

Subject:

Year. Month. Date. ()

تحلیل سازه II

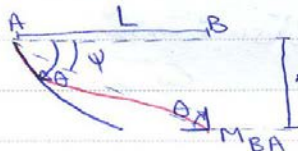
فصل اول - مفصل نرم (طبیعی)

روش سبب - افت در تحلیل قابهای نامعین

در این روش ابتدا نیروهای انتهای مربوط به هر یک از اعضا مشخص می‌شود. سپس این نیروها را به صورت یک سیستم معادل در نظر می‌گیریم. در روش سبب افت، نیروهای انتهای اعضا را به صورت یک سیستم معادل در نظر می‌گیریم. در این روش، افت را به عنوان تغییر شکل در نظر می‌گیریم. در روش سبب افت، افت را به عنوان تغییر شکل در نظر می‌گیریم. در روش سبب افت، افت را به عنوان تغییر شکل در نظر می‌گیریم.

قرار دادن علامت

۱. نیروهای انتهای اعضا را به صورت مثبت و منفی در نظر می‌گیریم. در روش سبب افت، افت را به عنوان تغییر شکل در نظر می‌گیریم. در روش سبب افت، افت را به عنوان تغییر شکل در نظر می‌گیریم. در روش سبب افت، افت را به عنوان تغییر شکل در نظر می‌گیریم.



۲. هرگاه که نیرو در جهت عقربه‌های ساعت دوران باشد زاویه آن مثبت محسوب می‌شود.

۳. دوران یک عضو وقتی مثبت است که دو انتهای آن نسبت به هم بصورت ساعتگرد دوران پیدا کرده باشد.

۴. زاویه بین خط واصل از ابتدا و انتهای عضو بعد از تغییر شکل.

۵. در این شکل جهت بردش عضو AB ساعتگرد مثبت است.

۶. تغییر شکل نسبت به ابتدا سبب به انتهای عضو.

۷. زاویه بین جاس بر منحنی با راستای اولیه عضو.

۸. ساعتگرد مثبت.

روابط فاسیدی نیروهای ابتدایی در روش سبب افت

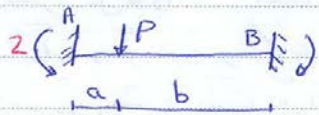
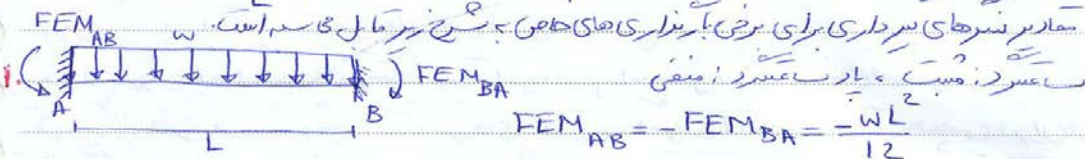
$$M_{AB} = \frac{2EI}{L} (2\theta_A + \theta_B - 3\psi) + FEM_{AB}$$

Fix End moment

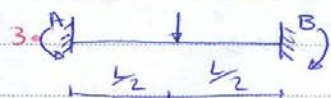
نیروهای سرداری انتهای می باشد و FEM منتهی متعارف نیروهایی که در دو انتهای عضو وارد می‌شود با فرض

اینم نیروهای یکپارچه‌های سوراخ‌ها

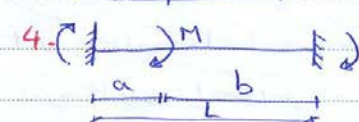
$$M_{BA} = \frac{2EI}{L} (2\theta_B + \theta_A - 3\psi) + FEM_{BA}$$



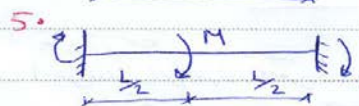
$$FEM_{AB} = -\frac{Pab^2}{L^2}, \quad FEM_{BA} = \frac{Pa^2b}{L^2}$$



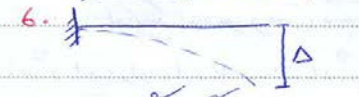
$$FEM_{AB} = -FEM_{BA} = -\frac{PL}{8}$$



$$FEM_{AB} = \frac{Mb}{L^2} (3a - L), \quad FEM_{BA} = \frac{Ma}{L^2} (3b - L)$$



$$FEM_{AB} = FEM_{BA} = \frac{M}{4}$$



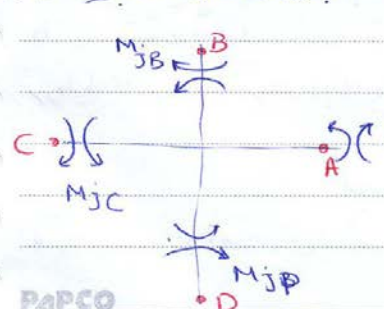
$$FEM_{AB} = FEM_{BA} = -\frac{6EI\Delta}{L^2}$$

در روابط مثبت است مقدار چرخش

کلی تر در حالت مثبت یکپارچه‌های سوراخ‌ها در یک سوراخ مثبت و در عرض نیروهای یکپارچه‌های سوراخ‌ها
 یکپارچه‌های سوراخ‌ها در یک سوراخ مثبت و در عرض نیروهای یکپارچه‌های سوراخ‌ها
 نسبت را از این روش

مقادیر معادل در روش مثبت است

در هر یک از نیروهای استاتیکی سوراخ‌ها در روش مثبت است سوراخ‌ها در روش مثبت است سوراخ‌ها در روش مثبت است



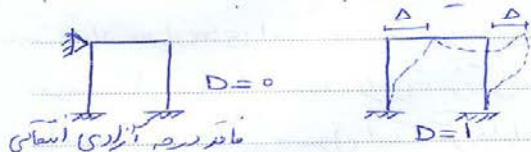
$$\sum M_{JA} = 0 \rightarrow M_{JA} + M_{JB} + M_{JD} + M_{JC} = 0$$

$$\sum_{i=A}^D M_{ji} = 0$$

درجه آزادی انتقالی و دورانی

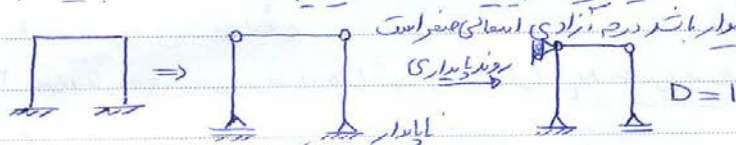
درجه آزادی انتقالی

شمار مشترک‌های مستقیماً به تغییر مکان انتقالی طبق بره‌های شماره بر حسب آن‌ها عامل مان می‌باشد.
هرگاه بین بره‌های یک سازه ممانعت از انتقالی یا دورانی سازه بدون درجه آزادی انتقالی می‌باشد.



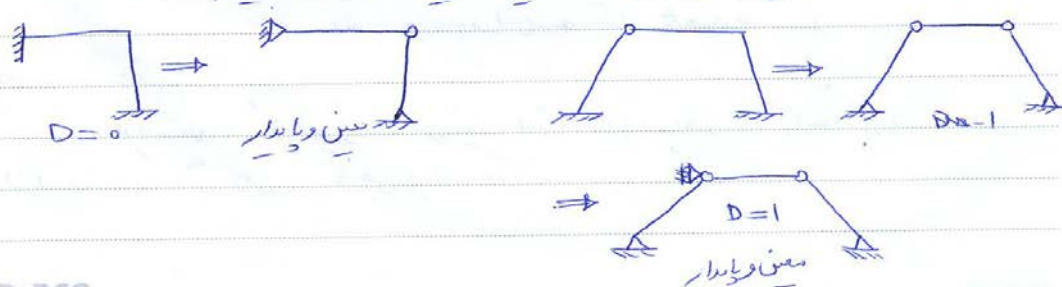
خواهش درجه آزادی سازه

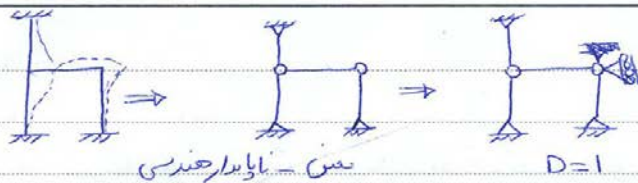
در سازه طبق یک سازه‌های سردار را به یک سازه مفصلی تبدیل می‌کنیم.
در محل اتصالات صلب اعضا یکدیگر را نیز مفصل داخلی قرار می‌دهیم. حال در سازه‌ای جدیدی به دست



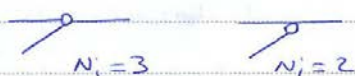
در غیر اینصورت سازه باید را خواهد بود. در این حالت به سازه قیدهای یکسانی به میزان حداقل،
برای اتمام می‌کنیم. سازه معین و باید شود. تعداد قیدهای اتمام شده برابر درجه آزادی
انتقالی سازه خواهد بود. معین می‌توان درجه آزادی سازه جدید را می‌سازد. این درجه آزادی
معین و اتمام خواهد بود. در مطلق عدد نیست. آنگاه معین تعداد قیدهای لازم جهت باید سازی
سازه خواهد بود.

نکته: سازه می‌تواند از اتمام بدون قیدها اتمام معین باشد و هم باید از این حالت به باید سازی
هندسی داشت حداقل باید یک قید دیگر اتمام کنیم که باید سازی هندسی ازین برود.





عبارت تعداد دوران های استقامتی مستحکم که دوران کلیه تیره های سازده در هر یک از دو استقامت اعضا
بر حسب آن قابل همان باشد برای تعیین آن به شرح زیر عمل می کنیم
۱. اگر سازده دارای اصول است آن ها را حذف می کنیم
۲. در هر یک از مفصل های داخلی تعداد قطعات متصل به آن مفصل را محاسبه و این مقادیر را در هر
سازده برای تمام مفصل های داخلی مهم جمع می کنیم

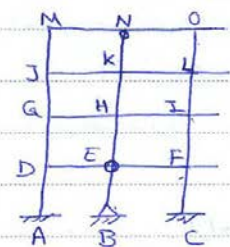


معادله های داخلی

۳. مقدار نرهای موجود در سازه را شمارش کرده و با N_4 نمایش میدهیم. در این قسمت نرهای متصل به یکدیگر نرهای سردار و مفصل‌های داخلی محسوب نمی‌شوند.

۴. به آزادی دورانی و جابجایی در هر نقطه مثل می‌ایست.

$$\text{Sol: } N_A = N_i + \sum_{i=1}^k N_i$$



$$N_{\theta} = ?$$

$$\sum N_i = 4 + 2 = 6$$

$$N_A = 6 + 11 = 17$$

EX. درجه آزادی دارنده:

۱. حرف طرہا

$$N = 11 \cdot 1^*$$

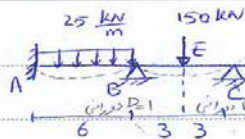
در روش سبب، انت مقدار درجات آزادی اسمانی ۴، تعداد ۸، های مستقل (یا تعداد ۱۰ های مستقل)

QUBA 9.2 .EX

سرنان داده شده در شکل زیر را با روش سبب امتیاز تحلیل کرده و معادله‌های انتگرالی در هر یک از اعضا و واکنش‌های آن‌ها را می‌توانید بنویسید.

Subject:

Year. Month. Date. 3)



$$EI = \text{cte}$$

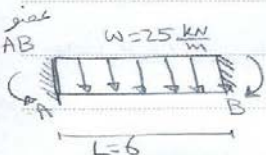
$$D = 0$$

$$\Rightarrow \psi = 0$$

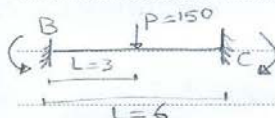
$$N = 2 \quad \left. \begin{array}{l} \theta_B \\ \theta_C \end{array} \right\}$$

$$\theta_A = \theta_D = 0$$

۱. روش سیمپسون - ابتدا برای کادری که در آن تغییرات در خواص هندسی (مثلاً) ...



$$FEM_{BA} = -FEM_{AB} = \frac{WL^2}{12} = \frac{25 \times 6^2}{12} = 75 \text{ kN-m}$$



$$FEM_{CB} = -FEM_{BC} = \frac{PL}{8} = \frac{150 \times 6}{8} = 112.5$$



$$FEM_{CD} = -FEM_{DC} = 0$$

$$M_{AB} = \frac{2EI}{L} (2\theta_A + \theta_B - \psi) + FEM_{AB}$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L} (2\theta_B + \theta_A - \psi) + FEM_{BA}$$

$$M_{AB} = \frac{2EI}{6} (0 + \theta_B - 0) + (-75) = \frac{EI\theta_B}{3} - 75$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{6} (2\theta_B + 0 - 0) + (75) = \frac{2EI\theta_B}{3} + 75$$

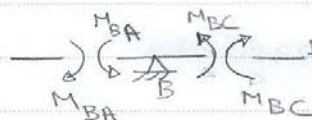
$$M_{BC} = \frac{2EI}{6} (2\theta_B + \theta_C - 0) + (-112.5) = \frac{2EI\theta_B}{3} + \frac{EI\theta_C}{3} - 112.5$$

$$M_{CB} = \frac{2EI}{6} (2\theta_C + \theta_B - 0) + 112.5 = \frac{2EI\theta_C}{3} + \frac{EI\theta_B}{3} + 112.5$$

$$M_{CD} = \frac{2EI}{4.5} (2\theta_C + 0 - 0) + 0 = \frac{8EI\theta_C}{9}$$

$$M_{DC} = \frac{2EI}{4.5} (0 + \theta_C - 0) + 0 = \frac{4EI\theta_C}{9}$$

۲. معادلات تعادل برای هر یک از اعضای B و C

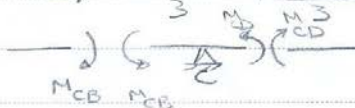


$$\sum M_B = 0 \Rightarrow M_{BA} + M_{BC} = 0$$

بزرگ

$$\left[\frac{2EI\theta_B}{3} + 75 \right] + \left[\frac{2EI\theta_B}{3} + \frac{EI\theta_C}{3} - 112.5 \right] = 0$$

$$\Rightarrow \frac{4EI\theta_B}{3} + \frac{EI\theta_C}{3} - 37.5 = 0 \quad (1)$$



$$\sum M_C = 0 \Rightarrow M_{CB} + M_{CD} = 0$$

کوچک

Subject:

Year. Month. Date. ()

$$\left[\frac{2EI\theta_C}{3} + \frac{EI\theta_B}{3} + 112.5 \right] + \left[\frac{8EI\theta_C}{9} \right] = 0 \Rightarrow \frac{EI\theta_B}{3} + \frac{14EI\theta_C}{9} = -112.5 \quad (II)$$

$$\begin{aligned} \text{حل از معادله I, II} \rightarrow \left\{ \begin{aligned} \theta_B &= 48.82 \\ \theta_C &= -82.78 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

مقادیر فوق را در معادلات سبب افت جابجایی می بینیم

$$M_{AB} = \frac{EI}{3} \times \left(\frac{48.82}{EI} \right) = 75 = 58.72 \text{ KN-m}$$

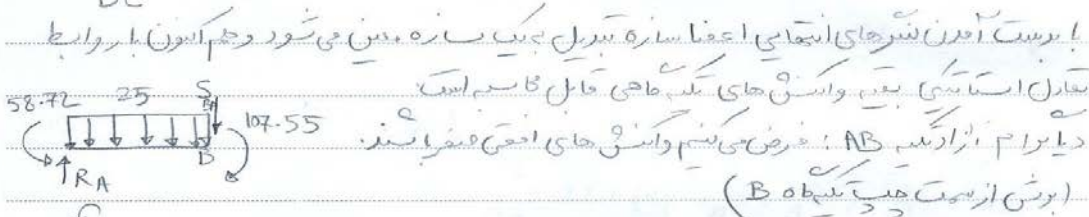
$$M_{BA} = \frac{2EI}{3} \left(\frac{48.82}{EI} \right) + 75 = 107.55 \text{ KN-m}$$

$$M_{BC} = -107.55$$

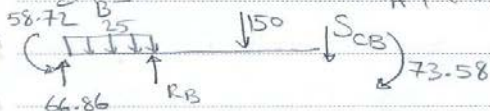
$$M_{CB} = 73.58$$

$$M_{CD} = -73.58$$

$$M_{DC} = -36.79$$

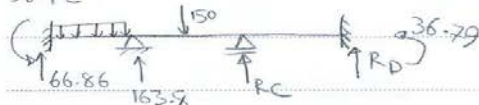


$$\sum M_A = 0: 58.72 - 6 \times R_A + (25 \times 6) \times 3 - 107.55 = 0 \Rightarrow R_A = 66.86 \text{ kN} \uparrow$$



$$\sum M_B = 0: 58.72 - 66.86 \times 12 + (25 \times 6) \times 9 - R_C \times 6 + 150 \times 3 - 73.58 = 0$$

$$\Rightarrow R_C = 163.80 \text{ kN} \uparrow$$



در ادامه برای ابراز دید CD:

$$\sum M_C = 0: 58.72 - 66.86 \times 16.5 + (25 \times 6) \times 13.5 - 163.8 \times 10.5 + 150 \times 7.5 - R_D \times 4.5 + 36.79 = 0$$

$$\Rightarrow R_D = 93.87 \text{ kN} \uparrow$$

$$\uparrow \sum F_y = 0: 66.86 - (25 \times 6) + 163.8 - 150 + 93.87 + R_D = 0 \Rightarrow R_D = -24.53$$

$$R_D = 24.53 \downarrow$$

Subject:

Year. Month. Date. 4

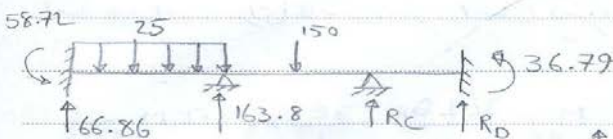


در قطعه AC (مستقیم)

$$\sum M_C = 0: 58.72 - 66.86 \times 12 + (25 \times 6) \times 9 - R_B \times 6 + 150 \times 3 - 73.58 = 0$$

$$\Rightarrow R_B = 163.8 \text{ kN} \uparrow$$

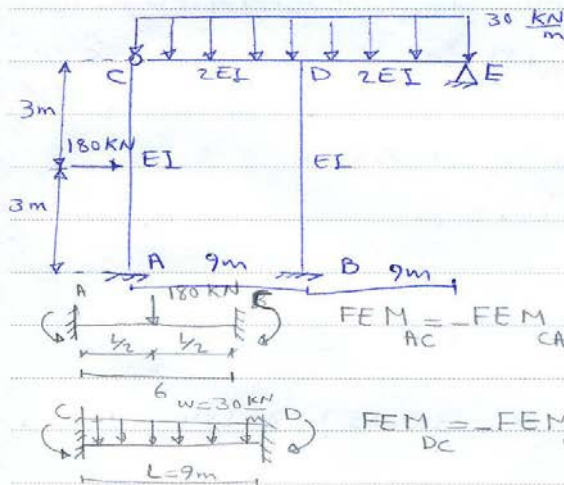
در تیرام از راست به چپ:



$$\sum M_D = 0: R_C = 93.87 \uparrow$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_D = -24.53 \downarrow$$

EX. بر مابین آن دارد شده و آنش های بلند با هم را به روش مستقیم است که می بینید.



$$E = 200 \text{ GPa}$$

$$\psi = 0 \text{ برای تمام اعضا}$$

$$\theta_A = \theta_B = 0$$

$$\theta_C, \theta_D, \theta_E \neq 0$$

$$FEM_{AC} = -FEM_{CA} = \frac{-180 \times 6}{8} = -135 \text{ kN.m} \quad : AC$$

$$FEM_{DC} = -FEM_{CD} = \frac{30 \times 9^2}{12} = 202.5 \text{ kN.m} \quad : CD$$

$$FEM_{ED} = -FEM_{DE} = 202.5$$

$$CD \text{ و } DE$$

$$FEM_{BD} = FEM_{DB} = 0$$

$$: BD$$

$$M_{AC} = \frac{2EI}{6} (\theta_A + \theta_C + 0) - 135 = \frac{EI\theta_C}{3} - 135$$

$$M_{CA} = \frac{2EI}{6} (2\theta_C + \theta_A + 0) + 135 = \frac{2EI\theta_C}{3} + 135$$

$$M_{CD} = \frac{2E(2I)}{9} (2\theta_C + \theta_D + 0) + (202.5) = \frac{8EI\theta_C}{9} + \frac{4EI\theta_D}{9} - 202.5$$

$$M_{DC} = \frac{2E(2I)}{9} (2\theta_D + \theta_C + 0) + (202.5) = \frac{8EI\theta_D}{9} + \frac{4EI\theta_C}{9} + 202.5$$

$$M_{DB} = \frac{2EI}{6} (2\theta_D + 0 - 0) + 0 = \frac{2EI\theta_D}{3}$$

$$M_{BD} = \frac{2EI}{6} (0 + \theta_D - 0) + 0 = \frac{EI\theta_D}{3}$$

نکته مهم: در مورد عضو DE، با توجه به آن که انتهای E یک قطعه مفصلی می باشد و نیز در این انتهای مفصل است. برای مابقی نیز در انتهای دیگر می توان از رابطه ی زیر (شیب هفت اصلاح شده) استفاده کرد:

$$M_{AB} = \frac{3EI\theta_A}{L} - \frac{3EI}{L} \times \psi + FEM_{AB} - \frac{1}{2} FEM_{BA}$$

$$M_{DE} = \frac{3E(2I)\theta_D}{9} + (-202.5) - \frac{1}{2} (202.5) = \frac{2EI\theta_D}{3} - 303.75$$

$$M_{ED} = 0$$

در تیر C و D بهای برام زیاد داریم و باید در محاسبه شیب را نیز در نظر بگیریم.

$$\sum M_C = 0 \Rightarrow M_{CA} + M_{CD} = 0$$

نکته: چون لغت تیر به شیب را نیز در محاسبه

$$\left(\frac{2EI\theta_C}{3} + 135 \right) + \left(\frac{8EI\theta_C}{9} + \frac{4EI\theta_D}{9} - 202.5 \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{14EI\theta_C}{9} + \frac{4EI\theta_D}{9} = 67.5 \quad (I)$$

$$\sum M_D = 0 \Rightarrow M_{DC} + M_{DE} + M_{DB} = 0$$

$$\left(\frac{8EI\theta_D}{9} + \frac{4EI\theta_C}{9} + 202.5 \right) + \left(\frac{2EI\theta_D}{3} - 303.75 \right) + \frac{2EI\theta_D}{3} = 0$$

$$\frac{20EI\theta_D}{9} + \frac{4EI\theta_C}{9} = 101.25 \quad (II)$$

$$(I, II) \xrightarrow{\text{حل همزمان}} \theta_D = \frac{39.12}{EI}, \quad \theta_C = \frac{32.22}{EI}$$

$$M_{AC} = \frac{EI \times \left(\frac{32.22}{EI} \right) - 135}{3} = 124.26 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$M_{CA} = \frac{2EI}{3} \left(\frac{32.22}{EI} \right) + 135 = 156.48 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

برای آسان M_{CA} و M_{CD} استخوان درست بودن روابط

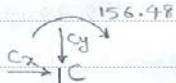
Subject:

Year: Month: Date: 15

$$M_{CD} = -156.48, \quad M_{DC} = 251.59, \quad M_{BD} = 13.04$$

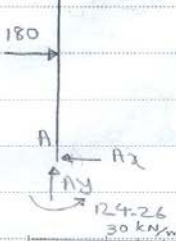
$$M_{DB} = 26.08, \quad M_{DE} = -277.67$$

با رسم جایی و اینش های یکپارچه برای این منظور می توان دایرام آزاد هر مقطع را رسم و معادلات
معادل را نوشت
مقطع AC:



$$\sum M_C = 0 \Rightarrow -A_x(4) + 180(3) + 124.26 - 156.48 = 0$$

$$\Rightarrow A_x = 84.63$$

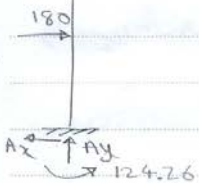


مقطع ACD (قبل برش از نقطه D):

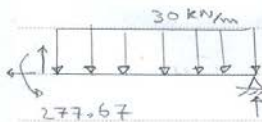
$$\sum M_D = 0$$

$$124.26 - 251.59 + 30(9)(4.5) + 180(3) - A_y(9) - A_x(6) = 0$$

$$\Rightarrow A_y = 124.43 \text{ kN}$$

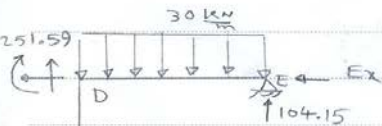


مقطع DE (پس از برش از نقطه D):



$$\sum M_D = 0 \Rightarrow 277.67 - 30(9)(4.5) - 9E_y = 0$$

$$\Rightarrow E_y = 104.15 \text{ kN}$$

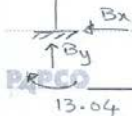


$$\sum M_D = 0 \Rightarrow -251.59 - 30(9)(4.5) + 104.15(9) - B_x(6) - 13.04 = 0$$

$$B_x = -6.52$$

$$B_x = 6.52$$

جهت فرض شده بود



13.04

Subject:

Year: Month: Date: ()

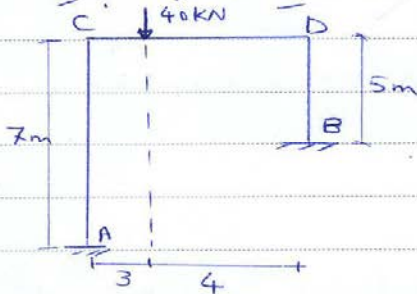
در ادامه از اصل اصل:

$$\sum F_x = 0: -84.63 + 6.52 - E_x + 180 = 0 \Rightarrow E_x = 101.89$$

$$\sum F_y = 0: -30(18) + 104.15 + 124.43 + B_y = 0: B_y = 311.42$$

سوال 9-10

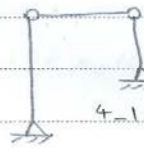
تاب نشان داده شده را با روش سبب انباشته تحلیل کرده و برانسی های بحرانی آنرا بیابید.



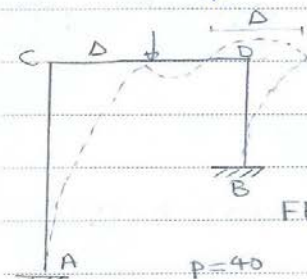
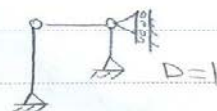
$4EI$

$$\theta_A = \theta_B = 0, \theta_C = \theta_D = \theta$$

با سبب انباشته



$$4 - 1 - 1 - 3 = -1$$



$$\psi_{AC} = \frac{\Delta}{7}$$

$$\psi_{BD} = \frac{\Delta}{5}, \psi_{CD} = 0$$

انرژیهای سردار AC و BCD را بیابید.

$$FEM_{BD} = FEM_{DB} = FEM_{AC} = FEM_{CA} = 0$$

$P = 40$

CD



$$FEM_{CD} = \frac{-40 \times 3 \times 4^2}{7^2} = -39.2$$

$$FEM_{DC} = \frac{40 \times 3^2 \times 4}{7^2} = 29.4 \text{ kN.m}$$

برای سبب انباشته

$$M_{AC} = \frac{2EI}{7} (0 + \theta_C + 3 \times \frac{\Delta}{7}) + 0 = \frac{2EI\theta_C}{7} + \frac{6EI\Delta}{49}$$

$$M_{CA} = \frac{2EI}{7} (2\theta_C + 0 - 3 \times \frac{\Delta}{7}) + 0 = \frac{4EI\theta_C}{7} - \frac{6EI\Delta}{49}$$

$$M_{CD} = \frac{2EI}{7} (2\theta_C + \theta_D - 0) - 39.2 = \frac{4EI\theta_C}{7} + \frac{2EI\theta_D}{7} - 39.2$$

$$M_{DC} = \frac{2EI}{7} (2\theta_D + \theta_C - 0) + 29.4 = \frac{4EI\theta_D}{7} + \frac{2EI\theta_C}{7} + 29.4$$

$$M_{DB} = \frac{2EI}{5} (2\theta_C + 0 - 3 \times \frac{\Delta}{5}) + 0 = \frac{4EI\theta_C}{5} - \frac{6EI\Delta}{25}$$

$$M_{BD} = \frac{2EI}{5} (0 + \theta_D - 3 \times \frac{\Delta}{5}) + 0 = \frac{2EI\theta_D}{5} - \frac{6EI\Delta}{25}$$

Subject:

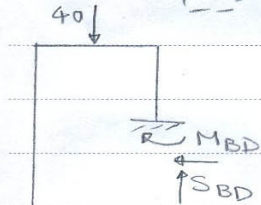
Year. Month. Date. 6

$\sum M_C = 0: M_C + M_D = 0$
 $\Rightarrow \frac{4EI\theta_C}{7} - \frac{6EI\Delta}{49} + \frac{4EI\theta_C}{7} + \frac{2EI\Delta}{7} - 39.2 = 0$
 $\Rightarrow \frac{8EI\theta_C}{7} + \frac{2EI\Delta}{7} - \frac{6EI\Delta}{49} - 39.2 = 0 \quad (I)$

$\sum M_D = 0: M_{DC} + M_{DB} = 0$
 $\Rightarrow \frac{4EI\Delta}{7} + \frac{2EI\theta_C}{7} + 29.4 + \frac{4EI\Delta}{5} - \frac{6EI\Delta}{25} = 0$
 $\Rightarrow \frac{48EI\Delta}{35} + \frac{2EI\theta_C}{7} - \frac{6EI\Delta}{25} = -29.4 \quad (II)$

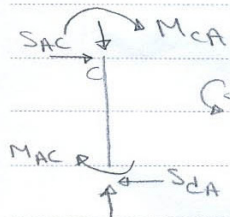
و معادله دوم مجهول داریم.

با توجه به اینکه مقدار جابجایی برابر 3 است، 3 معادله نیاز داریم تا ابعاد معادله را از این معادله برداریم و معادله سوم نیز نیاز داریم. برای این منظور می توان به روش زیر عمل کرد:
 ابتدا درایم از ادکل قاب را ترسیم کرده و معادله متوازن نیرو در راستای افقی را می نویسیم.

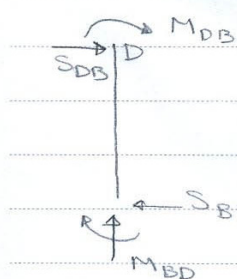


$$\sum F_x = 0 \Rightarrow -S_{AC} - S_{BD} = 0 \quad S_{AC} + S_{BD} = 0$$

حال با این معادله S_{AC} و S_{BD} بر حسب شرایط انتهای اعضا می نویسیم. در اینجا باید به این نکته توجه کرد که برای این منظور درایم از ابعاد و مقاطع AC و BD را رسم می کنیم.



$$\sum M_C = 0: -S_{AC} \times 7 - M_{AC} - M_{CA} = 0 \Rightarrow S_{AC} = -\frac{M_{AC} + M_{CA}}{7}$$



$$\sum M_D = 0: -S_{BD} \times 5 - M_{BD} - M_{DB} = 0 \Rightarrow S_{BD} = -\frac{M_{BD} + M_{DB}}{5}$$

$$\begin{aligned}
 & -\left(\frac{M_{AC} + M_{CA}}{7}\right) - \left(\frac{M_{BD} + M_{DB}}{5}\right) = 0 \\
 & \Rightarrow 5(M_{AC} + M_{CA}) + 7(M_{BD} + M_{DB}) = 0 \quad (-35)
 \end{aligned}$$

Subject:

Year. Month. Date. ()

مقادیر فوق را با روابط تعادل در جهت راست به سمت چپ و در جهت چپ به سمت راست

$$\frac{42EI\theta_D}{5} - 4.58 EI\Delta + \frac{30EI\theta_C}{7} = 0 \quad (III)$$

$$I, II, III \xrightarrow{\text{solve}} \begin{cases} \theta_D = \frac{-34.24}{EI} \\ \theta_C = \frac{40.211}{EI} \\ \Delta = \frac{-25.177}{EI} \end{cases}$$

چاپ نهایی در روابط تعادل:

$$M_{AC} = 14.6, M_{DC} = 21.3, M_{CA} = 26$$

$$M_{DB} = -21.3, M_{CD} = -26, M_{BD} = 7.7$$

و این‌ها برای محاسبه دو نقطه A و B نیز از روابط تعادل در جهت چپ به سمت راست و در جهت راست به سمت چپ

$$S_{AC} = \frac{-(14.6 + 26)}{7} - 5.8 \Rightarrow S_{AC} = 5.8 \rightarrow$$

$$S_{BD} = \frac{-(21.3 + 7.7)}{5} - 5.8 \rightarrow$$

برای محاسبه نیروهای تکیه‌گاه در جهت راست به سمت چپ و در جهت چپ به سمت راست

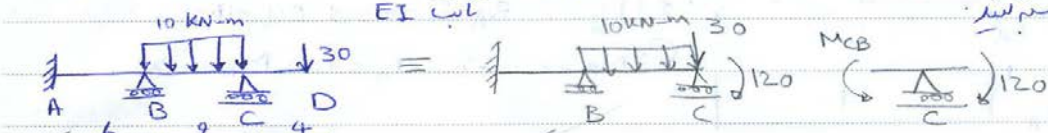
$$A_y = 23.53 \uparrow, B_y = 16.47 \uparrow$$

Subject:

Year. Month. Date. 7

9-5 lab

EX: برای نیروی سست نشان داده شده در شکل زیر دانش های طبقه ای را با استفاده از روش سست انتی سیستم کنید



در روش سست انتی در صورت وجود طره آن را حذف کرده و بار وارده بر آن را به همراه سری ایکنی مندرج برای طره منتقل می کنیم

$$\sum M_C = 0 \Rightarrow M_{CB} - 120 = 0 \Rightarrow M_{CB} = 120$$

EX: در زیر روابط درجه بندی B و اندازه $\Delta = \frac{3}{EI}$ نسبت اندازش طبقه ای را



$M_{BA} = 0$ → سست انتی اصلاح شده

$$M_{AB} = \frac{3EI}{L} \theta_A - \frac{3EI}{L} \psi + FEM_{AB} = -0.5 FEM_{BA}$$

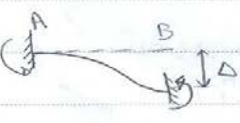
از نسبت طبقه ای L در جابجایی ψ منسوب می شود L در جابجایی سری های سری ایکنی

حالت اول: اثر Δ بر ψ درجه می شود $FEM_{AB} = FEM_{BA} = 0$

$$M_{AB} = 0 - \frac{3EI}{L} \psi = 0 \quad \psi = \frac{\Delta}{L} = + \frac{3}{EI} = \frac{3}{EI}$$

$$M_{AB} = 0 - \frac{3EI}{L} \times \left(\frac{3}{EI} \right) + 0 - 0 = -9$$

حالت دوم: اثر نسبت در FEM درجه می شود $\psi = 0$

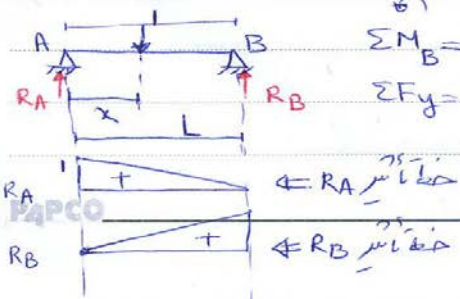


$$FEM_{AB} = FEM_{BA} = \frac{-6EI\Delta}{L^2} = \frac{-6EI \times 3}{12} = -18$$

$$M_{AB} = 0 - 0 + (-18) - 0.5(-18) = -9$$

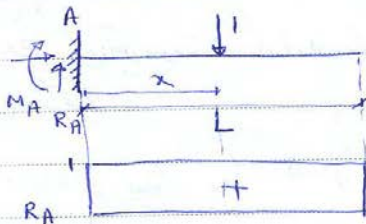
$$\sum M_B = 0 : R_A \times L + 1 \times (L-x) = 0 \rightarrow R_A = \frac{L-x}{L}$$

$$\sum F_y = 0 : R_A + R_B - 1 = 0 \Rightarrow R_B = 1 - \frac{L-x}{L} = \frac{x}{L}$$



Subject:

Year. Month. Date. ()



EX. خط تأثیر R_A و M_A

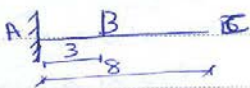
$$\uparrow \sum F_y = 0: R_A - 1 = 0 \Rightarrow R_A = 1$$

$$\circlearrowleft \sum M_A = 0: -x - M_A = 0 \Rightarrow M_A = -x$$

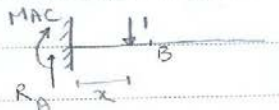


خوار دار خط تأثیر: منبسطه ها با علامت +
یا در علامت -
در صورتی که بر است: برش + و منبسطه ها با علامت +

موردار خط تأثیر علاوه بر واکنش های منبسطه ها برای تکیه های داخلی نیز (برش، منبسطه ها و منبسطه های خودی) قابل استفاده است.

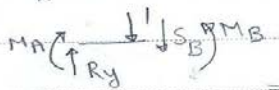


EX. خط تأثیر برش و منبسطه ها را بر تکیه B بیست آوردیم



$$0 < x < 3$$

$$\uparrow \sum F_y = 0: R_y - 1 - S_B = 0 \rightarrow S_B = R_y - 1$$

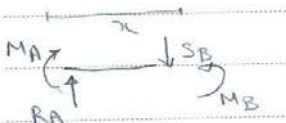


$$\circlearrowleft \sum M_B = 0: -M_A - 3R_y + (3-x) + M_B = 0$$

$$\Rightarrow M_B = M_A + 3R_y + (x-3)$$



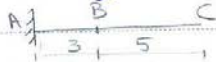
$$3 < x < 8$$



$$\sum F_y = 0 \Rightarrow R_A - S_B = 0 \rightarrow S_B = R_A$$

$$\circlearrowleft \sum M = 0 \Rightarrow -M_A - 3R_A + M_B = 0: M_B = M_A + 3R_A$$

همانطور مشاهده می شود مقادیر S_B و M_B وابسته به واکنش های منبسطه ها R_A و M_A می باشد
در صورت ترسیم خط تأثیر این دو واکنش منبسطه های زیر روی آن می توان خط تأثیر منبسطه های داخلی را نیز بیست آورد.



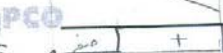
در تکیه های بین خطوط خط تأثیر خواره صورت می گیرد.



$$x=0: M_B = 0 + 3(1) + (0-3) = 0$$



$$x=3: M_B = (-3) + 3 + (3-3) = 0$$



$$x=3: M_A = -3 + 3(1) = 0$$



$$x=8: M_B = -8 + 3(1) = -5$$



استفاده از روش های ساده شدن برای رسم خط تأثیر بارهای متحرک:

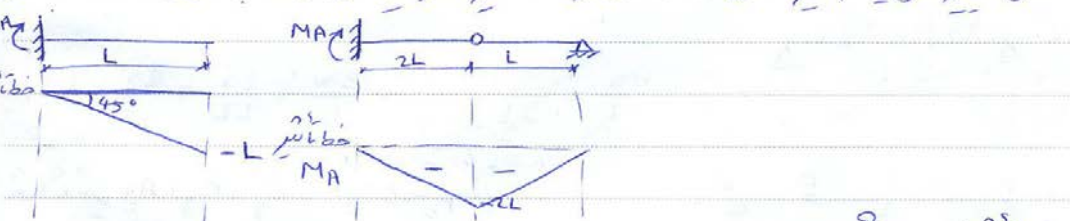
خط تأثیر را بشویم با هم به صورت نیروی عمودی:

در تمام موارد نظر کنیم که مورد نظر را به اندازه یک واحد به سمت بالا جای می نهم شکل تغییر شکل یافته
سیر با فرض آن به هم می نهم که جایگاه خود را نشان دهنده ی خط تأثیر را بشویم که ماه مورد نظر
خواهد بود. خط تأثیر R_y خط تأثیر R_A



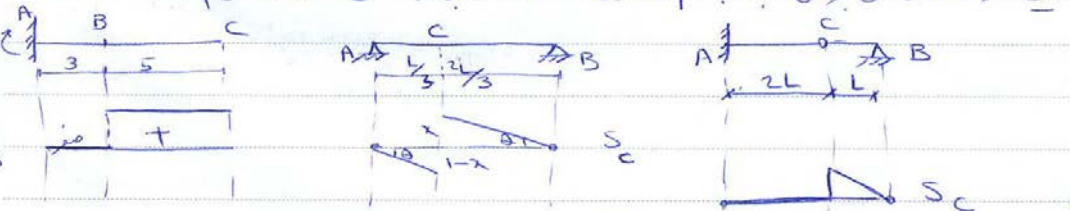
خط تأثیر نیروی عمودی:

در این حالت که ماه مورد نظر را به اندازه یک واحد (بر حسب راستی) و به صورت ساعتگرد دوران می دهیم
شکل تغییر شکل یافته سیر نشان دهنده خود را خط تأثیر نیروی عمودی خواهد بود. فرض: $q(1) = 1$



خط تأثیر نیروی برشی:

در این حالت در نقطه مورد نظر یک برش ایجاد می نهم و دو مقطع سمت راست و سمت چپ را نسبت به هم
یک واحد جابجایی می نهم. اون ای مقطع سمت راست به اندازه یک واحد به بالا بر از مقطع سمت چپ باید
این دو مقطع در محل برش نسبت به هم موازی هستند. (خرد در متغیرهای داخلی)



$$\frac{x}{\frac{2L}{3}} = \frac{1-x}{\frac{L}{3}} \rightarrow x = \frac{2}{3}$$

به علت وجود مفصل داخلی نیروی
موازی بودن دو سمت نسبت

Subject :

Year . Month . Date . ()



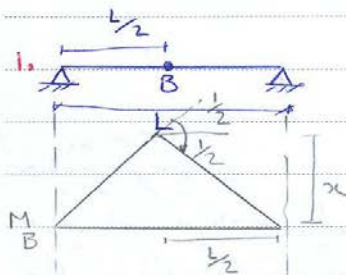
برش راست S_B^-



برش از راست S_B^+

خط با سیر سیر داخلی

در این حالت در نقطه در نظر به اندازه یک واحد دوران ایجاد می شود به گونه ای که سمت راست نسبت به سمت چپ به اندازه یک واحد و در جهت ساعتگرد دوران نماید

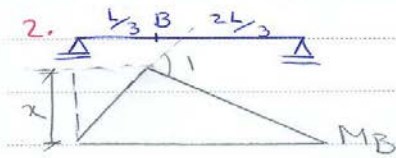


نشر M_B نمی توانست به سمت راست باشد چون فرض آن بود

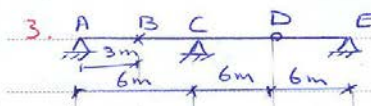
$$\frac{x}{L/2} + \frac{x}{L/2} = 1 \rightarrow x = \frac{1}{4}$$

با سیر می شود

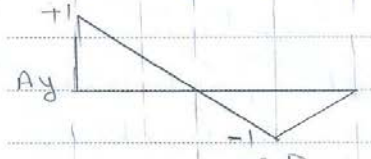
EX



$$\frac{x}{L/3} + \frac{x}{2L/3} = 1 \rightarrow \frac{3x}{L} + \frac{3x}{2L} - \frac{2x}{2L} = 1 \rightarrow x = \frac{2L}{9}$$



محاسبه A_y, C_y, E_y و S_C^+, S_C^- را می بیند



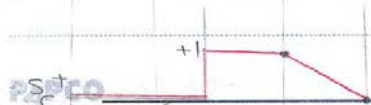
در فصل داخلی اجازه فرض داریم



1- نقطه D ایستادگی در نقطه D اجازه دارد بفرود
طبق آن به مقدار آن عضو خواهد شد



در نقطه 4 در نقطه داخلی می خورد



از سمت راست برش خورده پس نسبت چپ به راست است و $Q = 0$



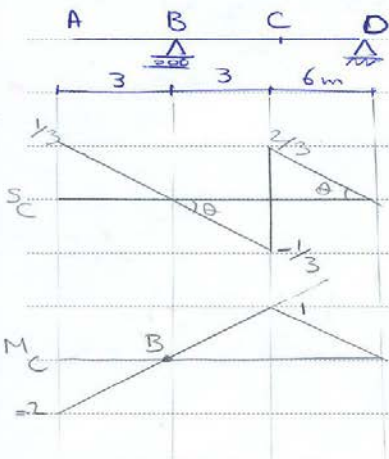
می تواند حرکت کند
محاسبه حرکت بر نقطه B اعمال می شود باید به آن سیر شود

فصل هفتم

کاربرد خطوط تأثیر

ex. برای سرنشان داده شده در شکل زیر مقادیر حداکثر و کمترین شیب و منفی و حداکثر برشی‌های مثبت و منفی نقطه C را تعیین کنید.

بارهای وارد بر این تیر عبارت اند از: بار متمرکز ریزه‌ی 90 kN، بار ممتد ریزه به سمت چپ 40 kN/m و بار ممتد کشنده به سمت راست 20 kN/m که روی کل تیر اعمال می‌شود.
 بار کشنده ریزه به سراسری نسبت و دارای طول دلخواه است.



Ex. برش و نیروی محوری در نقطه C

M_C^+ , M_C^- , S_C^+ , S_C^-

$$\frac{x}{3} = \frac{1-x}{6} \rightarrow x = \frac{1}{3}$$

$$A = +\frac{1}{3}$$

1. تعیین نقاط A و B

در نقطه C شیب مثبت راست این نقطه ایست و شیب چپ یک واحد باغیر یک جهتین مجبور است به یک جهت باشد.

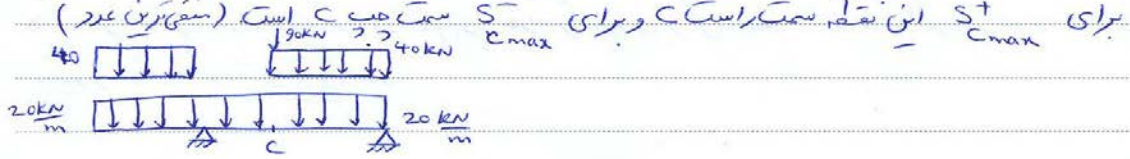
$$\frac{y}{6} + \frac{y}{3} = 1 \rightarrow \frac{3y}{6} = 1 \rightarrow y = 2 \rightarrow A = -2$$

2. برای ماکزیمم برش مثبت در نقطه C: (بارنداری متناظر با S_C^+ max)

نکته: برای بار کشنده ریزه چون طول و موقعیت دلخواه است برای S_C^+ آن را در قسمت‌های با خط تأثیر مثبت و برای S_C^- آن را در قسمت‌های با خط تأثیر منفی قرار می‌دهیم.

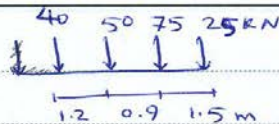
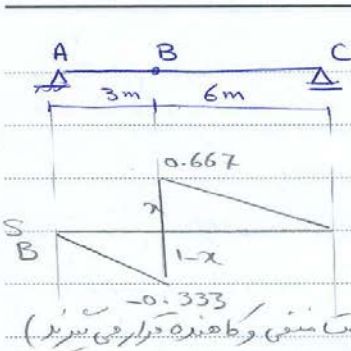
(بار کشنده ممتد به طره اجبار در کل تیر سراسری است)

نکته: برای آنکه بار متمرکز بیشترین اثر را ایجاد نماید باید در نقطه‌ای قرار بگیرد که خط تأثیر ماکزیمم است.



Subject:

Year. Month. Date. 10



$$S_{B \max} = ?$$

برای تعیین حالت بحرانی باید چند بارگذاری به شرح زیر انجام می‌دهیم
حالت اول: هر 4 بار در یک طرف خط آسیر مثبت.
برای ابعاد بیشترین اثر بار 40 kN باید سمت راست B قرار گیرد
(چون آسیر بار 75 (بیشترین) برابر B قرار دهیم بقیه بارها روی قسمت منفی و با هم در یک طرف قرار می‌گیرند)

$$40 : 0.667$$

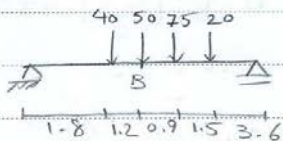
$$50 : 0.9 + 1.5 + 2.4 \times 0.667 = 0.53$$

$$75 : 1.5 + 2.4 \times 0.667 = 0.43$$

$$25 : 2.4 \times 0.667 = 0.27$$

$$S_{B(1)} = 40 \times 0.667 + 50(0.53) + 75(0.43) + 25(0.27) = 92.5$$

حالت دوم: چون چهار 50 از 40 (حالت اول) بیشتر است این حالت را بررسی می‌کنیم در غیر این صورت با 50 kN روی B باشد (سمت راست B)



$$40 : 1.8 \times (-0.333) = -0.2$$

$$50 : 0.667$$

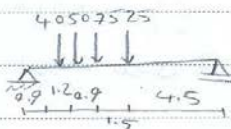
$$75 : 5.6 \times (0.667) = 0.57$$

$$25 : 3.6 \times (0.667) = 0.4$$

$$S_{B2} = 40 \times (-0.2) + 50 \times 0.667 + (75 \times 0.57) + (25 \times 0.4) = 77.83$$

بین حالت 1 و 2 حالت 1 بزرگتر است.

حالت سوم: بار 75 سمت راست B قرار می‌گیرد.



$$40 : 0.9 \times (-0.333) = -0.1$$

$$50 : 2.1 \times (-0.333) = -0.23$$

$$75 : 0.667$$

$$25 : 4.5 \times 0.667 = 0.5$$

$$S_{B3} = 40 \times (-0.1) + 50 \times (-0.23) + 75 \times (0.667) + 25 \times 0.5 = 46.83$$

Subject:

Year. Month. Date. ()

حالت ۳: بار ۲۵ kN است B قرار دارد این حالت در این نسبت چون بار ۲۵ نسبت ۳ بار دیگر کوچکتر است و اثر نیروی نسبت به بارگذاری های قبلی اعاد می کند.

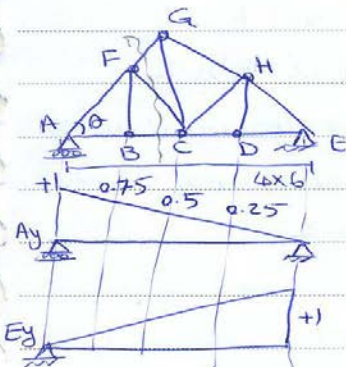
حالت ۴: در این حالت بار ۴۰ kN بیرون برقرار می شود و در نتیجه اثر آن بار بر تیر و ستون نسبت به حالت ۳ تغییر می کند. در این حالت بار ۲۵ kN به سمت چپ B قرار دارد در این حالت تمام بارها در محدوده خط آتش مرکزی قرار می گیرند چون در این محدوده مقدار منفی کوچکتر از مقدار مثبت هستند این حالت در این می شود.

در این مثال حالت یک در این است

خط آتش در ضرایبها:

6-9 ex

در ضرایب شکل زیر خط آتش نیروی اعضای AF، CF، و CG را بر رسم کنید. بار واحد بر روی پال یا این ضرایب حرکت می کند.



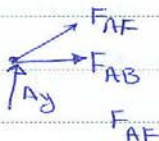
$$\sum F_y = 0; A_y + 1 + F_{AF} \sin 37^\circ = 0$$

$$F_{AF} = \frac{1 - A_y}{\sin 37^\circ} = 1.67(1 - A_y)$$

$$1) A_y = 1, F_{AF} = 0$$

ویدیو بار واحد روی A

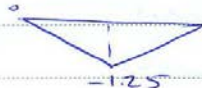
حالت دوم: نیروی واحد روی A نسبت



$$\sum F_y = 0; A_y + F_{AF} \sin 37^\circ = 0 \rightarrow F_{AF} = \frac{-A_y}{0.6} = -1.67 A_y$$

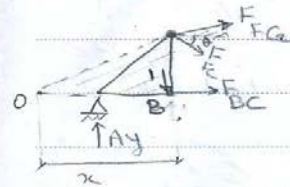
بار واحد بر روی B

$$A_y = 0.75; F_{AF} = -1.25$$



$$\rightarrow F_{AF} = -1.25$$

عضو CF:



$$\sum M_A = 0: 1.5 = \frac{4.5}{x} \Rightarrow x = 18$$

حالت ۱: بار وارد روی نقاط B و A

$$F_{FC} = 0$$

بار وارد روی A باشد در این صورت بار وارد روی B

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4.5}{6}\right) = 37^\circ$$

بار وارد روی B:

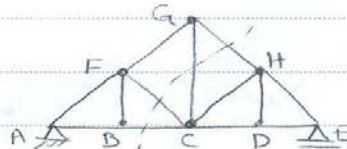
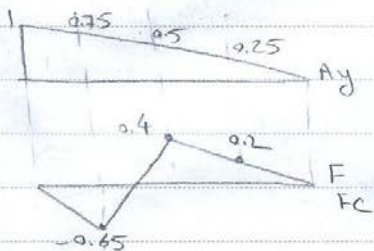
$$+\circlearrowleft \sum M_D = 0: \Rightarrow Ay \times 12 - 1 \times 18 - (F \cos 37) \times 4.5 - (F \sin 37) \times 18 = 0$$

$$\Rightarrow F_{FC} = 0.8 Ay \quad 1.25$$

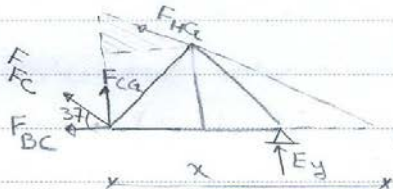
$$+\circlearrowleft \sum M_D = 0: \Rightarrow Ay \times 12 - F_{FC} \cos 37 \times 4.5 - F_{FC} \sin 37 \times 18 = 0$$

حالت دوم: بار وارد روی E و D

$$\Rightarrow F_{FC} = 0.8 Ay$$



برای عضو CG:



$$\frac{1.5}{6} = \frac{6}{x} \Rightarrow x = 24$$

$$+\circlearrowleft \sum M_Q = 0: -F_{FC} \times 24 - F_{FC} \sin 37 \times 24 - E_y \times 12 = 0$$

حالت ۱: بار وارد روی B و A

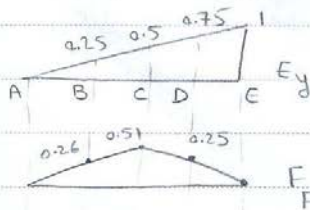
$$\Rightarrow F_{CG} = \frac{-14.4 F_{FC} - 12 E_y}{24} = -0.6 F_{FC} - 0.5 E_y$$

حالت ۲: بار وارد روی D و E

$$+\circlearrowleft \sum M_Q = 0: -F_{CG} \times 24 - F_{FC} \sin 37 \times 24 - 12 E_y + 1 \times (36 - x) = 0$$

$$\Rightarrow F_{CG} = -0.6 F_{FC} - 0.5 E_y + \left(15 - \frac{x}{24}\right)$$

حالت ۳: بار وارد روی A و x



$$A = 0$$

$$B: (-0.6 \times 0.65) - 0.5 \times 0.25 = 0.26$$

$$C: (-0.6 \times 0.4) - 0.5 \times 0.5 + \left(1.5 - \frac{12}{24}\right) = 0.51$$

$$D: (-0.6 \times 0.2) - 0.5 \times 0.75 + \left(1.5 - \frac{18}{24}\right) = 0.25$$

$$E = 0$$

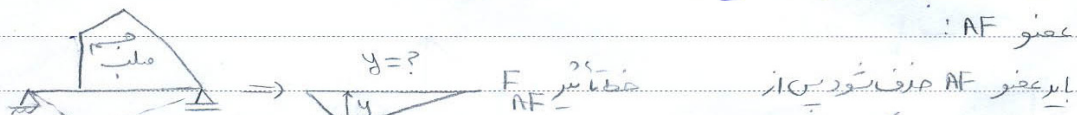
روش رسم تابلو خط تأثیر برای خراباهای منین (خراباهای منین)

در این حالت ابتدا عضو مورد نظر را حذف می‌کنیم و سپس قرار بار به گونه‌ای تغییر شکل می‌دهیم که دو انتهای عضو مورد نظر به اندازه‌ی یک واحد به یکدیگر نزدیک شوند. اگر بار واحد بر روی تال باشد خرابا حرکت کند چابایی‌های ایجاد شده بر روی تال باشد. تال با این وضعیت در خرابا خط تأثیر است و اگر روی تال باشد حرکت کند چابایی‌های ایجاد شده روی تال باشد. تال با این وضعیت در خرابا خط تأثیر است.

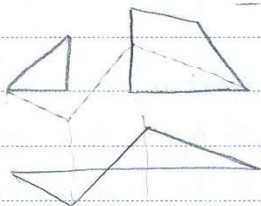
خطوط تأثیر برای خراباهای منین شامل دوایم خط‌شسته است.

E. حل مثال میل به روش تابلو خط

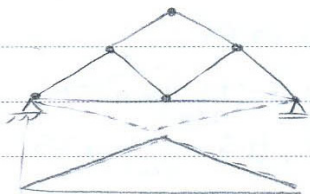
عضو AF:



این عضو AF حذف شود پس از حذف AF دارای یک جسم مثلث BCDE هستیم. با یک بار واحد در A و یک واکنش در F. چون به یک سطح وصل است می‌تواند چابا شود پس باید تیر A-F نزدیک شود. برای این منظور یک مثلث باید یک دوران بدارد تا عضو در آنجا باشد. چون یک جسم است مثلث است قسمت BE پس از دوران هنوز هم به صورت یک خط باقی می‌ماند. برای تابلو یابی بار واحد را روی B قرار می‌دهیم و نیروی F_{AF} را به ازای این بار تابلو می‌کشیم. عضو FC پس از حذف عضو FC دارای دو عضو ABF و CDEHG خواهد بود.



عضو CE: پس از حذف عضو CE دو جسم مثلث ACF و CEH خواهیم داشت. برای تابلو کشی C باید نقطه C به سمت بالا حرکت کند.



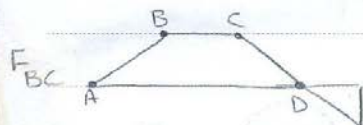
EX. در ضرایب شکل زیر خط تأثیر نیروی اعضای BC، CG، GH و DE را به صورت تناسب ترسیم کنید.



$$A = \tan^{-1} \left(\frac{4.5}{3} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum F_y = 0 \\ \sum F_x = 0 \end{array} \right. \Rightarrow F_{DE} = y$$

عضو BC: BC: ضریف می شود دو ضمیمه ABGF و CGIE

C بار به B نزدیک می شود و G بار به سمت راست می رود



عضو CG: CG: ضریف می شود دو ضمیمه ABFG و CELH

C به G نزدیک می شود و G به سمت چپ و پایین حرکت می کند و سمت راست به سمت چپ می رود



GH: GH: ضریف می شود دو ضمیمه ACGF و CEIH

G به H نزدیک می شود و C بار به سمت راست و پایین حرکت می کند



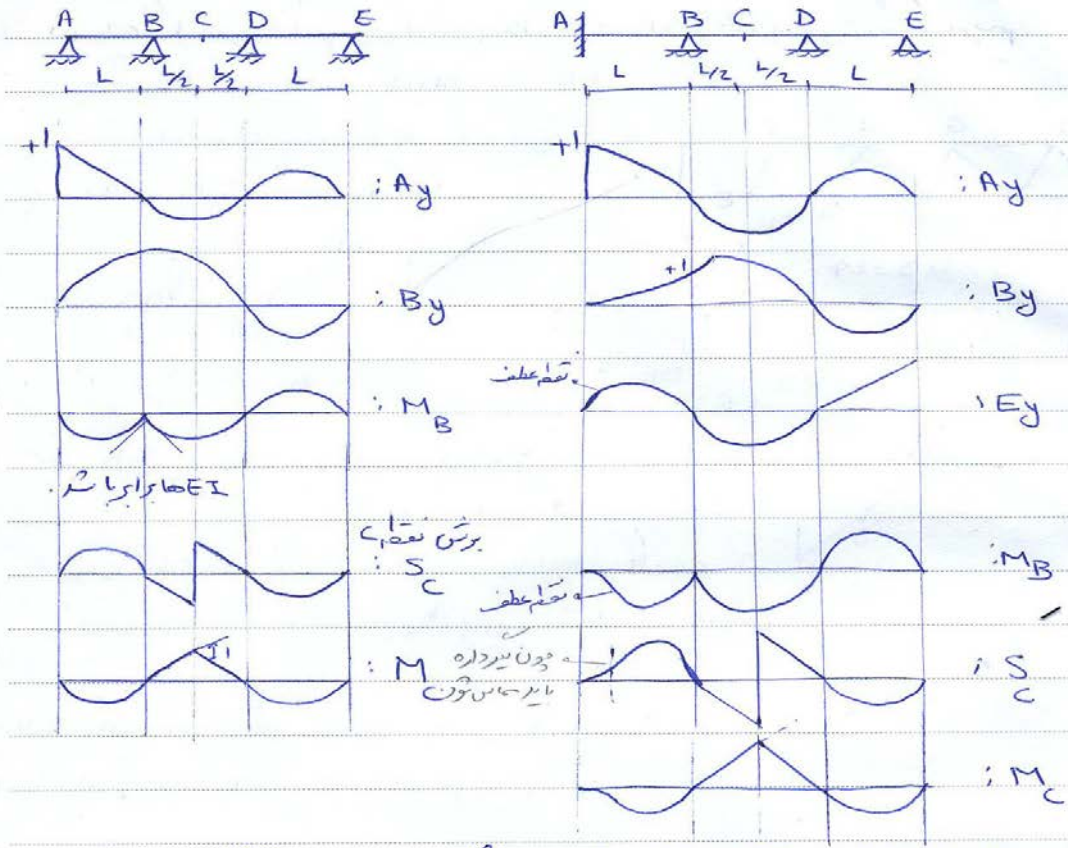
خط تأثیر بارهای نامعین:

بارهای نامعین خط تأثیر ترکیبی از ضریف اعضای نامعین است. ابعاد بارهای نامعین این نمودارها معمولاً به صورت متغیری می باشند در اینجا قطعه ترسیم این نمودارها به صورت شکاف یک خط می شود. روشن ترسیم نمودارها مشابه حالت معین است. معنی تناسب با خط تأثیر خواهد بود.

یک طایفه ای با دوران در نقطه مورد نظر ایجاد می کنیم در شکل تغییر شکل یافته بارها را بر اساس آن ترسیم می کنیم. چون بارها نامعین است در قسمت هایی از بارها مجبوریم در بارها تغییر شکل هایی ایجاد می کنیم که باعث می شود نمودار خط تأثیر حالت متغیری به خود می شود.

Subject:

Year. Month. Date. ()



EX: در دو مثال قبل اگر به تیر بار ستوده یک نواخت اعمال شود موقعیت این بارهای ستوده در چه نسبت هایی از تیر باشد که مقدار واکنش های max به دست آید.

بار ستوده را در قسمت هایی از تیر قرار دهیم که خطای آن نسبت است اعمال می کنیم

فصل دهم: روش توزیع شلر

میز
 قرار داد علامت مثبت $(i \rightarrow j)$ معکوس مثبت
 میز

روش توزیع شلر روشی برای بار روش شیب-انفت است که برای آن شش های سطحی بر تیر ها و قاب های نامعین محاسب می شود.

8- سفتی یک عضو

سفتی یک عضو عبارت است از نسبی که باید در یک انتهای عضو اعمال گردد تا در آن واحد در انتهای آن ایجاد شود.



بر اساس روش سفتی: $M_{AB} = \frac{2EI}{L} (2\theta_A + \theta_B - 3\psi) \Rightarrow M_{AB} = \frac{4EI}{L} = k$



بر اساس روش سفتی اصلاح شده: $M_{AB} = \frac{2EI}{L} \theta_A = \frac{3EI}{L} \psi + FEM_{AB} - 0.5 FEM_{BA} \Rightarrow M_{AB} = \frac{2EI}{L} = k$

در روش توزیع نیرو با توجه به آن که نسبت سفتی‌ها دارای اهمیت است به جهت سادگی نسبت سفتی‌های فوق به شکل زیر اصلاح می‌شود.

نسبت سفتی در برابر $\frac{EI}{L}$

$K = \begin{cases} \frac{EI}{L} & \text{نسبت سفتی در برابر} \\ 0.75 \frac{EI}{L} & \text{نسبت سفتی در برابر} \end{cases}$

نسب‌های انتقال یافته (com) و ضرایب انتقال نیرو (coF)

نسبی که در انتهای دیگر عضو در اثر اعمال نیرو در ابتدای عضو اعمال می‌شود. نسبت نسبی‌ها به نسبت نیرو ابتدا ضریب انتقال نیرو نام دارد.



$M_{BA} = \frac{2EI}{L} (2\theta_B + \theta_A - 3\psi) + FEM_{BA} \rightarrow M_{BA} = 0.5 M_{AB}$

نسبت سفتی در برابر $\frac{EI}{L}$

نسبت سفتی در برابر $\frac{EI}{L}$

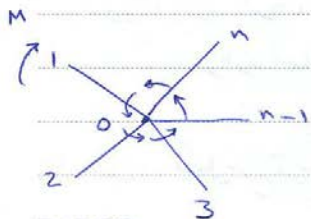
CoF $\begin{cases} 0.5 \\ 0 \end{cases}$

ضرایب توزیع نیرو (DF)

ن عضو متصل به تیر

به تیر نیروی خارجی به میزان M وارد می‌شود.

این نیرو بین اعضا تقسیم می‌شود به گونه‌ای که $\sum M_0 = 0$



نحوه تقسیم به نسبت صفی (K) اعضا به فرد

$$M_J = \frac{K_J}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad M = (DF) K \Rightarrow DF = \frac{K_J}{\sum_{i=1}^n k_i}$$

نسیر سرداری (FEM): عام روش سبب اعتبار می شود.

نشر و نشر در ایران
مقدمه : نشر و نشر در ایران ناشی از سنت قبیله‌ای یا دوران پهلوی نیز باید مدواطه
محاسبه شود.

$$\uparrow FEM_S = \frac{-6EI\Delta}{L^2}$$

۵۔ آخر دوران عصیان کی لڑائی ۵۔ ماہ عشر ربیع الثانی ۵۔ باغیوں کی

مسبب وارد می شود و در غیر این صورت با علامت منفی

برای این منظور، طریق زیر عمل می‌کنیم:

۱- نشرهای نیروی (FEM) را در انتهای طلم اعضا می‌نم

2- سطحی نسبتیں مادی اعداد یعنی μ کی قسم میں برائے μ ان غریب توزیع نیز (DF) ہر عضو

رابطه های مختلف باره خامه می نیم

3- مزایای انتقال نشر (COF)، آنتن ندره و مشخص می‌شود که نشرهای هر ندره متقابل به هم

عاصی امیر متعل سور

DF ۱
۲ ۵

نکته: ضریب توزیع نسبی (DF) در انتهای محصلی اعقاب برابر یک و در انتهای سر در برابر ضریب توزیع نسبی سر

* در مواردی که در بازه مورد نظر اعضایی سر فصل وجود داشته باشد برای تمام ضریب

نوروز نیز این معنا می‌تواند از منبسطی گاهش یافته استفاده گردد. در صورت استفاده از منبسطی

کاشک هس یا نه ابیر عزیز انتقال نسیم انهای مصطفی / اصغر دیر نظر ترفیت

$$0.75 \frac{EI}{L}, \frac{3EI}{L}$$

در صورت وجود طره، طره را حذف کرده و بارهای وارده بر آن را به صورت یک نیروی متمرکز در انتهای ستون دار طره اعمال می کنند.

4. جدولی به شکل زیر رسم کرده و کلیه مقادیر مربوط به CEF، DF و FEM را در مکان‌های

مناسب هیچ می کنیم



۵. نیروهای انتقال یافته شده در هر هاسی را به درجه آزادی دورانی دارند طبق روش زیر معادل می کنیم.
در هر درجه نیروهای معادل را بدست آورده و با توجه به ضرایب توزیع نیرو آن را بین اعضای ولر شده بر
گره را (به صورت گسترده) توزیع می کنیم.
نیرو نامعادل موجود در گره i

$$M_{ij} = \left(\frac{k_{ij}}{\sum k_{ij}} \right) \times M$$

M : نیرو نامعادل موجود در گره i

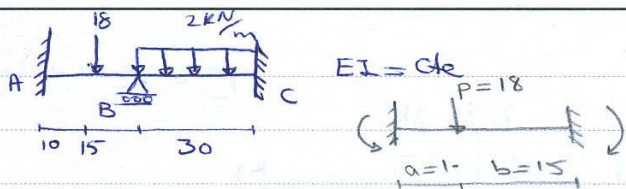
M_{ij} :

ب - نیروهای حاصل از بخش نیروهای نامعادل را در ضرایب انتقال نیرو (COF) ضرب کرده و حاصل ضرب
را با انتهای دیگر اعضا انتقال می دهیم.

ج - مراحل الف و ب را تکرار می کنیم تا زمانی که معادل درجه های سازه برقرار شود. یا ب عبارت دیگر
نیرو نامعادل موجود در درجه ها بسیار کوچک شده و قابل صرف نظر است.

۶. نیروی انتهای اعضا از جمع صری نیروهای تکراری، نیروهای انتقال یافته و نیروهای توزیع شده ماسی
مردم های بیشین بدست می آید. اگر توزیع نیرو به صورت صعب انجام گرفته باشد.
نیروهای محشی انتهای اعضا معادلات معادل را ارضا خواهند کرد.

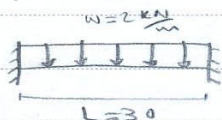
EX. نیرو دو دهانه نشان داده شده در شکل زیر را با استفاده از توزیع نیرو تطبیق کرده، نیروهای محشی
انتهای اعضا را بدست آورید.



حساب ششهای سردار

$$FEM_{AB} = \frac{-Pab^2}{L^2} = \frac{-18 \times 10 \times 15^2}{25^2} = -64.8 \quad : AB$$

$$FEM_{BA} = \frac{Pa^2b}{L^2} = \frac{18 \times 15^2 \times 10}{25^2} = 43.2 \quad : BA$$



$$FEM_{BC} = -FEM_{CB} = \frac{-wL^2}{12} = \frac{-2 \times 30^2}{12} = -150 \quad : BC$$

تقسیم ششهای شیبی اعضا و ضرایب توزیع شش:

$$k_{AB} = \frac{I}{25}, \quad k_{BC} = \frac{I}{30}$$

نکته: اثری از زوایای عضو مفصلی بود (شش صفر بود) ششهای بال در ضریب 0.75 ضرب می شوند.

$$DF_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum k_{ij}}$$

ضرایب توزیع شش (DF)

نکته: ضریب DF برای هر عضو دوبار محاسب می شود. (برای هر انتهای بار)

$$DF_{AB} = 0$$

(انتهای سردار)

$$DF_{BA} = \frac{k_{BA}}{k_{BA} + k_{BC}} = \frac{\frac{I}{25}}{\frac{I}{25} + \frac{I}{30}} = 0.545$$

$$DF_{CB} = 0$$

$$DF_{BC} = \frac{k_{BC}}{k_{BA} + k_{BC}} = \frac{\frac{I}{30}}{\frac{I}{25} + \frac{I}{30}} = 0.455$$

نکته: در هر تیر مجموع مقادیر DF برابر یک می شود.

$$CoF = 0.5 \rightarrow$$

انتهای عضو سردار

1 ضرایب انتقال شش (CoF)

نکته: اثر عضوی با انتهای مفصلی (شش صفر) وجود داشت. ضریب انتقال شش برای آن عضو صفر می شود.

ترسیم جدول:

	AB	BA	BC	CB
DF	0	0.545	0.455	0
FEM	-64.8	43.2	-150	150
DM	0	58.2	48.6	0
CoM	29.1			24.3
DM	0	0	0	0
	-35.7	101.4	-101.4	174.3
	M _{AB}	M _{BA}	M _{BC}	M _{CB}

DM: شش‌مقدار گزیده در هر تیر
 در تیرها عمل به یک‌پارچه‌سازی کرد

$$DM = -(43.2 - 150) = 106.8$$

برای مقدار کردن تیر B شش‌مقدار باید به این تیر اضافه شود.

این شش‌مقدار نسبت DF بین دو عضو BA و BC تقسیم می‌شود

$$BA \rightarrow 106.8 \times 0.545 = 58.2$$

$$BC \rightarrow 106.8 \times 0.455 = 48.6$$

CoM: شش‌مقدار گزیده در ضرایب CoF مربوط به انتهای دیگر عضو و در میانه

آگر ضرایب CoF عضو باشد عمل انتقال انجام نمی‌پذیرد.

بین از انتقال شش‌مقدار ممکن است مقدار تیرها در هر تیر برابر نباشد در این صورت دوباره در هر تیر شش‌مقدار گزیده را یک‌پارچه می‌کنیم. این فرآیند را به صورت سه مرحله خطا تا جایی ادامه می‌دهیم که مقدار تیر تقریباً برابر شود.

- در اینجا مقدار تیرها برابر قرار است و جاری به اضافه کردن شش‌مقدار گزیده نیست.

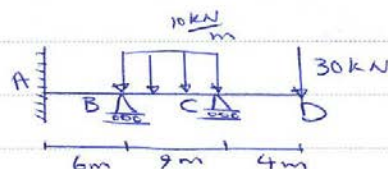
- اعداد هر ستون را با هم جمع کرده و به عنوان شش‌مقدار در هر ستون وارد است می‌کنیم.

نکته: برای امتحان جواب‌ها می‌توان از مقدار مقدار شش‌مقدار در هر تیر یک طرف مثلاً در تیر B

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow 101.4 - 101.4 = 0$$

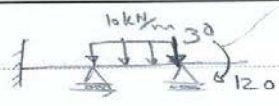
خواهیم داشت.

EX. مثال 3-10 (اطمینانی)



$$EI = \text{ثابت}$$

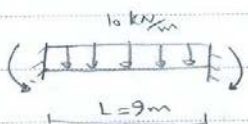
شماره 120 - وارد بزرگ (طبق سبب آفت)



سبب طرح CD را حذف و بار اضافی آن به همراه شری که ای می شود
به ابرای طرح منتقل می کنیم
حساب شریهای تیر طری:



$$FEM_{AB} = FEM_{BA} = 0$$



$$FEM_{BC} = -FEM_{CB} = \frac{-10 \times 9^2}{12} = -67.5 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

در حساب شریهای سرداری بارهای اعمالی در محل بند ها و کادر شری سرداری می شود و می توان آن را حذف کرد.

بدل اضافی محصلی است

حساب سببهای نسبی و ضرایب DF:

$$k_{AB} = \frac{I}{6}, \quad k_{BC} = \frac{I}{9} \times 0.75 = \frac{I}{12}$$

$$DF_{AB} = 0, \quad DF_{BA} = \frac{k_{BC}}{k_{AB} + k_{BC}} = \frac{\frac{I}{12}}{\frac{I}{6} + \frac{I}{12}} = \frac{2}{3}$$

$$DF_{BC} = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3}, \quad DF_{CB} = 1$$

ضرایب انتقال شری: $(CoF)_{AB} = 0.5$

در هر عضو دو ضریب انتقال شری داریم یک ضریب برای انتقال شری از ابرای به انتهای و دیگری برعکس آن
در عضو BC چون انتهای C محصلی است، ضریب انتقال شری برای انتقال از B به C صفر است
ولی برای انتقال از C به B چون انتهای B تیردار است برابر 0.5 می باشد.

BC: $CoF = 0.5$ از C به B و $CoF = 0$ از B به C

	AB	BA	BC	CB	CD
DF	0	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	
FEM	0	0	-67.5	67.5	-120
		45	22.5	52.5	0
CoM	22.5		26.3		
DM	0	-17.5	-8.8	0	0
	-8.8				
شریهای	13.7	27.5	27.5	126	-120

* در جدول عضو طرح را نیز در نظر می گیریم

شری 120 در انتهای از عضو بزرگ وارد می شود
در انتهای جهت بار به سمت چپ منتقل می شود
منفی است (و به حالت مثبت آفت)

$$DM)_B = -(0 - 67.5) = 67.5$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{BA: } DM = 67.5 \times \frac{2}{3} = 45 \\ \text{BC: } DM = 67.5 \times \frac{1}{3} = 22.5 \end{array} \right\} \text{نره B}$$

$$\left. \begin{array}{l} (DM)_C = -(67.5 - 120) = -52.5 \\ \text{CB: } DM = 52.5 \times 1 = 52.5 \\ \text{CD: } DM = 0 \end{array} \right\} \text{نره C}$$

مرطه بد به اتصال شتر (در عضو BC اتصال شتر مفصل است ولی از C به B اتصال داریم)

مرطه بد به معادل کردن دوباره نره ها

نره های A و C نیاز به شتر معادل نشده در مرتبه دوم ندارند اما نره B این نره در مرتبه

$$BA = -26.3 \times \frac{2}{3} = -17.5 \quad 26.3 \text{ نامعادل است}$$

$$BC = -26.3 \times \frac{1}{3} = -8.8$$

مرطه بد به اتصال شتر به اعضای دیگر

شتر دوباره تبادل نره ها: در اینجا در هر دو دارای معادل می باشد و نره های B به دوباره نره های

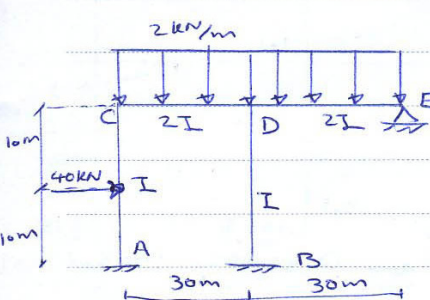
معادل شده نیست

مرطه آخر به ما به شترهایی

$$B: 27.5 - 27.5 = 0$$

$$C: 120 - 120.5 = 0$$

شتر معادل نره ها:



$$E = 200 \text{ GPa}, I = 3 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

EX

نره های شتر داری: AC

$$FEM_{AC} = -FEM_{CA} = -\frac{40 \times 20}{8} = -100 \text{ kN-m}$$



CD و DE

$$FEM_{CD} = -FEM_{DC} = -\frac{2 \times 30^2}{12} = -150$$

$$FEM_{DE} = FEM_{ED} = -150$$

$$FEM_{BD} = FEM_{DB} = 0$$

نره های شتر داری: DF

$$k_{BD} = k_{AC} = \frac{I}{20}, \quad k_{CD} = \frac{2I}{30} = \frac{I}{15}, \quad k_{DE} = 0.75 \times \frac{2I}{30} = \frac{I}{20}$$

$$DF_{AC} = \frac{\frac{I}{20}}{\frac{I}{20} + \frac{I}{15}} = 0.429$$

$$DF_{CD} = \frac{\frac{I}{15}}{\frac{I}{15} + \frac{I}{20}} = 0.571$$

$$DF_{AC} = 0$$

$$DF_{DC} = \frac{\frac{1}{15}}{\frac{1}{15} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20}} = 0.4$$

$$DF_{DB} = \frac{\frac{1}{20}}{\frac{1}{15} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20}} = 0.4$$

$$DF_{DE} = \frac{\frac{1}{20}}{\frac{1}{15} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20}} = 0.3$$

$$DF_{BD} = 0$$

$$DF_{ED} = 1$$

(COM) ضرایب انتقال نیرو

برای انتقال نیرو از D به E و بالعکس: 0.5

AC	AC	CA	CD	DC	DB	DE	ED	BD
DF	0	0.429	0.571	0.4	0.3	0.3	1	0

FEM -100 +100 -150 150 0 -150 +150 0

DM 0 21.4 28.6 0 0 0 -150 0

10.7 0 0 14.3 -75 0 0

DM 0 0 0 24.3 18.2 18.2 0 0

12.2 9.1

DM -5.2 -7

-2.6 -3.5

DM 1.4 1.1 1.1 0.6

DM -0.3 -0.4 0.7 0.5

-0.2 -0.2 0.1 0.1

50 x 0.571 = 28.3 115.9 -115.9 186.4 19.4 0.1 -205.6 0 9.7

50 x 0.429 = 21.4 60.7 x 0.3 = 18.2 = 60.7

DM → COM: DM = -12.2 12.2 x 0.429 = -5.2

-12.2 x 0.571 = -7

DM → DM = (-3.5) / 3.5 3.5 x 0.4 = 1.4 3.5 x 0.3 = 1.1

COM: DM = 0.7 -0.7 x 0.429 = -0.3

-0.7 x 0.571 = -0.4

نتیجه: 186.4 + 19.4 - 205.6 = 0.2 = 0

0.2 = 0

اوشن توزیع برای تحلیل ماب‌های ادرت‌هایی

روشن‌توریست‌ها برای غلبه بر این آفتاب‌های با درجه آزادی انتقادی مستقیماً مقابل استفاده نوره و در چنین فایده‌هایی
باید از اصل برهم‌نی در کنار روشن‌نشین استفاده کرد. بدین ترتیب که ابتدا با قرار دادن یک ماه‌های
عکس در نقاط تهرانی مناسب، کلیه درجات آزادی انتقادی تازه را حذف کرده پسین تازه مقید شده‌ی
حاصل را با روشن‌توریست‌ها قتل می‌کنیم.



این ترتیب طبق واکنش های طبقه های غشایی منور برست می آید.
در ادامه در هر مرحله یکی از طبقه های غشایی اضافه شده از حذف کرده و بقیه را باقی می گذاریم در محل
درج آزادی حاصل از حذف طبقه غشایی یک قسم مکان درخواه به سازه حاصل ابعاد کرده و یک
اثر قسم مکان منور قابل مورد بحث را تحلیل می کنیم. بدین ترتیب بقیه واکنش های طبقه های مربوط
به طبقه های حذف شده برست می آید.

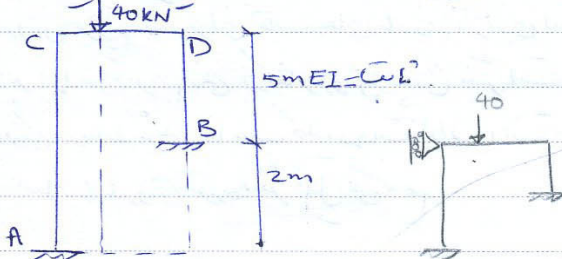


حال باید نتایج حاصل از قات اول و قات های بعدی که از حرف یک یک یک گاه هاست آورده
به روش درهم تنی با هم ترکیب کنیم. در این ترکیب نتایج حاصل از قات اول را با ضرب یک و مابقی
قات چهار را با ضرب مجهول $\times 1000000$ و $\times 100000$ و $\times 10000$ و $\times 1000$ (درم آزادی) ترکیب می کنیم.
برای جاسازی این ضرب مجهول با خود به آن یک گاه های عشق افزای شده به صورت قاری می باشد
باید دانش نهانی این یک گاه ها را بر ضرب درست آید که این ترکیب یک دستگاه n مقدار n
مجهول می رسم که از حل آن ضرب مجهول درست می آید.

$$\left. \begin{aligned} R_{10} + x_1(R_{11}) + x_2(R_{12}) &= 0 \\ R_{20} + x_1(R_{21}) - x_2(R_{22}) &= 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{در مقدار دو مجهول } x_1 \text{ و } x_2 \text{ برست می آید}$$

EX. 25-10. مطابق: قاب نشان داده شده در شکل زیر را با استفاده از روش توزیع مومنت حل کرده و

شیرهای خمشی انتهای اعضا را بدست آورید.
سازه دارای $n=1$ درج آزادی انتهای



حل قاب معین شده بر روش توزیع مومنت

قابهای شیرهای: AC و BD

$$FEM_{AC} = FEM_{CA} = 0$$

$$FEM_{BD} = FEM_{DB} = 0$$

CD:

$$FEM_{CD} = -\frac{40 \times 3 \times 4^2}{7^2} = -39.2$$

$$FEM_{DC} = \frac{40 \times 3 \times 4^2}{7^2} = 29.4$$

مطابقی سطحی های نسبی و موزان DF

$$K_{AC} = \frac{I}{7}, K_{CD} = \frac{I}{7}, K_{BD} = \frac{I}{5}$$

$$DF_{AC} = DF_{BD} = 0$$

$$DF_{CA} = \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{7}} = 0.5$$

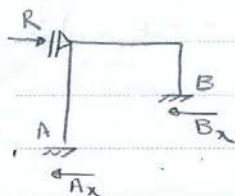
$$DF_{CD} = \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{7} + \frac{1}{7}} = 0.5$$

$$DF_{DC} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \frac{1}{5}} = 0.417$$

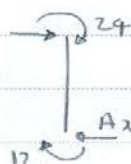
$$DF_{DB} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \frac{1}{5}} = 0.583$$

موزان انتقال شیر: 0.5

	AC	CA	CD	DC	DB	BD	
DF	0	0.5	0.5	0.417	0.583	0	
FEM	0	0	-39.2	29.4	0	0	$DM = -(-39.2) = 39.2$
DM	0	19.6	19.6	-12.3	-17.1	0	$39.2 \times 0.5 = 19.6$
	9.8		-6.2	9.8		-8.6	$D: DM = -29.4$
DM	0	3.1	3.1	-4.1	-5.7	0	$-29.4 \times 0.417 = -12.3$
	1.6		-2.1	1.6		-2.9	$-29.4 \times 0.583 = -17.1$
	0	1.1	1.1	-0.7	-0.9	0	$-9.8 \times 0.417 = -4.1$
	0.6		0.4	0.6			$-9.8 \times 0.583 = -5.7$
DM	0	0.2	0.2	-0.3	-0.3	0	$-1.6 \times 0.417 = -0.7$
	0.1		-0.2	0.1		-0.2	$-1.6 \times 0.583 = -0.9$
FEM	12	24	-23.9	24	-24	-12	



$$\sum F_x = 0 \rightarrow R = A_x + B_x$$



$$\sum M = 0 : -12 - 24 - A_x \times 7 = 0$$

$$\rightarrow A_x = -5.14$$

$$A_x = 5.14 \rightarrow$$

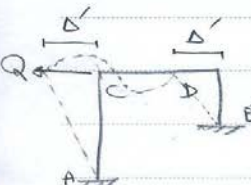
برای برآورد برش و گشتاور در مقطع BD

$$\sum M_D = 0 : -12 + 24 - B_x \times 15 = 0$$

$$B_x = 7.2, B_x = 7.2$$

$$R = A_x + B_x = -5.14 + 7.2 = 2.06$$

مرحله دوم: حذف تمام بارها و اعمال تغییر مکان دلخواه در تمام بارها و حذف بارها
حال تمام بارها غلبه می‌کند و در تمام تغییر مکانی دلخواه در تمام بارها و حذف بارها
این تغییر مکانی برای ایجاد این تغییر شکل باید در آن نقطه هم راستا با آن تغییر شکل یک نیروی
مجموعه تمام بارها اعمال کنیم. (در هر بار 40 KN حذف خواهیم کرد)



$$FEM_{AC} = FEM_{CA} = \frac{6EI\Delta}{L^2}$$

$$\frac{6EI\Delta}{7^2} = \frac{6EI\Delta}{49}$$

چون چرخش عضو در راستای نیرو برداری دارای علامت مثبت می‌باشد

$$FEM_{BD} = FEM_{DB} = \frac{6EI\Delta}{5^2} = \frac{6EI\Delta}{25}$$

عضو BD

$$FEM_{CD} = FEM_{DC} = 0$$

عضو CD: نیروی در آن (فاصله حرکت جانبی)

$$EID = \frac{49 \times 25}{3} = \frac{1225}{3}$$

چرخش:

$$FEM_{AC} = FEM_{CA} = 50$$

برطابق این است

$$FEM_{BD} = FEM_{DB} = 98$$

قابری مشخصی‌های نسبی و ضرایب توزیع تغییر: ضرایب ثابت قبل است

میزان CoF مقایسه‌ای قبل است

	AC	CA	CD	DC	DB	ED
DF	0	0.5	0.5	0.417	0.583	0
FEM	50	50	0	0	98	98
DM	0	-25	-25	-40.9	-57.1	0
DM	-12.5	-20.5	-12.5	-28.6	0	0
DM	0	10.3	10.3	5.2	7.3	0
DM	5.2	2.6	5.2	3.7	0	0
DM	0	-1.3	-1.3	-2.2	-3	0
DM	-0.7	-1.1	-0.7	-1.5	0	0
DM	0	0.6	0.6	0.3	0.4	0
DM	0.3	0.15	0.3	0.2	0	0
DM	0	-0.1	-0.1	-0.2	0	0
سُر	42.3	34.5	34.3	45.4	45.4	71.8

بزرگترین سُر 98
کوچکترین 0.1
آبر سُر 1000
سُر را با سُر دیگر

CoF سُر DM : $DM = -50$ $-50 \times 0.5 = -25$

DoF : $DM = -98$ $-98 \times 0.417 = -40.9$
 $-98 \times 0.583 = -57.1$

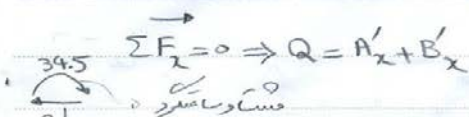
CoF سُر DM : $DM = -(-20.5) = 20.5$ $20.5 \times 0.5 = 10.3$

DoF : $-(-12.5) = 12.5$ $12.5 \times 0.417 = 5.2$
 $12.5 \times 0.583 = 7.3$

CoF : $-2.6 \times 0.5 = -1.3$ $DoF : -5.2 \times 0.417 = -2.2$
 $-5.2 \times 0.583 = -3$

CoF سُر : $-(-1.1) = 1.1$ $1.1 \times 0.5 = 0.6$

DoF : $-(-0.7) = 0.7$ $0.7 \times 0.417 = 0.3$
 $0.7 \times 0.583 = 0.4$



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow Q = A'_x + B'_x$$

مرحله بعد: با رسم Q:

دایگرام آزاد AC:

$$\sum M_C = 0: -42.3 - 34.5 + A'_x \times 7 = 0$$

$$\rightarrow A'_x = 10.97$$



دایگرام آزاد عضو BD:

$$\sum M_D = 0 \Rightarrow -71.8 - 45.4 + B'_x \times 5 = 0 \Rightarrow B'_x = 23.44$$

$$Q = A'_x + B'_x = 10.97 + 23.44 = 34.41$$

درای یک درجه آزادی انتظامی است. پس دو دایگرام آزاد داشت.

این دو درجه داشت. که با برآیند قلاب بندی در رسم دایگرام آن می پردازیم.

* مرحله بعدی: ترکیب نتایج حاصل از دو قلاب:

- قلاب اول را با فرض یک قلاب دوم را با فرض یک ترکیب می رسم. رابطه ریاضی بین نیروی خارجی در برهه C برابر می شود.

$$Q = 34.41, R = 2.06$$

$$R + x_1 \cdot Q = 0 \Rightarrow 2.06 + x_1(-34.41) = 0 \rightarrow x_1 = 0.0599$$

مطابقتی نیروهای انتظامی اعضا با ترکیب نتایج دو قلاب:

$$M_{AC} = 12 + 0.0599 \times 42.3 = 14.5$$

$$M_{CA} = 24 + 0.0599 \times 34.5 = 26.1$$

$$M_{CD} = -23.29 + 0.0599 \times (-34.3) = -26$$

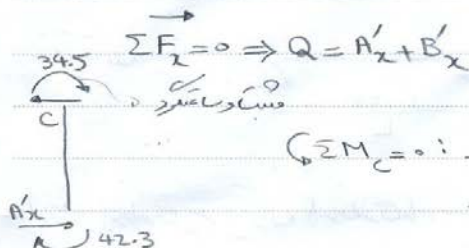
$$M_{DC} = 24 + 0.0599 \times (45.4) = 21.3$$

$$M_{DB} = -24 + 0.0599 \times (45.4) = -21.3$$

$$M_{BD} = -12 + 0.0599 \times (71.8) = -7.7$$

محصل یا زده هم: با زده های متوازن

استفاده از خاصیت تعادل در با زده ها باعث کاهش محاسبه می گردد. برای آنکه با زده درای تعادل باشد، علاوه بر شکل هندسی باید دیر مشخصات آن تقریباً منصف و متوازن (نیروی متقاطع نیز درای تعادل باشد).



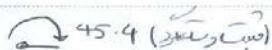
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow Q = A'_x + B'_x$$

مردود بحر: B نسبت به Q:

دایرام آزاد از AC:

$$\sum M_C = 0: -42.3 - 34.5 + A'_x \times 7 = 0$$

$$\rightarrow A'_x = 10.97$$



دایرام آزاد عضو BD:

$$\sum M_D = 0 \Rightarrow -71.8 - 45.4 + B'_x \times 5 = 0 \Rightarrow B'_x = 23.44$$

$$Q = A'_x + B'_x = 10.97 + 23.44 = 34.41$$

درای یک درجه آزادی استاتی است. پس دو دایرام آزاد داشت.

اگر دو درجه داشت، که به سبب قاب بندی در سیم دایرام آن می برداشتیم.

* حوصله بعدی: ترکیب نتایج حاصل از دو قاب:

- قاب اول را با ضریب یک و قاب دوم را با ضریب x_1 ترکیب می کنیم. x_1 را طوری میابیم که نیروی خارجی در تیر C برابر صفر شود.

$$Q = 34.41 \text{ و } R = 2.06$$

$$R + x_1 \cdot Q = 0 \Rightarrow 2.06 + x_1(-34.41) = 0 \rightarrow x_1 = 0.0599$$

محاسبه نیروهای انتظامی اعضا با ترکیب نتایج دو قاب:

$$M_{AC} = 12 + 0.0599 \times 42.3 = 14.5$$

$$M_{CA} = 24 + 0.0599 \times 34.5 = 26.1$$

$$M_{DB} = -23.29 + 0.0599 \times (-34.3) = -26$$

$$M_{DC} = 24 + 0.0599 \times (45.4) = 21.3$$

$$M_{BD} = -24 + 0.0599 \times (45.4) = -21.3$$

$$M_{BD} = -12 + 0.0599 \times (71.8) = -7.7$$

معدل باردهم: بارهای متوازن

استفاده از خاصیت تعادل در بارها باعث کاهش محاسبه می گردد. برای آنکه بارها درای تعادل باشد، علاوه بر شکل هندسی باید در سایر مشخصات آن تغییرات مصالح و مکان انحرافی مقاطع نیز درای تعادل باشد.

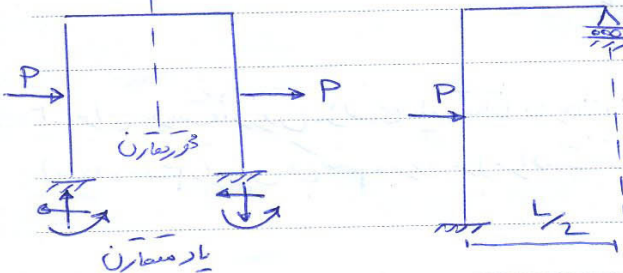
عضوی که روی محور تبارن است قابل نصف کردن نیست به همین جهت مشخصات آن (A و I) را نصف می‌کنیم. در صورت اعمال بار مقدار بار نیز در محل تبارن نصف می‌شود. در محل‌های تقاطع باره با محور تبارن یک شمشیرگاه غلتی قرار می‌دهیم. به نوبه‌ای شمشیرگاه به موازات محور تبارن بتواند حرکت کند. حال به جای باره اصلی، باره جدید را تحلیل می‌کنیم و نتایج آن را به نیم شمشیرگاه تعمیم می‌دهیم.

نکته: واکنش‌های عضوی که روی محور تبارن قرار دارد، دو برابر مقادیری است که برای باره‌ی نصف شده درست می‌آید.

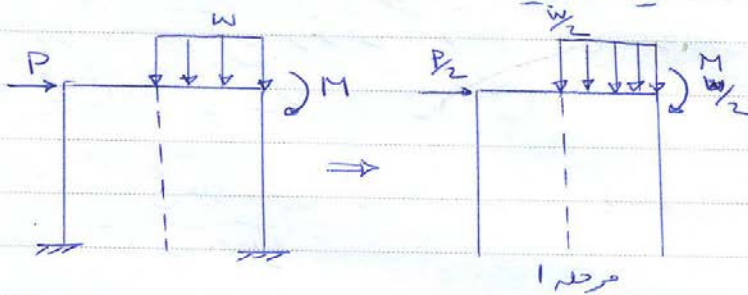
فرآیندهای باره ۱ با بریدنی بلا تبارن

در این باره‌ها تقاطعی که روی محور تبارن قرار می‌گیرند دارای دوران می‌باشند و همچنین محدود بر محور تبارن دارای آزادی حرکت هستند اما موازی محور تبارن نمی‌توانند حرکت کنند و جایگاه آن‌ها صفر است. در این حالت مقادیر تغییر مکان قائم، تغییر خمشی و نیروی محوری در محل تلاقی محور تبارن باره با اعضای باره برابر صفر است. به عبارتی دیگر این نیمی از باره را در نظر می‌گیریم و در محل تلاقی محور تبارن با باره از شمشیرگاه غلتی استفاده می‌نماییم. نتایج تحلیل باره مقابل با نتایج تحلیل باره اصلی یکسان خواهد بود.

علاوه بر این بارگذاری متبارن در صورت وجود عضو بر روی محور تبارن در باره نصف شده مشخصات این عضو نصف می‌شود. محلی که روی محور تبارن است شمشیرگاه غلتی قرار می‌دهیم.

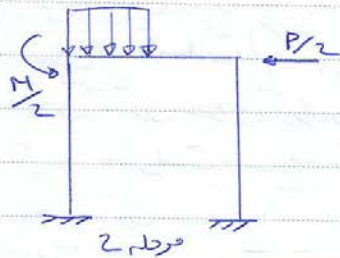


تبدیل بارگذاری دلخواه به ترکیب یک بارگذاری معکون و یک بارگذاری یاد معکون در یک بار معکون؛
بر این حالت به شرح زیر عمل می‌کنیم.
۱. بارهای وارد بر باره را نصف می‌کنیم (همین‌طور باره معکون باشد)



مرحله ۱

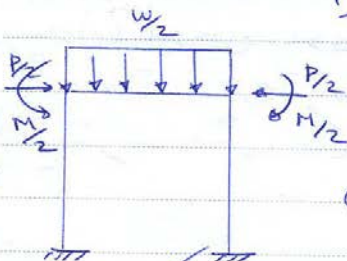
۲. تصویر بارگذاری نصف شده را نسبت به محور معکون در سمت چپ آوریم.



مرحله ۲

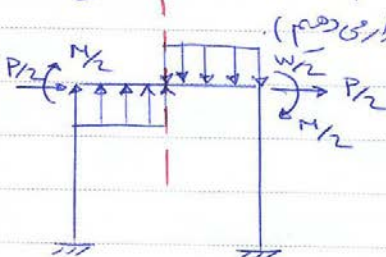
* بار سترده سوار می‌شود و محور معکون و جهت آن عوض نمی‌شود.
مرحله ۳ قرینه مرحله ۱ است (معکون)

۳. جمع دو مرحله ۱ و ۲ یک شکل مؤلفه‌ای بارگذاری معکون را می‌دهیم.



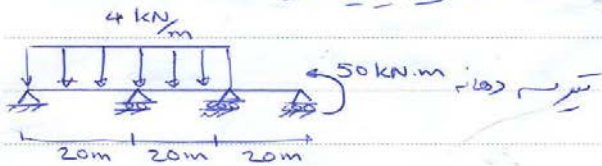
بارگذاری معکون

۴. برای درست آوردن مؤلفه‌ای یاد معکون بارهای مرحله دوم را از مرحله اول کم می‌کنیم: (۱-۲)
(مرحله دوم را عکس می‌کنیم، مرحله اول را درست بخورده قرار می‌دهیم).

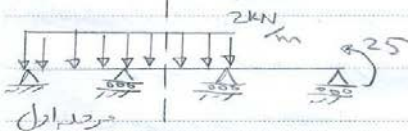


مؤلفه‌ای یاد معکون

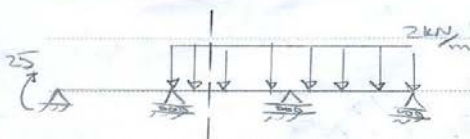
EX (5-11) یک تیر دوهانه به همراه بارگذاری آن در شکل زیر نشان داده شده است. مؤلفه‌های بارگذاری متعارن و متعارن متکون این تیر را نسبت به محور متعارن تیر تعیین کنید.



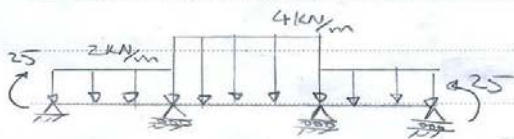
بازه متعارن است.
نکته: در تیرها در صورتی که نیروی عمودی صفر باشد و به محصلی و عینی با هم معادل باشند.



1. مرحله اول: بارهای وارده را نصف می‌کنیم

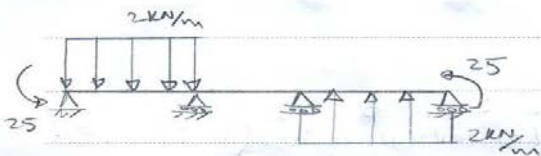


2. مرحله دوم: بارگذاری نصف شده را جابجا می‌کنیم

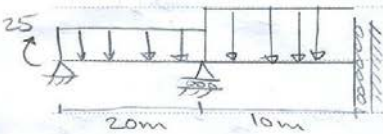


3. جمع مرحله اول و 2: بارگذاری متعارن

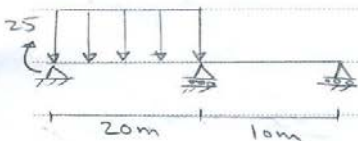
4. مرحله دوم: مؤلفه بارگذاری بار متعارن (2-1) می‌باشد



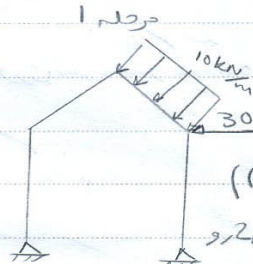
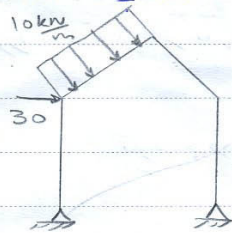
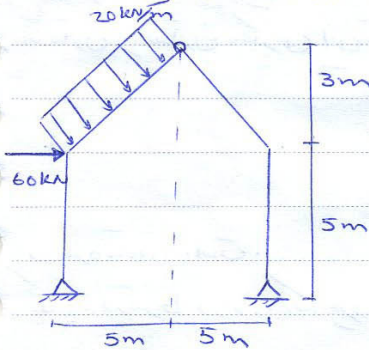
بازه‌ی متعارن نصف شده: (با توجه به مرحله 3 حل می‌شود) متعارن حالت متعارن: نیروی عینی به موازات محور متعارن نتواند حرکت کنند



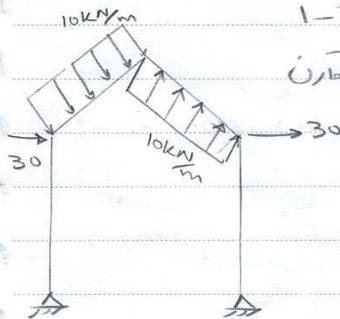
(با توجه به مرحله 4 حل می‌شود) (بار متعارن) در این حالت نیمه به عینی را طوری قرار می‌دهیم به موازات محور متعارن جلای حرکت را بگیرد.



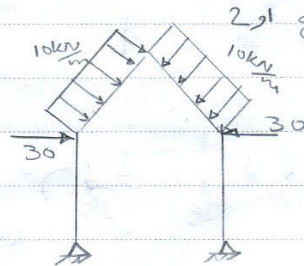
EX: (6-11) در قالب شکل زیر مؤلفه‌های متعارن و یار متعارن بارنداری را مشخص کنید.
ای بارنداری را تصفیه می‌کنیم.



2. بارنداری را تعیین می‌کنیم.
(مؤلفه‌ی جوارری محور متعارن بار مسترزه در مرحله 1 و 2 روپ پایین هستند (متعارن 1) و مؤلفه‌ی محور در محور متعارن آن در مرحله 2 و روپ 1 و 2 روپ است (یار متعارن 1))

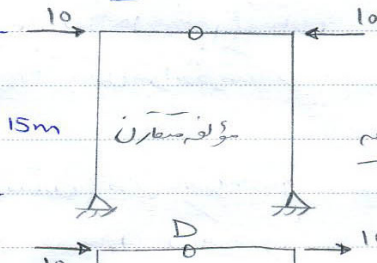
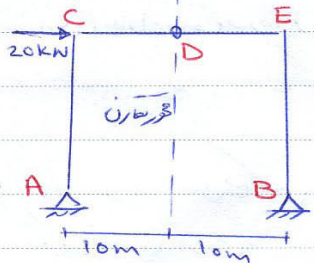


مرحله 4: 1-2
مؤلفه‌ی یار متعارن



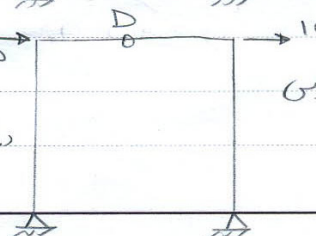
مرحله 3: جمع 1 و 2
مؤلفه متعارن

EX: (23-11) در قالب نشان داده شده با توجه به ویژگی متعارن بارهای نیروها و نیروهای انعطافی اعضا را تصفیه می‌کنیم.



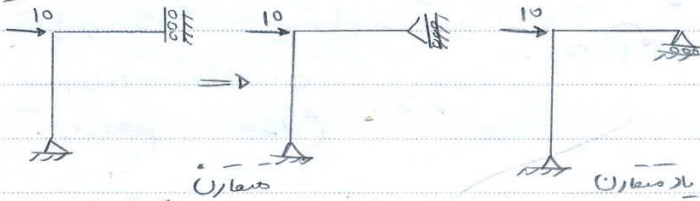
مرحله تصفیه کردن بارنداری و تعیین می‌کنیم بارها را تصفیه می‌کنیم.

در اینجا با توجه به ویژگی متعارن بارها و نیروهای انعطافی اعضا را تصفیه می‌کنیم.



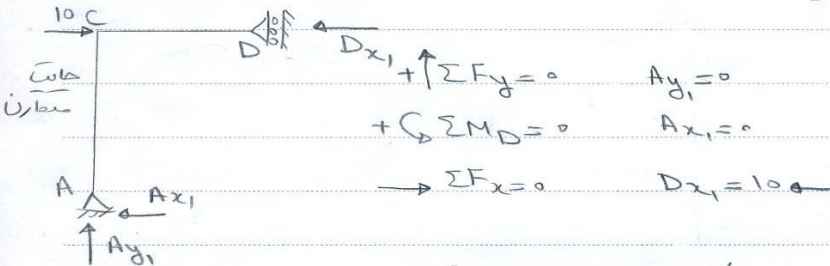
در اینجا بارها را تصفیه و تعیین می‌کنیم (یار متعارن)

رسم باره نصف کرده: در حالت سطران سردار غشی قرار می دهیم و در حالت بار سطران غشی قرار می دهیم

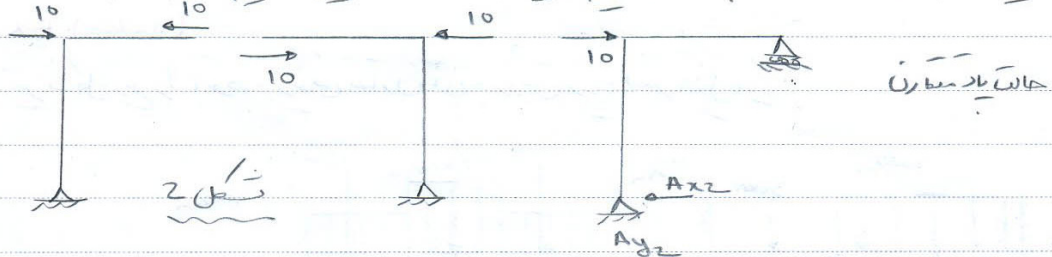


نکته: چون در نقطه D مفصل داخلی وجود دارد و در مفصل داخلی نیروی برآیند است، غشی به سردار غشی را به نیم به غشی میسر می دهیم. (این نیم به غشی طوری قرار می سدر که به صورت یک محوری بتواند حرکت کند)

حرکت از این دو باره را تحلیل کرده و دانش های نیم طهی را حساب می کنیم



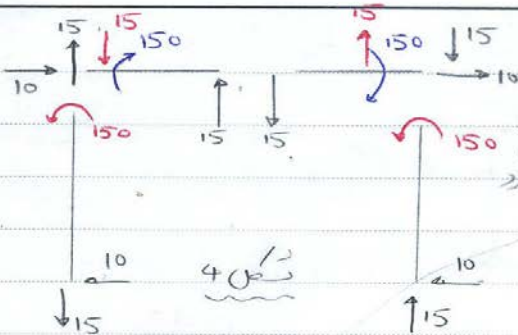
مقایسه می کنیم برای نصف باره برآیند می آوریم نیم راست باره تعیین می دهیم



$$\rightarrow \sum F_x = 0 \rightarrow A_{x2} = 10$$

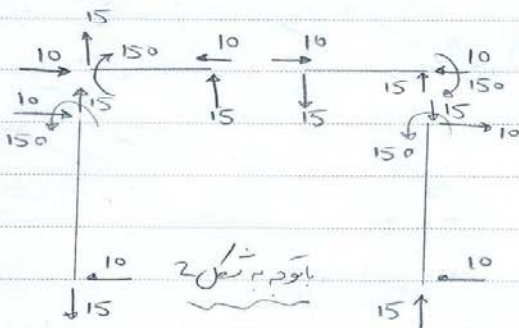
$$\sum M_A = 0 \rightarrow -10 \times 15 + D_{y2} \times 10 = 0 \Rightarrow D_{y2} = 15 \text{ kN} \uparrow$$

$$\uparrow \sum F_y = 0 \Rightarrow A_{y2} = -15 \Rightarrow A_{y2} = 15 \downarrow$$



در این جای خنثی کردن یک گویل یاد می‌گیرد
باربری دهیم $\uparrow 15$ و $\downarrow 15$
باربری دهیم $\uparrow 150$

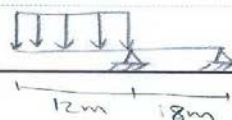
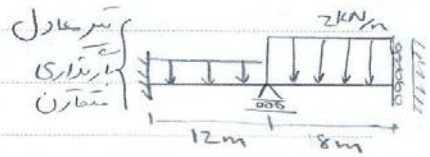
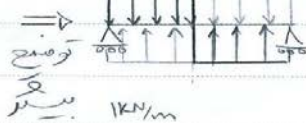
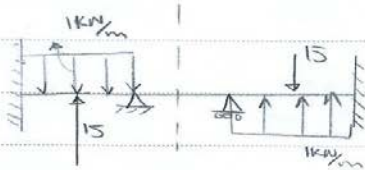
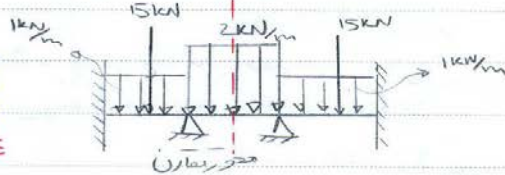
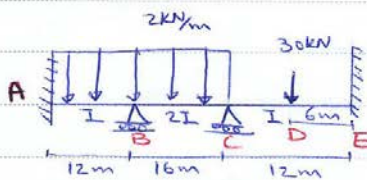
آفرین مرطوب: بارگذاری متوازن + بارگذاری بار متوازن (توجه بار دهی)



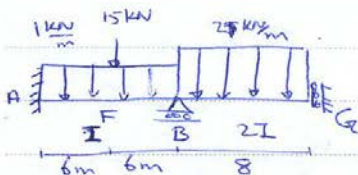
باربری دهیم $\uparrow 15$ و $\downarrow 15$

EX (28-11)

تیر شکل زیر را با توجه به ویرجی متوازن آن به روش توریج تیر کلل کنید



کلل تیر یک بارگذاری متوازن



حل مسئله

شرایط مروری

$$FEM_{AB} = -FEM_{BA} = -\frac{WL^2}{12} - \frac{Pl}{8} = -\frac{1 \times 12^3}{12} - \frac{15 \times 12}{8} = -34.5$$

$$FEM_{BG} = -FEM_{GB} = -\frac{WL^2}{12} = -\frac{2 \times 16^3}{12} = -42.66$$

در تیر BG جابجایی تیرهای مروری برابر با مساحت تیر اصلی انجام می شود. برای طول 16 متر. با شروع تیر نصف شده.

گفته: در حالت بار متوازن چون در وسط تیر 6m غلبه می کند و تیر در آن حالت فاقد تغییر مکان جانبی است. می توانیم از مساحت تیر نصف شده برای تیرهای مروری کمک بگیریم.

جایابی سختی های نسبی و ضرایب DF

$$K_{AB} = \frac{I}{12} \text{ و } K_{BG} = \frac{2I}{16} = \frac{I}{8}$$

سختی عضو BG در حالت متوازن چنانچه نسبت قبل برابر با طول از نصف شدن نسبت می آید. در حالت بار متوازن برابر با طول نصف شده.

در حالت بار متوازن چون تیر 6m در وسط 6m غلبه می کند و تیر در آن حالت فاقد تغییر مکان جانبی است. می توانیم از مساحت تیر نصف شده برای تیرهای مروری کمک بگیریم.

$$DF_{AB} = 1$$

$$DF_{BA} = \frac{\frac{I}{12}}{\frac{I}{12} + \frac{I}{8}} = 0.571$$

$$DF_{BG} = \frac{\frac{I}{8}}{\frac{I}{8} + \frac{I}{12}} = 0.429$$

$$DF_{GB} = 1$$

اگر تیرها در طول تیرها در وسط 6m در وسط 6m غلبه می کند و تیر در آن حالت فاقد تغییر مکان جانبی است. می توانیم از مساحت تیر نصف شده برای تیرهای مروری کمک بگیریم.

ضرایب انتقال تیر: 0.5

در حالت بار متوازن از B به G انتقال صورت می گیرد.

	AB	BA	BG	
DF	1	0.571	0.429	1
FEM	-34.5	34.5	-42.66	42.66
DM	0	4.66	3.5	0
	2.33			1.75
	0	0	0	0
سرهای	-32.17	39.16	-39.16	44.41

$$DM = -(34.5 - 42.66) = 8.16$$

مقاومت در جهت آفره را به سمت چپ راست تیر محسوب می دهیم. در حالت متوازن تیرها در جهت مقابل قرار می گیرند.

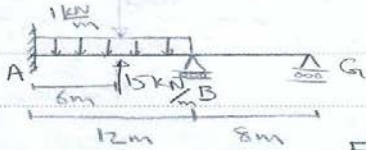
$$M_{CG} = -M_{BG} = 39.16$$

$$M_{CD} = -M_{BA} = -39.16$$

$$M_{DC} = -M_{AB} = 32.17$$

در حالت بار متعارف برای بدست آوردن K کل طول را در نظر نمی گیریم

کلیل سیر در حالت بار متعارف:



شرایط سیر داری

$$FEM_{AB} = -FEM_{BA} = -\frac{WL^2}{12} + \frac{PL}{8} = -\frac{1 \times 12^2}{12} + \frac{15 \times 12}{8} = 10.5 \text{ KN.m}$$

$$FEM_{BG} = FEM_{GB} = 0$$

نسبت های نسبی و ضرایب DF

$$K_{AB} = \frac{I}{12}, K_{BG} = \frac{3}{4} \times \frac{I}{8} = \frac{3I}{16}$$

$$DF_{BG} = \frac{\frac{3I}{16}}{\frac{I}{12} + \frac{3I}{16}} = 0.693$$

$$DF_{AB} = 1, DF_{BA} = \frac{\frac{I}{12}}{\frac{I}{12} + \frac{3I}{16}} = 0.307$$

$$DF_{GB} = 1$$

ضرایب انتقال سیر: 0.5

$$B_{0.5}: DM = 10.5$$

	AB	BA BG	GB
DF	0.307	0.693	1
FEM	10.5	-10.5 0	0
DM	0	3.23 7.27	0
DM	0	0 0	0
سیر داری	12.12	-7.27 7.27	0

$$10.5 \times 0.307 = 3.23$$

$$10.5 \times 0.693 = 7.27$$

$$M_{CA} = M_{BG} = 7.27$$

$$M_{CD} = M_{BA} = -7.27$$

$$M_{BC} = M_{AB} = 12.12$$

معادله بدست آورده از دو حالت متعارف و بار متعارف را با هم جمع می کنیم تا شرایطی استاتیکی بدست آید.

بدست آید.

شرایط نهایی:

$$M_{AB} = -32.17 + 12.12 = -20.05$$

$$M_{BA} = 39.16 - 7.27 = 31.89$$

$$M_{BG} = -39.16 + 7.27 = -31.89$$

$$M_{GB} = 39.16 + 7.27 = 46.43$$

$$M_{CE} = -39.16 - 7.27 = -46.43$$

$$M_{EC} = 32.17 + 12.12 = 44.29$$

EX. مثال قبل را به روش سبب - علت حل کنید.

نشرهای نیروی مساوی مثال قبل هستند.

حالت متوازن:

$$M_{AB} = \frac{2EI}{L} (2\theta_A + \theta_B - 3\frac{\Delta}{L}) + FEM_{AB}$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L} (2\theta_B + \theta_A - 3\frac{\Delta}{L}) + FEM_{BA}$$

$$\theta_A = 0, \Delta = 0 \rightarrow M_{AB} = \frac{2EI}{12} (0 + \theta_B - 0) - 34.5 = \frac{EI\theta_B}{6} - 34.5$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{12} (2\theta_B + 0 - 0) + 34.5 = \frac{EI\theta_B}{3} + 34.5$$

* در نشر BG با توجه به آن که در انتهای G، Δ وجود دارد. برای تهیه نیروی دینامیکی از مشخصات تیر اصلی استفاده می‌کنیم.

$$M_{BG} = M_{BC} = \frac{2EI}{L} (2\theta_B + \theta_C - 3\frac{\Delta}{L}) + FEM_{BC} \quad \theta_C = -\theta_B$$

$$M_{BG} = \frac{2E(2I)}{4} (2\theta_B - \theta_B - 0) + (42.66) = \frac{EI\theta_B}{4} - 42.66$$

مادل در هر خط:



$$\sum M_B = 0 \Rightarrow M_{BA} + M_{BG} = 0$$

$$\left(\frac{EI\theta_B}{3} + 34.5\right) + \left(\frac{EI\theta_B}{4} - 42.66\right) = 0 \Rightarrow \theta_B = \frac{13.99}{EI}$$

حالت نهایی در روابط سبب - علت:

$$M_{AB} = -32.17, M_{BA} = 39.16, M_{BG} = -39.16$$

$$M_{EC} = -M_{AB} = +32.17$$

$$M_{CG} = -M_{BG} = +39.16$$

$$M_{CE} = -M_{BA} = -39.16$$

حالت بار متوازن:



نشرهای نیروی: مشابه مثال قبل

$$M_{AB} = \frac{2EI}{12} (0 + \theta_B - 0) + 10.5 = \frac{EI\theta_B}{6} + 10.5$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{12} (\theta_B + 0 - 0) - 10.5 = \frac{EI\theta_B}{3} - 10.5$$

برای M_{BG} چون نشر در انتهای دیگر آن صفر است از روابط سبب - علت اصلاح کرده استفاده می‌کنیم. در اینجا از طول نصف شده استفاده می‌کنیم.

$$M_{BG} = \frac{3E(2I)}{L} \theta_B - \frac{3E(2I)}{L} \psi + FEM_{BG} - 0.5 FEM_{GB} =$$

$$= \frac{6EI}{4} \theta_B - 0 + 0 - 0 = \frac{3EI}{4} \theta_B$$

باید در تیر نصف تیر در نظر بگیریم

تیر B:

$$\left(\frac{EI \theta_B}{3} - 10.5 \right) - \frac{3EI}{4} \theta_B = 0 \Rightarrow \theta_B = \frac{9.69}{EI}$$

جابجایی در روابط بنویس:

$$M_{AB} = 12.12, M_{BA} = -7.27, M_{BG} = 7.27$$

مقدار در تیر سمت راست تیر (حالت بار متعارف تحت تیرها در تیر و در عوض می شود)

$$M_{EC} = M_{AB} = 12.12$$

$$M_{CG} = M_{BG} = 7.27$$

$$M_{CE} = M_{BA} = -7.27$$

شیار و حالت متعارف و بار متعارف را با هم جمع می کنیم - جوابها قیاس قابل قبول

روش های تقریبی تحلیل قاب های مستطیلی

- روش یک دهم دهانه - برای تحلیل قاب های تحت اثر بارهای نقطه ای

- روش برآیند - برای تحلیل قاب های تحت اثر بارهای جانبی

- روش کانتیلور

* روش یک دهم دهانه:

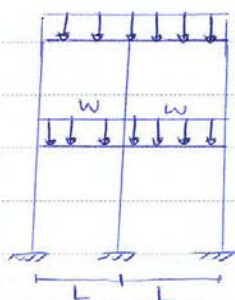
از این روش برای تحلیل قاب های تحت اثر بارهای نقطه ای استفاده می شود.

فرض این روش این است که در تیرها در فاصله یک دهم طول ایستاده ای آن مقدار تیر صفر است

به همین جهت برای تحلیل تیرها در این نقاط مفصل داخلی قرار می دهیم. این روش قاب به صورت

معین در می آید. و به روش استاتیکی قابل تحلیل می شود. در این روش فرض بر آن است که نیروی

قوی در تیرها برابر صفر است.



⇒



$$V = \frac{w(0.8L)}{2} = 0.4wL$$

موزان

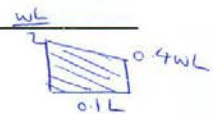
$$-\frac{wL}{2}$$

موزان

$$M_{max}^+ = \frac{w(0.8L)^2}{8} = 0.08wL^2$$

M_{max}^-

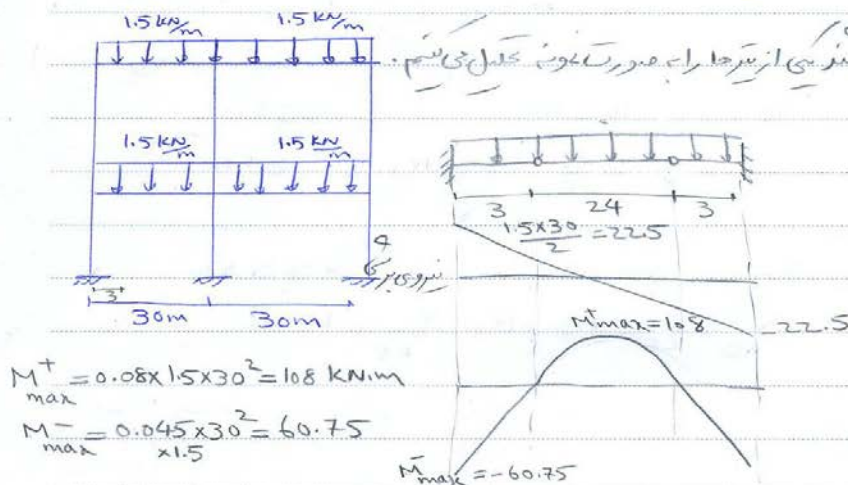
$$M_{max}^- = 0.1L \times \left(\frac{0.5wL + 0.4wL}{2} \right) = 0.045wL^2$$



شیرهای انحنائی ستون ها با نوشتن معادلات معادل بردها نسبت می آوریم. برای این منظور از طبقه آخر به سمت پایین حرکت می کنیم.
برای قیاسی نیروی محوری ستون ها نیز می توان از معادله تیرها محاسبه گرفت و با از سطح بار بر هر ستون معیار نیروی محوری را بدست آورد.

EX (مثال 1-13 اطیابی)

مودار تنش خمشی و نیروی برشی تقریبی برای تیرهای قاب نشان داده شده در شکل زیر ترسیم کنید.



روش پرتال برای تحلیل قاب های مستطیلی تحت بارهای جانبی:

در این روش دو فرض اصلی برای تحلیل قاب در نظر گرفته می شود:

الف - فرض می شود که وسط تمام ستون ها و تیرها نسبت به مرکز است. این ترتیب می توان جهت تحلیل قاب

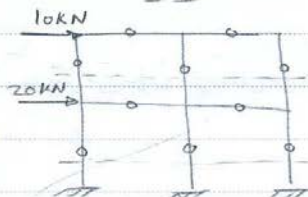
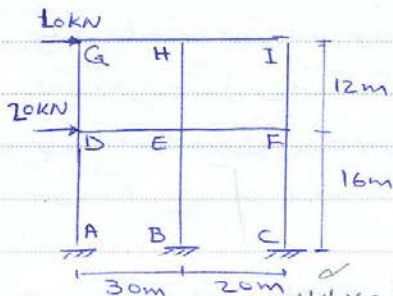
در این نقاط مفصل داخلی را نیز در نظر گرفت.

ب - فرض می شود در هر طبقه سهم ستون های جانبی از برش طبقه در برابر دو ستون باری است.

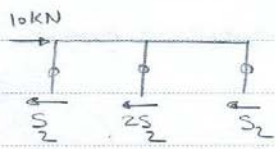
مثال 2-13 اطیابی: با استفاده از روش پرتال قاب نشان داده شده را تحلیل کرده و نیروی برشی

و نیروی محوری و تنش خمشی طبقه اعضای قاب را بدست آوریم.

۱. وسط تمام ستون‌ها و ستون‌ها معقل داخلی قرار می‌دهیم.

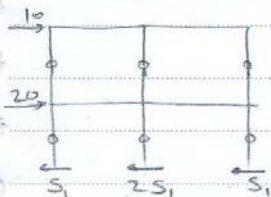


۲. در هر یک از طبقات یک برش افقی زده قطعه را با ستون‌ها کشیده و رها می‌کنیم. آزاد آن را بررسی می‌کنیم کرده و با نوشتن معادلات تعادل برش ستون‌ها را می‌یابیم. در اینجا فقط می‌بینیم برش ستون‌های میانی دو برابر ستون‌های کناری است.



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 10 - 4S_2 = 0 \Rightarrow S_2 = 2.5 \text{ kN}$$

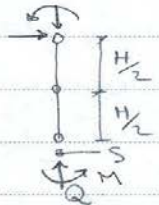
$$\Rightarrow S_{DG} = S_{FI} = 2.5 \text{ kN}, S_{EH} = 5 \text{ kN}$$



$$\sum F_x = 0: 30 - 4S_1 = 0 \Rightarrow S_1 = 7.5 \text{ kN}$$

$$S_{AD} = S_{CF} = 7.5 \text{ kN}, S_{BE} = 15 \text{ kN}$$

۳. رها می‌کنیم آزاد هر یک از ستون‌ها را بررسی می‌کنیم و با نوشتن معادلات تعادل شش حول وسط ستون محاسبه می‌کنیم. در اینجا می‌بینیم که این مقدار برابر با یک‌هفتم از ارتفاع ستون می‌باشد. شش در دو انتهای ستون مساوی و هم جهت می‌باشد. نیروهای افقی و برشی در دو انتهای ستون مساوی اما خلاف جهت می‌باشد.

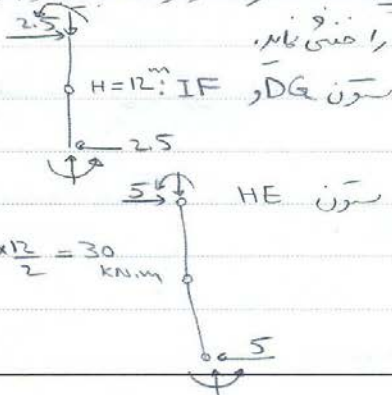


$$M = \frac{S \cdot H}{2}$$

$$M_{IF} = M_{FI} = M_{GD} = M_{DG} = \frac{2.5 \times 12}{2} = 15 \text{ kN.m}$$

له ستون وارد بر ستون: یارید عمود
ستون وارد بر تیر: است عمود

$$M_{HE} = M_{EH} = \frac{5 \times 12}{2} = 30 \text{ kN.m}$$



چون است و جهت خواستی واسه تیر می‌نویسیم

ستون‌ها رو به تیر در برابر

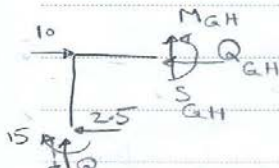
$$M_{CF} = M_{FC} = M_{AD} = M_{DA} = 7.5 \times \frac{16}{2} = 60^{\circ}$$

: CF و AD

$$M_{BE} = M_{EB} = 15 \times \frac{16}{2} = 120 \text{ KN.m}$$

: BE

دایرام آزاد جریان از بره ها را ترسیم کرده و معادله عاقل شیر در بره را می نویسیم. ای نوع به معلوم بودن
شیر وارد بر بره از طرف ستون، شیر وارد بر بره از طرف شیر نیز بدست می آید این فرآیند را برای
بره ها نیز به راست و از طبقه بالا به پایین انجام می دهیم.

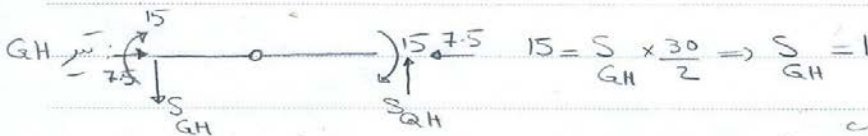


بره G

$$\sum M = 0 \Rightarrow -15 + M_{GH} = 0 \Rightarrow M_{GH} = 15^{\circ}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 10 - 2.5 - Q_{GH} = 0 \Rightarrow Q_{GH} = 7.5$$

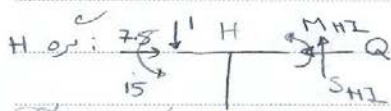
در مرحله بعد دایرام آزاد شیر GH را ترسیم می کنیم. ای نوع به معلوم بودن شیر استاتی شیر برش
شیر نیز بدست می آید همانند ستون در شیر نیز شیر توانسته برای ها هم مصرف برش در نصف طول شیر
است.



$$15 = S_{GH} \times \frac{30}{2} \Rightarrow S_{GH} = 1$$

باز نسبت دایرام آزاد بره Q

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow Q_{DG} + 1 = 0 \Rightarrow Q_{DG} = -1 \Rightarrow Q_{DG} = 1 \downarrow$$



$$\sum M_H = 0 : 15 - 30 + M_{HI} = 0 \Rightarrow M_{HI} = 15$$

$$\sum F_x = 0 : 7.5 - 5 - Q_{HI} = 0 \Rightarrow Q_{HI} = 2.5$$

علاقه شیر در طبقه 8

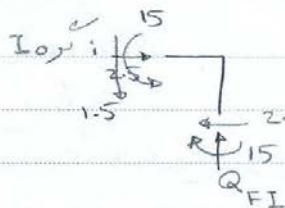
$$15 = S_{HI} \times \frac{20}{2} \Rightarrow S_{HI} = 1.5 \text{ KN}$$

نیم نیروی برشی استاتی شیر نسبت به برش شیر. ای شیر می طاف جهت شیر موجود در استاتی شیر اعلا
نماید. اگر جهت اولی بر این اساس اشتباه فرض شده باشد جهت نیروی برشی وارد بر شیر و وارد بر بره را
وارد بر می کنیم. در هر شیر شیر توانسته است برای ها هم مصرف برش و نیروی صاری و
خلاف جهت می باشند.

از نسبت به بره H

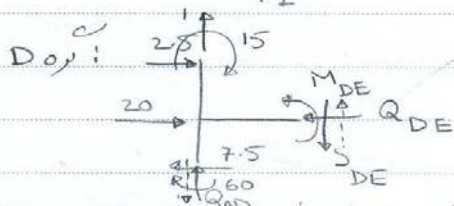
$$\sum F_y = 0 : -1 + Q_{HE} + 1.5 = 0 \Rightarrow Q_{HE} = -0.5$$

$$Q_{HE} = 0.5$$



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow 2.5 - 2.5 = 0$$

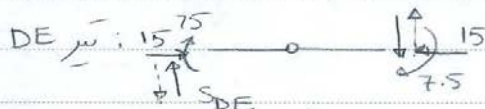
$$\sum M = 0 \Rightarrow 15 - 15 = 0$$



$$\sum M_D = 0: -60 - 15 + M_{DE} = 0 \Rightarrow M_{DE} = 75$$

$$\sum F_x = 0: 20 + 2.5 - 7.5 - Q_{DE} = 0: Q_{DE} = 15$$

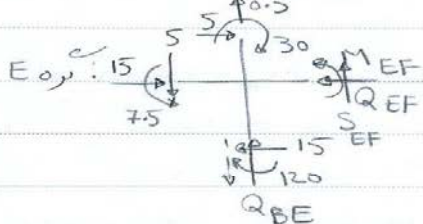
دست برای سون نیز خاسته نیز سرهای دو استعاده هفت و ماوی شیر و های برسی و مرغری مادی
رفوف هفت هفت



$$7.5 = \sum_{DE} \times \frac{30}{2} \rightarrow \sum_{DE} = 5$$

در انتخاب اختصار شده برای S خطی باشد چون شرط 75 است S باید در DE اختصار شود. حول مرکز شرط DE است S باید در DE اختصار شود. در اینجا جهت نیروی برشی در دو انتهای S و در محل D را وارونه می‌کنیم. ادام محاسبه بر اساس جهت مشخص اعلام می‌شود.

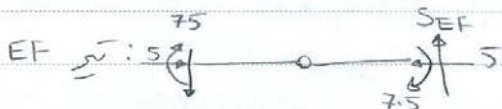
$\sum F_y = 0 \Rightarrow Q_{AD} + 1 + 5 = 0 \Rightarrow Q_{AD} = -6 \rightarrow Q_{AD} = 6$



$$\sum M_E = 0 \Rightarrow -120 + 75 - 30 + M_{EF} = 0$$

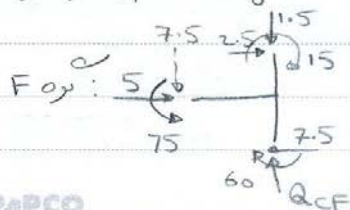
$$M_{EF} = 75$$

$$\Sigma F_x = 0 = 215 - 15 + 5 - Q_{EF} = 0 \Rightarrow Q_{EF} = 5$$



$$75 = S_{EF} \times \frac{20}{2} \Rightarrow S_{EF} = 7.5$$

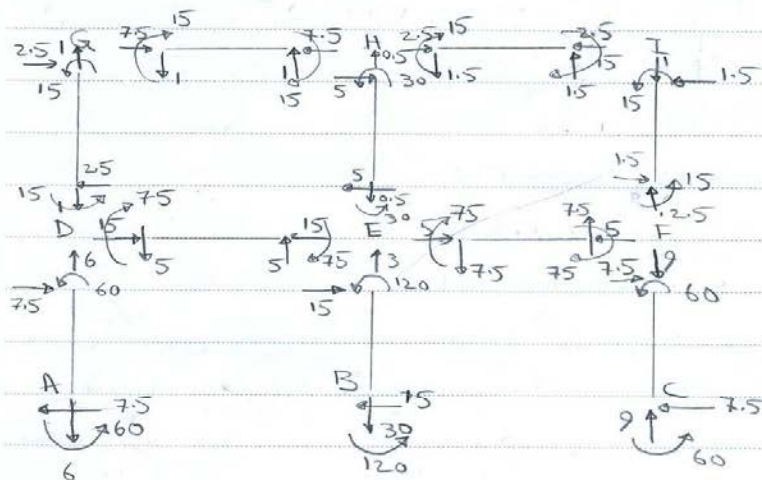
عبر عن $\sum F_y = 0 \Rightarrow Q_{BE} - 5 + 0.5 + 7.5 = 0 \Rightarrow Q_{BE} = -3 \rightarrow Q_{BE} = 3 \downarrow$



$$\sum F_y = 0: Q - 7.5 - 1.5 = 0 \Rightarrow Q = 9$$

$\sum CF = 0 : 5 - 7.5 + 2.5 = 0 \checkmark$

$$1) \sum M_F = 0.75 - 60 - 15 = 0 \Rightarrow \checkmark$$



خلاف سازه

نیروهای وارد بر اعضا را
به صورت دایگرام برود
رسم می کنیم

روشن کانتیلور برای تحلیل قاب های مستطیلی تحت بار جانبی

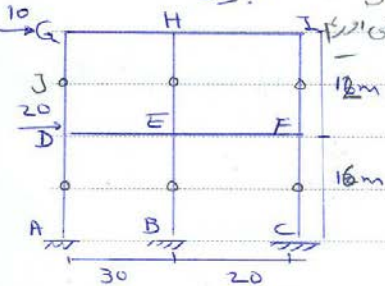
دو طرفین ای سی این برای تحلیل قاب ها عبارت اند از:

الف - مقدار ستر در وسط ستون ها برابر صفر است پس می توان در این نقاط معضل داخلی قرار داد

ب - نیروی محوری هر یک از ستون های واقع در یک طبقه از قاب با فاصله آن ستون از مرکز سطح مقطع طبقه ستون های قاب در آن طبقه متناسب است

EX. مثال 3-13 اطمینان

با استفاده از روش کانتیلور قاب زیر را تحلیل کنید. مقطع ستون ها را عصبان بر نظر بگیرید

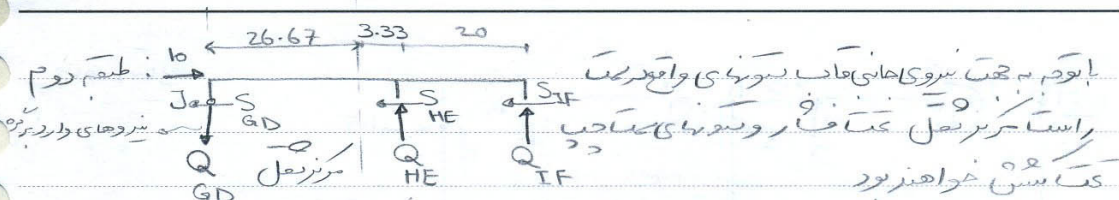


$$\bar{x} = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}$$

A_i سطح مقطع ستون نام $(A_i = A)$
 $\bar{x}$ فاصله مرکز ستون نام از سطح

$$\bar{x} = \frac{A \times 0 + A \times 30 + A \times 50}{3A} = 26.67 \text{ m}$$

نیروی محوری ستون ها برابر حاصل ضرب ضریب ثابت در فاصلی مرکز ستون تا مرکز سطح در هر طبقه می باشد



$$Q_{GD} = 26.67q = 26.67 \times 0.0473 = 1.26$$

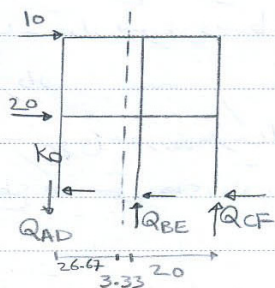
$$Q_{HE} = 3.33q = 3.33 \times 0.0473 = 0.16$$

$$Q_{IF} = 23.33q = 23.33 \times 0.0473 = 1.1$$

با فرض آنکه برش در طبقه باشد برش در سطح اکا در سه صفر خواهد بود. عاقله بکارل شش حول وسط
ستون کناری (سمت چپ) را می‌نویسیم. در این عاقله نیروهای برشی ستون‌ها شش‌ای اکا را می‌کنند و
حرف می‌نویسند.

$$\sum M_j = 0 : -10 \times \frac{12}{2} + (3.33q) \times 30 + 23.33q \times 50 = 0 \Rightarrow q = 0.0473$$

مسئله 2: دایریم آزار آن



ستون‌های طبقه دوم
ستون‌های طبقه اول
هسته

نیروهای عمودی ستون متناسب با فاصله ستون از مرکز هندسی
می‌باشند

$$Q_{AD} = 26.67P$$

$$Q_{BE} = 3.33P$$

$$Q_{CF} = 23.33P$$

$$\sum M_k = 0 : -10 \times \left(12 + \frac{16}{2}\right) - 20 \times \frac{16}{2} + (3.33P) \times 30 + (23.33P) \times 50 = 0$$

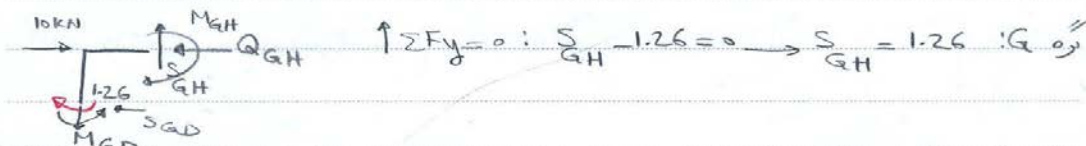
$$\rightarrow P = 0.284$$

$$\rightarrow Q_{AD} = 26.67 \times 0.284 = 7.58 \text{ kN}$$

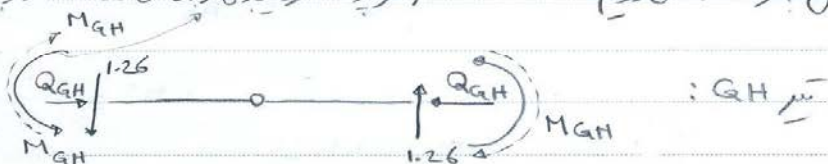
$$Q_{BE} = 3.33 \times 0.284 = 0.95 \text{ kN}$$

$$Q_{CF} = 23.33 \times 0.284 = 6.63 \text{ kN}$$

در هر یک از تیرها، یا برام آزاد بره را رسم می کنیم. با نوشتن معادله $\sum F_y = 0$ نیروی برشی تیرها را بدست می آوریم. برای این منظور از طبقه بال چپ به راست و سپس بال پایین چپ به راست می رسم.



حال به سراغ تیر متصل به بره Q_{GH} می رویم.



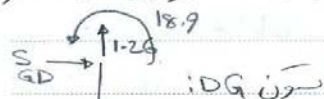
تیر دوازدهم تیر برای جابجایی نیروی برشی در نصف طول دهانه تیر است. جهت آن باید به گونه ای باشد که نسبت به وسط تیر شیب بیشتری از نیروی برشی را خنثی کند. دوازدهم نیروی برشی نسبت به وسط تیر، شیب دارد و عبور از آن می کند پس تیر دوازدهم باید با عبور از اختیار شود جهت اوست. اشتباه فرض شده و باید آن را اصلاح نمود.

$$M_{GH} = 1.26 \times \frac{30}{2} = 18.9$$

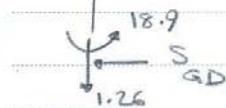
باز است به بره Q :

$$(\sum M_Q = 0: 18.9 + M_{GD} = 0 \Rightarrow M_{GD} = -18.9 \rightarrow M_{GD} = 18.9)$$

با بدست آمدن شیب انتهایی ستون می توان نیروی برشی ستون را بدست آورد. نیروی برشی ستون حاصل تقسیم شیب ستون به نصف ارتفاع ستون است. جهت نیروی برشی به گونه ای اختیار می شود که شیب ناشی از آن نسبت به وسط ستون شیب انتهایی ستون را خنثی کند.

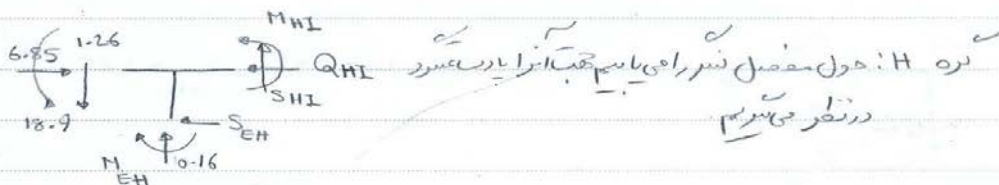


$$S = \frac{18.9}{\frac{112}{2}} = 3.15$$

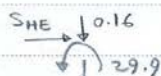
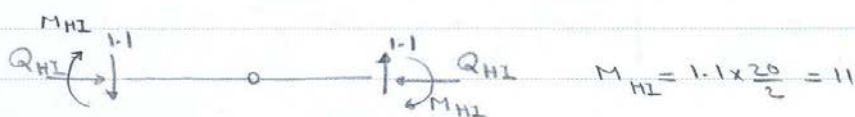


$$\sum F_x = 0 : 10 - 3.15 - Q_{GH} = 0 \Rightarrow Q_{GH} = 6.85$$

بار ست پاره G:



$$\sum F_y = 0 : -1.26 + 0.16 + S_{HI} = 0 \Rightarrow S_{HI} = 1.1$$



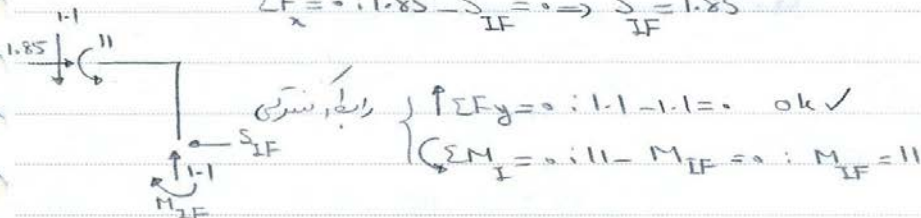
$$S_{HE} = \frac{29.9}{(\frac{12}{2})} \approx 5$$

$$\sum F_x = 0 : 6.85 - 5 - Q_{HI} = 0 \Rightarrow Q_{HI} = 1.85$$

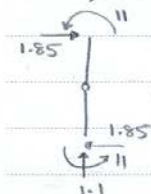
بار ست پاره H:

$$\sum F_x = 0 : 1.85 - S_{IF} = 0 \Rightarrow S_{IF} = 1.85$$

نره I:

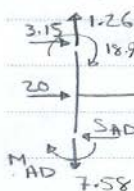


سئون 3F: در اینجا مقادیر شیر و برش را از لحاظ مقدار و جهت شیر می بینیم. برای این منظور نسبت به وسط سئون مقدار معادل شیر را می نویسیم. مقدار شیر برابر حاصل ضرب نیروی برشی در نصف ارتفاع سئون است. جهت نیروی برشی باید به تونهای با سئون شیر ناشی از آن برعکس شیر انشعاب سئون باشد.



$$11 - 1.85 \times \frac{12}{2} \quad \checkmark \quad OK$$

سئون با 3

S_{DE}Q_{DE}M_{DE}

$$\uparrow \sum F_y = 0 : 1.26 - 7.58 + S_{DE} = 0 \Rightarrow S_{DE} = 6.32$$

بره D

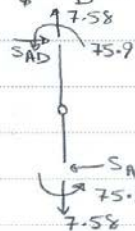


شیر DE

$$M_{DE} = 6.32 \times \frac{30}{2} = 94.8$$

از سمت بره D

$$\sum M_D = 0 : -18.5 + 94.8 - M_{AD} = 0 \Rightarrow M_{AD} = 75.9$$



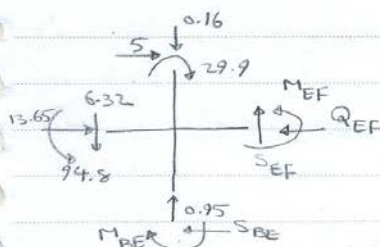
سئون AD

$$S_{AD} = \frac{75.9}{\left(\frac{12}{2}\right)} = 9.5$$

$$\sum F_x = 0 : 20 + 3.15 - 9.5 - Q_{DE} = 0$$

از سمت بره D

$$Q_{DE} = 13.65$$

E_و

$$\uparrow \Sigma F_y = 0 : 6.32 + 0.95 + S_{EF} - 0.16 = 0$$

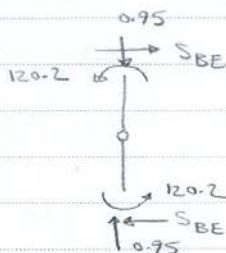
$$S_{EF} = 5.53$$

E_و

$$M_{BE} = 5.53 \times \frac{20}{2} = 55.3$$

E_و

$$\left(\Sigma M_E = 0 : 94.8 - M_{BE} + 55.3 - 29.9 = 0 \Rightarrow M_{BE} = 120.2 \right)$$

E_و

$$S_{BE} = \frac{120.2}{\left(\frac{16}{2} \right)} = 15$$

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0 : 13.65 - 15 - Q_{EF} + S = 0$$

E_و

$$\Rightarrow Q_{EF} = 3.65$$

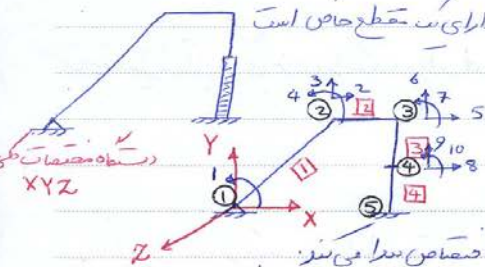
مفصل چهارم:

در این بخش، کاربرد روش سنتی در تحلیل قاب‌ها، سازه‌ها و تیرها اشاره می‌شود. منظور از روش سنتی این است، محمولات اصلی دستگاه معادلات حاصل تغییر مکان‌ها یا دوران‌های بحرانی هستند.

نکته کردن قبل تحلیلی سازه

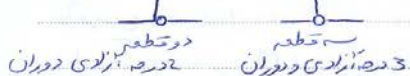
شکل سازه را باید نمودار خطی مناسبی دهیم که در آن اعضا و تیرهای سازه با شماره‌های خاص خود مشخص شده‌اند. به طور مثال قاب شکل زیر را در نظر بگیرید. همانطور که دیده می‌شود این قاب از چهار عضو و پنج تیر شکل شده است. شماره تیرها در داخل علاقه دایره و شماره اعضا در داخل علاقه مربع نوشته شده است.

در اینجا عضو محوری چون دایره است و هر تیر دارای یک مقطع خاص است. آن را به جای یک عضو دو عضو در نظر گرفته ایم.



غیر از اعضا و تیرها به هر دو تیر آزادی تیر یک درجه اختصاص پیدا می‌کند. در هر تیر درجات دو بعدی به دو آزادی وجود دارد. دو درجه آزادی حرکت افقی و عمودی و یک درجه آزادی دورانی.

در صورتی که در یک تیر مفصل داخلی وجود داشته باشد، تعداد درجات آزادی دورانی برابر تعداد مقاطع متصل شده به آن مفصل است.

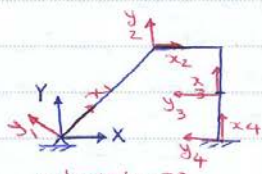


و در یک تیر که در راستای تیرها که دوران یا جابجایی بسته شده است، درجه آزادی وجود ندارد. عموماً در هر دو تیر و تیرهای دیگر درجه آزادی وجود می‌شود.

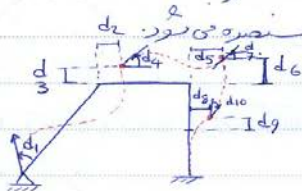
بر خلاف روش سنتی است در اینجا از تغییر شکل‌های محوری صرف نظر می‌شود.

دستگاه‌های مختصات محلی و ملی

در روش سطحی هندسه کل سازه و تغییر مکان برده‌ها نسبت به یک دستگاه مرجع تعیین می‌شود. این را دستگاه مختصات ملی می‌نامیم. اما معمولاً برای هر یک از اعضا از یک دستگاه مختصات در سازه استفاده می‌شود که در آن محور x سوار بر عضو و محورهای y و z عمود بر عضو است. جهت محور x از سمت ایستای عضو به سمت انتهای آن است. جهت دو محور دیگر نیز به صورت راستگرد نسبت به محور x منبسط می‌شود.



محورهای محلی



شکل تغییر شکل ایستای ثابت
یک بارگذاری خرفی :

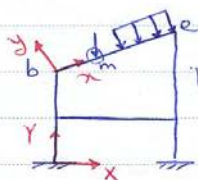
بعضی تغییر مکان‌های برشی را می‌توان بردار d به نام بردار تغییر مکان برشی می‌نامیم.

$$d = \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_9 \\ d_{10} \end{Bmatrix} = \{d_i\} \quad i=1 \text{ to } 10$$

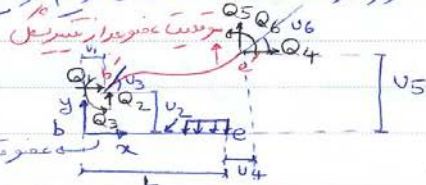
وابد نیرو - تغییر مکان (رابطه سطحی) عضو در دستگاه مختصات محلی

در روش سطحی تغییر مکان‌های برشی از هر یک دستگاه کاریات به صورت ماتریسی $\bar{P} = Sd$ بدست می‌آید که در آن d بردار تغییر مکان‌های برشی، $\bar{P}$ بردار نیروهای خارجی وارد بر ماب (در محل بره‌ها) و S ماتریس سطحی کل سازه است.

ماتریس سطحی کل سازه از سه هم‌پیکری کردن ماتریس سطحی یک یک اعضا بدست می‌آید. به طور مثال عضو M از ماب نشان داده شده را در نظر بگیریم.



این عضو را بر روی یک ششم و هفتم آنرا بین از اعمال بار و تغییر شکل به صورت زیر ترسیم می‌کنیم. عضو را در دستگاه مختصات محلی ترسیم کرده ایم.



در هر عضو 6 نیرو و 6 گشت در دو انتهای آن اعمال می شود.

شماره گذاری و انتش های داخلی در دو انتهای عضو سیمایر با شماره گذاری آزادی هر تیر می باشد.

معادله انتش های داخلی Q_1 تا Q_6 طبق روابط زیر قابل محاسب می باشد.

$$Q_1 = k_{11} u_1 + k_{12} u_2 + k_{13} u_3 + k_{14} u_4 + k_{15} u_5 + k_{16} u_6 + Q_{F1}$$

$$Q_2 = k_{21} u_1 + k_{22} u_2 + k_{23} u_3 + k_{24} u_4 + k_{25} u_5 + k_{26} u_6 + Q_{F2}$$

$$Q_3 = k_{31} u_1 + k_{32} u_2 + k_{33} u_3 + k_{34} u_4 + k_{35} u_5 + k_{36} u_6 + Q_{F3}$$

$$Q_4 = k_{41} u_1 + \dots + Q_{F4}$$

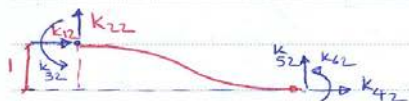
$$Q_5 = k_{51} u_1 + k_{52} u_2 + k_{53} u_3 + \dots + Q_{F5}$$

$$Q_6 = k_{61} u_1 + \dots + Q_{F6}$$

در روابط بالا k_{ij} ضرایب سختی نامیده می شوند. از نظر فیزیکی ضریب سختی k_{ij} عبارت است

از نیروی لازم برای ایجاد تغییر مکان واحد در امتداد u_j در حالی که سایر تغییر مکان ها برابر صفر باشند.

به طور مثال اگر u_2 را برابر یک و بقیه را برابر صفر قرار دهیم مطابق شکل زیر خواهیم داشت.



$$K_{12} = K_{42} = 0$$

$$K_{22} = \frac{12EI}{L^2}$$

$$K_{52} = -\frac{12EI}{L^2}$$

$$K_{32} = K_{62} = \frac{6EI}{L^2}$$

Q_{Fi} نیروی سرداری در درجه آزادی i ناشی از بارهای خارجی وارده بر تیر.

روابط بالا بصورت ماتریسی و بصورت زیر قابل بیان است:

$$\begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \\ Q_6 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{16} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{26} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{61} & k_{62} & \dots & k_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_6 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} Q_{F1} \\ Q_{F2} \\ \vdots \\ Q_{F6} \end{Bmatrix}$$

$$\{Q_i\} = [k_{ij}] \times \{u_i\} + \{Q_{fi}\}$$

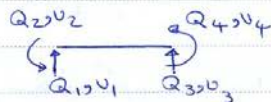
ماتریس سختی به شکل زیر قابل بیان است.

$$[k] = [k_{ij}] = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & 12 & 6L & 0 & -12 & 6L \\ 0 & 6L & 4L^2 & 0 & -6L & 2L^2 \\ -\frac{AL^2}{I} & 0 & 0 & \frac{AL^2}{I} & 0 & 0 \\ 0 & -12 & -6L & 0 & 12 & -6L \\ 0 & 6L & 2L^2 & 0 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

ماتریس سختی یک ماتریس متقارن است. یعنی $k_{ij} = k_{ji}$

* در برخی بارها همانند تیرهای چند دهانه نیروهای محوری اعصاب قرار است به همین جهت ماتریس سختی را می توان به ماتریس 4×4 نیز ساده کرد:

$$[k] = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$



* در مورد ضرایب دلیل اسم سختی کششی وجود ندارد و تنها سختی محوری وجود دارد. ماتریس سختی ۱ حرف مکتوب ستون های مربوط به کشش و برش به شکل باره شود در می آید:

$$[k] = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

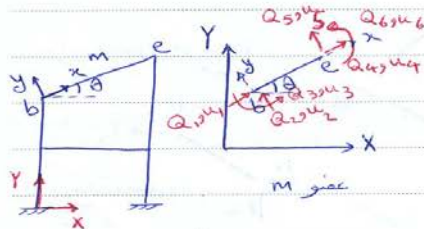


Subject:

Year: Month: Date: 32

در سطح های مشخصات محلی و کلی به ترتیب

به نظر می آید که هر یک از اینها در این ماتریس سطحی اعضای سازه و همچنین ماتریس سطحی کل سازه در نظر گرفته شده است. بردار نیروها، بردار تغییر مکان ها و ماتریس سطحی هم عنوان در سطح مشخصات محلی به دست آمده است. مشخصات کلی برده شود.



Q3: نیرو است
u3: دوران است

$$Q = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_6 \end{Bmatrix}, F = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ F_6 \end{Bmatrix}; u = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_6 \end{Bmatrix}, v = \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_6 \end{Bmatrix}$$

$$Q = T \cdot F \Rightarrow F = T^T \cdot Q$$

ماتریس تبدیل

$$u = T \cdot v \Rightarrow v = T^T \cdot u$$

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

theta = زاویه عضو نسبت به

$$\cos\theta = \frac{x_e - x_b}{L}$$

$$\sin\theta = \frac{y_e - y_b}{L}$$

b: تیر استرای عضو

e: تیر انتهای عضو

$$\cos\theta = \frac{x_e - x_b}{\sqrt{(x_e - x_b)^2 + (y_e - y_b)^2}}, \sin\theta = \frac{y_e - y_b}{\sqrt{(x_e - x_b)^2 + (y_e - y_b)^2}}$$

Subject:

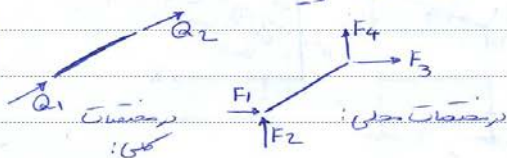
Year: Month: Date: ()

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

برای تیرها:

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\theta & \sin\theta \end{bmatrix}$$

برای اعضای خرابایی:



$$Q = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{Bmatrix} \quad F = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{Bmatrix}$$

تعیین ماتریس سختی اعضا در دستگاه درجه‌های محلی

$$Q = K_u + Q_F$$

$$T^T Q = T^T K_u + T^T Q_F$$

$$F = T^T K (T \cdot v) + T^T Q_F$$

$$\text{تعریف: } T^T \cdot Q_F = F_F$$

Q_F: بردار (تغییرات) درجه‌ها (نود III)

دو سست رابطی بالا را از جهت T^T ضرب می‌کنیم

F_F: بردار نیروهای سرداری در دستگاه درجه‌های محلی
K: ماتریس سختی عضو در دستگاه درجه‌های محلی

$$T^T \cdot K \cdot T = K$$

$$\Rightarrow F = K \cdot v + F_F$$

$$K = T^T \cdot K \cdot T = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ 0 & \cos\theta \\ 0 & \sin\theta \end{bmatrix} \times \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos\theta & \sin\theta \end{bmatrix}$$

(4x2) x (2x4) = 4x4

به طور مثال برای عضو خرابایی:

وقتی سه ماتریس داریم اول سه دو ماتریس آخر را در هم ضرب می‌کنیم تا حاصل را سه ماتریس اولی ضرب می‌کنیم

Subject :

Year. Month. Date. 33

$$= \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta & -\cos^2 \theta & -\cos \theta \sin \theta \\ \cos \theta \sin \theta & \sin^2 \theta & -\cos \theta \sin \theta & -\sin^2 \theta \\ -\cos^2 \theta & -\cos \theta \sin \theta & \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta \\ \cos \theta \sin \theta & -\sin^2 \theta & \cos \theta \sin \theta & \sin^2 \theta \end{bmatrix}$$

گامی ماتریس سختی کل سازه

در اینجا ماتریس هر عضو m سازه را k_m در دستگاه مختصات گلی و ماتریس سختی کل سازه را S نامش می دهیم. برای گلی سازه را به هم وصل می دهیم.

$$P = S \cdot d + P_f$$

P بردار نیروهای خارجی وارد بر گلی سازه

P یک بردار $n \times 1$ می باشد که n درجه آزادی گلی سازه می باشد.

$$P = \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{Bmatrix}$$

نکته: برای گامی درجه آزادی سازه در حالت دو بعدی در هر تیر سه درجه آزادی در نظر می گیریم (حرکت افقی، حرکت عمودی و حرکت دورانی). اگر تیر سه گامی باشد به تعداد واکنش های تیر گامه از این سه درجه کم می شود. اگر تیر سه گامی داخل باشد به تعداد درجه آزادی تیر می شود (تعداد مختصات مستقل) $2 + 3$ حاصل داخلی

درجه آزادی در هر تیر به تعداد درجه آزادی برابر است با (تعداد مختصات داخلی تیر) $3 + 3 + 3$ (واکنش های تیر) $3 + 3 + 3$

d : بردار مختصات گلی سازه

$$d = \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{Bmatrix}$$

P_f : بردار نیروهای سرداری سازه در دستگاه مختصات گلی

S : ماتریس سختی کل سازه

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} P_{f1} \\ P_{f2} \\ \vdots \\ P_{fn} \end{Bmatrix}$$

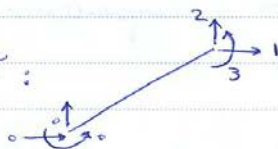
P4PCO

S ماتریس $n \times n$ است

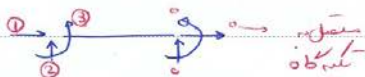
$$F_1 = \begin{Bmatrix} F_{F_1}^1 \\ F_{F_1}^2 \\ F_{F_1}^3 \\ \vdots \\ F_{F_1}^6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{Bmatrix}$$

$$F_2 = \begin{Bmatrix} F_{F_2}^1 \\ F_{F_2}^2 \\ F_{F_2}^3 \\ \vdots \\ F_{F_2}^6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

برای عضو 1



برای عضو 2



$$S_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} \end{bmatrix}$$

عناصری از ماتریس سختی اعضا شماره سطر یا ستون آن ها صفر شده است در ماتریس سختی کل حذف می شوند.

* برای سبب درایه های ماتریس سختی کل از شماره گذاری دربر که برابر سن شماره درجات آزادی درست آمده است استفاده می کنیم.

$$S = \begin{bmatrix} k_{44}^1 + k_{11}^2 & k_{45}^1 + k_{12}^2 & k_{46}^1 + k_{13}^2 \\ k_{54}^1 + k_{21}^2 & k_{55}^1 + k_{22}^2 & k_{56}^1 + k_{23}^2 \\ k_{64}^1 + k_{31}^2 & k_{65}^1 + k_{32}^2 & k_{66}^1 + k_{33}^2 \end{bmatrix}$$

$$P_F = \begin{Bmatrix} F_{F_4}^1 + F_{F_3}^2 \\ F_{F_5}^1 + F_{F_2}^2 \\ F_{F_6}^1 + F_{F_1}^2 \end{Bmatrix}$$

$$P = S \cdot d + P_F$$

تایید بردار P : برای محاسبه بردار P به بارهای خارجی دارد بر هر نره نقطه می بینم بردار P مثل

تمامی بارهای خارجی خروانشن های یک گاهی می باشند یا شود به شماره درجات آزادی در بردار P قرار داده می شود.

اثر بارهایی که به نره ها وارد نمی شوند نظیر بارهای کشنده یا بارهای متمرکز دارد بر طول عضو در بردار P

مبتداً در نره شده است. و نیازی به لحاظ بردن آن در بردار P نیست. اما موجود بودن P و S و بردار P_F

تعیین مکان های نره می به دست می آید. پس از محاسبه ی تغییر مکان های نره می برای کل سازه به صورت

مستطوط بردار تغییر مکان های نره می برای هر یک از اعضا نیز معلوم خواهد بود.

Subject:

Year: Month: Date: ()

با توجه به رابطه $F = K \cdot v + F_f$ مقدار سرعت را نسبت به وی معلوم است بردار F به بردار
واکنش های ترمزی حرکت از اعراضات نیز بدست می آید.

$$v = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{Bmatrix}$$

$$v = \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \end{Bmatrix}$$