

جلسه دوازدهم – بخش ۳

- ✓ اصلاح ضریب زلزله استاتیکی و زلزله طیفی
- ✓ ساخت و بررسی ترکیب بارها و تنظیمات قبل تحلیل
- ✓ اصلاح سختی پیچشی تیرها
- ✓ کنترل زمان تناوب

محاسبه پارامترهای ضریب زلزله



$$C = \frac{ABI}{R} \left\{ \begin{array}{ll} A = 0.35 & \text{تهران} \\ B = ? & \text{خاک تیپ ۲} \\ I = 1 & \text{مسکونی} \\ R = 6.5 & \text{قاب متوسط + دیوارویژه} \end{array} \right.$$

$$T_e = 0.05H^{0.75} = 0.05(34.8)^{0.75} = 0.716$$

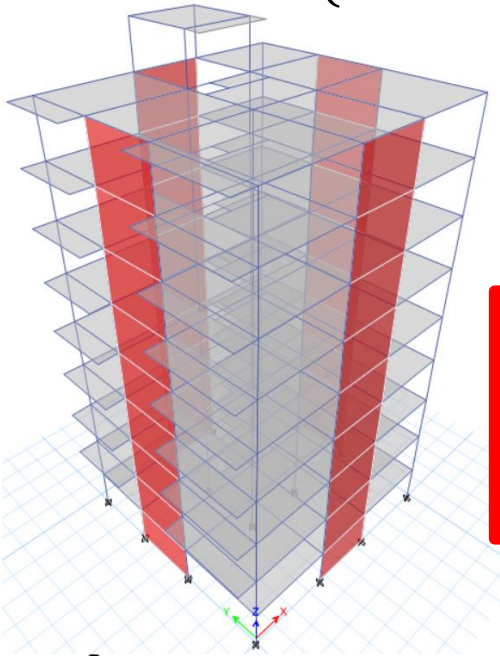
$$T = \min(1.25T_e, T_A) = 1.25 \times 0.716 = 0.895$$

جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

نوع زمین	T_0	T_s	خطر نسبی کم و متوسط		خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد	
			S_0	S	S_0	S
I	۰/۱	۰/۴	۱	۱/۵	۱	۱/۵
II	۰/۱	۰/۵	۱	۱/۵	۱	۱/۵
III	۰/۱۵	۰/۷	۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵
IV	۰/۱۵	۱/۰	۱/۳	۲/۲۵	۱/۱	۱/۷۵

$$\begin{array}{ll} B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 = S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 = (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{array}$$

$$B_1 = (1.5 + 1) \times \frac{0.5}{0.895} = 1.39$$



ضریب اصلاح طیف و محاسبه ضریب B



محاسبه ضریب N

۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین می شود:
الف- برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

$$T_s < T < 4 \text{ sec}$$

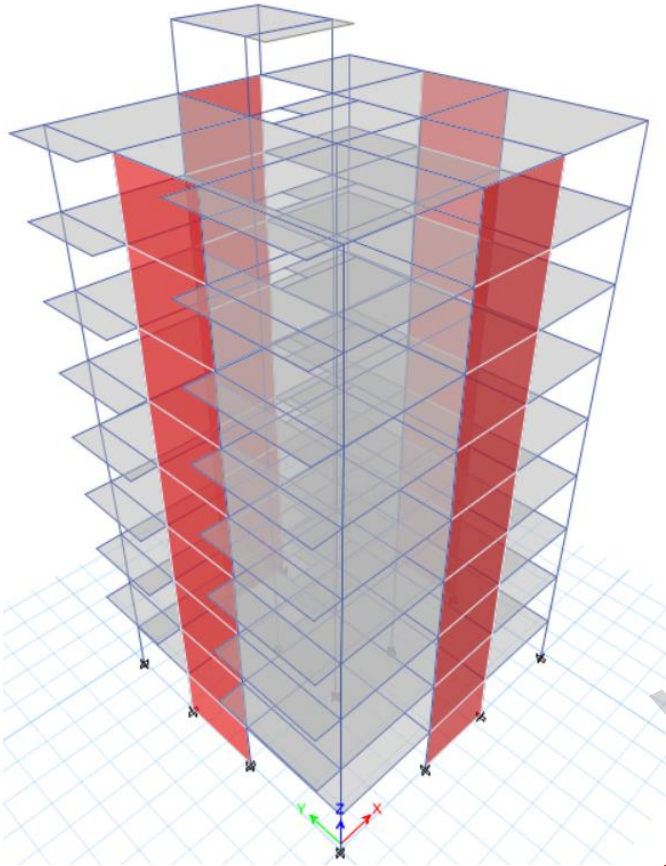
(۳-۲)

$$N = 1.7$$

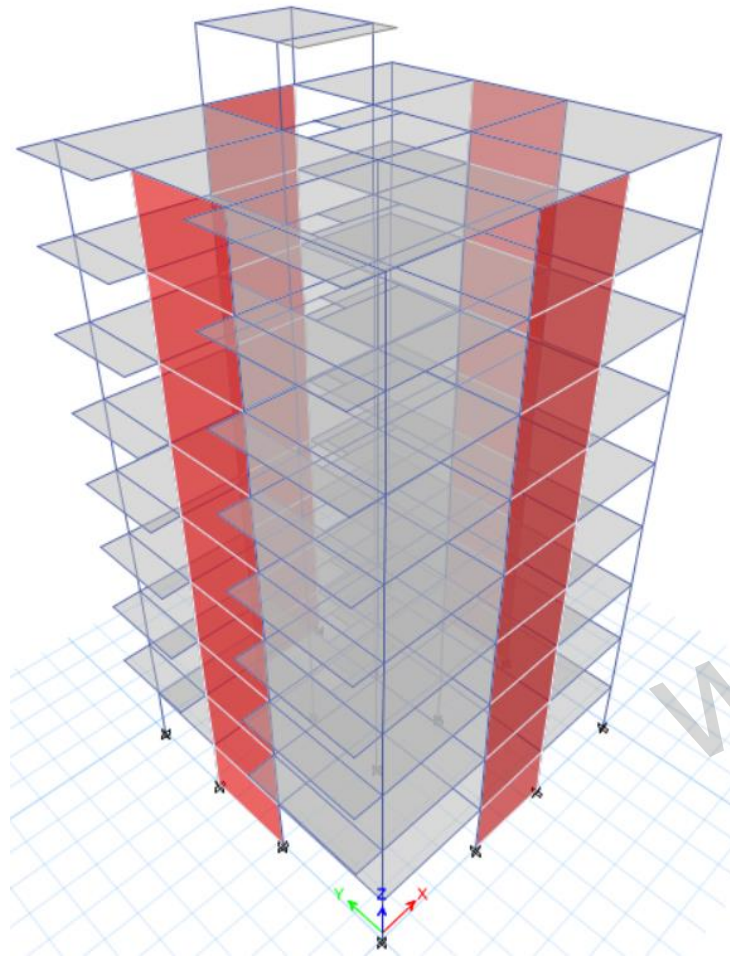
$$T > 4 \text{ sec}$$

$$N = \frac{0.7}{4 - 0.5} \times (0.9 - 0.5) + 1 = 1.08$$

$$B = B_1 N = 1.38 \times 1.08 = 1.50$$



محاسبه ضریب زلزله در سازه



$$C = \frac{ABI}{R} \quad \left\{ \begin{array}{ll} A = 0.35 & \text{تهران} \\ B = 1.5 & \text{خاک تیپ ۲} \\ I = 1 & \text{مسکونی} \\ R = 6.5 & \text{قاب متوسط + دیوار ویژه} \end{array} \right.$$

$$C = \frac{0.35 \times 1.5 \times 1}{6.5} = 0.808 \quad \rightarrow \quad C_x, C_y \quad \text{ورودی در نرم افزار}$$

$$C_{min} = 0.12AI = 0.12 \times 0.35 \times 1 = 0.042$$



توزیع نیروی جانبی در ارتفاع سازه



توان ارتفاع ساختمان: K ✓

k: ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به دست آورده می شود:

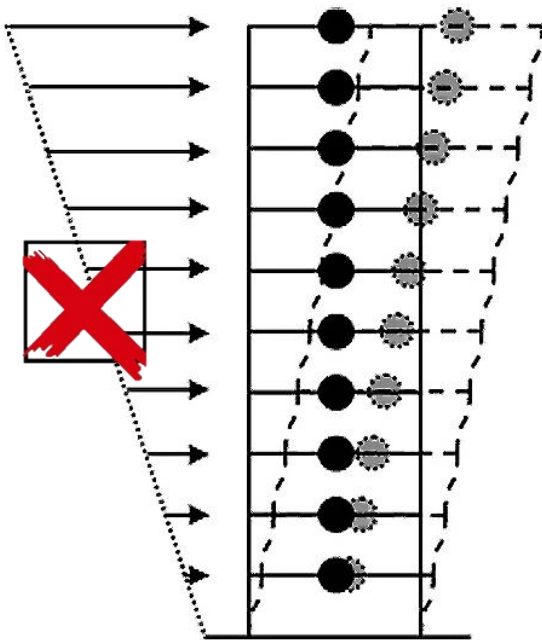
$$k = 0.5 \times 0.895 + 0.75 = 1.197$$

$$K = 0.5T + 0.75$$

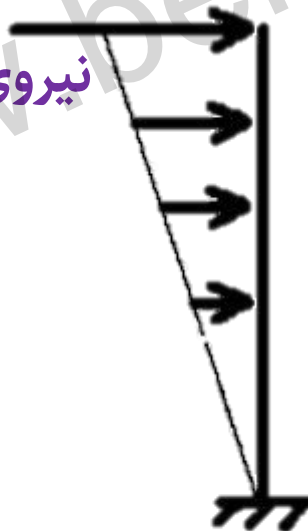
$$0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ Sec}$$

(۷-۳)

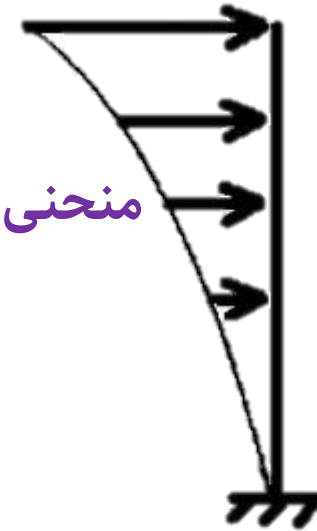
$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u$$



نیروی شلاقی



منحنی

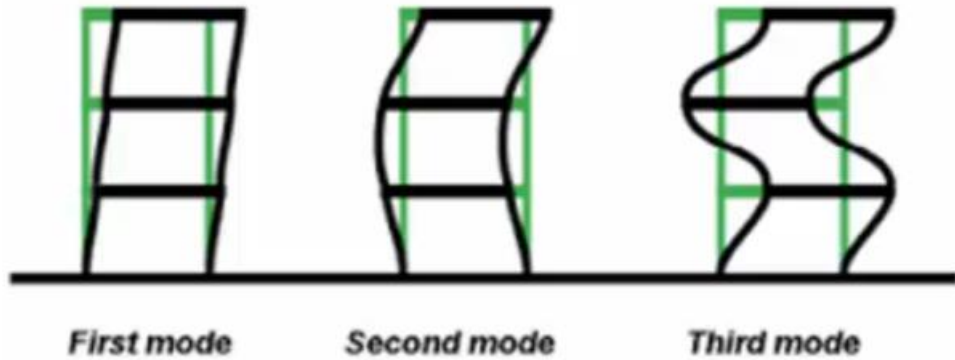


ویرایش قدیم (۳)

ویرایش جدید (۴)



مفاهیم تحلیل طیفی



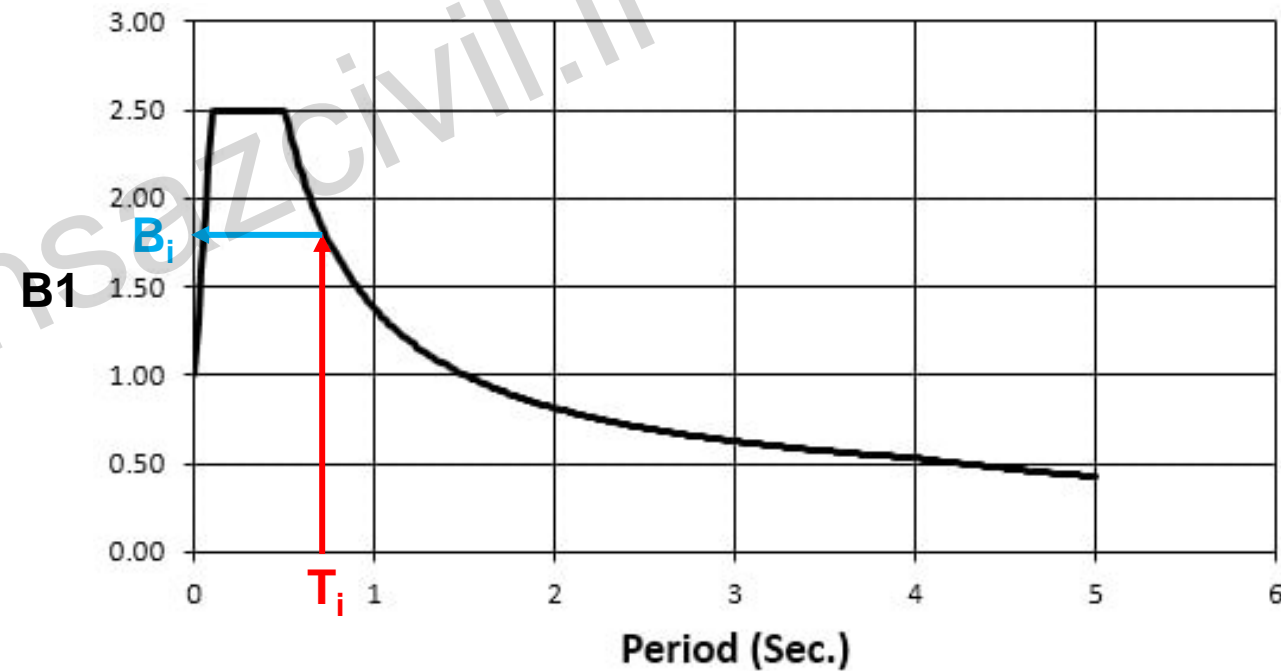
هر مود یک دوره تناوب دارد

$T_i \rightarrow B_i \rightarrow C_i$

$$C = \frac{ABI}{R} \rightarrow C = \frac{AgI}{R} \times (B)_i \rightarrow C = \frac{0.35g \times I}{R} \times (B)_i$$

مقدار ثابت
(Scale Factor)

معرفی طیف پاسخ به نرم افزار (B,T)



مفاهیم تحلیل طیفی



معرفی زلزله‌های طیفی



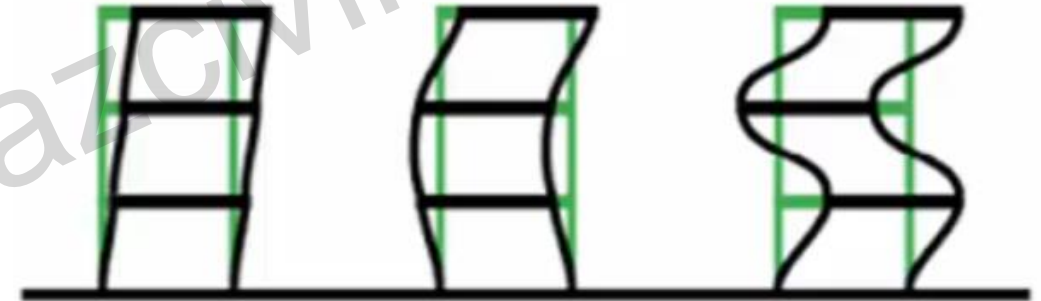
$$C = \frac{ABI}{R} \rightarrow C = \frac{AgI}{R} \times (B)_i \rightarrow C = \frac{0.35g \times I}{R} \times (B)_i$$

مقدار ثابت
(Scale Factor)

بدون خروج از مرکزیت
با خروج از مرکزیت

SX
SXE

SY
SYE



First mode

Second mode

Third mode



$$g = 9.81 \frac{m}{sec^2}$$



انواع ترکیب بارها



۲-۳-۲-۶ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرائب بار و مقاومت، سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آنها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

ترکیب بارهای
سازه فولادی و بتنی



۱) $1/4D$

۲) $1/2D + 1/6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D + 1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5(1/6W)]$

۴) $1/2D + 1/6W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D + E + L + 0.2S$

۶) $0.9D + 1/6W$

۷) $0.9D + E$

$$L \begin{cases} Live & \text{غیر قابل کاهش} \\ Live - 0.5 & \text{قابل کاهش (ضریب ۰.۵)} \\ L_{red} & \text{قابل کاهش (فرمول)} \\ L_{part} & \text{تیغه‌بندی (تیغه‌های زیر ۱۰۰ kg/m}^2\text{)} \end{cases}$$

$$E \begin{cases} EX - EY & \text{بدون خروج از مرکزیت} \\ EX_{ALL} - EY_{ALL} & \text{با خروج از مرکزیت} \\ EV & \text{زلزله قائم} \end{cases}$$



ترکیب بارهای لرزه‌ای



ترکیب بارهای زلزله (با اثر ۳۰-۱۰۰)



(زلزله‌های استاتیکی)

(۱۶ ترکیب بار)

تعریف در
Load Case

$$\mathbf{E}_{(EXALL)} \begin{cases} (EXALL + 0.3EY) \\ (EXALL - 0.3EY) \\ -EXALL - 0.3EY \\ -EXALL + 0.3EY \end{cases}$$

$$\mathbf{E}_{(EYALL)} \begin{cases} (EYALL + 0.3EX) \\ (EYALL - 0.3EX) \\ -EYALL - 0.3EX \\ -EYALL + 0.3EX \end{cases}$$

۱) $1/4D$

۲) $1/2D + 1/6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D + 1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5(1/6W)]$

۴) $1/2D + 1/6W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D + E + L + 0.2S$ (8) $+EV$

۶) $0.9D + 1/6W$

۷) $0.9D + E$ (8) $-EV$



ترکیب بارهای لرزه‌ای



ترکیب بارهای زلزله (با اثر ۳۰-۱۰۰)



(زلزله‌های دینامیکی)

(۴ ترکیب بار)

قبل تعریف شده
Load Case

$$\left\{ \begin{array}{l} SX \quad (+\&-) \\ SY \quad (+\&-) \\ SXE \quad (+\&-) \\ SYE \quad (+\&-) \end{array} \right.$$

۱) $1/4D$

۲) $1/2D + 1/6L + 0.5(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D + 1/6(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5(1/6W)]$

۴) $1/2D + 1/6W + L + 0.5(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D + E + L + 0.2S \quad (2) \quad +EV$

۶) $0.9D + 1/6W$

۷) $0.9D + E \quad (2) \quad -EV$

$$SXE + 0.3SY$$

$$SYE + 0.3SX$$



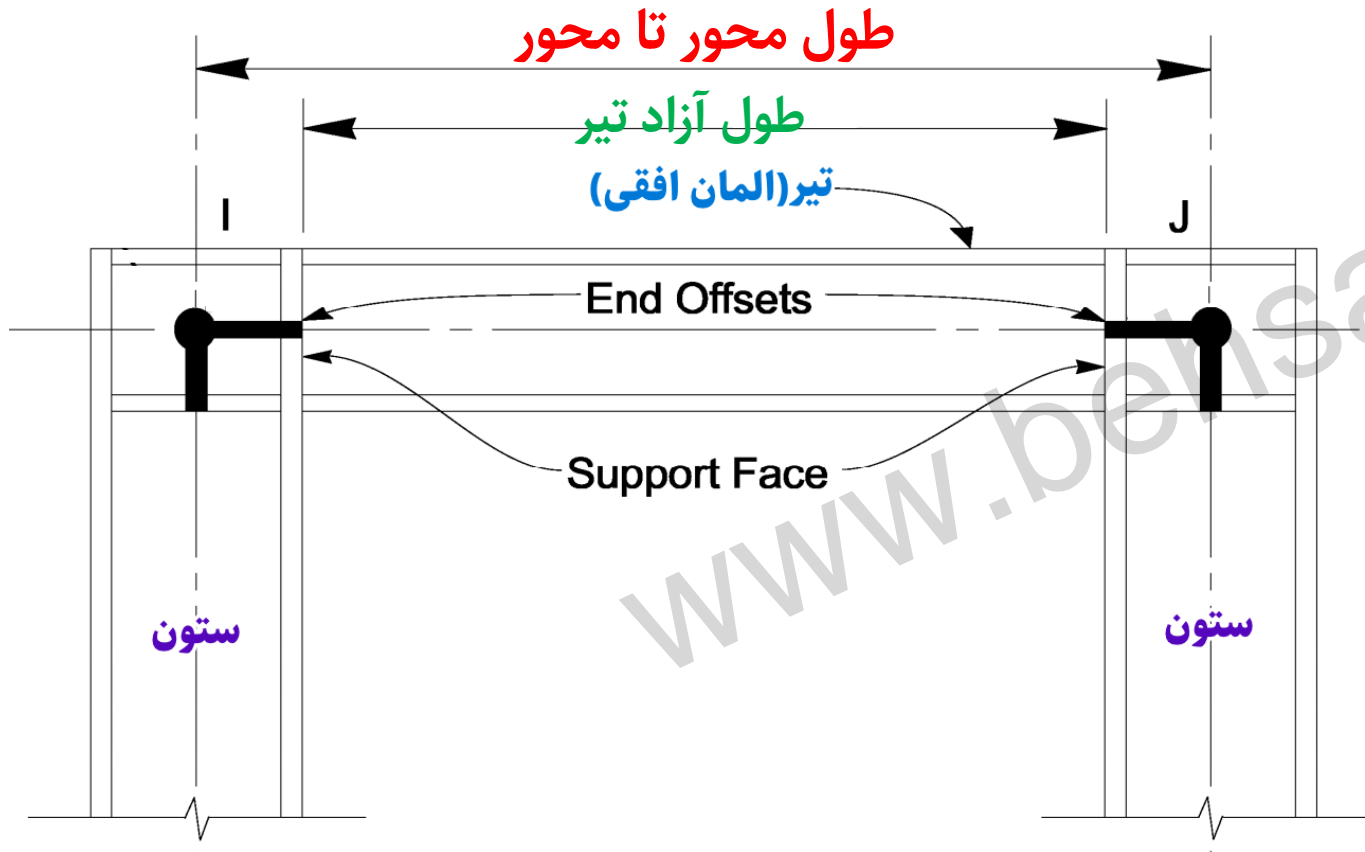
ناحیه مشترک تیر و ستون



مشخص کردن طول واقعی عضو



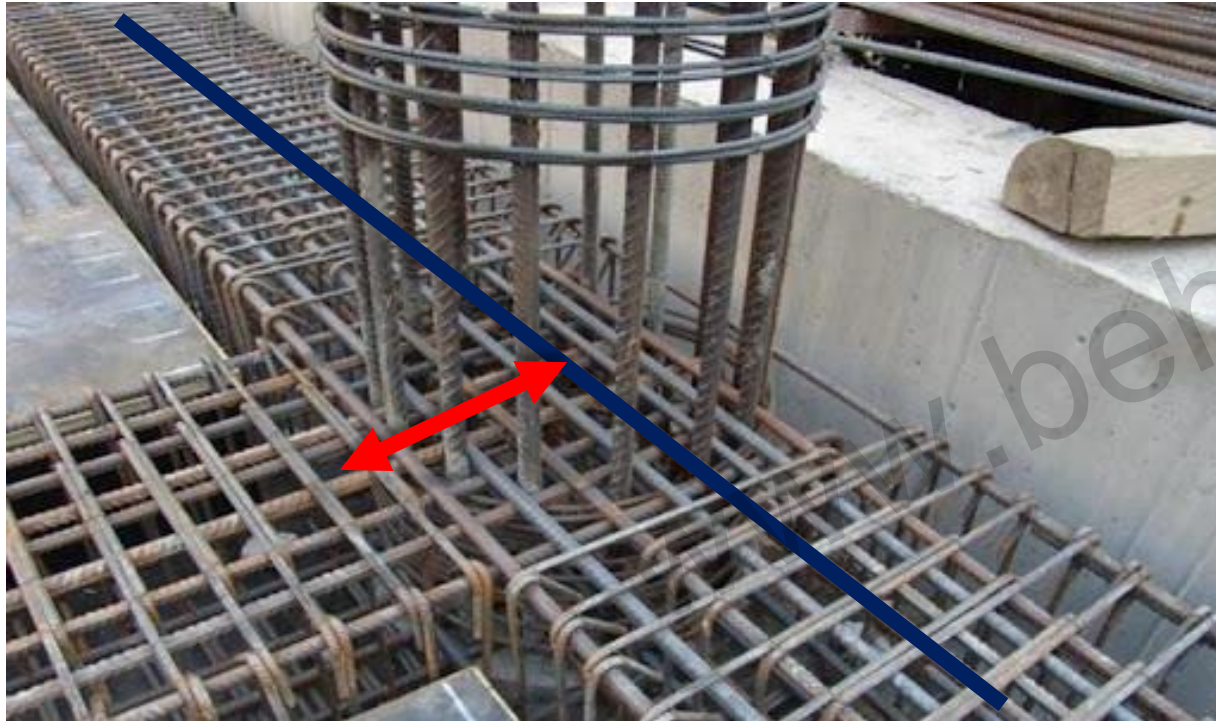
End Length Offset



صلیت ناحیه مشترک



ناحیه صلب انتهایی (Rigid Zone Factor) ✓



$RZF = 0$ کل ناحیه مشترک غیر صلب

$RZF = 1$ کل ناحیه مشترک صلب

$0 < RZF < 1$ درصدی از ناحیه مشترک صلب



اثر پی-دلتا ($P-\Delta$)



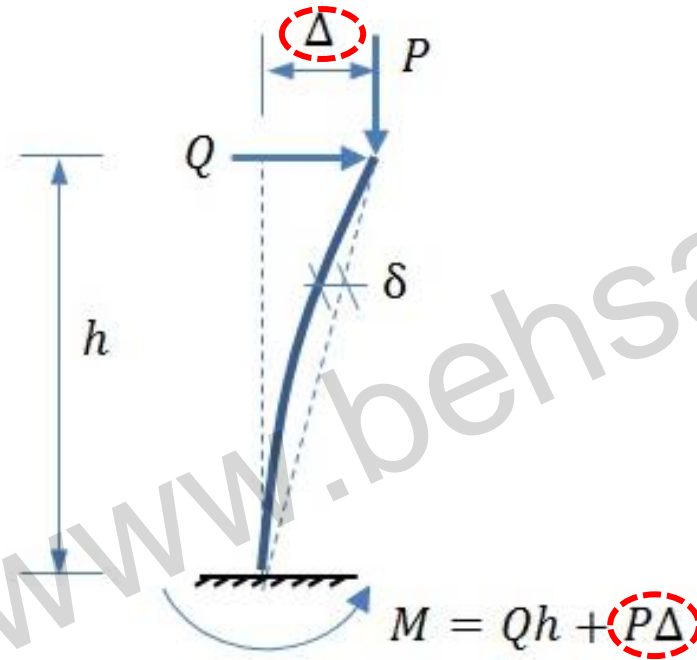
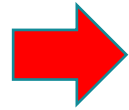
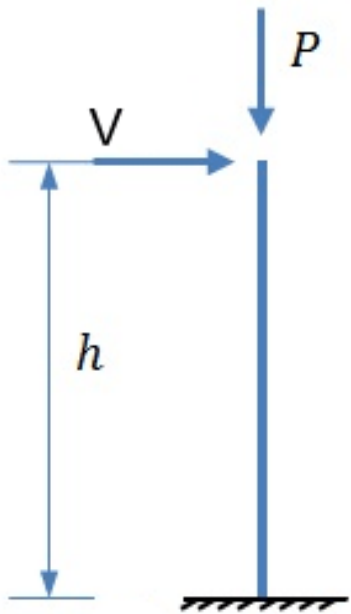
مفاهیم اثر پی - دلتا ($P-\Delta$)



تحلیل مرتبه دوم

نیروهای خارجی

+ تأثیر جابه‌جایی‌های حاصل از نیروها



اثر پی-دلتا (P-Δ)



مفاهیم اثر پی - دلتا (P-Δ)



۲-۳-۲-۶ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرائب بار و مقاومت، سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آنها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

۱) $1/4D$

۲) $1/2D + 1/6L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۳) $1/2D + 1/6(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0.5(1/6W)]$

۴) $1/2D + 1/6W + L + 0.5(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$

۵) $1/2D + E + L + 0.2S$

۶) $0.9D + 1/6W$

۷) $0.9D + E$



اثر پی-دلتا (P-Δ)



مفاهیم اثر پی - دلتا (P-Δ) ✓

$$\theta_i = \left[\frac{P_u \Delta_{eu}}{V_u h} \right]_i$$

شاخص پایداری

$\theta_i \leq 0.1 \rightarrow$ صرف نظر کردن از اثر P-Δ

$0.1 \leq \theta_i \leq \theta_{max} \rightarrow$ لحاظ اثر P-Δ

$\theta_i \geq \theta_{max} \rightarrow$ احتمال ناپایداری سازه وجود دارد و باید در طراحی سازه تجدیدنظر شود.



برخی تنظیمات قبل از تحلیل



آیا در سازه بتن آرمه می‌تونیم از اثر پی دلتا ($P-\Delta$) صرف‌نظر کنیم؟

$$\frac{kl_u}{r} < 22 \rightarrow \frac{2 \times 3000}{0.3 \times 500} = 40 \not< 22$$

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22$$

$$\frac{kl_u}{r} \leq \min \left\{ 34 + 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right), 40 \right\}$$

$$\theta_i = \left[\frac{P_u \Delta_{eu}}{V_u h} \right]_i$$

در نظر گرفتن اثرات لاغری
اعضای تحت فشار و خمش

تحلیل مرتبه اول (تشدید لنگر)

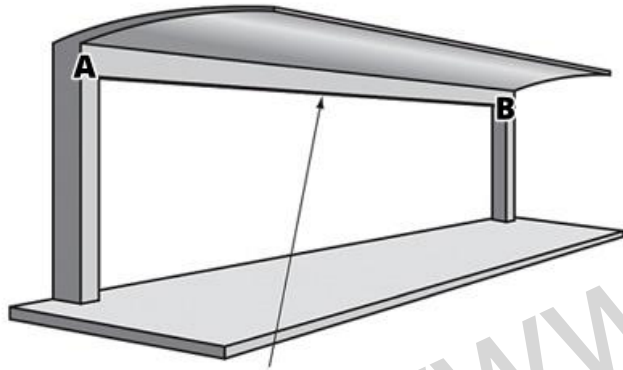
تحلیل مرتبه دوم (اثر پی - دلتا)

مبحث نهم ۹۹
(فصل ۶ - تحلیل خطی)

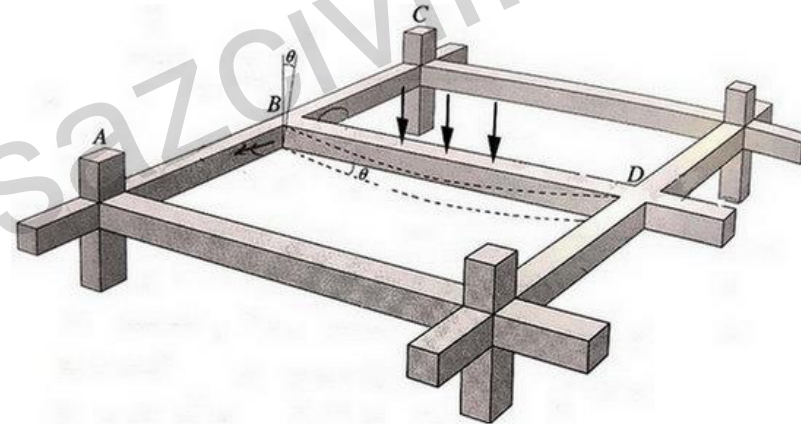




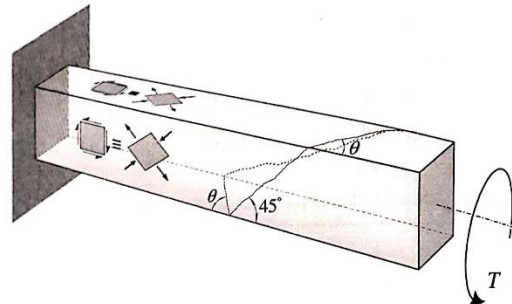
پیچش تعادلی (Equilibrium Torsion)



پیچش همسازی (Compatibility Torsion)



بار خارج از محور طولی عضو



اصلاح سختی پیچشی تیرها



۹-۸-۶ مقاومت پیچشی

۹-۸-۶-۱ ضوابط این بخش برای اعضایی به کار می‌روند که در آن‌ها $T_u \geq \phi T_{th}$ باشد؛ که

ϕ ضریب کاهش مقاومت در پیچش بوده و برابر با ۰/۷۵ منظور می‌شود.

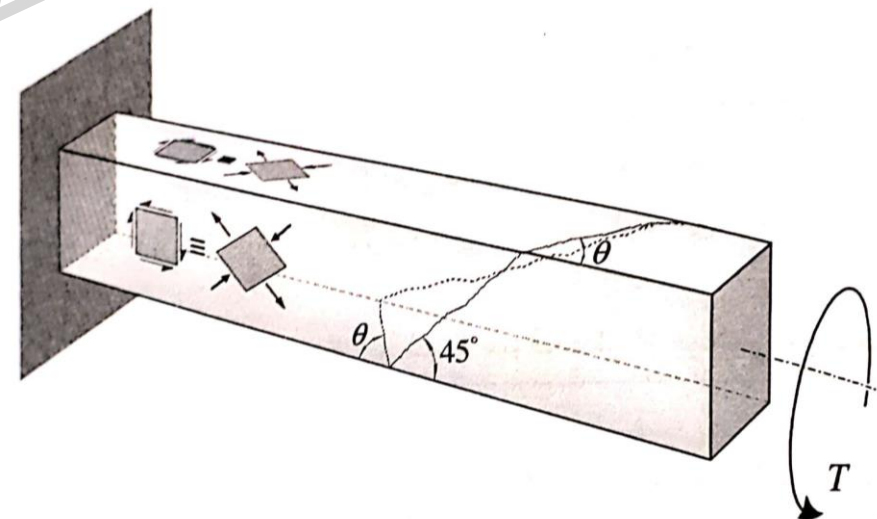
لنگر آستانه پیچش

(آستانه وارد کردن
پیچش در محاسبات)

$$T_{th} = 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{cr} = 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

× 4



پیچش ترک خوردگی



طراحی پیچشی مطابق شرایط زیر



سه حالت کلی زیر رو داریم:

$T_u \leq \phi T_{th}$ → صرف نظر از محاسبات پیچش

$\phi T_{th} \leq T_u \leq \phi T_{cr}$ → تأمین آرماتور پیچشی حداقل

$T_u \geq \phi T_{cr}$ → {
پیچش تعادلی
پیچش همسازی

محاسبه آرماتور پیچشی برای کل T_u
↓ T_u
کاهش سختی پیچشی
و محاسبه آرماتور پیچشی



ضرایب ترک خوردگی پیچشی



ضریب ترک خوردگی پیچشی ✓

۹-۶-۳-۱-۲ سختی نسبی اعضا در مدل‌های سیستم‌های سازه‌ای باید مبتنی بر فرضیات منطقی و منسجم تعیین شود؛ و در آن اثرات ترک خوردگی در طول عضو، و نیز سختی‌های خمشی و پیچشی عضو منظور گردند.

مبحث نهم ۹۹

در مواردی که تحلیل سازه با فرض ترک خوردگی اعضا انجام می‌شود و نیاز به سختی پیچشی مقاطع است، مقدار آن را می‌توان در شرایط بارگذاری در حالت حدی نهائی برابر با $0.15Gz$ و در شرایط بارگذاری در حالت حدی بهره‌برداری برابر با $0.20Gz$ منظور نمود.

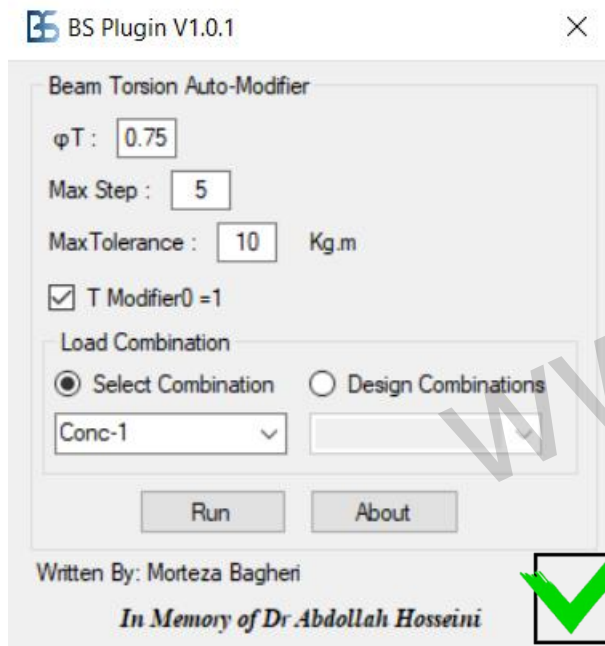
آبا ۱۳۸۴



طراحی پیچشی مطابق شرایط زیر



**آیا منطقی هست که بیایم برای همه تیرها
ضریب کاهش سختی پیچشی رو 0.15 قرار بدیم؟!**



در مواردی که تحلیل سازه با فرض ترک خوردگی اعضا انجام می شود و نیاز به سختی پیچشی مقاطع است، مقدار آن را می توان در شرایط بارگذاری در حالت حدی نهائی برابر با 0.15Gj و در شرایط بارگذاری در حالت حدی بهره برداری برابر با 0.20Gj منظور نمود.



**اعمال ضریب
کاهش سختی پیچشی
به همه تیرها**



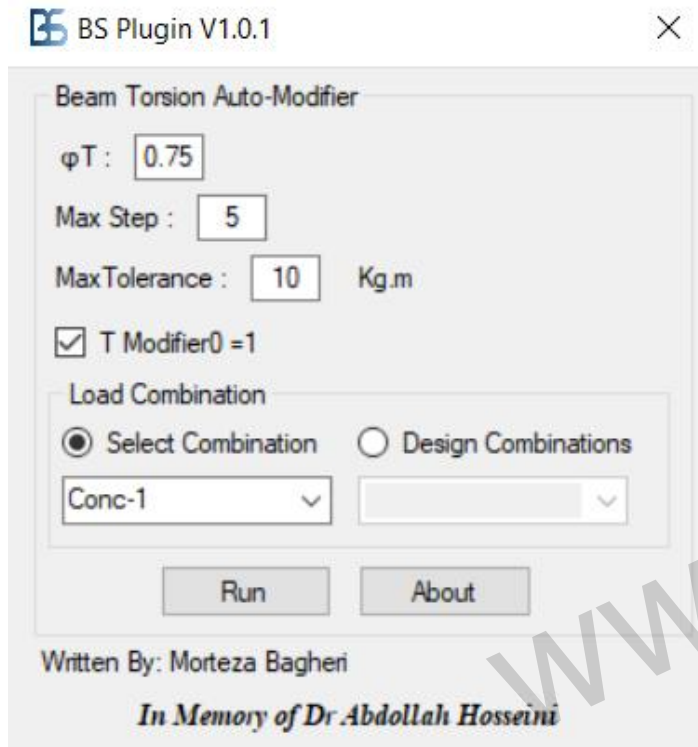
T_u

جناب مهندس "مرتضی باقری"



عمران به زبان ساده - دوره پایه طراحی سازه

پلاگین اصلاح ضرایب سختی پیچشی



ضریب اصلاح
سختی پیچشی تیر

برابر 1

$$T_u \leq \phi T_{cr}$$

$$T_u \geq \phi T_{cr}$$

محاسبه همیشه

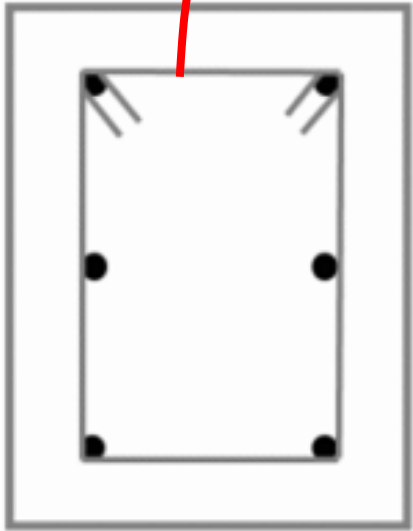
جناب مهندس "مرتضی باقری"



حداقل آرماتورهای عرضی پیچشی



$$\left(\frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s} \right)$$



۹-۱۱-۵-۳-۲ اگر آرماتور پیچشی لازم باشد، حداقل سطح مقطع آرماتور عرضی به صورت خاموت برشی و پیچشی بسته، $(A_v + 2A_t)_{\min} / s$ ، برابر با بیشترین مقدار (الف) و (ب) که در بند ۹-۱۱-۵-۳-۲ برای برش ذکر شد، در نظر گرفته می شود.

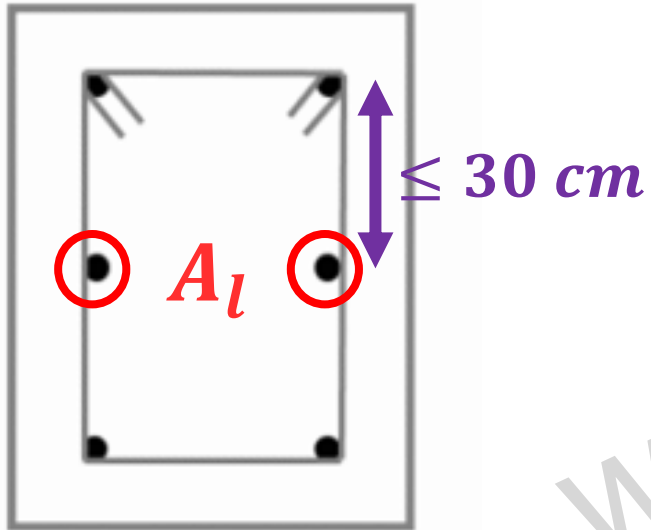
$$0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} \quad (\text{الف-۱۱-۳-۹})$$

$$0.35 \frac{b_w}{f_{yt}} \quad (\text{ب-۱۱-۳-۹})$$

حداقل آرماتورهای طولی پیچشی



۳-۳-۵-۱۱-۹ اگر آرماتور پیچشی لازم باشد، حداقل آرماتور طولی پیچشی، $A_{l,min}$ ، کم‌ترین مقدار (الف) و (ب) در نظر گرفته می‌شود:



$$0.42 \frac{\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_{yt}} - \left(\frac{A_l}{s} \right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \quad (الف-۳-۱۱-۹)$$

$$0.42 \frac{\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_{yt}} - \left(\frac{0.175 b_w}{f_{yt}} \right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \quad (ب-۳-۱۱-۹)$$

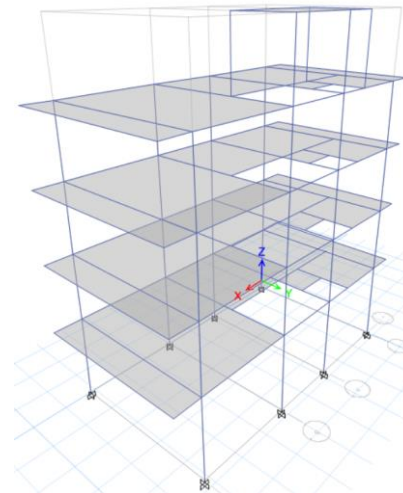
کنترل زمان تناوب (T) ✓

✓ زمان تناوب T مدت زمان یک رفت و برگشت کامل

✓ زمان تناوب تجربی (T_e) ←

✓ زمان تناوب تحلیلی (T_A)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



زمان تناوب محاسباتی ۲۸۰۰

$$T = \min(1.25T_e, T_A)$$

