

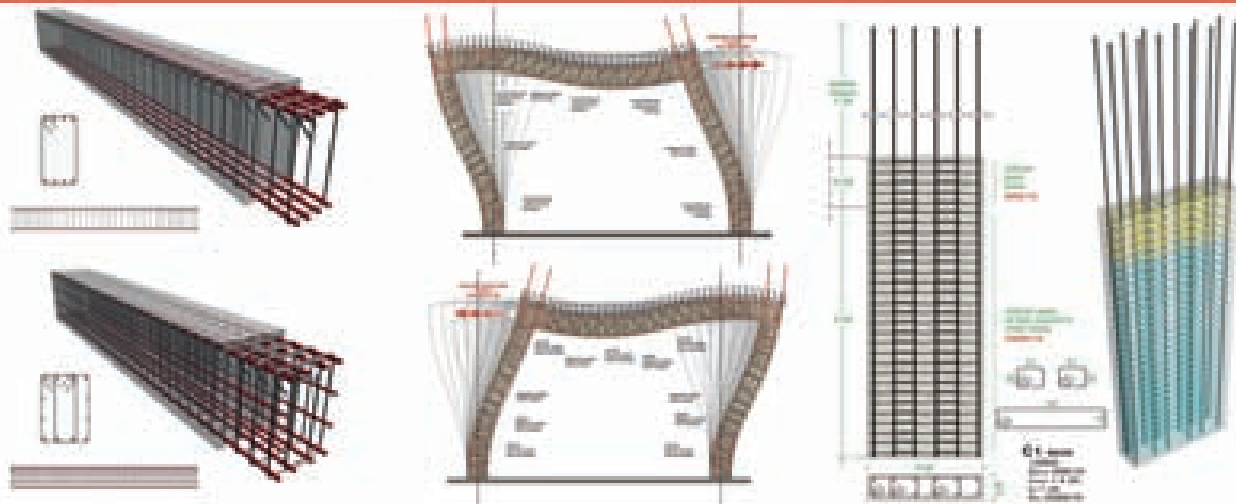
دیتیل های ساختمان های بتن آرمه در برابر زلزله

**EARTHQUAKE RESISTANT BUILDINGS
FROM REINFORCED CONCRETE**
APOSTOLOS KONSTANTINIDIS

مترجمین

مهندس مرتضی راضی

مهندس علیرضا صالحین



تقدیم به مادران عزیزمان
هر چه تشکر کنیم ، هر چه تلاش کنیم
نخواهیم توانست گوشه ای از زحمات بی دریغ شما را جبران نماییم.
همیشه از صمیم قلب دوستتان داریم.

۸ Eurocode: طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله - بخش ۱: ضوابط کلی، کنش‌های لرزه‌ای و ضوابط سازه‌ای
EN ۲۰۶-۱: بتن - قسمت ۱: مشخصات فنی، عملکرد، ساخت و هماهنگی
آیین‌نامه‌ی یونان برای ساختمان‌های بتنی (EKOS ۲۰۰۰)
آیین‌نامه‌ی یونان برای طراحی سازه‌های مقاوم لرزه‌ای (EAK ۲۰۰۰)
مقررات تکنولوژی بتن (KTS-۹۷)
مقررات تکنولوژی بتن (KTS-۰۸)
کاربردهای بتن مسلح (Apostolos Constantinides)
Eurocode ۱: تفسیر و مثال‌ها (Ioannis Ermopoulos)
مقررات تکنولوژی بتن (KTS-۹۷, ۲۰۰۲) (Nikos Marsellos)
کارهای ساختمانی، وزارت آموزش ملی یونان (A. Constantinides, A. Lirakis, E. krevatsoulis)
میلگردگذاری المان‌های بتنی سازه‌ای (Christos Ignatakis)
نرم افزار PANOPLIA با π سیستم‌های بین المللی. S.A.

همکاران

Panaglotis Alexandrakis، مهندس عمران، در موضوعات مرتبط با ترجمه، تصحیحات و تدوین
Basilis Somarakis، پیمانکار قاب‌های سازه‌ای در کارهای ساختمانی، در تمام مسائل مربوط به ساخت
Dionysis Kladakis، مهندس عمران، در تمام موضوعات مرتبط با ترکیب طراحی و ساخت
Giorgos Drakos، مهندس عمران، در موضوعات مرتبط با اصلاحات نرم‌افزاری و سازگاری بین EC۲ و EC۸.
Nicos marselios، مهندس عمران، در موضوعات مرتبط با تکنولوژی بتن
Dimitris Pappas، مهندس عمران، در تمام موضوعات مرتبط با ترکیب طراحی و ساخت
Ioanna konstantinides، مهندس معمار، مسائل مربوط به عبارات استفاده شده و ترکیب‌بندی (composition)
Giorgos Galaros، پیمانکار کارهای ساختمان، در مسائل مربوط به ساخت، چارچوب‌های کاری، عایق‌کاری حرارتی و بتن
Kostas kaliakmanis، مهندس عمران، در موضوعات مرتبط با فاصله نگهدارها و عایق‌بندی حرارتی
Anastasia Strogill، با مدرک رسانه‌های همگانی، تصحیحات متن
همکاران ویرایش: Andreas Prokopiou, Kostis Konstantinides, Markos Rizk

به نام خداوندی که جهان را آفرید و تعادل را در تمام هستی حاکم نمود.

کتابی که پیش روی شما قرار دارد ترجمه ی کتاب "Apostolos Constantinidis" می باشد. این کتاب شامل جزئیات اجرایی و مباحث بنیادی پیرامون ساختمان های بتنی و انواع المان های به کار رفته در این ساختمان ها می باشد. هدف اصلی از ارائه و ترجمه ی این کتاب، آشنا نمودن مهندسين محاسب و ناظر، سازندگان ساختمان ها، محققين و علاقه مندان به سازه های بتنی با جدیدترین و بروزترین جزئیات اجرایی ساختمان های بتنی ارائه شده (شامل میلگردگذاری، بتن ریزی و سایر مباحث پیرامون ساختمان های بتنی) می باشد. برای تکمیل مطالب کتاب و ارائه ی ملموس تر مطالب، یک نسخه DVD شامل مجموعه ای از فیلم ها، آیین نامه ها، محصولات چند رسانه ای و برنامه های کامپیوتری می باشد که به شرح زیر می باشد:

۱- قسمت فیلم : مجموعه فیلم های گردآوری شده از ACI ، فیلم های آزمایش سازه های بتنی در برابر زلزله ، آرماتور بندی و آموزش نرم افزار PANOPLIA.

۲- قسمت نرم افزار : نرم افزار ۶.۲.۱ pi SUITE استفاده شده در خود کتاب.

۳- قسمت استاندارد: شامل استاندارد های برنامه و بودجه ، ACI و AWS.

همچنین بخشی تحت عنوان "پیوست" در انتهای این کتاب آورده شده که شامل نکات اجرایی کارگاهی و همچنین دیتیل های خاص اجرایی می باشد. در نگارش این بخش از بیش از ۲۰ کتاب مطرح طراحی بتن به روز استفاده شده است. در انتهای کتاب به جهت آشنایی بیشتر با لغات تخصصی کتاب ، لغتنامه کتاب آورده شده است.

امید است اثری که تقدیمتان می شود بتواند نظر شما خوانندگان گرامی را جلب نموده و گامی در جهت ارتقاء سطح علمی و آگاهی مهندسين، خصوصاً مجریان و سازندگان سازه های بتنی باشد. مانند هر اثر دیگری، این کتاب نیز خالی از نقص و کاستی نخواهد بود، بنابراین از شما عزیزان تقاضا می شود با دیده ی اغماض به این گونه موارد نگریسته و با ارسال نظرات ارزشمند خود ما را در راه بهبود و ارتقاء سطح کمی و کیفی کتاب یاری فرمایید.

در صورت نیاز به افزودن مطلبی به این کتاب، این امر از طریق وب سایت همیار این کتاب (www.AvistaBook.com) انجام خواهد شد. لطفاً با ارسال نظرات خویش به ایمیل info@avistabook.com ما را در مورد نظرات خویش با خبر سازید.

علیرضا صالحین ، مرتضی راضی

معرفی

می‌توان کارهای ساختمانی و طراحی قاب سازه‌ای را به سه مرحله‌ی مجزا تقسیم‌بندی نمود:

الف- طراحی اولیه: در این مرحله اشکال و ترکیب‌بندی‌های مختلف قاب سازه‌ای برای طرح‌های مختلف معماری به منظور انتخاب قالب کار پیشنهاد می‌شوند.

ب- طرح نهایی: در این گام قاب سازه‌ای ساختمان طراحی و اندازه‌گذاری شده و هزینه‌ی ساخت بر مبنای انتخاب طرح معماری نهایی تخمین زده می‌شود.

ج- ارائه‌ی جزئیات: در این مرحله سیستم باربر (قاب سازه‌ای) ساختمان با ارائه‌ی تمام جزئیات لازم طراحی می‌شود. این مرحله تمام جزئیات اساسی و نکات فنی لازم برای ساختمان را شامل می‌شود.

طراحی جزئیات پرکارترین بخش کار می‌باشد و نیاز به اطلاع دقیق و کامل از مسائل متعدد اجرایی و سخت دارد.

برای درک کامل و ترکیب جزئیات ارائه‌شده، لازم است مجری کار، مهندس معمار، مهندس عمران، مهندس ناظر، پیمانکار، سرکارگر و کلیه‌ی افرادی که در عملیات ساخت مشارکت دارند در کنار آگاهی کامل از مسائل اجرایی زبان مشترک با همکاران خود را بشناسند. گسترش آگاهی‌ها و فراگیری زبان مشترک برای تمام بدنه‌ی اجرایی ساختمان مفید است زیرا به این ترتیب افراد بی‌تجربه خواهند آموخت و به این طریق می‌توانند با افراد باتجربه به نحو مؤثرتری ارتباط برقرار کنند و از طرف دیگر وجود افراد مجرب این اطمینان را فراهم می‌آورد که سازه بدون هیچ مشکل و خطری ساخته می‌شود. کار گروهی تنها راه افزایش تراز کار می‌باشد و انتقال این مفهوم از اهداف اصلی این کتاب است.

ضوابط اجرایی که در این کتاب از آنها پیروی شده است تقریباً در تطابق کامل با اکثر آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای معتبر جهان نظیر آیین‌نامه‌ی Eurocode (EC2 , EC08) و آیین‌نامه‌های ACI، آیین‌نامه‌ی نیوزلند، آیین‌نامه‌های یونان و به همچنین سایر قوانین لرزه‌ای کشورهای لرزه‌خیز، می‌باشد.

نقشه‌ها و راه‌حل‌های ارائه‌شده در مثال‌های این کتاب به صورت اشاره‌ای و موردی می‌باشند و تنها بخشی از راه‌حل‌های متعدد موجود را در بر می‌گیرند. ارائه‌ی با کیفیت راه‌حل‌ها نباید این اشتباه را در ذهن بیننده پدید آورد که این راه‌حل‌ها تنها راه‌حل‌های مسئله هستند.

قصد نگارنده بر این بوده است تا تمام مفاهیم کلی مرتبط با طراحی جزئیات سازه را بدون تعمیم دادن آنها به تمام موارد ممکن، ارائه کنیم و از این رو نقشه‌ها و دیتایل‌های ارائه‌شده در این کتاب موردی و مختصر هستند.

فهرست مطالب

| | |
|-----|---|
| ۱۱ | ۱- قاب سازه‌ای |
| ۱۸ | ۱-۱ المان‌های قاب سازه‌ای |
| ۱۸ | ۱-۲-۱ ستون‌ها |
| ۲۲ | ۲-۲-۱ تیرها |
| ۲۴ | ۳-۲-۱ دال‌ها |
| ۲۹ | ۴-۲-۱ پلکان |
| ۳۰ | ۵-۲-۱ پی (فونداسیون) |
| ۳۶ | ۲-۱ بارگذاری قاب سازه‌ای |
| ۴۵ | ۲-۳-۱ بارهای لرزه‌ای |
| ۴۷ | ۳-۳-۱ بارگذاری باد |
| ۴۹ | ۳-۱ رفتار قاب سازه‌ای |
| ۴۹ | ۱-۴-۱ رفتار و میلگرد گذاری دال |
| ۵۰ | ۲-۴-۱ رفتار و میلگرد گذاری تیرها و ستون‌ها |
| ۵۷ | ۲- روش‌های معمول ساخت المان‌های سیستم سازه‌ای |
| ۵۸ | ۱-۲ مصالح |
| ۶۱ | ۲-۲ قالب‌ها |
| ۶۵ | ۳-۲ عایق‌بندی حرارتی المان‌های سازه‌ای |
| ۷۳ | ۴-۲ بتن |
| ۷۳ | ۱-۴-۲ معرفی کلی |
| ۷۶ | ۲-۴-۲ سفارش بتن |
| ۷۷ | ۳-۴-۲ حمل بتن به محل |
| ۷۹ | ۴-۴-۲ پمپ بتن |
| ۸۰ | ۶-۴-۲ تراکم بتن |
| ۷۹ | ۷-۴-۲ شکل‌دهی بتن (عمل آوری بتن) |
| ۸۲ | ۸-۴-۲ خارج کردن قالب‌ها (برداشتن قالب‌ها) |
| ۸۲ | ۹-۴-۲ بتن خود تراکم |
| ۸۲ | ۵-۲ فولاد |
| ۸۶ | ۶-۲ ضوابط میلگرد گذاری در طرح لرزه‌ای |
| ۸۷ | ۱-۶-۲ پوشش میلگردها |
| ۱۰۳ | ۲-۶-۲ حداقل فاصله‌ی بین میلگردها |
| ۱۰۵ | ۳-۶-۲ خم کردن میلگردها |
| ۱۰۸ | ۴-۶-۲ خاموت‌های مقاوم لرزه‌ای |

| | |
|-----|---|
| ۱۱۲ | ۷-۲ خاموت صنعتی - قفسه‌های خاموتی |
| ۱۱۸ | ۸-۲ سطح مقطع‌های استاندارد المان‌های بتنی مسلح |
| ۱۲۴ | ۳- میلگرد گذاری المان‌های سازه‌ای |
| ۱۲۴ | ۱-۳ ستون‌ها |
| ۱۲۸ | ۱-۱-۳ وصله‌های رویهم (هم‌پوشانی) میلگردهای ستون |
| ۱۳۳ | ۲-۱-۳ مهار میلگردهای تراز طبقه‌ی بالا |
| ۱۳۶ | ۳-۱-۳ کاهش اندازه‌ی مقطع ستون در طول آن |
| ۱۳۸ | ۴-۱-۳ میلگرد گذاری در ستون‌های معمولی |
| ۱۵۱ | ۲-۳ دیوارهای برشی |
| ۱۵۱ | ۱-۲-۳ کلیات |
| ۱۵۲ | ۲-۲-۳ رفتار دیوارهای برشی |
| ۱۵۳ | ۳-۲-۳ میلگرد گذاری دیوارهای برشی |
| ۱۲۶ | ۴-۲-۳ مهار میلگردهای افقی بدنه‌ی دیوار برشی |
| ۱۶۳ | ۵-۲-۳ وصله‌های رویهم (هم پوشانی) میلگردهای قائم |
| ۱۶۵ | ۶-۲-۳ مهار میلگردهای قائم |
| ۱۶۸ | ۷-۲-۳ میلگردهای ریشه در دیوارهای برشی |
| ۱۷۰ | ۳-۳ المان‌های ترکیبی |
| ۱۸۱ | ۴-۳ تیرها |
| ۱۸۱ | ۱-۴-۳ کلیات |
| ۱۸۴ | ۲-۴-۳ تیرهای پیوسته |
| ۱۸۷ | ۳-۴-۳ جای گذاری میلگردها |
| ۱۹۰ | ۴-۴-۳ تیرهای کوتاه |
| ۱۹۳ | ۵-۴-۳ تیر تحت پیچش |
| ۱۹۷ | ۶-۴-۳ قابلیت اجرای بتن ریزی در تیرها |
| ۲۰۰ | ۵-۳ دال‌ها |
| ۲۱۰ | ۱-۵-۳ دال یک طرفه (دال با تکیه‌گاه ساده) |
| ۲۰۸ | ۲-۵-۳ دال دو طرفه |
| ۲۱۰ | ۳-۵-۳ دال یک طرفه متصل به کنسول (طره) |
| ۲۱۳ | ۴-۵-۳ دال پیوسته متصل به کنسول |
| ۲۱۶ | ۵-۵-۳ دال‌های دندانه‌ای (تیر - دال) |
| ۲۱۸ | ۶-۵-۳ دال‌های ساندویچی |
| ۲۱۸ | ۷-۵-۳ ضوابط و جزئیات میلگردگذاری دال |
| ۲۲۰ | ۶-۳ سازه پلکان |

| | |
|-----|---|
| ۲۲۱ | ۳-۶-۱ سازه‌های پلکان با تکیه‌گاه ساده |
| ۲۲۲ | ۳-۶-۲ سازه‌های پلکان با تکیه‌گاه‌های ساده متصل به دال |
| ۲۲۳ | ۳-۶-۳ میلگردهای ریشه در سازه‌ی پلکان |
| ۲۲۶ | ۳-۶-۴ سازه‌های پلکان همراه با پاگرد |
| ۲۲۸ | ۳-۶-۵ پلکان‌های مارپیچ |
| ۲۲۷ | ۳-۷ پی |
| ۲۲۷ | ۳-۷-۱ پی‌های منفرد (مجزا) |
| ۲۴۳ | ۳-۷-۲ پی‌های قاب |
| ۲۵۱ | ۳-۷-۳ پی نواری |
| ۲۶۰ | ۳-۷-۴ پی گسترده |
| ۲۶۸ | ۳-۷-۵ موارد مختلف پی‌ها |
| ۲۷۵ | ۴- متره و برآورد - تخمین هزینه‌ها |
| ۲۷۶ | ۴-۱ تخمین میزان بتن مصرفی |
| ۲۸۰ | ۳-۲ تخمین میزان قالب‌بندی‌ها |
| ۲۸۲ | ۴-۳ تخمین میزان فاصله‌نگهدارها |
| ۲۸۵ | ۴-۴ تخمین مقدار میلگردها |
| ۲۸۵ | ۴-۴-۱ طبقه‌ی همکف - دال‌ها |
| ۲۸۷ | ۴-۴-۳ طبقه‌ی همکف - ستون‌ها |
| ۲۸۸ | ۴-۵ تخمین کلی میزان مصالح |
| ۲۸۹ | ۴-۶ بهینه‌سازی برنامه‌ی میلگردگذاری |
| ۲۹۳ | ۴-۷ تخمین هزینه‌ی قاب‌های سازه‌ای |
| ۲۹۸ | ۵- نقشه‌های جزئیات ساخت قاب‌های سازه‌ای |
| ۲۹۸ | ۵-۱ کلیات |
| ۲۹۹ | ۵-۲ "بلوک عنوان" نقشه‌ها |
| ۳۰۱ | ۵-۳ نقشه‌های مربوط به نجار |
| ۳۰۱ | ۵-۳-۱ حفاری‌ها و کف‌سازی‌پی |
| ۳۰۳ | ۵-۳-۲ قالب‌بندی فونداسیون (پی) و کف زیرزمین |
| ۳۰۵ | ۵-۳-۳ قالب‌بندی سقف زیرزمین |
| ۳۰۷ | ۵-۳-۴ قالب‌بندی سقف طبقه‌ی همکف |
| ۳۰۷ | ۵-۳-۵ قالب‌بندی نیم‌طبقه |
| ۳۰۹ | ۵-۳-۶ قالب‌بندی سقف نیم طبقه با عایق حرارتی |
| ۳۰۹ | ۵-۴ نقشه‌های آرماتوربندی |

فصل اول

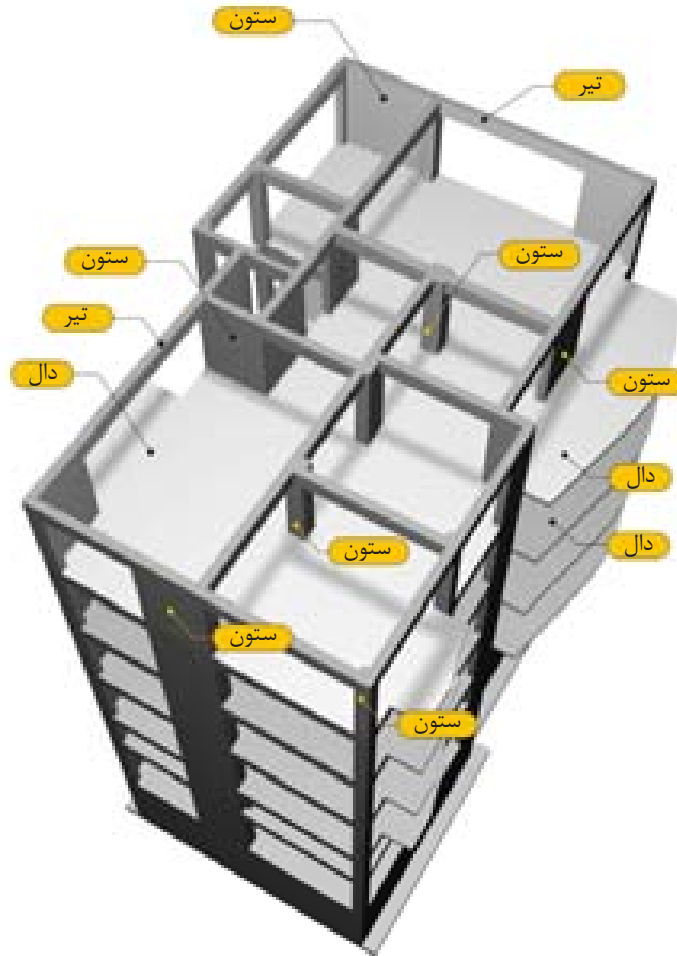
قاب‌های سازه‌ای

موضوع بحث این کتاب قاب‌های سازه‌ای ساخته شده از مصالح بتن مسلح می‌باشد. قاب سازه‌ای در آخرین مراحل ساخت قابل رؤیت نمی‌باشد، اما از درون و به شکل پیوسته سازه را نگاه می‌دارد. قاب سازه‌ای ترکیبی از المان‌های باربر افقی و قائم و نیز المان‌های پی می‌باشد.



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

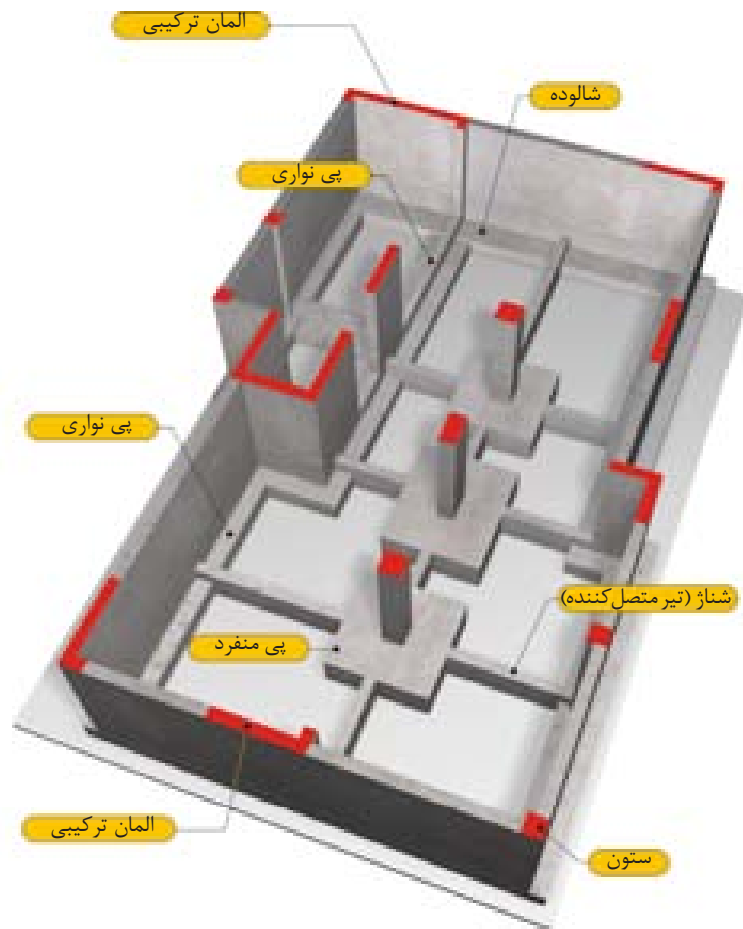
تصویر زیر قاب سازه‌ای در بالای ساختمان (دال‌های طبقه‌ی بالایی به منظور فراهم آوردن امکان نشان دادن پر نور تمام المان‌ها کنار گذاشته شده‌اند) را نشان می‌دهد.



قاب سازه‌ای

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

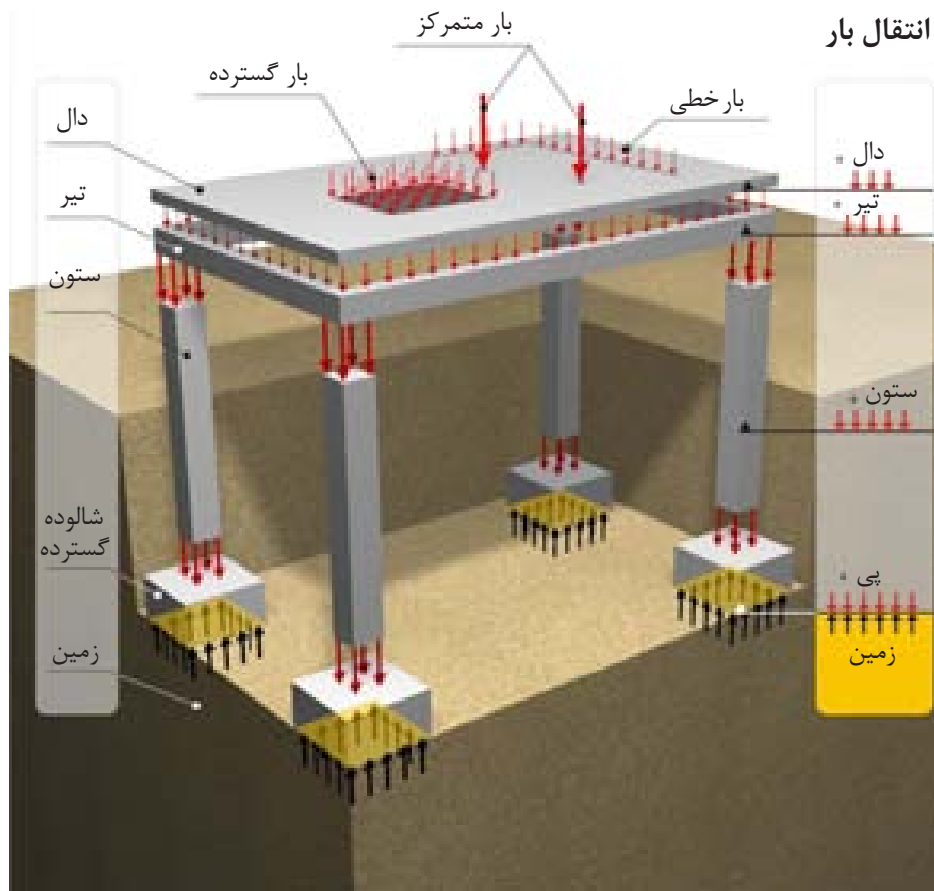
المان‌های باربر افقی شامل دال‌ها و تیرها است و المان‌های باربر قائم را ستون‌ها تشکیل می‌دهند. تصویر زیر پی ساختمان را نشان می‌دهد.



المان‌های پی در این شکل ساختمان شامل پی‌های منفرد، تیرهای پی (شنایز) و پی‌های نواری می‌باشند.

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

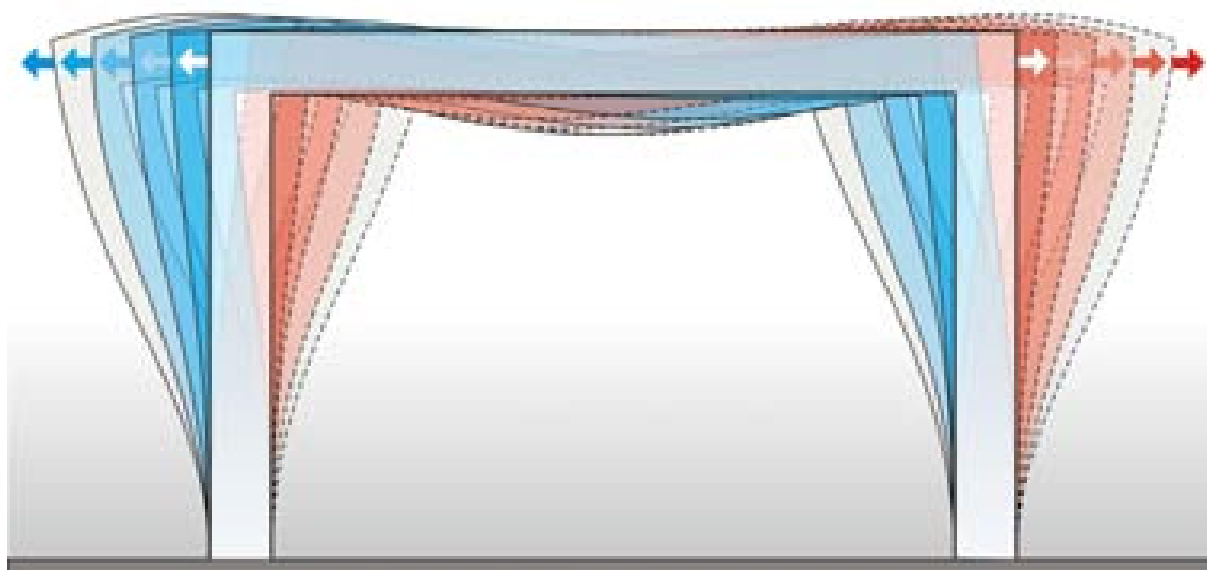
سایر انواع المان‌های پی، شامل پی گسترده (پی با دال گسترده) و شمع‌ها می‌باشند. قاب سازه‌ای باید مقاومت کافی برای تحمل بارهای ثقلی در تمام طول عمر مفید ساختمان را به طور مطمئن داشته باشد. یک سیستم باربری مناسب بر اساس یک مسیر انتقال بار پیوسته در سازه به وجود می‌آید. این امر بدان معناست که بارهای عمودی توسط دال‌ها جمع‌آوری شده و به تیرها انتقال داده می‌شود. آنگاه تیرها بارشان را به ستون داده و ستون‌ها می‌بایستی به نوبه خود بارشان را به پی انتقال دهند. در نهایت هم پی‌سازه بارها را به زمین انتقال می‌دهد.



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

دال‌ها بارهای کف هر طبقه را متحمل می‌شوند. این بارها را به عنوان بارهای دائمی به حساب می‌آورند که از آن جمله می‌توان به بار سنگ فرش کف اشاره نمود، بارهای زنده هم مانند بارهای ناشی از فعالیت انسان‌ها بر کف طبقه می‌باشد. تیرها، بارهای دال و دیواره‌ها را تحمل می‌نمایند. ستون‌ها بار وارده بر تیرها را به پی‌ها انتقال می‌دهند. شالوده (پی) بار ستون‌ها را گرفته و آنها را به زمین منتقل می‌نماید. تیرهای پی (شناژها) شالوده‌ها را هنگامی که سازه تحت بارهای اضافی قرار می‌گیرد (نظیر بارهای حاصل از رخداد زلزله‌ها و نشست‌های نامتوازن پی)، در جای خود نگاه می‌دارند.

در فصل‌های بعد نشان داده خواهد شد که تمام المان‌های سازه‌ای در شکل‌های مختلف و متفاوت از المان‌های دیگر می‌باشد شده، در بالا در سازه‌های مختلف یافت می‌شوند، هرچند رفتار آنها مشابه همین المان‌ها می‌باشد. در کشورهایی نظیر یونان که فعالیت لرزه‌ای زیادی دارد، قاب سازه‌ای نه تنها باید بتواند بارهای ثقلی را تحمل کند، بلکه بایستی قادر باشد بارهای حاصل از فعالیت‌هایی تأثیرگذار و بحرانی نظیر زلزله‌ها را نیز تحمل نماید.



تغییر شکل قاب ناشی از کنش لرزه‌ای

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

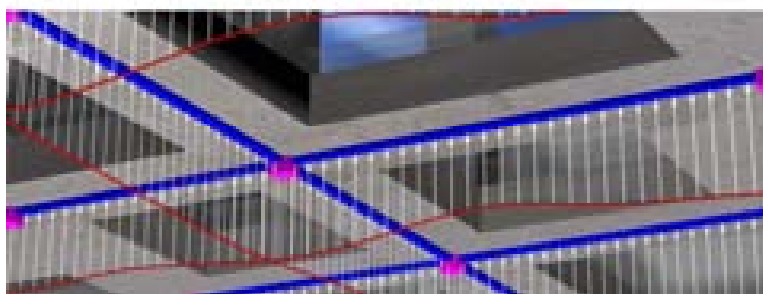
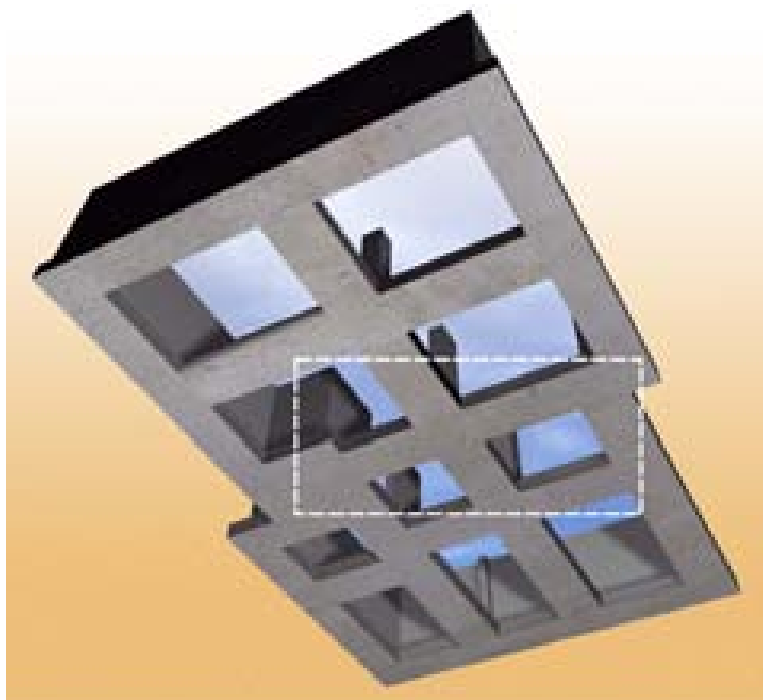
در یک سازه، کنش لرزه‌ای باعث ایجاد تغییر شکل و تنش در جهات مختلف می‌شود، که در این صورت سازه باید کنش لرزه‌ای فاصله تحمل کند. دال‌ها برای تحمل نیروهای لرزه‌ای طراحی نمی‌شوند. هرچند این المان‌ها با رفتار دیافراگمی خود به توزیع یکنواخت نیروی زلزله بین سایر المان‌های متصل به آن کمک می‌کنند. در یک قاب ساختمانی لزوماً تأثیر عملکرد تمامی المان‌ها بر رفتار لرزه‌ای قاب سازه‌ای تعیین‌کننده و بحرانی نمی‌باشند. برای مثال هنگام وقوع یک زلزله ظرفیت باربری یک ستون برای عملکرد لرزه‌ای سازه بسیار مؤثرتر از ظرفیت باربری یک تیر است.

دلیل این امر این است که گسیختگی ستون بوده که می‌تواند به گسیختگی المان‌های مجاور نظیر تیرها و دال‌ها انجامیده و باعث ایجاد گسیختگی پیش‌رونده (Progressive Failure) در سازه شود و به گسیختگی ستون‌های دیگر و در نهایت به گسیختگی گسترده‌ی سازه‌ای یا حتی تخریب کلی سازه منجر شود. برعکس، از دست رفتن ظرفیت باربری یک تیر منجر به خرابی‌های موضعی می‌شود که در یک زلزله‌ی بزرگ می‌تواند برای پایداری سازه نامطلوب باشد. به همین دلیل است که ستون‌ها در نواحی لرزه‌خیز بسیار قوی‌تر از ستون‌هایی که در نواحی بال‌رزه‌خیزی کم قرار دارند، طراحی می‌شوند. به منظور رسیدن به یک عملکرد مطلوب لرزه‌ای در سازه باید از ستون‌هایی با ابعاد بزرگ استفاده نمود در حالی که می‌دانیم این عمل باعث محدود شدن فضای داخلی ساختمان می‌شود. به همین دلیل به جای استفاده از ستون‌های بزرگ از دیوارهای برشی به عنوان یک جایگزین استفاده می‌شود. دیوارهای برشی نه تنها به مقاومت فشاری سازه کمک می‌کنند، بلکه باعث افزایش سختی سازه می‌شوند و از این طریق به محدود کردن جابه‌جایی‌ها و در نتیجه به کنترل تغییر شکل‌های ناشی از کنش‌های لرزه‌ای کمک می‌کنند.

زمانیکه طراحی لرزه‌ای مورد نیاز باشد، استفاده از تیر تکیه‌گاهی در سیستم دال ضروری می‌باشد. در مواردی که به دلایل معماری یا سایر دلایل ارتفاع تیر نمی‌تواند از زیر ضخامت دال تجاوز کند، دال‌ها باید به قدر کافی ضخیم باشند (طوری که عملکرد مناسب تیرهای مدفون درون ضخامت دال در آن ناحیه مورد اطمینان قرار گیرد).

در ساختمان‌های چندطبقه ستون‌ها نباید در هیچ طبقه‌ای قطع شوند. این بدان معنی است که ستونی که از روی زمین (روی پی) شروع شده باید تمام مسیر را تا آخرین طبقه‌ی ساختمان طی کند و در هیچ طبقه‌ای قطع نشود. ستونی که در یک طبقه‌ی میانی (و نه در تراز زمین) قطع شود و به زمین نرسد را ستون منقطع^۱ می‌نامند. معمولاً بار چنین ستونی باید توسط یک تیر حمل شود (تیر تکیه‌گاه ستون - به این تیرها تیر عمیق هم اطلاق می‌گردد - مترجم) زیرا آیین‌نامه‌ی یونان اجازه نمی‌دهد که بار ستون تنها توسط دال منتقل شود. به هر حال به منظور حفظ رفتار مناسب لرزه‌ای باید از به‌کارگیری چنین ستون‌هایی اجتناب نمود. گسیختگی محتمل تیرهای متصل‌کننده‌ی پی (شناژ) باعث گسیختگی مستقیم ستون‌ها می‌شود. این گسیختگی‌ها باعث شکست تیرها و نهایتاً خرابی دال‌ها می‌گردد. در این صورت چنین مکانیسمی در تمام طبقات رخ خواهد داد و منجر به گسیختگی کل سازه خواهد شد.

ساخت زیرزمین و استفاده از دیوارهای برشی در محیط سازه باعث بهبود رفتار عملکرد لرزه‌ای سازه می‌شود. استفاده از شالوده‌های پیوسته یا استفاده از شناژ به تراز قرار گرفتن سازه روی زمین و محدود کردن نشست‌های ناهماهنگ که وقوع آنها باعث ایجاد ترک در سازه می‌شود کمک می‌کند.



نمای تحتانی پی سازه و جزئیات دیاگرام تنش‌های خاک

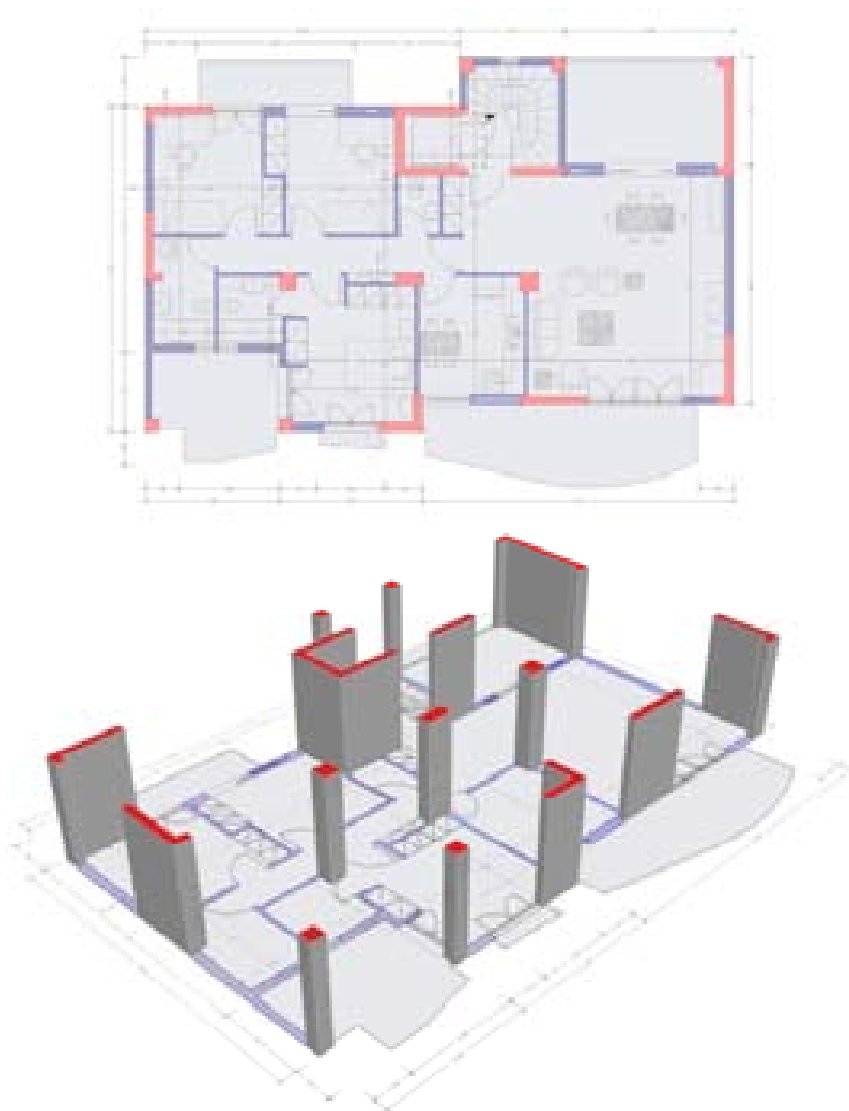
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

پس از آنکه شالوده‌ها ساخته شدند با خاک و خرده‌سنگ‌ها پوشیده می‌شوند (به طوری که طبقات پایه‌ی سازه به نظر غیر فعال می‌رسند) در حالی که آنها فعال هستند و به شکل مؤثری بر رفتار سازه (به ویژه طی رخداد زلزله) تأثیرگذار می‌باشند.

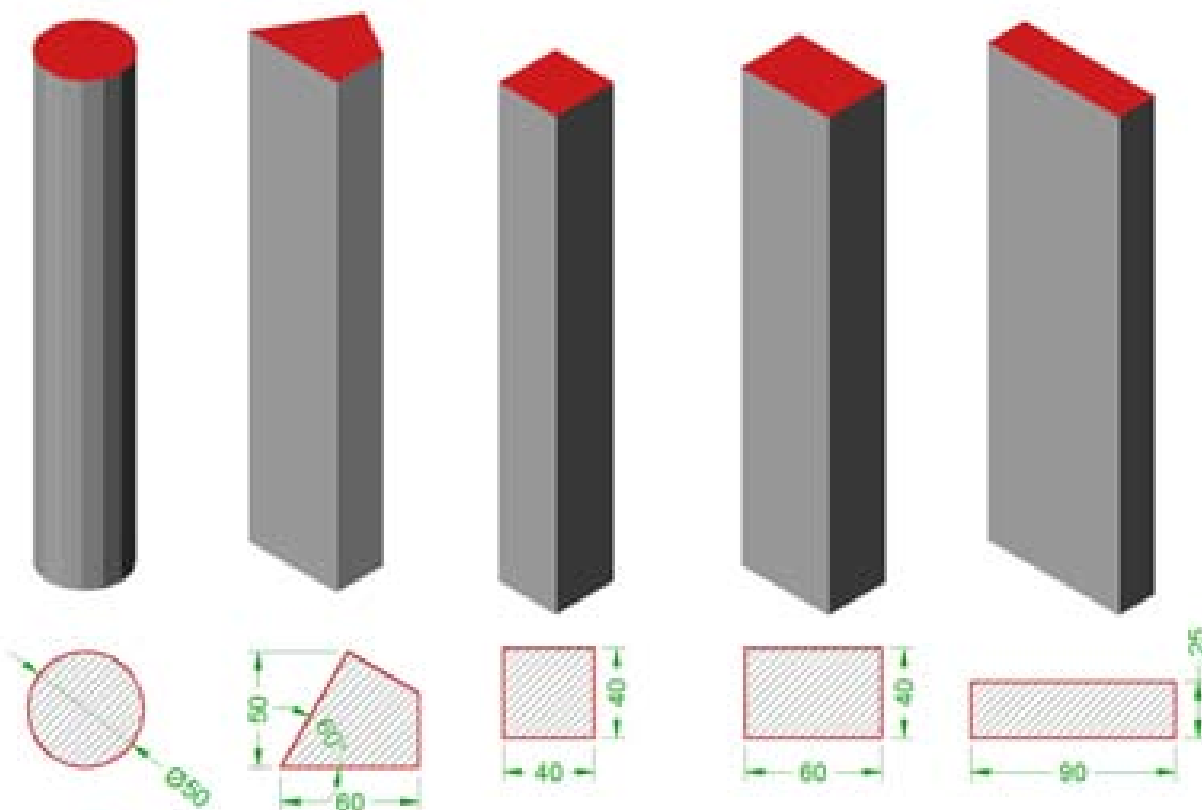
۱-۲- المان‌های قاب سازه‌ای

۱-۲-۱- ستون‌ها

اجزاء باربر قائم قاب سازه‌ای با نام معمول "ستون‌ها" شناخته می‌شوند. هرچند به دلیل اختلاف در رفتار، قوانین طراحی آنها و بیش از همه تفاوت‌های آنها در میلگرد گذاری و جزئیات، آنها به سه گروه عمده تقسیم‌بندی می‌شوند: ستون‌ها، دیوارهای برشی، المان‌های ترکیبی.

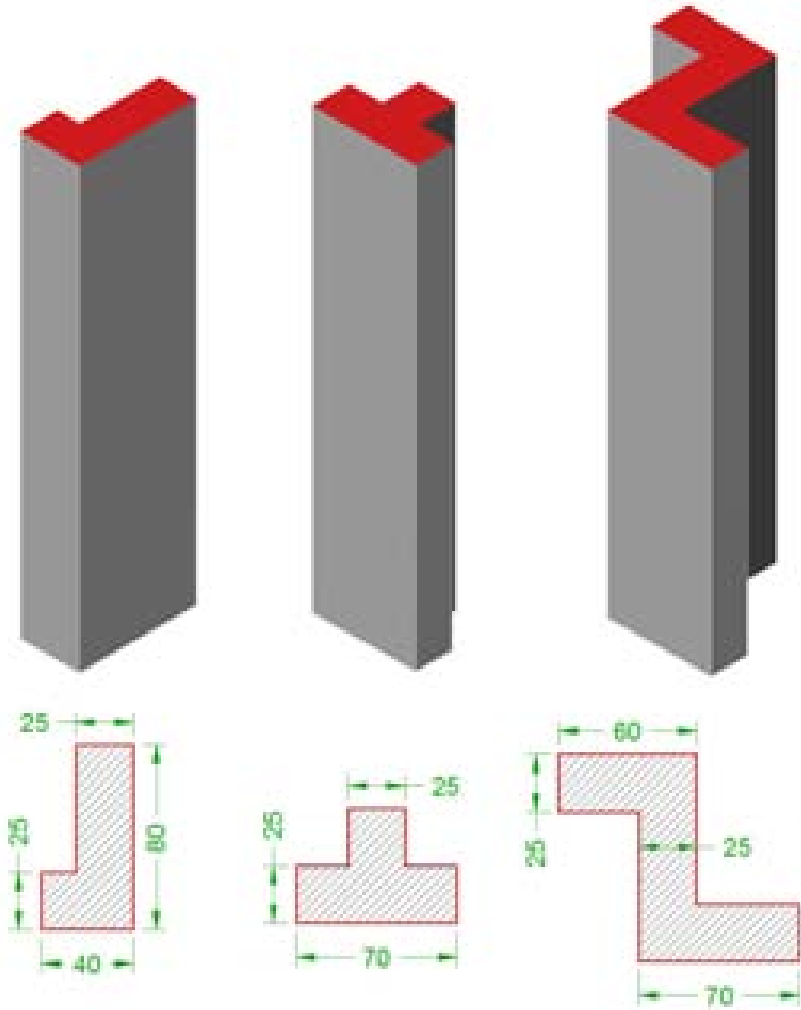


مقطع ستون‌ها عموماً به شکل مستطیلی می‌باشد. نسبت بزرگ‌تر به کوچک‌تر مقطع در این مقاطع از ۴ تجاوز نمی‌کند، برای مثال مقاطع 400/400 و 400/600 و 250/900 (ابعاد بر حسب میلیمتر) را می‌توان ذکر نمود.



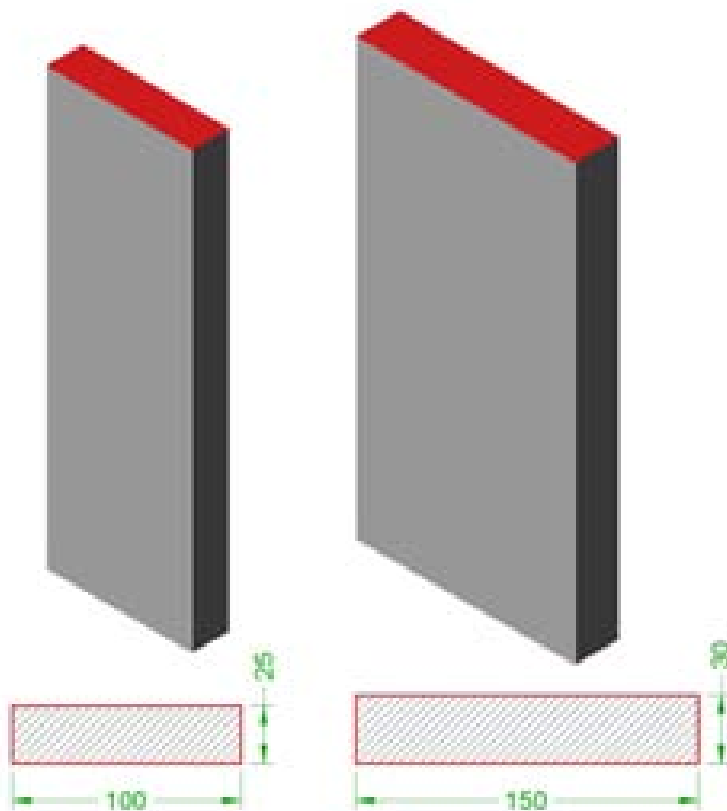
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

همچنین مقاطع دایروی نظیر $D=500$ و نیز مقاطع چهارگوش با زاویه‌ی داخلی 60° درجه در ستون‌ها به کار می‌روند. بعضی اوقات مقطعی در اشکال نبشی، سپری و مقاطع z- شکل نیز مطابق شکل روبه‌رو در ستون‌ها استفاده می‌شوند.



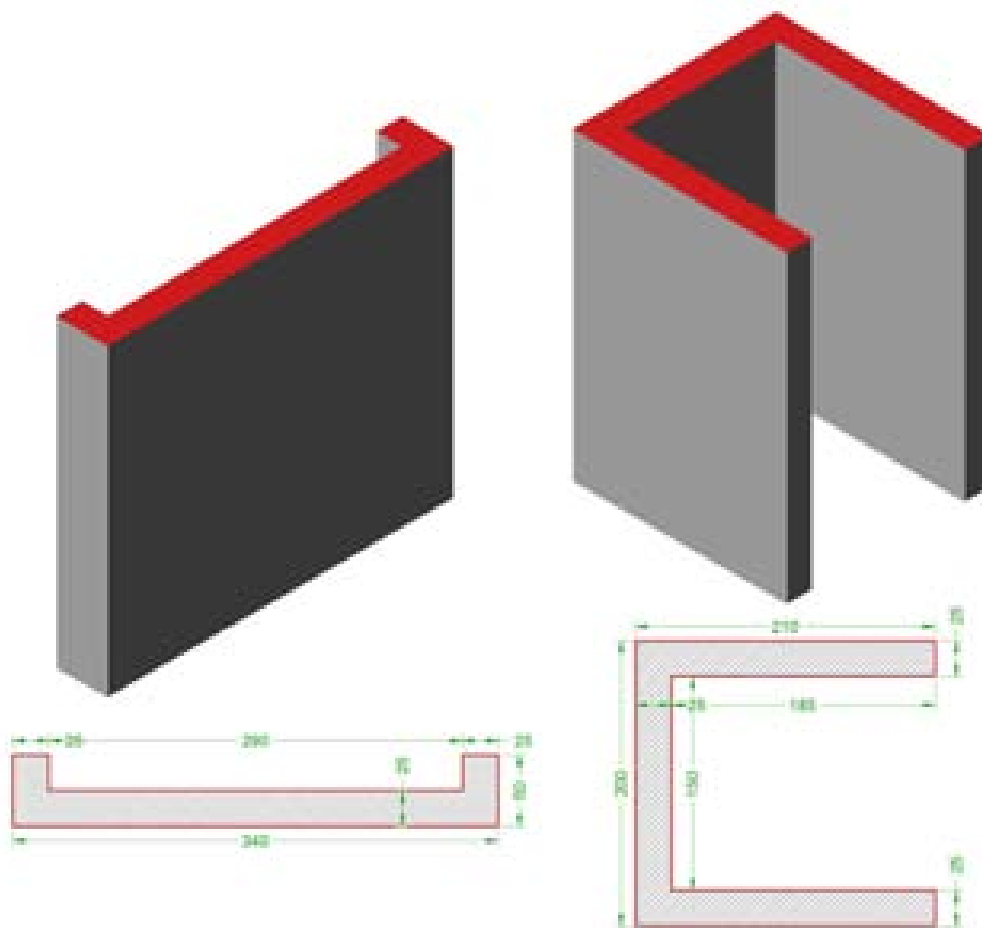
دیوارهای برشی، المان‌های مستطیلی هستند که نسبت طول به عرض مقطع آنها بزرگ‌تر از ۴ می‌باشد نظیر مقاطعی با ابعاد 1000/250 و 1500/300 میلیمتر.

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

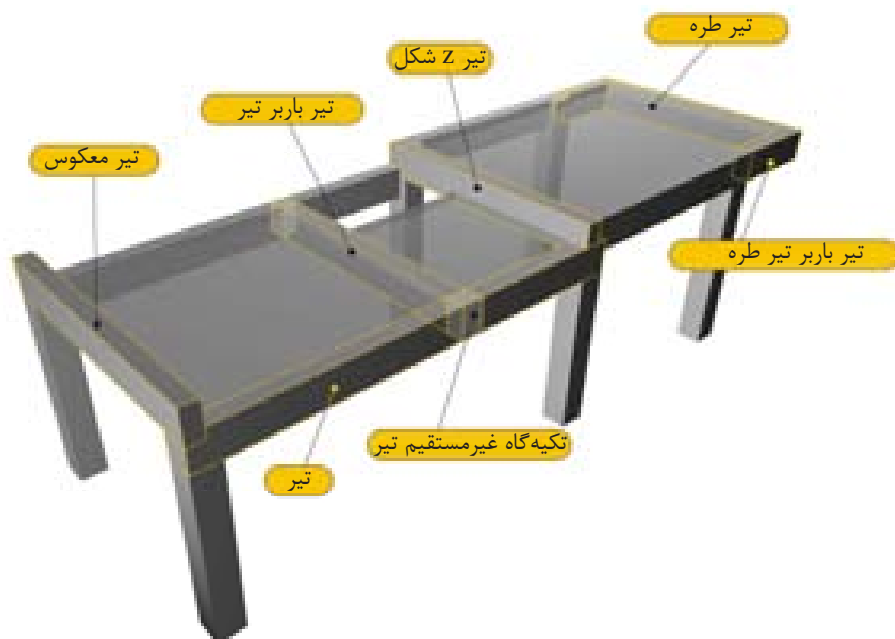
المان‌های ترکیبی متشکل از یک یا چندین المان مستطیلی می‌باشند که حداقل یکی از آنها باید دیوار برشی باشد. به طور کلی با توجه به اینکه در دو انتهای هر دیوار برشی ستون‌هایی شکل می‌گیرند، هر دیوار برشی را می‌توان یک المان ترکیبی در نظر گرفت. برای مثال دیوار با مقطع نبشی به ابعاد $1200/1000/250/250$ و سطح مقطع نبشی $1200/700/250/250$ ، مقطع باکس آسانسور با یا بدون بال، مقطع باکس‌های دوگانه‌ی آسانسور با دیوارهای با شیب جانبی مقاطع ترکیبی هستند.



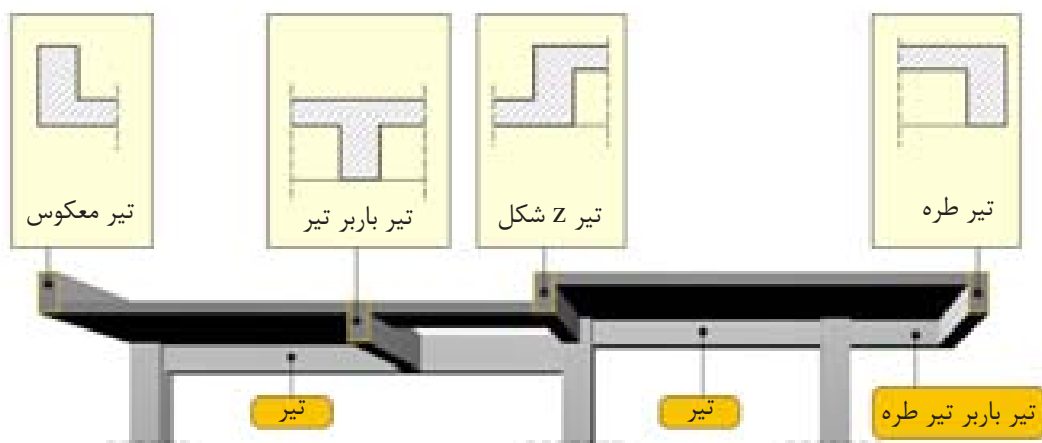
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

۱-۲-۲- تیرها

تیرها المان‌های سازه‌ای به شکل افقی یا شیب‌دار هستند که ستون‌ها را به هم متصل کرده و دال‌ها را نگاه می‌دارند. به طور کلی بار تیرها را ستون‌ها (اتصالات تیر به ستون) تحمل می‌نمایند.



زمانیکه تیردال‌ها با هم عمل می‌کنند در فرم یک تیر T شکل عمل می‌کنند. اگر که سطوح دال متفاوت گردد، عملکرد به صورت یک تیر Z شکل می‌گردد.

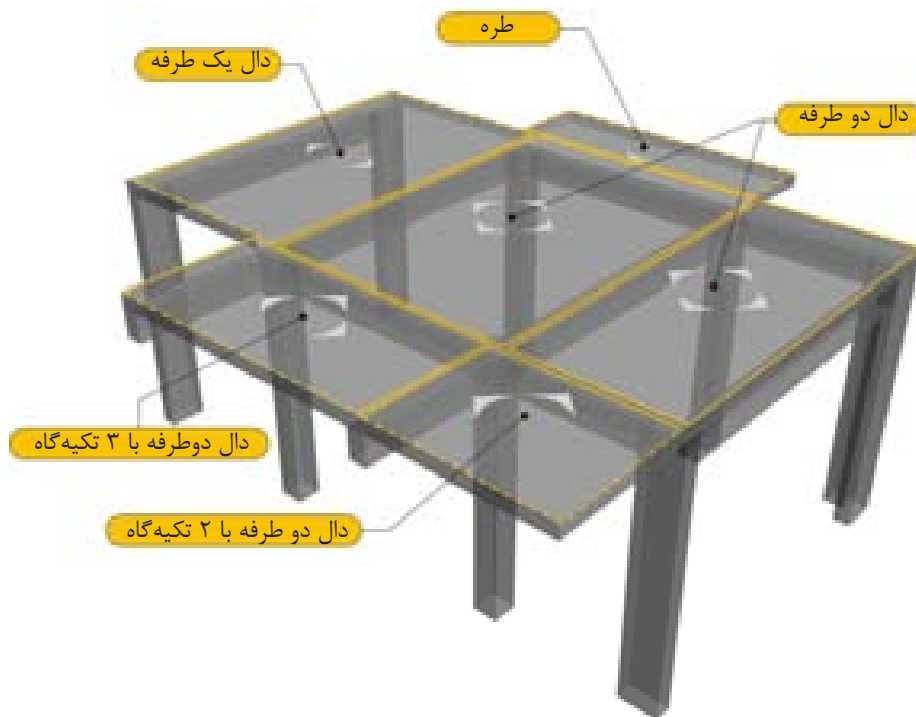


* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

هر چند گاهی اوقات بار یک یا دو تیر در انتهای توسط تیر دیگر تحمل می‌شود (اتصال تیر به تیر) و در برخی مواقع دیگر تنها یک انتهای تیر توسط ستون یا تیر دیگر تحمل می‌شود در حالی که انتهای تیر دیگر دارای تکیه‌گاه نمی‌باشد. به این‌گونه تیرها کنسول گفته می‌شود. اتصالات تیر به ستون به صورت اتصال مستقیم و اتصال تیر به تیر به عنوان اتصال غیر مستقیم شناخته می‌شوند. بیشتر اوقات از تیرهایی استفاده می‌شود که در هر دو انتهایش توسط ستون‌ها حمل شوند و به ندرت از تیرهای کنسول استفاده می‌شود. تکیه‌گاه غیرمستقیم باید کم و صرفاً زمانی که هیچ انتخاب دیگری نداریم مورد استفاده قرار گیرند. در سقف‌های شیب‌دار نیز تیرها و دال‌ها دارای سطح مقطع مشابه با موارد ذکر شده در بالا می‌باشند با این تفاوت که در اینجا به شکل شیب‌دار می‌باشند.

۱-۲-۳- دال‌ها

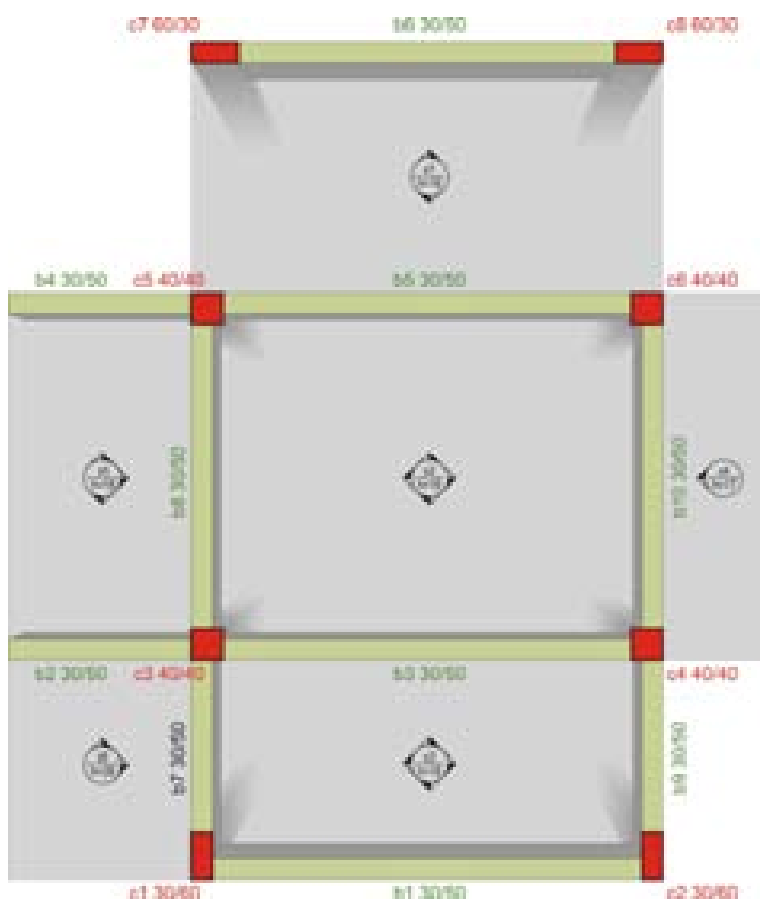
دال‌ها، المان‌های صفحه‌ای هستند که بارهای عمود بر صفحه‌ی خود را تحمل می‌نمایند.



انواع مختلف دال در ساختمان‌ها

* تصویر رنگی در آخر کتاب آمده است

بیشتر مواقع دال‌ها المان‌های نامعین استاتیکی هستند. در نتیجه تنش‌های اعمال‌شده به آنها بازتوزیع می‌شوند. این امکان باعث می‌شود آنها به شکل قابل ملاحظه‌ای در مقابل گسیختگی برشی و خمشی ایمن باشند. کنسول‌ها از این قاعده مستثنی می‌باشند و به دلیل اینکه از لحاظ استاتیکی معین هستند، باید در ساخت آنها توجه ویژه‌ای مبذول داشت. دال‌ها با توجه به تکیه‌گاه‌هایی که دارند به گروه‌هایی زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:



نقشه‌ی فرضی قالب‌بندی، فلش‌ها کناره‌های دارای تکیه‌گاه را نشان می‌دهند.

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

دال‌های یک‌طرفه (با تکیه‌گاه‌های ساده)

به مواردی گفته می‌شود که در دو لبه‌ی مقابل از چهارلبه دارای تکیه‌گاه هستند نظیر S1 از مثال بالا

دال‌های دو طرفه

مواردی که در هر چهار لبه دارای تکیه‌گاه هستند نظیر S2 و S3 از مثال بالا

دال‌های کنسول

مواردی که تنها در یک لبه دارای تکیه‌گاه ثابت می‌باشند. مانند مورد S4.

دال‌های دو طرفه با سه تکیه‌گاه

مواردی که در سه لبه از چهار لبه دارای تکیه‌گاه هستند نظیر S5 از مثال بالا

دال‌های دو طرفه با دو تکیه‌گاه

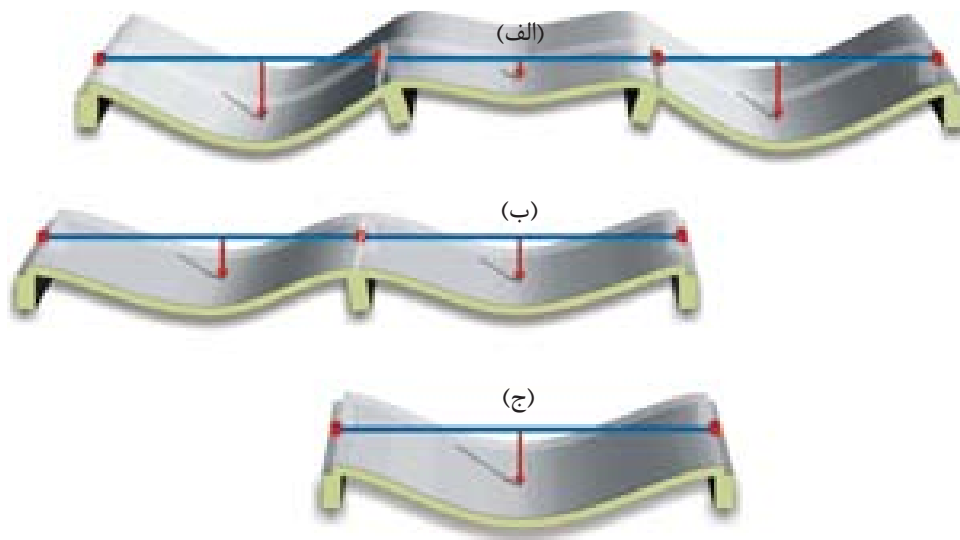
مواردی که در دو لبه‌ی مجاور از چهار لبه دارای تکیه‌گاه هستند نظیر S6 از مثال بالا

دسته‌بندی‌های بالا اشاره به دال‌های مستطیلی دارند و فقط برای حالاتی قابل استفاده هستند که تکیه‌گاه‌های لبه‌ای در تمام طول آنها به طور واضح قابل تعریف باشند. وقتی دال دارای شکل چند و ضلعی است می‌توان آن را با یک دال مشابه به شکل راست گوش شبیه‌سازی نمود. ضخامت اولیه برای دال مطابق با ظرفیت مقاومت برشی و خمشی مورد نیاز و نیز مطابق با محدودیت‌های مربوط به تغییر شکل‌های مجاز، تعریف می‌شود. معمولاً ضریب نامعین دومین پارامتر مهم می‌باشد. زیرا پایداری ارتجاعی دال (سختی) در طول عمر سرویس‌دهی سازه دارای اهمیت زیادی است و فقدان آن می‌تواند حتی با تردد ساکنین بر روی آن‌ها آشکار شود، به طوری که دال در اثر راه رفتن انسان‌ها شروع به لرزش می‌کند.

از دیدگاه تکیه‌گاهی ایمن‌ترین دال، دال دو طرفه می‌باشد و آسیب‌پذیرترین دال، دال کنسول می‌باشد. زیرا در یک دال دو طرفه تخریب احتمالی یک تکیه‌گاه باعث می‌شود دال به یک دال دو طرفه با سه تکیه‌گاه تبدیل شود. در حالی که خرابی احتمال تکیه‌گاه دال کنسول باعث شکست آن خواهد شد.

وقتی یک دال مجاور در کنار دال موجود باشد رفتار دال بهبود می‌یابد و حتی وقتی دو دال مجاور در کنار آن باشد در هر دو جهت رفتار دال بهبود می‌یابد.

تصویر زیر تغییر شکل‌ها را در یک مقیاس بزرگ اما متناسب با یکدیگر برای سه حالت مختلف پیوستگی دال نمایش می‌دهد. روشن است که دال‌های پیوسته به واسطه‌ی داشتن سختی بیشتر تغییر شکل‌های ملایم‌تری را تجربه می‌کنند.



(الف) دال با پیوستگی دوطرفه به بهترین شکل عمل می‌کند،
(ب) دال با پیوستگی یک طرفه و آخرین مورد (ج) دال بدون پیوستگی

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

بر اساس ضوابط Eurocode 2 ضخامت مورد نیاز دال در مرحله‌ی اول به ابعاد دال و در مرحله‌ی دوم به بارهای اعمالی و کیفیت بتن بستگی دارد. برای بارها و مصالح معمول و ضخامت برابر 150mm دهانه‌ی دال بین 3.6m و 6m تغییر می‌کند و دهانه‌ی تیر کنسول می‌تواند حداکثر طولی برابر 1.5m داشته باشد. برای دال با ضخامت 20cm دهانه‌ی دال این اندازه می‌تواند بین 4.5 تا 8m بوده و دهانه‌ی کنسول نیز این مقدار حداکثر باید به ۲ متر برسد.

دال با ضخامت 150mm دارای وزنی برابر $0.150m \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 3.75 \text{ kN/m}^2$ می‌باشد در حالی که بار زنده ناشی از استفاده ی افراد و مبلمان فقط برابر 2.0 kN/m^2 می‌باشد. اگر دال ضخامت برابر 200mm داشته باشد وزن آن برابر 5.0 kN/m^2 و اگر ضخامت آن برابر 300mm باشد وزن آن برابر 7.50 kN/m^2 خواهد بود در حالی که بار زنده همچنان برابر 2.0 kN/m^2 می‌باشد. بنابراین برای دهانه‌های بزرگ نظیر چیزی که در شکل زیر نشان داده شده است، می‌توان از دال‌های دندانه‌ای (دال مجوف) (زولینر و ساندویچ^۱) استفاده کرد. دال دندانه‌ای با ضخامت کل 300mm دارای وزن برابر 3.75 kN/m^2 می‌باشد که برابر وزن یک دال توپر با ضخامت 150mm می‌باشد.

1. Zoellner, sandwich

مزایای دال‌های دندانه‌ای:

- ضخامت مؤثر آنها باعث افزایش سختی آنها می‌شود.
- دارای بار مرده‌ی کمی هستند و در نتیجه تنش‌های نسبتاً کمتری را ایجاد می‌کنند.
- این دال‌ها باعث بارگذاری بیش از حد قاب سازه‌ای و پی نمی‌شوند.
- به دلیل ضخامت زیاد این دال‌ها به طور مقایسه‌ای به مقدار میلگرد کمتری نیاز دارند.

معایب دال‌های دندانه‌ای:

- ساخت آنها دشوارتر است و از این رو نیاز به میلگرد گذاری خیلی دقیق دارند.



دال دندانه‌ای یک طرفه

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

در دال‌های دندانه‌ای یک طرفه (دارای تکیه‌گاه ساده) برای اطمینان از توزیع یکنواخت بار، دندانه‌ها در جهت اصلی (به شکل معمول قرار می‌گیرند)، در حالی که در جهت ثانویه دندانه‌ها به شکل قائم و به صورت پراکنده قرار گرفته‌اند. فضاهاى خالی بین دندانه‌ها معمولاً با پلی استایرن سبک وزن (در واقع چگالی برابر 25Kg/m^2 که در مقایسه با چگالی بتن مسلح یعنی 2500Kg/m^2 بسیار ناچیز است، پلی استایرن همان یونولیت است) پر می‌شوند.

معمولاً دال‌های دو طرفه بین دندانه‌ها دارای فضاهای خالی مربعی شکل می‌باشند چرا که تقاضا برای مقاومت خمشی کافی در هر دو جهت برابر است. حفره‌های مربعی با پرکننده‌های سبک وزن نظیر پلی استایرن یا با استفاده از قالب‌های پلاستیکی شکل داده می‌شوند که مورد دوم از لحاظ کیفیت و سرعت ساخت دارای مزایای قابل توجهی می‌باشد و از این رو راه‌حل‌های اقتصادی مناسبی را فراهم می‌آورد. (البته در سقف‌های کوبی‌کس از توپ‌هایی به عنوان پرکننده در بین آرماتورها استفاده می‌گردد. مولف)

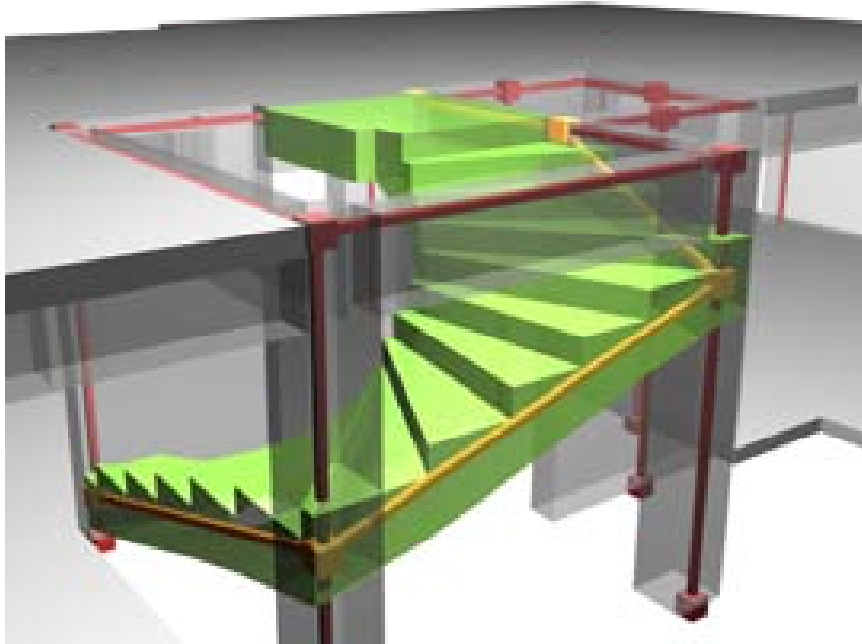


دال دندانه‌ای دوطرفه

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

۱-۲-۴- پلکان‌ها

اگرچه پله‌ها بخشی از سیستم باربر سازه‌ای محسوب نمی‌شوند، اما به هر حال بر رفتار قاب سازه‌ای تأثیرگذار می‌باشند (و البته از آن تأثیر می‌پذیرند). این موضوع به ویژه هنگام اعمال بارهای افقی که عموماً ناشی از کنش‌های لرزه‌ای می‌باشند بارزتر است. اگر سازه‌های پلکان به شکل صحیح در پلان سازه جانمایی شوند و به شکل مناسب ساخته شوند حتی می‌توانند باعث بهبود رفتار لرزه‌ای سازه شوند.



باکس‌های پله المان‌های سرویس‌دهی معماری هستند. بتن این المان‌ها هم‌زمان با سازه‌ی باربر سازه‌ای ریخته می‌شود و این امر باعث تاثیر متقابل باکس پله و سیستم سازه‌ای بر یکدیگر می‌شود.

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

دغدغه‌ی اصلی، حصول اطمینان از عدم تحمل و خرابی ناشی از دیاد پله‌ها طی زلزله می‌باشد. در نتیجه بعد از یک زلزله‌ی قوی تعمیر آنها از لحاظ فنی و اقتصادی ممکن خواهد بود. اما مهم‌ترین مسئله این است که در حین زلزله و یا بعد از آن، پلکان در حد سرویس دهی باقی مانده و امکان تخلیه‌ی ساختمان را فراهم آورد (استفاده از آسانسور هنگام زلزله ممنوع می‌باشد).

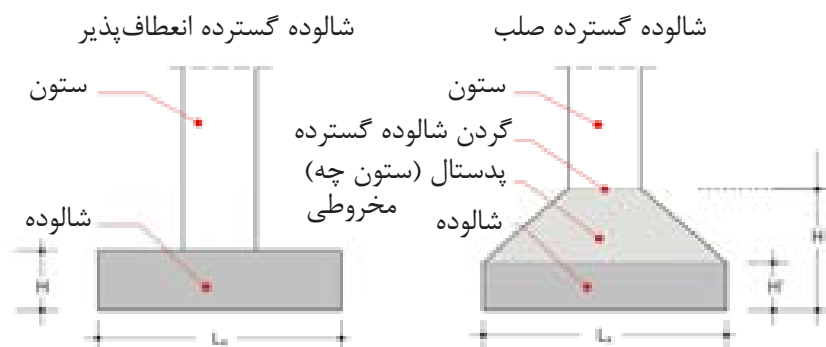
۱-۲-۵- فونداسیون (پی)

همان طوری که پی وزن ساکنین و سایر بارها را تحمل کرده و به صورت نرم به زمین انتقال می‌دهد، فونداسیون نیز بارهایی را که از قاب سازه‌ای به آن می‌رسد به صورت فشارهای توزیع شده به زمین زیر سازه انتقال می‌دهد. به طور کلی فونداسیون شامل شالوده‌ها و ستون پایه‌ها (پدستال) می‌باشد. ساده‌ترین نوع پی، پی منفرد (پی منفرد) یعنی پی‌های مجزا می‌باشد.



فونداسیون شامل شالوده‌های منفرد صلب و انعطاف پذیر (بدون شناز)

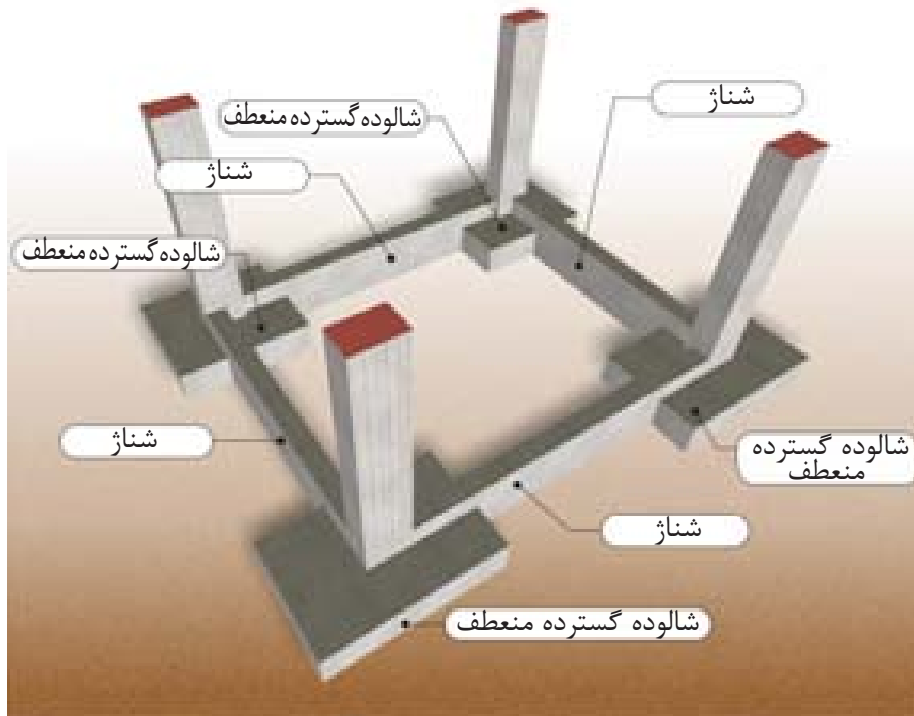
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است



شالوده‌های منفرد انعطاف پذیر شالوده‌ی منفرد صلب

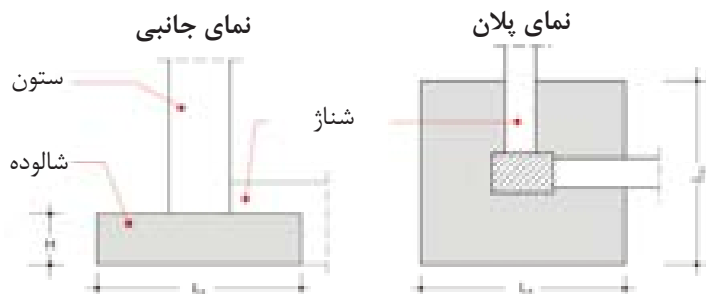
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

پی‌های منفرد یا از یک باکس (شکل جعبه‌ای یا مکعبی) تشکیل شده، یا اینکه دارای ارتفاع زیاد و انتهایی شیب‌دار می‌باشند. به عنوان یک قاعده، حالت اول را که معمول‌تر است پی انعطاف‌پذیر نامیده و حالت دوم را پی صلب می‌گویند. می‌توان گفت امروزه به دلیل ساخت آسان، زحمت کم‌تر و هزینه‌ی پایین‌تر تنها از شالوده‌های منفرد انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود. هر چند در گذشته وقتی هزینه‌ی مصالح بالاتر از هزینه‌ی ساخت بود معمولاً از شالوده‌های منفرد صلب استفاده می‌نمودند. ابعاد شالوده به کیفیت خاک و بارهای انتقال‌یافته توسط ستون‌ها (بارهای ستون با توجه به فاصله‌ی ستون‌ها و تعداد و اندازه‌ی بار طبقات سازه تعیین می‌شود) دارد. ابعاد معمول شالوده بین 1x1m تا 3x3m می‌باشد. گرچه بعضی اوقات می‌توانند بزرگ‌تر هم باشند. ارتفاع پی‌ها برای شالوده‌های منفرد انعطاف‌پذیر بین 0.5m تا 1m تغییر می‌کند و برای پی‌های منفرد صلب بین 0.7 تا 2m تغییر می‌نماید.



فونداسیون شامل شالوده‌های پی منفرد انعطاف‌پذیر با شناژ

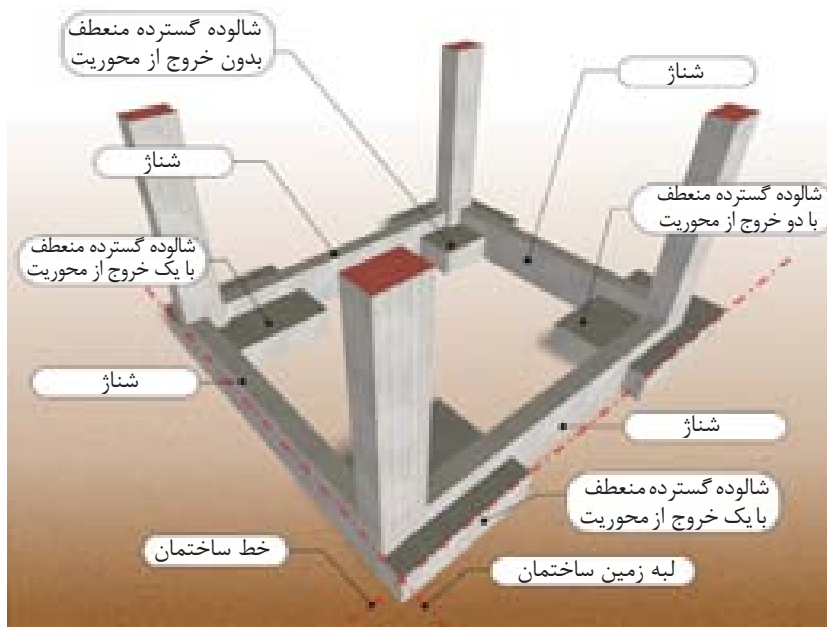
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

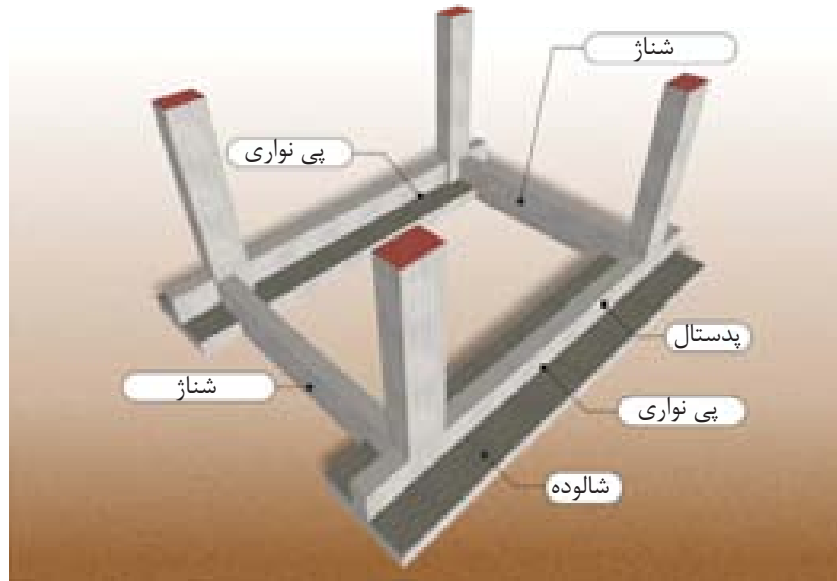
به منظور اطمینان از رفتار مناسب پی، استفاده از تیرهای پی (شناژ) الزامی است. این تیرها پی‌ها را به هم متصل می‌کنند و شرایط رفتار عادی پی‌ها به ویژه هنگام وقوع زلزله را فراهم می‌آورند. معمولاً عرض سطح مقطع آنها بین ۳۰۰ و ۵۰۰mm و ارتفاع مقطع آنها از ۵۰۰ تا ۱۵۰۰mm می‌باشد.

ستون‌ها معمولاً در مرکز جرم پی‌ها قرار می‌گیرند (غیر از مواردی که به دلیل محدودیت‌های ساختمان به شکل برون محور ساخته می‌شوند مثل خطوط مرزی سازه یا لبه‌های زمین ساختمان به طوری که در شکل زیر نشان داده شده است).



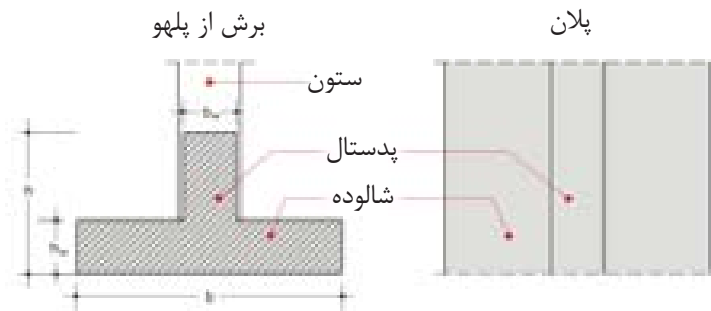
فونداسیون شامل پی‌های منفرد انعطاف‌پذیر برون‌محور به دلیل محدودیت‌های خط ساختمان و لبه‌ی زمین ساختمان

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است



هر اندازه که برون‌محوری شالوده بیشتر باشد باید تیرهای شناژ در آن جهت بایستی بزرگ‌تر باشند.
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

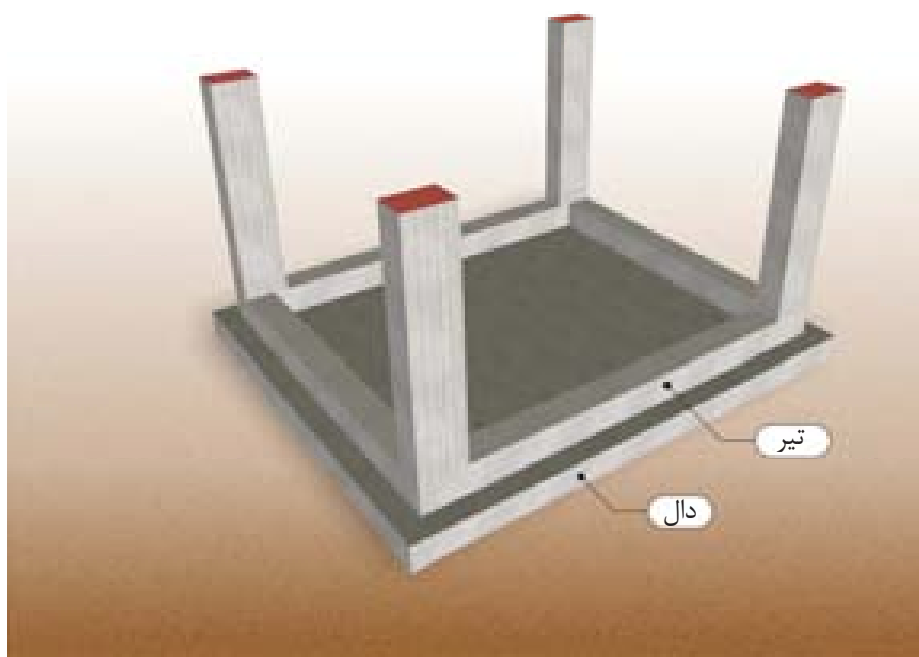
شالوده‌های منفرد (پی منفرد) در خاک‌های با کیفیت خوب استفاده می‌شود. در مورد خاک‌های با ظرفیت پایین باربری از پی نواری استفاده می‌شود.



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

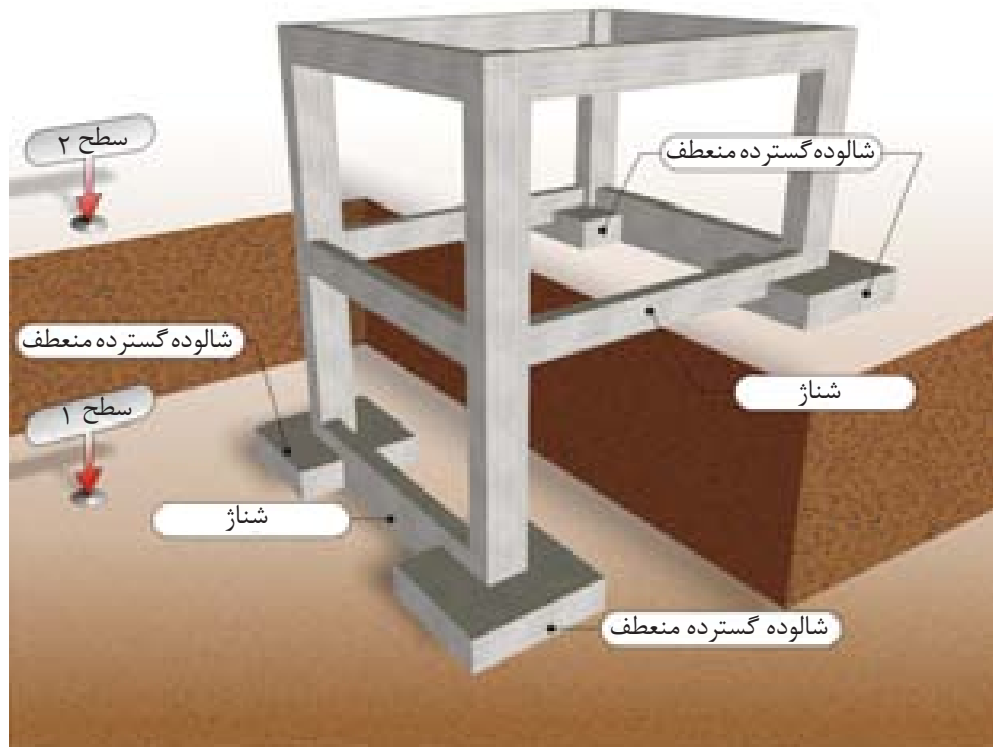
پی نواری شامل ستون پایه (پدستال) و شالوده می‌باشد. ابعاد معمول ضخامت شالوده بین ۴۰۰ تا ۶۰۰mm و عرض آن بین ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰mm می‌باشد. سطح مقطع معمول ستون پایه از ۳۰۰x۸۰۰ تا ۵۰۰x۱۵۰۰ متغیر است.

برای رفتار مؤثرتر توصیه می‌گردد که از فونداسیون شبکه‌ای^۱ استفاده شود. روی خاک‌های با کیفیت پایین و ظرفیت باربری کم، معمولاً پی گسترده ساخته شده که شامل یک دال گسترده بوده که در کل ناحیه‌ی بارگذاری گسترده می‌شود. در خاک‌های با شرایط کیفی بهتر بیشتر مواقع به دلایل اجرایی از پی گسترده استفاده می‌شود که دلیل این امر اجرای سریع و آسان این نوع پی‌هاست.



پی گسترده با تیرهای متصل‌کننده
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

برای شکل‌گیری دندانه در فونداسیون، در پی گسترده می‌توان از تیرهای منظم در فونداسیون استفاده نمود (شکل بالا را ببینید). همچنین ممکن است تیرها به صورت تیرهای پنهان درون پی مدفون شوند. ضخامت معمول یک پی گسترده بین ۴۰۰ تا ۱۰۰۰mm می‌باشد در حالی که ابعاد تیرهای پی گسترده از ۳۰۰x۸۰۰ تا ۵۰۰x۲۰۰۰mm متغییر است.



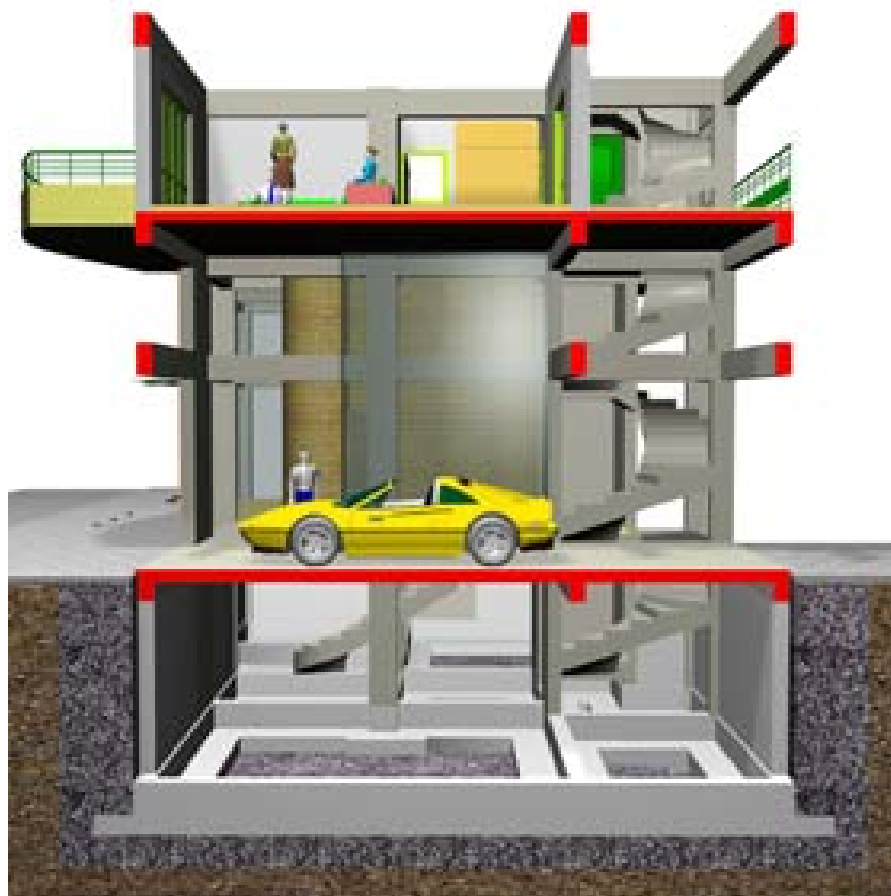
پی در دو تراز مختلف

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

به طور کلی فونداسیون باید در یک تراز قرار گیرد. هرچند در برخی موارد خاص نظیر زمین‌های شیب‌دار فونداسیون در بیش از یک تراز قرار داده می‌شود.

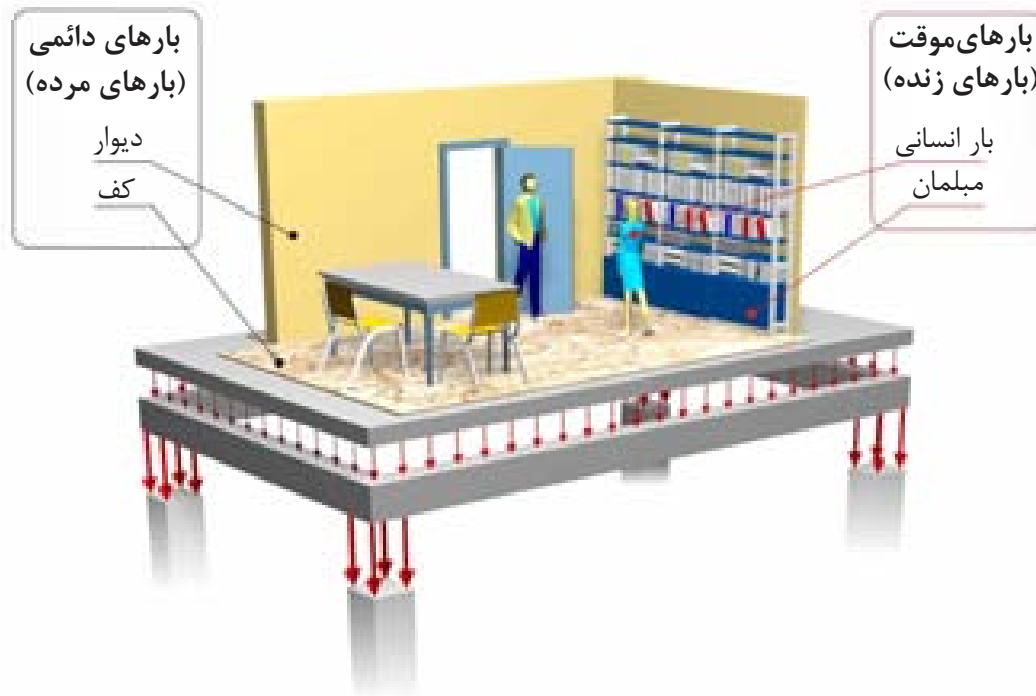
بارگذاری قاب سازه‌ای

قاب سازه‌ای برای حمل دائمی و مستمر بارهای ثقلی (وزن خود، دیوارهای بنای، پوشش‌های سقف، ماشین‌ها، مبلمان و فعالیت‌های انسانی) و تحمل موقتی (و نه ثابت) بار باد و برف طراحی می‌شود. به علاوه همواره باید بتواند بارهای خود ایجاد ناشی از تغییرات حرارت و غیره را تحمل نماید.



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

در هر ساختمانی نظیر شکل بالا بارهای دائمی (مرده) و بارهای اعمالی (زنده) اعمال می‌شوند. معمولاً مقدار بار زنده خیلی کم‌تر از بار مرده می‌باشد. برای مثال وزن سه نفر به همراه مبلمان یک اتاق پذیرایی در هر مترمربع برابر است با یک متر مربع از سطح دال بوده، یا اینکه وزن یک ماشین برابر وزن یک المان تیر می‌باشد. بارهای وارده به یک سازه به بارهای ثابت (بارهای مرده) و بارهای اعمالی (زنده) تقسیم می‌شوند. بار مرده شامل وزن سازه، المان‌ها، دیوارها و پوشش‌های آن است. بار زنده نیز شامل بارهایی است که شامل فعالیت‌های انسانی، وسایل نقلیه، مبلمان و غیره می‌باشد.



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

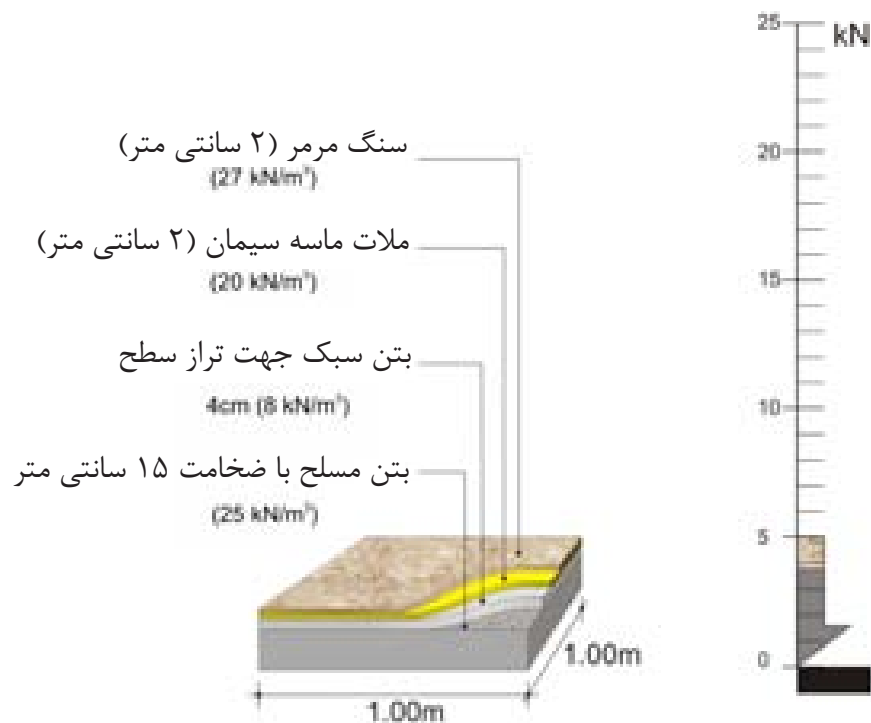
چگالی و وزن واحد مرتبط با مصالحی که در ساختمان استفاده می‌شوند برابرند با:

$$\rho = 2.50 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 25.0 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ بتن مسلح}$$

$$\rho = 0.8 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 8.0 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ بتن سبک (بتن مگر) جهت هموارسازی زمین}$$

$$\rho = 2.0 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 20.0 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ ملات ماسه سیمان}$$

$$\rho = 2.70 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 27.0 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ سنگ مرمر}$$



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

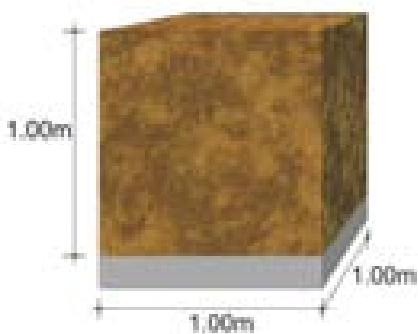
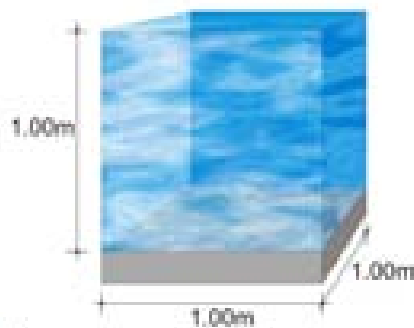
جرم مرده‌ی یک متر مربع از دال بالا برابر خواهد بود با:

$g = 0.15 \cdot 2.50 + 0.04 \cdot 0.8 + 0.02 \cdot 2.0 + 0.02 \cdot 2.7 = 0.5t$, یعنی جرم یک متر مربع از دال معمولی برابر ۰,۵ تن (5KN) می باشد.

آب $\rho = 1.00 \text{ t/m}^3$ ($\epsilon = 10.0 \text{ kN/m}^3$)

جرم مرده‌ی یک متر مربع از دال یک استخر وقتی تا عمق ۱ متر پر از آب باشد برابر ۱,۴ تن (14KN) می‌باشد.

خاک باغچه: $\rho = 2.50 \frac{t}{m^2}$ ($\epsilon = 25.0 \frac{kN}{m^2}$)

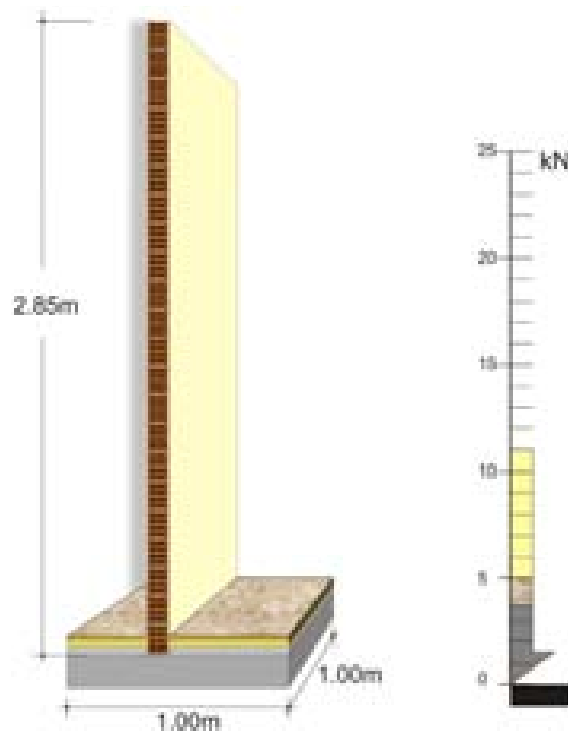


* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

جرم مرده‌ی یک متر مربع از دال با یک متر خاک بالای آن برابر ۲,۵ تن (وزن 25kN) می‌باشد.

$$\rho = 0.21 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 2.1 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ (Masonry stretcher bond)}$$

$$\rho = 0.36 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 3.6 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ (Masonry Flemish bond)}$$



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

دیوار با طول ۱ متر و ارتفاع 2.85m و ضخامت 100mm. دارای وزن برابر ۰,۶ تن (وزن 6kN) می‌باشد. بارهای زنده

بارگذاری ناشی از انسان :

$$\rho = 0.2 \frac{t}{m^2} \left(\epsilon = 2.0 \frac{kN}{m^2} \right) \text{ - بارگذاری معمولی انسان:}$$

بارگذاری زنده انسانی

جرم زنده‌ی ۱ متر مربع از ساکنین ساختمان برابر ۰,۲ تن (2KN) می‌باشد.

$$\rho = 0.5 \frac{t}{m^2} \quad (\epsilon = 5.0 \frac{kN}{m^2})$$



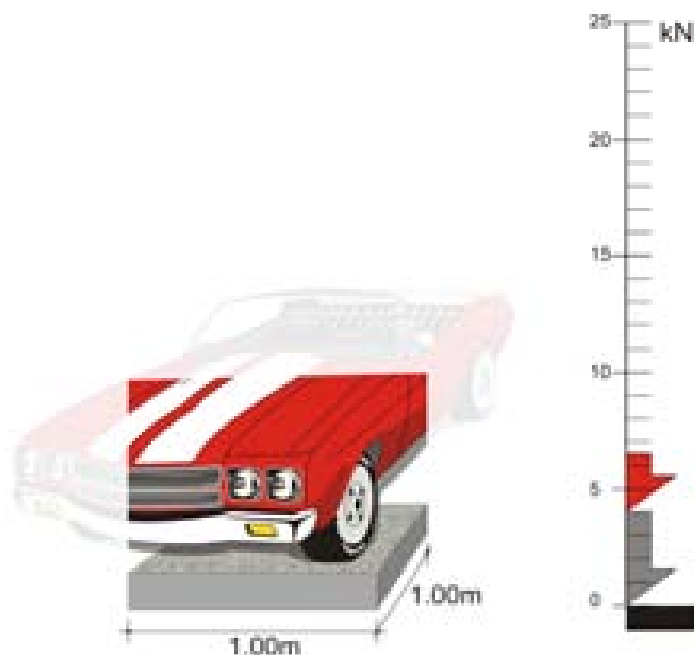
بارگذاری متمرکز انسانی

بار زنده‌ی مربوط به ۱ متر مربع از سطوح امکان تجاری برابر ۰,۵ تن (وزن 2KN) می‌باشد.

$$\rho = 0.25 \frac{t}{m^2} \quad (\epsilon = 2.5 \frac{kN}{m^2})$$



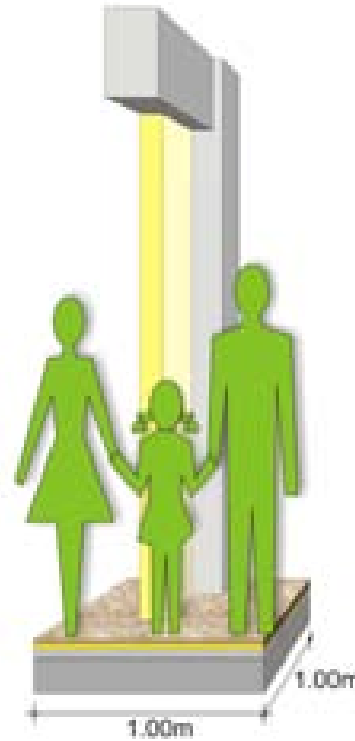
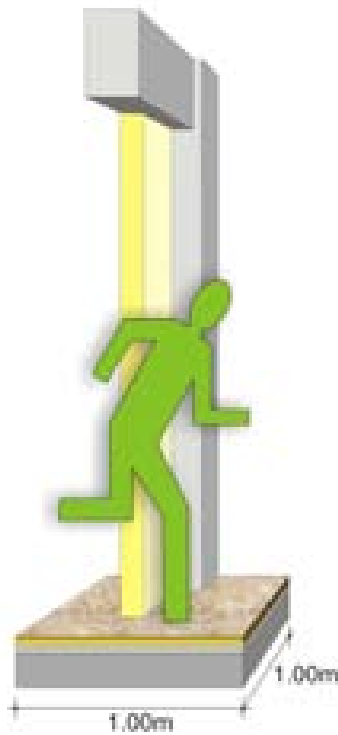
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

بار زنده‌ی گسترده‌ی مربوط به ۱ مترمربع فضای پارکینگ برابر ۰,۲۵ تن (وزن 2.5KN می‌باشد). به طور معمول بزرگی بارگذاری برف، کم‌تر از بار زنده‌ی ایجاد شده توسط افراد می‌باشد و تقریباً بین ۰,۶ تا 1.50 kN/m^2 می‌باشد. تذکر: به منظور محاسبه‌ی بار اعمال شده کل به سازه‌ی مسکونی، $1\text{m} \times 1\text{m}$ از سطح دال را در نظر می‌گیریم. در هر 1m^2 از سطح کف طبقه، بارهای ثابت (مرده)، بارهای اعمالی (زنده) به ترتیب برابر ۰,۵ تن (وزن 5KN) و ۰,۲ تن (وزن 2KN) می‌باشند. هر چند وقتی بارهای اعمالی توسط تیرها، ستون‌ها، دیوارها و اندودها را لحاظ کنیم میزان کل بار مرده یعنی وزن مربوط به خود سازه بزرگ‌تر از 10 kN/m^2 می‌شود. اما بارهای زنده همچنان برابر 2 kN/m^2 می‌باشند. به علاوه در یک زمان خاص از طول عمر سازه میزان محتمل بار مرده در حدود ۱۰۰٪ مقدار محاسباتی خواهند بود در حالی که بارهای زنده محتمل که به سازه اعمال می‌شوند حدوداً برابر ۳۰٪ مقدار مفروض می‌باشند. از مجموع نکات بیان شده در می‌یابیم که تا چه مقدار بارهای مرده نسبت به بارهای زنده بیشتر هستند و این یکی از مهم‌ترین مسائل سازه می‌باشد. سازه‌ها از میزان زیادی بار مرده برای تحمل بار زنده‌ی کمتر استفاده می‌کنند.

در یک ساختمان مسکونی پیشینه‌ی بارهای زنده حدوداً ۲۰٪ بارهای مرده می‌باشد.

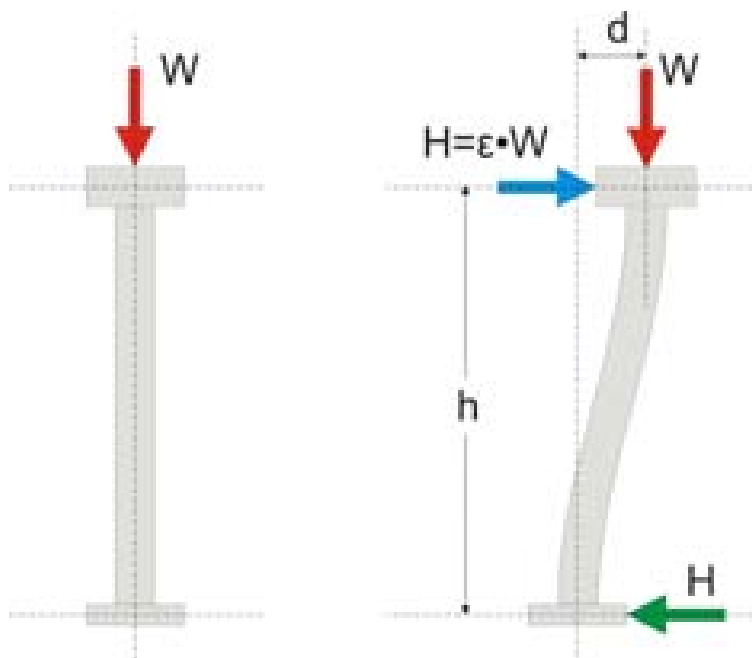


در موارد اتفاقی نظیر زلزله‌ها بارهای زنده‌ی واقعی می‌تواند در حد ۶٪ بارهای مرده باشند.

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

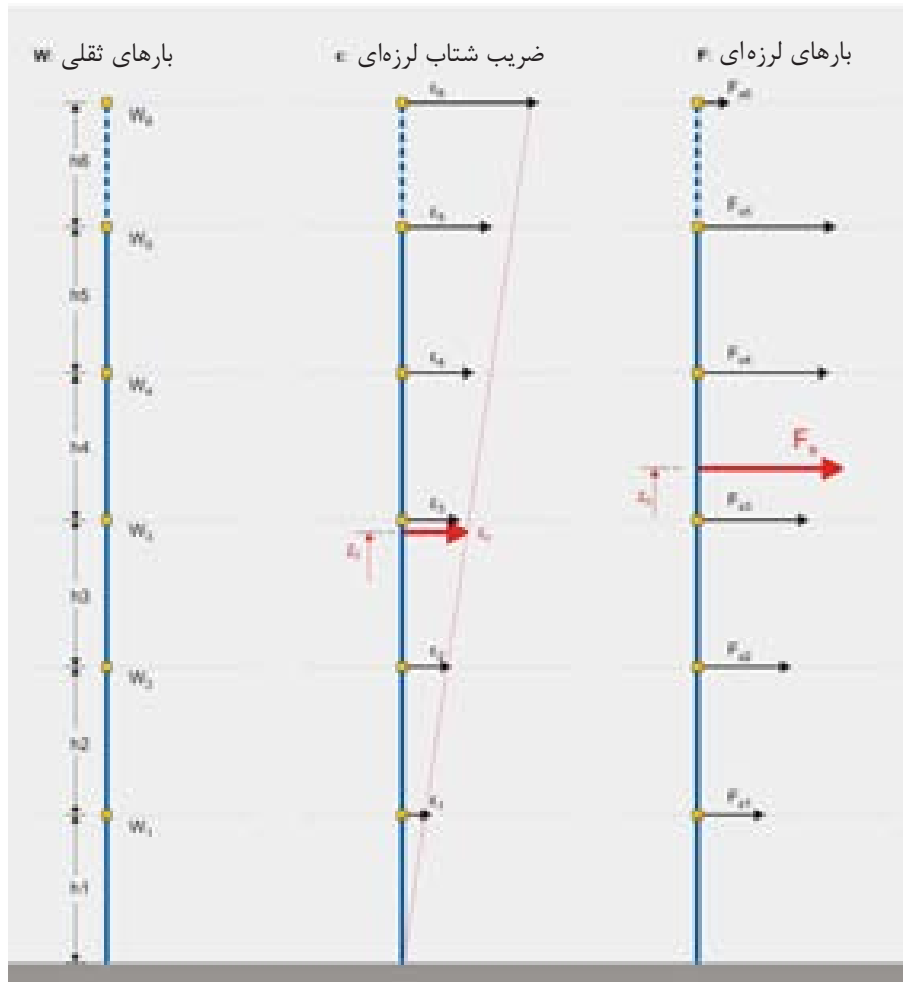
۱-۳-۲- بارهای لرزه‌ای

اثری که یک کنش لرزه‌ای در سازه می‌گذارد به صورت شتاب افقی زمین، ناشی از زلزله‌ی طرح می‌شود که به آن شتاب لرزه‌ای طراحی می‌گوییم که از رابطه‌ی $A=a \times g$ تعیین می‌شود. از لحاظ لرزه‌خیزی یونان به سه ناحیه‌ی لرزه‌ای $z1$ ، $z2$ و $z3$ تقسیم‌بندی شده است. به عنوان مثال برای سازه‌هایی که روی زمین با کیفیت A (زمین مرغوب) قرار دارند مقدار ضریب a برابر $0,16$ برای ناحیه $z1$ ، $0,24$ برای $z2$ و $0,36$ برای $z3$ می‌باشد.



* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

هنگام وقوع زلزله یک بار لرزه‌ای افقی H به تمام جرم سازه M (حاصل از وزن ثقلی w) اعمال می‌شود. نیروی H برابر درصدی از نیروی w می‌باشد. مقدار معمولاً بین $0,00$ و $0,5$ تغییر می‌کند در حالی که برای یک کنش لرزه‌ای شدید می‌تواند از 1 نیز فراتر رود. مقدار ϵ عمدتاً به مقدار ϵ ضریب a (که برای محاسبه‌ی بیشینه‌ی شتاب لرزه‌ای افقی زمین استفاده می‌شود) و سایر عوامل نظیر نوع خاک، هندسه‌ی سیستم سازه‌ای و مرکز جرم بستگی دارد. به طور کلی توزیع شتاب‌های لرزه‌ای به صورت مثلثی می‌باشد.

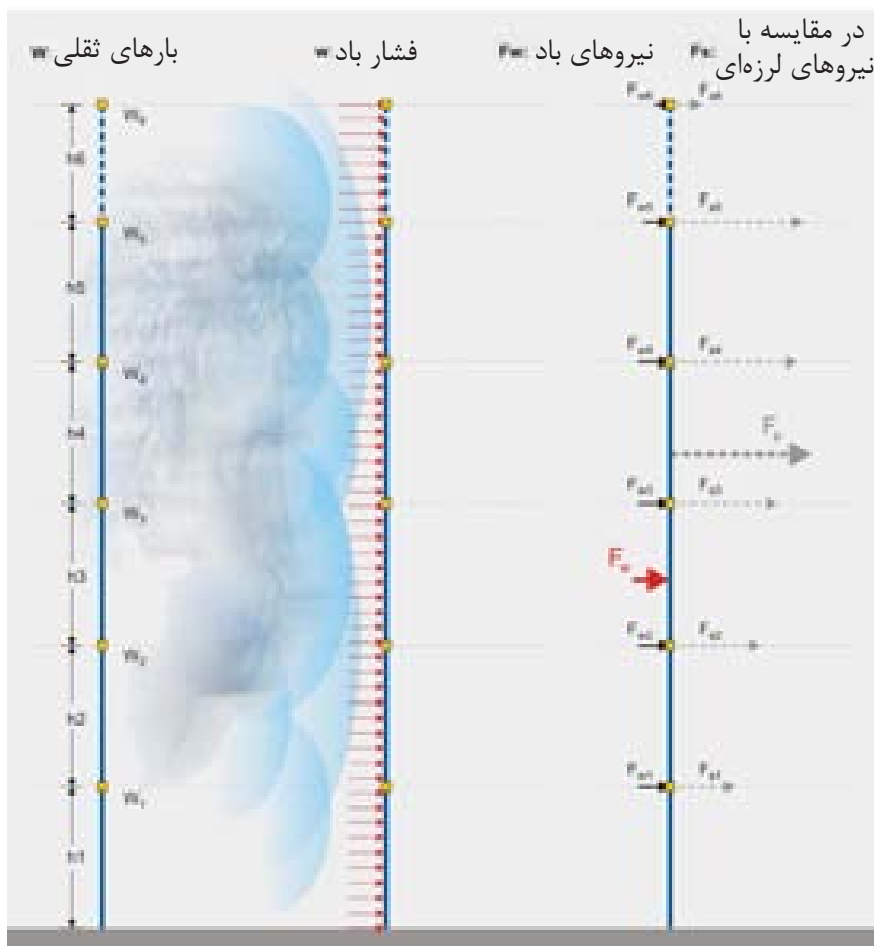


توزیع مثلثی شتاب لرزه‌ای (در ارتفاع سازه)

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

سازه‌ی نشان داده شده در بالا به ناحیه‌ی لرزه‌ای z_1 تعلق دارد (شتاب لرزه‌ای زمین برابر $0.16g$). مقدار متوسط شتاب لرزه‌ای طراحی حدود $0.12g$ ($\epsilon 0.12$) می‌باشد و بزرگی نیروی لرزه‌ای ایجاد شده F_s حدود 1400 کیلو نیوتن می‌باشد. ارتفاع تئوریک که این نیرو به آن اعمال می‌شود حدود دو سوم کل ارتفاع سازه می‌باشد.

۱-۳-۳- بارگذاری باد



مقایسه‌ی بارهای باد F_w و بارهای لرزهای F_s

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

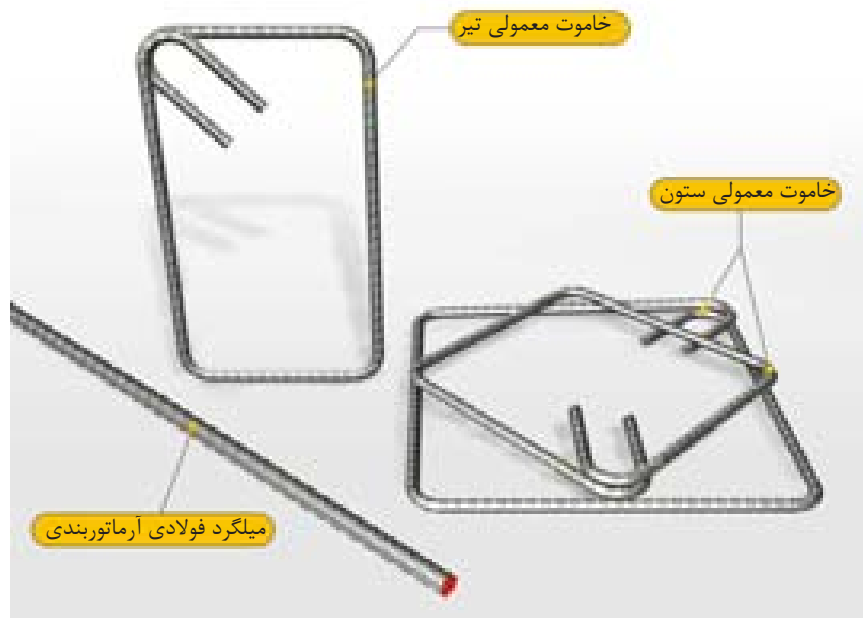
این سازه اگر در یک ناحیه‌ی جغرافیایی با بادهای شدید قرار بگیرد متوسط مقدار فشار باد حدود 1.50 kN/m^2 می‌باشد و بار در حدود 400 kN می‌شود. بار سرویس کلی اعمال شده به سازه برابر 12 kN می‌باشد. بنابراین نیروی باد برابر 3% بارهای قائم سازه می‌باشد، و مرکز سطح تئوریک اعمال نیروی باد در وسط ارتفاع سازه قرار می‌گیرد. با مقایسه‌ی نیروهای باد و نیروهای لرزهای اعمال شده به این سازه در می‌یابیم که اثر باد روی سازه حداقل 4 برابر کم‌تر از آثار لرزهای می‌باشد.

سازه‌های بتن مسلح وزن زیادی دارند. از این رو رفتار آنها به میزانی که رفتار سازه‌های فولادی یا چوبی از باد تأثیر می‌گیرند، تحت تأثیر نیروی باد قرار ندارد.

در طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله نیروهای لرزه‌ای و باد هر دو را لحاظ می‌کنیم (اما نه به صورت هم‌زمان). در شرایط معمولی نیروها و آثار ناشی از بارهای لرزه‌ای در مقایسه با نیروی حاصل از فشار باد بسیار بزرگ‌تر می‌باشند. در نتیجه در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها برای فشار باد طراحی نمی‌شوند. در اکثر نقاط ایران (نواحی با خطر لرزه‌ای کم) اثر باد عمدتاً به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به نیروی زلزله کم‌تر است.

۱-۴-۱ رفتار قاب سازه‌ای

بتن مسلح از دو ماده‌ی بتن و فولاد تشکیل شده است. میلگردها معمولاً از فولاد ساخته می‌شوند و حداقل در زمان کنونی ندرتاً از کامپوزیت‌ها یا مصالح پلیمری ساخته می‌شوند. (به این نوع میلگردها نوع FRP اطلاق می‌گردد- مولف) میلگردها اساساً به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: (الف) میلگردهای طولی و (ب) میلگردهای عرضی یا خاموت‌ها.



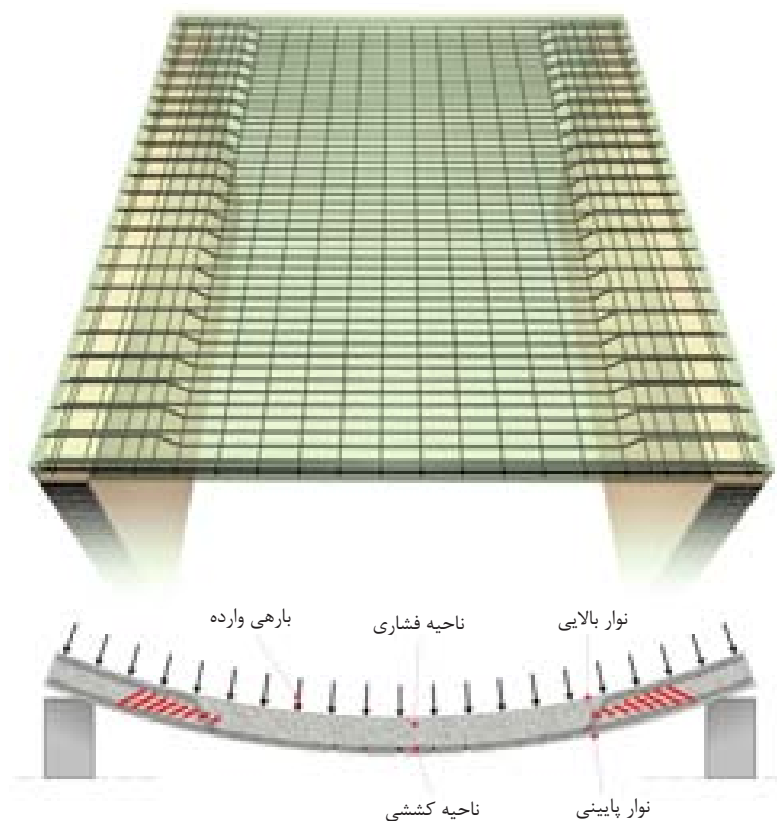
* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

به منظور درک صحیح از رفتار قاب‌های سازه‌ای بتن مسلح دو مثال ساده را بررسی خواهیم کرد، یک اولی یک دال با تکیه گاه‌های ساده و دومی یک قاب است که از دو ستون و یک تیر تشکیل شده است.

۴-۱- رفتار قاب سازه‌ای بتن مسلح

۴-۱-۱ رفتار و میلگردهای دال بتنی

دال به دلیل بارگذاری (وزن خود المان، کفپوش سنگی و فعالیت‌های انسانی و ...) و نیز به دلیل ارتجاعاتی که دارد (همانطوری که در تصویر زیر نمایش داده شده است) تغییر شکل می‌دهد. تغییر شکل‌های واقعی در مقیاس میلیمتری می‌باشند و توسط چشم انسان قابل رؤیت نیستند.



ناحیه‌ی کششی، تار پایینی

* تصویر رنگی شکل در آخر کتاب آمده است

بتن دارای مقاومت فشاری بالا است و از این رو در ناحیه‌ی فشاری که فقط تنش‌های فشاری وجود دارند، میلگرد طولی مورد نیاز نیست. برعکس، مقاومت کششی بتن بسیار پایین است (حدود $1/10$)، بنابراین نواحی کششی دال که تنش‌های کششی وجود دارند میلگردهای طولی به کار می‌روند.