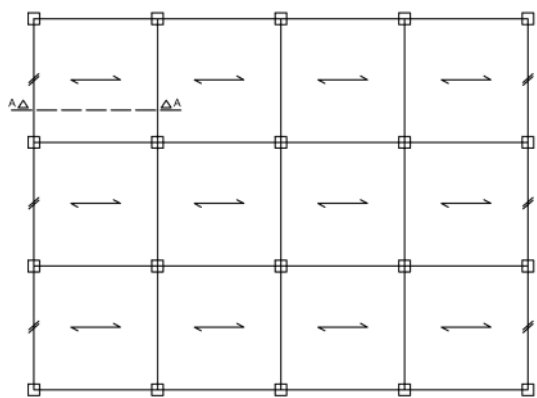


مثال هایی از اعضای تحت پیچش در سازه

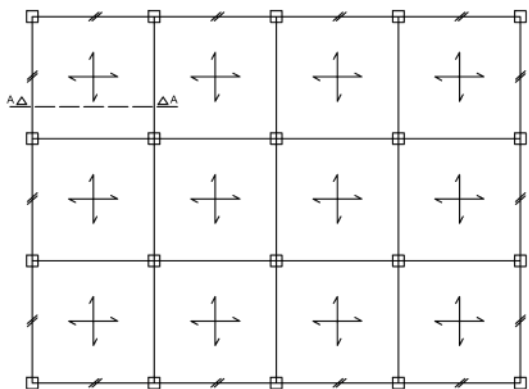
۱. تیر لبه در پلان ۱ و ۲ با دال یک طرفه و دوطرفه
۲. تیر اصلی که تیر طره یا دال طره به آن وصل شده است. (Plan3: sec A-A & B-B)
۳. تیر اصلی که یک تیر عرضی به آن وصل شده است. (Plan3: sec C-C)



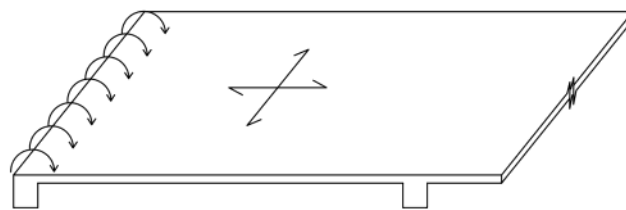
PLAN 1



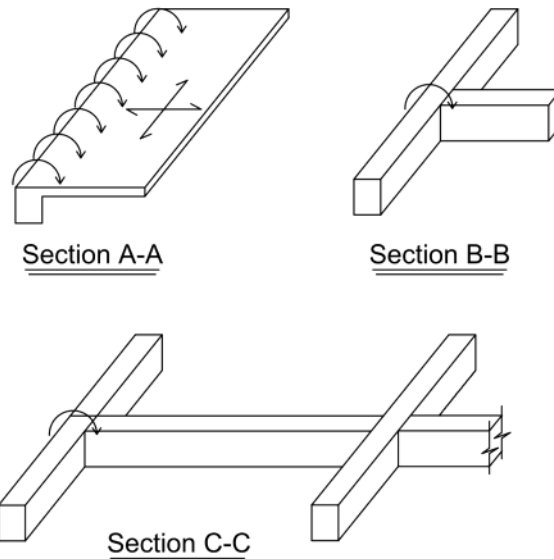
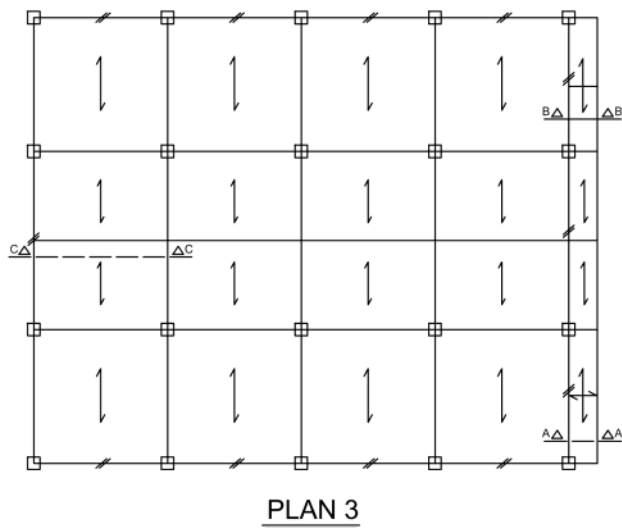
Section A-A



PLAN 2



Section A-A



انواع پیچش در اعضای بتنی

۱. پیچش تعادلی
۲. پیچش سازگاری

پیچش تعادلی

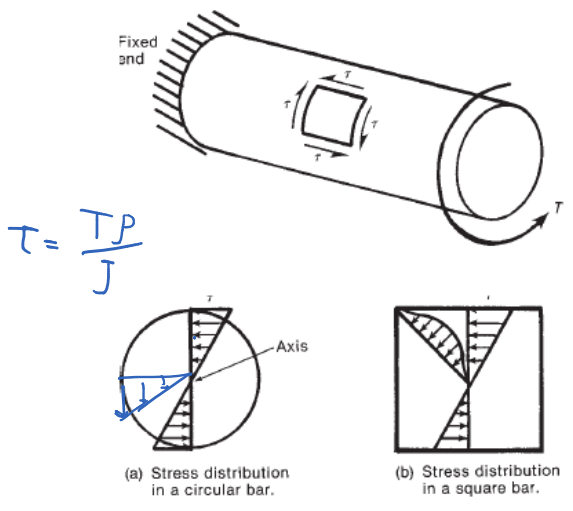
در یک سازه معین استاتیکی، نیروهای داخلی صرفاً برای ارضای معادلات تعادل ایجاد می‌شوند و از سختی اعضا مستقل هستند. مثال: Plan3: sec A-A & B-B

پیچش سازگاری

در یک سازه نامعین استاتیکی، توزیع نیروها بر اساس سختی اجزای سازه ای انجام می‌شود. به عبارت دیگر پیچش سازگاری عضو برای حفظ سازگاری تغییرشکل‌ها ایجاد می‌شود. مثال: Plan 1 & 2 و Plan3: sec C-C

مثال تابلو با یک پایه و دو پایه

- اکثر مواردی که لنگر پیچشی در یک عضو بتن آرمه اتفاق می‌افتد، از نوع پیچش سازگاری می‌باشد.
- در پیچش سازگاری، در اثر ترک خوردگی عضو تحت پیچش (تیر اصلی)، سختی این عضو کاهش می‌یابد و منجر به بازتوزیع لنگر در تیر فرعی می‌شود. در نتیجه لنگر انتهای تیر فرعی که به صورت پیچش بر روی تیر اصلی ظاهر می‌شود، کاهش می‌یابد.
- از مقدمات فوق معلوم می‌شود که در سازه‌های متداول بتنی، معمولاً پیچش یک مشکل جدی محسوب نمی‌شود. چرا که از طرفی پیچش تعادلی به ندرت اتفاق می‌افتد و از طرف دیگر پیچش سازگاری نیز کمتر از پیچش ترک خوردگی است.



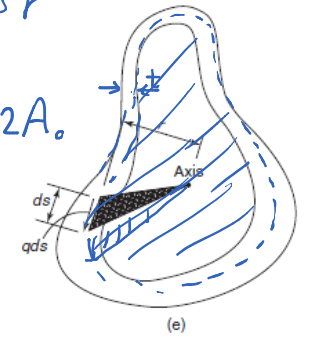
$$\tau = \frac{TP}{J}$$

$$T = \int dT = \int q ds r$$

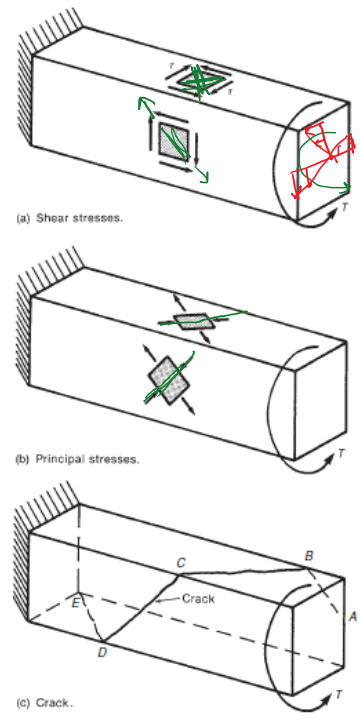
$$T = q \int r ds = q 2A_0$$

$$q = \frac{T}{2A_0}$$

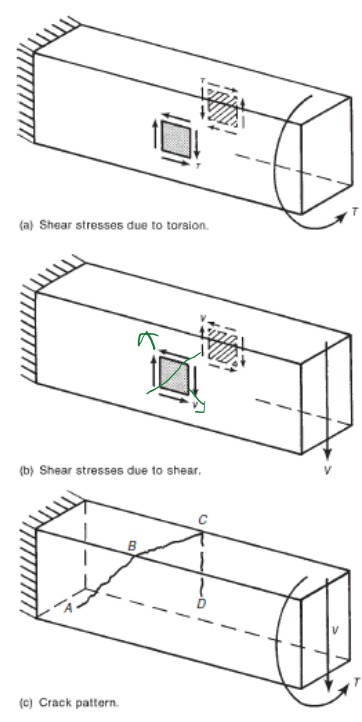
$$\tau = \frac{T}{2A_0 t}$$



پیچش خالص



پیچش و خمش

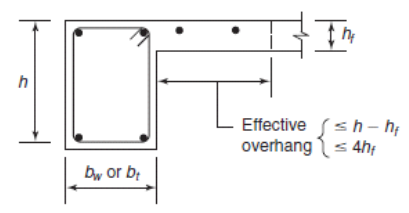
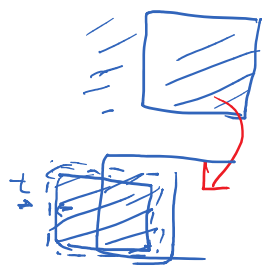


پیچش ترک خوردگی

آیین نامه از تئوری خرابی فضایی استفاده کرده و مقطع بتنی را با یک مقطع توخالی جدار نازک تقریب می زند که $t = 0.75 \frac{A_{cp}}{P_c}$ و $A_0 = \frac{2}{3} A_{cp}$ است.

$$\tau_{cr} = \frac{T_{cr}}{2A_0 t} = \frac{T_{cr}}{2 \left(\frac{2}{3} A_c \right) \left(\frac{3}{4} \frac{A_c}{P_c} \right)}$$

$$T_{cr} = T_{cr} \frac{A_c^2}{P_c}$$



ترک خوردگی پیچشی وقتی رخ می دهد که تنش کششی اصلی به مقاومت کششی بتن تحت رفتار دو محوره برسد. این تنش مقداری کمتر از مقاومت کششی تک محوره بتن داشته و در آیین نامه $\frac{1}{3}\sqrt{f'_c}$ فرض می شود.

$$T_{cr} = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \frac{A_c^2}{\rho_c}$$

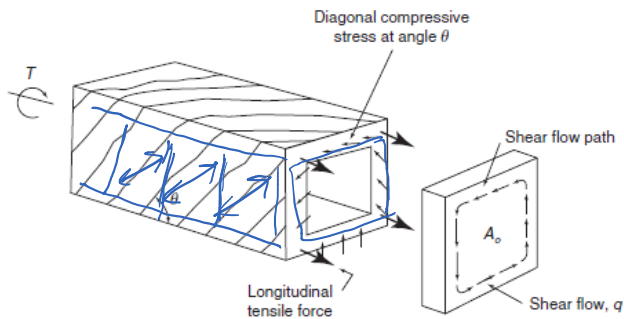
صرف نظرا از بچین $T_u \leq 0.25 \phi T_{cr} \rightarrow$

شرط صرف نظر از پیچش در محاسبات

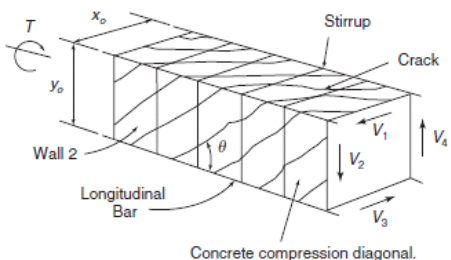
$$\left(\frac{T}{T_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_{cr}}\right)^2 = 1 \quad \left(\frac{V}{V_{cr}}\right) = \sqrt{1 - \left(\frac{0.25T_{cr}}{T}\right)^2} \quad V = 0.97V_{cr}$$

شبيه سازی خرابی

- در این روش مقطع را به صورت مقطع توخالی جدار نازک فرض کرده و تیر را مشابه یک خرابی فضایی در نظر می گیرند.
- این خرابی تشکیل شده است از:
 ۱. آرماتورهای طولی در گوشه
 ۲. آرماتورهای عرضی به صورت تنگ بسته
 ۳. اعضای فشاری قطری از بتن بین ترک های مورب
- عرض و ارتفاع خرابی تقریباً فاصله بین مرکز آرماتورهای طولی در نظر گرفته می شود.



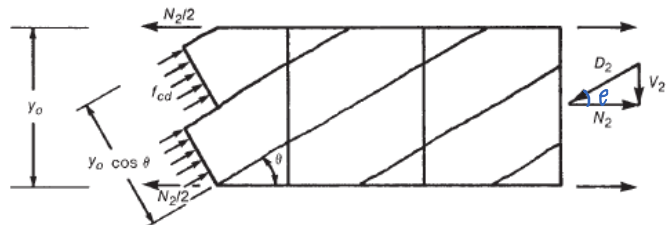
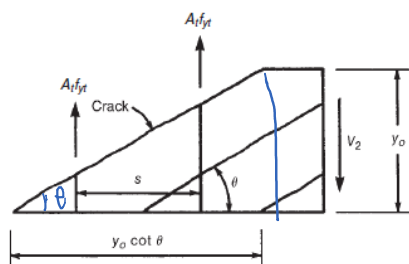
(a) Thin-walled tube analogy.



(b) Space truss analogy.

محاسبه آرماتورهای عرضی و طولی پیچشی

در این تئوری از سهم بتن در تحمل پیچش صرف نظر می شود و کل پیچش توسط آرماتورهای عرضی (خاموت بسته یا تنگ بسته) و آرماتورهای طولی تحمل می شود.



$$V_2 = \frac{T_n}{2A} \cdot y = f_y A + \frac{y \cdot C \cdot t \cdot \theta}{s}$$

$f_y A$

$$T_n = 2A_o f_y \frac{A_t}{s} C \cdot t \cdot \theta$$

$$A = 0.85 A_{ch}$$

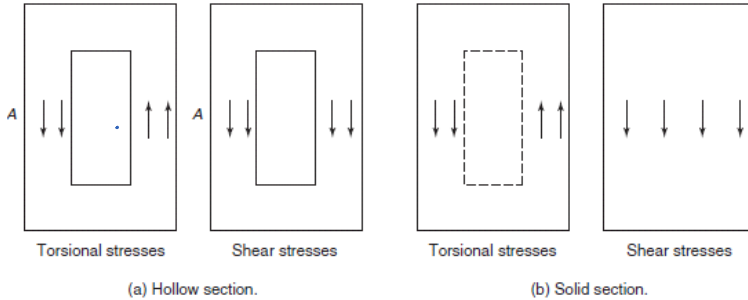
ρ

$$2 \frac{V_2}{2A_0} y + \frac{V_2}{S} \rightarrow \left[\tau_n = \frac{V_2 y}{S} \right]$$

$$N_2 = V_2 \cot \theta = \frac{T_n}{2A_0} y \cot \theta \rightarrow N = 2(N_1 + N_2) = \frac{T_n}{2A_0} 2(y + \lambda) \cot \theta$$

$$A_l = \frac{T_n P_h}{2A_0 f_{yt}} \cot \theta \rightarrow A_l = \frac{(2A_0 f_{yt} \frac{A_t}{S} \cot \theta) P_h}{2A_0 f_{yt}} \cot \theta \Rightarrow A_l = \frac{A_t P_h}{S} \left(\frac{f_{yt}}{f_{yt}} \right) \cot^2 \theta$$

حداکثر برش و پیچش در مقطع



$$V_u \leq \phi (V_c b_w d + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d)$$

$$V_s \leq 4V_c$$

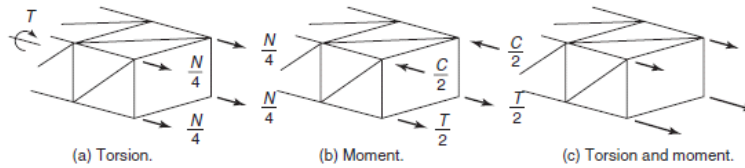
$$\frac{V_u}{b_w d} \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \right) \frac{5}{8} \sqrt{f'_c}$$

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u}{2A_t} = \frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_0 h^2} \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \right) \frac{5}{8} \sqrt{f'_c}$$

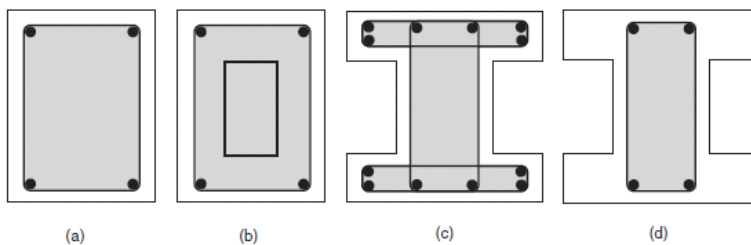
$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_0 h^2} \leq \phi \left(\frac{5}{8} \sqrt{f'_c} \right)$$

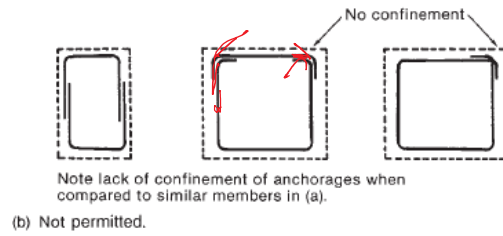
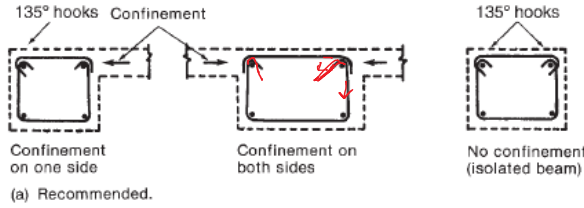
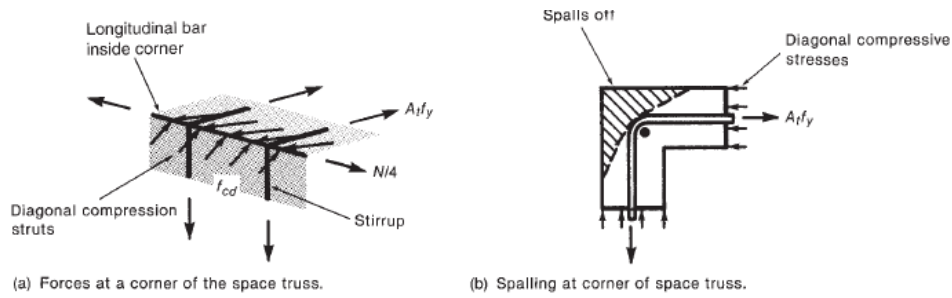
$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_0 h^2} \right)^2} \leq \phi \frac{5}{8} \sqrt{f'_c}$$

ترکیب برش و پیچش



جزئیات آرماتورگذاری برای پیچش





مهيار آرماتورهاي طولی و عرضی

پيچشی

$$\left(\frac{A_v}{S} + \frac{2A_t}{S}\right)_{\min}$$

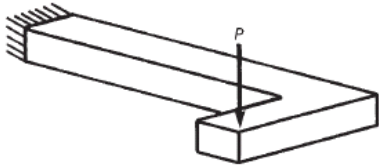
$$\left(\frac{A_v}{S}\right)_{\min} = \max\left(\frac{0.35 b_w}{f_y}, \frac{0.062 \sqrt{f'_c} b_w}{f_y}\right)$$

$$f_{yL} \frac{A_L S}{A_{cp} S} + \frac{f_{yt} P_h}{A_{cp} S} \geq \frac{5}{12} \frac{\sqrt{f'_c}}{f_{yL}}$$

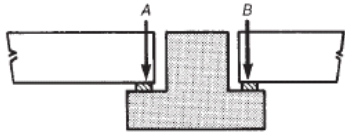
$$A_{L, \min} = \frac{5}{12} \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} A_{cp} - \frac{A_t P_h}{S} \frac{f_{yt}}{f_{yL}}$$

ضابطه حداقل آرماتور طولی و عرضی

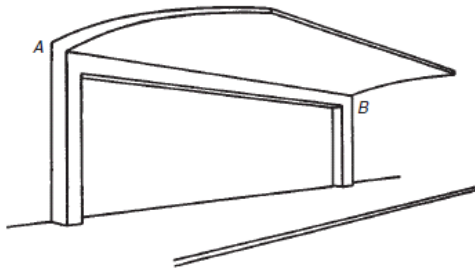
مثال های کتاب مک گریگور در مورد پیچش تعادلی و سازگاری



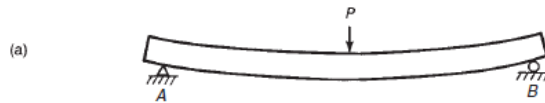
(a) Cantilever beam with eccentrically applied load.



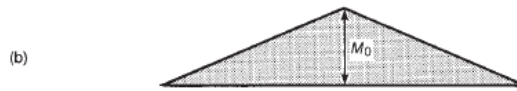
(b) Section through a beam supporting precast floor slabs.



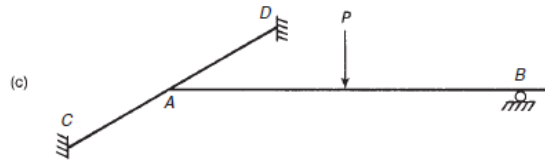
(c) Canopy.



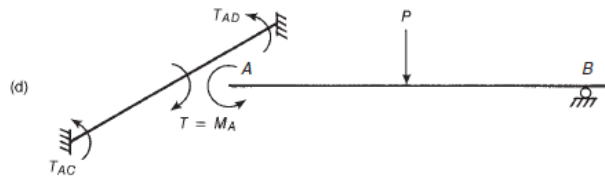
(a)



(b)



(c)



(d)