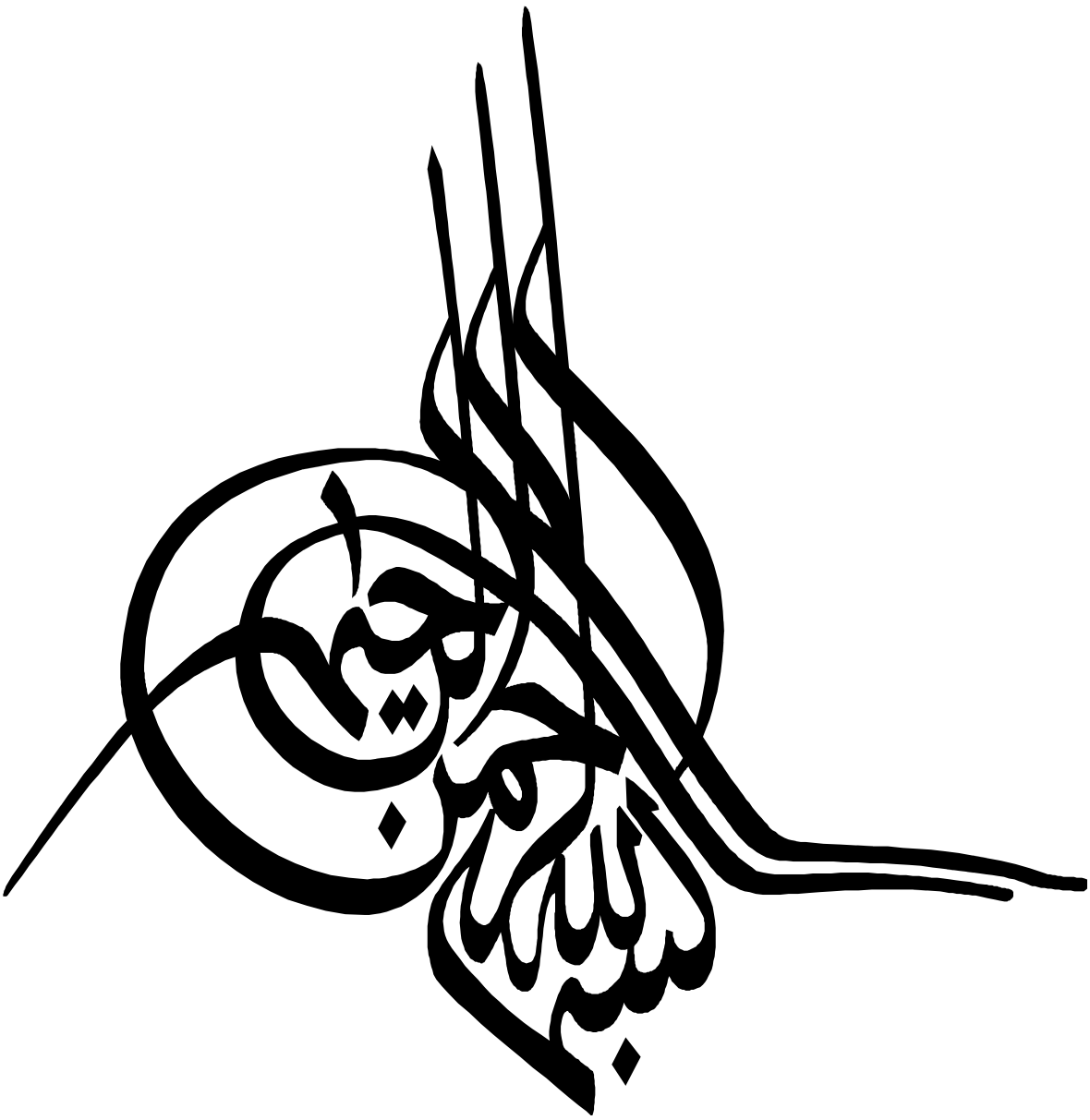


موضوع:

پروژه تخصصی

گردآوری:

عباس میرحسنی

استاد مربوطه:

جناب آقای مهندس رستگار

تابستان 89

موضوع پروژه:

نحوه محاسبه ،اجرا و ساخت تیرچه و نکات اجرایی و محاسباتی تیرچه ها

(بتنی ،فلزی)

مقدمه:

مقاومت بتن در مقابل نیروی فشاری بسیار خوب ودر مقابل نیروی کششی بسیار ناچیزاست،بنابراین در بتن مسلح کشش غالبا توسط فولاد تحمل میشود،باتوجه به این موضوع ودر جهت صرفه جویی در مصالح سعی میشود بتنی کششی حذف وتنها مقداری که برای نگه داری آرماتور لازم است باقی بماند.این امر باعث به وجودآمدن دال مجوف،دال با پشت بنددار.....شده است.یکی از مشکلات اساسی دال قالب بندی آن است که کار مشکل و وقت گیری است.همچنین در استفاده از دال با پشت بند دار لازم است از سقف کاذب استفاده شود. فن تیرچه بلوک تلفیق دو روش پیش ساختگی و بتن ریزی در محل است که در آن قالب تحتانی به کلی خذف شده است و به شمع بندی کفایت میشود همچنین به دلیل استفاده از بلوک ما بین تیرچه ها نیازی به سقف کاذب نیز وجود ندارد.

ټيرچه بټۍ

تیرچه بلوک:

*یکی از متداول ترین کفهای یک طرفه،کف های ساخته شده با تیرچه های بتنی یا جویست است.*به چنین کفهایی گاهی دال تیرکداریا دال تیرچه ای گفته میشود.سقف تیرچه بلوک،دال یکطرفه ای میباشد که در آن برای کاستن بار مرده از بلوکهای سفالی یا بتن تو خالی برای پر کردن حجم استفاده میشود.پس فلسفه استفاده از چنین سیستمی کاهش وزن مرده کف از طریق ایجاد فضاهای خالی در دال است. سقف اجرا شده با تیرچه بلوک از انواع سقف های باپشت بند بوده(تیرک دار) که تحمل فشار به بتن بالایی با ضخامت حداقل پنج سانت و کشش توسط میلگردهای کششی تیرچه ها(میلگردهای تحتانی)تحمل میشود.بتن بالایی همچنین،همانند یک دال نازک با دهانه ای برابر دو تیرچه،خمش موضعی را بین دو تیرچه تحمل می کند در این نوع سقف تیرچه ها به فاصله حداکثرهفتاددسانتی متر(محورتامحور)کنار هم ودرامتدادکوتاه دهانه سقف قرار میدهندوبا بتن پوششی که در محل ریخته میشودوضخامت آن حداقل پنج سانت است تیرهای(T) شکل چسبیده ومجاور هم را تشکیل میدهند.برای پرکردن فاصله مابین تیرچه ها آجر توخالی،بلوک بتنی وحتی پلاستیک وعناصر دیگر استفاده میشود.

مزایای سقف تیرچه بلوک:

در زیر مهم ترین ویژگی های این نوع سقف آمده است:

1)به علت استفاده از بلوک توخالی وحذف بتن کششی درمصرف بتن صرفه جویی میشود.

2)به علت تولید تیرچه بلوک در کارخانه نیروی انسانی کمتری مورد نیاز است.

3)به علت پیش ساخته بودن تیرچه وبلوک نصب سقف آسان وسریع خواهد بود.

4)به طور یکپارچه بتن ریزی میشودوبتن کمتری به نسبت سقف های بتن آرمه معمولی نیاز است.

5)مقاومت سقف اجرا شده با تیرچه بلوک در برابر نیروهای جانبی بسیار خوب است.

6)با توجه به مصرف کم فولاد بسیار اقتصادی است.

7)به علت مسطح بودن زیر سقف در مقایسه با طاق ضربی ضخامت نازک کاری به حداقل میرسد.

8)وزن تیرچه ها کم است به طوری که توسط کارگران قابل نصب است و در طبقات کم نیازی به جرثقیل وجود ندارد.

9)قالب بندی زیر سقف فقط به شمع بندی ونصب چهار تراش در فاصله های معین جهت تامین تکیه گاههای موقت تیرچه ها محدود میشود.

10)به علت توخالی بودن بلوک ها سقف عایق حرارت است.

معایب سقف تیرچه بلوک:

همانند دیگر سقف ها این نوع سقف نیز دارای معایبی میباشدکه عبارتند از:

*اجرای آن نسبت به سقف های مشابه زمان زیادی نیاز دارد.

*در دهانه های بزرگ قابل استفاده نمیباشدکه بزرگترین عیب آن محسوب میشود.

*اجرای آن نیاز به نیروی متخصص و ماهر دارد.

*سقف تیرچه بلوک در مواردی که بار یکنواخت روی سقف عمل می نماید بسیار مناسب است

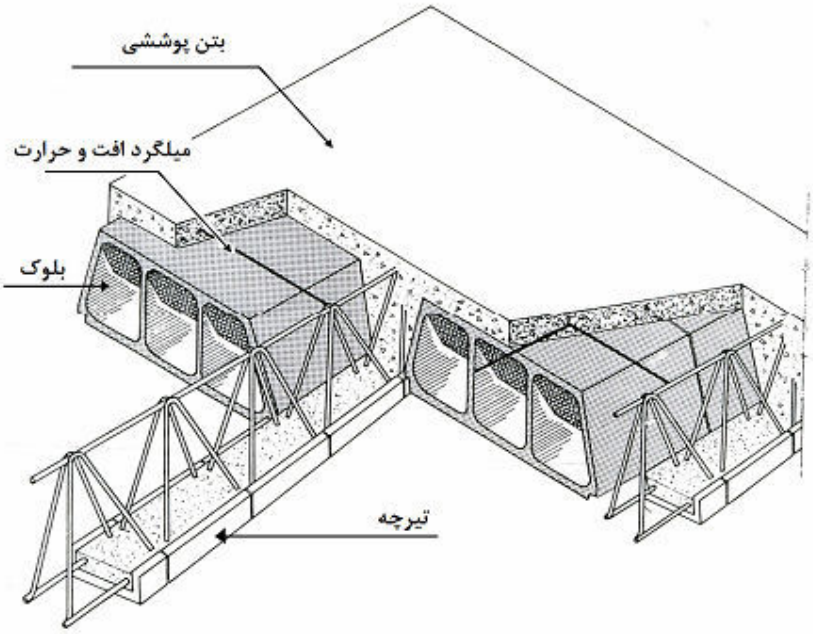
ولی درصورتی که بار منفردسنگین یامتحرک ومرتعش وجوددارداصلاتوصیه نمیشود.

اجزاءتشکیل دهنده سقف تیرچه بلوک :

یک سقف تیرچه بلوک دارای اجزای اصلی به شرح زیر است:

1-تیرچه	2-بلوک	3-میلگردحرارتی وممان منفی	4-بتن در جای دال

این اجزاءدر شکل نمایش داده شده اند:

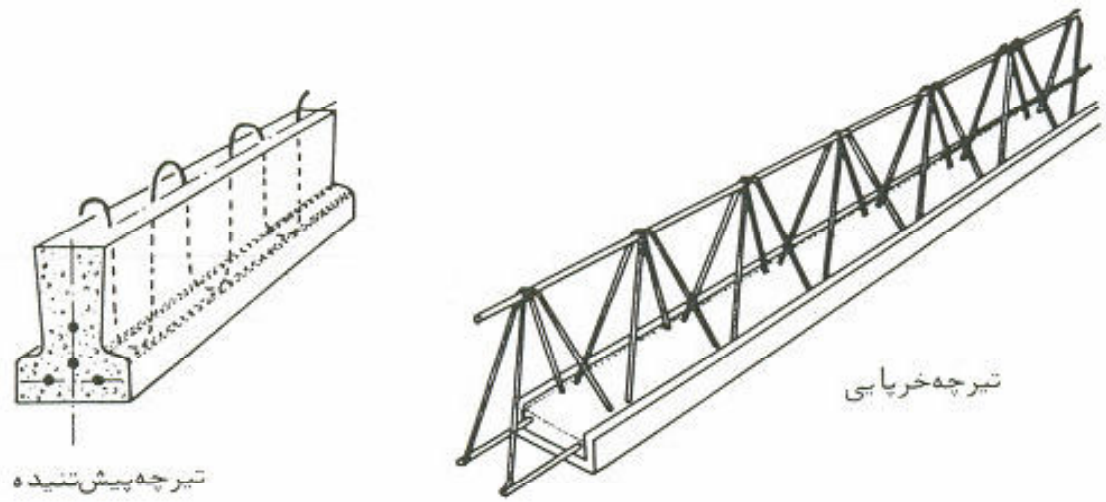


شکل (۳-۱) اجزای مختلف سقف تیرچه‌بلوک

تیرچه ها:

تیرچه ها در عمل به دو صورت خرپایی وپیش تنیده ساخته میشوند.تیرچه های خرپایی در محل ساخته میشوندوتیرچه های پیش تنیده در کارخانه وبا پس کشیدگی آرماتورویاسیم فولادی ایجاد می شوند.تیرچه های پیش تنیده روش طراحی خواص خود را دارند.

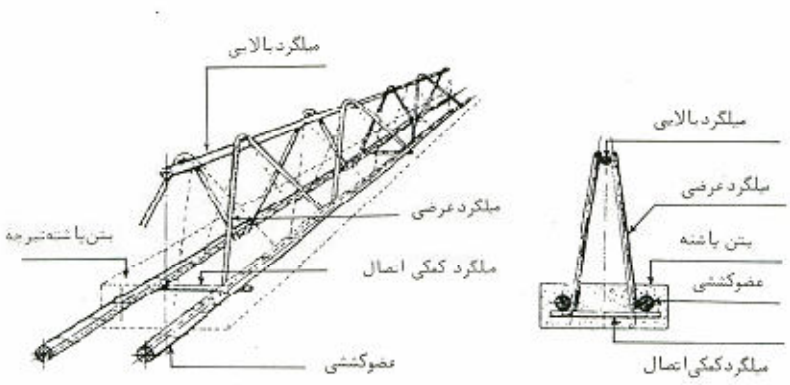
شکل زیر دونوع تیرچه خرپایی وپیش تنیده را نمایش میدهد:



شکل (۳-۲) انواع مختلف تیرچه خرپایی و پیش‌تنیده

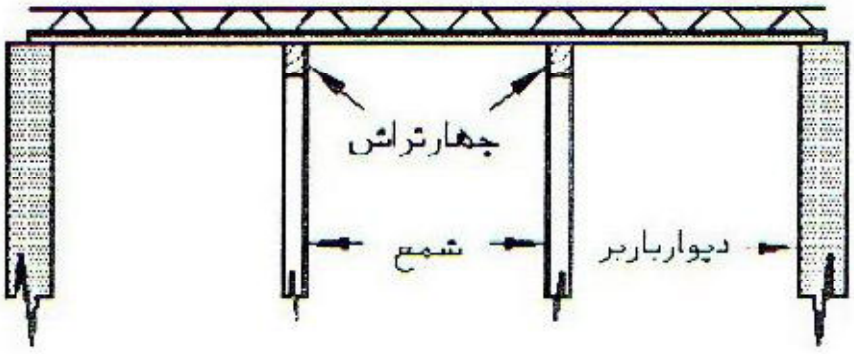
ابتدا به طراحی تیرچه های پیش ساخته خرپایی میپردازیم:

تیرچه های پیش ساخته خرپایی دارای اجزاءزیر میباشند:



شکل(3-3)اجزاءمختلف تیرچه

عضو کششی:



این عضو قبل ازبتن ریزی باید بتواندبارهای حاصل ازحمل ونقل،وزن بلوک ها ووزن مرده سقف را در فاصله بین شمع ها تحمل کندوپس از گیرش بتن به عنوان عضو کششی تیر عمل میکند.حداقل میلگردهای کششی دوعددبوده وسطح مقطع آن از طریق محاسبه تعیین می گردد.سطح مقطع

میلگردهای کششی در فولادهای (AII) برابر 0025/. وبرای سایر فولادها برابر 0015/. برابر سطح مقطع جان تیر است. توصیه میشود که قطر میلگرداز هشت کمتر نبوده واز شانزده بیشتر نباشد. اگر ضخامت بتن پاشنه از 5/5 سانتی متر بیشتر باشد میتوان از آرماتور با حدکثر قطر 20 استفاده نمود.

سطح مقطع میلگردهای کششی از جدول زیر تعیین میشود که این سطح بهتر است از 025/. سطح مقطع جان تیر بیشتر نشود:

4200	3600	2200	$F_{y(kg/cm2)}$ / $F'_{c(kg/cm2)}$
%2.1	%2.98	%3.4	250
%2.6	%3.7	%4.2	300
%3	%4.24	%4.85	350

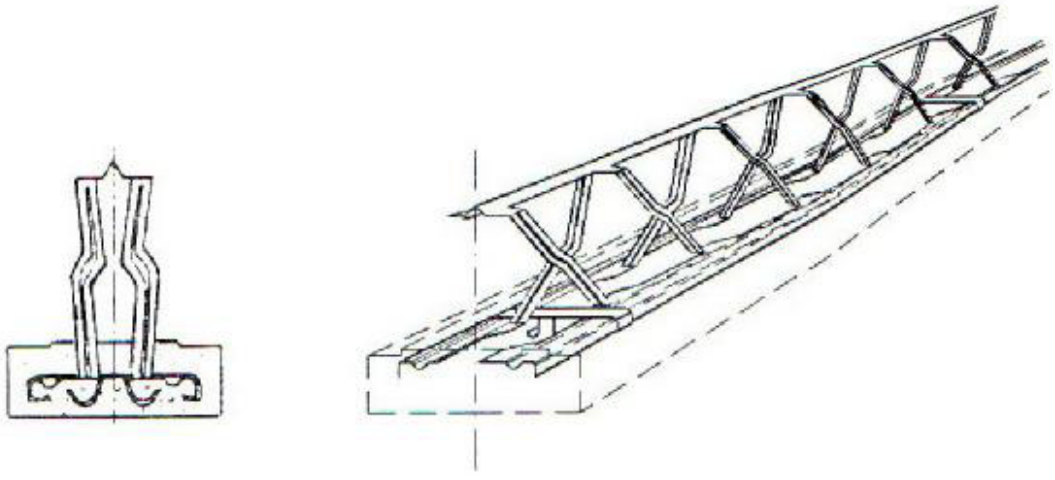
جدول (3-1) تعیین حداکثر آرماتور

در صورت استفاده از میلگردکششی بیش ازدوعدد، دو میلگرد درسراسر طول تیر ادامه می یابد ولی طول مورد نیازبقیه میلگرد را می توان بااستفاده از دیاگرام خمش قطع نمود. ضخامت پوشش بتن روی میلگردهای کششی ازسطح پایین تیرچه نباید از 10 میلیمتر و از لبه پایین تیرچه از 15 میلیمتر کمترباشد در فضاهای باز باید یک لایه اندود ماسه و سیمان به قطر 15 میلیمتر در زیرپوشش اجرا شود و در مکان های با اقلیم خورنده باید از حداقل 30 میلیمتر پوشش استفاده شود.

میلگردهای عرضی :

درمرحله اول باربری ،میلگردهای عرضی همانند عضو مورب خرپا عمل میکنند وبه کمک اعضای کششی وبالایی ،ایستایی لازم را جهت تحمل وزن خود تیرچه (در هنگام حمل ونقل)ووزن مرده سقف بین تکیه گاههای موقت (هنگام اجرا)تامین می نماید.

در مرحله دوم باربری تیرچه ،میلگردهای عرضی،پیوستگی لازم بین میلگردهای کششی خرپا وبتن پوششی (بتن درجا)تامین میکنند.همچنین مقابله با نیروی برشی تیر(T) به وسیله میلگردهای عرضی صورت میگیرد.در بعضی از تیرچه های پیش ساخته ،درخرپابه جای میلگرد،از ورق خم کاری شده به جای عضو کششی-میلگرد عرضی وبالایی استفاده میشود.



شکل (3-4)

از میلگرد عرضی جهت تامین موارد زیر استفاده میشود:

1-تامین اینرسی لازم جهت مقاومت تیرچه در هنگام حمل ونقل

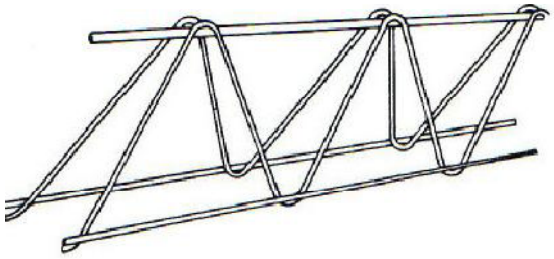
2-تامین پیوستگی لازم بین تیرچه و بتن پوششی (بتن درجا)

3-تامین مقاومت موردنیاز تیرچه

4-تامین مقاومت لازم جهت تحمل بار بلوک وبتن پوششی در بین تکیه گاههای

موقت پیش از به مقاومت رسیدن بتن

برای میلگرد عرضی از از نوع فولاد نرم ونیم سخت استفاده میگردد که به صورت مضاعف ویا منفرد تولید میگردد.(شکل 3-5)

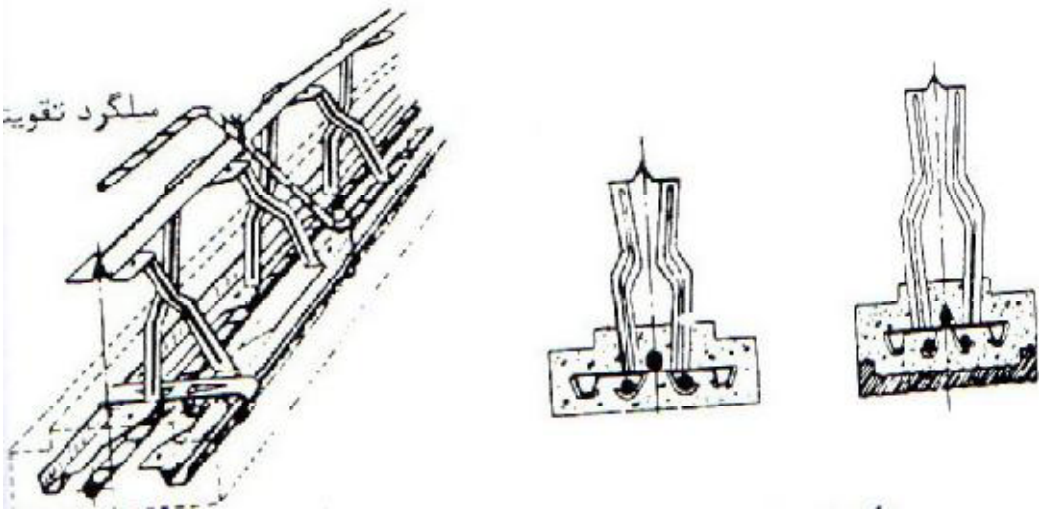


شکل(3-5)

سطح مقطع میلگردهای عرضی نباید از 0015/.مقطع تیر کمتر انتخاب گردد.قطر میلگردهای عرضی مضاعف 5میلی متر تا10میلی متر تغییر می کند،در هرحال حداقل قطر برای خرپا با میلگر عرضی مضاعف 5میلی متر وبرای خرپا با میلگرد عرضی منفرد 6میلی متر است.در مورد خرپای ماشینی ،میلگردهای عرضی به طور مضاعف و از نوع نیم سخت می باشند.قطر میلگردهای عرضی این نوع خرپا بین 4الی 6میلی متر تغییر میکند.

حداقل زاویه میلگرد عرضی نسبت به افق 30درجه است و معمولا از45درجه کمتر نمیباشد.فاصله میلگردهای عرضی متوالی در تیرچه ها حداکثر 20سانتی متر است .

در بعضی از انواع تیرچه،به جای میلگردعرضی ،از ورق خم کاری یا تسمه استفاده میگردد.



شکل(3-6)

میلگرد بالایی:

این میلگردها جهت تحمل نیروی فشاری خرپا در مرحله اول باربری (قبل گرفتن بتن)استفاده میشوند.پس از بتن ریزی این آرماتورها اگر درون دال قرار گیرند به عنوان آرماتور افت وحرارت مورد استفاده قرارمیگیرنددر غیر این صورت اثری نخواهند داشت.

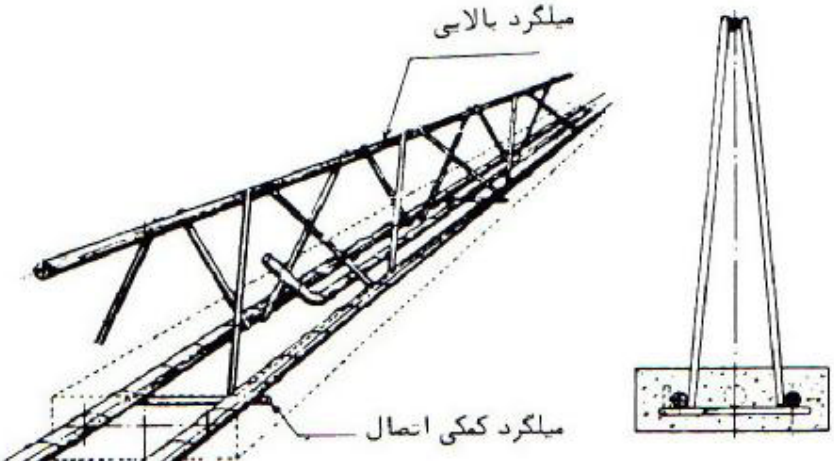
قطر این میلگردها از 6تا12 انتخاب میگردد.در تیرچه های غیر ماشینی جدول زیر به عنوان راهنما توصیه می شود.

حدود دهانه	قطر میلگرد
دهانه 3متری	6mm
دهانه 3تا4متری	8mm
دهانه 4تا5/5متی	10mm
دهانه5/5تا7متری	12mm

در بعضی از انواع تیرچه از ورق یا تسمه به جای میلگرد بالایی استفاده میشود.

میلگرد کمکی اتصال:

این میلگرد به منظور مهار کردن میلگرد کششی و امکان استقرار بیش از دو میلگرد کششی در پاشنه تیرچه به کار برده میشود.



قطر میلگردهای کمکی اتصال 6میلی متر وطول آنها در حدود فاصله میلگرد کششی است.میلگردهای کمکی اتصال در فواصل 40تا100سانتی از یکدیگر نصب میگردند.

*جوشکاری:

اتصال میلگردهای عرضی وبالایی وزیرین خرپا تیرچه معمولا توسط نقطه جوش تامین میشود.البته میتوان از هر نوع عمل جوشکاری،که سطح مقطع اعضای تیرچه کاسته نشود استفاده نمود.مشخصات مربوط به جوشکاری باید طبق آیین نامه های معتبر داخلی یا بین الملل باشد.

بتن پاشنه:

برای تامین تکیه گاه بلوک ها ونیز برای پرهیز از قالب بندی زیرین تیرچه بتن پاشنه در کارخانه ریخته میشود.حسن دیگر این عمل این است که به علت فراهم بودن شرایط بهتر اجرایی در کارخانه پوشش آرماتورکششی به صورت مطمئن تری تامین میگردد.این پوشش در مقابل آتش سوزی نقش بسزایی را دارا میباشد.

حداقل بتن پاشنه 10سانتیمتروی($^{1}/_{3.5}$)ضخامت سقف است.ارتفاع بتن پاشنه باید به میزانی باشدکه قابل بتن ریزی بوده وپوشش بتنی روی میلگردها را جهت ایجاد مقاومت در بابر آتش سوزی راتامین نماید.معمولا ضخامت بتن پاشنه 4.5تا 5.5سانتی متر وعرض آن 10تا16 سانتی متر میباشد.

بتن پاشنه نقش بسزایی در نحوه اجرای سقف دارد.چنان چه سطوح افقی ویا عمودی تیرچه در امتداد طولی انحنا داشته باشند جا گذاری بلوک با مشکل مواجه خواهد گشت.

حداقل تاب فشاری بتن پاشنه 250کیلوگرم بر سانت مربع میباشد .مواد تشکیل دهنده مخلوط بتن برای یک متر مربع بتن پاشنه تیرچه طبق زیر توصیه می گردد:

شن وماسه تا12میلی متر (1200لیتر)

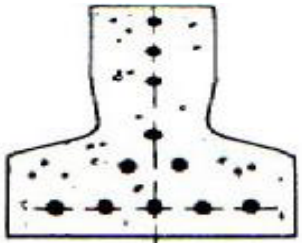
سیمان 300-400کیلو گرم

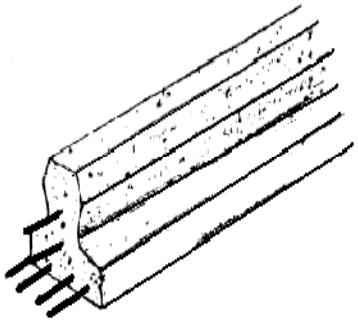
پس از بتن ریزی بتن پاشنه باید مراقبت های لازم جهت نگهداری ومرطوب نگه داشتن بتن معمول گردد.

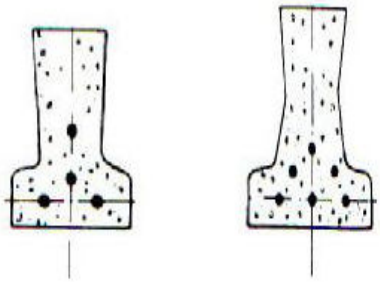
تیرچه های پیش ساخته:

این نوع تیرچه ها که فقط در کارخانه مجهز تولید میگرددداز مقطع بتنی Tوسیمهای فولادی با مقاومت بالا(17500تا19000کیلوگرم برسانتی متر مربع)تشکیل میشود .سیمها را پیش از بتن ریزی تیرچه توسط جک هایی تحت کشش قرار داده و پس از حصول مقاومت لازم بتن،آنها را آزاد میکنند.

در نتیجه بتن تیرچه تحت تنش فشاری قرار میگیرد.



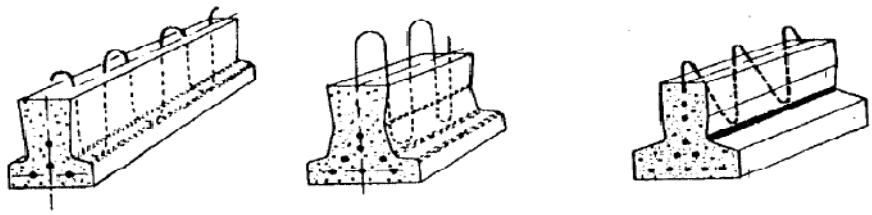




شکل (3-7)تیرچه پیش ساخته

سطح مقطع تیرچه پیش تنیده برای تامین مناسب محل مناسب بلوک های دوطرف،به شکل سپری ساخته میشود.عرض قسمت زیرین تیرچه پیش تنیده نباید کمتر از 10 سانتیمتر باشد و عرض قسمت بالایی (بتن بین دو بلوک با توجه به عرض تکیهگاههای بلوک روی تیرچه) نباید کمتراز6.5سانتی مترباشد .ارتفاع کل تیرچه باید به حدی باشد که ایستایی لازم را برای حمل و نصب تیرچه و تحمل بارهای اجرایی را تامین میکند. سطح بالایی تیرچه برای ایجاد پیوستگی کافی با بتن پوششی به طور زبر و برجسته بتن ریزی میشود .پوشش بتنی روی فولاد نباید کمتر از 20 میلیمتر باشد.

مقاومت بتن تیرچه پیش تنیده در هنگام انتقال نیرو از فولاد به بتن(بعد از هر نوع اتلاف انرژی ناشی ازپیش تنیدگی) نباید از نصف مقاومت فشاری 28 روزه بتن کمتر باشد .رده مقاومتی بتن تیرچه پیش تنیده نباید ازC35و همچنین از دو برابر تنش فشاری بتن در قسمت زیرین تیرچه ها کمتر باشد. بخش کششی بتن تیرچه نباید ترک خورده و یا شکسته باشد .میزان خیز منفی تیرچه باید یک سانتیمتر درپنج متر طول و همچنین پیچیدگی جانبی تیرچه نباید بیش از یک سانتی متر در پنج متر طول باشد. تیرچه های پیش تنیده بطور معمول فاقد میلگردهای عرضی هستند ولی در بعضی از انواع آن، برای تقویت مقاومت برشی، دو انتهای تیر، میلگردهای عرضی در داخل بتن آن کار گذاشته میشوند تا علاوه بر تقویت برشی تیرچه، گیرههای لازم برای حمل و نقل تیرچه واتصال بین بتن و دال را تامین کند.

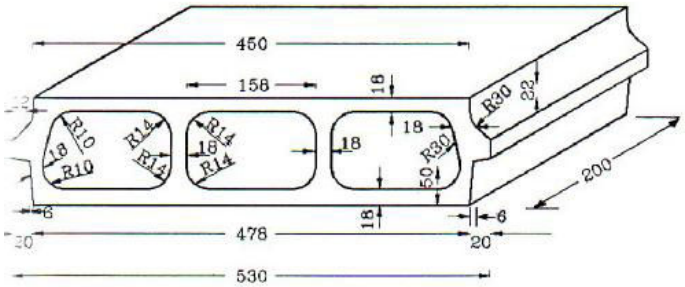


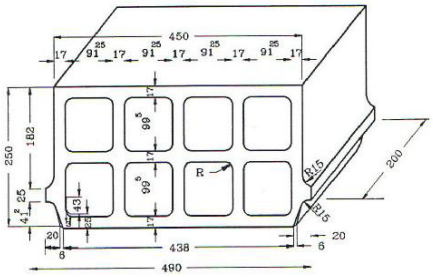
شکل (3-8)*استقرار میلگردهای عرضی در تیرچه های پیش تنیده*

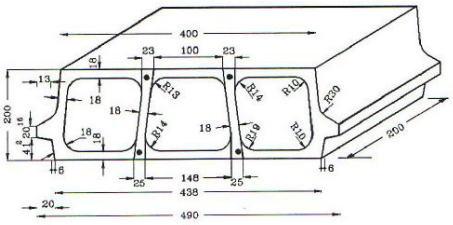
برای ایجاد پیش تنیدگی در بتن تیرچه بطور معمول از چند رشته سیم فولادی به قطر پنج میلی متر با مقاومت نهایی 1750 نیوتن بر میلیمتر مربع تا 1900 نیوتن بر میلیمتر مربع استفاده میشود .سیمها قبل از بتن ریزی حداکثر تا 65 درصد مقاومت نهایی خود کشیده میشوند . پس از بتن ریزی و بدست آوردن مقاومت کافی در بتن و ایجاد پیوستگی مناسب بین فولاد و بتن، به آرامی رها میشوند تا تیرچه تحت تنش فشاری قرار گیرد .پوشش بتنی روی سیمهای فولادی در کلیه جهات حداقل 20 میلیمتر است و فاصله دو سیم مجاور از هم به حدی است که بزرگترین دانه سنگی بتن به آسانی بتواند از بین آنها جابجا شود . محل استقرار سیمها طوری انتخاب میشوند که تنش فشاری در قسمت زیرین تیرچه بیشتر از قسمت بالایی آن باشد.

بلوک:

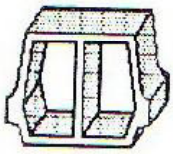
برای پر کردن محلهای خالی بین تیرچه ها، از بلوکهای توخالی استفاده می شود که جنس آنهاسفال یا بتن و حتی پلاستیک و یونولیت است بلوکها علاوه بر خاصیت پرکنندگی فضای خالی، درحکم قالب بتن پوششی نیز هستند .بلوکها در سقفهای اجرا شده با تیرچه بلوک، تحمل نیرو نمی کنند وفقط خاصیت پرکنندگی دارند. قسمت زیرین بلوک،جهت تامین سطحی مسطح برای انجام نازک کاری و قسمتهای تیغه های داخلی بلوک به منظور تقویت مقطع تعبیه می گردندمواد تشکیل دهنده بلوک نباید روی بتن درجا اثر شیمیایی داشته باشند. ارتفاع و طول بلوک،تابع ضخامت کل سقف و فاصله تیرچه ها از همدیگر می باشد .عرض بلوک معمولا ۲۰ً تا ۲۵ سانتیمتر است حداقل محل نشیمنگاه بلوک ۵.۱۷ میلیمتر است. شکلهای زیر سه نوع بلوک بتنی که در ایران نیزمتداول است نشان داده شده اند.

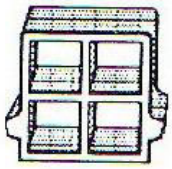


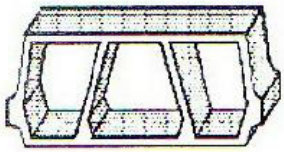


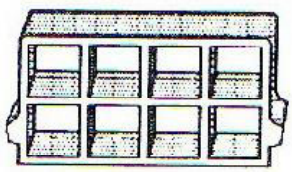


بلوکهای سفالی باید عاری از ترک و دانه های آهکی باشند .و رنگ آنها کاملاًیکنواخت بوده و به طور یکسان پخته شده باشند .سطوح بلوک سفالی باید صاف و عاری از انحنا و خمیدگی و دارای لبه های تیز و مستقیم بوده و بافت ریزو متراکم داشته باشند .سطح خارجی بلوک به جهت ایجاد چسبندگی لازم به بتن بالایی وهمجنین به نازک کاری زیر سقف شیار دار می باشد.









میلگرد های افت و حرارتی:

جهت مقابله با تنشهای متفرقه در بتن پوششی و به منظور جذب تنشهای ناشی از افت و تغییر حرارت،میلگرد هایی در دو جهت عمود بر هم در قسمت بالایی تیر نواریTو روی بلوکها نصب می گردند،که میلگرد افت و حرارتی نامیده می شونددر صورتی که ارتفاع تیرچه خرپایی به حدی باشد که میلگرد نصب(بالایی) در محل تعبیه میلگرد افت قرارگیرد، می توان از میلگرد مزبور به عنوان میلگرد افت و حرارتی در جهت طولی تیرچه استفاده کرد. حداکثر فاصله بین دو میلگرد افت و حرارت ۲۵ سانتیمتر است، میلگرد افت و حرارتی برای میلگرد ساده ، دست کم ۵ میلیمتر ، و برای میلگرد با مقاومت بالا ۴ میلیمترو حداقل سطح مقطع این میلگرد1.25در هزار سطح مقطع دال بالایی در امتدا تیرچه و1.75در هزار سطح مقطع دال بالایی در جهت عمود برامتداد تیرچه می باشد.

بتن پوششی:

بتن پوششی،قسمتی از تیر مرکب است که در محل کارگاه پس از جاگذاری تیرچه ها و بلوکها بتن ریزی میگردد و پس از حصول مقاومت لازم به کمک عضو کشش بار واردبر سقف را تحمل می کند.بتن پوششی از جنس بتن مسلح با معیارهای فنی مناسب بوده وضخامت روی آن (بتن روی آن)نباید ازپنج سانتی متر یا$\frac{1}{12}$فاصله محور به محور تیرچه ها کم باشد.

تحلیل و طراحی سقف تیرچه بلوک:

تحلیل وطراحی سقف تیرچه ویلوک مطابق زیر صورت میگیرد:

1)تعیین بار طراحی

جهت تعیین مقدار بار طراحی مقدار بار مرده وزنده هر طبقه رااز ترکیب بار 1.25DL+1.5LL محاسبه میکنند.حال این مقدار را بایددر فاصله دو تیرچه ضرب نمود تا بار گسترده وارد برطول تیر بدست آید.

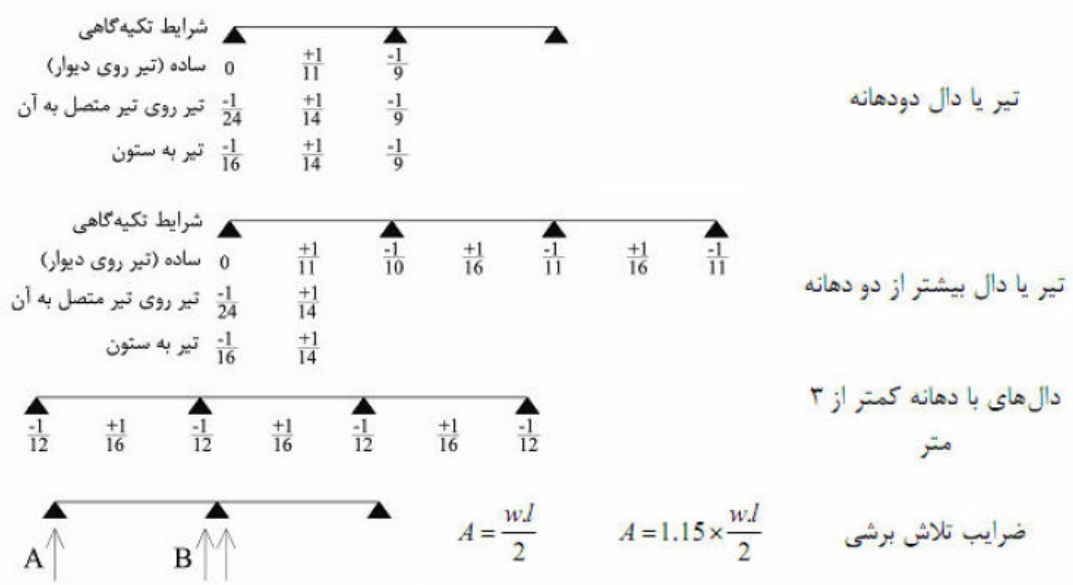
تعیین لنگر طراحی:

در تیرهای یک دهانه ودوسرمفصل مقدار لنگرحداکثر در وسط دهانه بوده ومقدار آن برابر $\frac{W.L}{8}$ میباشد.طبق نشریه 94لازم است فولادی معادل15/.سطح مقطع فولاد وسط در روی تکیه گاه اضافه شود.این میلگردها در فاصله $\frac{1}{5}$ دهانه آزاددر تکیه گاه به طرف داخل دهانه ادامه یابند.

در تیرها ودال های یک طرف پیوسته به شرط آنکه بار گسترده داشته و اندازه دهانه در یک حدود باشدو مقدار بار زنده از3برابر بار مده تجاوز نکند،مقدار لنگر خمشی در وسط دهانه وروی تکیه گاه را رابطه زیر میتوان محاسبه نمود:

$$M=K.W.Ln^2$$

در این رابطه(L_n) برای ممان های مثبت ،طول دهانه خالص تیر یا دال وبرای ممان منفی ،متوسططول دهانه های طرفین تیر یا دال است ،(W)بار گسترده روی تیرچه و(K)ضریب ممان است که مقادیر آن از شکل های زیر قابل محاسبه میباشد:



شکل(3-9) ضرایب لنگرهای خمشی و نیروی برشی در تیرها ودال یک طرفه

تعیین آرماتور برای عضوکششی(درمحل لنگرمثبت):

جهت تعیین آماتور کششی از رفتار Tشکل تیرچه استفاده میشود.طراحی تیرچه در این حالت همانند طراحی تیر Tشکل میباشد.توجه نموده که مقدار درصد حداقل آرماتورکششی در تیرچه ها برای آرماتور(AII)برابر0025/.وبرای آرماتور(AIII)برابر0015/.میباشد.

تعیین آرماتور برای عضوفشاری(درمحل لنگرمنفی):

جهت تعیین آرماتور فشاری به علت رفتار کششی بال ،تیرچه به صورت مستطیلی طرح میگردد.طراحی تیرچه در این حالت همانند طراحی تیرهای مستطیل شکل میباشد.

طراحی آرماتور برشی:

مقدار نیروی برشی در تیرهای یک دهانه ودو سر مفصل با بار گسترده در تکیه گاه بوده ومقدار آن برابر $\frac{WuL}{2}$ میباشد.

در تیرهاودال های یک طرف پیوسته به شرط آنکه بار گسترده داشته واندازه دهانه در یک حدود باشد و مقدار بار زنده از سه برابر بار مرده تجاوز نکندمقدار نیروی برشی در تکیه گاه ها به اندازه15درصد کاهش می یابد.(شکل3−9)

مقاومت برشی بتن توسط روابط زیربه دست می آید:

$$V_c=\Phi.0.2\sqrt{f'_C}.b.d$$

در این رابطه $f'c$مقاومت فشاری مشخصه بتن ($\frac{N}{mm2}$)و(V_C)مقاومت برشی بتن($\frac{N}{mm2}$)میباشد.

مقاومت برشی کل شامل مقاومت بتن وآرماتور برشی عبارت است از:

$$V_r=1.1V_c+\frac{d}{S}.\Phi_s.A_{v.}F_y(\sin\alpha+\cos\alpha)$$

دراین رابطه Sفاصله آرماتور برشی،$A_{v.}$سطح مقطع آرماتور برشی،αزاویه آرماتور برشی با افق میباشد.طراحی باید به گونه ای باشد که مقدار برش مقاوم مقطع V_rاز مقدار برش موجودV_nبیشتر شود.

محدودیتها و ویژگیهای فنی سقف تیرچه و بلوک:

سقفهای اجرا شده با تیرچه و بلوک، دارای محدویتهای اجرایی به شرح زیر هستند:

* بتن پوششی قسمت بالایی تیر(بتن روی بلوک) نباید از ۵ سانتیمتر یا$\frac{1}{12}$فاصله محور به محوتیرچه ها کمتر باشد.

*عرض تیرچه نباید از ۱۰ کوچکتر باشد و همچنین نباید از$\frac{1}{3.5}$برابر ضخامت کل سقف کمتر باشد

*حداقل فاصله دو بلوک دو طرف یک تیرچه ،پس از نصب نباید کمتر از6.5 سانتیمتر باشد.

*حداکثر دهانه مورد پوشش سقف(در جهت طول تیرچه پیش ساخته خر پای) با تیرچه های منفرد، نبایداز ۸ متر بیشتر شود .توصیه می شود برای اطمینان بیشتردهانه مورد پوشش، بیشتر از ۷ متر نباید و درصورت وجود سر بارهای زیاد و یا دهانه بیش از هفت متر،،از تیرچه های مضاعف استفاده شود

*ضخامت سقف برای تیرهای با تکیه گاه ساده نباید از$\frac{1}{20}$دهانه کمتر باشد .در مورد تیرهای یکسره(تکیه گاههای گیردار) نسبت ضخامت به دهانه، به$\frac{1}{26}$کاهش می یابد.

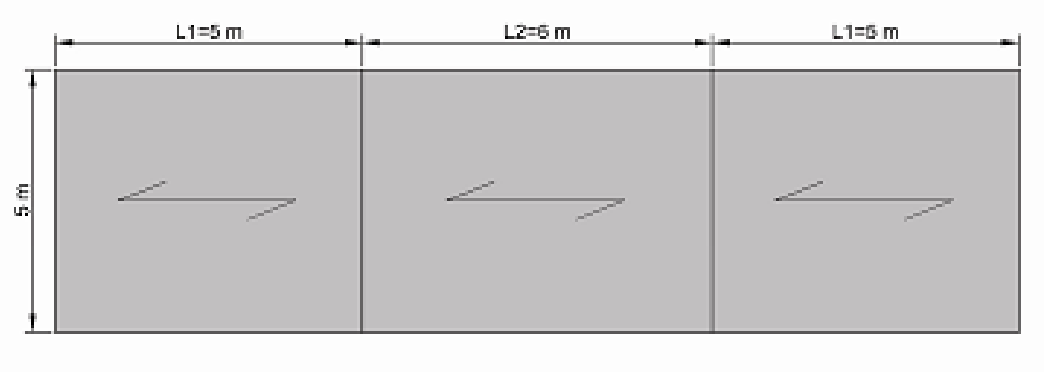
اگر برای انتخاب ضخامت سقف از جدول زیر استفاده شود محاسبه خیز ضرورتی ندارد:

f_y (kg/cm2) / شرایط انتهای دال	2400	3000	4000
دو انتها ساده			
یک انتها پیوسته			
دو انتها پیوسته			
کنسول			

جدول(3-1) تعیین ضخامت سقف تیرچه بلوک

نمونه طراحی:

سقف شکل زیر را از نوع تیرچه بلوک طراحی نمایید:



الف)مشخصات مصالح و بارها

W_{DL}=0.006$\frac{N}{mm^2}$

W_{LL}=0.002$\frac{N}{mm^2}$

F'_C=20 MP_a

F_Y=400 MP_a

ب)تعیین ضخامت سقف:

با استفاده از جدول (3−1)داریم:

دهانه یک طرف پیوسته $t=\frac{L}{24}=\frac{5000}{24}=208mm$

دهانه دو طرف پیوسته $t=\frac{L_2}{28}=\frac{6000}{28}=214mm$

با توجه به اعداد فوق از ضخامت 250میلی متر برای سقف استفاده میشود.با فرض 2سانتی متر پوشش مقدار ارتفاع موثر(d)برابر 230میلی متر میباشد.

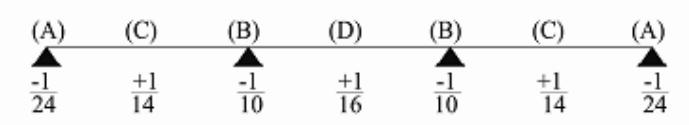
تعیین بار طراحی:

$$W_u=1.25W_{DL}+1.5W_{LL}=0.0105$$

با فرض فاصله تیرچه هابرابر50سانتی متر :

$$\overline{W}_u=0.0105*500=5.25\frac{N}{mm}$$

تعیین لنگر طراحی:



$$M_{uA} = \frac{-1}{24} \times \overline{W}_u \times L_1^{\,2} = -5.47\ KN.m$$

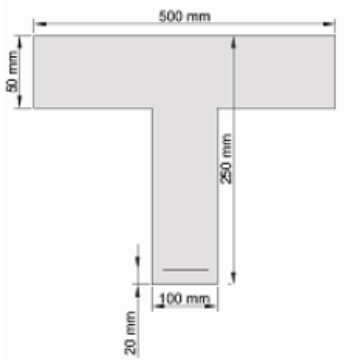
$$M_{uB} = \frac{-1}{10} \times \overline{W}_u \times \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right)^2 = -15.88\ KN.m$$

$$M_{uC} = \frac{+1}{14} \times \overline{W}_u \times L_1^{\,2} = 9.37\ KN.m$$

$$M_{uD} = \frac{+1}{16} \times \overline{W}_u \times L_2^{\,2} = +11.88\ KN.m$$

ث)تعیین آرماتور کششی

جهت محاسبه آرماتور کششی میتوان از رفتار Tشکل استفاده میشود.شکل تیرTمانند شکل زیر میباشد:

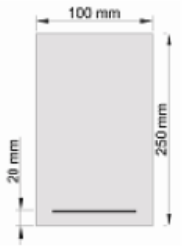


$$\alpha_1 = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.82$$
$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.92$$
$$C_b = \frac{700}{700 + f_y} d = 146mm$$
$$a_b = \beta_1 C_b = 146 \times 0.92 = 134mm$$

	آرماتور کششی در نقطه C :
$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\alpha_1 . f'_c . \phi_c . b_E}} = 8.43mm < 50mm$	موقعیت تار خنثی که درون بال فشاری تیر T شکل قرار دارد.
$A_s = \frac{M_{uC}}{\phi_s . f_y . (d - \frac{a}{2})} = 127mm^2 \rightarrow 2\phi 10\ (157mm^2)$	مقدار آرماتور کششی
$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{157}{100 \times 230} = 0.0068 > \rho_{min} = 0.0015$	کنترل با مقدار حداقل آرماتور
	آرماتور کششی در نقطه D :
$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\alpha_1 . f'_c . \phi_c . b_E}} = 10.68mm < 50mm$	موقعیت تار خنثی که درون بال فشاری تیر T شکل قرار دارد.
$A_s = \frac{M_{uD}}{\phi_s . f_y . (d - \frac{a}{2})} = 160mm^2 \rightarrow 2\phi 12\ (226mm^2)$	مقدار آرماتور کششی
$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{226}{100 \times 230} = 0.0098 > \rho_{min} = 0.0015$	کنترل با مقدار حداقل آرماتور

ج)تعیین آرماتور فشاری

جهت محاسبه آرماتور فشاری به علت کششی بودن نمی توان از رفتار تیر Tاستفاده نمود وتیر به صورت مستطیلی طرح میگردد.شکل آن به صورت زیر میباشد:



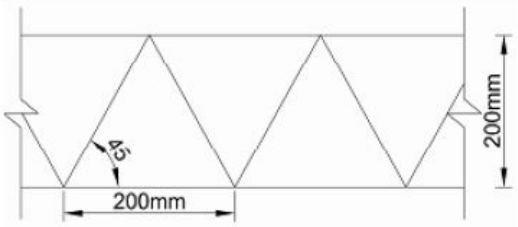
$$\alpha_1 = 0.85 - 0.0015 f'_c = 0.82$$
$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 f'_c = 0.92$$
$$C_b = \frac{700}{700 + f_y} d = 146mm$$
$$a_b = \beta_1 C_b = 146 \times 0.92 = 134mm$$

آرماتور فشاری در نقطه A :	
موقعیت تار خنثی	$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\alpha_1 . f'_c . \phi_c . b_E}} = 25.6mm < a_b = 134mm$
مقدار آرماتور فشاری	$A_s = \frac{M_{uD}}{\phi_s . f_y . (d - \frac{a}{2})} = 76mm^2 \rightarrow 1\phi 10 \ (78mm^2)$
آرماتور فشاری در نقطه B :	
موقعیت تار خنثی	$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_u}{\alpha_1 . f'_c . \phi_c . b_E}} = 86.4mm < a_b = 134mm$
مقدار آرماتور فشاری	$A_s = \frac{M_{uD}}{\phi_s . f_y . (d - \frac{a}{2})} = 260mm^2 \rightarrow 2\phi 14 \ (300mm^2)$

طول آرماتورهای فشاری یک پنجم دهانه می‌باشد.

(چ) طراحی برای برش:

مقدار برش موجود برابر است با : (مقدار برش به اندازه ۱۵ درصد افزایش داده شده است.)	$V_u = 1.15 \times \frac{\overline{W}_u \times L_2}{2} = 18112 \ N$
مقدار برش قابل تحمل توسط بتن:	$V_c = 0.2 \phi_c . \sqrt{f'_c} . b . d = 12343 \ N$
مقدار برش قابل تحمل توسط آرماتور برشی به شماره ۸ و فاصله ۲۰ سانتیمتر (زاویه ۴۵ درجه)	$V_S = \frac{d}{S} . A_v . \phi_s . f_y . (\sin\alpha + \cos\alpha) = 32526 \ N$
مقدار برش مقاوم مقطع:	$V_r = V_c + V_s = 44869 > 18112$



(ح) میلگرد بالایی : برای میلگرد بالایی با توجه به اندازه دهانه از یک آرماتور ۱۲ استفاده می‌شود.

(خ) میلگرد حرارتی: جهت آرماتور حرارتی از آرماتور شماره ۸ در فواصل ۲۵ سانتیمتر استفاده می‌شود:

$$\phi 8 @ 250mm \rightarrow As = 50 \times 1000 / 250 = 200mm^2$$

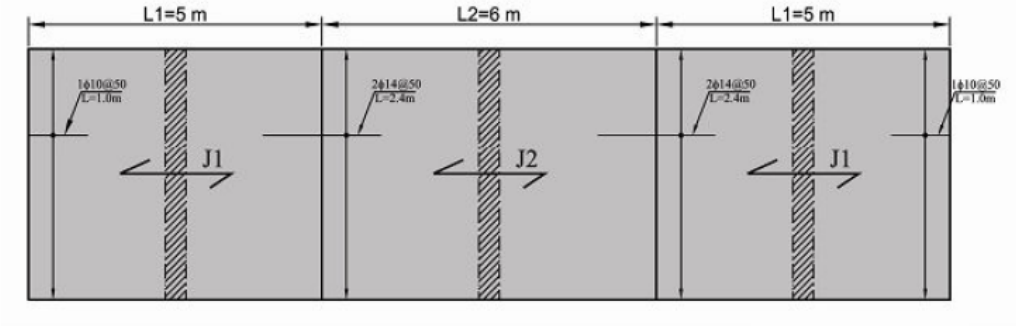
$$\rho = \frac{200}{1000 \times 50} = 0.004 > 0.002$$

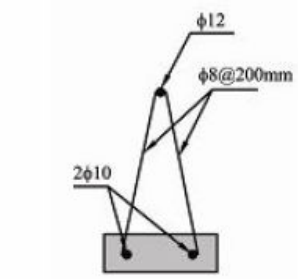
(د) کلاف میانی:

با توجه به اینکه بار زنده سقف از ۳۵۰ کمتر است به کلاف میانی نیازی نیست در عین حال با توجه به وجود دهانه بزرگتر از ۴ متر، در هر دهانه یک کلاف میانی تعبیه می‌شود. آرماتورهای کلاف میانی از شماره ۱۲ انتخاب می‌شود.

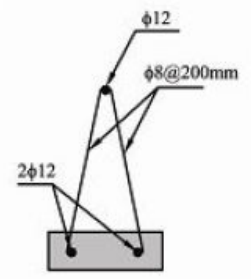
(ذ) رسم دیتایل تیرچه

بر اساس محاسبات انجام شده دیتایل تیرچه برابر است با:

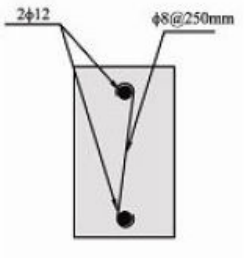




تیرچه تیپ J1



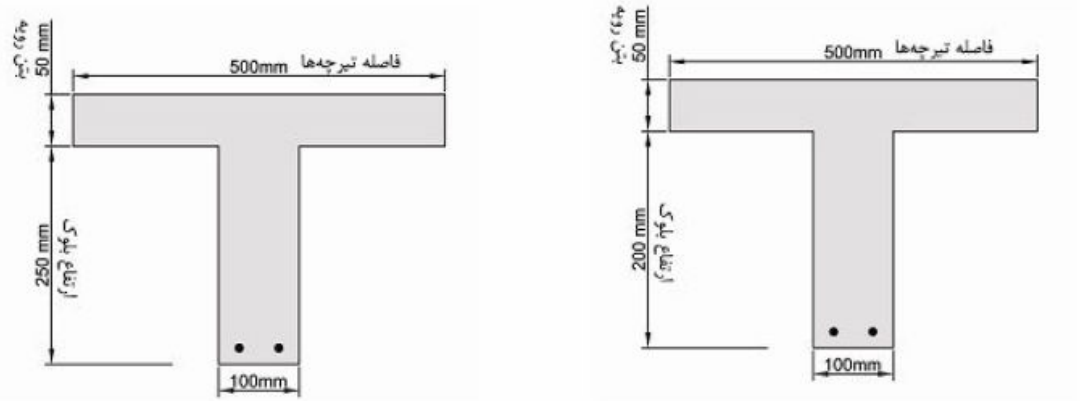
تیرچه تیپ J2



کلاف میانی

طراحی تیرچه ها با استفاده از جداول آماده:

در این قسمت نمودارهای برای تعیین آرماتور خمشی تیرچه ها ارائه میشود .جداول این بخش برای حالات زیر تنظیم شده اند:



(نمودار ۳-۱) $f_y = 2400\ kg/cm^2$
(نمودار ۳-۲) $f_y = 3000\ kg/cm^2$
(نمودار ۳-۳) $f_y = 4000\ kg/cm^2$

(نمودار ۳-۴) $f_y = 2400\ kg/cm^2$
(نمودار ۳-۵) $f_y = 3000\ kg/cm^2$
(نمودار ۳-۶) $f_y = 4000\ kg/cm^2$

شکل (3-10) استفاده از مقطع تیرچه در تعییین آرماتور خمشی

برای استفاده از این نمودارها تعیین بار ضریب دار واحد سطح وطول دهانه محاسباتی تیرچه لازم است .بار واحد ضریب دار از رابطه زیر بدست می آید:

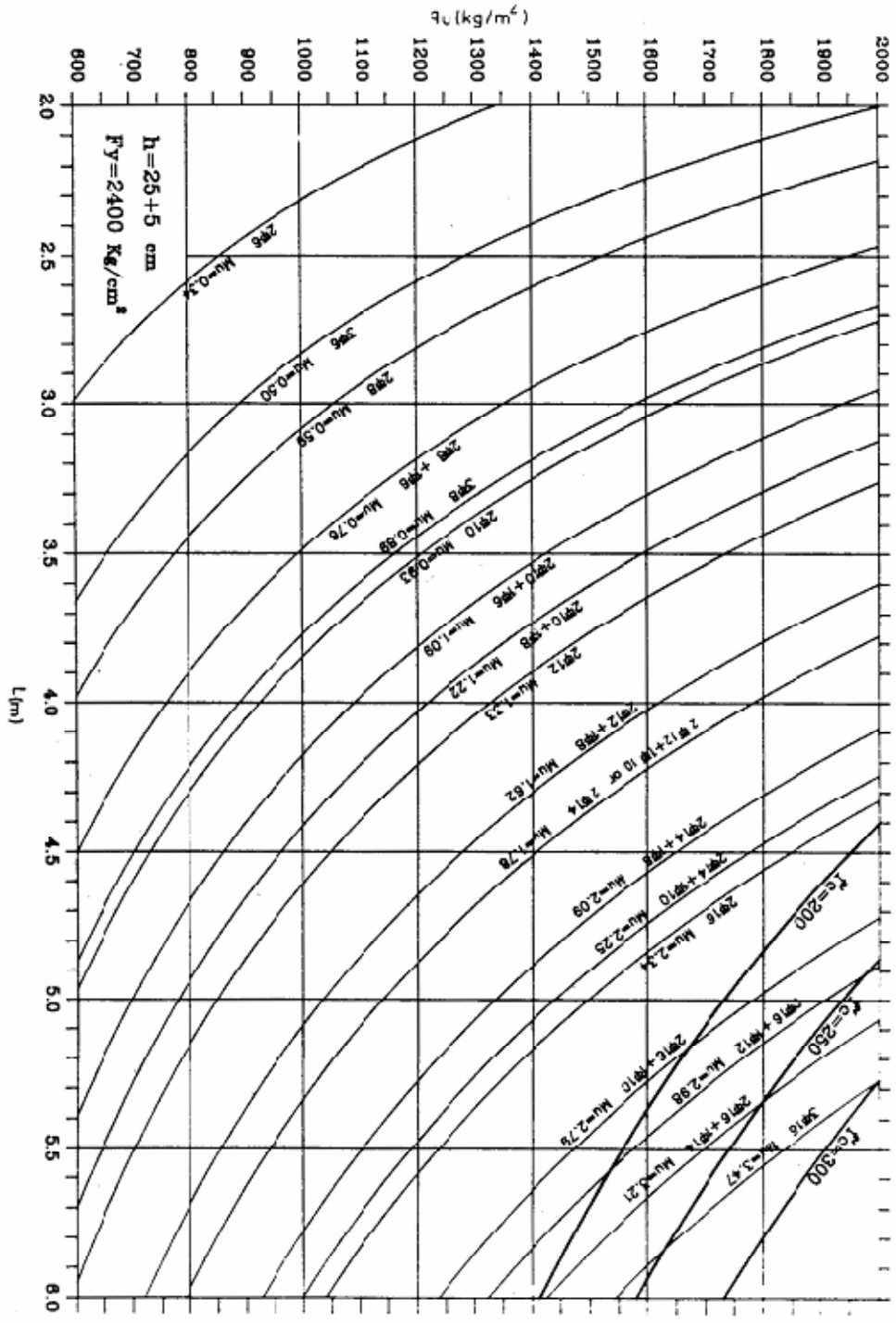
$q_{u=1.4D+1.7L}$ =بار ضریبداروارد برواحد سطح ($\frac{Kg}{m^2}$)

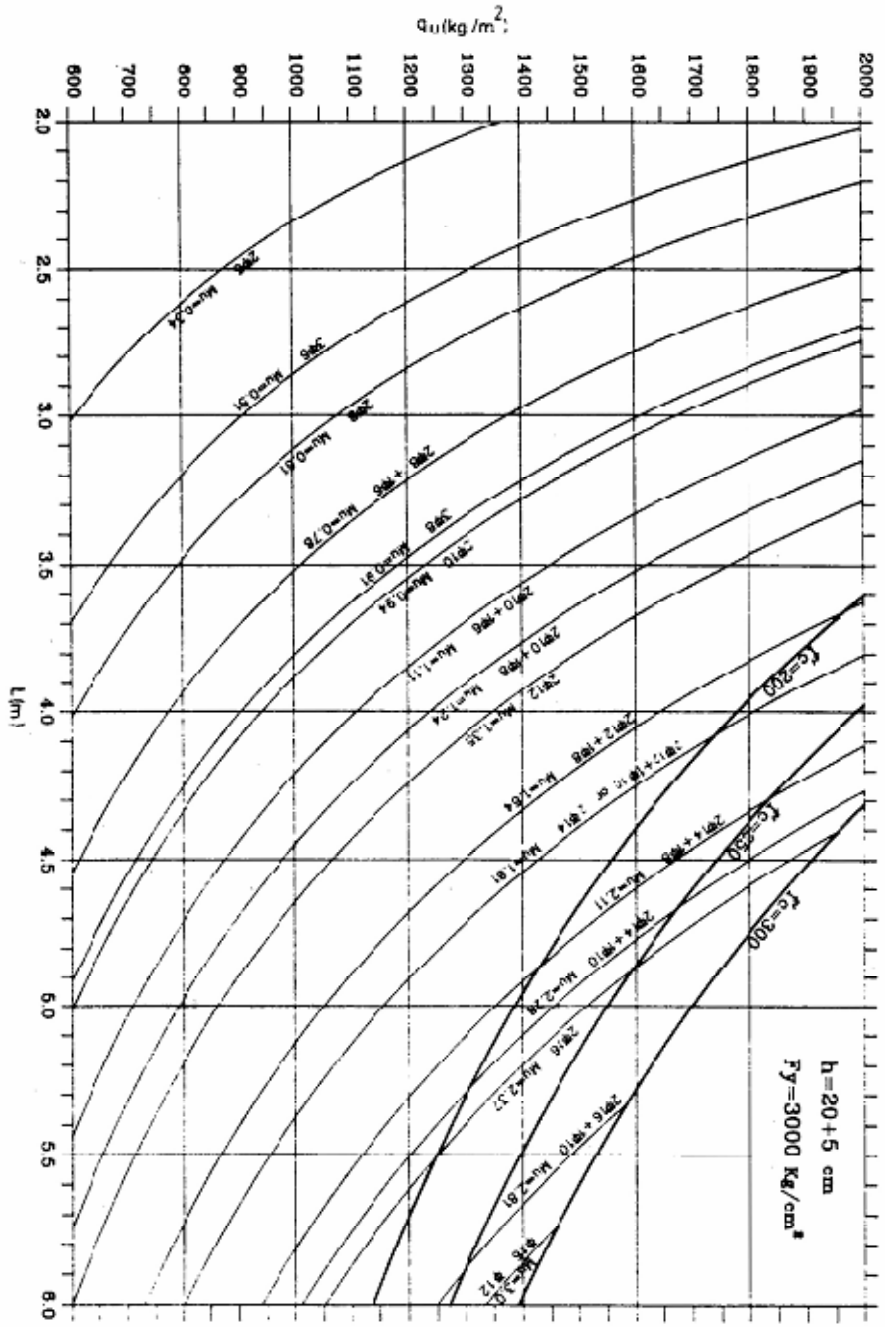
D=بار مرده بدون ضریب واحد سطح شامل وزن تیرچه بلوک و کف سازی ($\frac{Kg}{m^2}$)

L=بار زنده بدون ضریب واحد سطح ($\frac{Kg}{m^2}$)

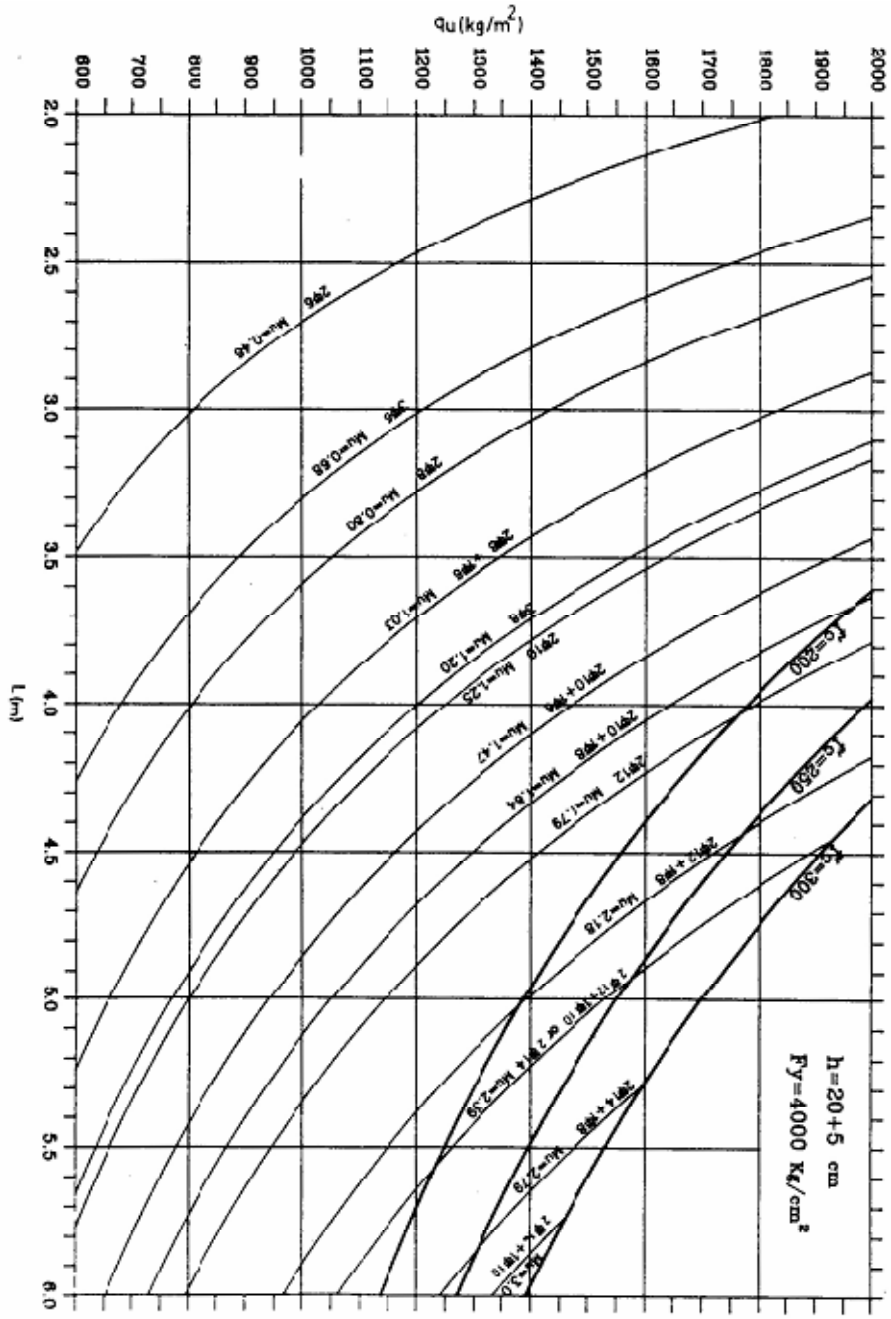
برای تعیین آرماتور طولی لازم با انتخاب یکی از حالات شکل (3-10)به نمودار مربوطه می رویم.بار ضریب دار واحد سطح را روی محور قائم وطول دهانه را در روی محور افقی می بریم .محل تقاطع آنها در روی نمودار آرماتور طولی را تعیین می نماید.

نمودار (۳-۱) آرماتورهای خمشی در تیرچه با ارتفاع کلی ۲۵ و $F_y = 2400\,Kg/cm^2$

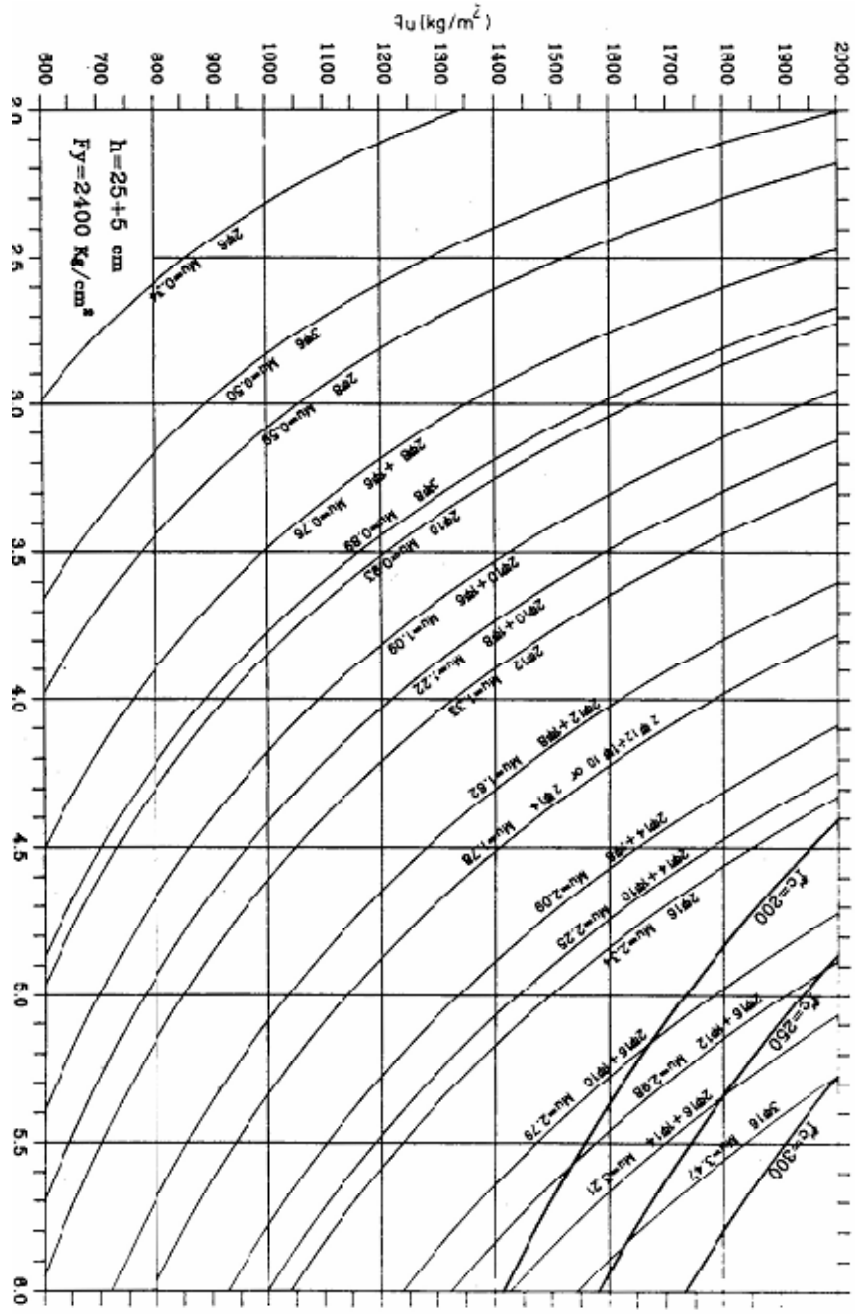




نمودار(2-3)آرماتور خمشي در تيرچه با ارتفاع كلي 25وf_y=3000$\frac{kg}{cm^2}$

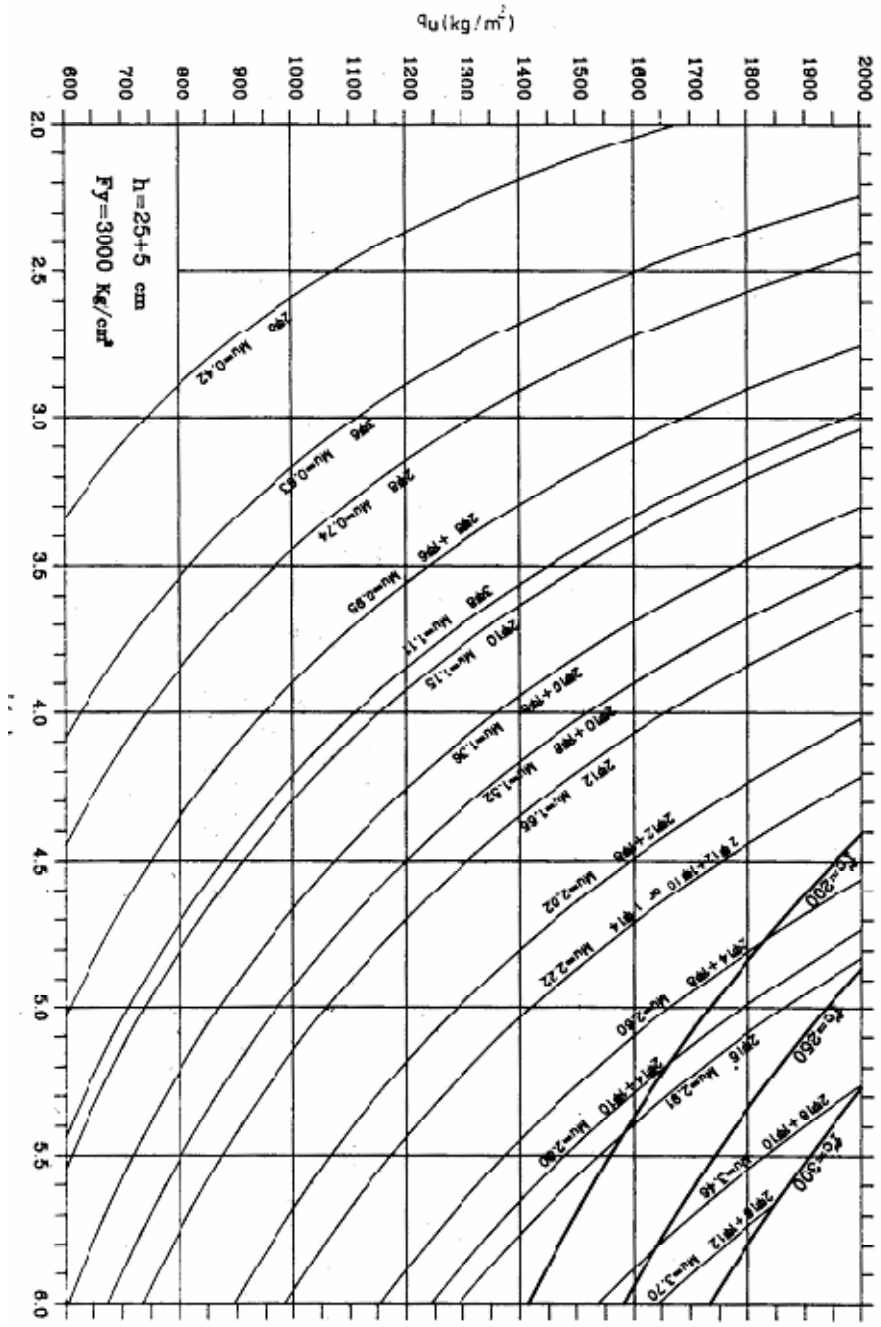


نمودار(3-3)آرماتور خمشي در تيرچه با ارتفاع كلي 25وf_y=4000$\frac{kg}{cm^2}$

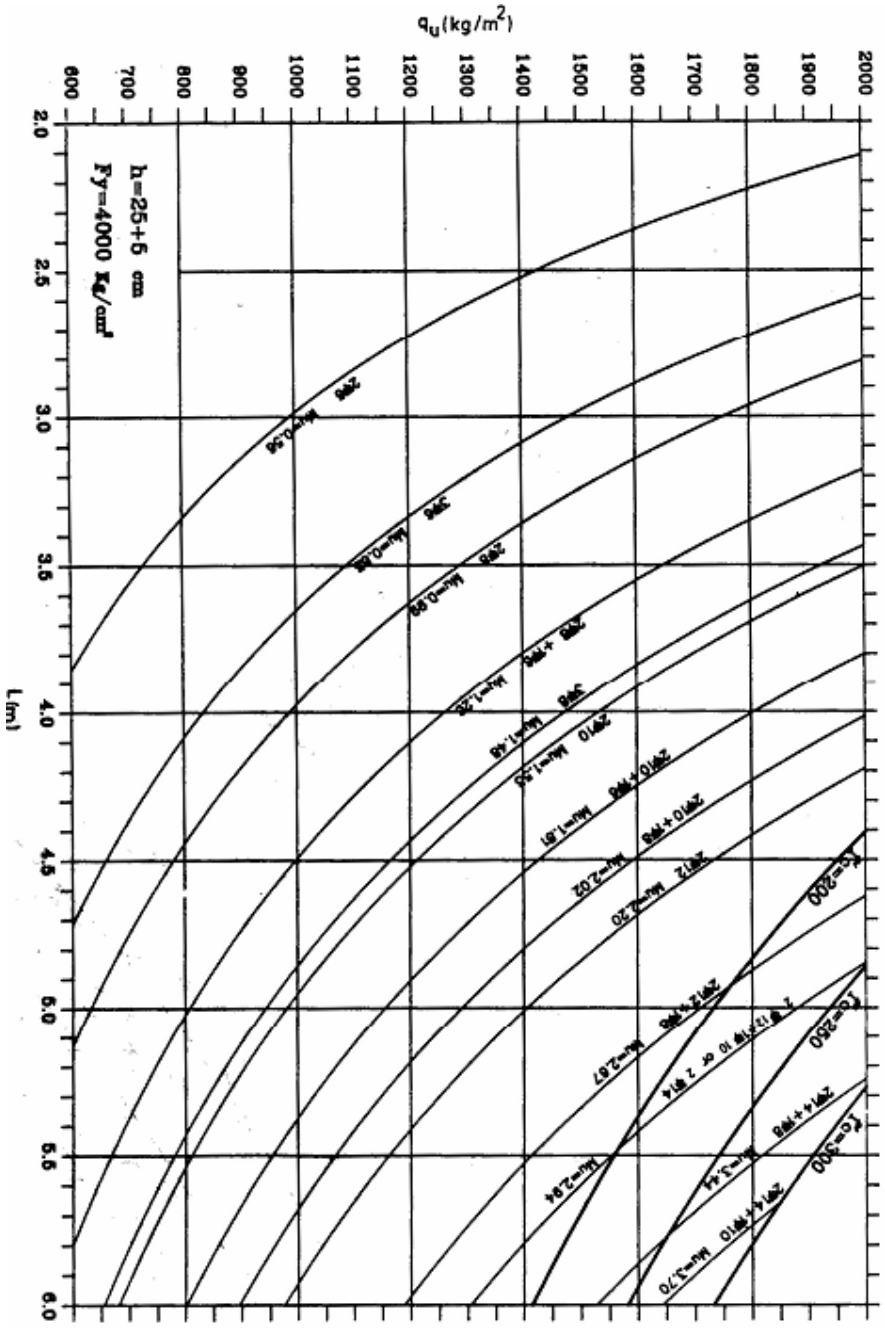


نمودار (۳-۴) آرماتورهای خمشی در تیرچه با ارتفاع کلی ۳۰ و $F_y = 2400\,Kg/cm^2$

نمودار(3-4)آرماتور خمشي در تيرچه با ارتفاع كلي 30وf_y=2400$\frac{kg}{\mathrm{cm}^2}$



نمودار(3-5)آرماتور خمشي در تيرچه با ارتفاع كلي 30وf_y=3000$\frac{kg}{\mathrm{cm}^2}$



نمودار (۳-۶) آرماتورهای خمشی در تیرچه با ارتفاع کلی ۳۰ و $F_y = 4000\,Kg/cm^2$

نمودار(3-6)آرماتور خمشي در تيرچه با ارتفاع كلي 30وf_y=4000$\frac{kg}{\mathrm{cm}^2}$

نکات عمومی در مورد سقفهای دارای تیرچه بتنی :

1 – مشخصات این نوع سقف بر اساس نشریه شماره 94 سازمان برنامه و بودجه تعیین می‌شود

2 – در تمامی سقفهای معرفی شده ، میلگرد افت و حرارت با قطر 6 میلیمتر کفایت می کند. چنانچه فاصله آکس تا آکس تیرچه‌ها تا 50 سانتیمتر باشد، در جهت تیرچه‌ها بین هر دو تیرچه یک عدد و چنانچه فاصله آکس تا آکس تیرچه‌ها بیش از 50 سانتیمتر باشد، در جهت تیرچه‌ها بین هر دو تیرچه دو عدد میلگرد حرارتی مورد نیاز است. میلگردهای حرارتی در خلاف جهت تیرچه‌ها هر 25 سانتیمتر یک عدد می‌بایستی اجرا گردد.

3 – میلگرد تقویت ممان منفی تیرچه‌ها حداقل می‌بایستی سطح مقطعی برابر 15٪ سطح مقطع میلگردهای کششی همان تیرچه را دارا باشد و طول آنها از هر طرف یک پنجم طول تیرچه باشد. باید توجه نمود که این میلگردها را با میلگردهای تقویت برشی (اتکای سر تیرچه) اشتباه نکنیم. این میلگردها درون جان تیرچه خم نمی‌خورد بلکه بصورت صاف به میلگرد فوقانی تیرچه‌ها بسته می‌شود.

4 – در سقفهایی که بار زنده کمتر از 350 کیلوگرم بر متر مربع باشد ، در دهانه‌های زیر 4 متر نیازی به کلاف میانی (Tie Beam) نمی‌باشد و در دهانه‌های بین 4 تا 5.30 متر یک کلاف میانی و در دهانه‌های بیش از 5.30 متر دو کلاف میانی مورد نیاز است. در تمام این حالات حداقل سطح مقطع کل میلگردهای طولی کلافهای میانی بایستی برابر نصف سطح مقطع میلگرد کششی تیرچه‌ها باشد.

5 – در سقفهایی که بار زنده بیشتر از 350 کیلوگرم بر متر مربع باشد ، در دهانه‌های زیر 4 متر یک کلاف میانی (Tie Beam) و در دهانه‌های بین 4 تا 7 متر دو کلاف میانی و در دهانه‌های بیش از 7 متر سه کلاف میانی مورد نیاز است. در تمام این حالات حداقل سطح مقطع کل میلگردهای طولی کلافهای میانی بایستی برابر کل سطح مقطع میلگرد کششی تیرچه‌ها باشد.

6 – میلگرد زیگزاگ تیرچه‌ها برای هر طول تیرچه بصورت جداگانه بایستی طراحی گردد.

7 – در سقفهایی که خیز مطرح نباشد می‌توان تا دهانه‌ای معادل 32 برابر ضخامت سقف ، از این سقفها استفاده نمود. اما اگر خیز مطرح بوده و تیرهای اسکلت دارای تکیه‌گاه گیردار باشند حداکثر دهانه مجاز 26 برابر ضخامت سقف و در صورتیکه تیرهای اسکلت دارای تکیه‌گاه ساده باشند حداکثر دهانه مجاز 20 برابر ضخامت سقف می‌باشد.

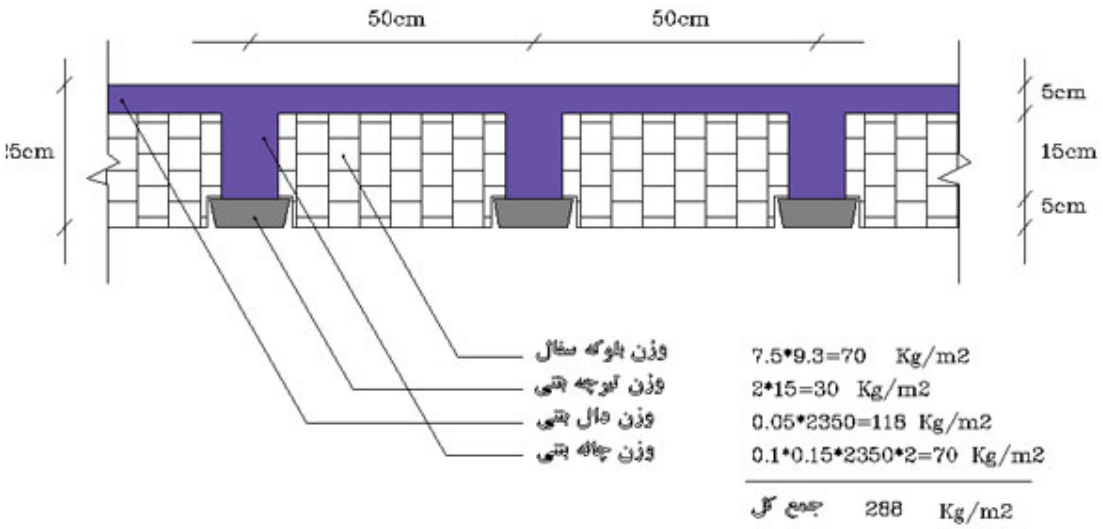
8 – در این سقفها چنانچه میلگرد زیگزاگ برای برش انتهایی محاسبه شود، نیازی به تقویت برشگیر (اتکای سر تیرچه) نمی‌باشد. ولی در صورتیکه میلگردهای زیگزاگ برش انتهایی را جوابگو نباشند باید از تقویت برشی (اتکا) طبق محاسبه استفاده نمود.

نکتهٔ مهم : دانستن این نکته مهم است که محدودیت و تعدد انواع سقفهای تیرچه و بلوک قابل اجرا دقیقاً بستگی به وجود انواع بلوکه‌های سقفی موجود در بازار دارد و از آنجا که بدلیل حجم و وزن زیاد بلوکه‌های سقفی عملاً حمل و نقل آن از یک نقطه کشور به نقطه‌ای دیگر مقرون به صرفه نمی‌باشد، بنابراین ممکن است در بعضی نقاط کشور عملاً امکان اجرای برخی از سقفهای معرفی شده زیر بدلیل نبودن بلوکه متناسب با آن وجود نداشته باشد و یا احیاناً در بعضی مناطق علاوه بر سقفهای معرفی شده زیر بتوان سقفهای دیگری نیز اجرا نمود. درضمن لازم به ذکر است که با استفاده توأم انواع بلوکه‌های سقفی با مواد دیگر (مانند یونولیت) گاه بنا به ضرورت می‌توان سقفهایی با ارتفاع بیشتر نیز اجرا نمود.

کد سقف : R1

نوع سقف : تیرچه بتنی با بلوکه سفال

ارتفاع کل سقف : 25 سانتیمتر - مرکز تا مرکز تیرچه‌ها 50 سانتیمتر



محاسن :

1 – این سقف دارای وزنی متعادل در محدوده وزن سقفهای کرومیت می‌باشد.

2 – قیمت تمام شده این سقف معمولا پایین است خصوصا در دهانه‌های کوچکتر این اختلاف قیمت کاملا تأثیر گذار است.

3 – بدلیل شمع بندی در حین اجرا این سقف لرزش کمتری نسبت به سقفهای کرومیت و کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

4 – سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

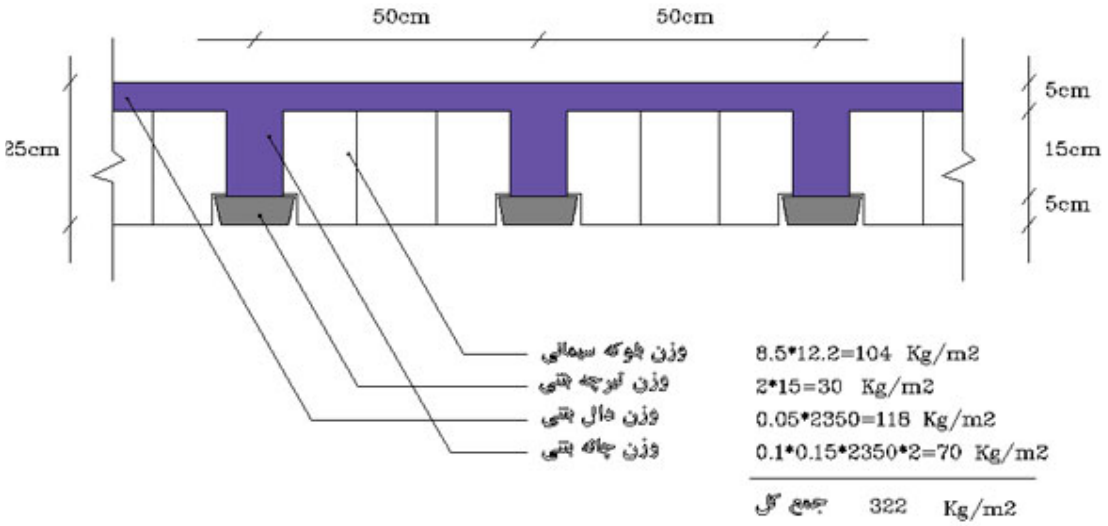
نقاط ضعف احتمالی :

نقطه ضعف مشهودی را نمی توان برای این سقف برشمرد.

کد سقف : R2

نوع سقف : تیرچه بتنی با بلوکه سیمانی

ارتفاع کل سقف : 25 سانتیمتر – مرکز تا مرکز تیرچه‌ها 50 سانتیمتر



محاسن :

1 – قیمت تمام شده این سقف نیز نسبت به سایر سقفها معمولا پایین است.

2 – بدلیل شمع بندی در حین اجرا این سقف لرزش کمتری نسبت به سقفهای کرومیت و کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

3 – سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

نقاط ضعف احتمالی :

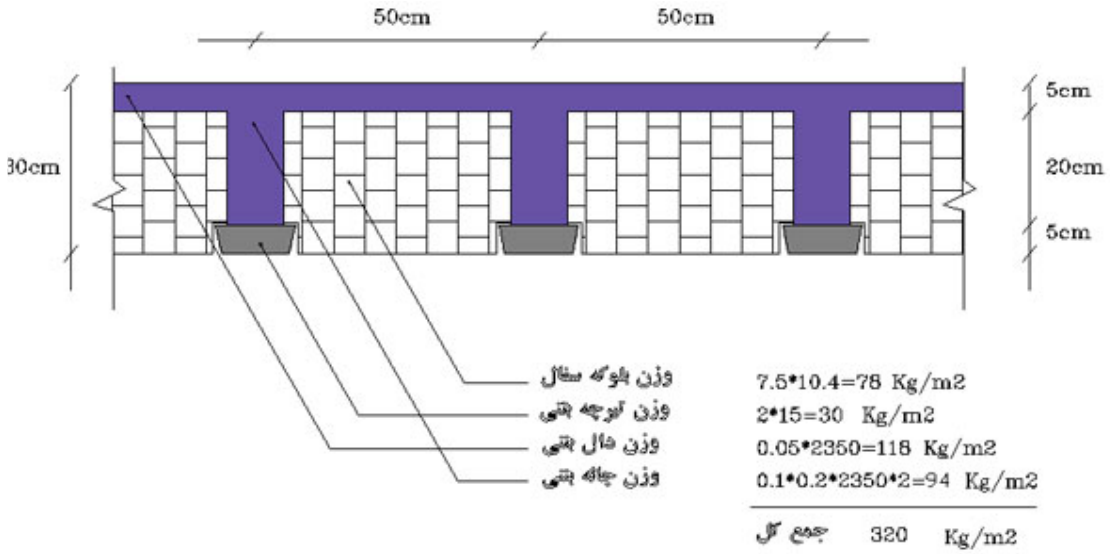
1 – این سقف در مقایسه با سقف R1 سنگین‌تر است و جزو سقفهای نسبتا سنگین محسوب می‌گردد. معمولا تنها زمانی از این سقف استفاده می‌شود که امکان اجرای سقف R1 نباشد (مثلا زمانی که بلوکه سفال سقف R1 موجود نباشد)

2– از آنجا که وزن این سقف با سقف R3 تقریباً برابر است در دهانه های بلند تر معمولاً اجرای این سقف در مقایسه با سقف R3 مقرون به صرفه نخواهد بود.

کد سقف : R3

نوع سقف : تیرچه بتنی با بلوکه سفال

ارتفاع کل سقف : 30 سانتیمتر - مرکز تا مرکز تیرچه‌ها 50 سانتیمتر



محاسن :

1 – این سقف لرزش کمتری نسبت به تمام سقفهای معرفی شده و سقفهای کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

2 – سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

3 – از آنجا که وزن این سقف با سقف R2 تقریبا برابر است در دهانه‌های بلندتر معمولا اجرایی این سقف در مقایسه با سقف R2 مقرون به صرفه و اصولی‌تر خواهد بود.

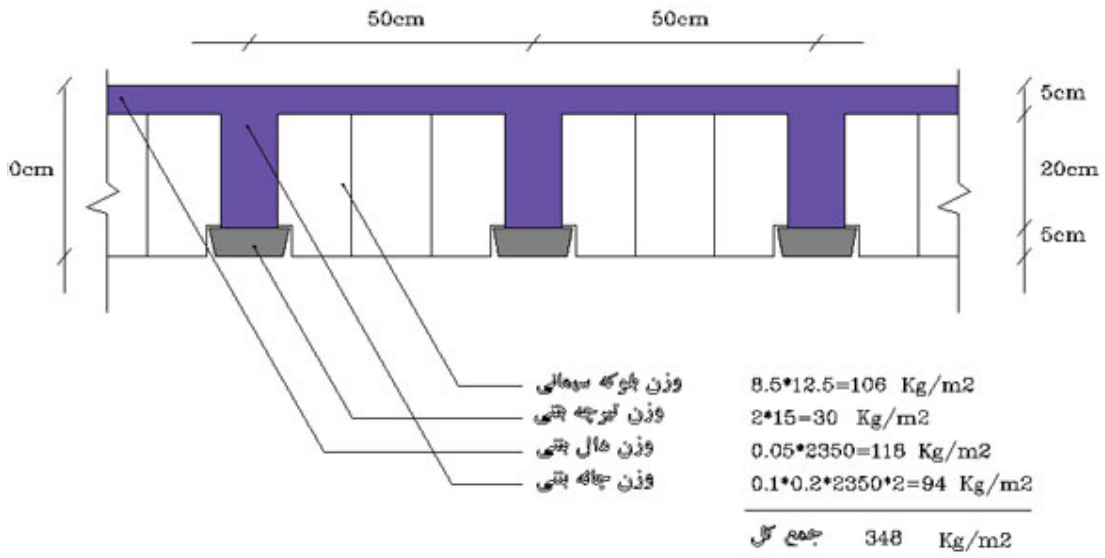
نقاط ضعف احتمالی :

این سقف جزو سقفهای نسبتا سنگین محسوب می‌گردد.

کد سقف : R4

نوع سقف : تیرچه بتنی با بلوکه سیمانی

ارتفاع کل سقف : 30 سانتیمتر - مرکز تا مرکز تیرچه‌ها 50 سانتیمتر



محاسن :

1 – این سقف نیز لرزش کمتری نسبت به تمام سقفهای معرفی شده و سقفهای کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از سقفهای کرومیت و کامپوزیت بهتر عمل می‌کند.

2 – سطح نسبتا صافی در زیر سقف میدهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

نقاط ضعف احتمالی :

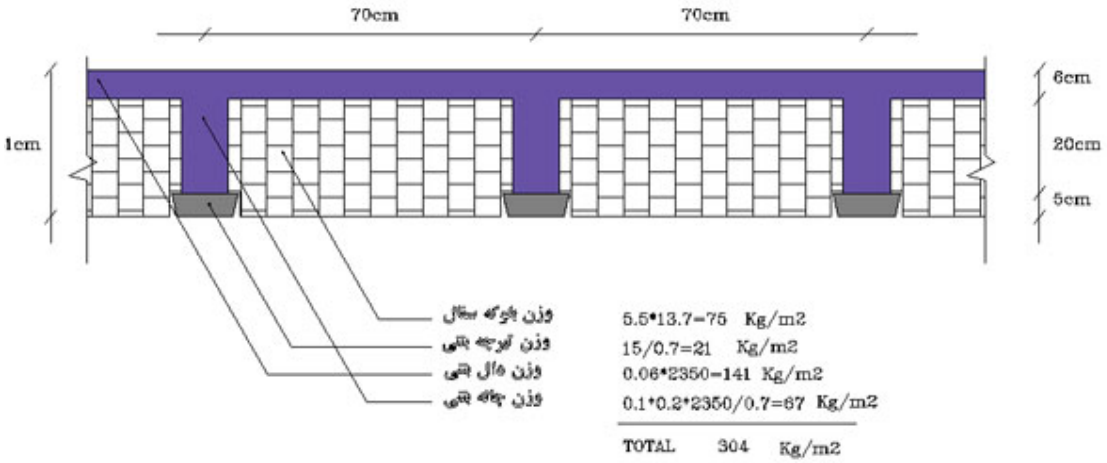
1 – این سقف جزو سقفهای سنگین محسوب می‌گردد.

2 – معمولا اجرای این سقف با توجه به وزن آن توجیه اقتصادی ندارد.

کد سقف : R5

نوع سقف : تیرچه بتنی با بلوکه سفال

ارتفاع کل سقف : 31 سانتیمتر - مرکز تا مرکز تیرچه‌ها 70 سانتیمتر



محاسن :

1 – این سقف لرزش کمتری نسبت به سقفهای کرومیت و کامپوزیت دارد و به لحاظ عایق صوت و حرارت از آنها بهتر عمل میکند.

2 – سطح نسبتا صافی در زیر سقف می‌دهد و به کاذب کاری نیازی ندارد.

3 – در مقایسه با سقف R3 علاوه بر اینکه وزن کمتری دارد معمولا در دهانه‌های کوتاهتر به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است.

نقاط ضعف احتمالی :

1 – این سقف جزو سقفهای نسبتا سنگین محسوب می گردد.

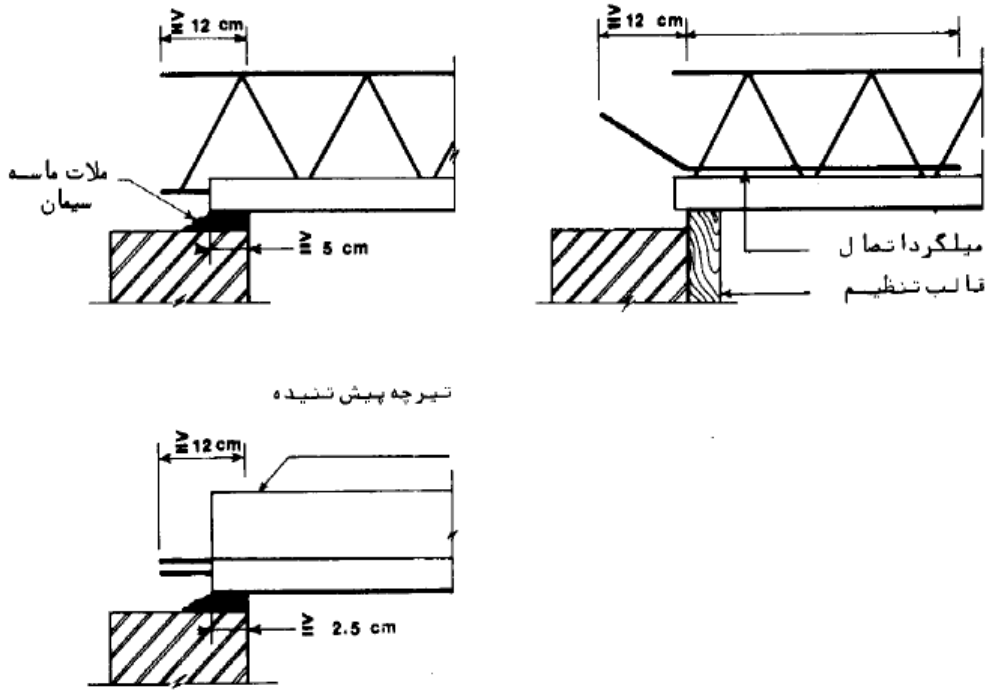
نصب تیرچه بتنی :

قبل از نصب تیرچه ها لازم است اختلاف سطح سقف های ساختمان و همچنین محل طره ها وتیغه بندی روی سقف وبازشو ومحل عبور لوله های بخاری وغیره ،براساس نقشه های اجرایی به دقت مورد بازرسی وکنترل قرار گیرند،تاضمن تصحیح اشتباهات احتمالی مربوط به تراز تکیه گاه ها وغیره،اقدامات اجرایی در حین نصب تیرچه ها ویا قبل از آن صورت گیرد.همچنین قبل از نصب هر تیرچه روی تکیه گاه مربوط باید سلامت آن تیرچه از نظر ظاهری مورد بازدید مجدد قرار گیردتا تیرچه های معیوب کنار گذاشته شوند وقبل اصلاح مصرف نشوند.

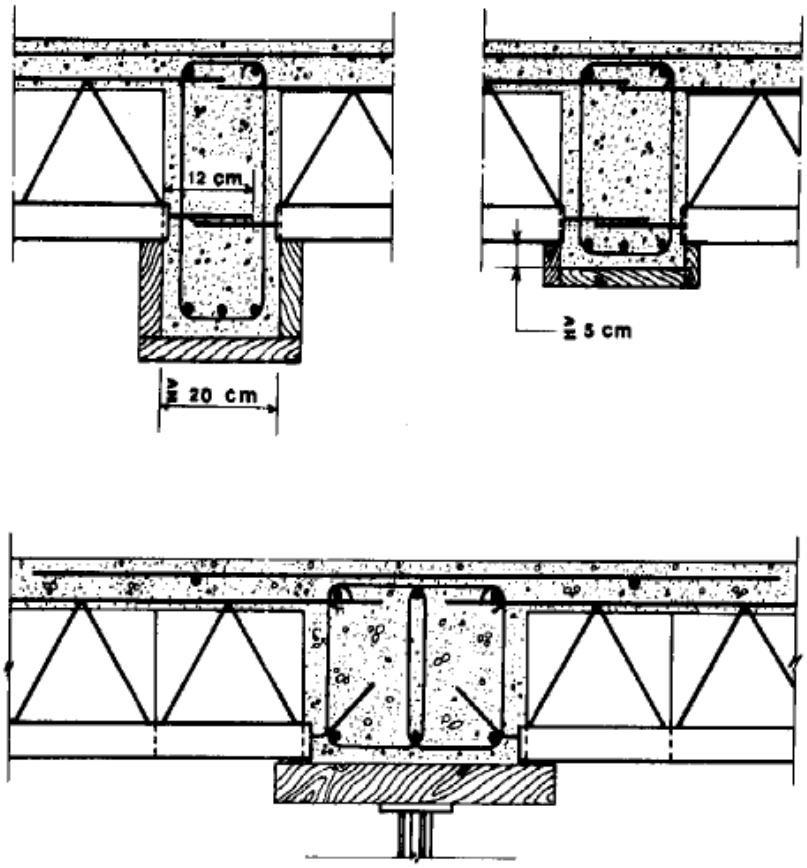
در صورتی که طول تیرچه بزرگتر از اندازه لازم باشد ،برش پاشنه تیر بوسیله قلم تیز یا دستگاه فرز انجام شودواز ایراد ضربه با چکش برای شکستن بتن پاشنه خودداری نمود.طول اضافی میلگردها نیز با قیچی ،دستگاه برش آهن یا دستگاه جوشکاری بریده گردد.

تیرچه های خرپایی و پیش تنیده باید به دقت در فواصل مساوی ودر امتداد تعیین شده روی دیوار باربر یا تیرآهن یا قالب تیر بتنی ،قرار داده شوند.حداقل طول اتکای پاشنه بتنی تیرچه ها ی خرپایی روی دیوار پنج سانتی متر ودر مورد تیرچه های پیش تنیده دونیم سانتی متر می باشد.اگر حداقل طول اتکا برای نصب تیرچه فراهم نشده باشد باید با اجرای شمع بندی وقالب بندی مناسب تکیه گاه لازم را فراهم نمود.(شکل14)البته فولاد کششی تیرچه ها باید دست کم به اندازه 12سانتی متر به

داخل تکیه گاه ادامه داشته باشد.در غیر این صورت مطابق شکل(14)میلگرد اتصال با سطح مقطع معادل میلگرد کششی وبا طول پوشش کافی در انتهای تیرچه نصب گردد.



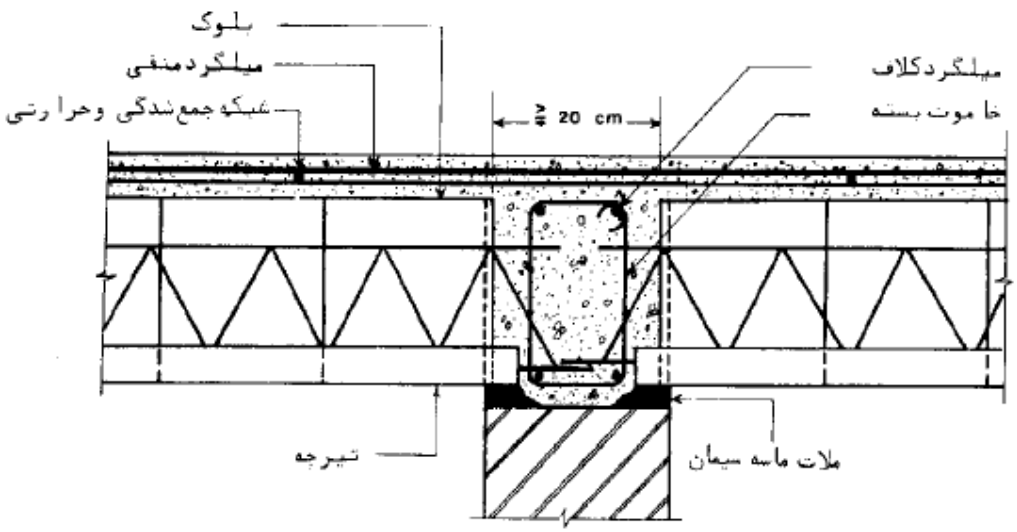
شکل ۱۴ . نحوه استقرار تیرچه‌ها روی دیوار باربر و قالب چوبی و نصب میلگرد اتصال



شکل ۱۵ . نحوه استقرار تیرچه روی قالب تیر بتنی

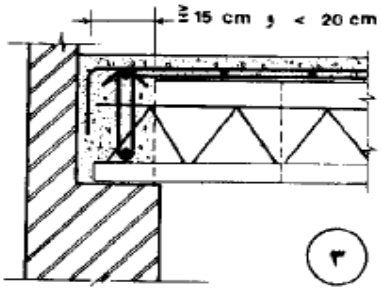
تنظیم فواصل تیرچه ها از یکدیگر با نصب دو بلوک انتهایی در دوسر تیرچه انجام میپذیرد وباید دقت شود تا بلوک های انتهایی روی تکیه گاه قرار نگیرند.توصیه میشود برای بلوک های مجاور تیرها وکلاف های بتنی از بلوک های ته بسته که به همین منظور ساخته میشوند استفاده گردد تا هنگام بتن ریزی از پرشدن قسمت های خالی بلوک که موجب مصرف بیهوده بتن و سنگین شدن سقف میشود جلوگیری نمود.

جزئیات اجرایی

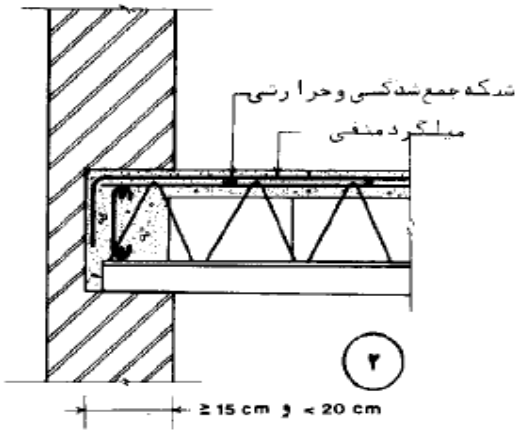


۱

عنوان : استقرار سقف روی دیوار باربر بنایی



۳



۲

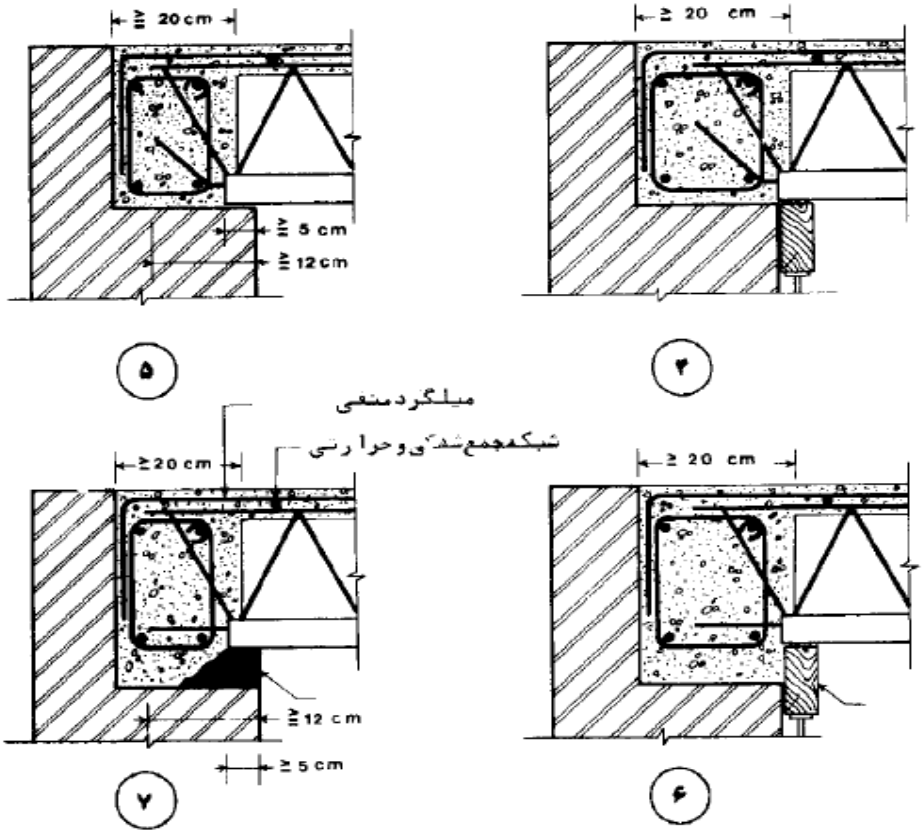
توضیح :

۱ . استقرار سقف از دو طرف ، روی دیوار باربر .

۲ . استقرار سقف ، به کمک کلاف کم عرض شامل قلاب دوخت .

۳ . استقرار سقف ، به کمک کلاف کم عرض شامل حلقه دوخت .

عنوان : استقرار سقف روی دیوار باربر بنایی .



توضیح :

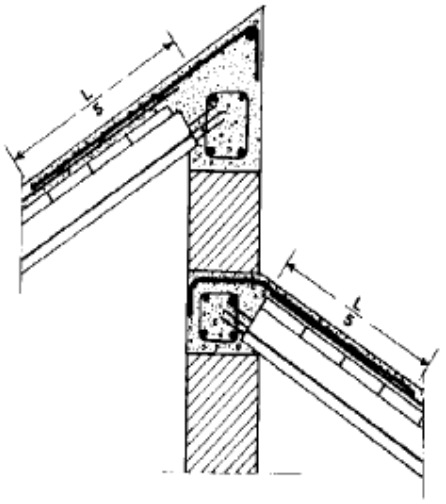
۴ . طول پاشنه تیرچه برای استقرار روی دیوار ، کافی نیست .

۵ . طول پاشنه تیرچه کافی است .

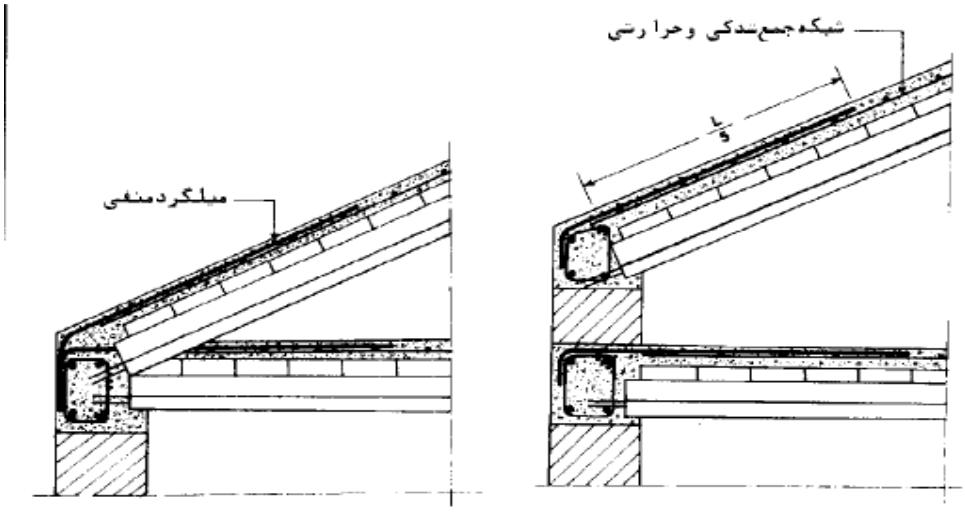
۶ . تراز دیوار اجرا شده ، کمتر از اندازه پیش بینی شده برای اجرای سقف است . تیرچه به کمک شمع ، در تراز مورد نظر قرار می‌گیرد .

۷ . تراز دیوار اجرا شده ، کمتر از اندازه پیش بینی شده بوده ، ولی طول پاشنه تیرچه برای استقـــرار روی دیوار ، کافی است .

عنوان : استقرار سقف شیبدار ، روی‌دیوار باربر



۸

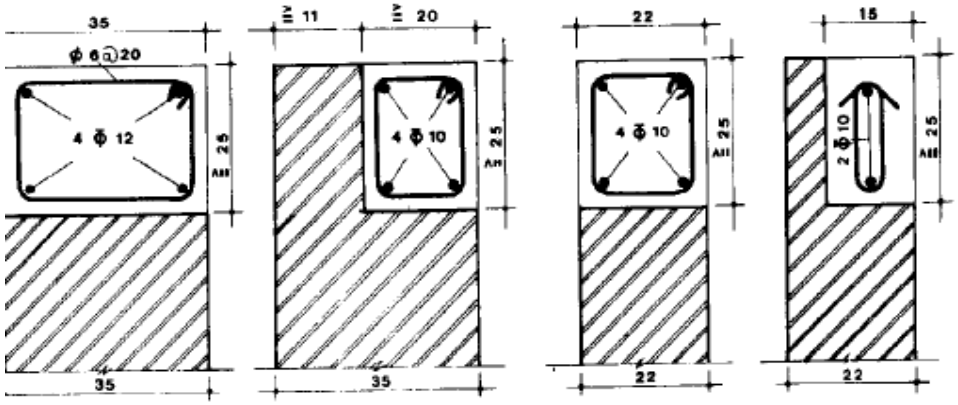


۹ ۱۰

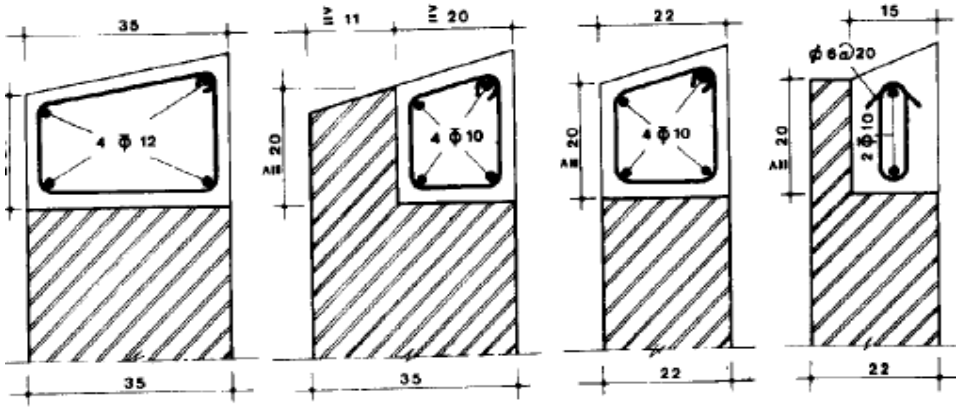
توضیح :

۸ ، ۹ و ۱۰ ، استقرار سقف‌شیبدار روی دیوار باربر ، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها در امتداد شیب باشد .

عنوان : برش عرضی کلاف ، روی‌دیوار باربر بنایی



(۱۱)



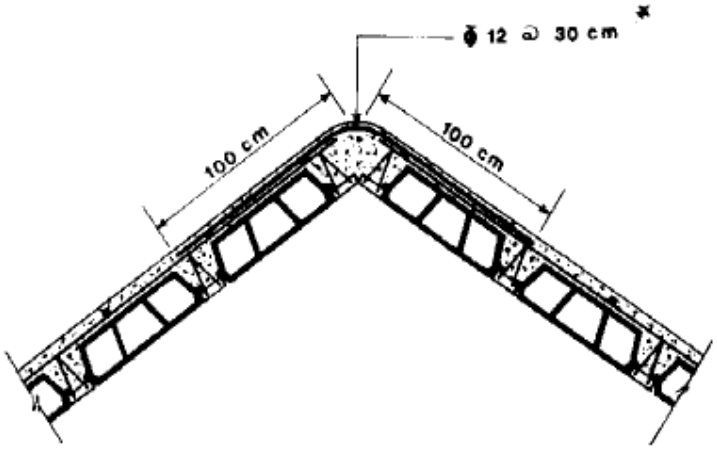
(۱۲)

توضیح :

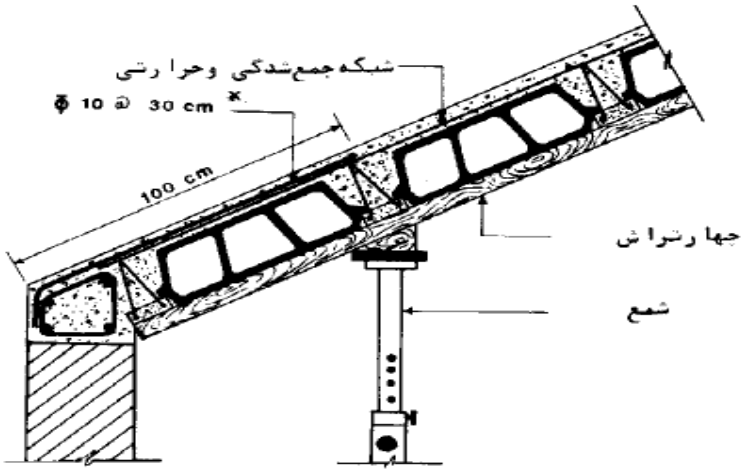
۱۱ . کلاف استقرار سقف بدون شیب ، روی دیوار باربر .

۱۲ . کلاف استقرار سقف شیبدار ، روی دیوار باربر .

عنوان: سقف شیبدار، با تیرچه‌های عمود بر امتداد شیب



۱۳



۱۳

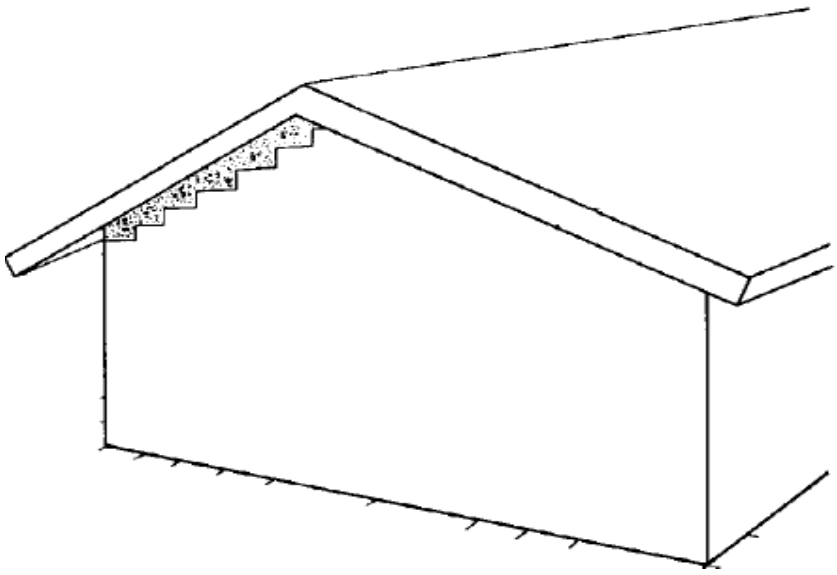
توضیح:

۱۳. پیوستگی در محل تغییر شیب.

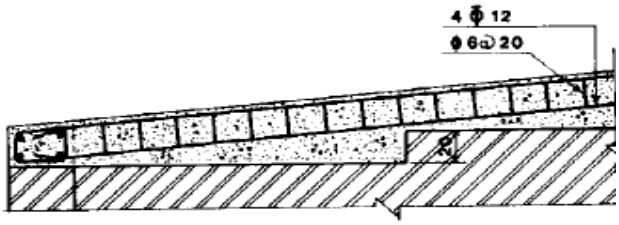
۱۴ قالب‌بندی و کلاف روی دیوار باربر.

* مقادیر فولاد توصیه شده، براساس تجربه.

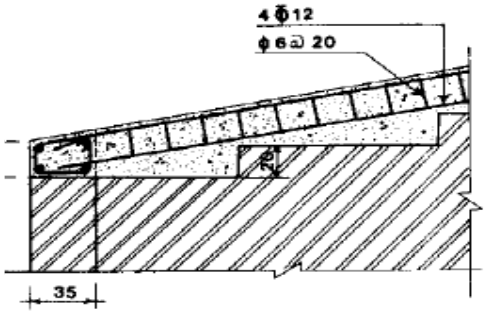
عنوان : کلاف روی دیوار باربر ، برای اتصال سقف شیبدار



۱۵



۱۶



۱۷

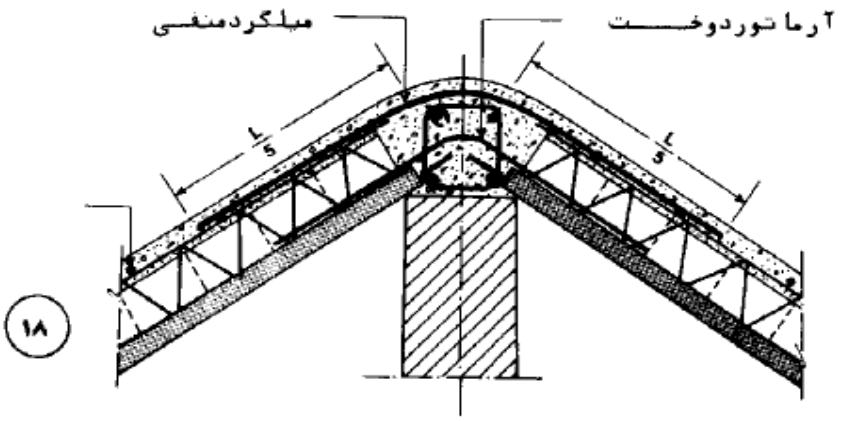
توضیح :

۱۵ ، شمای کلی کلاف سقف شیبدار روی دیوار باربر . در حالتی که تیرچه‌ها در امتداد عمود بر شیب قرار دارند .

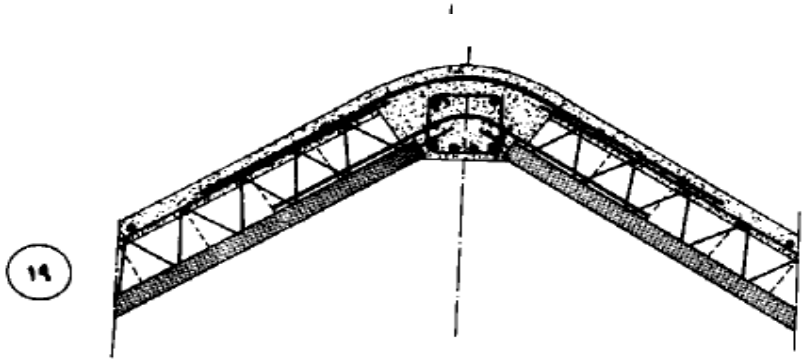
۱۶ ، جزئیات کلاف ، در حالت شیب کم .

۱۷ ، جزئیات کلاف ، در حالت شیب زیاد .

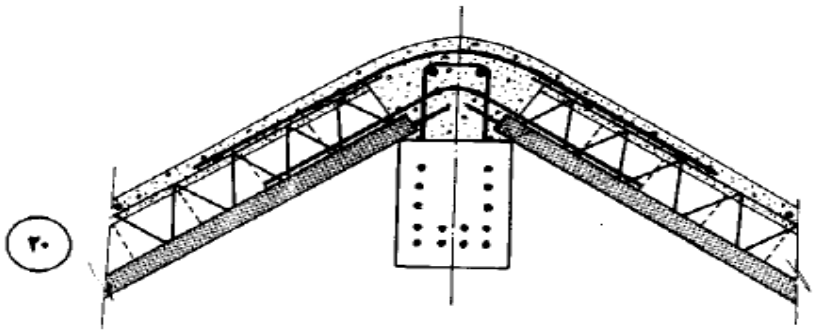
عنوان : استقرار سقف شیبدار روی دیوار باربر ، تیر بتنی
درجا و تیر بتنی پیش ساخته



۱۸



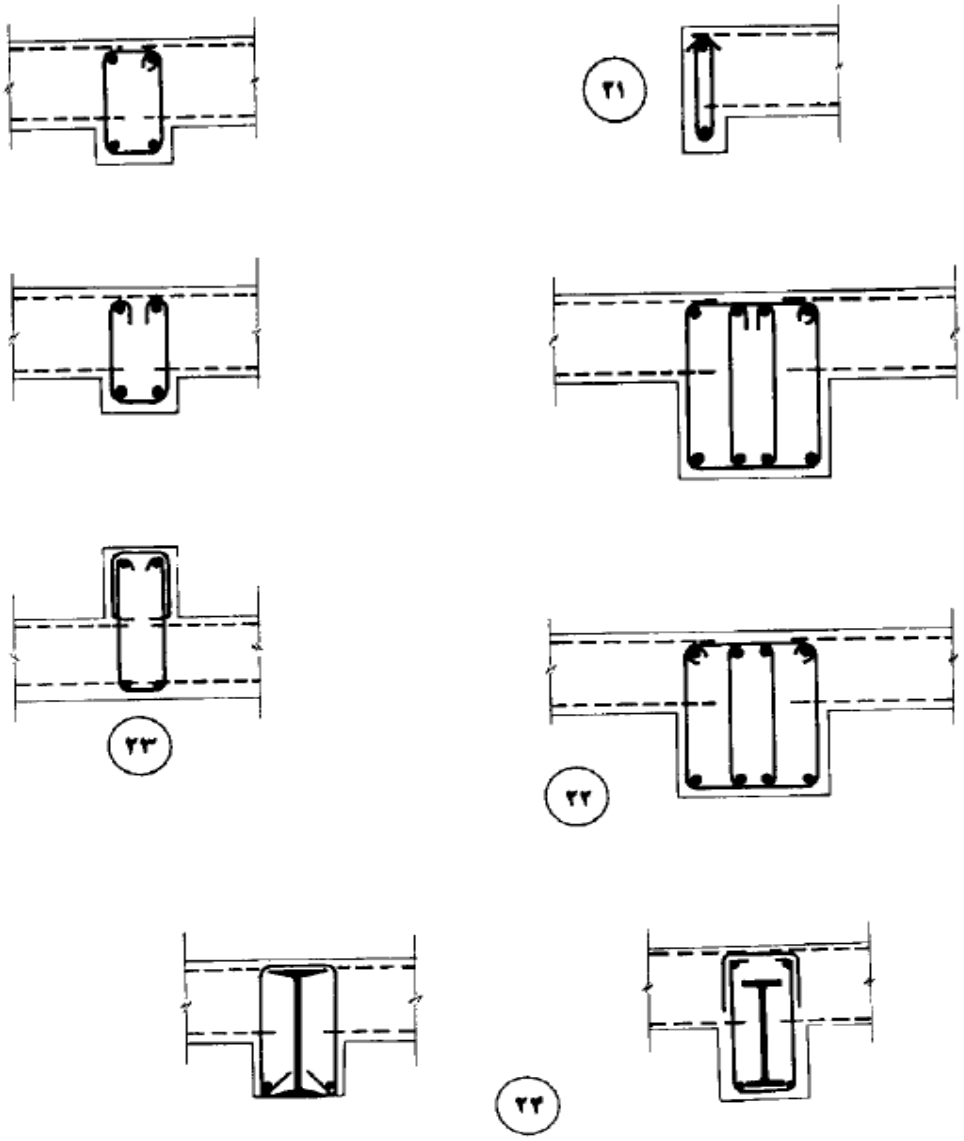
۱۹



۲۰

توضیح :
۱۸ . استقرار سقف شیبدار روی دیوار باربر
۱۹ . استقرار سقف شیبدار روی تیر بتنی درجا
۲۰ . استقرار سقف شیبدار روی تیر بتنی پیش ساخته

عنوان : برخی از انواع فولادهای عرضی تیرهای بتنی و مختلط باربر



توضیح :

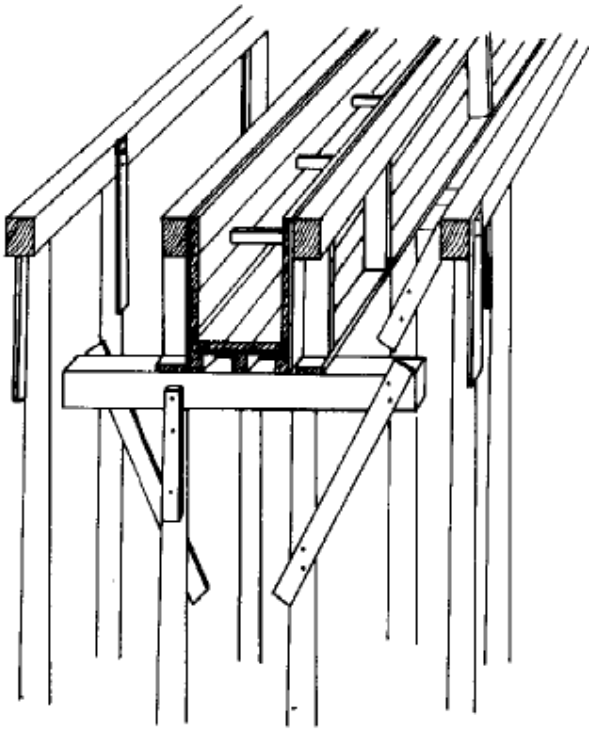
۲۱. حلقه دوخت برای تیرهای کم عرض

۲۲. تنگ و رکابی برای تیرهای عریض

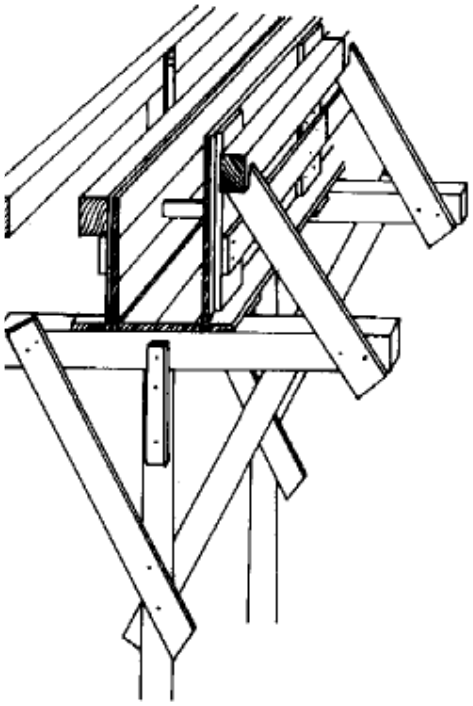
۲۳. تنگ و رکابی برای تیرهای با عرض متوسط

۲۴. آرماتور عرضی تیر مختلط

عنوان: نحوهٔ قالب‌بندی تیرهای بتنی



۲۵



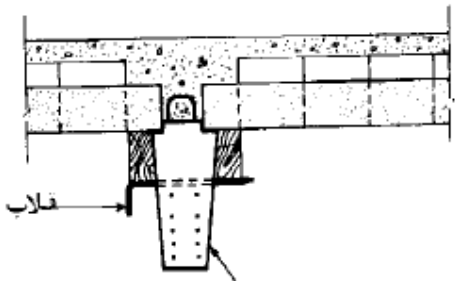
۲۶

توضیح:

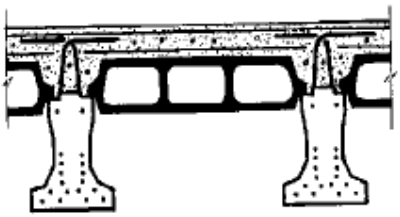
۲۵. نحوه قالب‌بندی‌تیرهای بتنی، در تکیه‌گاه میانی.

۲۶. نحوه قالب‌بندی تیرهای بتنی، در تکیه‌گاه کناری.

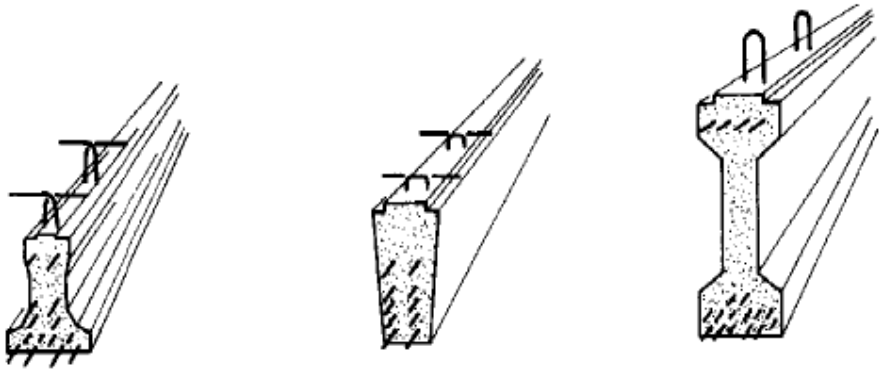
عنوان : استقرار سقف ، روی تیرهای پیش ساخته بتنی

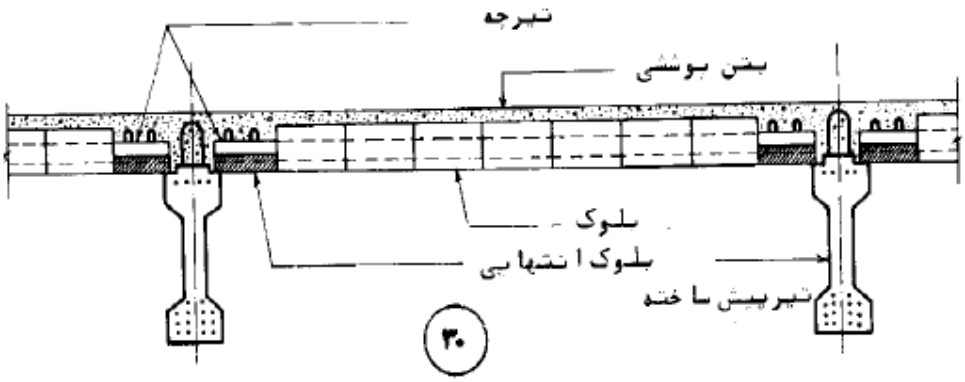


۲۷



۲۸





۳۰

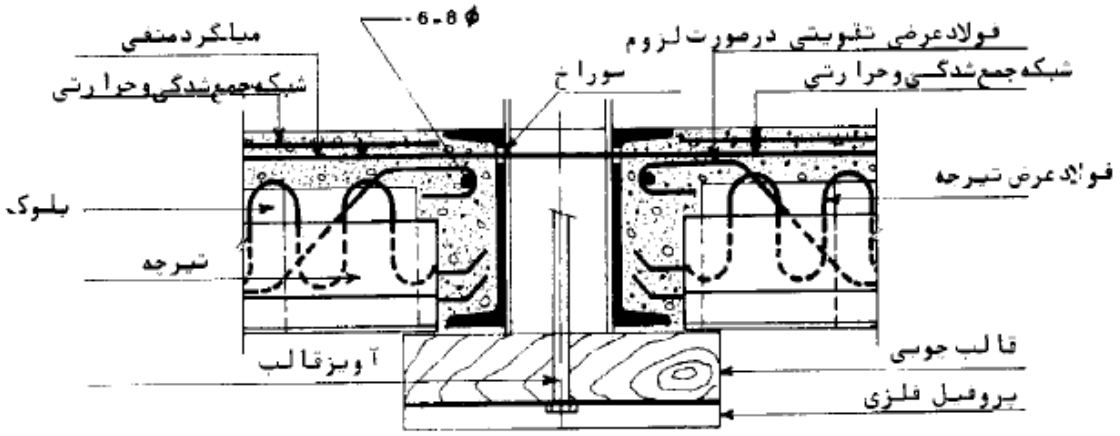
توضیح:

۲۷ و ۳۰. نحوه قالب‌بندی و استقرار تیرچه‌ها ، روی تیر پیش ساخته بتنی .

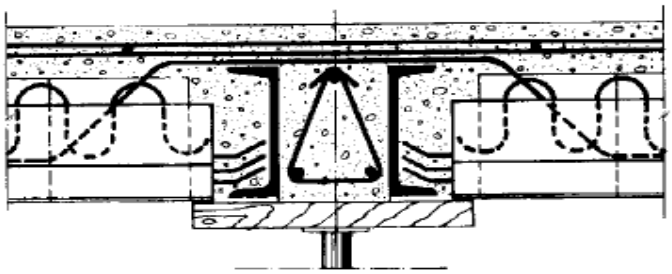
۲۸. حالت خاص سقف تیرچه و بلوک ، برای دهانه‌های بزرگ و سربار سنگین .

۲۹. سه مقطع نمونه از تیرهای پیش ساخته بتنی .

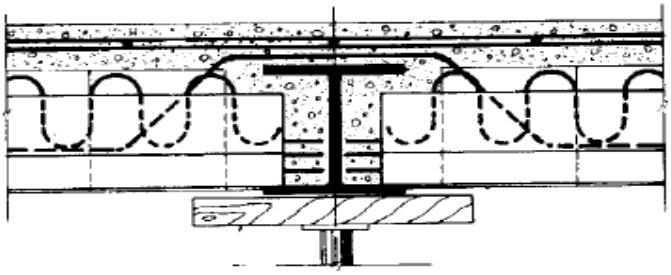
عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و نحوهٔ قالب‌بندی کلاف (تیرهای پیش تنیده)



(۳۱)



(۳۲)

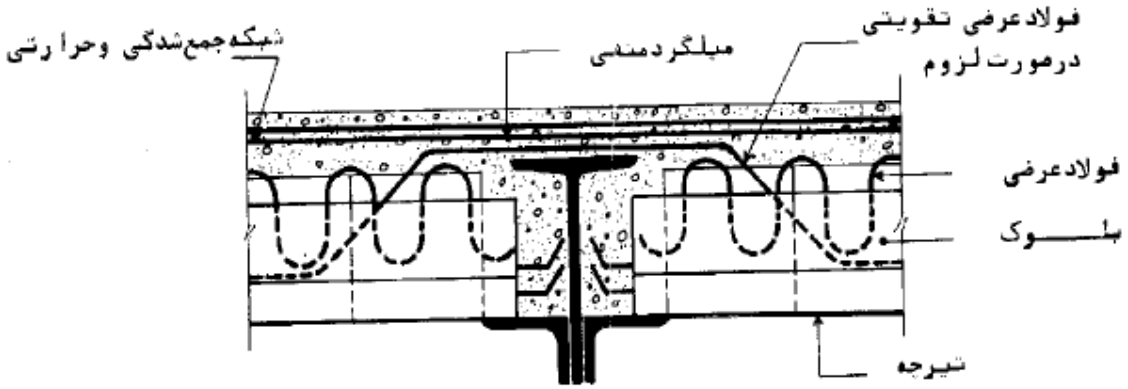


(۳۳)

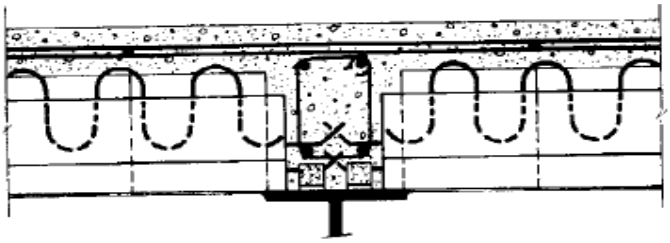
توضیح :

۳۱، ۳۲ و ۳۳. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیر باربر فولادی ، شامل قالب بندی کلاف و چگونگی اجرای اتصالها .

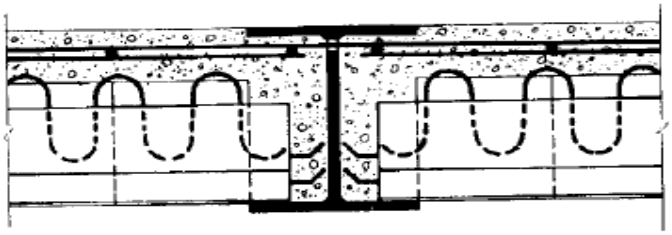
عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع بیشتر
از ضخامت سقف تیرچه‌ٔ پیش تنیده .



۳۷



۳۸

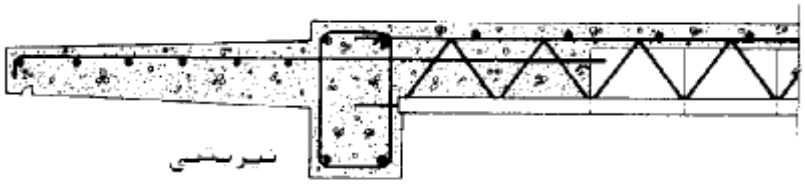


۳۹

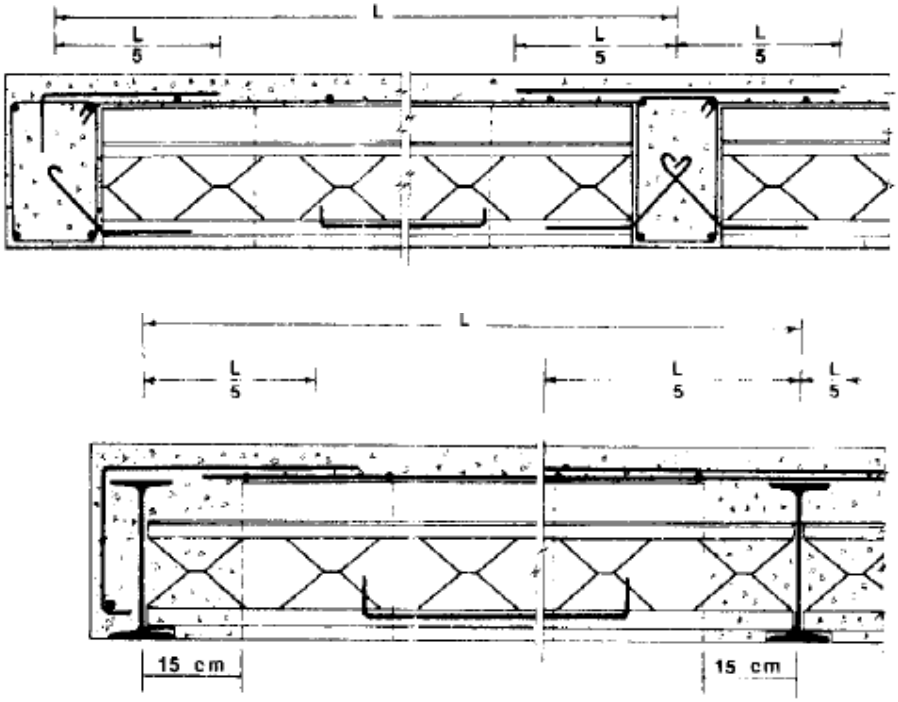
توضیح :

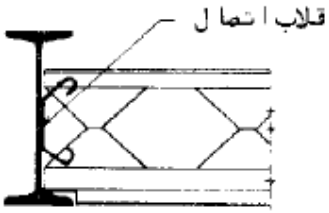
۳۷ ، ۳۸ و ۳۹ . نحوهٔ استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی .

عنوان: اتصال سقف تیرچه و بلوک ، با دال طره‌ای بتنی .

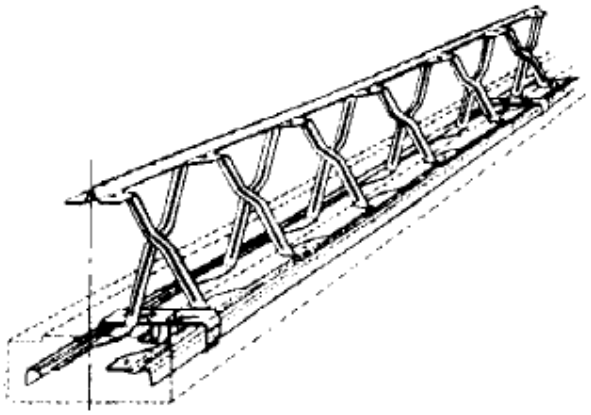


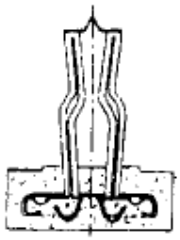
عنوان: تیرچه خرپایی ساخته شده از ورق فلزی .

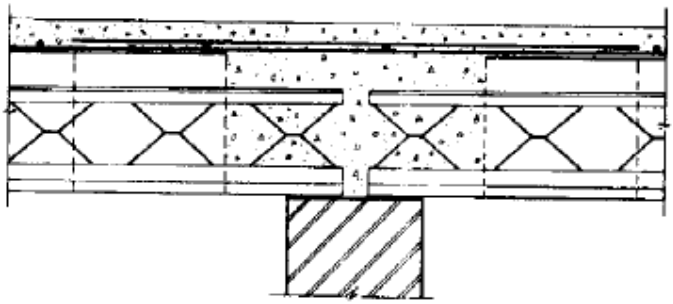




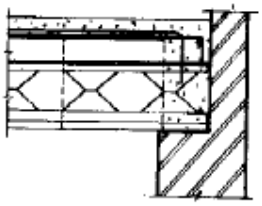
عنوان : تیرچه خرپایی ساخته شده از ورق فلزی .







~ 4 cm



≥ 15 cm و > 20 cm

≥ 22 cm

ثیرچه فلزي با جان باز

مقدمه:

تیرچه های فولادی با جان باز ، خرپاهای ویژه دو سر ساده ای هستند که برای توزیع یک نواخت بار سقف به تکیه گاه ها به کار می روند.در سال های اخیر شاهد استفاده گسترده از سقف های تیرچه بلوک با تیرچه فلزی با جان باز(اصطلاحا کرومیت)می باشیم.سرعت نسبتا بالای اجرای این نوع سقف ها به سبب عدم نیاز به شمع بندی (خودایستا)وشاید قیمت تمام شده کمتر ازآنها موجب افزایش تمایل برای استفاده از تیرچه های فولادی با جان باز گشته است. در این سیستم سقف از تیرچه های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن استفاده می شود . درساخت تیرچه های مذکور از یک تسمه، نبشی و یا چند میلگرد در بال فوقانی و یک تسمه در بال تحتانی ونیز یک میلگرد خم شده در جان استفاده می شود. برای پر کردن فضای خالی بین تیرچه ها از قالب های ثابت مانند بلوکهای سیمانی، سفالی و طاق ضربی یا قالبهای موقت فولادی و چوبی استفاده می شود تیرچه ها به نحوی طراحی می شوند که بتوانند وزن بتن خیس، قالبها و عوامل اجرایی سقف را به تنهایی تحمل کنند. پس از بتن به ۷۵٪ مقاومت مشخصه خود میرسد ، تیر چه های فولادی و بتن به صورت یک مقطع مختلط وارد عمل شده و بارهای مرده و زنده سقف را تحمل میکنند.

مزایای سقف تیرچه بلوک با تیرچه فولادی با جان باز:

1-عدم نیاز به شمع بندی: **طراحی سقف با این فرض انجام می شود که تیرچه ها به تنهایی (قبل از گرفتن بتن) توانایی تحمل وزن خود، بلوک، بتن خیس و عوامل اجرایی را داشته باشند. بنابراین، این سقف نیازی به شمع بندی در هیچ یک از مراحل عملیات اجرایی ندارد.**

2- سرعت و سهولت اجرا: **در این سیستم، اجرای سقف نسبت به سیستمهای مشابه آسان تر بوده و با سرعت بیشتری انجام می شود. ٤٨ ساعت پس از بتن ریزی، روی سقف قابل رفت و آمد و بارگذاری سبک بوده، میتوان عملیات ساختمانی را ادامه داد که این مزیت موجب کاهش زمان در روند عملیات ساخت می گردد.**

3- **امکان اجرای همزمان چند سقف: توجه به این که در سیستم این سقف هیچ گونه شمع بندی وجود ندارد، عملا می توان چند سقف را برای بتن ریزی آماده کرد و همزمان عملیات بتن ریزی را بر روی سقفها انجام داد. این کار برای ساختمانهای با طبقات زیاد و با زیر بنای کم بسیار مقرون به صرفه و مناسب می باشد.**

4-یکپارچگی سقف و اسکلت: به علت جوش شدن تیرچه ها به اسکلت، پس از گرفتن بتن، سقف و اسکلت یکپارچه شده و میتواند مانند یک دیافراگم صلب عمل کند . در اسکلتهای بتنی نیز با در نظر گرفتن قلابهای مخصوصی، امکان یکپارچگی بیشتری ایجاد میشود.

5- امکان طراحی و اجرای سقف با دهانه و باربری خاص: در سیستم کرمیت امکان طراحی و اجرای سقف با دهانه های بلند و بارهای سنگین وجود دارد . تاکنون سقف با دهانه تا **12** متر و همچنین سقف با شدت بار **7** تن بر متر مربع تجرا شده که در هر دو مورد، آزمایشهای بارگذاری ایمنی سقف را تأیید کرده اند .

6- مقاومت نهایی و شکل پذیری بالا: محاسبات و آزمایشهای بارگذاری روی سقف نشان می دهد که گسیختگی این سیستم پس از تغییر شکلهای بسیار زیاد اتفاق می افتد (گسیختگی نرم) و این رفتار سقف از نظر ایمنی مطلوب است .

7- امکان اجرای داکت (بازشو): به علت فاصله مناسب تیرچه ها (**75** تا **100** سانتیمتر) ایجاد داکت در سقف جهت عبور لوله های تأسیساتی، نصب دودکش، موتورخانه و شومینه، نصب توالت ایرانی و یا عبور کانال کولر براحتی امکان پذیر است و نیازی به قطع کردن تیرچه ها نمی باشد .

8-کاهش مصرف بتن و وزن کمتر سقف: به علت فاصله زیاد تیرچه ها (حدود **75** سانتیمتر محور به محور) از مصرف بتن در حدود **20** ٪ نسبت به سقفهای تیرچه بلوک معمولی کاسته شده و نهایتاً وزن سقف سبکتر می شود .

اعضای مختلف سقف تیرچه فلزی با جان باز:

سقف های تیرچه فولادی با جان باز در ترکیب با بتن ، از اجزای اصلی به شرح زیر تشکیل می شوند:

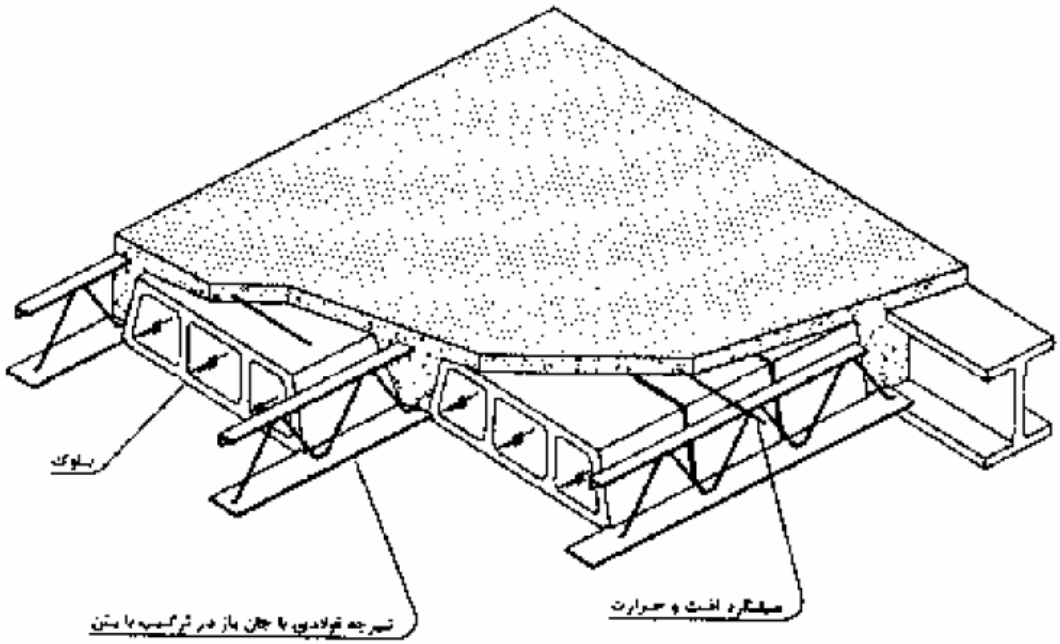
۱-تیرچه فولادی با جان باز

۲-بلوک

۳-میلگرد افت و حرارت

٤-کلاف عرضی

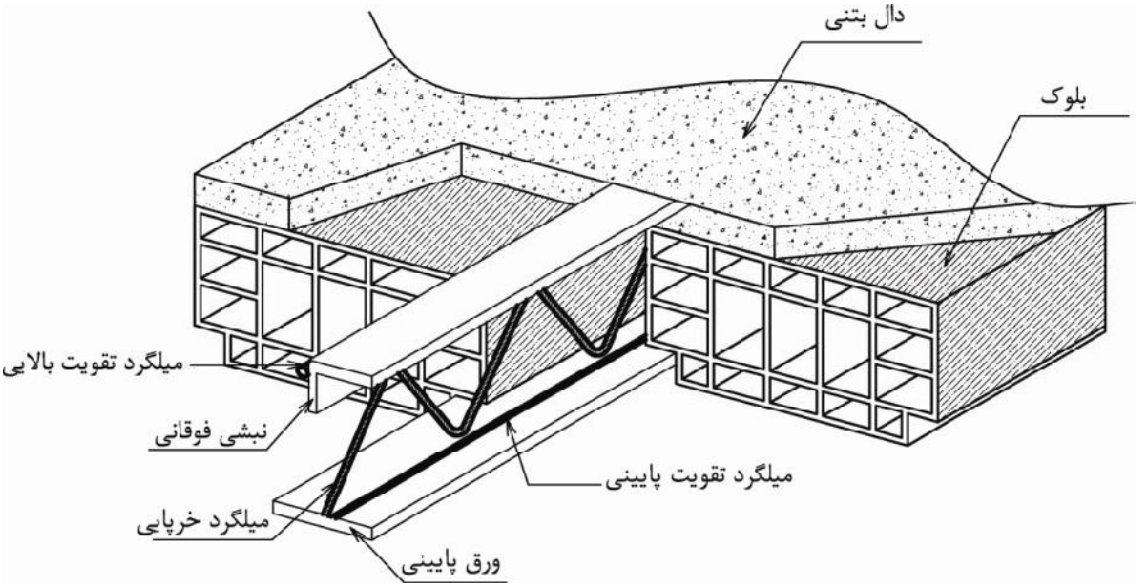
٥-بتن پوششی در جا



تیرچه فولادی با جان باز:

عضو پیش ساخته ای است که به صورت خرپاهای ویژه دوسر ساده اجرا می شود .تیرچه فولادی با جان باز در دو مرحله تحت بارگذاری قرار می گیرد:

درمرحله اول باربری ، تیرچه هنگام حمل و نقل ، بار ناشی از وزن خود را و در زمان اجرای سقف و قبل از گرفتن بتن ،بار مرده سقف(شامل وزن سقف، تیرچه، بلوک،بتن درجا و قالبها) و بار زنده عوامل اجرایی را در حد فاصل تکیه گاه های تیرچه تحمل می کند. در مرحله دوم باربری و پس از گرفتن بتن ، مقطع مرکب شامل تیرچه و بتن ، تنشهای ناشی از تمامی بارهای وارده به سقف را تحمل می کند. تیرچه فولادی با جان باز شامل بال تحتانی ، اعضای قطری و بال فوقانی می باشد.شکل زیر اجزای مختلف سقف تیرچه فولادی با جان باز رانمایش میدهد:



بال تحتانی (ورق پایینی):

بال تحتانی تیرچه که از تسمه ساخته می شود. بعنوان عضو کششی خرپا عمل کرده و بارهای وارده را تحمل می کند. عرض ورق پایینی حداقل 10 سانتی متر می باشد که تنها در دهانه های کمتر از 4 متر می توان از عرض 8 سانتی متر استفاده کرد. براساس بند 3-1-6 نشریه 151 حداقل ضخامت ورق پایینی 3 میلی متر می باشد اما به موجب بند 10-1-9-5 مبحث 10 مقررات ملی ساختمان ضخامت اجزای سازه ای که در فضای خارج و در معرض عوامل جوی یا اثرات خورنده دیگر قرار داشته باشند نباید از 6 میلی متر کمتر باشد و در محیطهای خشک و عاری از هر گونه آثار خورندگی این مقدار به **5** میلیمتر کاهش میابد(توصیه می گردد بال تحتانی تیرچه ها در زیر و در قسمت نشیمن بلوکها به شکل مناسبی ضد زنگ بخورد و از ضخامت ورق ذکر شده در مبحث **10** نازک تر اختیار نگردد)

اعضای قطری(میلگرد خرپایی):

اعضای قطری تیرچه که معمولا از میلگرد می باشند به عنوان عضو مورب خرپا عمل نموده و به کمک اعضای کششی و فشاری، ایستایی لازم را برای تحمل بارهای وارده تامین می نماید. طبق بند **2-2-1-1**نشریه **151** استفاده از فولاد سخت (**AIII**) برای میلگردها ی خرپایی و نیز کلاف های عرضی مجاز نمیباشد اما متاسفانه به علت وفور فولاد (**AIII**) در بازار به این موضوع توجهی نشده و استفاده گسترده ازاین نوع فولادها در تهیه تیرچه مشاهده می گردد. جوشکاری میلگردهای (**AIII**) مستلزم رعایت تمهیدات خاصی است که هیچکدام رعایت نمی شود و

از طرفی در خم کردن میلگردها باید حداقل شعاع خم رعایت گردد تا منجر به ترک خوردگی در میلگرد نشود. عموما نوع میلگردها از شکل آج روی آن قابل تشخیص میباشد. یکی از خرابی های رایج و خطرناک در سقف کرمیت شکست جوش میلگرد های خرپایی از محل اتصال میباشد. طبق بند 3-6-1 نشریه 151 میزان جوش میلگردهای قطری روی ورق تحتانی باید بتواند در حد فاصل لنگر ماکزیمم و لنگر صفر ظرفیت برشی افقی $\frac{A_{S.F_Y}}{2}$ را تحمل نماید و اندازه موثر جوش میلگرد روی ورق برابر 03 .شعاع میلگرد است. در دهانه های بزرگ طول جوش لازم میلگرد روی بال تحتانی به سختی تامین می گردد و عموما این مورد در نقشه ها و محاسبات مورد توجه قرار نمی گیرد. عموما دیده می شوددر تیرچه های موجود در بازار مقدار جوش برای تیرچه های با دهانه کوتاه و بلند برابر است که ناشی از بی توجهی به اهمیت موضوع جوش می باشد.

بال فوقانی :(نبشی فوقانی)

بال فوقانی تیرچه، از نبشی، تسمه یا ناودانی ساخته شده و در داخل بتن پوششی قرار می گیرد.استفاده از نبشی رایج تر می باشد. نبشی فوقانی قبل از گیرش بتن به عنوان بال فوقانی خرپا عمل نموده و بارهای وارده را تحمل می کند. یکی از خرابی های رایج در سقف کرمیت کمانش جانبی بال فشاری (نبشی فوقانی) می باشد که منجر به خرابی سقف قبل از گیرش بتن می شود.این عمل معمولا در زمان اجرای سقف و وارد آمدن بارهای زیاد ناشی از انباشته شدن بتن و یا ضربه پمپ بتن رخ می دهد. جهت اصلاح این اشکال باید فاصله مهارهای جانبی بال فشاری را کاهش داد. طبق بند 2-3-4-1 نشریه 151 باید آرماتورفوقانی کلاف عرضی به نبشی فوقانی جوش شود تا بال فوقانی تیرچه ها را مهار کند. برای این منظور بایدکلاف عرضی در فاصله تقریبا مساوی(L_r) اجرا شود به

طوری که ضریب لاغری در جهت عمود بر طول تیرچه ها از **145** بیشتر نشود. همچنین انتهای کلاف عرضی باید هم در بالا و هم در پایین در محل برخورد به تیر فرعی مهار شوند. جهت اطمینان از عدم کمانش بال فشاری توصیه می شود آرماتورهای دال نیز به نبشی فوقانی جوش شوند تا فاصله مهارهای جانبی کاهش یابد. در این حال حتما باید آرماتورهای دال در انتها به تیر فرعی و یا ستون به نحو مناسبی مهار شوند.در بسیاری از موارد اجرایی به جای استفاده از نبشی استاندارد از ورق های خم شده با نورد سرد استفاده می شود. کمانش بال فشاری در این ورق های خم شده به سبب ایجاد تنش های پسماند بیشتر رخ می دهد و از طرفی در طراحی ورق خم شده باید ازضوابط طراحی نورد سرد استفاده گردد. لذا توصیه می شود تا حد امکان از نبشی استاندارد برای بال فوقانی استفاده شود.

میلگردهای تقویتی:

در بسیاری از موارد جهت اقتصادی نمودن پروژه از تقویت میلگرد برای بال فوقانی و ورق پایینی استفاده می شود. استفاده از میلگرد تقویتی تنها در صورتی مجاز است که از نوع فولاد نرم **(AI)** و یا نیم سخت **(AII)** باشد و با جوش مناسبی مطابق با ضوابط جوش استاندارد ایران به ورق متصل شوند.

بلوک ها:

در تیرچه بتنی به طور کلی بحث شد.

میلگردهای افت وحرارت:

در تیرچه بتنی به طور کلی بحث شد.

کلاف عرضی:

1- استفاده از کلاف عرضی در سقف الزامی است. کلاف عرضی شامل دو میلگرد به قطر حداقل 12 میلیمتر است.یک میلگرد روی بال تحتانی و یک میلگرد در زیر یا روی بال فوقانی به موازات هم به صورت عمود بر تیرچه ها به آنها جوش می شود.

2- عرض کلاف نباید کمتر از 10 سانتی متر اختیار شود.

3- برای دهانه های کوچکتر از 5/5 متر استفاده از حداقل یک کلاف عرضی الزامی است. برای دهانه های بزرگتر، کلاف های عرضی باید به نحوی انتخاب شود که فاصله دو کلاف عرضی مجاور هم، از 5 /2 متر تجاوز نکند. در دهانه های کوچکتر از 3 متر نصب میلگرد و جوش دادن آن به تیرچه ها کفایت می کند و نیازی به ایجاد فاصله بین بلوک ها برای نفوذ بتن نمی باشد.

بتن پوششی در جا:

-بتن پوششی قسمتی از تیر مرکب است که در محل تکیه گاه پس از جاگذاری تیرچه ها و بلوک ها بتن ریزی می گردد و پس از حصول مقاومت لازم به کمک عضو کششی فولادی (تیرچه فولادی با جان باز) بار وارد بر سقف را تحمل می کند.ضخامت بتن پوششی بر اساس طول دهانه و بار وارده طرح و محاسبه می گردد مشخصات فنی بتن پوششی نظیر دانه بندی ، مصالح ، نسبت آب به سیمان و نحوه اختلاط باید مطابق ضوابط مندرج در آخرین نشر آیین نامه بتن ایران (آبا) باشد.

طراحی تیرچه های فولادی با جان باز در ترکیب با بتن:

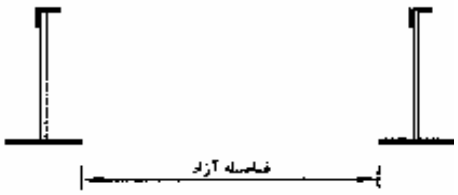
طراحی این سقف ها به دو روش انجام می گیرد:

-طراحی به روش الاستیک (کاربرد بیش تری دارد)

-روش طراحی حد نهایی

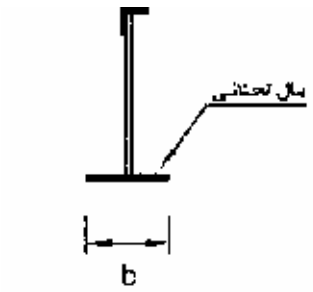
محدودیت های طراحی:

1-فاصله آزاد تیرچه ها نباید از ۷۵ سانتی متر تجاوز نماید



شکل (۳-۱)

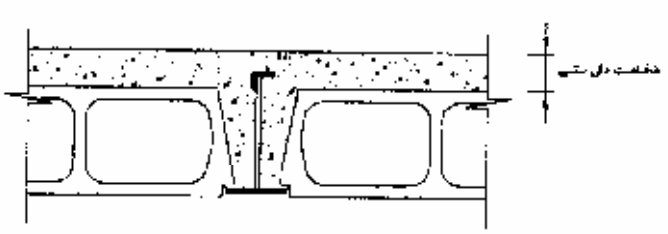
2-عرض بال تحتانی تیرچه ها نباید کمتر از ۱۰ سانتی متر و یا دو هفتم ضخامت سقف باشد.



شکل (۳-۲)

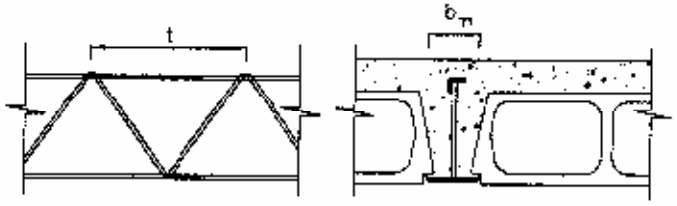
- برای دهانه های کوچکتر از ٤ متر می توان حداقل عرض بال تحتانی تیرچه را به ۸ سانتی متر تقلیل داد.

3- ضخامت دال بتنی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه ها و یا ۵ سانتی متر کمتر باشد



شکل (۳-۳)

4- **سطح مقطع اعضای قطری تیرچه ها نباید از($0015tb_m$.) کمتر اختیار شود که در این رابطه b_m عرض متوسط جان مقطع و t فاصله دو عضو قطری متوالی است.**



شکل (۳-٤)

5- **قسمت هایی از تیرچه که داخل بتن قرار می گیرد ، نباید رنگ شود**

6- **ضخامت ورق ها ،نبشی ها و پروفیل هایی که جوشکاری می شوند، نباید از ۳ میلی متر کمتر باشد**

7- سیستم تیرچه های فولادی که مشمول ضوابط فوق نباشند ، باید بصورت سیستم تیر و دال یکطرفه طراحی شود.

8-- بارگذاری این سقف ها باید بر اساس ضوابط مندرج در آخرین نشر استاندارد شماره519 ایران باشد.

طراحی به روش الاستیک:

در این روش طراحی سقف در دو مرحله انجام می گیرد.

الف)طراحی تیرچه فولادی با جان باز قبل از گرفتن بتن:

طراحی اعضای کششی:

تنش کششی مجاز(f_t)برابر($0.6f_y$) می باشد .بال تحتانی تیرچه ها و اعضای قطری که تنها تحت تنشهای کششی قرار می گیرند ،باید بر اساس این تنش مجاز طراحی شوند.

$$Fr = 0.6Fy$$

طراحی اعضای فشاری:

اعضای تحت اثر فشار محوری ، در صورتیکه ضریب لاغری حداکثر هر قسمت آزاد آن (L/r) از مقدارCc کمتر باشد ،تنش فشاری مجاز باید از رابطه زیر تعیین نمود:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{L}{r}\right)^2 Q.F_y\right]}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8}\frac{L/r}{C_c} - \frac{1}{8}\left(\frac{L/r}{C_c}\right)^3}$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)Q.F_y}{F.S}$$

در اعضای فشاری با ضریب لاغری بزرگتر از Cc باید تنش فشاری مجاز ،مطابق رابطه زیر تعیین میشود:

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\left(L/r\right)^2} = \frac{105 \times 10^5}{\left(L/r\right)^2}$$

در روابط فوق Lفاصله بین گره ها برای بالها و طول آزاد مهار نشده اعضای جان می باشد وQضریب شکل است که مطابق زیر تعیین می گردد:

ضریب شکل (Q):

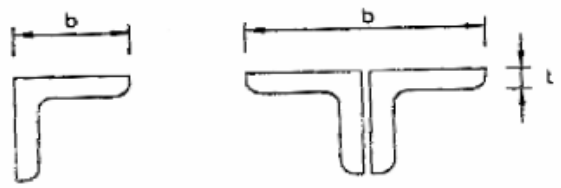
این ضریب بر اساس نسبت عرض به ضخامت قطعات فشاری(b/t) تعیین می شود که برای تک نبشی و مقاطع ساخته شده از جفت نبشی با اتصال بین آنها (لقمه) از روابط(3-5)و(3-6)و(3-7) قابل محاسبه مي باشد که پارامترbدر ر این روابط در شکل(3-5)نمایش داده شه است:

$$\frac{b}{t} \le \frac{637}{\sqrt{F_y}} \qquad : Q = 1$$

$$\frac{637}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{1300}{\sqrt{F_y}} \qquad : Q = 1.34 - 0.000533 \frac{b}{t}\sqrt{F_y} \qquad (۵-۳)$$

$$\frac{b}{t} > \frac{1300}{\sqrt{F_y}} \qquad : Q = \frac{1088500}{F_y \left(b/t\right)^2} \qquad (۶-۳)$$

(۷-۳)



شکل (۳-۵)

تنش مجاز بال فوقانی تیرچه ها و همچنین اعضای قطری که تنها تحت تنشهای فشاری قرارمی گیرند ، در صورتی بر اساس روابط بالاقابل محاسبه می باشند که فاصله بین گره ها کمتر از ٦٠ سانتی متر باشد، در غیر اینصورت محاسبات باید مطابق بند(5-4-3)باشد.

طراحی اعضای خمشی:

تنش مجاز برای اعضای خمشی بدون نیروی فشاری باید بر اساس روابط(8-3)تا(11-3)باشد.

الف)برای بالها

$$F_b=0.6Fy \qquad (8-3)$$

ب)برای اعضای جان ساخته شده از میلگرد

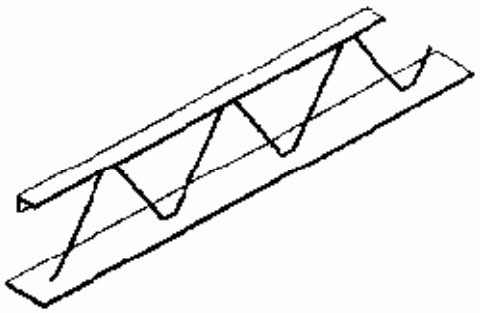
$$F_b=0.9F_y \qquad (9-3)$$

ج)برای اعضای جان ساخته شده از مقاطع غیر میلگرد

$$F_b=0.9Fy \qquad (10-3)$$

د) برای ورقهای نشیمن

$$F_b=0.75F_y$$



(5-4-3)- طراحی اعضای فشاری – خمشی:

در صورتیکه فاصله بین گره ها مساوی و یا بیشتر از ٦٠ سانتی متر باشد ، اعضای فوقانی تیرچه ها باید به نحوی طراحی شوند که رابطه(3-12)و(3-13) بین دو گروه برقرار باشد:

$$\frac{f_a}{0.6F_y}+\frac{f_b}{0.6F_y}\le 1$$

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{C_m\cdot f_b}{\left(1-f_a/F_e\right)0.6F_y}\le 1$$

(12-3)و(13-3)

ضریبCm در رابطه برای اعضای کناری از رابطه(3-14)و برا یاعضای میانی تیرچه ها از رابطه (3-15)بدست می آید

$$C_m = 1 - 0.3\left(f_a / F_e\right)$$

$$C_m = 1 - 0.4\left(f_a / F_e\right)$$

در این رابطه تنش مجاز اولر(Fe) از رابطه(3-16) محاسبه می گردد:

$$F_e = \frac{12\pi^2 E}{23\left(L/r\right)^2}$$

در رابطهLفاصله بین گره ها می باشد.

-محدودیت های لاغری اعضا

ضریب لاغری(L/r) در اعضای میانی و کناری بال ها ، همچنین در اعضای فشاری و کششی جان تیرچه نباید ازمقادیر زیر تجاوز نماید:

در اعضای میانی بال فوقانی	90
در اعضای کناری بال فوقانی	120
در اعضای فشاری جان	200
در اعضای کششی	240

-ضوابط ویژه اعضای جان تیرچه ها (کنترل برش):

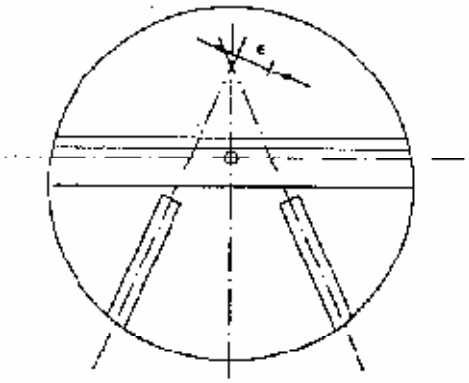
حداقل نیروی برشی قائم که برای اعضاء باید در نظر گرفته شود ،نباید از ۲۵ درصد عکس العمل تکیه گاهی کمتر باشد.

اثر خروج از مرکزیت مطابق بند(8-4-5) باید در نظر گرفته شود .در مواردیکه اعضای جان تیرچه ها تحت اثر ترکیب تنشهای فشاری و خمشی قرار گیرند،باید بر اساس بند (5-4-3) طراحی گردند .در حالتی که خمش در این اعضاءموجب انحنای در طرفه آنهاگردد، ضریب c_mمعادل 4/.در نظر گرفته می شود.

(8-4-5)- خروج از مرکزیت(e):

محورهای ماربر مرکز سطح مقطع اعضای یک گروه باید حتی المقدور در یک نقطه تلاقی داشته باشند،در حالتی که خروج از مرکزیت اعضای جان تیرچه ها(e) ،مطابق شکل(3-7)،از سه

چهارم بعد بزرگترین عضوی که به گره وارد می شود،تجاوز نماید ،اثر آن بصورت لنگر خمشی در انتهای اعضاء باید منظورگردد .انتهای تیرچه ها باید برای مقابله با لنگر ناشی از خروج از مرکزیت تکیه گاه هاطراحی شود.



شکل (۳-۷) خروج از مرکزیت

ب)طراحی مرحله دوم بعد از گرفتن بتن:

در این مرحله مقطع مرکب شامل تیرچه فولادی وبتن باید تلاشهای ناشی از تمام بارهای واردهبه سقف(قبل و بعد از گرفتن بتن)را تحمل کند.

۱-تعیین ابعاد هندسی مقطع مرکب:

1-1)عرض موثر

عرضموثر دال بتنی **be**در هر سمت تیرچه نباید از مقادیر زیر بزرگتر انتخاب شود:

-یک هشتم طول دهانه تیرچه

-نصف فاصله محور به محور دو تیرچه مجاور

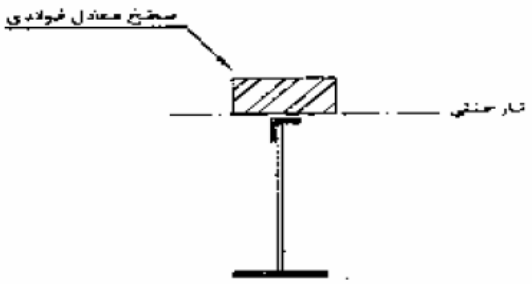
-فاصله محور تیرچه تا لبه دال بتنی

2-محاسبه اینرسی و اساس مقطع مرکب(Su):

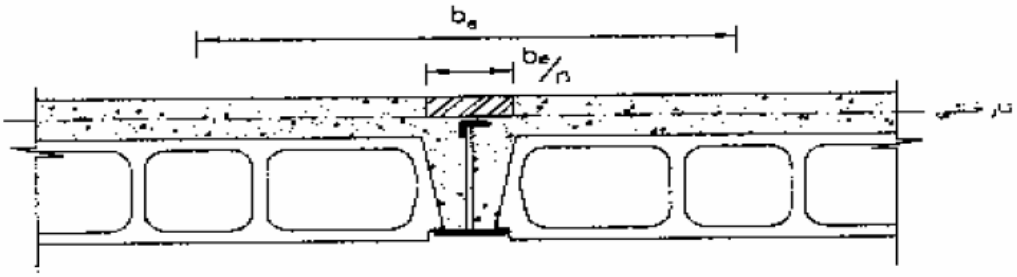
محاسبه اینرسی و اساس مقطع مرکب در مرحله دوم باید مطابق با تئوری ارتجاعی و باصرفنظر کردن از مقاومت کششی بتن محاسبه گردد .در این روش، ناحیه فشاری بتن باید با یک سطح معادل فولادی جایگزین گردد که عرض موثر آن از تقسیم عرض موثر تیرچه مرکب بر **n**بدست می آید .ضریب**n** و مدول الاستیسیته بتن E_c از روابط بدست می آید:

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c}$$



مقطع معادل در محاسبات تنش



عرض موثر

در این مرحله تنشهای ایجاد شده ،نباید از مقادیر زیر تجاوز کند.

تنش کششی در فولاد=./66f_y

تنش فشاری مجازدر بتن=./45f_c

در این مرحله مقاومت فشاری بتن ، باید حداقل به75٪ مقاومت مشخصه خود رسیده باشد(ازمقاومت کششی بتن صرفنظر می شود).

اساسمقطع مرکب(**Su**) نیز باید به نحوی طراحی شود که در رابطه زیر صدق نماید.

$$S_{u<}(1.35+0.35\frac{M_D}{M_L}).S_b$$

در این رابطه **ML**لنگر خمشی ناشی از بار زنده و**MD**لنگر خمشی ناشی از وزن تیرچه فولادی ، وزن بتن مرطوب ، قالب ها و عوامل اجرایی می باشد.اساس مقطع تیرچه فولادی S_b از زابطه زیر بدست می آید.

مجموع تنشهای ایجاد شده در عضو تحتانی تیرچه فولادی ناشی ازتمامی بارهای ثقلی تیرچه ، وزن مرده دال بتنی و بار زنده ، باید کمتر از $9F_Y$.باشد.

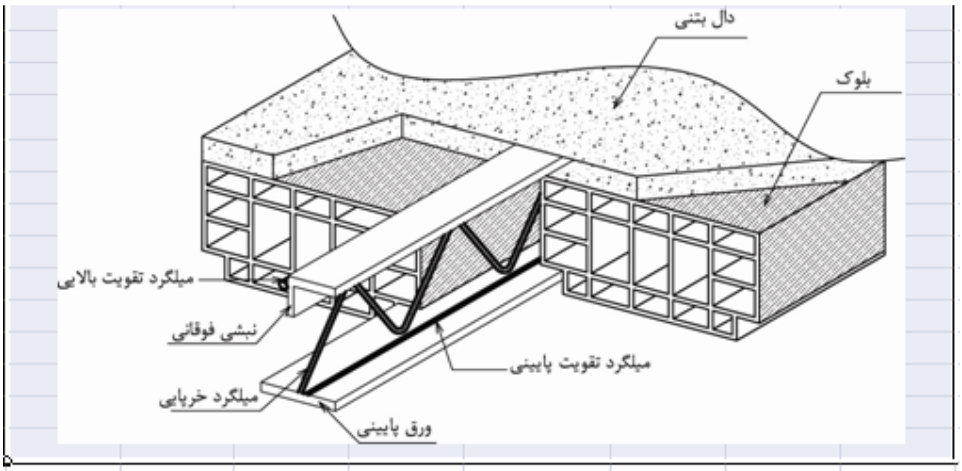
از جداول زیر می توان برای طراحی تیرچه های فلزی با جان باز به روش تنش مجاز کمک گرفت:

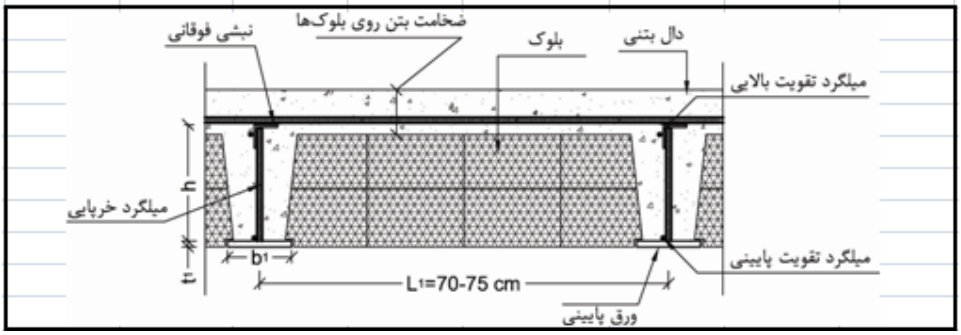
طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD)

صفحه ۱

معرفی مشخصات اولیه

مشخصات هندسی تیرچه				مصالح فولادی		مصالح بتنی	
10	شماره آرماتور تقویتی	10	عرض تیرچه (b1)	2400	Fy	210	f'c
0.785							
8	شماره آرماتور	0.5	ضخامت تیرچه (t1)	3000	fy(bot)	3000	fy(top)
0.502							
6	ضخامت بتن روی بلوک‌ها	22	ارتفاع تیرچه (h)	2100000	Es	218820	Ec
75	فاصله تیرچه‌ها	5	شماره نبشی	7850	Ws	2500	Wc
500	اندازه دهانه تیرچه به واحد سانتیمتر			مشخصات نبشی			
				A	ey	r min	Ix
25	گام میلگرد خرپایی	12	تعداد میلگرد خرپایی	4.8	1.4	0.98	11
		1.1304					
0.375	حداقل سطح مقطع میلگرد خرپایی			173	لاغری عضو کششی		



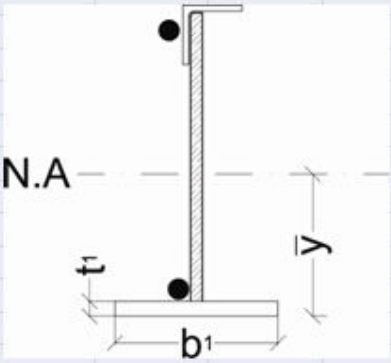


طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD)

معرفی بارها و محاسبه لنگرهای وارده

وزن یلوک‌ها	اضافه بار مرده سقف پس از گیرش همراه تیغه‌بندی	بار زنده	وزن مرده سقف قبل از گیرش بتن
80	250	200	297
لنگر ناشی از بار مرده قبل از گیرش	**لنگر ناشی از بار مرده پس از گیرش**	**لنگر ناشی از بار زنده**	**کل لنگر**
0.695	0.586	0.469	1.750

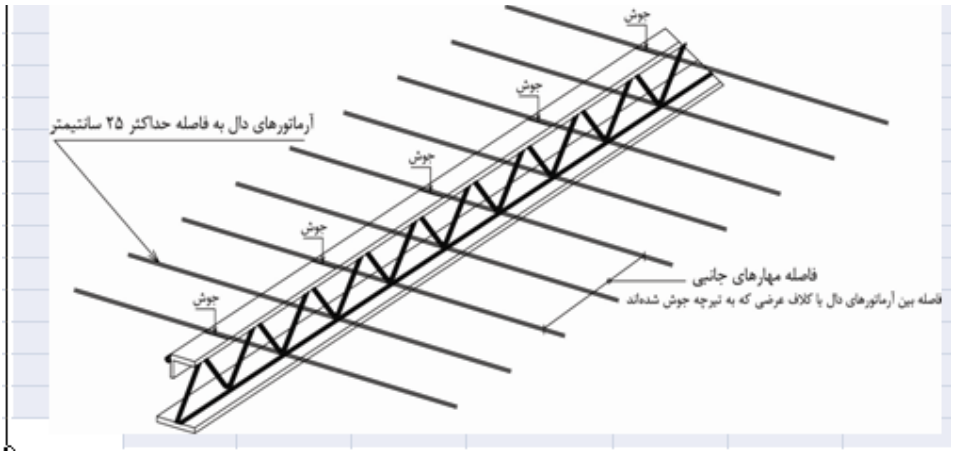
کنترل خمش مقطع قبل از گیرش بتن (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)



محل تار خنثی در مقطع	10.45
ممان اینرسی مقطع	1136
اساس مقطع تار بالایی (فشاری)	98.36
اساس مقطع تار پایینی (کششی)	108.67
تنش فشاری در تار بالایی	706.91 O.K
تنش کششی در تار پایینی	639.86 O.K
تنش مجاز کششی در تار پایینی	1440.00
تنش مجاز بال فشاری	1227.29

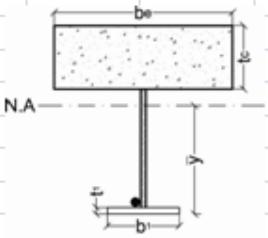
لاغری عضو فشاری	نسبت Cc
O.K. 51.02	131.46

فاصله مهارهای جانبی به سانتیمتر	50

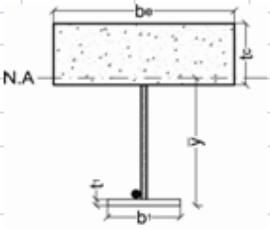


طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD)

کنترل خمش مقطع پس از گیرش بتن (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)



تار خنثی در فولاد



تار خنثی در بتن

عرض موثر مقطع فولادی (be)	7.81
تعیین موقعیت تار خنثی	20.62 بتن
موقعیت تار خنثی	20.65
ممان اینرسی مقطع	2676
اساس مقطع تار پایینی (کششی)	129.58
تنش تار پایینی ناشی از کل بار	1350.48 O.K
تنش ناشی از روی هم گذاری	1453.77 O.K
تنش در تار فشاری بتن	36.47 O.K
تنش مجاز فشاری در بتن	94.50
تنش مجاز کششی ناشی از کل بار	1584.00
تنش مجاز ناشی از روی‌هم گذاری	2160.00

کنترل خیز (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)

خیز مقطع کرمیت قبل از گیرش	0.76	خیز ناشی از جمع‌شدگی	0.44
عرض موثر مقطع فولادی با اثر خزش	2.60	خیز مقطع برای بار مرده پس از گیرش	0.34
تعیین موقعیت تار خنثی با اثر خزش	17.09 فولاد	خیز مقطع کرمیت برای بار زنده	0.27 O.K
موقعیت تار خنثی با اثر خزش	17.09	خیز کل مقطع کرمیت	1.81 O.K
ممان اینرسی مقطع با اثر خزش	2142.43	خیز مجاز کل بار (L/240)	2.08
لنگر ناشی از اثر خزش و جمع‌شدگی	63025	خیز مجاز بار زنده (L/360)	1.39

کنترل فرکانس

فرکانس موجود	7.15 O.K	فرکانس مجاز	5.00

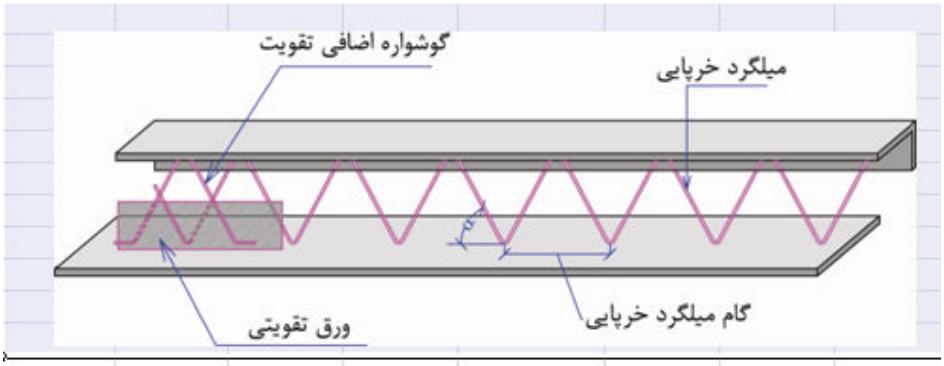
طراحی تیرچه کرمیت به روش تنش مجاز (ASD)

محاسبه جوش میلگرد خرپایی به ورق (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)

نیروی برشی جوش (kg)	13507.20	ارزش جوش	170.10
برش هر جوش در محل اتصال	675.36	طول جوش لازم	1.99

کنترل میلگرد خرپایی برای برش (واحد کیلوگرم و سانتیمتر)

شعاع ژیراسیون عضو خرپایی	0.30	برش موجود درعضوخرپایی قبل از گیرش	556.25 O.K
لاغری عضو خرپایی	83.55	برش مقاوم توسط بتن تیرچه	1123.08
تنش مجاز فشاری عضو خرپایی	1020.79	برش موجود درعضوخرپایی پس از گیرش	1400.00 O.K
برش مجاز عضو خرپایی قبل از گیرش	1003.27	کل برش مقاوم پس از گیرش بتن	2126.35



طراحی بر مبنای روش حد نهایی:(بعد گرفتن بتن)

در این روش نیز طراحی سقف در دو مرحله انجام می گیرد .مرحله اول طراحی(قبل گرفتن بتن) مشابه روش الاستیک می باشد .در مرحله دوم ،تنش فشاری بتن در ناحیه فشاری موثر ،معادل با $0.85f'_c$.در نظر گرفته شده و از ظرفیت کششی بتن صرفنظر می شود .تنش فولاد درناحیه کششی و فشاری بصورت یکنواخت و معادل با f_y فرض میشود.

نامساعد ترین ترکیب بارهای نهایی در شرح زیر است:

۱/۴ DL

۱/۲ DL + ۱/۶ LL

این روش بر اساس مقاومت نهایی بتن و فولاد مقطع می باشد و ظرفیت باربری مقطع ، تشکیل بلوک مستطیلی در بتن و رسیدن به حد جاری شدگی در فولاد مطابق روش طراحی حد نهایی پیشبینی می گردد .ضرایب افزایش بار و کاهش مقاومت ، باید مطابق آیین نامه بتن ایران باشد

ظرفیت خمشی مقطع مرکب:

ظرفیت خمشی مقطع مرکب $(\varphi_b M_n)$بستگی به موقعیت تار خنثی در ضخامت دال و یاخارج از آن دارد و به ترتیب مطابق زیر قابل محاسبه می باشند. ظرفیت خمشی مقطع مرکب باید بیشتر از

لنگر خمشی ناشی از بارهای ضریب دار مرده و زنده تیرچه ، با اتصال ساده باشند.در رابطه زیر برای مقاومت فشاری مشخصه بتن تا300کیلوگرم بر سانتی متر مربع ،φ_b=./85می باشد.

اگر تار خنثی در ضخامت دال بتنی قرار گیرد ، ظرفیت خمشی تیر از رابطه زیر محاسبه میشود:

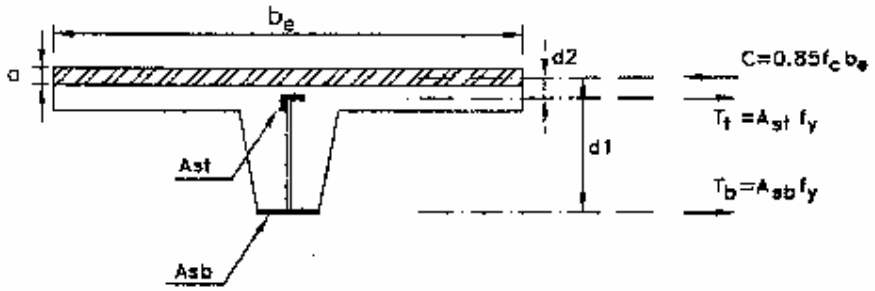
$$M_n = (A_{sb}\, d_1 + A_{st}\, d_2).\, F_y$$

در این رابطهA_{sb}سطح مقطع بال تحتانی وA_{st}سطح مقطع بال فوقانی،d_1فاصله مرکزفولاد بال تحتانی(A_{sb}) از مرکز منشوری فشاری بتن وd_2فاصله مرکز فولاد بال فوقانی ،(A_{st}) تا مرکز منشوری فشاری بتن می باشد.

a عمق بلوک تنش مستطیلی بتن ، که در شکل (3−10) نشان داده شده است واز رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$a = \frac{(A_{sf} + A_{sh}).F_y}{0.85 f_c .b_e}$$

در رابطه be عرض موثر بتن است.



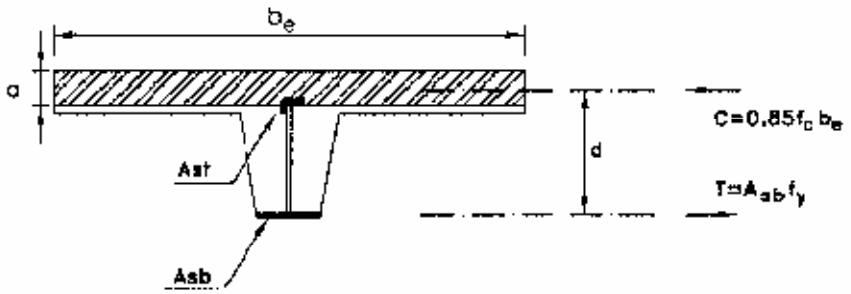
شکل (۳-۱۰)

اگر تار خنثی خارج ار دال بتنی قرار گیرد میتوان از وجود بال فوقانی در محاسبات صرف نظر نموددر این حالت محاسبات طبق زیر محاسبه می گردد:

$$a = \frac{A_{sb}.F_y}{0.85 f_c b_e}$$

$$M_n = A_{sb}.F_y.d$$

در این روابط A_{sb}سطح مقطع بال تحتانی ،dفاصله مرکز فولاد بال تحتانی(A_{sb}) تا مرکزمنشوری فشاری بتن وaعمق بلوک تنش مستطیلی بتن است که در شکل نمایش داده شده است.



شکل (۳-۱۱)

-کنترل برش در تیرچه:

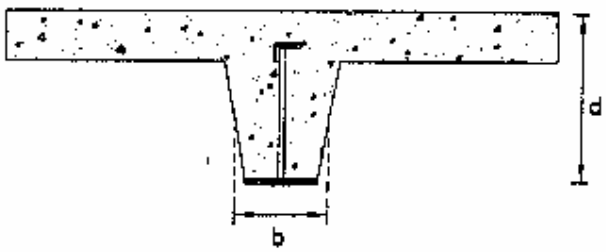
حداکثر تلاش برشی موجود در مقطع تیرچه پس از گرفتن بتن ، باید از ظرفیت برش مجازمقطع (V_r) که از رابطه زیر بدست می آید کمتر باشد:

$$V_r = V_c + V_j$$

در این رابطه V_c ظرفیت برشی مجاز بتن است که از رابطه زیر بدست می آید و V_j ظرفیت محوری عضو جان تیرچه است که با توجه به تنشهای مجاز کششی و فشاری ، قابل محاسبه است در محاسبه V_j می توان تنش مجاز فشاری و کششی دراعضای جان را معادل $66f_y$ در نظر گرفت .در این صورت اتصال اعضای فوق به بال تیرچه ،باید تحمل نیروی حاصل از تنش بار فوق را داشته باشد:

$$V_c = 0.31\sqrt{f_c}.b.d$$

در رابطه فوق d , b به ترتیب عبارتند از ارتفاع بتن در تیرچه و عرض متوسط بتن درجان تیرچه ، شکل(3-12)



شکل (۱۲-۳)

ظرفیت برشی افقی لازم در اتصال اعضای جان در بال تیر مرکب:

جوش اتصال اعضای جان به بال تیرچه ها ، با توجه به مقاومت مجاز جوش باید حداقل مجموع ظرفیت برشی افقی($\frac{A_{S.F_Y}}{2}$)رادرفاصله لنگر خمشی حداکثر و لنگر خمشی صفرداشته باشند . جوشکاری باید در کارگاه تولید تیرچه و مطابق با استاندارد ملی ایران و نشریه288دفتر امور فنی و تدوین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور اجرا گردد.

-بعد جوش:

بعد جوش میلگرد جان به ورقهای بال ،$\frac{d}{2}$منظور می شود(d قطر میلگرد جان می باشد)

کنترل افتادگی:

افتادگی تیرچه ها ناشی از بار زنده نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

الف)سقف ها:$\frac{1}{360}$دهانه

ب)بام ها:$\frac{1}{360}$ دهانه برای مواردی که زیر سقف نازک کاری شده و یا از سقف کاذب استفاده میشود

$\frac{1}{240}$دهانه برای موارد دیگر

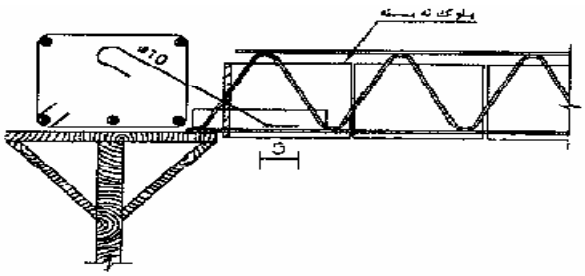
ج)تیرچه ها نمی توانندارای افتادگی $\frac{1}{150}$دهانه باشند

اتصال تیرچه به تکیه گاه:

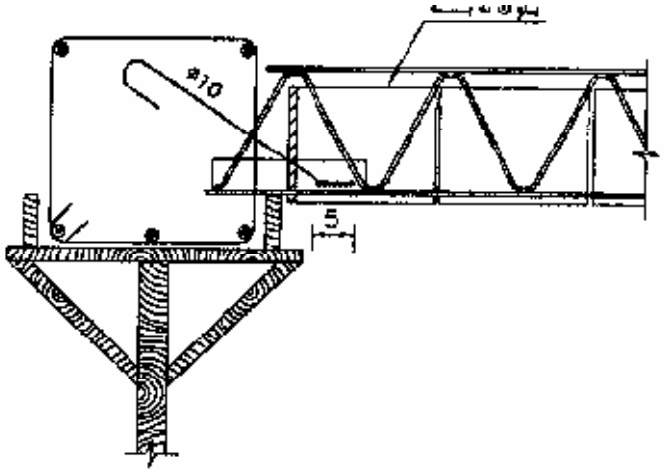
تکیه گاه تیرچه ها می تواند بتنی ، فولادی و یا از مصالح بنایی باشد.

-تکیه گاه با مصالح بنایی و بتن:

انتهای تیرچه باید حداقل به اندازه ۱۰ سانتی متر داخل کلاف بتنی افقی یا تیر بتنی قرار گیرد. در مواردی که تیرچه روی تیر با شناژ بتنی قرار می گیرد، جزئیات اتصال آن می تواند مطابق شکل های زیر می باشد.



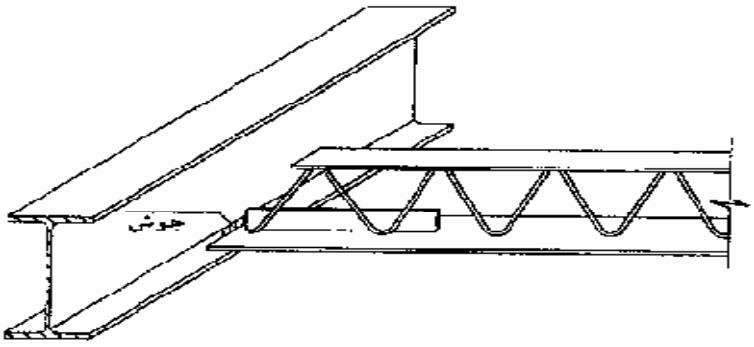
شکل (۳-۱۳)



شکل (۳-۱٤)

تکیه گاه فولادی:

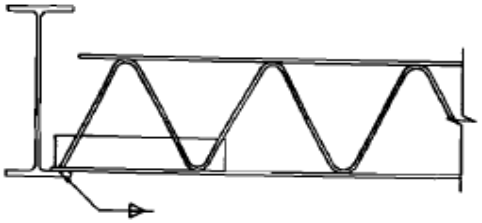
اندازه نشیمن تیرچه از لبه تکیه گاه فولادی به سمت داخل ، باید از طریق محاسبات تعیین شود ، اما توصیه می شود ، در هیچ حالتی کمتر از دو سانتی متر نباشد .برای اطمینان درهنگام نصب و همچنین یکپارچگی سقف و اسکلت ، انتهای تیرچه باید به تکیه گاه جوش شود .طول این جوش حداقل ٥ سانتی متر و بعد آن حداقل ۳ میلی متر است ، شکل(3-12)



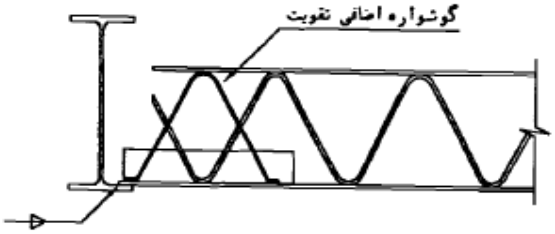
شکل (۳-۱٥) جزئیات اتصال تیرچه به تکیه‌گاه فولادی

نصب وجوشکاری تیرچه فلزی:

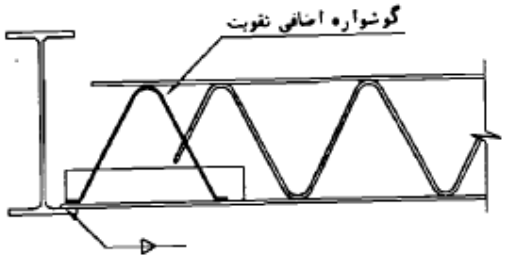
قبل از نصب تیرچه ها باید اختلاف سطح سقف های ساختمان ،محل طره ها ،تیغه بندی روی سقف ها ، بازشوها و محل عبور لوله های بخاری و غیره ،به دقت مورد بازبینی و کنترل قرارگیرد . همچنین قبل از بکارگیری هر تیرچه باید نسبت به سلامت ظاهری بویژه کیفیت ظاهری جوشها ، کنترل های لازم انجام شود .در صورتی که طول تیرچه ها بزرگتر از اندازه لازم باشد ،طول اضافی میلگردها و اعضای بال فوقانی و تحتانی بریده شده و پس از قرارگیری تیرچه ها در محل مناسب ، دو طرف تیرها بر اساس جزئیات اجرایی تقویت شده و به تیرهای اصلی براساس نوع تکیه گاه متصل می گردد(.شکل 3-4و4-4و5-4)



شکل(٤-٣) نحوه اتصال تیرچه به تیرفولادی بدون نیاز به تقویت

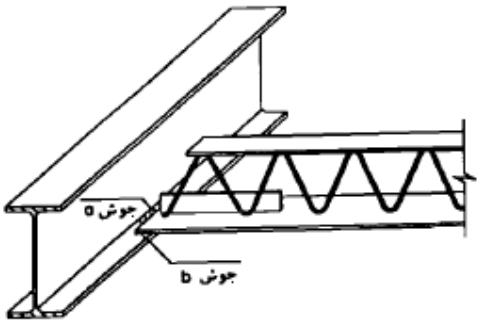


شکل (٤-٤) نحوه اتصال تیرچه به تیرفولادی با تقویت گوشواره



شکل (٤-٥) نحوه اتصال تیرچه به تیرفولادی با تقویت گوشواره

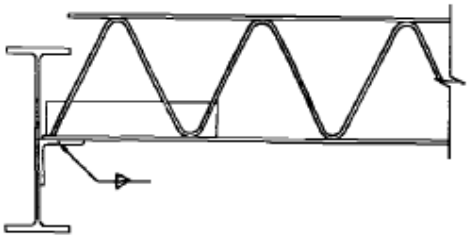
حداقل طول جوش در هر طرف تیرچه پنج سانتی متر می باشد(شکل 4-6)



شکل (٤-٦)

بال فوقانی تیرچه ها نباید به تیرهای نشیمن جوش داده شود.

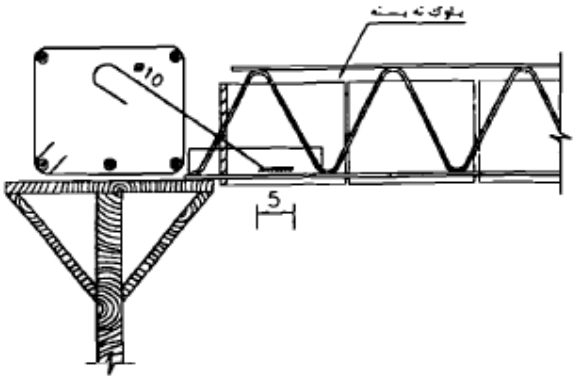
در صورتی که بال تحتانی تیرچه ها بالاتر از بال تحتانی تیر اصلی باشد ، باید تکیه گاه مناسبی بر روی جان تیر اصلی تعبیه گردد .برای این منظور استفاده از نبشی نشیمن مناسب است .طول نشیمن باید حداقل ۲ سانتی متر بزرگتر از عرض بال تحتانی باشد،شکل(4-7)



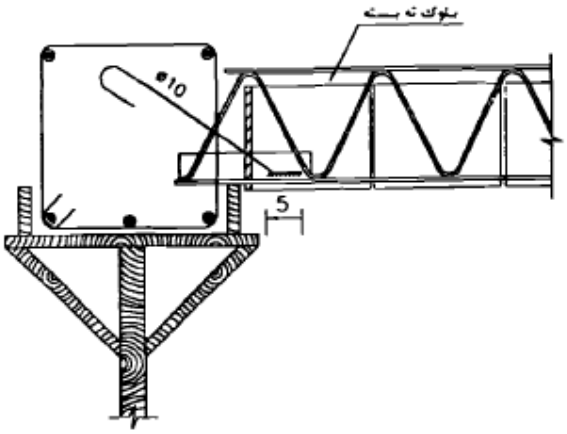
شکل (٤-٧)

-در سازه های بتنی ، نحوه کارگذاری و اتصال تیرچه با تیرهای بتنی باید به گونه ای باشد که بال تحتانی تیرچه ها روی قالب چوبی یا فلزی زیر تیر قرار گیرد ، شکل (4-8) در مورد تیرهای بتنی با ارتفاع بیشتر از تیرچه نیز باید تیرچه ها به داخل تیر بتنی امتدادیافته و روی لبه آویز قالب قرار گیرد،شکل (4-9)

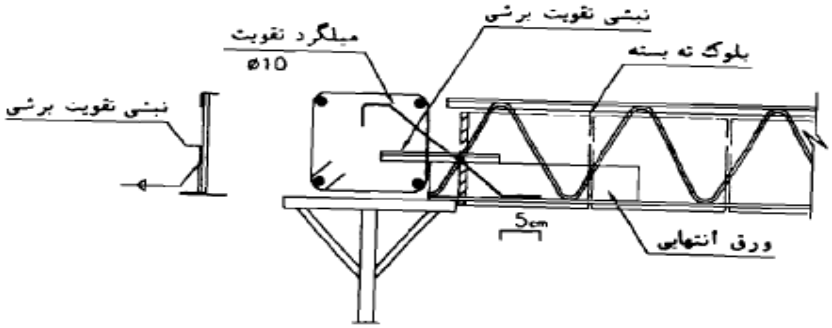
در تیرهای بتنی باید کنترل لازم جهت انتقال برش انجام گرفته و بر اساس نیروهای وارده ازطریق تعبیه نبشی اتصال برشی و یا میلگرد برشی ، مقاومت برشی لازم تامین گردد، (شکل4-10)



شکل (٤-٨)



شکل (4-9)



شکل (٤-١٠)

نمونه طراحی:(براساس تنش مجاز)

تیرچه فلزی نمونه دارای مشخصات هندسی زیر میباشد:

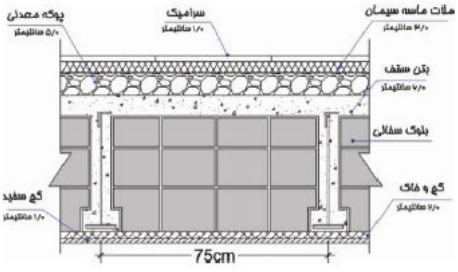
1-دهانه تیرچه 5متر است.

2-ارتفاع کلی تیرچه 22سانتی متروارتفاع بلوک 20سانتی متر فرض میشود.

3-فاصله تیرچه ها 75سانتی متر میباشد.

4-ضخامت دال بتنی روی تیرچه 6سانتی متر است.

5-بار مرده کف از دتایل زیر محاسبه می گردد:



نام بار	وزن واحد حجم kg/m^3	ضخامت به متر	وزن واحد سطح kg/m^2
سرامیک	۲۱۰۰	۰/۰۱	۲۱
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۰/۰۳	۶۳
پوکه معدنی	۶۰۰	۰/۰۵	۳۰
وزن دال بتنی	۲۵۰۰	۰/۰۶	۱۵۰
وزن تیرچه بتنی	۲۵۰۰	۰/۱×۰/۲×۱/۳۳	۶۷
بلوک سفالی	هر عدد ۱۲ kg	۶/۶ عدد	۸۰
گچ وخاک	۱۶۰۰	۰/۰۲	۳۲
گچ سفید	۱۳۰۰	۰/۰۱	۱۳
بار معادل تیغه‌بندی			۱۲۰
مجموع			۵۷۶ ≈ ۵۸۰

با توجه به جدول فوق مجموع بارهای قبل از گیرش بتن برابر300کیلوگرم برمترمربع ووزن مجموع بارهای پس از گیرش بتن برابر280کیلوگرم برمترمربع می باشد.

6-کاربری ساختمان مسکونی وبار زنده آن برابر200کیلوگرم بر متر مربع می باشد.

7-شماره میلگرد خرپایی 12وفاصله گام های آن 25سانتی متر فرض شده است.

۸- برای ورق پایینی از ورق به عرض ۱۰ و ضخامت ۰/۵ سانتیمتر استفاده شده است که روی آن با آرماتور شماره۸ تقویت شده است.

۹- نبشی بالا از شماره ۵ است که با آرماتور شماره ۱۰ تقویت شده است.

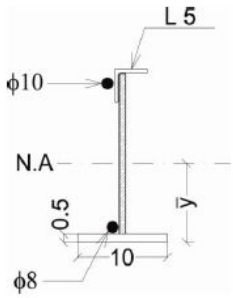
۱۰- بتن مصرفی دارای مقاومت فشاری استوانه‌ای ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده و فولاد مصرفی ST37 می‌باشد.

۱۱- کلیه آرماتورهای مصرفی در تیرچه از نوع فولاد نیم سخت AII می باشند.

حال گام‌های زیر جهت کنترل کفایت ابعاد مقطع انجام می‌شود:

گام ۱) کنترل خمش مقطع قبل از گیرش بتن:

مشخصات هندسی نبشی و آرماتورها از قرار زیر می‌باشد:



مشخصات	A	e_y	r_{min}	I_x
نبشی ۵	4.80	1.40	0.98	11.0

سطح مقطع آرماتور شماره ۱۰ برابر ۰/۷۸۵ سانتیمترمربع و سطح مقطع آرماتور شماره ۸ برابر ۰/۵۰۲ سانتیمترمربع می‌باشد.

ابتدا موقعیت تار خنثی در مقطع تیرچه قبل از گیرش مطابق شکل بالا از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$\bar{y}_{st} = \frac{10\times0.5\times0.5/2 + 0.502\times(0.5+0.8/2) + 4.80\times(22-1.40) + 0.785\times(22-5/2)}{10\times0.5 + 0.502 + 4.80 + 0.785} = 10.45 \text{ cm}$$

ممان اینرسی مقطع فوق از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{st} = 11 + 4.8\times(22-1.4-10.45)^2 + 0.785\times(22-5/2-10.45)^2$$
$$+10\times0.5\times(10.45-0.5/2)^2 + 0.502\times(10.45-0.5-0.8/2)^2 \Rightarrow I_{st} = 1135 \text{ cm}^4$$

مقدار لنگر قبل از گیرش از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه L_1 فاصله بین تیرچه‌ها، W_{1D} بار گسترده ناشی از بار مرده قبل از گیرش به واحد کیلوگرم بر مترمربع و L دهانه تیرچه می‌باشد.

$$M_1 = L_1\times W_{1D}\times L^2/8 = 0.75\times0.3\times5^2/8 = 0.703 \text{ ton.m}$$

تنش مجاز کششی برابر $F_t = 0.6F_y = 1440 \text{ kg/cm}^2$ می‌باشد. تنش مجاز بال فشاری بر اساس لاغری آن محاسبه می‌شود. فاصله مهارهای جانبی بال فشاری فاصله بین آرماتورهای جوش شده دال یا کلاف عرضی به بال فشاری می‌باشد. با فرض اینکه آرماتورهای دال به صورت یک‌درمیان به نبشی فوقانی جوش شوند فاصله مهارهای جانبی (L_r) برابر ۵۰ سانتیمتر خواهد بود. بر این اساس مقدار لاغری عضو فشاری از رابطه زیر به دست می‌آید که باید از ۱۴۵ کمتر باشد:

$$\lambda = L_r/r_{min} = 50/0.98 = 51 < 145 \quad \text{O.K}$$

با توجه به لاغری عضو فشاری مقدار تنش مجاز فشاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = 51 < C_c = 6440/\sqrt{F_y} = 131 \rightarrow \beta = \lambda/C_c = 0.39\ ,\ Fa = (1-0.5\beta^2)\times Fy/(1.67+0.375\beta-0.125\beta^3) = 1226 \text{ kg/cm}^2$$

تنش در تار کششی و تار فشاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود و با تنش مجاز مقایسه می‌گردد:

$$f_a = \sigma_{top} = \frac{M_1}{I_{st}/(h-\bar{y}_{st})} = \frac{0.703\times10^5}{1135/(22-10.45)} = 715 < F_a = 1226 \text{ kg/cm}^2 \text{ O.K.}$$

$$f_t = \sigma_{bot} = \frac{M_1}{I_{st}/\bar{y}_{st}} = \frac{0.703\times10^5}{(1135/10.45)} = 647 < F_t = 1440 \text{ kg/cm}^2 \text{ O.K.}$$

همانطور که مشاهده می‌شود تنش فشاری و کششی موجود از تنش فشاری و کششی مجاز کمتر است .

گام ۲) کنترل خمش مقطع پس از گیرش بتن:

پس از گیرش بتن، در روش تنش مجاز، عرض موثر دال بتنی در اطراف تیرچه محاسبه شده و سپس بتن به فولاد معادل تبدیل می‌گردد. عرض موثر دال بتنی برای تیرچه میانی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

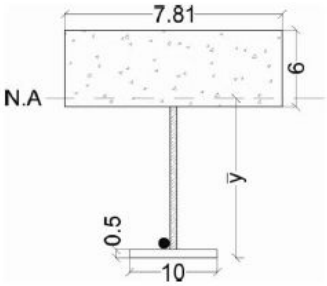
$$b_{eff} = \min\{(b_1 + 16t_c)\ ,\ L_1\ ,\ 2L/5\} = \min\{(10 + 16\times 6)\ ,\ 75\ ,\ 2\times 500/5\} = 75\ \text{cm}$$

در این رابطه b_{eff} عرض موثر دال بتنی، b_1 عرض تیرچه، t_C ضخامت دال بتنی، L_1 فاصله بین تیرچه‌ها و L طول دهانه تیرچه می‌باشد.

عرض موثر تبدیل شده دال بتنی به فولاد برابر است با:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.1\times 10^6}{15100\times\sqrt{210}} = 9.60 \Rightarrow b_e = b_{eff}/n, = 75/9.6 = 7.81$$

موقعیت تار خنثی در مقطع مرکب از رابطه زیر محاسبه می شود:



$$\bar{y}_c = \frac{10\times 0.5\times 0.5/2 + 0.502\times(0.5+0.8/2) + 7.81\times 6\times(26-3)}{10\times 0.5 + 0.502 + 7.81\times 6} = 20.62\ \text{cm}$$

با توجه به اینکه فاصله تار خنثی از ارتفاع بلوک‌ها (۲۰ سانتیمتر) بیشتر است، تار خنثی درون بتن است. بنابراین از برابر قراردادن ممان اول مقطع در بالا و پایین، مجدد محل تار خنثی را محاسبه می‌کنیم:

$$10\times 0.5\times(\bar{y}_c - 0.5/2)^2 + 0.502\times(\bar{y}_c - 0.5 - 0.8/2) = \frac{7.81\times(26-\bar{y}_c)^2}{2}$$

$$\Rightarrow \bar{y}_c = 20.65\ \text{cm}$$

ممان اینرسی مقطع مرکب از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_c = 10\times 0.5\times(20.65-0.5/2)^2 + 0.502\times(20.65-0.5-0.8/2)^2 + 7.81\times(26-20.65)^3/3 = 2675\ \text{cm}^4$$

لنگر قبل از گیرش (M_1)، لنگر پس از گیرش (M_2) و کل لنگر وارد بر تیرچه (M) از روابط زیر محاسبه می‌شود. در این روابط L_1 فاصله بین تیرچه‌ها، W_{1D} بار گسترده ناشی از بار مرده قبل از گیرش، W_{2D} بار گسترده ناشی از بار مرده پس از گیرش، W_L بار گسترده ناشی از بار زنده به واحد کیلوگرم بر مترمربع و L دهانه تیرچه می‌باشد.

$$M_1 = L_1\times W_{1D}\times L^2/8 = 0.75\times(0.3)\times 5^2/8 = 0.703\ \text{ton.m}$$

$$M_2 = L_1\times(W_{2D}+W_L)\times L^2/8 = 0.75\times(0.28+0.2)\times 5^2/8 = 1.125\ \text{ton.m}$$

$$M = L_1\times(W_{1D}+W_{2D}+W_L)\times L^2/8 = 0.75\times(0.58+0.2)\times 5^2/8 = 1.83\ \text{ton.m}$$

مقدار تنش کششی در دورترین تار کششی و تنش مجاز از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f_{bt} = \frac{M}{(I_c/\bar{y}_c)} = \frac{1.83\times 10^5}{(2675/20.65)} = 1413\ \text{kg/cm}^2 < 0.66F_y = 1584\ \text{kg/cm}^2$$

با توجه به عدم نیاز به شمع‌بندی باید اثر روی هم‌گذاری تنش‌ها از روابط زیر محاسبه و با مقدار مجاز آن کنترل گردد:

$$\frac{M_1}{I_{st}/y_{st}} + \frac{M_2}{I_c/y_c} \le 0.9F_y \Rightarrow \frac{0.703\times 10^5}{1135/10.45} + \frac{1.125\times 10^5}{2675/20.65} = 1515.71 \le 0.9F_y = 2160\ \text{kg/cm}^2$$

تنش در دورترین تار فشاری بتن ازرابطه زیر محاسبه و کنترل می‌شود:

$$f_{bc} = \frac{M}{I_c/(d-\bar{y}_c)\times n} \le 0.45f_c \Rightarrow \frac{1.83\times 10^5}{2675/(26-20.65)\times 9.6} = 38.12 \le 0.45\times 210 = 94.50\ \text{kg/cm}^2$$

در این رابطه d ارتفاع کلی سقف و n نسبت مدول الاستیسیته فولاد به بتن است.

گام ۳) کنترل خیز:

خیز تیرچه قبل از گیرش بتن:

$$\delta_1 = \frac{5\times W_{Dl}\times L^4}{384\times E_s\times I_{st}} = \frac{5\times(75\times300\times10^{-4})\times500^4}{384\times2.1\times10^6\times1135} = 0.77\ \text{cm}$$

در این رابطه W_{Dl} وزن بار مرده تیرچه به صورت گسترده خطی قبل از گیرش بتن، E_s مدول الاستیسیته فولاد، I_{st} ممان اینرسی مقطع فولادی قبل از گیرش بتن و L طول دهانه تیرچه می‌باشد.

برای محاسبه خیز تیرچه پس از گیرش باید اثر خزش در بتن را در نظر گرفت. طبق مبحث دهم در مقاطع مرکب جهت در نظر گرفتن اثر خزش در محاسبات، باید یک سوم مدول الاستیسیته بتن را در نظر گرفت. بر این اساس مشخصات هندسی مقطع مرکب مجدد با فرض در نظر گرفتن یک سوم مدول الاستیسیته بتن محاسبه می‌شود:

مقدار عرض موثر تبدیل یافته در محاسبات خیز

$$b_{ed} = b_e/3 = 7.81/3 = 2.60\ \text{cm}$$

موقعیت تار خنثی جهت محاسبات خیز با اثر خزش از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{y}_{ce} = \frac{10\times0.5\times0.5/2 + 0.502\times(0.5+0.8/2) + 2.60\times6\times(26-3)}{10\times0.5+0.502+2.60\times6} = 17.09\ \text{cm}$$

با توجه به اینکه تار خنثی درون فولاد قرار دارد ممان اینرسی مقطع از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{ce} = 10\times0.5\times(17.09-0.5/2)^2 + 0.502\times(17.09-0.5-0.8/2)^2 + \frac{2.6\times6^3}{12} + 2.6\times6\times(26-3-17.09)^2 = 2140.66\ \text{cm}^4$$

مقدار خیز ناشی از جمع شدگی از روابط زیر محاسبه می‌شود:

مدول الاستیسیته بتن با در نظر گرفتن اثر خزش:

$$E_{ce} = (15100\sqrt{f_c})/3 = 72940\ \text{kg/cm}^2$$

نیروی محوری ناشی از خزش در بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه E_{ce} مدول الاستیسیته بتن با در نظر گرفتن اثر خزش، ε_{sh} کرنش ناشی از جمع‌شدگی در بتن برابر 325×10^{-6}، b_{eff} عرض موثر دال بتنی و t_c ضخامت دال بتنی می‌باشد.

$$N_{sh} = E_{ce}\times\varepsilon_{sh}\times b_{eff}\times t_c = 72940\times325\times10^{-6}\times75\times6 = 10667.5\ \text{kg}$$

لنگر ناشی از جمع‌شدگی بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

مدول الاستیسیته بتن با در نظر گرفتن اثر خزش:

$$E_{ce} = (15100\sqrt{f_c})/3 = 72940\ \text{kg/cm}^2$$

نیروی محوری ناشی از خزش در بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود. در این رابطه E_{ce} مدول الاستیسیته بتن با در نظر گرفتن اثر خزش، ε_{sh} کرنش ناشی از جمع‌شدگی در بتن برابر 325×10^{-6}، b_{eff} عرض موثر دال بتنی و t_c ضخامت دال بتنی می‌باشد.

$$N_{sh} = E_{ce}\times\varepsilon_{sh}\times b_{eff}\times t_c = 72940\times325\times10^{-6}\times75\times6 = 10667.5\ \text{kg}$$

لنگر ناشی از جمع‌شدگی بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$M_{sh} = N_{sh}\times e = 10667.5\times(26-6/2-17.09) = 63044.78\ \text{kg.m}$$

مقدار خیز ناشی از جمع‌شدگی و وارفتگی در بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta_{sh} = \frac{M_{sh}\times L^2}{8\times E_s\times I_{ce}} = \frac{63044.78\times500^2}{8\times2.1\times10^6\times2140.66} = 0.44\ \text{cm}$$

خیز تیرچه ناشی از بار مرده پس از گیرش بتن:

$$\delta_2 = \frac{5\times W_{D2}\times L^4}{384\times E_s\times I_{ce}} = \frac{5\times(75\times280\times10^{-4})\times500^4}{384\times2.1\times10^6\times2140.66} = 0.38\ \text{cm}$$

خیز تیرچه ناشی از بار زنده که باید از $L/360$ کمتر باشد:

$$\delta_3 = \frac{5\times W_L\times L^4}{384\times E_s\times I_{ce}} \le L/360 \Rightarrow \frac{5\times(75\times200\times10^{-4})\times500^4}{384\times2.1\times10^6\times2140.66} = 0.27\ \text{cm} \le 500/360 = 1.39\ \text{cm}\ \text{O.K.}$$

خیز ناشی از کل بارها باید از $L/240$ کمتر باشد:

$$\delta_{total} = \delta_1+\delta_2+\delta_3+\delta_{sh} = 0.77+0.38+0.27+0.44 = 1.86\ \text{cm} \le L/240 = 500/240 = 2.08\ \text{cm}$$

گام ۴) کنترل فرکانس:

مطابق ضوابط مبحث دهم مقدار فرکانس در تیرهای دو سر مفصل از رابطه زیر محاسبه می‌شود که باید مقدار آن از ۵ بیشتر باشد:

$$f = 70\sqrt{\frac{I_c}{W_D.L^4}} > 5 \Rightarrow f = 70\sqrt{\frac{2675}{(0.75\times580)\times5^4}} = 6.94 > 5\ \text{O.K.}$$

در این رابطه I_c ممان اینرسی مقطع مرکب بر حسب سانتیمتر به توان چهار، W_D بار مرده گسترده روی تیر بر حسب واحد کیلوگرم بر متر طول و L دهانه تیرچه بر حسب متر می‌باشد.

گام ۵) محاسبه جوش میلگرد خرپایی به ورق:

طبق نشریه ۱۵۱ جوش اتصال اعضای جان به بال تیرچه‌ها باید بتواند در فاصله لنگر خمشی حداکثر و صفر نیروی برشی افقی $(A_s.F_y/2)$ را تحمل کند. با توجه به اینکه لنگر حداکثر در وسط دهانه رخ می‌دهد، نیروی برشی افقی کل که جوش‌ها باید تحمل کنند برابر است با:

$$V_s = A_s \times F_y = 10 \times 0.5 \times 2400 + 0.502 \times 3000 = 13500 \text{ kg}$$

با توجه به فاصله مارپیچ‌ها برابر ۲۵ سانتیمتر و طول دهانه برابر ۵ متر تعداد نقاط محل اتصال برابر ۲۰ نقطه می‌باشد. بنابراین مقدار نیروی وارد بر هر نقطه اتصال برابر با $V_{s1} = 13500/20 = 675 \text{ kg}$ خواهد بود.

مقدار بعد جوش اتصال میلگرد به ورق ۰/۳ برابر شعاع میلگرد خرپایی می‌باشد بنابراین مقدار ارزش جوش با نظارت کارگاهی برابر است با:

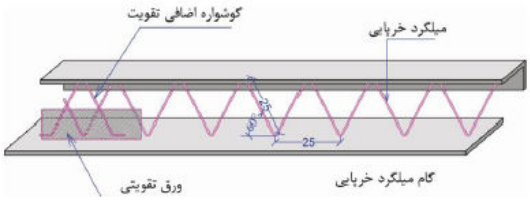
$$\text{ارزش جوش} = 0.3 \times Fu \times 0.75 \times 0.3 \times R = 0.3 \times 4200 \times 0.75 \times 0.3 \times 0.6 = 170$$

مقدار طول جوش در هر نقطه اتصال با فرض اینکه از دو طرف جوش اجرا شود برابر است با:

$$\text{طول جوش لازم} = \frac{675}{2 \times 170} = 1.98 \text{ cm}$$

گام ۶) کنترل برش تیرچه:

برش در تیرچه در دو مرحله قبل و پس از گیرش باید کنترل شود. در مرحله قبل از گیرش میلگرد خرپایی باید بتواند برش وارده را تحمل کند. در روابط زیر فشار قابل تحمل توسط میگرد خرپایی و برش وارده‌قبل از گیرش مقایسه می‌شوند:



زاویه میلگرد خرپایی با افق عبارت است از:

$$\alpha = \tan^{-1}(22/(25/2)) = 60^\circ$$

طول آزاد میلگرد خرپایی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$L_d = \sqrt{(22^2 + (25/2)^2)} = 25 \text{ cm}$$

میلگرد خرپایی از شماره ۱۲ می‌باشد که ممان اینرسی و شعاع ژیراسیون آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{\phi 12} = 0.05 \times d^4 = 0.05 \times 1.2^4 = 0.1037 \Rightarrow r_{\phi 12} = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{0.1037}{1.13}} = 0.302 \text{ cm}$$

لاغری عضو خرپایی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = L_d / r_{\phi 12} = 25/0.302 = 83 \rightarrow$$

با توجه به لاغری عضو فشاری مقدار تنش مجاز فشاری از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda = 83 < C_c = 6440/\sqrt{F_y} = 131 \rightarrow \beta = \lambda/C_c = 0.63 \text{ , } Fa = (1 - 0.5\beta^2) \times Fy/(1.67 + 0.375\beta - 0.125\beta^3) = 1026 \text{ kg/cm}^2$$

حداکثر برش مجاز میلگرد از رابطه زیر محاسبه می‌شود که باید از برش موجود ناشی از بار مرده اولیه کمتر باشد:

$$\text{برش مجاز } V_s = A.Fa.\sin\alpha = 1.13 \times 1020 \times \sin 60 = 998 \text{ kg}$$

مقدار برش موجود ناشی از بار مرده اولیه از رابطه زیر محاسبه می‌شود که از برش مجاز کمتر است.

$$\text{برش موجود } V = 0.75 \times 300 \times 5/2 = 562.50 \text{ kg} \le V_s = 998 \text{ kg}$$

پس از گیرش بتن، برش مجاز تیرچه شامل برش قابل تحمل توسط بتن و میلگرد خرپایی تیرچه می‌باشد. برش قابل تحمل توسط بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V_C = 0.31 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0.31 \times \sqrt{210} \times 10 \times 26 = 1168 \ \ kg$$

کل برش قابل تحمل عبارت است از :

$$V_r = V_c + V_s = 1168 + 998 = 2166 \ \ kg$$

مقدار برش موجود ناشی از کل بار برابر است با:

$$\text{برش موجود } V = L_1 \times (W_D + W_L) \times L/2 = 0.75 \times (580 + 200) \times 5/2 = 1462.5 \ \ kg \le 2166 \ \ kg$$

در آخر از زحمات استاد محترم جناب آقای مهندس رستگار کمال تشکر را مینمایم.

عباس میرحسنی

تابستان ۸۹

منابع ومآخذ

1-نشریه ۹٤(نحوه محاسبه،ساخت تیرچه بتنی)

2-نشریه ۸۲(نکات اجرایی تیرچه ها)

3-نشریه ۱۵۱(نحوه محاسبه واجرای سقف تیرچه های فولادی باجان باز)

4-طراحی سازه بتن مسلح (شاپور طاحونی)

5-استاندارد۲۹۰۹(ویژگی ها وروش های آزمون تیرچه)

6-جدول محاسباتی ساخت تیرچه های فلزی با جان باز(تابستان ۸۲)

7-آیین نامه بتن ایران (آبا)

8-مبحث دهم (طرح واجرای ساختمان فولادی به روش تنش مجازوخمیری)

9-اینترنت