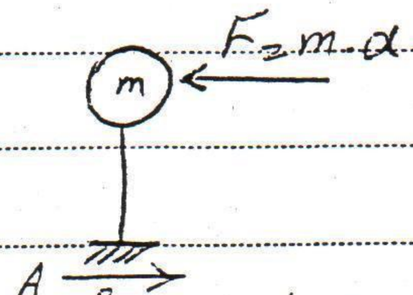
www.civil4persian.com

Subject:
Year. 84 Month. 8 Date. 1 / ( )

تحلیل دینامیکی سازه‌ها

مباحث پایه و مقدماتی:



A: شتاب جنبش زمین
که در طراحی آیین نامه‌ای بصورت شتاب جنبش طرح بیان می‌شود

a: شتاب ایجاد شده در طبقه $a = B * A$

B: ضریب بازتاب

B. ضریب بازتاب به ① شرایط ارتعاشی خود سازه / ② شرایط زمین زیر سازه — بستگی دارد که شرایط ارتعاشی خود سازه بصورت زمان تناوب تعریف می‌شود

$$V = C * W$$

$$= \frac{ABI}{R} * mg$$

$$= (B * A * m) * \left(\frac{I}{R} * g\right)$$

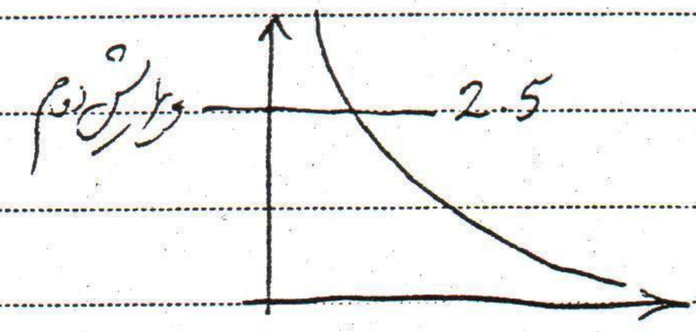
شتاب طیفی — نیروی اصلی

نیروهای زلزله از جنس اینرسی هستند

شتاب طیفی:

$S_a = B * A$

شتابی که از روی طیف در طبقات ایجاد می‌شود.

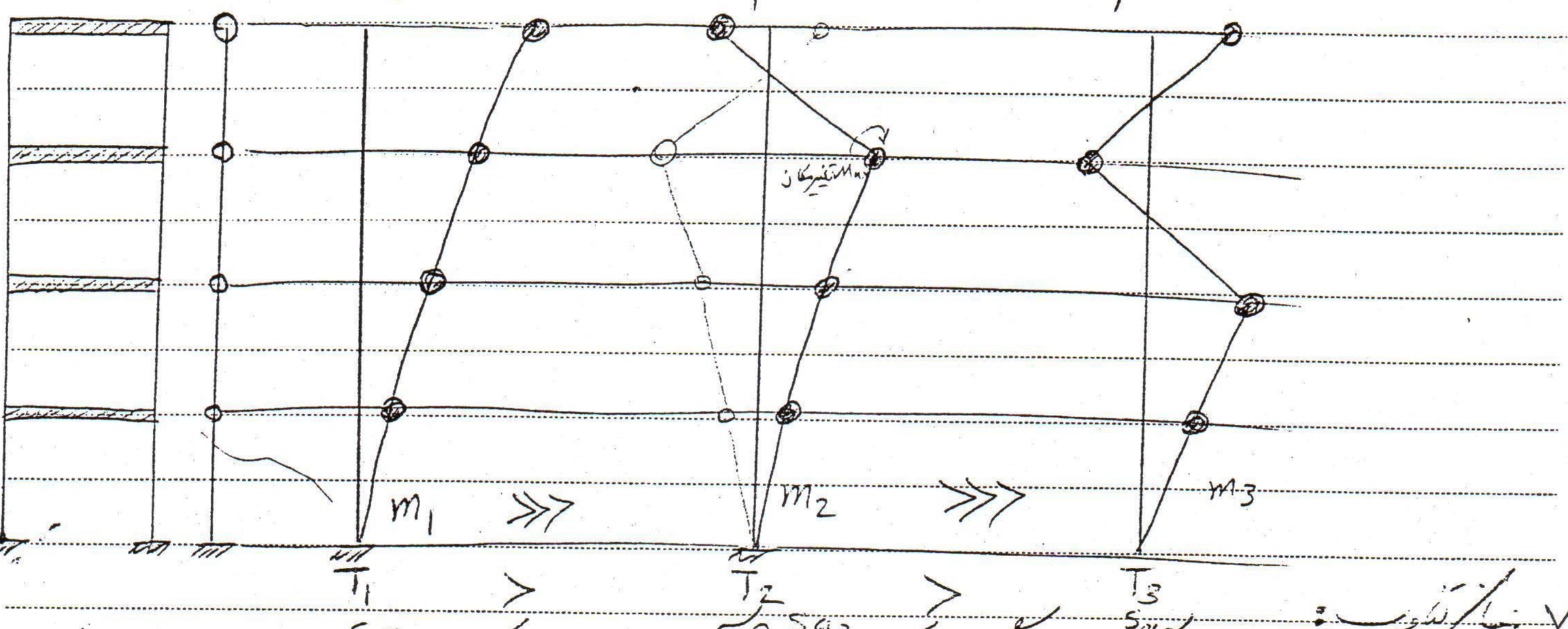


www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

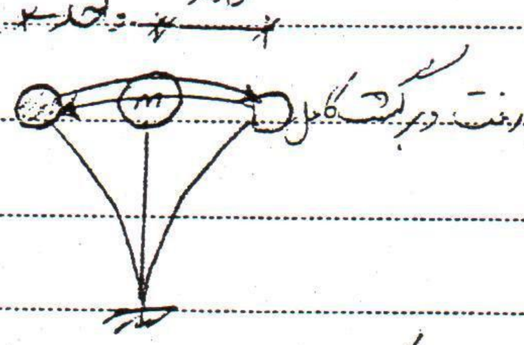
مودهای ارتعاشی (Vibration Modes)

مود اول — مود دوم — مود سوم



✕ زمان تناوب:

مدت زمان یک رفت و برگشت کامل در ارتعاش را زمان تناوب می‌نامیم

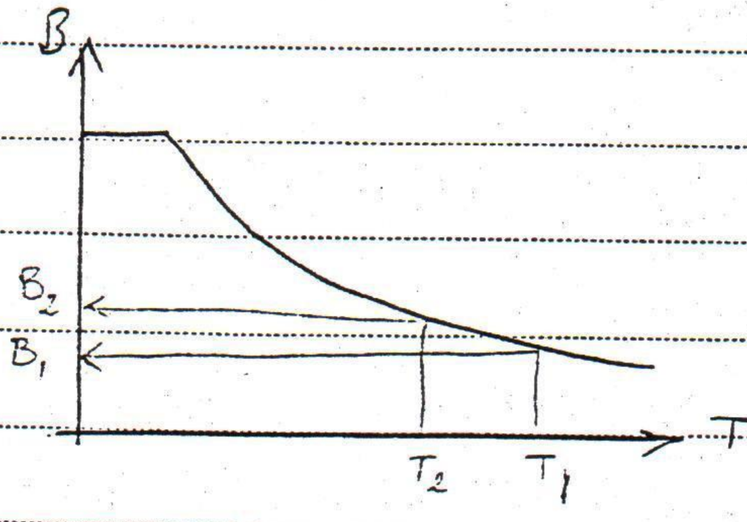


در تحلیل‌های استاتیکی این زمان تناوب به کمک پارامترهای روابط تجربی تعیین می‌شود.

ساختمان یک زمان تناوب ندارد زیرا طبق اشکال مودهای فوق به جهتی که بالاترین تغییر مکان را دارد باید واحد را تا رفت و زمان رفت و برگشت کامل را برای آن حساب کنیم.

تفاوت زمان تناوب مود اول با مود دوم متفاوت است. مود اول مودی است که Max زمان تناوب را دارد. هرچقدر شکل یک مود ساده‌تر باشد و انحنا پیچیدگی کمتری برخوردار باشد پریود آن بالاتر است.

✕ هر مود یک T خصوصی و هر T خصوصی یک B خصوصی دارد



جرم مؤثر مودی

$$\begin{cases} Sa_1 = B_1 A \\ Sa_2 = B_2 A \\ Sa_3 = B_3 A \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} Sa_1 \cdot m_1 = F_1 \\ Sa_2 \cdot m_2 = F_2 \\ Sa_3 \cdot m_3 = F_3 \end{cases}$$

در تحلیل استاتیکی جرم کل را تقسیم:

$$\underbrace{(Sa * m)}_{\text{نیروی جانبی طراحی}} * \left(\frac{I}{R} \cdot g\right)$$

ضرایب اصلاح سطح نیروی طراحی

✕ جرم مؤثر مودی:

بخشی از جرم کل سازه است که با پریود آن مود هم خانواده می‌شود

$$Ti = 2\pi \sqrt{\frac{m_i}{}}$$

www.civil4persian.com

Project:
Year. Month. Date. ( )

مودها دقیقاً بر هم عمود نیستند ولی ما فرض می‌کنیم که بر هم عمودند و می‌خواهیم B همه آن‌ها را با هم جمع کنیم ($M^* A(B_1 + B_2 + \dots)$) بلکه با یک عدد آماری جمع و منطقی رابطه برقرار می‌کنیم، مثلاً:

$$F_{\text{کل}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_n^2} \xrightarrow{\text{مثلاً}} \sqrt{25^2 + 7^2 + 3^2 + 0.9^2 + \dots}$$

← چنین مودی که هم مشارکت بالاتری دارد و هم تحریک‌پذیری بالایی دارد و سطح انرژی آن زیاد است

✗ هرچقدر پریود بیشتر شود جرم مؤثر مودی خیلی بیشتر می‌شود و معمولاً $(68 \sim 80\%)$ MK در مود اول تحریک می‌شود

و در نهایت نیروی حاصل از ارتعاش در آن مود بیشتر خواهد بود. از جایی به بعد مودهایی را می‌بینیم که جرم مؤثرهای فوق‌العاده کوچکی دارند و آیین‌نامه به آن‌ها جرم مؤثرهای جزئی می‌گوید و اجازه می‌دهد از اثر آن‌ها صرف‌نظر کنیم ← مودهای جزئی

✗ سطح انرژی پایین است ← یعنی با کوچک‌ترین انرژی که در سازه می‌افتد تحریک می‌شود

✗ نکته: به‌عوض شدن بیشتر سختی نیروهای موجود در اسکلت عوض می‌شود و باعث می‌شود یعنی دقیقاً بیشتر سختی و نیروهای موجود در المان‌ها عوض می‌شود و کار طراح سنگین‌تر است

مودهای ارتعاشی:

در زمان وقوع زمین‌لرزه زمین در چهار تکانه‌ای می‌شود و این تکانه‌ها موجب می‌شوند ابنیه و ساختمان‌های موجود روی زمین دچار ارتعاش شوند، سازه‌ای را در نظر بگیریم که در حال ارتعاش است. اینطور نیست که تصور کنیم در زمان ارتعاش کلیه طبقات سازه همانند به یک سو حرکت می‌کنند. در حین ارتعاش یک سازه حرکت طبقات می‌تواند کاملاً پراکنده و مستقل از حرکت طبقات دیگر باشد.

✗ ممکن است در یک لحظه کلیه طبقات به یک سمت حرکت کرده باشند و در لحظه‌ای دیگر برخی از طبقات به یک سو و بعضی دیگر به سمت مقابل رفته باشند. میتوان اشکال مختلفی ترسیم نمود و در هریک از آن‌ها یکی از انواع مختلف آرایش طبقات در ارتفاع را منعکس کرد. به هریک از این اشکال در علم ارتعاشات سازه یک مود ارتعاشی گفته می‌شود.

هریک از مودهای ارتعاشی زمان تناوب مستقلی دارند، بعبارتی وقتی سازه در مود اول خود ارتعاش می‌کند زمان تناوبی به اندازه T_1 دارد و زمانیکه در مود n ام ارتعاش می‌کند زمان تناوبی باندازه T_n دارد. پس پاسخ سازه زمان ارتعاش در هر مود متفاوت از سایر مودهاست، بعبارتی وقتی سازه در مود اول ارتعاش می‌کند شتاب طیفی ارتعاش Sa_1 و وقتی در مود دوم ارتعاش می‌کند شتاب طیفی Sa_2 خواهد بود. یعنی آنکه در لحظات مختلف ارتعاش سازه شتاب طیفی در حال نوسان است.

از سوی دیگر زمان ارتعاش در هر مود هر صدی از جرم کل ساختمان تحریک می‌شود که باید بود مود مورد نظر را ارتعاش داد پس وقتی سازه مثلاً در مود n ام ارتعاش می‌کند درصدی از جرم کل ساختمان باندازه M_n را تحریک می‌کند.

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

در نهایت بدین نتیجه می رسیم که زمان ارتعاش در هر مود شتاب خطی مستقل و جرم مودی مستقلی وجود دارد که از حاصلضرب آنها ($Sa_i * m_i$) نیروی حاصل از ارتعاش در آن مود قابل حصول است.

در نهایت از ارتعاش در n مود مختلف به n نیروی جداگانه می رسیم، این نیروها با استفاده از روشهای منطقی و آماری آیین نامه با یکدیگر ترکیب می شوند و در نهایت نیروی نهایی طرح که حکیمه ارتعاش در n مود مختلف است بدست می آید.

نکته: هر چه زمان تناوب یک مود بیشتر باشد، سهم مشارکتی آن مود در تکمین نیروی نهایی و وارد بر اعضا بیشتر خواهد بود که اصطلاحاً گفته می شود سطح انرژی این مود پایین تر بوده و تحریک پذیری آن بالاتر است.

از سوی دیگر هر چه زمان تناوب یک مود بیشتر باشد جرم مؤثر آن مود بیشتر است و بطبع آن زمان ارتعاش در آن مود درصد بیشتری از جرم کل ساختمان تحریک می شود.

مودهای بالاتری که زمان تناوب آنها کوچک است، درصد بسیار کمی از جرم کل ساختمان را تحریک می کنند و لذا نیروی حاصل از ارتعاش در آنها ناچیز و قابل صرفنظر کردن است. چنین مودهایی اصطلاحاً (مودهای هرز) نامیده می شوند. آیین نامه نیز اجازه می دهد در تحلیل مودی یک ساختمان (تحلیل دینامیکی) از اثر ارتعاش در این مودها و نیروی حاصل از آنها صرفنظر شود.

روش تحلیل دینامیکی طیفی:

زمانیکه قصد داریم سازه ای را تحلیل دینامیکی طیفی کنیم روال کلی کار بدین صورت است که تعدادی از مودهای ارتعاشی سازه را به برنامه معرفی می کنیم یعنی آنکه به برنامه می گوئیم این سازه را با چند مود تحلیل کن (که تابع دستورالعمل آیین نامه ای است) از سوی دیگر طیف طرح استاندارد آیین نامه را به برنامه معرفی می کنیم.

زمانیکه دستور تحلیل می دهیم برنامه با استفاده از یک معادله خاص (معادله مشخصه فرکانسی) شکل هر یک از مودهای درخواستی و فرکانس آنها را تعیین می کند. از روی فرکانس پریود ارتعاش آن مود معلوم می شود. حال برنامه بطور خودکار با در دست داشتن پریود هر مود و شکل طیف طراحی که کاربر معرفی کرده است ضریب B آن مود را حساب می کند.

از سوی دیگر با در دست داشتن زمان تناوب هر مود جرم مؤثر آن مود نیز توسط برنامه محاسبه می شود و با معلوم بودن ضریب B، شتاب هر مود، شتاب طیفی آن مود حساب می شود و در جرم مؤثر آن مود ضرب می شود و در نهایت نیروی حاصل از ارتعاش در آن مود بدست خواهد آمد.

در ادامه برنامه (یعنی نیروها را با روش ترکیب آیین نامه ای که کاربر مشخص می کند) نیروی مودهای مختلف را ترکیب می کند و با ضریب معکوسی که کاربر تعریف می کند، سطح نیروی آن طراحی را بالانس می کند (I و R و Q)

* این نیروی بالانس شده (نرمالیزه شده) همان نیروی طراحی اعضا و المانهاست

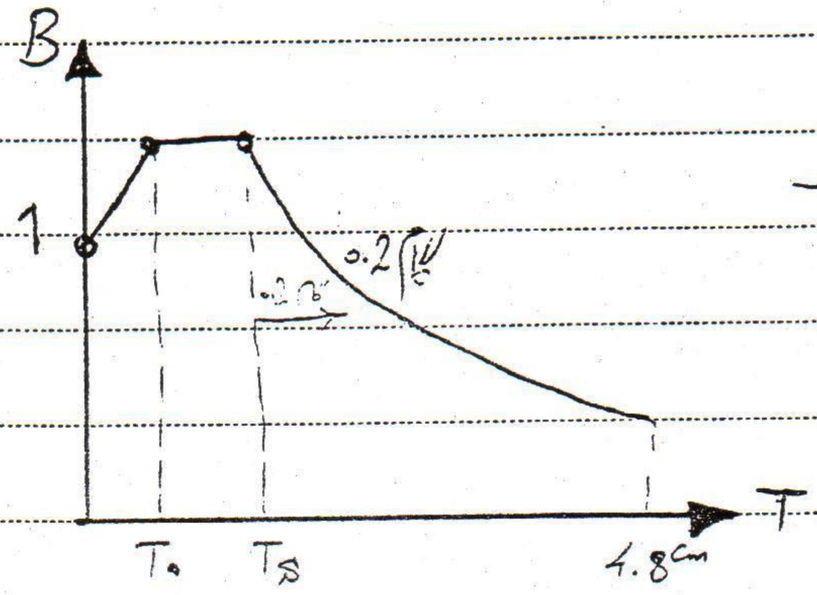
www.civil4persian.com

Year. 84 Month. 8 Date. 8 ( )

زمانیکه قصد تحلیل دینامیکی مدلی را داشته باشیم کلیات کار مانند سابق است، تفاوت بین این حالت و مباحث گذشته در این است که دیگر در قسمت Static Load Case زلزله ای تعریف نمی کنیم.
زیرا زلزله های آن قسمت ماهیت استاتیکی دارند پس لازم است برای تعریف زلزله به فرم دینامیکی از دستورات دیگری که در منوی Define داریم استفاده کنیم که این دستورات شرح زیر است:

Response Spectrum Functions

در این قسمت لازم است منحنی طیف استاندارد بین نامه را به برنامه معرفی کنیم، بعبارتی طیف B برحسب T را به برنامه معرفی کنیم تا برنامه قادر باشد براساس پریود محاسبه شده هرمود بازتاب آنرا بدست آورد.



یا با دستور Add User Spectrum طیفمان را تعریف کنیم و الباقی اساس طیف را استاندارد آیین نامه ای است که با آنها کاری نداریم.

Function Name : مثلاً SOIL 3/4

T Period	B Acceleration
0	1
$T_0 = 0.15$	2.75
$T_S = 0.7$ (1/10)	2.75
0.8	2.5
1.0	2.168
1.2	1.92
⋮	⋮
4.8	

$T \geq T_S$: $B = (1+S)\left(\frac{T_S}{T}\right)^{2/3}$

یا از اینجا B*A را برای رهیم یا در جدول کد در کارهای خودمان اینجا B خالص را برای رهیم

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

Response Spectrum Cases

در این قسمت باستی تحریکهای لرزه‌ای مورد نظرمان را به برنامه معرفی کنیم تا بعداً برای در مدل تحلیلهای دینامیکی باستی از این قسمت بارگذاری دینامیکی ساخته انجام شود.

Define Response Spectra

Spectra → Add New Spec → Response Spectrum Cases Data

اسم اختیاری برای تحریک مورد نظر : SPEC X1

Structural/Function Damping

Damping به معنای میرایی است که بنا به تعریف میرایی عبارتست از کلیه عواملی که موجب می‌شوند دامنه ارتعاش به مرور کاهنده شود و در نهایت متوقف گردد.

اگر در یک سیستم مرتعش شده میرایی نداشته باشیم ارتعاش ایجاد شده تا ابد ادامه خواهد یافت (مانند پاندول ساعت)

عواملی نظیر اصطکاک بین اجزای سازه و اتصالات، ترک خوردگی اعضاء و ورود سازه به حوزه عملکرد غیرارتجاعی (تشکیل مفصلهای پلاستیک) و ... همه و همه عواملی هستند که بر میرایی مؤثر و در یک ارتعاش دخالت دارند.

تعیین میرایی واقعی یک سازه بطور عملی کاری دشوار است به همین دلیل آیین نامه به منظور انجام تحلیلهای دینامیکی عدد نسبتاً تخمینی درصدی تحت عنوان نسبت میرایی کلیه ساختمانها معرفی می‌کند.

تذکر: در برنامه عبارت Damping به مفهوم همان نسبت میرایی است

میرایی موجود در سازه (درب که در فیلم ورود ترانزیستور بسته ورفت و برگشت نمی‌کند)

نسبت میرایی Damping Ratio $\xi = \frac{C}{C_{cr}}$

میرایی که اگر در سیستم اتفاق بیفتد سیستم ارتعاش نمی‌کند ← میرایی بحرانی سازه

(درب ترانزیستورهای دستگاه که بعد از باز شدن به حالت تعادل اولیه برسد)

در واقعیت میرایی سازه‌ها بین 2 تا 10 درصد است { فولاد 2~5 % ، بتن 5~10 % ولی در محاسبات ساختمان از بحث می‌کنیم. بتن خشک‌تر و غیرارتجاعی‌تر است پس میرایی در آزمایشات فولاد ارتجاعی‌تر است پس میرایی کمتری دارد.

در تحلیل دینامیکی همه مسائل با تبدیل معادله حرکت به

$$M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = F(t)$$

حل می‌شوند.

(جرم سیستم، میرایی سیستم، سختی سیستم، بردار تغییر مکان، نیروی اینرسی، نیروی میرایی یا مقاومت، نیروی سختی، شتاب، سرعت، جابجایی)

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

در تحلیل استاتیکی معادل با بازی کردن با بزه اعضا (K) بدست می آید

$0+0+KU=F(t)$

↳ $K \cong F$ در استاتیکی (تابع زمان نبود)

و باید با F وارد در سازه آنرا بالانس کنیم ولی حالا همراهی وانیزی به دا کمک می کند تا بزه اعضا مثل واقعیت کمتر در آید.

Daming = 0.05

Modal Combination:

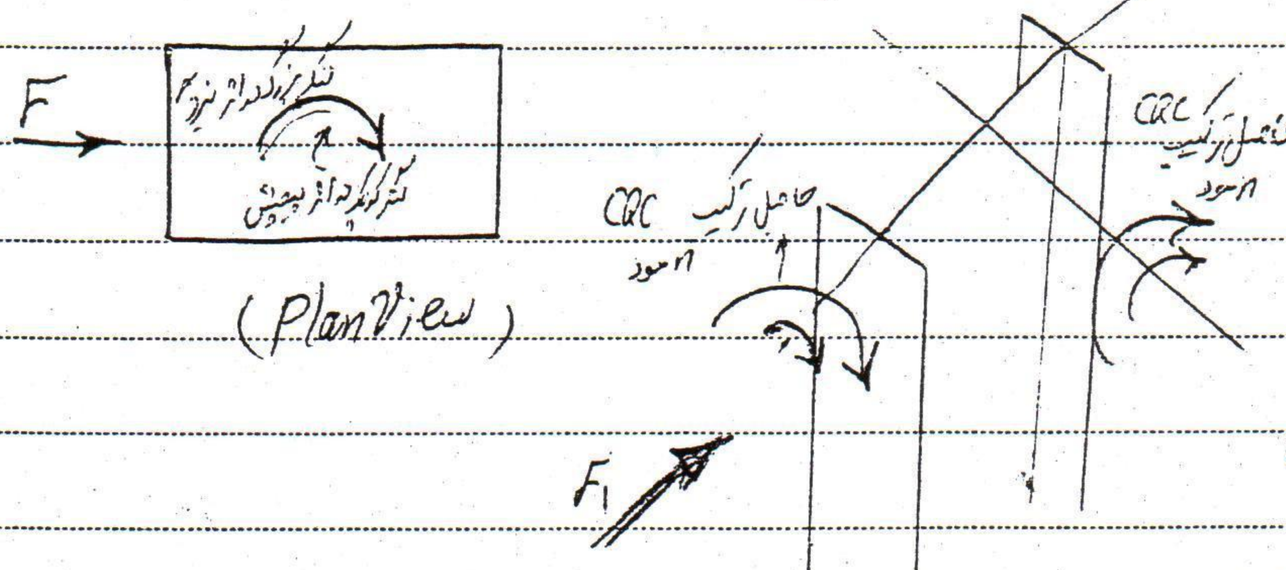
همانطور که گفته بودیم در یک آنالیز طیفی لازم است پاسخ تک تک مودها بررسی شود و نتایج حاصل از این پاسخ با روشهای آماری آیین نامه ای با یکدیگر ترکیب شوند.

در این قسمت از برنامه روش ترکیب پاسخ مودها را به برنامه معرفی می کنیم که از بین روشهای معرفی شده در برنامه فقط به روشهای SRSS و CQC در آیین نامه پیاده شده است. بین این دو روش ما همواره CQC را انتخاب می کنیم چرا که روش کاملی برای ترکیب اثر مودها بوده و محدودیتی ندارد اما روش SRSS یک روش ساده سازی شده است که محدودیت دارد و نمی توان همواره از آن استفاده کرد.

(SRSS بدرد کارهای دستی می خورد چون CQC فرمول سنگینی دارد که نرم افزار محاسبه می کند) (ABS و GMC برای کارهای تحقیقاتی است)

Directional Combination: (ترکیب جهتی)

SRSS در اینجا دنبال می خواهیم مثل بالا مودها را با هم جمع بکنیم چون با روش CQC، n مود جمع شده و برایند دو نیروی هم جهت یا خلاف جهت را می خواهیم در اینجا بگیریم:



$$F_{کل} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

(بیشتر سوالات علمی روی ... ضریب 0.7 ← روش ABS) (توصیه سوال برنامه دوحالی حاضر هم SRSS است)

اگر تحریک دو جهته (مثل 100-30) نداشته باشیم اصلا این قسمت توسط ETABS استفاده نمی شود.

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

Input Response Spectra: ✗

راستای تحریک
(امتداد تحریک)

U_1

U_2

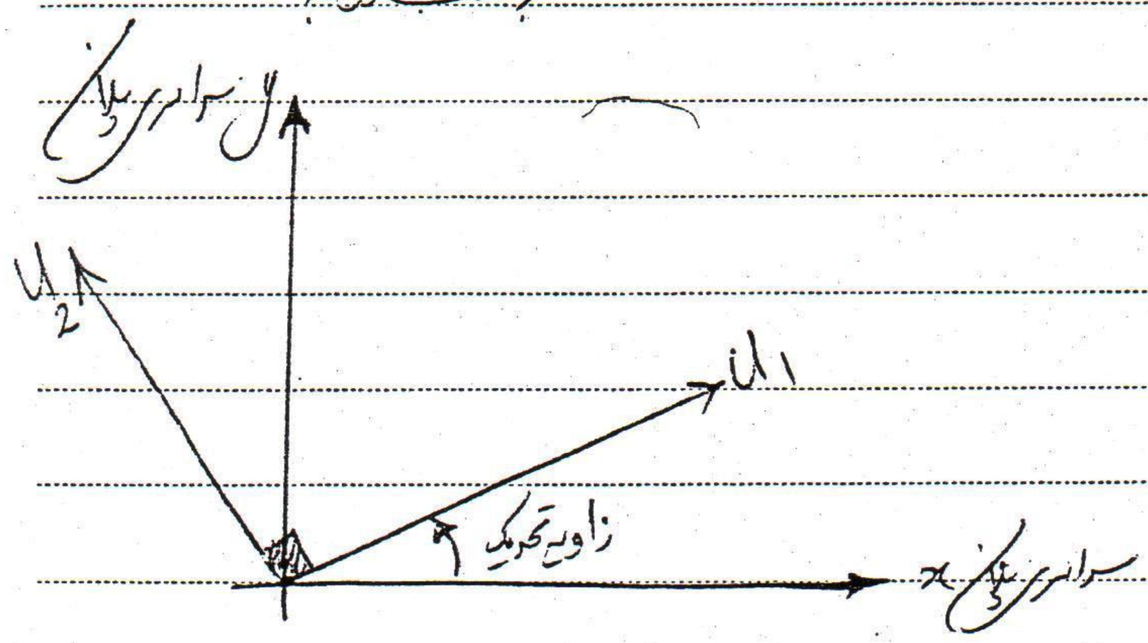
U_Z

Excitation Angle: ✗

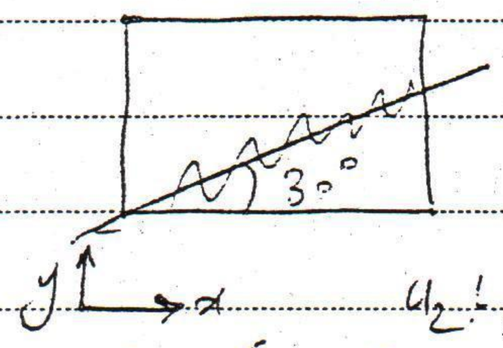
U_1 و U_2 : امتداد تحریک (راستای تحریک) در صفحه افقی است (در پلان)

U_Z : تحریک قائم ساده

زاویه بین محور x سازه در پلان و محور تحریک U_1 برحسب درجه



فرض می خواهیم سازه ای را روی امتداد 30° تحریک بکنیم



هم می توانیم U_1 را کار کنیم هم U_2

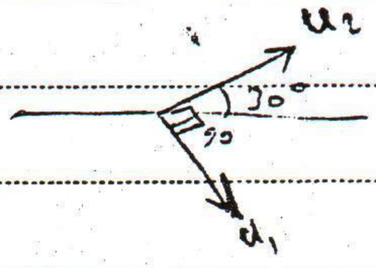
مثلاً حلو U_1 Func و Scale تایپ می کنیم Ex Ang = 30° و U_2 را خاموش می کنیم.

اگر بخواهیم با U_2 کار کنیم

حلو U_2 Func و Scale تایپ و Ex Ang : -60°

و U_1 را خاموش می کنیم.

اگر تا عدد مثل 30-، 100- را نشتیم حلو U_1 و U_2 باید عدد تایپ کنیم.

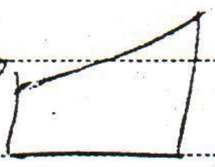


حرف کار: زاویه تحریک باید در ربع اول باشد

Spec X_1 U_1 فقط / X_2 Angle = 0 ← U_2 فقط / Angle = -90°

Spec Y_1 U_2 فقط / Y_2 Angle = 0° ← U_1 فقط / Angle = 90°

* امروز نرم افزاری وجود ندارد که سازه را هم در دو راستای عمود بر هم سه بعدی تحلیل کند چون اگر زاویه تحریک را هم بخواهیم بگیم هر نامه می تحلیل نادرست



و هم در راستای استاد سوم (عرض) درست سختی به اشکال می خورد و ماتریس سختی را اشتباه محاسبه می کند.

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

Function : انتخاب طیف مورد نظر (منفی خاکستری نظر)

Scale factor : بالانس کردن یا نرمالیزه کردن تحریک مورد نظر (بالانس سطح نیروی وارده)

واحد $\frac{m}{s^2}$ حتماً 9.80665 و $\boxed{kg\text{-}s^2\text{-}m}$

ضریب تبدیل برش پایه دینامیکی به استاتیکی

ضریب مقیاس می‌گیرد

$\frac{AI}{R} * g *$ (مقدار بدست آمده) $\frac{ABI}{R} * g$

* می‌توانستیم قبلاً $A=0.35$ را در خانه B وارد کنیم و اینجا دیگر در نظر نگیریم.

همپایه کردن برش‌های پایه:

مطابق با ضوابط آیین‌نامه ۲۸۰۰ در مبحث تحلیل‌های دینامیکی لازم است برش‌های پایه دینامیکی و نیروهای حاصل از آن مورد اصلاح قرار گیرند بدین منظور ضوابط زیر مقرر می‌شود:

الف) $V_{Dyn} < V_{st}$ (برش پایه استاتیکی) (برش پایه دینامیکی) در این حالت لازم است مقادیر یا کلیه یا بعضی نیروهای طراحی (برش ۵۰ درصد تخفیف می‌دهند) ساختمان منظم شده با ضریب $\boxed{0.9\left(\frac{V_{st}}{V_{Dyn}}\right) \geq 1}$ اصلاح شوند

(برش دوم ۲۰٪ تخفیف می‌دارد) 0.8

و اگر ساختمان نامنظم باشد نیروهای طراحی را با ضریب $\boxed{\left(\frac{V_{st}}{V_{Dyn}}\right)}$ اصلاح می‌کنیم.

ب) $V_{Dyn} > V_{st}$ در این حالت لازم است برش پایه دستگاه نیروی طراحی را با ضریب $\boxed{\frac{V_{st}}{V_{Dyn}}}$ که عددی کوچکتر از 1 است اصلاح کنیم

یعنی برش پایه ما V یکی است در استاتیکی، استاتیکی توزیع می‌کنیم در دینامیکی، دینامیکی چون برش پایه دینامیکی به مراتب کمتر از استاتیکی در می‌آید ما با scalefactor، V_{Dyn} را بالا می‌بریم

* V_{Dyn} را در ابتدا بدست آوریم

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

* در ابتدای کار ضریب تبدیل برشهای پایه را نداریم چرا که بدست آوردن این ضریب تبدیل مستلزم در دست داشتن برش پایه دینامیکی امتداد مورد نظر است.

اولین بار در زمان تعریف تحریک در این صفحه فقط ضریب مقیاس پایه $\left(\frac{AI}{R}\times g\right)$ را محرفی می کنیم یکبار له سازه تحلیل شده و برش پایه دینامیکی هر امتداد یا بعبارتی هر تحریک را گزارش می کند. باید بدست آوردن این برش پایه دینامیکی و بر اساس روابط تبدیل برشهای پایه میتوان ضریب مقیاس نهایی را بدست آورد (scale factor)

* زمانیکه ضریب تبدیل برشهای پایه بدست آمد از در ضریب مقیاس پایه ضرب می کنیم تا به ضریب مقیاس نهایی رسیده باشیم. تحلیل مرتبه را شکسته به صفحه محرفی تحریک باز می گردیم و بجای عددی که قبلا داده بودیم ضریب مقیاس نهایی را تعریف می کنیم.

مثل Eccentricity ← در دو تابع بالا S.27 روش شده و دو عدد پیش فرض را در اینجا می توانیم بدهیم
Spec x_1 +0.05
Spec x_2 −0.05

پس برای شروع میتوان در staticLoadCase اگر در دو طرف سیستم یکی است (مثل پر و در تنه کلاس) از نیروی زلزله بدون توجه به پیش فرض تعدادی یا سالی تعریف می کنیم و بعد از Run و خواندن V_{st} و V_{dyn} بر می گردیم ضریب scalefactor را اصلاح کرده کل staticload را کلا پاک می کنیم. اگر هم R در دو جهت فرق داشت در دو جهت E در staticload تعریف و بعد از اول گفته شده بالا آنرا پاک می کنیم D و L و HL هم باید در staticload تعریف و بعد از سکل اول هم را از staticload پاک کنیم.

مثل اول: ساختمان در بالا منظم است، قاعده 100-30 نداریم:

SpecX1		SpecY1	
Damping 0.05		Damping 0.05	
√CQC		√CQC	
√SRSS	func scalefactor	√SRSS	
U_1	2800 $\frac{AI}{R_x}\times g\times$ ضریب تبدیل برشور پایه دینامیک	U_1	غیر فعال
U_2	غیر فعال	U_2	2800 $\left(\frac{AI}{R_y}\right)\times g\times$ ضریب تبدیل برشور پایه دینامیک
U_Z	غیر فعال	U_Z	غیر فعال
Excitation Angle : 0°		Excitation Angle : 0°	
Eccentricity : 0.05		Eccentricity : 0.05	
نقیه پارامترها مثل بالا SpecX2 = −0.05		نقیه پارامترها مثل بالا SpecY2 : −0.05	

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

مثال ۲

ساختمان در یکی از نواحی نامنظم بوده و مشمول قاعده 100-30 شده است

SPEC x_1

U_1	2800	$(\frac{AI}{Rx}) * g *$ ضریب تبدیل برش پایه به جابجایی در امتداد x
U_2	2800	$\left[(\frac{AI}{Ry}) * g *\right.$ ضریب تبدیل برش پایه به جابجایی در امتداد y $\left.\right] * 0.3$
U_Z	ــــ	

Exc.Angl → 0

Eccent/ → 0.05

بقیه مثل فوق Specx$_2$ → -0.05

spec Y1

U_1	2800	$\left[(\frac{AI}{R_x} \cdot g) *\right.$ ضریب تبدیل برش پایه به جابجایی در امتداد x $\left.\right] * 0.3$
U_2	2800	$(\frac{AI}{R_y}) * g *$ ضریب تبدیل برش پایه به جابجایی در امتداد y
U_Z	ــــ	

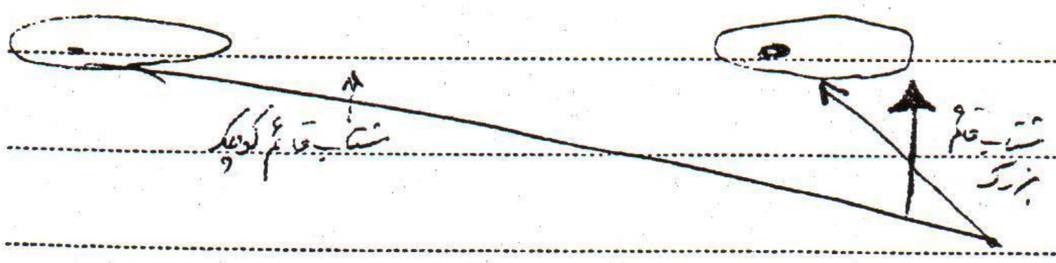
Exc.Ang → صفر

Ecc/ → 0.05

بقیه مثل فوق Spec Y$_2$ → -0.05

نکته:

* قضیه شتاب قائم مربوط به نواحی وجود نزدیک به گسل است و در نواحی دورتر شتاب قائم زلزله لمس نمی شود



نکته مهم:

* اگر ساختمان مشمول 100-30 شده بود در سیکل اول نباید به 100-50 توجه کرد مثل مثال 1 عمل می کنیم پس ساعیمان ها کلاً در سیکل اول Scale factor: $(\frac{AI}{R})g$ است و بعد از خواندن V_{Dyn} و V_{st} اصلاحات را انجام می دهیم

V_{Dyn} { $V_{Dyn\,x}$ / $V_{Dyn\,y}$ } V_{st} { $V_{st\,x}$ / $V_{st\,y}$ }

www.civil4persian.com

Year. 84 Month. 8 Date. 10 ( )

در این صفحه تعداد مودها را بدهید. کد نیز بزنید

Analysis → Dynamic Analysis

توضیح

* Number of modes:

در این قسمت لازم است برای برنامه مشخص کنیم این سازه بر اساس چند مود تحلیل شود.

دستورالعمل آیین نامه:

مطابق با ضوابط آیین نامه لازم است تعداد مودها لازم جهت انجام یک تحلیل دینامیکی حداقل بزرگترین مقدار حاصل از سه عبارت زیر باشد:

1- سه برابر اعداد (3 عدد) صحیح اول از بین 3 مود اول $T_1 > T_2 > T_3$ که دوتای آن همان مود اصلی یا غالب امتدادهای x و y است

2- مودهایی که زمان تناوب آنها حداقل 0.4 ثانیه باشد

3- آن تعداد مودهایی که جمع جرم مؤثر مودی آنها روی هم حداقل با اندازه 90 درصد جرم کل سازه باشد

* اول کار یک چیز حدودی مثلاً 10 یا 15 تا Number of mode می دهیم تا بعد کامل تعیین کنیم چند مود قیداً داریم هر چند اکثر بیشتر تعداد مود را بدهیم خلاف نیست چون حداقل را رعایت کرده ایم و از دید آیین نامه بقیه مودها مودهای هرز هستند

Type of Analysis:

دو شیوه یا دو روش مختلف برای تعیین فرکانس ارتعاش حدها، جرم موثر مودها و پریود ارتعاش حدها و شکل مودها

یک روش خاص است که در آیین نامه نیامده و در مقالات و پایان نامه ها با آن کار میشود ولی ما هم با روش Eigen vectors کار می کنیم.

در حالت کلی با فرض اینکه در هر طبقه سه درجه آزادی وجود دارد پس تعداد مودها را در شروع کار سه برابر تعداد طبقات بعلاوه یک می دهیم مگر اینکه طبقه باشد حتماً تحلیل دینامیکی انجام می دهیم

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

Eigen Value Parameters

نزدیکس: تعداد ارتعاشی که دینامیک انجام می‌شود

$T_i > 0.4 \rightarrow f_i < 2.5$ (H.Z)

$f = 1/2 < 1/4$

تعداد مودها $\xrightarrow{\text{مثلاً}}$ 15

(center) $f_0 = 0$

(Radius) $f_{max} = 2.5$

→ { center = 0, Radius = 0 }

$|f_i - f_0| < f_{max} \rightarrow |f_i| < 2.5$ Hz

اگر در کانس معنی در رابطه بالا صدق نکند خودکار توسط خود برنامه حذف خواهد شد.

این بند آیین نامه‌ها را Support نمی‌کند و صفت اعداد center و Radius اگر صفر باشند مثل نرم‌افزار بارگذاری لیتی کاربر کاری با این بند ندارد و خودمان تعداد مودها را تایپ می‌کنیم چون با این بند ممکن است مودهای حذف شوند که در آیین‌نامه لازم باشند

Relative tolerance:

1E-07 شل بحث PS که دقت 1E-3 را می‌دادیم به کنکس وخطا را تعیین می‌کند و عایش فرض برنامه را قبول می‌کنیم.

Residual Mass فقط برای کارهای تحقیقاتی است و خطاهای مربوط می‌باید که با روش بازه‌گانی کار کنیم

فرض اولیه 15 mod

معادلهای سکتبر 10 mod

برنامه 3 مود اولیه خارج نشود

11 و 12 و 13 — 14 و 15

هیچ مصداقی برای این ندارد → به یک مود تازه می‌رسیم → یک مود جدید توسط برنامه تولید می‌شود → را ارفته ادغام می‌کند

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

$\frac{AI}{R}g = \frac{0.35 \times 1}{7} \times 9.81 = 0.49$

ضریب C استاتیکی:

$H = 22.8^m$

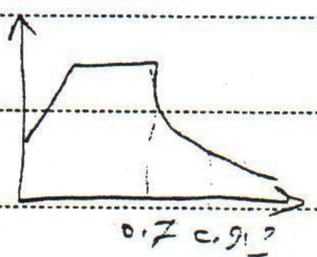
$T = 0.05(22.8)^{0.75} = 0.73$

T اصلاحی $\leftarrow$ در دینامیکی نگران سلاقی نیستیم حتی در استاتیکی ملاک سلاقی T یا اولیه است $T = 1.25(0.73) = 0.913$

هرچند T اصلاحی بالاتر 0.7 شد ملاک محاسبه C قرار دهید ولی سلاقی الزام نیست

$$\begin{cases} A = 0.35 \\ I = 1 \\ R = 7 \\ T_S = 0.7 \quad \text{خاک نوع 3} \\ T_0 = 0.15 \\ S = 1.75 \end{cases}$$ با استفاده از لرزه خیزی خاک نوع ۳ و خطر نسبی بسیار زیاد

$B = (1+S)\left(\frac{T_S}{T}\right)^{2/3}$



$B = (1+1.75)\left(\frac{0.7}{0.913}\right)^{2/3} = 2.67$

$C = \frac{0.35(2.67)(1.0)}{7} = 0.134$ ضریب استاتیکی

بعد از تحلیل فاز صفر:

1. تعیین تعداد مودهای لازم جهت تحلیل سازه مورد نظر $\leftarrow$ (modal participating Mass Ratio)
2. تعیین ضریب تبدیل برشهای پایه جهت نرمالیزه کردن تحریکی $\leftarrow$ (story shears)

بله Ton-m $\rightarrow$ منوی Display $\rightarrow$ Set output table Mode & Select load

Building Mode ✓
Modal Info ✓
output ~
الان به Displacement نیاز نیست

Spec x ✓
Spec y ✓
برای خواندن برش‌های Dynamic
برای خواندن برش $\Rightarrow$ زلزله یا بارگذاری استاتیکی
پایه st

$\rightarrow$ Modal participating Mass Ratio

آیتم نمونه:
- جمله ① شش مود انتقالی + ۱ پیچشی = ۷ مود
- جمله ② تعداد مودهای $T \geq 0.4$ $\Leftarrow$ ۷ مود
- جمله ③ مودهایی که جمع جرم مؤثر آنها حداقل ۹۰ جرم کل سازه را باشند

تعداد مودهایی که خواستیم ستون اول
درصد جرم مؤثر آنها ستون دوم
درصد تجمعی جرم مؤثر آنها ستون سوم و چهارم: UX, UY, SumUX, SumUY

در استاندارد ۷
در استاندارد ۹

تعداد مودها
۱۰ $\rightarrow$ برخی پیشنهاد می‌کنند $\Rightarrow$ ۹
تعداد لازم مودها

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

* یکی دو تا بالاتر به دو دلیل ۱- اینکه طبق آیین نامه بیشتر اشکالی ندارد ۲- اگر در سعی و خطا جرم مؤثرها بالا پایین شد یکی دو مرتبه رزرو داشته باشیم

Story Shears

Story 1 → Top
Bottomn ✓ → Vx → نهایت قدر مطلق خوانده شود → مثلاً → 200.36 Ton

* برای E های استاتیکی و SPEC های دینامیکی خوانده شود

$V_{st} = 200.36^{T}$ برش پایه استاتیکی

$(V_{Dyn})_x = 67.44^{T}$ برش پایه دینامیکی در جهت x

$(V_{Dyn})_y = 81.41^{T}$ در جهت y

ساقمان منظم است

→ ضریب تبدیل $= 0.9 \left(\frac{V_{st}}{V_{Dyn}}\right) \geq 1$

ضریب تبدیل استاد x $= 0.9\left(\frac{200.36}{67.44}\right) = 2.67$

ضریب تبدیل استاد y $= 0.9\left(\frac{200.36}{81.41}\right) = 2.215$

ضریب مقیاس نهایی:

$2.67 * 0.49 = 1.3$

$2.215 * 0.49 = 1.08$

← این ضریب خوب نیست و اعداد زیر ۱ مطلوب است

و شکل بهینه ابعاد اولیه باید انتخاب شده توسط کاربر است.

با در دست داشتن نتایج حاصل از موارد فوق تقل برنامه را شکسته؟

1- زلزله یا زلزله های استاتیکی را که در قسمت Static Load case تعریف کرده بودیم تعریف می کنیم

2- به قسمت تعریف تحریک (Spec) های رویم و بر اساس ضرایب تبدیل و همچنین ضرایب مقیاس نهایی که محاسبه کرده ایم آنها را آنالیز می کنیم

3- به منوی Analyze قسمت Set Options رفته گزینه های تحلیل دینامیکی را می زنیم و تعداد مودها را حداقل آنچه بدست آورده ایم مشخص می کنیم

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

نکته سوم: وقتی در یک تحلیل دینامیکی بارهایی را اعمال می‌کنیم به هیچ عنوان مناسبتی در تمام زلزله‌ای وجود ندارد که ...

چرا که در اینصورت برنامه ساختمان را هم تحت تحریکهای دینامیکی هم تحت زلزله‌های استاتیکی تحلیل می‌کند و مناسبه ترکیبهای بار زلزله‌ها را بطور خودکار اعمال می‌کند اثر هر دوی این زلزله‌ها وارد کار می‌شود. زمان طراحی اعضا از زلزله‌های استاتیکی بیش از اثر زلزله‌های دینامیکی است و منظور آنست که در پوش طراحی اعضا زلزله استاتیکی غالب است.

و حالا تحلیل دینامیکی ما جنبه صوری داشته و در طراحی اعضا مؤثر نخواهد بود.

نکته‌های طراحی:

① در تحلیلهای استاتیکی برش پایه همواره مقداری ثابتی داشته و مستقل از نرمه اعضای باشد اما در تحلیلهای دینامیکی برش پایه دینامیکی به شدت تابع وضعیت نرمه اعضای باشد، توضیح آنکه در یک تحلیل دینامیکی، نیروی زلزله ایجاد شده در هر طبقه ترکیبی آماری از نیروی پاسخ مودهای مختلف است، و از سوی دیگر نیروی هر مود تابع خصوصیات و توزیع آن مود است (شکل مود مود نظر، پریود آن مود و جرم مؤثر آن مود)

در اثر این خصوصیات مودی از معادله‌ای حاصل می‌شود که تابع ماتریس سختی است، نتیجه اینکه بسته به نرمه اعضا خصوصیات مودی متفاوتی خواهیم داشت بنابراین اگر ابعاد اولیه‌ای که به اعضا اختصاص داده‌ایم دور از واقعیت باشد یعنی ابعاد اولیه نامناسب، برش پایه دینامیکی در تحلیل خارج مقدار نامناسب و غیر واقعی خواهد داشت.

پس ضریب تبدیل به همان نسبت (جبراً) اشتباه خواهد بود و این موجب می‌شود تحریکها به نحو صحیحی زلزله نشده باشد.

← بهتر است با دیدی خوب نسبت به کارهای قبلی ابعاد اولیه را حدس بزنیم یا کمی وقت تحلیل استاتیکی با Ratio=1.2 انجام دهیم تا ابعاد کمی واقعی‌تر شده تحلیل دینامیکی را شروع کنیم.

② زمانیکه سازه تحلیل دینامیکی شده است همانطور که گفتیم نیروهای ایجاد شده در طبقات و اعضا تابع ماتریس سختی سازه است زمانیکه طراحی سازه آغاز می‌شود در فرایند طراحی سازه و کارهای متعدد سعی و خطا هر مرحله نرمه اعضا را تغییر می‌دهیم (بعضاً نیز در هر مرحله) پس در هر کدام از کارهای سعی و خطا با عوض شدن نرمه اعضا ماتریس سختی متحول می‌شود و متناسب با آن برش پایه دینامیکی، ضرایب تبدیل و در نهایت ضرایب مقیاس نیروی تغییر می‌کنند؛ اما نمی‌توان در ابتدای هر کدام تحریکها را زلزله کرد یعنی به همگرایی نخواهیم رسید بنابراین به صورت زیر عمل می‌کنیم:

← در ابتدای کار ابعاد اولیه با شرایط ایده‌آل و رعایت اصول تیپ بندی ارتفاعی به اعضا اختصاص می‌دهیم تا برش پایه دینامیکی از حدی شدن کار تحلیل خارج مقدار نامناسب و ایده‌آل باشد بر اساس این برش پایه تحریکها را زلزله می‌کنیم و طراحی سازه آغاز

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

می شود. انجام فرایند طراحی و مراحل بهینه سازی را با همین تحریک تا انتها در سیکل بعد نمره های زیاد ادامه می دهیم یعنی تا جائیکه دیگر نیازی به بهینه سازی نباشد.

در این مرحله تیپ بندی بالایی را نیز مشخص می کنیم و حالا تقریباً به یک وضعیت خطی رسیده ایم. با این شرایط از مجدد دوباره بتوان پایه دینامیکی جدیدی که متناسب با ماتریس سختی خطی ساده است تعیین شود.

برای انجام این کار به قسمت تعریف تحریک باز می گردیم، ضرایب مقیاس را به همان $\left(\frac{AI}{R}g\right)$ اول کار باز می گردانیم و با این شرایط برای پایه دینامیکی جدید را بدست می آوریم و بر اساس برش پایه استاتیکی، ضرایب تبدیل جدید را نیز محاسبه می کنیم و در نرم افزار ضرایب مقیاس زلزله را محاسبه کرده تحریک را از نو تعریف می کنیم و دستور تحلیل و طراحی می دهیم. کنترل می کنیم اعضا جوابگوی نیروهای ایجاد شده باشند.

اگر در این شرایط "تعدادی" بظاهر غیر اقتصادی باشد ترجیحاً نمره آنرا تغییر نمی دهیم ولی اگر اعضای پیدا شوند که در شرایط جدید ضعیف نشان دهند نمره آنرا اصلاح می کنیم (پس صرفاً به اصلاح اعضای ضعیف می پردازیم)".

www.civil4persian.com

Year. 84 Month. 8 Date. 15 ( )

تحلیل شبه دینامیکی:

روش خاصی در تحلیل است که قبلاً در ویرایش اول آیین نامه برای بعضی ساختمانها مورد استفاده قرار می گرفت و از ویرایش دوم به بعد از آیین نامه حذف گردید.

در این روش ابتدا نیروهای دینامیکی هر طبقه با روشهای مختلف دستی یا نرم افزاری حساب می شود و سپس بصورت استاتیکی به سازه اعمال می گردد. بنابراین تحلیل استاتیکی ساختمان تحت نیروهای دینامیکی را داشتیم که به تحلیل شبه دینامیکی معروف بود.

روش طرح شالوده:

زمانیکه ساختمان تحلیل طیفی میشود در طراحی شالوده آن مشکل خواهیم داشت زیرا ETABS فقط اثرات حاصل از نیروهای استاتیکی را به SAFE ارسال می کند بنابراین عکس العملهای حاصل از زلزله های دینامیکی به SAFE منتقل نخواهند شد.

اشکال دیگری نیز وجود دارد بدین صورت که نیروهای حاصل از یک تحلیل طیفی چون زمان ترکیب اثر مودها از زمره ای دیگر خارج میشوند همواره مثبتند بنابراین اینکه کدام قسمتهای شالوده تحت نیروهای کششی ساده قرار می گیرند و اینکه وضعیت uplift شالوده به چه صورت است نامفهوم و مبهم می ماند.

بنابراین لازم است جهت طرح شالوده از راههای خاصی استفاده کنیم، برای انجام این کار میتوانیم دو روش زیر را پیشنهاد کرد:

1 استفاده از روش تحلیل شبه دینامیکی: که در این حالت نیروهای دینامیکی ایجاد شده در هر طبقه را از زمانه در دقت می کنیم سپس این نیروها را در فایل Copy بصورت استاتیکی از طریق گزینه User loads به سازه اعمال می کنیم و سازه را تحلیل می کنیم. بعبارتی ساختمان تحت نیروهای دینامیکی فایل اصلی تحلیل شبه دینامیکی میشود. حال میتوان عکس العملهای حاصل از این بارها را به SAFE منتقل کرد.

2 استفاده از روش تحلیل استاتیکی: در این روش از فایل اصلی Copy تهیه کرده و در فایل Copy مثل شیوه قبل در ETABS بارهای استاتیکی را بین طبقات توزیع می کنیم. دستور تحلیل داده و نتایج را جهت طراحی شالوده به SAFE ارسال می کنیم.

هر دو روش فوق با توجه به ماهیتشان خطاهایی دارند. استفاده از روش نخست یعنی تحلیل شبه دینامیکی نتایج محافظه کارانه تری را ارائه می کند. به همین دلیل ترجیح دارد از روش دوم استفاده کنیم

User load + ✓ استاتیکی می زنیم و با قرمز شدن یا غیر اقتصادی شدن سازه کاری نداریم و فقط نیروها را به SAFE می فرستیم

www.civil4persian.com

Year. Month. Date. ( )

برای تحلیل شبه دینامیکی: انتخاب Specx,y ها ← StoryShears

F_x دینامیکی هر طبقه بدست می‌آید ← V_x هر طبقه را خوانده از طبقه فوقانی کم می‌کنیم ✓

نکته ۱:

اگر قاعده 30-100 را سیستم تحت Specx هم V_x ها هم V_y ها خوانده می‌شود ولی تحت Specy هم V_x ها خوانده می‌شود هم V_y ها

Specx → V_x → F_x ; V_y → F_y

Specy → V_x → F_x ; V_y → F_y

کنیزوها 30٪ به آنها اعمال شده و دیگر برای تایپ در Userload نیازی به ضرب کردن در 0.3 نیست ✓

مثال کلاسی		Specx V_x		F_x
	ST F	31.49	→	31.49
	ST 6	54.5	→	23.01
	St 5	70.45	→	15.95
	⋮	⋮		⋮

→ Userload

E_x { F_x فقط ; $F_y = 0$

E_y { F_y فقط ; $F_x = 0$

اگر 30-100 نداشتیم روابط بالا اگر داشتیم مثل نکته ۱ فوق عمل می‌کنیم.

* تذکر مهم: همانطیکه سابقا تحلیل دینامیکی طیفی می‌شود در قسمت ترکیبهای بارگذاری پشت Spec ها فقط علامت (+) دیده می‌شود پس این سؤال مطرح می‌شود که اثر + و − بودن یک نیرو چگونه در طراحی دیده می‌شود؟
توضیح آنکه در تحلیل دینامیکی طیفی یک سازه برنامه بطور خودکار خود زلزله را + و − می‌کند. اگر دستور نمایش دیاگرام یک ترکیب داده شود میتوان این موضوع را عیناً مشاهده کرد.

Spec با یک واژه محیط LoadComb شود دو تا Combo بنام‌های Test1 و Test2 می‌سازیم یکبار E استاتیکی برای Test1 می‌دهیم یکبار Spec دلخواه را در Combo بنام Test2 می‌دهیم حال اگر درخواست دیاگرام نمائی بکنیم برای E رسم می‌شود و برای Spec نصورت بصورت پوشش و بستگان توسط خود نرم افزار ETABS مشخص و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

www.civil4persian.com

Subject :
Year . Month . Date . ( )

روش کنترل قاعدهٔ 25٪ در قاب‌های مختلط :

از فایل اصلی یک کپی تهیه می‌کنیم. در فایل کپی بادبندها یا دیوارهای برشی حذف میشوند (آنها را Select کرده Delete می‌کنیم)
و سپس بسته به استاتیکی یا دینامیکی بودن تحلیل عملیات زیر انجام خواهد شد :

1 تحلیل ساده استاتیکی انجام شده است : در این حالت به تب Static Load Case می‌رویم اگر زلزله استاتیکی ما User Coef بوده است
C گذاشته را در عدد 0.25 ضرب می‌کنیم و نتیجه بعنوان C این فایل خواهد بود
از سوی دیگر اگر زلزله User Load تعریف شده است نیروی تک تک طبقات را
در عدد 0.25 ضرب می‌کنیم که نتیجتاً نیروهای دینامیکی حاصل خواهند شد بنابراین عملاً
سطح نیروهای زلزله طراحی به 0.25 سطح نیروی فایل اول تعدیل یافته است
با شرایط جدید دستور تحلیل و طراحی می‌دهیم
آن دسته از اعضایی را که جواب می‌دهند ولو آنکه غیر اقتصادی باشند به همان حال
(سبکتر نمی‌کنیم) ← نگاه می‌داریم و صرفاً اعضایی را که جواب نداده‌اند (ضعیف بوده‌اند) اصلاح می‌کنیم

* فایل اصلی ← تحت کل نیروی طرح ، در ضمن کلیه اعضا حاضرند ← طراحی تا آنجا ادامه می‌یابد

* فایل دوم ← سطح نیروی طراحی به 0.25 سطح نیروی اول تعدیل یافته‌اند ← بادبندها یا دیوارها حذف شده‌اند
← طراحی تا آنجا ادامه می‌یابد ← اعضایی را که به ظاهر غیر اقتصادی شده‌اند سبکتر نمی‌کنیم چون
در فایل اصلی به این مقطع نیاز داشته‌ایم

* فایل سوم ← ترکیب فایل اول و دوم ← I از فایل دوم یک کپی تهیه میشود یا دوباره دیوارها و بادبندها را اضافه می‌کنیم
II یا بهتر است از فایل اول یک کپی دیگر تهیه شود و اصلاحاتی که در فایل دوم انجام شده بود به این فایل اضافه
می‌کنیم بعد Drift ها را چک می‌کنیم که کار سختی است ولی خوشبختانه کار است چون تمام اصلاحات لازم را SAFE انجام داده
III یا در فایل 1 Drift ها را می‌بینیم و بعد روی فایل دوم اگر اصلاحی لازم است انجام دهیم و بقیه
کارها را خیال کنیم.

یک اشکال : در کارهای تنبی باید از تک تک قابها پرینت داشته باشیم چون ابعاد تیرها ثابت است و عیب‌گیری تیرها ممکن است در فایل 2
یا در فایل 3 بیشتر شود پس عیب‌گیری را برای فایل 2 و فایل 3 مقایسه می‌کنیم و عملاً آزمایش را می‌دهیم.
بعضی از تیرها در بعضی طبقات در فایل 1 بحرانی می‌شوند برخی در فایل 2 .
در فولاد این مشکل بوجود نمی‌آید

www.civil4persian.com

Subject:
Year. Month. Date. ( )

2 تحلیل سازه دینامیکی انجام شده است

در این حالت نیز از فایل اصلی یک کپی تهیه می کنیم و در فایل کپی بادبندها یا دیوارها را حذف می کنیم امّا اینبار نمی توانیم سازه را در فایل دوم تحلیل دینامیکی کنیم چرا که ماتریس سختی این سازه نسبت به سازه فایل اول به شدت عوض شده است و لذا رفتار مودها و ویژگی آنها به هیچ عنوان انتکاسی از وضعیت سازه اصلی نخواهد بود.
پس ناگزیریم از روش خاصی استفاده کنیم، بدین صورت که در فایل دوم سازه را تحت 25٪ نیروهای فایل اوّل که دینامیکی بودند تحلیل استاتیکی می کنیم (تحلیل شبه دینامیکی سازه فایل دوّم بدون دیوار یا بادبند تحت 25 درصد نیروهای دینامیکی سازه اصلی در فایل اوّل)