سازه‌های بتن آرمه

@Sazavash

مولف :
سیاوش سعیدی

سخن مولف

امیدوارم اینجانب سیاوش سعیدی قدم هرچند کوچکی
در طرز تفکر و نگاه تو به علم عمران و درس بسیار
مهم سازه‌های بتنی بردارم. ببین خودمونی بهت
بگم اگر میخوای طراح بشی یا ادامه تحصیل بدی یا حتی وارد بازار
کار بشی باید سازه های بتنی رو بشناسی پس تمام سعیم رو می
کنم که کاری کنم با شوق و ذوق تمامی مسائلش رو حل و این
درس رو یاد بگیری و بتن دوست بشی!

@Sazavash

این جزوه **فقط و فقط** مخصوص
دانشجویان کلاس تهیه شده
لطفا نشر و پخش نکنین
حلال و درست نیست
من راضی نیستم.

سیاوش سعیدی
بهار ۱۴۰۳

۱-تیتراژ آغاز (مقدمه‌ی بتن)

بتنی چیزی نیست جز مخلوطی از شن و ماسه و سیمان و آب با اندکی شعور انسان (دکتر قالبیافان)

مشخصات مکانیکی بتن :

۱ مقاومت فشاری بتن (f'_c) و برحسب مگاپاسکال است $MPa\ (N/mm^2)$

اعداد بعد از حرف C نشان مقاومت فشاری است

C30, C45, C25

$f'_c = 30MPa$ $f'_c = 45MPa$ $f'_c = 25MPa$

۲ چگالی بتن را (w_c) :

$w_c = 1440 \sim 2560\ kg/m^3$

بتن معمولی $2300\ kg/m^3$

۳ مدول الاستیسیته بتن : (E_c)

$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$

$E_c = 0.043\, w_c^{1.5}\sqrt{f'_c}$

λ ← برای بتن معمولی ← 1

λ ← برای بتن سبک ← 0.85

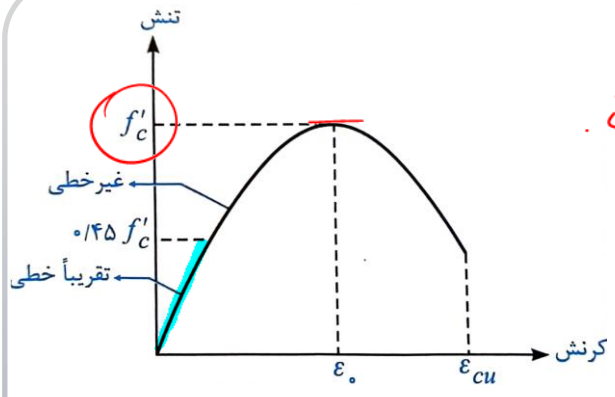
۴ مدول گسیختگی بتن : (f_r)

(مدول ابجر)

$f_r = 0.62\lambda\sqrt{f'_c}$

@Sazavar.ir

نمودار تنش-کرنش بتن



f'_c ← بیشترین مقاومت فشاری بتن است.

تقریباً

$0.4f'_c$ ← حد تقریباً خطی

۱- تنش / کرنش

f'_c / 0.0015 ~ 0.002

۲- بیشترین حد کرنش بتن در حالت گسیختگی ε_{cu}

$\varepsilon_{cu} = 0.003$

کرنش $\varepsilon = \frac{l_2 - l_1}{l_1}$

مشخصات فولادهای مقاطع بتنی:

۱ میلگردهای آجدار ← آجدار، ماهته و میلگردهای امین

میلگردهای ساده ← ساده ← زیاد کاربرد ندارد

S 400 → f_y = 400 MPa

S 420 → f_y = 420 MPa

اعداد بعد از حرف S نشانگر مقدار تنش تسلیم آجدارها می‌باشد

f_y ← تنش جاری شدن یا تسلیم مصالح

۲ مدول الاستیسیته فولاد (E_s):

$E_s = 2 \times 10^5$ MPa

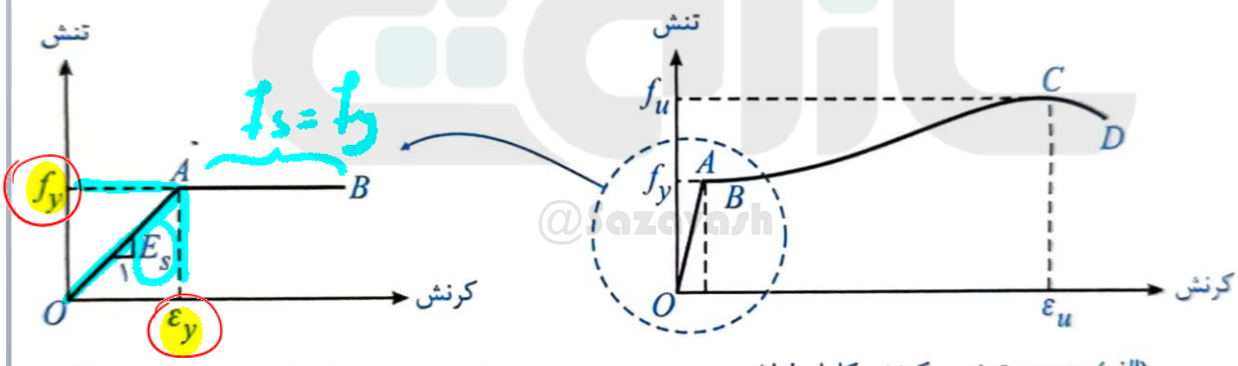
۳

فولاد نرم: S240

فولاد نیمه سخت: S420 , S400 , S390

فولاد سخت: S520 , S500

نمودار تنش-کرنش فولاد



(الف) منحنی تنش - کرنش کامل فولاد

ایده آل شده

(ب) منحنی تنش - کرنش فولاد در بتن‌آرمه

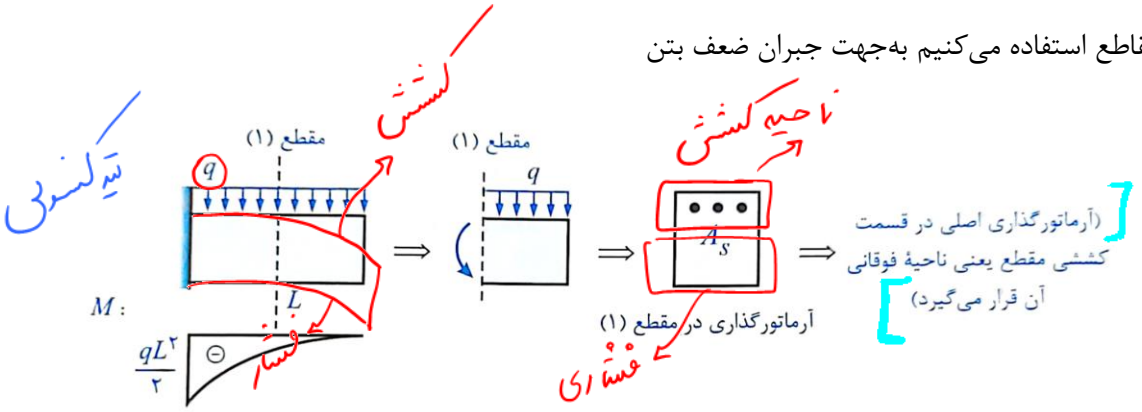
f_y ← تنش تسلیم

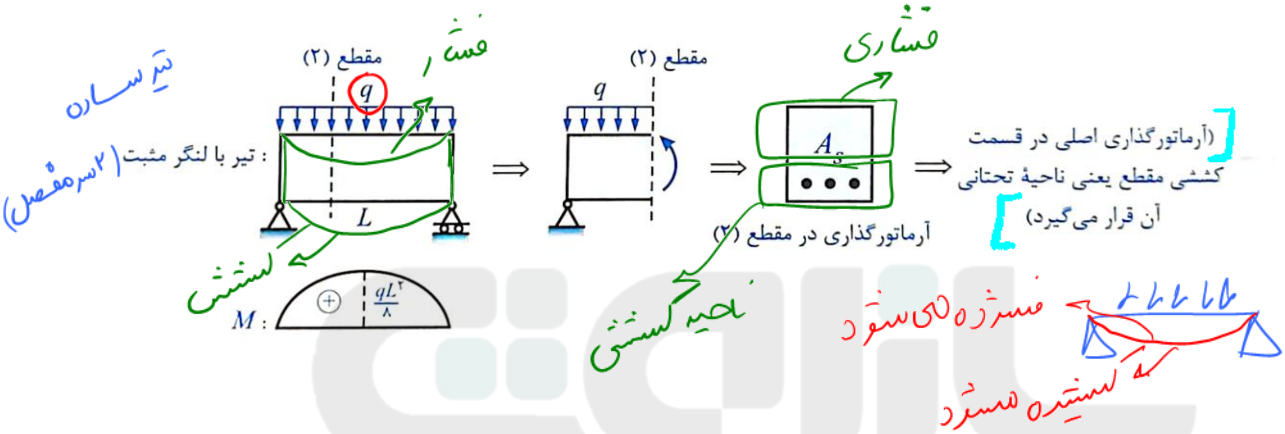
ε_y ← کرنش تسلیم

$$\begin{cases} f_s = E_s \varepsilon_y & \varepsilon_s \leq \varepsilon_y \\ f_s = f_y & \varepsilon_s > \varepsilon_y \end{cases}$$

۲-خمش مقاطع مستطیلی (مقاطع تک آرماتوره)

باتوجه به پایین بودن مقاومت کششی بتن، مقطع در ناحیه کششی تحت‌اثر لنگرهای خمشی نسبتا کوچک ترک خورده و دیگر تحمل لنگر خمشی بیشتر را ندارد. برای جبران این ضعف از آرماتورگذاری داخل قسمت‌های کششی مقاطع استفاده می‌کنیم به‌جهت جبران ضعف بتن





بررسی فولادهای مقطع

$$\text{نسبت فولاد مقطع} = \rho = \frac{\text{مساحت فولادها}}{\text{عمق مؤثر} \times \text{عرض}} = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

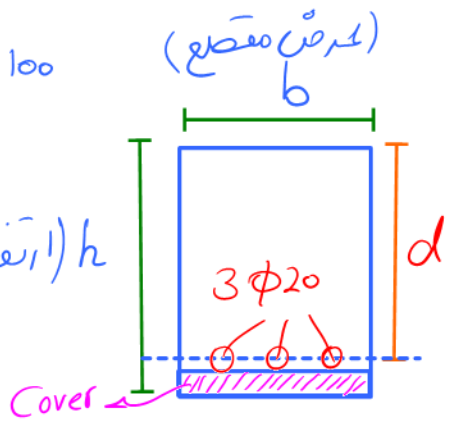
$$\text{درصد فولاد مقطع} = \frac{A_s}{bd} \times 100 = \rho \times 100$$

$$A_s = 3 \times \pi (10)^2 = 942.47 mm^2$$

↳ مساحت آرماتورهای کششی

$$d = h - \text{cover} - \frac{\phi}{2}$$

35 ~ 50 mm



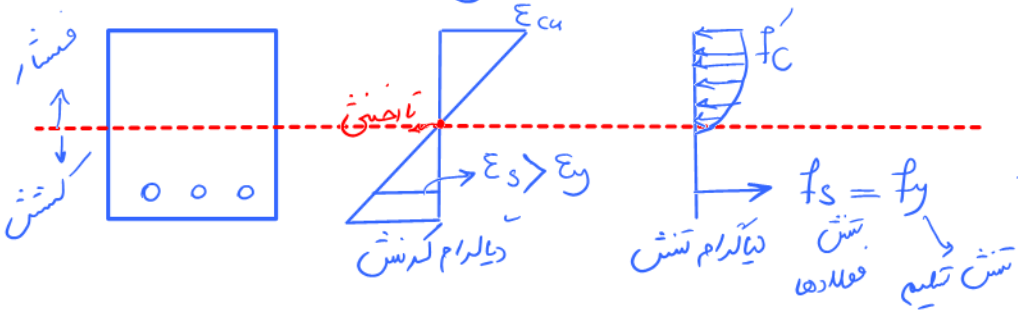
ϕ ← قطر آرماتورهای طولی

ϕ20 → قطر میلگرد = 20mm

۲-خمش مقاطع مستطیلی (مقاطع تک آرمه)

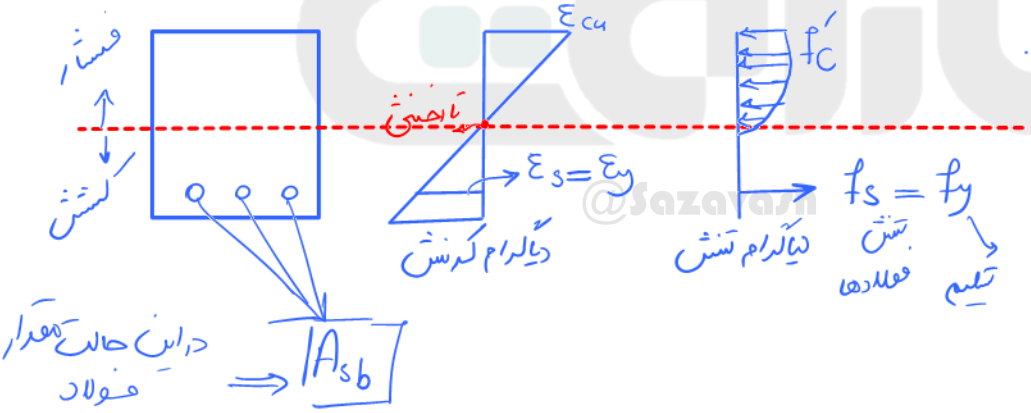
باتوجه به فولادگذاری مقطع ۳نوع شکست در مقاطع بتنی انتظار می‌رود :

۱ شکست نرم ← اگر در ناحیه کششی مقطع فولاد به مقدار کم داشته باشیم (کم فولاد) ← قبل از اینکه بتن به ظرفیت نهایی خودش برسد فولادها جاری میشوند در لحظه رسیدن بتن به کرنش ε_{cu} کرنش فولاد از ε_y بیشتر میشود

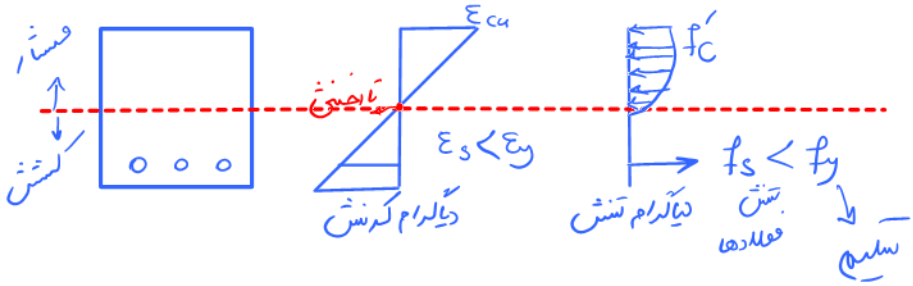


۲ شکست بالانس ← مرز بین شکست ترد و شکست نرم است ، در لحظه‌ای که بتن به کرنش نهایی میرسد ، کرنش فولادهای کششی برابر ε_y میشود

* بهترین حالت برای شکست این مقطع است .



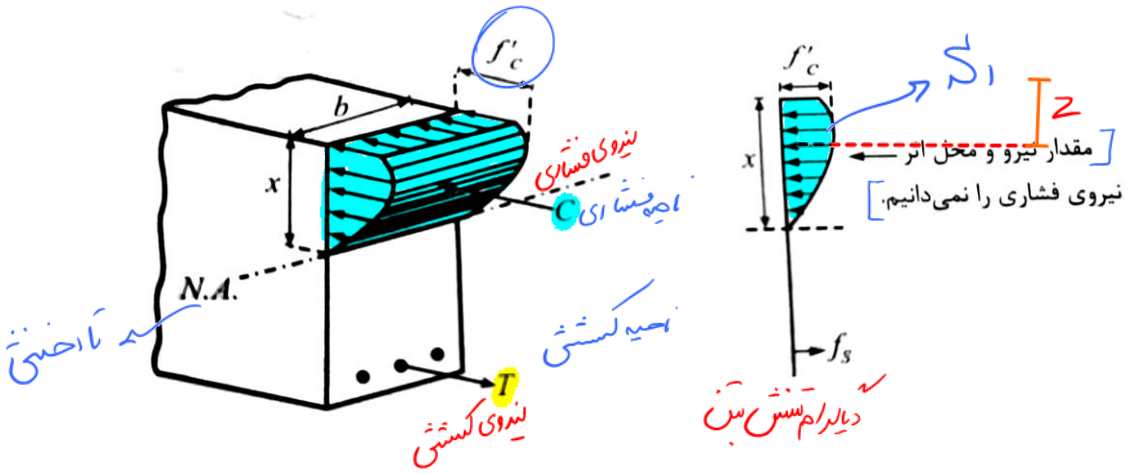
۳ شکست ترد ← اگر در ناحیه کششی مقطع مقدار فولاد زیاد باشد ، تنها قسمتی از ظرفیت کششی میلگردها (توان میلگردها) برای تحمل لنگر وارد بر مقطع کافی بوده .
در لحظه رسیدن بتن به کرنش ε_{cu} ، فولادها هنوز به ε_y نرسیده است .

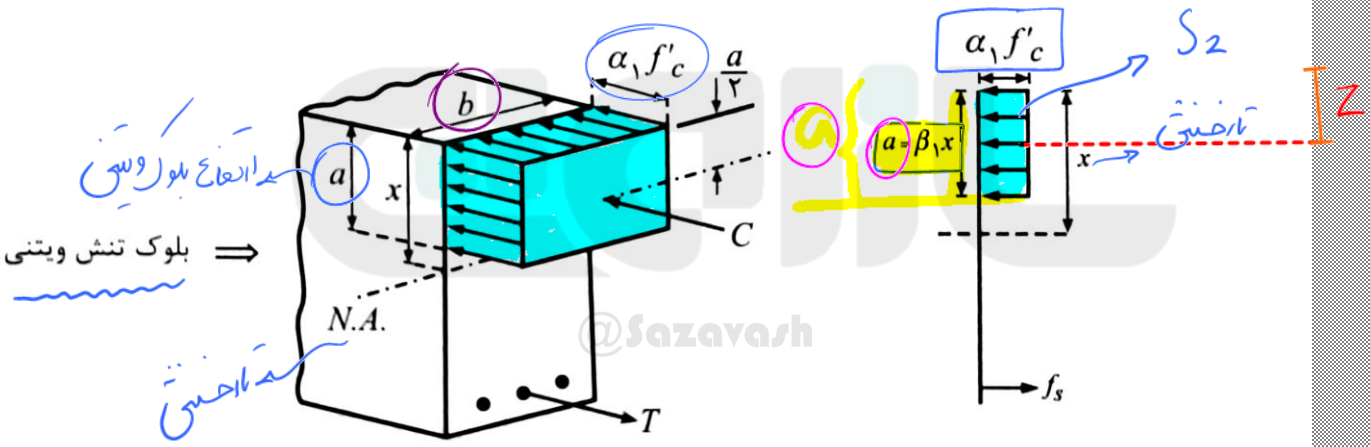


@Sazaan

۲-خمش مقاطع مستطیلی (مقاطع تک آرمه)

باتوجه به انواع حالات شکست مقطع و تسلیم آرماتورها روابط آنالیز مقاطع بتن آرمه به‌صورت زیر استخراج می‌شود.





شرط ۱) تساوی سطح زیر نمودارها: $S_1 = S_2$

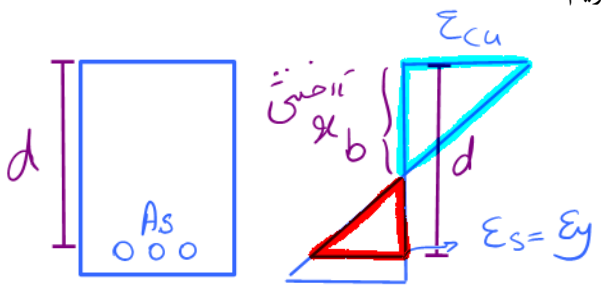
شرط ۲) مرکز سطح دو نمودار، فاصله یکسانی از آرماتورهای متقطع دارند.

$$\text{نیروی ناحیه فشاری} = \text{تنش بتن در ناحیه فشاری} \times \text{سطح اثر تنش} = (\alpha_1 f'_c)(ab)$$

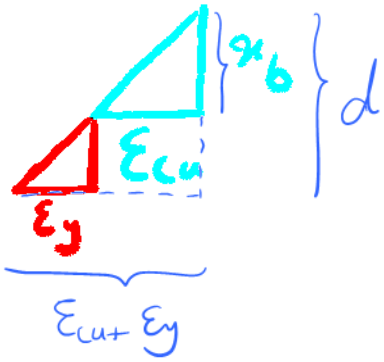
$$C = \text{تنش} \times \text{مساحت بلوک} = (ab)(\alpha_1 f'_c)$$

$$\text{تنش} = \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت}} \quad T = \frac{P}{A} \quad P = T \times A$$

در حالت متعادل یا حالت بالانس در مقاطع بتن آرمه داریم :



از تشابه مثلث داریم :



$$\frac{x_b}{d} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu}+\varepsilon_y}$$

$$\begin{cases} \varepsilon_{cu} = 0.003 \\ f_s = E_s \varepsilon_s \ , \ f_y = E_s \varepsilon_y \end{cases} \longrightarrow 2\times10^5 \text{ MPa}$$

$$x_b = \frac{600}{600+f_y} d$$

* ناحیتی مقطع

$$A_{sb} = \alpha_1 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600+f_y} bd$$

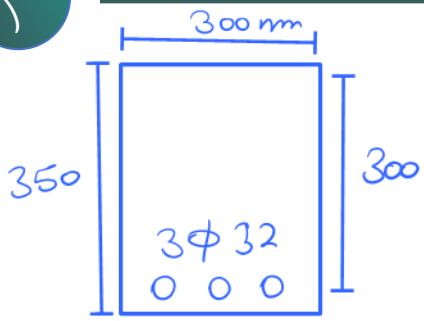
A_{sb} ← مساحت فولادهای مقطع

$$M_{nb} = f_y A_{sb} \left(d - \frac{a_b}{2}\right)$$

لنگر اسمی مقطع در حالت بالانس

@Sazavash

مثال ۲-۱ (آسان)



رفتارخمشی تیر شکل‌زیر چگونه است؟ $f_y = 400MPa$ $f'_c = 35MPa \rightarrow \alpha_1 = 0.85$ $\beta_1 = 0.8$

$$A_{sb} = \alpha_1 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{600}{600+f_y} bd = 0.85 \times 0.8 \times \frac{35}{400} \frac{600}{600+400} \times 300 \times 300$$

$$A_{sb} = 2438.4 mm^2$$

$$A_s = 3\phi 32 = 3 \times \pi (16)^2 = 2412.7 mm^2$$

A_s موجود

کم فولاد / با شرط A_{sb} / پر فولاد

$A_s < A_{sb}$ موجود

مقطع کم فولاد می‌باشد.

f'_c

مقدار f'_c	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰
α_1	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۳۴	۰/۸۱۹	۰/۸۰۳
β_1	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۳۵	۰/۸	۰/۷۶۴	۰/۷۲۹	۰/۶۹۳	۰/۶۵۷	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵
$\alpha_1\beta_1$	۰/۷۲۲۵	۰/۷۲۲۵	۰/۷۰۹۸	۰/۶۸	۰/۶۴۹۴	۰/۶۱۹۷	۰/۵۸۹۱	۰/۵۵۸۵	۰/۵۴۲۱	۰/۵۳۲۴	۰/۵۲۲

مثال ۲-۲ (متوسط) تیرشکل زیر مقطع یک‌عضو خمشی را نشان می‌دهد، درصورتی که عرض تیر برابر بـا ۴۰۰ mm باشد و مصالح مصرفی c30 و s400 باشد :

@Sazavash

@Sazavash

@Sazavash