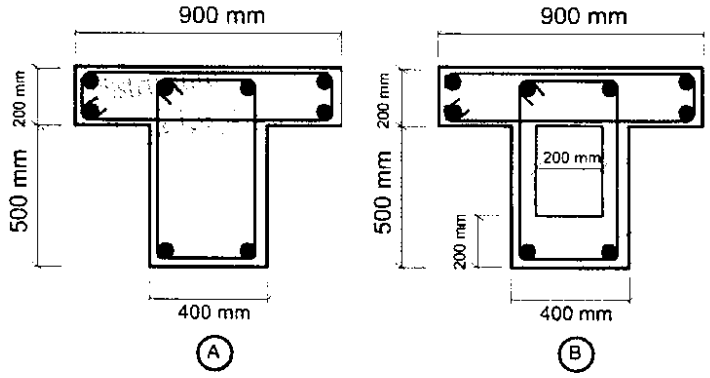
$$A_c = 150000 + 40000 = 190000\ mm^2$$

$$P_c = 500 + 300 + 300 + 200 + 200 + 500 = 2000\ mm$$

$$T_{cr} = \frac{A_c^2}{P_c} 1.9 \times 1 \times \left(0.2 \times 0.65\sqrt{f_c}\right) = \frac{190000^2}{2000} \times 1.9 \times 0.2 \times .65 \times 5 = 22.29\ kN.m$$

محاسبات ۹۶

۱۸- درصورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر و براساس مقررات ملی ساختمان در صورتی‌که آرماتورگذاری مقاطع زیر یکسان باشد، کدامیک از جملات زیر صحیح‌تر است؟



۱) مقاومت پیچشی نهایی مقطع A از B بیشتر است، مقاومت برشی نهایی مقطع B از A بیشتر است.

۲) مقاومت پیچشی نهایی مقطع B از A بیشتر است. مقاومت برشی نهایی مقطع A از B بیشتر است.

۳) مقاومت پیچشی نهایی و مقاومت برشی نهایی مقاطع A و B یکسان است.

۴) مقاومت پیچشی نهایی مقطع A و B برابر است، مقاومت برشی نهایی مقطع A از مقطع B بیشتر است.

گزینه ۴

مقاومت پیچشی مقاطع با سوراخ همانند مقاومت پیچشی مقاطع بدون سوراخ محاسبه می شود:

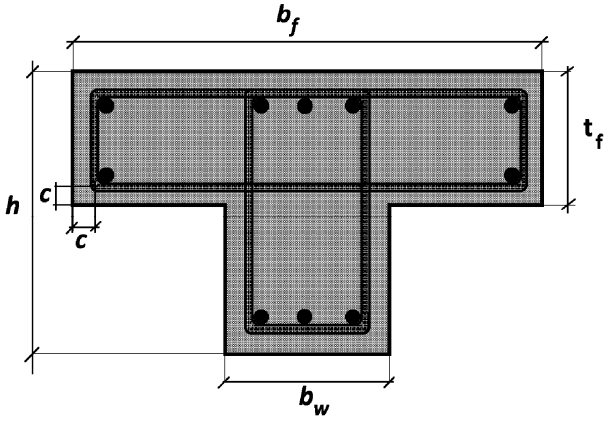
A_{oh} = مساحت سطح محصور شده به وسیله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی بیرونی در مقطع، شامل سطح سوراخ‌ها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

با فرض اینکه پوشش بتن تا محور ارماتورهای عرضی برابر $45+5=50\ mm$ باشد، داریم:

$$\left.\begin{matrix} A_{oh}=300\times 500+100\times 800=230000 \\ P_h=(800+600)\times 2=2800\ mm \end{matrix}\right\} \frac{0.5A_{oh}}{P_h}=41.07\ mm$$

فاصله اضلاع خاموت از وجه درونی در مقطع داده شده برابر $50\ mm$ می باشد و بنابراین همانند مقطع توپر محاسبه خواهد شد.

۹-۱۵-۸-۴ در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی مقطع نباید کمتر از $0.5\frac{A_{oh}}{P_h}$ باشد.



$A_c = b_w h + t_f (b_f - b_w)$

$P_c = 2b_f + 2h$

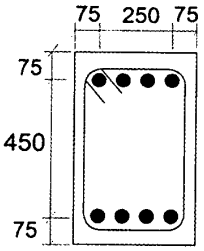
$A_{oh} = (b_w - 2c)(h-2c) + (t_f - 2c)(b_f - b_w)$

$P_h = 2(b_f - 2c) + 2(h-2c)$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۳۵- فرض کنید یک مقطع بتنی به ابعاد 400×600 mm (مطابق شکل زیر)، تحت اثر توام برش (V_u) و پیچش (T_u) قرار دارد. اگر مقدار V_u برابر 50% حداکثر نیروی برشی مقاوم مقطع (در حالتی که مقطع فقط تحت اثر V_u قرار دارد) باشد، آنگاه در صورت تامین خاموت‌های برشی و پیچشی مورد نیاز، مقدار حداکثر لنگر پیچشی قابل اعمال بر مقطع در حضور نیروی برشی V_u برحسب کیلونیوتن متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگردها از نوع S400 هستند. در محاسبات قطر میلگردهای طولی را برابر 25 میلی‌متر و قطر میلگردهای عرضی را برابر 10 میلی‌متر در نظر بگیرید. ابعاد مقطع به میلی‌متر است. همچنین فرض کنید در عضو امکان کاهش لنگر پیچشی در اثر بازپخش لنگرهای داخلی وجود ندارد).



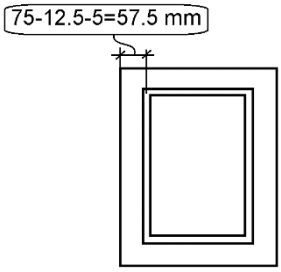
۱) 374

۲) 274

۳) 174

۴) 74

گزینه۴



با توجه به اینکه $V_u = 0.5V_{r-max} = 0.5 \times 0.25 f_{cd} bd = 2.03\ bd$ می باشد، داریم:

$$P_h = 2[(400-115)+(600-115)] = 1540\ mm$$
$$A_{oh} = (400-115)(600-115) = 138225\ mm^2$$

$$\sqrt{\left(\frac{2.03bd}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times 1540}{1.7 \times 138225^{\,2}}\right)^2} < 0.25 f_{cd} = 4.06MPa$$

$$\left(\frac{T_u \times 1540}{1.7 \times 138225^{\,2}}\right) = 3.51 \quad \rightarrow \quad T_u = 74\ kN.m$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۴-۳- پیچش نامعین

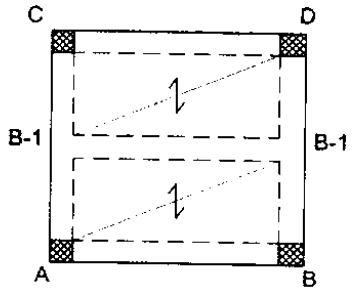
۹-۱۵-۱۱ لنگر پیچشی نهایی در اعضای ساختمان‌های نامعین

۹-۱۵-۱۱-۱ در مواردی که مقاومت در برابر لنگر T_u برای برقراری تعادل عضوی لازم باشد، عضو مورد نظر باید برای تحمل تمام لنگر پیچشی معادل T_{cr}، مطابق ضوابط بند ۹-۱۵-۷ طراحی شود.

۹-۱۵-۱۱-۲ در مواردی که امکان کاهش لنگر پیچشی در اثر باز پخش لنگرهای داخلی در عضوی از یک ساختمان نامعین موجود باشد، می‌توان مقدار T_u را به $0/67T_{cr}$ کاهش داد به شرطی که اثر لنگرها و برش‌های تعدیل‌شده عضو در سایر اعضای مجاور با استفاده از روابط تعادل، محاسبه و در طراحی به کار گرفته شود.

محاسبات ۹۶

۱۵- شکل روبرو پلان تیرریزی یک ساختمان بتن‌آرمه را نشان می‌دهد. تحلیل سازه نشان می‌دهد که T_u (لنگر پیچشی نهایی) ناشی از بارهای ثقلی در تیرهای B-1، 23.5 kN.m است. کمترین لنگر پیچشی نهایی که تیرهای B-1 را می‌توان برای آن طراحی کرد به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (مقطع تیرهای B-1 دارای عرض 400 mm و ارتفاع 500 mm بوده و اثر تعدیل لنگر پیچشی در آنها در اعضای مجاور درنظر گرفته خواهد شد. بتن از رده C25 با سنگدانه‌های معمولی و میلگرد از نوع S400 درنظر گرفته شود).



۱) 13.5 kN.m

۲) 27.5 kN.m

۳) 23.5 kN.m

۴) 18.5 kN.m

گزینه ۴

تیر *B-1* تحت اثر لنگر پیچشی همسازی قرار دارد و با دوران پیچشی تیر *B-1* لنگر وارد بر ان کاهش میابد (قابل کاهش است) بنابراین می توان آنرا برای لنگر پیچشی کمتری مطابق بند زیر طراحی کرد.

$$T_u = 0.67T_{cr} = 0.67\left(\frac{A_c^2}{P_c}\right) \times 1.9 \times \left(0.2 \times 0.65\sqrt{25}\right)$$

$$= 0.67\left(\frac{(400 \times 500)^2}{2(400+500)}\right) \times 1.9 \times \left(0.2 \times 0.65\sqrt{25}\right) = 18.39\, kN.m$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۷

۴۵- چنانچه برای مقابله با پیچش و برش در یک تیر بتنی از تنگ بسته استفاده شده باشد و سطح مقطع آرماتور عرضی لازم برای برش برابر A_v و سطح مقطع آرماتور عرضی لازم برای پیچش برابر A_t باشد سطح مقطع یکی از شاخه های تنگ به کار رفته در مقطع کدامیک از مقادیر زیر باید باشد؟

۱) $\frac{A_v}{2}+\frac{A_t}{2}$

۲) $\frac{A_v}{2}+A_t$

۳) $A_v+\frac{A_t}{2}$

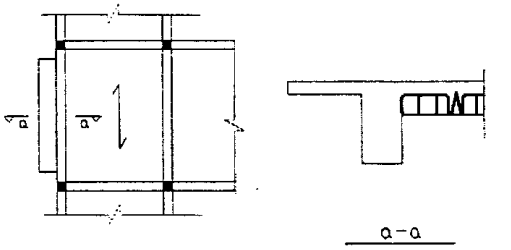
۴) A_v+A_t

گزینه ۲

تمرین: محاسبات ۸۳- پایه ۳

۴۰- در شکل زیر تیرچه‌ها موازی تیرکناری می‌باشند. دال طره متصل به این تیر لنگر پیچشی ضریبدار حداکثر برابر با $T_u = 1.0t.m$ را به آن وارد می‌کند. در صورتیکه بخواهیم از اثر پیچش در تیر صرفنظر کنیم حداقل ابعاد لازم برای آن چه مقدار باید باشد؟

$f_c = 200kg/cm^2$ ، $f_y = 4000kg/cm^2$



۱) ۴۰×۸۰ سانتیمتر

۲) ۴۰×۷۰ //

۳) ۴۰×۶۰ //

۴) ۴۰×۵۰ //

گزینه ۱

با توجه به اینکه در تمامی گزینه ها عرض مقطع برابر 400 می باشد:

$$\{T_u = 10\ kN.m\} < \left\{0.25T_{cr} = 0.25 \times 1.9\left(\frac{(400h)^2}{2(400+h)}\right)\left(0.2 \times 0.65 \times \sqrt{20}\right)\right\} \qquad \rightarrow h > 708\ mm$$

۹-۱۵-۷-۱ در صورتی‌که مقدار T_u از مقدار $۰/۲۵T_{cr}$ کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضرورتی ندارد. مقدار T_{cr} از رابطه (۹-۱۵-۱۵) به دست می‌آید:

$$T_{cr} = \left(\frac{A_c^2}{P_c}\right)۱/۹\lambda v_c \qquad (۹-۱۵-۱۵)$$

تمرین: محاسبات ۸۳-پایه ۳

۳۵- در یک تیر T شکل، از تنگ‌های بسته در بال و در جان، با فواصل d/4 ، استفاده شده است. کدامیک از جملات زیر صحیح می‌باشد؟

۱) تنگ بسته واقع در جان فقط در برش، و تنگ بسته واقع در بال فقط در پیچش کار می‌کند.

۲) تنگ بسته واقع در جان در برش و پیچش، و تنگ بسته واقع در بال فقط در پیچش کار می‌کند.

۳) تنگ بسته واقع در جان در برش و پیچش کار کرده، و تنگ بسته واقع در بال در هیچ یک از برش و پیچش موثر نیست.

۴) هر دو تنگ بسته واقع در بال و در جان، در تحمل برش و پیچش کار می‌کنند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۶- برای مسلح نمودن یک عضو بتن آرمه با مقطع مستطیلی شکل تحت اثر لنگر پیچشی تنها، کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

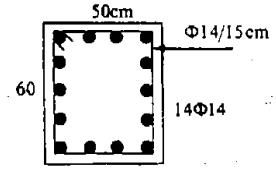
۱) آرماتور عرضی لازم بوده و آرماتور طولی به عنوان آرماتورهای اجرایی بکار برده می‌شوند.
۲) هر دو نوع آرماتورهای طولی و عرضی مورد نیاز هستند.
۳) آرماتور طولی لازم بوده و آرماتور عرضی به عنوان آرماتور اجرایی بکار برده می‌شوند.
۴) فقط آرماتور گونه در دو وجه مقطع کفایت می‌کند.

گزینه ۲

تمرین: محاسبات ۸۳-پایه ۱

۳۷- مقطع زیر متعلق به یک تیر لبه است که در حالت حدی نهایی برای برش $V_u = 40\,T$ و لنگر پیچشی $T_u = 3T - m$ طراحی شده است. کدام گزاره صحیح است؟ ابعاد حلقه خاموت‌ها ۴۰×۵۰سانتی‌متر و ارتفاع مؤثر تیر ۵۴ سانتی‌متر است.

$f_c = 200\frac{kg}{cm^2}$ $f_y = 4000\frac{kg}{cm^2}$



۱) خاموت‌ها و آرماتور طولی هر دو جوابگو هستند، مقطع نیز جوابگو است.
۲) خاموت‌ها و آرماتور طولی هر دو جوابگو هستند ولی مقطع جوابگو نیست.
۳) خاموت‌ها جوابگو نیستند، آرماتور طولی جوابگوست.
۴) خاموت‌ها جوابگو هستند، آرماتور طولی جوابگو نیست.

گزینه ۱

$$T_{cr} = 1.9\left(\frac{(500\times 600)^2}{2200}\right)\left(0.2\times 0.65\times\sqrt{20}\right) = 45.19\times 10^6\ N.mm = 45.19\ kN.m$$

$$0.25\times T_{cr} = 12.63\ kN.m = 1.263\ t.m.$$

مقدار پیچش وارد بر مقطع از 1.263 بیشتر بوده و باید برای آن خاموت پیچشی منظور نمود:

$$\left[T_r = 2\times 0.85\times(0.85\times 408\times 508)\frac{A_t}{s}\ 400\times 1 = 119798592\frac{A_t}{s}\right] \geq [T_u = 3\times 10^7]$$

$$\frac{A_t}{s} = 0.25\ mm$$

علاوه بر آرماتور عرضی پیچشی، آرماتور عرضی برشی نیز باید محاسبه شود:

$$\left[V_r = 0.2\times 0.65\times\sqrt{20}\times 500\times 540 + \frac{A_v}{s}\times 0.85\times 540\times\ 400 = 156972 + 183600\frac{A_v}{s}\right]$$
$$\geq [V_u = 40\times 10^4]$$

$$\frac{A_v}{s} = 1.32\ mm$$

آرماتور عرضی برشی و پیچشی باید باهم جمع شوند:

$$\left.\begin{array}{l}\frac{A_v}{s} + 2\frac{A_t}{s} = 1.82\ mm \\ \varphi 14@15 ==> \frac{2\times 3.14\times 7^2}{150mm} = 2.05mm\end{array}\right\} OK$$

کنترل حداکثر برش و پیچش وارد بر مقطع:

$$\left(\sqrt{\left(\frac{40\times 10^4}{500\times 540}\right)^2 + \left(\frac{3\times 10^7\times 1832}{1.7(408\times 508)^2}\right)^2} = 1.48\right) < (0.25\times 0.65\times 20 = 3.25) \quad OK$$

کنترل سطح مقطع آرماتورهای طولی:

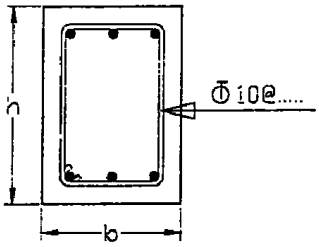
$$(A_l = 14\varphi 14) > \left(\frac{\pi\times 7^2}{150}[2(400+500)]\frac{340}{340} = 1846\ mm^2\right)$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۲- در یک تیر بتنی مقدار آرماتور عرضی مورد نیاز برای برش برابر ۱۰/۴۷ سانتیمتر مربع درهر متر طول و مقدار آرماتور عرضی مورد نیاز برای پیچش ۵/۲۳ سانتیمتر مربع در هر متر طول محاسبه شده است. کدامیک از آرایش‌های زیر برای آرماتور عرضی این تیر صحیح می‌باشد؟

۱) Φ۱۰@ ۵ cm
۲) Φ۱۰@ ۷/۵ cm
۳) Φ۱۰@۱۲/۵ cm
۴) Φ۱۰@۱۵ cm



گزینه ۲

میزان آرماتور عرضی لازم برابر است با:

$$\frac{A_v}{S}+2\frac{A_t}{S}=\frac{10.47}{100}+2\frac{5.23}{100}=0.209\ cm$$

گزینه دوم همین مقدار را تامین می کند:

$$\frac{A_v}{S}_{\varphi 10@7.5}=\frac{2\times 3.14\times 0.5^2}{7.5}=0.209$$

تمرین: محاسبات ۸۷

۴۴- چنانچه لنگر پیچشی نهایی ترک خوردگی یک عضو بتنی برابر *ton.m* ۱۰۰ باشد حداکثر لنگر پیچشی نهایی قابل تحمل برای آنکه بتوان اساسا از اثر پیچش در محاسبات صرفنظر نمود، کدامیک از مقادیر زیر است؟

۱) ۲۵ تن – متر
۲) ۵۰ تن – متر
۳) ۷۵ تن – متر
۴) ۱۰۰ تن – متر

گزینه ۱

تمرین: محاسبات ۸۶

۴۰- در طراحی مقاطع اعضای بتن آرمه تحت اثر برش و پیچش توأم، باید فولادهای برشی و پیچشی به صورت جدا محاسبه شده و .....

الف) از مقادیر به دست آمده هرکدام بزرگ تر است انتخاب شده و به فولادهای محاسبه شده برای سایر تلاشها اضافه شوند.

ب) ۱/۳۳ برابر بزرگ ترین مقدار فولاد برای برش یا پیچش همراه با فولادهای محاسبه شده برای سایر تلاش ها در مقطع استفاده شود.

ج) فولادهای عرضی پیچشی با فولادهای برشی جمع شده و در مقطع استفاده شوند.

د) مقادیر فولاد به دست آمده با هم جمع و به فولادهای محاسبه شده برای سایر تلاش ها اضافه شوند.

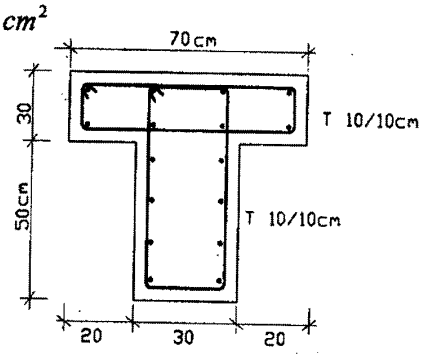
گزینه ۴

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۳- پایه ۲

۳۷- در تیر T شکل زیر با وجود تنگهای بسته پیچشی در بال و جان، مقاومت پیچشی نهایی مقطع چقدر است؟

$f_c = 300kg/cm^2$ و $f_y = 3000kg/cm^2$



(۱) $T_r = 7.5$ T.m

(۲) $T_r = 13.2$

(۳) $T_r = 4.8$

(۴) $T_r = 10.5$

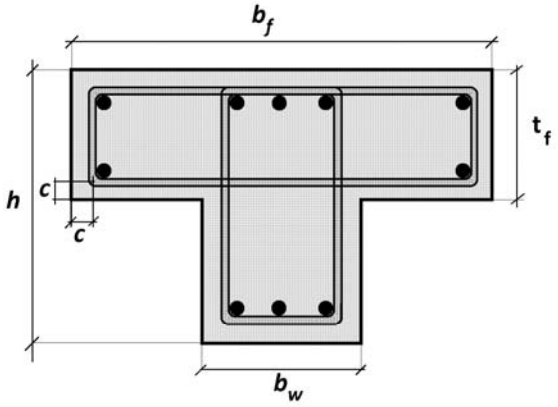
گزینه ۱

$$A_o = 0.85A_{oh} = 0.85(200 \times 700 + 200 \times 400) = 187000\ mm^2$$

$$T_r = T_s = 2 \times 0.85 \times 187000 \times \pi \times 5^2 \times \frac{300}{100} = 75\ \text{kN.m}$$

۹-۱۵-۸-۲ مقدار T_s با استفاده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) محاسبه می‌شود.

$$T_S = ۲\varphi_s A_o A_t \frac{f_{yv}}{s_n} \qquad (۹\text{-}۱۵\text{-}۱۸)$$



$A_c = b_w h + t_f (b_f - b_w)$

$P_c = 2b_f + 2h$

$A_{oh} = (b_w - 2c)(h - 2c) + (t_f - 2c)(b_f - b_w)$

$P_h = 2(b_f - 2c) + 2(h - 2c)$

$A_o = 0.85A_{oh}$

۱۵-خیز و ترک

۱۵-۱- روابط دقیق

برای محاسبه دقیق خیز محاسبه ممان اینرسی موثر لازم است که به صورت زیر محاسبه می شود:

۹-۱۷-۲-۴ محاسبه تغییر شکل در تیرها و دال‌های یکطرفه

۹-۱۷-۲-۴-۲ ممان اینرسی مؤثر اعضا براساس مشخصات مقطع و میزان ترک‌خوردگی آنها به شرح الف و ب این بند محاسبه می‌شود:

الف) در وسط دهانه اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده و در تکیه‌گاه اعضای طره‌ای از رابطه (۹-۱۷-۱) محاسبه می‌شود:

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \qquad (۹-۱۷-۱)$$

$qL^2/8$

$qL^2/2$

در این رابطه مقدار M_{cr} از رابطه (۹-۱۷-۲) محاسبه می‌شود:

$$M_{cr} = \frac{f_r . I_g}{y_t} \qquad (۹-۱۷-۲)$$

$bh^3/12$

مقدار f_r نیز با استفاده از رابطه (۹-۱۷-۳) محاسبه می‌شود:

$$f_r = ۰/۶\sqrt{f_c} \qquad (۹-۱۷-۳)$$

مقدار I_e در هیچ حالت نباید بیشتر از I_g در نظر گرفته شود.

ب) در قطعات یکسره، ممان اینرسی مؤثر برابر با مقدار متوسط ممان اینرسی مؤثر قطعه که براساس مشخصات مقاطع بحرانی در وسط دهانه و بر روی تکیه‌گاه‌ها و با استفاده از رابطه (۹-۱۷-۴) محاسبه شده باشد، در نظر گرفته می‌شود. در اعضای یکسره میله‌ای ممان اینرسی مؤثر را می‌توان برابر با مقدار این ممان اینرسی در مقطع بحرانی، در وسط دهانه منظور کرد.

$$I_e = \frac{۱}{۴}(I_{eL} + ۲I_{em} + I_{eR}) \qquad (۹-۱۷-۴)$$

علاوه بر ممان اینرسی دقیق، لازم است ضریب خزش نیز محاسبه شود:

۹-۱۷-۲-۴-۳ تغییر شکل اضافی ایجاد شده در اعضا در طول زمان را که معمولاً «اضافه افتادگی درازمدت» نامیده می‌شود، در صورت عدم استفاده از روش‌های تحلیلی دقیق‌تر، می‌توان از حاصلضرب تغییر شکل آنی ناشی از بار دائمی در ضریب λ که از رابطه (۹-۱۷-۵) مشخص شده است، به دست آورد:

$$\lambda = \frac{\xi}{۱+۵۰\rho'} \qquad (۹-۱۷-۵)$$

در این رابطه ρ' مربوط به مقطع وسط دهانه در اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده یا پیوسته و مقطع تکیه‌گاه، در اعضای طره‌ای است. مقدار ضریب وابسته به زمان، ξ، برابر با مقادیر زیر در نظر گرفته می‌شود:

جدول ۹-۱۷-۰ مقدار ضریب ξ وابسته به زمان

زمان ۵ سال یا بیشتر	۲/۰
زمان ۱۲ ماه	۱/۴
زمان ۶ ماه	۱/۲
زمان ۳ ماه	۱/۰

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۲۹- مقطع تیر بتن مسلح با تکیه‌گاه‌های ساده به طول دهانه 8 متر دارای ممان اینرسی ترک نخورده برابر $I_g= 120\times10^8\ mm^4$ و ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده برابر $I_{cr} = 50\times10^8\ mm^4$ می‌باشد. تیر تحت بار مرده گسترده یکنواخت 20 kN/m (شامل وزن تیر) دارای جابجایی قائم آنی در وسط تیر برابر 8 mm می‌باشد. اگر بار مرده گسترده یکنواخت به دو برابر افزایش یابد، جابجایی آنی (ارتجاعی) تیر به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (لنگر خمشی نظیر ترک‌خوردگی مقطع تیر برابر $M_{cr}= 80\ kN.m$ فرض شود).

۱) 16.0 میلی‌متر
۲) 20.0 میلی‌متر
۳) 18.5 میلی‌متر
۴) 17.5 میلی‌متر

گزینه ۳

با افزایش بار وارد شده، لنگر وارد بر تیر (Ma) نیز افزایش یافته و در نتیجه ممان اینرسی موثر مقطع کاهش میابد:

محاسبه ممان اینرسی موثر تحت بار گسترده *20kN/m*:

$$\left.\begin{matrix} M_a = \dfrac{qL^2}{8} = \dfrac{20\times 8^2}{8} = 160\ kN.m \\ M_{cr} = 80\ kN.m \\ I_g = 120\times10^8 \\ I_{cr} = 50\times10^8 \end{matrix}\right\} I_e = 50\times10^8 + (120\times10^8 - 50\times10^8)\left(\frac{80}{160}\right)^3 = 58.75\times10^8$$

محاسبه ممان اینرسی موثر تحت بار گسترده *40kN/m*:

$$\left.\begin{matrix} M_a = \dfrac{qL^2}{8} = \dfrac{40\times 8^2}{8} = 320\ kN.m \\ M_{cr} = 80\ kN.m \\ I_g = 120\times10^8 \\ I_{cr} = 50\times10^8 \end{matrix}\right\} I_e = 50\times10^8 + (120\times10^8 - 50\times10^8)\left(\frac{80}{320}\right)^3 = 51.09\times10^8$$

۹-۱۷-۲-۴-۲ ممان اینرسی مؤثر اعضا براساس مشخصات مقطع و میزان ترک‌خوردگی آنها به شرح الف و ب این بند محاسبه می‌شود:

الف) در وسط دهانه اعضای با تکیه‌گاه‌های ساده و در تکیه‌گاه اعضای طره‌ای از رابطه (۹-۱۷-۱) محاسبه می‌شود:

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \qquad (۹-۱۷-۱)$$

در این رابطه مقدار M_{cr} از رابطه (۹-۱۷-۲) محاسبه می‌شود:

$$M_{cr} = \frac{f_r . I_g}{y_t} \qquad (۹-۱۷-۲)$$

بنابراین پس از افزایش بار ممان اینرسی مقطع کاهش میابد و در نتیجه مقدار خیز در حالت دوم بیش از دو برابر خواهد بود:

$$\Delta_{\text{حالت دوم}} = \Delta_{\text{حالت اول}} \times \frac{58.75}{51.09} \times 2 = \Delta_{\text{حالت اول}} \times 2.3 = 8 \times 2.3 = 18.39\ mm$$

محاسبات ۹۷

۳۳- یک تیر بتنی دو سر ساده تحت بار گسترده یکنواخت مرده 50 kN/m قرار دارد. تحت این بارگذاری، ممان اینرسی موثر مقطع (I_e)، 5 درصد بیش از ممان اینرسی مقطع ترک خورده (I_{cr}) بوده و تغییر شکل آنی در وسط دهانه 14.5 mm است. اگر علاوه بر بار مرده مذکور، بار گسترده یکنواخت زنده برابر 25 kN/m نیز به تیر اعمال شود، آنگاه تغییر شکل آنی در وسط دهانه ناشی از بار زنده، به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟

۱) 23 mm ۲) 13 mm

۳) 10 mm ۴) 8 mm

گزینه ۴

روش تقریبی:

تحت بار مرده $I_e = 1.05I_{cr}$ می باشد پس از اعمال بار زنده مقدار I_e قدری کاهش خواهد یافت.

بنابراین:

$$I_{cr} < I_e < 1.05I_{cr}$$

بنابراین تغییر قابل توجهی در میزان ممان اینرسی مقطع نداریم.

در نتیجه مقدار تغییرمکان آنی ناشی از بار زنده تقریبا برابر است با:

$$q_D = 50 \quad \rightarrow \quad \Delta_D = 14.5\ mm$$
$$q_L = 25 \quad \rightarrow \quad \Delta_L \approx 7.25\ mm$$

روش دقیق:

قبل از اعمال بار زنده:

$$\left.\begin{aligned} I_e &= I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_D}\right)^3 \\ I_e &= 1.05I_{cr} \end{aligned}\right\} \quad (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_D}\right)^3 = 0.05I_{cr}$$

بعد از اعمال بار زنده (با توجه به اینکه پس از اعمال بار زنده مقدار بار 1.5 برابر می شود):

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{1.5M_D}\right)^3 = I_{cr} + \left((I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_D}\right)^3\right) \times 0.296$$

$$= I_{cr} + 0.05I_{cr} \times 0.296 = 1.0148I_{cr}$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta_D &= \frac{5}{384}\frac{q_D L^4}{EI_e} = \frac{5}{384}\frac{50L^4}{E(1.05I_{cr})} = 14\ mm \\ \Delta_{D+L} &= \frac{5}{384}\frac{(q_D + q_L)L^4}{EI_e} = \frac{5}{384}\frac{75L^4}{E(1.0148I_{cr})} = 14\ mm \times \left(\frac{75}{50}\right) \times \left(\frac{1.05}{1.0148}\right) = 21.73\ mm \end{aligned}\right\}$$

$$\Delta_L = 21.73 - 14 = 7.73\ mm$$

۹-۱۷-۲-۵ محدودیت تغییرشکل در تیرها و دال‌ها

۹-۱۷-۲-۵-۱ تغییرشکل ایجاد شده در تیرها و دال‌ها نباید از مقادیر مشخص شده جدول ۹-۱۷-۱ تجاوز کند.

۹-۱۷-۲-۵-۲ در ساختمان‌های متعارف مسکونی، اداری و تجاری رعایت محدودیت‌های شماره‌های ۲ و ۴ از جدول شماره ۹-۱۷-۱ کافی تلقی می‌شود.

۹-۱۷-۲-۵-۳ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول در تیرها و دال‌های یکطرفه‌ای که ارتفاع یا ضخامت آنها از مقادیر مندرج در جدول‌شماره ۹-۱۷-۲ بیشتر است، محاسبه تغییرشکل الزامی نیست. مشروط بر آنکه این تیرها و دال‌ها بر قطعاتی غیرسازه‌ای مانند دیوارهای تقسیم که تغییر شکل زیاد در آنها خساراتی ایجاد کند، متصل نباشند و یا آنها را نگهداری نکنند.

۹-۱۷-۲-۵-۴ در مورد تیرهایی‌که محدودیت‌های نسبت دهانه به ارتفاع جدول شماره ۹-۱۷-۲ را جوابگو نیستند، و یا ستون‌های با بیش از سه درصد فولاد (در محلی غیر از محل وصله‌ها) مقدار تنش فشاری بتن تحت بارهای بلند مدت بدون ضریب به $0/45f_c$ و تحت بارهای بهره‌برداری به $0/6f_c$ محدود می‌شود.

جدول۹-۱۷-۲ حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه

عضو	با تکیه‌گاه‌های ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال‌های یکطرفه پشت بنددار	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18/5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$
دال‌های یکطرفه توپر یا سقف‌های تیرچه و بلوک	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$

تبصره- جدول فوق برای فولاد طولی نوع $s400$ تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب $(0/4+\frac{f_y}{700})$ ضرب شوند.

جدول ۹-۱۷-۱ محدودیت تغییر شکل در تیرها و دال‌ها

انواع قطعه	تغییرشکل مورد نظر	محدودیت تغییرشکل	ملاحظات
۱- بام‌های تخت که به قطعاتی غیرسازه‌ای متصل نیستند یا آنها را نگهداری نمی‌کنند لذا تغییرشکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند.	تغییر شکل آنی ناشی از بارهای زنده	$\frac{l}{180}$	-
۲- مانند بالا در مورد کف‌ها		$\frac{l}{360}$	-
۳- بام‌ها یا کف‌هایی‌که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند و تغییرشکل زیاد ممکن است آسیبی در این قطعات ایجاد کند.	آن قسمت از تغییر شکل که بعد از اتصال قطعات غیر سازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه	$\frac{l}{480}$	تبصره ۱
۴- بام‌ها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند ولی تغییر شکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند.	افتادگی دراز مدت ناشی از بارهای دائمی و تغییرشکل آنی ناشی از بارهای زنده است.	$\frac{l}{240}$	تبصره ۲ و تبصره ۳

تبصره۱- در صورتی که بتوان با اتخاذ تدابیری ویژه از ایجاد آسیب به قطعات غیرسازه‌ای جلوگیری کرد، حد مربوط به محدودیت را می‌توان افزایش داد.

تبصره۲- تغییرشکل نباید از حد رواداری قطعات غیر سازه‌ای تجاوز کند. در صورتی‌که در قطعه خیز ایجاد شده باشد، حد محدودیت مشخص شده در مورد تفاضل تغییر شکل و خیز اعمال می‌گردد.

تبصره۳- اضافه تغییر شکل دراز مدت براساس ضابطه ۹-۱۷-۲-۴-۳ محاسبه می‌شود ولی می‌توان اضافه تغییر شکل درازمدت را که قبل از اتصال قطعات غیرسازه‌ای در عضو ایجاد شده محاسبه نمود و از کل مقدار اضافه تغییرشکل درازمدت کاست. در محاسبات تغییر-شکل مورد نظر مقدار باقیمانده دخالت داده می‌شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۷-۲-۶ محاسبه تغییرشکل در دال‌های دوطرفه

۹-۱۷-۲-۶-۱ در دال‌های دوطرفه تغییر شکل آنی را می‌توان با استفاده از روش‌های معمول تحلیل صفحات و روابطی که بر اساس رفتار خطی آنها تنظیم شده‌اند، محاسبه کرد. در این روش‌ها و روابط، مقدار E_c باید طبق رابطه (۹-۱۳-۱) و ممان اینرسی مؤثر دال‌ها طبق رابطه (۹-۱۷-۱) در نظر گرفته شوند. مقادیر دیگری در محاسبه تغییر شکل آنی نیز می‌توان به کار برد مشروط بر آنکه نتایج حاصل با انجام آزمایش‌های کافی تأیید شده باشند.

۹-۱۷-۲-۶-۲ در دال‌های دوطرفه اضافه تغییر شکل دراز مدت را باید براساس ضوابط بند ۹-۱۷-۲-۴-۳ محاسبه نمود.

۹-۱۷-۲-۶-۳ در سیستم دال‌های دوطرفه که بر اساس ضوابط فصل هجدهم طراحی‌شده‌اند در صورتی که ضخامت دال بیشتر از مقادیر مشخص شده در بندهای ۹-۱۷-۲-۶-۴ و ۹-۱۷-۲-۶-۵ باشد، کنترل تغییرشکل تحت بارهای متعارف الزامی نیست.

۹-۱۷-۲-۶-۴ حداقل ضخامت دال‌های تخت که در آنها تیرهای میانی بین تکیه‌گاه‌ها وجود ندارد، جهت عدم کنترل تغییرشکل، براساس مقادیر مندرج در جدول شماره ۹-۱۷-۳ در نظر گرفته شود. این ضخامت در هر حال نباید کمتر از مقادیر بندهای الف و ب اختیار شود:

الف) دردال‌های بدون کتیبه مطابق تعریف بندهای ۹-۱۸-۳-۴-۲ و ۹-۱۸-۳-۴-۳ ، مقدار ۱۲۵ میلی‌متر.

ب) در دال‌های با کتیبه یا سرستون مطابق تعریف بندهای ۹-۱۸-۳-۴-۲ و ۹-۱۸-۳-۴-۳ ، مقدار ۱۰۰ میلی‌متر.

جدول ۹-۱۷-۳ حداقل ضخامت دال‌های دوطرفه بدون تیر میانی

نوع فولاد	بدون کتیبه			با کتیبه		
	چشمه‌های بیرونی		چشمه های درونی	چشمه‌های بیرونی		چشمه‌های درونی
	بدون تیر لبه	با تیر لبه		بدون تیر لبه	با تیر لبه	
S۳۴۰	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۴۰}$	$\frac{l_n}{۴۰}$
S۴۰۰	$\frac{l_n}{۳۰}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$

تبصره۱- کتیبه‌ها یا سرستون‌های عنوان شده در این جدول باید مطابق تعریف بند ۹-۱۸-۳-۴ باشند.

تبصره۲- تیرهای لبه باید دارای نسبت سختی، α برابر با حداقل ۰/۸ باشند.

۹-۱۷-۲-۶-۵ حداقل‌ضخامت دال‌هایی‌که در تمام اضلاع روی تیرها تکیه دارند و نسبت طول دهانه بزرگتر به طول دهانه کوچکتر در آنها کمتر از ۲ است، جهت عدم کنترل تغییر شکل، باید به شرح (الف) و (ب) تعیین شود:

الف) در دال‌هایی که نسبت α_m در آنها مساوی یا کوچکتر از ۰/۲ است ، طبق ضابطه بند ۹-۱۷-۲-۶-۴ تعیین می‌شود.

ب) در دال‌هایی‌که نسبت α_m در آنها بزرگتر از ۰/۲ و کوچکتر از ۲ است، طبق رابطه (۹-۱۷-۶-۱) به دست می‌آید:

$$h=\frac{l_n(۸۰۰+۰/۶f_y)}{۳۶۰۰۰+۵۰۰۰\beta(\alpha_m-۰/۲)} \qquad (۹-۱۷-۶-۱)$$

ضخامت دال در این حالت نباید کمتر از ۱۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شود:

پ) در دال‌هایی که نسبت α_m در آنها مساوی یا بزرگتر از ۲ است طبق رابطه (۹-۱۷-۶-۲):

$$h=\frac{l_n(۸۰۰+۰/۶f_y)}{۳۶۰۰۰+۹۰۰۰\beta} \qquad (۹-۱۷-۶-۲)$$

α = نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمش نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشمه‌های مجاور در صورت وجود، محدود شده باشد.

محاسبات ۸۹

۳۱- در یک دال یک طرفه مقدار فولاد در بالا و پایین هر کدام برابر نیم درصد می‌باشد. اگر تغییر شکل آنی ناشی از بار دائمی در وسط دال برابر 20 میلیمتر باشد، تغییر شکل اضافی ایجاد شده پس از 6 سال بر اثر بار دائمی چقدر خواهد بود؟

۱) 27 mm
۲) 32 mm
۳) 38 mm
۴) 40 mm

گزینه ۲

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۱۹- در صورتیکه نسبت سطح مقطع آرماتور فشاری به سطح مقطع مؤثر در تمام طول یک تیر طره بتن‌آرمه برابر 0.006 و تغییرشکل آنی ناشی از بار دائمی در انتهای آزاد تیر برابر 5 میلی‌متر باشد، اضافه افتادگی درازمدت بعد از ده سال در انتهای آزاد آن تیر بر حسب میلی‌متر حدوداً چه مقدار خواهد شد؟ فرض کنید از روشهای تحلیلی دقیق‌تر استفاده نشود.

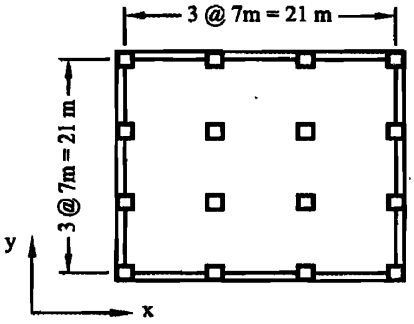
۱) 9.5 ۲) 7.7 ۳) 6.0 ۴) 15.5

گزینه ۲

$$\Delta_{\text{خزش}} = \lambda \times 5 = \frac{2}{1 + 50 \times 0.006} \times 5 = 7.69\ mm$$

محاسبات ۹۴

۲۶- در یک ساختمان با دال دوطرفه بدون تیر میانی و بدون کتیبه با پلان مطابق شکل، در صورتی‌که ابعاد مقطع ستون‌ها 400×400 میلی‌متر و ضخامت دال برابر 200 میلی‌متر و تیرهای لبه با ابعاد مقطع b = 400 mm و h = 400 mm باشند، نسبت سختی α تیر کناری به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



۱) 1.0

۲) 1.2

۳) 1.4

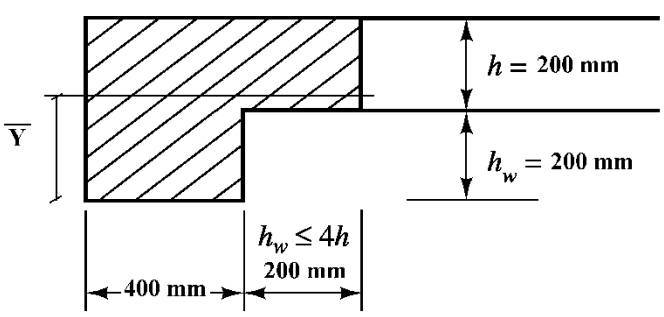
۴) 1.6

گزینه ۱

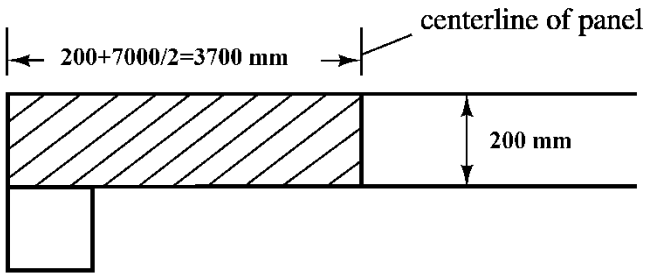
$$Y_{beam} = \frac{400 \times 400 \times 200 + 200 \times 200 \times 300}{400^2 + 200^2} = 220\ mm$$

$$I_{beam} = \frac{400^4}{12} + 400^2 \times (220 - 200)^2 + \frac{200^4}{12} + 200^2 \times (300 - 220)^2 = 2586666667 \text{mm}^4$$

$$\alpha = \frac{2586666667}{\left(\frac{(3700) \times 200^3}{12}\right)} = 1.048$$



(a) Edge beam dimensions



(b) Slab dimensions

محاسبات ۹۵

۱۹- برای تیر بتنی درجا با تکیه‌گاه ساده تحت بار گسترده یکنواخت، تغییرشکل اضافی ایجاد شده در طول زمان (اضافه افتادگی درازمدت) برابر 30 mm برآورد شده است. بتن از رده C30 و نسبت سطح مقطع آرماتور فشاری به سطح مقطع مؤثر برابر 0.0025 است. اگر به جای بتن C30، از بتن C25 استفاده شود، برای آنکه اضافه افتادگی مزبور بیشتر از 30 mm نشود، حداقل مقدار نسبت سطح مقطع آرماتور فشاری به سطح مقطع مؤثر حدوداً به چه میزانی باید درنظر گرفته شود؟ (جرم مخصوص بتن‌ها یکسان فرض شده و از اثر تغییرات نوع بتن و فولاد فشاری در ممان اینرسی مؤثر مقطع صرفنظر شود)

۱) 0.0035 ۲) 0.0040
۳) 0.0055 ۴) 0.0070

گزینه ۲

$$\left.\begin{aligned}\left(\Delta_{\text{خزش}}\right)_I &= \Delta_{\text{آنی}} \times \lambda = \frac{5q_D L^4}{384EI_e} \times \lambda \\ \left(\Delta_{\text{خزش}}\right)_{II} &= \Delta_{\text{آنی}} \times \lambda = \frac{5q_D L^4}{384EI_e} \times \lambda\end{aligned}\right\} \left(\Delta_{\text{خزش}}\right)_{II} = \left(\Delta_{\text{خزش}}\right)_I \quad \rightarrow \quad \left(\frac{\lambda}{E}\right)_I = \left(\frac{\lambda}{E}\right)_{II}$$

با تغییر مقاومت فشاری بتن، مدول الاستیسیته نیز تغییر می کند:

$$\frac{E_I}{E_{II}} = \frac{\left(3300\sqrt{30} + 6900\right)}{\left(3300\sqrt{25} + 6900\right)} = 1.0673 \quad \rightarrow \quad \lambda_{II} = \frac{E_{II}}{E_I}\lambda_I$$

$$\frac{\xi}{1 + 50\rho'} = \frac{1}{1.0673} \times \frac{\xi}{1 + 50 \times 0.0025} \quad \rightarrow \quad \rho' = 0.004$$

۹-۱۳-۷ مشخصات مصالح

۹-۱۳-۷-۱ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^3، از رابطه (۹-۱۳-۱) تعیین می‌گردد:

$$E_c = (۳۳۰۰\sqrt{f_c} + ۶۹۰۰)\left(\frac{\gamma_c}{۲۳}\right)^{۱/۵} \qquad (۹-۱۳-۱)$$

محاسبات ۹۳

۵۲- در یک تیر بتن مسلح، چنانچه تغییرشکل آنی ناشی از بار دائمی، در وسط دهانه 10 میلی‌متر باشد، تغییر شکل کل تیر ناشی از بارهای دائمی پس از 6 سال در همان نقطه، حداکثر چه مقدار می‌تواند باشد؟ (در محاسبات از روش‌های تحلیلی دقیق‌تر استفاده نمی‌شود و از مقدار آرماتور فشاری صرفنظر گردد.)

۱) 15 میلی‌متر ۲) 20 میلی‌متر ۳) 10 میلی‌متر ۴) 30 میلی‌متر

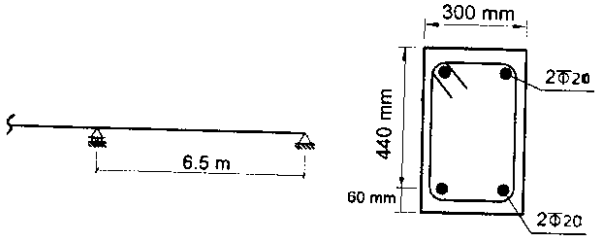
گزینه ۴

$$\Delta = \Delta_{\text{آنی}} + \Delta_{\text{خزش}} = 10 + \frac{\xi}{1 + 50\rho'}10 = 10 + 2 \times 10 = 30\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۱۶- در تیر یک ساختمان اداری مطابق شکل زیر، تغییرمکان آنی وسط دهانه برای بارهای مرده برابر Δ_D=9.2 mm و برای بارهای زنده برابر Δ_L=6.9 mm براساس تحلیل با سختی مؤثر محاسبه شده است. در صورتیکه بار مرده به‌عنوان بار دائمی سازه باشد، تغییرشکل کل نهایی وسط دهانه تیر برحسب میلی‌متر در طول عمر مفید سازه ناشی از بارهای مرده و زنده به کدامیک از موارد زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S400 فرض شود).



۱) 35

۲) 22

۳) 25

۴) 31

گزینه ۴

به تغییرشکل فوق باید تغییرشکل ناشی از خزش اضافه شود.

اضافه افتادگی دراز مدت (تغییر شکل ناشی از خزش) برابر است با:

$$\Delta_{\text{اضافه افتادگی دارز مدت}} = \lambda \times \Delta_{\text{دائمی}} = \left(\frac{\xi}{1+50\rho'}\right) \times \Delta_{\text{دائمی}} = \left(\frac{2}{1+50\left(\frac{2\times 314}{300\times 440}\right)}\right) \times 9.2 = 14.86\ mm$$

تغییر شکل کل نهایی تیر برابر خواهد بود با:

$$\Delta_{\text{زنده}} + \Delta_{\text{مرده}} + \Delta_{\text{اضافه افتادگی دارز مدت}} = 6.9 + 9.2 + 14.86 = 30.96\ mm$$

تمرین: محاسبات ۹۰

۳۱- اگر تغییر شکل آنی ناشی از بار دائم در یک تیر بتن مسلح 12.5 میلیمتر باشد، در بدترین شرائط، در دراز مدت تغییر شکل آن چقدر پیش‌بینی می‌شود؟

۱) 25 میلیمتر

۲) 37.5 میلیمتر

۳) 50 میلیمتر

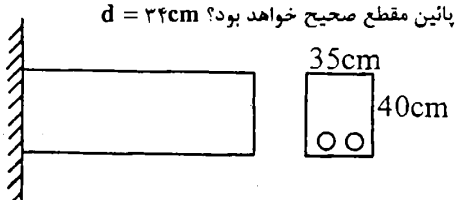
۴) 22.5 میلیمتر

گزینه ۲

$$\Delta_{\text{دراز مدت}} = \Delta_{\text{خزش}} + \Delta_{\text{آنی}} = \frac{\xi}{1+50\rho'}\Delta_{\text{آنی}} + \Delta_{\text{آنی}} = 2\Delta_{\text{آنی}} + \Delta_{\text{آنی}} = 3\Delta_{\text{آنی}} = 37.5\ mm$$

تمرین: محاسبات-۸۴- پایه ۲

۴۰- افتادگی آنی ناشی از بار مرده تیر کنسولی شکل مقابل ۰٫۵ سانتی‌متر می‌باشد. در صورتی‌که بخواهیم اضافه افتادگی ۵ ساله تیر حداکثر ۰٫۸ سانتی‌متر باشد، کدام مورد بعنوان میلگردهای حداقل لازم در پائین مقطع صحیح خواهد بود؟ d = ۳۴cm



۱) ۲ϕ۱۶

۲) ۲ϕ۱۸

۳) ۲ϕ۲۰

۴) ۲ϕ۲۲

گزینه ۳

$$\Delta_{\text{خزش}} = \frac{\xi}{1+50\rho'}\Delta_{\text{آنی}}$$

$$\rightarrow \quad 8\ mm = \frac{2}{1+50\rho'} \times 5\ mm$$

$$\rightarrow \quad \rho' = 0.005 \quad \rightarrow \quad \frac{A_s}{350\times 340} = 0.005 \quad \rightarrow \quad A_s = 595\ mm^2 \quad \rightarrow \quad 2\varphi 20$$

۱۵-۲- عرض ترک

۹-۱۷-۳-۲ محاسبه عرض ترک

۹-۱۷-۳-۲-۱ در تیرها و دال‌های یک طرفه مقدار عرض راء در صورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر، می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$w = ۱۱ \times ۱۰^{-۶} f_s \sqrt[۳]{d_c A} \qquad (۹-۱۷-۷)$$

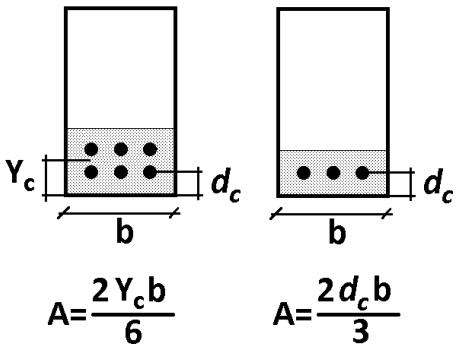
در شرایط محیطی متوسط (A)، و شدید (B و C) مقدار تنش f_s به $\frac{۲}{۳} f_y$ و درشرایط محیطی خیلی شدید (D) و فوق‌العاده شدید (E) مقدار این‌تنش به $\frac{۱}{۲} f_y$ محدود می‌شود.

۹-۱۷-۳-۳ محدودیت عرض ترک

مقدار عرض ترک در تیرها و دال‌های یک طرفه متناسب با شرایط محیطی ذکرشده در بند ۹-۶-۴ و شرایط لازم برای آب‌بندی ساختمان به مقادیر زیر محدود می‌شود:

- شرایط محیطی متوسط (A) و شدید (B) ۰/۳۵ میلی‌متر
- شرایط محیطی شدید (C) ۰/۲ میلی‌متر
- شرایط محیطی خیلی شدید (D) و فوق‌العاده شدید (E) و یا آب‌بندی ساختمان ۰/۱ میلی‌متر

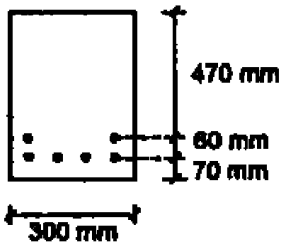
A = مساحت مؤثر کششی بتن تقسیم بر تعداد میلگردها، سطح مؤثرکششی بتن سطحی است محدود به لبه خارجی کششی که مرکز آن بر مرکز سطح آرماتورهای کششی منطبق است. در صورتی‌که قطرهای میلگردها متفاوت باشد، تعداد میلگردها برابر سطح مقطع کل آنها تقسیم بر سطح مقطع بزرگترین آنها در نظر گرفته می‌شود، میلی‌متر مربع



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۲۱- در تیری با مقطع مطابق شکل زیر در صورتیکه مقدار فولاد کششی 6Φ25، بتن از رده C25 و فولاد از نوع S400 و حداکثر تنش در میلگردها در حالت بهره‌برداری برابر f_y 0.6 باشد، حداکثر عرض ترک خمشی بر حسب میلی‌متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید از محاسبات دقیق‌تر استفاده نشود.



۱) 0.16

۲) 0.41

۳) 0.33

۴) 0.23

گزینه ۴

مرکز سطح میلگردهای کششی برابر است با:

$$Y_c = \frac{2 \times 130 + 4 \times 70}{6} = 90\ mm$$

پارامتر A برابر است با:

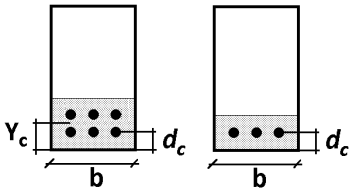
$$A = \frac{2Y_c \times 300}{n} = \frac{180 \times 300}{6} = 9000$$

$$w = 11.05 \times 10^{-6}(0.6F_y)\sqrt[3]{70 \times 9000} = 0.227\ mm$$

۹-۱۷-۳-۲ محاسبه عرض ترک

۹-۱۷-۳-۲-۱ در تیرها و دال‌های یک طرفه مقدار عرض راء در صورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر، می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$w = ۱۱/۰۵ \times ۱۰^{-۶} f_s \sqrt[۳]{d_c A} \qquad (۹-۱۷-۷)$$



محاسبات ۹۴

۲۴- در یک تیر بتنی با مقطع مستطیلی به عرض 300 میلی‌متر و ارتفاع کل 500 میلی‌متر، درصورتی‌که پوشش بتن از روی خاموت برابر 50 میلی‌متر، آرماتور کششی طولی 3Φ25 در یک سفره، خاموت Φ10@150mm c/c، نوع فولاد S400 و تنش میلگرد در حالت بهره‌برداری برابر $0.5f_y$ باشد، در صورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر، عرض ترک خمشی بر حسب میلی‌متر حدوداً برابر است با:

۱) 0.22 ۲) 0.12 ۳) 0.32 ۴) 0.42

گزینه ۱

$$w = 11.05 \times 10^{-6} \times 0.5 \times 400 \times \sqrt[3]{72.5 \times \left(\frac{145 \times 300}{3}\right)} = 0.2247\ mm$$

محاسبات ۹۵

۳۴- تیری با مقطع مستطیل شکل با b=300 mm، h = 500 mm و d = 430 mm با آرماتور کششی 2Φ25 + 2Φ20 در یک سفره مفروض است. در صورتی‌که رده بتن C25، نوع فولاد S400، تنش میلگردها در حالت بهره‌برداری برابر 250 MPa و شرایط محیطی متوسط باشد، در صورت عدم انجام محاسبات دقیق، عرض ترک تیر بر حسب میلی‌متر به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (مرکز آرماتورهای Φ20 و Φ25 در یک تراز فرض شود)

۱) 0.23 ۲) 0.27 ۳) 0.31 ۴) 0.42

گزینه ۲

$$\text{تعداد میلگرد معادل} = \left(\frac{2\times 314 + 2\times 491}{491}\right) = 3.27$$

$$w = 11.05\times 10^{-6}\times 250\sqrt[3]{70\times\frac{(140\times 300)}{3.27}} = 0.266mm$$

محاسبات ۹۴

۵۴- برای تیری با مقطع مستطیل b= 300 mm و d=500 mm تحت لنگر خمشی مثبت مشخصی می‌توان از 3Φ28 (حالت A) و یا 4Φ25 (حالت B) استفاده نمود. نوع فولاد S400 و رده بتن C25 می‌باشد. در صورت عدم انجام محاسبات دقیق‌تر، از نظر عرض ترک خمشی، گزینه صحیح‌تر را انتخاب کنید. فرض کنید در هر دو حالت آرماتورها در یک سفره قرار دارند و به صورت تکی با فواصل مساوی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. فاصله دورترین تار کششی تا مرکز میلگردها در هر دو حالت یکسان می‌باشد.

۱) در صورت یکسان بودن نوع میلگرد و مجموع سطح مقطع آنها، عرض ترک خمشی مستقل از تعداد میلگردها خواهد بود.

۲) عرض ترک خمشی تیر در حالت A کمتر از عرض ترک خمشی تیر در حالت B می‌باشد.

۳) عرض ترک خمشی تیر در دو حالت با هم برابر است.

۴) عرض ترک خمشی تیر در حالت B کمتر از عرض ترک خمشی تیر در حالت A می‌باشد.

گزینه ۴

در هر دو حالت مقدار d_c یکسان می باشد. از آنجا که مقدار خمش وارد بر مقطع ثابت است، مقدار تنش کششی در آرماتورها (f_s) در حالت B کمتر خواهد بود (با افزایش مساحت میلگرد تنش آنها نیز کاهش می یابد):

$$\frac{f_{s-A}}{f_{s-B}} = \frac{A_{s-B}}{A_{s-A}} = \frac{4\times 3.14\times 12.5^2}{3\times 3.14\times 14^2} = 1.06$$

از طرفی نسبت پارامتر A (با توجه به شکل زیر) در دو حالت برابر است با:

$$\frac{A_A}{A_B} = \frac{4}{3}$$

$$\left.\begin{aligned} W_A &= 11.05\times 10^{-6} f_{s-A}\sqrt[3]{d_c A_A} \\ W_B &= 11.05\times 10^{-6} f_{s-B}\sqrt[3]{d_c A_B} \end{aligned}\right\} \quad \frac{W_A}{W_B} = \frac{f_{s-A}\sqrt[3]{A_A}}{f_{s-B}\sqrt[3]{A_B}} = 1.06\sqrt[3]{\frac{4}{3}} = 1.06\times 1.1 = 1.16$$

بنابراین عرض ترک در حالت A بیشتر می باشد.

تمرین: محاسبات ۸۴- پایه ۳

۳۵- در آرماتورگذاری یک تیر، عرض ترک بیش از حد مجاز بدست آمده است. برای کنترل عرض ترک چه راهی را پیشنهاد می‌کنید؟

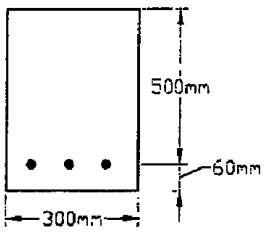
۱) استفاده از آرماتورهای با قطر کوچک‌تر
۲) استفاده از بتن با مقاومت کششی بالاتر
۳) استفاده از آرماتورهای با مقاومت بیشتر
۴) افزایش پوشش بتن روی آرماتور

گزینه ۱

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۰- در صورتیکه تنش میلگرد در حالت بهره برداری برابر f_s= ۲۰۰ MPa باشد عرض ترک خمشی تقریبا برابر است با:

۱) ۰/۳ mm
۲) ۰/۱ mm
۳) ۰/۲ mm
۴) ۰/۳۵ mm



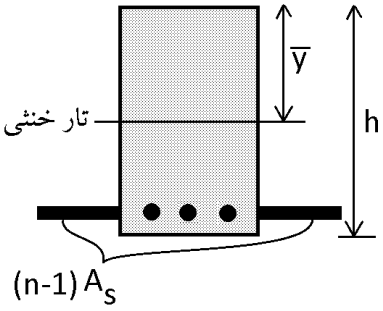
گزینه ۳

$$w = 11.05 \times 10^{-6} \times 200 \sqrt[3]{60 \times \frac{(120 \times 300)}{3}} = 0.198mm$$

۱۵-۳- لنگر ترک خوردگی مقطع

دو روش داریم: ۱- روش دقیق ۲- روش تقریبی

روش دقیق: در روش دقیق ابتدا باید محل تار خنثی و نیز ممان اینرسی مقطع محاسبه شود و سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار لنگر ترک خوردگی بدست آید:



$$\frac{M_{cr}(h-\bar{y})}{I} = f_r$$

$$\rightarrow \quad M_{cr} = \frac{f_r I}{h-\bar{y}}$$

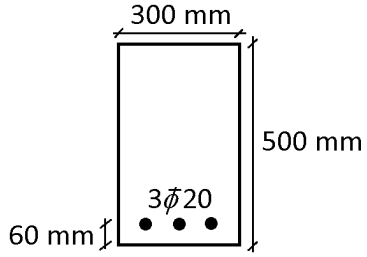
روش تقریبی(آیین نامه ای):

$$M_{cr} = \frac{f_r \frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = f_r \frac{bh^2}{6}$$

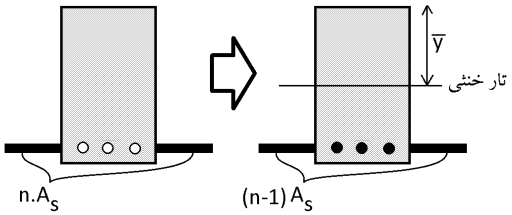
مثال: در مقطع بتنی شکل زیر محل تار خنثی و ممان اینرسی مقطع را در دو حالت بیابید:

۱- مقطع در ناحیه الاستیک قرار دارد.

۲- مقطع در ناحیه الاستوپلاستیک قرار دارد.



$$E_s = 2 \times 10^5 MPa$$
$$E_c = 2 \times 10^4 MPa$$
$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10$$
$$A_s = 3 \times 3.14 \times 10^2 = 942\ mm^2$$



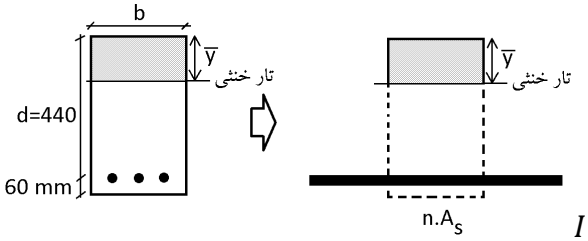
$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{(bh)\times\frac{h}{2}+(n-1)\times A_s\times(440)}{bh+(n-1)\times A_s} = 260.16$$

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{(500\times300)\times250+(10-1)\times942\times440}{500\times300+(10-1)\times942} = 260.16$$

$$I = \left(\frac{bh^3}{12} + A(260.16-250)^2\right) + (n-1)A_s(440-260.16)^2$$

$$I = \frac{300\times500^3}{12} + 300\times500\times10.16^2 + 9\times942\times179.84^2$$

$$I = 3.415\times10^9\ mm^2$$



$$(\bar{y}b)\frac{\bar{y}}{2} = nA_s(d-\bar{y})$$

$$150\bar{y}^2 = -10\times942\bar{y} + 10\times942\times440$$

$$\bar{y} = 138\ mm$$

$$I = \frac{1}{3}b\bar{y}^3 + nA_s(d-\bar{y})^2$$

$$I = \frac{300\times138^3}{3} + 10\times942\times(440-138)^2 = 1.122\times10^9\ mm^2$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۱۶- برای تیر بتن مسلح با مقطع مستطیل شکل با عرض 400 و ارتفاع کل 600 و عمق موثر 540 میلیمتر با آرماتور کششی 3Φ25 از رده S400، لنگر خمشی ترک‌خوردگی برحسب kN.m حدوداً چقدر است؟ (رده بتن C25 است)

۱) 72 ۲) 182

۳) 108 ۴) 58

گزینه ۱:

۹ – ۱۴ – ۲ – ۴ – ۲ ممان اینرسی مؤثر اعضا براساس مشخصات مقطع و میزان ترک خوردگی آنها به شرح الف و ب این بند محاسبه می‌شود:

الف) در وسط دهانه اعضای تکیه گاههای ساده و در تکیه‌گاه اعضای طره‌ای از رابطه (۹ – ۱۴ – ۱) محاسبه می‌شود:

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})(\frac{M_{cr}}{M_a})^3 \qquad (۹ - ۱۴ - ۱)$$

در این رابطه مقدار M_{cr} از رابطه (۹ – ۱۴ – ۲) محاسبه می‌شود:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \qquad (۹ - ۱۴ - ۲)$$

مقدار f_r نیز با استفاده‌از رابطه (۹ – ۱۴ – ۳) محاسبه می‌شود:

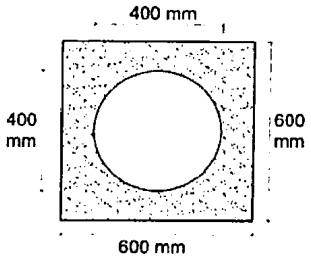
$$f_r = ۰/۶\sqrt{f_c} \qquad (۹ - ۱۴ - ۳)$$

مقدار I_e در هیچ حالت نباید بیشتر از I_g در نظر گرفته شود.

$$M_{cr} = \frac{0.6\sqrt{25}\left(\frac{400\times600^3}{12}\right)}{300} = 72\times10^6\ N.mm = 72\ kN.m$$

محاسبات ۹۵

۳۲-مقطع مجوف تیر بتن مسلح به صورت شکل از مربع با اضلاع به طول 600 mm و دایره توخالی در وسط به شعاع 200 mm تشکیل شده است. با فرض اینکه مدول گسیختگی بتن برابر f_r=3 MPa باشد، بدون لحاظ اثر میلگردهای مقطع، لنگر خمشی ترک‌خوردگی تیر حول محور تقارن افقی (برحسب kN.m) حدوداً چقدر خواهد بود؟



۱) 78

۲) 83

۳) 95

۴) 108

گزینه ۳

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{3\left(\frac{600^4}{12} - \frac{\pi\times200^4}{4}\right)}{300} = 95.44\ kN.m$$

محاسبات ۹۴

۳۳- تیری با ابعاد مقطع $b = 300\ mm$ و $h = 500\ mm$ و $d = 430\ mm$ با آرماتور کششی $3\Phi25$ مفروض است. در صورتی‌که نوع بتن C25 و نوع فولاد S400 و نسبت مدول الاستیسیته فولاد به مدول الاستیسیته بتن $n = 8$ فرض شود، ممان اینرسی مقطع ترک‌خورده با درنظر گرفتن اثر آرماتورها برحسب mm^4 به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 1260×10^6

۲) 1560×10^6

۳) 1860×10^6

۴) 960×10^6

گزینه ۱

$$(\bar{y}b)\frac{\bar{y}}{2} = nA_s(d-\bar{y})$$

$$(\bar{y} \times 300)\frac{\bar{y}}{2} = 8(3 \times 3.14 \times 12.5^2)(430-\bar{y})$$

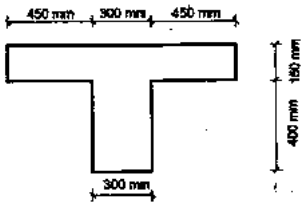
$$\bar{y} = 149\ mm$$

$$I = \frac{1}{3}b\bar{y}^3 + nA_s(d-\bar{y})^2$$

$$I = \frac{300 \times 149^3}{3} + 8 \times (3 \times 3.14 \times 12.5^2) \times (430-149)^2 = 1261 \times 10^6\ mm^2$$

محاسبات ۹۳

۵۸- نسبت لنگر خمشی منفی ترک‌خوردگی به لنگر خمشی مثبت ترک‌خوردگی مقطعی مطابق شکل، به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر است. (محور خمش موازی بال مقطع می‌باشد و رده بتن C25 فرض شود)



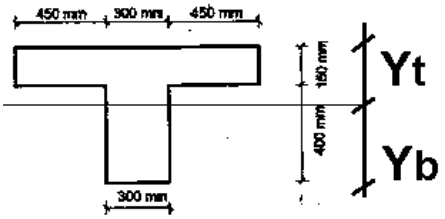
۱) 0.75

۲) 1.0

۳) 1.5

۴) 2.0

گزینه ۴



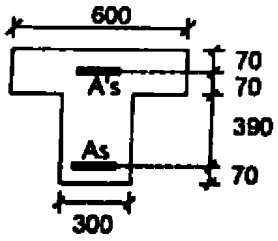
$$y_b = \frac{1200 \times 150 \times 475 + 300 \times 400 \times 200}{1200 \times 150 + 300 \times 400} = 365 \quad \rightarrow y_t = 550 - 365 = 185$$

$$\left.\begin{aligned} M_{cr}^{+} &= \frac{f_r I_g}{y_b} \\ M_{cr}^{-} &= \frac{f_r I_g}{y_t} \end{aligned}\right\} \frac{M_{cr}^{-}}{M_{cr}^{+}} = \frac{y_b}{y_t} = \frac{365}{185} = 1.97$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۳

۳۰- در صورتیکه در مقطع مطابق شکل $A_s = A'_s = 5\Phi25$ و رده بتن C25 و نوع فولاد S400 باشد، نسبت لنگر خمشی ترک‌خوردگی منفی (قسمت فوقانی مقطع تحت اثر کشش) به لنگر خمشی ترک‌خوردگی مثبت (قسمت پائینی مقطع تحت اثر کشش) به کدامیک از اعداد زیر نزدیکتر است؟ (واحدها در شکل برحسب میلی‌متر است و $\phi_c = 0.65$)



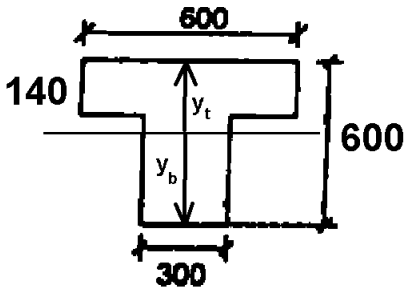
۱) 0.90
۲) 1.60
۳) 0.75
۴) 1.35

گزینه ۴

$$y_t = \frac{140 \times 300 \times 70 + 300 \times 600 \times 300}{140 \times 300 + 300 \times 600} = 256.48\ mm$$

$$y_b = 600 - y_t = 343.52\ mm$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{M_{NEG} y_t}{I} < f_r \quad &\rightarrow M_{NEG} = \frac{I f_r}{y_t} \\ \frac{M_{POS} y_b}{I} < f_r \quad &\rightarrow M_{POS} = \frac{I f_r}{y_b} \end{aligned}\right\} \frac{M_{NEG}}{M_{POS}} = \frac{y_b}{y_t} = \frac{343.52}{256.48} = 1.339$$



محاسبات-۹۱

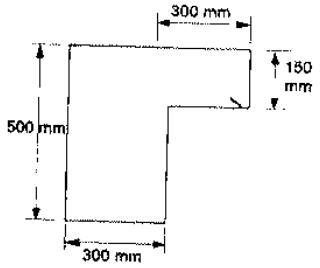
۲۸- دو تیر بتون آرمه‌ی A و B کاملاً مشابه (از نظر ابعاد، طول دهانه، بارگذاری، مقاومت فشاری بتون، تعداد و قطر میل‌گرد) می‌باشند. فقط میل‌گردهای تیر A از نوع AII با $f_y = ۳۰۰\ MPa$ و میل‌گردهای تیر B از نوع AIII با $f_y = ۴۰۰ MPa$ است. چنانچه بار وارده در شرایط بهره‌برداری درحدی باشد که رفتار تیر A و B در محدوده‌ی رفتار الاستیک قرار گیرد، و ارتفاع تار خنثی از دورترین تار کششی تیر A برابر ۲۰ cm باشد، ارتفاع تار خنثی از دورترین تار کششی تیر B چند سانتی‌متر است؟

۱) ۱۵
۲) ۱۶/۷
۳) ۲۰
۴) ۲۶/۷

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۳۵- نسبت لنگر خمشی مثبت ترک‌خوردگی به لنگر خمشی منفی ترک‌خوردگی یک تیر با مقطع شکل مقابل، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (رده بتن C25 و d=430 mm)



۱) 1.39

۲) 1.12

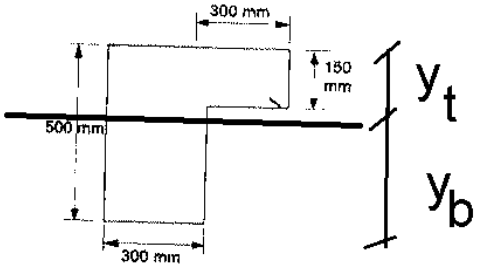
۳) 0.72

۴) 0.58

گزینه ۳

$$Y_b = \frac{500 \times 300 \times 250 + 300 \times 150 \times 425}{500 \times 300 + 300 \times 150} = 290.38mm \qquad \rightarrow y_t = 500 - 290.38 = 209.62$$

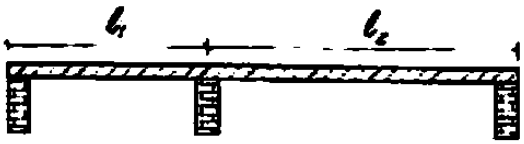
$$\left.\begin{aligned} M_{cr}^{+} &= \frac{f_r I_g}{y_b} \\ M_{cr}^{-} &= \frac{f_r I_g}{y_t} \end{aligned}\right\} \frac{M_{cr}^{+}}{M_{cr}^{-}} = \frac{y_t}{y_b} = \frac{209.62}{290.38} = 0.72$$



در این مقطع محورهای اصلی خمش نسبت به محورهای افقی و قائم زاویه دارند و بنابراین تار خنثی مقطع افقی نخواهد بود که ظاهرا طراح از این موضوع صرف نظر کرده است.

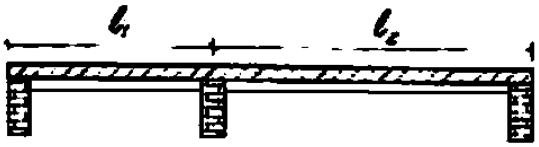
محاسبات ۹۲

۲۷- بام یک ساختمان معمولی، تشکیل شده است از یک دال یک‌طرفه دو دهانه، که روی سه دیوار با طول بلند اجرا خواهد شد. اگر نخواهیم وارد محاسبات تغییر شکل دال بشویم، در طراحی برای بدست آوردن کمترین ضخامت دال، از کدام گزینه باید شروع کنیم؟ (طول مؤثر دهانه‌های دال را به ترتیب 3 و 5 متر فرض نمائید. بارهای وارد به بام کاملاً متعارف می‌باشند).



۱) ضخامت 190 میلیمتر و میلگرد رده S340
۲) ضخامت 170 میلیمتر و میلگرد رده S400
۳) ضخامت 150 میلیمتر و میلگرد رده S340
۴) ضخامت 250 میلیمتر و میلگرد رده S400

گزینه ۱.



$$\frac{l}{24} = \frac{500}{24} = 20.83\ cm = 208mm \quad S400$$

$$\frac{l}{24}\left(0.4 + \frac{340}{700}\right) = 18.45\ cm = 185mm \quad S340$$

۹ – ۱۴ – ۲ – ۵ – ۳ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول در تیرها و دال‌های یکطرفه‌ای که ارتفاع یا ضخامت آنها از مقادیر مندرج در جدول شماره ۹ – ۱۴ – ۲ بیشتر است، محاسبه تغییرشکل الزامی نیست. مشروط بر آنکه این تیرها و دال‌ها بر قطعاتی غیرسازه‌ای مانند دیوارهای تقسیم که تغییرشکل زیاد در آنها خساراتی ایجاد کند، متصل نباشند و یا آنها را نگهداری نکنند.

جدول ۹ – ۱۴ – ۲ حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یک‌طرفه

عضو	با تکیه گاه های ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال‌های یک‌طرفه پشت بنددار	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18/5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$
دال‌های توپر یا سقف‌های تیرچه و بلوک	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$

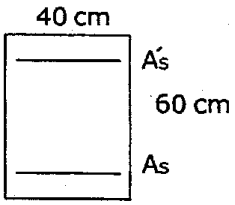
تبصره: جدول فوق برای فولاد طولی نوع S۴۰۰ تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب $(0/4 + \frac{f_y}{700})$ ضرب شوند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

تمرین: محاسبات ۸۶

۳۵- در یک تیر بتن آرمه به ابعاد ۶۰×۴۰cm فاصله تار خنثی تا دورترین تار کششی مقطع در مقطع معادل از بتن برابر ۲۹/۳ cm است و $Ig = 9.05\times10^5 cm^4$ است لنگر خمشی ترک خوردگی (M_{cr}) این تیر چقدر است؟

$f_{cc} = 200 kg/cm^2$ $f_y = 4000 kg/cm^2$



الف) $M_{cr} = 8.7 ton.m$

ب) $M_{cr} = 6.5 ton.m$

ج) $M_{cr} = 9.3 ton.m$

د) $M_{cr} = 5.5 ton.m$

گزینه ۱

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{0.6\sqrt{20}\times 9.05\times 10^9}{293\ mm} = 82879516 \text{N.mm} = 82.9 \text{ kN.m}$$

۹ – ۱۴ – ۲ – ۴ – ۲ ممان اینرسی مؤثر اعضا براساس مشخصات مقطع و میزان ترک خوردگی آنها به شرح الف و ب این بند محاسبه می‌شود:

الف) در وسط دهانه اعضای تکیه گاههای ساده و در تکیه‌گاه اعضای طره‌ای از رابطه (۹ – ۱۴ – ۱) محاسبه می‌شود:

$$I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr})\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \qquad (۹ – ۱۴ – ۱)$$

در این رابطه مقدار M_{cr} از رابطه (۹ – ۱۴ – ۲) محاسبه می‌شود:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \qquad (۹ – ۱۴ – ۲)$$

مقدار f_r نیز با استفاده‌از رابطه (۹ – ۱۴ – ۳) محاسبه می‌شود:

$$f_r = ۰/۶\sqrt{f_c} \qquad (۹ – ۱۴ – ۳)$$

مقدار I_e در هیچ حالت نباید بیشتر از I_g در نظر گرفته شود.

تمرین: محاسبات ۸۹

۳۲- لنگر خمشی ترک خوردگی تیر با مقطع مستطیل به عرض30 سانتیمتر و ارتفاع کل40 سانتیمتر از بتن با مقاومت فشاری مشخصهٔ $f_c = 25$ MPa چقدر است؟

۱) 18 kN.m ۲) 48 kN.m

۳) 36 kN.m ۴) 24 kN.m

گزینه ۴

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{0.6\sqrt{25}\times \frac{300\times 400^3}{12}}{200\ mm} = 24000000 \text{mm} = 24 \text{ kN.m}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۶-دیوارها

۱۶-۱- آرماتور حداقل

۹-۱۹ طراحی دیوار

۹-۱۹-۴ محدودیت آرماتورها

۹-۱۹-۴-۱ در دیوارها آرماتورهای قائم و افقی‌نباید به ترتیب کمتر از مقادیر مندرج در بندهای ۹-۱۹-۴-۲ و ۹-۱۹-۴-۳ اختیار شوند. در دیوارهایی‌که زیر اثر نیروی برشی قرار می‌گیرند، رعایت حداقل آرماتور مطابق بند ۹-۱۵-۱۶-۴ نیز الزامی است.

۹-۱۹-۴-۲ حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور قائم به مساحت کل مقطع برای میلگردهای مختلف بشرح (الف) و (ب) این بند است:

الف- برای میلگردهای آجدار رده ۴۰۰ S و بالاتر، با قطر ۱۶ میلیمتر و یا کمتر ۰/۰۰۱۲

ب- برای سایر میلگردهای آجدار ۰/۰۰۱۵

۹-۱۹-۴-۳ حداقل نسبت مساحت مقطع آرماتور افقی به مساحت کل مقطع برای آرماتورهای مختلف به شرح (الف) و (ب) این بند است:

الف- برای میلگردهای آجدار با قطر ۱۶ میلیمتر یا کمتر و با مقاومت ۰/۰۰۲۰

ب- برای سایر میلگردهای آجدار ۰/۰۰۲۵

کلیه دیوارها

۹-۱۹-۴-۴ نسبت مساحت آرماتور قائم و آرماتور افقی به مساحت کل مقطع نباید بیشتر از ۰/۰۴ اختیار شود. محدودیت مقدار حداکثر باید درمحل وصله‌های میلگردها نیز رعایت شود.

۹-۱۹-۴-۶ فاصله میلگردهای قائم و میلگردهای افقی مجاور در هر شبکه نباید بیشتر از سه برابر ضخامت دیوار و ۳۵۰ میلیمتر باشد.

$S<Min\ [\ 350,\ 3h]$ ⇦ کلیه دیوارها

۹-۱۹-۴-۷ در مواردی که مساحت مقطع کل آرماتور قائم از یک درصد مساحت کل مقطع کمتر است و یا در مواردی که بر اساس طراحی ساختمان، آرماتور قائم به عنوان آرماتور فشاری مورد نیاز نیست، محصور کردن میلگردهای قائم با خاموت الزامی نیست. برای مقادیر بیشتر میلگردهای قائم، آرماتوربندی دیوارها باید مشابه ستون‌ها باشد.

۹-۱۹-۴-۸ دورتا دور بازشوها باید حداقل دو میلگرد با قطر ۱۶ میلیمتر یا معادل آن قرار داده شود. این میلگردها باید از گوشه بازشو به داخل دیوار ادامه یافته و به نحوی مناسب مهار شوند.

محاسبات ۸۶

۴۱- حداقل نسبت فولادهای قائم و افقی به سطح مقطع دیوارهای بتن آرمه در صورتی که از $\Phi \leq 16$ و فولاد با مقاومت مشخصه $4000\ kg/cm^2$ و بیشتر استفاده شود، به ترتیب برابر است با:

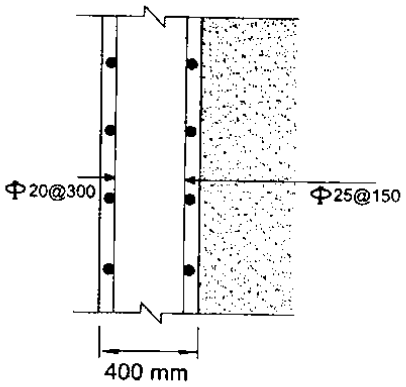
الف) ۰/۰۰۱۲، ۰/۰۰۲۰ ب) ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۱۸ ج) ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۲۰ د) ۰/۰۰۱۲، ۰/۰۰۱۵

گزینه ۱

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۱۴- شکل روبرو مقطع قائم از یک دیوار حائل را نشان می‌دهد. براساس محاسبات میلگردهای قائم در طرف خاک Φ25@150 mm و در طرف دیگر Φ20@300 mm به عنوان میلگرد فشاری انتخاب شده است. برای این دیوار کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟



۱) محصورکردن میلگردهای قائم الزامی است و از میلگردهای افقی دیوار می‌توان به این منظور استفاده کرد.
۲) محصورکردن میلگردهای قائم با خاموت الزامی است.
۳) مقدارمیلگردهای قائم محاسباتی بیش از مقادیرحداکثر آیین‌نامه‌ای بوده و غیرمجاز است.
۴) محصورکردن میلگردهای قائم با خاموت از نظر محاسباتی ضرورتی ندارد.

گزینه ۲

درصد میلگرد قائم در این دیوار برابر است با:

$$\rho_{\text{قائم}} = \left(\frac{\pi \times 12.5^2}{150 \times 400}\right) + \left(\frac{\pi \times 10^2}{300 \times 400}\right) = 0.0107$$

با توجه به اینکه درصد میلگرد قائم از یک درصد بیشتر است گزینه ۲ صحیح است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۶-۲- مقاومت برشی دیوار برشی

دیوار برشی

۹-۱۵ برش و پیچش

۹-۱۵-۱۶ ضوابط ویژه برای دیوارها

۹-۱۵-۱۶-۱ گستره

۹-۱۵-۱۶-۱-۱ ضوابط این قسمت باید در طراحی دیوارهایی که تحت اثر نیروی برشی افقی در امتداد صفحه دیوار قرار دارند، رعایت شوند.

$$V_u \le V_r \qquad (۹-۱۵-۱)$$

$$V_r = V_c + V_s \qquad (۹-۱۵-۲)$$

۹-۱۵-۱۶-۲ حالت حدی مقاوم نهایی در برش

۹-۱۵-۱۶-۲-۱ در مقاطع افقی دیوارها کنترل حالت حدی مقاوم نهایی در برش باید برمبنای روابط (۹-۱۵-۱) و (۹-۱۵-۲) صورت‌گیرد. در این روابط مقادیر V_c و V_s، بر اساس بندهای ۹-۱۵-۱۶-۲-۲ تا ۹-۱۵-۱۶-۲-۵ محاسبه می‌شوند.

۹-۱۵-۱۶-۲-۲ مقدار V_c را در حالتی که دیوار تحت اثر برش یا تحت اثر توأم برش و فشار قرار دارد می‌توان از رابطه (۹-۱۵-۳) و در حالتی که دیوار تحت اثر برش و کشش قرار دارد می‌توان از رابطه (۹-۱۵-۶) محاسبه نمود. این نیروی مقاوم را نیز می‌توان با جزئیات بیشتر مطابق بند ۹-۱۵-۱۶-۲-۳ محاسبه کرد. مقدار d، در تمامی این روابط طبق بند ۹-۱۵-۱۶-۳-۲ تعیین می‌شود.

$$V_c = v_c b_w d \qquad (۹-۱۵-۳)$$

$$V_c = v_c\left(1+\frac{N_u}{3A_g}\right)b_w d \ge 0 \qquad (۹-۱۵-۶)$$

۹-۱۵-۱۶-۲-۳ در مواردی‌که محاسبه مقدار V_c ، با جزئیات بیشتر مورد نظر باشد، آن را می‌توان برابر با کمترین مقدار به دست آمده از دو رابطه (۹-۱۵-۲۹) و (۹-۱۵-۳۰) در نظر گرفت:

$$V_c = 1/65\, v_c hd + \frac{N_u d}{5l_w} \qquad (۹-۱۵-۲۹)$$

$$= \left[0/3 v_c + \frac{l_w(0/6 v_c + 0/15\frac{N_u}{l_w h})}{(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2})}\right] hd \qquad (۹-۱۵-۳۰)$$

در این روابط مقدار N_u برای فشار مثبت و برای کشش منفی است. در صورتی که مقدار $(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2})$ منفی باشد رابطه (۹-۱۵-۳۰) به کار برده نمی‌شود و رابطه (۹-۱۵-۲۹) ملاک خواهد بود.

۹-۱۵-۱۶-۲-۴ مقدار V_c برای همه مقاطعی که در فاصله‌ای کمتر از کوچکترین دو مقدار $\frac{l_w}{2}$ و $\frac{h_w}{2}$ از پایه دیوار قرار دارند برابر با مقاومت برشی مقطع در کوچکترین این دو مقدار در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۵-۱۶-۲-۵ مقدار V_s از رابطه (۹-۱۵-۳۱) محاسبه می‌شود:

$$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{s_h} \qquad (۹-۱۵-۳۱)$$

پارامتر d مطابق بند ۹-۱۵-۱۶-۳-۲ تعیین می‌شود. برای تأمین برش مقاوم V_s علاوه بر آرماتورهای برشی افقی A_v، آرماتورهای برشی قائم نیز باید در دیوار پیش‌بینی شود. مقدار این آرماتورها طبق بند ۹-۱۵-۱۶-۴-۲ تعیین می‌شود.

۹-۱۵-۱۶-۲-۶ مقدار V_s، در هیچ حالت نمی‌تواند بیشتر از $5v_c hd$ اختیار شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۵ ضوابط طراحی برای برش

۹-۲۳-۴-۵-۲ دیوارهای سازه‌ای و دیافراگم‌ها

۹-۲۳-۴-۵-۲-۱ در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگم‌ها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه (۹-۲۳-۷) صورت گیرد:

$$V_u \le \phi_n . V_r \qquad (۹-۲۳-۷)$$

در این رابطه V_u نیروی برشی نهایی است که از تحلیل سازه زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و بارهای جانبی زلزله به دست آمده است و V_r مقاومت برشی نهایی مقطع است که مطابق بند ۹-۲۳-۴-۵-۲-۲ محاسبه می‌شود. ϕ_n ضریب اصلاحی مقاومت است که در این قطعات مساوی با ۰/۷ منظور می‌گردد.

۹-۲۳-۴-۵-۲-۲ مقاومت برشی نهایی مقطع، V_r، با استفاده از رابطه (۹-۲۳-۸) محاسبه می‌شود:

$$V_r = A_{cv}(\alpha_c v_c + \rho_n f_{yd}) \qquad (۹-۲۳-۸)$$

در این روابط α_c ضریبی است که به شرح (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته می‌شود:

الف- در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ بزرگتر یا مساوی ۲ است، α_c = ۱

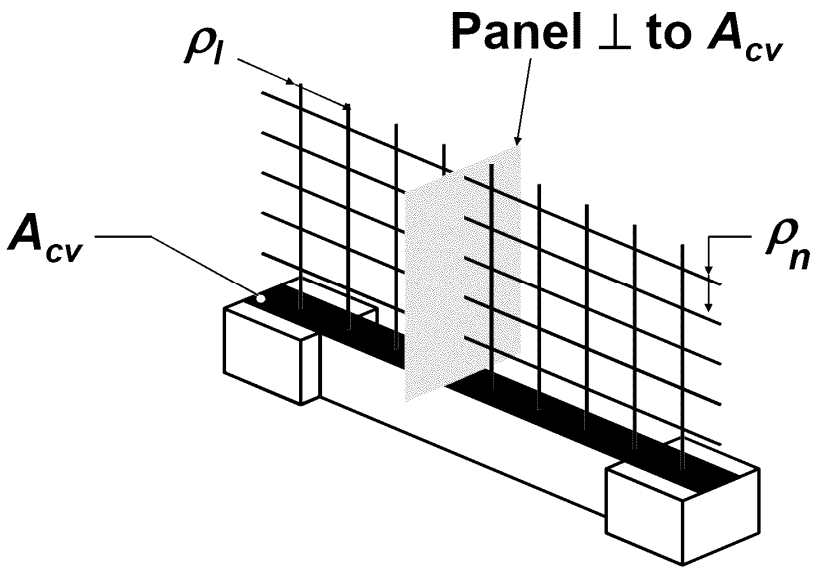
ب- در دیوارها و دیافراگم‌هایی که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ کوچکتر یا مساوی ۱/۵ است، α_c =۱/۵

پ- در دیوارها و دیافراگم‌هایی‌که در آنها نسبت $\frac{h_w}{l_w}$ بین ۱/۵ و ۲ است، ضریب α_c با درون‌یابی خطی بین اعداد فوق تعیین می‌شود.

A_{cv} = مساحت خالص مقطع بتن محدود به ضخامت جان و طول مقطع در امتدادی که نیروی برشی در نظر گرفته می‌شود، میلی‌متر مربع

ρ_n = نسبت میلگرد برشی توزیع شده در صفحه‌ای عمود بر صفحه برشی A_{cv}

$$v_c = ۰/۲\phi_c\sqrt{f_c}$$



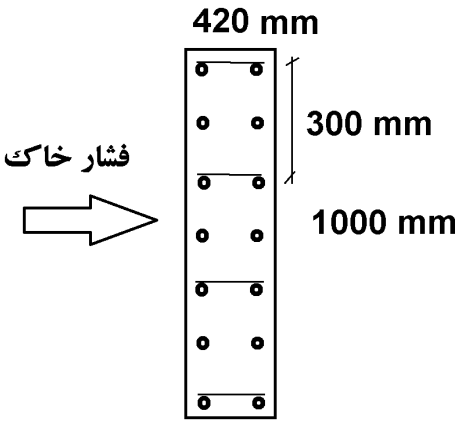
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۳- برای افزایش نیروی برشی مقاوم (V_r) یک دیوار حائل بتنی درجا در برابر فشار خاک، از میلگردهای رکابی به قطر 12 میلی‌متر با رعایت تمامی ضوابط فنی استفاده شده است. چنانچه عمق مؤثر مقطع دیوار 420 mm، فاصله میلگردهای رکابی در ارتفاع دیوار 200 mm و در جهت طول دیوار 300 mm باشد، نیروی برشی مقاوم هر متر طول این دیوار بر حسب kN، به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ (رده میلگرد و بتن به ترتیب S400 و C25 و بتن معمولی فرض شود. میلگردهای رکابی عمود بر محور طولی و ارتفاعی دیوار هستند)

۱) 270 ۲) 350 ۳) 630 ۴) 540

گزینه ۴

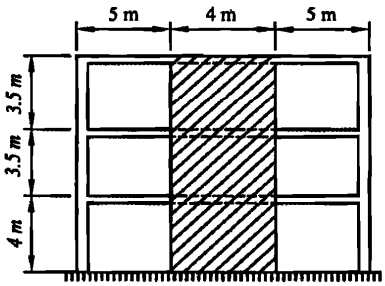


$$V_r = V_c + V_s = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c}bd + \frac{A_v}{s}dF_{yd}$$

$$V_r = V_c + V_s = 0.2 \times 0.65\sqrt{25} \times 1000 \times 420 + \frac{\left(\frac{1000}{300} \times 3.14 \times 6^2\right)}{200} \times 420 \times 0.85 \times 400 = 542\ kN$$

محاسبات ۹۴

۲۴-دیوار برشی نشان داده شده در شکل زیر مربوط به یک ساختمان سه‌طبقه متعارف بتنی با سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه + دیوار برشی ویژه، دارای مقطعی مستطیلی به‌طول 4 m و عرض (ضخامت) 250 mm و دو شبکه میلگردگذاری است. در هر شبکه، میلگردهای قائم از $\Phi 16$ @ 200 mm c/c و میلگردهای افقی از $\Phi 12$@250 mm c/c تشکیل شده است. رده بتن C25 و میلگردهای قائم از نوع S400 و میلگردهای افقی از نوع S340 می‌باشند. مقاومت برشی نهایی مقطع دیوار برشی (V_r) برحسب کیلونیوتن به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟



۱) 1260
۲) 1695
۳) 1880
۴) 2440

گزینه ۲

$$v_c = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25} = 0.65\ MPa$$

$$V_r = A_{cv}\left(\alpha_c v_c + \rho_n f_{yd}\right) = (4000 \times 250)\left(1 \times 0.65 + \frac{2 \times 3.14 \times 6^2}{250 \times 250} \times 0.85 \times 340\right) = 1695\ kN$$

- ارتفاع کل دیوار برابر ۱۱ متر می باشد و بنابراین نسبت $\left(\frac{h_w}{L_w} = \frac{11}{4}\right) > 2$ می باشد و ضریب $\alpha = 1$ می باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۴۳- مقدار حداکثر نیروی برشی نهایی قابل انتقال به یک دیوار برشی به طول 6 متر از دیافراگم مجاور آن که متشکل از سقف تیرچه بلوک با ضخامت دال 50 میلی‌متر و آرماتور حرارتی Φ6@200 mm است، برحسب کیلونیوتن به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و آرماتور از نوع S400 است. فرض کنید ضریب $\propto_c$ دارای بیشترین مقدار ممکن است).

۱) 350
۲) 400
۳) 450
۴) 500

گزینه ۲

$$v_c = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{25} = 0.65\ MPa$$

$$\varphi V_r = 0.7 A_{cv}(\alpha_c v_c + \rho_n f_{yd}) = 0.7(6000 \times 50)\left(1.5 \times 0.65 + \frac{3.14 \times \frac{6^2}{4}}{200 \times 50} \times 0.85 \times 400\right) = 406\ kN$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۶-۳- ضوابط لرزه ای دیوار برشی

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۳-۳-۱ در دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها باید ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۱ تا ۹-۲۳-۴-۳-۳، مربوط به ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد، و با در نظر گرفتن استثناهای بندهای ۹-۲۳-۳-۳-۲ و ۹-۲۳-۳-۳-۳ رعایت شوند.

۹-۲۳-۳-۳-۲ به جای آرماتورگذاری عرضی ویژه در هر مورد که در بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۱ تا ۹-۲۳-۴-۳-۳ ضرورت پیدا کند می‌توان آرماتورگذاری عرضی مطابق ضابطه بند۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ به کار برد.

۹-۲۳-۳-۳-۳ برای مهار و وصله میلگردها رعایت ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۳-۲-۶ الزامی نیست. مهار و وصله میلگردها مطابق ضوابط فصل بیستم و یکم صورت می‌گیرد.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

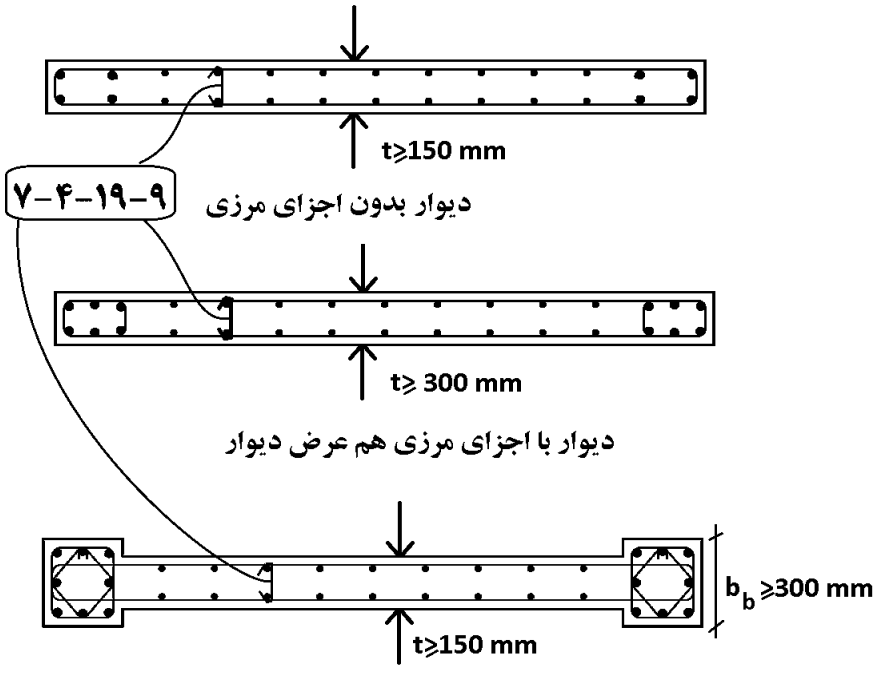
۹-۲۳-۴-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۴-۳-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۴-۳-۱-۱ در دیوارهای سازه‌ای محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید مورد توجه قرار گیرند:

الف- ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر اختیار شود.

ب- در دیوارهایی که در آنها اجزای مرزی مطابق بند ۹-۲۳-۴-۳-۳ به کار گرفته می‌شود، عرض عضو مرزی نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۶-٤- آرماتور حداقل در دیوارهای برشی

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۴-۳-۲ آرماتورهای قائم و افقی

۹-۲۳-۴-۳-۲-۱ در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد باشد، مگر آنکه نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از $0/5A_{cv}v_c$ کمتر باشد. در این حالت برای حداقل میلگرد مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند ۹-۱۹-۴ رعایت شود.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۲ نسبت میلگرد قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۳ فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر اختیار شود.

در اجزای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

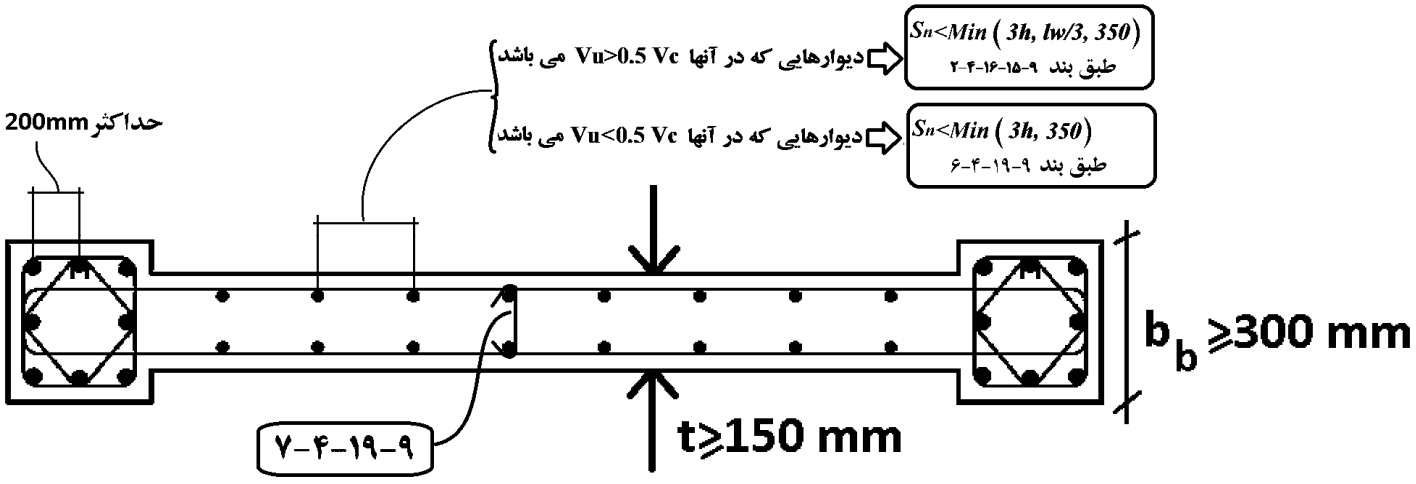
۹-۱۵-۱۶-۴ محدودیت‌های آرماتورها

۹-۱۵-۱۶-۴-۱ مقدار ρ_h، نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ منظور شود. مقدار S_n نباید بیشتر از $3h$، $\frac{l_w}{5}$ و یا ۳۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

۹-۱۵-۱۶-۴-۲ مقدار ρ_n نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ و یا کمتر از مقدار رابطه (۹-۱۵-۳۲) منظور شود:

$$\rho_n = 0/0025 + 0/5(2/5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_h - 0/0025) \qquad (۹-۱۵-۳۲)$$

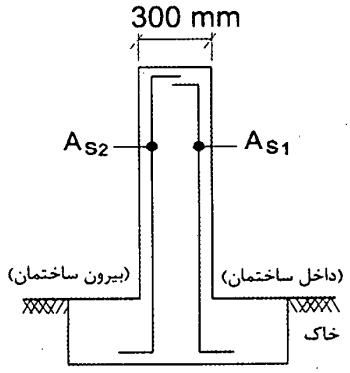
لازم نیست مقدار ρ_n بیشتر از ρ_h در نظر گرفته شود. مقدار S_n نباید بیشتر از $3h$، $\frac{l_w}{3}$ و یا ۳۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۳۷- شکل زیر یک دیوار برشی بتنی به ضخامت 300 میلی‌متر مربوط به یک ساختمان بتنی با شکل‌پذیری متوسط را نشان می‌دهد. اگر قطر میلگردهای مورداستفاده 16 میلی‌متر باشد، آنگاه بدون توجه به مقدار محاسباتی آرماتورهای قائم، کدام‌یک از آرماتورهای قائم زیر به عنوان حداقل آرماتورگذاری دیوار محسوب می‌گردد؟ (بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S340 است. همچنین فرض کنید دیوار تحت اثر نیروی برشی افقی در امتداد صفحه دیوار قرار دارد و نسبت ارتفاع دیوار به طول افقی دیوار برابر 2.5 است).



۱) $A_{s1}=225\ mm^2/m$, $A_{s2}=225\ mm^2/m$

۲) $A_{s1}=375\ mm^2/m$, $A_{s2}=375\ mm^2/m$

۳) $A_{s1}=150\ mm^2/m$, $A_{s2}=300\ mm^2/m$

۴) $A_{s1}=150\ mm^2/m$, $A_{s2}=500\ mm^2/m$

گزینه ۲

در هر متر طول دیوار مساحت حداقل میلگرد قائم دیوار برابر است با:

$$0.0025 \times 300^{mm} \times 1000^{mm} = 750\ mm^2$$

در بقیه گزینه ها مقدار میلگرد قائم کمتر از $750\ mm^2$ می باشد.

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۳-۳-۱ در دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها باید ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۱ تا ۹-۲۳-۴-۳-۳، مربوط به ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد، و با در نظر گرفتن استثناهای بندهای ۹-۲۳-۳-۳-۲ و ۹-۲۳-۳-۳-۳ رعایت شوند.

۹-۲۳-۳-۳-۲ به جای آرماتورگذاری عرضی ویژه در هر مورد که در بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۱ تا ۹-۲۳-۴-۳-۳ ضرورت پیدا کند می‌توان آرماتورگذاری عرضی مطابق ضابطه بند۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ به کار برد.

۹-۲۳-۳-۳-۳ برای مهار و وصله میلگردها رعایت ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۳-۲-۶ الزامی نیست. مهار و وصله میلگردها مطابق ضوابط فصل بیستم و یکم صورت می‌گیرد.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۴-۳-۲ آرماتورهای قائم و افقی

۹-۲۳-۴-۳-۲-۱ در دیوارهای سازه‌ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد باشد، مگر آنکه نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از $0/5A_{cv}\nu_c$ کمتر باشد. در این حالت برای حداقل میلگرد مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند ۹-۱۹-۴ رعایت شود.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۲ نسبت میلگرد قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد.

۹-۲۳-۴-۳-۲-۳ فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر اختیار شود.

در اجزای مرزی فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شوند.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۶-۵- اجزای لبه

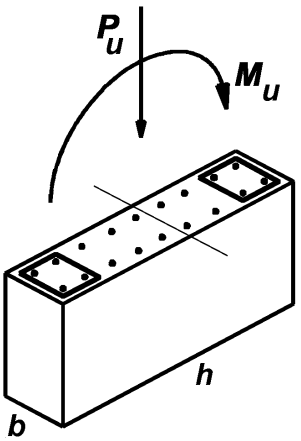
۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۳-۳ اجزای مرزی در دیوارهای سازه‌ای و در دیافراگم‌ها

۹-۲۳-۴-۳-۱ در کناره‌ها و اطراف بازشوها در دیوارهای سازه‌ای و دیافراگم‌ها که در آنها تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری مقطع تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از $۰/۳۱f_{cd}$ بیشتر باشد، باید اجزای لبه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۳-۳-۴ پیش بینی شود. مگر آنکه در تمام طول دیوار یا دیافراگم میلگردگذاری عرضی ویژه پیش بینی شده باشد. اجزای مرزی را می‌توان از مقطعی در امتداد طول دیوار که تنش فشاری بتن در آن از $۰/۲۳f_{cd}$ کمتر باشد، در جهت ارتفاع قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع ترک‌نخورده محاسبه می‌شود.

۹-۲۳-۴-۳-۳-۲ اجزای مرزی دردیوارها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع بارهای قائم وارد به دیوار شامل بارهای اجزای مرتبط با دیوار و وزن دیوار و نیروی محوری ناشی از لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی شوند.

۹-۲۳-۴-۳-۳-۴ اجزای مرزی باید در سراسر طول خود مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ آرماتورگذاری عرضی ویژه شوند.

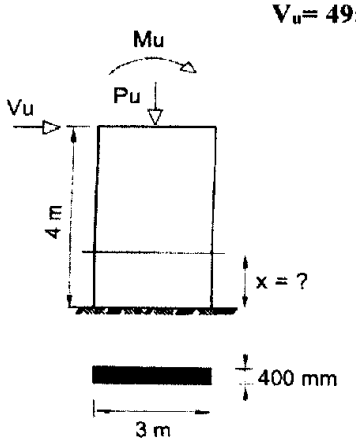


$$\sigma = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u\left(\frac{h}{2}\right)}{\left(\frac{bh^3}{12}\right)} = \frac{P_u}{A} + \frac{6M_u}{bh^2}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۴۸- نما و مقطع یک دیوار برشی بتن‌آرمه با شکل‌پذیری متوسط در شکل نشان داده شده است. براساس بارهای نهایی مشخص شده (که شامل بار زلزله نیز می‌باشد) به لحاظ محاسباتی حداقل تا چه ارتفاعی از پای دیوار لازم است از اجزای لبه استفاده شود؟ (نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ را انتخاب کنید) فرض کنید به جای اجزای لبه از جایگزین دیگر استفاده نمی‌شود. بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S400 است. V_u= 495 kN , M_u= 800 kN.m , P_u= 1400 kN



۱) 1.5 متر

۲) 2.0 متر

۳) 2.5 متر

۴) 3 متر

گزینه ۳

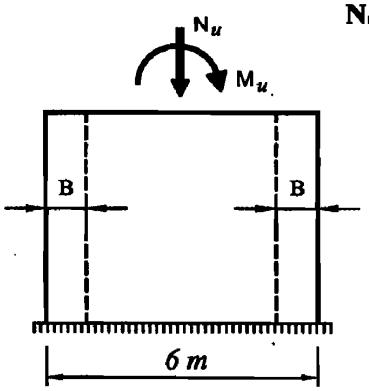
$$\sigma = \frac{P_u}{A} + \frac{6\left(M_u + V_u(4-x)\right)}{bh^2} = \frac{1400000}{3000 \times 400} + \frac{6\left(800 \times 10^6 + 495000(4000-x)\right)}{400 \times 3000^2} < 0.23 f_{cd}$$

$$5.8\frac{kN}{m^2} - 0.000825x < 0.23(0.65 \times 25) = 3.73 \quad \rightarrow \quad x = 2500mm$$

محاسبات ۹۴

۳۶-در یک دیوار برشی بتنی با مقطع مستطیلی و ضخامت h = 300 mm و با شکل‌پذیری زیاد در صورتی‌که مشخصات آن مطابق شکل زیر باشد حداقل بُعد لازم المان مرزی (B) دیوار به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید بتن از رده C25 و فولاد از نوع S400 است.

N_u= 1800 kN , M_u= 6000 kN.m



۱) نیازی به المان مرزی نمی‌باشد.

۲) B = 0.95 m

۳) B = 1.25 m

۴) B = 1.45 m

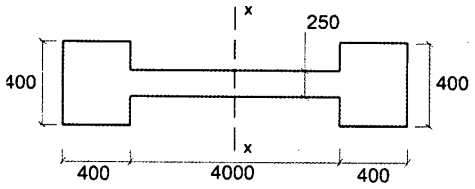
گزینه ۱

$$\sigma = \frac{My}{I} + \frac{N}{A} = \frac{6 \times 10^9 \times 3000}{\left(\frac{300 \times 6000^3}{12}\right)} + \frac{1800000}{6000 \times 300} = 4.333\ MPa < (0.31 \times 0.65 \times 25 = 5.03 MPa)$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۳۹- محاسبات نشان می‌دهد بار نهایی وارد بر دیواری با مقطع نشان داده شده در شکل زیر که مربوط به یک ساختمان بتنی با شکل‌پذیری ویژه است، برابر Nu=150 kN (بار محوری فشاری) Mux = ±7000 kN.m (لنگر خمشی حول محور قوی) بوده و تحت این بارگذاری، وجود اجزاء مرزی الزامی است. کدام‌یک ازگزینه‌های زیر، حداقل میلگرد طولی قابل قبول برای اجزای مرزی، با توجه به بار نهایی وارد بر دیوار را مشخص می‌کند؟ (رده بتن C25، نوع فولاد S400 و میلگردگذاری مقطع دیوار کاملاً متقارن فرض شود. ابعاد روی شکل برحسب میلی‌متر است).



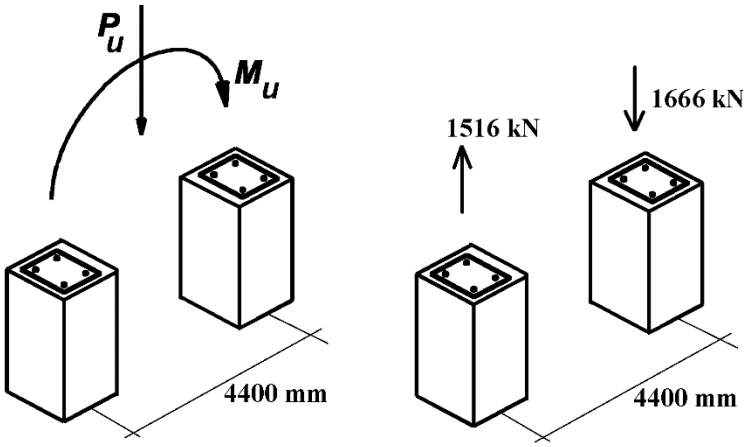
۱) 12Φ20
۲) 12Φ18
۳) 12Φ22
۴) 12Φ16

گزینه ۳

۹-۲۳-۴-۳-۳-۲ اجزای مرزی دردیوارها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع بارهای قائم وارد به دیوار شامل بارهای اجزای مرتبط با دیوار و وزن دیوار و نیروی محوری ناشی از لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی شوند.

$$F_{\text{فشاری}} = \frac{M}{4.4^m} + \frac{P}{2} = \frac{7000}{4.4} + \frac{150}{2} = 1591 + 75 = 1666\ kN$$

$$F_{\text{کششی}} = \frac{M}{4.4^m} - \frac{P}{2} = \frac{7000}{4.4} - \frac{150}{2} = 1591 - 75 = 1516\ kN$$



کنترل مقطع برای کشش:

$$1516000N < A_s F_{yd} \quad \rightarrow A_s > 4458\ mm^2 \quad \rightarrow 12\varphi 22$$

محاسبات-۹۰

۴۵- یک دیوار برشی به طول ۵ متر و ضخامت 40 سانتیمتر مفروض است. با فرض اینکه دیوار مذکور با شکل‌پذیری زیاد بوده و از میلگرد گذاری عرضی ویژه در سرتاسر طول دیوار استفاده نشده باشد و لنگر خمشی نهایی در پای دیوار 5000 kN.m و نیروی محوری فشاری نهایی برابر 5000 kN باشد حداقل رده بتن برای آنکه نیاز به اجزاء لبه ای نباشد کدام است؟

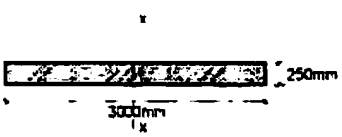
۱) C20
۲) C25
۳) C30
۴) C35

گزینه ۳

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۲۸- تحلیل سازه نشان می‌دهد که بار محوری و لنگر خمشی نهائی (ضریبدار) وارد بر یک دیوار برشی با شکل‌پذیری متوسط که مقطع آن در شکل نشان داده شده است، به ترتیب برابر P=500 kN و M_x =900 kN.m است. اگر رده بتن C25 فرض شود، کدام عبارت صحیح است؟



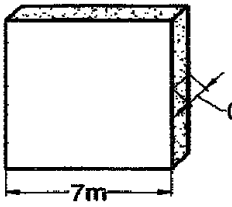
۱) چون ضخامت دیوار کمتر از 300 میلیمتر است، باید از جزء مرزی استفاده شود.
۲) چون طول دیوار از 5 متر کمتر است، دیوار نیاز به جزء مرزی دارد.
۳) در تمام طول دیوار میلگرد عرضی ویژه باید پیش‌بینی شود و یا از جزء مرزی استفاده گردد.
۴) دیوار نیازی به جزء مرزی ندارد.

گزینه ۴

$$\frac{P}{A}+\frac{6M}{bh^2}=\frac{500000}{3000\times250}+\frac{6\times900\times10^6}{250\times3000^2}=3.06\,MPa<0.31\times0.65\times25$$

محاسبات ۸۹

۳۸- برای دیوار برشی با شکل پذیری زیاد، نشان داده شده در شکل زیر، در صورتی که از میلگرد گذاری عرضی ویژه در سرتاسر طول دیوار برشی استفاده نشده باشد و تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و براساس مشخصات مقطع ترک نخورده محاسبه شود، کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (P_u و M_u نیروی محوری و لنگر خمشی نهایی در پای دیوار است).



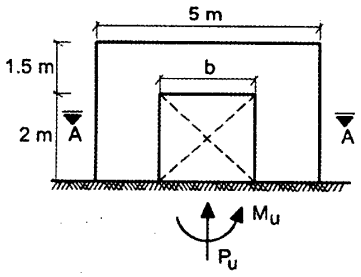
f_c = 30 MPa و f_y = 400 MPa
P_u = 15000 kN و M_u = 500 kN.m

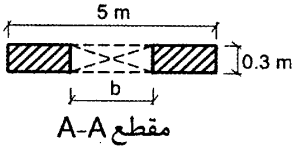
۱) تنش فشاری پای دیوار در دورترین تار فشاری 16.5 MPa بوده و نیاز به اجزاء لبه‌ای می‌باشد.
۲) تنش فشاری پای دیوار در دورترین تار فشاری 8.4 MPa بوده و نیاز به اجزاء لبه‌ای نمی‌باشد.
۳) تنش فشاری پای دیوار در دورترین تار فشاری 4.2 MPa بوده و نیاز به اجزاء لبه‌ای نمی‌باشد.
۴) تنش فشاری پای دیوار در دورترین تار فشاری 21.3 MPa بوده و نیاز به اجزاء لبه‌ای می‌باشد.

گزینه ۳

محاسبات ۹۷

۴۷- فرض کنید در دیوار برشی بتنی شکل زیر P_u=2330 kN و M_u=3600 kN.m است. چنانچه در تمام طول دیوار از میلگردگذاری عرضی ویژه استفاده نشده باشد، آنگاه حداکثر طول بازشو (b) برای آنکه در دیوار برشی مذکور لزومی به تعبیه المان مرزی نباشد به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بازشو در قسمت میانی دیوار قرار دارد و فرض کنید بتن از رده C25 و آرماتورهای موردنیاز از نوع S400 است).





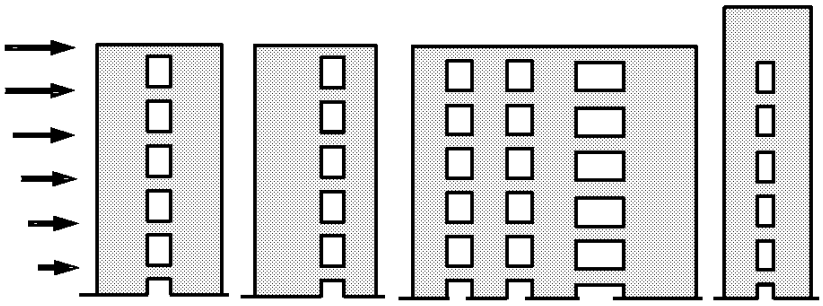
۱) 2.00 m
۲) 1.50 m
۳) 1.25 m
۴) 1.00 m

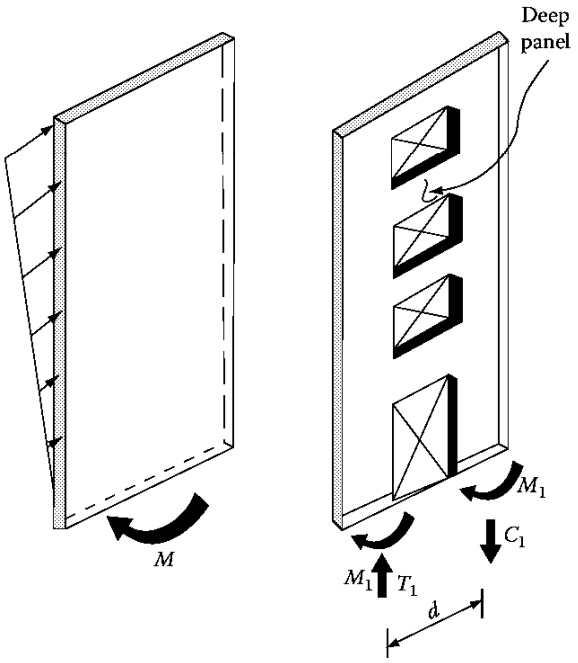
گزینه ۳

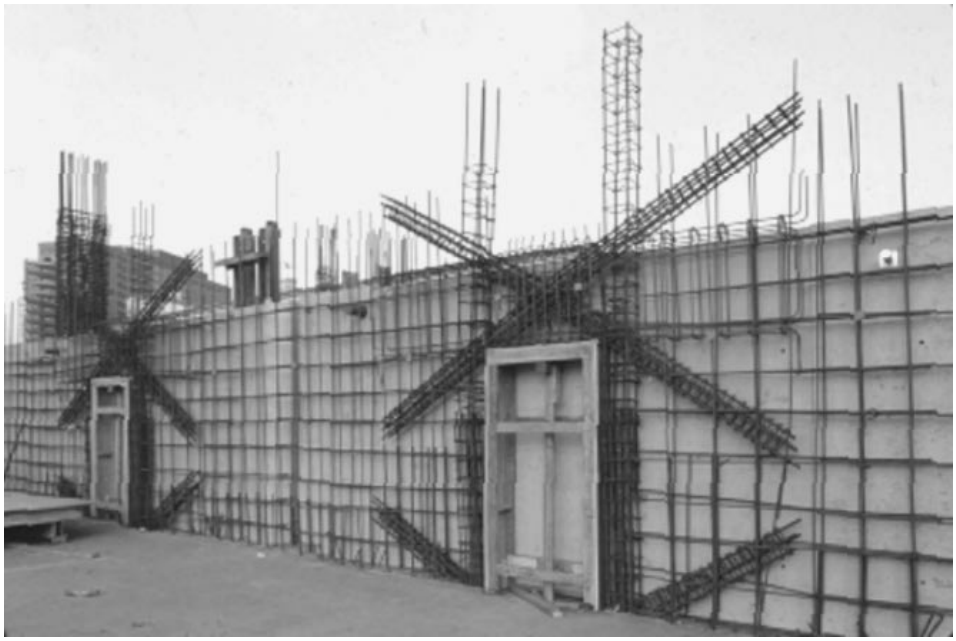
$$\sigma=\frac{P}{A}+\frac{My}{I}=\frac{2330000}{(5000-b)\times300}+\frac{3600\times10^6\times2500}{\frac{300\times5000^3}{12}-\frac{300\times b^3}{12}}<0.31f_{cd}=5MPa\quad\rightarrow\quad b<1250\,mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۷-تیر همبند







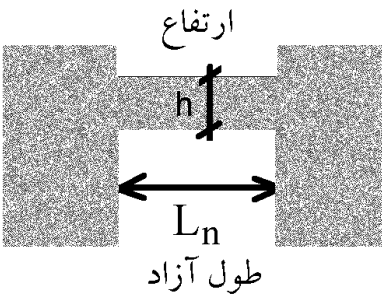
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۳ دیوارهای سازه‌ای، دیافراگم‌ها و خرپاها

۹-۲۳-۴-۳-۴ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته

۹-۲۳-۴-۳-۴-۱ تیرهای همبند در دیوارهای همبسته که در آنها نیروی برشی نهایی از $2A_{cv}v_c$ بیشتر و نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع مقطع آنها از ۲ کمتر باشد، باید مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۳-۴-۲ و ۹-۲۳-۴-۳-۴-۳ آرماتورگذاری شوند، در غیر این صورت آرماتورگذاری در این تیرها مطابق ضوابط قطعات خمشی انجام می‌شود. عرض این تیرها در هیچ حالت نباید کمتر از ۲۰۰ میلیمتر اختیار شود.



۹-۲۳-۴-۳-۴-۲ مقاومت برشی در تیرهای همبند باید کلاً به وسیله آرماتورهای قطری که به صورت ضربدری و متقارن در سراسر طول تیر ادامه داشته و در دیوارهای طرفین تیر در طولی به اندازه یک و نیم برابر طول گیرایی میلگردها مهار می‌شوند، تأمین گردد. سطح مقطع آرماتور قطری در هر یک از شاخه‌های ضربدری از رابطه (۹-۲۳-۶) محاسبه می‌شود:

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2 f_{yd} \sin\alpha} \qquad (۹-۲۳-۶)$$

در این رابطه α زاویه بین میلگرد قطری و محور طولی تیر است.

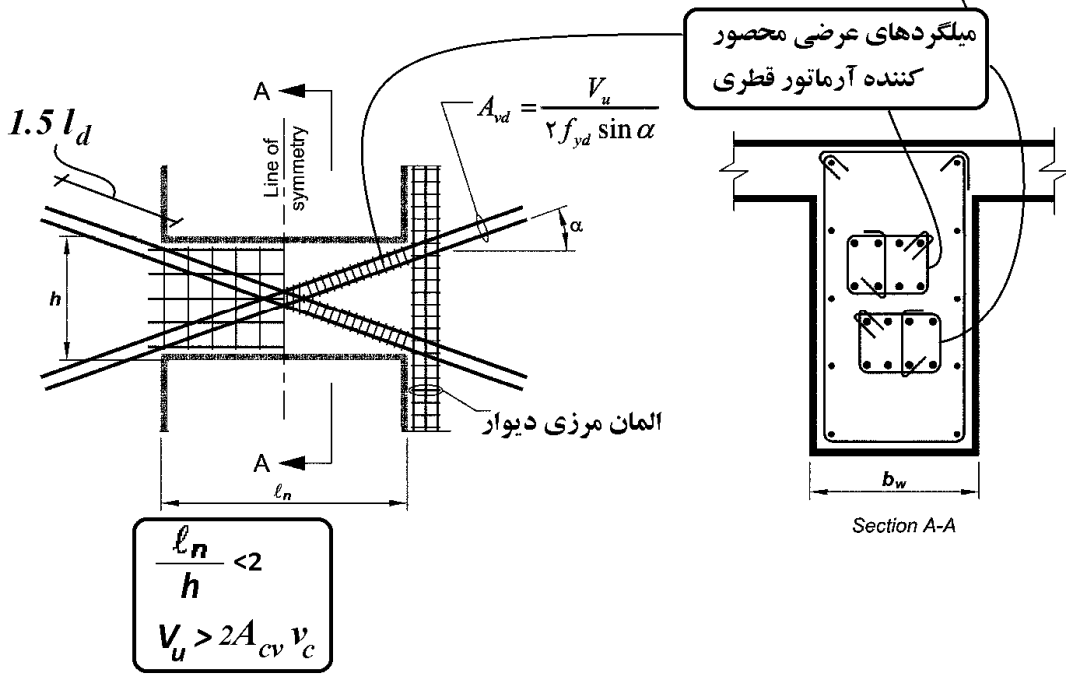
۹-۲۳-۴-۳-۴-۳ آرماتورهای قطری باید به وسیله میلگردهای عرضی به صورت دورپیچ یا تنگ با قطر حداقل ۸ میلی‌متر محصور شوند، حداکثر فاصله میلگردهای عرضی از یکدیگر برابر با کوچکترین سه مقدار (الف) تا (پ) این بند است:

الف- ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد قطری

ب- ۲۴ برابر قطر تنگ‌ها یا دورپیچ‌ها

پ- ۱۲۵ میلیمتر

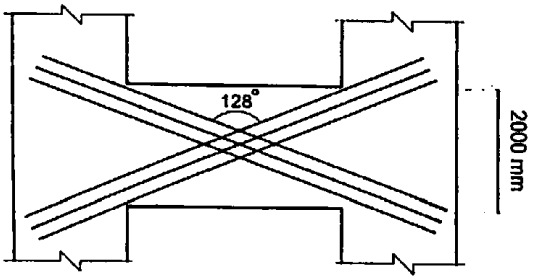
۹-۲۳-۴-۳-۴-۴ مقاومت خمشی تأمین شده توسط میلگردهای قطری را می‌توان در محاسبه ظرفیت خمشی تیر همبند منظور کرد.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۵

۲۴- تحلیل سازه‌ای بتنی با شکل‌پذیری زیاد نشان می‌دهد که نیروی برش نهایی در مقطع تیر همبند در دیوار همبسته نشان داده شده در شکل، V_u= 1650 kN است. چنانچه رده بتن C30، رده میلگرد S400 و عرض تیر همبند 400 mm فرض شود، حداقل سطح مقطع آرماتور قطری موردنیاز در هر شاخه ضربدری به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟



۱) $55.40\times10^2\ mm^2$

۲) $30.80\times10^2\ mm^2$

۳) $43.75\times10^2\ mm^2$

۴) $65.20\times10^2\ mm^2$

گزینه ۱

$$A_{vd}=\frac{V_u}{2f_{yd}Sin\alpha}=\frac{1650000}{2(0.85\times400)\times Sin26}=5535\ mm^2$$

۹-۲۳-۴-۳-۴-۲ مقاومت برشی در تیرهای همبند باید کلاً به وسیله آرماتورهای قطری که به صورت ضربدری و متقارن در سراسر طول تیر ادامه داشته و در دیوارهای طرفین تیر در طولی به اندازه یک و نیم برابر طول گیرایی میلگردها مهار می‌شوند، تأمین گردد. سطح مقطع آرماتور قطری در هر یک از شاخه‌های ضربدری از رابطه (۹-۲۳-۶) محاسبه می‌شود:

$$A_{vd}=\frac{V_u}{۲f_{yd}\sin\alpha} \qquad (۹-۲۳-۶)$$

در این رابطه α زاویه بین میلگرد قطری و محور طولی تیر است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۸-گره اتصال

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۴ اتصالات تیر به ستون‌ها در قاب‌ها

۹-۲۳-۳-۴-۱ در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا دالی که بیشترین ارتفاع را دارد و به محل اتصال منتهی می‌شود، باید در امتداد عمود بر میلگرد طولی ستون، میلگرد عرضی به مقدار حداقل برابر با مقادیر (الف) و (ب) این بند پیش‌بینی نمود:

الف- سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه (۹-۱۵-۱۳) باشد.

ب- مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی‌در ناحیه ℓ_0 ستون، مطابق بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره‌های نظیر در ناحیه ℓ_0 اختیار شود.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۴ اتصالات تیر به ستون در قاب‌ها

۹-۲۳-۴-۴-۱ ضوابط کلی طراحی

۹-۲۳-۴-۴-۱-۲ نیروی برشی نهایی موثر به اتصال، V_u، باید بر اساس تنش کششی برابر $1/47 f_{yd}$ که ممکن است در میلگردهای کششی تیرهای دو سمت اتصال و نیز برش موجود در ستون‌های بالا و پایین اتصال پدید آید، محاسبه گردد. برای تعیین این مقادیر فرض می‌شود در تیرهای دو سمت اتصال مفصل‌های پلاستیک با ظرفیت‌های خمشی مثبت یا منفی، برابر با لنگرهای خمشی مقاوم محتمل، M_{pr}، در مقاطع بر اتصال تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرها باید به صورتی در نظر گرفته شوند که بیشترین برش در اتصال ایجاد شود.

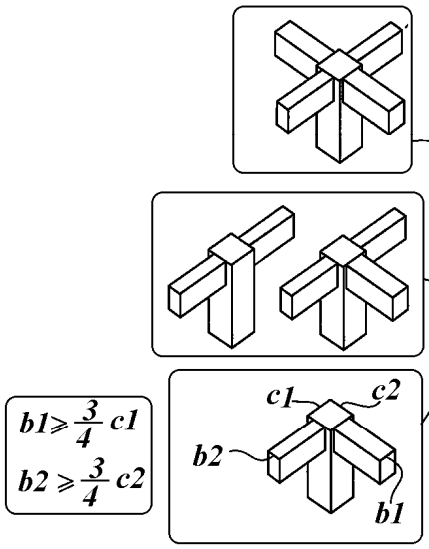
۹-۲۳-۴-۴-۱-۳ نیروی برشی مقاوم نهایی اتصال، V_r، را می‌توان با شرط رعایت ضوابط بند ۹-۲۳-۴-۴-۲ حداکثر برابر با مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفت:

الف- برای اتصالات محصور شده در چهار سمت $12 A_j \nu_c$

ب- برای اتصالات محصور شده در سه سمت و یا در دو سمت مقابل هم $9 A_j \nu_c$

پ- برای سایر اتصالات $7/5 A_j \nu_c$

یک اتصال زمانی توسط نیرویی که به یک وجه آن می‌رسد محصور شده تلقی می‌گردد که تیر حداقل سه‌چهارم سطح آن اتصال را پوشانده باشد.



۹-۲۳-۴-۴-۲ آرماتورگذاری

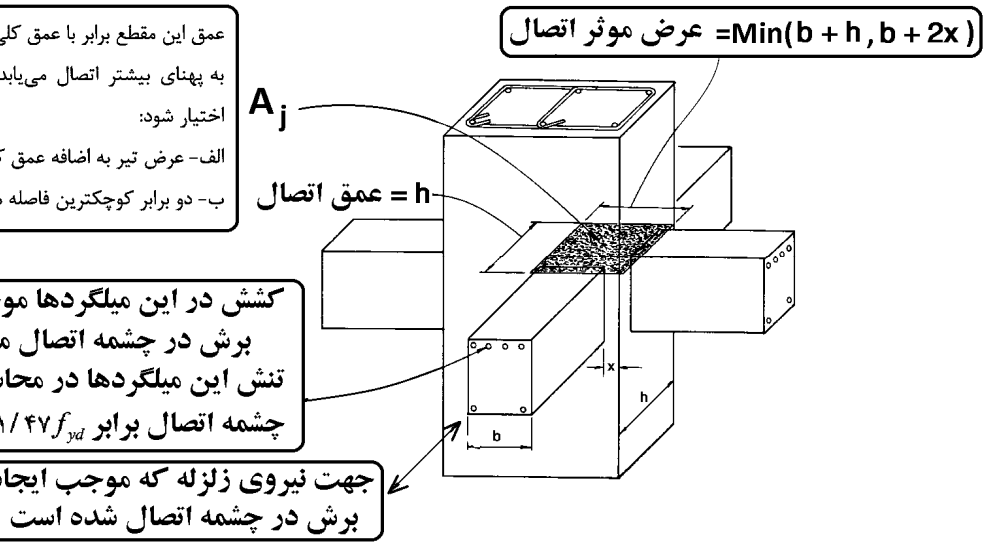
۹-۲۳-۴-۴-۲-۱ در تمامی اتصالات به جز آنهایی که در بند ۹-۲۳-۴-۴-۲-۲ گفته شده‌اند، باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ به کار برده شود.

۹-۲۳-۴-۴-۲-۲ در اتصالاتی‌که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم بعد ستونی که به آن متصل می‌شوند، نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع تیر در اتصال آرماتورگذاری عرضی ویژه، مساوی با نصف آنچه در بند ۹-۲۳-۴-۴-۲-۱ گفته شد، به کار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵۰ میلیمتر افزایش داد.

عمق این مقطع برابر با عمق کلی مقطع ستون است. در مواردی که تیر اصلی به تکیه‌گاهی به پهنای بیشتر اتصال می‌یابد عرض مؤثر اتصال کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) اختیار شود:

الف- عرض تیر به اضافه عمق کل مقطع اتصال.

ب- دو برابر کوچکترین فاصله محور تیر از بر ستون در جهت عمود بر محور تیر.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۸۷

۳۷- در یک سازه بتنی با شکل پذیر متوسط، تنگ ستونها در نزدیکی تکیه گاهها از $2\Phi 10@10$ تشکیل شده است. حداقل خاموت یا تنگی که در حد فاصل اتصال تیر به ستون باید قرار داده شود چقدر است؟ (ستون $50\times 50\ cm$، رده بتن C25 رده میلگردهای مصرفی S300 فرض می شود.)

۱) $2\Phi 10@30$
۲) $2\Phi 10@25$
۳) $2\Phi 10@20$
۴) $2\Phi 10@15$

گزینه ۴

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۴ اتصالات تیر به ستون‌ها در قاب‌ها

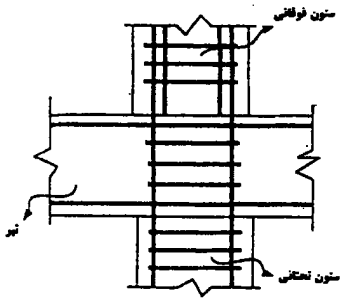
۹-۲۳-۳-۴-۱ در اتصالات تیرها به ستون‌ها، در طول ارتفاع تیر یا دالی که بیشترین ارتفاع را دارد و به محل اتصال منتهی می‌شود، باید در امتداد عمود بر میلگرد طولی ستون، میلگرد عرضی به مقدار حداقل برابر با مقادیر (الف) و (ب) این بند پیش‌بینی نمود:

الف- سطح مقطع میلگرد عرضی نباید کمتر از مقدار محاسبه شده از رابطه (۹-۱۵-۱۳) باشد.

ب- مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی‌در ناحیه ℓ_0 ستون، مطابق بند ۹-۲۳-۳-۲-۲-۴ باشد. فاصله سفره‌های این آرماتور از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره‌های نظیر در ناحیه ℓ_0 اختیار شود.

محاسبات ۸۴- پایه ۳

۴۲- در جزئیات اتصال تیر به ستون شکل مقابل که مربوط به یک سازه بتن آرمه با شکل‌پذیری متوسط است، اجرای آرماتورهای عرضی ستون در ارتفاع تیر .....



۱) ضرورت سازه‌ای دارد.
۲) ضرورت سازه‌ای ندارد.
۳) صرفاً از نظر اجرائی لازم است.
۴) از نظر مهاربندی جانی آرماتورهای طولی ستون در ارتفاع تیز لازم است.

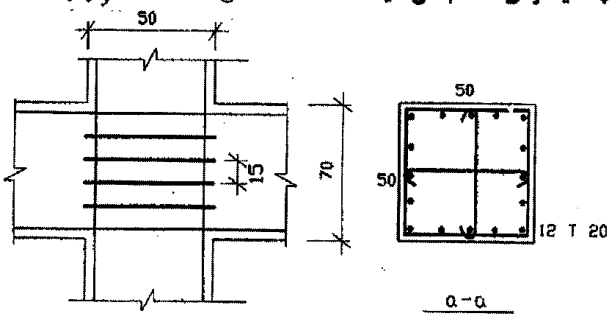
گزینه ۱

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۸۳-پایه ۱

۴۳- مقطع زیر متعلق به اتصال یک ستون با چهار تیر اطراف خود است. اتصال برای شکل‌پذیری زیاد می‌شود. با فرض آنکه بتن در اتصال $f_c = 200kg/cm^2$ **و** $f_y = 4000kg/cm^2$ **جوابگوی برش وارده باشد، بگوئید برای خاموتها چه میلگردی انتخاب می‌کنید.**

۱) 2T10/15 cm
۲) 2T12/15
۳) T10/15
۴) T8/15



در ناحیه اتصال نصف مقدار لازم در ناحیه بحرانی ستون آرماتور عرضی لازم خواهد بود (با توجه به اینکه در چهار طرف محصور شده است).

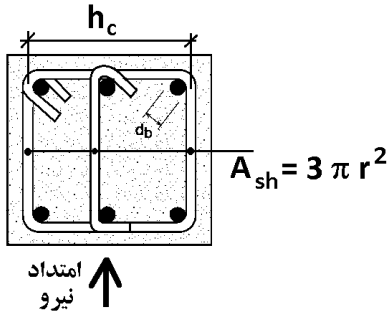
با فرض اینکه پوشش خالص برابر 40 mm باشد و قطر خاموت ها تقریبا 10 mm باشد، داریم:

$$A_{sh} \geq \frac{1}{2} max \left\{ \begin{matrix} 0.46\left(150 \times 410 \times \frac{0.65 \times 20}{400}\right)\left(\frac{500^2}{420^2} - 1\right) = 384 \\ 0.14 \times 150 \times 410 \times \frac{0.65 \times 20}{400} = 280 \end{matrix} \right\} = 192\ mm^2$$

$$A_{sh} = 3\pi r^2 \geq 192 \quad \rightarrow \quad r > 4.5\ mm \quad \rightarrow \quad Use\ \ \varphi 10@150$$

$$A_{Sh} = ۰/۴۶(S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - ۱) \qquad (۳-۲۳-۹)$$

$$A_{Sh} = ۰/۱۴ \times S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۴-۲۳-۹)$$



A_{ch} = **مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد عرضی واقع شده است. این مساحت براساس انداز پشت تا پشت میلگرد عرضی محاسبه می‌شود. میلی‌متر مربع**

A_g = سطح مقطع کل قطعه، میلی‌متر مربع

A_{sh} = سطح مقطع کل آرماتور عرضی، با احتساب رکابی‌های تک شاخه‌ای، در فاصله s در امتداد عمود بر بعد h_c، میلی‌متر مربع

h_c = بعد مقطع ستون در جهت عرضی (محور تا محور میلگردهای محصورکننده)، میلی‌متر

S = فاصله بین سفره‌های میلگردهای عرضی در امتداد محور طولی عضو، میلی‌متر

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

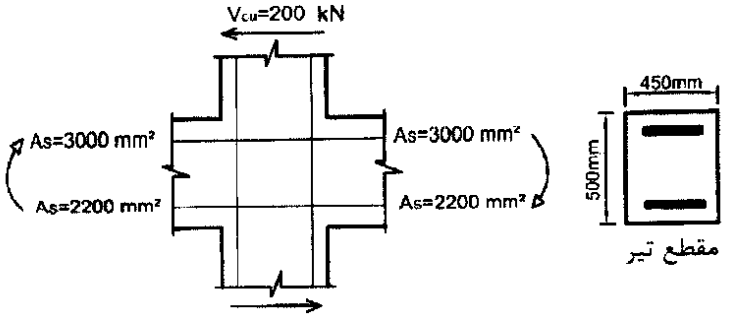
۴۶- در شکل زیر یک اتصال تیر به ستون بتنی نشان داده شده است. چنانچه این اتصال مربوط به یک ساختمان با شکل‌پذیری زیاد باشد، نیروی برشی نهایی مؤثر به اتصال به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ نوع میلگرد S400، رده بتن C25، ابعاد مقطع ستون 500×500 میلی‌متر است. فرض می‌شود امکان تشکیل مفصل پلاستیک در تیرهای هر دو سمت ستون وجود دارد. مقدار نیروی برشی نهایی ستون در شکل زیر مشخص شده است.

۱) 2700 kN

۲) 2600 kN

۳) 2400 kN

۴) 2300 kN

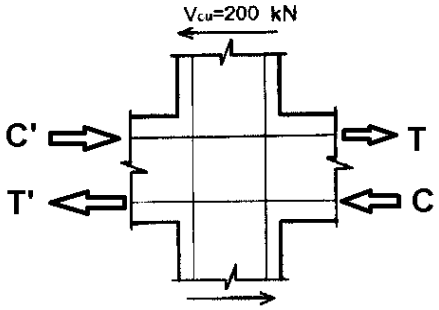


گزینه ۳

۹-۲۳-۴-۴ اتصالات تیر به ستون در قاب‌ها

۹-۲۳-۴-۴-۱ ضوابط کلی طراحی

۹-۲۳-۴-۴-۱-۱ طراحی اتصالات تیرها به ستون‌ها در قاب‌ها برای برش باید براساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد. مقادیر V_u و V_r در این رابطه باید طبق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۴-۱-۲ و ۹-۲۳-۴-۴-۱-۳ تعیین شوند.



۹-۲۳-۴-۴-۱-۲ نیروی برشی نهایی موثر به اتصال، V_u، باید بر اساس تنش کششی برابر $1/47 f_{yd}$ که ممکن است در میلگردهای کششی تیرهای دو سمت اتصال و نیز برش موجود در ستون‌های بالا و پایین اتصال پدید آید، محاسبه گردد. برای تعیین این مقادیر فرض می‌شود در تیرهای دو سمت اتصال مفصل‌های پلاستیک با ظرفیت‌های خمشی مثبت یا منفی، برابر با لنگرهای خمشی مقاوم محتمل، M_{pr}، در مقاطع بر اتصال تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرها باید به صورتی در نظر گرفته شوند که بیشترین برش در اتصال ایجاد شود.

$$C = T = A_s(1.47 f_{yd}) = 3000 \times 1.47 \times 0.85 \times 400 = 1499400\ N = 1499.4\ kN$$
$$C' = T' = A_s(1.47 f_{yd}) = 2200 \times 1.47 \times 0.85 \times 400 = 1099560\ N = 1099.56\ kN$$

$$V_p = T + C' - V_{cu} = 1499.4 + 1099.56 - 200 = 2398.96\ kN$$

محاسبات ۹۴

۴۷- نیروی برشی نهایی مؤثر به اتصال تیر به ستون یک ساختمان بتنی با شکل‌پذیری زیاد، 2300 کیلونیوتن است. چنانچه مقطع ستون، مربعی به طول اضلاع 500×500 میلی‌متر بوده و از هر چهارطرف به تیرهای با پهنای 400 میلی‌متر متصل شده باشد، حداقل رده بتن موردنیاز (برای تمام اعضای سازه از یک رده بتن استفاده می‌شود) چقدر است؟ محور هر چهار تیر را منطبق بر محورهای اصلی ستون فرض کنید. همچنین فرض کنید که در این اتصال، آرماتورگذاری عرضی ویژه قرار داده می‌شود.

۱) C40 ۲) C30 ۳) C25 ۴) C35

گزینه ۴

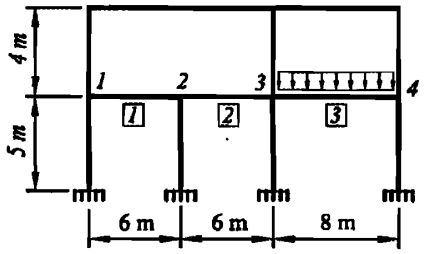
$$A_j = 500 \times 500 = 250000 mm^2$$
$$v_c = 0.2\varphi_c\sqrt{f_c'} = 0.2 \times 0.65\sqrt{f_c'} = 0.13\sqrt{f_c'}$$

$$12A_j v_c > 2300kN \quad \rightarrow \quad 12 \times 250000 \times 0.13\sqrt{f_c'} < 2300000 \quad \rightarrow f_c' = 34.77\ MPa$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۴

۳۱- شکل زیر یکی از قاب‌های ساختمانی بتنی با سیستم قاب خمشی بتن‌آرمه ویژه را نشان می‌دهد. ابعاد مقطع تمام تیرها و ستون‌ها 500×500 mm است. به تیر سه دهانه‌ی طبقه اول، در دهانه‌های 1 و 2 باری غیر از وزن تیر وارد نمی‌شود، اما در دهانه 3 علاوه بر وزن تیر، بارهای مرده و زنده سطوح مجاور نیز اعمال می‌شود. اگر در هر دو تکیه‌گاه هر سه دهانه این تیر، مساحت میلگردهای بالا $4000mm^2$ و میلگردهای پایین $3200mm^2$ بوده و به‌طور محافظه‌کارانه از نیروی برشی ستون‌ها صرفنظر شود، نیروی برشی نهایی مؤثر در بحرانی‌ترین اتصال (گره‌های 1 تا 4) برحسب کیلونیوتن به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض شود که میلگردها از رده S400 و بتن از رده C25 می‌باشد.



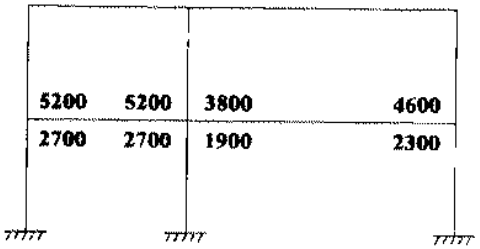
۱) 2900
۲) 3200
۳) 3600
۴) 4000

گزینه ۳

$$\left.\begin{matrix} T = 1.47F_{yd}A_s = 1.47 \times 0.85 \times 400 \times 4000 = 1999.2\ kN \\ C' = T' = 1.47F_{yd}A_s = 1.47 \times 0.85 \times 400 \times 3200 = 1599.36\ kN \end{matrix}\right\} T + C' = 3598.56\ kN$$

محاسبات ۹۵

۳۲- شکل زیر یک قاب بتن آرمه با شکل‌پذیری زیاد را نشان می‌دهد. اعداد بالا و پایین تیر طبقه اول به ترتیب سطح مقطع میلگردهای بالا و پایین تیر در محل تکیه‌گاه را بر حسب میلی‌متر مربع نشان می‌دهد. به لحاظ لرزه‌ای، نیروی برشی نهایی مؤثر به اتصال ستون میانی، چند برابر بیشترین نیروی برشی نهایی مؤثر به اتصال ستون‌های کناری است؟ (از برش در ستون‌ها صرفنظر و ابعاد مقطع تیر و عمق مؤثر آن در هر دو دهانه یکسان فرض شود). نزدیکترین گزینه به جواب را انتخاب کنید.



۱) 2
۲) 1
۳) 1.873
۴) 1.365

گزینه ۴

نیروی برشی موثر به ستون میانی:

$$V_p = Max\begin{pmatrix} 1.47F_{yd}(5200 + 1900) \\ 1.47F_{yd}(3800 + 2700) \end{pmatrix} = 1.47F_{yd}(5200 + 1900) = 1.47F_{yd}(7100)$$

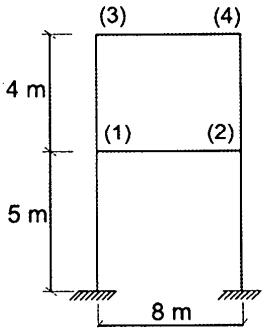
نیروی برشی موثر به ستون کناری:

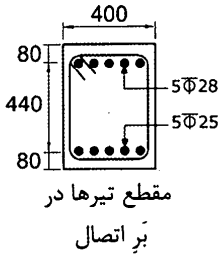
$$V_p = Max\begin{pmatrix} 1.47F_{yd}(5200) \\ 1.47F_{yd}(4600) \end{pmatrix} = 1.47F_{yd}(5200)$$

$$\frac{1.47F_{yd}(7100)}{1.47F_{yd}(5200)} = 1.365$$

محاسبات ۹۷

۳۱- شکل زیر یک قاب ساختمانی بتنی با سیستم قاب خمشی بتن‌آرمه ویژه را نشان می‌دهد. ابعاد مقطع تیرها 400×600 mm و ابعاد مقطع ستون‌ها 600×600 mm است. اگر مقدار نیروی برشی ستون‌های طبقه دوم (ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک در تیرها) برابر 340 کیلونیوتن باشد، آنگاه نیروی برشی نهایی مؤثر در بحرانی‌ترین اتصال طبقه اول (گره‌های 1 و 2) برحسب کیلونیوتن به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (میلگردها از رده S400 و بتن از رده C30 بوده و ابعاد مقطع تیرها به میلی‌متر است).





مقطع تیرها در بَرِ اتصال

۱) 1880

۲) 1570

۳) 1540

۴) 1200

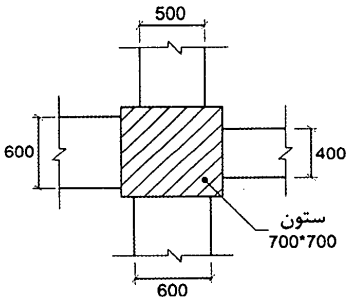
گزینه ۴

$$V_{\text{اتصال}} = 1.47F_{ya}A_s - V_{col} = 1.47 \times 0.85 \times 400 \times \left(5 \times 3.14 \times \frac{28^2}{4}\right) - 340000 = 1197\ kN$$

محاسبات ۹۷

۳۲- شکل زیر اتصال چهار تیر بتنی با مقاطع به ابعاد 400×400 mm ، 500×500 mm، 600×600 mm به یک ستون با مقطع 700×700 mm را نشان می‌دهد. در خصوص این اتصال کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

(ابعاد در شکل به میلی‌متر است)



۱) اتصال از سه سمت محصورشده محسوب نمی‌شود.

۲) اتصال از دو سمت مقابل محصورشده محسوب می‌شود.

۳) اتصال از چهار سمت محصورشده محسوب می‌شود.

۴) اتصال در صورتی از چهار سمت محصورشده تلقی می‌شود که مقاومت فشاری بتن تیر بیش از مقاومت فشاری بتن ستون باشد.

گزینه ۱

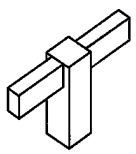
حداقل بعد تیر، برای اینکه به عنوان تیر محصور کننده منظور شود، برابر ¾ بعد ستون می باشد:

$$\frac{3}{4} \times 700 = 525\ mm$$

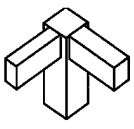
بنابراین تنها تیرهای با عرض 600 mm به عنوان تیر محصور کننده خواهند بود.

بنابراین اتصال از دو سمت "مجاور" محصور شده محسوب می شود.

محصور شده از دو سمت مقابل



محصور شده از دو سمت مجاور



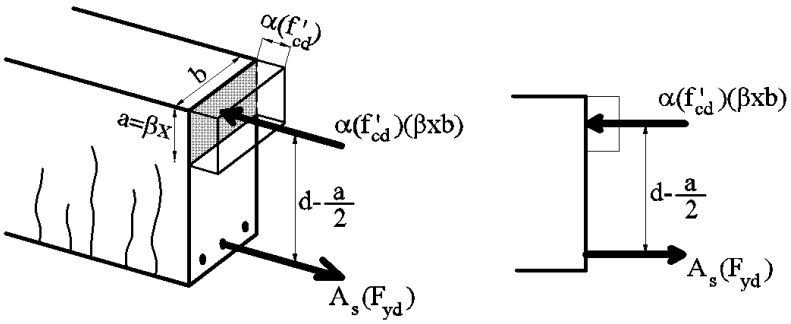
انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۴۲- در یک تیر بتن‌آرمه در محاسبه لنگر خمشی مقاوم اسمی، عمق ناحیه فشاری ($\beta_1 x$) برابر 0.22d بدست آمده است که d فاصله دورترین تار فشاری تا مرکز سطح آرماتور کششی طولی است. نسبت لنگر خمشی مقاوم محتمل به لنگر خمشی مقاوم اسمی برای این مقطع حدوداً چقدر خواهد بود؟

۱) 1.25 ۲) 1.21 ۳) 1.16 ۴) 1.10

گزینه ۲



هنگام محاسبه مقاومت خمشی "اسمی"، مقدار βx و در نتیجه مقاومت خمشی از رابطه زیر بدست میاید:

$$a = \beta x = \frac{A_s(F_y)}{\alpha(b)(f_c')} = 0.22d$$

$$\rightarrow \quad M_n = A_s F_y Z = A_s F_y \left(d - \frac{0.22d}{2}\right) = A_s F_y (0.89d)$$

محاسبه مقاومت خمشی "محتمل"، مقدار βx و در نتیجه مقاومت خمشی از رابطه زیر بدست میاید:

$$a = \beta x = \frac{A_s(1.25F_y)}{\alpha(b)(f_c')} = 1.25 \times 0.22d = 0.275d$$

$$\rightarrow \quad M_{pr} = A_s(1.25F_y)Z = A_s 1.25F_y \left(d - \frac{0.275d}{2}\right) = A_s F_y (1.0781d)$$

$$\frac{M_{pr}}{M_n} = \frac{1.0781}{0.89} = 1.21$$

۱۹-ضوابط ویژه لرزه ای

۱۹-۱- محدودیتهای هندسی تیرها (اعضای خمشی)

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۱-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۳-۱-۱-۱ در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

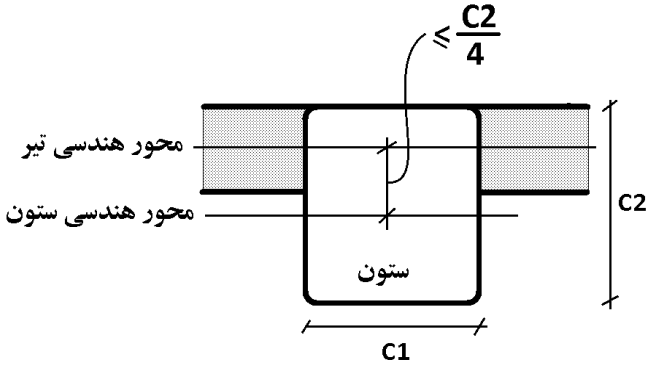
الف- ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب- عرض مقطع نباید کمتر از یک چهارم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلیمتر باشد.

پ- عرض مقطع نباید:

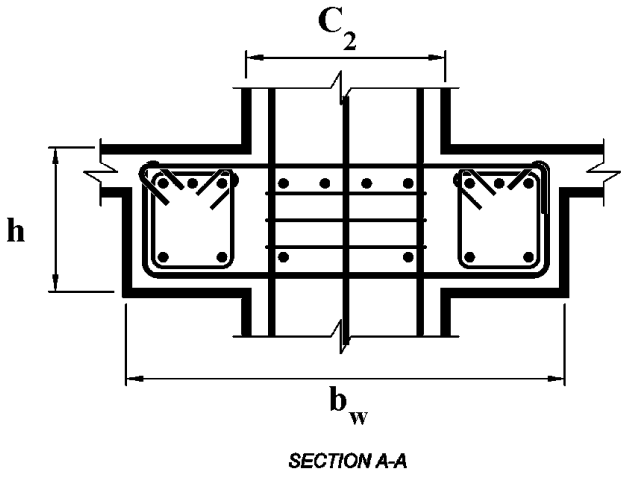
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه‌چهارم ارتفاع عضو خمشی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی به اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه‌گاهی، در هر طرف عضو تکیه‌گاهی اختیار شود.

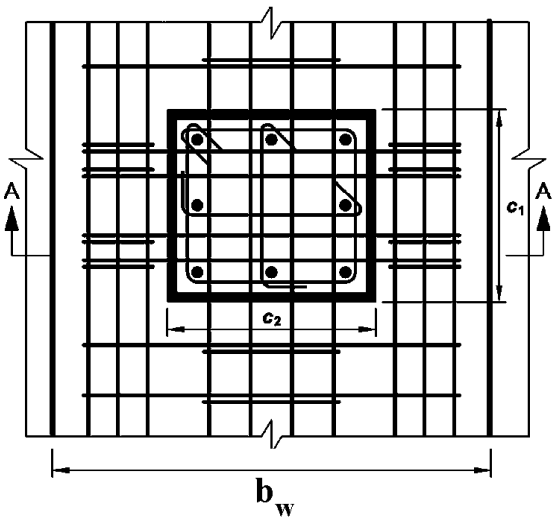
۹-۲۳-۳-۱-۱-۲ برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک‌چهارم عرض مقطع ستون باشد.



$$b_w \leqslant C_2 + 1.5\ h$$

$$b_w \leqslant C_2 + 0.5\ C_1$$





انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \leq ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۴-۱-۱-۱ در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) تا (پ) این بند باید رعایت شوند:

الف- ارتفاع مؤثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

ب- عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم ارتفاع آن و ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

پ- عرض مقطع نباید:

- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه‌چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف عضو تکیه‌گاهی،
- بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، به‌اضافه یک‌چهارم بعد دیگر مقطع عضو تکیه گاهی در هر طرف آن.

۹-۲۳-۴-۱-۱-۲ برون محوری هر عضو خمشی نسبت به ستونی که با آن قاب تشکیل می‌دهد، یعنی فاصله محورهای هندسی دو عضو از یکدیگر، نباید بیشتر از یک‌چهارم عرض مقطع ستون باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۹-۲- محدودیتهای هندسی ستونها (اعضای تحت فشار و خمش)

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۲ اعضای تحت فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۳-۲-۱-۱ در ستون‌ها محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف- عرض مقطع نباید کمتر از سه‌دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد.

ب- نسبت عرض مقطع به طول آزاد ستون نباید از $\frac{۱}{۲۵}$ کمتر باشد.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۱ محدودیت‌های هندسی

۹-۲۳-۴-۲-۱-۱ در این اعضاء محدودیت‌های هندسی (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

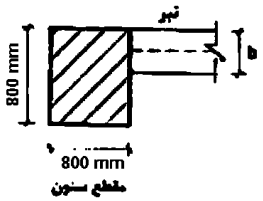
الف- عرض مقطع نباید کمتر از چهار دهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر باشد.

ب- نسبت عرض مقطع به طول آزاد عضوآن در اعضایی که زیر اثر لنگرهای خمشی موجود در دو انتها در دو جهت خم می‌شوند، نباید کمتر از $\frac{۱}{۱۶}$ و در اعضای طره‌ای نباید کمتراز $\frac{۱}{۱۰}$ باشد.

محاسبات ۹۲

۳۳-شکل زیر مقطع یک ستون بتنی را نمایش می‌دهد که به لبه آن یک تیر بتنی متصل شده است. حداقل عرض تیر (b) چقدر باید اختیار شود؟ فرض کنید تیر و ستون برای یک سازه با شکل‌پذیری متوسط طراحی شده و ارتفاع تیر برابر 600 میلیمتر است.

۱) 300 میلیمتر
۲) 500 میلیمتر
۳) 250 میلیمتر
۴) 400 میلیمتر



$$\left(400 - \frac{b}{2}\right) < \frac{800}{4} \rightarrow \quad b > 400\ mm$$

محاسبات-۹۰

۴۲- در قاب با شکل‌پذیری زیاد برای اعضای تحت اثر توام فشار و خمش (ستون) با مقطع مستطیل کدامیک از ابعاد زیر نمی‌تواند قابل قبول باشد؟ (ابعاد برحسب میلیمتر می‌باشند)

۱) 300×300
۲) 800×300
۳) 350×350
۴) 2000×800

گزینه ۲

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۱۹-۳- ضابطه تیر ضعیف ستون قوی

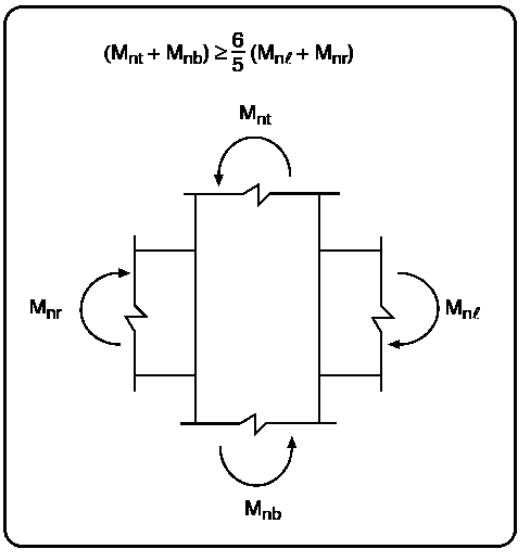
۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۴ حداقل مقاومت خمشی ستون‌ها

۹-۲۳-۴-۲-۴-۱ در تمامی اتصالات تیرها به ستون‌ها، به‌جز موارد گفته شده در بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۴-۲ و ۹-۲۳-۴-۲-۴-۳ لنگرهای خمشی مقاوم ستون‌ها باید در رابطه (۹-۲۳-۵) صدق کنند:

$$\sum M_c \geq 1/2 \sum M_b \qquad (۹-۲۳-۵)$$



در این رابطه:

$\sum M_c$ = مجموع لنگرهای مقاوم خمشی ستون‌ها در بالا و پایین اتصال است که در بر اتصال محاسبه شده باشند. لنگرهای مقاوم خمشی ستون‌ها باید برای نامساعدترین حالت بار محوری، در جهت بارگذاری جانبی مورد نظر، که‌کمترین مقدار لنگرها را به‌دست دهد، محاسبه شوند.

$\sum M_b$ = مجموع لنگرهای مقاوم خمشی تیرها در دو سمت اتصال است که در بر اتصال محاسبه شده باشند.

جمع لنگرها در رابطه (۹-۲۳-۵) باید چنان صورت گیرد که لنگرهای ستون‌ها در جهت مخالف لنگرهای تیرها قرار گیرند. رابطه (۹-۲۳-۵) باید در حالاتی که لنگرهای خمشی تیرها در دو جهت در صفحه قائم قاب، عمل نمایند برقرار باشد.

۹-۲۳-۴-۲-۴-۲ چنانچه تعداد ستون‌های موجود در یک طبقه در یک قاب بیشتر از چهار عدد باشند، از هر چهار ستون یک ستون می‌تواند رابطه (۹-۲۳-۵) را ارضا نکند.

۹-۲۳-۴-۲-۴-۳ ستون‌های قاب‌های یک و دو طبقه و نیز ستون‌های طبقه آخر در قاب‌های چند طبقه می‌توانند رابطه (۹-۲۳-۵) را ارضا نکنند. در این صورت این ستون‌ها باید ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۲-۴-۴ را ارضا کنند. این ستون‌ها مشمول ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۲-۴-۵ نمی‌شوند.

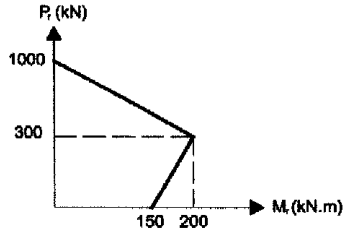
۹-۲۳-۴-۲-۴-۴ چنانچه ستونی رابطه (۹-۲۳-۵) را ارضا نکند، باید در تمام طول دارای میلگردگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ باشد.

۹-۲۳-۴-۲-۴-۵ چنانچه ستونی ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۲-۴-۱ را تأمین نکند باید از کمک آن به سختی جانبی و مقاومت ساختمان در مقابل بار جانبی زلزله صرفنظر شود. این ستون در هر حال باید ضوابط بند ۹-۲۳-۴-۶ را تأمین نماید.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات-۹۱

۲۳- در قاب یک دهانه و یک طبقه با شکل‌پذیری زیاد در صورتی‌که لنگر خمشی مقاوم تیر در بر ستون (مثبت و منفی) برابر 135 kN.m و دیاگرام اندرکنش نیروی محوری- لنگرخمشی برای ستون مطابق شکل و نیروی محوری موثر به ستون $P_E= \pm 20\ kN$, $P_L=60\ kN$, $P_D=280\ kN$ و ترکیب بارگذاری مورد نظر $D + 1.2L + 1.2E$ باشد، نسبت $\frac{M_c}{M_g}$ در اتصال تیر به ستون در نامساعدترین حالت بار محوری در ترکیب بارگذاری مذکور به کدام یک از اعداد زیر نزدیکتر است؟



۱) 1.30
۲) 1.20
۳) 1.40
۴) 1.10

گزینه ۱:

Mc مقاومت خمشی ستون و Mg $(Girder)$ مقاومت خمشی تیر می باشد. در حقیقت هدف بررسی ضابطه تیر ضعیف – ستون قوی می باشد. مقدار Mc را که خود مساله داده است $(135\ kN.m)$. ما تنها باید مقاومت خمشی ستون (Mc) را محاسبه کنیم. مقاومت خمشی ستونهای بتنی متغییر بوده و عدد ثابتی نیست و بستگی به مقدار نیروی محوری موثر بر آن دارد. تحت اثر ترکیب بار فوق نیروی محوری ستون برابر است با:

$$P = 280 + 1.2 \times 60 \pm 1.2 \times 20 = \begin{cases} 376\ kN \\ 328\ kN \end{cases}$$

با توجه به دیاگرام اندرکنشی داده شده، مقاومت خمشی ستون تحت اثر بار $376\ kN$ کمتر (بحرانی) بوده و برابر است با:

$$M_c = 200 - \left(\frac{376 - 300}{1000 - 300}\right) \times 200 = 178.29\ kN.m$$

بنابراین ستون قوی تر از تیر می باشد. دقت شود که قاب یک دهانه و یک طبقه می باشد و بنابراین در گره مورد نظر تنها یک تیر و یک ستون داریم. برای گرههایی که دو ستون و دو تیر متصل است، مجموع مقاومت خمشی تیرها و ستونها را باید منظور کنیم.

محاسبات ۹۶

۳۰- در مورد تعدادی از ستون‌های یک ساختمان دوطبقه بتن آرمه با شکل‌پذیری زیاد، که ضابطه: ستون قوی تیر ضعیف را ارضا نمی‌کنند، کدام عبارت صحیح است؟

۱) رعایت ضابطه فوق در سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد الزامی نیست.
۲) قطعاً اشکال دارد و در سازه‌های با شکل‌پذیر زیاد مقاومت خمشی ستون‌ها باید حداقل نصف مقاومت خمشی تیرها باشد.
۳) اشکالی ندارد، مشروط بر اینکه در تمام طول آن ستون‌ها از میلگردگذاری عرضی ویژه استفاده شود.
۴) رعایت ضابطه فوق در شکل‌پذیری زیاد برای تمام ستون‌ها الزامی است.

گزینه۳

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲۰-پی

۲۰-۱- آرماتور حداقل در پی ها

۲۰-۹ طراحی شالوده

۲۰-۹-۵ آرماتورهای شالوده‌ها و شمع‌ها و محدودیت‌های آنها

آرماتورهای لازم برای مقاطع شالوده‌ها و شمع‌ها بر اساس نیروهای وارد بر آن مقاطع در حالت حد نهایی با رعایت محدودیت‌های بند ۹-۲۰-۵-۱ الی ۹-۲۰-۵-۹ محاسبه می‌شوند.

۹-۲۰-۵-۱ در شالوده‌های منفرد، گسترده و باسکولی (بجز تیر رابط) نسبت آرماتور به کار رفته در مقطع نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در بندهای ۹-۲۰-۸-۱ الی ۹-۲۰-۸-۴ باشد. در مورد تیرهای رابط شالوده‌های باسکولی حداقل آرماتور باید براساس بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ اختیار شود.

۹-۲۰-۵-۲ در شالوده‌های نواری مقدار نسبت آرماتور در ناحیه کششی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد اختیار شود، مگر آنکه آرماتور بکار رفته به اندازه یک سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمی‌تواند کمتر از ۰/۱۵ درصد اختیار گردد.

۹-۲۰-۵-۳ در شالوده‌ها قطر میلگردها نباید کمتر از ۱۰ میلیمتر و فاصله محور تا محور آنها از یکدیگر، نباید کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و بیشتر از ۳۵۰ میلیمتر در نظر گرفته شود.

۹-۲۰-۵-۴ در شالوده‌های حجیمی که در آنها ابعاد و حجم بتن مستقل از نیازهای محاسباتی در نظر گرفته می‌شوند، رعایت حداقل آرماتور خمشی مطابق بند ۹-۲۰-۵-۱ ضرورتی ندارد. در این شالوده‌ها در صورتی که کنترل ترک‌های سطحی مورد نظر باشد باید در آن سطوح یک شبکه میلگرد جلدی مطابق بند ۹-۲۰-۸-۶ به کار برد. حداکثر فاصله میلگردهای جلدی ۳۵۰ میلیمتر است.

۹-۲۰-۵-۵ در شالوده‌های منفرد در صورتی که عملکرد شالوده یکطرفه باشد و یا عملکرد آن دو طرفه بوده و شکل آن مربع باشد، توزیع میلگردها در سراسر عرض شالوده باید بطور یکنواخت صورت گیرد. در غیر اینصورت توزیع میلگردها باید مطابق ضوابط (الف) و (ب) این بند باشد.

الف- میلگردهای طولی شالوده به طور یکنواخت در سراسر عرض شالوده توزیع می‌شوند.

ب- قسمتی از میلگردهای عرضی شالوده، که مقدار آن از رابطه (۹-۲۰-۱) تعیین می‌شود، در نوار میانی که عرض آن برابر با بعد کوچکتر سطح شالوده است و بطور متقارن نسبت به ستون پایه قرار دارد، بطور یکنواخت توزیع می شوند و بقیه میلگردهای عرضی با رعایت بند ۹-۲۰-۵-۳ در دو سمت میانی بطور یکنواخت قرار داده می‌شوند.

$$\frac{\text{میلگردهای نوار میانی در امتداد عرضی}}{\text{کل میلگردهای عرضی شالوده}} = \frac{۲}{۱+\beta} \qquad (۹-۲۰-۱)$$

۹-۲۰-۵-۶ حداقل و حداکثر نسبت آرماتور طولی شمع‌های پیش ساخته و شمع‌های درجا با قطر کمتر یا برابر ۸۰۰ میلیمتر، مشابه ستون‌ها و با توجه به ضوابط فصل چهاردهم تعیین می‌شود.

۹-۲۰-۵-۷ حداقل و حداکثر نسبت آرماتور طولی شمع‌های درجا با قطر بیش از ۸۰۰ میلیمتر به ترتیب به میزان نیم درصد و سه درصد سطح مقطع شمع منظور می‌گردد.

۹-۲۰-۵-۸ آرماتور عرضی شمع‌ها به صورت تنگ یا مارپیچ در نظر گرفته می‌شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۰-۸ آرماتور های حرارت و جمع‌شدگی در شالوده‌ها

۹-۲۰-۸-۱ نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن برای شالوده‌های به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلیمتر نباید از مقدار بدست آمده از رابطه ۹-۱۸-۲ کمتر اختیار شود.

$$\frac{۰/۱۶\sqrt{f_{cd}}}{f_{yd}} \qquad (۹-۱۸-۲)$$

۹-۲۰-۸-۲ نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع‌شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن برای شالوده‌های به ضخامت بیشتر از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر نباید از α برابر نسبت‌های مندرج در بند ۹-۲۰-۸-۱ کمتر اختیار شود. مقدار α از رابطه (۹-۲۰-۲) تعیین می‌شود:

$$\alpha = ۱/۳ - ۰/۰۰۰۳h \qquad (۹-۲۰-۲)$$

۹-۲۰-۸-۳ مقدار حداقل آرماتور حرارت و جمع‌شدگی $A_{s\min}$، برای شالوده‌های به ضخامت بیشتر از ۲۰۰۰ میلیمتر برابر مقدار آرماتور برای شالوده به ضخامت ۲۰۰۰ میلیمتر و به شرح (الف) تا (پ) این بند است:

الف- برای میلگردهای رده S۳۴۰:

$$A_{s\min} = ۲۸۰۰\left(\frac{mm^۲}{m}\right)$$

ب ـ برای میلگردهای رده S۴۰۰ :

$$A_{s\min} = ۲۵۰۰\left(\frac{mm^۲}{m}\right)$$

پ ـ برای میلگردهای رده S۵۰۰ و بالاتر :

$$A_{s\min} = ۲۱۰۰\left(\frac{mm^۲}{m}\right)$$

۹-۲۰-۸-۴ در شالوده‌های با ضخامت متغیر، می‌توان ضخامت را برای محاسبه حداقل مقدار آرماتور کششی حرارت و جمع‌شدگی برابر با ضخامت شالوده فرضی هم حجم آن اختیار کرد.

۹-۲۰-۸-۵ در شالوده‌های با ضخامت بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر از آنجایی که حداقل $\frac{۱}{۳}$ مقدار آرماتور حرارت و جمع‌شدگی بدست آمده از بند ۹-۲۰-۸-۲ یا ۹-۲۰-۸-۳ در هر وجه شالوده (فوقانی و تحتانی) لازم می‌باشد، در صورت کمتر بودن فولاد محاسباتی در هر وجه از مقدار مزبور، فولاد حداقل ذکر شده در این بند، در آن وجه تعبیه گردد.

۹-۲۰-۸-۶ آرماتور جلدی

در شالوده‌های حجیم مقدار آرماتور جلدی از رابطه (۹-۲۰-۳) به دست می‌آید:

$$A_b = \frac{۱/۶d_c s}{۱۰۰} \qquad (۹-۲۰-۳)$$

این مقدار نباید در هیچ حال از یک میلگرد به قطر ۱۰ میلیمتر در هر ۲۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

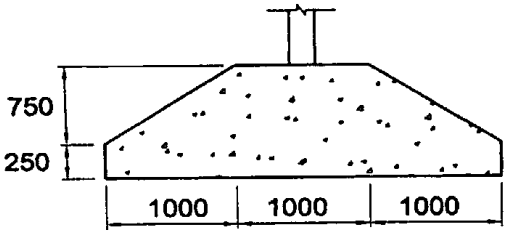
۳۸-یک شالوده نواری به عرض 1.5 متر، ارتفاع کلی 700 میلیمتر و عمق مؤثر 600 میلیمتر مفروض است. چنانچه مقدار آرماتور محاسباتی در ناحیه کششی برابر 7.5 سانتی‌مترمربع محاسبه گردیده باشد، برای این شالوده حداقل آرماتور در ناحیه کششی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 10 سانتی‌مترمربع
۲) 13.5 سانتی‌مترمربع
۳) 18.9 سانتی‌مترمربع
۴) 22.5 سانتی‌مترمربع

$$Max\left(\frac{4}{3}\times 7.5, 0.0015\times 60\times 150\right) = 13.5\ cm^2$$

محاسبات ۹۵

۳۹-پی نواری بتنی درجا در زیر یک دیوار دارای مقطع نشان داده شده، می‌باشد. مقدار حداقل سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع‌شدگی در این پی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و فولاد از نوع S400 می‌باشد.)



۱) $25\times10^2\ mm^2$
۲) $28\times10^2\ mm^2$
۳) $43\times10^2\ mm^2$
۴) $46\times10^2\ mm^2$

گزینه ۳

مساحت مقطع پی برابر است با:

$$A_g = (250\times 3000) + \left(\frac{3000+1000}{2}\right)\times 750 = 2250000\ mm^2$$

$$\left(\rho = \frac{A_s}{A_g}\right) > \frac{0.16\sqrt{f_{cd}}}{F_{yd}} = \frac{0.16\sqrt{0.65\times 25}}{0.85\times 400} = 0.001897 \quad \rightarrow \quad A_s > 0.001897 A_g$$

$$\rightarrow \quad A_s > 0.001897(2250000) = 4268\ mm^2$$

محاسبات ۸۳- پایه ۲

۴۲- در انتقال بار سازه فوقانی به خاک، انتخاب شمعی به قطر ۶۰ سانتی‌متر با ۸$\bar{\phi}$۲۰ جوابگوی تمامی بارهای وارده می‌باشد. اگر بدلایلی قطر اجرائی شمع ۱۰۰ سانتی‌متر انتخاب شود کدام عبارت، با توجه به سطح مقطع میلگردهای طولی لازم، صحیح خواهد بود؟

۱) میلگردهای طولی نباید عوض شوند و همان ۸$\bar{\phi}$۲۰ بکار رود.
۲) میلگردهای طولی باید افزایش یابند و حداقل ۱۰$\bar{\phi}$۲۰ بکار رود.
۳) میلگردهای طولی باید افزایش یابند و حداقل ۱۶$\bar{\phi}$۲۰ بکار رود.
۴) با توجه به افزایش سطح بتن فشاری می‌توان میلگردهای طولی را به ۸$\bar{\phi}$۱۸ کاهش داد.

گزینه ۲

۴۳- مقدار کل آرماتورهای حرارت و جمع شدگی در یک مترمربع پلان از یک پی گسترده به ضخامت دو متر برحسب کیلوگرم حدوداً چقدر می‌باشد؟ (میلگرد از نوع S340 فرض شود).

۱) 44
۲) 31
۳) 63
۴) 22

گزینه ۱

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۲۶- حداقل مساحت آرماتور حرارت و جمع‌شدگی لازم برای یک شالوده بتنی به ضخامت 1500 میلیمتر برحسب (mm^2/m) برای میلگردهای رده S400 به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 1800
۲) 2295
۳) 2500
۴) 2750

با فرض اینکه مقاومت فشاری بتن $f_c = 25\ MPa$ باشد، داریم:

$$\frac{0.16\sqrt{f_{cd}}}{F_{yd}} = \frac{0.16\sqrt{0.65 \times 25}}{0.85 \times 400} = 0.00189$$

$$A_{s-min} = [0.00189(1.3 - 0.0003 \times 1500)] \times (1000 \times 1500)$$

محاسبات ۹۳

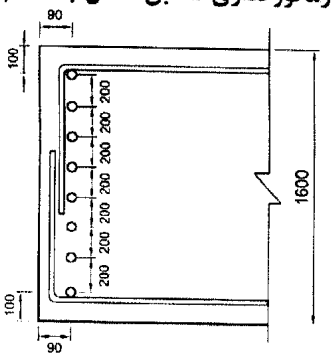
۱- نسبت سطح مقطع میلگرد حرارت و جمع‌شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن، برای شالوده‌ای به ضخامت 1.5 متر و میلگرد رده S340، حداقل چقدر باید باشد؟ رده بتن C20 بوده و بتن شالوده به صورت درجا اجرا می‌شود.

۱) 0.0017
۲) 0.0015
۳) 0.0020
۴) 0.0026

گزینه ۱

محاسبات ۹۴

۴- در یک شالوده حجیم، حداقل قطر آرماتور جلدی با آرماتورگذاری مطابق شکل به کدام گزینه نزدیکتر است؟ (اندازه‌ها بر حسب میلی‌متر است.)



۱) 10 mm
۲) 16 mm
۳) 20 mm
۴) 25 mm

گزینه ۳

$$A_b = \frac{1.6 \times 90 \times 200}{100} = 288\ mm^2 \quad \rightarrow D = 19.15\ mm$$

۹-۲۰-۸-۶ آرماتور جلدی

در شالوده‌های حجیم مقدار آرماتور جلدی از رابطه (۹-۲۰-۳) به دست می‌آید:

$$A_b = \frac{۱/۶ d_c s}{۱۰۰} \qquad (۹-۲۰-۳)$$

این مقدار نباید در هیچ حال از یک میلگرد به قطر ۱۰ میلیمتر در هر ۲۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

d_c = فاصله مرکز میلگرد آرماتور جلدی تا نزدیکترین سطح جدار در شالوده حجیم، میلی‌متر

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۷

۴۶- در یک شالوده حجیم که فاصله مرکز میلگرد آرماتور جلدی تا نزدیک‌ترین سطح جدار برابر 70 میلی‌متر است، کدام‌یک از گزینه‌های زیر را می‌توان به‌عنوان حداقل آرماتور جلدی لازم استفاده نمود؟

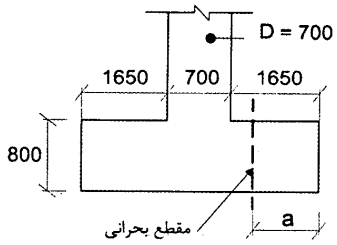
۱) Φ16@150 mm
۲) Φ14@150 mm
۳) Φ14@200 mm
۴) Φ10@100 mm

گزینه ۱

$$A_b = \frac{1.6 d_c s}{100} = \frac{1.6 \times 70}{100} s \quad \rightarrow \quad \frac{A_b}{s} = 1.12$$

محاسبات ۹۷

۳۴- فرض کنید یک پی منفرد به ابعاد 4×4×0.8 m در زیر یک ستون بتنی دایره‌ای به قطر 700 میلی‌متر قرار دارد. برای تعیین مقدار حداکثر لنگر خمشی در پی منفرد، فاصله مقطع بحرانی تا بر پی (a) برحسب میلی‌متر به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25، میلگردها از نوع S400 و در شکل ابعاد به میلی‌متر است. عمق موثر مقطع پی را برابر 700 میلی‌متر فرض کنید).



۱) 1690
۲) 1650
۳) 1300
۴) 950

گزینه ۱

ابعاد ستون مربعی معادل با ستون دایره ای برابر است با:

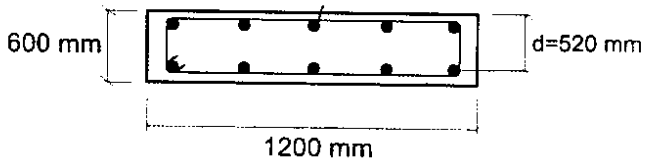
$$\pi \times \frac{700^2}{4} = a^2 \quad \rightarrow \quad a = 620.2\ mm$$

$$a = \frac{4000 - 620.2}{2} = 1689.9\ mm$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۶

۳۱- شکل زیر مقطعی از یک شالوده نواری که هم در بالا و هم در پایین آن از 5Φ16 (طولی) استفاده شده است را نشان می‌دهد. حداکثر لنگر خمشی نهایی (M_u) قابل قبول برای این مقطع به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S400 فرض شود).



۱) 250 kN.m

۲) 130 kN.m

۳) 150 kN.m

۴) 170 kN.m

گزینه ۲

محاسبه درصد میلگرد مقطع:

$$\rho_{\text{قرار داده شده}} = \frac{5 \times \pi \times 8^2}{1200 \times 520} = 0.00161$$

مطابق بند زیر درصد میلگرد کششی نباید کمتر از 0.0025 باشد، مگر اینکه میلگرد قرار داده شده در مقطع ۳۳ درصد بیشتر از مقدار لازم باشد.

۹-۲۰-۵-۲ در شالوده‌های نواری مقدار نسبت آرماتور در ناحیه کششی نباید کمتر از ۰/۲۵ درصد اختیار شود، مگر آنکه آرماتور بکار رفته به اندازه یک سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمی‌تواند کمتر از ۰/۱۵ درصد اختیار گردد.

بنابراین در این سوال میلگرد محاسباتی ۳۳ درصد کمتر از مقدار قرار داده شده میباشد. یعنی درصد میلگردی که محاسبات بر اساس آن انجام شده برابر خواهد بود با:

$$\frac{4}{3}\rho_{\text{محاسباتی}} = \rho_{\text{قرار داده شده}} \quad \rightarrow \quad \rho_{\text{محاسباتی}} = \frac{3}{4} \times \rho_{\text{قرار داده شده}} = 0.00121$$

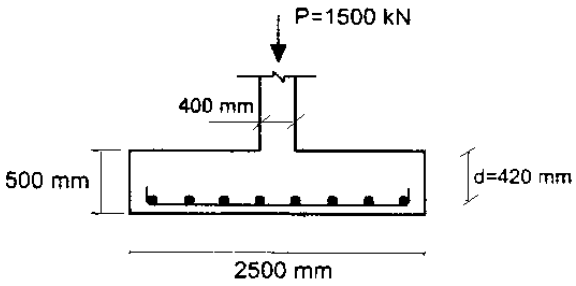
مقاومت خمشی مقطع برابر است با:

$$M_r = A_s F_{yd} d\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) = \rho F_{yd} b d^2\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right)$$

$$M_r = 0.00121 \times (0.85 \times 400) \times 1200 \times 520^2 \times \left(1 - \frac{1}{2 \times 0.81} \times 0.00121 \times \frac{0.85 \times 400}{0.65 \times 25}\right)$$
$$= 131.4\ kN.m$$

محاسبات ۹۶

۱۹- مقدار آرماتور خمشی لازم در هر راستا برای پی منفرد مربعی شکل زیر تحت بار طراحی ستون بتنی برابر P_u=1500 kN به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (از وزن پی و بار روی آن صرفنظر شود. همچنین بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S400 فرض شود).



۱) $A_s = 15 \times 10^2\ mm^2$

۲) $A_s = 24 \times 10^2\ mm^2$

۳) $A_s = 19 \times 10^2\ mm^2$

۴) $A_s = 28 \times 10^2\ mm^2$

گزینه ۲

$$q_u = \frac{1500}{2.5 \times 2.5} = 240 \frac{kN}{m^2}$$

در محاسبات زیر (با توجه به درصد پایین میلگرد لازم) به صورت تقریبی بازوی خمش (Z) برابر $Z=0.95d$ فرض شده است:

$$M_u = \frac{q_u L^2}{2} = \frac{240 \times 1.05^2}{2} = 132.3\ kN.m < \left(M_r = A_s F_{yd} Z = A_s \times 0.85 \times 400 \times (0.95 \times 420)\right)$$

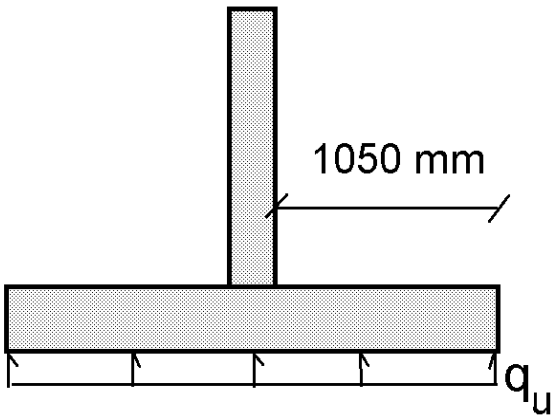
$$A_s = \frac{132.3 \times 10^6}{0.85 \times 400 \times (0.95 \times 420)} = 975\ mm^2$$

مساحت فوق مربوط به مساحت میلگردها در یک متر عرض پی است. با توجه به اینکه عرض پی برابر 2.5 متر می باشد، مساحت کل لازم در عرض $2.5\ m$ برابر است با:

$$A_s = 975 \times 2.5 = 2438\ mm^2$$

کنترل آرماتور حداقل:

$$\frac{A_s}{bh} \geq \frac{0.16\sqrt{f_{cd}}}{F_{yd}} = 0.0019 \quad \rightarrow \frac{A_s}{2500 \times 500} \geq 0.0019 \quad \rightarrow \quad A_s \geq 2375\ mm^2$$



محاسبات ۹۶

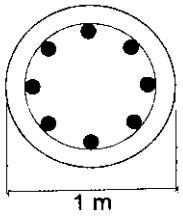
۲۱- یک شمع کششی درجا با مقطع دایره‌ای به قطر یک متر تحت نیروی بالابرنده نهایی برابر N_u=1100 kN قرار دارد. مقدار مساحت آرماتورهای لازم طولی در آن برحسب میلی‌مترمربع به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (بتن از رده C25 و میلگرد از نوع S400 فرض شود).

۱) 7850

۲) 3235

۳) 3925

۴) 5233



گزینه ۳

$$(\mathrm{N_u} = 1100 \times 10^3) \le (A_s F_{yd} = A_s \times 0.85 \times 400) \quad \rightarrow \quad A_{s_{\text{لازم}}} = 3235\, mm^2$$

کنترل حداقل فولاد:

$$\frac{A_s}{A_g} \ge 0.005 \quad \rightarrow \frac{A_s}{\pi \times 500^2} \ge 0.005 \quad \rightarrow \quad A_s \ge 3925\, mm$$

۲۱-تبدیل مقاومت

۹-۵-۱-۳ نمونه استوانه‌ای استاندارد به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد. در صورت استفاده از آزمونه‌های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه‌های استوانه‌ای تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه‌های غیر استاندارد به استاندارد از ضرائب تبدیل r_1، r_2 و r_3 مطابق جداول ۹-۵-۱ تا ۹-۵-۳ استفاده می‌گردد.

جدول ۹-۵-۱ مقادیر r_1

a×۲a	۱۰۰ ×۲۰۰	۱۵۰ ×۳۰۰	۲۰۰ ×۴۰۰	۲۵۰ ×۵۰۰	۳۰۰ ×۶۰۰
r_1	۱/۰۲	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۱

جدول ۹-۵-۲ مقادیر r_2

مکعبی b	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰
r_2	۱/۰۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹

جدول ۹-۵-۳ مقادیر r_3

مقاومت فشاری نمونه مکعبی (MPa)	≤ ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
r_3	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۴	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۰
مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (MPa)	با توجه به ضریب	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰

۹-۱۰-۲۴ تاثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن

نوع سیمان	مقاومت فشاری (به صورت نسبی)			
	۱ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
سیمان نوع I	۰/۳۰	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۲۰
سیمان نوع II	۰/۲۳	۰/۵۶	۰/۹۰	۱/۲۰
سیمان نوع III	۰/۵۷	۰/۷۹	۱/۱۰	۱/۲۰
سیمان نوع IV	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۷۵	۱/۲۰
سیمان نوع V	۰/۲۰	۰/۵۰	۰/۸۵	۱/۲۰

محاسبات -۹۰

۳۰- مقاومت نمونه استوانه‌ای 500×250 میلیمتری بتنی برابر 33.25 مگاپاسکال می باشد. مقاومت نظیر نمونه مکعبی 250 میلیمتری آن به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) 33.25 MPa
۲) 38 MPa
۳) 36 MPa
۴) 40 MPa

گزینه ۲

محاسبات-۹۱

۱۷- درصورتی که مقاومت فشاری نمونهٔ 28 روزهٔ یک بتن با سیمان نوع II برابر با 30 مگاپاسکال باشد، مقاومت مورد انتظار 90 روزهٔ همین بتن با سیمان نوع I چند مگاپاسکال خواهد بود؟

۱) 32
۲) 36
۳) 40
۴) 42

گزینه ۳:

$$30\left(\frac{1}{0.9}\times 1.2\right)=40$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

محاسبات ۹۲

۲۵- چنانچه مقاومت فشاری 28 روزه یک نمونه بتنی با سیمان نوع III برابر 25 مگاپاسکال باشد، مقاومت فشاری مورد انتظار 7 روزه همین بتن با سیمان نوع II حدوداً چقدر خواهد بود؟

۱) 22.7 مگاپاسکال
۲) 11.5 مگاپاسکال
۳) 12.7 مگاپاسکال
۴) 15 مگاپاسکال

گزینه ۳

$$\frac{25}{1.1} \times 0.56 = 12.72\ MPa$$

محاسبات ۹۲

۳۱- در صورتیکه با اجازه مهندس ناظر از نمونه‌های مکعبی 250×250 mm برای نمونه‌گیری بتن استفاده شده باشد و برای سیمان تیپ II مقاومت 28 روزه 32 MPa بدست آمده باشد، مقاومت معادل 28 روزه استاندارد استوانه‌ای براساس سیمان تیپ I به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 27 مگاپاسکال ۲) 32 مگاپاسکال ۳) 25 مگاپاسکال ۴) 30 مگاپاسکال

گزینه ۲

$$\frac{32}{0.9} \times 1 \times \frac{1}{r_2 \times r_3} = 35.56 \times \frac{1}{0.95 \times 1.16} = 37.43 \times \frac{1}{1.16} = 32.26\ MPa$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۲۲-خلاصه روابط

۹-۱۴-۵-۲ حداقل مقدار آرماتور کششی

۹-۱۴-۵-۲-۱ در هر مقطع از قطعات میله‌ای تحت خمش (به جز موارد مندرج در بند ۹-۱۴-۵-۲-۳) مقدار آرماتور به کار رفته در مقطع، A_s، باید به گونه‌ای باشد که رابطه (۹-۱۴-۷) برقرار باشد:

$$\rho \geq \max\left(\frac{۱/۴}{f_y}, \frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}\right) \qquad (۹-۱۴-۷)$$

۹-۱۴-۵-۲-۲ در تیرهای با مقطع T شکل و تیرچه‌هایی که درآنها جان مقطع درکشش قرار دارد ρ، به دست آمده از بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ متناظر با سطح مقطع موثر $A_e = b_w d$ می‌باشد. در اعضای معین استاتیکی با مقطع T شکل که بال مقطع در کشش می‌باشد مقدار بدست آمده از بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ متناظر با سطح مقطع موثر، A_e، که بر اساس جایگزینی b_w با کمترین دو مقدار $۲b_w$ و عرض‌بال، محاسبه شده باشد، خواهد بود.

۹-۱۴-۵-۲-۳ در صورتی که سطح مقطع فولاد کششی محاسبه شده با فرضیات بند ۹-۱۴-۳ کمتر از مقادیر حاصل از بند ۹-۱۴-۵-۲-۱ و ۹-۱۴-۵-۲-۲ باشد، درهمه حالات شکل‌پذیری، قرار دادن ۱/۳۳ برابر مقدار حاصل از محاسبه به عنوان فولاد کششی مقطع کافی می‌باشد.

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

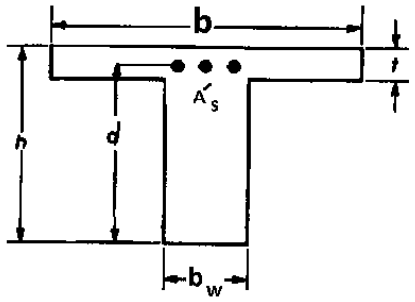
۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

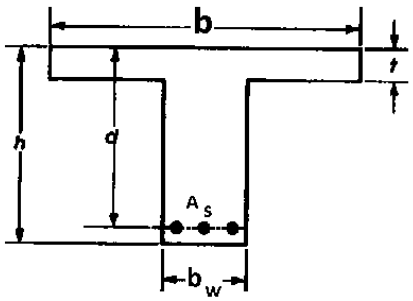
۹-۲۳-۳-۱-۲-۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتورها، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر مساوی یا بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول ادامه یابند. ضابطه بند ۹-۱۴-۵-۲-۳ در این حالت نیز معتبر است.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

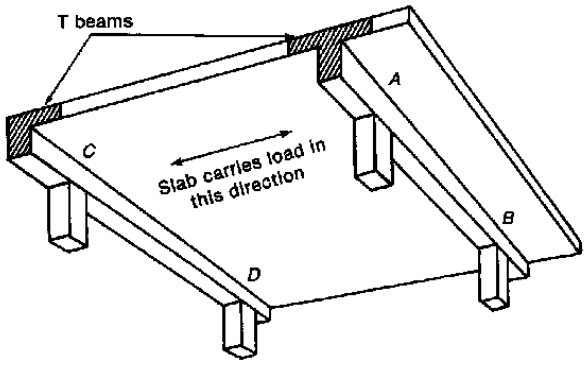
۹-۲۳-۴-۱-۲-۱ در تمامی مقاطع عضو خمشی نسبت آرماتور، هم در پایین و هم در بالا، نباید کمتر از مقادیر $\frac{۱/۴}{f_y}$ و $\frac{۰/۲۵\sqrt{f_c}}{f_y}$ و نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از ۰/۰۲۵ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلیمتر یا بیشتر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول تعبیه شود. ضابطه بند ۹-۱۴-۵-۲-۳ در این حالت نیز معتبر است.





$$A'_{s_min} = Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) \times Min(2b_w, b) \times d$$

$$A_{s_min} = Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right) b_w d$$



آرماتور حداقل خمشی در تیرهای بتنی:

$$\rho_{min-\text{تیرها}} = \text{Min}\left[Max\left(\frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y}, \frac{1.4}{F_y}\right), 1.33 \times \left(\text{درصد میلگرد کششی محاسباتی}\right)\right]$$

نکته: برای پی ها و دالها حداقل آرماتور حرارتی باید رعایت شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

$$M_r = A_s F_{yd} Z = A_s F_{yd}\left(d - \frac{\beta x}{2}\right) = A_s F_{dy}\left(d - \frac{A_s(F_{yd})}{2\alpha(b)(f'_{cd})}\right)$$

$$M_r = A_s F_{yd} d\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right) = \rho F_{yd} b d^2\left(1 - \frac{1}{2\alpha}\rho\frac{F_{yd}}{f'_{cd}}\right)$$

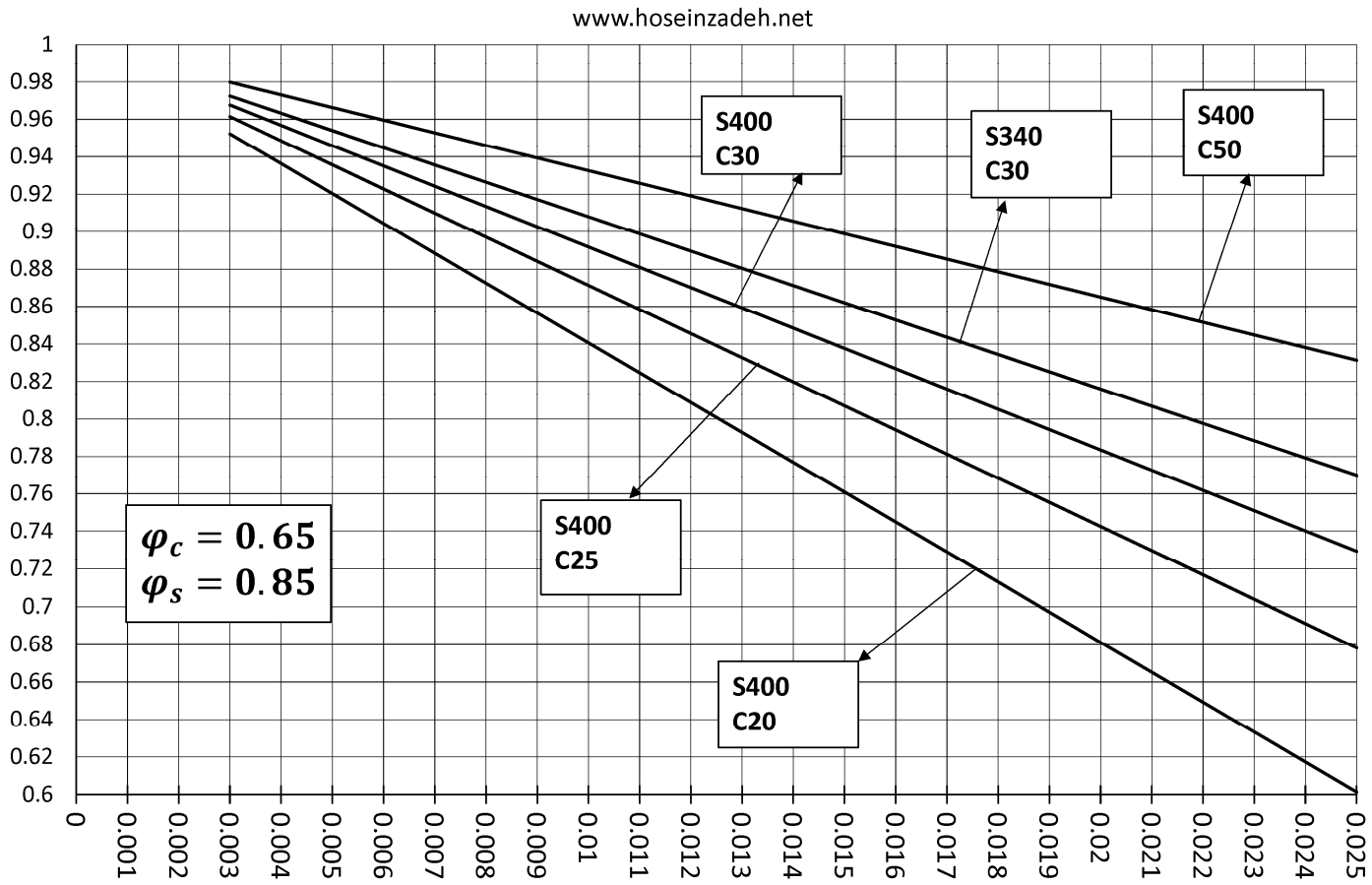
$$x = \frac{A_s(F_{yd})}{\alpha\beta(b)(f'_{cd})}$$

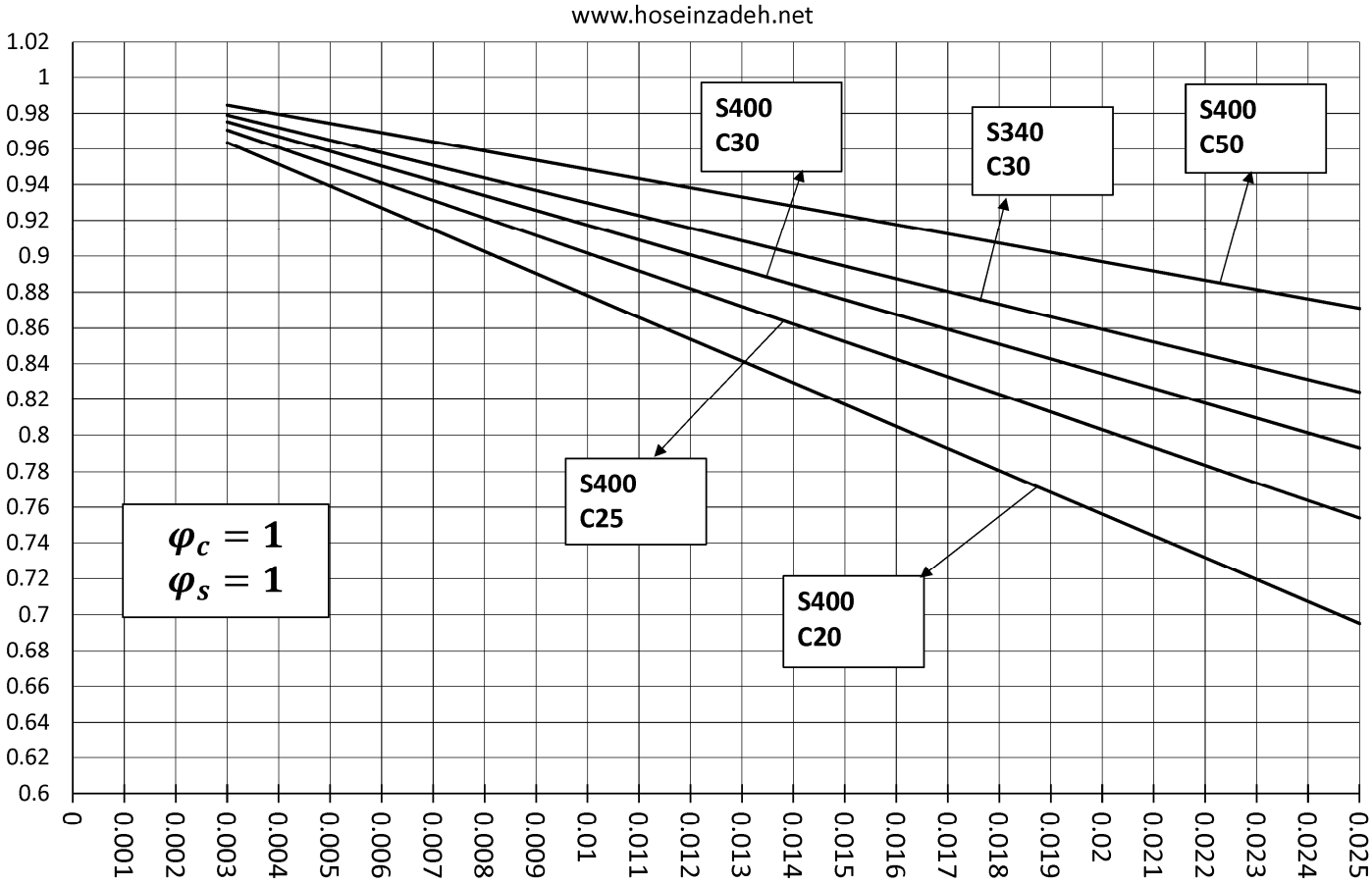
برای مقاطع مستطیلی بدون میلگرد فشاری:

$$\rho_{bal} = \alpha\beta\frac{f'_{cd}}{F_{yd}}\left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{F_y}{E_s}}\right)$$

$$\rho_{max} = \alpha\beta\frac{f'_{cd}}{F_{yd}}\left(\frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + 0.004}\right)$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl


www.hoseinzadeh.net
S400 C30
S340 C30
S400 C50
S400 C25
S400 C20
$\varphi_c = 0.65$
$\varphi_s = 0.85$


www.hoseinzadeh.net
S400 C30
S340 C30
S400 C50
S400 C25
S400 C20
$\varphi_c = 1$
$\varphi_s = 1$

برای مقاطع مستطیلی بدون میلگرد فشاری:

F_y	f'_c	α	β	αβ	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{min}
400	20	0.8200	0.9200	0.7544	0.0184	0.0135	0.0035
400	21	0.8185	0.9175	0.7510	0.0192	0.0141	0.0035
400	22	0.8170	0.9150	0.7476	0.0200	0.0147	0.0035
400	23	0.8155	0.9125	0.7441	0.0208	0.0153	0.0035
400	24	0.8140	0.9100	0.7407	0.0216	0.0159	0.0035
400	25	0.8125	0.9075	0.7373	0.0224	0.0164	0.0035
400	26	0.8110	0.9050	0.7340	0.0232	0.0170	0.0035
400	27	0.8095	0.9025	0.7306	0.0240	0.0176	0.0035
400	28	0.8080	0.9000	0.7272	0.0248	0.0182	0.0035
400	29	0.8065	0.8975	0.7238	0.0255	0.0187	0.0035
400	30	0.8050	0.8950	0.7205	0.0263	0.0193	0.0035
400	31	0.8035	0.8925	0.7171	0.0270	0.0198	0.0035
400	32	0.8020	0.8900	0.7138	0.0278	0.0204	0.003536
400	33	0.8005	0.8875	0.7104	0.0285	0.0209	0.00359
400	34	0.7990	0.8850	0.7071	0.0292	0.0214	0.003644
400	35	0.7975	0.8825	0.7038	0.0300	0.0220	0.003698
400	36	0.7960	0.8800	0.7005	0.0307	0.0225	0.00375
400	37	0.7945	0.8775	0.6972	0.0314	0.0230	0.003802
400	38	0.7930	0.8750	0.6939	0.0321	0.0235	0.003853
400	39	0.7915	0.8725	0.6906	0.0328	0.0240	0.003903
400	40	0.7900	0.8700	0.6873	0.0334	0.0245	0.003953
400	41	0.7885	0.8675	0.6840	0.0341	0.0250	0.004002
400	42	0.7870	0.8650	0.6808	0.0348	0.0255	0.00405
400	43	0.7855	0.8625	0.6775	0.0354	0.0260	0.004098
400	44	0.7840	0.8600	0.6742	0.0361	0.0265	0.004146
400	45	0.7825	0.8575	0.6710	0.0367	0.0269	0.004193
400	46	0.7810	0.8550	0.6678	0.0374	0.0274	0.004239
400	47	0.7795	0.8525	0.6645	0.0380	0.0279	0.004285
400	48	0.7780	0.8500	0.6613	0.0386	0.0283	0.00433
400	49	0.7765	0.8475	0.6581	0.0392	0.0288	0.004375
400	50	0.7750	0.8450	0.6549	0.0398	0.0292	0.004419
400	51	0.7735	0.8425	0.6517	0.0402	0.0294	0.004463
400	52	0.7720	0.8400	0.6485	0.0405	0.0295	0.004507
400	53	0.7705	0.8375	0.6453	0.0408	0.0297	0.00455
400	54	0.7690	0.8350	0.6421	0.0411	0.0298	0.004593
400	55	0.7675	0.8325	0.6389	0.0413	0.0299	0.004635
400	56	0.7660	0.8300	0.6358	0.0417	0.0300	0.004677
400	57	0.7645	0.8275	0.6326	0.0420	0.0302	0.004719
400	58	0.7630	0.8250	0.6295	0.0423	0.0304	0.00476
400	59	0.7615	0.8225	0.6263	0.0426	0.0305	0.004801
400	60	0.7600	0.8200	0.6232	0.0429	0.0306	0.004841
400	61	0.7585	0.8175	0.6201	0.0433	0.0309	0.004881
400	62	0.7570	0.8150	0.6170	0.0436	0.0311	0.004921
400	63	0.7555	0.8125	0.6138	0.0440	0.0313	0.004961
400	64	0.7540	0.8100	0.6107	0.0443	0.0315	0.005
400	65	0.7525	0.8075	0.6076	0.0447	0.0317	0.005039
400	66	0.7510	0.8050	0.6046	0.0450	0.0319	0.005078
400	67	0.7495	0.8025	0.6015	0.0453	0.0321	0.005116

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است @hoseinzadehasl & Telegram:@nezam_hoseinzadehasl

F_y	f'_c	α	β	αβ	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{min}
400	68	0.7480	0.8000	0.5984	0.0456	0.0323	0.005154
400	69	0.7465	0.7975	0.5953	0.0459	0.0325	0.005192
400	70	0.7450	0.7950	0.5923	0.0462	0.0326	0.005229
400	71	0.7435	0.7925	0.5892	0.0467	0.0329	0.005266
400	72	0.7420	0.7900	0.5862	0.0471	0.0332	0.005303
400	73	0.7405	0.7875	0.5831	0.0475	0.0335	0.00534
400	74	0.7390	0.7850	0.5801	0.0479	0.0338	0.005376
400	75	0.7375	0.7825	0.5771	0.0483	0.0341	0.005413
400	76	0.7360	0.7800	0.5741	0.0487	0.0343	0.005449
400	77	0.7345	0.7775	0.5711	0.0490	0.0346	0.005484
400	78	0.7330	0.7750	0.5681	0.0494	0.0349	0.00552
400	79	0.7315	0.7725	0.5651	0.0498	0.0351	0.005555
400	80	0.7300	0.7700	0.5621	0.0501	0.0354	0.00559
300	20	0.8200	0.9200	0.7544	0.0269	0.0179	0.004667
300	21	0.8185	0.9175	0.7510	0.0281	0.0188	0.004667
300	22	0.8170	0.9150	0.7476	0.0293	0.0196	0.004667
300	23	0.8155	0.9125	0.7441	0.0305	0.0204	0.004667
300	24	0.8140	0.9100	0.7407	0.0317	0.0211	0.004667
300	25	0.8125	0.9075	0.7373	0.0329	0.0219	0.004667
300	26	0.8110	0.9050	0.7340	0.0340	0.0227	0.004667
300	27	0.8095	0.9025	0.7306	0.0352	0.0235	0.004667
300	28	0.8080	0.9000	0.7272	0.0363	0.0242	0.004667
300	29	0.8065	0.8975	0.7238	0.0375	0.0250	0.004667
300	30	0.8050	0.8950	0.7205	0.0386	0.0257	0.004667
300	31	0.8035	0.8925	0.7171	0.0397	0.0264	0.004667
300	32	0.8020	0.8900	0.7138	0.0408	0.0272	0.004714
300	33	0.8005	0.8875	0.7104	0.0418	0.0279	0.004787
300	34	0.7990	0.8850	0.7071	0.0429	0.0286	0.004859
300	35	0.7975	0.8825	0.7038	0.0440	0.0293	0.00493
300	36	0.7960	0.8800	0.7005	0.0450	0.0300	0.005
300	37	0.7945	0.8775	0.6972	0.0460	0.0307	0.005069
300	38	0.7930	0.8750	0.6939	0.0470	0.0314	0.005137
300	39	0.7915	0.8725	0.6906	0.0481	0.0320	0.005204
300	40	0.7900	0.8700	0.6873	0.0491	0.0327	0.00527
300	41	0.7885	0.8675	0.6840	0.0500	0.0334	0.005336
300	42	0.7870	0.8650	0.6808	0.0510	0.0340	0.005401
300	43	0.7855	0.8625	0.6775	0.0520	0.0347	0.005465
300	44	0.7840	0.8600	0.6742	0.0529	0.0353	0.005528
300	45	0.7825	0.8575	0.6710	0.0539	0.0359	0.00559
300	46	0.7810	0.8550	0.6678	0.0548	0.0365	0.005652
300	47	0.7795	0.8525	0.6645	0.0557	0.0372	0.005713
300	48	0.7780	0.8500	0.6613	0.0566	0.0378	0.005774
300	49	0.7765	0.8475	0.6581	0.0575	0.0384	0.005833
300	50	0.7750	0.8450	0.6549	0.0584	0.0390	0.005893
300	51	0.7735	0.8425	0.6517	0.0590	0.0392	0.005951
300	52	0.7720	0.8400	0.6485	0.0595	0.0394	0.006009
300	53	0.7705	0.8375	0.6453	0.0600	0.0395	0.006067
300	54	0.7690	0.8350	0.6421	0.0605	0.0397	0.006124
300	55	0.7675	0.8325	0.6389	0.0610	0.0398	0.00618
300	56	0.7660	0.8300	0.6358	0.0615	0.0401	0.006236

F_y	f'_c	α	β	αβ	ρ_{bal}	ρ_{max}	ρ_{min}
300	57	0.7645	0.8275	0.6326	0.0621	0.0403	0.006292
300	58	0.7630	0.8250	0.6295	0.0626	0.0405	0.006346
300	59	0.7615	0.8225	0.6263	0.0631	0.0407	0.006401
300	60	0.7600	0.8200	0.6232	0.0635	0.0408	0.006455
300	61	0.7585	0.8175	0.6201	0.0641	0.0412	0.006509
300	62	0.7570	0.8150	0.6170	0.0647	0.0415	0.006562
300	63	0.7555	0.8125	0.6138	0.0653	0.0418	0.006614
300	64	0.7540	0.8100	0.6107	0.0658	0.0420	0.006667
300	65	0.7525	0.8075	0.6076	0.0664	0.0423	0.006719
300	66	0.7510	0.8050	0.6046	0.0669	0.0426	0.00677
300	67	0.7495	0.8025	0.6015	0.0674	0.0428	0.006821
300	68	0.7480	0.8000	0.5984	0.0679	0.0431	0.006872
300	69	0.7465	0.7975	0.5953	0.0684	0.0433	0.006922
300	70	0.7450	0.7950	0.5923	0.0688	0.0435	0.006972
300	71	0.7435	0.7925	0.5892	0.0694	0.0439	0.007022
300	72	0.7420	0.7900	0.5862	0.0701	0.0443	0.007071
300	73	0.7405	0.7875	0.5831	0.0707	0.0447	0.00712
300	74	0.7390	0.7850	0.5801	0.0713	0.0451	0.007169
300	75	0.7375	0.7825	0.5771	0.0718	0.0454	0.007217
300	76	0.7360	0.7800	0.5741	0.0724	0.0458	0.007265
300	77	0.7345	0.7775	0.5711	0.0730	0.0462	0.007312
300	78	0.7330	0.7750	0.5681	0.0735	0.0465	0.00736
300	79	0.7315	0.7725	0.5651	0.0741	0.0469	0.007407
300	80	0.7300	0.7700	0.5621	0.0746	0.0472	0.007454

کنترل جاری شدن میلگردهای فشاری (در صورتی که میلگردهای کششی جاری شوند):

در صورتی که میلگردهای A_s (کششی) از مقدار زیر بیشتر باشند، میلگردهای A'_s (فشاری) جاری خواهند شد:

$$A_s > \alpha\beta \frac{f'_{cd}}{F_{yd}} \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \epsilon_y} bd' + A'_s \frac{f'_s}{F_y} \qquad \rightarrow \quad A'_s \text{ جاری خواهد شد}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

برای محاسبه مقاومت برشی مقطع دو روش داریم: ۱- روش تقریبی، ۲- روش

۹-۱۵-۳ نیروی برشی مقاوم تأمین شده توسط بتن

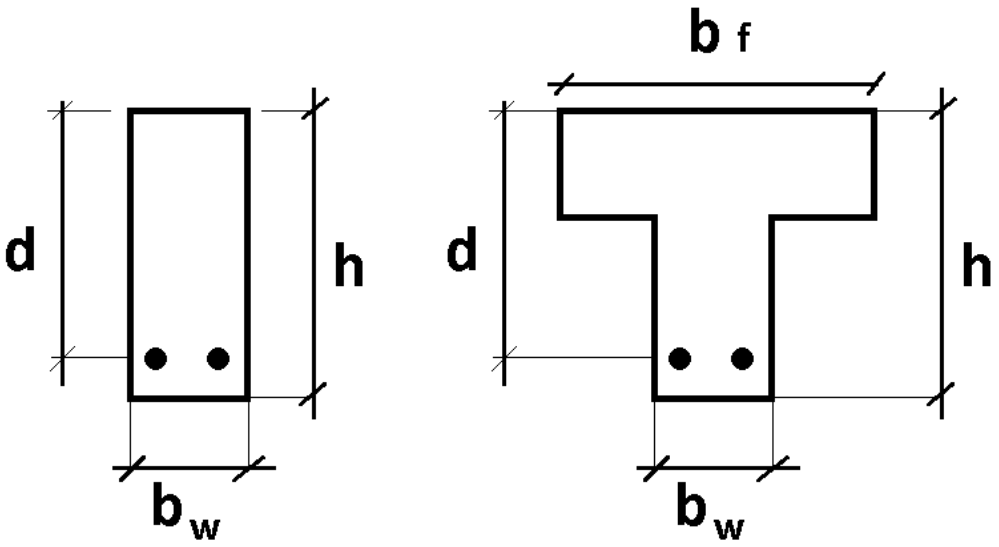
۹-۱۵-۳-۱ V_c را می‌توان بر اساس ضوابط بندهای ۹-۱۵-۳-۱-۱ تا ۹-۱۵-۳-۱-۳ و یا با جزئیات دقیق‌تر مطابق بند ۹-۱۵-۳-۲ محاسبه نمود.

۹-۱۵-۳-۱-۱ برای اعضایی که تحت اثر برش و خمش قرار دارند:

$$V_c = v_C b_w d \qquad (۹-۱۵-۳)$$

در این رابطه v_C با استفاده از رابطه (۹-۱۵-۴) محاسبه می‌شود:

$$v_c = ۰/۲\varphi_c \lambda \sqrt{f_c} \qquad (۹-۱۵-۴)$$



۹-۱۵-۳-۱-۲ برای اعضایی‌که تحت اثر برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

$$V_c = v_c(۱ + \frac{N_u}{۱۲A_g})b_w d \qquad (۹-۱۵-۵)$$

۹-۱۵-۳-۱-۳ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش، خمش و کشش محوری قرار دارند:

$$V_c = v_c(۱ + \frac{N_u}{۳A_g})b_w d \geq ۰ \qquad (۹-۱۵-۶)$$

در این رابطه، N_u منفی است.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

روش دقیق:

۹-۱۵-۳-۲-۲ مقدار V_c را می‌توان با جزئیات دقیق تر مطابق بندهای ۹-۱۵-۳-۲-۱ و ۹-۱۵-۳-۲-۲ محاسبه نمود.

۹-۱۵-۳-۲-۱ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش و خمش قرار دارند:

$$V_c = (0/95\nu_c + 12\rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \qquad (۹-۱۵-۷)$$

مقدار V_c در هر حال نباید بزرگتر از $1/75\nu_c b_w d$ در نظر گرفته شود.

در محاسبه V_c از رابطه (۹-۱۵-۷) کمیت $\frac{V_u d}{M_u}$ نباید بزرگتر از واحد اختیار شود. لنگر خمشی نهایی M_u لنگری است که همزمان با نیروی برشی نهایی V_u بر مقطع مورد نظر اثر می‌کند.

۹-۱۵-۳-۲-۲ برای اعضایی که تحت اثر همزمان برش و خمش و فشار محوری قرار دارند:

در این حالت برای محاسبه V_c می‌توان رابطه (۹-۱۵-۷) را به کار برد با این تفاوت که در آن به جای M_u مقدار M_m از رابطه (۹-۱۵-۸) را جایگزین نموده و کمیت $\frac{V_u d}{M_u}$ را نیز به مقدار واحد محدود نکرد.

$$M_m = M_u - N_u(\frac{4h-d}{8}) \qquad (۹-۱۵-۸)$$

مقدار V_c در هر حال نباید بزرگتر از مقدار به دست آمده از عبارت (۹-۱۵-۹) در نظر گرفته شود:

$$1/75\nu_c\sqrt{1+\frac{N_u}{3A_g}}b_w d \qquad (۹-۱۵-۹)$$

در صورتی که مقدار M_m در رابطه (۹-۱۵-۸) منفی گردد، V_c معادل مقدار حاصل از عبارت (۹-۱۵-۹) منظور می‌گردد.

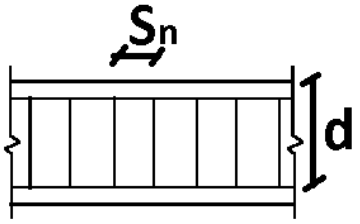
انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۵-۴-۲ نیروهای برشی مقاوم انواع آرماتورها

مقدار V_s در حالات مختلف براساس بندهای ۹-۱۵-۴-۲-۱ تا ۹-۱۵-۴-۲-۶ محاسبه می‌شوند.

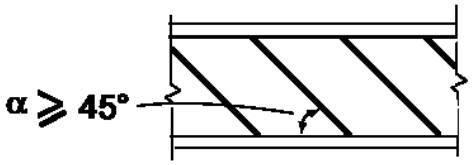
۹-۱۵-۴-۲-۱ وقتی‌که از آرماتور برشی عمود بر محور عضو استفاده می‌شود:

$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \frac{d}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۰)$$



۹-۱۵-۴-۲-۲ وقتی‌که از خاموت‌های مایل به عنوان آرماتورهای برشی استفاده می‌شود:

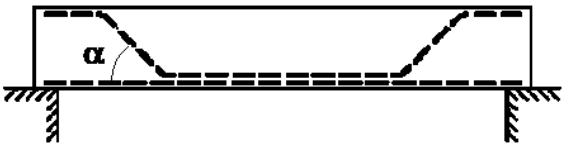
$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} (\sin\alpha + \cos\alpha) \frac{d}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۱)$$



۹-۱۵-۴-۲-۳ وقتی‌که آرماتور برشی شامل یک میلگرد منفرد یا یک ردیف میلگردهای متوازی باشد که همگی در فاصله‌ای یکسان از تکیه‌گاه خم شده باشند:

$$V_S = \varphi_s A_{sv} f_{yv} \sin\alpha \qquad (۹-۱۵-۱۲)$$

مقدار V_s در این حالت نباید بیشتر از $۱/۵ v_c b_w d$ در نظر گرفته شود.



۹-۱۵-۴-۲-۴ وقتی آرماتور برشی شامل یک سری میلگردهای خم شده متوازی در فواصل مختلف از تکیه‌گاه باشد، مقدار V_s برابر ۰/۷۵ مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۵-۱۱) در نظر گرفته می‌شود. در این حالت مقدار V_s نباید بیشتر از مقدار $۲/۵ v_c b_w d$ اختیار شود.

۹-۱۵-۴-۲-۵ آرماتورهای طولی خم شده را تنها در سه چهارم طول ناحیه مورب متقارن به مرکز آنها، می‌توان به عنوان آرماتور برشی موثر تلقی نمود. فواصل این آرماتورها باید طوری انتخاب شود که ضابطه بند ۹-۱۵-۶-۴-۲ در طولی معادل سه چهارم طول ناحیه مورب (متقارن نسبت به مرکز) میلگردها عملی گردد.

۹-۱۵-۴-۲-۶ در صورتی که بیش از یک نوع آرماتور برشی در یک ناحیه از عضوی مورد استفاده قرار گیرد، مقدار V_s برابر مجموع مقادیر نظیر محاسبه شده برای انواع مختلف آرماتورها می‌باشد.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

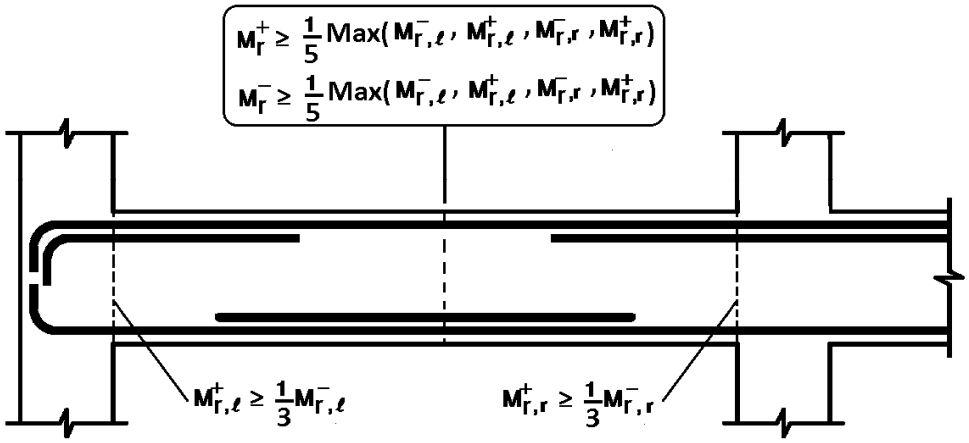
۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی، مقاومت خمشی مثبت نباید از یک‌سوم مقاومت خمشی منفی همان تکیه‌گاه کمتر باشد. همچنین، مقاومت خمشی مثبت یا منفی در هر مقطعی در طول عضو، نباید از یک‌پنجم حداکثر مقاومت خمشی هر یک از دو انتهای عضو کمتر باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۳ در هر عضو خمشی حداقل یک پنجم آرماتور موجود در مقاطع بر تکیه‌گاه‌ها، هر انتها که آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و پایین ادامه داده شوند.



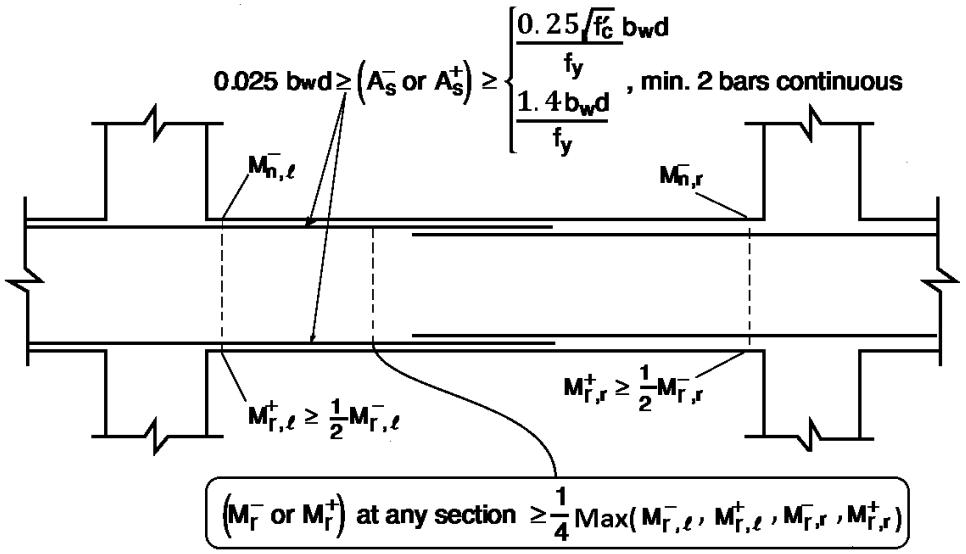
۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۲ آرماتور طولی

۹-۲۳-۴-۱-۲-۲ در تکیه‌گاه‌های عضو خمشی، مقاومت خمشی مثبت هر تکیه‌گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان تکیه‌گاه باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۲-۳ مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نبایستی کمتر از یک‌چهارم مقاومت خمشی حداکثر تکیه‌گاه باشد.



انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۳ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط

۹-۲۳-۳-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۳-۱-۲ آرماتورهای طولی و عرضی

۹-۲۳-۳-۱-۲-۴ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند باید خاموت بسته مطابق ضوابط بند ۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ به کار برده شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی‌که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۵ خاموت‌ها و فواصل‌آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) و (ب) این بند باشند:

الف- قطر خاموت‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

ب- فاصله خاموت‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

پ- فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۳-۱-۲-۶ در قسمت‌هایی‌از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۳-۱-۲-۴ خاموت‌گذاری نمی‌شود، فاصله خاموت‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از نصف ارتفاع مؤثر مقطع اختیار شود.

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۱ اعضای تحت خمش در قاب‌ها ($N_u \le ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۱-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۱-۳-۱ در اعضای خمشی در طول قسمت‌های بحرانی که در زیر مشخص می‌شوند، آرماتور عرضی باید از نوع تنگ ویژه بوده و شرایط آن مطابق بند ۹-۲۳-۴-۱-۳-۲ در نظر گرفته شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به آرماتور بیشتری را ایجاب کند:

الف- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه به سمت وسط دهانه

ب- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک در اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک قاب وجود داشته باشد.

پ- در طولی که در آن برای تأمین ظرفیت خمشی مقطع به میلگرد فشاری نیاز باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۲ تنگ‌های ویژه و فواصل آنها از یکدیگر باید دارای شرایط (الف) تا (پ) این بند باشند:

الف- قطر تنگ‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر نباشد.

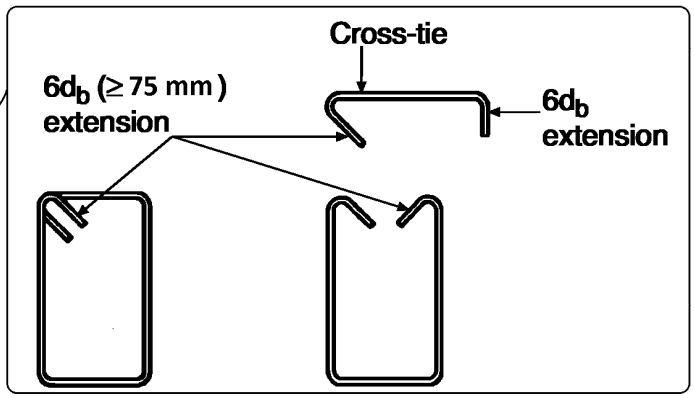
ب- فاصله تنگ‌ها از یکدیگر بیشتر از مقادیر: یک‌چهارم ارتفاع مؤثر مقطع، ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی، ۲۴ برابر قطر خاموت‌ها و ۳۰۰ میلی‌متر اختیار نشود.

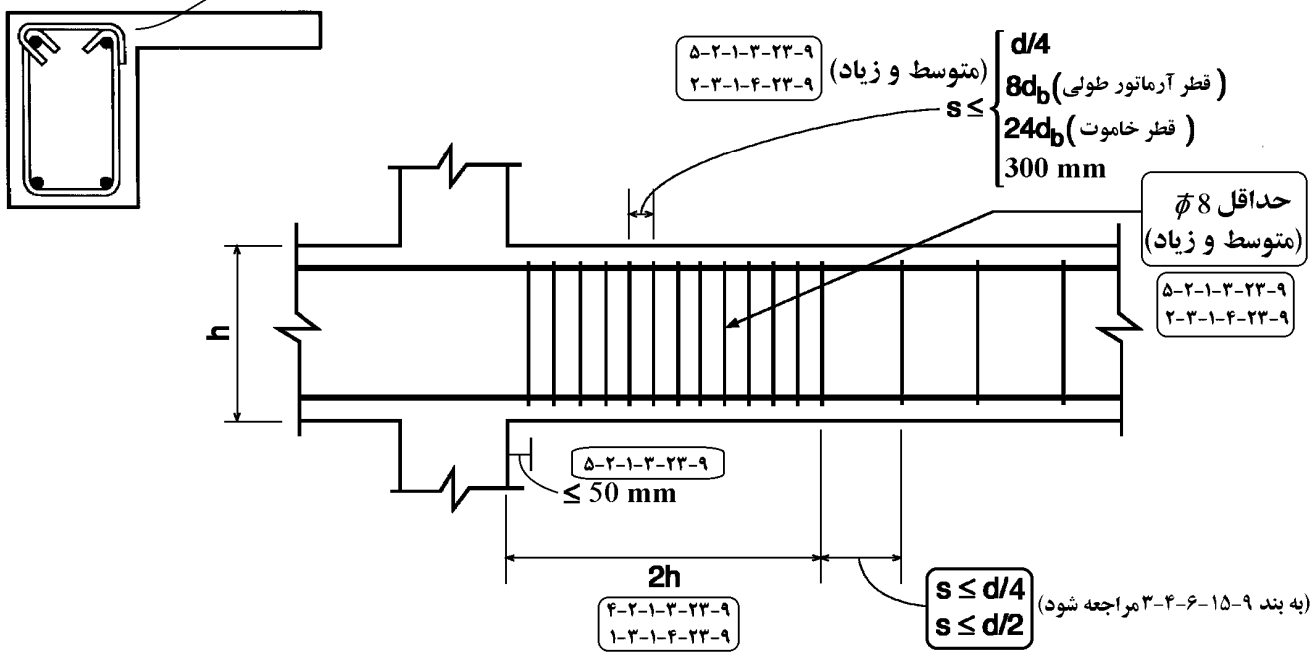
پ- فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵۰ میلی‌متر نباشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۳ در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که مطابق ضابطه بند ۹-۲۳-۴-۱-۳-۱ تنگ ویژه به کار برده می‌شود، میلگردهای طولی در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی باشند.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۴ در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که به تنگ ویژه نیاز نیست، خاموت‌ها باید در دو انتها دارای قلاب ویژه بوده و فاصله آنها از یکدیگر کمتر یا مساوی نصف ارتفاع موثر باشد.

۹-۲۳-۴-۱-۳-۵ تنگ‌های ویژه در اعضای خمشی را می‌توان با دو قطعه میلگرد ساخت. یک میلگرد به شکل U که در دو انتها دارای قلاب ویژه باشند و میلگرد دیگر به شکل قلاب دوخت که با میلگرد اول یک تنگ بسته تشکیل دهد. خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت متوالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید بطور یک در میان در دو سمت عضو خمشی قرار داده شوند. چنانچه میلگردهای طولی که توسط قلاب‌های دوخت نگهداری شده‌اند در داخل یک دال که تنها در یک سمت عضو خمشی قرار دارد محصور باشند، خم ۹۰ درجه قلاب‌های دوخت را می‌توان در آن سمت، در دال، قرار داد.





انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۲-۳-۱ در ستون‌ها، قسمت‌هایی از دو انتهای آنها به طول ℓ_0 «ناحیه بحرانی» تلقی شده و در آنها باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ تا ۹-۲۳-۴-۲-۳-۶ انجام شود، مگر آنکه طراحی برای برش نیاز به میلگرد بیشتری را ایجاب کند. طول ℓ_0 که از بر اتصال به اعضای جانبی اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفته شود:

الف- یک ششم ارتفاع یا دهانه آزاد عضو

ب- ضلع بزرگتر مقطع مستطیلی شکل یا قطر مقطع دایره‌ای شکل

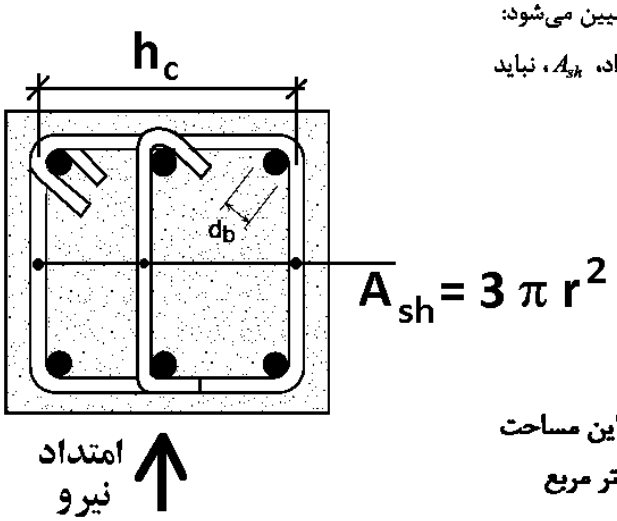
پ- ۴۵۰ میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

ب- در ستون‌های با مقطع مربع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد، A_{sh}، نباید کمتر از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۲۳-۳) و (۹-۲۳-۴) باشد:

$$A_{Sh} = ۰/۴۶ (S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}}) (\frac{A_g}{A_{ch}} - ۱) \qquad (۹-۲۳-۳)$$

$$A_{Sh} = ۰/۱۴ \times S \times h_c \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۴)$$



A_{ch} = **مساحت قسمتی از مقطع که داخل میلگرد عرضی واقع شده است. این مساحت براساس انداز پشت تا پشت میلگرد عرضی محاسبه می‌شود، میلی‌متر مربع**

A_g = سطح مقطع کل قطعه، میلی‌متر مربع

A_{sh} = سطح مقطع کل آرماتور عرضی، با احتساب رکابی‌های تک شاخه‌ای، در فاصله s در امتداد عمود بر بعد h_c، میلی‌متر مربع

h_c = بعد مقطع ستون در جهت عرضی (محور تا محور میلگردهای محصورکننده)، میلی‌متر

S = فاصله بین سفره‌های میلگردهای عرضی در امتداد محور طولی عضو، میلی‌متر

۹-۲۳-۴-۲-۳-۳ درستون‌هایی که مقاومت هسته ستون به تنهایی جوابگوی بارهای وارده از جمله بارهای ناشی از زلزله می‌باشد، نیازی به کنترل روابط ۹-۲۳-۱ و ۹-۲۳-۲ نیست.

۹-۲۳-۴-۲-۳-۴ قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد. فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند باشد:

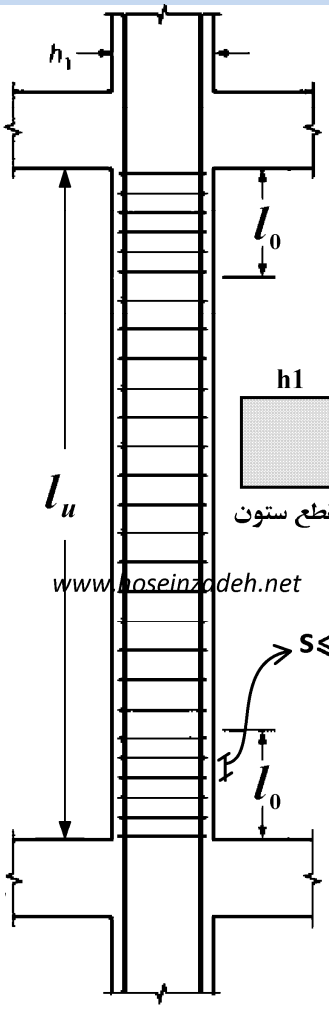
الف- یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون

ب- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی

پ- ۱۲۵ میلی‌متر

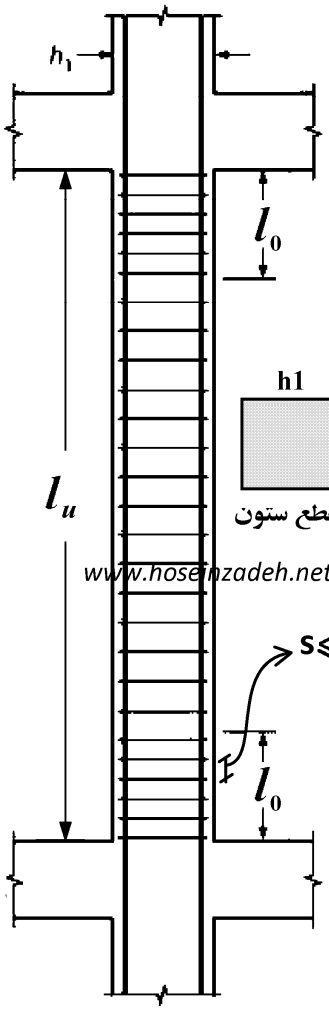
ت- فاصله اولین خاموت از بر اتصال ستون به تیر نباید بیشتر از نصف فاصله خاموت‌ها در نظر گرفته شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



ناحیه بحرانی ستون =Max { h1 ; h2 ; $\frac{1}{6} l_u$; 450 mm }

ستون متوسط



ناحیه بحرانی ستون =Max { h1 ; h2 ; $\frac{1}{6} l_u$; 450 mm }

ستون ویژه

۹-۱۴-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۴-۹-۳ نسبت حجمی آرماتور دورپیچ به حجم کل هسته، ρ_s، نباید از مقدار بدست آمده از رابطه (۹-۱۴-۸) کمتر باشد:

$$\rho_s = ۰/۶(\frac{A_g}{A_c}-۱)\frac{f_{cd}}{f_{yd}} \qquad (۹-۱۴-۸)$$

۹-۱۴-۹-۴ دورپیچ‌ها

در طراحی دورپیچ‌های اعضای فشاری علاوه بر مراعات ضوابط فصل بیست و یکم باید ضوابط زیر را هم در نظر گرفت:

۹-۱۴-۹-۴-۱ دورپیچ باید از میلگرد پیوسته ساخته شود و روش ساخت آنها طوری باشدکه جابجایی و نصب آنها بدون اعوجاج و تغییر ابعاد میسر باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۲ قطر میلگردهای مصرفی در دورپیچ نباید از ۶ میلی‌متر کمتر باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۳ در هر گام دورپیچ فاصله آزاد بین میلگردها نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر و از ۲۵ میلی‌متر کمتر باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۴ گام دورپیچ نباید از $\frac{۱}{۶}$ قطر هسته بتنی داخل دورپیچ تجاوز کند.

۹-۱۴-۹-۴-۵ در هر طبقه، دورپیچ باید از روی شالوده یا دال تا تراز پایین‌ترین میلگردهای طبقه فوقانی ادامه یابد.

۹-۱۴-۹-۴-۶ درصورتی که تیرها یا دستک‌هایی از همه طرف به ستون اتصال نداشته باشد، باید از محل توقف دورپیچ تا کف دال یا کتیبه سرستون تعدادی خاموت قرار داد.

۹-۱۴-۹-۴-۷ در ستون‌های قارچی با سرستون، دورپیچ باید تا ارتفاعی ادامه یابد که در آن قطر یا پهنای سرستون دو برابر قطر یا پهنای ستون باشد.

۹-۱۴-۹-۴-۸ دورپیچ باید با فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت شود.

۹-۱۴-۹-۴-۹ در صورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر باشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر (الف) تا (پ) این بند، اختیار شود:

الف- دو عدد برای دورپیچ با قطر کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر

ب- سه عدد برای دورپیچ با قطر ۵۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر

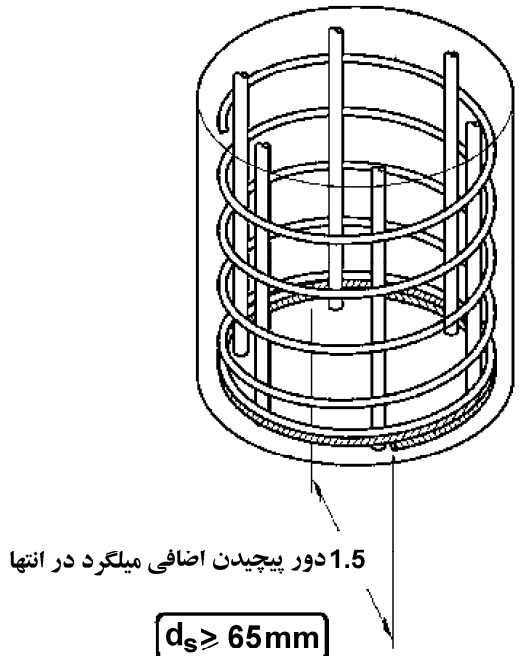
پ- چهار عدد برای دورپیچ با قطر بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر

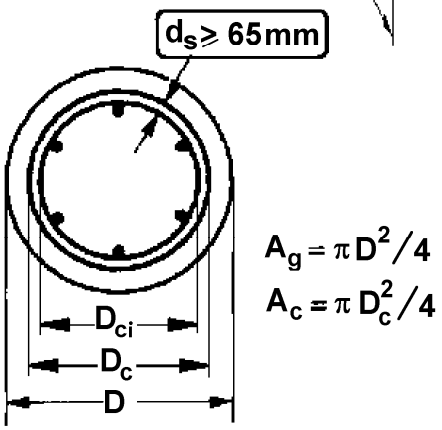
۹-۱۴-۹-۴-۱۰ درصورتی که قطر میلگرد دورپیچ کمتر از ۱۶ میلی‌متر نباشد، تعداد فاصله نگهدارها نباید کمتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند، اختیار شود:

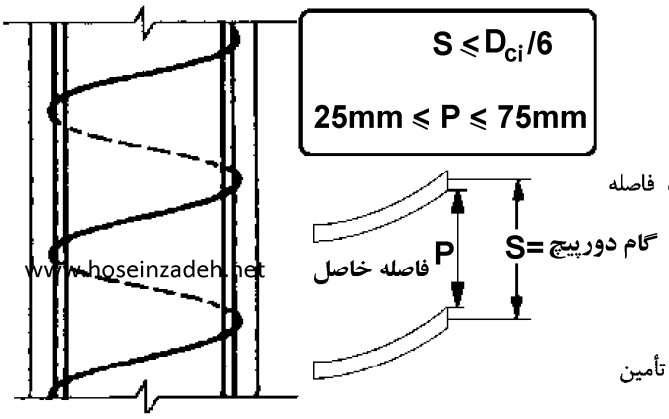
الف- سه عدد برای دورپیچ با قطر مساوی یا کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر

ب- چهار عدد برای دورپیچ با قطر بیشتراز ۶۰۰ میلی‌متر

۹-۱۴-۹-۴-۱۱ مهارکردن دورپیچ با ۱/۵ دور پیچیدن اضافی میلگرد در انتهای قطعه تأمین می‌شود.







۹-۲۳-۴ ضوابط ساختمان‌های با شکل‌پذیری زیاد

۹-۲۳-۴-۲ اعضای تحت اثر توأم فشار و خمش در قاب‌ها ($N_u > ۰/۱۵ f_{cd} A_g$)

۹-۲۳-۴-۲-۳ آرماتور عرضی

۹-۲۳-۴-۲-۳-۲ مقدار آرماتور عرضی لازم در ناحیه بحرانی بر اساس ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف- در ستون‌های با مقطع دایره نسبت حجمی آرماتور دورپیچ یا تنگ‌های‌حلقوی، ρ_s نباید کمتر از دو مقدار بدست آمده از روابط (۹-۲۳-۱) و (۹-۲۳-۲) باشد:

$$\rho_s = ۰/۱۸ \times \frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۱)$$

$$\rho_s = ۰/۶۹(\frac{A_g}{A_c}-۱)\frac{f_{cd}}{f_{yh}} \qquad (۹-۲۳-۲)$$

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq 0.6\left(\frac{A_g}{A_c}-1\right)\frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

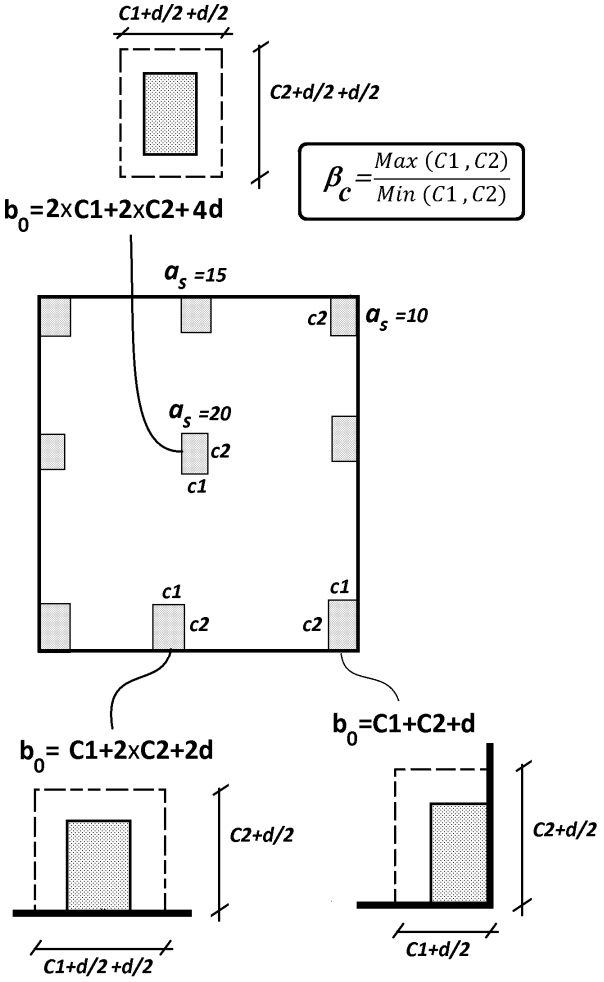
ستون با شکل پذیری معمولی و متوسط

+ ستون غیر لرزه ای

ستون با شکل پذیری ویژه

$$\rho_s = \frac{\pi d_s^2}{D_c S} \geq \text{Max}\begin{cases} 0.18\dfrac{f_{cd}}{f_{yh}} \\ 0.69\left(\dfrac{A_g}{A_c}-1\right)\dfrac{f_{cd}}{f_{yh}} \end{cases}$$

انتشار مطالب و تصاویر کتاب"با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



۹-۱۵-۱۷-۲-۴ در دال‌ها و شالوده‌هایی که در آنها از آرماتور برشی یا کلاهک برشی استفاده نمی‌شود مقدار V_c، برابر با کمترین مقادیر به دست آمده از سه رابطه (۹-۱۵-۳۳) الی (۹-۱۵-۳۵) در نظر گرفته می‌شود:

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta_c}) v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۳)$$

β_C = نسبت طول به عرض سطح اثر بار متمرکز با سطح تکیه‌گاه محدود

b_o = محیط مقطع بحرانی برای دال‌ها و شالوده‌ها، میلی‌متر

$$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۴)$$

$$V_c = 2 v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۵)$$

a_s عددی است که برای ستون‌های میانی برابر با ۲۰، برای ستون‌های کناری ۱۵و برای ستون‌های گوشه ۱۰ در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۵-۱۷-۲-۵ دردال‌ها و شالوده‌هایی که در آن‌ها از آرماتور برشی برای تأمین مقاومت برشی استفاده می‌شود مقدار V_c و V_s براساس ضوابط (الف) الی (پ) تعیین می‌شوند:

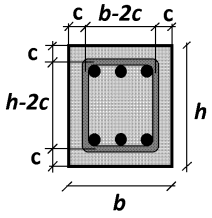
الف) مقدار V_c از رابطه (۹-۱۵-۳۶) محاسبه می‌شود:

$$V_c = v_c b_o d \qquad (۹-۱۵-۳۶)$$

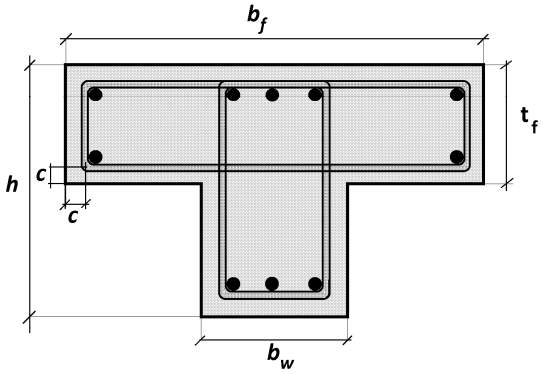
ب) مقدار V_s، با استفاده از ضوابط بند ۹-۱۵-۴ محاسبه می‌شود.

پ) در این‌حالت مقدار V_s نباید بیشتر از $3 v_c b_o d$ در نظر گرفته شود.

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl



$A_c=bh$
$P_c=2(b+h)$
$A_{oh}=(b-2c)(h-2c)$
$P_h=2(b-2c)+2(h-2c)$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$
$P_c=2 b_f +2h$
$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)+(t_f-2c)(b_f - b_w)$
$P_h=2(b_f-2c) +2(h-2c)$

۹-۱۵-۷ حالت حدی نهائی پیچش

۹-۱۵-۷-۱ در صورتی‌که مقدار T_u از مقدار $۰/۲۵T_{cr}$ کمتر باشد، طراحی برای پیچش ضـرورتی ندارد. مقدار T_{cr} از رابطه (۹-۱۵-۱۵) به دست می‌آید:

$$T_{cr}=\left(\frac{A_c^2}{P_c}\right)۱/۹v_c \qquad (۱۵-۱۵-۹)$$

۹-۱۵-۷-۲ در مقاطع تحت اثر پیچش، در مواردی که طراحی برای پـیچش لازم باشـد، کنتـرل حالت حدی نهایی مقاومت باید بر اساس رابطه (۹-۱۵-۱۶) صورت گیرد:

$$T_u \le T_r \qquad (۱۶-۱۵-۹)$$

در این رابطه T_r از رابطه (۹-۱۵-۱۷) محاسبه می‌شود:

$$T_r = T_s \qquad (۱۷-۱۵-۹)$$

بدین منظور، علاوه بر خاموتهای بسته پیچشی باید فولادهای طولی پیچشی مطابق بند ۹-۱۵-۸-۳ نیز جداگانه طراحی گردد. در این مبحث از کمک بتن برای تأمین مقاومت پیچشی، به علت ترک خوردگی، صرفنظر شده است. مقدار T_s طبق ضوابط بندهای ۹-۱۵-۸ تا ۹-۱۵-۱۰ محاسبه می‌شود.

A_c = سطح محصور توسط محیط خارجی مقطع بتن شامل سطح سوراخ‌ها (در صورت وجود)، میلی‌متر مربع

انتشار مطالب و تصاویر کتاب "با ذکر منبع " بلامانع است Telegram:@nezam_hoseinzadehasl & @hoseinzadehasl

۹-۱۵-۸ لنگر پیچشی مقاوم تأمین شده توسط آرماتورهای پیچشی

۹-۱۵-۸-۱ آرماتورهای پیچشی مورد نیاز برای تأمین لنگر پیچشی در یک قطعه شامل خاموت‌های قائم بسته یا دورپیچ‌ها و آرماتور طولی که بطور یکنواخت در اطراف مقطع پخش می‌شود، می‌باشند.

۹-۱۵-۸-۲ مقدار T_s با استفاده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) محاسبه می‌شود.

$$T_S = ۲\varphi_s A_o A_t \frac{f_{yv}}{S_n} \qquad (۹-۱۵-۱۸)$$

در صورت عدم استفاده از محاسبات دقیق‌تر مقدار A_o را می‌توان $۰/۸۵A_{oh}$ منظور نمود.

۹-۱۵-۸-۳ مقدار A_l مورد نیاز برای تأمین مقاومت T_s از رابطه (۹-۱۵-۱۹) به دست می‌آید:

$$A_l = (\frac{A_t}{S_n})P_h(\frac{f_{yv}}{f_{y۱}}) \qquad (۹-۱۵-۱۹)$$

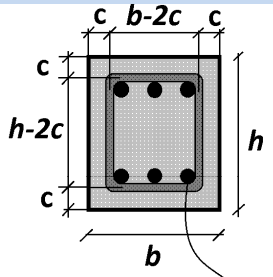
همچنین نسبت $\frac{A_t}{S_n}$ باید برابر مقدار به دست آمده از رابطه (۹-۱۵-۱۸) باشد.

فاصله این آرماتورها نباید بیش از ۳۰۰ میلی‌متر از یکدیگر بوده و باید دور تا دور مقطع در داخل محیط خاموت بسته پیچشی به طور یکنواخت به نحوی توزیع شوند که حداقل یک میلگرد طولی به قطر معادل $\frac{S_n}{۱۶}$ یا بیشتر در هر گوشه خاموت‌های پیچشی قرار گیرد.

۹-۱۵-۸-۴ در مقاطع توخالی تحت اثر پیچش، فاصله محورهای اضلاع خاموت بسته پیچشی تا وجه درونی مقطع نباید کمتر از $۰/۵\frac{A_{oh}}{P_h}$ باشد.

۹-۱۵-۹ ترکیب پیچش و خمش - پیچش و برش

۹-۱۵-۹-۳ تمامی مقاطع را که در فاصله‌ای کمتر از d از بر داخلی تکیه‌گاه قرار دارند، می‌توان برای همان لنگر پیچشی T_u که در مقطع به فاصله d وجود دارد طراحی کرد، مشروط بر آنکه در این فاصله هیچ لنگر پیچشی متمرکزی موجود نباشد.



$A_c=bh$

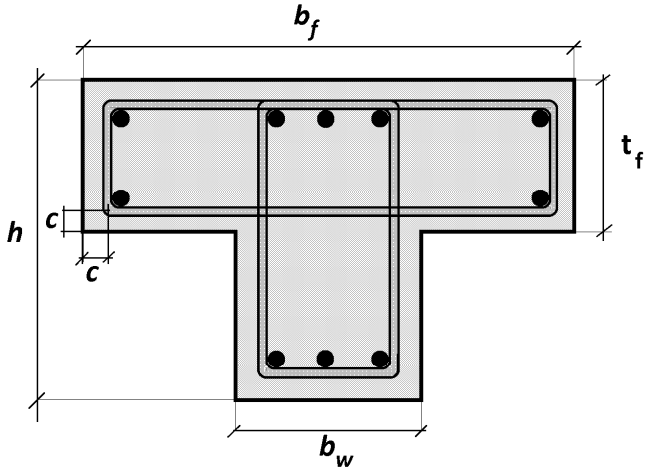
$P_c=2(b+h)$

$A_{oh}=(b-2c)(h-2c)$

$P_h=2(b-2c)+2(h-2c)$

$A_o=0.85A_{oh}$

قطر میلگرد طولی باید حداقل $\frac{S_n}{۱۶}$ باشد



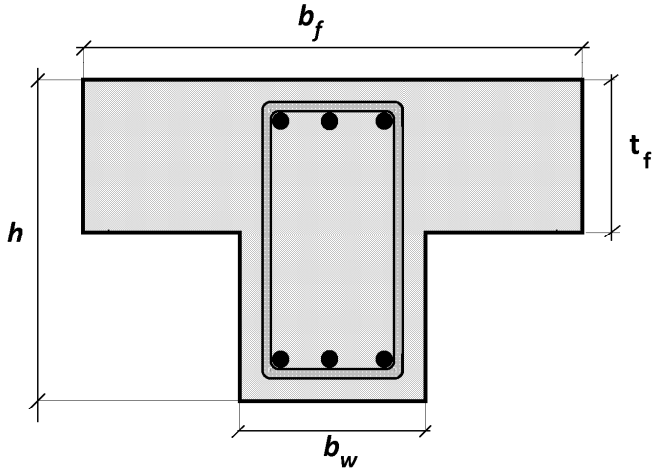
$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$

$P_c=2 b_f +2h$

$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)+(t_f-2c)(b_f - b_w)$

$P_h =2(b_f -2c) +2(h-2c)$

$A_o= 0.85A_{oh}$



$A_c= b_w h + t_f (b_f - b_w)$

$P_c=2 b_f +2h$

$A_{oh}=(b_w-2c)(h-2c)$

$P_h =2(b_w -2c) +2(h-2c)$

$A_o= 0.85A_{oh}$