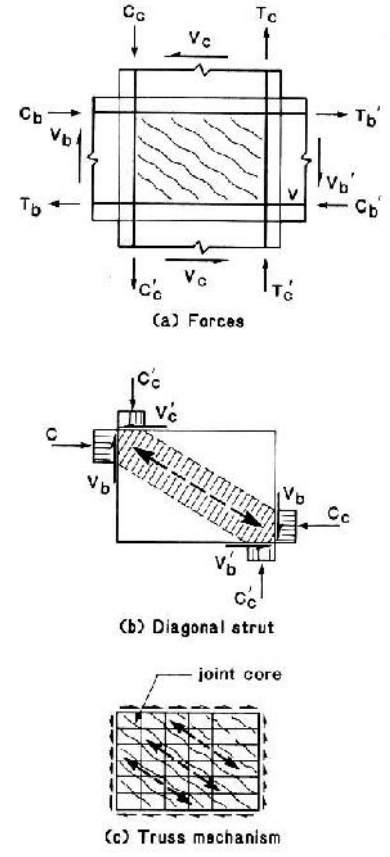
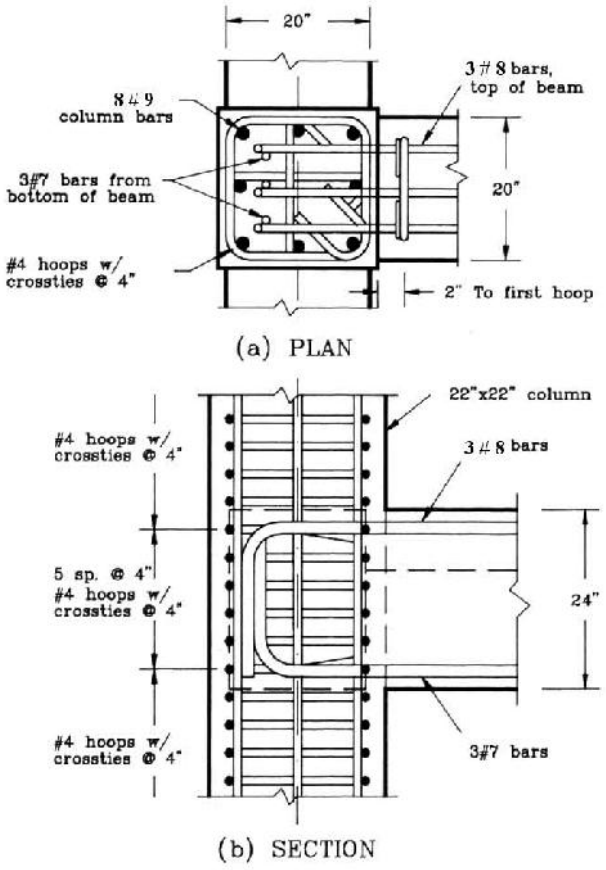
استفاده از مهار مکانیکی انتهایی (Terminator) به جای قلاب در سازه‌های بتن آرمه

تجربیات بدست آمده از زلزله‌های شدید در جهان نشان داده است که حساس‌ترین ناحیه در سیستم قابهای خمشی محل اتصال تیر به ستون می‌باشد و رعایت نکردن اصول مربوط به شکل پذیری در ناحیه چشمه اتصال، به دلیل وجود برش زیاد در ترکیب با خمش در این ناحیه (شکل-۱)، می‌تواند در هنگام وقوع زلزله منجر به بروز شکست در این نواحی گردد.

در رابطه با قابهای خمشی بتن‌آرمه، فاصله تنگها در محدوده اتصالات باید مطابق با ضوابط آئین‌نامه‌ای کم باشد و در عمل به خاطر تجمع و تداخل آرماتورهای تیر و ستون، آرماتوربندی دشوار گردیده و معمولاً بتن ریزی هم با کیفیت مطلوب انجام نمی‌پذیرد (شکل-۲). لذا با استفاده از مهار مکانیکی انتهایی به جای استفاده از قلاب (خم ۹۰ درجه) می‌توان این معضل را تا حدود زیادی رفع کرد.



شکل-۱



شکل-۲

علی‌الاصول در سیستم سازه قابهای صلب بتنی با عوض شدن جهت زلزله، آرماتور طولی تیر در محدوده چشمه اتصال (Panel Zone) کششی یا فشاری عمل می‌نماید. در حالت کششی عملکرد مهار مکانیکی (مهره انتهایی) آرماتور تیر در انتهای چشمه اتصال به گونه‌ای خواهد بود که مطابق جزئیات شکل-۳ بتن موجود در محدوده چشمه اتصال را بصورت مخروطی اصطلاحاً قلوه‌کن می‌کند که در این حالت مقاومت برشی بتن در ترکیب با خاموت ستونها جوابگوی این مقوله می‌باشد.

در حالتی که جهت نیروی زلزله عوض می‌شود، بالطبع آرماتور تیر در محدوده چشمه اتصال به صورت فشاری عمل می‌کند. بدیهی است در این حالت مهره انتهایی آرماتور فاقد کارآیی می‌باشد و تنها تنش مماسی بین آرماتور و بتن در محدوده چشمه اتصال جوابگوی مهار آرماتور فشاری در این ناحیه خواهد بود. بر اساس آیین‌نامه ACI طول مهاری آرماتور فشاری از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$l_d = 0.075\, d_b \frac{F_y}{\sqrt{f'c}} \geq 20\, Cm$$

که در این رابطه :

d_b : عبارت است از قطر آرماتور طولی (Reinforcing Bar Diameter)

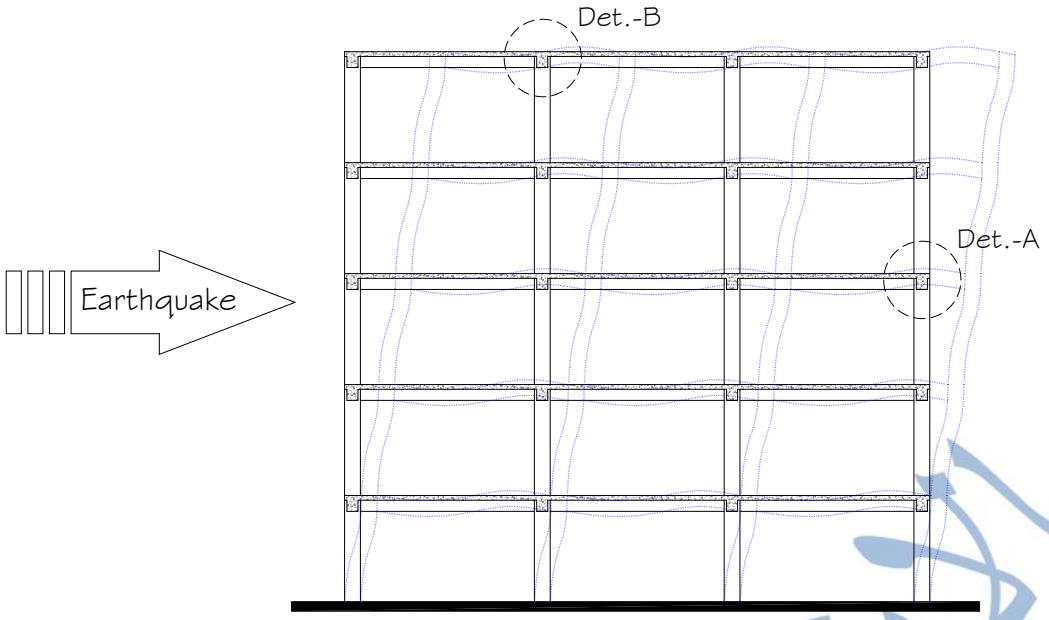
F_y : عبارت است از تنش تسلیم آرماتور (Specified Yield Strength of Reinforcing Bar)

$f'c$: عبارت است از مقاومت مشخصه فشاری بتن (Specified Compressive Strength of Concrete)

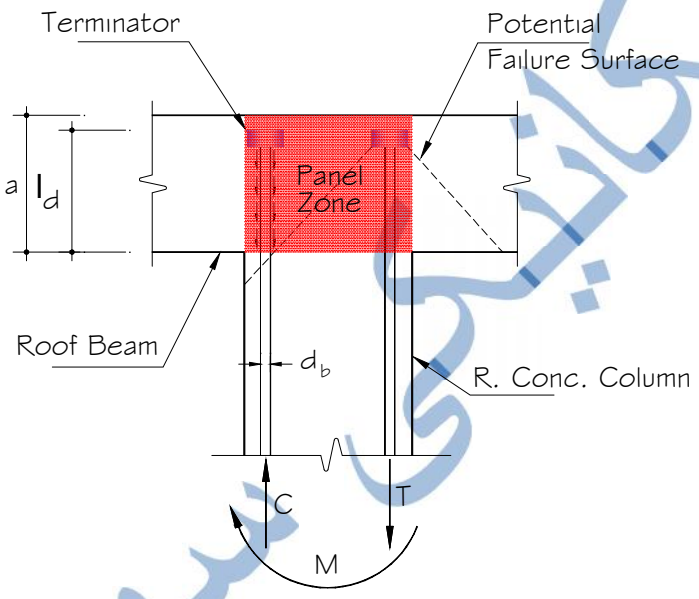
چنانچه در بحرانی‌ترین حالت F_y را برابر با $4000\, Kg/Cm^2$ و $f'c$ را برابر با $210\, Kg/Cm^2$ فرض نماییم، بر این اساس، حداقل طول مهاری فشاری آرماتور برابر است با :

$$l_d = 0.075\, d_b \times \frac{4000}{\sqrt{210}} \cong 20\, d_b$$

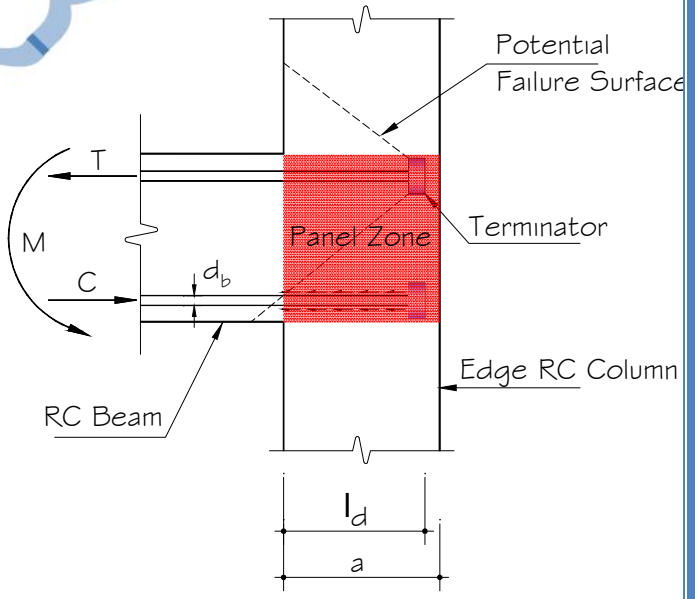
بدین معنی که حداقل طول مهاری افقی آرماتور فشاری باید حداقل معادل ۲۰ برابر قطر آرماتور باشد تا تنش مماسی بین آرماتور و بتن جوابگوی مهار آرماتور در بتن باشد.



RC Moment Resisting Frame Elevetion



Detail B



Detail A

شکل-۳ : مکانیزم توزیع نیروها در چشمه اتصال قاب بتنی هنگام زلزله

با توجه به موارد فوق می‌توان جدول مربوط به حداقل بعد ستون (یا تیر بام) جهت مهار آرماتور را بدست آوریم. لازم به ذکر است که استفاده از مهار مکانیکی صرفاً برای تیرها و ستونهای نسبتاً قطور که تأمین کننده طول مهار آرماتور هستند، توجیه فنی- اقتصادی دارد.

a (Cm)	L_d (Cm)	$(d_b)_{max}$
30	25	Φ12
35	30	Φ16
40	35	Φ18
45	40	Φ20
50	45	Φ22
55	50	Φ25
60	55	Φ28
65	60	Φ30
70	65	Φ32

اتصالات مکانیکی سهند