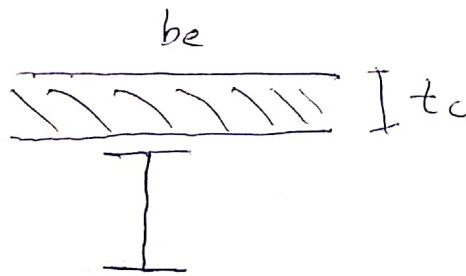
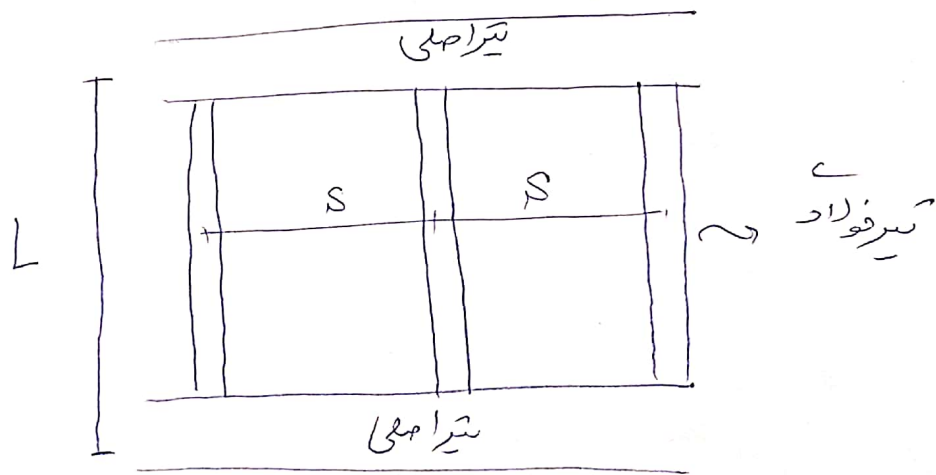


تعیین عرض موثر بتن :

اگر دهانه تیر فولادی را برابر با L فاصله بین تیرهای فولادی برابر با S

باشد $\frac{b_e}{2} = \min \left\{ \frac{S}{2}, \frac{L}{8} \right\}$ از حوصلت تیر خواهد بود.



(۱) عرض ~~معمول~~ برابر تیر $\frac{S}{2}$ برابر با $\frac{S}{2}$ خواهد بود.

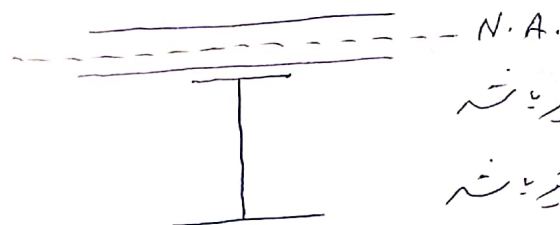
(۲) معمولاً برابر حدس اولیه $t_c = \frac{S}{24}$ در نظر گرفته می شود.

محاسبه ظرفیت مقطع تحت اثر گزشتی سبت:

الف) حالت $\frac{h}{t_w} < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

- در این حالت فرض بر آن است که مقطع فولادی به F_y دستفعل تنبی به $0.85 F_c$ میرسد

- در این حالت ظرفیت پلاستیک مقطع براساس یکی از سه حالت زیر مشخص میشود:



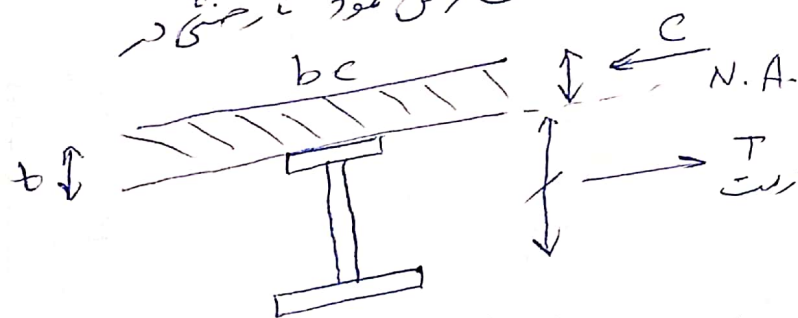
۱- تا رختی در جان تیر باشد



۲- در بال تیر باشد

۳- در مقطع تنبی باشد

به منظور تعیین دهفیت هر یک از سه حالت فوق ابتدا همگرا ن فرس نمود تا رختی در مندر بین و فولاد است:



اگر $C = T$ باشد که حدس اولیه درست بوده است

اگر $C > T$ باشد یعنی تا رختی داخل تن است و بخشی از تن در گشتن خواهد افتاد که باید از آن صدمه نظر نمود.

$$C = 0.85 F_c A_c$$

$$T = A_s F_y$$

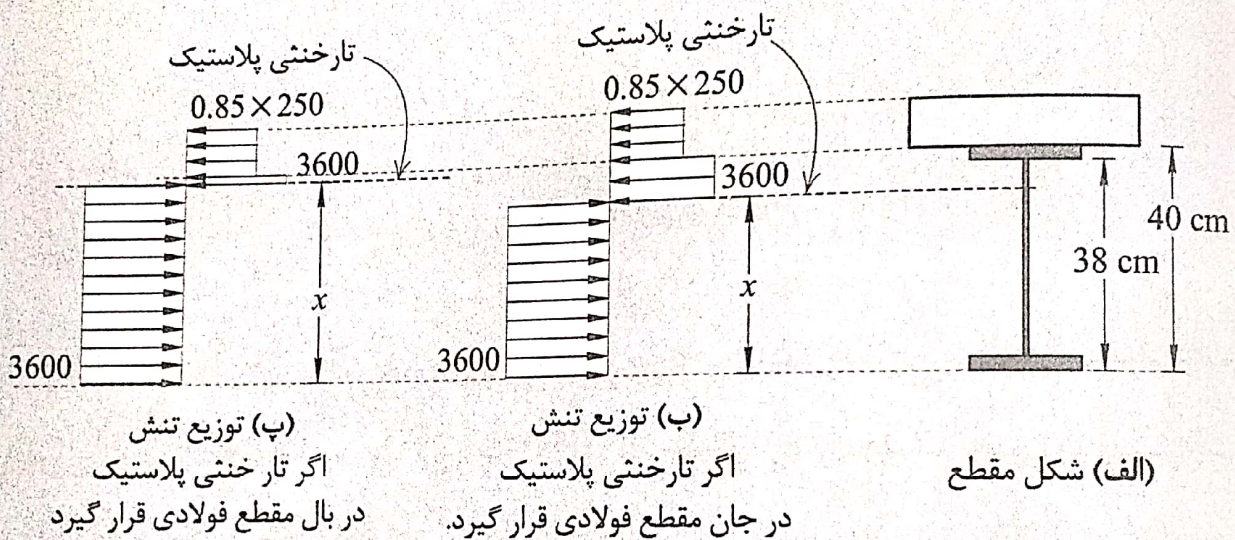
اگر $C < T$ باشد یعنی تا رختی داخل بال و یا حتی فولادها میرسد.

ظرفیت فشاری اسمی و ظرفیت خمشی اسمی مقطع مثال ۷-۱ را به روش توزیع پلاستیک تنش تعیین کنید. $F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$, $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

حل:

ظرفیت فشاری مقطع با در نظر گرفتن تنش یکنواخت $0.85f'_c$ در بتن و F_y در فولاد مشابه روش سازگاری کرنش برابر با $736/4$ تن حاصل می شود.

برای تعیین ظرفیت خمشی اسمی در لنگر مثبت، ابتدا فرض می شود که تار خشی در قسمت فولادی قرار می گیرد. بدین ترتیب توزیع تنش پلاستیک مطابق شکل ۷-۶-ب خواهد بود.



شکل ۷-۶- توزیع تنش پلاستیک در مقطع مثال ۷-۲

چنانچه محل تار خشی در جان مقطع فرض شود، مجموع نیروهای فشاری و کششی

مقطع بدین صورت محاسبه می شود:

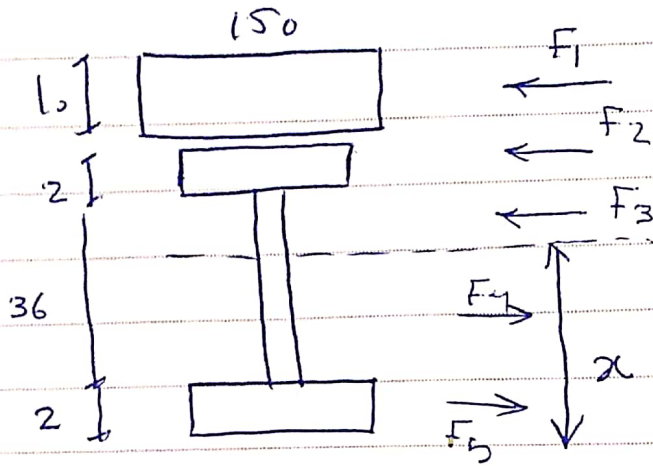
$$P_c = 0.85 \times 250 \times (150 \times 10) + 3600 \times 20 \times 2 + 3600 \times (38 - x) \times 1 = 599550 - 3600x$$

$$P_t = 3600 \times (x - 2) \times 1 + 3600 \times 20 \times 2 = 136800 + 3600x$$

برای برقراری تعادل باید $P_c = P_t$ باشد که بر این اساس مقدار x برابر با $x = 64/27 \text{ cm}$ به

دست می آید. از آنجایی که مقدار حاصل بیش تر از ۳۸ سانتی متر است، پس تار خشی

ممکن است مطابق شکل ۷-۶-پ در بال فوقانی تیر قرار گیرد ($38 < x < 40$).



فرض اول

$$2 < x < 38$$

$$F_1 = 0.85 \times 250 \times (150 \times 10)$$

$$F_2 = 3600 \times 20 \times 2$$

$$F_3 = 3600 (38 - x) \times 1$$

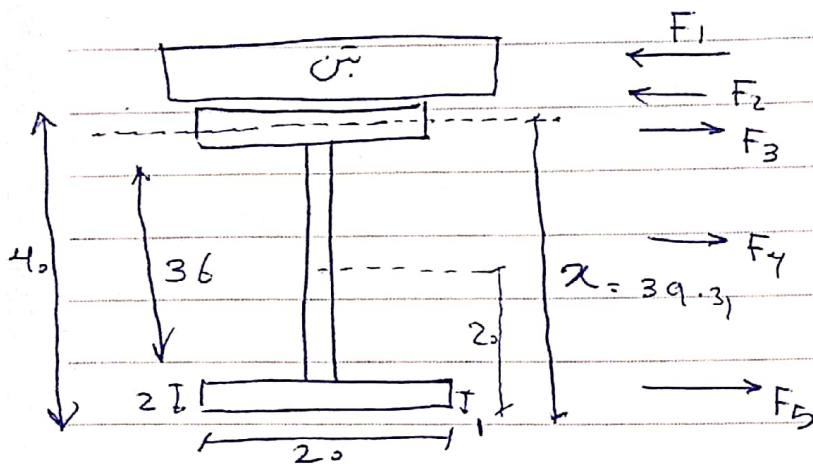
$$F_4 = 3600 \times (x - 2) \times 1$$

$$F_5 = 3600 \times 20 \times 2$$

$$\sum C = F_1 + F_2 + F_3$$

$$\sum T = F_4 + F_5$$

$$\rightarrow x = 64.27 \quad \times$$



دفعه دوم

$$38 < x < 40$$

$$x = 39.31$$

$$F_1 = 0.85 \times 250 \times (150 \times 10)$$

$$F_2 = 3600 \times (40 - x) \times 20$$

$$F_3 = 3600 \times (x - 38) \times 20$$

$$F_4 = 3600 \times 36 \times 1$$

$$F_5 = 3600 \times 20 \times 2$$

$$C = F_1 + F_2$$

$$T = F_3 + F_4 + F_5$$

$$38 < x = 39.31 < 40 \quad \text{OK} \quad \checkmark$$

$$M_n = \sum F_i d_i = F_1 \times d_1 + F_2 \times d_2 + F_3 \times d_3 + F_4 \times d_4 + F_5 \times d_5$$

$d_i =$ فاصله مرکز جاذبیت تا پائین

$$d_1 = 45 - 39.31$$

$$d_2 = \frac{40 - 39.31}{2}$$

$$d_3 = \frac{39.31 - 38}{2}$$

$$d_4 = 39.31 - 20$$

$$d_5 = 39.31 - 1$$

$$F_i \text{ ها را در } 39.31 = x \text{ مقدار$$

بالا جایگذاری شود.

محوه اجرای سیرکاسیرزیست:

① اجرا با شمع بندی

در این حالت ابتدا سیر فولادی رسفت با استفاده از قالب و شمع بسته می شود.
 و کل وزن بتن قبل از رسفت شدن کامل آن به همراه وزن سیر فولادی و قالب به
 توسط قالب و شمع تحمل می شود. وقتی بتن به حدود ۰.۷۵ ظرفیت خودش
 برسد قالب ها باز می شود. بنابراین مقطع مرکب کل بار را به صورت
 کف مرحله ای تحمل می کند. - $q_{D1} = \text{بار بتن} + \text{بار سیر} + \text{بار سیم} + \text{بار سازه} = 90$

② اجرا بدون شمع بندی

در این حالت ابتدا سیر فولادی لازم است وزن خودش، وزن بتن و قالب
 را تحمل کند بعد از آنکه بتن به ظرفیت کامل خودش برسد و قالب ها
 استفاده شده باز شود، کف سازی انجام و بار زنده بر روی آن اعمال

می شود. بنابراین:

$$q_{D1} = \text{وزن قالب} + \text{بار زنده بتن} + \text{بار زنده سیر} \leftarrow \text{بار وارده بر سیر فولادی}$$

$$q_{D2} = \text{بار زنده سازه} + \text{بار زنده بتن} + \text{بار زنده سیم} \leftarrow \text{بار وارده بر مقطع مرکب}$$

مثال ۷-۱۷

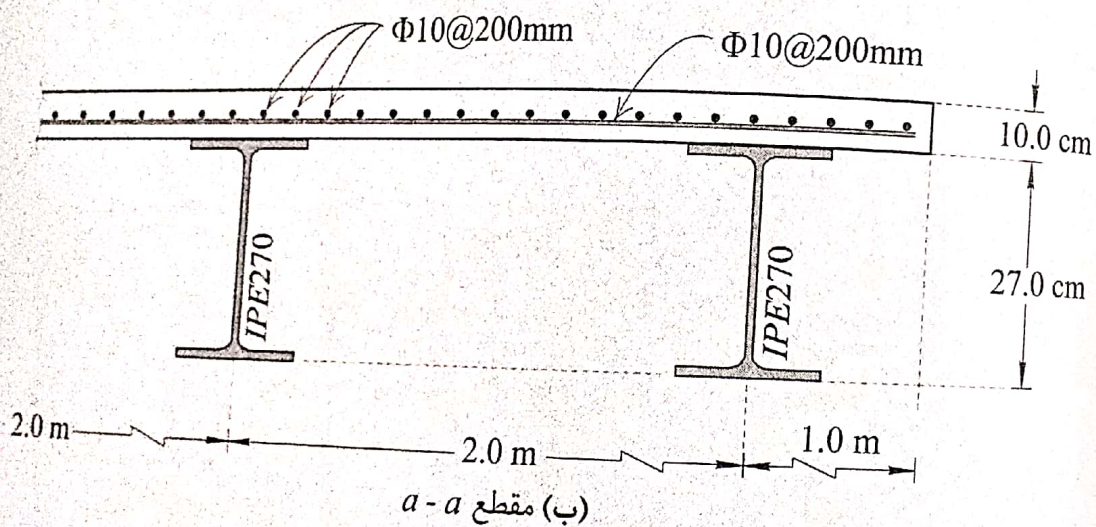
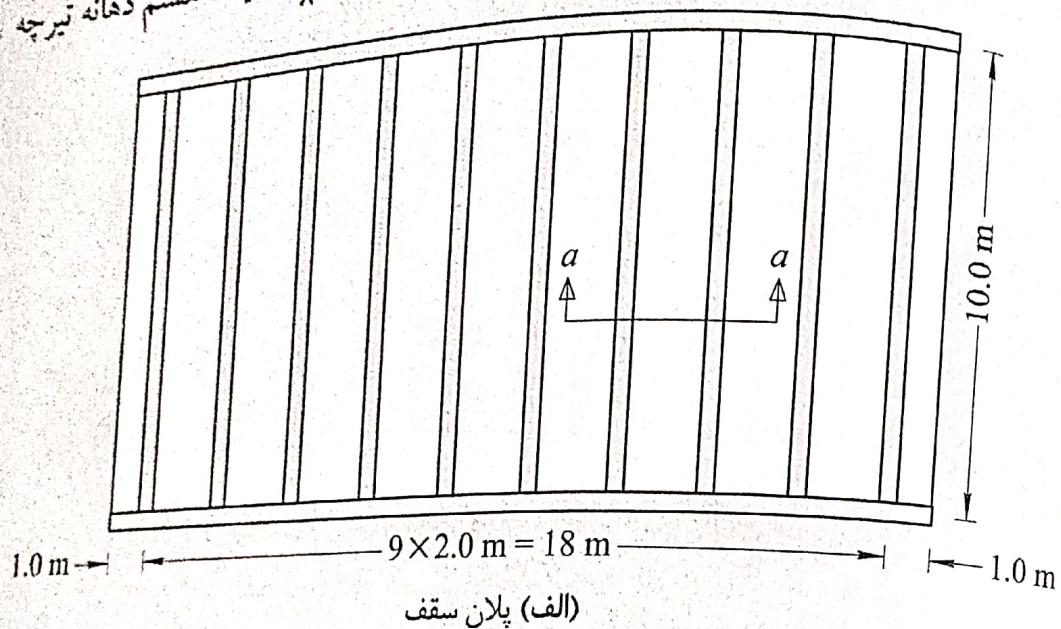
برای پوشش سالی به ابعاد $20 \times 10 \text{ m}$ از یک دال بتنی به ضخامت 10 cm و تیرچه‌های فولادی IPE ۲۷۰ به فاصله ۲ متر از یک‌دیگر استفاده شده است. تیرچه‌ها به صورت دوسر متصل به دهانه ۱۰ متر اجرا شده‌اند (شکل ۷-۱۷). در صورتی که بار مرده سقف به دلیل کف‌سازی روی دال بتنی 200 kg/m^2 باشد، حداکثر بار زنده‌ای را که سقف می‌تواند تحمل کند تعیین کنید. برای اجرای سقف از پایه‌های موقت قبل از سفت شدن بتن استفاده شده است.

$$F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2, E_s = 2/0.4 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2, f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$w_c = 2400 \text{ kg/m}^3, w_s = 7850 \text{ kg/m}^3$$

ملأ: ابتدا عرض مؤثر دال بتنی در هر مقطع تعیین می شود. بر اساس شکل ۱۳-۷ و ۱۷-۷ می توان نوشت:

$$\frac{1000}{8} = 125 \text{ cm} \quad \text{یک هشتم دهانه تیرچه}$$



شکل ۱۷-۷ - پلان و مقطع مثال ۶-۷

$$\text{نصف فواصل تیرچه ها: } \frac{S_2}{2} = \frac{S_2}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ cm}$$

$$S_1 = 100 \text{ cm}$$

بنابراین عرض مؤثر تیرهای کناری و میانی یکسان و برابر $\frac{b_e}{2} = 100 \text{ cm}$ در هر طرف

تیرچه می باشد.

مشخصات نیم رخ IPE ۲۷۰ بر اساس جدول پروفیل‌های ساختمان فولادی عبارت است از:

$$\text{IPE ۲۷۰: } A = ۴۵/۹ \text{ cm}^2, W_s = ۳۶/۱ \text{ kg/m}, d - ۲k = ۲۱/۹ \text{ cm}$$

$$d = ۲۷ \text{ cm}, t_w = ۰/۶۶$$

با توجه به آن که تیرچه‌ها دو سر مفصل هستند، تحت بار ثقلی (مرده به اضافه زنده) در طول

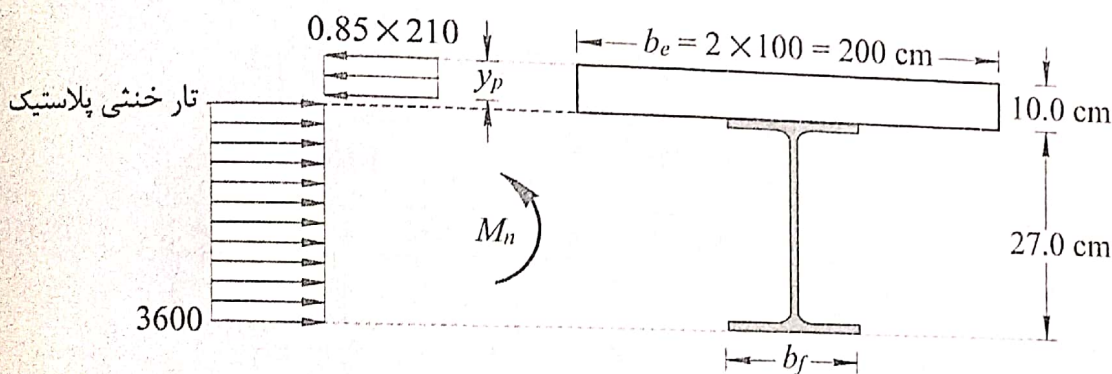
تیرچه فقط لنگر مثبت ایجاد می‌شود. از سوی دیگر با توجه به آن که $h/t_w = \frac{۲۱/۹}{۰/۶۶} = ۳۳/۱۸$

کوچک‌تر از $\sqrt{E/F_y} = ۸۹/۵$ می‌باشد، ظرفیت خمشی اسمی مقطع بر اساس توزیع لنگر

پلاستیک در مقطع به دست می‌آید. بدین منظور ابتدا باید محل تار خشی پلاستیک تعیین شود. با

توجه به شکل ۷-۱۸ می‌توان نوشت:

$$F_y A_s = ۳۶۰۰ \times ۴۵/۹ = ۱۶۵۲۴۰ \text{ kg} \leq ۰/۸۵ f'_c A_c = ۰/۸۵ \times ۲۱۰ \times ۲۰۰ \times ۱۰ = ۳۵۷۰۰۰ \text{ kg}$$



(ب) توزیع تنش پلاستیک

(الف) مقطع مختلط در عرض موثر

شکل ۷-۱۸ - مقطع مختلط و توزیع تنش پلاستیک در مثال ۶-۷

بنابراین تار خشی پلاستیک در ناحیه بتنی قرار می‌گیرد. اگر فاصله تار خشی پلاستیک تا

دورترین تار فشاری در بتن y_p نامیده شود، می‌توان نوشت:

$$\sum F = 0 \Rightarrow ۰/۸۵ \times ۲۱۰ \times y_p \times ۲۰۰ = ۳۶۰۰ \times ۴۵/۹ \Rightarrow y_p = ۴/۶۲۹ \text{ cm}$$

هم‌چنین ظرفیت خمشی اسمی مقطع با لنگرگیری حول تار خشی پلاستیک حاصل می‌شود:

$$M_n = ۰/۸۵ \times ۲۱۰ \times ۲۰۰ \times ۴/۶۲۹ \times \frac{۴/۶۲۹}{۲} + ۳۶۰۰ \times ۴۵/۹ \times \left(۱۰ + \frac{۲۷}{۲} - ۴/۶۲۹ \right)$$

$$= ۳۵/۰۱ \times ۱۰^۵ \text{ kg.cm}$$

نمیل هفتم: طراحی اعضای با مقطع مختلط

۶۲۱

بدین ترتیب ظرفیت خمشی نهایی مقطع مختلط تحت لنگر مثبت به دست می آید:

$$M_u \leq \phi_b M_n = 0.9 \times 35 / 0.1 = 31.5 \text{ t.m}$$

بار مرده سقف بر اساس عرض برابر هر تیرچه که برابر با دو متر است تعیین می شود:

$$\text{بار مرده وزن دال بتی: } 2400 \times 0.1 \times 2 = 480 \text{ kg/m}$$

$$\text{بار مرده کف سازی: } 200 \times 2 = 400 \text{ kg/m}$$

$$\text{بار مرده وزن میلگردها: } 7850 \times 10 \times \frac{\pi}{4} \times 0.01^2 + 7850 \times 5 \times \frac{\pi}{4} \times 0.01^2 \times 2 = 12.3 \text{ kg/m}$$

$$\text{بار مرده وزن نیم رخ IPE: } 36.1 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow q_D = 480 + 400 + 12.3 + 36.1 = 928.4 \text{ kg/m}$$

با توجه به دو سر مفصل بودن تیرچه، حداکثر لنگر ایجاد شده در تیر برابر با $\frac{q_u L^2}{8}$ می باشد.

$$M_u = \frac{q_u \times 1.0^2}{8} \leq 31.51 \Rightarrow q_u \leq 2.521 \text{ t/m}$$

$$q_u = 1/2 q_D + 1/6 q_L \Rightarrow 2.521 \geq 1/2 \times 0.9284 + 1/6 \times q_L \Rightarrow q_L \leq 0.8793 \text{ t/m}$$

بنابراین حداکثر بار زنده ای که سقف می تواند تحمل کند برابر با 880 kg/m یا 440 kg/m^2 به دست می آید.

کنترل خنجر

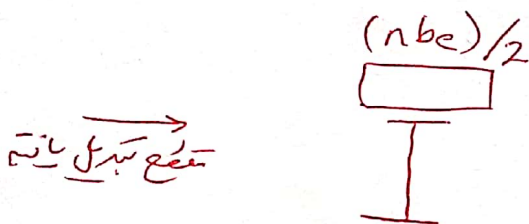
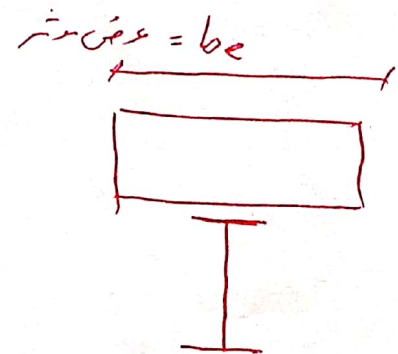
در صورتی که از شمع نبشی استفاده شده باشد، کنترل خنجر به صورت یک مرحله است. یعنی خنجر محل بارشالی مرده و زنده در یک مرتبه در کوسه تقاطع در یک محل نال شود.

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q_L l^4}{E I_{tr}}$$

$$q = q_D + q_L$$

مان انبری سطح تبدیل یافته I_{tr}

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



۱. سطح تبدیل یافته: عرض موثر b_e در n ضربه نشی

۲. مرکز سطح مقطع جدید را پیدا کنید

۳. مان انبری حول مرکز سطح پیدا کنید

تذکر: جهت کنترل خنجر، مقدار $(n b_e)$ را بر ۲ تقسیم کنیم. صرفاً جهت کنترل خنجر

در صورتی که جمع نیروی استفاده شود کنترل خیز در مرحله است:

۱! تحمل خیز ناشی از بار مرده تیر + بار مرده تین + وزن قالب بندی q_{D1}

$$\Delta_1 = \frac{5 q_{D1} \times L^4}{384 E_s I_s}$$

نویسند تیر فولادی:

I_s = عکال انیسی مقطع فولادی

$$E_s = 2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

۲! تحمل خیز ناشی از بار مرده کف سازی + بار زنده

$$\Delta_2 = \frac{5 (q_{D2} + q_L) L^4}{384 E_s I_{tr}}$$

I_{tr} = عکال انیسی مقطع سبیل یافته که در آن

$$n = \frac{E_c}{E_s}, \quad \frac{(n b_e)^{1/2}}{I}$$

مقطع سبیل یافته

مثال ۷-۱۲:

برای پوشش یک دهانه دوازده متری از تیرچه‌های فلزی به همراه دال بتنی استفاده شده است. چنانچه بار مرده کف‌سازی و تیغه‌ها جمعاً 300 kg/m^2 و بار زنده 600 kg/m^2 و جهت اجرای سقف از شمع‌بندی استفاده نشود، مقطع مختلط مناسب را جهت تحمل بارها طراحی کنید. فاصله تیرچه‌ها از یکدیگر $2/5$ متر می‌باشد.

$$F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2 ; E_s = 2/0.4 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 , w_c = 2400 \text{ kg/m}^3 , f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$$

حل:

با توجه به فاصله تیرچه‌ها و الزامات دال‌های بتنی، ضخامت دال بتنی باید از $\frac{S}{24} = 10/4 \text{ cm}$ بیش‌تر باشد. بنابراین ضخامت دال بتنی برابر با $t_c = 12 \text{ cm}$ فرض می‌گردد. به دلیل عدم استفاده از پایه‌های موقت، مقطع فولادی تنها باید بتواند بارهای وارده قبل از

سفت شدن بتن را تحمل کند. اگر بار ناشی از قالب بندی برابر 50 kg/m^2 فرض شود. بار مرده وارد بر تیرچه چنین خواهد بود:

$$q_{u1} = (2500 \times 0.12 + 50) \times 2/5 = 875 \text{ kg/m}$$

در محاسبه بار مرده، چگالی بتن دال برای در نظر گرفتن وزن میلگردها برابر با 2500 kg/m^3 در نظر گرفته شده است. چون مقطع فولادی تنها فقط بار مرده را تحمل می کند، ترکیب بار گذاری بحرانی آن $1/4 D$ خواهد بود.

$$q_{u1} = 1/4 \times 875 = 218.75 \text{ kg/m} = 1/218.75 \text{ t/m} \Rightarrow M_u = \frac{1/218.75 \times 12^2}{8} = 22.05 \text{ t.m}$$

چنان چه با تعبیه مهار جانبی کافی قبل از سفت شدن بتن از عدم رخ دادن کماتش پیچشی-جانبی اطمینان حاصل شود، ظرفیت خمشی اسمی مقطع فولادی برابر با M_p خواهد بود.

$$M_u = 22.05 \times 10^5 \leq 0.9 \times 3600 \times Z \Rightarrow Z \geq 680.6 \text{ cm}^3$$

بر اساس جدول پروفیل های ساختمانی، نیم رخ IPE 330 برای تحمل بار مذکور مناسب می باشد.

$$\begin{aligned} \text{IPE } 330: Z &= 804 \text{ cm}^3, A_s = 62.5 \text{ cm}^2, w_s = 49.1 \text{ kg/m}, I_x = 11770 \text{ cm}^4 \\ r_y &= 3.55 \text{ cm}, d = 33 \text{ cm}, t_f = 1.15 \text{ cm}, t_w = 0.75 \text{ cm}, \\ d - 2k &= 27.1 \text{ cm} \end{aligned}$$

بارهای مرده و زنده وارد بر مقطع مختلط چنین خواهند بود:

$$q_{D1} = (2500 \times 0.12 + 300) \times 2/5 = 1500 \text{ kg/m}$$

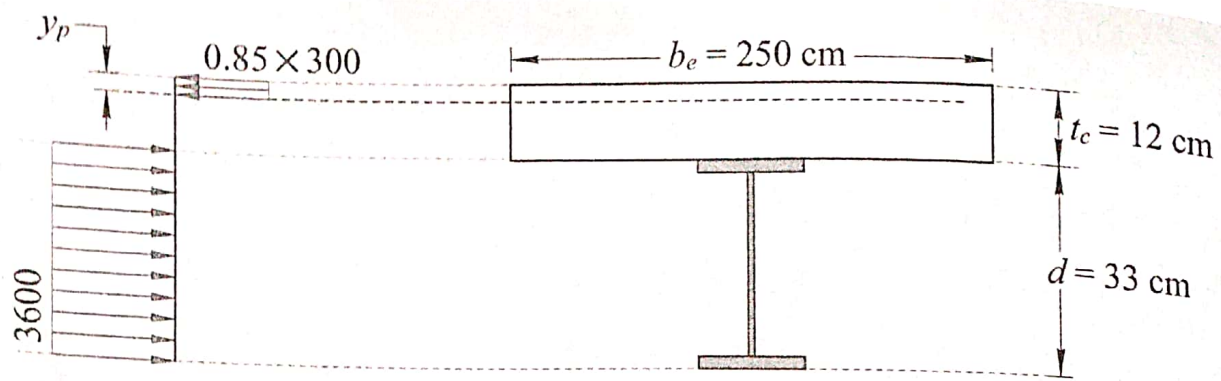
$$q_{L1} = (600) \times 2/5 = 240 \text{ kg/m}$$

$$\Rightarrow q_u = 1/2 \times 1500 + 1/6 \times 240 = 420 \text{ kg/m} = 4/2 \text{ t/m}$$

$$\Rightarrow M_u = \frac{4/2 \times 12^2}{8} = 72 \text{ t.m}$$

$$\text{نسبت } \frac{h}{t_w} = \frac{27.1}{0.75} = 36.1 \text{ از } \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 89.5 \text{ کوچک تر است؛ بنابراین ظرفیت}$$

خمشی مقطع بر اساس توزیع تنش پلاستیک به دست می آید (شکل ۷-۳۸).



شکل ۷-۳۸- توزیع تنش پلاستیک بر مقطع مثال ۷-۱۲

عرض مؤثر مقطع در هر طرف تیرچه برابر است با:

$$\frac{b_e}{2} = \min\left(\frac{250}{2}, \frac{1200}{8}\right) = 125 \text{ cm} \Rightarrow b_e = 250 \text{ cm}$$

برای تعیین محل تار خنثی پلاستیک می توان نوشت:

$$0.85 \times 300 \times 250 \times y_p = 3600 \times 62/5 \Rightarrow y_p = 3/53 \text{ cm} < t_c$$

$$\Rightarrow M_n = 0.85 \times 300 \times 250 \times 3/53 \times \frac{3/53}{2} + 3600 \times 62/5 \times \left(12 + \frac{33}{2} - 3/53\right) = 60.15 \times 10^5$$

$$\Rightarrow M_u = 75/6 \leq 0.9 \times 60.15 = 54.14 \text{ t.m} \rightarrow$$

مناسب نیست.

بنابراین مقطع باید تقویت شود. چنانچه یک ورق فولادی به ابعاد $11 \times 1/5 \text{ cm}$ به بال

پایینی تیرچه فولادی اضافه شود، می توان نوشت:

$$0.85 \times 300 \times 250 \times y_p = 3600 \times (62/5 + 11 \times 1/5) \Rightarrow y_p = 4/46 \text{ cm} \leq t_c$$

$$\Rightarrow M_n = 0.85 \times 300 \times 250 \times 4/46 \times \frac{4/46}{2} + 3600 \times 62/5 \times \left(12 + \frac{33}{2} - 4/46\right) + 3600 \times 11 \times 1/5 \times (12 + 33 + 0.75 - 4/46) = 84.96 \times 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$\Rightarrow M_u = 75/6 \leq 0.9 \times 84.96 = 76.46 \text{ t.m} \rightarrow$$

مناسب است.

کنترل برش:

حداکثر نیروی برشی در دو انتهای عضو ایجاد می شود:

$$V_u = \frac{4/2 \times 12}{2} = 25/2 \text{ ton}$$

در صورتی که فقط از ظرفیت مقطع فولادی استفاده شود:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{27/1}{.75} = 36/1 \leq 1/1 \times \sqrt{\frac{5 \times 2/0.4 \times 1.6}{3600}} = 58/6 \Rightarrow C_v = 1$$

$$\Rightarrow V_n = .6 \times 3600 \times (33 \times .75) \times 1 = 53/46 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow V_u = 25/2 \leq .9 \times 53/46 = 48/11 \text{ ton} \rightarrow$$

مناسب است.

کنترل افتادگی:

به دلیل آن که تیرچه‌ها دو سر مفصل فرض شده‌اند، خیز حداکثر آن‌ها بدین صورت محاسبه می‌شود.

$$\Delta_{\max} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{E_s I_{\text{eff}}}$$

که در آن q حاصل از ترکیبات بدون ضریب است. چنان‌چه از روش ارائه شده در مبحث دهم استفاده شود، باید Δ در دو مرحله محاسبه گردد. در گام اول تحت بارهای وارده تیرچه قبل از سفت شدن بتن می‌توان نوشت:

$$q_1 = (2500 \times .12 + 50) \times 2/5 + 49/1 + 785 \times (.11 \times .15) = 937 \text{ kg/m} = 9/37 \text{ kg/cm}$$

$$\bar{y}_1 = \frac{62/5 \times 16/5 + 11 \times 1/5 \times (33 + .75)}{62/5 + 11 \times 1/5} = 20/1 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow I_s = 11770 + 62/5 \times (20/1 - 16/5)^2 + 11 \times 1/5^3 \times \frac{1}{12} + 11 \times 1/5 \times (33/75 - 20/1)^2 = 15657 \text{ cm}^4$$

$$\Rightarrow \Delta_1 = \frac{5}{384} \times \frac{9/37 \times 1200^4}{2/0.4 \times 10^6 \times 15657} = 7/92 \text{ cm}$$

از آن جایی که Δ_1 باید با Δ_2 حاصل از اعمال سایر بارها بر مقطع مختلط جمع شده و حاصل آن کوچک‌تر از $5 \text{ cm} = \frac{1200}{240}$ باشد، مقطع طراحی شده نمی‌تواند افتادگی تیر را کنترل کند. از این رو باید جهت کنترل خیز تیرچه، مقطع مختلط تقویت گردد. اگر از نیم‌رخ IPE 500 استفاده شود:

$$q_1 = (2500 \times .12 + 50) \times 2/5 + 90/7 = 965/7 \text{ kg/m} = 9/657 \text{ kg/cm}$$

$$\Delta_1 = \frac{5}{384} \times \frac{9/657 \times 1200^4}{2/0.4 \times 10^6 \times 48200} = 2/652 \text{ cm}$$

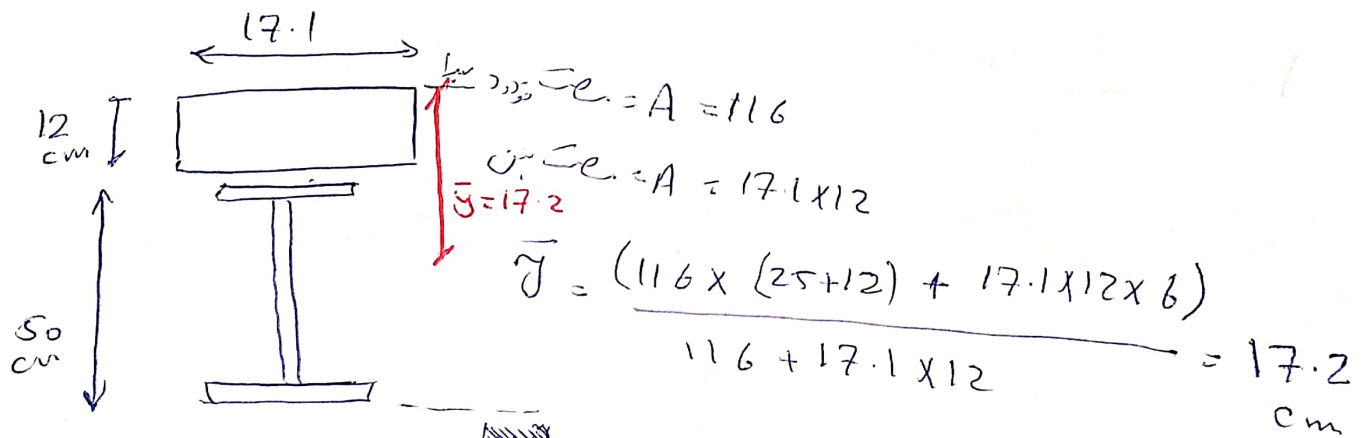
حل: $q_{D2} = 300 \times 2.5$

$q_L = 600 \times 2.5$

در مرحله دوم: بار وارد بر تیر

نسبت سبیل کشی: $n = \frac{E_c}{E_s} = \frac{0.137 \times 2400^{1.5} \sqrt{300}}{2.04 \times 10^4} = \frac{1}{7.31}$

عرض سبیل کشی: $b_e = 250 \text{ cm}$
 سبیل کشی (برای سبیل کشی) $n \times \frac{b_e}{2} = \frac{250}{2} \times \frac{1}{7.31} = 17.1 \text{ cm}$



$$I_{tr} = \left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2 \right) + \left(\frac{bh^3}{12} + Ad^2 \right)$$

$$= \frac{17.1 \times 12^3}{12} + (17.1 \times 12) \times (17.2 - 6)^2 + \frac{48200}{\text{مکان اینترکس}} + 116 \times (17.2 - 37)^2$$

$$= 28202.64 + 43676.64 = 121879.33$$

$$\Delta_2 = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI_{tr}} =$$

$$q = q_{D_2} + q_L = \frac{300 \times 2.5 + 600 \times 2.5}{4} = 2250 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 22.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$\Delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{22.5 \times 1200}{2.04 \times 10^6 \times 121879.33} = 2.44 \text{ cm}$$

$$\Delta_1 + \Delta_2 = 2.652 + 2.44 = 5.092 \approx \frac{L}{240} = 5 \text{ cm OK}$$

کنترل اریک سرتیر

$$P_n = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{EI \times g}{q_d L^4}}$$

$$I_{tr} = 121879.33, \quad g = 480.6 \text{ cm/s}^2$$

$$q_d = (2500 \times 0.12 + 300) \times 2.5 + 90.7 = 1591.19 \text{ kg/m} = 15.91 \text{ kg/cm}$$

وزن خود سرتیر

$$L = 1200 \text{ cm}$$

$$P_n = \frac{\pi}{2} \times \sqrt{\frac{2.04 \times 10^6 \times 121879.33 \times 480.6}{15.91 \times 1200^4}} = 4.28 < 5$$

چون $P_n > 5$: سرتیر نیاز است
از یک مقطع ضعیف تر

استال برش بین بتن و فولاد

$$\phi V_n = \min (0.85 f'_c A_c, A_s F_y)$$

محدودیت:

$$\phi V_n > V_u$$

$$\phi = 1, V_n = N Q_n$$

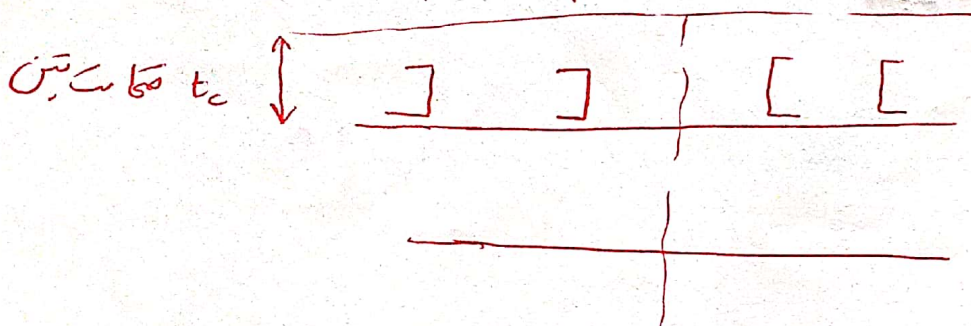
$$N = \text{تعداد برش}$$

$$Q_n = \text{طریقت برش}$$

یک برش

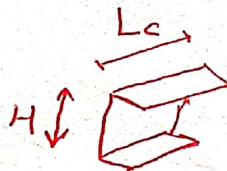
$$s \leq \min \{8 t_e, 500\}$$

برش از نوع ناودان



$$1 < \frac{t_f}{t_w} < 5.5$$

$$\frac{H}{t_w} > 8$$



$$\frac{L_c}{t_f} \geq 6$$

$$0.5 \leq \frac{r}{t_w} \leq 1.6$$

$$H = \text{ارتفاع ناودان}$$

$$t_w = \text{ضخامت جان}$$

$$t_f = \text{ضخامت بال ناودان}$$

$$L_c = \text{طول ناودان}$$

$$Q_n = 0.3 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f'_c E_c}$$

برش لیر (رفع) شکل میخ

$$Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

$$A_{sa} \geq \frac{\pi d^2}{4}$$

$$R_g = 1, R_p = 0.75$$

ص ۱۳۵ آیین ۴۲

$$\frac{H_s}{4d_s} > 1$$

$$S < \min(30d_s, 8t_s, 800)_{mm}$$

$$S > 4d_s$$

$$\frac{d_s}{25} < t_f \rightarrow \text{مقاومت به تنهایی}$$

$$E_c = 0.137 \gamma^{1.5} \sqrt{f_c}$$

مطلوب است طراحی برش برای ۱۲-۷

$$A_s = 116 \quad V = \min (0.85 \times f_c A_c, A_s F_y) \\ t_c = 12 \text{ cm} = 0.85 \times 3000 \times 12 \times 250, 116 \times 3600 = (765 \times 10^3, 417.6 \times 10^3)$$

$$V = 417.6 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$\text{برش} \quad d_s = 20 \text{ mm} \rightarrow A_s = \frac{\pi d^2}{4} = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$Q_n = (0.5 \times 3.14 \times \sqrt{3000 \times 296613.7} + 0.75 \times 3.14 \times 3600) = \min (14810, 14310)$$

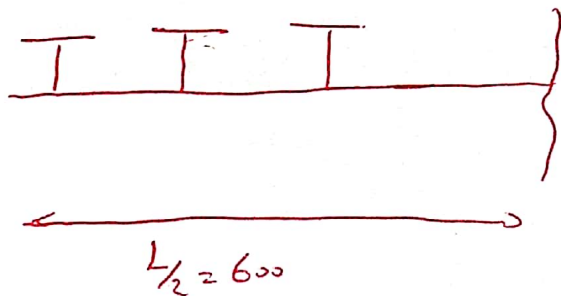
$$E_c = 0.137 \times 2500^{1.5} \sqrt{3000} = 296613.7 \quad = 14310 \text{ kg}$$

$$V < N \times Q$$

$$417.6 \times 1000 < N \times 14310 \Rightarrow N = 30$$

عدد در طول نصف تیر

طول تیر ۱۲ متر بود است در نصف طول تیر یعنی ۶ متر ۳۰ عدد کل میخ استفاده شود.



$$\rightarrow S = 20 \text{ cm}$$

$$S_{\min} = 4 \times \text{قطر} = 4 \times 2 = 8 \text{ cm} \quad \rightarrow \frac{8}{\text{cm}} < S = 20 < 60 \text{ ok}$$

$$S_{\max} = \min (30 \times 2, 8 \times 12, 80) = 60 \text{ cm}$$

نقطه نقطه

8 - در صورت استفاده از یک درخت سبک $I_{D.C}$

$$t_f = 0.8$$

$$t_w = 0.6$$

$$H = 8$$

$$L_c = 10 \text{ cm}$$

$$1 < \frac{t_f}{t_w} = \frac{0.8}{0.6} < 5.5$$

$$\frac{H}{t_w} = \frac{8}{0.6} = 13.3 > 8$$

$$\frac{L_c}{t_f} = \frac{10}{0.8} = 12.5 > 6$$

$$0.5 \leq \frac{r}{t_w} \leq 1.6 \quad \checkmark$$

$$Q_n = 0.3 (t_f + 0.5 t_w) L_c \sqrt{f_c E_c}$$

$$= 0.3 (0.8 + 0.5 \times 0.6) \times 10 \times \sqrt{3000 \times 296613.7} = 31129.3$$

kg

$$Q_u = 417.6 \times 1000 < N \times 31.129 \times 1000$$

$$N \approx 14$$

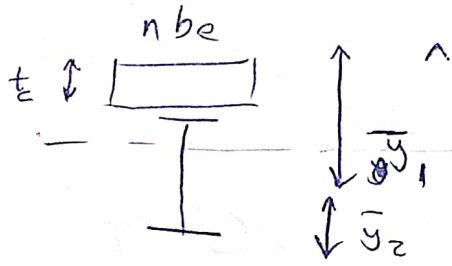
$$d_{p6} = \frac{600}{14} = 45 \text{ cm}$$

$$S_{max} < (8 \times 12,50) = 50$$

حالتی که $\frac{h}{t_w} > 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد

از رشت جمع میل تانگ بر استفاده کرد

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



$$\bar{y}_1 = \frac{A_{st} \times d_1 + A_c \times d_2}{d_1 + d_2}$$

$$d_1 = \frac{h}{2} + t_c$$

$$d_2 = t_c/2$$

$M_{st} =$
کنترل تنش در فولاد

$$P_s = \frac{M_1 \times \bar{y}_2}{I_{tr}} = F_y \rightarrow M_1 = F_y \times \frac{I_{tr}}{\bar{y}_2}$$

در بتن

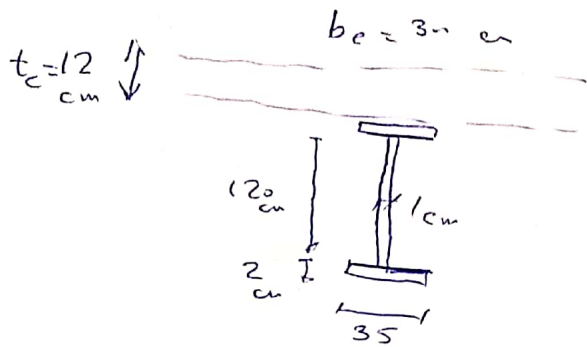
$$P_c = n \times \frac{M_2 \times \bar{y}_1}{I_{tr}} = 0.7 F_c \rightarrow M_2 = \frac{0.7 F_c}{n} \times \frac{I_{tr}}{\bar{y}_1}$$

$$M = \min (M_1, M_2)$$

اگر ما خنجی $\bar{y}_1 > t_c$ بدست آمد یعنی کل بتن در فشار است

لکن از $\bar{y}_1 < t_c$ بدست آمد یعنی بخشی از بتن در کشش است

در این صورت باید از آن حد نظر شود



طریقت قسیمیہ زیر:

$f_c = 250$, $F_y = 240$

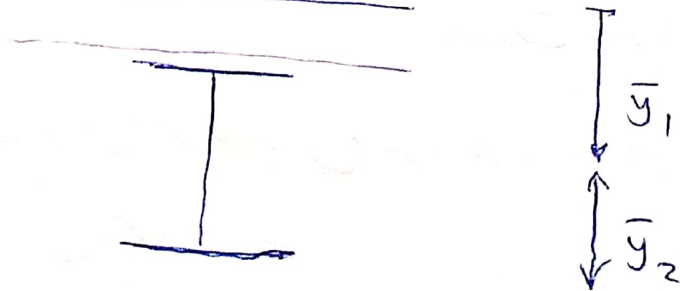
$$\frac{h}{t_w} = \frac{120}{1} = 120 \geq 3.76 \sqrt{\frac{E = 20000 \times 1.6}{F_y = 240}} = 109.6$$

$$E_c = 0.137 \times 2400^{1.5} \sqrt{250} = 254687$$

$$n = \frac{E_c}{E_s} = \frac{1}{8}$$

$$b_e = n \times b_c = \frac{1}{8} \times 300 = 37.5$$

→ طریقت قسیمیہ



$$A_c = 37.5 \times 12 = 450$$

$$d_1 = \frac{t_c}{2} = 6$$

$$A = 2 \times 2 \times 35 + 120 \times 1 = 260$$

$$d_2 = \frac{120}{2} + 2 + 12 = 74$$

$$\bar{y}_1 = \frac{A_c d_1 + A_s d_2}{A_c + A_s} = \frac{450 \times 6 + 260 \times 74}{450 + 260} = 30.91$$

$$\bar{y}_2 = 105.1$$

$$\bar{y}_1 > t_c \rightarrow \text{کل تین دفار}$$

$$I_{\text{موجود}} = \frac{35 \times 124^3}{12} - \frac{34 \times 120^3}{12} = 664986.67$$

$$I_{\text{مبنی}} = \frac{12^3 \times 37.5}{12} = 5400$$

$$I_{tr} = (I_{\text{مبنی}} + A d^2) + (I_{\text{موجود}} + A d^2) \quad (74 - 30.91)^2$$

$$= [5400 + 450 \times (30.91 - 6)^2] + [664986.67 + 260 \times (74 - 30.91)^2]$$

$$= [284628.645 + 1147741.176] = 1.432 \times 10^6 \text{ Cm}^4$$

$$M_{n1} = F_y \times \frac{I_{tr}}{y_2} = 2400 \times \frac{1.432 \times 10^6}{105.1} = 327 \times 10^5 \text{ kg. cm}$$

$$M_{n2} = \frac{0.7 f_c}{n} \times \frac{I_{tr}}{y_1} = \frac{0.7 \times 250}{(1/8)} \times \frac{1.432 \times 10^6}{30.91} = 648 \times 10^5 \text{ kg. cm}$$

$$M_n = \min(327, 648) = 327 \text{ t.m}$$