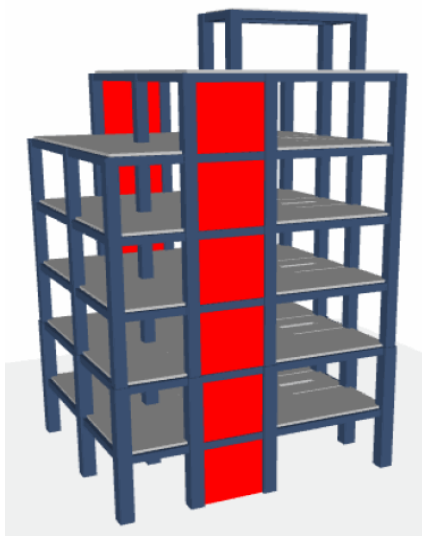


باقالی

راهنمای گام به گام

طراحی سازه های بتن آرمه ۱

(براساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران)



نگارش:

سید سعید حسینی ورزنده

دانشجوی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تابستان ۱۳۹۵

(حق چاپ محفوظ است و کپی کردن بدون اجازه شرعاً حرام است)

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: خواص فولاد و بتن و اصول و مبانی طراحی ۱

۱-۱) مقدمه ۱

۲-۱) مصالح و اجزای بتن ۱

۱-۲-۱) سیمان ۱

۱-۲-۱-۱) سیمان های پرتلند ۲

۲-۱-۲-۱) سیمان های ویژه ۳

۲-۲-۱) سنگدانه ۴

۳-۲-۱) آب ۴

۴-۲-۱) مواد افزودنی ۵

۳-۱) طرح اختلاط ۵

۴-۱) مقاومت فشتری بتن ۶

۵-۱) ضوابط پذیرش بتن های مصرفی در کارگاه ۶

۶-۱) مقاومت کششی بتن ۷

۷-۱) عمل آوری ۷

۸-۱) تغییر شکل های بتن ۸

۱-۸-۱) جمع شدگی بتن ۸

۲-۸-۱) خزش بتن ۸

- ۳-۸-۱) تغییر شکل های بتن ۹
- ۹-۱) درزهای بتن ۱۰
- ۱۰-۱) ضخامت مناسب برای پوشش بتن روی میلگردها ۱۰
- ۱۱-۱) تسلیح بتن ۱۱
- ۱-۱۱-۱) میلگردهای فولادی ۱۱
- ۲-۱۱-۱) میلگردهای کامپوزیتی ۱۱
- ۳-۱۱-۱) فولاد پیش تنیدگی ۱۲
- ۱۲-۱) اصول تحلیل و طراحی ۱۲
- ۱-۱۲-۱) مشخصات مکانیکی مصالح ۱۲
- ۲-۱۲-۱) اثر ترک خوردگی ۱۲
- ۳-۱۲-۱) روش های تحلیل سازه ۱۳
- ۴-۱۲-۱) اعضای سازه ای ۱۴
- ۵-۱۲-۱) اهداف طراحی ۱۴
- ۶-۱۲-۱) روش های طراحی ۱۴
- ۷-۱۲-۱) طراحی در حالت حدی نهایی مقاومت ۱۵
- ۱-۷-۱۲-۱) نیروی ایجاد شده در مقطع در حالت حدی نهایی ۱۶
- ۲-۷-۱۲-۱) نیروی مقاوم ۱۶
- ۸-۱۲-۱) کنترل در حالت بهره برداری ۱۶

۱۷) فصل دوم: طراحی اعضا تحت خمش ۱۷

۱۷	۱-۲) فرضیات محاسباتی
۱۷	۲-۲) نمودارهای محاسباتی
۱۷	۳-۲) بررسی رفتار تیر بتن آرمه تحت خمش
۲۰	۴-۲) انواع گسیختگی عضو خمشی
۲۰	۵-۲) تعاریف و بلوک فشاری معادل
۲۱	۶-۲) نسبت فولاد متناظر با شکست متعادل (گام به گام)
۲۲	۷-۲) طراحی تیر مستطیلی با فولاد کششی تنها (گام به گام)
۲۴	۸-۲) محاسبه لنگر مقاوم مقطع مستطیل با فولاد کششی تنها (گام به گام)
۲۴	۹-۲) طراحی مقطع مستطیل با فولاد مضاعف (گام به گام)
۲۵	۱۰-۲) محاسبه لنگر مقاوم مقطع مستطیلی با فولاد کششی و فشاری (گام به گام)
۲۷	۱۱-۲) طراحی مقاطع T شکل (گام به گام)
۲۸	۱۲-۲) محاسبه لنگر مقاوم مقطع T با فولاد کششی تنها (گام به گام)
۲۹	۱۳-۲) محاسبه لنگر مقاوم مقطع T شکل با فولاد مضاعف (گام به گام)
۳۱	۱۴-۲) تفاوت آبا با مبحث نهم در مبحث خمش
۳۱	مثال های حل شده
۳۷	فصل سوم: طراحی اعضا تحت برش
۳۷	۱-۳) مقدمه
۳۹	۲-۳) رفتار تیرهای بتن مسلح تحت برش

۳-۳) تحلیل برش در تیرهای بتن مسلح با مدل خریایی ۴۰

۳-۴) طراحی برشی مقاطع بتن آرمه (گام به گام) ۴۱

۳-۵) برش اصطکاکی (گام به گام) ۴۵

۳-۶) تفاوت آبا با مبحث نهم در مبحث برش ۴۶

مثال حل شده ۴۷

فصل چهارم: طراحی اعضا تحت پیچش ۴۸

۴-۱) مقدمه ۴۸

۴-۲) طراحی مقاطع تحت پیچش خالص (گام به گام) ۵۰

۴-۳) طراحی مقاطع تحت پیچش و برش و خمش (گام به گام) ۵۱

مثال حل شده ۵۳

۴-۴) تفاوت آبا با مبحث نهم در مبحث پیچش ۵۶

فصل پنجم: طراحی اعضا تحت کشش ۵۶

۵-۱) مقدمه ۵۶

۵-۲) طراحی اعضا کششی (گام به گام) ۵۶

مثال حل شده ۵۷

فصل ششم: مهار و وصله میلگردها ۵۸

۶-۱) مقدمه ۵۸

۶-۲) طول گیرایی مستقیم میلگردهای کششی (گام به گام) ۵۹

۳-۶ طول گیرایی مستقیم میلگردهای فشاری (گام به گام) ۶۰

۴-۶ طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش (گام به گام) ۶۰

۵-۶ ضوابط مهار آرماتورهای برشی در جان ۶۱

۶-۶ وصله میلگردها ۶۲

۶-۶-۱ وصله پوششی میلگردهای کششی ۶۲

۶-۶-۲ وصله پوششی میلگردهای فشاری ۶۲

۶-۷ ضوابط قطع آرماتورهای خمشی ۶۳

۶-۷-۱ ضوابط کلی قطع میلگردها برای لنگر خمشی مثبت و منفی ۶۳

۶-۷-۲ ضوابط خاص قطع آرماتور خمشی مثبت ۶۴

۶-۷-۳ ضوابط خاص قطع آرماتور خمشی منفی ۶۴

۶-۷-۴ روش گام به گام قطع میلگردها (گام به گام) ۶۵

مثال حل شده ۶۶

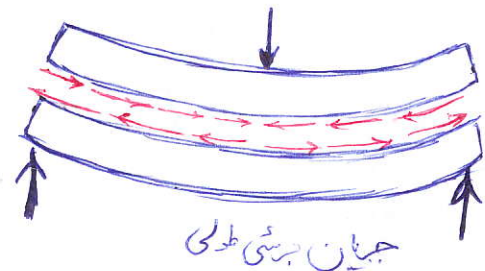
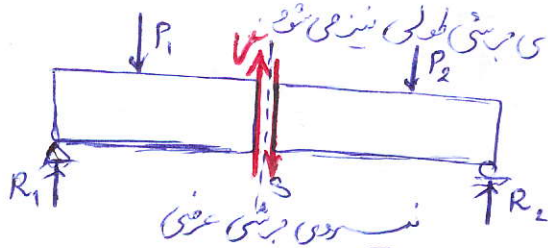
۸-۶ تفاوت آبا با مبحث نهم در مبحث مهار و وصله آرماتور ۷۰

منابع و مراجع ۷۰

* فصل دوم: طراحی اعضا تحت برش *

۱-۳) مقدمه: یک تیر ساده با مقطع ثابت در تحت اثر یک بار متمرکز دلخواه

است مورد مطالعه قرار می گیرد. در مقطع دلخواه S، نیروی برشی V و گشتاور لنگر M در آن نقطه به سمت راست عمل می کنند. این لغزش عرضی باعث ایجاد تنش های محاسی (برشی) در مقطع فوق الذکر می شود. نیروی برشی علاوه بر تنش های برشی عرضی، باعث ایجاد



تنش های برشی طولی نیز می شود. چنانچه برشی طولی آردالان واقع در محور قشری چنین شیبی می باشد طبق اصول مقاومت مصالح تنش های کششی یا فشاری بر روی دیواره این الکان وجود ندارد و فقط بر روی دیواره ها همگرا می آید. لایه نازک تحت تنش و ماترینس های برشی در خلاف جهت یکدیگر به وجود می آید. آردالان تنش ها تحت تنش های برشی این الکان باشند باعث معطل آن می شوند و باید روی دیواره ای که می باشد تنش های برشی خلاف جهت هم وجود داشته باشند.

کام پنجم: (محاسبه M_2)
پانزدهمین معادل گسترده در محل فولاد کششی داریم:

$$M_{r2} = C_1(620 - \frac{a}{3}) + C_2(620 - \frac{a}{2}) + C'(620 - 80)$$

$$a = 93.15 \rightarrow M_{r2} = 419.48 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

$$M_{r1} = M_u = 417.5 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

$$\frac{M_{r2}}{M_{r1}} = 1.005 \rightarrow \text{افزایش لنگر 0.5\%}$$

همان طور که ملاحظه می شود زمانی که فولاد کششی تسلیم می شود فولاد فشاری (تنشی) در مقاومت خمشی مقطع ندارد و می توانیم از فولاد فشاری صرف نظر کنیم.

کام ششم: (محاسبه مقدار بار زنده متمرکز)

در اثر بار متمرکز گسترده خمشی در وسط تیر به اندازه $\frac{P_u L}{4}$ افزایش می یابد. حال داریم:

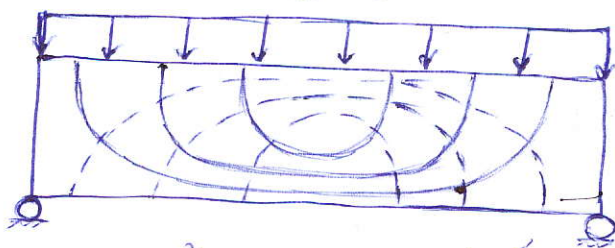
$$M_{r2} = M_u + \frac{P_u L}{4}$$

$$419.48 = 417.5 + \frac{P_u \times 8}{4} \rightarrow P_u = 0.99 \text{ kN}$$

$$P_u = 1.5 P_L \rightarrow P_L = 0.66 \text{ kN} = 660 \text{ N}$$

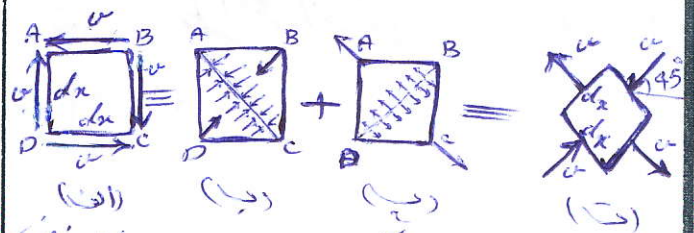
همان طور که ملاحظه می شود با قرار دادن فولاد فشاری (مواکنش به اندازه 660 نیوتون) بار زنده می توانیم در وسط دهانه قرار دهیم (تقریباً به اندازه وزن یک انسان معمولی (67 kg))

از آنجا که مقادیر تنش‌های برشی (م) و کششی (ف) در محل تبدیل به یکدیگر متعامد تغییر می‌کند. مقادیر امتداد تنش‌های اصلی نیز از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت است. شکل زیر مسیر تنش‌های اصلی برای یک تیر تحت بار گزیده ناپذیر نشان می‌دهد. خط مماس بر منحنی‌های تنش در هر نقطه امتداد تنش‌های اصلی کششی یا فشاری را نشان می‌دهد.



مسیرهای کششی ————— مسیرهای فشاری

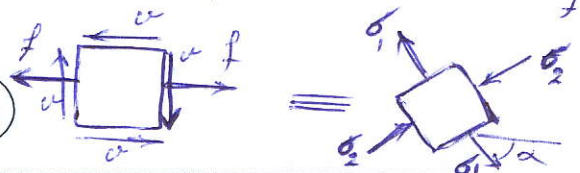
همان‌طور که ملاحظه می‌شود در یک تیر تنش‌های کششی نقطه ناسی از تنش‌ها نیستند و در آنجا ترکیب تنش‌های برشی و کششی با هم می‌ترکیب تنش‌های برشی (برشی محوری) می‌شوند. تنش‌های کششی به وجود می‌آیند که اگر به درستی با آنها برخورد نشود باعث خرابی تیری گردد. با توجه به تعریف بودن بتن در مقابل کشش ترک‌ها در مسیرهای عمود بر تنش‌های کششی (مسیرهای فشاری) به وجود می‌آیند که برای مقابله با آنها می‌توانیم از فولاد در مسیرهای کششی استفاده کنیم. اما به دلیل مشکلات اجرایی در محل از میلگرهای طولی و برشی برای مقابله با تنش‌های کششی استفاده می‌شود.



ما توجه به شکل "الف" اگر بعد عدد بر منتهی‌المان را در عرض منتهی‌المان می‌باشد و مجموع این دو نیز که در شکل "ب" نمایش داده شده است برابر $2\sigma_x \cos^2 \alpha$ می‌باشد حال اگر این نیروی فشاری را بر سطح نورد از AC تقسیم کنیم مقدار تنش فشاری روی آن سطح برابر است با $\sigma_x \cos^2 \alpha = \frac{\sigma_x}{2} (1 + \cos 2\alpha)$ به همین ترتیب منفر عوری از BCD نیز تحت تنش کششی قرار دارد. همان‌طور که ملاحظه شد در تیر ترکیب تنش‌های برشی و کششی و فشاری به وجود می‌آیند.

اگر یک المان دیگر انتخاب کنیم که نه برشی و نه برشی روی آن‌ها باشد و خارج از تحت تنش باشد. علاوه بر تنش‌های برشی به وجود می‌آید تا هم آن تنش‌های کششی یا فشاری ناسی از تنش‌ها به وجود دارد. طبق اصول مقاومت مصالح می‌دانیم این المان را به المانی به یک جهت تنش کششی و یک جهت تنش فشاری می‌توانیم که با تنش σ_x می‌سازند تبدیل کرد. این تنش‌ها به تنش‌های اصلی معروف هستند که به کمک رابطه زیر می‌توان آنها را به دست می‌آید:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{4} + \tau_{xy}^2}, \quad \alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x}$$



۲-۳) رفتار تیرهای بتن مسلح تحت برش :

۱) فصل قبل مشاهده کردیم که وجود ترک در بتن کششی تیر بتن مسلح مجاز است و هیچ اثر منفی بر روی مقاومت ندارد. ممکن است چنین اندظاری را برای ترکهای قطری که عموداً توسط برش به وجود می آید داشت ولی مشابه این در پیچیده شده است. ترک های خمشی نیز آن جهت منفی هستند که اگر رفتارهای طولی، کلافی و برشی مقابل به یکدیگر در تیر تقسیم شده است در صورتی که تیرهای مورد مطالعه در محبت کشش قطری فقط با آرماتورهای طولی مسلح شده اند هیچ دینا و تیر و برشی مقابل به اثر کشش قطری در آنها تغییر نشده است. این سده باعث می شود که ترک های قطری اثر منفی تری بر روی رفتار و مقاومت تیر تحت برش ترک های خمشی داشته باشد. بر طبق آزمایش های انجام شده در نوع رفتار مشاهده شده که در زیر شرح داده می شود:

۱) ترک های قطری پس از تسلیم، سریعاً و با افزایش خیلی کم بارگذاری، به عاقل ارتفاع تیر لغزش پیدا می کنند و تیر را به دو قطعه مجزا تقسیم کرده و باعث شکست آن می شوند. این فعل را انفلات نامیدنی و بدون هیچ هشدار قبلی می باشد و اکثر تیرهای کم ارتفاع (تیر دهانه به ارتفاع حدود ۸ یا بیشتر) رخی می دهند به همین علت توصیه می شود که همیشه مثلر حداقل میلر برشی، می

اگر حساب عدم اطمینان - آنها را نشان دهند در عضو تعبیه کرده، زیرا این میلر ها مانع رشد ترک های برشی و افزایش شکل پذیری تیر می شوند.

۲) ترک های قطری به سمت فاصله فشاری لغزش می یابند ولی کمی قبل از رسیدن به بار آگاهی فشاری متوقف می شوند. در این حالت خرابی ناگهانی رخ نمی دهد و تیر در خرابی ممکن است بسیار بزرگتر از تیری باشد که باعث ایجاد ترک قطری اولیه می گردد. این رفتار اکثر تیرهای بتنی با مت دهانه برابر تمام کوبه رخی می دهند. مقاومت برشی تیر بتن آرمه به وسیله چهار عامل زیر تأمین می گردد:

- ۱) مقاومت برشی بتن در محبت فشاری ترک نخورده
- ۲) مقاومت برشی ناشی از فعل و محبت تسلط در ها
- ۳) مقاومت برشی ناشی از فعل ساقهای میلر های طولی
- ۴) مقاومت میلر های برشی تیر

اندازه تیری ها نشان می دهد که اگر تیرهای برشی قبل از تسلیم ترک های قطری، عملاً جاری لغزش هستند و بعد از تسلیم ترک های قطری میلر های برشی به صورت زیر مقاومت برشی تسلیم را افزایش می دهند:

۱) آرماتورهای برشی که ترک های قطری را قطع می کنند مانع از لغزش ترک های می شوند و سمت فشاری ترک نخورده بتن افزایش می یابد و مقاومت برشی این ناحیه

(۲) میلرهای برشی مانع افزایش عرض ترک‌های شوند
و قفل و حبس بین دانه‌ها شرایط بهتری دارند و مقاومت
برشی آنها افزایش می‌یابد
(۳) اگر مایه‌های برشی باعث اتصال بیشتر میلرهای طولی به
توده لعلی‌تین می‌شوند و مقاومت در برابر شکافتن در
راستای طولی میلرهای طولی را افزایش می‌دهند و مقاومت
ساخته‌ای این میلرها را بهبود می‌بخشند.

(۴) همچنین قسمی از نیروی برشی توسط آرماتورهای
برشی تحمل می‌شود. جهت تسلیم آرماتورهای برشی در آنها
مقاومت خود آنها از بین می‌رود بلکه با گسترش ترک‌ها و
باز شدن عرض ترک‌ها اثرات سودمند بهای قبل نیز
از بین می‌رود و خرابی زودتر خواهد بود.

مبحث پنجم مقدمات علمی ساختمان انواع آرماتورهای برشی
را به شرح زیر دسته‌بندی می‌کنند:

(۱) فولاد عرضی مورب: خاصیت σ_k با زاویه 45°
یا بیشتر متب به میلرهای طولی کششی به نحوی که ترک‌های
قطری احتمالی را قطع کنند. از نظر اجزای تشکیل‌دهنده و سبب
استفاده سولر است و مبحث پنجم استفاده از این قطعات
را در محل ماکه که اتصال تقوید زوایه ترک در اثر تغییر
بارگذاری و مود درجه مجاز می‌دانند.

(۲) فولاد عرضی قائم: این خاصیت با عمود بر محور طولی عضو
نورده و تقب آنها را در ترک و معمولاً فاصله آنها
در طول تیر متغیر است.

(۳) فولاد طولی خم شده (اوتقا): در سطر طبقه میلرهای
طولی می‌باشد و فاصله محدودی مورد نیاز باشد می‌توانند در تیر
تک‌بخشی که تنش‌های برشی قابل توجه هستند این میلرها را
با زاویه 30° و بیشتر متب به میلرهای طولی خم نمود
طوری که ترک‌های برشی احتمالی را تقوید یا به صورت عمودی
در صورت قطع نمایند. معمولاً صد چهارم طول تیر مورب است
به سطر، مبحث پنجم نحوه به عنوان فولاد برشی مؤثر چهارم می‌باشد.

(۴) فولاد طولی نخش شده: در تیرهای عین معمولاً بتکلی
میلرها در جبهه مقطع تقوید می‌شوند که در خواصی تک‌بخشی ترک
برشی را قطع می‌کنند به عنوان فولاد دوخت (برشی) محسوب
می‌شوند.

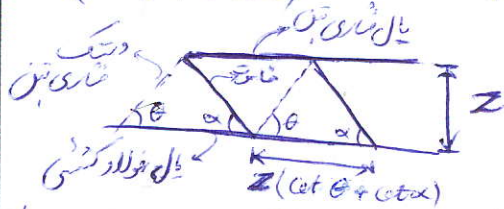
(۵) ترکیبی از فولاد عرضی (خاموت) و میلرهای طولی خم شده
(۶) دور سیم‌ها: معمولاً در ستون‌های دایره‌ای استفاده می‌شوند.

۳-۳ تحلیل برش در تیرهای بتن مسلح با میل خراب:

در مبحث برش رابطه سازی‌های انجام شده اغلب بر تبارج
آزمایشگاهی مکی هستند تا معادله نظری. در سال‌های اخیر
برای این و شهادت بر تیر مودش تئوری جدیدی بر مبنای میل
خراب به بری بیان رفتار و طراحی تیرهای بتن مسلح چهار
گرمیده است که در تیر مود جابجایی در این نام‌های طراحی
می‌دهد. در این خرابی مسلح شبکه تیر فوقانی به مود
تین کشوری و تیر تحتانی فولاد کششی است و اعنای
مورب فشاری سنگ‌های بتنی تحت فشار بوده و اعنای

مورب کششی میلرهای برشی مورب هستند.

به منظور محاسبه مقدار فولاد منبری اثر زاویه استک های شیبی
(اخذ کرنش ها) با لغز را θ و زاویه خاموش شیب
اثر را α بنامیم مطابق شکل زیر نامهای که مجموعه
خاموش های مؤثر که یک ترک قطری را قطع می کنند
در برابر با $Z(\cot \theta + \cot \alpha)$



اگر خاموشین خاموش ها را S فرض کنیم مقدار خاموش های
مؤثر برابر هستند با $\frac{Z}{S}(\cot \theta + \cot \alpha)$. اگر سطح مجموع سطح
خاموش مقطع را A_v بنامیم می توانیم که خاموش های مؤثر
تجزیه کنند در برابر با:

$A_v f_{yd} \cdot \frac{Z}{S}(\cot \theta + \cot \alpha)$ و $f_{yd} = \sigma_s f_{yk}$
لذا فرض می شود که بر خاموش های مؤثر اثر می کند
در برابر با $\frac{V_s}{\sin \alpha}$ با فرض برقرار فرض می شود
باشیم متادام مقطع داریم:

$$\frac{V_s}{\sin \alpha} = A_v f_{yd} \frac{Z}{S}(\cot \theta + \cot \alpha)$$

$$\Rightarrow V_s = A_v f_{yd} \frac{Z}{S}(\cot \theta \sin \alpha + \cos \alpha)$$

در عمل معمولاً مقدار Z را برابر d در نظر می گیرند و $\theta = 45^\circ$
فرض می شود:

$$V_s = A_v f_{yd} \frac{d}{S}(\sin \alpha + \cos \alpha)$$

را به عنوان نیروی مقاوم خاموش های مؤثر است حال
اگر $\alpha = 90^\circ$ باشد رابطه نیروی مقاوم خاموش های

قائم به صورت زیر است:

$$V_s = f_{yd} A_v \frac{d}{S}$$

۴-۳) طراحی منبری مقاطع بتن آرمه

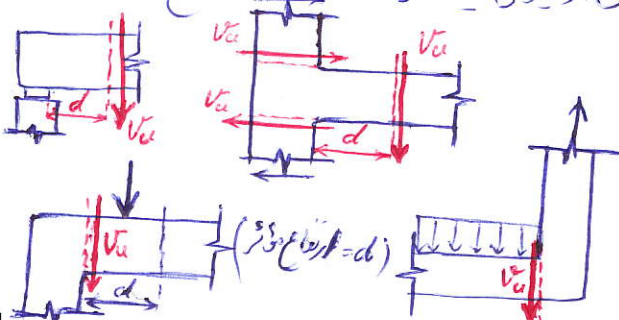
همانگونه بیان شد نیروی منبری مقاوم مقطع ناشی از
سلایدهای منبری و σ_c حاصل رکن است که منبری طبقه مقطع بتنی
است اگر سادست سلایدهای منبری را با σ_s و σ_c و بقدر عوامل
سادست را با σ_s نمایش دهیم در روش طراحی به روش
حالات حدی نمای باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$V_u \leq V_r = V_c + V_s$$

در ادامه مراحل تمام به تمام طراحی به روش حالات حدی
نمای بر اساس محاسبه مقررات ملی ساختمان ارائه
می شود:

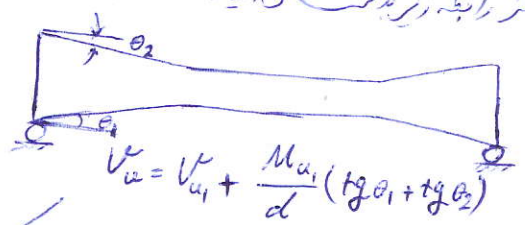
کام اول: (رسم نمودار نیروی منبری)

باید با توجه به بارگذاری داده شده در کلیات بار $(1.25 D + 1.5 L)$
مقدار V_u و نمودار نیروی منبری را تعیین کنیم. V_u مقدار
نیروی منبری در مقطع بحرانی است. اگر عکس العمل
تکیهگاهی را متادام نیروی منبری در انتهای عضو ایجاد می کند و در
خامنه که در تکیهگاه نیروی منبری کمتر می شود. باید در مقطع بحرانی
برای منبری را می توانیم به خامنه d از تکیهگاه به نظر بگیریم.
ولی اگر نیروی تکیهگاهی ایجاد کننده مقطع بحرانی تکیهگاه آ

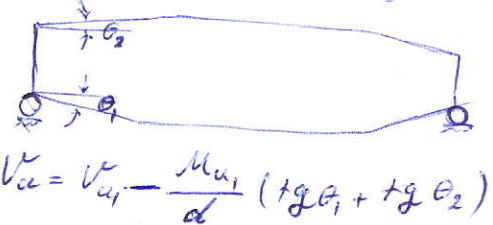


نکته: اگر ارتفاع مقطع تغییر باشد مقدار M_u و M_u مقدار برش و گشتاور در مقطع مجزا هستند

اگر گشتاور خمشی همزمان با کاهش مقطع، افزایش پیدا کند مقدار M_u را رابطه زیر بدست می آید:



اگر گشتاور خمشی همزمان با افزایش ارتفاع مقطع، افزایش پیدا کند مقدار M_u را رابطه زیر بدست می آید:



گام دوم: (بررسی لغایت مقطع)
 $V_{u,max} = 0.25 f_{cd} b_w d$ و $f_{cd} = \phi_c f_c$
 در رابطه فوق b_w عرض همان مقطع است و d ارتفاع مؤثر مقطع است. اگر V_u کوچکتر از $V_{u,max}$ باشد مقطع لغایت ندارد و گرنه باید ایجاد مقطع با مقادیر متناسب افزایش پیدا کند.
 یعنی: $V_u \leq V_{u,max}$ o.k.

گام سوم: (محاسبه مقاومت برشی بتن، V_c)
 صحت عدم مقررات ملی اجازه محاسبه V_c به صورت تقریبی و تقریبی (مختار طارنده) داده است و در حل مسائل معمولاً از روش تقریبی استفاده می شود:
 $V_c = 0.2 \phi_c f_c$

الف) تقریبی:

- تیر تحت خمش و برش:
 $V_c = V_u$
 - تیر تحت خمش و برش و نیروی فشاری:
 $V_c = V_u (1 + \frac{M_u}{12 A_g}) b_w d$
 - تیر تحت خمش و برش و نیروی کششی:
 $V_c = V_u (1 + \frac{M_u}{3 A_g}) b_w d$
 در رابطه فوق A_g مساحت کل مقطع است و M_u مقدار نیروی محوری است که اگر کششی باشد با علامت منفی در رابطه قرار می گیرد.

ب) دقیق:

- تیر تحت خمش و برش:
 $V_c = (0.95 V_u + 12 \frac{A_g V_u}{b_w M_u}) b_w d \leq 1.75 V_u b_w d$
 - تیر تحت خمش و برش و نیروی فشاری:
 $M_m = M_u - N_u (\frac{4h-d}{8}) \geq 0$
 $V_c = (0.95 V_u + 12 \frac{A_g V_u}{b_w M_m}) b_w d \leq 1.75 V_u \sqrt{1 + \frac{M_u}{3 A_g}} b_w d$

اگر M_m از رابطه فوق منفی شود طریقه:
 $V_c = 1.75 V_u \sqrt{1 + \frac{M_u}{3 A_g}} b_w d$

گام چهارم: (تقسیم محل های V_c و $\frac{V_c}{2}$)
 صحت عدم مقررات ملی ساختمان اجازه می دهد در صورت های که نیروی برشی کمتر از $\frac{V_c}{2}$ است فولاد برشی قرار ندهیم (توصیه می شود در این محل ها فولاد حداقل را برای شکل پذیری بیشتر قرار داده شود). همچنین در محل های که نیروی برشی بین $\frac{V_c}{2}$ و V_c است باید فولاد حداقل را بگذاریم پس باید محلی که نیروی برشی برابر $\frac{V_c}{2}$ می شود مشخص شود. فولاد حداقل برابر مقدار زیر است.

کام دوم: (محاسبه نیروی برشی متناظر با S_{max})

همان لحظه که در سازه سازه برشی مورد استفاده را $\Phi 10$

انتخاب می کنیم $A_v = n \frac{\pi}{4} \times 10^2$

$A_v = 157 \text{ mm}^2$ (تعداد ساق های برشی) $n=2$

خاصیت قائم: $V_{s1} = A_v f_{yd} \cdot \frac{d}{S_{max}}$

خاصیت مایل: $V_{s1} = A_v f_{yd} \cdot \frac{d}{S_{max}} (\sin \alpha + \cos \alpha)$

در روابط فوق α زاویه خاصیت مایل با محور طولی عناصر و

$\sin \alpha = \cos \alpha = 0.85$ است.

$V_1 = V_c + V_{s1}$ $V(x_1) = V_1$

اگر V_1 کوچکتر از $\frac{V_{rmax}}{2}$ باشد در قسمتی که

نیروی برشی بزرگتر از $\frac{V_c}{2}$ است از فولاد برشی با سطح مقطع

A_v و به فاصله S_{max} استفاده می کنیم. اگر V_1 بزرگتر از

$\frac{V_c}{2}$ و $\frac{V_{rmax}}{2}$ باشد در قسمتی که نیروی برشی بین $\frac{V_c}{2}$ و

$\frac{V_{rmax}}{2}$ است از فولاد برشی به سطح مقطع A_v و به

فاصله S_{max} استفاده می کنیم و برای بقیه تیر بر اساس کام

های زیر عمل می کنیم.

کام ششم: (محاسبه نیروی برشی متناظر با $S_2 \approx \frac{d}{4}$)

$S_2 = \left\{ \begin{array}{l} \text{بزرگترین عدد مضرب 25 که کوچکتر از } \frac{d}{4} \text{ است} \\ (*) \end{array} \right\}$

$A_v = n \frac{\pi}{4} \times 10^2$ $n=2$ $A_v = 157 \text{ mm}^2$

خاصیت قائم: $V_{s2} = A_v f_{yd} \cdot \frac{d}{S_2}$

خاصیت مایل: $V_{s2} = A_v f_{yd} \cdot \frac{d}{S_2} (\sin \alpha + \cos \alpha)$

$V_2 = V_c + V_{s2}$ $V(x_2) = V_2$

$A_{vmin} = 0.06 \sqrt{f_c} \frac{b_w S}{f_{yv}}$

در رابطه فوق S فاصله بین خاصیت های برشی است

و f_{yv} تنش تسلیم این خاصیت مایل به سطح مقطع

عناصر معززات ملی ساختمان باید کوچکتر یا مساوی 400 MPa

باشد. از طرفی S حداکثر به $\frac{d}{2}$ محدود می شود. طبق مبحث

عناصر حداثی قطر خاصیت ها 8 mm (برای جوش ها تا 6 mm مجاز است)

و برای کمترین راحت تر حداکثر 12 mm در نظر گرفته می شود و در عمل

معمولاً از سازه آکسید با قطر 10 mm ($\Phi 10$) استفاده می شود.

حالت S_{max} را بزرگترین عدد مضرب 25 که کوچکتر از

$\frac{d}{2}$ است در نظر می گیریم و از خاصیت ها با دو ساق برشی

استفاده کنیم باید رابطه زیر برقرار باشد: $A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 157 \text{ mm}^2 \geq 0.06 \sqrt{f_c} \frac{b_w S_{max}}{f_{yv}}$

اگر رابطه فوق برقرار نبود متعادل ساق ها را افزایش می دهیم



اگر V_1 کوچکتر از $\frac{V_c}{2}$ باشد نیاز به خاصیت برشی نیست

و اگر V_1 کوچکتر یا مساوی V_c باشد در قسمتی که نیروی

برشی بیشتر از $\frac{V_c}{2}$ است خاصیت برشی حداقل

به فاصله S_{max} فکری می گیریم. اگر V_1 بزرگتر از

V_c باشد نیاز به خاصیت محاسبه می کنیم در طبق مبحث بعدی

انجام می شود.

(*) تفاوت نکته برای S_{max} و S_2 مربوط به خاصیت های قائم است برای خاصیت های مایل باید طبق نکته ۴

مضرب ۴ جزو عمل کنیم. مقدار نکته شده به بزرگترین عدد مضرب ۲۵ که شود.

اگر V_a کوچکتر از V_2 باشد برای قسمتی از تیر نیروی برشی
بزرگتر از $\frac{V_{max}}{2}$ و $\min\{V_1, \frac{V_{max}}{2}\}$ است از خاصیت با سطح مقطع A_v
و حامله S_2 استفاده می کنیم و اگر V_a بزرگتر از V_2 باشد
برای قسمتی از تیر که نیروی برشی بین $\min\{V_1, \frac{V_{max}}{2}\}$
و V_2 است میکلر برشی با سطح مقطع A_v و حامله S_2
قرار می دهیم و برای بقیه تیر بر اساس محاسبات بعدی عمل می کنیم

گام هشتم: (محاسبه S متناظر با V_a)

$$V_s = V_a - V_c$$

$$A_v = n \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 \xrightarrow{n=2} A_v = 157 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v f_{yd} d}{V_s} \quad \text{خاموش قائم}$$

$$S = \frac{A_v f_{yd} d}{V_s} (\sin \alpha + \cos \alpha) \quad \text{خاموش مایل}$$

S که از رابطه فوق بدست می آید به بزرگترین عدد منصف
 25 mm که کوچکتر از S است گرد می کنیم.

در قسمتی از تیر که نیروی برشی بیشتر از V_2 است از
میکلر برشی با سطح مقطع A_v و حامله S استفاده می کنیم.

نکته ۱: اگر مقدار S که بدین محاسبه شده است با S_2

چیزی متفاوت باشد می توانیم حامله های S در بین S_2

است و منصف S_2 شده انتخاب کنیم و حامله های

قبلی سازه نیروی برشی متناظر با آنجا را محاسبه کنیم و حامله خاموش

را به آن اضافه می کنیم و در مقطع بعدی

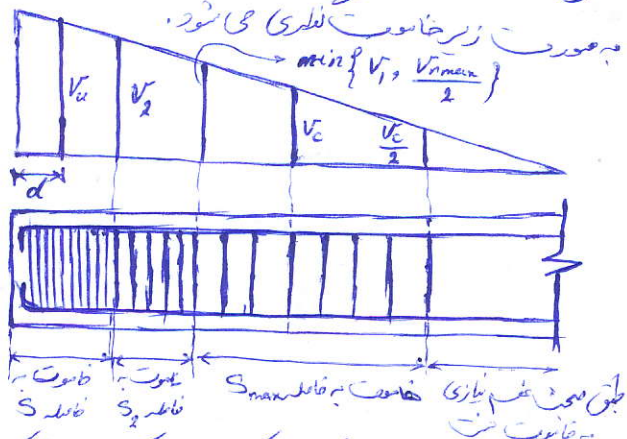
نکته ۲: در حل مسائل می توانیم محاسبات پنجم و ششم را

انجام ندهیم و در قسمتی که نیروی برشی بیشتر از V_a

است از میکلر برشی با سطح مقطع A_v و S که از گام
هفتم محاسبه شده است قرار دهیم. در این حالت
طراحی منطقی غیر اقتصادی می شود.

گام نهم: (آرایش خاموش ها در طول تیر)

با توجه به عواملی که در گام های قبلی محاسبه شده است
خاموش ها را در طول تیر بخش بندی می کنیم. به عنوان
مثال تیر در سه سازه که تحت بار گسترده دیراقت



نکته ۲: وقتی که اگر ما در برشی یک میکلر مقرر یا یک ردیف میکلرهای

موازی باشند خیلی فاصله بدین از تیر گاه چشمه اند. هندسه نیروی

که این اگر ما درهای برشی تحمل می کنند برابر است با:

$$V_s = A_v f_{yd} \sin \alpha \leq 1.5 b_w d$$

$$f_{yd} = 0.85 f_{yk} \quad \text{و} \quad \sin \alpha = 0.2 \quad \text{و} \quad \cos \alpha = 0.98$$

اگر میکلرهای چشم شده به فواصل مختلف از تیر گاه چشم شوند

$$V_s = 0.75 A_v f_{yd} \frac{d}{S} (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

همانکه حامله میکلرهای چشم شده برابر است با $\frac{3d}{8} (1 + \cos \alpha)$

و اگر $V_a > \frac{V_{max}}{2}$ باشد همانکه حامله برابر است با $\frac{3d}{16} (1 + \cos \alpha)$

نکته ۳: همانکه حامله خطوط های مایل برابر است با $\frac{d}{2} (1 + \cos \alpha)$

و اگر $V_a > \frac{V_{max}}{2}$ باشد همانکه حامله برابر است با $\frac{d}{4} (1 + \cos \alpha)$

نکته ۵: آلودگی صوتی مثال بارگذاری تیر یا بولدر منتهی برشی
 معلوم نبود و فقط یکا مشخص شده بود و مطلوب مثال A_v با
 S یا هر دو بود؛ به صورت زیر عمل می‌کنیم:

کار اول: (محاسبه V_c و V_u)

$V_c = 0.25 \sqrt{f_c} b_w d$ و $V_u = 0.25 \sqrt{f_c} b_w d$

اگر $V_u \leq \frac{V_c}{2}$ نیاز به آرماتور برشی نیست

اگر $\frac{V_c}{2} < V_u \leq V_c$ آرماتور برشی حداقل می‌گیریم

اگر $V_u > V_c$ نیاز به آرماتور برشی حاسه است

$(\frac{A_v}{s})_{min} = 0.06 \sqrt{f_c} \frac{b_w}{f_{yv}}$ $(V_s = V_u - V_c)$

اگر نیاز به آرماتور برشی حاصل بود طبق رابطه فوق S یا A_v را محاسبه
 می‌کنیم و اگر در محمول بودند فرقی می‌کنیم از خاموش با قطر ۱۵
 استفاده شده است و $A_v = 157^{mm}$ است و S را محاسبه می‌کنیم

کار دوم: (محاسبه آرماتور برشی حاسه)

خاموش تمام: $\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yd} \cdot d} \geq (\frac{A_v}{s})_{min}$

خاموش مایل: $\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yd} \cdot d (\sin \alpha + \cos \alpha)} \geq (\frac{A_v}{s})_{min}$

$A_v = \frac{V_s}{f_{yd} \sin \alpha}$ میلگر طولی غیر شده در
 یک نقطه از تیر؟

$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{0.75 f_{yd} d (\sin \alpha + \cos \alpha)}$ میلگر طولی غیر شده در
 چند نقطه از تیر به فاصله S ؟

با استفاده از روابط فوق A_v یا S هر کدام محمول است به دست می‌آید
 و اگر در محمول هستند فرقی می‌کنیم از خاموش با قطر ۱۵ استفاده شده
 است و $A_v = 157^{mm}$ می‌گیریم و S را محاسبه می‌کنیم.

کار سوم: (کنترل فاصلین خاموش ها)

$V_{rmax} = 0.25 \sqrt{f_c} b_w d$

اگر $V_u \leq \frac{V_{rmax}}{2}$ $\rightarrow S \leq \frac{d}{2}$ خاموش تمام؛
 $\rightarrow S \leq \frac{d}{2} (1 + \cot \alpha)$ خاموش مایل؛
 $\rightarrow S \leq \frac{3d}{8} (1 + \cot \alpha)$ میلگر طولی غیر شده در
 چند نقطه از تیر؟

اگر $V_u > \frac{V_{rmax}}{2}$ $\rightarrow S \leq \frac{d}{4}$ خاموش تمام؛
 $\rightarrow S \leq \frac{d}{4} (1 + \cot \alpha)$ خاموش مایل؛
 $\rightarrow S \leq \frac{3d}{16} (1 + \cot \alpha)$ میلگر طولی غیر شده در
 چند نقطه از تیر؟

۳-۵) برش اصطلاحاتی؟

اتصال نیروی برشی در مولد زیر توسط عملکرد برشی - اصطلاحاتی
 معدوم می‌گردد:

الف) وجود ترک یا استهلاک در محصل بین سطح قائم محل اتصال
 بال به جان برشی‌های آ شکل

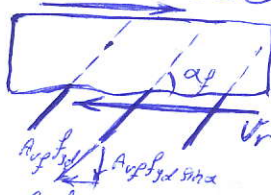
ب) در سطح ساقه شده با مصالح غیره تصایبه مانند تیرهای کامپوزیت

ج) در سطح بتن ریزی شده در جان‌های متادف قائم - محل

اتصال بتن بتنی به پی

به منطبق با تئوری از لغزش و اتصال مناسب باید مولد

برش اصطلاحاتی مناسب پیش بینی شود



کار اول: (بررسی کنایه متعلق)

ابتدا از تحلیل سازه منطبق برشی

برش خالص - محل اتصال در

سطح برش می‌آوریم (V_u) و این نیرو باید در رابطه زیر

محقق کنند: $V_u \leq \min \{ 6.5 \sqrt{A_{cv}}, 0.25 \sqrt{f_c} A_{cv} \}$

در رابطه فوق A_{cv} سطح بتنی مقاوم در برابر برش است.

نکته ۱: (محاسبه سطح مقطع میلگرد برین اصطلاحی)

$$V_u \leq V_r = \phi A_{vf} f_{yd} (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f)$$

$$\Rightarrow A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_{yd} (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f)}$$

در رابطه فوق اگر ضریب اصطکاک و ضریب بتن یک باشد
که به شرح زیر در نظر گرفته می شود:

- ضریب بتن:**
- برای بتنی که به صورت یکپارچه ریخته می شود: $\mu = 1.25$
 - برای بتنی که در محاور بتن سخت شده که سطح تماس با خرابی های بتن 5٪ زیر شده است: $\mu = 0.9$
 - برای بتنی که در محاور بتن سخت شده که سطح تماس با خرابی ها 1٪ به عنوان کنترل 5٪ زیر شده است: $\mu = 0.5$
 - برای بتنی که با کل سطح یا میلگرد به پودر میل فولادی کار شده: $\mu = 0.6$

ضریب λ :

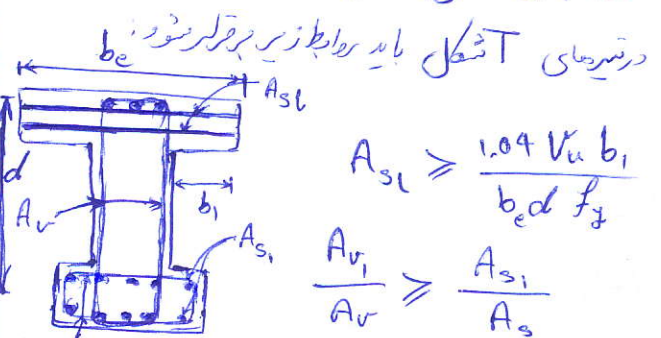
- برای بتن معمولی: $\lambda = 1$
- برای بتن با شن سنگ: $\lambda = 0.85$ تا 1
- برای بتن با شن سنگ: $\lambda = 0.75$ تا 0.85
- برای بتن با شن سنگ: $\lambda = 0.75$

* برای A_{vf} که از رابطه فوق محاسبه می شود باید میلگرد انتخاب شود و سطح مشترک دو مقطع (A_{ov}) به طور مناسب پخش شود. محبت عدم مقررات ملی ساختمان اجازه استفاده از میلگرد ها با بخش تسلیم بزرگتر از 400 مگا پاسکال را نمی دهد

* اگر نیروی کششی در سطح برین عمل کند باید اگر مایلر اضافی

برای تحمل نیروی کششی به صورت جداگانه آهار داده شود

و اگر نیروی فشاری دائمی در سطح برین عمل کند می توانست میلگرد محاسبه شده را به میزان $\frac{P_u}{f_{yd}}$ کاهش دهیم که در این رابطه P_u مقدار نیروی فشاری دائمی وارد بر سطح برین است



در روابط فوق A_{sl} سطح مقطع فولاد طولی بال در واحد طول است (mm^2/mm)
و A_{v1} مجموع سطح مقطع خماتوب پائین است و A_v مجموع سطح مقطع خماتوب جان است و A_{s1} مجموع سطح مقطع فولاد طولی پائین در یک طرف جان است و A_s مجموع سطح مقطع کل فولاد طولی در پائین است

۳-۶) تقاد محبت عدم با آبار محبت برین:

- در آبارها $V_{max} = 5V_c = 5\phi_c$ است

- در آبار $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w s}{f_{sv}}$ است

بقیه روابط آیین نامه بتن ایران (آبا) در محبت برین متعلق به محبت عدم مقررات ملی ساختمان و درایش ۹۲ است

کام اول: (محاسبه V_c)

$$V_c = 0.2 \times 0.65 \sqrt{25} = 0.65 \text{ MPa}$$

$$V_c = 0.65 \times 300 \times 430 \times 10^{-3} = 83.85 \text{ kN}$$

کام چهارم: (تعیین محل مای V_c و V_u)

$$112 - 56\left(\frac{x}{2} - 2.5\right) = \frac{V_c}{2} = 41.925 \Rightarrow x = 3.75 \text{ m}$$

$$112 - 56(x - 2.5) = V_c = 83.85 \Rightarrow x = 3 \text{ m}$$

در فاصله 3.75 تا 5.25 متری نیروی برشی کمتر از $\frac{V_c}{2}$ است

و نیاز به فولاد برشی نیست. در فاصله 3 تا 3.75 و 5.25 تا 6

نیروی برشی بین V_c و $\frac{V_c}{2}$ است و نیاز به فولاد حداقل است

$$S_{max} = \frac{d}{2} = 215 \Rightarrow S_{max} = 200 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = 0.06 \sqrt{25} \times \frac{300 \times 200}{340} = 52.9 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 157 \text{ mm}^2 > A_{vmin} = 52.9 \text{ mm}^2 \text{ O.K.}$$

کام پنجم: (محاسبه نیروی برشی منطبق با S_{max})

$$V_{s1} = 157 \times 0.85 \times 340 \times \frac{430}{200} \times 10^{-3} = 97.552 \text{ kN}$$

$$V_1 = 83.85 + 97.552 = 181.402 \text{ kN}$$

نیروی برشی V_1 در محل اثر بار متمرکز است پس می توانیم در

فاصله 2.5 تا 3.75 و 5.25 تا 6.5 مترهاست به فاصله

200 استفاده کنیم.

کام ششم: (محاسبه نیروی برشی منطبق با $S_2 = \frac{d}{4}$)

$$S_2 = 100 \text{ mm}$$

$$A_v = 157 \text{ mm}^2$$

$$V_{s2} = 157 \times 0.85 \times 340 \times \frac{430}{100} \times 10^{-3} = 195.104 \text{ kN}$$

$$V_{u2} = 83.85 + 195.104 = 278.954 \text{ kN}$$

$$367 - 56x_2 = 278.954 \Rightarrow x_2 = 1.6 \text{ m}$$

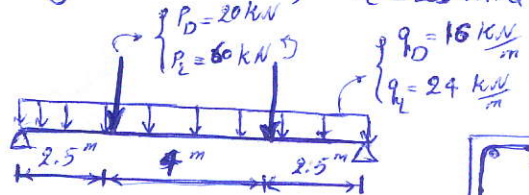
در فاصله 1.6 تا 2.5 و 6.5 تا 7.4 مترهاست به فاصله 100 استفاده می کنیم.

مثال ۱: با توجه به بارگذاری و مشخصات مصالح مشخصی و

با فرض استفاده از میلگرد به قطر 10 mm به عنوان فولاد برشی و

فاصله عملی جاسوت های قائم را در طول تیر تعیین کنید.

$$f_y = 340 \text{ MPa}, f_c = 25 \text{ MPa}$$



جواب ۳: با توجه به بند ۳-۴ (معماری ۴ جز ۲) فاصله بین

جاسوت ها را تعیین می کنیم.

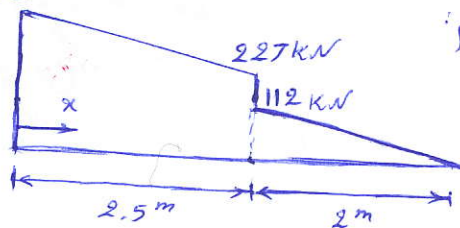
کام اول: (رسم نمودار نیروی برشی)

$$P_u = 1.25 \times 20 + 1.5 \times 60 = 115 \text{ kN}$$

$$q_{uL} = 1.25 \times 16 + 1.5 \times 24 = 56 \text{ kN/m}$$

با توجه به تعاریف تیر و بارگذاری محاسبات را برای نصف تیر

$$367 \text{ kN}$$



انجام می دهیم.

$$V(x) = \begin{cases} 367 - 56x & 0 \leq x \leq 2.5 \text{ m} \\ 112 - 56(x - 2.5) & 2.5 \leq x \leq 4.5 \text{ m} \end{cases}$$

$$d = h - 70 = 430 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$V_u = V(x=d) = 367 - 56 \times 0.43 = 342.92 \text{ kN}$$

کام دوم: (بررسی کفایت متلع)

$$V_{rmax} = 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 300 \times 430 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow V_{rmax} = 524.0625 \text{ kN} > V_u \text{ O.K.}$$

* فصل چهارم: طراحی اعضا تحت بیخشی *

(۱-۴) مقدمه:

در مصدق که بتوان مجموعه نیروهای مؤثر در یک طرف مقطع را
از تیر یا کابین لنگر مؤثر در سطح و حول محور طولی تیر یا کابین
غور، آن مقطع تحت بیخشی قلمداد شود. در مقاطع بتن مسلح
بدیده بیخشی خالص به ندرت اتفاق می افتد و غالباً تحت
بارهای دیرینه، تنش های بیخشی با تنش ویرش همراه خواهند بود.
اثر بیخشی بر سازه های مختلف را می توان از نظر استاتیکی
به دو گروه تقاطعی و سازگاری تقسیم کرد. در بیخشی تقاطعی نیروهای
داخلی با استفاده از تعادلات تعادل به سادگی محاسبه می شوند.
اما در بیخشی سازگاری علاوه بر تعادلات تعادل باید از روابط
سازگاری تغییر شکل ها استفاده کرد و متلبه بیخشی به طبیعت
بیخشی اعضا بستگی دارد.

از یک قطعه بتنی غیر مسلح تحت اثر یک لنگر بیخشی محدود قرار گیرد
به طوری که تقوین های ایجاد شده از مقاومت کششی بتن فراتر نرود
قطعه به طور الاستیک تغییر شکل داده و با افزایش لنگر ترک های
ناقص به بارزده تقریبی 45 روی دیواره قطعه شکل می شود. تجربه
انجام شده روی مصالح سنگینی بتنی نشان می دهد که تغییر شکل های
یک سطح ضربه بارزده تقریبی 45 اتفاق می افتد. لنگر که
باعث ترک خوردن تیر سنگینی بتن غیر مسلح می شود از رابطه
متابیل به بحث می آید:

$$T_{cr} = 0.5 \sqrt{f_c} \frac{b^2 h}{3}$$

وقار عضو بتن مسلح در مقابل بیخشی در غوطه $T - \theta$ زیر بار

است در این غوطه لنگر بیخشی T_{cr} رابطه بین T و

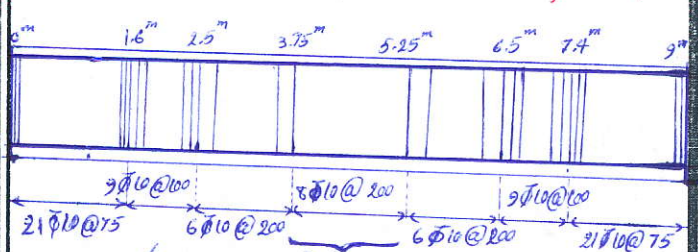
تمام محتمل: (محاسبه مستطیل با V_u)

$$V_u = 342.92 - 83.85 = 259.07 \text{ kN}$$

$$S = \frac{157 \times 0.85 \times 340 \times 430}{259.07 \times 10^3} = 75.3 \text{ mm}$$

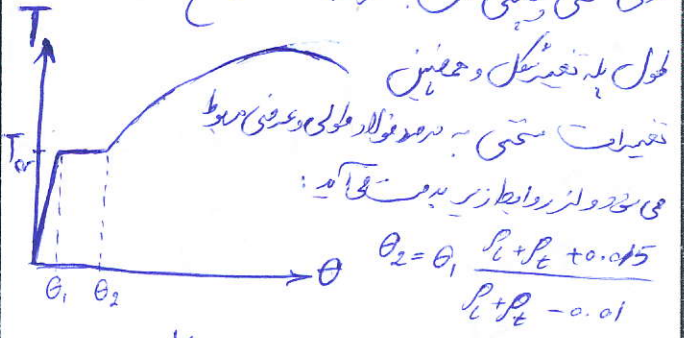
در فاصله بین ابتدا تیر تا 1.6 m در بین 7.4 تا انتهای تیر از فاصله
با فاصله 75 mm استفاده می کنیم.

تمام محتمل: (اگر این ضلعت ها در طول تیر)



در این نامه می توانیم ضلعت های تقوین و نیروهای شکل پذیری
تیر را مشاهده نمود.

خطی است و در $T = T_{er}$ من ترک می خورد و در این هنگام با بخش محدودش ها و در اثر تکریم بخشی ثابت تغییر شکل لغزایش می باید تا اینکه آهسته آهسته به کار می افتد و تکریم بخشی لغزایشی را جذب می کنند. همانطور که مشاهده می شود تغییر شکل عضو تنی بعد از ترک خوردن به صورت تقریباً خطی ادامه می یابد و طی سگی بخشی آن به مراتب کمتر از مقطع ترک نخورده است



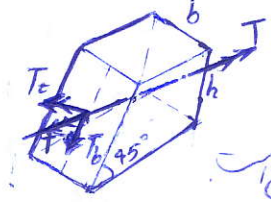
محول به تغییر شکل و همچنین تغییرات سگی به در دو فولاد فولی و عرضی مربوط می شود و از روابط زیر بدست می آید:

$$\theta_2 = \theta_1 \frac{p_e + p_c + 0.015}{p_e + p_c - 0.01}$$

$$K_2 = 2.1 (p_e + p_c) K_1$$

در روابط فوق چرخ و چرخ به ترتیب در فولاد عرضی و طولی است و K_1 و K_2 به ترتیب سگی بخشی قبل و بعد از ترک خوردن است. برای محاسبه بخش های کششی و فشاری در مقاطع بتن مسلح تحت بخشی بودن های مختلفی شیخا و سده اند که متداول ترین آنها تئوری خمش کج و خرابی فضا است که روابط این نامه ها نیز عموماً بر اساس آنها ارائه گردیده اند.

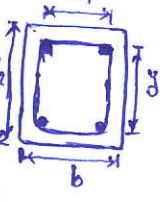
در تئوری خمش کج تکریم بخشی در طول عضو است در صفحه عمودی بر آنای عمود بر صفحه و مولزی صفحه عمودی خمشی است. تکریم که در آنای عمود بر صفحه است باعث بخشی صفحه (T_e) و تکریم که درون صفحه است باعث بخش صفحه (T_b) می شود.



آزمایش ها نشان می دهند که روی این سطح نسبت یزر ناشی از بخش است

در این روش مقاومت بتن در مقابل بخشی را بعد از ترک خوردن تقریباً نصف تکریم خوردن در نظر می گیرند و مقاومت بخشی میلگرد ها به صورت زیر است:

$$T_s = (0.66 + 0.33 \frac{d_1}{x_1}) \frac{x_1 d_1}{s} A_s f_{sd}$$



در این رابطه x_1 و d_1 فاصله بین محورهای مقاومت نسبت به مرکز است و A_s سطح مقطع میلگرد است و s فاصله بین فواصل جانبی و f_{sd} تنش برای تعیین تکریم بخشی تقوای فولادها، تئوری خرابی فضا است که در آن عضو تنی پس از ایجاد ترک بخشی به یک خرابی فضا تبدیل می شود که خاصیت هائش اعطای تکریم و میلگرد های طولی بخش های کششی و دست های فشاری بتن بخش اعطای فشاری را بازی می کنند. در این تئوری از مقاومت بخشی بتن صرف نظر می شود و مقاومت بخشی میلگرد های طولی و عرضی از رابطه زیر بدست می آید:

$$T_s = 2 \frac{x_2 d_2}{s} A_s f_{sd}$$

در رابطه فوق d_2 و x_2 فاصله بین محورهای جبران بخش ناشی از بخشی در خرابی فضا است که در می توانیم تقریباً $d_2 = d_1$ را معادل $0.85 x_1 d_1$ در نظر بگیریم. همان طور که ملاحظه می شود برای جابجایی تقریباً 3 نتایج در تئوری با هم برابر می شوند.

با توجه به تطبیق خوب نتایج حاصل از تئوری خرابی فضا با نتایج آزمایشگاهی آفراین نامه های طراحی از جمله این نامه بتن ایران و سبب عدم تفاوت ملی ایران در تعیین مقاومت بخشی مقطع از این تئوری استفاده کرده اند.

در ادامه روش های قائم به طراح اعطای تحت بخشی و اعطای تحت بخشی در برش و بخش ارائه می گردد.

۴-۲) طراحی مقاطع تحت بکشی خالص:

گام اول: (رسم نمودار لنگر بکشی و محاسبه T_u)

در اثر بارگذاری و شرایط تکیهگاهی که در صورت مسئله داده شده و با استفاده از ترکیبات بار حالات محتمل برای نمودار لنگر بکشی تهیه

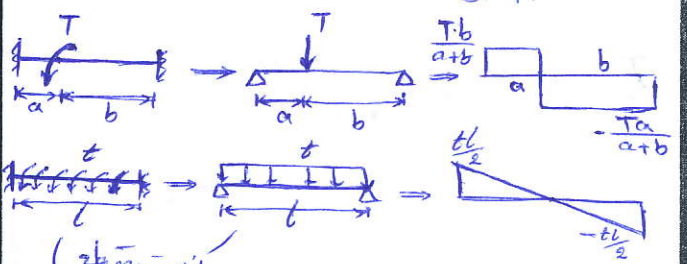
رسم می کنند و T_u برابر بزرگترین لنگر بکشی است که در طول تیر به وجود می آید. همچنین مجاز داده است که در عرض

لنگر بکشی در مرتبه گاه لنگر بکشی به فاصله $l/4$ از مرتبه گاه را به عنوان T_u در نظر بگیریم به شرط آنکه در این فاصله (از مرتبه گاه تا مقطع مجری)

لنگر بکشی صفر نشود.

نکته: نمودار لنگر بکشی تیر دو سر گیره تحت بارگذاری یکنواخت

همانند نیروی تیر دو سر ساده تحت بارگذاری قائم است.



گام دوم: (محاسبه پارامترهای هندسی و بررسی لغایت مقطع)

اگر بار زیر مرتبه گاه نباشد مقطع مناسب نگیرد و باید

اعتبار داده شود که:

گام سوم: (محاسبه T_{cr})

$T_{cr} = 1.9 \lambda \left(\frac{A_c^2}{P_c} \right) \leq \phi_c$ و $\phi_c = 0.2 \phi_c$

فرضیه ۱:

برای بتن معمولی:

برای بتن با بتن سبک:

برای بتن با بتن سبک:

برای بتن با بتن سبک:

اگر $T_u \leq 0.25 T_{cr}$ باشد نیاز به محاسبه بکشی نیست

ولی توصیه می شود ضوابط حداقل در تیر لحاظ شود.

اگر $T_u > 0.25 T_{cr}$ بود با استفاده از ضوابط لنگر بکشی محلی زیر

که لنگر بکشی برابر $0.25 T_{cr}$ را مشخص می کنیم و به کار می آوریم.

گام چهارم: (محاسبه S_{max} و بررسی نزاد حداقل)

$S_{max} = 25 \text{ mm} \leq \min \left\{ \frac{P_h}{8}, 3 \phi_c \right\}$

$A_{t, min} = 0.03 \sqrt{f_c} \frac{b_w S_{max}}{f_{yt}}$

فرض می کنیم از میلگرد به قطر 10 mm به عنوان ضابطه استفاده

می شود و سطح مقطع یک سانتی متر مربع است با $A_t = 78 \text{ mm}^2$

اگر $A_t \geq A_{t, min}$ است

و در غیر این صورت باید این میلگرد مناسب است (S_{max})

گام پنجم: (محاسبه لنگر بکشی و فولاد طولی متناظر با S_{max})

$T_{s1} = 2 A_o \left(\frac{A_t}{S_{max}} \right) f_{yd}$ و $A_o = 0.85 A_{oh}$

$A_{l1} = \left(\frac{A_t}{S_{max}} \right) P_h \left(\frac{f_{yd}}{f_{yl}} \right) \geq \pi \left(\frac{S_{max}}{16} \right)^2$

در روابط فوق $f_{yd} = 0.85 f_{yk}$ است و f_{yk} و f_{yl} به ترتیب تنش

تکمیل ضوابط حاد و میلگرد طولی است.

اگر $T_u \leq T_{s1}$ بود در صورتی که ضوابط محاسبه به قطر 10 mm

فاصله S_{max} و همچنین از میلگردهای طولی به سطح مقطع A_{l1} استفاده

می کنیم. اگر $T_u > T_{s1}$ بود در صورتی که تیر گیره لنگر بکشی کوچکتر از

T_{s1} است از ضوابط محاسبه به قطر 10 mm و فاصله S_{max} و

همچنین میلگرد طولی به سطح مقطع A_{l1} استفاده می کنیم و در

نتیجه تیر به اساس گام بعدی عمل می کنیم.

گام ششم: (محاسبه S و فولاد طولی متناظر با T_u)

$S = \frac{2 A_o A_t f_{yd}}{T_u}$ و $A_o = 0.85 A_{oh}$

$A_{l1} = \left(\frac{A_t}{S} \right) P_h \left(\frac{f_{yd}}{f_{yl}} \right) \geq \pi \left(\frac{S}{16} \right)^2$

نکته ۱: اگر S که از رابطه فوق بدست آمده است به بزرگترین عدد صندب 25^{mm} گرد می کنیم و در قسمتی از تیر که لنگر خمشی بیشتر از T_{s1} است از خاموش به قطر 10^{mm} و فاصله S در همپس فولاد طولی با سطح مقطع A_l استفاده می کنیم.

نکته ۲: فولاد طولی که در روابط محاسبه می شود باید در محیط مقطع خمش شود و حداقل قطر این سازه ها در درجه خاموش ها باید $\frac{S}{16}$ باشد. برای اجرای راحت تری تانیم در تمام سازه ها طولی را محاسبه کنیم و در سازه تیر مقدار فولادی که بر اساس محاسبه می شود لحاظ کنیم.

نکته ۳: فولاد طولی که از روابط محاسبه می آید باید با فولاد طولی ناشی از خمش جمع شود برای این کاری تانیم بصورت زیر عمل کنیم:

$$A_s = A_{s1} + \frac{A_l}{3} - \frac{M}{0.9 d f_{yd}}$$

$$A_s = \frac{A_l}{3} \text{ و فولاد طین } = A_{s1} + \frac{A_l}{3}$$

در روابط فوق A_{s1} برقیبت فولاد طولی کششی و فشاری ناشی از خمش هستند و A_l فولاد طولی ناشی از تانیم است و M لنگر خمشی در محلی است که محاسبات خمش انجام می شود و $f_{yd} = 0.85 f_y$ است. در جهت اطمینان می توانیم از عبارت

$$\frac{M}{0.9 d f_{yd}}$$

صورت نظر کنیم.

همچنین حداقل فاصله میلگرهای طولی برابر 30^{mm} است.

نکته ۴: اگر در صورت سوال بارگذاری تیر یا غوطه لنگر خمشی معلوم نبود و فقط لنگر خمشی T_u داده شده بود به صورت زیر عمل می کنیم:

گام اول و دوم: (محاسبه پارامترهای هندسی و T_{er}) این مراحل همانند گام های دوم و سوم صفحه ۵۰ جزوه انجام می شود

گام سوم: (محاسبه $(\frac{A_t}{S})_{min}$ و $A_o = 0.85 A_{ok}$)

$$(\frac{A_t}{S}) = \frac{T_u}{2 A_o d_s f_{yv}}$$

$$(\frac{A_t}{S})_{min} = 0.03 \sqrt{f_c} \frac{b_w}{f_{yv}}$$

$$\text{if } (\frac{A_t}{S}) < (\frac{A_t}{S})_{min} \rightarrow (\frac{A_t}{S}) = (\frac{A_t}{S})_{min}$$

گام چهارم: (محاسبه S_{max} و S)

اگر در صورت سوال قطر میلگر خاموش مشخص نباشد فرض می کنیم از خاموش با قطر 10^{mm} استفاده می شود و داریم:

$$S = \frac{A_t}{(\frac{A_t}{S})} \leq S_{max} = \min \left\{ \frac{P_h}{8}, 300^{mm} \right\}$$

گام پنجم: (محاسبه فولاد طولی A_l)

$$A_l = \left(\frac{A_t}{S} \right) P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \geq \pi \left(\frac{S}{16} \right)^2$$

۳-۴) طراحی مقاطع تحت خمش و برش و خمش:

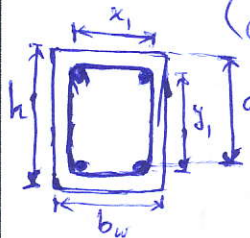
گام اول: (رسم غوطه نیروی برشی و لنگر خمشی تیر)

برای رسم غوطه نیروی برشی و لنگر خمشی در سازه ها ۳-۴ (مغزه ۴۱) و برای رسم غوطه لنگر خمشی در سازه ها ۳-۴ (مغزه ۴۰) انجام می شود.

گام دوم: (محاسبه پارامترهای هندسی)

$$A_c = b_w h, \quad P_c = 2(b_w + h)d$$

$$A_{ok} = x_1 d_1, \quad P_h = 2(x_1 + d_1)$$

$$A_o = 0.85 A_{ok}, \quad d = h - 70^{mm}$$


کام سوم: (بررسی کفایت مقطع)

اگر رابطه زیر برقرار باشد مقطع کفایت دارد و گرنه باید ابعاد مقطع یا فاصله مشخصات افزایش یابد:

برای مقطع فولادی: $\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \leq 0.25 f_{cd}$

برای مقطع بتنی: $\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq 0.25 f_{cd}$

کام چهارم: (محاسبه V_c و T_{cr})

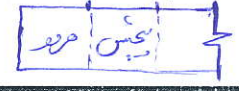
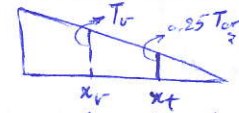
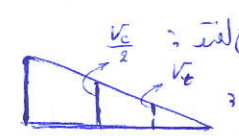
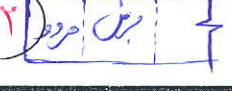
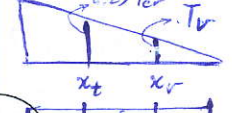
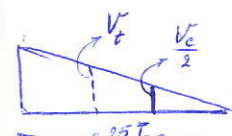
$V_c = \eta_c b_w d$, $\eta_c = 0.2 f_c$

$T_{cr} = 1.9 \lambda \left(\frac{A_c^2}{P_c}\right) \eta_c$

ضریب λ :

- برای بتن معمولی: $\lambda = 1$
- برای بتن با شن سبک: $\lambda = 0.85$ تا 0.8
- برای بتن با شن سنگین: $\lambda = 0.75$ تا 0.85
- برای بتن با شن رملی: $\lambda = 0.75$

برای بتن با شن رملی: اگر $\frac{V_c}{2} \leq V_u$ بود طراحی برای تنش مندرج شده و با استفاده از بند ۴-۲ (ماده ۵۰ جزوه) ادامه طراحی را برای بتن انجام می دهیم و اگر $T_u \leq 0.25 T_{cr}$ بود طراحی برای بتن ضرورت ندارد و ادامه طراحی را با استفاده از بند ۳-۴ (ماده ۴۱) برای بتن انجام می دهیم. در غیر این صورت محلی که نیروی برشی برابر $\frac{V_u}{2}$ می شود (ماده ۴۱) و محلی که تنش برشی برابر $0.25 T_{cr}$ می شود (ماده ۴۱) کنترل بتن مشخص می کنیم. در این زمان دو حالت



کام پنجم: (بررسی عوامل (تحقیق و بررسی)

می پردازیم:

(محاسبه $\frac{A_v}{s}$ و $\frac{A_t}{s}$ و $\frac{A_v}{s} \leq \frac{A_v}{s_{max}}$)

$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{d f_{sd}}$, $V_s = V_u - V_c$

$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{2 A_o f_{sd}}$, $f_{sd} = 0.85 f_{sv}$

$\left\{ \left(\frac{A_v}{s}\right)_{max} \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \right\} \leq 0.06 \sqrt{f_c} \frac{b_w}{f_{sv}}$

در روابط فوق f_{sv} تنش تسلیم فولاد ضابط ها است.

کام ششم: (تعیین فاصله بین ضابط ها S)

$S_{max} = \min \left\{ \frac{d}{2}, \frac{P_h}{8}, 300 \text{ mm} \right\}$

حال قطاعات را انتخاب می کنیم و مجموع ضابط ساق های برشی را محاسبه می کنیم (A_v) به عنوان مثال اگر از ضابط ها استفاده کنیم به قطر 10 mm استفاده کنیم، داریم:

$A_v = 157 \text{ mm}^2 \rightarrow S = \min \left\{ \frac{A_v}{\left(\frac{A_v}{s}\right)}, S_{max} \right\}$

کام هفتم: (محاسبه سطح مقطع فولاد طولی)

$A_k = \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{f_{sv}}{f_{sk}}\right) \geq \pi \left(\frac{s}{16}\right)^2$

با توجه به نکته های ۲ و ۳ صفحه ۵۵ جزوه فولاد طولی محاسبه شده را با فولاد خمشی ترکیب می کنیم و در ستابا سیر قرار می دهیم. نکته: اگر در صورت سوال طراحی خمشی نیز مطلوب بود بر

اساس بند های ۲-۷ و ۲-۹ و ۲-۱۱ (صفحات ۲۲، ۲۴ و ۲۷ جزوه) طراحی خمشی را انجام می دهیم.

کام هشتم: (بررسی اینکه در حالت "الف" یا "ب" قرار بگیریم)

در صورت های زیر که یکی از عوامل (تحقیق و بررسی) اثر می کنند به طراحی می پردازیم:

(حالت الف) (حالت ب) (*) اگر $\frac{V_{rmax}}{2} > \frac{V_u}{2}$ باشد به جای $\frac{d}{2}$ باید از $\frac{d}{4}$

استفاده کنیم. $V_{rmax} = 0.25 f_{cd} b_w d$

حالت الف (۱)

کام تستر: (محاسبه S_t)

$$\frac{A_t}{s} = \max \left\{ \frac{T_w}{2A_o f_{yd}}, 0.03 \sqrt{f_c} \frac{b_w}{f_{yv}} \right\}$$

$$A_t = 78 \text{ mm}^2 \rightarrow S_t = \min \left\{ \frac{A_t}{\left(\frac{A_t}{s}\right)}, \frac{P_h}{8}, 300 \text{ mm} \right\}$$

حال در فاصله ای که بیش خالص داریم از خاصیت بسته به قطر 10 mm

و فاصله S_t می گذاریم.

حالت ب (۲)

کام تستر: (محاسبه S_v)

$$\frac{A_v}{s} = \max \left\{ \frac{V_t - V_c}{d f_{yd}}, 0.06 \sqrt{f_c} \frac{b_w}{f_{yv}} \right\}$$

$$A_v = 157 \text{ mm}^2 \rightarrow S_v = \min \left\{ \frac{A_v}{\left(\frac{A_v}{s}\right)}, \frac{d}{2} \right\}$$

حال در فاصله ای که بیش خالص داریم از خاصیت با دو ساق برشی

به قطر 10 mm و فاصله S_v می گذاریم.

نکته ۱: روابطی که برای بیش مقاطع توپر گفته شد برای

مقاطع توخالی نیز صادق است به شرط آنکه فاصله محور خالص

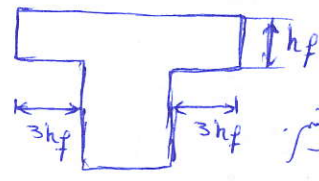
ناقص از $0.5 \frac{A_{oh}}{P_h}$ باشد.

نکته ۲: در مقاطع T شکل برای محاسبه T_{or} می توانیم از محیط (P)

و مساحت (A_c) مقطع زیر استفاده کنیم.

همچنین می توانیم می توانیم از

مقاومت بیش خالص صرف نظر کنیم.



مثال ۱: مقطع تیرکمانی سایلان در زیر غایش داده شده است

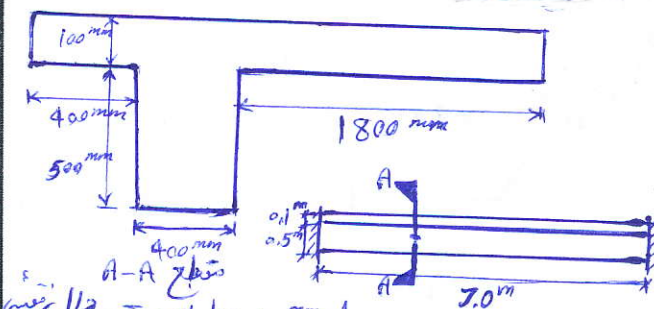
آلوار بریده و بار برین سایلان $5 \frac{kN}{m^2}$ (به جز وزن تیر)

و سیم بارزنده و بار برین $15 \frac{kN}{m^2}$ باشد. مقدار فولاد طولی

و عرضی را برای مقاومت این تیر در مقابل غیش، برش و

پیچش محاسبه کنید. فرض کنید مقاومت مشخصه بتن برابر

30 MPa و تنش تسلیم فولاد طولی و عرضی 400 MPa است.



پاسخ: چون $\frac{b_w}{2} = 200 \text{ mm} < h_p = 100 \text{ mm}$ است خالص

در محل غیش طبق بند ۲-۷ (ماده ۲۲ جزوه) طراحی

انجام می شود:

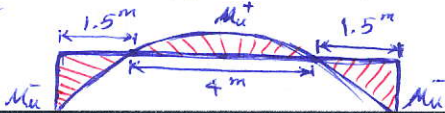
کام اول: (محاسبه M_u)

توزیع بار	دال سمت راست	تیرین بار دال	دال سمت چپ
وزن بتن ($\gamma_c = 24$)	$1.8 \times 0.1 \times 24 = 4.32$	$0.4 \times 0.6 \times 24 = 5.76$	$0.4 \times 0.1 \times 24 = 0.96$
بار بریده	$1.8 \times 5 + 4.32 = 13.32$	$5 \times 0.4 + 5.76 = 7.76$	$5 \times 0.4 + 0.96 = 2.96$
بارزنده	$15 \times 1.8 = 27$	$15 \times 0.4 = 6$	$15 \times 0.4 = 6$
بار غشایی	$13.32 + 27 = 40.32$	$7.76 + 6 = 13.76$	$2.96 + 6 = 8.96$

$$q_u = 8.96 + 13.76 + 40.32 = 63.04 \frac{kN}{m}$$

$$M_u^+ = \frac{q_u l^2}{24} = \frac{63.04 \times 7^2}{24} = 128.7 \text{ kN.m}$$

$$M_u^- = \frac{q_u l^2}{12} = 257.41 \text{ kN.m}$$



۵۳

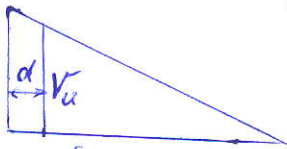
$$q_u = 40.32 + 13.76 + 8.96 = 63.04 \text{ kN/m}$$

$$t_u = 44.352 - 3.584 = 40.768 \text{ kN.m}$$

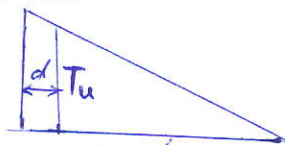
تیر و تیرچه تحت نیرو و لنگر گسترده q_u و t_u قرار دارد. با توجه به قانون تیر و بارگذاری می‌توان محاسبات را برای نصف تیر انجام داد.

$$220.64$$

$$142.688$$



عوامل نیروی برشی



عوامل لنگر خمشی

$$V = 220.64 - 63.04 \times 0.53 = 187.23 \text{ kN}$$

$$T_u = 142.688 - 40.768 \times 0.53 = 121.081 \text{ kN.m}$$

$$T_u = 142.688 - 40.768 \times 0.53 = 121.081 \text{ kN.m}$$

کار دوم: (محاسبه پارامترهای هندسی)

از تقارن بخشی تال صرف نظری کنیم.

$$A_c = 400 \times 600 = 2.4 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$P_c = 2(400 + 600) = 2 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$x_1 = 400 - 2(45 + 5) = 300 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2(45 + 5) = 500 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = x_1 \cdot y_1 = 300 \times 500 = 1.5 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2(300 + 500) = 1.6 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$A_o = 0.85 \times 1.5 \times 10^5 = 1.275 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

کار سوم: (بررسی کنایت مقطع)

$$\sqrt{\left(\frac{187.23 \times 10^3}{400 \times 530}\right)^2 + \left(\frac{121.081 \times 10^5 \times 1.6 \times 10^3}{1.7 \times (1.5 \times 10^5)^2}\right)^2}$$

$$= 1.02 \text{ MPa} < 0.25 \times 19.5 = 4.875 \text{ MPa} \quad \text{O.K.}$$

کار دوم و سوم: (محاسبه α_1 , β_1 , f_{cd} , f_{yd} و α_s)

$$\alpha_1 = 0.85 - 0.0015 \times 30 = 0.805$$

$$\beta_1 = 0.97 - 0.0025 \times 30 = 0.895$$

$$f_{cd} = 0.65 \times 30 = 19.5 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 0.85 \times 400 = 340 \text{ MPa}$$

$$d = 600 - 70 = 530 \text{ mm}$$

کار چهارم: (محاسبه متدیر فولاد کششی)

$$A_s^+ = \frac{0.805 \times 19.5 \times 400 \times 530}{340} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 128.7 \times 10^6}{0.805 \times 19.5 \times 400 \times 530^2}}\right)$$

$$\Rightarrow A_s^+ = 742.36 \text{ mm}^2$$

$$A_s^- = \frac{0.805 \times 19.5 \times 400 \times 530}{340} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 257.41 \times 10^6}{0.805 \times 19.5 \times 400 \times 530^2}}\right)$$

$$\Rightarrow A_s^- = 1551.4 \text{ mm}^2$$

کار پنجم: (محاسبه ρ_{min} و ρ_{max})

$$\rho_b = \frac{0.805 \times 0.895 \times 19.5}{340} \left(\frac{f_{co}}{f_{co} + 400}\right) = 0.026$$

$$\rho_{max} = \min\{0.026, 0.025\} = 0.025$$

$$\rho_{min} = \max\left\{\frac{1.4}{400}, \frac{0.25 \sqrt{30}}{400}\right\} = 0.0035$$

کار ششم: (بررسی روابط مقدماتی ملل ساختمان)

$$\rho^+ = \frac{742.36}{400 \times 530} = 0.003501, \quad \rho^- = 0.00732$$

$$\rho_{min} \leq \rho^+, \rho^- \leq \rho_{max} \sim \text{O.K.}$$

* حال طبق بند ۳-۴ (مهره ۱۵ جزوه) طرای برای برش و

چکش را انجام می‌دهیم:

کار اول: (رسم نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی)

دال مت راست	تیر بین دال و دال	دال مت چپ	
40.32	13.76	8.96	نیروی گسترده خدایی
1.1	0	-0.4	بار و لنگر
44.352	0	-3.584	لنگر خمشی خدایی

$$S = \min \left\{ \frac{157}{2.99} = 52 \text{ mm}, 200 \text{ mm} \right\} = 52 \text{ mm}$$

باقی به ایند فاعله S تا S_{max} خیلی زیاد است اعتبار

تقریباً $A_v = 307.87 \text{ mm}^2$: 14 mm با فاصله استاندارد از فاعله

$$\Rightarrow S = \min \left\{ \frac{307.87}{2.99} = 103 \text{ mm}, 200 \text{ mm} \right\} = 100 \text{ mm}$$

پس فاعله ای که نیروی بیشتری ببرد $\frac{V_c}{2}$ است از فاعله با قطر 14 و فاعله 100 استفاده می کنیم.

گام هشتم: (محاسبه سطح مقطع فولاد طولی)

$$A_L = 1.396 \times 1600 \times \frac{400}{400} = 2233.6 \text{ mm}^2$$

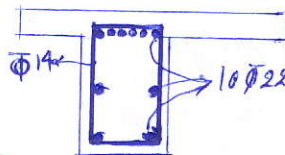
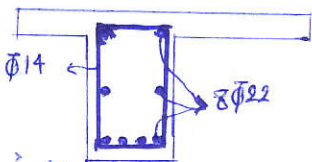
$$A_L = 2233.6 > \pi \left(\frac{16}{16} \right)^2 = 122.7 \text{ o.k.}$$

حال این فولاد را با فولاد منشی ترکیب می کنیم.

$$\frac{A_L}{3} = 744.53 \rightarrow \therefore \text{Use } 2 \text{ } \Phi 22$$

$$A_s^+ + \frac{A_L}{3} = 1486.89 \rightarrow \therefore \text{Use } 4 \text{ } \Phi 22$$

$$A_s^- + \frac{A_L}{3} = 2295.93 \rightarrow \therefore \text{Use } 6 \text{ } \Phi 22$$



مقطع نیروی کشش طولی

مقطع نیروی کشش منشی

گام نهم: (محاسبه S_t)

$$\frac{A_t}{s} = \max \left\{ \frac{48.92 \times 10^6}{2 \times 1.275 \times 10^5 \times 340} = 0.56, 0.03 \sqrt{30} \times \frac{400}{400} = 0.16 \right\} = 0.56$$

$$A_t = 153.9 \text{ mm}^2; 14 \text{ mm با فاصله استاندارد از فاعله}$$

$$S_t = \min \left\{ \frac{153.9}{0.56} = 275 \text{ mm}, 200, 300 \right\} = 200 \text{ mm}$$

حال در منشی که نیروی بیشتری ببرد $\frac{V_c}{2}$ است

گام چهارم: (محاسبه V_c و T_{cr})

$$V_c = 0.2 \times 0.65 \times \sqrt{30} = 0.71 \text{ MPa}$$

$\lambda = 1$ منشی می کنیم که در منشی معمولی استفاده شود

$$V_c = 0.71 \times 400 \times 530 \times 10^{-3} = 150.95 \text{ kN}$$

$$T_{cr} = 1.9 \times \left(\frac{2.4 \times 10^5}{2000} \right)^2 \times 0.71 \times 10^{-6} = 38.85 \text{ kN.m}$$

$$T_u > 0.25 T_{cr} \text{ و } V_u > \frac{V_c}{2} \Rightarrow$$

طراحی برای برش و چرخش انجام می شود.

$$0.25 \times 38.85 = 142.688 - 40.768 x_t$$

$$\Rightarrow x_t = 3.26 \text{ m}$$

$$0.5 \times 150.95 = 220.64 - 63.04 x_v$$

$$\Rightarrow x_v = 2.30 \text{ m}$$

$$V_t = 220.64 - 63.04 \times 3.26 = 15.13 \text{ kN}$$

$$T_v = 142.688 - 40.768 \times 2.3 = 48.92 \text{ kN.m}$$

باقی به محاسبات انجام شده حالت "الف" رفع شود

گام پنجم: (محاسبه $\frac{A_v}{s}$ و $\frac{A_t}{s}$ و $\frac{A_v}{s}$ دیگر)

$$\frac{A_v}{s} = \frac{(187.23 - 150.95) \times 10^3}{530 \times 0.85 \times 400} = 0.201 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{121.081 \times 10^6}{2 \times 1.275 \times 10^5 \times 0.85 \times 400} = 1.396 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$\left(\frac{A_v}{s} \right)_f = \max \left\{ 0.201 + 2 \times 1.396 = 2.99, 0.06 \sqrt{30} \times \frac{400}{400} = 0.33 \right\} = 2.99 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

گام ششم: (تعیین فاصله بین فاعله ها، S)

$$\frac{V_{rmax}}{2} = 0.125 \times 19.5 \times 400 \times 530 \times 10^{-3} = 516.75 \text{ kN}$$

$$V_u < \frac{V_{rmax}}{2} \Rightarrow S_{max} = \min \left\{ \frac{d}{2}, \frac{P_h}{8}, 300 \right\}$$

$$S_{max} = \min \left\{ \frac{530}{2}, \frac{1600}{8}, 300 \right\} = 200 \text{ mm}$$

$$A_v = 157 \text{ mm}^2; 10 \text{ mm با فاصله استاندارد از فاعله}$$

۵۵

* فصل پنجم: طراحی اعضا تحت کشش *

۵-۱) مقدمه

در صورتی که بتوان مجموعه نیروهای مؤثر بر یک طرف از مقطع را با یک نیروی کششی که مولفه محوری عضو است و از مرکز سطح آن نیز می‌گذرد جایگزین کرد؛ آن مقطع تحت کشش محوری قرار دارد. لوله‌های بتنی، منابع ذخیره سیالات مثل آب و نفت، کش‌های مهارها، شازرها و بعضی اعضا خرابه‌ها و تیرهای از ستون‌های تحت کشش هستند. همچنین ستون‌های پوشه ساقان و درشایرهای جانبی تحت نیروی کشش و خمش (همش‌میل) قرار دارند که طراحی آنها در فصل آینده بیان می‌شود.

باقی‌مقدار متادست ناچیزترین حد کشش طراحی به طول می‌خاستی کل نیروی وارده را میلگرهای طولی که به صورت ستان در مقطع قرار می‌گیرند تحمل می‌کنند. فکشن بین به عنوان پوشش میلگرها و طول‌گیری آنها از خوردگی و محبت آب بتنی منابع و لوله‌ها و عامل اتصال بار به میلگرها است که بر اساس حالات صی جرم مولی ابعاد مقطع بتنی مشخص می‌شود.

۵-۲) طراحی اعضا کششی

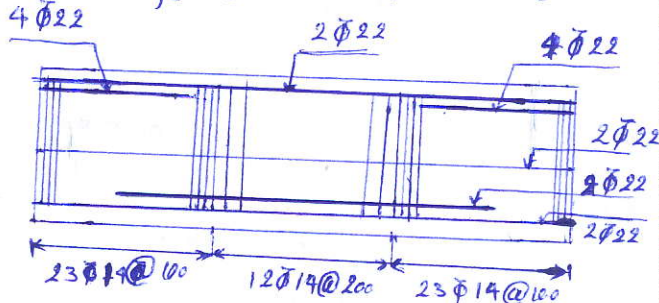
کام‌ل: (محاسبه و انتخاب میلگر طولی و عرضی)

ابتدا با تحلیل سازه و ترکیب بارهای صی‌های N_u را محاسبه می‌کنیم و داریم:

$$A_s = \frac{N_u}{f_y} \quad \text{و} \quad f_y = 0.85 f_c$$

حال میلگرهای طولی درین محاسبه را تأمین می‌کنند انتخاب می‌کنیم و همچنین از ضوابط حایا نورسج f_y با قطر یک سوم قطر میلگرهای طولی و نیز کمتر از ۶ استفاده می‌کنیم و فاصله آنها را به اندازه کوچکترین بعد مقطع انتخاب می‌کنیم. عبارت فاصله بین خاموت‌ها کمتر از ۲۵۰ در نظر گرفته شود.

از خاموت بسته به قطر 14^{mm} و فاصله ۲۵۰ استفاده می‌کنیم. در صورتی که کمتر از ۲۵۰ است می‌توانیم از خاموت استفاده کنیم ولی برای کل پذیری تیر در این سمت نیز خاموت به فاصله ۲۵۰ می‌گذاریم.



۴-۴) تفاوت آب با سیم در محبت

در آب شتاب مربوط به منسب در نظر گرفته نمی‌شود و کمتر ترک خوردگی از رابطه مقابل بدست می‌آید $T_{cr} = 2 \left(\frac{A_c}{P_c} \right)$

عوامل فولاد عرضی در تحمل اثر تمام برین و همچنین از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$(A_v + 2A_t)_{min} = 0.35 \frac{b_w s}{f_{yv}}$$

در آب برای تعیین کفایت مقطع توپر باید رابطه زیر برقرار شود:

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \leq 0.25 f_{cd}$$

در محبت هم مقادیر ملی ساقان بیان می‌شود که تمام

میلگرهای بتنی (فولادهای طولی به علاوه خاموت‌های بسته و دایورسج‌ها)

عوامل در طولی برابر با برترین بعد عضو از نقطه‌ای که دیگر نیاز به مقاومت

بتنی است ادامه یافته و به صورت مناسب مهار شوند ولی در

آیین نامین آخرین (آب) گفته می‌شود حداقل در طولی برابر با $d + d$

(d عرض و d ارتفاع مؤثر) ادامه یابد.

جدول ۱: انحراف معیار بر اساس رتبه‌بندی کارگاه و مقاومت مشخصه بتن

رتبه‌بندی کارگاه	مقاومت مشخصه بتن (N/mm^2)				
	۱۶	۲۰	۲۵	۳۰ و ۳۵	۴۰ و بیشتر
الف	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵
ب	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۵/۵
ج	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۶/۵

جدول ۲: رتبه‌بندی کارگاه‌ها بر اساس وضعیت تولید بتن، نظارت و کنترل کیفیت

شرایط تولید و کنترل			وضعیت کنترل کیفیت		
			الف	ب	ج
توزین یا پیمانه کردن سیمان	وزنی	وزنی	حجمی	وزنی	حجمی
توزین یا پیمانه کردن سنگدانه	وزنی	وزنی	حجمی	حجمی	حجمی
کنترل دانه‌بندی سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل	کنترل شده	بدون کنترل
کنترل رطوبت سنگدانه	کنترل شده	کنترل شده	بدون کنترل	کنترل شده	بدون کنترل
نظارت بر تولید	در سطح عالی	در سطح خوب	در سطح ضعیف	در سطح خوب	در سطح ضعیف
امکانات آزمایشگاهی	موجود است	موجود است	در سطح محدود	موجود است	در سطح محدود
تداوم در آزمایش	مداوم	گاهی اوقات	در سطح محدود	گاهی اوقات	در سطح محدود
نیروی متخصص تولید بتن	وجود دارد	وجود دارد	در سطح محدود	وجود دارد	در سطح محدود

