www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

سمینار کارشناسی ارشد

تهیه کننده:

محمّد احمدی

استاد راهنما:

دکتر بهرویان

زمستان ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحیم

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

فصل دوم ، شناخت وعملکرد دیوار های برشی باز شودار (کوپله)

فصل سوم ، بررسی لرزه ای و عوامل موثر در مقاومت دیوار برشی کوپله

فصل چهارم ، مرور اجمالی بر روش های طراحی دیوار برشی کوپله

فصل پنجم ، انواع شکست ها در دیوار های برشی

فصل ششم ، خلاصه ونتیجه گیری

فصل هفتم ، مدل سازی نرم افزار

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- دیوار برشی دیواری است که برای مقاومت در برابر اثر توأم تلاش محوری ، تلاش خمشی و تـلاش برشـی ناشی از بارهای قائم و بار زلزله طراحی می شود.

دیوارهای برشی معمولا" بیشترین سهم نیروی برش پایه را تحمل می کننـد کـه باعـث افـزایش چشـمگیر سختی ساختمان و کاهش قابل ملاحظه خسارت به عناصرغیرسازه ای می گردد

دیوارهای سازه ای با نسبت بعدی بالا ، دیوارهای خمشی نامیده می شوند زیـرا رفتـار غالـب آنهـا در مـد خمشی می باشد . دیوارهایی با نسبت بعدی پائین ، دیوارهای چاق یا کوتاه نامیده می شـوند . امکـان دارد دیوارهای کوتاه دچار شکست زودهنگام برشی شوند و این خود باعث کاهش شکل پذیری می شود ، بـه همین دلیل شکست های برشی غالبا" نامطلوب در نظر گرفته می شوند. اگر عمل دیوار در مد برشی باشد ، یک مقطع ساده می تواند عملگر باشد .

- یکی از مطمئن ترین روش های مقابله با نیروهای جانبی استفاده از دیوار برشی بتن مسلح است. دیوار برشی را با توجه به ملاحظات معماری در قسمت های مختلف پلان یک ساختمان می توان قرار داد. ولی باید دقت شود که قرارگیری آن در پلان تا حد امکان متقارن و مرکز ثقل هر طبقه در حوالی مرکز صلبیت دیوارهای برشی باشد. به طور کلی دیوارهای برشی تحت اثرات زیر می باشند:

- نیروی برشی متغیر که بیشترین مقدار آن در پایه است
- لنگر خمشی متغیر که مقدار آن در پای دیوار حداکثر می باشد و ایجاد کشش در یک لبه و فشار در لبه مقابل می نماید. با توجه به امکان عوض شدن جهت نیروهای جانبی در ساختمان، کشش باید در هر دو لبه دیوار در نظر گرفته شود.
- نیروی محوری ناشی از وزن طبقات که روی دیوار برشی تکیه دارد.

بنابراین دیوارهای برشی در برابر نیروهای فوق کنترل و مسلح می شوند.

چند نكته :

نكته۱ - سختي در طبقه و مقاومت زياد، ساختمان های با اين سيستم را مناسب مهاربندي (در برابر بارهاي جانبي) تا ۳۵ طبقه مي نمايد.

نكته۲ - به دلايل مو قعيت بهتر مركز سختي، در نواحي محيطي پلان جانمايي مي شوند و البته ملاحظات معماري نيز مدنظر قرار مي گيرد.

نكته۳ - معمولاً ديوارها در پلان به طريقي جايابي مي شود كه بارهاي مرده اعمالي و ماكزيمم تنشهاي كششي خمشي ناشي از بارهاي جانبي را خنثي كند؛ در چنين حالتي :

- حداقل فولادگذاري لازم است.
- اين ساختار بيشتر در خمش تغيير شكل مي يابد.
- مي توانند مسطح باشند ولي غالبا براي سازگاري بهتر با پلان سازه و ايجاد سختي خمشي بيشتر با مقاطع L ، T ، I و U شكل بهتر است بكار گرفته شوند.

نكته۴ - يك ساختمان بلند ديوار برشي، معمولاً شامل مجموعه اي از ديوارهاي برشي با طولها و ضخامت هاي متفاوت است :

- متناسب : نسبت هاي صلبيت خمشي ديوارها در ارتفاع ثابت باشد. كه شامل دو دسته چرخشي و غيرچرخشي مي شوند.

- نا متناسب : نسبت های صلبیت خمشی دیوارها در ارتفاع ثابت نباشد. که شامل دو دسته چرخشی و غیرچرخشی می شوند.

نکته۵ - یکی از جاهای مناسب برای قرار گرفتن دیوار برشی محل تکیه گاه های جانبی یا محیطی راه پله ها و اتاق آسانسور می باشد.

نکته۶ - در ساختمان هایی که سیستم باربر جانبی، عملکرد توأم دیوار برشی و قاب خمشی می باشد، در تحلیل تقریبی بارهای جانبی می توان فرض کرد که برش به طور کامل توسط دیوارهای برشی تحمل می شود. (سختی دیوار برشی بسیار بیشتر از سختی جانبی قاب است. البته طبق یکی از بندهای آیین نامه ای باید قاب خمشی تاب تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروی جانبی را داشته باشد.

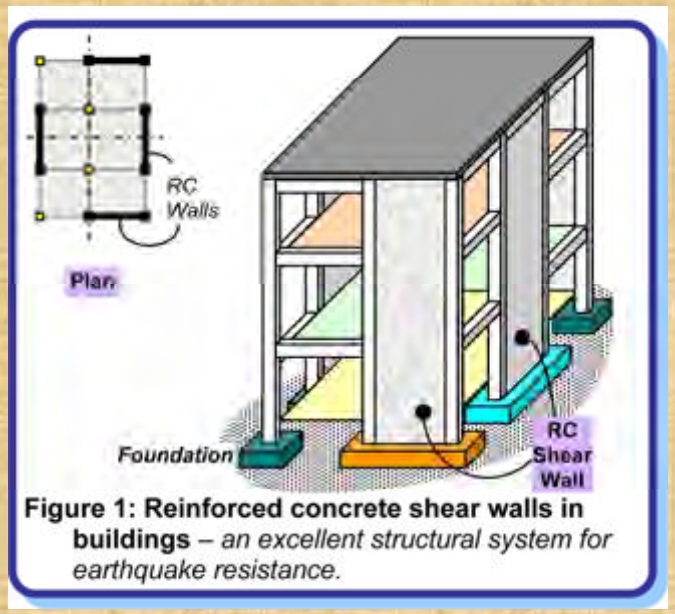


Figure 1: Reinforced concrete shear walls in buildings – *an excellent structural system for earthquake resistance.*

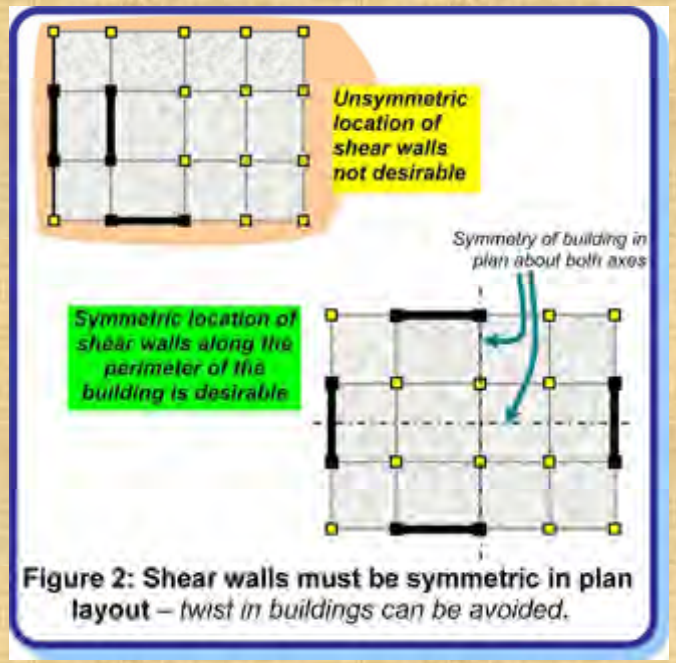


Figure 2: Shear walls must be symmetric in plan layout – *twist in buildings can be avoided.*

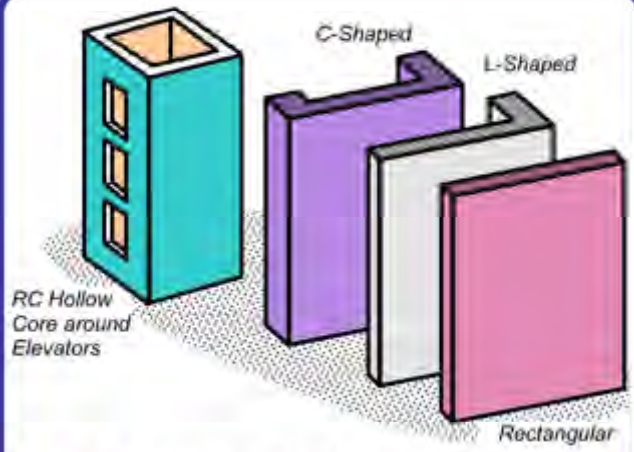


Figure 3: Shear walls in RC Buildings – *different geometries are possible.*

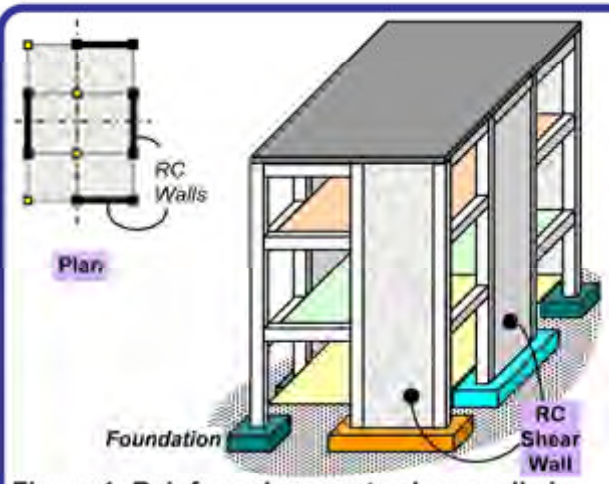


Figure 1: Reinforced concrete shear walls in buildings – *an excellent structural system for earthquake resistance.*

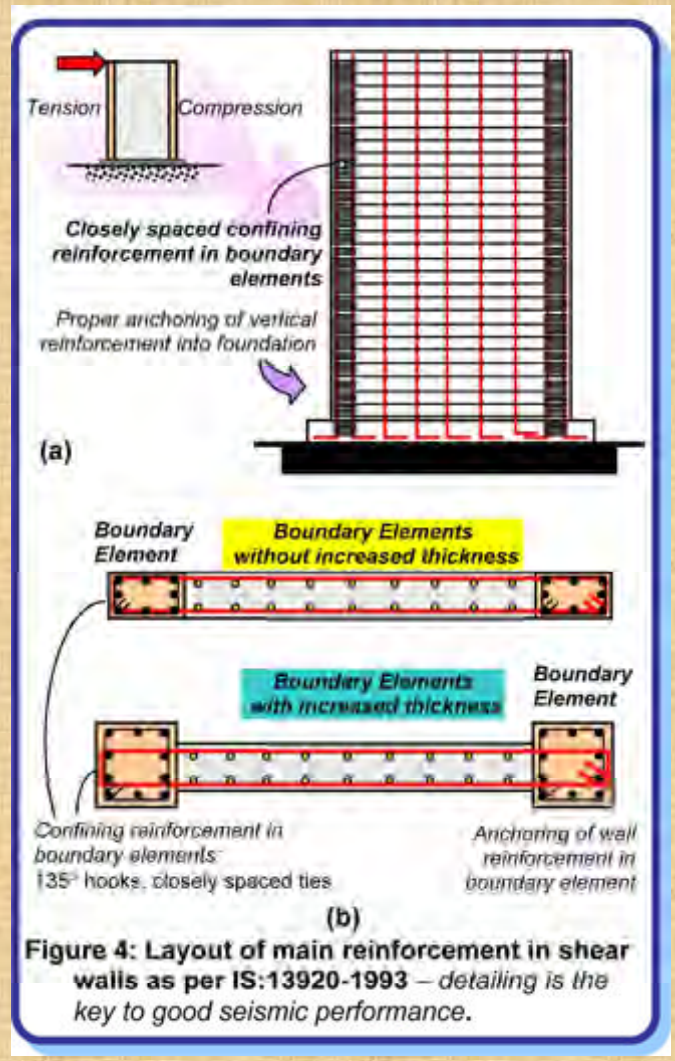
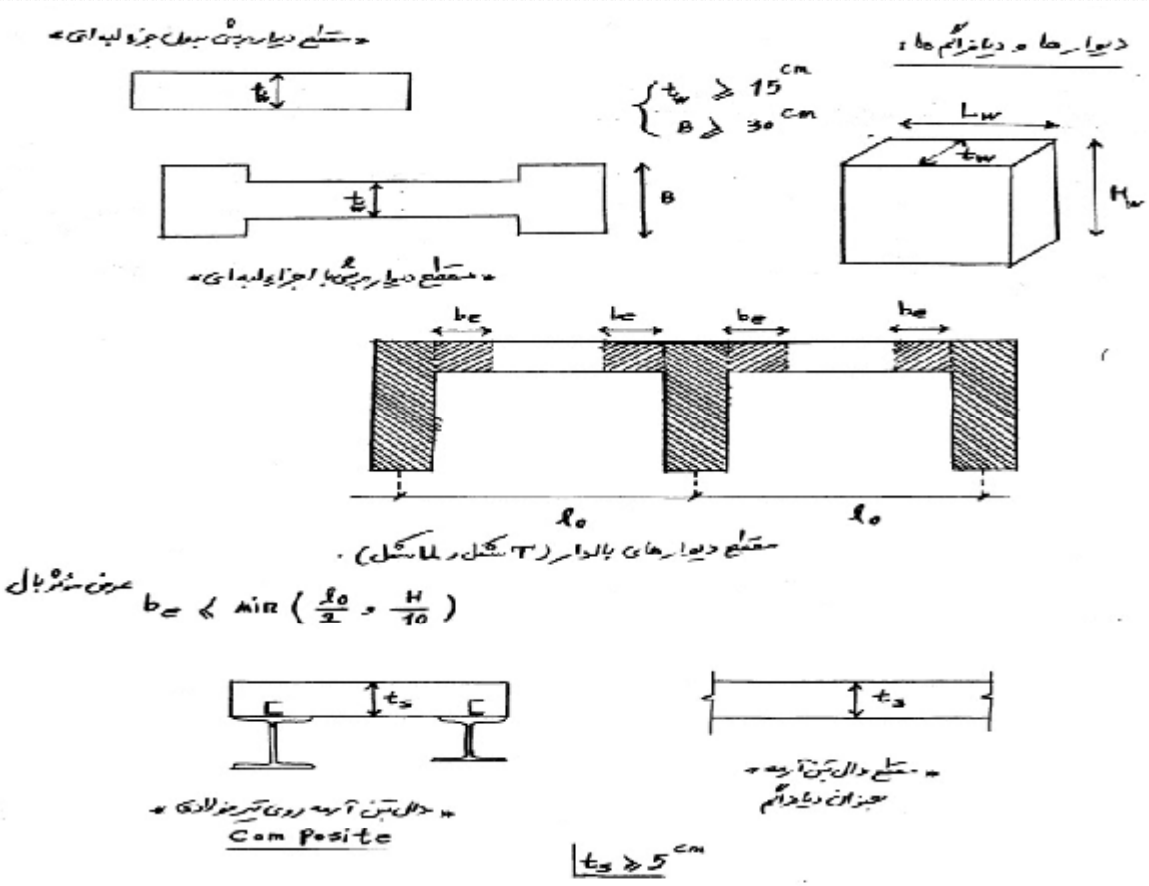


Figure 4: Layout of main reinforcement in shear walls as per IS:13920-1993 – *detailing is the key to good seismic performance.*

•دیوارهای برشی



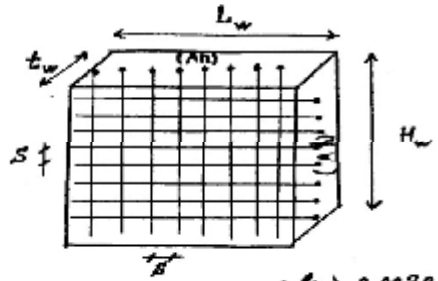
$$\rho_n = \frac{A_n}{t_w \cdot L_w} \leq 0.04$$

درصد آرماتور عرضی قائم ρ_n :

$$\rho_n = \frac{A_n}{t_w \cdot L_w} \geq 0.0025$$

درصد آرماتور عرضی افقی ρ_h :

$$\rho_h = \frac{A_h}{t_w \cdot H_w} \geq 0.0025$$



نکته : اگر $V_u < 0.06\, t_w L_w \sqrt{f'_c}$ ⟹

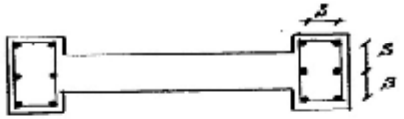
- اگر: $\phi_n \leq 16\,mm$ و $f_y \geq 400\,N/mm^2$ ⟹ $\rho_h \geq 0.0020$ ، $\rho_n \geq 0.0012$
- اگر: $\phi_n > 16\,mm$ یا $f_y < 400\,N/mm^2$ ⟹ $\rho_n \geq 0.0015$ ، $\rho_h \geq 0.0025$

V_u : نیروی برشی نهایی

ϕ : ضریب آرماتور افقی یا قائم

نکته : $S \leq 35\,cm$ (فاصله مرکز تا مرکز آرماتورهای افقی و قائم) ⟸ در دیوار با مقطع یکپارچه

در دیوار برشی با اجزاء لبه‌ای : $S \leq 20\,cm$ (متصل در جهت اجزاء لبه)



نکته : اگر $V_u > 0.12\, t_w L_w \sqrt{f'_c}$ ⟹ استفاده اجباری از حلقه‌های میلگرد در مقطع دیوار برشی

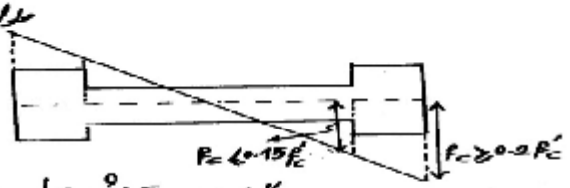
نکته: طول مهاری و طول وصله در دیافراگم‌های سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد مانند طول مهاری در انتهالات تیر به ستون که در قسمت بعدی همین جزوه آمده شده است، محاسبه می‌گردد.

نکته: اگر $f_c = \frac{N_u}{t_w \times l_w} + \frac{M_u}{t_w \times \frac{l_w^2}{6}} > 0.2 f'_c$ ← { استفاده از اجزاء لبه‌ای / یا / خاموت‌گذاری ویژه در تکمیل دیوار }

f_c: تنش فشاری در دورترین تار فشاری مقطع
f'_c: مقاومت مشخصه بتن ($\frac{kg}{cm^2}$)

نکته: استفاده از جزء لبه در ناحیه زیر الزامی است.

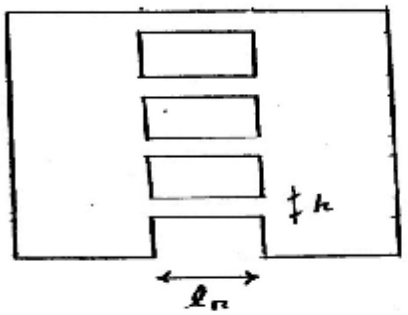
$0.15 f'_c > f_c > 0.2 f'_c$ ← طول جزء لبه بدست می‌آید



دیاگرام توزیع تنش در مقطع دیوار

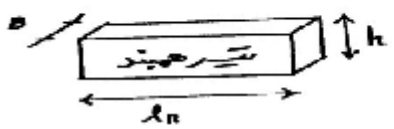
نکته: خاموت‌گذاری اجزاء لبه‌ای نیز مانند خاموت‌گذاری ستون‌های با شکل‌پذیری زیاد که در قسمت‌های قبل گفته شده است، می‌باشد، فقط با این تفاوت که جزء لبه دوسر تا سر طول خود (ارتفاع دیوار) باید خاموت‌گذاری مطابق فواصل ۵ طول ۵ از بالا و پایین ستون را داشته باشد.

دیوارهای هسته و تیرهای همبند:



اگر: $\begin{cases} V_u < 0.24\, t_w L_w \sqrt{f'_c} \\ \frac{l_n}{h} > 3 \end{cases}$ ← استفاده از آرماتورهای قطری الزامی نیست.

اگر: $\begin{cases} V_u > 0.24\, t_w L_w \sqrt{f'_c} \\ \frac{l_n}{h} < 3 \end{cases}$ ← استفاده از آرماتورهای قطری مطابق زیر اجباری است.



$B \geq 20^{cm}$

$$A_{vd} = \frac{V_u}{2 \sin\alpha\, f_y}$$

A_{vd}: سطح مقطع آرماتور قطری در هریک از شاخه‌های مربوطه

V_u: نیروی برشی طراحی

α: زاویه بین آرماتور قطری با محور طولی تیر

نکته: در صورت استفاده اجباری از آرماتور قطری (مطابق با بالا صفحه) تمام برش وارد بر مقطع تیر همبند را این آرماتورهای قطری بایستی به تنهایی تحمل نمایند.

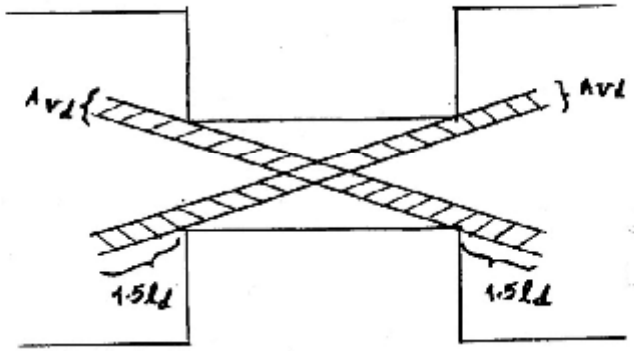
نکته: این آرماتورهای قطری بایستی با صورت خمشی و متقارن در راستای طول تیر همبند ادامه یافته و انتهای آنها به طول معادل ۱.۵ برابر طول مهاری خود در داخل دیوارهای ۲ طرف تیر همبند ختم شوند.

نکته: این آرماتورهای متقاطع حتماً باید توسط خاموتهای یا مارپیچ هایی با شرایط زیر بسته شوند:

قطر خاموت یا مارپیچ $\geq 8^{mm}$

$\left.\begin{array}{l}\Phi_t: \text{قطر آرماتور متقاطع (بدست آمده از } A_{vd}) \\ \Phi: \text{قطر خاموت یا مارپیچ}\end{array}\right\}$

فاصله خاموتها یا گام مارپیچ‌ها $S \leq \min \begin{cases} 8\Phi_t \\ 24\Phi \\ 12.5\ cm \end{cases}$



مثالی از طراحی دیوار برشی بین محورهای A-1-2 :
طبقه ۱ و ۲ :

طراحی آرماتورهای افقی :

$f_y = 3000\,kg/cm^2$, $f'_c = 210\,kg/cm^2$, $l_w = 540\,cm$, $t = 25\,cm$

$d = 0.8\,l_w = 0.8 \times 540 = 432 \quad cm$

$V_u = 109860 \quad kg$, $M_u = 60545600 \quad kg - cm$, $N_u = 604271 \quad kg$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{109860}{0.85} = 129247\ kg = 129.2\ ton$$

حداکثر ظرفیت برشی مجاز از آیین نامه برابر است با :

$$V_{n(\max)} = 2.65\sqrt{f'_c}td = 2.65\sqrt{210} \times 25 \times 432 = 414743\ kg \quad \Rightarrow \quad V_n \langle V_{n(\max)} \Rightarrow O.K$$

بنابراین ضخامت انتخاب شده برای دیوار مناسب است.

محاسبه ظرفیت برشی دیوار :

$$V_c = \min\left\{0.87\sqrt{f_c'}td + \frac{N_u d}{4l_w}\ ,\ \left[0.16\sqrt{f_c'} + \frac{l_w\left(0.33\sqrt{f_c'} + \frac{0.2N_u}{l_w t}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]td\right\} = \min\{148246.4\ ,\ 142823.2\} = 142823.2\ kg = 142.8\ ton$$

باید از حداقل آرماتور استفاده کنیم.

$$V_s = V_n - V_c = 129247 - 142823 = -13576 < 0$$

$$S_{h(\max)} = \min(l_w/5\ ,\ 3t\ ,\ 45) = \min(108\ ,\ 75\ ,\ 45) = 45\ cm \quad \Rightarrow \quad S_{h(use)} = 25\ cm$$

$$\rho = \rho_{\min} = 0.0025 \quad \Rightarrow \quad A_{h(req)} = \rho St = 0.0025 \times 25 \times 25 = 1.5625\ cm^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{USE\ 2\Phi 10@25\ cm} \quad \Rightarrow \quad A_{h(use)} = 1.57\ cm^2$$

که این آرماتورها در دو سفره توزیع می شوند.

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2mR_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{16.81}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16.81\times 18.54}{3000}}\right) = 0.00654$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} \geq \frac{14.1}{f_y} \quad , \quad \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} = 0.00386 \quad , \quad \frac{14.1}{f_y} = 0.0047 \quad \Rightarrow \quad \rho_{\min} = 0.0047$$

$$\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f_c'}{f_y}\frac{6000}{6000+f_y} = 0.85\times 0.85\times \frac{210}{3000}\times \frac{6000}{6000+3000} = 0.0337 \quad , \quad \rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.75\times 0.0337 = 0.0253$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \quad O.K$$

$$A_{s(\min)} = 0.01A_g = 0.01\times 25\times 540 = 135\ cm^2$$

برای هر المان مرزی $A_{s(\min)} = 135/2 = 67.5\ cm^2$

$$A_{s(req)} = \rho td = 0.00654\times 25\times 432 = 70.62\ cm^2 > A_{s(\min)} \quad \Rightarrow \quad \underline{USE\ 16\Phi 25} \quad \Rightarrow \quad A_{s(use)} = 78.5\ cm^2$$

طبقات ۳ و ۴ و ۵:

طراحی آرماتورهای افقی :

$$f_y = 3000\ kg/cm^2 \ , \ f_c' = 210\ kg/cm^2 \ , \ l_w = 535cm \ , \ t = 20\ cm$$

$$d = 0.8l_w = 0.8\times 535 = 428\ cm$$

$$V_u = 81355\ kg \ , \ M_u = 26509500\ kg-cm \ , \ N_u = 43472\ kg$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{81355}{0.85} = 95711.76\ kg = 95.7\ ton$$

حداکثر ظرفیت برشی مجاز از آیین نامه برابر است با

$$V_{n(\max)} = 2.65\sqrt{f_c'}td = 2.65\sqrt{210}\times 20\times 428 = 328722.4\ kg \quad \Rightarrow \quad V_n < V_{n(\max)} \Rightarrow O.K$$

بنابراین ضخامت انتخاب شده برای دیوار مناسب است.

محاسبه ظرفیت برشی دیوار :

$$V_c = \min\left\{0.87\sqrt{f_c'}td + \frac{N_u d}{4l_w}\ ,\ \left[0.16\sqrt{f_c'} + \frac{l_w\left(0.33\sqrt{f_c'} + \frac{0.2N_u}{l_w t}\right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}}\right]td\right\} = \min\{116668.6\ ,\ 459347.2\} = 116668.6\ kg = 116.7\ ton$$

$$V_s = V_n - V_c = 129247 - 142823 = -13576 \langle 0$$

باید از حداقل آرماتور استفاده کنیم.

$$S_{h(\max)} = \min(l_w/5\ ,\ 3t\ ,\ 45) = \min(107\ ,\ 60,\ 45) = 45\ cm \quad \Rightarrow \quad S_{h(use)} = 30\ cm$$

$$\rho = \rho_{\min} = 0.0025 \quad \Rightarrow \quad A_{h(req)} = \rho St = 0.0025 \times 30 \times 20 = 1.5\ cm^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{USE\ 2\Phi 10@30\ cm} \quad \Rightarrow \quad A_{h(use)} = 1.57\ cm^2$$

که این آرماتورها در دو سفره توزیع می شوند.

طراحی آرماتورهای قائم :

$$S_{n(\max)} = \min(l_w/3\ ,\ 3t\ ,\ 45) = \min(178.3\ ,\ 60\ ,\ 45) = 45\ cm \quad \Rightarrow \quad S_{n(use)} = 30\,cm$$

$$\rho_n = 0.0025 + 0.5\left(2.5 - \frac{h_w}{l_w}\right)(\rho_h - 0.0025) = 0.0025 + 0.5\left(2.5 - \frac{330}{535}\right)(.00025 - 0.0025) = 0.0025$$

$$A_{n(req)} = \rho S t = 0.0025 \times 20 \times 30 = 1.5\ cm^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{USE\ 2\Phi 10@30\ cm} \quad \Rightarrow \quad A_{n(use)} = 1.57\ cm^2$$

که این آرماتورها در دو سفره توزیع می شوند.

طراحی آرماتورهای خمشی :

$$M_u = 26509500\ kg-cm\ ,\ N_u = 43742\ kg\ ,\ A_g = tl_w = 20 \times 535 = 10700\ cm^2$$

$$P_{u(\max)} = 0.1 f_c' A_g = 0.1 \times 210 \times 10700 = 224700\ kg \quad \Rightarrow \quad N_u = 43742 \langle 224700 = P_{u(\max)} \quad O.K$$

بنابراین دیوار به صورت تیر عمل می کند.

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{3000}{0.85 \times 210} = 16.81\ ,\quad R_n = \frac{M_u}{\phi t d^2} = \frac{26509500}{0.7 \times 20 \times 428^2} = 10.34$$

$$\rho = \frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2mR_n}{f_y}}\right) = \frac{1}{16.81}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16.81\times 10.35}{3000}}\right) = 0.00355$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} \geq \frac{14.1}{f_y} \quad , \quad \frac{0.8\sqrt{f_c'}}{f_y} = 0.00386 \quad , \quad \frac{14.1}{f_y} = 0.0047 \quad \Rightarrow \quad \rho_{\min} = 0.0047$$

$$\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f_c'}{f_y}\frac{6000}{6000+f_y} = 0.85\times 0.85\times \frac{210}{3000}\times \frac{6000}{6000+3000} = 0.0337 \quad , \quad \rho_{\max} = 0.75\rho_b = 0.75\times 0.0337 = 0.0253$$

$$\rho = 0.00355 \langle\ \rho_{\min} = 0.0047 \quad \Rightarrow \quad \rho = \rho_{\min} = 0.0047$$

$$A_{s(\min)} = 0.01A_g = 0.01\times 20\times 535 = 107\ cm^2$$

برای هر المان مرزی $A_{s(\min)} = 107/2 = 53.5\ cm^2$

$$A_{s(req)} = \rho t d = 0.0047\times 20\times 428 = 53.5\ cm^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{USE\ 16\Phi 22} \quad \Rightarrow \quad A_{s(use)} = 60.8\ cm^2$$

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- طراحی دیوارهای بلند خمشی مانند طراحی تیرها صورت می گیرد . آنها می توانند طوری طراحی شوند که رفتاری شکل پذیر داشته باشند . این رفتار توسط جلو انداختن تسلیم شدگی آرماتورهای عمودی صورت می گیرد . اگرچنانچه ظرفیت برشی طراحی دیوار بزرگتر از بار برشی مرتبط با مقاومت خمشی دیوار باشد ، رفتار شکل پذیر و خمشی بدست می آید.

در دیوارهای کوتاه برش و خمش رابطه ی بسیار نزدیک دارند . وجود نیروهای برشی با شدت بالا می تواند به شکست های فشاری یا کششی قطری قبل از رسیدن به واکنش خمشی شکل پذیر منجر شود .

دیوارهای برشی بنا به نیاز سازه ممکن است دارای اجزای لبه ای و یا فاقد آن باشند به طوریکه اگر تنش فشاری بتن در دورترین تار مقطع فشاری دیوار تحت اثر بار نهایی به انضمام اثر زلزله از $0.2 f_c$ بیشتر باشد باید از اجزای لبه ای استفاده کرد ، مگر آنکه در تمام طول دیوار آرماتورگذاری ویژه پیش بینی شود.

$$Б_c > 0.2f_c$$

$$Б_c = (P_u / A) + (M_U.C/I)$$

$$P_U=P_D+1.2\ P_L+1.2\ P_E$$

$$M_U=M_D+1.2\ M_L+1.2\ M_E$$

- **مزایای دیوارهای برشی :**
- ۱: افزایش چشمگیر سختی ساختمان به نحوی که بر اثرات ثانویه نقش موثری دارد . این مزیت خود به خود موجب افزایش درجه ایمنی در مقابل شکست یا ریزش ساختمان می شود .
- ۲: کاهش قابل ملاحظه خسارت به عناصر غیرسازه ای که در اکثر موارد هزینه آنها کمتر از هزینه اعضای سازه ای نیست.
- ۳: اثر قابل توجه در ایجاد آرامش خیال و تأمین امنیت روانی ساکنین ساختمانهای بلند مرتبه در هنگام وقوع زلزله .
- ۴: دیوارهای برشی قادرند حتی پس از پذیرش ترکهای زیاد، بارهای ثقلی که برای آنها هم طراحی شده اند تحمل کنند. این پدیده را بطور کامل نمیتوان از ستونها انتظار داشت.

- **نحوه انتخاب مقدار و محل دیوار برشی :**
- هر دیوار برشی ممکن است در اثر نیروهای محوری دچار جابه جایی یا تغییرشکل انتقالی و چرخشی شود. اینکه یک دیوار برشی تا چه میزان و چگونه تحت تأثیر لنگر واژگونی ، نیروهای برشی یا پیچشی قرار گیرد بستگی دارد به :
- ۱: شکل هندسی
- ۲: جهت آن در برابر نیروی زلزله
- ۳: محل استقرار آن در پلان ساختمان

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

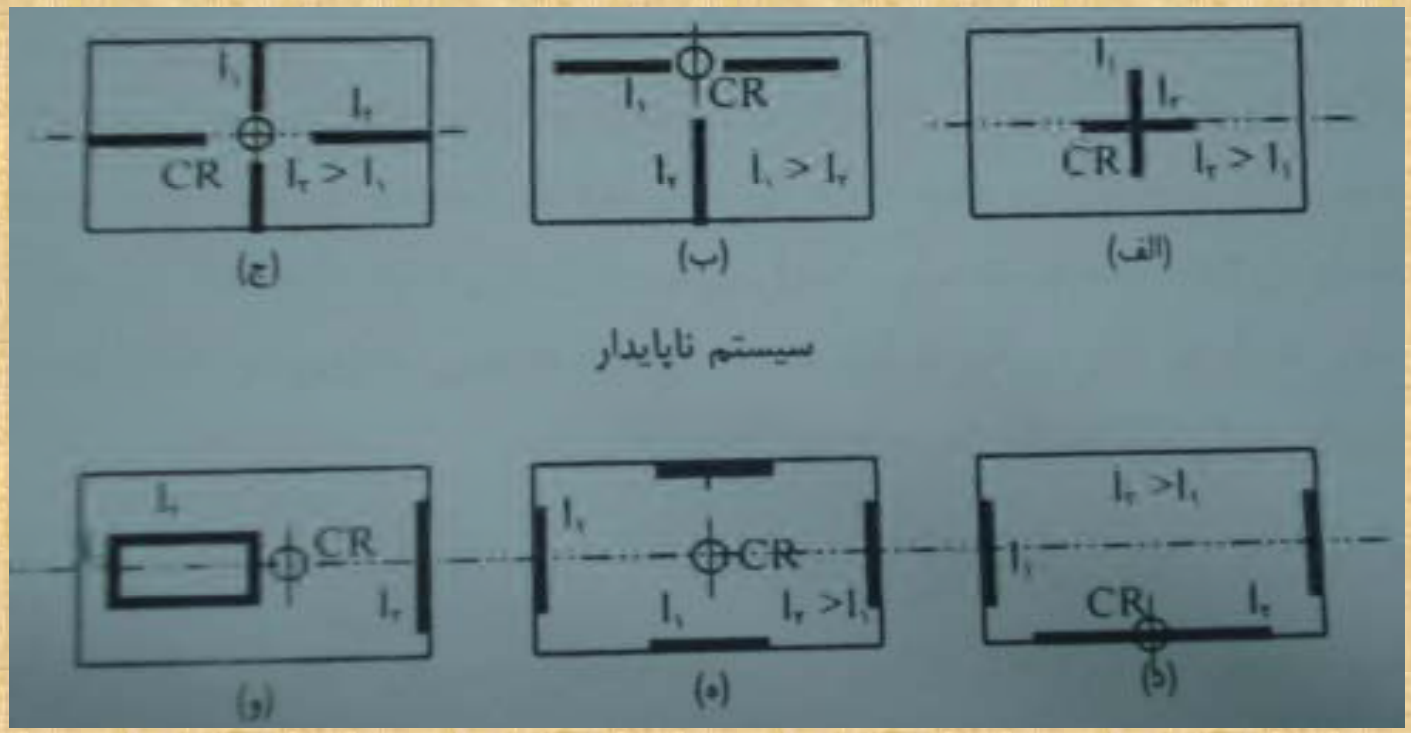
- در میان نکات بسیار مهمی که از لحاظ سازه ای رعایت آنها الزامی است باید به موارد زیر اشاره کرد :
- ۱: برای دیوارهای منفرد ، تأمین تقارن در سختی پایداری پیچشی و ظرفیت مناسب و خوب شالوده اهمیت زیادی دارد .
- ۲: توزیع غیر یکنواخت تغییرشکل های غیرارتجاعی در تمام سطح پلان در نظر گرفته شود.
- ۳: از نظر تمرکز تغییر شکل غیرارتجاعی در نقاط یا محل های خاصی از پلان ساختمان که موجب تمرکز تغییرشکل غیر ارتجاعی برای برخی از دیوارها میشود ، باید دوری کرد . زیرا درغیراینصورت ممکن است برخی از دیوارها در محدوده ارتجاعی باقی بمانند در حالیکه نیاز شکل پذیری برخی دیگر خیلی زیاد می شود.

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- در میان نکات بسیار مهمی که از لحاظ سازه ای رعایت آنها الزامی است باید به موارد زیر اشاره کرد :
- ۱: برای دیوارهای منفرد ، تأمین تقارن در سختی پایداری پیچشی و ظرفیت مناسب و خوب شالوده اهمیت زیادی دارد .
- ۲: توزیع غیر یکنواخت تغییرشکل های غیرارتجاعی در تمام سطح پلان در نظر گرفته شود.
- ۳: از نظر تمرکز تغییر شکل غیرارتجاعی در نقاط یا محل های خاصی از پلان ساختمان که موجب تمرکز تغییرشکل غیر ارتجاعی برای برخی از دیوارها میشود ، باید دوری کرد . زیرا درغیراینصورت ممکن است برخی از دیوارها در محدوده ارتجاعی باقی بمانند در حالیکه نیاز شکل پذیری برخی دیگر خیلی زیاد می شود.

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- **پایداری پیچشی :**
- پایداری پیچشی در دیوارهای برشی نیز بستگی به نحوه استقرار آنها در پلان دارد. سه سیستم (د)، (ه)، (و) بـدلیل آرایش مناسب هندسی دیوارها از مقاومـت نسـبتا" خـوبی در مقابـل پـیچش برخوردارنـد. در سیسـتم (ه) خـروج از مرکزیت قابل توجهی وجود دارد . لکن به دلیل وجود هسته جعبه ای شکل مقاومت پیچشی خوبی را از خـود نشـان می دهد.



فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- به منظور انتخاب بهترین محل برای دیوارها موارد زیر نیز بایستی مورد توجه و رعایت قرار گیرد :
- به منظور تأمین مقاومت پیچشی خوب برای ساختمان ، تا آنجا که ممکن است دیوارهای برشی در محیط پلان تعبیه شوند. نیروهای ثقلی بیشتری را می توان از طریق دیوار به شالوده منتقل ساخت. درچنین وضعیتی نیاز به فولادگذاری خمشی زیاد ، کاهش می یابد و همچنین شالوده قادر خواهد بود لنگر واژگونی ناشی از دیوار را به خوبی تحمل کند.
- چنانچه در مناطق با خطر نسبی زیاد ، در ساختمان های بلند از یک یا دو دیوار برشی استفاده شود ، نیروهای زلزله در این دیوارها متمرکز شده که موجب می شود نیروی بسیار زیادی به شالوده ساختمان منتقل گردد که در اینصورت باید شالوده ای وسیع و ویژه برای مقاومت در برابر زلزله پیش بینی گردد.
- اما آنچه که مهم است این است که مقدار و توزیع دیوار برشی در پلان ساختمان به گونه ای باشد که باعث کاهش و کنترل تغییرمکان جانبی نیروی بالا رانش (up lift) و افزایش شکل پذیری گردیده و همچنین در یک زلزله شدید ، تمام دیوارهای برشی وارد محدوده غیرخطی و غیر ارتجاعی شده که به سبب آن نه تنها اجازه تأمین ظرفیت خمشی خیلی زیاد به سازه داده می شود ، بلکه مقاومت برشی و شکل پذیری آن نیز افزایش می یابد .

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

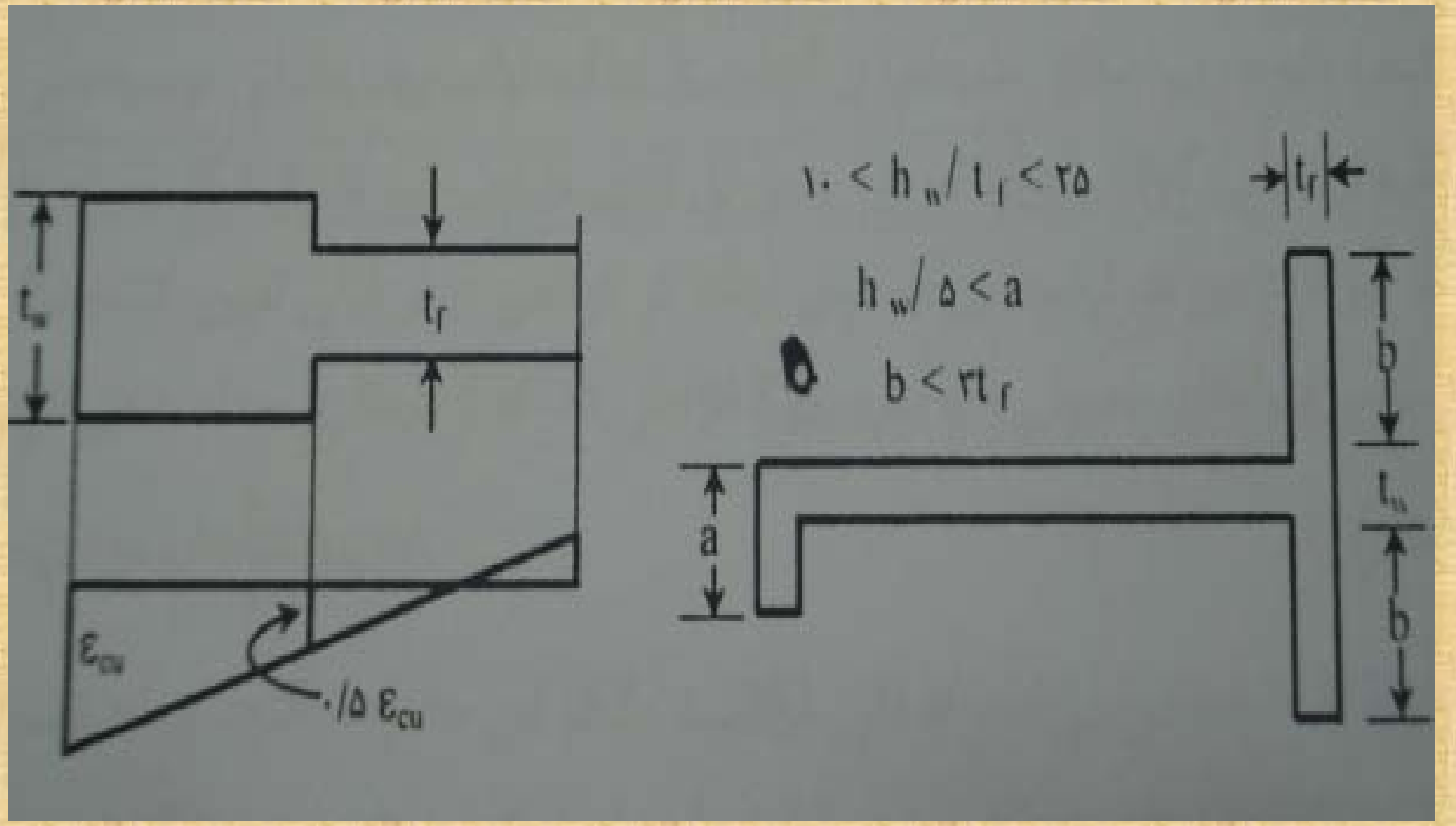
- همچنین در مورد معایب دیوار برشی نیز می توان به امکان شکست برشی در صورت عدم طراحی مناسب ، ایجاد نیروی بالارانش (up lift) در صورت عدم تخمین صحیح تعداد دیوارها و قرارگیری نامناسب آنها اشاره کرد.
- آنچه که باید برای دیوارهای برشی موردنظر باشد عبارتند از :
- ۱: مقاومت
- ۲: شکل پذیری
- ۳: ظرفیت جذب انرژی
- ۴: حداقل کاهش در سختی

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- در کل رفتارلرزه ای سازه های دارای دیوار برشی بیشتر ازقابهای خمشی اطمینان بخش است.
- دلیل این رفتار در دو نکته است :
- ۱: در قابهای خمشی مفصل پلاستیک یا (لولای خمیری) معمولا" در انتهای تیرها تشکیل می شود ولی در مورد سازه هایی که دیوار برشی دارند ، محل تشکیل مفصل پلاستیک در پای دیوار می باشد .
- ۲: وجود میانقابها موجب افزایش ابهام در رفتار لرزه ای قابها می شود زیرا نظم و توزیع مناسب سختی را در سازه دچار اختلال می کند .

فصل اول، معرفی دیوارهای برشی

- **اندازه بال و پایداری جانبی دیوارهای برشی**
- هنگامی که دو یا چند دیوار برشی در پلان یک سازه با یکدیگر تلاقی دارند ، دیوارهای جدیدی به شکل T,L,I را تشکیل می دهند . این قبیل دیوارها معمولا" برای مقاومت در برابر زلزله در دو جهت بکار می روند و معمولا" از مقاومت بالا و خوبی برخوردار هستند . نشان داده شده است که اگر بال این قبیل دیوارها در فشار قرار گیرند ، مقاومت لرزه ای خوب و شکل پذیری بالایی از خود نشان می دهند . ولی اگر بال آنها در کشش واقع شود ، ظرفیت شکل پذیری آنها کاهش خواهد داشت .
- **تخمین عرض موثر بال در دیوارهای برشی**
- معمولا" جان دیوارهای برشی در مقایسه با سایر ابعاد آن از ضخامت کمی برخوردار است . از اینرو احتمال کمانش جان در دیوارها خیلی زیاد است . لذا طراح باید نسبت به وقوع کمانش موضعی و صفحه ای در جان و در برخی موارد در بال های نازک توجه ویژه داشته باشد . برای کنترل چنین مسئله ای لازم است توصیه های زیر رعایت شود:
- : برای جان دیوار اگر مقدار کرنش کمتر یا مساوی $0.5\varepsilon_{cu}$باشد:
- $10 \le h_w / t_w \le 25$
- ۲) : برای دیوارها چنانچه مقدار کرنش بیش از $0.5\varepsilon_{cu}$ باشد :
- $10 \le h_w / t_f \le 25$


t_w
t_f
ε_{cu}
$0.5\,\varepsilon_{cu}$
$10 < h_w/t_f < 25$
$h_w/5 < a$
$b < 3t_f$
t_f
b
a
t_w
b

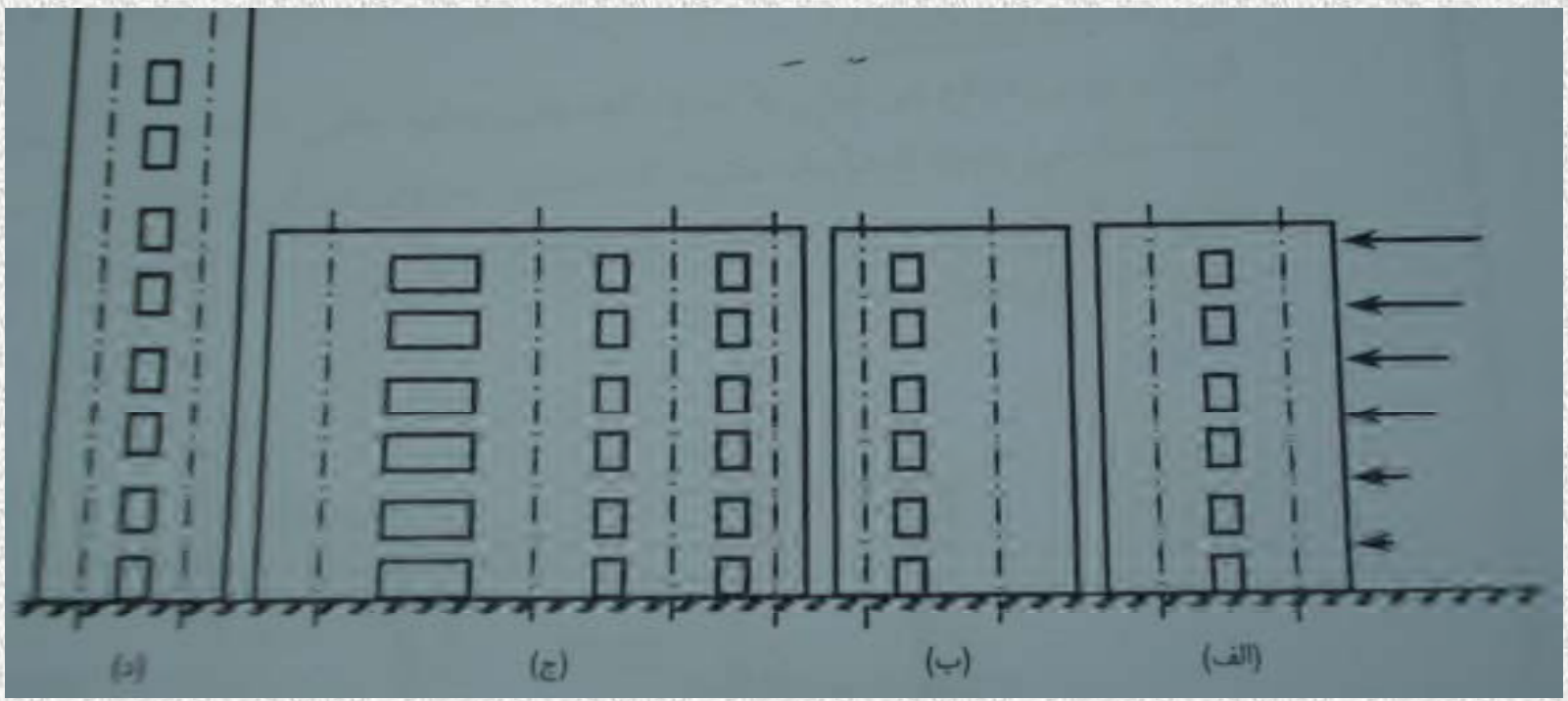
- **دیوارهای برشی بر روی ستون**
- گاهی به دلایل نوع ساختمان و شیوه های موردنظر در بهره برداری از آن ، موجب می شود که پیوستگی دیوار برشی نقض میگردد. مانند دیوارهای برشی که بر روی دو ستون در دو انتها تکیه دارند . در این قبیل موارد نقاط بحرانی دارای ضعف شدیدی خواهند بود . زیرا نیروی برشی بسیار بزرگی باید از طریق محل تکیه گاه دیوار به ستون ها وارد شود در حالیکه طبقه زیرین یا همکف که به دلیل عدم تداوم به یک طبقه نرم تبدیل شده است ، موجب می شود تا نیاز شکل پذیری ستون ها شدیدا" افزایش یابد. در این مواقع لنگر واژگونی نیروی محوری شدیدی را بر یک ستون تحمیل خواهد کرد . بنابراین لازم است از این روش چشم پوشی شده و بطور جدی مورد استفاده قرار نگیرد .

فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- در اغلب موارد تعبیه بازشوهای منظم برای پنجره یا دربها در دیوارهای برشی اجتناب ناپذیر است . تعیین محل بازشوها باید به نحوی باشد که رفتار سازه های دیوار برشی برای تحمل بارهای وارده مطلوب باشد. لازم است طراح مطمئن باشد که رفتار کلی و خمشی دیوارها با کاهش قابل توجه در سطح مقطع آن دچار مشکل نمی شود زیرا در اینصورت رفتار دیوار ترد شده و قبل از اینکه به حداکثر ظرفیت خمشی خود برسد ، تحت اثر شکست برشی فرو می ریزد.
- در اکثر موارد دیوارهای برشی قادرند بیشترین سهم نیروی برشی پایه را تحمل کنند که این پدیده موجب افزایش چشمگیر سختی ساختمان و کاهش خسارت قابل ملاحظه به عناصر غیر سازه ای می شود. در دیوارهای برشی دارای بازشو اگر دیوار در پائین ترین قسمت خود دارای یک یا چند بازشو باشد ، هر یک از اجزاء دیوار در طرفین بازشو را پایه های دیوار برشی و بخشی از دیوار را که بین بازشوی بالائی و پائینی واقع است تیر همبند یا کوپله می نامند.

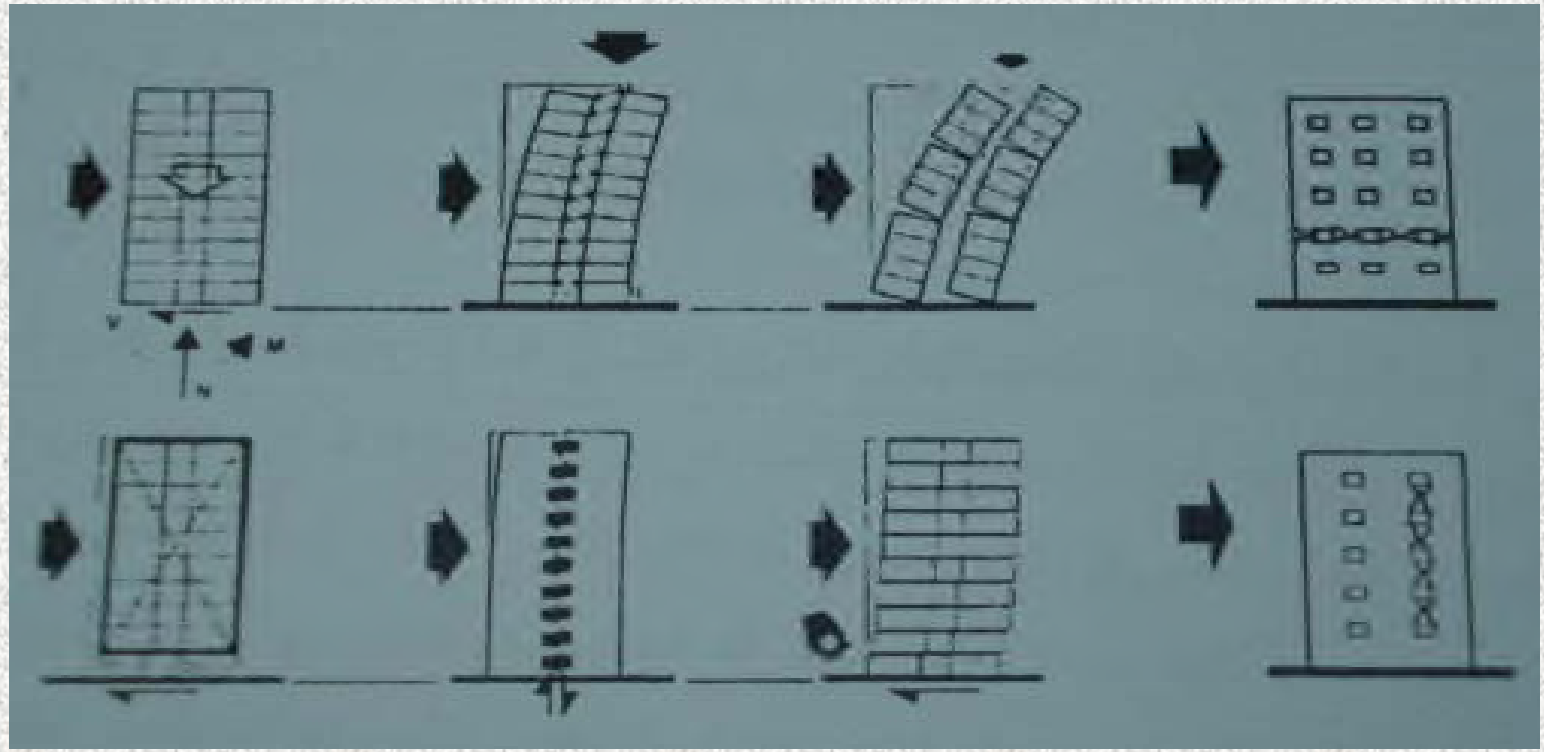
فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- برای جذب انرژی زلزله توسط دیوارهای برشی دارای بازشو، مسؤلیت بسیار زیادی برعهده ی تیرهای رابط آنها خواهد بود . نتیجه اینکه در طراحی دیوارهای برشی باید مقاطع خمیری (مفصل پلاستیک) در رفتار خمشی به نحوی پیش بینی گردد که هیچگونه شکست یا تخریب قطری چه در تیرهای رابط و چه در دیوارها اتفاق نیفتد .



فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- **از جمله سطوح بحرانی در دیوارهای کوپله می توان به سطوح جرزهای بین بازشوها اشاره کرد که موجب شکست برشی دیوار می شوند.**
- سطوح بحرانی در دیوارهای برشی دارای بازشو



فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- **دیوارهای کوپله از نظر شکل پذیری محاسنی دارند که عبارت است از :**
- ۱: کنترل بسیار عالی تغییرمکان
- ۲: سیستم کوپله قوی ، امکان استفاده از دیوارهای لاغر بدون به خطر انداختن حدود مجاز تغییرشکل نسبی طبقات را فراهم می کند.
- ۳: حدود تغییر شکل ها ، در خلال یک پاسخ شکل پذیر ، متأثر از مدهای دینامیکی بالاتر نمی باشد.
- ۴: با یک آرماتورگذاری مناسب ، میرایی هیسترتیک بزرگتری نسبت به ساختمان های سنتی از خود نشان می دهند.

- **طرح و شرح دیوار برشی هم بسته و تیرهای همبند**
- از آنجائیکه تیر همبند ، نیروی برشی قابل توجهی را از یک دیوار برشی با عملکرد کنسولی به دیوار برشی دیگر انتقال می دهد، تغییر شکل برشی زیادی در آن به وقوع می پیوندد. در نتیجه این تیر در زلزله به سرعت تخریب می شود. قرار دادن میلگردهای قطری طولی وعرضی در تیرهمبند ، تأثیر به سزائی در بهبود رفتار این تیر در بارهای تناوبی دارد.

$$T= c=\Phi.A_{vd}.F_y$$

$$V_u=2T.\sin\alpha = 2\Phi .A_{vd}.F_y.\ \sin\alpha$$

$$M_u=\Phi .A_{vd}.F_y.\ \cos\alpha$$

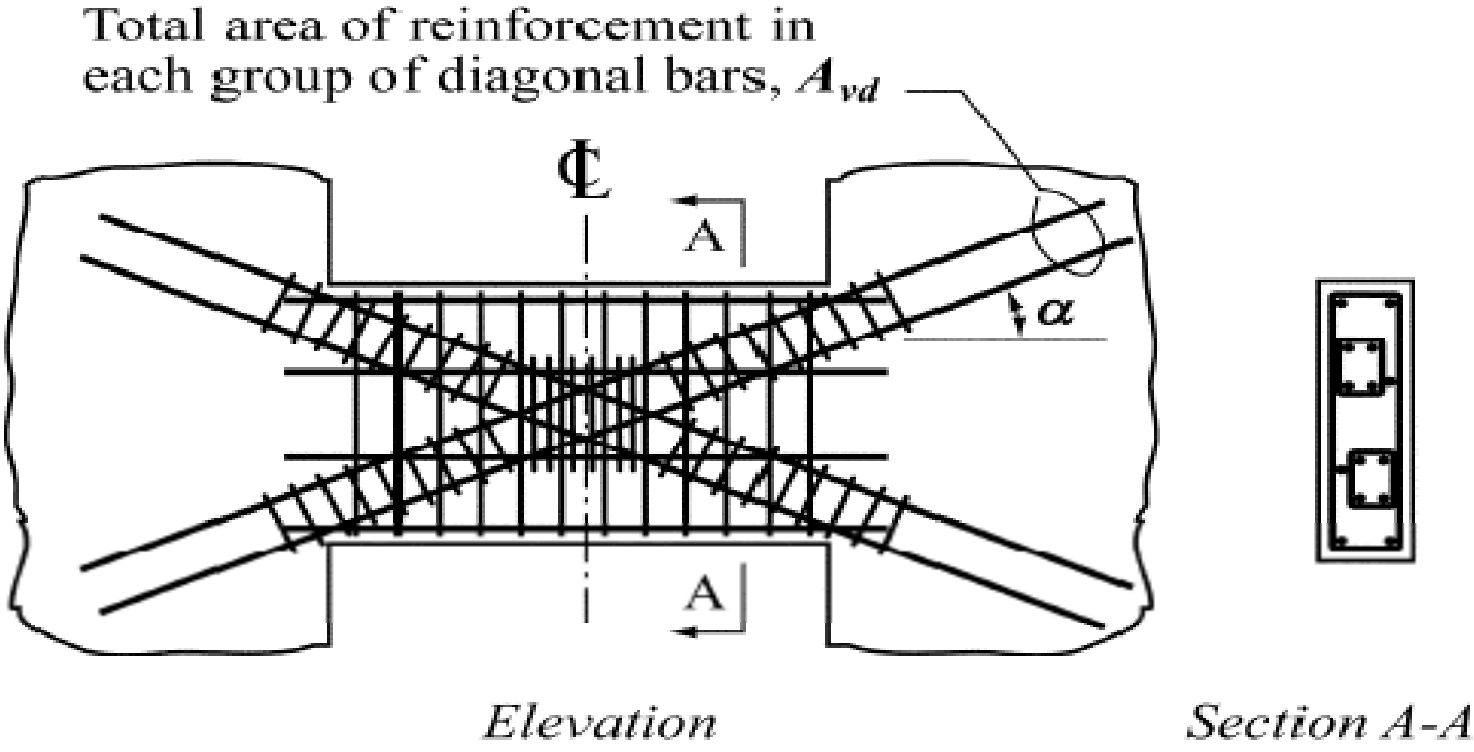


Fig. R21.7.7 — Coupling beam with diagonally oriented reinforcement

فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- **ضوابط آئین نامه آبا و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در مورد تیرهای همبند :**
- ۱: سطح مقطع کل خاموت های ویژه درهر امتداد A_{sh} نباید کمتر از مقدار زیر باشد :

$$A_{sh} = 0.3\ [s.h_c\ .(f_c/f_y).((A_g/A_{ch})-1)]$$
$$A_{sh} = 0.09\ [s.h_c\ .(f_c/f_y)$$

- ۲: قطر میلگردهای عرضی ویژه حداقل ۸ میلی متر و فاصله ی خاموت ها حداکثر برابر با مقدار زیر درنظر گرفته می شود:

$$S = \min[1/4\ h(min)\ ,\ 8\Phi_L\ ,\ 12mm]$$

- در صورتیکه دیوار با شکل پذیری متوسط باشد :

$$S_{max} = \min\ [1/2\ .\ h(min),\ 8\Phi_L\ ,\ 24\Phi_t\ ,\ 250mm\ ]$$

فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- **تیرهای هم بند و دیوارهای هم بسته :**
- جهت ایجاد عملکرد سازه ای واحد برای دو دیوار سازه ای مجاور و مجزا و یا برای اجزای دوطرف بازشو در دیوارهای شامل بازشوهای بزرگ ، از تیرهای رابط با شکل پذیری زیاد به نام تیرهای هم بند استفاده می شود . در این حالت دیوارهایی را که به هم متصل می شوند ، دیوارهای هم بسته می گویند.
-
- این ضوابط برای تیرهای هم بندی که نیروی برشی نهائی در آنها بیشتر از $2A_{CV} . V_C$ بوده و نسبت طول دهانه آزاد به ارتفاع آنها کمتر از ۳ باشد ذکر می گردد. درغیراینصورت فولادگذاری تیرهمبند مطابق ضوابط متداول خمشی انجام می گیرد.
- **درهر حال عرض تیر همبند حداقل 200 mmاست.**

فصل دوم، معرفی دیوارهای برشی کوپله

- مقاومت برشی در تیرهای هم بند، تماما" بوسیله ی میلگردهای قطری و متقارن که به صورت ضربدری و متقارن در سراسر طول تیر ادامه داده می شوند، تأمین می گردد.
- سطح مقطع مجموع میلگردهای قطری در هریک از شاخه های ضربدری A_{vd}

$$A_{vd} = V_u / (2.F_y.\sin \alpha)$$

- V_u : نیروی برشی نهایی در مقطع تیر همبند
- α : زاویه بین میلگردهای قطری و محور طولی تیر
- مقاومت خمشی تأمین شده توسط میلگردهای قطری را می توان در محاسبه ی ظرفیت خمشی تیرهمبند منظور کرد.
- فولادهای قطری در تیرهمبند ، باید بوسیله ی میلگردهای عرضی به صورت مارپیچ یا خاموت ، با حداقل قطر ۸ mm محصور شوند .
- فاصله ی حداکثر این میلگردهای عرضی به صورت زیر تعیین می شود :

$$S_{max} = \min (8\Phi_L , 24\ \Phi_t , 125\ mm)$$

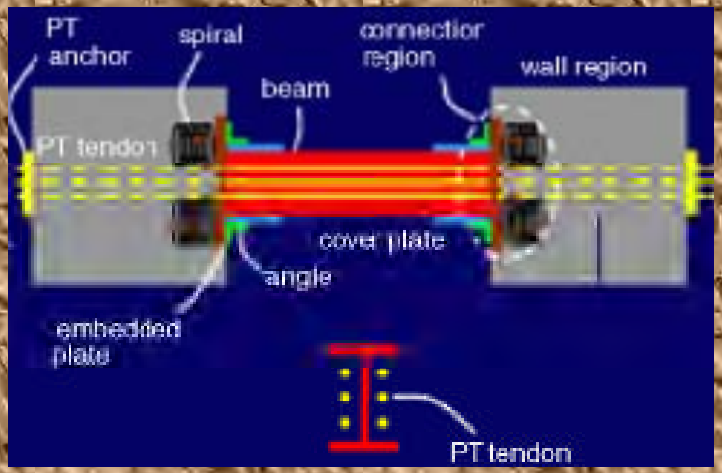
- Φ_L = قطر کوچکترین میلگرد قطری در تیرهمبند
- Φ_t = قطر تنگ یا مارپیچ به کار رفته در تیرهمبند

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- **بررسی لرزه ای و عوامل مؤثر در مقاومت دیوارهای برشی بازشودار(کوپله):**
- هنگامی که دیواری کوپله تحت تأثیر بارجانبی قرار می گیرد ، دیواری که در مجاورت بار جانبی قرار دارد تحت کشش قرار می گیرد و دیواری که در جهت مقابل بار جانبی است کلا" تحت فشار قرار می گیرد ،در خود این دیوار، ناحیه ی نزدیکتر به بار تحت کشش و ناحیه دور از بار جانبی در فشار عمل می نماید .
- بررسی ها نشان می دهد ظرفیت شکل پذیری تیر رابط « تیرهمبند» در دیوارهای کوپله تأثیر به سزایی در الگوی ترک خوردگی دیوارها دارد.

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- **انواع تیرهای کوپله :**
- ۱: تیر کوپله ی بتنی



- ۲: تیر کوپله ی پیش تنیده

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- ۳: تیر کوپله ی کامپوزیتی

- ۴: تیر کوپله متشکل از صفحات برشی

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- ۵: تیر کوپله با محدودیت حداکثر بار قابل تحمل

- ۶: تیر کوپله پیش ساخته

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

نحوه تحمل بار جانبی در سیستم های کوپله

- عملکرد خمشی دیوارها (دیوار برشی) ← استفاده مناسب از ظرفیت موجود
- استفاده از ظرفیت محوری پایه ها

در صورت استفاده از این سیستم بدون برآورد صحیح رفتار کلی و محلی آن امکان :

- افزایش تغییر شکل داخلی در دیگر مولفه های
- افزایش مقاومت مورد نیاز در دیگر مولفه های

سازه

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

doc (درجه کوپلگی):

پارامتری برای تعیین میزان عملکرد قابی تیرهای کوپله

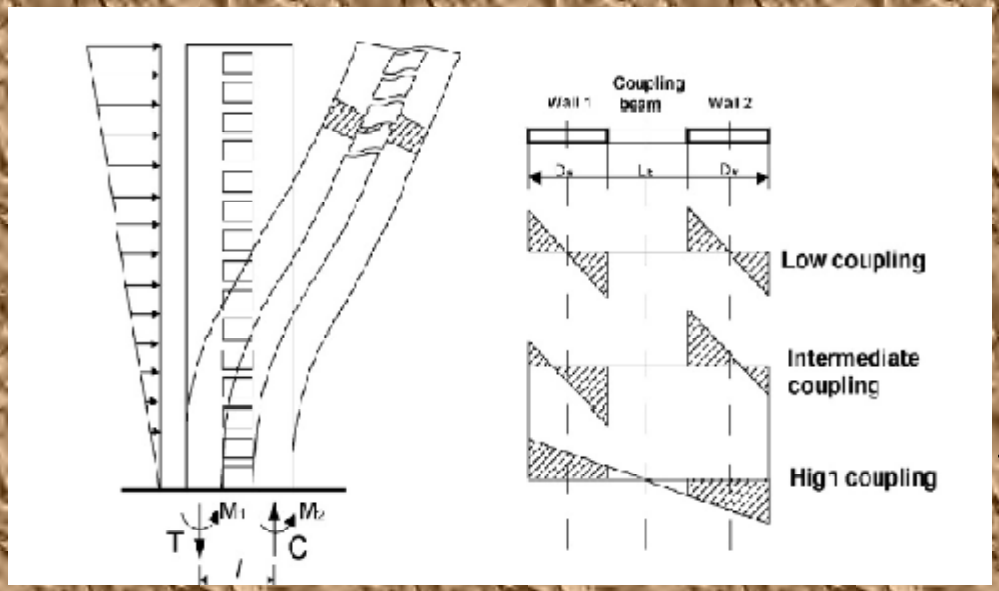
$$doc = \frac{NL_w}{\sum M_w + NL_w}$$

ممان واژگونی عملکرد کوپلگی

کل لنگر واژگونی

با افزایش درجه کوپلگی رفتار سیستم از حالت تفکیک شده به سیستم پکپارچه نزدیک می شود

.



سیستم مجزا

سیستم پکپارچه

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

doc (درجه کوپلگی):

افزایش درجه کوپلگی معمولا با کاهش طول تیر کوپله همراست

تیرهای کوتاه ←
- تغییرات زیاد در ممان ← عدم تامین شکل پذیری مورد نیاز اعضای بتنی
- نسبت برش به خمش بزرگ ← کاهش ظرفیت خمشی مقطع

با توجه به مطالب فوق استفاده از پارامتر درجه کوپلگی به تنهایی معیار مناسبی برای تعیین رفتار دیوار کوپله نمی باشد .

تعیین رفتار دیوار کوپله به کمک روش پیوسته سازی ← پارامترهای مؤثر در این آنالیز $k\alpha H$

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

$$\alpha = \sqrt{\frac{12 I_c L_w^2}{L_b^3 h I}}$$

I_c ممان اینرسی تیر کوپله در محاسبات تغییرشکل برشی

L_w فاصله بین مراکز پایه های دیوار

L_b دهانه آزاد تیر کوپله

h ارتفاع طبقه

I مجموع ممان اینرسی هر یک از پایه های دیوار

پارامتر α : معیاری برای تعیین نسبت سختی تیرهای کوپله به دیوارها

مقدار کم پارامتر ← سیستمی با تیر کوپله نسبتا انعطاف پذیر

رفتار کلی سیستم وابسته به رفتار خمشی هر یک از پایه های دیوار

مقدار بالای پارامتر ← عملکرد قابی بالا بین دیوارها

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

پارامتر $k\alpha H$

پارامتر k

$$k=\sqrt{1+\frac{AI}{A_1A_2L_w^2}}$$

I مجموع ممان اینرسی هر یک از پایه های دیوار

A_1, A_2 سطح مقطع هر یک از پایه های دیوار

L_w فاصله بین مراکز پایه های دیوار

$A=A_1+A_2$

پارامتر k : معیاری برای تعیین نسبت سختی خمشی به محوری پایه های دیوار

محدوده پارامتر $1\le k\le 1.2$

$k=1$ دیوار با پایه های صلب از نظر محوری

با توجه به محدودیت های سازه ای ومعماری $k\le 1.1$

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- **پارامتر K α H**
- این پارامتر معیاری برای در نظر گرفتن رفتار کوپلگی مجموعه می باشد .

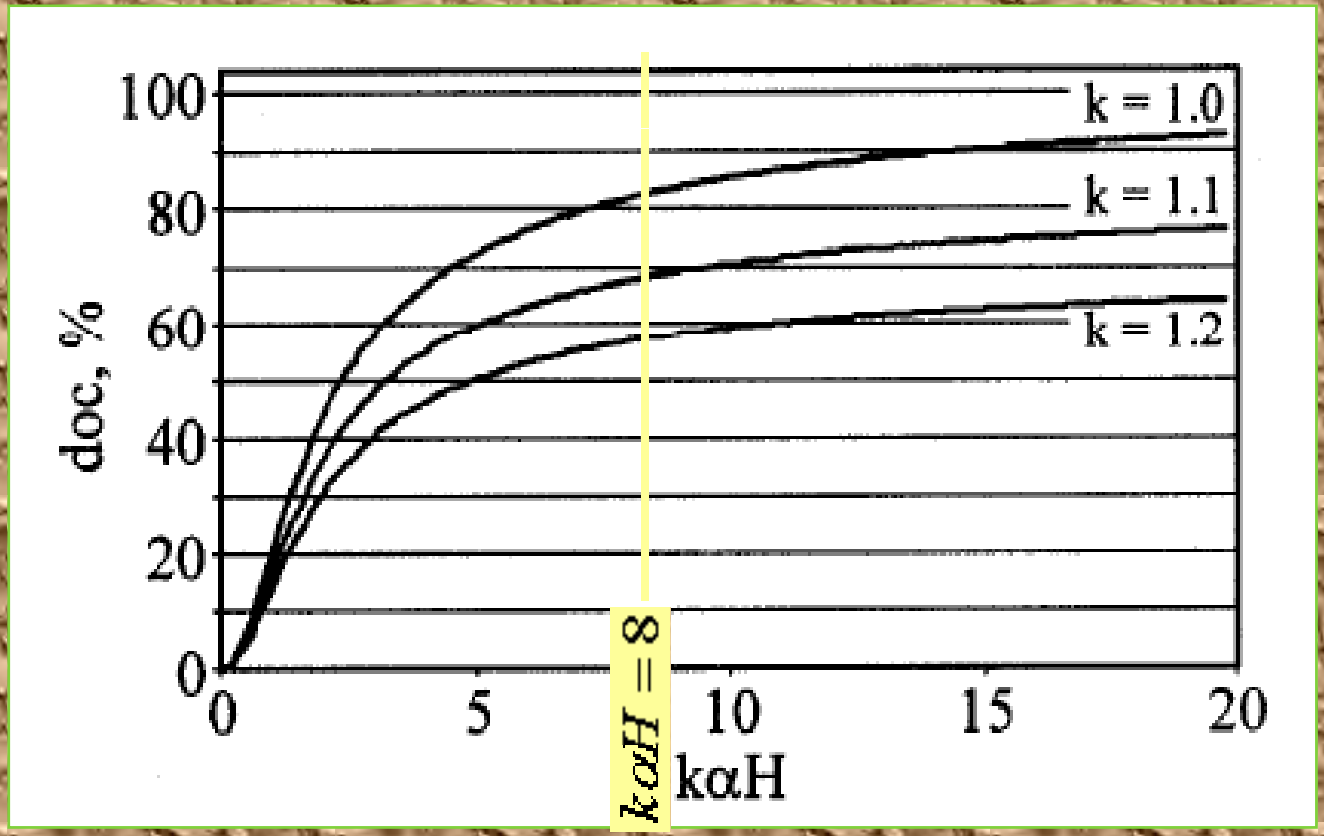
- **تیرهای کوپله ی ضعیف**
- الف) : از نظر تئوری
- $K \alpha H = 0$ یعنی از سختی تیرها صرفه نظر و کل ممان وارده توسط عملکرد خمشی پایه ها تحمل می شود.
- ب) : از نظر عملی
- $K \alpha H \leq 1$ و $doc < 20\%$

$$k\alpha H = \sqrt{(1+\frac{AI}{A_1 A_2 L_w^2})\frac{12 I_c L_w^2}{L_b^3 hI} H^2}$$

- **تیرهای کوپله صلب**
- الف) : از نظر تئوری
- $K \alpha H = \infty$ یعنی عملکرد سازه به صورت یک دیوار کامل است.
- ب) : از نظر عملی
- $K \alpha H > 8$

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- رابطه بین K α H و Doc



فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- به طور کلی اگر $K \alpha H \geq 5$ خواهیم داشت :
- ۱: پاسخ کل سازه نسبتا" ثابت باقی می ماند .
- ۲: پاسخ محلی سازه تحت تأثیر قرار می گیرد.
- ۳: افزایش نیروی برش در تیرهای کوپله
- ۴: کاهش یکنواختی توزیع نیروی برش در تیرهای کوپله
- $doc \geq 70\%$ از دیدگاه پاسخ سازه ، پاسخی نامناسب است و $doc > 80\%$ غیرعملی خواهد بود.
- تاثیر مشخصات مؤثر مقطع بر رفتار پیش بینی شده ی سازه :
- در سیستم های کوپله بر خلاف سازه های منفرد استفاده از مشخصات مقطع در تعیین رفتـــار کلی و محلی مناسب می باشد.

فصل سوم، بررسی لرزه ای دیوارهای برشی کوپله

- **توصیه ی آیین نامه های مختلف در تعیین مشخصات مؤثر مقاطع :**

اعضا	پارامتر	مقطع کلی	ACI 318	CSA A23-3	NZS 3101		
					$\mu=1.25$	$\mu=3$	$\mu=6$
فشار ناشی از خمش	I_2	EI_2	$0.70EI_2$	$0.80EI_2$	EI_2	$0.70EI_2$	$0.45EI_2$
کشش ناشی از خمش	I_1	EI_1	$0.35EI_1$	$0.50EI_1$	EI_1	$0.50EI_1$	$0.25EI_1$
	$I=I_1+I_2$	$2.0EI_1$	$1.05EI_1$	$1.30EI_1$	$2.0EI_1$	$1.2EI_1$	$0.70EI_1$
فشار محوری دیوار	A_2	EA_2	EA_2	EA_2	EA_2	$0.90EA_2$	$0.80EA_2$
کشش محوری دیوار	A_1	EA_1	$0.35EA_1$	$0.50EA_1$	EA_1	$0.75EA_1$	$0.50EA_1$
	$A=A_1+A_2$	$2.0EA_1$	$1.35EA_1$	$1.50EA_1$	$2.0EA_1$	$1.65EA_1$	$1.3EA_1$
تیرها با آرماتورگذاری طولی	I_c	EI_c	$0.35EI_b$	$\frac{0.20EI_b}{1+3(d/L_b)^2}$	$\frac{EI_b}{1+5(d/L_b)^2}$	$\frac{0.70EI_b}{1+8(d/L_b)^2}$	$\frac{0.40EI_b}{1+8(d/L_b)^2}$
تیرها با آرماتورگذاری قطری	I_c	EI_c	$0.35EI_b$	$\frac{0.40EI_b}{1+3(d/L_b)^2}$	$\frac{EI_b}{1.7+1.3(d/L_b)^2}$	$\frac{0.70EI_b}{1.7+2.7(d/L_b)^2}$	$\frac{0.40EI_b}{1.7+2.7(d/L_b)^2}$

کاهش مشخصات مقاطع نتایج زیر را به همراه خواهد داشت :

۱: افزایش تغییر مکانها

۲: افزایش شکل پذیری موجود به خصوص برای تیرهای کوپله

۳: کاهش نیروی برشی

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

- **بررسی دیدگاه های مختلف در طراحی دیوار برشی کوپله :**
- پارامترهای مؤثر در طراحی اعضاء مقاوم در برابر زلزله عبارتند از :
- ۱: مقاومت
- ۲: سختی
- ۳: شکل پذیری
-
- **به طور کلی در مورد این طراحی ها دو دیدگاه وجود دارد :**
- الف) : طراحی بر اساس مقاومت
- ب) : طراحی بر اساس عملکرد

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

- **۱) : طراحی بر اثر مقاومت**
- **مکانیزم گسیختگی فرضی:**
- فرض می شود ابتدا گسیختگی تیرهای کوپله و بدنبال آن پایه های دیوار صورت می گیرد. در این روش تیرهای کوپله قبل از تغییرشکل غیر الاستیک پایه های دیوار قابلیت جذب انرژی مناسب را دارند . کم شدن تغییر مکان پایه های دیوار ، کاهش خسارت را بدنبال خواهد داشت .
- **الف) : تیرهای کوپله**
- **ضوابط آئین نامه ی ACI 318 در طراحی تیرهای کوپله**
- آرماتورهای قطری فقط برای زوایای بزرگ مناسب هستند .
- اعضای خمشی در قابهای ویژه $\longrightarrow$ ---------- $L_n / h \geq 4$
- دو گروه آرماتور قطری $\longrightarrow$ ---------- $L_n / h < 4$
- مقاومت برشی اسمی $V_n = 2A_{vd} \cdot f_y \cdot \sin\alpha < 0.83 (\sqrt{f_c}) A_{cw}$
- $V_{max} = 0.83(\sqrt{f_c})b_w.d$ ------- $\longleftarrow$ محدودیت آئین نامه ای برای داشتن شکل پذیری مناسب
- $V_{max} = 0.5 (\sqrt{f_c})b_w.d$ ------- $\longleftarrow$ محدودیت اجرایی (مانند تأمین پوشش و مهار و محصوریت)

- مقاومت برشی مورد نیاز تیرهای کوپله معمولا" بیش از ظرفیت مجاز آئین نامه ای است .
- تأمین مقاومت برشی مورد نیاز ، نیازمند استفاده از بتن با مقاومت مشخصه بالاتر و کاهش سختی مؤثر تیرهای کوپله است که خود افزایش شکل پذیری موردنیاز را به همراه خواهد داشت .

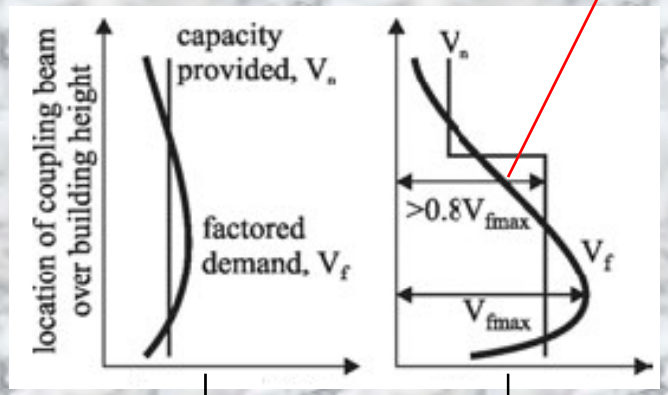
- **ب) : پایه های دیوار:**
- معیار گسیختگی این پایه ها ، مشابه رفتار ستون قوی – تیر ضعیف قالب های شکل پذیر می باشد .
- **ضریب افزایش مقاومت γ**
- $\gamma = (\Sigma V_n) / (\Sigma V_f)$
- ΣV_n = مجموع ظرفیت برشی اسمی تیرهای کوپله
- ΣV_f=مجموع برش تیرهای کوپله ناشی از بارهای جانبی (شامل اثر پیچش)
- بدین ترتیب ، پایه های دیوار توانایی تحمل نیروهای متناظر با ظرفیت برشی کلیه تیرهای کوپله را خواهد داشت .

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

پایه های دیوار

رابطه درجه کوپلگی با طراحی بهینه

اجازه بازتوزیع ۲۰ درصدی نیروی برشی (کانادا)



توزیع نیروی برشی در ارتفاع سازه

مزیت افزایش درجه کوپلگی ⟵ کاهش نیروی پایه های دیوار

درجه کوپلگی کم درجه کوپلگی بالا

افزایش تغییرات نیروی برشی در ارتفاع سازه ⟵ افزایش ضریب افزایش مقاومت

افزایش درجه کوپلگی تا یک محدوده ای مناسب می باشد doc<70%

درغیر اینصورت ، تیر کوپله بتنی با ابعاد اجرایی ، قادر به تأمین مقاومت برشی یا ظرفیت شکل پذیری مورد نیاز نمی باشد.

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

- **۲) : طراحی بر اساس عملکرد :**
- **تعریف اهداف عملکردی مورد نیاز:**
- : قید ساخت تیر کوپله
- $V \leq 0.5\sqrt{(f_c)} .b_w . D$
- ۱: در سطح عملکرد Ls
- الف) : رفتار غیر الاستیک تیرهای کوپله
- ب) : رفتار الاستیک پایه های دیوار
- ت) : Drift بین طبقه ای کمتر از دو درصد باشد.
- ۲: در سطح عملکردی cp
- تیرهای کوپله و پایه های دیوار دارای رفتاری غیر الاستیک هستند .

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

- **تعیین نیروهای طراحی :**
- ۱: تیر کوپله
- با استفاده از محدودیت های اجرایی و آئین نامه ای ابتدا باید مقطع مناسب برای دیوار کوپله انتخاب شود وهمچنین از ظرفیت تیر کوپله د ر طراحی استفاده مناسب گردد.
- باید توجه داشت که کاهش ظرفیت تیر کوپله ، افزایش نیروی پایه های دیوار را به همراه خواهد داشت . اما با توجه به در نظر گرفتن ظرفیت تیرهای کوپله در طراحی ، ضریب افزایش مقاومت ($\gamma=1$) خواهد بود . یکی از مزیت های روش طراحی بر اساس عملکرد ، اقتصادی بودن آن است .
- ۲: پایه های دیوار
- الف) : در سطح عملکرد Ls
- رفتار غیرخطی تیرهای کوپله و رفتار خطی پایه های دیوار در نظر گرفته می شود.

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

- یک روش سریع برای تعیین نیروهای پایه دیوار اینست که آنرا متناظر با ظرفیت نهائی تمام تیرهای کوپله بدست آوریم . برای این موضوع خواهیم داشت :
- ۱: بار جانبی آئین نامه ای با توزیع بدست آمده از آنالیز مودال
- ۲: بدست آوردن سختی هریک از تیرها

محدوده تقریبی سختی $0.1\ EI$ تا $0.22\ EI$

ضمن اینکه نیروی برشی تیرهای کوپله بین ۱۰۰ تا ۱۲۵ درصد ظرفیت برشی مقطع محسوب می شود.

- ۳: در پایان تعیین نیروها به کمک آنالیز دینامیکی خطی

فصل چهارم، روشهای طراحی دیوارهای برشی کوپله

- ب) : در سطح عملکردی cp
- برای تیرهای کوپله و پایه های دیوار ر فتاری غیرخطی در نظر می گیریم .
- نیروهای آئین نامه ای با فرض اینکه تمامی تیرها به ظرفیت نهایی خود رسیده باشند ، بدست می آیند.
- نیروی کششی دیوار $0.9D - 0.2\ S_{DS}\ D - \Sigma\ V_n$
- نیروی فشاری دیوار $1.2\ D + 0.5\ L + 0.2\ S_{DS}\ D + \Sigma\ V_n$
- $0.2\ S_{DS}$مولفه ی عمودی حرکت زمین است که برابر با ۲۰ درصد شتاب کوتاهترین پریود سازه محاسبه می شود.

فصل پنجم، انواع شکست ها در دیوارهای برشی

- **انواع شکست ها در دیوارهای برشی**

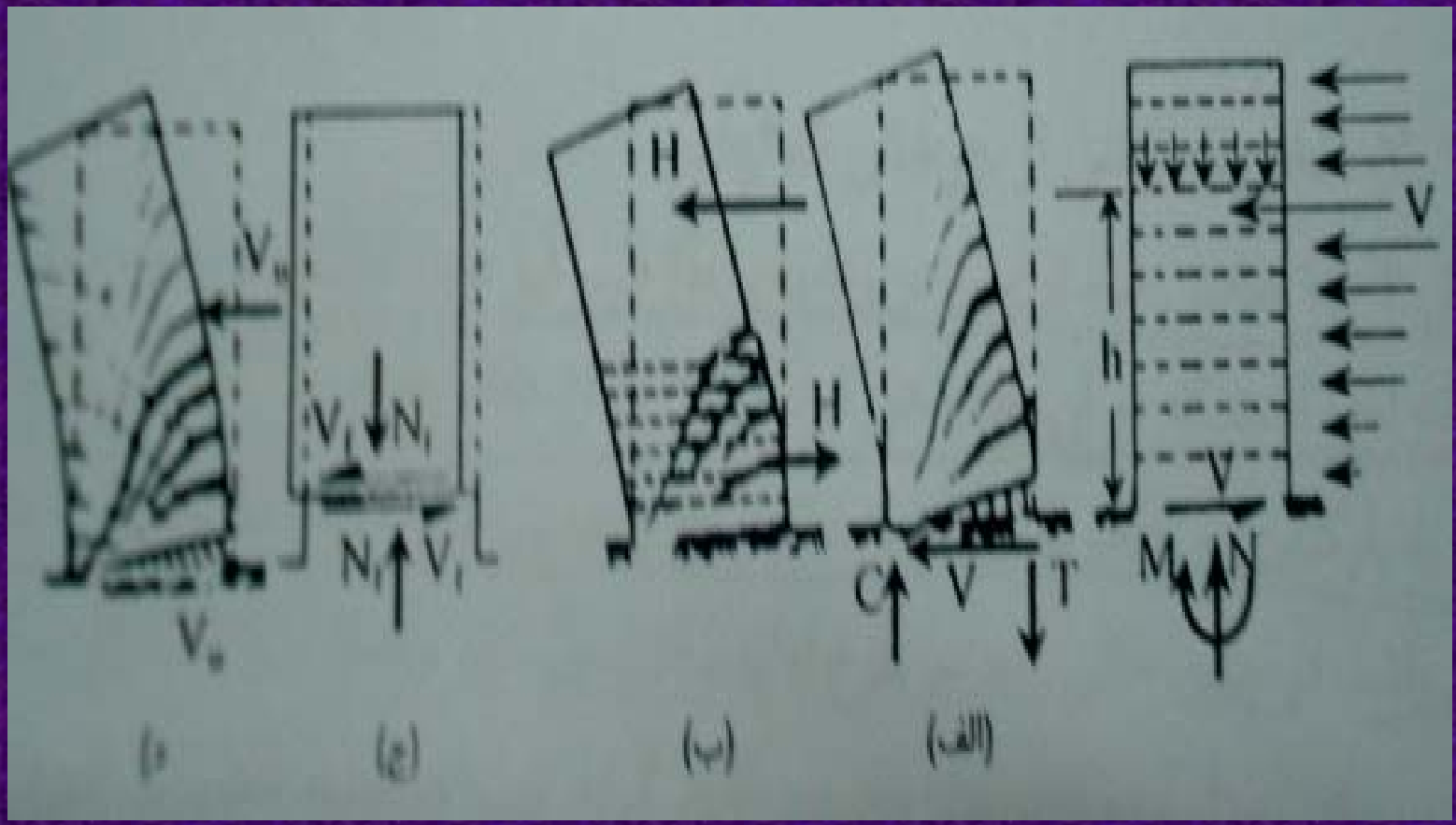
اغلب شکست هائی که در سازه ها مشاهده شده اند عبارتست از :

- **۱: شکست ناشی از شکست خود دیوارهای برشی**

در تخریب های انجام شده در دیوارهای برشی طی زمین لرزه های گذشته مشخص شده که غالبا" چهار نوع ضعف موجب چنین تخریب هایی می شوند . باید در طراحی ، آنها را شناسایی و تدابیر لازم جهت جلوگیری از آن اتخاذ نمود .

- این تخریب ها عبارتند از :
- الف) : تخریب خمشی
- ب) : تخریب برشی
- ج) : تخریب لغزندگی
- د) : تخریب چرخشی پایه شالوده

فصل پنجم، انواع شکست ها در دیوارهای برشی



فصل پنجم، انواع شکست ها در دیوارهای برشی

- در تخریب خمشی ، مفصل پلاستیک در پای دیوار تشکیل می شود که محل حداکثر نیروی برشی نیز می باشد . منطقه ی اصلی مفصل پلاستیک در ارتفاعی است که به آن طول مفصل پلاستیک یا لولای خمیری می گویند . برای کنترل برش طول ، این ناحیه را معمولا" بین یک تا یک و نیم برابر طول دیوار در نظر می گیرند.
- در تخریب ناشی از برش ، ترک های ناشی از خمش در منطقه ی مفصل پلاستیک در ضخامت و طول بزرگتر شده و سپس با ترک های ناشی از کشش قطری ترکیب می شوند که نهایتا" پس از چند تناوب ، بتن دیگر قادر به تحمل برش نمی باشد و تمامی برش باید توسط آرماتورها تحمل شود . در تخریب لغزندگی ، دیوار در جهت افقی دچار حرکت می شود که در محل درزهای اجرایی نیز اتفاق می افتد.
- تخریب ناشی از چرخش شالوده ، موجب بلند شدن فونداسیون می شود که از قدرت استهلاک انرژی به شدت می کاهد و موجب بوجود آمدن تخریب های دیگر در سازه نیز می شود.

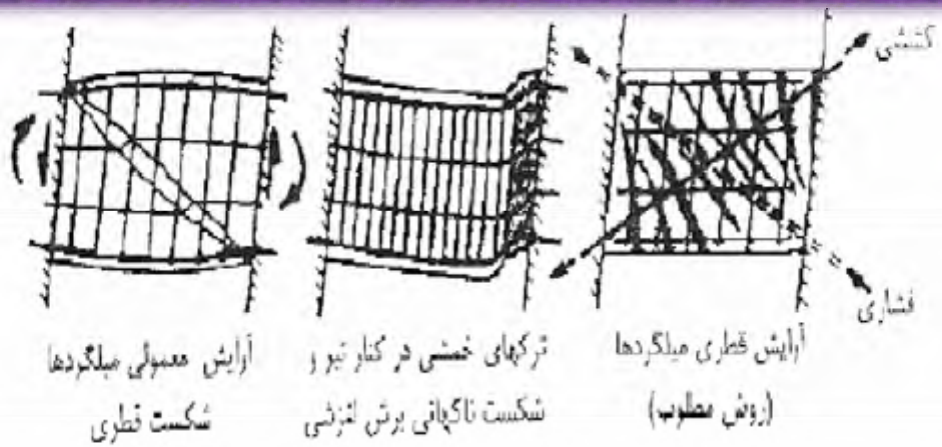
فصل پنجم، انواع شکست ها در دیوارهای برشی

- ۲: شکست ناشی از شکست تیرهای کوپله
- در واقع مهمترین ضعف در دیوارهای برشی دارای بازشو ، تیرهای کوپله هستند . این تیرها دارای طول کوتاه و عمقی زیاد هستند و اگر ضخامت آنها کم باشد ، تبدیل به تیر عمیق می شوند که رفتار مطلوبی ندارند . تیرهای کوپله معمولا" از دیوارها ضعیف ترند و بر اثر حرکت جانبی – خمشی دیوارها به چرخش قابل ملاحظه ای در محل اتصال دیوارها به تیرها اعمال می گردد . همین چرخش موجب تولید لنگر قابل توجه و نهایتا" جاری شدن مقاطع تیرها می شود.
- غالبا" سه نوع تخریب در تیرهای کوپله مشاهده می شود که به ترتیب عبارتند از :
- الف) : تخریب خمشی

ب) : شکست کششی قطری

ج) : شکست قطری فشاری و کششی

فصل پنجم، انواع شکست ها در دیوارهای برشی



شکل 2 – انواع تخریب در تیرهای کوپله [1]

طراحی دیوارها باید به نحوی باشد که از تشکیل لولای خمیری (جاری شدن آرماتورها) مطمئن باشیم به نحویکه شکست قطری کششی که شکستی ترد است، نه در دیوار و نه در تیرهای کوپله رخ ندهد، و بطور کلی دیوارها به نحوی رفتار کنند که لولای خمیری ابتدا در تیرهای کوپله و سرانجام در دیوارها تشکیل شود.

فصل ششم، خلاصه ونتیجه گیری

- دیوار برشی یک سیستم سازه ای بسیار مناسب برای سازه های بلندمرتبه است که می تواند سختی صفحه ای و مقامت بالایی را برای هر دو بار جانبی و ثقلی ایجاد کند .
- دیوار برشی کوپله ، نوع بخصوصی از سیستم دیوارهای برشی است که سازه ی مقاومی در برابر نیروهای جانبی می باشد . رفتار این نوع دیوارها به شدت متأثر از سختی ، مقاومت و شکل پذیری تیرهای پیوند است . برای بررسی رفتارغیرخطی دیوارهای برشی ، شناخت نواحی بحرانی شامل نواحی پلاستیک و مفاصل پلاستیک بسیار حائز اهمیت است .
- محل تشکیل مفاصل پلاستیک در سازه ها در عملکرد غیرارتجاعی سازه تأثیر به سزایی دارد . معمولا" در قابهای خمشی مفصل پلاستیک در انتهای تیرها تشکیل می شود ولی در مورد سازه هایی که دارای دیوار برشی هستند ، محل تشکیل مفصل پلاستیک در پای دیوارها می باشد. مفاصل پلاستیک در سازه های دیوار برشی کوپله ، در دو انتهای تیرهای پیوند و در پای دیوارها صورت می گیرد. محل تشکیل مفصل پلاستیک در سازه حائز اهمیت فراوان است ، چون قدرت جذب انرژی بیشتر و رفتار لرزه ای مناسب دیوار ، بسیار متأثر از محل تشکیل مفصل پلاستیک خواهد بود.
- دیوارهای برشی با توجه به ابعاد و میزان آنها دارای عملکرد های متفاوتی در سازه هستند. دیوارهای با نسبت بعدی بالا دارای عملکرد خمشی هستند ، در حالیکه دیوارهای برشی کوتاه یا چاق بیشتر در مود برشی عمل می کنند . عملکرد دیوار برشی کوپله به شدت متأثر از رفتار تیرهای پیوند است .

فصل ششم، خلاصه ونتیجه گیری

- تیرهای پیوند معمولا" تیرهایی با دهانه ی کوتاه و ارتفاع زیاد هستند و چنانچه به تیرهای عمیق نزدیک شوند ، آنگاه عملکرد مطلوبی در سازه نخواهند داشت و با احتمال شکست های زودهنگام برشی ، سازه را دچار شکست ترد قبل از رسیدن به ظرفیت خنثی می کنند .
- از محاسن دیوارهای برشی می توان به موارد ذیل اشاره کرد:
- ۱: سختی بسیار زیاد
- ۲: شکل پذیری بالا
- ۳: حتی پس از ترک خوردگی قادر به تحمل نیروهای ثقلی هستند (برخلاف ستون)
- به طور کلی تیرهای کوپله دو منفعت کلی دارند :
- ۱: عمل کوپلگی باعث کاهش لنگرهایی می شود که دیوارهای انفرادی باید مقاومت کنند . بنابراین دیوار برشی کوپله ، سیستم مقاوم جانبی مؤثرتری است .
- ۲: تیرهای کوپله به علت وارد شدن به تغییرشکل های غیرارتجاعی ، به دیوارهای کوپله اجازه می دهند انرژی وارده زلزله را بیشتر تلف کنند که باعث محافظت دیوار در برابر آسیب های جدی و بزرگ می گردد.
- شکل ، میزان و محل قرارگیری و توزیع دیوارهای برشی در پلان ، تأثیر عمده ای بر رفتار لرزه ای این سیستم خواهد داشت. اثر شکل مقطع بر رفتار دیوار را اینگونه می توان مطرح کرد که دیوارهایی که در دو انتهای خود دارای بال باشد ، هم از پایداری و هم از شکل پذیری بیشتری در مقایسه با دیوارهای بدون بال برخوردارند.

فصل ششم، خلاصه ونتیجه گیری

- دیوارهای بال دار در اشکال I ,L,T به طورعمده برای مقاومت نیروهای جانبی در دو جهت بکار می روند. از لحاظ نحوه ی توزیع دیوار برشی در پلان ، تأمین تقارن در سختی ، پایداری پیچشی و ظرفیت مناسب و خوب شالوده از اهمیت فراوانی برخوردار است .
- همچنین همانطور که می دانیم دیوارهای برشی باید قادر باشند صد در صد نیروی زلزله را تحمل کنند . بنابراین میزان و مقدار دیوار موجود در طبقه باید بررسی شود که قابلیت تحمل صد در صد نیروی احتمالی جانبی را خواهد داشت یا نه ؟
- با توجه به اهمیت تیرهای پیوند در دیوار برشی کوپله ، مطمئنا" برای بررسی عملکرد دیوارهای برشی کوپله باید حول تیرهای پیوند تحقیقات فراوان صورت گیرد . زیرا عملکرد دیوار کوپله به شدت متأثر از تیرهای پیوند است.
- از آنجائیکه تیر پیوند ، نیروی برشی قابل توجهی را از یک دیوار برشی با عملکرد کنسولی به دیوار برشی دیگر انتقال می دهد ، تغییر شکل برشی زیادی در آن به وقوع می پیوندد. در نتیجه این تیر در زلزله سریعتر تخریب می شود. قرار دادن میلگردهای قطری طولی و عرضی در تیر پیوند ، تأثیر به سزایی در بهبود رفتار این تیر در بارهای تناوبی دارد.
- در بررسی دیوار برشی کوپله با تیر سخت کننده فوقانی می توان نتیجه گرفت ، تیر سخت کننده فوقانی به صورت یک تکیه گاه مجازی عمل نموده و با جذب لنگر ، ضمن کاهش لنگر در پای دیوار برشی ، تغییر مکان بالای آن را کاهش می دهد. ضمن اینکه تیر سخت کننده فوقانی علاوه بر افزایش سختی سازه و کاهش قابل توجه لنگرهای خمشی در دیوارها آثار تغییرشکل های ایجاد شده توسط حرکت شالوده را کمتر می نماید .

فصل ششم، خلاصه ونتیجه گیری

- از پارامترهای هندسی مؤثر در رفتار دیوار برشی کوپله می توان به درجه ی کوپلگی اشاره نمود . درجه ی کوپلگی ، پارامتری برای تعیین میزان عملکرد قابی تیرهای کوپله می باشد . درجه ی کوپلگی به تنهایی معیار مناسبی برای تعیین رفتار دیوار کوپله نمی باشد .

بدین منظور از پارامتری به عنوان $K \alpha H$ استفاده می کنیم که معیاری برای در نظر گرفتن رفتار کوپلگی مجموعه است .

- پارامتر α : معیاری برای تعیین نسبت سختی تیرهای کوپله به دیوارها است .
- پارامتر K : معیاری برای تعیین نسبت سختی خمشی به محوری پایه های دیوارها می باشد.
- اگر $K \alpha H=0$ یعنی از سختی تیرها صرفنظر و کل ممان وارده توسط عملکرد خمشی پایه ها تحمل می شود.
- اگر $K \alpha H=\infty$ یعنی عملکرد سازه به صورت یک دیوار کامل است .

فصل ششم، خلاصه ونتیجه گیری

- دو دیدگاه در طراحی دیوارهای برشی کوپله موجود است :
- ۱: طراحی بر اساس مقاومت.
- ۲: طراحی بر اساس عملکرد .
- در فصل چهارم مروری اجمالی بر روش های طراحی فوق صورت گرفته است .
- اغلب شکست هائیکه در سازه های دیوار برشی مشهود است به دو دسته ی کلی تقسیم می شوند :
- ۱: شکست ناشی از شکست خود دیوار برشی
- این تخریب ها می توانند شامل تخریب خمشی ، تخریب لغزندگی ، تخریب چرخشی پایه شالوده باشند .
- ۲: شکست ناشی از شکست تیرهای کوپله
- این شکست ها شامل تخریب خمشی ، شکست کششی قطری و شکست قطری کششی – فشاری هستند .
- به طور کلی مطلوب اینست که دیوارها به طوری رفتار کنند که مفاصل پلاستیک ابتدا در تیرهای کوپله و سرانجام در پایه های دیوار تشکیل شوند .

- از توجه شما متشکرم