خلاصه نکات کتاب طراحی ساختمان بتنی، دکتر محمود گلابچی

با رویکرد ایستایی و فن ساختمان

- دوستان عزیز مباحث ارائه شده در این کتاب به سه درس ایستایی ، عناصر و مصالح ساختمانی کمک می کند اما به دلیل حجم زیاد مطالب کتاب تنها نکات مرتبط با درس ایستایی و فن ساختمان ارائه می گردد.. برخی نکات برای رشته معماری شاید لازم نباشد در مطالعه مطالب لطفا مدیریت داشته باشید. برای دانشجویان مدیریت فصل یک کتاب که در خلاصه آورده نشده است بصورت کامل برای درس مصالح ساختمانی مطالعه گردد

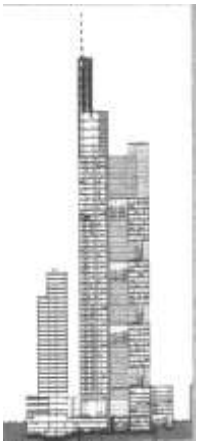
بررسی موردی بناها :

- **برج مخابراتی ترونتو، جان اندروز** : ارتفاع ۵۵۳ متر (بلند ترین برج مخابراتی جهان)

برج بتنی با آنتن دکل فولادی

– پایه اصلی مقطع شش ضلعی بتنی میان تهی در بردارنده (آسانسور و راه پله)

- پی بتن مسلح عمیق (پی های شمعی)



- **کامرز بانک ، نورمن فاستر :**

- با دیدگاه اکوتک

- برج مثلث شکل بر روی سه پایه عظیم در گوشه های مثلث که در بر دارنده آسانسورها ، پلکان های عمودی و مارپیچ هستند .

- پوشش سقف از خرپای قابی

فصل دوم : تاریخچه بتن و ساختمان های بتن آرمه :

۱) دوران نخستین : اولین کاربرد نوع خاصی از بتن در خاور میانه (۵۶۰۰ ق . م)

رومی ها اولین بتن را با مخلوط کردن بتونه آهک + گرد آجر + خاکستر آتش فشانی بدست آوردندو به همراه سنگ برای ساخت راه ،کانال آب و ساختمان استفاده کردند

* در ساخت پانتئون و کلوزیوم از پوزلان (یک نوع کمیاب ماسه است که با مخلوط کردن آهک و آب بوجود می آید،که از لحاظ شیمیایی واکنش نشان می دهند و سخت می شوند، دارای سیلسیوم و آلومینیوم است و با کلسیم هیدروکسید واکنش میدهد و ترکیبات سیمان دار به وجود می آورد) استفاده کردند.

کلسیای نوتردام : ماسه پوزولانی در ملات جزر ها

برج دریایی ادی استون در کورنوال : استفاده از مناسب ترین ترکیب سیمانی هیدرولیکی

ویلکینسون اولین ساختمان ساخته شده از بتن مسلح را بنا کرد یک کلبه دو طبقه کوچک از بتن که کف و سقف با تیر های آهنی و مفتول فلزی تقویت شده است

شکل ۲-۷- اولین ساختمان ساخته شده از بتن مسلح در ایالات متحده، ویلیام وارد، ۱۸۷۵-۱۸۷۱

آپارتمان رو فرانکلین، آگوست پره، ۱۹۰۳

استفاده از بتن مسلح ، مجزا کردن سازه بتنی تقویت شده از دیوار های خارجی ، حذف دیوار های داخلی به عنوان باربر و تبدیل آن به پلان باز .

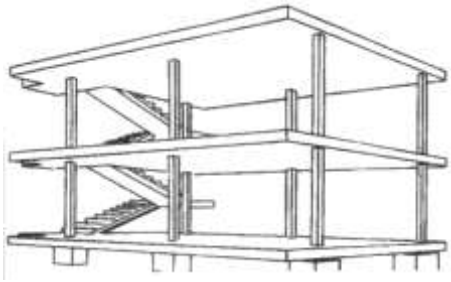
ساختمان اینگالز ، آمریکا ، سر آغاز بلند مرتبه سازی با بتن آرمه

کارخانه توربین آ. اِ. گ ، آهان ، پیتر بهرسن
استفاده از بتن و فولاد بدون پوشش خارجی و استفاده زیاد از شیشه

خانه استیز ، اتریش ، آدولف لوس
استفاده از بتن مسلح

تئاتر چمپ الیز فرانسه ، آگوست پره ، بتن مسلح

بنای یادبود لهستان ، ماکس برگ ، بتن مسلح



خانه دومینو ، لوکوربوزیه :

سیستم متشکل تیر و ستون بتنی

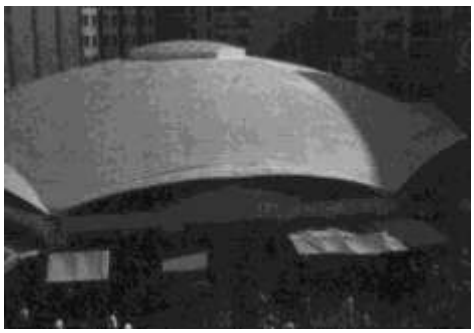
قطعات سقفی استاندارد شده ، ستون های عقب نشسته از سطح نما ، پله طره شده در انتها

قطعات بتنی سقف می توانند دارای تیر های بتنی ، عناصر تقویت کننده فلزی و بلوک های مجوف باشند .

کلیسای نوتردام ، فرانسه ، آگوست پره ، بتن مسلح

سقف قوسی مرتفع و ستون های نازک گواه ویژگی استثنایی بتن در این بناست.

شهر معماری روتردام ، هلند ، جاکوبس یوهانس پیتر اود بتن مسلح



سالن خرید الجسیراس ، ادوارد تروجا ، گنبد کم ارتفاع پوسته بتنی با کابل های فولادی برای ایجاد حلقه کششی

ویلا ساوا ، لوکور بوزیه بتن مسلح ساختمان دارای پیلوتی
حذف دیوار های داخلی و خارجی به عنوان باربر
استادیوم شهری برتا ، نروی
تیر های طره ای نمایان و استفاده جسورانه از بتن نمایان

میدان اسب دوانی ، مادرید ، ادوارد تروجا
بتن آرمه ،طره ای به عنوان سازه پوسته بتنی

خانه آبشار، فرانک لوید رایت ، بتن مسلح
سازه متشکل از یکسری بالکن و تراس طره ای
در سطوح عمودی از سنگ آهک و در سطوح افقی از بتن

آشیانه هواپیما ، نروی ، استفاده از بتن سبک و مقاوم

سالن نمایشگاه تورین ، نروی
استفاده از لایه های مشبک فولاد که ملات سیمان روی آن پاشیده شده است .

کلیسای سنت ، اگوست پره ، بتن مسلح

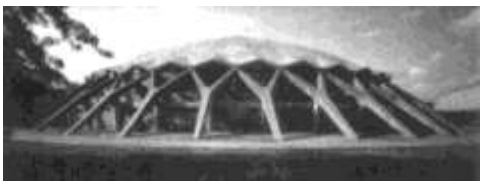
کلیسای میراکولوس مقدس ، کاندلا ، پوسته بتنی نازک (بتن مسلح)

موزه گوگنهایم ، فرانک لوید رایت

کلیسای رونشام ، لوکوربوزیه
قاب سازه متشکل از فولاد و شبکه های فلزی که بر روی آن بتن پاشیده شده است

رستوران لس مانانیتالس ،کاندلا
سازه پوسته بتنی موج دار نازک

ساختمان اداری کاگاوا ، کنزوتانگه ، بتن مسلح



سالن ورزشی پلازتو دلواسپرت ، نروی
سقف گنبدی و دالبر شکل بتن مسلح

برج سی . بی . اس ، آرو سارنین
اولین برج ساخته شده از بتن مسلح در نیویورک

فرودگاه دالاس ، آروسارنین
دال بتنی که توسط کابل های معلق نگه داشته شده

ورزشگاه ملی توکیو :
سقف منحنی بتنی که از کابل هایی آویزان هستند .

سالن سخنرانی ، واتیکان ، نروی ، پوسته بتنی

خانه آزوما ، تادئو آندو ، استفاده از مصالح مدرن مانند بتن مسلح

برج سنترال پلازا ، هنگ کنگ (۳۷۴ متر)
مرتفع ترین آسمان خراش با سازه مسلح
در زمان ساخت به دلیل اقتصادی بودن از بتن استفاده شد

برج های دوقلوی پتروناس ، مالزی ، سزار پلی (۴۵۲ متر)
استفاده از بتن مسلح با نمای فولاد و شیشه ، دارای عمیق ترین پی در دنیا
دارای هسته برشی در مقابل نیروهای خارجی
ساختمان هر برج شامل ستون های متعددی در اطراف است که مثل یک لوله عمل می کنند.

برج دوبی (برج خلیفه) آدریان اسنیت ، ۸۱۸ متر
سازه لوله ای از بتن مسلح (هسته مرکزی ودیوار های برشی بتنی) و در قسمت فوقانی دارای اسکلت فلزی
فونداسیون پی گسترده و ۱۹۲ شمع اصطحکاکی
دیوار های برشی مقاومت در برابر بار جانبی و تحمل بار ثقلی
هسته شش ضلعی وضیفه کاهش پیچش طبقات پایین را دارد.
مصالح مصرفی سازه بتن مسلح و فولاد
مصالح نما آلومینیوم و شیشه

بررسی موردی بناها :

مارپیچ شیکاگو ، کالاتراوا :

دومین ساختمان بلند مسکونی رعایت الگو های معماری پایدار در جهان
(الهام گرفته از مارپیچ دود و شبیه به پولت حلزون)
به منظور پایداری سازه هر طبقه با گوشه های طره شده و چهار ضلع مقعر احاطه شده است
هسته بتنی باریک شونده و ۱۲دیوار برشی و نیز شکل منحنی مارپیچ برج هرسه برای مقابله با نیرو های جانبی باد طراحی شده اند.

برج بیونیک ، الوی کلایا ، شانگهای چین :

تمام طبقات ملهم از طبیعت
پی های ملهم از ریشه درختان تنومند برای مقابله با نیروی باد و زلزله .
سیستم سازه ای آوندی ، شامل ۹۲ عنصر ستونی که با غشای نازک پیچ و تاب خورده شکل گرفته و اطرافش با بتن خاص پوشیده شده و شکلی کپسول مانند به خود گرفته است.
برج بیوتیک از همسایگی های عمودی تشکیل شده است که مشابه این حلقه های متمرکز عمل می کنند و در حقیقت مانند تشک های هوایی هستند که آتش وارد آنها نمی شود و خروج از بنا را برای ساکنان آن مسیر می سازد.

فصل سوم

انواع سیستم های سازه ای بتنی در معماری :

معماری و سازه های بتن آرمه:

اولین موارد استفاده از بتن آرمه در احداث ساختمان های سر پوشیده وسیع یا تاسیسات زیرزمینی بوده است ، در نتیجه به دلیل شرایط سخت قالب بندی و بتن ریزی نیاز به نیروی انسانی ماهر و ضرورت نگهداری در شرایط ویژه قطعات پیش ساخته مرسوم شد.

ترمینال TWA ، نیویورک ، اورسارنین :

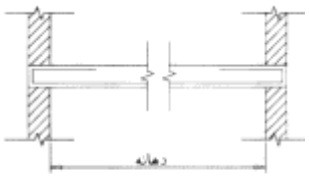
پوسته بتنی با انحنای دو گانه ساخت

پوسته های با انحنای دو گانه بسیار پرهزینه است در نتیجه از فرم هذلولی استفاده کردند چون این فرمها با خطوط راست ایجاد می شوند و از قالب چوبی استفاده کرد.

*کاندلا از مهندسانی است که از پوسته های سهموی –هذلولی استفاده بسیار کرده است.

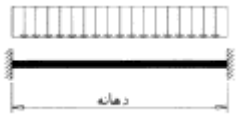
*نروی اولین کسی است که طاق ها و گنبد های بتنی را در ساخت آشیانه هواپیما و فضا های ورزشی و .... به کار برده است.

*مشخصه مهم ساختمان بتن آرمه ضرورت تداوم مراحلی که با قالب بندی های جداگانه ساخته می شود. مثلا بین ستون و قالب تیری که پس از گرفتن اولیه ستون بر روی آن بسته می شود.

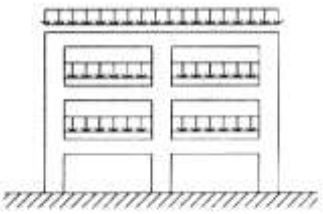


عوامل موثر در انتخاب فرم در سازه های بتن آرمه :

*ساختمان هایی که به صورت معین طراحی می شوند بسیار معدودند اغلب در ساختمان های بتنی برای مقاوم کردن سازه در برابر بارگذاری های پیش بینی نشده و شدید سازه را نا معین طراحی می کنندتا ضریب اطمینان مقاومت استاتیکی را افزایش دهند.



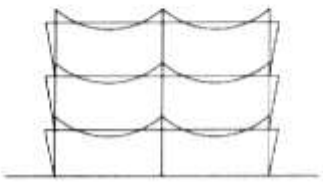
دال های بتن آرمه روی دیوار برشی و نمودار استاتیکی آن



بارگذاری سنگین بر روی اسکلت های چند طبقه بتنی و نمودار لنگر خمشی متناظر آن ←

از مزایای مهم بتن نسبت به فولاد مقاومت در برابر حریق می باشد اما وزن بتن نسبت به فولاد بسیار زیاد است که از مشکلات آن محسوب می شود

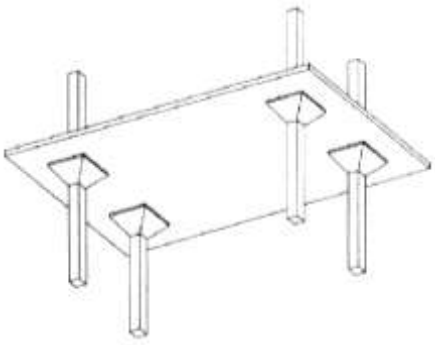
انتخاب سیستم ساختمانی:



در انتخاب سیستم ساختمانی موارد زیر اهمیت دارد:

معیار ها ، الزامات و محدودیت ها مشخصات خاک ،مقاومت در برابر حریق ، نوع تاسیسات ، محدودیت ها اجرا ، هزینه نیروی انسانی ، تجهیزات و مصالح ، دهانه ها ، بارگذاری ، احتمال توسعه آینده

الف) سیستم دال های مسطح بتنی :



دال های مسطح به طور معمولی برای دهانه ۳ تا ۹ متر و بارگذاری سبک استفاده می شود در دهانه زیر ۹ متر بار مرده دال یک عامل کنترل کننده به شمار می رود . اگر دال ها یک پارچه باشند انعطاف پذیری کمی برای تجهیزات مکانیکی دارند، اغلب سقف کاذب برای جاسازی توصیه می شود.

سازه دال مسطح در ۲ جهت میلگرد گذاری می شود، قالب بندی این سیستم راحت است.

در دال یک طرفه میلگرد های کششی گشتاور خمشی را در یک جهت و دردال دو طرفه در دوجهت منتقل می کنند اما در دال یک طرفه تنش حاصل از انقباض یا حرارت را در دو جهت منتقل می شوند.

تفاوت این دو سیستم در در نسبت بین دو دهانه هاست دال یک طرفه در هر دهانه ای قابل اجراست اما در دال دو طرفه تناسبات بین ۱:۱ تا ۱: ۱/۵ حداکثر $\frac{1}{2}$ می باشد.

ب) سیستم تیر چه های بتنی :

معمولا برای دهانه ۴ تا ۱۲ متر و بارگذاری متوسط استفاده می شود. جاسازی تجهیزات مکانیکی تنها در جهت موازی با دهانه امکان پذیر است . قالب بندی کمی پیچیده تر است و تنها در یک جهت ساخته می شود . در مجموع این روش موجب کاهش هزینه و زمان ساخت می شود .ضخامت کلی سقف در این سیستم حدود یک پانزدهم تا یک بیستم دهانه سقف است.

ج) سیستم سقف بتنی وافل :

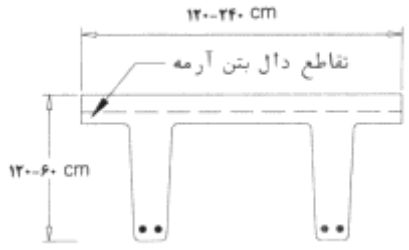
سقف بتنی وافل در حقیقت یک دال دو طرفه بتنی است.تناسبات دهانه آن ۱:۱ و ۱:۱/۵ می باشد

قابلیت پوشش دهانه ۶ تا ۱۶ متر را دارد و بارگذاری متوسط تا سنگین بکار می رود.

قالب بندی پیچیده تر و میلگرد گذاری و جا دادن تجهیزات مکانیکی آن دشوار تر است.

ضخامت کلی سقف بین $\frac{1}{20}$ تا $\frac{1}{40}$ دهانه سقف است.

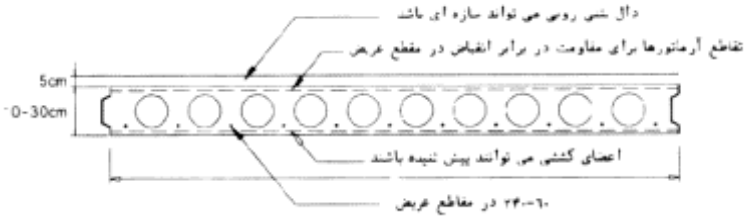
د) سیستم اجرای بتن به شکل T (به صورت زوج یا منفرد):



از این سیستم برای پوشاندن دهانه های ۹ تا ۲۴ متر استفاده می شود، به دلیل پیش ساخته شدن زمان نصب کوتاهتری دارد، ولی نیازمند تجهیزات بیشتری است. عرض این قطعات بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ س.م است . قابلیت جای دادن تایسات مکانیکی را در جهت موازی با دهانه دارد. ضخامت کلی سقف در این سیستم یک پانزدهم تا یک سی ام دهانه است .

ه) سیستم پوشش کف توسط تیر های بتنی باجان باز:

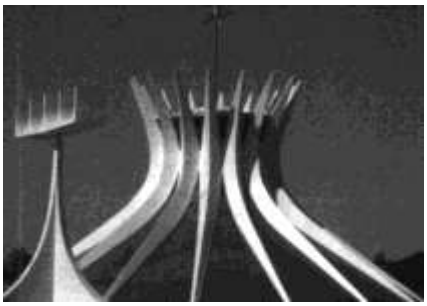
بیشتر به صورت پیش تنیده برای دهانه ای ۶ تا ۱۵ متر و شرایط بارگذاری محدود به کار می رود استفاده از این نوع تیر ها که عملا به صورت دال های بتنی مجوف،قطعات پوشش دهنده سقف نیز محسوب می شوند موجب افزایش سرعت نصب می شوند و می توانند تاسیسات مکانیکی را در یک جهت عبور دهند محدودیت های اجرایی داخل وجود ندارد اما سطح صاف ایجاد شده موجب آشکار شدن بیش از پیش عیوب ، ترک ها و درزهای موجود در بتن می شود. ضخامت کلی سقف بین یک سی ام تا یک چهلم طول دهانه است.



بررسی موردی بناها :

برج ارتباطات مونت ج.یک ، اسپانیا ، کالاتراوا : ارتفاع ۱۳۰ متر .

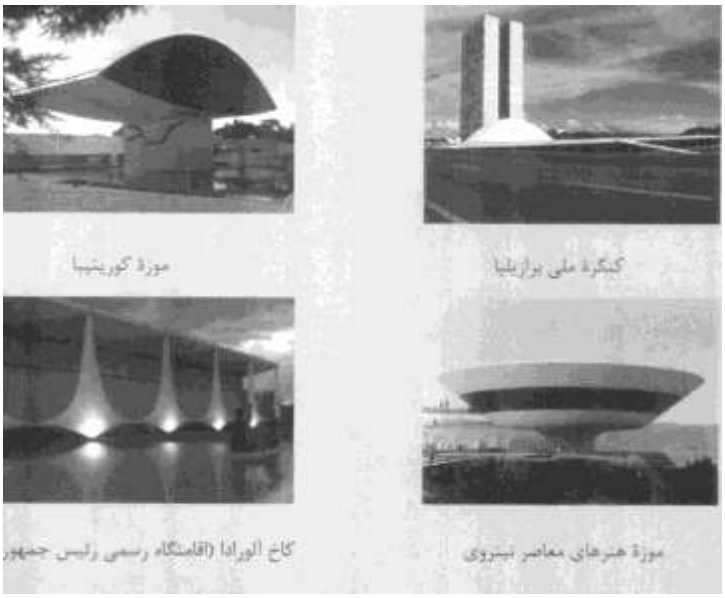
الهام گرفته از بدن انسان ، نمادی برای بازی های المپیک و تاریخ هنر بارسلون : عملکرد مخابراتی و ارتباطاتی ، سازه فلزی



کلیسای جامع برزیلیا ، اسکار نیمایر :

شبه هذلولی از قالب بتنی و سقف شیشه ای

از دیگر پروژه های معروف نیمایر:



فصل چهارم مفهوم طراحی به روش حالت حدی :

حالت حدی نهایی (گسیختگی): این حالت وقتی فرا می رسد که ساختمان یا قسمتی از آن منهدم شود.

حالت حدی خدمت پذیری : این حالت می تواند به علت خیز بیش از حد ، ترک خوردگی، ارتعاش و مانند آن باشد.

*ساختمان برای حالت حد نهایی طراحی شده است و برای حالات حدی خدمت پذیری کنترل می شود .

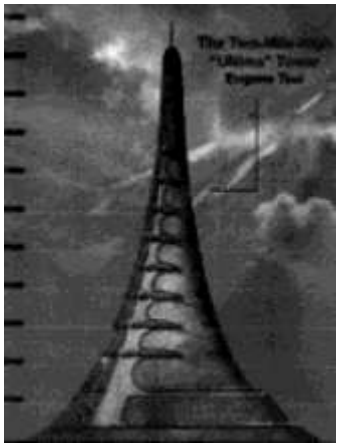
طراحی به روش حالات حدی بر پایه مفاهیم آماری و عملکرد روش های آماری نسبت به تغییراتی است که در عمل اتفاق می افتد.

مقاومت مشخصه f_k : آن مقداری از مقاومت فشاری بتن یا جاری شدن میله فولادی است که فقط درصد معین و اندکی از نتایج آزمایش می تواند کمتر از آن باشد (مقاومت مشخصه بتن را مقاومت ۲۸ روزه نمونه مکعبی می دانند که فقط ۵ درصد نتایج آزمایش ممکن است کمتر از آن باشد).

بار طراحی = بار مشخصه × (γ_f) ضریب ایمنی

مقاومت طراحی = ۱ / (γ_μ) ضریب ایمنی مقاومت × (f_k) مقاومت مشخصه

بررسی موردی بناها :



برج التیمیت ، سانفرانسیسکو ، اوگن ستو

ای برج دارای پایدارترین شکل آیرودنیامیکی است که برای یک سازه بلند مرتبه تصور می شود.ضخامت دیوار ها درکلیه طبقات یکسان است.برج نهایی مانند پل معلق کابلی است که بر یک انتها ایستاده است.

اگر باد یا زلزله یک قسمت سازه را تخریب کند ، قسمت دیگر نیرو ها را جذب و پراکنده می کند.

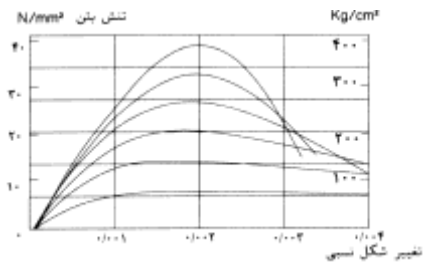
مصالح این بنا: فولاد و بتن با مقاومت بالا ، فولاد ضد زنگ ، آلومینیوم آنالیز شده ، اکریلیک ، مس زنگاری ، کابل فولادی ضد زنگ ، شیشه خود سایه انداز، سرامیک های کامپوزیت ، شیشه آبداده

تاق بزرگ لاد فانس ، یوهان اوتو فن اسپرکلسن ، فرانسه :

ارتفاع ۱۱۰ متر ، قاب بتنی پیش تنیده ، پوشش شیشه ای و سنگ مرمر

فصل پنجم طراحی تیر های بتن آرمه :

نمونه هایی از منحنی تنش – تغییر شکل نسبی حاصل از نمونه های بتنی را که به صورت یک محوری در آزمایش ها به مدت چند دقیقه بارگذاری شده اند نشان می دهد.

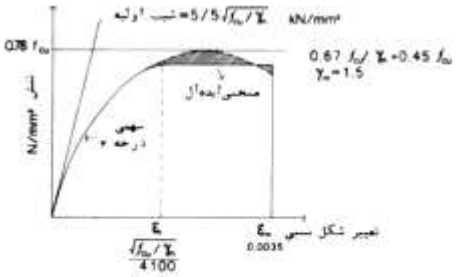


شکل دقیق منحنی تنش تغییر شکل نسبی به مقدار زیاد به مقاومت بتن بستگی دارد، نتایج زیر را می توان برای بتنهایی که معمولاً در محل به کار برده می شوند در نظر داشت:

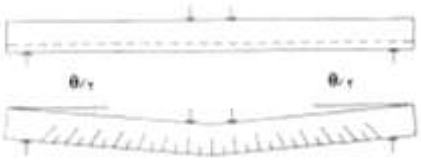
۱) تا ۵۰ ٪ تنش MAX، منحنی تنش تغییر شکل نسبی را می توان تقریباً بوسیله یک خط مستقیم نشان داد.

۲) تنش MAX در تغییر شکل نسبی برابر ۰/۰۰۲ بوجود می آید

۳) ترک خوردگی قابل رویت و متلاشی شدن بتن تا قبل از تغییر شکل نسبی ۰/۰۰۳۵ بوجود نمی آید.



شکل ۵-۲: منحنی تنش- تغییر شکل نسبی فشاری



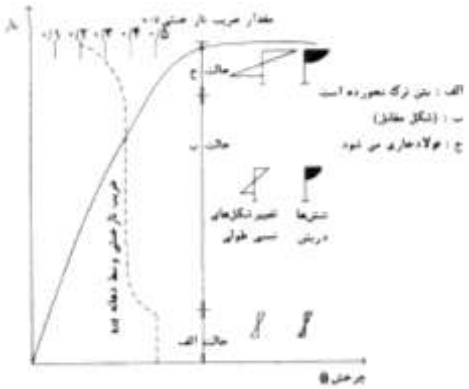
شکل ۵-۷: بارگذاری یک تیر بتن‌آرمه

نکته : مقاومت کششی بتن معمولا کمتراز ۲۰ ٪ مقومت فشاری آن است.

ضریب پواسون : نسبت بین تغییر شکل نسبی جانبی به تغییر شکل نسبی در جهت بار وارده در بارگذاری یک محوری " ضریب پواسون " نامیده می شود این مقدار برای بتن بین ۱۵ ٪ تا ۲۰ ٪ تغییر می کند

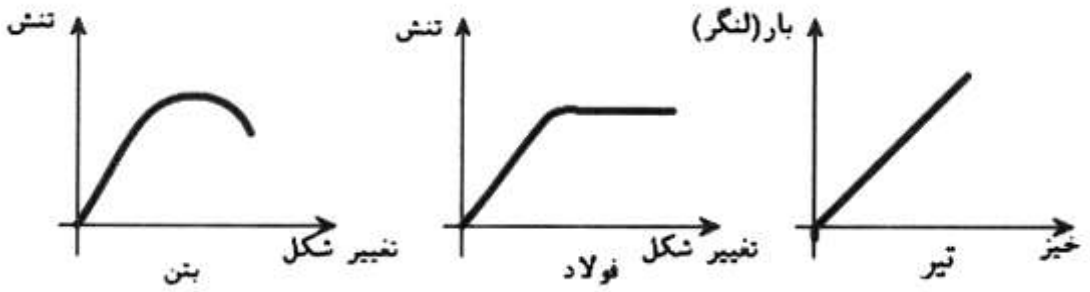
رفتار قطعات خمشی : اگر یک تیر بتن آرمه به تدریج تا گسیختگی بارگذاری شود :

الف) توزیع تغییر شکل های نسبی طولی در یک مقطع عمودی خطی است فشار MAX در سطح فوقانی و کشش MAX در سطح تحتانی داریم.تغییر شکل نسبی فولاد و بتن یکسان است و متناسب با گشتاور خمشی خارجی در آن مقطع

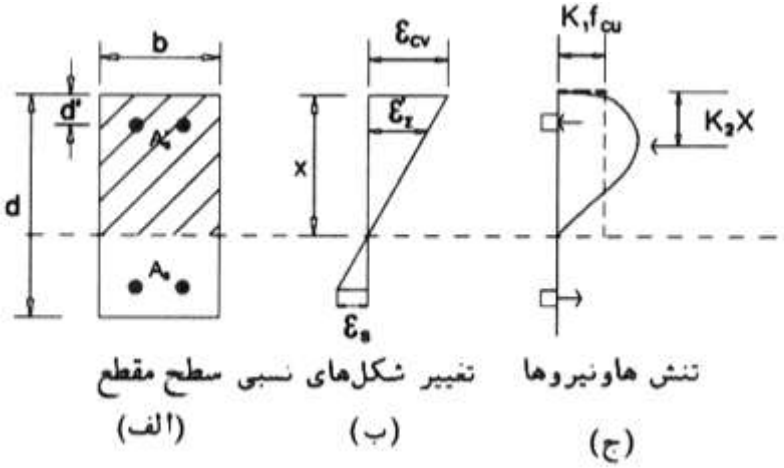


ب) مقاومت کششی بتن در سطح تحتانی به صورتی است که ترک هایی در آنجا پدیدار می شود و پیش می رود فولاد نیروهای کششی را تحمل می کند و تغییر شکل زیادی پیدا می کند توزیع تغییر شکل های نسبی در مقطع عمودی فعلاً خطی است . اما کم کم از این الگو منحرف می شود.

ج) فولاد به جاری شدن می رسد . افزایش گشتاور وارده نمیتواند با افزایش تغییر شکل در فولاد تحمل شود و گسیختگی به وجود می آید .



رفتار کلی بتن ، فولاد و تیر بتن آرمه



تنش ها و تغییر شکل های نسبی در گسیختگی

*درصد فولاد کششی وقتی که از فولاد با حد جاری شدن بالا (فولاد آجدار) استفاده می شود نباید از ۱۵ /۰ درصد و برای فولاد معمولی (نرمه) نباید از ۰/۲۵ درصد کمتر باشد

*درصد فولاد کششی و فولاد فشاری نباید از ۴ درصد تجاوز نماید

*خاموت ها یارکابی ها به خاطر مقاومت در مقابل برش ، یا برای نگهداری فولاد فشاری در مقابل کمانش یا به دلیل اجرایی لازم هستند. در جایی که فولاد فشاری در یک تیر استفاده می شود باید خاموت هایی به قطر حداقل $\frac{1}{4}$ قطر بزرگترین میلگرد کششی یا فشاری در فواصلی که از ۱۲ برابر قطر کوچکترین میلگرد کششی یا فشاری تجاوز نکند ، قرار داده شود

*پوشش اسمی فاصله بین سطح بتن تا خارجی ترین سطح میلگرد است . این مقدار برای شهر تهران20mm و برای مناطق شمالی 40mm است.

*کمترین فاصله بین میلگرد ها : فاصله آزاد افقی بین میله ها معمولا نباید کمتر از 5mm + (MAX اندازه اسمی (h_{agg}) مصالح سنگی درشت و یا قطر میلگردها (Ø)) هر کدام که بزرگتر است ، باشد.

*فاصله عمومی آزاد بین ردیف میلگردها نباید کمتر از $\frac{2}{3}$(h_{agg} یا Ø) هر کدام که بزرگترند، باشد.

*میلگردهای هر ردیف باید به صورت قائم در یک خط باشند.

*محدودیت های مربوط به بیشترین فاصله بین میلگردها به منظور کنترل عرض ترک ها می باشد.

*وقتی میلگردها در کنار هم قرار دارند (overlap)طول مشترک دو میلگرد نباید کمتر از بیشترین طول های داده شده زیر است:

الف) برای میلگردهای آجدار در کشش ،کوچکترین طول به مقدار L_{ab} ۱/۲۵

ب) ۲۵ Ø+ 150 mm برای میلگرد های کششی و ۲۰ Ø + 150 mm برای میلگرد های فشاری که Ø قطر میلگرد کوچکتر است

*به جز تکیه گاه کناری ، هر میلگرد باید تا طول معینی بعد از نقطه قطع تئوری آن ادامه یابد این طول نباید از ارتفاع موثر عضو یا ۱۲ برابر قطر میلگرد کمتر باشد

دستور های ساده شده برای قطع میلگرد ها :

الف) تیر های با تکیه گاه ساده : بیش از ۵۰ درصد میلگرد های وسط دهانه بایستی حداقل به اندازه ۱۲ برابر قطر میلگرد بعد از مرکز تکیه گاه ادامه یابد . ۵۰ ٪ باقی مانده باید تا ۰/۰۸ l از تکیه گاه ادامه یابند

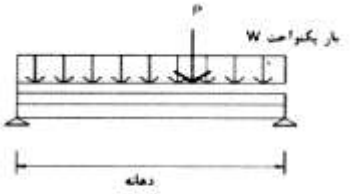
ب)تیر های طره ای : حداقل ۵۰ ٪ میلگرد های کششی تکیه گاه باید تا انتهای تیر ادامه یابند .۵۰ ٪ باقی مانده نیز باید تا فاصله $\frac{1}{2}$ یا Ø ۴۵ هرکدام که بزرگتر است ادامه یابند .

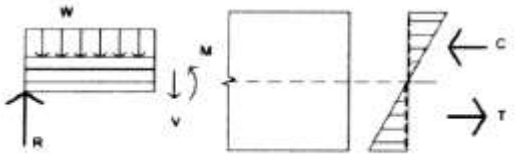
ج) تیر های یکسره با دهانه های مساوی :

۱) حداقل ۲۰ ٪ میلگرد های کششی تکیه گاه باید در دهانه ادامه یابند از باقی مانده نصف آنها باید تا فاصله 0.25 L یا Ø ۴۵ (هرکدام بزرگتر است) ادامه داشته و نصف دیگر تا فاصله 0.15L یا Ø ۴۵ (هرکدام که بزرگتر است) ادامه یابند.

۲) حداقل ۳۰ ٪ میلگرد های کششی وسط دهانه باید تا تکیه گاه ها ادامه یابند بقیه باید تا 0.15L برای تکیه گاه های داخلی و 0.1 L برای تکیه گاه های خارجی ادامه یابند

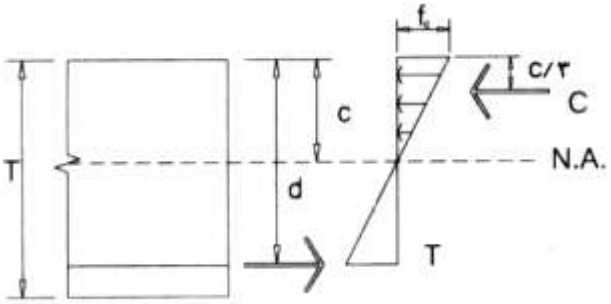
۳) در تکیه گاه ساده خارجی جزئیات باید مانند تیر های ساده باشند



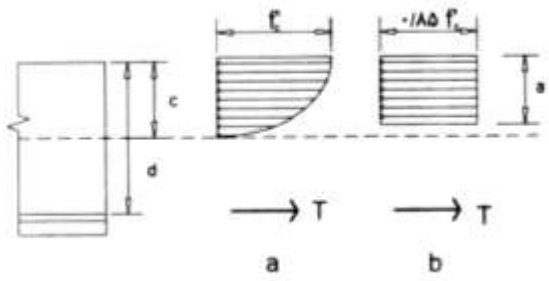


نمودار شماتیک تیر تحت تاثیر بارگذاری و توزیع خطی تنش

*برای ایجاد تعادل T و C برابر و در جهت خلاف گشتاور خمشی مقطع هستند



نمودار توزیع تنش در طراحی تیر بتن آرمه به روش تنش مجاز (مشابه روشی که در مورد چوب و فولاد به کار می رود)



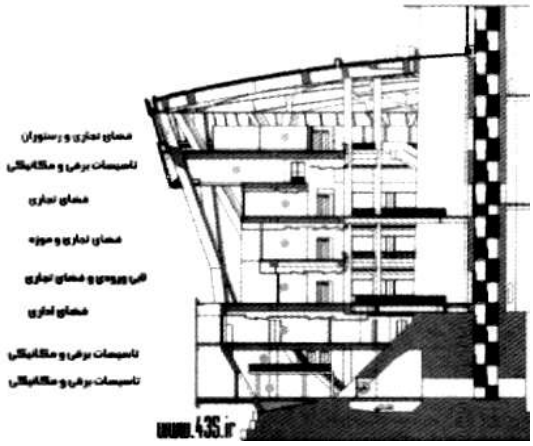
نمودار توزیع تنش در طراحی تیر بتن آرمه به روش مقاومت نهایی (روش جدید در مقایسه با روش های به کار رفته در مورد چوب و فولاد)

بررسی موردی بناها :

برج میلاد ، شرکت یادمان سازه ، تهران : ارتفاع ۴۳۵ متر

از پنج قسمت (پی ، پایه برج ، بدنه اصلی،راس،آنتن مخابراتی) تشکیل شده است

پی بتنی با رشته های سیم بافته کششی درون غلاف های پرشده از ملات گروت . پایه بتنی ، بدنه اصلی ۸ ضلعی با بتن مسلح ، ساختمان راس برج سازه فولادی با نمای شیشه ای ،۹ دستگاه آسانسور دکل از جنس فولاد با پوشش گالوانیزه گرم .



برج تایپه ، سی . وای . لی ، تایپه : ارتفاع ۵۰۹متر

فرم اصلی بر گرفته از پاگودا سازه فولادی است و از دمپرهایی به منظور مقاوم سازی در برابر زلزله استفاده شده است . مصالح اولیه آن شیشه ، فلز ، بتن ، فونداسیون شمع بندی بتنی
قاب بسیار بزرگی برای ۶۲ طبقه اول در نظر گرفته شده که شامل ۸ ستون فولادی است که داخل آن با بتن پر شده است (۶۷ ٪ قوی تر از عملکرد مصالح دیگر در آسمان خراش های دیگر)چندین قاب در سر تاسر سازه اصلی به منظور مقاومت در برابر باد و زلزله طراحی شده است .
کره فولادی معلق در بالای برج نقش مستهلک کننده انرژی ناشی از زلزله را دارد .

فصل ششم ، طارحی تیر های بتن آرمه برای حالت حدی خدمت پذیری :

*به پدیده ی افزایش تغییر شکل بتن در طول زمان تحت تنش دائمی ، خزش می گویند.
خزش در بتن تازه ریخته شده بیشتر از بتنی است که به مقاومت ۲۸ روزه رسیده است خزش را می توان با میلگرد گذاری فشاری بوسیله میلگرد های ممتد فوقانی کاهش داد . آیین نامه های اروپایی تغییر شکل نهایی را که شامل اثرات خزش و جمع شدگی نیز هست به مقادیر زیر محدود می کند

الف- $\frac{\text{طول دهانه}}{250}$

ب- پس از ساختن دیوار های جدا کننده و سایر کار های تکمیلی ، $\frac{\text{طول دهانه}}{350}$ یا مقدار 20mm هرکدام که کوچکتر است

نسبت‌های دهانهٔ اصلی تیر به ارتفاع موثر برای تیرهای مستطیلی ($10m \leq$ طول دهانه)

شرایط تکیه‌گاه	نسبت
طره‌ای	۷
ساده	۲۰
پیکسره	۲۶*

* برای تیر پیکسره به جای طول کل تیر تنها طول یک دهانه در نظر گرفته می‌شود

جدول ۶-۷: محدودیت تغییر شکل در تیرها و دال‌ها

انواع قطعه	تغییرشکل موردنظر	محدودیت تغییرشکل	ملاحظات
۱- بام‌های تخت که به قطعاتی غیرسازه‌ای متصل نیستند یا آنها را نگهداری نمی‌کنند بنابراین تغییرشکل زیاد، آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند.	تغییرشکل آنی ناشی از بارهای زنده	$\frac{1}{180}$	-
۲- مانند بالا در مورد کف‌ها	مانند بالا	$\frac{1}{360}$	-
۳- بام‌ها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند یا آنها را نگهداری می‌کنند و تغییرشکل زیاد، ممکن است آسیبی در این قطعات ایجاد کند.	آن قسمت از تغییر شکل که بعد از اتصال قطعات غیرسازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه افتادگی دراز مدت ناشی از بارهای دائمی و تغییرشکل آنی ناشی از بارهای زنده است.	$\frac{1}{480}$	درصورتی‌که بتوان با اتخاذ تدابیر ویژه‌ای از ایجاد آسیب به قطعات غیرسازه‌ای جلوگیری کرد، می‌توان حد مربوط به محدودیت را کاهش داد.
۳- بام‌ها یا کف‌هایی که به قطعات غیرسازه‌ای متصل هستند و یا آنها را نگهداری می‌کنند، ولی تغییر شکل زیاد آسیبی در این قطعات ایجاد نمی‌کند.		$\frac{1}{240}$	- تغییر شکل نباید از حد رواداری قطعات غیرسازه‌ای تجاوز کند، در صورتی که در قطعه خیز ایجاد شده باشد، حد محدودیت مشخص شده در مورد تفاضل تغییرشکل و خیز اعمال می‌گردد. - اضاف تغییر شکل دراز مدت بر اساس رابطهٔ $\lambda = \frac{\xi}{1+50\rho'}$ محاسبه می‌شود، ولی می‌توان اضافه تغییر شکل دراز مدت را که قبل از اتصال قطعات غیرسازه‌ای در عضو ایجاد شده، محاسبه کرد و از کل مقدار اضافه تغییر شکل دراز مدت کاست. در محاسبات تغییر شکل مورد نظر مقدار باقیمانده دخالت داده می‌شود.

جدول ۶-۸: حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یک‌طرفه

عضو	با تکیه‌گاه ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	طره
تیرها یا دال‌های یک طرفه پشت‌بنددار	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{18/5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{8}$
دال‌های دو طرفه توپر یا سقف‌ها تیرچه بلوک	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{10}$

بررسی موردی بناها :

برج العرب ،اتکینز و همکاران ، دوبی :

سازه شامل دو اسکلت بتنی و فلزی . سازه اصلی برج فلزی و پلان آن مثلثی است که در هر راس آن ستونی قرار دارد ستون ها با خرپاهای افقی به هم متصل شده اند و برای تقویت بیشتر ساختمان در برابر بارهای جانبی از خرپاهای فولادی مورب استفاده شده است. در فضای میانی ساختمان قسمت اصلی برج با سازه بتنی ساخته شده است که اسکلت فلزی پیرامون آن قرار گرفته است. نمای بادبان مانند ازدینئون ساخته شده است. بستر بنا ماسه ای است و کل ساختمان بر روی شمع بتنی متکی است.

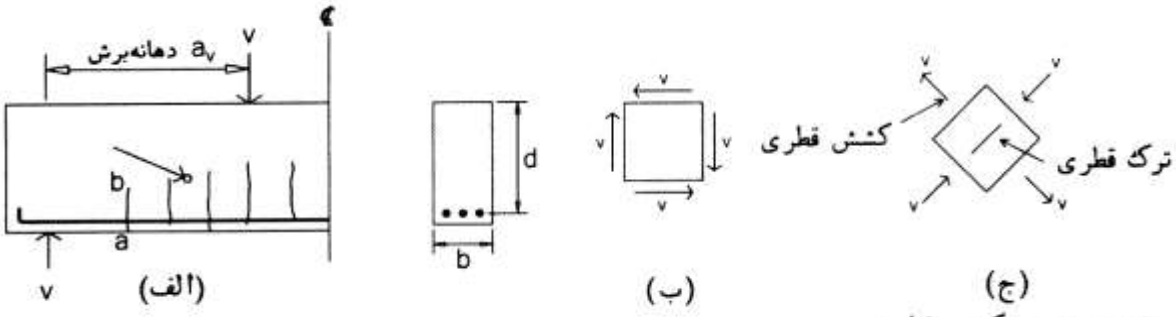
برج بین المللی تهران ،شرکت آ . اس . پ ، تهران:ارتفاع ۱۶۲ متر

سازه برج متشکل از دیوار های بتنی مسلح اصلی و فرعی است و سقفها دال بتنی شالوده برج پی گسترده و شالوده پارکینگ پی های نواری و منفرد است .

نما از GFRC بدلیل مقابله با فشار باد و تابش نور خورشید و سرعت اجرا

فصل هفتم : برش ،پیوستگی و پیچش

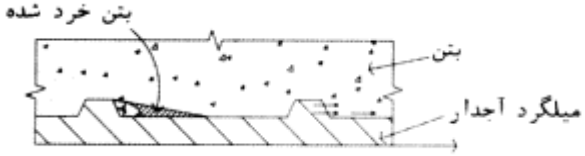
در طراحی ساختمان های بتن آرمه ضروری است مقاومت نهایی برشی یک عضو بیشتر از مقاومت نهایی خمشی آن باشد .گسیختگی های ناشی از برش که از ترکیب نیرو های برشی و گشتاور های خمشی ناشی می شود به وسیله ی خیز های کم و عدم شکل پذیری مشخص میشود.



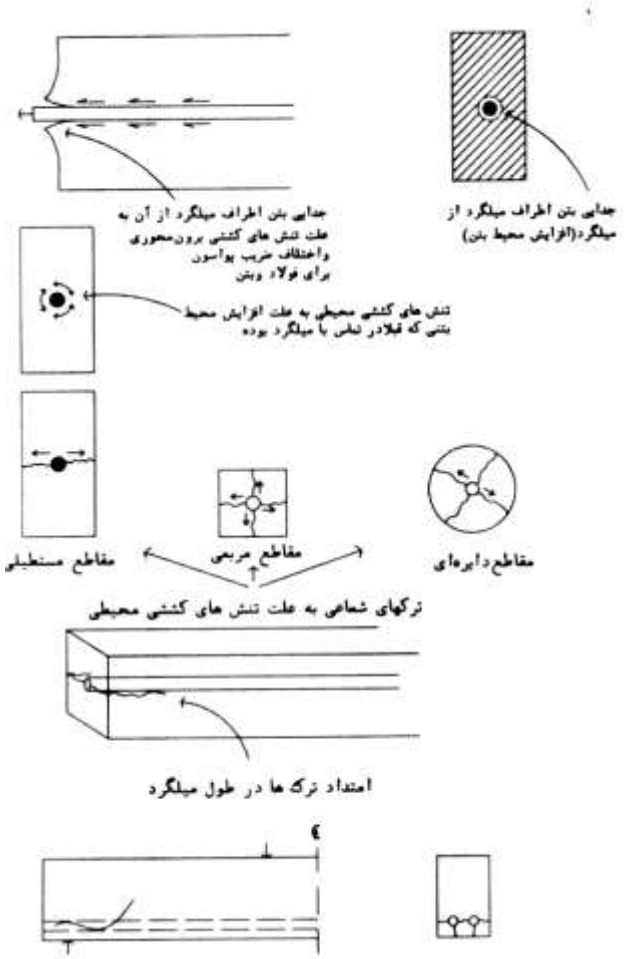
مفهوم برش وکشش قطری

*مقاومت برشی تیر را می توان به مقدار زیاد با قرار دادن فولاد بندی برشی افزایش داد، رکابی ها یا خاموت ها معمول ترین نوع فولاد بندی در جان است .

*تنش پیوستگی تنش برشی است که به موازات میلگرد فولادی بین میلگرد و بتن اطراف آن عمل می کند . تنش پیوستگی به طور مستقیم با تغییر تنش در میلگرد ، رابطه متقابل دارد

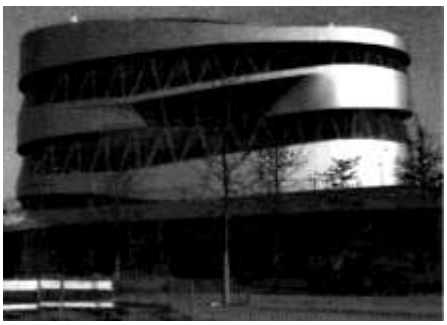


۱: مکانیسم گسیختگی پیوستگی در میلگردهای آجدار

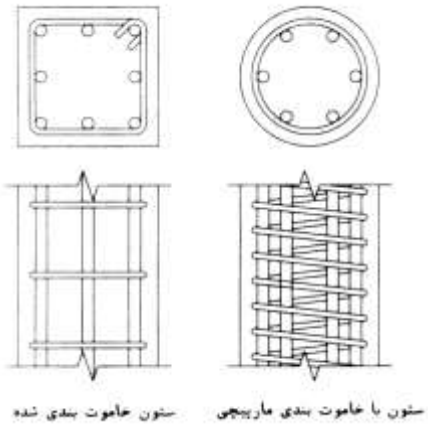


بررسی موردی بناها :

موزه جدید مرسدس بنز استودیو UN ،آلمان :

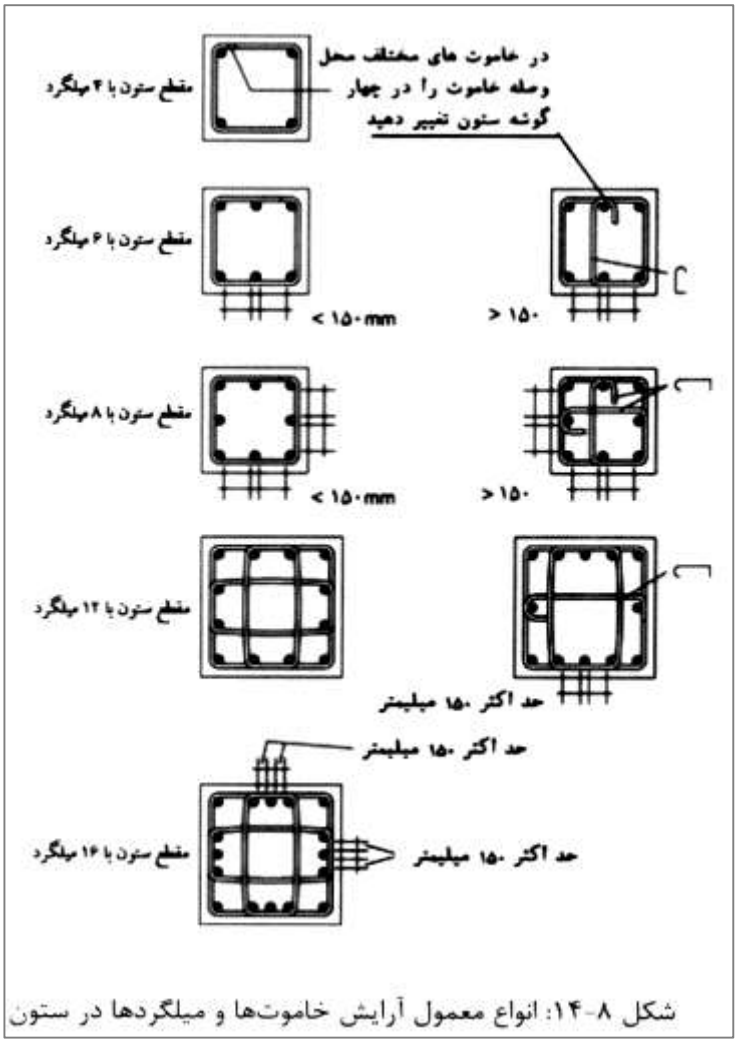


سه هسته بتنی ، دو رامپ مارپیچ بتنی برای بالا رفتن اتومبیل ها ،صفحات بتنی کف ستون های پیرامونی به صورت V برعکس مقاومت ساختمان را افزایش می دهد.
مصالح نما پانل های آلومینومی و شیشه های مورب

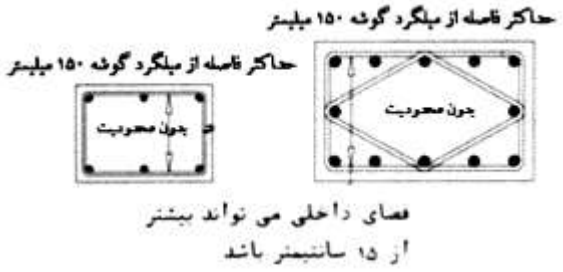


فصل هشتم : ستون های بتن آرمه

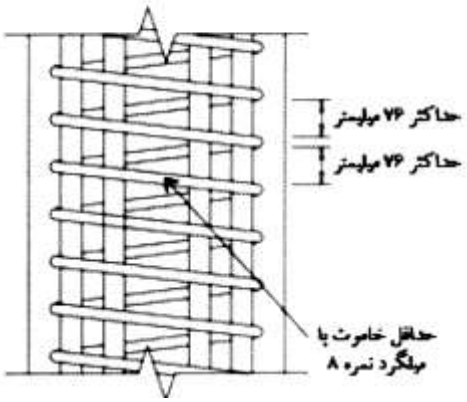
*در ستون ها حداقل تعداد میلگرد های طولی برای مقاطع مستطیل برابر ۴ و باری مقاطع دایره ای برابر ۶ است . اندازه این میلگرد ها نباید از ۱۲ میلی متر کمتر باشد



شکل ۸-۱۴: انواع معمول آرایش خاموت‌ها و میلگردها در ستون



فضای داخلی می تواند بیشتر
از ۱۵ سانتیمتر باشد



بررسی موردی بناها :

آسمان خراش تورسو، سوئد، کالاتراوا:

مرتفع ترین ساختمان مسکونی ارتفاع ۱۹۰ متر، الهام از حالت های طبیعی بدن انسان ،معماری های تک ، سازه فولادی خارجی که گوشه های برج را با اعضای مورب به هم وصل کرده اند در مقابل نیروهای جانبی مقاومت میکنند. سازه بتنی لوله ای به عنوان هسته مرکزی سازه افقی دال بتنی گسترده و مخروطی شکل که نیمی از فوندنسیون بتنی با شمع های بتنی هر کدام طره شده است.

ساختمان بیمه لویدز، ریچارد راجرز، انگلستان :

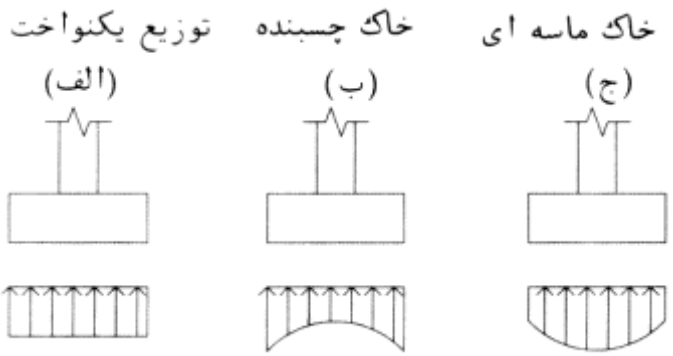
سازه بتنی

بادبند های خارجی (لوله های فولادی) مقاومت در برابر نیروی جانبی ، پوشیده شده از بتن برای مقاومت در برابر حریق ،سیستم سازه ای تیر های متقاطع (دال دو طرفه) بتنی در جاست .

نمای شیشه ای ، با ورق های فولادی

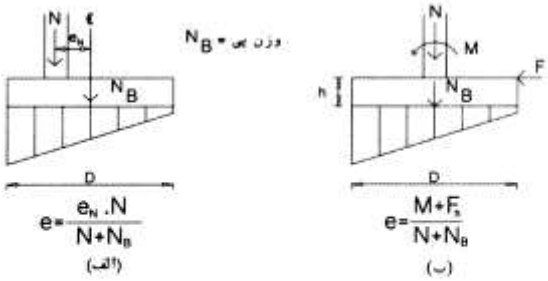
فصل نهم : پی های بتن آرمه

پی ها باید طوری ساخته شوند که سطح زیرین آنها در زیر سطح و یخبندان باشد



توزیع فشار در زیر پی ها .

حد اقل پوشش اسمی برای میلگرد ها در پی ها برای بتنی که بر روی زمین ریخته شود ۷۵ میلی متر و برای بتنی که بر روی بتن دیگری ریخته می شود ۴۰ میلی متر در نظر گرفته شود.



شکل ۹-۸: پی‌های منفرد با بارهای برون محوری

پی منفرد : پی یک ستون مجزا به صورت مربع می توان در نظد گرفت ولی وقتی گشتاور بزرگی نسبت به یک محور اثر می کند در نظر گرفتن شکل مستطیل مناسب تر است

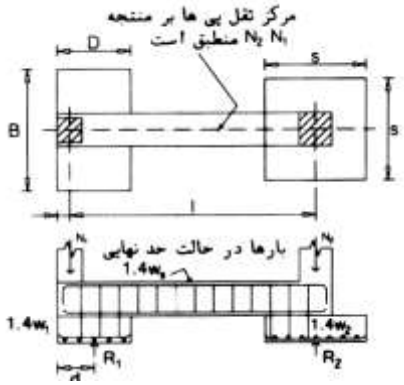
کلاف بندی پی های منفرد به علت جلوگیری از تغییر مکان به دلیل نیروی جانبی است.

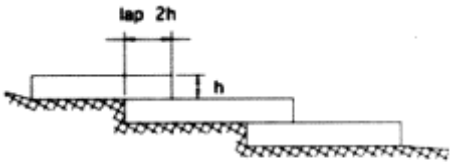
-پی های منفرد با بار بدون محوری : هر گاه ستون روی یک پی منفرد در حاشیه زمین محل ساختمان و یا در جوار موانع دیگر باشد به نحوی که ادامه پی به صورت متقارن نسبت به مرکز بار در تمام جهات مسیر نباشد ، به پی بار برون محوری وارد می شود و یا وجود لنگر در پای ستون و اثر برش که در روی پی وجود داردموجب ایجاد بار برون محوری در پی می شود .

پی های مرکب : هنگامی که دو ستون در فاصله کم از هم قرار دارند در بسیاری از موارد مناسبتر است که پی های آنها را با یکدیگر ادغام کرده و یک پی مرکب تشکیل داد.

پی های تسمه ای : پی های تسمه ای هنگامی به کار برده می شوند که پی مربوط به ستون خارجی نباید از خط مشخص احاطه کننده زمین تجاوز کند در این حالت یک تیر تسمه ای بین پی خارجی و پی داخلی قرار داده می شود .

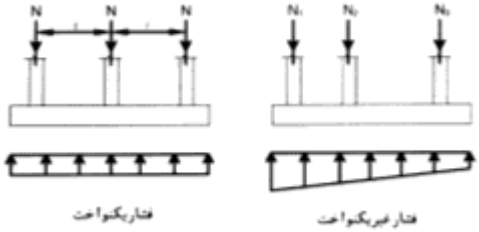
عمل تیر تسمه ای ، مقاومت در برابر نیروی واژگونی است که به علت بار بدون محور خارجی وارد می شود.





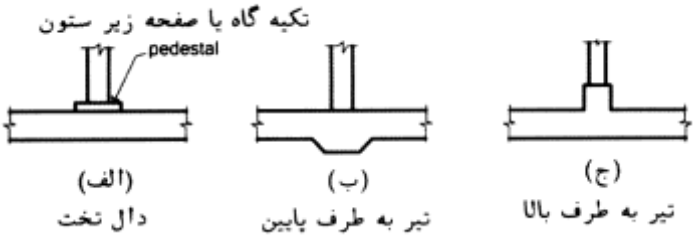
پی های نواری: این پی در زیر دیوار ها یا در زیر یک ردیف ستون های نزدیک به هم قرار داده می شوند در زمین های شیب دار پی ها می توانند به صورت افقی یا پله ای اجرا شوند

شکل ۹-۱۵: پی پله‌ای بر روی زمین شیب‌دار



شکل ۹-۱۶: توزیع خطی فشار در زیر یک نوار صلب

پی های گسترده : یک پی گسترده بارها را توسط یک دال بتن آرمه که در زیر ساختمان کاملا گسترده شده است به زمین منتقل می کند.

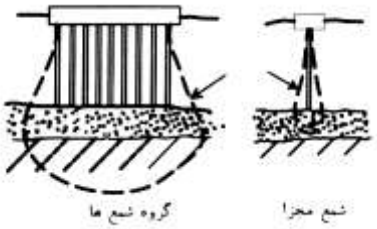


۹-۲۰: پی گسترده تحت فشار هیدرواستاتیکی به طرف بالا

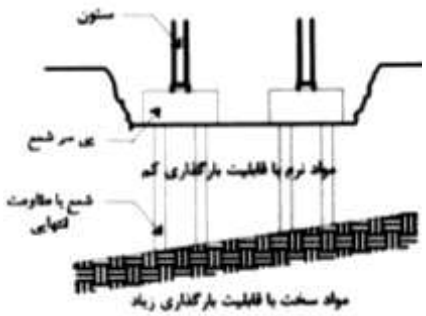
پی های شمعی : این نوع پی در محل هایی که رابط خاک حتی برای پی های گسترده ضعیف باشد و یا اجرای روشهای دیگر غیر اقتصادی است به کار برده می شود . شمع ها باید تا خاک محکم ادامه یابند.

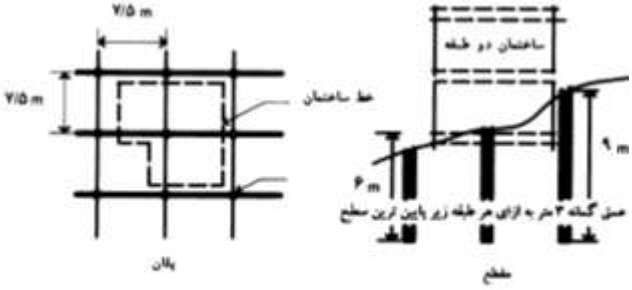
کمترین فاصله مرکز به مرکز شمع ها باید یکی از مقادیر زیر باشند :

۱)برای شمع های اصطکاکی ، قطر شمع ها (در لایه نرم کوبیده می شود و مقاومت اصطکاکی بین بدنه و خاک برای تحمل وزن سازه کافی است.)



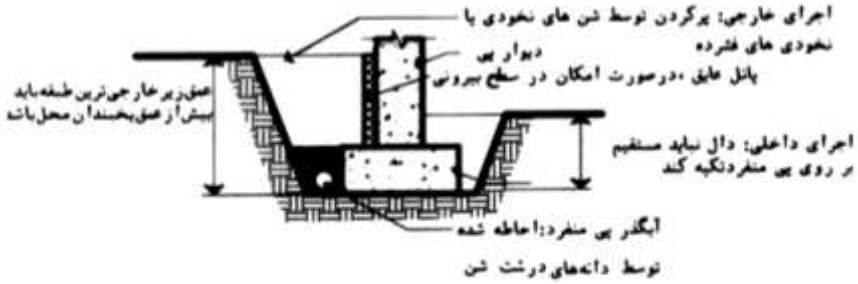
حباب‌های فشار در اطراف و زیر شمع‌های مجزا و گروهی





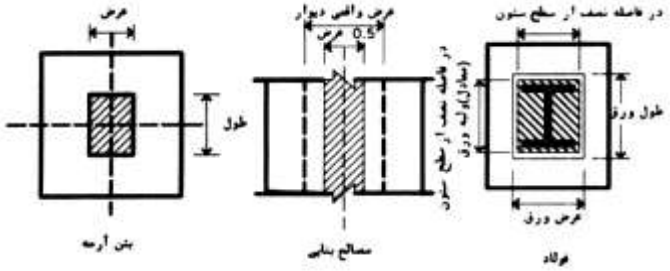
شکل ۹-۲۲: الگوی پیشنهادی حفاری برای گمانه‌های شناسایی خاک

۲) برای شمع های با تکیه گاه انتهایی ، ۲ برابر کمترین عرض شمع ها (به لایه های نرم نفوذ می کند و بار خود را بر سطح سخت تر زیرین وارد می کنند)



*گاهی اوقات پی های شمعی باید نیرو های افقی را علاوه بر نیرو های قائم تحمل کنند .

شکل ۹-۳۰: نمونه طراحی پی



شکل ۹ـ۳۱: تعریف "تکیه‌گاه" برای انواع شرایط

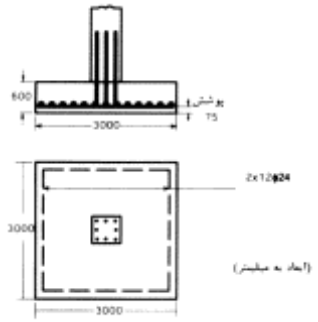
کلاف دیوار ها : بسیاری از ساختمان های متوسط یا حتی در مقیاس بزرگ دارای کلاف های بتنی هستند که در زیر دیوار ها و یا روی دیوار و در زیر سقف قرار می گیرند و بار های سازه ای را تحمل می کنند بیشترین کاربرد این کلاف ها در ساختمان های مسکونی است

*کلاف های دیوار نباید عرض کمتر از ۰/۳ متر داشته باشند.

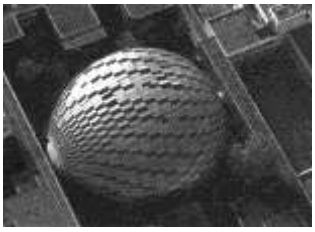
*بر اساس آیین نامه بتن ایران ضخامت شالوده ای روی خاک قرار می گیرد نباید کمتر از ۲۵۰ میلیمتر و در مواردی که شالوده روی شمع قرار می گیرد نباید کمتر از ۴۰۰ میلیمتر اختیار شود.

*در شالوده دال شکل مقدار میلگرد خمشی نباید کمتر از حداقل مقدار آرماتور حرارتی و جمع شدگی باشد . همچنین قطر میلگرد های مصرفی نباید کمتر از ۱۰ میلی متر و فاصله محور به محور آن نباید کمتراز ۱۰۰ میلی متر باشد.

میلگرد های ریشه : برای هر میلگرد ستون ، یک میلگرد ریشه با همان قطر استفاده می شوند که عمق شالوده برای تامین طول مهاری فشاری آن کافی است



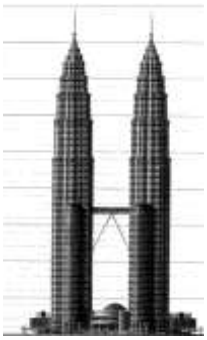
بررسی موردی بناها :



کتاب خانه دانشگاه آزاد برلین ، نورمن فاستر ، برلین

سازه بتنی

گنبد دو پوسته ، پوسته خارجی از پانلهای آلومینومی و براق، پوسته داخلی از بافت شیشه مات و شفاف .



برج های دو قلوی پتروناس، مالزی ، سزار پلی : ارتفاع ۴۵۲ متر

طرح این دو برج ملهم از دو ویژگی معماری اسلامی یعنی مناره و دروازه ی شهر است .(پاگوداهای مدرن)

اسکلت فلزی

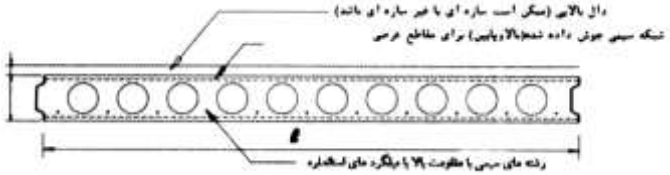
۱۴ مستهلک کننده دینامیکی وظیفه مقابله با نیروی زلزله را به عهده دارد.

مصالح نما از شیشه آلومینوم و فولاد ضد زنگ پوشیده شده است.

فصل دهم: دال های بتن مسلح:

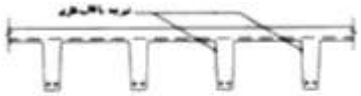
۱) سیستم های یک طرفه با دو تکیه گاه:

الف) دال های صلب با آرماتور بندی یک طرفه



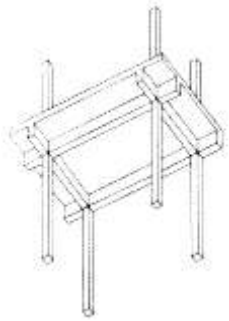
شکل ۱۰ـ۲: مقطع دال پیش ساخته و پیش تنیده حفره‌دار

ب) سیستم تیرچه و دال های دنده دار

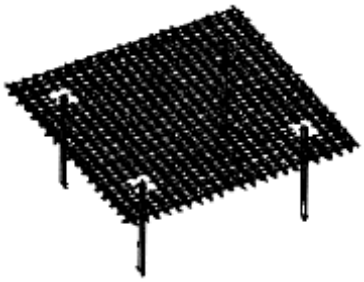


۲) سیستم های دو طرفه با چهار تکیه گاه

الف) دال های دو طرفه یکپارچه

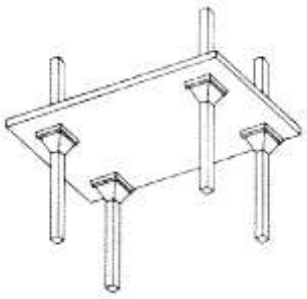


ب) دال های دنده دار دو طرفه و دال وافل



۳) دال های بدون تیر

الف) دال های یک پارچه ممتد



ب)دال های دنده دار بدون تیر

بررسی موردی بناها :

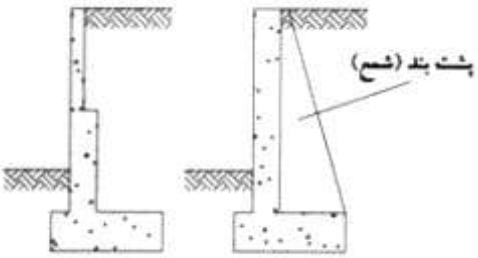
فروشگاه سلفریج ، شرکت سیستم های آینده ، انگلستان

میدان بادبزن ها ، کاندلا ، مکزیک

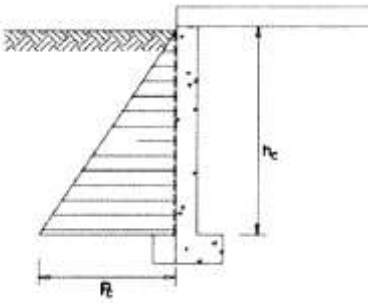
استفاده از عناصر لوله مانند تا فواره آب از آنها عبور کند

ساختمان طراحی شده کنار میدان دارای سقف بادبزنی شکل تشکیل شده از ۳۲ قسمت بتنی که از فرم های مثلث شکل گرفته . تمام سیستم توسط یک حلقه در سقف که فشار را در مرکز تحمل می کند ، متعادل می شود.

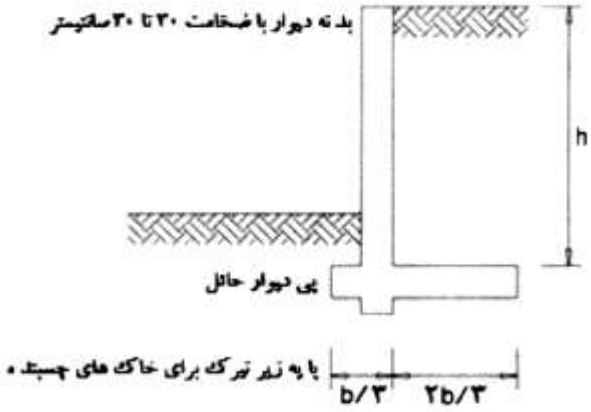
فصل یازدهم : دیوار های بتن مسلح :



دیوارهای حائل بلند و استفاده از روشهای دیگر



توزیع فشار خاک روی دیوار یک زیرزمین



شکل ۱۱-۷: بخش‌های مختلف یک دیوارهای حائل

بررسی موردی بناها :

پل هامبر ، انگلستان ، فریمن فوکس و شرکاء

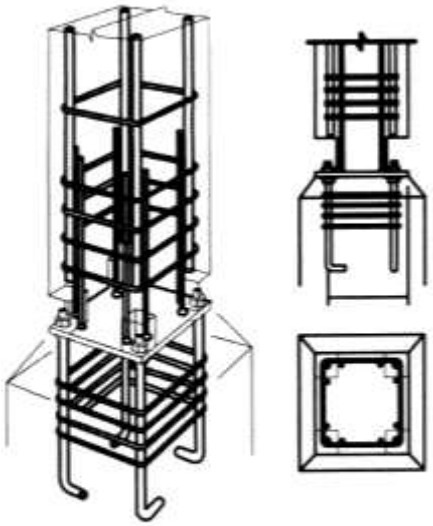
ازبزرگترین پل های معلق تک دهانه ای در جهان

برج های پل شامل یک جفت ستون بتنی عمودی تو خالی .

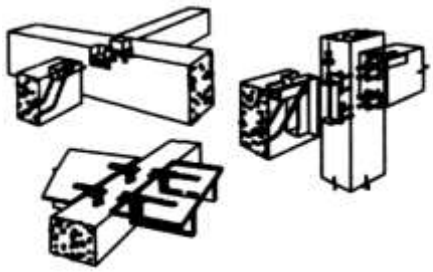
مرکز تجارت جهانی بحرین ، شرکت اتکینز : ارتفاع ۲۴۰ متر

اولین آسمان خراش ساخته شده ای که در طراحی خود از توربین های بادی استفاده می کند

فصل دوازدهم : اتصالات :



تصویر ۱۲-۲: اتصال ستون‌های پیش‌ساخته

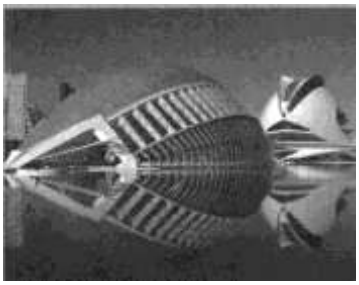


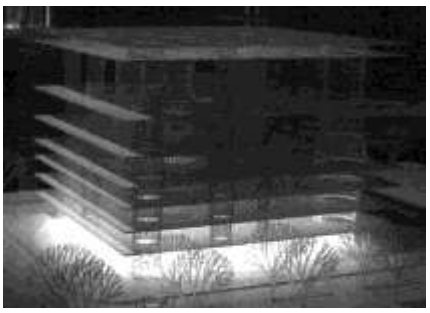
واحدهای پیش ساخته با استفاده از اتصالات کام و زبانه

بررسی موردی بناها :

شهر هنر و دانش ، کالاتراوا ، اسپانیا .

- ✓ رصد خانه گنبد نیمکره به شکل چشم انسان به صورت متحرک با پوشش بتنی طاق مانند طراحی شده است .
- ✓ کاخ هنر مجموعه ای از فرم های تصادفی که در درون دو پوسته بتنی شکاف خورده وحدت یافته است.حجم عدسی شکلی زیر سقف فلزی عظیمی گسترده شده است که دو تکیه گاه آن را نگه داشته اند . در هر دو طرف دو پوشش فولادی چند لایه به چشم می خورد که با روکشی از سرامیک شکسته پوشیده شده است





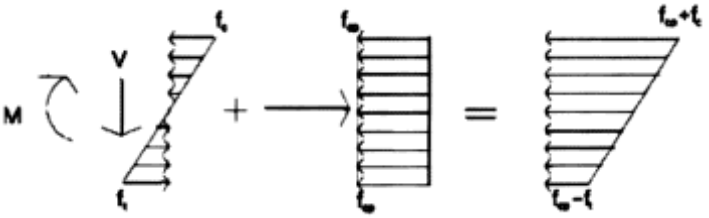
مدیا تک سندایی ، تویوایتو ، ژاپن

استفاده از ۱۳ تیوب عمودی فولادی که به عنوان ستون عمل میکنند و لایه ها ی هر فضا را به صورت معلق نگه داشته اند

فصل سیزدهم بتن پیش تنیده و پیش ساخته

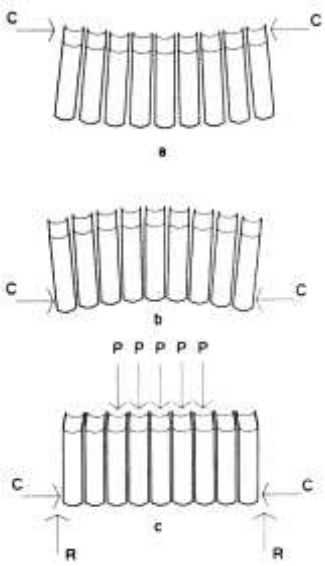
مفهوم **پیش تنیدگی** عبارت است از ایجاد یک تنش ثابت و دایمی در یک عضو بتنی به مقدار لازم به طوری که در اثر این تنش اولیه بخشی از تنش های کششی ناشی از بار های مرده و زنده در عضو در زمان بازگذاری ، خنثی شده و در نتیجه مقاومت بار بری آن افزایش پیدا می کند

در صورت استفاده از بتن پیش تنیده نسبت ارتفاع موثر تیر به دهانه به $\frac{1}{20}$ تا $\frac{1}{30}$ می رسد و این در حالی است که این نسبت در اغلب تیر های بتن مسلح $\frac{1}{10}$ تا $\frac{1}{20}$ است



شکل ۱۳-۲: تنش نهایی در تیر پیش‌تنیده

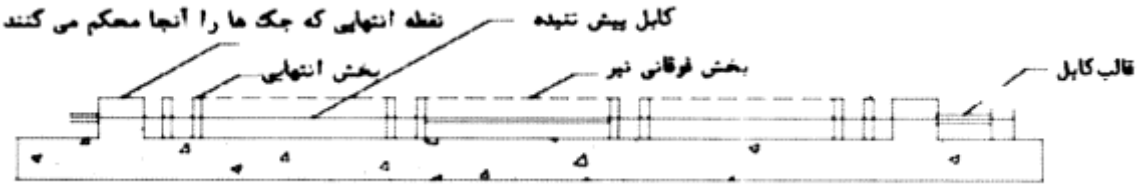
شکل ۱۳-۵: جای‌گیری آرماتورهای پیش‌تنیدگی در تیر ساده



مثالی از ظرفیت باربری ناشی از فشار

در اجرا :

اگر نصب میله های فولادی و تحت کشش قرار دادن آنها قبل از مرحله بتن ریزی انجام شود (همانند روشی که بتن پیش تنیده در کارخانه



ساخته می شود) از روش پیش تنیده کردن استفاده شده است .

بستر بتن ریزی برای تیر های پیش تنیده که امکان بتن ریزی همزمان چندین تیر وجود دارد .

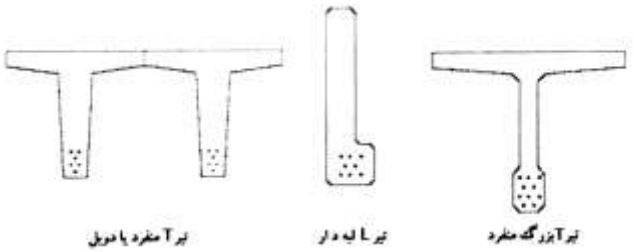
بتن پس تنیده : پس تنیده کردن به فرایندی گفته می شود که ایجاد تنش در بتن بعد از عملیات بتن ریزی انجام شود .

فواید اصلی پیش تنیدگی را می توان به شرح زیر برشمرد :

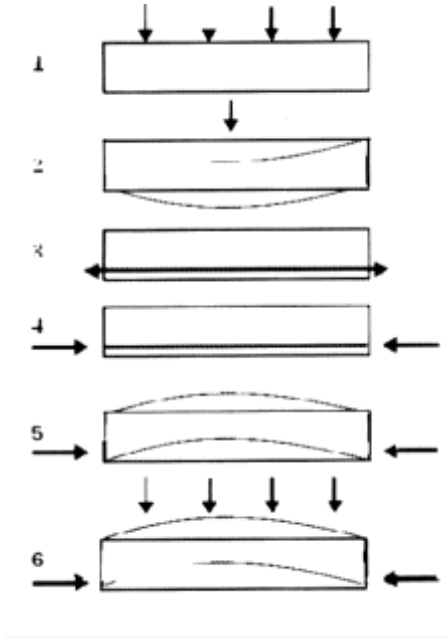
۱) از آنجا که تنش خمشی ناشی از وزن تیر با تنش فشاری خروج از مرکزیت در تعادل است تیر ها دارای ظرفیت اضافی تحمل بارگرانشی هستند

۲)چون تمام مقطع تحت فشار است مقاومت برشی افزایش پیدا می کند این امر امکان طراحی تیر های پیش تنیده را با جان باریک فراهم می کند و در نتیجه بار های مرده به صورت قابل توجهی کاهش می یابد

۳) حذف ترک ها با افزایش دوام سازه بتنی همراه است بویژه در شرایط جوی مرطوب و محیط های مهاجم و یا آب و هوایی که موجب خوردگی می شود



شکل ۱۳-۷ : انواع تیرهای پیش‌تنیده



پیش تنیدگی بتن با استفاده از نیروی کششی فولاد های با مقاومت زیاد به دو شیوه پیش کشیدن فولاد و پس کشیدن فولاد به شرح زیر انجام می شود:

الف) پیش کشیدن فولاد :این عملیات شامل کشیدن سیم ها ، بتن ریزی ، آزاد کردن سیم ها و بریدن طول اضافی آنهاست

ب) پس کشیدن فولاد : این عملیات شامل جاگذاری غلاف ها ، بتن ریزی ،عبور سیمهای فولادی از غلاف ها و کشیدن سیم هاست

سیستم پس کشیده به دو روش اجرا می شود : الف) سیستم ساخت چسبیده

ب) سیستم ساخت غیر چسبیده

در سیستم چسبیده ، پس از عبور کابل های پیش تنیدگی از میان غلاف ها و اتمام عملیات کشش به داخل غلاف ها یا سوراخ ها دوغاب سیمان تزریق می کنند تا هم فولاد را از زنگ زدگی محافظت کنند و هم چسبندگی بین سیم های فولادی و غلاف را تامین نمایند

الف- عملکرد غلاف در روش پس کشیدن :

-تامین یک مسیر مناسب برای کابل ها در حین عملیات ساختمانی

-ایجاد چسبندگی بین دوغاب و بتن

- محافظت بیشتر در برابر نفوذ رطوبت و مواد شیمیایی

ب- عملکرد دوغاب در روش پس کشیدن :

-افزایش محافظت در برابر خوردگی

- تامین چسبندگی بین کابل وغلاف در تمام طول آن

-فراهم آوردن محیطی نا رسانا در برابر خوردگی

مزایای استفاده از سازه های پیش تنیده :

ویژگی بارز سقف های پیش تنیده عبارتند از :

- ✓ امکان ایجاد دهانه های بزرگتر ، با تعداد ستون کمتر
- ✓ کاهش چشمگیر ضخامت دال ها یا تیر های بتنی
- ✓ حذف آویز تیر ها و امکان استفاده از سقفی کاملاً مسطح
- ✓ امکان ایجاد طره های بلند تر
- ✓ انعطاف پذیری در طرح معماری
- ✓ افزایش فضای مفید و قابل استفاده در ارتفاع موجود
- ✓ قابلیت استفاده در پلان های نامنظم و منحنی
- ✓ وزن کمتر سقف
- ✓ زمان کوتاهتر ساخت
- ✓ کمترین ارتفاع کف به کف ممکن (بویژه در پارکینگ ها)
- ✓ بهبود شرایط ساخت و در نتیجه صرفه جوئی در زمان
- ✓ کاهش میزان قالب مورد نیاز برای اجرای سازه ، سهولت قالب بندی و سریع ترین زمان بازگشت قالب
- ✓ رمپ های کوتاه تر(به علت کاهش ارتفاع)
- ✓ عملکرد بهتر در برابر زلزله
- ✓ رفتار بهتر در توزیع نیروهای جانبی به علت یکپارچگی سقف و ایجاد دیافراگم افقی
- ✓ قابلیت عبور لوله های تاسیساتی در زیر سقف ، به علت سطح صاف زیر دال
- ✓ امکان ایجاد بازشو در اندازه لازم
- ✓ صرفه جویی در اعضای سازه ای قائم و فونداسیون و در مناطق زلزله خیز در اعضای مقاوم در برابر بار های جانبی
- ✓ صرفه جویی در قالب بندی اعضا سازه ای قائم
- ✓ سهولت اجرای تاسیسات مکانیکی ، آسانسور ها ، راه پله و سیستم تهویه

دلایل اقتصادی بودن سازه های پیش تنیده :

- ✓ کاهش ارتفاع کل ساختمان و در نتیجه صرفه جویی در مخارج نما و تاسیسات عمودی
- ✓ کاهش ضخامت دال و در نتیجه کاهش وزن اسکلت، فونداسیون و هزینه مصالح
- ✓ کاهش هزینه اجرایی به علت مصرف مصالح کمتر در سازه ساختمان و تاثیر مستقیم آن بر نیروی انسانی مورد نیاز
- ✓ افزایش فضای مفید مسکونی ،تجاری و اداری (در ارتفاع به دلیل حذف آویز تیر ها و در سطح به دلیل کم شدن ستون ها)
- ✓ افزایش فضای مفید پارکینگ با ایجاد دهانه های بزرگتر
- ✓ کاهش مدت زمان رسیدن به بهره برداری
- ✓ عدم نیاز به مسلح نمودن قسمت کششی دال بیش از آنچه که برای نیرو ها ی ثقلی در نظر گرفته شده است با توجه به پیش تنیدگی دال

مزایای بتن پیش ساخته که در شرایط کنترل شده کارخانه ساخته می شود :

- ✓ کنترل کیفیت بهتر
- ✓ کاهش میزان انقباض در محل کارگاه ساختمانی

- ✓ اجرای سریع تر
- ✓ امکان ساخت بهینه اشکال پیچیده و کارامد

معایب بتن پیش ساخته :

- ✓ محدودیت حمل و نقل در مورد قطعات بزرگ و طویل
- ✓ نیاز به نیروی ماهر و متخصص برای نصب قطعات
- ✓ مشکلات معماری یا اجرایی که در اثر خیز معکوس در قطعات پیش ساخته پیش تنیده بوجود می آید

بررسی موردی بناها :

کلیسای سنت آنتونی ،کاندلا ، مکزیک

پوسته های بتنی هایپار ، تاق های بتنی

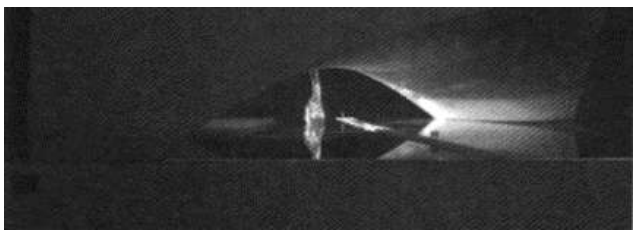
برج مخابراتی اشتوتگارت، آلمان ، فریتس لئونارد .

دکل مخروطی شکل بتنی

مرکز فرهنگی حیدر علی اف ، بالک ، زاها حدید :

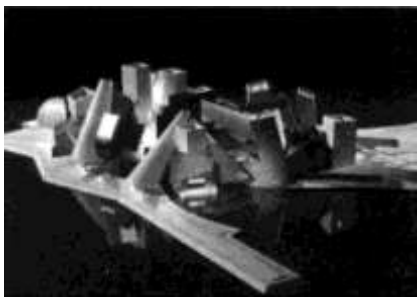
پوسته یکپارچه ای از بتن

نمای شیشه ای موزه با اثرات تندیس وار خود واسطه ای است بین پوسته خارجی و زمین



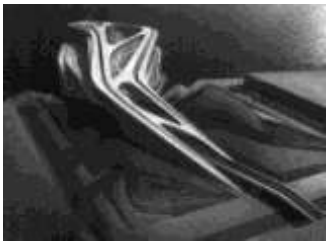
مجموعه فرهنگی چهار معمار ، ابو ظبی

الف) موزه دریایی ، آندو



ب) موزه گوگنهایم ابو ظبی ،فرانک گری

ج) مرکز هنر های نمایشی ، زاها حدید



د) موزه هنر های کلاسیک ،ژان نوول