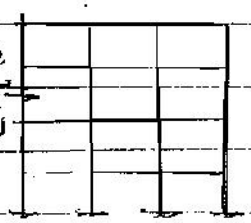
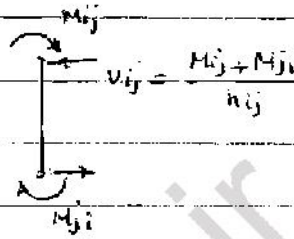
تحلیل به روش کانی ـ ساب های دارای نیروی افقی

هدف ما به دست آوردن M_{ij}^{θ} که بیانگر M_{ij}^{Δ} داریم





$$V_{ij} = \frac{3M_{ij}^{\theta} + 3M_{ji}^{\theta} + 2M_{ij}^{\Delta}}{h_{ij} = h_s}$$

بوسی کنید رابطه وجود دارد $\rightarrow \downarrow V_s$

$$\Sigma V_{ij} = \frac{\Sigma(3M_{ij}^{\theta} + 3M_{ji}^{\theta} + 2M_{ij}^{\Delta})}{h_s} = V_s$$

$$\Sigma M_{ij}^{\Delta} = -\frac{3}{2}\left[\underbrace{\frac{V_s h_s}{3}}_{M_s} + \Sigma(M_{ij}^{\theta} + M_{ji}^{\theta})\right]$$

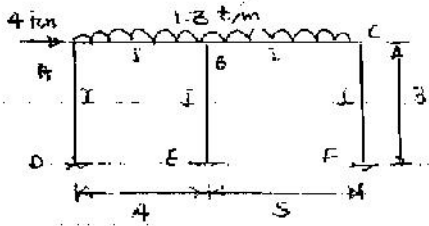
$$(2)\quad M_{ij}^{\Delta} = \gamma_{ij}\left[M_s + \Sigma(M_{ij}^{\theta} + M_{ji}^{\theta})\right]$$

$$(1)\quad M_{ij}^{\theta} = r_{ij}\left[M_i + \Sigma M_{ji}^{\theta} + \Sigma M_{ij}^{\Delta}\right]$$

$r_{ij} = -\frac{1}{2}\frac{K_{ij}}{\Sigma K_{ij}}$ ضریب توزیع $\qquad \gamma_{ij} = \frac{3}{2}\frac{K_{ij}}{\Sigma K_{ij}}$ ضریب انتقال

* اگر بارگذاری جانبی داشته باشیم همانست از رابطه (2) شروع کنیم در این صورت تقارب سریع تر صورت می گیرد.

مثال) قاب زیر را به روش کانی تحلیل کنید.



۱) محاسبه لنگرهای گیرداری

$$M_{ab} = -M_{ba} = -2.4 \text{ t.m}$$

$$M_{bc} = -M_{cb} = -3.75 \text{ t.m}$$

www.tmar.ir

۱۲ محاسبهٔ ضرایب توزیع گاس

$r_{ad} = 0.29$ ، $r_{ab} = 0.21$

$r_{be} = 0.21$ ، $r_{ba} = 0.16$ ، $r_{bc} = 0.13$

$r_{cb} = 0.19$ ، $r_{cf} = 0.31$

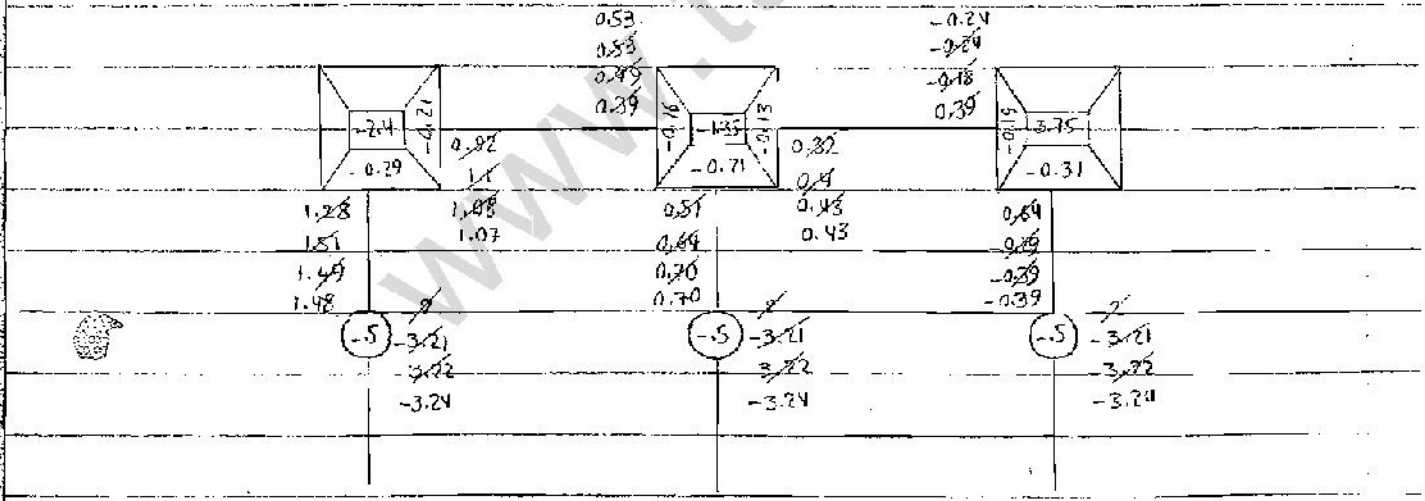
۱۳ محاسبهٔ ضرایب تعدیل

$\gamma_{ad} = \gamma_{be} = \gamma_{cf} = 0.5$

۱۴ محاسبهٔ لنگر طبقات

$$M_s = \frac{V_s h_s}{3}$$

$$\Rightarrow \quad M_1 = \frac{V_1 h_1}{3} = \frac{4 \times 3}{3} = 4.0 \ t.m$$



۱۵ استفاده از فرمول کاسل برای تیر دهانه‌ها به صورت فرمول بندی می‌رسم

استفاده از فرمول (۲) ← استفاده از فرمول (۱) ← اصطلاح متادر فرمول (۱)

$M_{ab} = 2(1.07) + (0.53) + (0) + (-2.4) = 0.27 \ t.m$

$M_{ad} = 2(1.48) + (0) + (-3.24) + (0) = -0.28 \ t.m$

$M_{bc} = 2(0.45) + (-0.24) + (0) + (-3.75) = -2.71 \ t.m$

www.ttnar.ir

تحلیل تقریبی سازه‌های نامعین

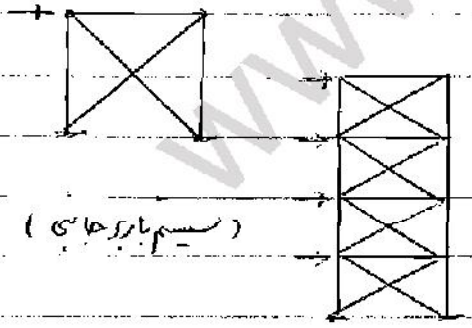
* تحلیل سازه‌های نامعین برمبنای مشخصات غیرخطی می‌باشد.
تحلیل تقریبی برآوردی از مقادیر نیروها به ما می‌دهد و بر مبنای فرضیات ساده‌شده استوار است.

* روش‌های تکرار جواب دقیق می‌دهند اما روش‌های تقریبی، جواب‌های تقریبی جواب دقیق هستند مگر اینکه فرضیات مبنی بر واقعیت باشد.

- تحلیل قاب‌ها برای بارهای قائم
تحلیل قاب‌ها برای بارهای افقی
تحلیل فرم‌های نامعین

• مهاربندها (Bracings)

* وظیفه مهاربندها، تحمل بارهای جانبی است.



(سیستم باربر جانبی)

* حرکت این سازه مقید شده است.

* عضو مایل همانند عضو قائم کشش می‌باشد. از این رو می‌توانیم یک فرض ساده‌کننده بنویسیم:

۱- اعضاء فشاری در مقایسه منظور نمی‌شوند.
(فرض می‌کنیم اعضاء فشاری کمانه می‌کنند و از باربری خارج می‌شوند.)
* زمانی از این فرض استفاده می‌کنیم که عناصر فشاری ضعیف باشند.

۲- عناصر فشاری = عناصر کششی
(اگر عناصر فشاری ضعیف نباشند)

* این دو فرض سبکی به طراحی ما برای سازه دارد.

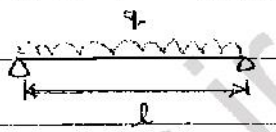
www.ttnar.ir

* با پیوسته کردن تیرها و بدون کاهش دهانه می توانیم از بلند شدن پی جلوگیری کنیم.

* با کاهش یکی از فرضیات قبل می توانیم سازه را معین کرده و تحلیل کنیم

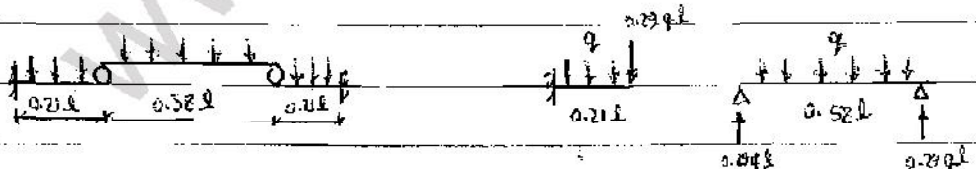
تحلیل تقریبی قاب ها (بار قائم)

(1)

(2) 

* چون توزیع لنگر در تیرها مشخص است بنابراین از کاهش اقتصادی به صرفه است.

* فرض می کنیم که در نقاط لنگر صفر، مفصل مکانیکی داریم:



$$M_c = \frac{1}{2} q (0.21l)^2 + 0.29 ql \times 0.21 l$$

* در حالت واقعی تیرهای قاب پیرامونی نیز دو سر گیردار و تیر دوسر مفصل می باشد.

* فرض می کنیم نقاط لنگر صفر در فاصله $0.1l$ از انتها هستند.

$$M_c = q(0.1l)^2/2 + 0.4 ql \times 0.1 l = 0.045 ql^2$$

* به این ترتیب مقدار لنگر تیرها را بدست می‌آوریم و با توجه به تعادل در گره‌ها، نیروهای مقابل را نیز محاسبه می‌نماییم.

◄ روش‌های کلیل تعریف قاب‌ها - بارگذاری‌هایی

* به دو روش اصلی صورت می‌گیرد:

۱- روش هندسی ۲- شبه تجربی

* در روش هندسی با تجربی اعضا کار داریم و به هندسه مسئله توجه می‌کنیم.

* در روش شبه تجربی، تجربی عناصر مقاومت را نیز در طراحی‌ها وارد می‌کنیم.

(اصولاً روش شبه تجربی دقیق‌تر است)

* روش‌های هندسی: - روش پرتال

- روش طره

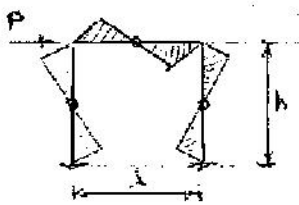
* روش‌های شبه تجربی: - روش ضریب (Factor)

- روش گرینتر (Grinter)

* روش آماری: - روش بوین

روش پرتال:

* برسبای تحلیل یک قاب یک‌دهانه، یک طبقه به نام پرتال یا دروازه استوار است.

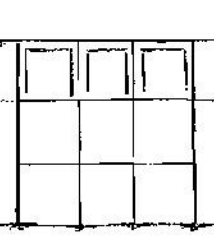


تمرین) محل دقیق لنگرهای صفر را در قاب روبه رو به دست آورید.

$$\begin{cases} h = l \\ I_b = I_c \end{cases} \qquad \frac{I_b}{l} \;,\; \frac{I_c}{h}$$

www.tnari.ir

* برای کانل قاب‌های چندطبقه و چند دهانه هر یک قاب را به یک قاب پرتال تبدیل می‌کنیم. ستون‌های بیرونی و ستون‌های کناری که هم از نیرو را می‌برند فرض می‌کنیم که در وسط ارتفاع ستون، صفر لنگر خواهیم داریم.



* پس لنگرهای ستون و برش تیرها را محاسبه می‌کنیم و از تیرهای کوری ستون‌ها را بدست می‌آوریم

۱- محاسبه برش ستون‌ها

۲- محاسبه لنگر بالا و پایین ستون‌ها (برش × نصف ارتفاع)

۳- محاسبه لنگر تیرها از تعادل گره‌ها (شروع از بالا به پایین)

۴- محاسبه برش تیرها (لنگر کنش بر $l/2$)

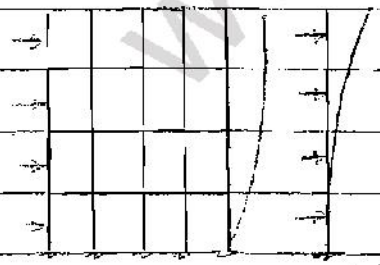
۵- نیروی کوری ستون‌ها (جمع عددی برش تیرها)

* حل مسئله محاسباتی در روش تیرها و ارتفاع ستون‌ها است.

روش طره:

* کل سیستم را به صورت یک تیر طره در نظر می‌گیریم

* ابتدا برش تیرها را بدست می‌آوریم و در آخر برش ستون‌ها محاسبه می‌شود.



* برای یک تیر طره که بارگذاری خاصی به صورت یکنواخت است

نمودار قاب به صورت یک خط مستقیم است بنابراین این روش، روش دقیقی ندارد.

* با پیدا کردن نقطه عطف، لنگر دهانه را بدست می‌آوریم پس از آن برش دهانه‌های تیر را بدست می‌آوریم که نیروی کوری ستون‌ها هستند.

www.tiran.ir

روش‌های هندسی

روش پرتال

- فرضیات ساده کننده:

۱- تقسیم برش جانبی بین ستون‌ها (برش ستون‌ها) به نسبت بازیر ستون

۲- محل نقطهٔ عطف در ستون‌ها در وسط

۳- محل نقطهٔ عطف تیرها در وسط

۴- تیری گوری ستون‌ها

- مراحل گام به گام:

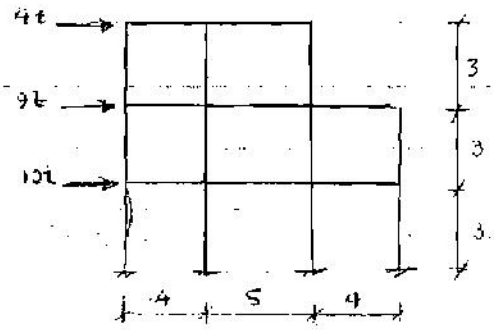
۱- برش ستون‌ها — ۴) برش تیرها

۲- لنگر ستون‌ها — ۵) تیری گوری ستون‌ها

۳- لنگر تیرها

* روش پرتال برای قاب‌های منظم و با دهانه‌های بسیار بهتر جواب می‌دهد ولی به طور تقریبی برای هر قابی از آن استفاده می‌کنیم.

مثال) قاب زیر را به روش پرتال تحلیل کنید.



۱) برش آورد برش ستون‌ها

$\frac{V}{9} \times 2 = V_{13} = +0.89$ ton (طبقه ۱ ستون ۳)

$\frac{V}{9} \times (2+2.5) = V_{23} = 2.0$ ton

$\frac{V}{9} \times (2.5) = V_{33} = 1.11$ ton

۲) $V = 4 + 9 = 13$ ton

$V_{12} = \frac{13}{13} \times 2 = 2.$ ton

$V_{22} = \frac{13}{13} \times (2+2.5) = 4.5$ ton

$V_{32} = \frac{13}{13} \times (2.5+2) = 4.5$ ton

$V_{42} = \frac{13}{13} \times 2 = 2.0$ ton

www.tnar.ir

در طبقه اول $\Sigma V = 4 + 9 + 10 = 23$ ton

$V_{11} = \frac{23}{13} \times 2 = 3.54$ ton $V_{21} = \frac{23}{13}(4.5) = 7.96$ ton

$V_{31} = \frac{23}{13} \times 4.5 = 7.96$ ton $V_{41} = \frac{23}{13} \times 2 = 3.54$ ton

۲) بدست آوردن لنگر ستون ها

◄ از ضرب برش ستون در نصف ارتفاع ستون، لنگر ستون ها بدست می آید.

۳) بدست آوردن لنگر تیرها

◄ از تشکیل تعادل در گره ها بدست می آید.

①	V=0.89	2.0	1.11	
②	M=1.34	3.0	1.67	
③	P=0.67	≈0	0.67	
	V=2	4.5	4.5	2.0
	M=3	6.75	6.75	3.0
	P=2.89	≈0	1.33	1.5
	V=3.54	7.96	7.96	3.54
	M=5.31	11.94	11.94	5.31
	P=6.99	0.0	1.33	5.65

۴) تعادل برش تیرها

◄ لنگر تیرها تقسیم بر نصف دهانه.

③	M=1.34	1.67	
④	V=0.67	0.67	
	M=4.34	5.41	3.01
	V=2.17	2.16	1.5
	M=5.31	10.38	8.31
	V=4.15	4.15	4.15

۵) تعادل نیروی محوری ستون ها

◄ معمولاً در ستون های کنار نیروی محوری کششی، در دهانه های میانی صفر و در ستون خارجی فشاری است.

◄ در هنگام طراحی با قدر مطلق نیروها سروکار داریم. در طراحی یک بار سازه را با بار ثقلی تحلیل می کنیم سپس به همراه بار زلزله. این دو حالت را با هم مقایسه می کنیم، بدترین حالت تحمل ملاک طراحی قرار می گیرد.

◄ سازه یک بار ثقلی را با روش تغیری (لنگرهای صفر در فاصله 0.1L از تکیه گاه ها) تحلیل می کنیم و یک بار هم با روش پرتال تحلیل را انجام می دهیم و مجموع آنها را در طراحی به کار می بریم.

$$[M_G \pm (M_{EQ})] \times 0.75 = M_{DES.}$$

لنگر طراحی

M_G: لنگر ناشی از بار ثقلی

M_{EQ}: لنگر ناشی از زلزله

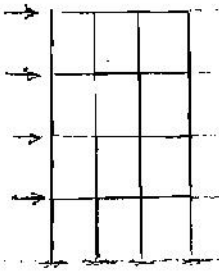
www.ttnar.ir

* نکته: بدست آورده را با نگرشی از بارهای $P_1 = (P_2 \pm P_{EQ}) \times 0.75$

مقایسه می کنیم و بدترین حالت را به عنوان $M_1 = (M_2 \pm M_{EQ}) \times 0.75$

ملاک طراحی در نظر می گیریم

- روش طره



• فرضیات ساده کننده :

۱ - (تنش × سطح = مقدار نیرو) با فرض سطح یکسان برای

تمام ستون ها تنش برابر نیروی محوری تبدیل می کنیم

$\sigma = \frac{My}{I} \simeq P$

نیروی محوری ←

۲ - در محاسبه ممان اینرسی مقطع از ممان اینرسی اضافه صرف نظر می کنیم

$I \simeq \sum A_i d_i^2$

• مراحل گام به گام

۱ - نیروی محوری ستون ها

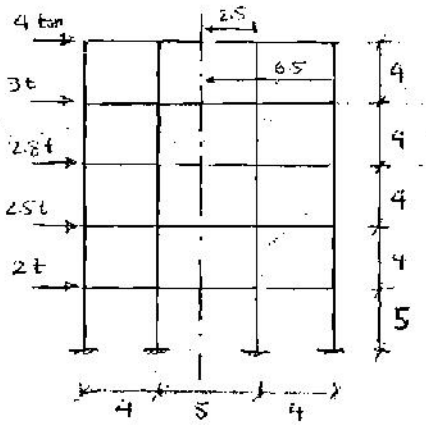
۲ - نیروی برشی تیرها

۳ - لنگر در تیرها

۴ - لنگر ستون ها

۵ - برش در ستون ها

مثال) قاب زیر را به روش طره تحلیل کنید.



• یافتن محل تار خنثی

$y = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = 6.5 \ m$

• محاسبه ممان اینرسی مقطع

$I = 1 \times 6.5^2 + 1 \times 2.5^2 + 1 \times 6.5^2 + 1 \times 2.5^2$

$= 94 \ m^4$

www.tnar.ir

• محاسبه لنگر طبقات

$M_5 = 4 \times 2 = 8.\ t.m$

$M_4 = 4 \times 6 + 3 \times 2 = 30\ t.m$

$M_3 = 4 \times 10 + 3 \times 6 + 2.8 \times 2 = 63.6\ t.m$

$M_2 = 4 \times 14 + 3 \times 10 + 2.8 \times 6 + 2.5 \times 2 = 107.8\ t.m$

$M_1 = 4 \times 18.5 + 3 \times 14.5 + 2.8 \times 10 + 2.5 \times 6.5 + 2 \times 2.5 = 168.15\ t.m$

• محاسبه برش کلی ستون ها

$P_{15} = \frac{8 \times 6.5}{97} = 0.54$ ، $P_{25} = \frac{8 \times 2.5}{97} = 0.21$ ، $P_{35} = P_{25}$ ، $P_{45} = P_{15}$

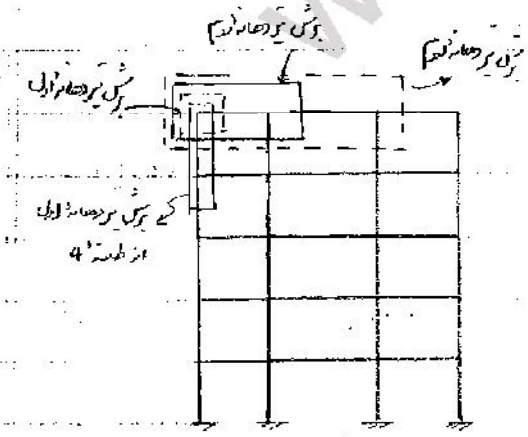
$P_{14} = \frac{30 \times 6.5}{97} = 2.01$ ، $P_{24} = \frac{30 \times 2.5}{97} = 0.77$ ، $P_{34} = P_{24}$ ، $P_{44} = P_{14}$

$P_{13} = \frac{63.6 \times 6.5}{97} = 4.26$ ، $P_{23} = \frac{63.6 \times 2.5}{97} = 1.64$ ، $P_{33} = P_{13}$ ، $P_{43} = P_{13}$

$P_{12} = \frac{107.8 \times 6.5}{97} = 7.22$ ، $P_{22} = \frac{107.8 \times 2.5}{97} = 2.78$ ، $P_{32} = P_{22}$ ، $P_{42} = P_{12}$

$P_{11} = \frac{168.15 \times 6.5}{97} = 11.27$ ، $P_{21} = \frac{168.15 \times 2.5}{97} = 4.33$ ، $P_{31} = P_{21}$ ، $P_{41} = P_{11}$

• محاسبه برش تیرها



www.tmar.ir

روش بوزمن Bauzman

* بر مبنای مطالعه آماری روش پرتال بدست می آید.

• اشکالات روش پرتال :

۱ـ تقسیم نیروی جانبی

۲ـ حدس نقاط عطف

* روش بوزمن اصلاحیه روش پرتال است در مورد اشکالات ذکر شده

• اصلاحات روش پرتال :

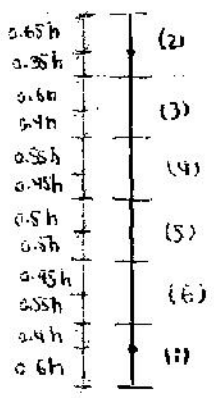
۱ـ نیروی برشی مقطع را به دو قسمت تقسیم می کنیم یکی را به نسبت مساوی بین دهانه ها تقسیم می کنیم و دیگری را به روش پرتال.

$$V = V_1 + V_2 \quad \begin{cases} V_1 & \text{به طور یکی} \\ V_2 & \text{مشابه پرتال} \end{cases}$$

$$V_1 = \alpha V \quad \Rightarrow \quad V_2 = V - V_1$$

$$\text{در پای تونل برآز} : \alpha = \frac{\text{تعداد دهانه} - 1/2}{\text{تعداد ستون}} \qquad \text{در پای برآزها} : \alpha = \frac{\text{تعداد دهانه} - 2}{\text{تعداد ستون}}$$

۲ـ محل نقاط عطف به صورت زیر پیشنهاد می شود :

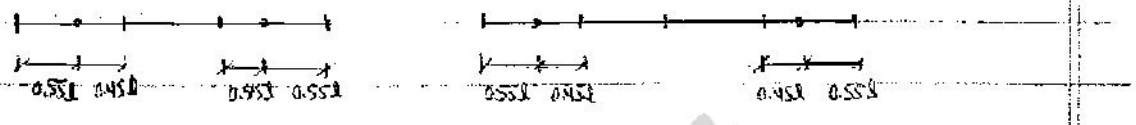


* ابتدا در پای تونل برآز نقطه عطف را به فاصله 0.6h از پای در نظر می گیریم یعنی لنگرهای ستون بیشتر می شود.
سپس به بالاترین تراز می رویم و نقطه عطف را به فاصله 0.65h از بالا در نظر می گیریم و بعد به سمت پایین می رویم و از بالا 0.05h کم می کنیم و به سمت پایین اضافه می کنیم تا به 0.5h برسیم . اگر طبقه ای مانده باشد از پایین شروع کرده و 0.05h از فاصله کم می کنیم.

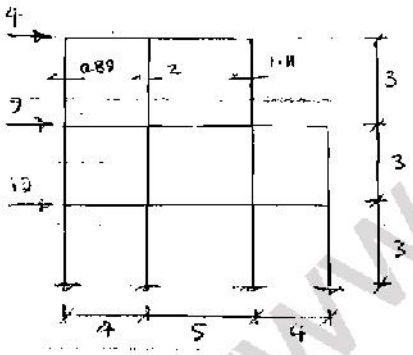
www.tnar.ir

* اگر تعداد طبقات از 6 طبقه بیشتر باشد، وسط سازه همه نقاط عطف در 0.5h قرار دارند.

* نقاط عطف تیرهای کناری در 0.55l از طرفین می باشد و نقطه عطف در دهانه اول در وسط و دو دهانه وسط در دهانه های زوج از محاسبات برداشت می کنیم.



مثال) قاب زیر را به روش برش کنید.



• تقسیم نیروی جانبی بین ستون ها

* طبقه سوم:

$V = 4.0 \quad , \quad \alpha = 0 \Rightarrow V_1 = 0$

$V_2 = V = 4.0$ → مشابه پرتال تقسیم می شود

* طبقه دوم:

$V = 13 \quad , \quad \alpha = \frac{3-2}{4} = 0.25$

$V_1 = \frac{13}{4} \Rightarrow V_2 = \frac{3}{4} \times 13$

$V_{12} = \frac{1}{4} V_1 + \frac{V_2}{13}(2) = 2.31 \quad , \quad V_{32} = V_{22}$

$V_{22} = \frac{1}{4} V_1 + \frac{V_2}{13}(2+2.5) = 4.19 \quad , \quad V_{42} = V_{12}$

* طبقه اول:

$V = 23 \text{ ton} \quad , \quad \alpha = \frac{3-0.5}{4} = 0.625$

$V_1 = 0.625 \times 23 \quad , \quad V_2 = 0.375 \times 23$

$V_{11} = \frac{1}{4} V_1 + \frac{V_2}{13}(2) = 4.92 \quad , \quad V_{31} = V_{21}$

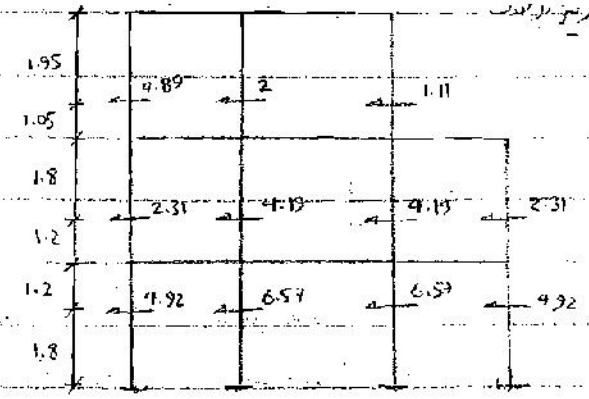
$V_{21} = \frac{1}{4} V_1 + \frac{V_2}{13}(2+2.5) = 6.57 \quad , \quad V_{41} = V_{11}$

www.ttnar.ir

۴ حال با داشتن برش و ممان عطف ستون ها به نوشتن جدول لنگر ستون ها اقدام می کنیم.

سپس با نوشتن تعادل در گره ها، لنگر تیرها را بدست می آوریم.

از تقسیم لنگر تیر بر مجموع لنگر صفحه، برش در تیر بدست می آید.



با نوشتن تعادل در جهت قائم، نیروی محوری ستون ها را بدست می آوریم.

۱) برش ستون ها

۲) لنگر ستون ها

۳) لنگر تیرها

۴) برش تیرها

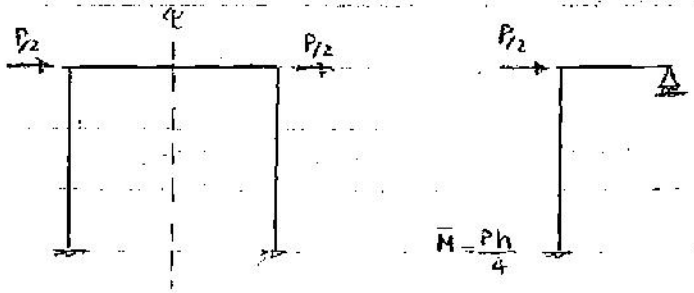
۵) نیروی محوری ستون ها

◄ روش های شبه سختی

★ بر مبنای سختی اعضاء + چندین مسئله است.

★ یکی از روش های شبه سختی روش ضریب (Factor) است. روش دیگر گرینتر می باشد. تفاوت این روش ها با روش های قبل، وارد کردن سختی اعضاء در مسئله است.

• روش Grinter



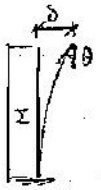
★ ابتدا یک تیرداری فرض می کنیم و برای بدست آوردن سختی تیر از شیب افت اصلاح شده استفاده می کنیم.

$$K_b = \frac{6EI}{l} \qquad \left(K_b = \frac{3EI}{l_{/2}}\right)$$

www.ttnar.ir

★ ستون هم حرکت جانبی را در دو هم دوران می‌کند ـ باید دست آوردن δ و θ ، سختی ستون را محاسبه می‌کنیم

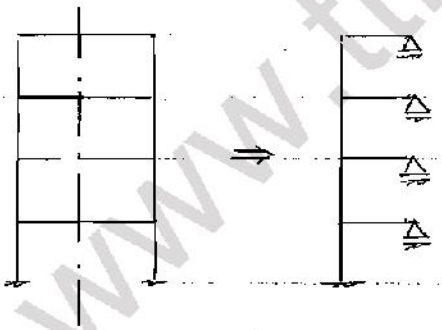
اگر ستون حرکت جانبی نداشت سختی آن $\frac{4EI}{l}$ بود اما حالا کاهش یافته است.



$$\theta = \frac{Mh}{EI} \Rightarrow K_c = \frac{EI}{h}$$

◄ حول تیر یک پریود است ـ ضریب انتقال در آن صفر است
اما در ستون ضریب انتقال ۱ ـ است

★ توزیع لنگر در گره‌ها به نسبت سختی‌های بدست آمده برای تیر و ستون است.



• مراحل گام به گام

۱ ـ قاب را به دلیل تقارن و بارگذاری متقارن معکوس به یک نیمسازه تبدیل می‌کنیم.

۲ ـ سختی تیر را بدست می‌آوریم. $K_b = \frac{6EI_b}{l}$

۳ ـ سختی ستون را محاسبه می‌کنیم $K_c = \frac{EI}{h}$

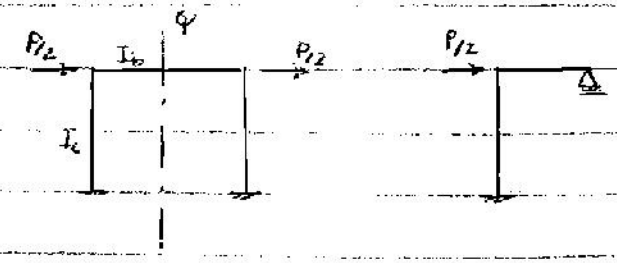
۴ ـ توزیع در گره‌ها به نسبت سختی‌های بدست آمده است.

۵ ـ ضریب انتقال در تیرها صفر و در ستون‌ها ۱ ـ است.

★ روش ما تا جایی قابل است که تعداد دهانه‌ها یک باشد و قاب متقارن باشد ولی اگر تعداد دهانه‌ها بیش از ۱ باشد و یا قاب متقارن نباشد، حل ما تقریبی است.

www.ttnar.ir

◄ تحلیل قاب ها به روش کریتر - تسالو



* ابتدا لنگرهای گیرداری را محاسبه می کنیم:

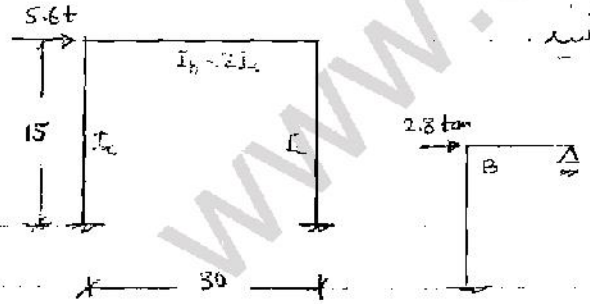
$$M = -\frac{Ph}{4}$$

چون لنگر پایینی از انتهال است، منفی دارد.

$$I_b \;,\; l/2 \rightarrow K_b = \frac{6EI_b}{l} \quad , \quad K_c = \frac{EI_c}{h}$$

* ضریب انتقال در تیر صفر است اما ضریب انتقال در ستون ۱- می باشد.

مثال) قاب زیر را به روش کریتر حل کنید.



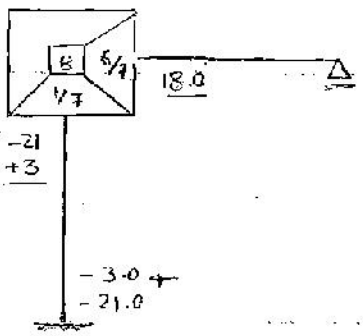
• محاسبه لنگر گیرداری

$$M = -\frac{Ph}{4} = -21 \text{ t.m}$$

• محاسبه ضرایب سختی تیر و ستون

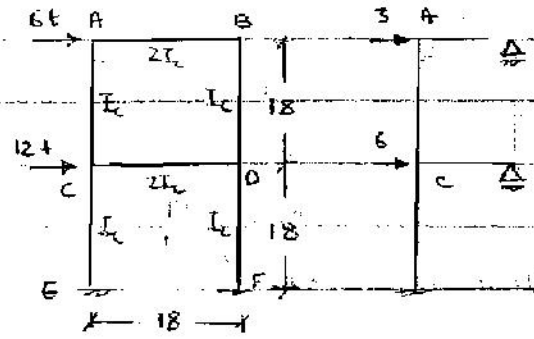
$$K_b = \frac{6 \times 2 \times EI_c}{30} \quad , \quad K_c = \frac{EI_c}{15}$$

$$\rightarrow r_b = 6/7 \quad , \quad r_c = 1/7 \quad , \quad \text{ضریب انتقال : C.O.F} = -1$$



www.ttnar.ir

تحلیل قاب یک دهانه چند طبقه به روش کرینتر



$M_{AC} = M_{CA} = -27\ t.m$

$M_{CE} - M_{EC} = -81\ t.m$

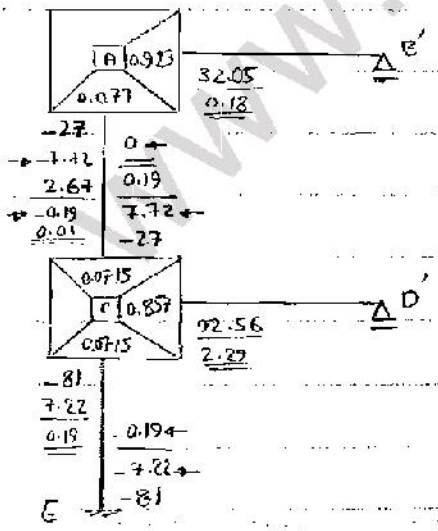
در محاسبه لنگرهای برداری طبقات

پایین تر باید برش کل را در رابطه قرار دهیم

A) $K_b = \frac{12EI_c}{18}$, $K_c = \frac{EI_c}{18}$ $\Rightarrow$ $r_b = \frac{12}{13}$, $r_c = \frac{1}{13}$

C) $K_b = \frac{12EI_c}{18}$, $K_{c1} = \frac{CI}{18}$, $K_{c2} = \frac{EI}{18}$

$\Rightarrow$ $r_b = \frac{12}{14}$, $r_{c1} = r_{c2} = \frac{1}{14}$



$M'_{BB'} = 32.73\ t.m$

$M_{BC} = -32.23\ t.m$

$M_{CA} = -21.77\ t.m$

$M'_{CD'} = 94.85\ t.m$

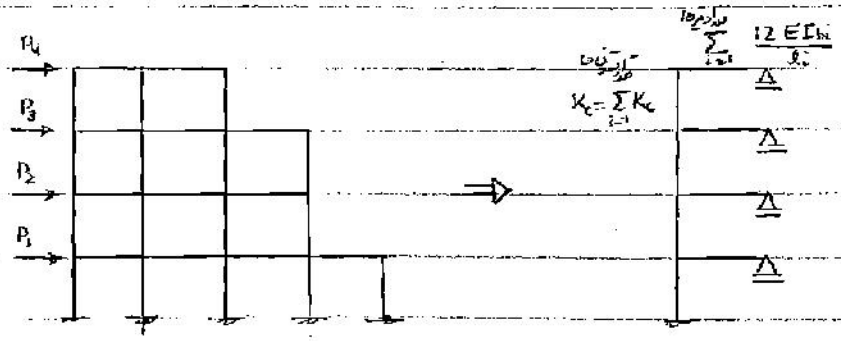
$M_{CE} = -73.09\ t.m$

$M_{EC} = -88.91\ t.m$

تعیین برش در ستون به حالت کلی

در این حالت نیز فرض می کنیم برش قبل صادق است و این قاب قابل تبدیل به یک تیر قاب است ولی این تیر قاب دارای مشخصاتی است.

www.tmar.ir



★ برای تیرها ، سختی معادل تیر هم طاق 12 برابر مجموع سختی تیرها است و برای ستون ها ، سختی معادل ، مجموع سختی ستون ها می باشد .

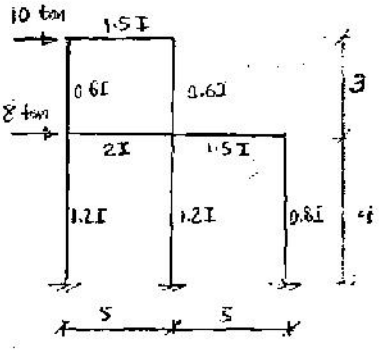
★ تفاوت این حالت با روش قبلی این است که در هم طاق ، کل سختی ها داده می شود و لنگر گیرداری $\frac{Ph}{2}$ است .

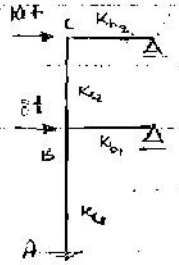
★ پس از حل هم طاق ، باید لنگرها را به مرحله اصلی انتقال دهیم . لنگر ستون را به نسبت سختی ستون های آن طبقه در مرحله اصلی توزیع می کنیم و لنگر تیر را به نسبت سختی تیرهای طبقه توزیع کرده و تقسیم بر 2 می کنیم تا لنگر تیر در مرحله اصلی بدست آید .

چون کل طاق را در نظر گرفته ایم ⇐ $\text{سختی تیر} = \sum_{i}^{\text{تیرها}} 2 \times \frac{6EI_{bi}}{l_i}$

★ پس از توزیع لنگرها در مرحله اصلی ، باید حل به روش کرانس ، تعادل را در مرحله بعد برقرار می کنیم .

مثال) طاق زیر را به روش کرانس تحلیل کنید .





! تیرها را به طور کامل در هم طاق قرار می دهیم .

www.ttnar.ir

• محاسبه لنگرهای گردار

$$M_{BC} = M_{CB} = \frac{10 \times 3}{2} = 15 \text{ t.m}$$

$$M_{AB} = M_{BA} = \frac{18 \times 4}{2} = 36 \text{ t.m}$$

• محاسبه سختی اعضا

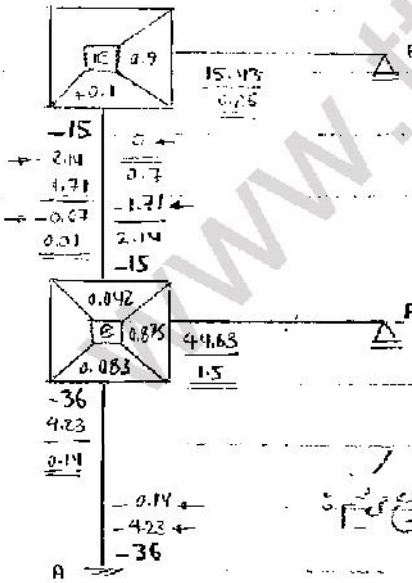
$$K_{b_2} = \frac{12E(1.5I)}{5} \quad , \quad K_{C_2} = \frac{0.6EI}{3} + \frac{0.6EI}{3}$$

$$K_{b_1} = \frac{12E(2I)}{5} + \frac{12E(1.5I)}{5}$$

$$K_{C_1} = \frac{1.2EI}{4} + \frac{1.2EI}{4} + \frac{0.8EJ}{4}$$

$$r_{b_2} = 0.9 \quad , \quad r_{C_2} = 0.1$$

$$r_{b_1} = 0.875 \quad , \quad r_{C_2} = 0.042 \quad , \quad r_{C_1} = 0.083$$



$M_{CF'} = 15.50$ t.m

$M_{CB} = -15.5$ t.m

$M_{BC} = -14.5$ t.m

$M_{BF'} = -46.13$ t.m

$M_{BA} = -31.63$ t.m

$M_{AB} = -40.37$ t.m

• حال با نسبت سختی اعضا لنگرهای بدست آمده را توزیع می‌کنیم:

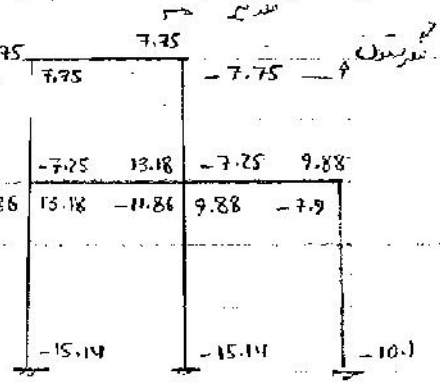
$$\sum K_C = \frac{1.2}{4} + \frac{1.2}{4} + \frac{0.8}{4} = 0.8$$

ضرایب توزیع: 1) $\frac{0.8}{0.8}$ 2) $\frac{0.3}{0.8}$ 3) $\frac{0.2}{0.8}$

طبقه اول: $\sum K_b = \frac{2}{5} + \frac{1.5}{5} = 0.7$

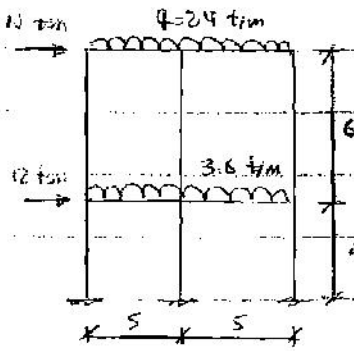
لنگرها: 1) $\frac{1}{2} \times 46.13 \times \frac{0.4}{0.7}$

2) $\frac{1}{2} \times 46.13 \times \frac{0.3}{0.7}$



www.ttnar.ir

نقره‌ای به دست آمده متعادل نداریم. بنابراین نقره‌های به دست آمده از بارهایی را با نقره‌هایی که ناشی از بار وارد است، طوریکه جهت برون سازه قراردهیم و به درون کراس، متعادل را در نقطه برآورد می‌کنیم



تمرین: قاب زیر را به روش‌های مختلف حل کرده و جواب‌ها را با هم مقایسه کنید.

www.ttnar.ir