

بش. پیش تنیده

خودین از مدعوست

مراجع: ۱- طراحی سازه‌های بش. مسلح جلد دوم

بخش بش. پیش تنیده از طالع

۲- طراحی سازه‌های بش. پیش تنیده از خالو

2. Design of Prestressed concrete
structures By Lin, T.Y

3. Prestressed concrete Design
By Hulse

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

فصل دوم: مصالح مصرفی در بش. پیش تنیده

فصل سوم: روشهای ویسگی تنیدگی

فصل چهارم: رفتار خمشی اعضای ویسگی تنیده

فصل پنجم: اتلاف نیروی ویسگی تنیدگی

فصل ششم: آنالیز و طراحی تیرهای ویسگی تنیده در مقابل خمش

فصل هفتم: طراحی تیرهای ویسگی تنیده در مقابل برش

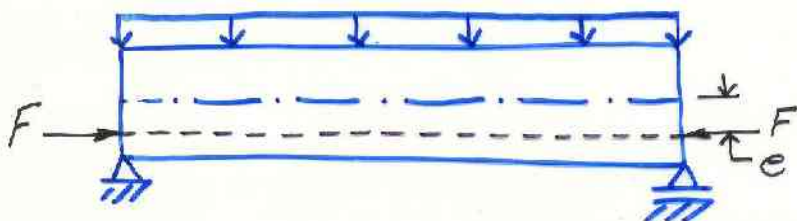
فصل هشتم: مقاطع مرکب بش. ویسگی تنیده

فصل نهم: تیرهای نامعین

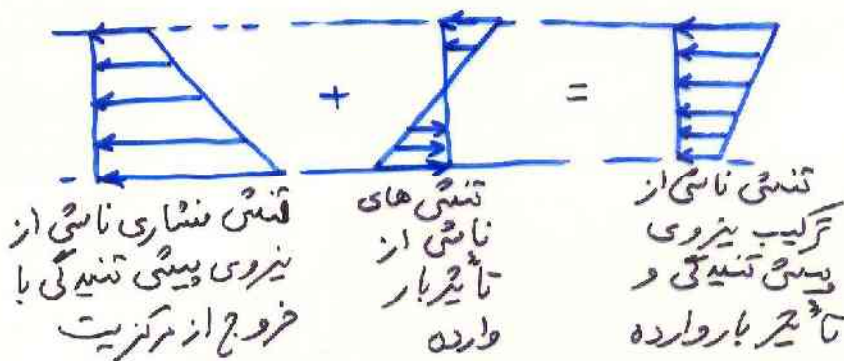
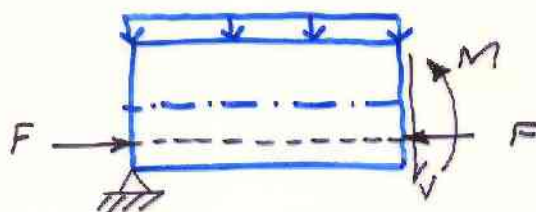
فصل اول: مقدمه

پستی‌تندی

تعریف: ایجاد تنش‌های داخلی مخالف با تنش‌هایی که در
 ضخیم بارهای سرویس در سازه ایجاد می‌گردد



* با توجه به مقاومت کششی ناچیز بتن و مقاومت فشاری خوب آن
 در مقطع تیر تنش‌های فشاری ایجاد می‌گردد که با تنش‌های
 کششی ناشی از بار سرویس مقابله می‌کند



هدف اصلی از پیوستگی تنیده کردن تیر، فدر کردن تنسهای
کسی و ترکهای ناشی از همان خمشی تحت تأثیر بارهای
وارد بر تیر

* با اعمال نیروی پیوستگی تنیدگی می توان تنسهای کسی در تیر
را کاهش داده و یا مانند مثال بالا آنرا لنگی از بین برده و
تبدیل به تنسهای فشاری نمود

مزایای بتن پیوستگی تنیده

۱- تحت بار سردیس هیچگونه ترک در تیر ایجاد نمی شود
نتیجتاً: باعث دوام بیشتر ساختمان

۲- تمام سطح مقطع بتن مؤثر می باشد
نتیجتاً: همان ایزر سی مقطع بزرگتر و طبعاً صلبیت خمشی
تیر در مقابل بار بتن مسلح بیشتر می باشد

۳- به دلیل وجود نیروی پیوستگی تنیدگی (نیروی فشاری) مقاومت
برشی تیر بتن پیوستگی تنیده از تیر بتن مسلح بیشتر می باشد

۴- وزن ساختمان بتن پیوستگی تنیده بعواتب کمتر از وزن
ساختمان بتن مسلح است

۵- عنصر پیوستگی تنیده در مقابل بارهای زلزله و دینامیکی رفتار
بهتری را نشان می دهد

معایب بتن پرسی تنیده

- ۱- هزینه بیشتر مصالح با مقاومت بالا
- ۲- نیاز به وسایل مخصوص برای مهار فولادهای پرسی تنیده
در دو انتهای عضو
- ۳- نظارت و مهارت بیشتر در اجرای بتن پرسی تنیده

فضل دوم: مصالح مصرفی در بتن پرسی تنیده

الف: بتن

بتن بکار رفته در تیرهای بتن پرسی تنیده معمولاً تحت اثر تنشهای بزرگتری نسبت به بتن مسلح قرار می گیرد لذا باید دارای مقاومت بالاتری باشد

مزایای بتن با مقاومت بالا

- (۱) دارا بودن مدول الاستیسیت بزرگتر
نتیجتاً: اتلاف تنشی کوچکتری ناشی از کوتاه شدن الاستیک تیر
- (۲) کمتر شدن گاهش طول ناشی از خزش در بتن
نتیجتاً: اتلاف تنشی ناشی از خزش کوچکتر خواهد بود
- (۳) مقاومت کششی بزرگتر

4) مقاومت فشاری بتن با مقاومت بالا بیشتر است
 نتیجتاً: برای بار کردن کابلها در انتهای می توان
 از تیرهای ضریب نفوذی استفاده نمود

* در شرایط معمول بتن استفاده شده در بتن های پیش تنیده
 از مقاومت مشخصه بین $280 \frac{kg}{cm^2}$ و $5600 \frac{kg}{cm^2}$
 برخوردار می باشد

مقاومت فشاری

از طریق بارگذاری نمونه های استاندارد $15cm$
 قطر و به ارتفاع $30cm$ در سن ۲۸ روزه

عمودار تنشی - کرنش بدست آمده از آزمایش فشاری
 نشان می دهد

بتن ابتدا رفتار الاستیک دارد ، مدول الاستیسیته بتن برابر است

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$$

f'_c : مقاومت مشخصه ۲۸ روزه نمونه های استاندارد $\frac{kg}{cm^2}$ حسب

سیمی رفتار بتن بصورت غیر الاستیک در می آید

کرنش نهایی در فشار 0.003 در نظر گرفته می شود

مقاومت کششی بتن

f_{ct} : مقاومت کششی نامی از ترک اندن نمونه های استوانه ای

$$f_{ct} = 1.78 \sqrt{f'_c}$$

$\frac{Kg}{cm^2}$

f_r : مقاومت کششی درخش و موم به جدول ریاضی:

$$f_r = 2 \sqrt{f'_c}$$

$\frac{Kg}{cm^2}$

افت در بتن

تبیین شدن آب فلوپاتی و تغییر شکل تدریجی بتن
کرنش نهایی از افت "E_{sh,u}" به به رطوبت هوا
بین 200×10^{-6} تا 800×10^{-6}

خزشی در بتن

قطعه بتنی تحت بار ثابت به طول زمان تحت تغییر شکل تدریجی
قرار می گیرد این پدیده موسوم به خزش می باشد
کرنش نهایی نامی از خزش ϵ_{cu} از رابطه تجربی
زیر بدست می آید

$$\epsilon_{cu} = C_{tu} \epsilon_{ci}$$

ϵ_{ci} = کرنش فشاری الاستیک در نتیجه بار وارده

C_{tu} = ضريب خزشي نهائي

f'_c (Kg/cm ²)	C_{tu}
210	3.1
280	2.9
420	2.4
560	2
700	1.6

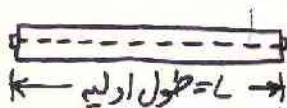
ب: فولاد

فولادی که در بتن پيش تنیده بکار میرود باید دارای مقاومت بسیار زیاد باشد

* کشش اولیه ای که بجان داده می شود در حد بزرگی از این مقاومت را دارا می باشد

چرا که در نتیجه اختلاف پيش تنیدگی از کشش فولاد بمقدار زیاد کاسته خواهد شد

* در قرن گذشته در کارهای اولیه، نیروی پيش تنیدگی توسط سلكهای فولاد نرم بوجود می آمد - بخاطر پایین بودن تنش های پيش تنیدگی پس از وقوع افت و خزش و... تنش های قابل ملاحظه ای در توطه باقی نمی ماند



افزایش طول فولاد
"0.00062L"
انقباض و خزش بتن

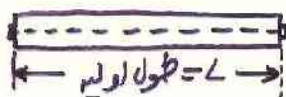
در نظر بگیرید میلگرد معمولی تحت
تنش یکنی کشنده $1240 \frac{Kg}{cm^2}$

مدول الاستیسیته فولاد $2 \times 10^6 \frac{Kg}{cm^2}$
کرنش ایجاد شده در میلگرد برابر است

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{1240}{2 \times 10^6} = 0.00062$$

تقریباً بهین میزان در نتیجه انقباض و خزش در بتن
گاهی طول موجود میآید

نتیجتاً : تمام افزایش طول اولیه فولاد برود
زمان از بین می رود



افزایش طول فولاد
فولاد $0.005L$
افزایش طول
در فولاد $0.0042L$
ناشی از انقباض و خزش
بتن $-0.0008L$

و اما در صورت اختیار نمودن
فولاد پر مقاومت و قراردادن
فولاد تحت تنش یکنی کشنده

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{10000}{2 \times 10^6} = 0.005$$

با فرض اینکه کل کرنش نهایی ناشی از انقباض و خزش در بتن برابر 0.0008

$$0.005 - 0.0008 = 0.0042 \leftarrow \text{کرنش باقیمانده}$$

$$\sigma = E \epsilon = (2 \times 10^6)(0.0042)$$

$$\sigma = 8400 \text{ Kg/cm}^2$$

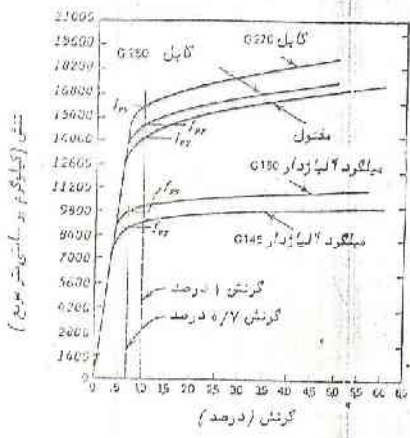
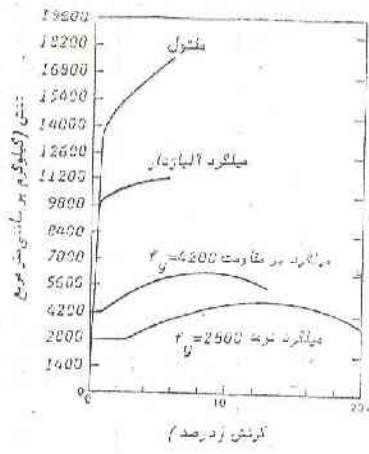
الف: سیم



ب: کابل

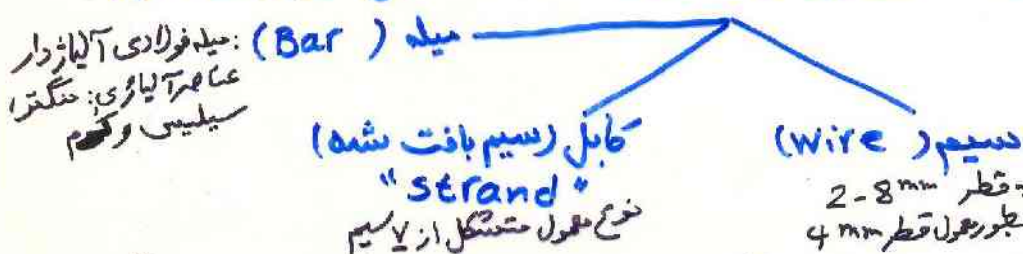


پ: سیم های فزادگی آلیاژ دار



فولاد مصرفی در کارهای پستی تنیده / سیم (Wire)
 / سیم‌های فولادی آلیاژدار

فولادهای پستی تنیدگی به سه شکل تولیدی شود



فولادهای پستی تنیدگی در مقایسه با سلیگردهای معمولی از نقطه انعطاف پذیری بالاتری برخوردار می‌باشند.

از نمودار تنش - کرنش این نوع فولادها ملاحظه می‌شود
 فولاد پستی تنیدگی فقط تسلیم مشخصی ندارند

لذا تنش تسلیم تعریف شده در

کابل - تنش نظیر کرنش ϵ

سیم فولادی آلیاژدار - تنش نظیر کرنش $\epsilon_{0.7}$

مثل شدگی فولاد پستی تنیدگی

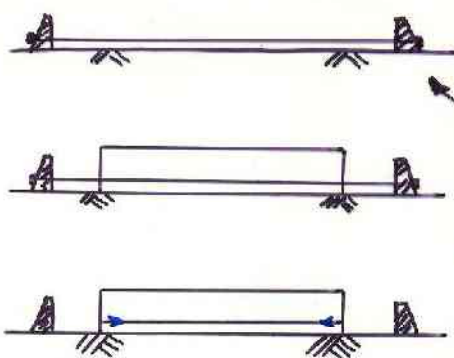
فولاد پستی تنیدگی که تحت تنش‌های بالا کشیده می‌شود
 به مرور زمان تحت تغییر شکل تابع زمان قرار می‌گیرد
 با توجه به اینکه فولاد بین دو انتهای ثابت کشیده می‌شود
 از کشش فولاد در طول زمان کاسته می‌شود
 این پدیده موسوم به مثل شدگی فولاد است

➤ روشهای پیش تنیدگی

پیش تنیدن بتن توسط فولاد به دو طریق
پیش کشیده و چسب کشیده صورت می گیرد

در روش پیش کشیده قبل از انجام بتن ریزی فولاد تحت
کشی قرار می گیرد

در روش پس کشیده پس از آنکه بتن خود را گرفت
و به اندازه کافی مقاوم شد فولاد را می کشند
الف: روش پیش کشیده



فولادها در حده فاصل دو
تکیه گاه انتهایی ثابت
کشیده می شود و توسط
تیرهای مخصوص گیر داده می شوند

پس از آنکه بتن در نظر در داخل قالب
بتن ریزی می شوند

مراحل اجرایی تیر پیش کشیده

پس از آنکه بتن به مقاومت
کافی رسیده فولادها از دو انتها
قطع می شوند
بتنوی پیش تنیدگی به وسیله چسبندگی
به بتن منتقل و آنرا تحت فشار قرار می دهد

ب: روش پس کشیده

در مسیر عبور فولاد غلافی در داخل قالب میگذارد و سپس بتن را میریزند و ورق صغفه فشار قبل از بتن ریزی جایگذاری می شود



پس از مقاوم شدن بتن، فولادها از داخل غلاف عبور داده میشوند توسط حلقه هایی که به صغفه فشار تکیه دارند کشیده میشوند

بعد از گیر دادن فولاد پیچشی تنیدگی توسط گیره های مخصوص نیروی فشاری بطور دائم در بتن وجود خواهد داشت

بعد از آنها رک کردن فولادها، داخل غلاف ملات تزریق میشود محل تزریق محافظت در برابر خوردگی + حساسی بتن و فولاد را تا زمانی می نماید

مقایسه روش پس کشیده با روش پیچشی کشیده

- در روش پس کشیده می توان قطعات پیچشی تنیده را بصورت درجا ریخته و بتن ریزی نمود در صورتیکه در روش پیچشی کشیده امکان ندارد نیست و باید حتما در کارخانه عملیات پیچشی تنیدگی انجام شود

- در روش پس کشیده فولادهای پیچشی تنیدگی را می توان روی هر سیر منحنی براحتی کار گذاشت

- در روش پس کشیده در هنگام کشیدن فولاد در اثر اصطکاک فولاد با غلاف مقداری از نیروی پیچشی کشیده گی تلف می شود حال آنکه چنین اتلافی در روش پیچشی کشیده گی نداریم

رفتار خمشی تیرهای پیش تنیده

نیروی حب زدن: اولین نیروی که به فولاد پیش تنیدی اعمال می‌شود و با F_z نشان داده می‌شود

F_z

$$f_{sz} \leq 0.85 f_{pu}$$

طبق آیین نامه ACI

$$f_{sz} \leq 0.94 f_{py}$$

هر کدام کوچکتر باشد

تنش ناشی از حب زدن = f_{sz}

توجه: هیچگاه تمام نیروی ناشی از حب به بتن

وارد نمی‌شود، قسمتی از آن بدلیل اتلاف آبی

تنش مثل اصطکاک فولاد با حصار غلاف (درگاه)

می‌کشد، سر خوردن گیره، کوتاه شدن الیستیک

تیر از بتن میرود، نیروی پیش تنیده باقی مانده

موسوم به نیروی پیش تنیدی اولیه F_i است

$$f_{si} \leq 0.74 f_{pu}$$

طبق آیین نامه ACI

$$f_{si} \leq 0.82 f_{py}$$

تنش پیش تنیدی اولیه f_{si}

این مرحله که نیروی پیش تنیدی اولیه بر تیر اعمال می‌شود مرحله انتقال نامیده می‌شود. در این مرحله مقاومت بتن ممکن است به مقاومت

۲۸ روزه نرسیده باشد. مقاومت فشاری در این مرحله با f'_{ci}

نشان داده می‌شود. معمولاً $f'_{ci} > 28 \text{ MPa}$

(13)

در مرحله انتقال علاوه بر نیروی پیستی تنیدگی اولیه
جدول فرسی سدن تیر در اثر نیروی پیستی تنیدگی
وزن تیر نیز فعال شده و بر تیر مؤثر می شود

در نتیجه مقداری از تنگی پیستی تنیدگی کاهش می یابد

$$f_{ti} \leq 0.8 \sqrt{f'_{ci}} \quad \text{طبق آیین نامه ACI}$$

$$f_{ci} \leq 0.6 f'_{ci}$$

در مرحله انتقال

بعد از مرحله انتقال، مرحله بهره برداری خواهد بود

در این مرحله تیر تحت اثر نیروی پیستی تنیدگی

علاوه تمام بارهای وارده مرده و زنده

نیروس پیستی تنیدگی فعال در این مرحله مؤثر به نیروی

پیستی تنیدگی مؤثر (f_e) که کمتر از نیروی پیستی تنیدگی

اولیه جدول اتلافات دراز مدت مانند

اتلاف ناشی از انقباض و خزش در پی

سنگ فولاد

طبق آیین نامه ACI

در این مرحله

$$f_{ts} \leq 1.6 \sqrt{f'_c}$$

$$f_{cs} \leq 0.45 f'_c$$

حد اکثر تنش فشاری در مرحله بهره برداری

مرحله بعدی مرحله مقاومت خمشی (فصل ۶) مباحثه تنش های الاستیک

تنش روش اساسی برای محاسبه تنش ها در بتن پرسیافته
۱- روش مقطع هگن

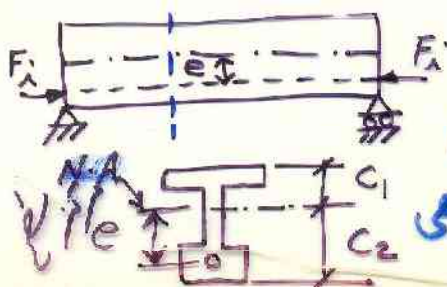
در این روش بتن پرسیافته را اساساً بصورت یک بتن در قطری گیرد که در نتیجه اعمال پرسیافته از یک ماده ترد به یک ماده الاستیک تبدیل شود بتن توسط فولادهای باکشی بالا فشرده می شود بطوریکه بتن ترد قادر است تنش های کششی را تحمل نماید بتن تحت دو سیستم نیروی قرار می گیرد

➡ (رونی پرسیافته تنیدگی + بارهای خارجی تنش های کششی ناشی از بار توسط تنش های فشاری ناشی از پرسیافته تنیدگی ضعیف می گردد)

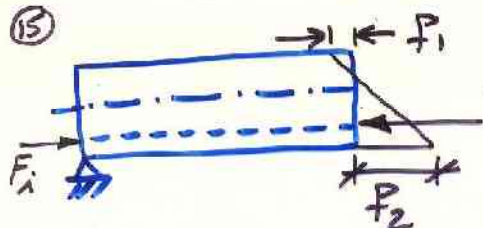
مرحله انجام محاسبات

در حالتی که نقطه نیروی پرسیافته در لبه F_A بر مقطع وارد می شود

در نتیجه اعمال پرسیافته تنیدگی تنها بر عمیق، هیچگونه واکنش یکجای بوجود نمی آید



(15)



$$F_1 = -\frac{F_1}{A_g} + \frac{(F_1 e) C_1}{I_g \frac{A_g}{A_g}}$$

$$F_2 = -\frac{F_1}{A_g} - \frac{(F_1 e) C_2}{I_g \frac{A_g}{A_g}}$$

$$\frac{I_g}{A_g} = r^2$$

$$F_1 = -\frac{F_1}{A_g} \left(1 - \frac{e C_1}{r^2}\right)$$

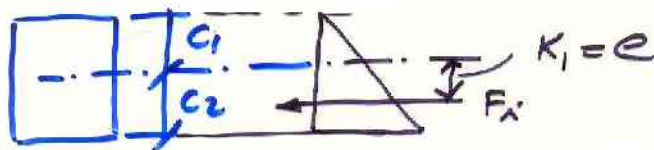
$$F_2 = -\frac{F_1}{A_g} \left(1 + \frac{e C_2}{r^2}\right)$$

F_1 ، C_1 و C_2 بصورت زیر در مطلق در نظر گرفته می شود
 e (ضرب از مرکزیت) در پایین تلر ضعیفی مثبت
 و در بالای تلر ضعیفی منفی در نظر گرفته می شود

هنگامیکه نیروی پیوسته تنیدگی بستهای بر سازه مؤثر باشد
 و هیچگونه نه کششی در مقطع موجود نباشد گفنی می شود
 نیروی پیوسته تنیدگی در محدوده هسته مرکزی
 مؤثر می باشد

(16)

حد بالایی هسته مرکزی با صفر قرار دادن
تندی تار فوقانی (f_1) بدست می آید



$$f_1 = 0$$

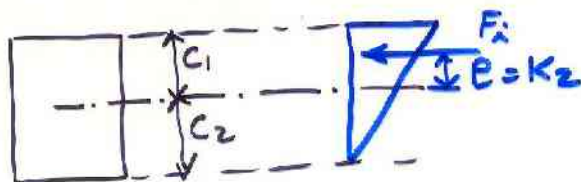
$$- \frac{F_x}{A_g} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2} \right) = 0$$

$$e = K_1$$

$$1 - \frac{K_1 c_1}{r^2} = 0 \Rightarrow$$

$$K_1 = \frac{r^2}{c_1}$$

بطور مشابه حد بالایی هسته با صفر قرار دادن
بدست می آید



$$f_2 = 0$$

$$- \frac{F_x}{A_g} \left(1 + \frac{K_2 c_2}{r^2} \right) = 0$$

$$K_2 = - \frac{r^2}{c_2}$$

۲- مرحله انتقال

در این مرحله نیروی پیوستی تنیدگی بر تیر وارد می‌شود
 مختصات گسندی شکل شدن تیر در اثر نیروی پیوستی تنیدگی
 وزن تیر نیز مؤثر شده و ایجاد خمش در تیر می‌گردد

$$f_1 = - \frac{F_i}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2} \right) - \frac{M_g c_1}{I_g}$$

$$f_2 = - \frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2} \right) + \frac{M_g c_2}{I_g}$$

M_g : همان خمشی ناشی از وزن تیر
 وقتی مثبت است که در تار فوقانی نشاء ایجاد نماید

۳- مرحله بهره برداری

علاوه بر وزن تیر، بارهای مرده و زنده نیز بر تیر وارد می‌شود
 نیروی پیوستی تنیدگی موجود حوكم به نیروی پیوستی تنیدگی
 مؤثر F_e می‌باشد

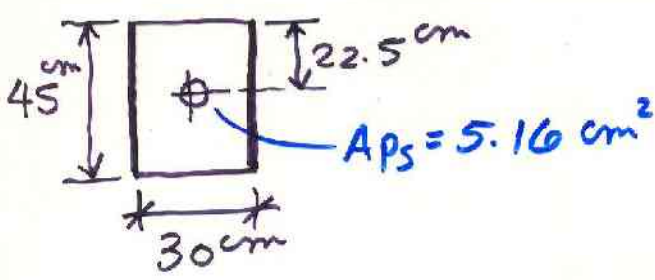
$$f_1 = - \frac{F_e}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2} \right) - \frac{M_t c_1}{I_g}$$

$$f_2 = - \frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2} \right) + \frac{M_t c_2}{I_g}$$

$M_t = M_g + M_d + M_l$ ← ناشی از بار زنده
 بارهای مرده

مسئله 18: یک تیر بار دهانه ساده 10.5 m و مقطع مستطیل
 با ابعاد نشان داده شده در شکل دارای فولاد ویسیتی کشیده
 با تنش اولیه $F_{si} = 11200 \frac{kg}{cm^2}$ ی باشد
 مقاومت بش $F'_c = F'_c = 350 \frac{kg}{cm^2}$ ی باشد
 کابل ها بطور متقارن نسبت به مرکز هندسی سطح مقطع
 قرار گرفته اند. مطلوب است
 اولاً: تنش های ناشی از ویسیتی تنیدگی بلافاصله بعد از
 انتقال

ثانیاً: تنش های ناشی از ویسیتی تنیدگی و وزن تیر در مرحله انتقال
 ثالثاً: حداکثر سست بار کشیده در مرحله بهره برداری
 بعد از التلاف 20٪ از تنش های ویسیتی کشیدگی



اولاً:

$$F_i = F_{si} A_{ps} = 11200 (5.16) = 57792 \text{ kg}$$

$$e = 0$$

$$A_g = 30 (45) = 1350 \text{ cm}^2$$

$$f_1 = f_2 = - \frac{F_i}{A_g} = - \frac{57792}{1350} = - 42.81 \frac{kg}{cm^2}$$

(19)

ابتدا:

$M_g =$ مانده در دهانه ناشی از وزن تیر

$$w_g = 0.3(0.45)(2400) = 324 \text{ Kg/m}$$

$$M_g = \frac{w_g l^2}{8} = \frac{324(10.5)^2}{8} = 4465.13 \text{ Kg-m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} (30)(45)^3 = 227.8 \times 10^3 \text{ cm}^4$$

$$f_1 = -\frac{F_i}{A_g} - \frac{M_g C_1}{I_g} = -\frac{57792}{1350} - \frac{4465.13 \times 100(22.5)}{227.8 \times 10^3}$$

$$f_1 = -42.8 - 44.1$$

$$f_1 = -86.91 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_2 = -\frac{F_i}{A_g} + \frac{M_g C_2}{I_g} = -\frac{57792}{1350} + \frac{4465.13 \times 100(22.5)}{227.8 \times 10^3}$$

$$f_2 = -42.8 + 44.1$$

$$f_2 = +1.3$$

نتیجه:

$$F_e = 0.8(F_i) = 46233.6 \text{ Kg}$$

$$f_1 = -\frac{F_e}{A_g} - \frac{M_g C_1}{I_g} - \frac{(\overset{M}{M_d} + M_e) C_1}{I_g}$$

$$f_1 = -\frac{46233.6}{1350} - 44.1 - \frac{M'(22.5)}{227.8 \times 10^3} \leq -0.45 f'_c$$

$$0.45 f'_c = 0.45(350) = 157.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$(20) \quad -78.35 - 98.77 \times 10^{-6} M' = -157.5$$

$$M' = 801357 \text{ Kg-cm} = 8 \text{ T-m}$$

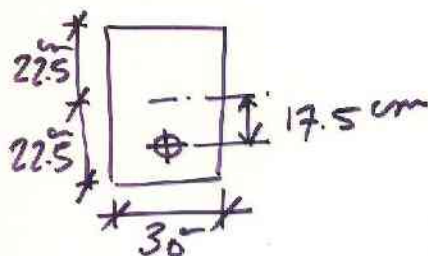
$$f_2 = -\frac{46233.6}{1350} + 44.1 + 98.77 \times 10^{-6} M' \leq 1.6 \sqrt{F_c}$$

$\underline{29.93}$

$$M' = 203271 \text{ Kg-cm} = \underline{2 \text{ T-m}}$$

$$w = \frac{8 M'}{l^2} = \frac{8 (2 \times 10^3)}{(10.5)^2} = \underline{14.5 \text{ Kg/m}}$$

مثال ۲: حل مثال ۱ با فرض این که مرکز ثقل با باریک موازی است
 ۱۷.۵ cm از مرکز سطح قرار گیرد



$$r^2 = \frac{I_0}{A_g} = 168.75$$

اولاً:

$$f_1 = -\frac{F_A}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right)$$

$$= -\frac{57792}{1350} \left(1 - \frac{17.5(22.5)}{168.75}\right) = 57.1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_2 = -\frac{57792}{1350} \left(1 + \frac{17.5(22.5)}{168.75}\right) = -142.7 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$



$$21 \quad f_1 = -\frac{F_A}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{M_2 c_1}{I_g} \quad \text{W/L}$$

$$f_1 = +57.1 - 44.1 = 13 \text{ KJ/cm}^2$$

$$f_2 = -142.7 + 44.1 = -98.6 \text{ KJ/cm}^2$$

$$f_1 = -\frac{F_e}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{M_2 c_1}{I_g} - \frac{M'(c_1)}{I_g} \quad \text{W/L}$$

$$-\frac{40233.6}{1350} \left(1 - \frac{17.5(22.5)}{168.75}\right) - 44.1 - \frac{M'(22.5)}{227.8 \times 10^3} = -157.5$$

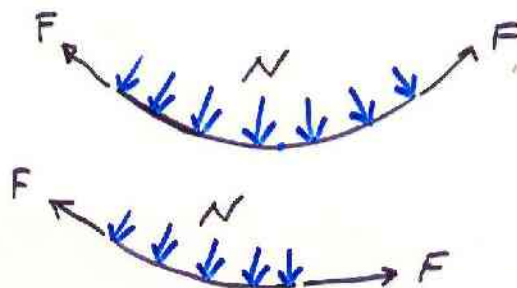
$$M' = 1610423 \text{ KJ-cm} = 16.1 \text{ T-m}$$

$$f_2 = -\frac{F_A}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2}\right) + \frac{M_2 c_2}{I_g} + \frac{M' c_2}{I_g}$$

$$-\frac{40233.6}{1350} \left(1 + \frac{17.5(22.5)}{168.75}\right) + 44.1 + \frac{M'(22.5)}{227.8 \times 10^3} = +29.93$$

$$M' = 1012313 \text{ KJ-cm} = 10.1 \text{ T-m}$$

$$w = \frac{8 M'}{l^2} = \frac{8(10.1 \times 10^3)}{(10.5)^2} = 732.9 \frac{\text{KJ}}{\text{m}}$$

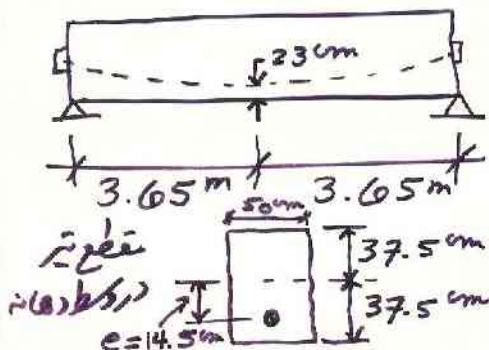


مثال: تیر ساده ای با مقطع مستطیل شکل با ابعاد $50 \times 75 \text{ cm}$ و دهانه 7.3 m و به وزن $0.9 \frac{\text{T}}{\text{m}}$ تحت بارهای مرده و زنده $3.6 \frac{\text{T}}{\text{m}}$ قرار دارد. تنشی اولیه در فولادهای پیچی تنیدگی $f_{3k} = 10000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ که پس از کاهش تمام انحراف تنشی ها به $f_{se} = 8700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ کاهش یابد. در وسط دهانه تیر تعیین کنید

اولاً: تنشی بین در تارهای فوقانی و تحتانی در مرحله انتقال

ثانیاً: تنشی بین در تارهای فوقانی و تحتانی بعد از بارگذاری تیر
ثالثاً: تنشی در فولادهای پیچی تنیدگی بعد از بارگذاری تیر

* سطح مقطع فولادها 17.5 cm^2 ای بارده فرض غائب بین فولاد پیچی تنیدگی و بین حسیبگی کامل وجود دارد و نسبت مدول الاستیسیته فولاد به بتن $n = 6$



23/

اولاً:

$M_g =$ همان در دهانه ناشی از وزن تیر

$$M_g = \frac{\omega l^2}{8} = \frac{0.9(7.3)^2}{8} = 6 \text{ T-m}$$

$$P_1 = - \frac{F_i}{A_j} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2}\right) - \frac{M_g c_1}{I_j}$$

$$F_i = 10000 (17.5) = 175000 \text{ Kg}$$

$$e = 14.5 \text{ cm}$$

$$A_j = 3750 \text{ cm}^2$$

$$I_j = \frac{1}{12} (50)(75)^3 = 1757813 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = \frac{I_j}{A_j} = \frac{1757813}{3750} = 469 \text{ cm}^2$$

$$P_1 = - \frac{175000}{3750} \left(1 - \frac{14.5(37.5)}{469}\right) - \frac{6 \times 10^5 (37.5)}{1757813}$$

$$P_1 = -5.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_2 = - \frac{175000}{3750} \left(1 + \frac{14.5(37.5)}{469}\right) + \frac{6 \times 10^5 (37.5)}{1757813}$$

$$P_2 = -88.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_t = M_g + M_b + M_d = 6 + \frac{3.0(7.3)^2}{8} = 30 \text{ T-m} \quad \text{تیر}$$

$$F_e = 8700 (17.5) = 152250 \text{ kg}$$

$$P_1 = - \frac{152250}{3750} \left(1 - \frac{14.5(37.5)}{469}\right) - \frac{30 \times 10^5 (37.5)}{1757813}$$

$$P_1 = -57.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_2 = - \frac{152250}{3750} \left(1 + \frac{14.5(37.5)}{469}\right) + \frac{30 \times 10^5 (37.5)}{1757813}$$

$$P_2 = -23.7 \text{ Kg/cm}^2$$

تنش فولاد = f_{cs}

قبل از اعمال بارهای وارده $\Rightarrow f_{cs} = -\frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{e^2}{r^2}\right) + \frac{M_g e}{I_g}$

$$f_{cs} = -\frac{152250}{3750} \left(1 + \frac{14.5^2}{469}\right) + \frac{6 \times 10^5 (14.5)}{1757813}$$

$$f_{cs} = -53.9 \text{ kg/cm}^2$$

بعد از اعمال بارهای وارده $\Rightarrow f_{cs} = -\frac{152250}{3750} \left(1 + \frac{14.5^2}{469}\right) + \frac{30 \times 10^5 (14.5)}{1757813}$

$$f_{cs} = -34.1 \text{ kg/cm}^2$$

کاهش تنش کششی $= \Delta f_{cs} = 53.9 - 34.1 = 19.8 \text{ kg/cm}^2$

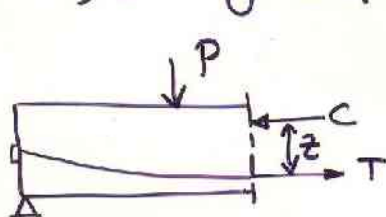
افزایش تنش فولاد $= 6(19.8) = 118.8 \text{ kg/cm}^2$

تنش فولاد بعد از اعمال بارهای وارده $\Leftarrow 8700 + 118.8 = 8819 \text{ kg/cm}^2$

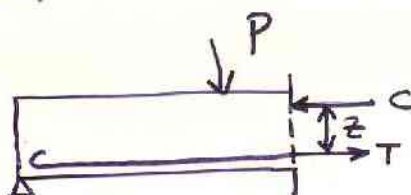
درصد افزایش تنش فولاد $= \frac{118.8}{8700} \times 100 = 1.4 \%$

۲- روش نیروی داخلی - این روش بیتی و سیتی تنیده را بصورت ترکیبی از فولاد و بتی شابه بتی مسلح

در نظریه یبرد فولاد برای تحمل کششی
بتی برای تحمل فشار



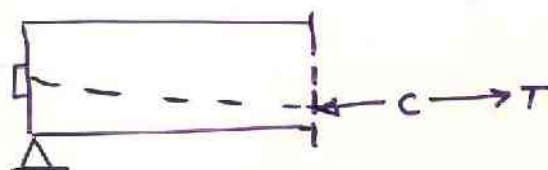
بیتی از بتی و سیتی تنیده



بیتی از بتی مسلح

* * با توجه به ثابت ماندن مقدار نیروی و سیتی تنیدی
و در نتیجه ثابت ماندن نیروی c ملاحظه میگردد
با افزایش همان ناسی از بارهای وارده در مقطع
لازم است بازوی z افزایش یابد

در بتی مسلح برعکس بازوی z ثابت بوده و با افزایش
بار وارده، نیروهای مقاوم c و T افزایش می یابند



صرفاً نیروی و سیتی تنیدی
بر تیر اثر می کند
(از وزن تیر صرف نظر شده است)

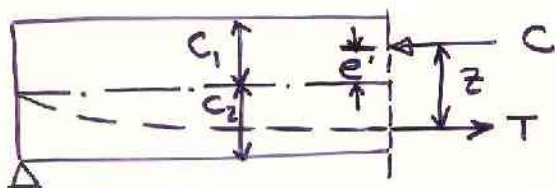
جهت مناسبه تنشی ها به روشنی نیروی داخلی گام های زیر انجام می شود

گام اول: یقینی نیروی پیوستی تنیدگی ، T و در نتیجه $C=T$

گام دوم: یقینی همان تنشی ناشی از بار وارده در مقطع مورد نظر

گام سوم: با برابر قرار دادن همان معادله با همان خارجی

بازوی z به نسبت می آید

$$z = \frac{M}{T}$$


گام چهارم: با معلوم شدن مقدار داخلی اثر نیروی C ، تنشی در پهنی از روابط زیر بدست می آید.

$$f_1 = -\frac{C}{A_g} + \frac{(ce') c_1}{I_g \frac{A_g}{A_g}}$$

تار بالا

$$f_1 = -\frac{C}{A_g} \left(1 - \frac{e' c_1}{r^2} \right)$$

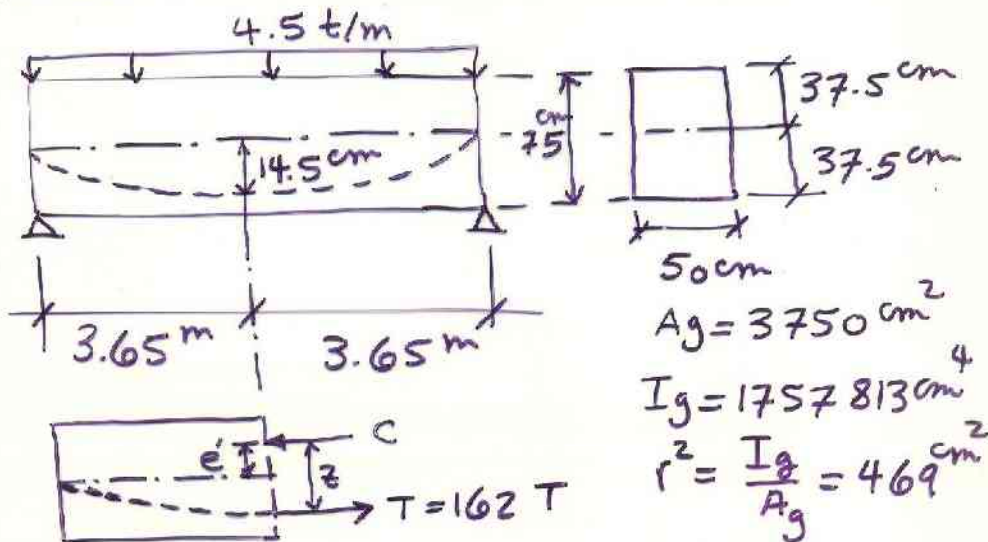
$$f_2 = -\frac{C}{A_g} - \frac{(ce') c_2}{I_g \frac{A_g}{A_g}}$$

تار پایینی

$$f_2 = -\frac{C}{A_g} \left(1 + \frac{e' c_2}{r^2} \right)$$

C و c_1 و c_2
 بصورت قدر مطلق
 بکار گرفته می شود
 e' (فوج از مرکزیت
 نیروی C نسبت به
 مرکز سطح) یعنی مثبت
 که در زیر مرکز سطح
 قرار گیرد

سؤال 27: تیر ساده‌ای با مقطع مستطیل شکل در اختیاری بار
 با استفاده از روش نیروی داخلی، تعیین کنید تنش‌های
 مؤثر در بنی در تارهای فوقانی و تحتانی بعد از بارگذاری تیر
 در وسط دهانه. نیروی پیستی تنش‌گهی مؤثر $T = 162$ کی بار



$$F = 162\text{ T} \Rightarrow C = 162\text{ T}$$

M = ممان ناشی از بار خارجی در وسط دهانه

$$M = \frac{wL^2}{8} = \frac{4.5(7.3)^2}{8} = 30\text{ t-m}$$

$$z = \frac{M}{T} = \frac{30 \times 100}{162} = 18.5\text{ cm}$$

$$e' = -[18.5 - 14.5] = -4\text{ cm}$$

$$f_1 = -\frac{C}{A_g} \left(1 - \frac{e'c_1}{r^2}\right)$$

28

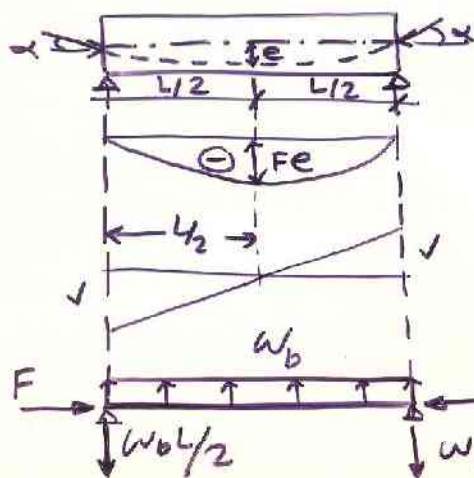
$$P_1 = - \frac{162000}{3750} \left(1 - \frac{-4(37.5)}{469} \right) = -57.0 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_2 = - \frac{C}{A_g} \left(1 + \frac{e' C_2}{r^2} \right)$$

$$P_2 = - \frac{162000}{3750} \left(1 + \frac{-4(37.5)}{469} \right) = -29.4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

۳- روشی بار معادل — بیش کنیگی را اساساً بعنوان
تلاشی در بالاسی نمودن بارهای
روی عضو در نظری گیرد

در این روشی بنی بعنوان یک پیکر آزاد اختیاری بود
و با حذف کابل نیروهای در طول دهانه جایگزین میگردد
بارهای



$$\frac{1}{2}(v) L/2 = Fe$$

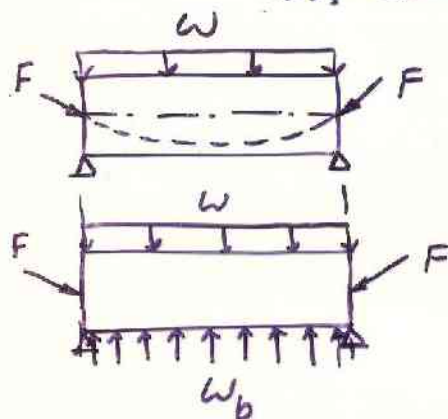
$$v = \frac{4 Fe}{L}$$

$$\frac{w_b L}{2} = \frac{4 Fe}{L}$$

$$w_b = \frac{8 Fe}{L^2}$$

w موسوم به بار بالایی یا بار معادل
اثر بارهای خارجی روی به پائینی را ضعیفی می کند

توجه ← بار معادل در واقع همان مؤلفه قائم نیروی N
که قبلاً نشان داده شده بود.



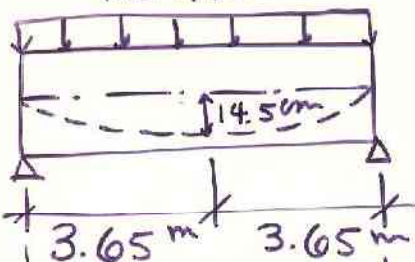
$$P_1 = -\frac{F}{A_g} - \frac{M_{net} c_1}{I_g}$$

$$P_2 = -\frac{F}{A_g} + \frac{M_{net} c_2}{I_g}$$

M_{net} ، همان خمشی خالص ← جمع جبری همان ناستی از بارهای خارجی
و همان ناستی از بار معادل

مثال : حل مثال قبلی به روش بار معادل

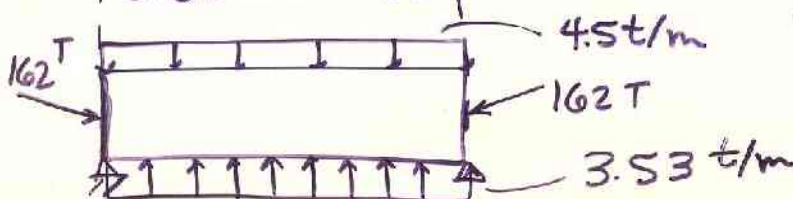
4.5 T/m



$$w_b = \frac{8FE}{L^2}$$

$$w_b = \frac{8(162)(0.145)}{(7.3)^2}$$

$$w_b = 3.53 \text{ t/m}$$



$$\frac{30}{w_{\text{net}}} = 4.5 - 3.53 = 0.97 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{net}} = \frac{wL^2}{8} = \frac{0.97(7.3)^2}{8} = 6.5 \text{ t-m}$$

$$P_{f1} = -\frac{162000}{3750} - \frac{6.5 \times 10^5 (37.5)}{1757813} = -57 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{f2} = -\frac{162000}{3750} + \frac{6.5 \times 10^5 (37.5)}{1757813} = -29.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

۱. تلف نیروی پیش تنیدگی

آمی	دراز مدت
کوتاه شدن الاستیک	افت بتن
مضرو	خزش بتن
سر خوردن تیرها	شکل شدگی فولاد
اصطکاک	

$$T_i = T_j - \text{تلف آمی}$$

$$T_e = T_i - \text{تلف دراز مدت}$$

$$T_j > T_i > T_e$$

$$R = \frac{T_e}{T_i}$$

۱. تلف آمی

الف) تلف تنشی ناشی از کوتاه شدن الاستیک عضو
 ب) در سیستم های پرسی کشیدگی

در تراز مرکز هندسی فولاد، کرنش در بتن می بایستی
 مساوی تغییر کرنش در فولاد باشد

$$\epsilon_c = \Delta \epsilon_s$$

$$\frac{F_{cs}}{E_c} = \frac{\Delta f_{el}}{E_s}$$

$$\Delta f_{el} = \frac{E_s}{E_c} F_{cs}$$

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

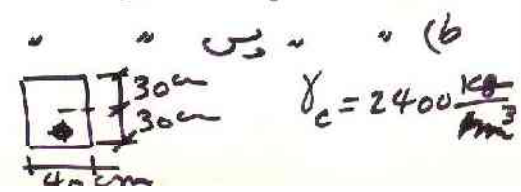
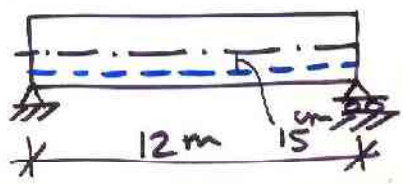
$$\Delta f_{el} = n f_{cs}$$

$$F_{cs} = - \frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) + \frac{M_{ge}}{I_g} \approx 0.9 F_j$$

نزد در لیست های پس کشیدی ←

حدوداً نصف میزان اتلاف تنشی در سیستم پستی کشیدی

مثال : تیر پستی تنیده نشان داده شده در شکل بطول 12m و با مقطع $40 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ در اختیار می باشد سطح مقطع کل قابله مساوی 12 cm^2 می باشد که تنشی کششی اولیه $f_{si} = 12500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ است. مطلوب است مقدار اتلاف تنشی پستی تنیدی ناشی از کوتاه شدن الاستیک تیر در صورتیکه تیر تحت سیستم پستی کشیدی باشد



33

$$a) \Delta f_{el} = n f_{cs}$$

$$f_{cs} = -\frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{e^2}{r^2}\right) + \frac{Mg e}{I}$$

$$A_g = 40 \times 60 = 2400 \text{ cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} (40)(60)^3 = 7.2 \times 10^5 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = \frac{I_g}{A_g} = 300 \text{ cm}^2$$

$$Mg = (0.4 \times 0.6) 2400 (12)^2 / 8 = 10368 \text{ kg-m}$$

$$F_i = 12500 (12) = 150000 \text{ kg}$$

$$f_{cs} = -\frac{150000}{2400} \left(1 + \frac{15^2}{300}\right) + \frac{10368 \times 10^2 (15)}{7.2 \times 10^5}$$

$$f_{cs} = -62.5 (1.75) + 21.6$$

$$f_{cs} = -87.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f_{el} = 6 (87.8) = 526.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{درصد اتلاف تنشی} = \frac{526.7}{12500} \times 100 = \% 4.2$$

$$b) \Delta f_{el} = \underline{0.5} n f_{cs}$$

$$\Delta f_{el} = 0.5 (6) (87.8) = 263.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{درصد اتلاف تنشی} = \frac{263.4}{12500} \times 100 = \% 2.1$$

ب) اتلاف تنش ناشی از سر خوردن گیره ها

در اعضای پی کشیده

در زمان انتقال نیرو از کابل به گیره کابل مقداری در داخل گیره سُر می خورد در حدود $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{2}$

در نتیجه مقداری از تنش تلف می شود

میزان اتلاف تنش بستگی دارد به طریقی که کابل در داخل گیره سُر می خورد همچنین نوع گیره

سُر خوردن کابل ها در گیره هایی که از خاصیت گوه استفاده می شود به مراتب بیشتر از گیره هایی با سیستم های پیچ و مهره ای می باشد

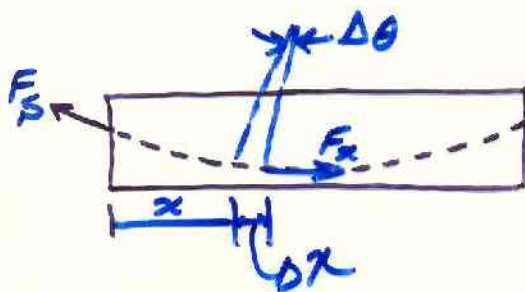
میزان اتلاف تنش ←

$$\Delta f_{ane} = \frac{\Delta L E_s}{L}$$

هر چه طول کابل بزرگتر باشد اتلاف تنش در اثر سُر خوردن کمتر است

* به استثنای مواردی که اغنا و سُر کابل خیلی کوچک و یا کابلها درون غلاف پلاستیکی و یا گریس باشند بعطت اصطکاک موجود بین کابل و غلاف اتلاف تنش ناشی از سُر خوردن گیره ها در خواجه نزدیک گیره ها موجود می آید و به مقطع وسط دهانه نفی رسد

اتلاف تنش در اثر اصطکاک



الف) اصطکاک
در اثر منحنی بودن
مسیر غلاف



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow (F - \Delta F) \cos \frac{\Delta \theta}{2} + \Delta F = F \cos \frac{\Delta \theta}{2}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow \Delta N = F \sin \frac{\Delta \theta}{2} + (F - \Delta F) \sin \frac{\Delta \theta}{2}$$

$$\Delta F = \mu_s \Delta N$$

ضریب اصطکاک انتخابی

$$(F - \Delta F) \cos \frac{\Delta \theta}{2} + \mu_s \Delta N = F \cos \frac{\Delta \theta}{2}$$

$$(F - \Delta F) \cos \frac{\Delta \theta}{2} + F \mu_s \sin \frac{\Delta \theta}{2} + (F - \Delta F) \mu_s \sin \frac{\Delta \theta}{2} = F \cos \frac{\Delta \theta}{2}$$

$$-\Delta F \cos \frac{\Delta \theta}{2} + \mu_s (2F - \Delta F) \sin \frac{\Delta \theta}{2} = 0$$

$$\frac{\Delta F}{\Delta \theta} \cos \frac{\Delta \theta}{2} - \mu_s \left(F - \frac{\Delta F}{2} \right) \frac{\sin \frac{\Delta \theta}{2}}{\frac{\Delta \theta}{2}} = 0$$

$$\cos \frac{\Delta \theta}{2} = 1$$

$$\frac{\sin \Delta \theta / 2}{\frac{\Delta \theta}{2}} = 1$$

$$\frac{\Delta F}{2} = 0$$

$$\frac{\Delta F}{\Delta \theta} = \frac{dF}{d\theta}$$

$$\frac{dF}{d\theta} = \mu_s F$$

$$\frac{dF}{F} = \mu_s d\theta$$

$$\int_{F_x}^{F_s} \frac{dF}{F} = \int_0^{\theta} \mu_s d\theta$$

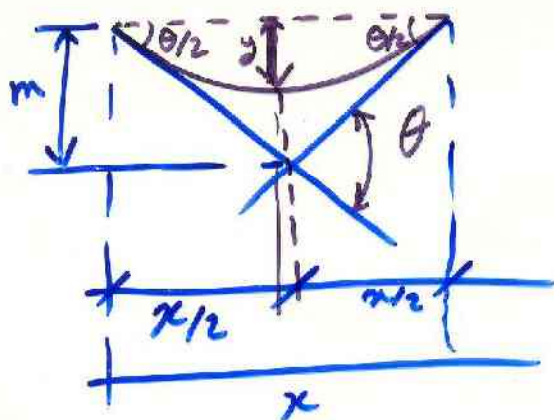
$$\ln F_s - \ln F_x = \mu_s \theta$$

$$\ln \frac{F_x}{F_s} = -\mu_s \theta$$

$$\frac{F_x}{F_s} = e^{-\mu_s \theta}$$

$$\Rightarrow F_x = F_s e^{-\mu_s \theta}$$

آر θ د سمت صفر میں کہہ ←



$$\tan \theta/2 = \frac{m}{x/2} = \frac{2m}{x}$$

$$m \approx 2y$$

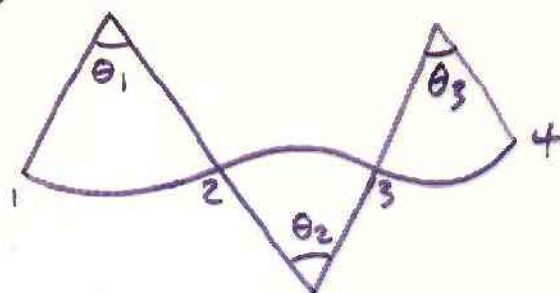
$$\tan \theta/2 = \frac{4y}{x}$$

$$\tan \theta/2 \approx \theta/2$$

$$\frac{\theta}{2} = \frac{4y}{x}$$

 $\Rightarrow$

$$\theta = \frac{8y}{x}$$



تغییر در کسبی قابل که
تحت چندین تغییر در انحناء
قرار می گیرد

$$F_2 = F_1 e^{-\mu_s \theta_1}$$

$$F_3 = F_2 e^{-\mu_s \theta_2} = F_1 e^{-\mu_s (\theta_1 + \theta_2)}$$

$$F_4 = F_3 e^{-\mu_s \theta_3} = F_2 e^{-\mu_s (\theta_2 + \theta_3)}$$

$$= F_1 e^{-\mu_s (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)}$$

(ب) اصطکاک در اثر موج دار بودن غیر عمودی غلاف

در صورتیکه انکلاف نیروی پیش کشندگی در طول کوتاه dx
از قابل را با dF فرض می نمایم

$$dF = k F dx$$

ضریب اصطکاک خطی

انکلاف واحد نیروی پیش کشندگی
برای یک متر

$$\frac{dF}{F} = k dx$$

$$\int_{F_x}^{\frac{F_3}{F}} \frac{dF}{F} = \int_0^x k \, dx$$

$$\ln \frac{F_3}{F_x} = kx \Big|_0^x$$

$$\ln \frac{F_x}{F_3} = -kx$$

$$\frac{F_x}{F_3} = e^{-kx}$$

$$F_x = F_3 e^{-kx}$$

$$F_x = F_3 e^{-(\mu\theta + kx)}$$

أثر مقدار $\mu\theta + kx \leq 0.2$ في

$$F_x = F_3 (1 - \mu\theta - kx)$$

$$F_x = F_p e^{-(\mu\theta + kx)}$$

$$\Delta F_{Fr} = F_p (1 - e^{-(\mu\theta + kx)})$$

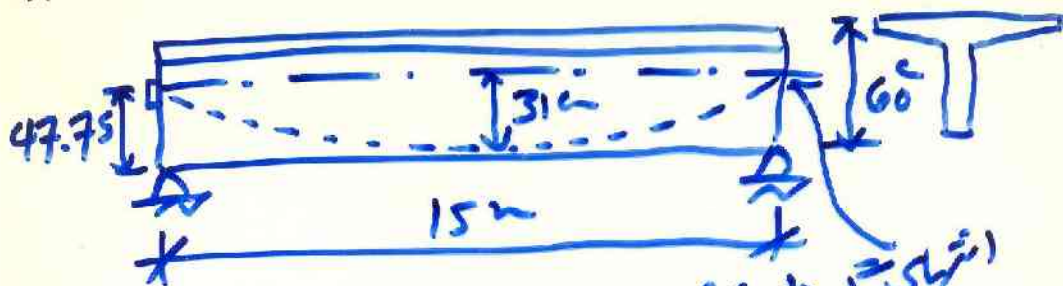
انخفاض تension

$$P_x = P_p (1 - \mu \theta - k x)$$

$$\Delta P_{pr} = P_p (\mu \theta + k x)$$

اقلاف تنش فانی
از اصطاف

مشتق پوستی کشیدنی
در محل اعمال نیروی جبر



$$F_j = 136 \text{ T}$$

شیر دایره ای

$$M_s = 0.2$$

$$K = 0.0033 / \text{m}$$

$$-(M_0 + Kx)$$

$$F_x = F_p e^{-}$$

$$\theta = \frac{8y}{\pi} = \frac{8(31)}{1500} = 0.165 \text{ Rad}$$

$$A_{ps} = 12 \frac{\pi (1.2)^2}{4} = 13.57 \text{ cm}^2$$

$$F_p = \frac{136000}{13.57} = 10021 \text{ kg/cm}^2$$

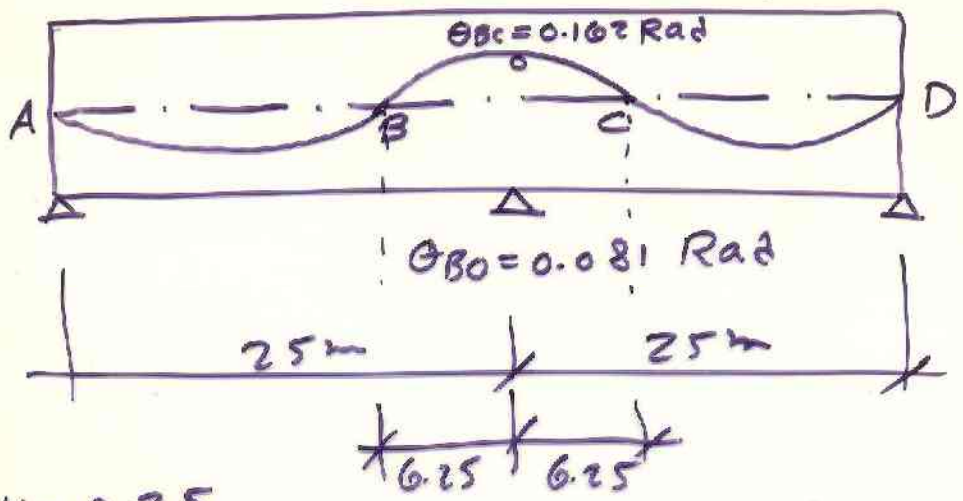
$$F_x / x = 15 = 10021 \left(e^{- (0.2 \times 0.165 + 0.0033 \times 15)} \right)$$

$$F_x = 9227 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta F_{p1} = 10021 - 9227 = 794 \text{ kg/cm}^2$$

$$\theta_{AB} = 0.154 \text{ Rad}$$

$$\theta_{CD} = 0.154 \text{ Rad}$$



$$\mu = 0.25$$

$$K = 0.0017 \text{ /m}$$

$$F_A = 300 \text{ T}$$

$$F_D = F_A \text{ e } [-\mu_s (\theta_{AB} + \theta_{BC} + \theta_{CD}) + Kx]$$

$$\theta = \theta_A + \theta_{BC} + \theta_{CD} = 0.47$$

$$\mu_s \theta + Kx = 0.25 (0.47) + 0.0017 (50)$$

$$= 0.2025 > 0.2$$

$$F_D = 300 \text{ e } - 0.2025 = 245 \text{ Ton}$$

$$\Delta F_{fr} = 55 \text{ T}$$

انلاف نهی کا سبب
18.3 %

این اثر 6 میل از دواتها کشیده شود

$$F_0 = F_A e^{-(\mu_s \theta + Kx)}$$

$$\theta = \theta_{AB} + \theta_{BO} = 0.154 + 0.081 = 0.235$$

$$\mu_s \theta + Kx = 0.25(0.235) + 0.0017(25)$$

$$\mu_s \theta + Kx = 0.101 < 0.2$$

با استفاده از فرمول داده شده

$$F_0 = F_A (1 - \mu_s \theta - Kx)$$

$$F_0 = 300 [1 - 0.101] = 270 \text{ Ton}$$

$$\Delta F_{fy} = 30 \text{ Ton}$$

آلاف به اندازه

10
9.7٪ نیروی دینی اولیه

اتلاف دراز مدت

الف) اتلاف ناشی از انقباض در بتن

$$\Delta f_{sh} = \epsilon_{shu} E_s$$

ایجاد می شود و بخاطر درگیری فولاد با بتن، اتلاف تنش رخ می دهد

$$\epsilon_{shu} \approx 200 \times 10^{-6} - 800 \times 10^{-6}$$

در صورت نبود اطلاعات دقیق

$$\Delta f_{sh} = 1190 - 10.5 R_H$$

طبق آیین نامه AASHTO

$$\Delta f_{sh} = 0.8 (1190 - 10.5 R_H)$$

ب) اتلاف تنش ناشی از خزش در بتن

$$\epsilon_{cu} = C_{tu} \frac{f'_c}{E_c}$$

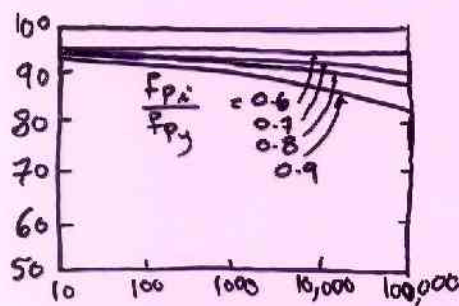
f'_c	C_{tu}
280	2.9
420	2.4
560	2.0
700	1.6

باتوجه به پیوستگی بتن

$$\Delta \epsilon_s = \epsilon_{cu} = C_{tu} \frac{f'_{cs}}{E_c}$$

فولاد و بتن

$$\frac{P}{P_{pi}} \%$$



t (sec)



$$\Delta P_{cp} = E_s \Delta \epsilon_s = E_s C_{tu} \frac{f''_{cs}}{E_c}$$

$C_{tu} n f''_{cs}$

$$f''_{cs} = - \frac{T_i}{A_g} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) + \frac{M_t e}{I_g}$$

0.9 T_i
 برای در نظر گرفتن اثر
 متقابل اتلاف تنش ها

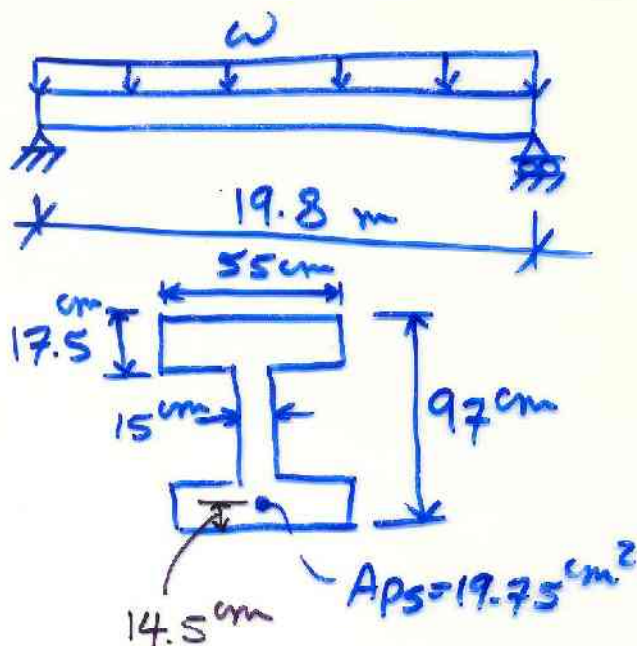
پ) اتلاف تنش ناشی از سُل سَدگی فولاد رِیسی تنیدی

$$\Delta P_{rel} = f_{pi} \frac{\log t}{10} \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right)$$

0.9 f_{pi}
 برای در نظر گرفتن اثر متقابل
 اتلاف تنش ها

مثال: تیر پستی کشیده نشان داده شده در تصویر زیر دارای کابل‌هایی با سطح مقطع 19.75 cm^2 می باشد. کشش اولیه کابلها در بر پستی کشیده $13970 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ بدست آمده است و در زمان انتقال پستی کشیده تیر بتنی صرفاً تحت اثر وزن خود قرار گرفته است $\frac{\text{kg}}{\text{m}} = 690$

فرصتی کنیم تیر برای $\frac{\text{m}}{2}$ در صرفاً تحت اثر وزن خود قرار گرفته باشد و پس از این زمان تحت اثر بار وارده قرار می گیرد $1460 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$



مطلوبست محاسبه
جابجایی اتلاف ها
در وسط دهانه پس
از گذشت ۵ سال
و نشان آنها بصورت
 F_i درصدی از
(نیروی یک زدن)
مربوط به وسع
دهانه.

$$F'_{ci} = 310 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F'_{cs} = 420 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$n = 6$$

$$E_s = 1.85 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\epsilon_{shu} = 400 \times 10^{-6}$$

$$\sigma_{on} = 16100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$R = \frac{T_e}{T_i}$$

و همچنین تعیین
ضریب کار آبی

۱- انحراف تنش ناشی از کوتاه شدن الاستیک

$$\Delta f_{el} = n f_{cs}$$

$$f_{cs} = - \frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) + \frac{M_g e}{I_g}$$

$$F_{si} = \underline{0.9} (13970) = 12573$$

$$F_i = 12573 (19.75) = 248317 \text{ Kg}$$

$$A_g = 2(55 \times 17.5) + 62 \times 15 = 2855 \text{ cm}^2$$

$$I_g = 2 \left[\frac{1}{12} (55) (17.5)^3 + (55 \times 17.5) (39.75)^2 \right] + \frac{1}{12} (15) (62)^3 = 3.39 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = \frac{I_g}{A_g} = \frac{3.39 \times 10^6}{2855} = 1187 \text{ cm}^2$$

$$e = 34 \text{ cm} \leftarrow (48.5 - 14.5)$$

$$M_g = \frac{\omega_g l^2}{8} = \frac{690 (19.8)^2}{8} = 33813 \text{ Kg-m}$$

$$f_{cs} = - \frac{248317}{2855} \left(1 + \frac{34^2}{1187} \right) + \frac{33813 \times 10^2 (34)}{3.39 \times 10^6}$$

$$f_{cs} = -137.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Delta f_{el} = 6 (137.8) = 826.6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{درصد انحراف تنش} = \frac{826.6}{13970} \times 100 = 5.9 \%$$

(2) آتلاف تنش ناستی باز انقباض

$$\Delta f_{sh} = \epsilon_{shu} E_s$$

$$\Delta f_{sh} = 400 \times 10^{-6} (1.85 \times 10^6) = 740 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

درصد آتلاف تنشی = $\frac{740}{13970} \times 100 = 5.3\%$

(3) آتلاف تنش ناستی از خزش

$$\Delta f_{cp} = C_{tu} n f_{cs}''$$

$$C_{tu} = 2.4$$

$$n = 6$$

$$f_{cs}'' = -\frac{T_i}{A_g} \left(1 + \frac{e^2}{r^2}\right) + \frac{M_t e}{I_g}$$

$$M_t = M_{DL+LL} + M_g$$

$$M_{DL+LL} = 1460 (19.8)^2 / 8 = 71547 \text{ kg-m}$$

$$M_t = 71547 + 33813 = 105360 \text{ kg-m}$$

$f_{si} = f_{sj}$ - آتلاف تنشی

$$= 13970 - 826.6 = 13143.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_i = 19.75 (13143.4) = 259582 \text{ kg}$$

$$f_{cs}'' = -\frac{0.9(259582)}{2855} \left(1 + \frac{34^2}{1187}\right) + \frac{105360 \times 10^2 (34)}{3.39 \times 10^6}$$

$$f_{cs}'' = -55.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta f_{cp} = 2.4 (6) (55.9) = 804.3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{درصد اتلاف} = \frac{804.3}{13970} \times 100 = 5.8\%$$

(4) اتلاف تنش ناشی از تسل سدی

$$\Delta f_{rel} = f_{pi} \frac{\log t}{10} \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right)$$

$$t = 5 \times 365 \times 24 = 43800 \text{ hr}$$

$$\Delta f_{rel} = 0.9 (13143.4) \frac{\log 43800}{10} \left(\frac{0.9 (13143.4)}{16100} - 0.55 \right)$$

$$\Delta f_{rel} = 1014.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{درصد اتلاف} = \frac{1014.2}{13970} \times 100 = 7.3\%$$

تنش مؤثر در وسط دهانه $\Rightarrow f_{se} = 13143.4 - (804.3 + 740 + 1014.2)$

$$f_{se} = 10585 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = \frac{f_{se}}{f_{si}} \times 100$$

$$R = \frac{10585}{13143.4} \times 100 = 81\%$$

فصل ششم: آنالیز و طراحی تیرهای دایمی تنیده در مقابل خمشی

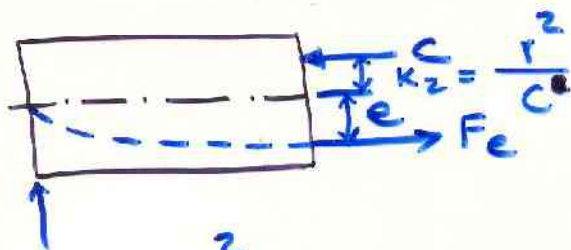
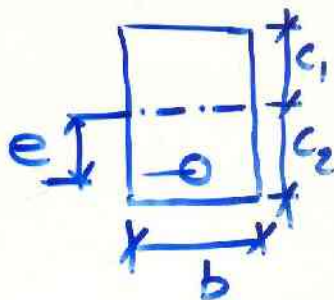
ممان ترک خوردگی

$$f_r = 2\sqrt{f'_c}$$

$$-\frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{ec}{r^2}\right) + \frac{M_{cr} c}{I_g} = f_r$$

$$\frac{M_{cr} c}{I_g} = \frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{ec}{r^2}\right) + f_r$$

$$M_{cr} = F_e \left(e + \frac{r^2}{c}\right) + \frac{f_r I_g}{c}$$



$$K_2 = \frac{r^2}{c}$$

$$M_1 = F_e \left(e + \frac{r^2}{c}\right)$$

$$M_2 = \frac{f_r I_g}{c}$$

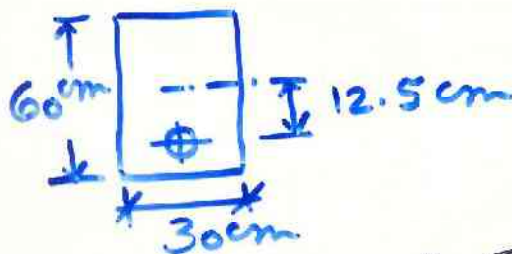
$$M_{cr} = M_1 + M_2$$

$$M_{cr} = F_e \left(e + \frac{r^2}{c} \right) + \frac{f_r I_g}{c}$$

برای مقطع و ط دهانه $c = c_2$

و در تیرهای سرتاسری برای مقطع تکیهگاهی $c = c_1$

مثال: برای مقطع نشان داده شده مطلوب است مقدار همان لازم برای ایجاد تنش کششی صفر در تارختمانی نابینا: مقدار همان ترک خوردگی



$$F_e = 135 \text{ T}$$

$$f_r = 42 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

همان لازم برای ایجاد تنش کششی صفر در تارختمانی

$$M_1 = F_e \left(e + \frac{r^2}{c} \right)$$

$$A_g = 30 \times 60 = 1800 \text{ cm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} (30) (60)^3 = 540000 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = \frac{I_g}{A_g} = 300 \text{ cm}^2$$

$$M_1 = 135 \left(12.5 + \frac{300}{30} \right) = 3038 \text{ T-cm}$$

30.4 T-m

$$M_{cr} = M_1 + M_2$$

$$M_{cr} = F_e \left(e + \frac{r^2}{C_2} \right) + \frac{F_r I_g}{C_2}$$

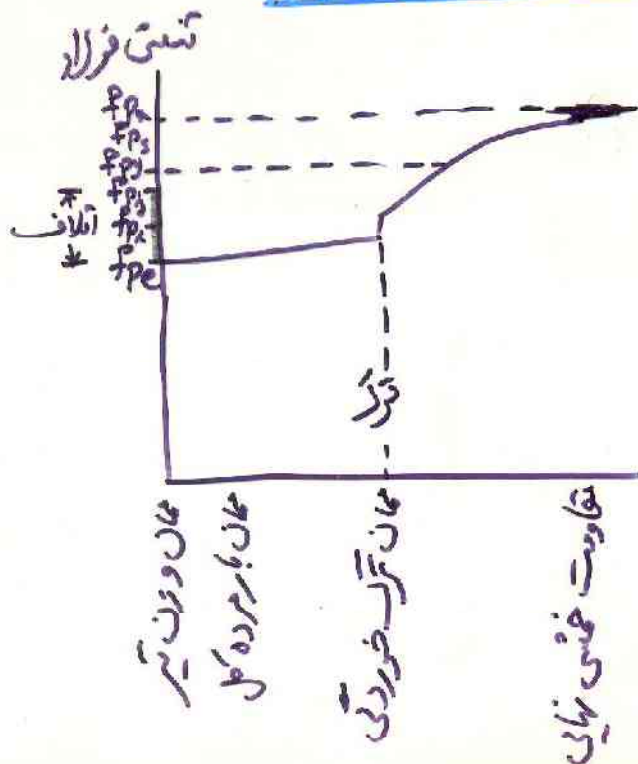
$$M_{cr} = 135 \times 10^3 \left(12.5 + \frac{300}{30} \right) + \frac{42 (54000)}{30}$$

$$M_{cr} = 3037500 + 756000$$

$$M_{cr} = 3793500 \text{ Kg-cm}$$

$$37.9 \text{ T-m}$$

مقاومت خمشی نهایی تیرهای پیمشی تنیده

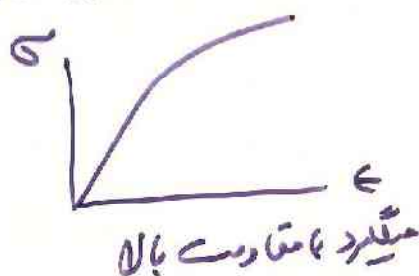
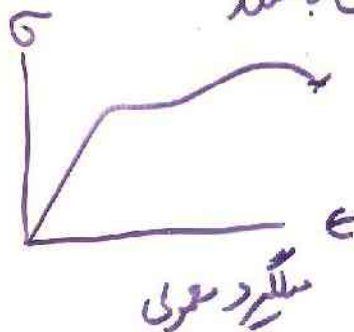


همان خمشی ناشی از بارهای خارجی

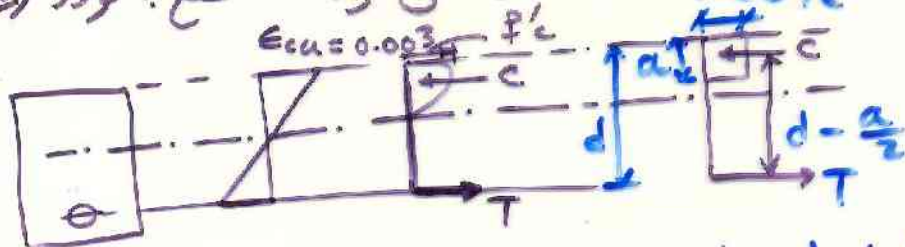
دو تفاوت اساسی بین بتن مسلح و بتن ویسکوزیتیه در رفتار نهائی وجود دارد

۱- در بتن مسلح در بار صفر تنشی در فولاد نیز صفری باشد
لیکن در بتن ویسکوزیتیه ۵ در بار صفر تنشی صفر نبوده و
برابر تنشی مؤثری باشد ←
 f_{se}

۲- در بتن مسلح که از مسلکدهای معمولی استفاده میگردد، فولاد
از نقطه تسلیم مشخصی برخوردار می باشد اما در بتن
ویسکوزیتیه که از فولادهای با مقاومت بالا استفاده میگردد
فولاد دارای نقطه تسلیمی مشخصی برخوردار نمی باشد.
و تسلیم شدن آن بطور تدریجی می باشد



نوع گسیختگی > گسیختگی نرم - مقطع با فولاد کم
گسیختگی ترد - مقطع با فولاد زیاد



شرایط متعادل

در بتن مسلح در مرحله شرایط متعادل
میزان نسبت فولاد با ρ
 $\rho_{max} = 0.75 \rho_b$
حد اکثر در فولاد

در بتن مسلح تنبیده به لحاظ نامتعوض بودن نقطه تسلیم
فولاد بجای $\rho_{max} = 0.75 \rho_b$ آیین نامه ACI

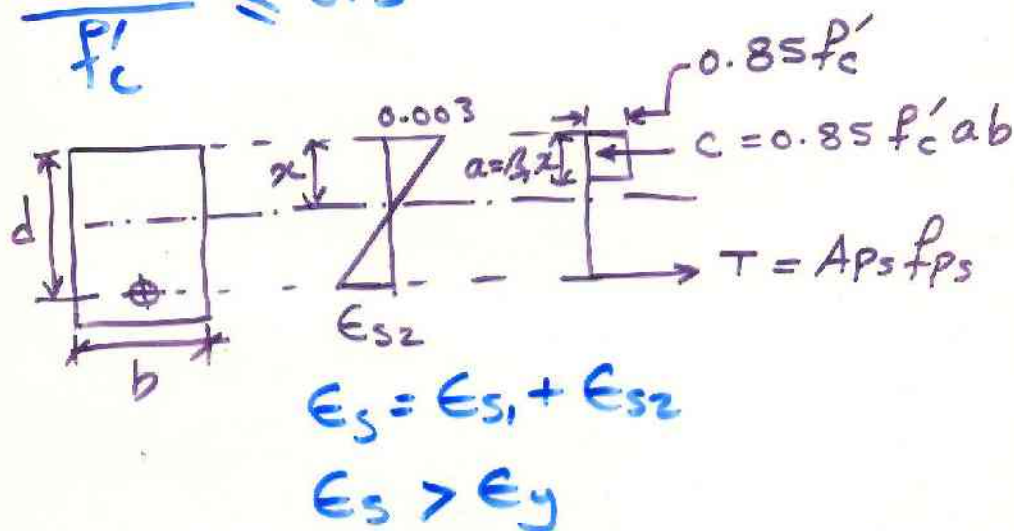
$$\frac{\rho \cdot f_{ps}}{f'_c} \leq 0.3$$

$$\rho = \frac{A_{ps}}{bd}$$

f_{ps} = تنش در فولاد در مرحله تنبیدی در مرحله نهایی

تفاوت تنش رهاش مقطع مستطیلی با فولاد کم

$$\frac{\rho f_{ps}}{f'_c} \leq 0.3$$



$$C = T$$

$$0.85 f'_c a b = A_p s f_{ps}$$

$$a = \frac{A_p s f_{ps}}{0.85 f'_c b} = \frac{\rho b d f_{ps}}{0.85 f'_c b} = \frac{\rho f_{ps}}{0.85 f'_c} d$$

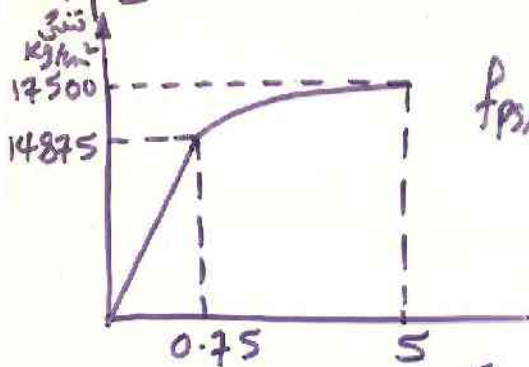
$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = A_p s f_{ps} \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$\rho b d$

$$M_n = \rho f_{ps} b d^2 \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_{ps}}{f'_c} \right)$$

$$f_{ps} = ?$$



در تیر کم فولاد

برای درصد فولاد یابنی f_{ps} تنشی بالاتر f_{ps} کرنش در حدود تقریباً 5٪

اما برای درصد فولاد بالا f_{ps} کرنش ممکن است به مقدار نزدیک 1٪

برسد (تقریباً معادل کرنش تسلیم) f_{ps} تنشی کمتر کرنش بزرگ در حد

لذا تنشی f_{ps} ثابت حتی با کسری $0.85 f_{ps}$ تأثیر

تعیین تنشی فولاد در مرحله نهائی f_{ps} از دروس

نداردش A_{c1}

نداردش تکرار

نداردش تکرار - با فرض صلبه گی حاصل بین بتنخ فولاد

۱- افتخاب یک تنشی f_{ps} معقول برای

۲- اعمال رابطه مقادیرها و تعیین a

۳- تعیین α

$$\alpha = \frac{a}{b_1}$$

۴- از دیاگرام توزیع کرنش ϵ_{s2} تعیین

$$\epsilon_{s2} = 0.003 \left(\frac{d - \alpha}{\alpha} \right)$$

۵- تعیین کرنش نهائی فولاد $\epsilon_s = \epsilon_{s1} + \epsilon_{s2}$

$$\epsilon_{s1} = \frac{f_{se}}{\epsilon_s}$$

۶- از نمودار تنشی-کرنشی برای ϵ_s مقدار f_{ps} تعیین و مقایسه با مقدار اختیار شده در مرحله ۱ در صورت اختلاف زیاد، مراحل فوق تکرار

نکته: روشی ACI

اولاً با فرض چسبندگی کامل بین بتن و فولاد
 باید: $f_{se} \geq 0.5 f_{pu}$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - 0.5 \rho \frac{f_{pu}}{f'_c} \right)$$

مقاومت خمشی نهائی مقطع مستطیلی با فولاد زیاد

$$\frac{\rho f_{ps}}{f'_c} > 0.3$$

f_{ps} در بار نهائی کمتر از $0.85 f_{pu}$
 فولاد به میزان لازم تکرار

برای اجتناب از فشردن

$$\frac{\rho f_{ps}}{f'_c} = 0.3$$

$$M_n = \rho f_{ps} b d^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_{ps}}{f'_c}\right)$$

$$M_n = \frac{\rho f_{ps}}{f'_c} f'_c b d^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_{ps}}{f'_c}\right)$$

$$\frac{\rho f_{ps}}{f'_c} = 0.3$$

$$M_n = 0.3 f'_c b d^2 (1 - 0.18)$$

$$M_n = 0.25 f'_c b d^2$$

تقریبی ممان خمشی صریح

$$M_u = \phi M_n$$

$$\phi = 0.9$$

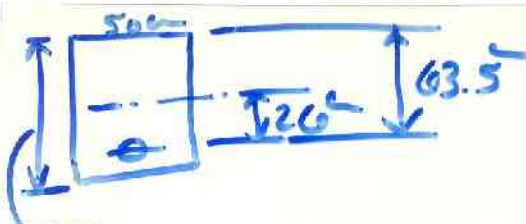
$$M_u \leq \phi M_n$$

طبق آیین نامه ACI

ضمناً طبق ACI - ظرفیت خمشی نهایی " ϕM_n " حداقل 20٪ بیشتر از ممان ترک خوردگی باشد

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}$$

شرط مقابل اطمینان می‌دهد که قبل از رسیدن به مقاومت نهایی ترک‌های هو مقدار دهنده بر وجود آمده



مثال: برای مقطع نشان داده شده نظریت M_n تایید: آیر

$A_{ps} = 14.84 \text{ cm}^2$
 $f_{pu} = 17500 \text{ kg/cm}^2$
 $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{se} = 9800 \text{ kg/cm}^2$

$M_{DL} = 17 \text{ T-m}$
 $M_{LL} = 52 \text{ T-m}$
 $E_s = 2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
 مقطع جوابگو می باشد؟

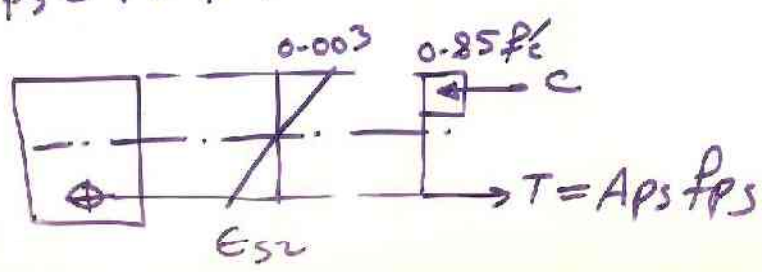
$f_{ps} = ?$
 از طریق روش تکرار
 اما انتخاب f_{ps} از رابطه ACI

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - 0.5 \rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} \right)$$

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{bd} = \frac{14.84}{50(63.5)} = 0.0047$$

$$f_{ps} = 17500 \left(1 - 0.5 \times 0.0047 \times \frac{17500}{350} \right)$$

$$f_{ps} = 15444$$



(58)

$$f_{ps} = 15444 \text{ kg/cm}^2 \quad -1$$

$$C = T$$

2- تعیین a

$$a = \frac{14.85 (15444)}{0.85 (350) (50)} = 15.4 \text{ cm}$$

3- تعیین λ

$$\lambda = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\beta_1 = 1.05 - 7.14 \times 10^{-4} f'_c$$

$$\beta_1 = 1.05 - 7.14 \times 10^{-4} (350)$$

$$\lambda = \frac{15.4}{0.8} = 19.25$$

(4) تعیین ϵ_{s2}

$$\epsilon_{s2} = 0.003 \left(\frac{d - \lambda}{\lambda} \right)$$

$$\epsilon_{s2} = 0.003 \left(\frac{63.5 - 19.25}{19.25} \right) = 0.0069$$

(5) تعیین کرنش نهایی فولاد ϵ_s

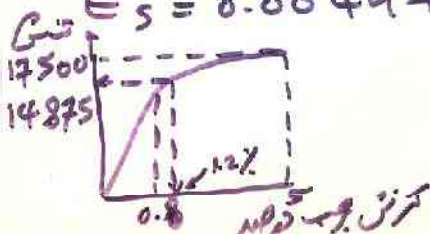
$$\epsilon_s = \epsilon_{s1} + \epsilon_{s2}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{f_{se}}{E_s} = \frac{9800}{2 \times 10^6} = 0.0049$$

$$\epsilon_s = 0.0049 + 0.0069 = 0.012$$

بازگویی: نمودار تنش-کرنش

$$f_{ps} = 15750 \quad \epsilon_s = 0.012$$

بسیار نزدیک به f_{ps} انتخاب شده

کنترل نوع سیقتی

$$\frac{\rho f_p s}{f'_c}$$

$$\frac{0.0047(15444)}{350} = 0.207 < 0.3$$

میشکل نرم

$$M_n = \rho f_p s b d^2 \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_p s}{f'_c}\right)$$

$$M_n = 0.0047(15444)(50)(63.5)^2 \\ \left[1 - 0.59(0.0047) \frac{15444}{350}\right] \times 10^5$$

$$M_n = 128.4 \text{ T-m}$$

$$M_u = \phi M_n = 0.9(128.4) = 115.6 \text{ T-m}$$

$$M_{u, \text{کنترل}} = 1.4 M_{DL} + 1.7 M_{LL}$$

$$M_{u, \text{کنترل}} = 1.4(17) + 1.7(52) = 112$$

$$M_{u, \text{کنترل}} = 112 < M_{u, \text{موجود}} = 115.6 \quad \checkmark$$

$$M_{cr} = F_e \left(e + \frac{r^2}{c}\right) + \frac{f_r I_g}{c}$$

$$f_r = 2\sqrt{f'_c} = 37.4$$

$$I_g = \frac{1}{12} (\overset{350}{50})(75)^3 = 1.76 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = 469.3$$

$$Fe = 9800 (14.84) = 145432 \text{ Kg}$$

$$M_{cr} = 145432 \left(26 + \frac{469.3}{37.5} \right) + \frac{37.4(1.76 \times 10^6)}{37.5}$$

$$M_{cr} = 7356572 \text{ Kg-cm} = 73.67 \text{ m}$$

$$1.2 M_{cr} = 88.3$$

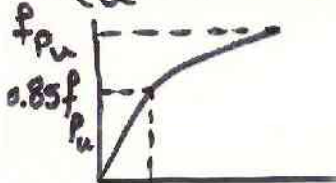
$$115 > 88.3 \quad \checkmark$$

مثال: برای یک نوع تیر بتنی پیش تنیده با استفاده از مقاومت کششی بالا نشان دهید در شرایط

متعاد برای مقاومت نهایی ممکن است باشد
 $\rho_b \approx 0.4 \frac{f'_c}{f_{ps}}$

* مقاومت کششی بتن را $350 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ در نظر می گیریم $f'_c = 350 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

$$\epsilon_{cu} = 0.003$$



با توجه به نمودار تنش-کرنش فولاد یا مقاومت بالا، حد فیزی در حدود $0.85 f_{pu}$ می باشد که بالای این مقدار کرنش خیلی سریعتر از تنش افزایش می یابد

لذا در شرایط متعاد وقتی $\epsilon_{cu} = 0.003$ ، $\Delta \epsilon_s$ (تغییر در کرنش فولاد تحت بار وارده) برابر است با ϵ_{s2} که از $f_{ps} = 0.85 f_{pu}$ منتهای کرنش پیش تنیدگی اولیه ϵ_{s1}

(61)

Diagram illustrating the stress distribution in a rectangular cross-section of a beam under bending. The total height is d . The neutral axis is at the center. The top fiber is at a distance x_b from the neutral axis. The strain at the top fiber is $\Delta \epsilon_s$. The stress at the top fiber is $\sigma_b = 0.003$. The stress at the bottom fiber is $\sigma_b = 0.85 f_c$. The distance from the neutral axis to the bottom fiber is a_b .

$$C_b = 0.85 f'_c a_b b$$

$$T_b = A_{psb} f_{ps} = \rho_b b d f_{ps}$$

$$C_b = T_b$$

از راه تطبیق و تعادل فیروها

$$a_b = \left(\frac{d}{0.85} \right) \rho_b \frac{f_{ps}}{f_c}$$

$$a_b = \beta, x_b$$

$$\beta_1 = 0.8$$

$f_c' = 350$ برای

$$a_b = 0.8 x_b$$

$$\frac{x_b}{d} = \frac{1}{0.8(0.85)} \sqrt{\rho_b \frac{f_{ps}}{f'_c}}$$

$$P_{pb} = 0.68 \frac{f'_c}{f_{ps}} \left(\frac{x_b}{d} \right) \dots \textcircled{a}$$

$$f_{ps} = 0.85 f_{pu}$$

$$\epsilon_5 = 0.0075$$

از عمود ارتعشی - کرنش فولاد

همچنین اگر کششی اولیه در فولاد دستی کشیدگی $0.6 f_{pu}$ باشد

کرنش کششی اولیه در فولاد برابر است با $\epsilon_{s1} = \frac{0.6 f_{pu}}{E_s}$

$$0.6 f_{pu} = 0.6 (17500) = 10500$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{10500}{2 \times 10^6} = 0.005$$

$$\epsilon_{s1} + \epsilon_{s2} = 0.0075$$

$\uparrow$
 0.005

$$\Delta \epsilon_s = 0.0075 - 0.005 = 0.0025$$

از دیاگرام توزیع کرنش و تپا به مثلثها

$$\frac{x_b}{d} = \frac{0.003}{0.003 + 0.0025} = 0.545$$

با جایگزینی رابطه فوق در رابطه a

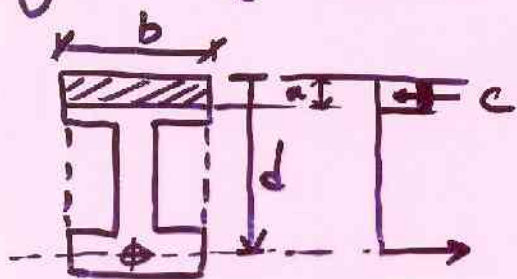
$$\rho_b = 0.68 \frac{f'_c}{f_{ps}} \left(\frac{x_b}{d} \right)$$

$$\rho_b = 0.371 \frac{f'_c}{f_{ps}}$$

لذا انتخاب ACI برای $\rho_b = 0.4 \frac{f'_c}{f_{ps}}$ در شرایط

متقابل منظر منطقی میرسد و در نتیجه $0.3 \frac{f'_c}{f_{ps}}$ می تواند 0.75 شرایط متقابل را نشان دهد.

مقاومت نهائی مقطع بالدار، شکل-I، شکل-T، شکل



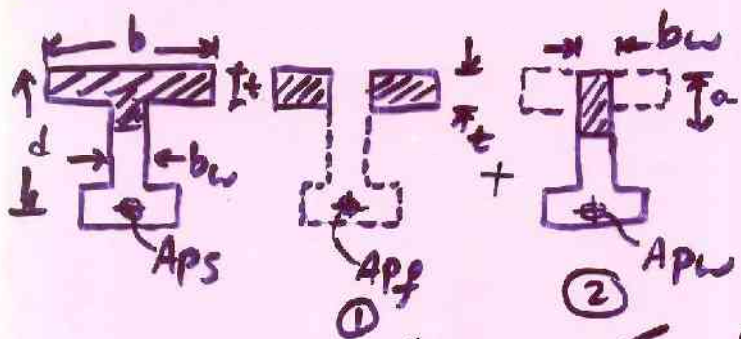
برای مقطع I-شکل، شکل-T-شکل
در صورتیکه ارتفاع بلوک تنش
در داخل بال تیر قرار گیرد،

مقطع بصورت مستطین شکل در نظر گرفته می‌گردد

$$\rho = \frac{A_{ps}}{bd}$$

اما اگر ارتفاع بلوک تنش بی‌مستراز

مغنی است بال مقطع باشد، لذا در محاسبات باید مقطع بالدار در نظر
گرفته شود



شکلست متعادل و جدا اگر در حد فولاد کششی

برای تعیین معیار برای شکست متعادل، ابتدا قسمتی از فولاد به یا
نیروی کششی مربوط به ناحیه مستطین شکل جان تیر متعادل
می‌گردد تعیین می‌گردد. A_{pw}

$$A_{pw} = A_{ps} - A_{pf}$$

(65)

با در نظر گرفتن مقطع شماره ۱ رابطه مقادیر نیروها

$$A_{pf} f_{ps} = 0.85 f'_c (b - b_w) t$$

$$A_{pf} = \frac{0.85 f'_c (b - b_w) t}{f_{ps}}$$

$$A_{pw} = A_{ps} - \frac{0.85 f'_c (b - b_w) t}{f_{ps}}$$

با جای سبب نمودن A_{pw} معیار شکست مقادیر بحریت
ضریب بیان می شود

$$\frac{\rho_{pw} f_{ps}}{f'_c} = 0.3$$

$$\rho_{pw} = \frac{A_{pw}}{b_w d}$$

$$\frac{\rho_{pw} f_{ps}}{f'_c} \leq 0.3$$

در شرایطی که

مقطع کم تر از حد بحریت
حسیختگی نرم

(66)

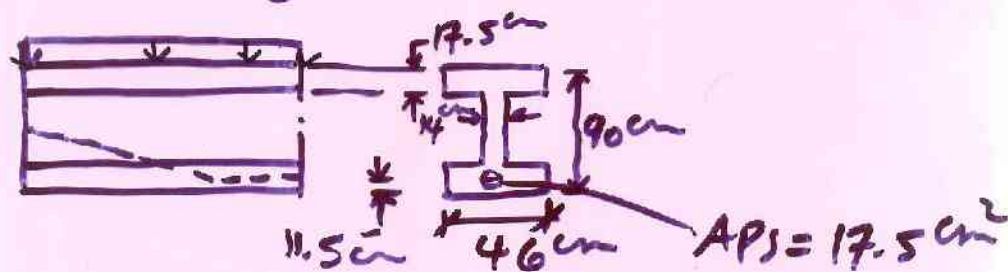
$$M_n = 0.85 f'_c (b - b_w) t (d - \frac{t}{2}) + 0.85 f'_c b_w a (d - \frac{a}{2})$$

در صورتیکه $\frac{\rho_{pu} f_{ps}}{f'_c} > 0.3$ مقطع با فراتر از

با افتیاری نمودن $\frac{\rho_{pu} f_{ps}}{f'_c} = 0.3$ M_n بصورت زیر بدست آید

$$M_n = 0.85 f'_c (b - b_w) t (d - \frac{t}{2}) + 0.25 f'_c b_w d^2$$

مثال: مقطع I- شکل مطابق شکل مفروض می باشد، تنش
میشی کشیدگی $f_{se} = 11000 \frac{kg}{cm^2}$ است. مطلوب است
تعیین مقاومت خمشی نهائی مقطع



$$f_{pu} = 18600 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 480 \text{ kg/cm}^2$$

(67)

با فرض اینکه ارتفاع بلوک کنتی حداقل برابر شود

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{bd} = \frac{17.5}{46(78.5)} = 0.0048$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - 0.5 \rho \frac{f_{pu}}{f'_c}\right)$$

$$\frac{f_{se}}{f_{pu}} = \frac{11000}{18600} = 0.59 > 0.5 \checkmark$$

$$f_{ps} = 18600 \left[1 - 0.5(0.0048) \frac{18600}{480}\right]$$

$$f_{ps} = 16870 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\rho_p f_{ps}}{f'_c} = \frac{0.0048(16870)}{480} = 0.17 < 0.3$$

$$\alpha = \frac{\rho_p f_{ps} d}{0.85 f'_c} = \frac{0.0048(16870)78.5}{0.85(480)} = 15.6 < 17.5$$

مقطع بصورت مستطین شکل عمل می کند

$$M_n = A_p s f_{ps} (d - \frac{a}{2})$$

$$M_n = 17.5 (16870) (78.5 - \frac{15.6}{2}) \times 10^{-5}$$

$$M_n = 208.7 \text{ T-m}$$

مثال: برای مقطع نشان داده شده در مثال قبلی در صورتی که سطح مقطع فولاد پیوسته تنیدگی 23.5 ksi باشد، تعیین کنید مقاومت خمشی نهایی مقطع

با فرض اینکه ارتفاع بلوک تنشی در داخل بال تغییر نکرده

$$\rho = \frac{A_p s}{b d} = \frac{23.5}{46(78.5)}$$

$$\rho = 0.0065$$

$$f_{ps} = (18600) \left[1 - 0.5 (0.0065) \frac{18600}{480} \right]$$

$$f_{ps} = 16255 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho f_{ps} / f_c = 0.22 < 0.3$$

$$a = \frac{\rho_f f_{ps} d}{0.85 f'_c} = \frac{0.0065 (16255) 78.5}{0.85 (480)} = 20.37 / 17.5$$

لذا نسيرت مقطع بالدار

$$A_{pf} = \frac{0.85 f'_c (b - b_w) t}{f_{ps}}$$

$$A_{pf} = \frac{0.85 (480) (46 - 14) 17.5}{16255} = 14.06 \text{ cm}^2$$

$$A_{pw} = 23.5 - 14.06 = 9.44 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{pw} = \frac{A_{pw}}{b_w d} = \frac{9.44}{14 (78.5)} = 0.0086$$

$$\frac{\rho_{pw} f_{ps}}{f'_c} \leq 0.3$$

$$\frac{0.0086 (16255)}{480} = 0.29 < 0.3$$

(69)

$$M_n = 0.85 f'_c (b - b_w) t (d - \frac{t}{2}) + 0.85 f'_c b_w a (d - \frac{a}{2})$$

$$a = \frac{\rho_w f_{ps} d}{0.85 f'_c} = \frac{0.0086(16255) 78.5}{0.85 (480)}$$

$$a = 26.9 \text{ cm}$$

$$M_n = \left[0.85 (480) (46 - 14) 17.5 (78.5 - \frac{17.5}{2}) + 0.85 (480) (14) 26.9 (78.5 - \frac{26.9}{2}) \right] \times 10^{-6}$$

$$M_n = 259 \text{ T-m}$$

فصل هفتم: طراحی اعضا تحت خمش

برای یک تیر با طول دهانه معلوم
و بار مشخص

طراحی برای تعیین ابعاد مقطع

جزئیات نیروی دینامیکی
و سایر مایل

طراحی برشهای بتی بصورت یک ماده الاستیک در صورت
ترک نخورده در نظر گرفته می شود

$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{M_g}{S_1} \leq f_{ti} \quad (1) \quad \left. \begin{array}{l} \text{مرحله انتقال} \\ \text{مرحله برده بدست} \end{array} \right\}$$

$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2}\right) + \frac{M_g}{S_2} \geq f_{ci} \quad (2)$$

$$-\frac{RF_i}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{M_t}{S_1} \geq f_{cs} \quad (3)$$

$$-\frac{RF_i}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2}\right) + \frac{M_t}{S_2} \leq f_{ts} \quad (4)$$

از ترکیب روابط 1 و 3 (5)

$$S_1 \gg \frac{-R M_g + M_t}{R f_{ti} - f_{cs}}$$

و از ترکیب روابط 2 و 4 (6)

$$S_2 \gg \frac{-R M_g + M_t}{-R f_{ci} + f_{ts}}$$

مثال: مطلوب است طراحی یک تیر پیچش تنده با دهانه ساده
 بطول 12 m که علاوه بر وزن خود، بار مرده $745 \frac{kg}{m}$
 و بار زنده $1490 \frac{kg}{m}$ را تحمل می نماید.

$$f'_{ci} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 420 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pu} = 17500 \text{ kg/cm}^2$$

* تیر با خروج از مرکزیت
 متغیر در طول دهانه

$$R = 0.85$$

$$f_{ci} = -0.6 f'_{ci} = -177 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ti} = 0.8 \sqrt{f'_{ci}} = 13.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cs} = -0.45 f'_c = -189 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ts} = 1.6 \sqrt{f'_c} = 32.79 \text{ kg/cm}^2$$

فرض می کنیم $w_g = 420 \text{ kg/m} \leftarrow$

D-3

$$M_g = \frac{420(12)^2}{8} = 7560 \text{ kg-m}$$

$$M_{DL} + M_{LL} = \frac{(745 + 1490)(12)^2}{8} = 40230 \text{ kg-m}$$

$$M_T = 47790 \text{ kg-m}$$

$$S_1 \gg \frac{-0.85(7560 \times 10^2) + 47790 \times 10^2}{0.85(13.74) - (-189)}$$

$$S_1 \gg 20612 \text{ cm}^3$$

$$S_2 \gg \frac{-0.85(7560 \times 10^2) + (47790 \times 10^2)}{-0.85(-177) + 32.79}$$

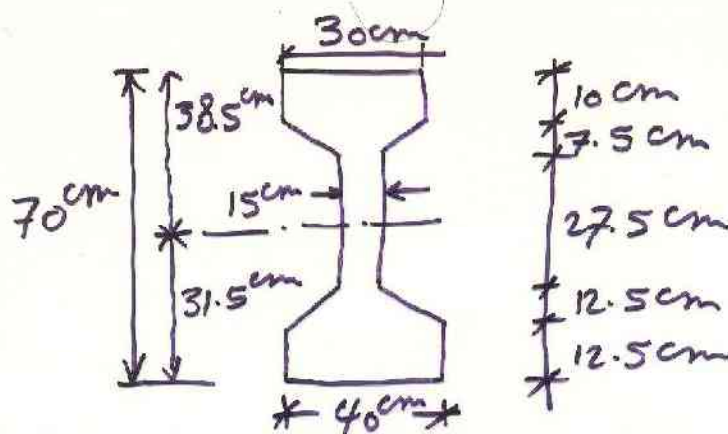
$$S_2 \gg 22574 \text{ cm}^3$$

با استفاده از جدول مقاطع استاندارد (فدع)

و با استفاده از تیب I

$$S_1 = \frac{I_g}{C_1} = 23067 \text{ cm}^3 > 20612 \checkmark$$

$$S_2 = \frac{I_g}{C_2} = 28234 \text{ cm}^3 > 22574 \checkmark$$



$$W_g = 420 \text{ Kg/m}$$

$$A_g = 1725 \text{ cm}^2$$

$$I_g = 888672 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = 515 \text{ cm}^2$$

$$C_1 = 38.5 \text{ cm}$$

$$C_2 = 31.5 \text{ cm}$$

تعیین F_t و e

از روابط ۱ تا ۵ ملاحظه می شود با افزایش خروج از مرتبت نیروی
پستی کشیدگی کاهش می یابد

فاصله بین مرتبه بندی فولاد تا تار تسمانی در حدود
 $0.1 h$ / خشیاری شود

مثال ۲: برای مثال ۱ با توجه به مقطع به دست آمده مطلوب نسبت
 یقینی مقدار نیروی خمشی کشنده ای لازم و مقدار ضریب امان
 آن در دهانه نا یقینی مقدار سطح مقطع لازم
 برای فرار

$$e = 31.5 - \underbrace{0.1(70)}_{\approx 10 \text{ cm}} = 21.5 \text{ cm}$$

با استفاده از روابط ۱ تا ۳

$$-\frac{F_{\Delta}}{A_g} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2}\right) - \frac{M_2}{S_1} \leq f_{t\Delta} \quad (1)$$

$$-\frac{F_{\Delta}}{1725} \left(1 - \frac{21.5(38.5)}{515}\right) - \frac{756000}{23067} \leq 13.74 \quad (a)$$

$$-\frac{F_{\Delta}}{A_g} \left(1 + \frac{e c_2}{r^2}\right) + \frac{M_2}{S_2} \geq f_{c\Delta} \quad (2)$$

$$-\frac{F_{\Delta}}{1725} \left(1 + \frac{21.5(31.5)}{515}\right) + \frac{756000}{28234} \geq 17.78 \quad (b)$$

$$-\frac{R F_{\Delta}}{A_g} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2}\right) - \frac{M_t}{S_1} \geq f_{cs} \quad (3)$$

$$-\frac{0.85(F_{\Delta})}{1725} \left(1 - \frac{21.5(38.5)}{515}\right) - \frac{4779000}{23067} \geq -189 \quad (c)$$

D-6

$$-\frac{RF_x}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2}\right) + \frac{M_t}{S_2} \leq f_{ts} \quad (4)$$

$$-\frac{0.85F_x}{1725} \left(1 + \frac{21.5(31.5)}{515}\right) + \frac{4779000}{28234} \leq 32.79 \quad (d)$$

$$F_x \leq 132113 \text{ kg} \quad (a)$$

$$F_x \leq 151839 \text{ kg} \quad (b)$$

$$F_x \geq 60751 \text{ kg} \quad (c)$$

$$F_x \geq 119635 \text{ kg} \quad (d)$$

$$F_x = 119.6 \text{ Ton}$$

$$f_{pu} = 17500 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{ثقبی سطح مقطع فولاد}$$

$$f_{py} = 0.85 f_{pu} = 14875 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{si} = \begin{cases} 0.74 f_{pu} = 12950 \text{ kg/cm}^2 \\ 0.82 f_{py} = 12198 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$f_{si} = 12000 \text{ kg/cm}^2$$

D-7

$$A_{ps} = \frac{119600 \leftarrow F_i}{12000 \leftarrow f_{si}} = 10 \text{ cm}^2$$

با استفاده از کابل $\frac{1}{2}$ اینچ با قطر ایسی 12.7 mm
و با سطح مقطع ایسی 0.929 cm^2

$$n = \frac{10}{0.929} = 10.76$$

11 کابل با قطر 12.7 mm لازم باشد

$$A_{ps} = 10.22 \text{ cm}^2$$

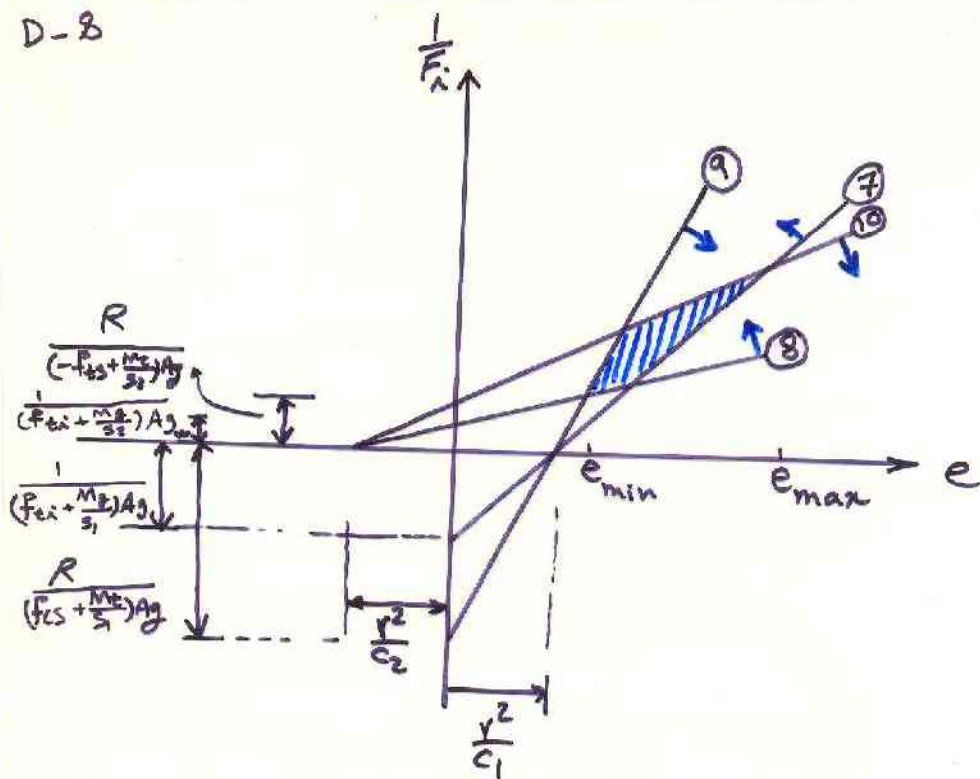
تغییرات نیروی پستی تنیدگی با خروج از مرتزیت

$$\frac{1}{F_i} \gg \frac{(-1 + \frac{e c_1}{r^2})}{(f_{ti} + \frac{M_t}{S_1}) A_g} \quad (7)$$

$$\frac{1}{F_i} \gg \frac{(1 + \frac{e c_2}{r^2})}{(-f_{ci} + \frac{M_t}{S_2}) A_g} \quad (8)$$

$$\frac{1}{F_i} \leq \frac{R(-1 + \frac{e c_1}{r^2})}{(f_{cs} + \frac{M_t}{S_1}) A_g} \quad (9)$$

$$\frac{1}{F_i} \leq \frac{R(1 + \frac{e c_2}{r^2})}{(-f_{ts} + \frac{M_t}{S_2}) A_g} \quad (10)$$



حد اکثر خروج از مرتزیت در محل تقاطع روابط 7 و 10 بدست می آید

مسال ۳: برای مسال ۲ کفایت F_A در e بکار گرفته شده را به روش ترکیبی ثابت کنید

از رابطه 7 نتیجه می شود $\frac{1}{F_A} \geq -12.46 \times 10^{-6} + 9.32 \times 10^{-7} e$

از رابطه 8 $\frac{1}{F_A} \geq 2.94 \times 10^{-6} + 1.8 \times 10^{-7} e$

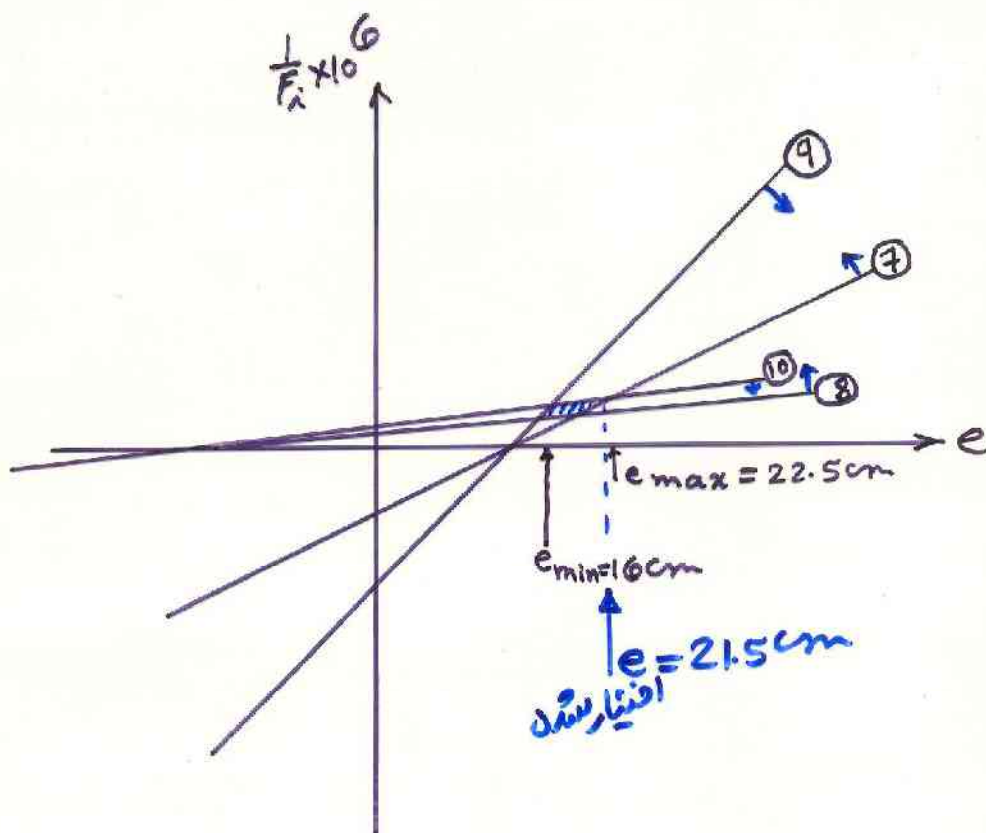
رابطه 9 $\frac{1}{F_A} \leq -27.11 \times 10^{-6} + 20.3 \times 10^{-7} e$

D-9

(29)

وزن اشیاء 10

$$\frac{1}{F_A} \leq 3.61 \times 10^{-6} + 2.21 \times 10^{-7} e$$



$$e_{\max} = 22.5 \text{ cm} \rightarrow \left(\frac{1}{F_A}\right)_{\max} = 8.583 \times 10^{-6}$$

$$F_{\min} = 116516 \text{ Kg}$$

$$e_{\text{افتيا, مورد}} = 21.5 \text{ cm} \rightarrow F_A = 119596 \text{ Kg}$$

$$F_A = 119.6 \text{ Ton}$$

$$e_{\min} = 16 \text{ cm} \rightarrow \left(\frac{1}{F_A}\right)_{\min} = 5.82 \times 10^{-6} \rightarrow (F_A)_{\max} = 171821 \text{ kg}$$

میرکابل

از رابطه ①

$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 - \frac{e(x)C_1}{r^2}\right) - \frac{M_g(x)}{S_1} \leq p_{tci}$$

$$e(x) \leq \frac{p_{tci} S_1}{F_i} + \frac{S_1}{A_g} + \frac{M_g(x)}{F_i} \quad (11)$$

از رابطه ②

$$e(x) \leq -\frac{p_{tci} S_2}{F_i} - \frac{S_2}{A_g} + \frac{M_g(x)}{F_i} \quad (12)$$

و از رابطه ③

$$e(x) \geq \frac{p_{tcs} S_1}{R F_i} + \frac{S_1}{A_g} + \frac{M_t(x)}{R F_i} \quad (13)$$

و از رابطه ④

$$e(x) \geq -\frac{p_{tcs} S_2}{R F_i} - \frac{S_2}{A_g} + \frac{M_t(x)}{R F_i} \quad (14)$$

معادلات ۱۱ و ۱۲ حد پایینی خروج از مرکزیت
و معادلات ۱۳ و ۱۴ حد بالای خروج از مرکزیت
را نتیجه میوه

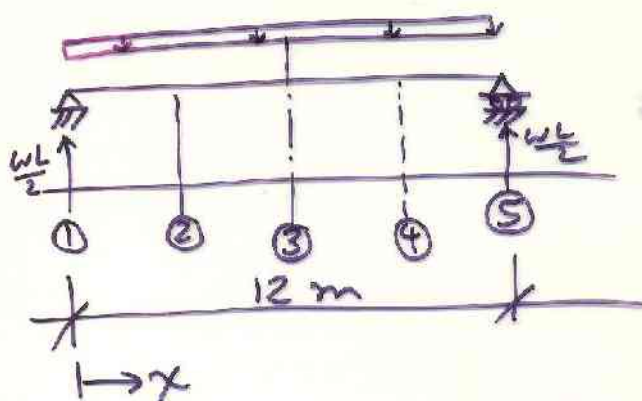


حد بالایی
برای ϵ

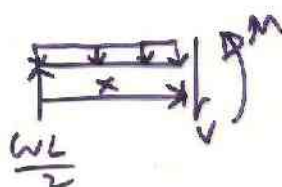
حد پایینی
برای ϵ

محدوده مجاز
برای مرکز هندسی قوس

مثال ۲: برای مثال ۱ تعیین کنید محدوده مجاز برای سیرکابین
تأییداً سیر مناسب کابل در طول دهانه



۵ نقطه در طول دهانه
در نظر گرفته می شود



$$M = \frac{wL}{2} x - \frac{w}{2} x^2$$

$$= \frac{w}{2} x (L - x)$$

D-12

	0	$4/4=3$	$6/2=6$	$9/4=9$	$12=12$
Mg	0	5670	7560	5670	0
Mt	0	35842.5	47790	35842.5	0

(88)

با استفاده از معادلات 11 تا 14

$$e(x) \leq \frac{P_{ti} S_i}{F_i} + \frac{S_i}{A_g} + \frac{Mg(x)}{F_i} \quad (11)$$

$$e(x) \leq 16.02 + 8.36 \times 10^{-6} Mg(x) \quad (a)$$

از رابطه 12

$$e(x) \leq 25.4 + 8.36 \times 10^{-6} Mg(x) \quad (b)$$

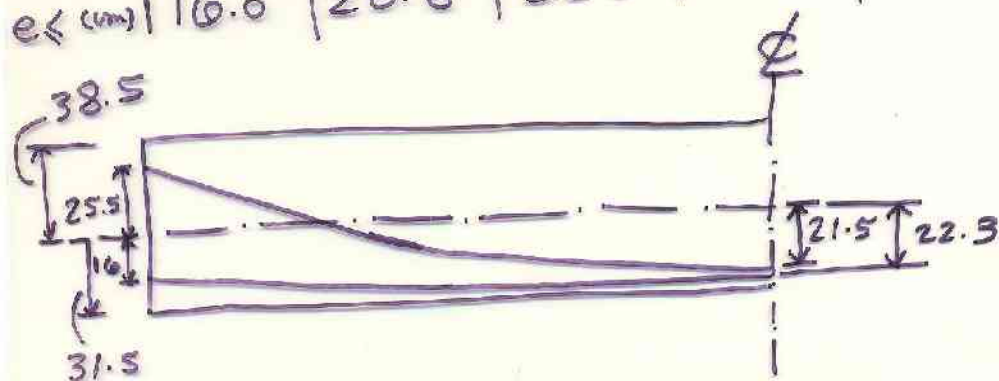
و از رابطه 13

$$e(x) \geq -29.5 + 9.83 \times 10^{-6} Mt(x) \quad (c)$$

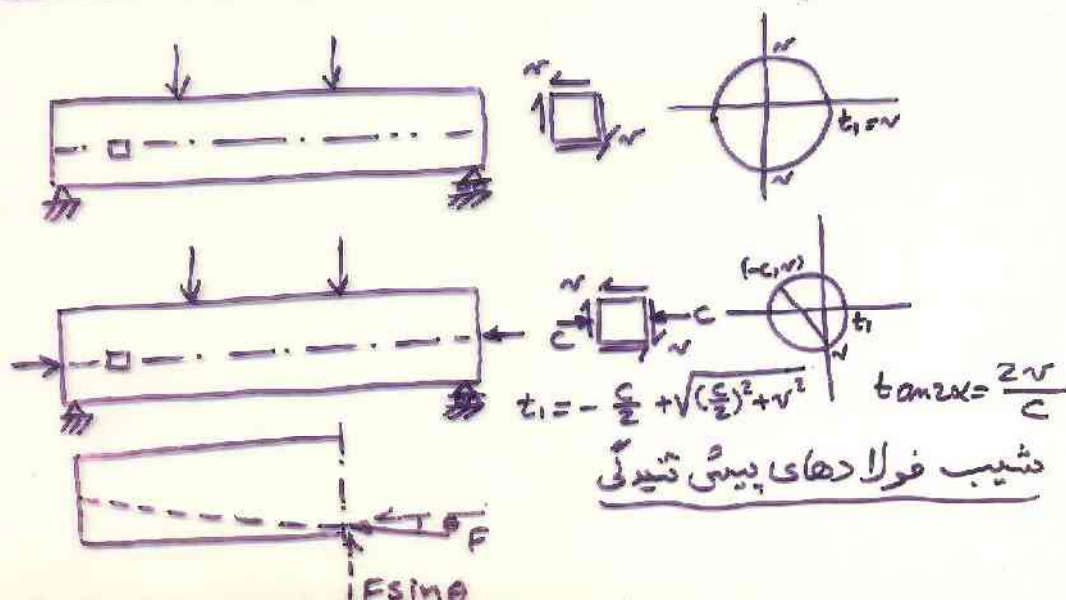
و از رابطه 14

$$e(x) \geq -25.5 + 9.83 \times 10^{-6} Mt(x) \quad (d)$$

	0	3m	6m	9m	12m
Mg	0	5670	7560		
Mt	0	35842.5	47790		
e (mm)	-25.5	9.7	21.5		
e _⊥ (mm)	16.0	20.8	22.3		



فصل هفتم: آنالیز طراحی تیرهای پیش تنیده در مقابل برش



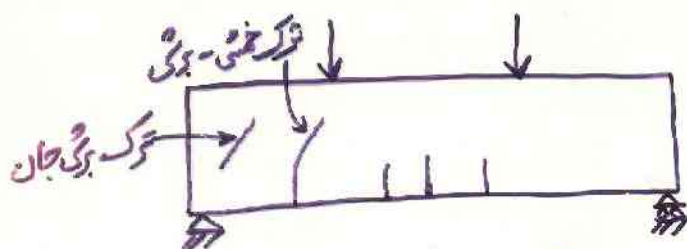
$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi = 0.85$$

$$V_n = V_c + V_s$$

V_u مجرای به فاصله $\frac{h}{2}$ از برتکیه گاه در نظر گرفته می شود

در تیرهای پستی کشیده دو نوع ترک مایل امکان پذیر می باشد
 ترک خمشی - برشی
 ترک برشی جان



مقاومت برشی ادسی تأمین شده توسط بتن
پستی کشیده - V_c

مقاومت در مقابل ترک خمشی - برشی : V_{ci}

$$V_{ci} = 0.16 \sqrt{f'_c} b_w d + V_{cr, g+d+l}$$

معرّف نیروی برشی اضافی لازم برای تبدیل ترک خمشی به ترک مایل

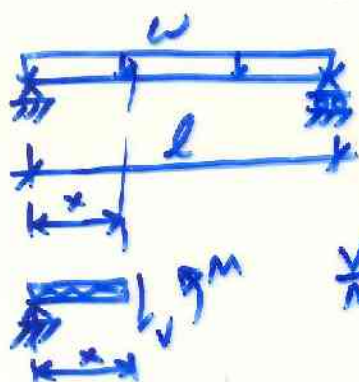
نیروی برشی ناشی از کل باره
 ترک خمشی در مقطع مورد نظر
 تسکین، مسترد

$$V_{ci} = 0.16 \sqrt{f'_c} b_w d + V_g + V_{cr}$$

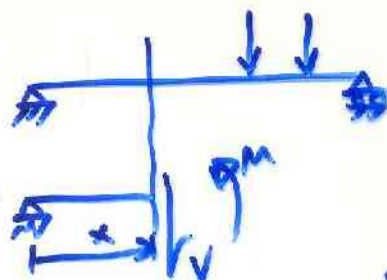
$$V_{cr} = \frac{V_d + l}{M_d + l} M_{cr}$$

نسبت $\frac{V_d + l}{M_d + l}$ در طی افزایش بار - بار ترک
ثابت باقی می ماند

$\frac{V}{M}$ تابعی از نحوه توزیع بار می باشد



$$\frac{V}{M} = \frac{l - 2x}{x(l - x)}$$



$$\frac{V}{M} = \frac{1}{x}$$

M_{cr} = همان ترک دهنده مقطع نامی از بارهای
مرده و زنده که علاوه بر همان بخشی نامی از
وزن تیر عمل می نماید

D-16

$$f_{zg} + \frac{M_{cr} C_2}{I_g} - f_{zpe} = 1.0 \sqrt{f'_c} \quad \text{طبقاً به مواظبت کارانه}$$

$$M_{cr} = \frac{I_g}{C_2} (1.0 \sqrt{f'_c} + f_{zpe} - f_{zg})$$

قدر مطلق تنشی ناشی از نیروی پیوسته کشیدگی مؤثر در تار خارجی تحت کشش

قدر مطلق تنشی ناشی از وزن تیر در تار خارجی تحت کشش

$$M_{cr} = \frac{I_g}{C_2} (1.0 \sqrt{f'_c} + f_{zpe} - f_{zg})$$

$$V_{ci} = 0.1 \sqrt{f'_c} b_w d + V_g + \frac{V_d + L}{M_d + L} M_{cr} \gg 0.4 \sqrt{f'_c} b_w d \quad (a)$$

d : فاصله دورترین تار فشاری از مرکز هندسی فولاد پیوسته کشیدگی که لازم نیست از 0.8h کوچکتر در نظر گرفته شود

مقاومت در مقابل ترک برشی جان و V_{cw}
ترک برشی جان در نزدیک تکیه گاه بعلیل تنشی های اصلی بزرگ رخ می دهد

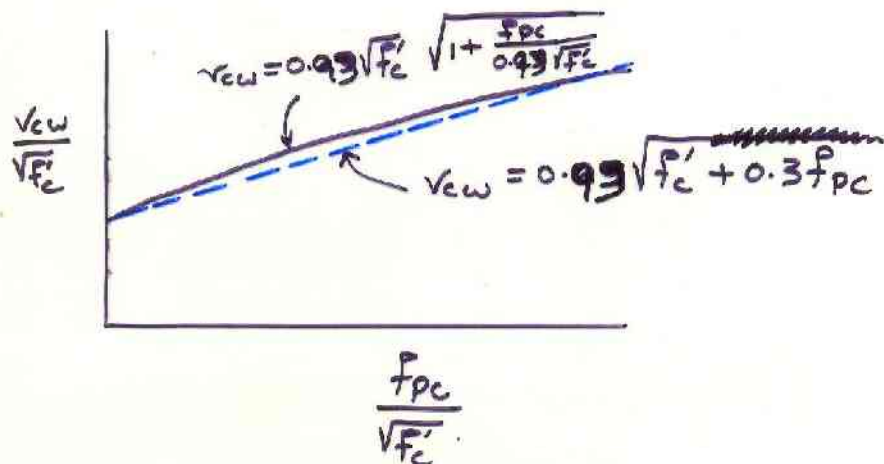
* با توجه به اینکه قبل از وقوع چنین ترکي اثر كاملاً همگن عملي نمايه لذا مي توان نوشت

$$t_1 = f_{t(max)} = -\frac{c}{2} + \sqrt{\left(\frac{c}{2}\right)^2 + v^2}$$

$$v = f_{t(max)} \sqrt{1 + \frac{c}{f_{t(max)}}}$$

$$f_{t(max)} \leq 0.93 \sqrt{f'_c}$$

$$v = 0.93 \sqrt{f'_c} \sqrt{1 + \frac{c}{0.93 \sqrt{f'_c}}}$$



$$v = 0.93 \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc}$$

$$V_{cw} = (0.93 \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc}) b w d + V_p \quad (b)$$

قدر مطلق تنش ف ری بعد از طبع اتلافها در مرکز سطح مقطع
بتی و یا در مورد مقاطع بالدار در محل اتصال جان و بال
زمانی که مرکز سطح در داخل بال واقع می شود

از بین دو رابطه a و b کو کوچکترین مقدار بعنوان V_c اختیار می شود

رابطه ساده آیینی نام ACI برای V_c

$$V_c = (0.16\sqrt{f'_c} + 49 \frac{V_u}{M_u} d) b_w d \leq 1.3\sqrt{f'_c} b_w d$$

که V_c لازم نیست از $0.53\sqrt{f'_c} b_w d$ کمتر
اختیار شود

توضیح: رابطه فوق در شرایطی قابل استفاده

می باشد که نیروی پیچشی تنیدگی مؤثر کمتر از
40٪ مقاومت نهائی کششی فولاد پیچشی تنیدگی نباشد

تأیید: برای مقاطع I- شکل با طول دهانه متراکم
بلند و برای مقاطع مربع بسیار غیر اقتصادی
می باشد

سلگردهای برشی ← خاموت

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = V_u - V_c$$

$$V_s \leq 2.12\sqrt{f'_c} b_w d$$

در غیر این صورت ابعاد مقطع باید افزایش یابد

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s}$$

در صورتیکه

$$V_s \leq 1.06 \sqrt{f'_c} b w d$$

$$S_{max} = 0.75 h \leq 60 \text{ cm}$$

هر کدام که کوچکتر باشند

$$1.06 \sqrt{f'_c} b w d < V_s \leq 2.12 \sqrt{f'_c} b w d$$

$$S_{max} = 0.375 h \leq 30 \text{ cm}$$

$$\frac{V_c}{2} \leq V_n \leq V_c$$

حد اقل خاموت

$$V_n \leq V_c \quad \text{از دید عملی}$$

$$\frac{A_v}{S} = 3.5 \frac{b w}{f_y}$$

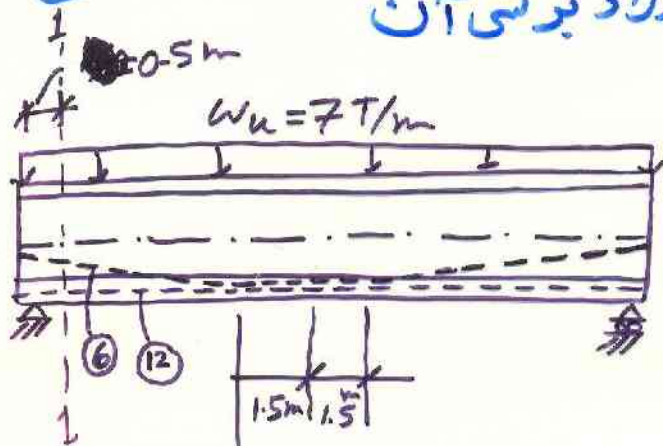
حد اقل خاموت
برای کوچکترین مقدار
از در رابطه زیر در نظر گرفته
شود

$$\frac{A_v}{S} = \frac{A_p s f_{pu}}{80 f_y d} \sqrt{\frac{d}{b w}}$$

این رابطه در طراحی
قابل استفاده است که
نیروی پستی تنیدگی مؤثر
تقریباً ۴۰٪ مقاومت کششی فولاد پستی تنیدگی باشد

D-20

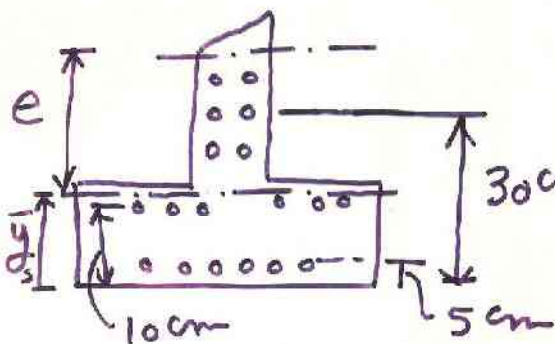
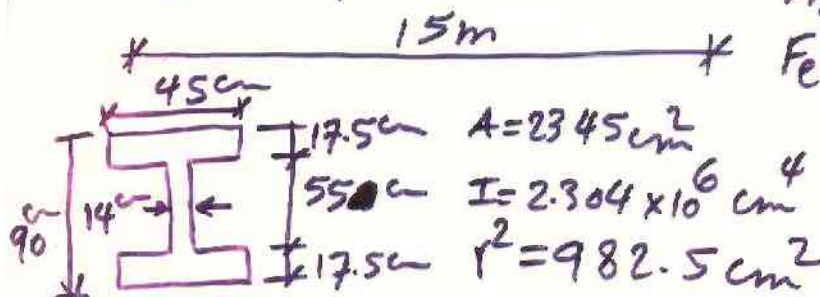
مسئله: مطلوب است تعیین نیروی برشی مقاوم برای تیر
 نشان داده شده در تصویر زیر در مقطع 1-1
 و طراحی فولاد برشی آن



$$f'_c = 490 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A_{ps} = 18 \text{ cm}^2$$

$$F_e = 198 \text{ Ton}$$



و امنیت استقرار

فولاد در مقطع 1-1

$$\bar{y}_s = \frac{6(5) + 6(10) + 6(30)}{18} = 15 \text{ cm}$$

far

D-21

(9)

$$e = 45 - 15 = 30 \text{ cm}$$

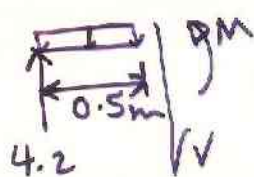
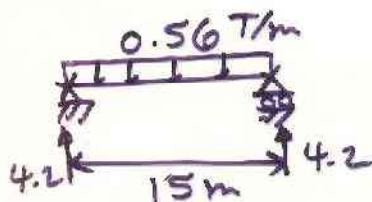
$$W_g = 2.4 (0.2345) = 0.56 \text{ T/m}$$

$$d = 90 - 15 = 75 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$0.8h = 72 \text{ cm}$$

↖ 90

$$V_{ci} = 0.16 \sqrt{f'_c} b_w d + V_g + \frac{V_{d+e}}{M_{d+e}} M_{cr}$$



$$V_g = 3.92 \text{ T}$$

$$M_g = 2.03 \text{ T-m}$$

$$\frac{V}{M} = \frac{l - 2x}{x(l - x)} = \frac{15 - 2(0.5)}{0.5(15 - 0.5)} = 1.93$$

$$\frac{P}{f_{tg}} = \frac{M_g C_2}{I_g} = \frac{2.03 \times 10^5 (45)}{2.304 \times 10^6} = 3.96 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{2pe} = - \frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{e C_2}{r^2} \right)$$

D-22

$$f_{zpe} = - \frac{198000}{2345} \left(1 + \frac{30(45)}{982.5} \right) = -200.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$M_{cr} = \frac{I_g}{C_2} (1.6 \sqrt{f'_c} + f_{zpe} - f_{zg})$$

$$M_{cr} = \left[\frac{2.304 \times 10^6}{45} (1.6 \sqrt{490} + 200.5 - 3.96) \right] \times 10^{-5}$$

$$M_{cr} = 118.8 \text{ T-m}$$

$$V_{ci} = 0.16 \sqrt{490} (14)(75) \times 10^{-3} + 3.92 + 1.94(118.8)$$

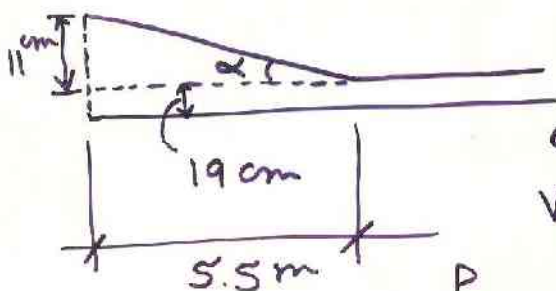
$$V_{ci} = 238 \text{ Ton}$$

$$V_{cw} = (0.93 \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc}) b w d + V_p$$

$$V_p = ?$$

$$F_{e6} = 66 \text{ Ton}$$

$$J. 66 \text{ s/s}$$



$$\alpha = \tan^{-1} \frac{11}{550} = 1.15$$

$$V_p = F_{e6} \sin \alpha = 1.32 \text{ Ton}$$

$$f_{pc} = \frac{198000}{2345} = 84.43 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

D-23

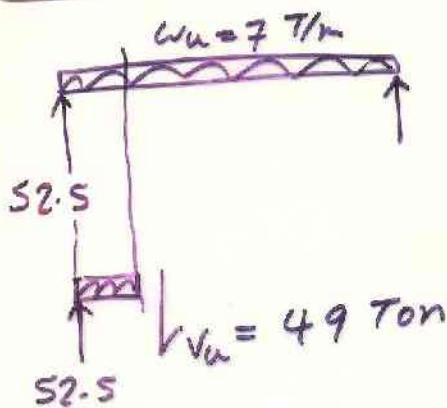
(43)

$$V_{cw} = (0.93\sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc}) b w d + V_p$$

$$V_{cw} = [0.93\sqrt{f'_c} + 0.3(84.43)] 14(75) \times 10^{-3} + 1.32$$

$$V_{cw} = 49.53 \text{ Ton} \leftarrow$$

$$V_c = 49.53 \text{ Ton}$$



$$V_n = \frac{49}{0.85} = 57.65 \text{ Ton}$$

$$V_s = V_n - V_c = 57.65 - 49.53 = 8.12 \text{ Ton}$$

$$2.12 \sqrt{f'_c} b w d = 49.27$$

$\underbrace{2.12}_{490} \underbrace{\sqrt{f'_c}}_{14} \underbrace{b w d}_{75}$

$$V_s = 8.12 < 49.27 \quad \checkmark$$

D-24

$$\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{8.12 \times 10^3}{3000 (75)} = 0.036$$

$$f_y = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{pu} = 18600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A_v = 2 \frac{\pi (1)^2}{4} = 1.57 \text{ cm}^2$$

خامنه ۱۰
میدان دو حلقه

$$\frac{A_v}{S} = 0.036$$

$$S = 43.61 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 0.75 h = 67.5 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 60 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$\frac{A_v}{S} = 3.5 \frac{b_w}{f_y} = 0.016 \quad \checkmark$$



$$\frac{A_v}{S} = \frac{A_{ps} f_{pu}}{80 f_y d} \sqrt{\frac{d}{b_w}}$$

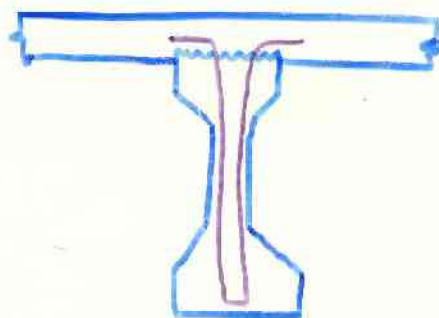
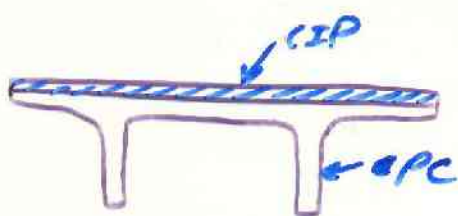
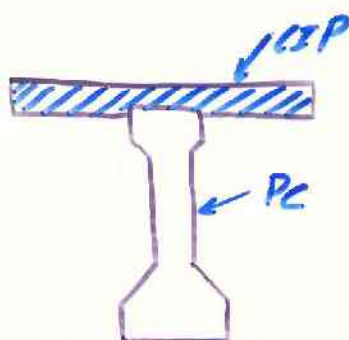
$$\frac{A_v}{S} = \frac{18 (18600)}{80 (3000) (75)} \sqrt{\frac{75}{14}} = 0.043$$

کو حلقه‌ری دو مقدار فوق ۰.۰۱۶ می باشد که از مقدارهای مجزیه
۰.۰۳۶ کو حلقه‌ری است

فاصله فاصله ها
اختیاری شود

c-1

تیرهای مرکب



مستحقات مقاومت مصالح بکار گرفته شده kg/cm^2
 مقاطع ویسبی ساخته ویسبی تنیده با مقاومت ها بالایی 350-420

برای بتن دال با توجه به شرایط باربر مقاومت بزرگ

200 - 280 kg/cm^2

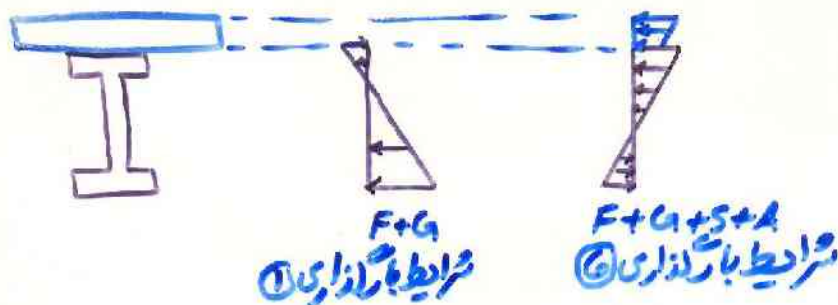
مراتل بارگذاری

مراصل	بارهای مؤثر	مقطع مؤثر	نیروی پیستی تنیدگی	مقاومت بتنی
1	$F + G$	مقطع پیستی سافته	$F_i - max$	$f'_{ci} - min$
2	$F + G + S$	" " "	"	"
3	$F + G + S + A$	مقطع پیستی سافته تیر برای F, G, S و مقطع مرکب برای A	"	"
4	$F + G$	مقطع پیستی سافته	$F_e - min$	$f'_c - max$
5	$F + G + S$	" " "	"	"
6	$F + G + S + A$	مقطع پیستی سافته تیر برای F, G, S و مقطع مرکب برای A	"	"

وزن حال
 F : نیروی پیستی تنیدگی
 G : وزن تیر پیستی سافته
 S : بارهای وارده (مرده + زنده)
 A : بارهای وارده (مرده + زنده)

شرایط بارگذاری ۱ و ۶ مهم ترین حالت بارگذاری می باشند
 در شرایط بارگذاری ۱ تأثیر نیروی پیستی تنیدگی کنترل کننده می باشد
 در شرایط بارگذاری ۶ تأثیر بار اعمال شده حکمفرمای می باشد

C-3

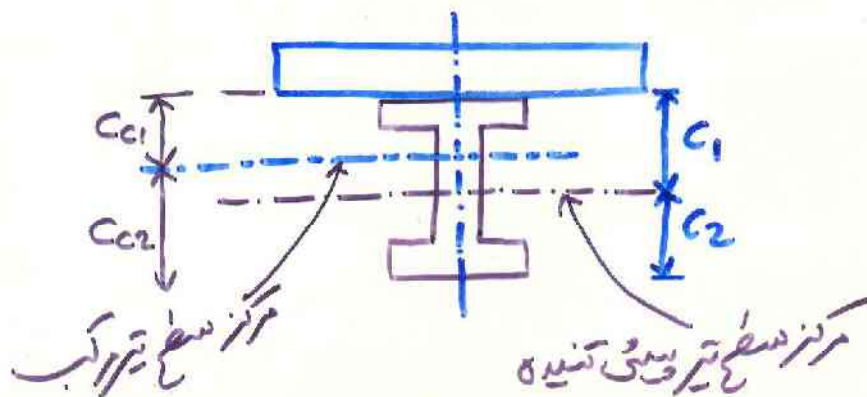


$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2}\right) - \frac{M_g C_1}{I_g} \leq f_{ci}$$

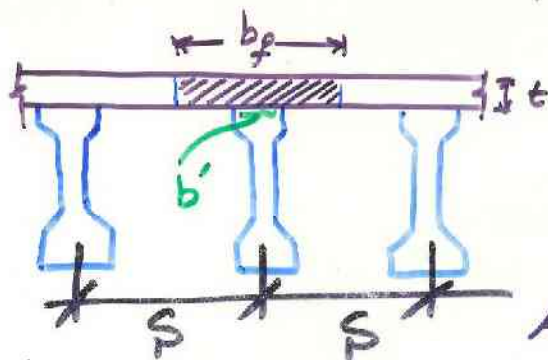
$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{e c_2}{r^2}\right) + \frac{M_g C_2}{I_g} \geq f_{ci}$$

$$-\frac{F_e}{A_g} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2}\right) - \frac{(M_g + M_s) C_1}{I_g} - \frac{M_a C_{c1}}{I_e} \geq f_{cs}$$

$$-\frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{e c_2}{r^2}\right) + \frac{(M_g + M_s) C_2}{I_g} + \frac{M_a C_{c2}}{I_e} \leq f_{ts}$$



C-4



$$b_f = ?$$

بر اساس آیین نامه AASHTO

۱/ طول دهانه تیر

فاصله مرکز به مرکز تیر

۱۵ برابر ضخامت دال + b'

$$b_f \leq L/4$$

$$b_f \leq S$$

$$b_f \leq 12t + b'$$

$$b_f \leq L/4 \text{ و } b_f \leq S$$

$$b_f \leq 16t + b'$$

$$b_{tr} = n b_f$$

$$n = \frac{E_c}{E_{cp}}$$

هر کدام که کوچکتر باشد

بر اساس آیین نامه ACI

مثال: مطلوب است تنش های ایجاد شده در یک تیر داخلی پلی از مقطع استاندارد تیب II و به دهانه ساده ۱۵ m تحت بارگذاری زیر

$$WDL = 280 \text{ Kg/m}$$

$$WLL = 1790 \text{ Kg/m}$$

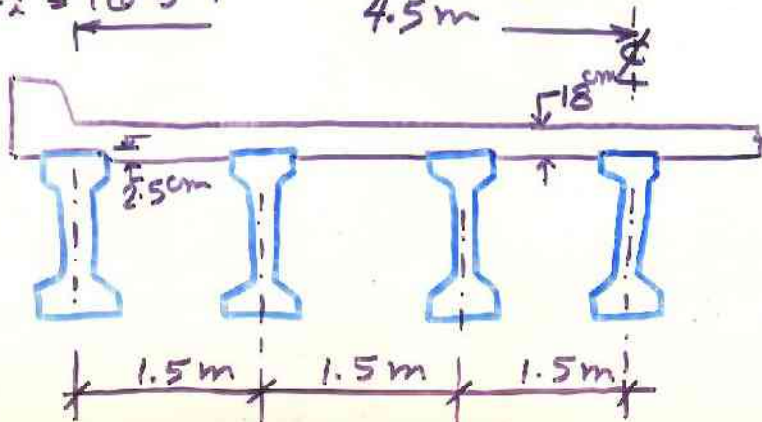
$$F_i = 163 \text{ T}$$

$$R = 0.85$$

$$e = 30 \text{ cm}$$

$$A_{ps} = 14.74 \text{ cm}^2$$

$$4.5 \text{ m}$$



مقطع عرضی دال

$$f'_{c_{\text{تر}}} = 350 \text{ Kg/cm}^2 \quad (C-5) \quad E_{cp} = 2.8 \times 10^5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'_{c_{\text{ایتر}}} = 280 \text{ Kg/cm}^2 \quad E_c = 2.2 \times 10^5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f'_{c_{\text{بال}}} = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

مشخصات هندسی تیر و پستی ساخته شده از قیپ II

$$h = 90 \text{ cm} \quad I_g = 1.99 \times 10^6 \text{ cm}^4 \quad r^2 = 863 \text{ cm}^2$$

$$A = 2306 \text{ cm}^2 \quad C_1 = 50 \text{ cm} \quad C_2 = 40 \text{ cm}$$

عرض مؤثر بال فشاری = b_f = ؟

$$b_f = \frac{L}{4} = \frac{1500}{4} = 375 \text{ cm}$$

$$b_f = S = 150 \text{ cm} \quad \leftarrow$$

$$b_f = 12t + b' = 12(18) + 30 = 246 \text{ cm}$$

$$b_f = 16(18) + 30 = 318 \text{ cm}$$

$$b_{tr} = n b_f$$

$$n = \frac{E_c}{E_{cp}}$$

$$n = \frac{2.2 \times 10^5}{2.8 \times 10^5} = 0.786$$

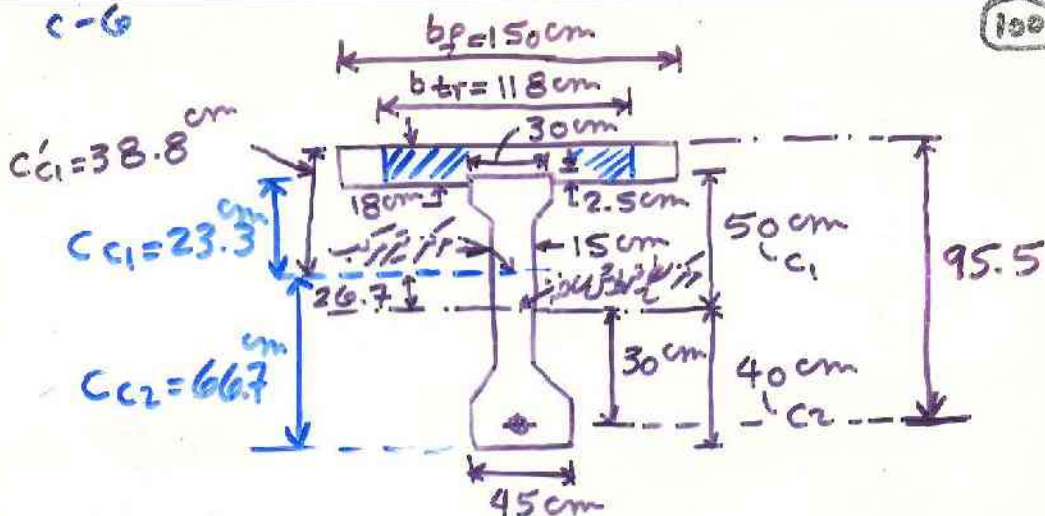
$$b_{tr} = 0.786 (150) = 118 \text{ cm}$$

طبق آیین

ACI

c-6

100



$$C_{c2} = \frac{2306(40) + 118(18)(87.5 + 9) - 30(2.5)(88.75)}{2306 + 118(18) - 30(2.5)}$$

$$C_{c2} = 66.7 \text{ cm}$$

$$C_{c1} = 23.3 \text{ cm}$$

$$I_c = 1.99 \times 10^6 + 2306(26.7)^2 + \frac{1}{12}(118)(18)^3 + 118(18)(29.8)^2 - \left[\frac{1}{12}(30)(2.5)^3 + 30(2.5)(22.05)^2 \right]$$

$$I_c = 5.54 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$W_g = 384(1.49) = 572 \text{ Kg/m}$$

$$M_g = 572(15)^2/8 = 16092 \text{ Kg-m}$$

$$W_s = 1.5 \times 0.18 \times 2400 = 648 \text{ Kg/m}$$

$$M_S = \frac{648(15)^2}{8} = 18225 \text{ Kg-m} \quad c-2$$

$$M_D = 280(15)^2/8 = 7875 \text{ Kg-m}$$

$$M_L = 1790(15)^2/8 = 50344 \text{ Kg-m}$$

$$M_a = M_D + M_L = 58219 \text{ Kg-m}$$

$$-\frac{F_A}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{M_g c_1}{I_g} < f_{tci}$$

$$f_{tci} = 0.8 \sqrt{f'_{ci}} = 13.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ci} = 0.6 f'_{ci} = 168$$

$$f_{ts} = 1.6 \sqrt{f'_c} = 29.9$$

$$f_{cs} = 0.45 \sqrt{f'_c} = 157.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$-\frac{163000}{2306} \left(1 - \frac{30(50)}{863}\right) - \frac{16092 \times 100(50)}{1.99 \times 10^6} = -11.7 < 13.4$$

$$-\frac{F_A}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2}\right) + \frac{M_g c_2}{I} > f_{ci}$$

$$-\frac{163000}{2306} \left(1 + \frac{30(40)}{863}\right) + \frac{16092 \times 100 \times 40}{1.99 \times 10^6} = -136.6 > -168$$

$$-\frac{F_e}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{(M_g + M_s) c_1}{I_g} - \frac{M_a c_{ci}}{I_c} > f_{cs}$$

$$F_e = 0.85(163) = 138.6 \text{ Ton}$$

$$-\frac{138600}{2306} \left(1 - \frac{30(50)}{863}\right) - \left(\frac{(34317) \times 100(50)}{1.99 \times 10^6}\right) - \frac{581900(23.3)}{5.54 \times 10^6}$$

$Mg + Ms$

$$= -66.3 > -157.5 \quad \checkmark$$

$$-\frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{e c_2}{r^2}\right) + \frac{(Mg + Ms) c_2}{I_g} + \frac{M_a c_{c2}}{I_c} \leq f_{ts}$$

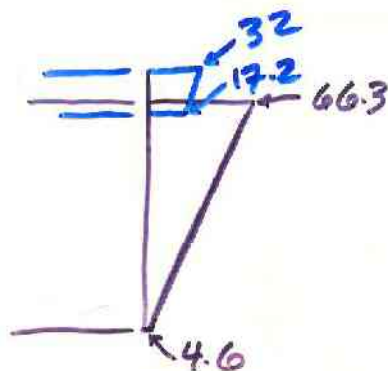
$$-\frac{138600}{2306} \left(1 + \frac{30(40)}{863}\right) + \frac{3431700(40)}{1.99 \times 10^6} + \frac{5821900(66.7)}{5.54 \times 10^6} = -4.6$$

(نشا) ↗

$$f_{ts} = n \frac{M_a c_{c1}}{I_c} \quad n = 0.786$$

$$f_{ts} = 0.786 \frac{5821900(38.8)}{5.54 \times 10^6} = -32 > f_{cs} = -94.5 \quad \checkmark$$

$$f_{2s} = 0.786 \frac{5821900(20.8)}{5.54 \times 10^6} = -17.2 > f_{cs} = -94.5$$

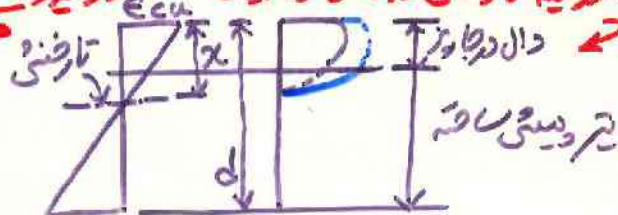
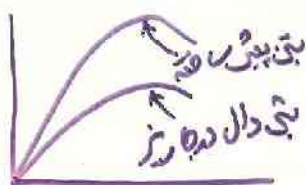


$$0.45(210) = 94.5$$

(c-9)

مقاومت خمشی نهایی مقاطع مرکب

در آرد مراد در حالت نهایی، تار فنی در داخل بال قرار می گیرد
در صورتیکه تار فنی در ناحیه تیر ویسی ساخته قرار می دهد



* توزیع تنش در حالت نهایی در دو نوع تیر یکسان نخواهد بود

مثال: مطلوب است محاسبه مقاومت نهایی خمشی تقاطع مثال قبل

$$A_{ps} = 14.74 \text{ cm}^2$$

$$f_{pu} = 17500 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 30 + 50 + 18 - 2.5 = 95.5 \text{ cm}$$

$$b_f = ?$$

$$b_f = 150 \text{ cm}$$

از مثال قبل

با فرض اینکه ارتفاع بلوک تنشی در داخل بال نیز قرار گیرد

$$\rho = \frac{A_{ps}}{b_f d} = \frac{14.74}{150 (95.5)} = 0.00103$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\delta_p}{\beta_1} \rho \frac{f_{pu}}{f'_c} \right) \quad \delta_p = 0.4, \beta_1 = 0.85$$

$$f_{se} = \frac{F_e}{A_{ps}} = \frac{138600}{14.74} = 9403 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{se}}{f_{pu}} = \frac{9403}{17500} = 0.54 > 0.5 \quad \checkmark$$

$$f_{ps} = 17500 \left(1 - \frac{0.4}{0.85} (0.00103) \frac{17500}{210}\right)$$

C-10

104

$$f_{ps} = 16793 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$\uparrow$
 $f'_{c, \text{adj}}$

$$\frac{\rho_p f_{ps}}{f'_c} = \frac{0.00103 (16793)}{210} = 0.08 < 0.3 \quad \checkmark$$

$$a = \frac{\rho_p f_{ps} d}{0.85 f'_c} = \frac{0.00103 (16793) 95.5}{0.85 (210)} = 9.25$$

$$a = 9.25 < 18 \text{ cm} \quad \checkmark$$

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n = 14.74 (16793) \left[95.5 - \frac{9.25}{2}\right] \times 10^{-5}$$

$$M_n = 224.9 \text{ T-m}$$

$$M_u = \phi M_n = 202.4 \text{ T-m}$$

$\phi = 0.9$

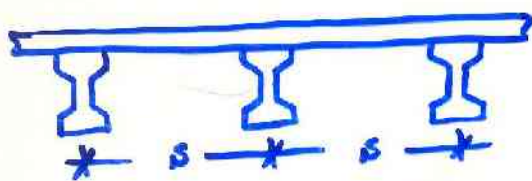
$$M_{u, \text{fact}} = 1.4 (M_g + M_s + M_d) + 1.7 M_l$$

$$= \{1.4 (16092 + 18225 + 7875) + 1.7 (50344)\} \times 10^{-3}$$

$$M_{u, \text{fact}} = 144.7 < M_{u, \text{des}} = \phi M_n = 202.4 \quad \checkmark$$

مثال: مقطع مرکب نشان داده شده مربوط به تیر ساده ای به دهانه 25 m می باشد. تیر پستی ساخته از نوع مقطع استاندارد I- شکل نوع III و دال درجاریز به ضخامت 12.5 cm می باشد. مقاومت فشاری بتن تیر پستی ساخته در مرحله انتقال $350 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ و در مرحله بهره برداری $400 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ و مقاومت فشاری دال $300 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ می باشد. این تیر علاوه بر وزن خود و دال، بار زنده ای به شدت $500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$ را حمل می کند. در صورتی که اجرای این تیر مرکب بدون استفاده از تسع انجام شود، مطلوب نیست

اولاً: تعیین نیروی پستی تنیدگی اولیه تیر پستی ساخته
ثانیاً: مقدار فولاد پستی تنیدگی
ثالثاً: تعیین ماکزیم فاصله تیرها (۱۵)
رابعاً: تعیین مقاومت نهایی مقطع



$$f_{pu} = 17500 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E_c = 2.2 \times 10^5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E_{cp} = 2.53 \times 10^5 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

اتلاف تنشی در دراز مدت $\frac{1}{20}$

برای تیر نوع III

$$h = 112.5 \text{ cm}$$

$$A = 3500 \text{ cm}^2$$

$$C_1 = 61.8 \text{ cm}$$

$$C_2 = 50.7 \text{ cm}$$

$$I_g = 4.9 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$w_g = 869 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$W_S = 5 \times 0.125 \times 2400 = 300 \text{ S } \text{ Kg/m} \quad 104-B$$

$$W_L = 500 \text{ S } \text{ Kg/m}$$

$$M_g = 869 (25)^2 / 8 = 67891 \text{ Kg-m}$$

$$M_S = 300 \text{ S } (25)^2 / 8 = 23438 \text{ S } \text{ Kg-m}$$

$$M_L = 500 \text{ S } (25)^2 / 8 = 39063 \text{ S } \text{ Kg-m}$$

$d' =$ فاصله بین مرکز هندسی فولاد و پستی تنیدگی تا آمارکتانی $0.1h$

اختیاری دسجود $d' = 0.1(12.5) = 11.3 \rightarrow 15 \text{ cm}$

$$e = 50.7 - 15 = 35.7 \text{ cm}$$

$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 - \frac{ec_1}{r^2}\right) - \frac{M_g c_1}{I_g} \leq f_{ti} \quad \text{در مرحله انتقال}$$

$$f_{ti} = 0.8 \sqrt{f'_c} = 0.8 \sqrt{350} = 15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$-\frac{F_i}{3500} \left(1 - \frac{35.7(61.8)}{1400}\right) - \frac{6789100(61.8)}{4.9 \times 10^6} \leq 15 \text{ Kg}$$

$$164.54 \times 10^{-6} F_i \leq 100.63 \rightarrow F_i \leq 611548$$

$$-\frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{ec_2}{r^2}\right) + \frac{M_g c_2}{I_g} \geq f_{ci}$$

$$f_{ci} = 0.6 f'_c = 0.6(350) = 210$$

$$-\frac{F_i}{3500} \left(1 + \frac{35.7(50.7)}{1400}\right) + \frac{6789100(50.7)}{4.9 \times 10^6} \geq -210$$

$$-655.1 \times 10^{-6} F_i \geq -280.25 \text{ Ton}$$

$$F_i \leq 427797 \text{ Kg} \rightarrow F_i = 427.8$$

$$F_e = 0.8 F_i = 0.8(427.8) = 342.2 \text{ Ton}$$

میزان فولاد و سیمانی $A_{ps} = ?$

$$f_{si} = \begin{cases} 0.74 f_{pu} = 12950 \text{ kg/cm}^2 \\ 0.82 f_{py} = 12198 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$0.85 f_{pu} = 14875$$

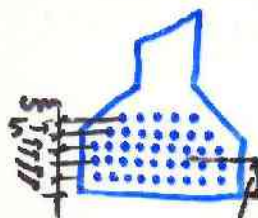
$$f_{si} = 12000 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{ps} = \frac{F_i}{f_{si}} = \frac{427.8 \times 10^3}{12000} = 35.7 \text{ cm}^2$$

با استفاده از کابل $\varnothing$ ۱۲.۷ میلی و با سطح مقطع 0.929 cm^2

$$n = \frac{35.7}{0.929} = 38.4$$

۳۹ کابل $\varnothing$ ۱۲.۷ میلی استفاده می شود



$$\begin{array}{r} 9 \times 5 = 45 \\ 9 \times 10 = 90 \\ 9 \times 15 = 135 \\ 7 \times 20 = 140 \\ 5 \times 25 = 125 \\ \hline 535 \end{array}$$

$$d' = \frac{535}{39} = 13.7 \text{ cm}$$

لذا انتخاب $d' = 15 \text{ cm}$ مناسب می باشد



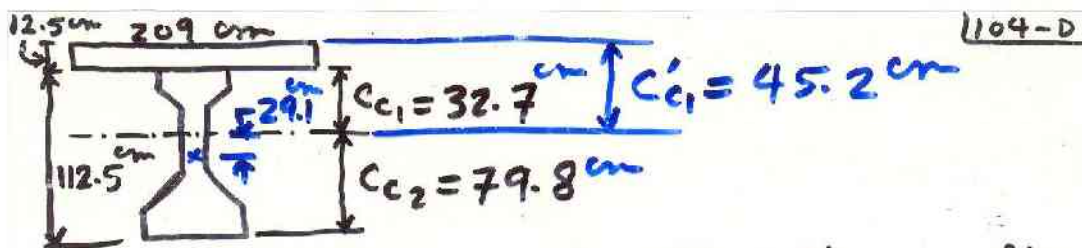
تقریبی فاصله تیرها "S"

$$b' = 40 \text{ cm}$$

$$b_f = 40 + 2(8t) = 40 + 2(8 \times 12.5) = 240 \text{ cm}$$

$$n = E_c / E_{cp} = \frac{2.2 \times 10^5}{2.53 \times 10^5} = 0.87$$

$$b_{tr} = n b_f = 0.87(240) = 209 \text{ cm}$$



$$C_{c2} = \frac{3500(50.7) + 209(12.5)(118.8)}{3500 + 209(12.5)} = 79.8 \text{ cm}$$

$$C_{c1} = 32.7 \text{ cm} \quad C'_{c1} = 45.2$$

$$I_c = 4.9 \times 10^6 + 3500(29.1)^2 + \frac{1}{12}(209)(12.5)^3 + 209(12.5)(39)^2 = 11.87 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

در طرفه بر 0 بری

$$\frac{F_e}{A_g} \left(1 - \frac{e c_1}{r^2}\right) - \frac{(M_g + M_s) c_1}{I_g} - \frac{M_a C_{c1}}{I_c} \geq f_{cs}$$

$$f_{cs} = 0.45 f'_c = 0.45(400) = 180 \text{ kg/cm}^2$$

$$-\frac{342.2 \times 10^3}{3500} \left(1 - \frac{35.7(61.8)}{1400}\right) - \frac{(6789100 + 23438005)}{4.9 \times 10^6} - \frac{3906300 S(32.7)}{11.87 \times 10^6} = -180$$

$$S = 3.7 \text{ m}$$

$$-\frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{e c_2}{r^2}\right) + \frac{(M_g + M_s) c_2}{I_g} + \frac{M_a C_{c2}}{I_c} \leq f_{ts}$$

$$f_{ts} = 1.6 \sqrt{f'_c} = 1.6 \sqrt{400} = 32 \text{ kg/cm}^2$$

$$-\frac{342.2 \times 10^3}{3500} \left(1 + \frac{35.7(50.7)}{1400}\right) + \frac{(6789100 + 23438005) 50.7}{4.9 \times 10^6} + \frac{3906300 S(79.8)}{11.87 \times 10^6} = 32 \rightarrow S = 3.68 \text{ m}$$

use $S = 3.6 \text{ m}$

کنترل کششی در تارموقاتی دال

$$P_{1s} = -n \frac{M_a C'_{ci}}{I_c}$$

$$M_a = 39063 \overset{3.6}{S} = 140627 \text{ Kg-m}$$

$$P_{1s} = 0.87 \frac{14062700(45.2)}{11.87 \times 10^6} = -46.6 > \underbrace{-0.45}_{-135} \checkmark$$

مقاومت ربائی = ؟ $M_u = 1.4(M_g + M_s) + 1.7 M_L$

$$M_u = 1.4[67891 + 23438(3.6)] + 1.7(39063)(3.6)$$

$$M_u = 452240 \text{ Kg-m} \quad M_u = 452.2 \text{ t-m}$$

$$A_{ps} = 39 \times 0.929 = 36.2 \text{ cm}^2$$

$$d = 110 \text{ cm}$$

$$b_f = 240 \text{ cm} \quad \leftarrow$$

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b d} = \frac{36.2}{240 \times 110} = 0.0014$$

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\delta_p}{\beta_1} \rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} \right) \dots \quad \begin{matrix} \delta_p = 0.4 \\ \beta_1 = 0.84 \end{matrix}$$

$$f_{se} = \frac{F_e}{A_{ps}} = \frac{342.2 \times 10^3}{36.2} = 9453 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{se}}{f_{pu}} = \frac{9453}{17500} = 0.54 > 0.5 \checkmark$$

$$f_{ps} = 17500 \left(1 - \frac{0.4}{0.84} (0.0014) \frac{17500}{300} \right)$$

$$f_{ps} = 16819 \text{ Kg/cm}^2$$

104-F

$$\frac{\rho_p f_{ps}}{f'_c} = \frac{0.0014(16819)}{300} = 0.08 < 0.3 \checkmark$$

با فرض اینکه محقق بلوک تنشی در داخل دال قرار گیرد

$$a = \frac{\rho_p f_{ps} d}{0.85 f'_c} = \frac{0.0014(16819)110}{0.85(300)}$$

$$a = 10.16 < 12.5 \text{ cm}$$

ناحیه فشراری
در داخل دال

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 36.2(16819) \left(110 - \frac{10.16}{2} \right) \times 10^{-5}$$

$$M_n = 638.8 \text{ T-m}$$

$$M_u = \phi M_n = 0.9(638.8) = 575 \text{ T-m}$$

$$M_u = 575 > M_u = 452.2$$



۱- اغلب مواقع تیرهای بتن پرسی تنیده بصورت تیرهای ساده (معین) ساخته می شود

۲- در تیرهای نامعین پرسی تنیده بعط نیروی پرسی تنیدگی همان ثانویه بوجود خواهد آمد

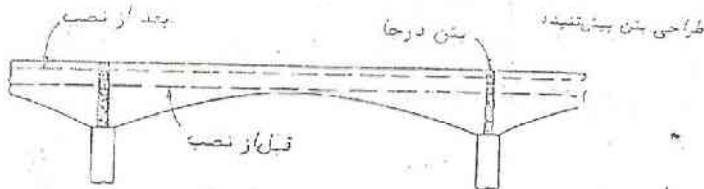
مزایای تیرهای سرتاسری (تیرهای نامعین)

۱- همان های طراحی غالباً کوچکتر از دهانه های ساده در نتیجه فولاد کمتر و مقطع کوچکتر

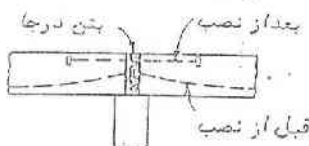
۲- با توجه به بکسره بودن فولادهای پرسی تنیدگی تعداد بارها و گیره ها انتهای کاسه می شود و در نتیجه هزینه و زحمات نئیدن فولادها کم می شود

نحوه اجرای تیرهای سرباسری

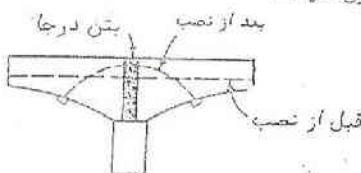
۲۵۷



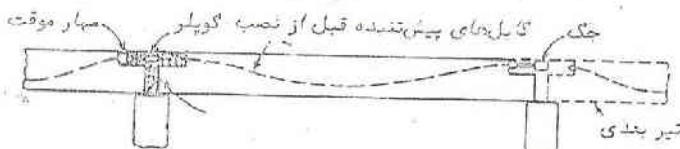
الف: کابل‌های پیوستگی بعد از نصب کشیده می‌شوند.



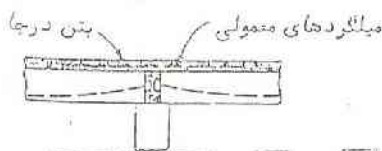
ب: کابل‌های پیوستگی کوتاه در روی تکیه‌گاه



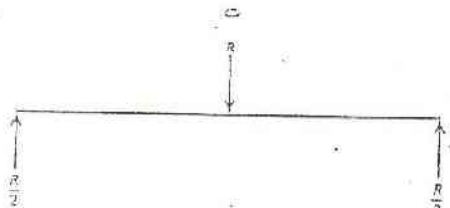
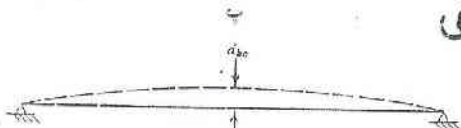
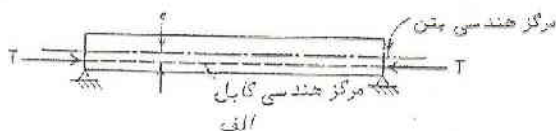
پ: کابل‌های پیوستگی کوتاه در روی تکیه‌گاه



ت: ایجاد پیوستگی یا وصله کابل‌ها توسط گویار در روی تکیه‌گاه



رفتار تیرهای سرتاسری



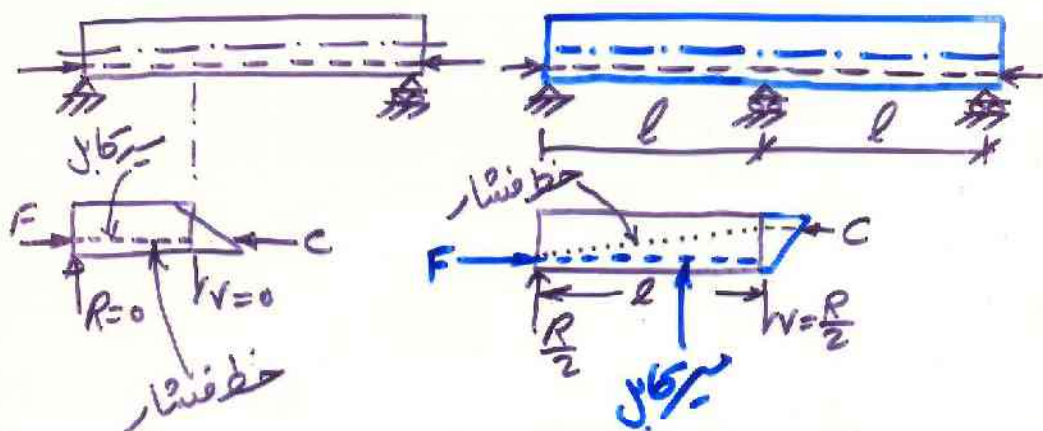
شکل ۲۶

تکلیف ماهیانی از
تغییر شکل تیر جلوگیری
و در نتیجه واکنش تکلیف‌های
وجودی آید
طبقاً این واکنش تکلیف‌های
تولید همان ضعی
علاوه بر همان ضعی
ناشی از نیروی پیش‌تنیدگی
خروج از مرتزبت می‌نماید

خط فشار

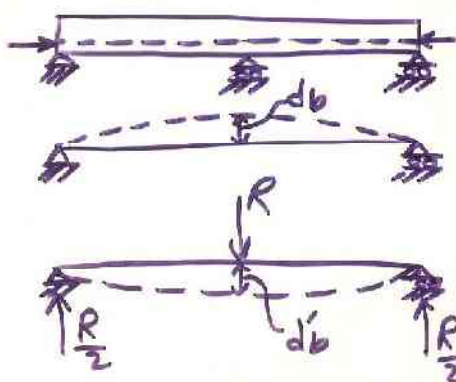
در تیرهای ساده تحت تأثیر نیروی پیوسته کشیدگی تنها، عمل تأثیر نیروی فشاری مقطع منطبق بر مرکز هندسی فولادهای پیوسته کشیدگی می باشد. (در امتداد سیر فولاد)

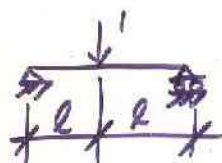
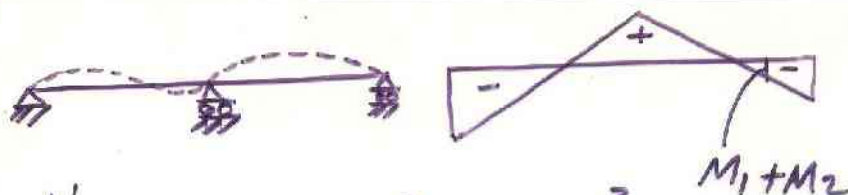
در تیرهای سرناسری عمل تأثیر نیروی فشاری به دلیل وجود خمشی ثانویه منطبق بر مرکز هندسی فولادهای پیوسته کشیدگی نمی باشد.



تحلیل تیرهای نامعین پیوسته کشیدگی - تعیین خط فشار

با استفاده از اصل رویم گذاری
و سازگاری تغییر شکل ها





$$d_b'' = \frac{PL^3}{48EI} = \frac{(2l)^3}{48EI}$$

با استفاده از اصل روی هم گذاشتن بارها و تغییر شکل ها

$$d_b = d_b''$$

$$d_b'' = R d_b$$

$$d_b = R \frac{(2l)^3}{48EI}$$

و آنش اصنافی R ناشی از نیروی پستی کشیدگی موجب ایجاد همان ثابویه $M_2 = \frac{Rl}{2}$ در تکیه گاه میانی می گردد

از تقسیم همان کل در هر نقطه بر نیروی پستی کشیدگی $M = M_1 + M_2$
عمل خط منسار تعیین می گردد.

توجه: نظر به اینکه همان های ثابویه در هر تکیه پستی کشیده می شود صرفاً از واکنشهای تکیه گاه بدست می آید

تغییرات همان ثابویه در بین تکیه گاه

همیشه بصورت خطی می باشد

* مقدار همان ثابویه M_2 همواره به موقعیت سیر فولاد بستگی دارد

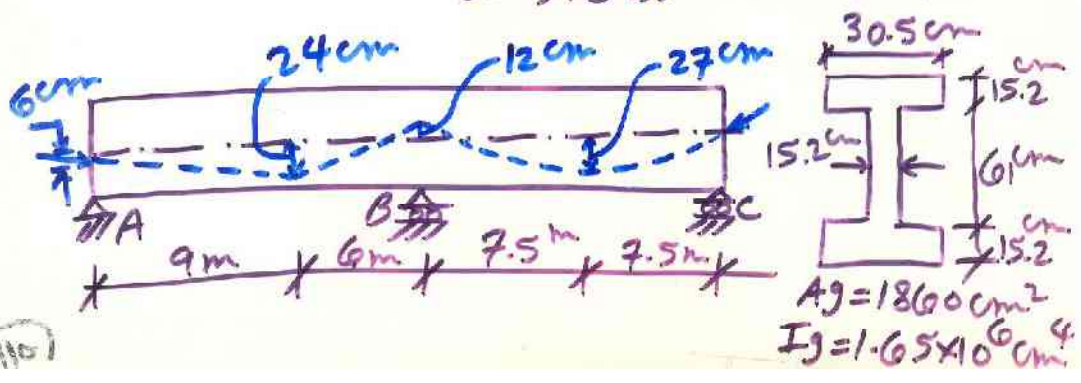
ممکن است M_2 صفر شود در حالات دیگر
 ممکن است قابل مقایسه با M_1 (همان اولیه) و یا حتی بزرگتر باشد.

توجه: همان های اولیه متناسب با نیروی دینامیکی باشد
 در نتیجه واکنشهای تیر ناشی از نیروی دینامیکی از جمله
 واکنشهای اضافی و به تبع آن همان های ثانویه
 متناسب با نیروی دینامیکی باشد
 لذا همان کلی $M_1 + M_2$ متناسب با نیروی دینامیکی باشد
 بنابراین: تغییرات قدری نیروی دینامیکی و کاهش آن
 از F_k به F_e تأثیری در موقعیت خط فشار
 نخواهد داشت.

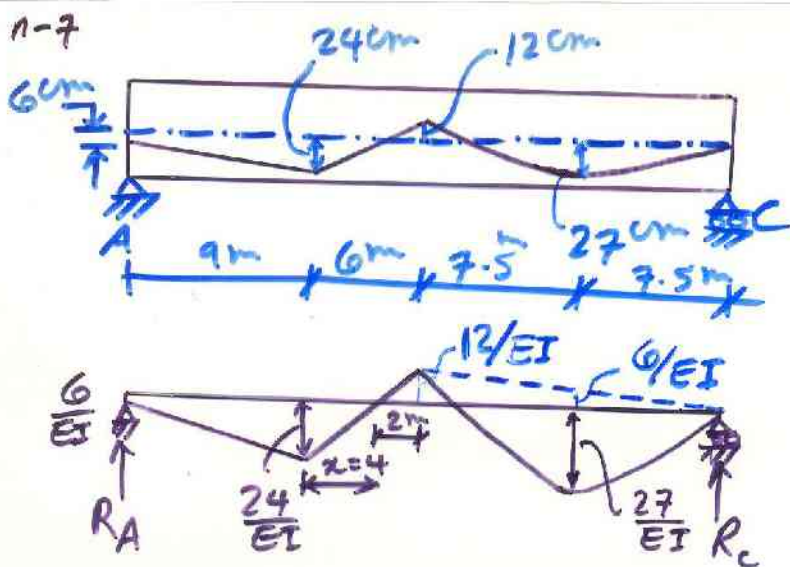
مقدار همان کل $M_1 + M_2$ حائز اهمیت می باشد

می توان این مقدار همان را بطور خیلی ساده از روش بار معادل تعیین نمود

مثال: تیر سراسری دو دهانه مطابق شکل در اختیار می باشد. در صورتیکه
 نیروی دینامیکی مؤثر 100^T باشد. مطلوب است تعیین
 موقعیت خط فشار ناشی از نیروی دینامیکی در طول تیر
 الف: با استفاده از اصل رومهم گذاری و سازگاری تغییر شکل ها
 ب: با استفاده از روش بار معادل



1-7



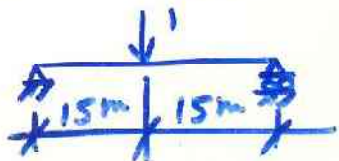
$$\sum M_C = 0$$

$$30R_A - \frac{6}{EI}(9)(25.5) - \frac{1}{2}\left(\frac{18}{EI}\right)(9)(24) - \frac{1}{2}\left(\frac{24}{EI}\right)(4)(19.67) + \frac{1}{2}\left(\frac{12}{EI}\right)(2)(15.67) - \frac{2}{3}\left(\frac{33}{EI}\right)(15)(7.5) + \frac{1}{2}\left(\frac{12}{EI}\right)(15)(15) = 0$$

$$R_A = \frac{188.4}{EI}$$

$$d_B = M_B = \frac{188.4}{EI}(15) - \frac{6}{EI}(9)(10.5) - \frac{1}{2}\left(\frac{18}{EI}\right)(9)(9) - \frac{1}{2}\left(\frac{24}{EI}\right)(4)(4.67) + \frac{1}{2}\left(\frac{12}{EI}\right)(2)(0.67)$$

$$d_B = \frac{1313.9}{EI} \uparrow$$

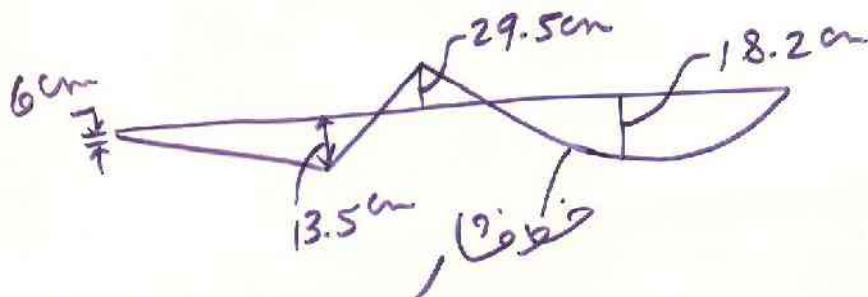
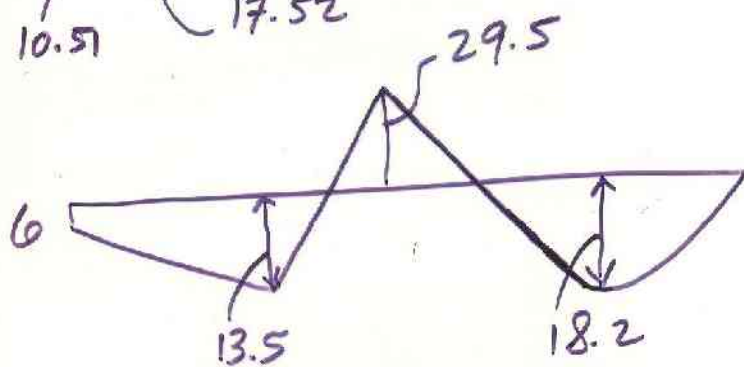
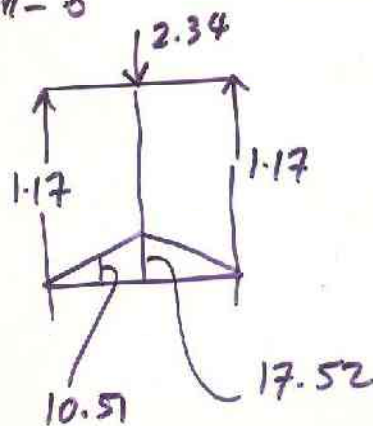


$$d_B'' = \frac{1(30)^3}{48EI} = \frac{562.5}{EI}$$

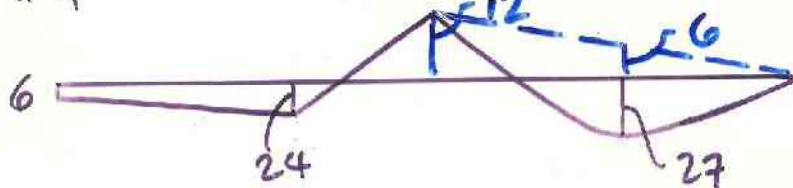
$$\frac{1313.9}{EI} = R_B \frac{562.5}{EI} \Rightarrow R_B = 2.34$$

n-8

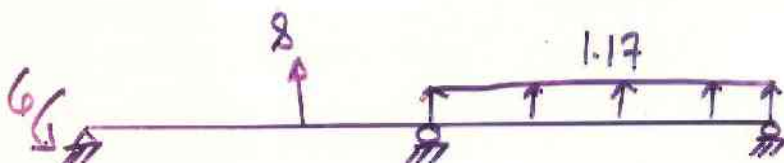
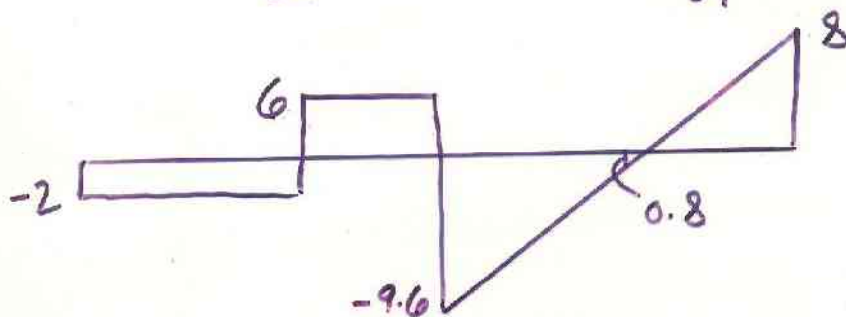
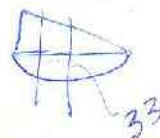
(112)



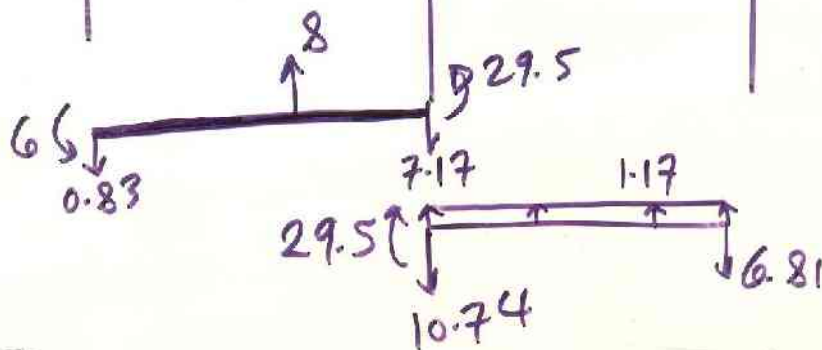
n-9

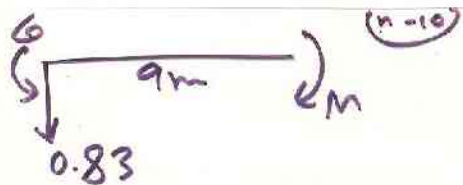


روش با معادل



	1	0.5	0.5	1
+6	11.52	-17.28	+21.94	-21.94
	-17.52	-8.76	10.97	← 21.94
+6	-6	-3.44	-3.44	
		-29.5	29.5	

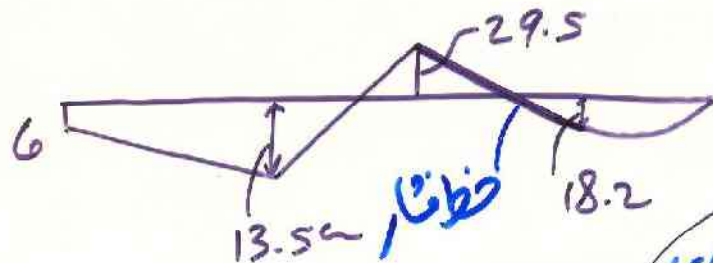
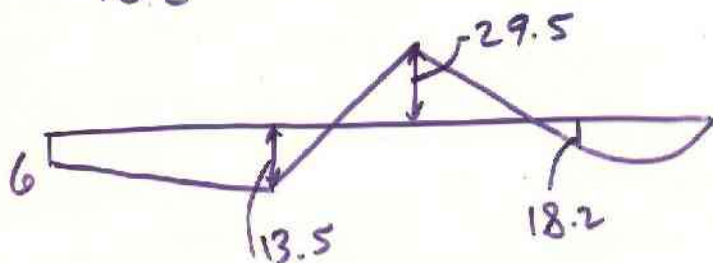
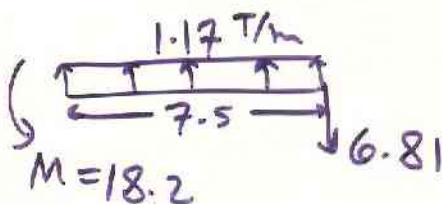




در فاصله 9 متری از تکیه A

$$M = 13.5 \text{ Tm}$$

در فاصله 7.5 متری از تکیه B



$$M_2 = M_T - M_1$$

مانده

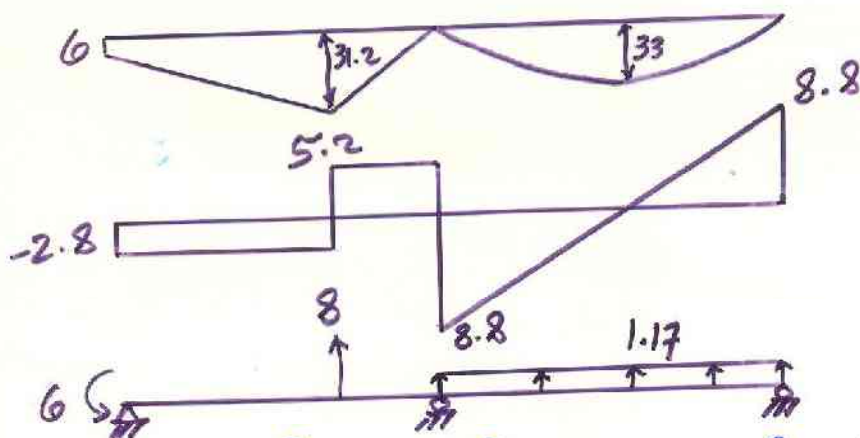
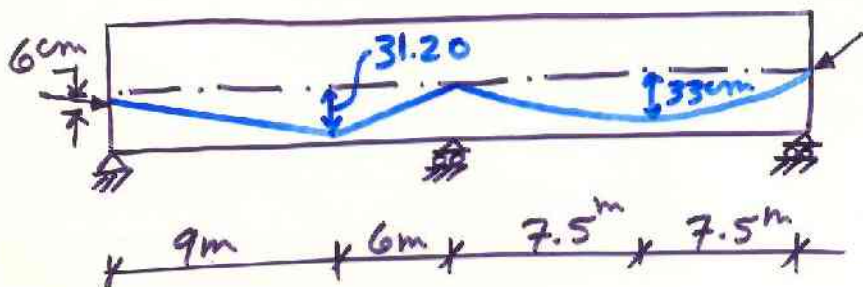
$$M_{2B} = M_{TB} - M_{1B}$$

$$M_{2B} = 29.5 - 12$$

$$M_{2B} = 17.5 \text{ T-m}$$

ظرفا
از شکل
متر هندی فولادهای
ویدی تصدیق دیووی
می نمایند

سوال ۲: تعیین خط فشار برای تیر سرامیکی نشان داده شده در مثال ۱ در صورتی که وضعیت سیر مرکز همدی فولاد بصورت زیر باشد



بار معادل سبب حالت قبل می باشد
در نتیجه وضعیت خط فشار تغییری حاصل نمی شود

توجه ← هر سیر مرکز همدی فولادها ی پیش تنیدگی
رای توان به یک وضعیت جدید در داخل دهانه تبدیل
خطی نمود بدون اینکه در وضعیت خط فشار تغییری
ایجاد گردد

البته باید متذکر شد در اثر تبدیل خطی همان اولیه و آکنش های آن
یکه خاص همان ثانویه تغییر کند همان

این مسئله از نظر عملی حائز اهمیت می باشد

مسیر هماهنگ

با استفاده از خاصیت تبدیل خطی می توان مسیری برای مرکز هندسی فولادهای پیست تنیدگی اختیار نمود که هیچگونه واکنش تکه گاهی و در نتیجه همان خطی ثانویه ایجاد نشود

لذا مشابه تیرهای عین می توان انتظار داشت

که خط فشار منطبق بر مسیر مرکز هندسی فولادهای پیست در چنین وضعیتی به مسیر مرکز هندسی فولادهای پیست تنیدگی مسیر هماهنگ گفته می شود

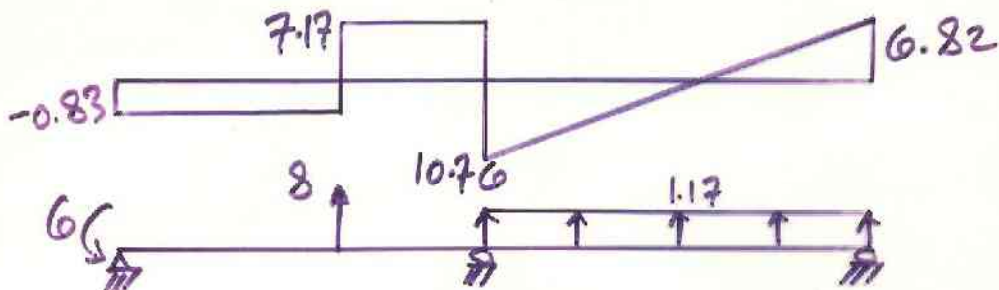
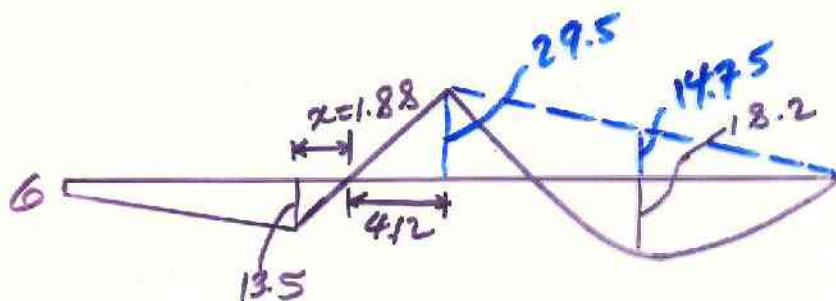
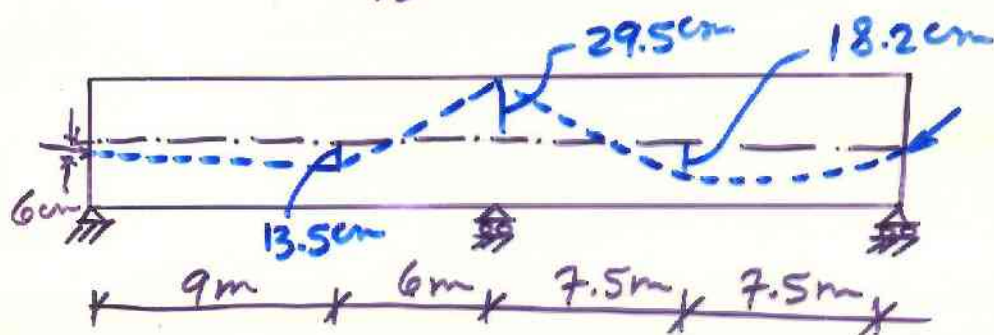
برای هر تیر سراسری مسیرهای هماهنگ متعددی وجود دارد یکی از آنها

سیری است که در تمام مقاطع مرکز هندسی فولاد منطبق بر مرکز سطح مقطع است
حالت دیگر

سیری است که منطبق بر خط فشار به دست آمده از یک مسیر هماهنگ باشد

انتخاب مسیر هماهنگ فایده ای از نقطه نظر رفتار سازه و طرح اقتصادی ندارد در طراحی باید سعی نمود حداقل خروج از مرکزیت را در روی تکه گاه و در نزدیکی وسط دهانه فراهم نمود که این نزدیک به مجموع منطبق بر مسیر هماهنگ پیش گفته

سوال ۳: دقیقاً ضوابط را برای تیر ستبری شان داده اند. در مثال! در هر یک
 و صفت می آید که هندسه فولاد بصورت زیر باشد



تعیین تنش‌های بتن در محدوده الاستیک

$$f_1 = - \frac{F_i}{A_g} \left(1 - \frac{e_c C_1}{r^2} \right) - \frac{M_g C_1}{I_g}$$

مرحله انتقال

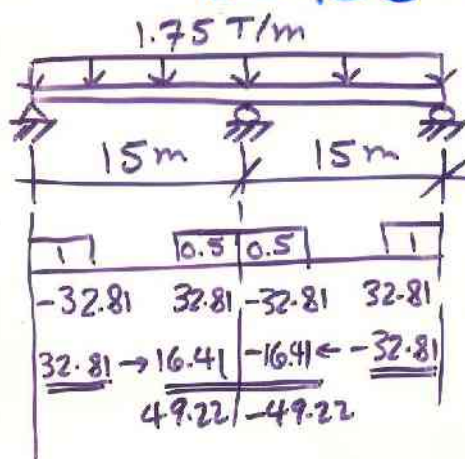
$$f_2 = - \frac{F_i}{A_g} \left(1 + \frac{e_c C_2}{r^2} \right) + \frac{M_g C_2}{I_g}$$

$$f_1 = - \frac{F_e}{A_g} \left(1 - \frac{e_c C_1}{r^2} \right) - \frac{M_e C_1}{I_g}$$

مرحله بهره‌برداری

$$f_2 = - \frac{F_e}{A_g} \left(1 + \frac{e_c C_2}{r^2} \right) + \frac{M_e C_2}{I_g}$$

e_c = فاصله خط فشار از مرکز سطح مقطع تیر
در صورتیکه خط فشار از مرکز سطح تیر باشد مثبت
و در صورتیکه در بالا قرار گیرد منفی می‌باشد.



مثال ۴: برای مثال ۱ در صورتیکه بار وارده بر تیر بصورت گسسته
تکینزاخت با شدت $1.75 \frac{T}{m}$
(بار در نظر گرفتن وزن تیر) باشد
تعیین کنید تنش‌های ناشی از
مردم و بستی تنش‌گی و بارهای
مؤثر در مقطع کلیه تاه B

$$n=15$$

$$e_c = -29.5 \text{ cm}$$

$$A_g = 1860 \text{ cm}^2$$

$$I_g = 1.65 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

$$r^2 = 887 \text{ cm}^2$$

$$f_1 = - \frac{100000}{1860} \left(1 + \frac{29.5(45.7)}{887} \right) + \frac{49.22 \times 10^5 (45.7)}{1.65 \times 10^6}$$

$$f_1 = 0.85 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_2 = - \frac{100000}{1860} \left(1 - \frac{29.5(45.7)}{887} \right) - \frac{49.22 \times 10^5 (45.7)}{1.65 \times 10^6}$$

$$f_2 = -108.4 \text{ Kg/cm}^2$$