دانشگاه سمنان
دانشکده هنر - گروه معماری

سیستم های ساختمانی

بناهای بلند مرتبه

دکتر سعید مقیمی

نیمسال اول سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تعریف ساختمان بلند مرتبه

ISNA PHOTO
Masoud Mohaghegh

در قرن بیستم میلادی نیز مسائلی از قبیل

- افزایش جمعیت
- نیاز به اسکان بیشتر مردم در شهرها
- ضرورت استفاده بیشتر از زمین در مراکز پرتراکم شهرها
- ضرورت بازسازی و نوسازی در مناطق شهری
- تقاضای مردم برای سکونت و یا کار در مراکز شهرها
- ضرورت کاهش هزینه های ناشی از گسترش افقی شهرها

جزو عواملی بوده است که ساخت بناهای بلند را به عنوان یک ضرورت در شهرهای بزرگ جهان مطرح نموده است.

تاریخچه ساختمان های بلند مرتبه در جهان

کلیسای نوتردام، فرانسه
۱۳۴۵

ساختمان مارشال فیلد. ریچاردسون،
شیکاگو، آمریکا، ۱۸۸۵

در مقابل دستاوردهای مهندسان، معماران برای تکامل آسمان خراش ها تلاش بیشتری صرف کردند.
در این زمینه عوامل متعددی دخالت داشتند. از جمله **سازه مناسب** برای تحمل بار زیاد، **حفاظت در برابر آتش سوزی**، نیاز به **آسانسور** و **تأسیسات برقی و مکانیکی** خاص.
عوامل ذکر شده به تدریج تکامل یافته و امکان طراحی سازه های بلندمرتبه را فراهم آوردند.
از نخستین نمونه های معماری نوین که از اسکلت فلزی به‌عنوان سازه خود استفاده نمود ساختمان مارشال فیلد در آمریکا است.
نمای ساختمان همچنان از مصالح بنایی استفاده نموده است. نظریه پردازان بناهای بلند این دوره، بیشتر دیدی تحسین آمیز به امکانات حاصل از ساختمان های بلند داشتند و تنها به رشد روز افزون بناهای بلند توجه داشتند. نسل اول آسمان خراش های شیکاگو دارای پلانی مسطح و حجمی مستطیل شکل بودند. این ساختمان ها با مطرود شمردن جنبه های زینت و آرایش بنا، با استفاده از ساده ترین راه حل ها و به دور از هرگونه تزئین و آرایه، با جسارتی کامل شیوه ای نوین را در معماری به وجود آوردند.

برج تایپه ۱۰۱، تایوان ، ۲۰۰۴

برج خلیفه، دبی، ۲۰۱۰

شهرک اکباتان، تهران، ۱۹۷۲

PropertyGuru.com.my

Description

Fortune Park Apartmets@ Jalan Serdang Perdana is well-built condo marking its presence close to Seri Kembangan, Selangor. This condo gives you a quick access to Kuala Lumpur City centre thus marking its big value to the residents. It hosts the best amenities like barbeque area, gymnasium, swimming pool, spa pool etc. With a starting price of RM 365,000, the units are affordable for anyone.

Read More

Facilities & Amenities

- Barbeque Area
- Launderette
- Mini-Mart
- Playground
- 24 hours security
- Swimming pool
- Gymnasium room
- Landscaped Garden
- Nursery
- Reflexology Path
- Spa pool

PropertyGuru.com.my

PropertyGuru.com.my

PropertyGuru.com.my

PropertyGuru.com.my

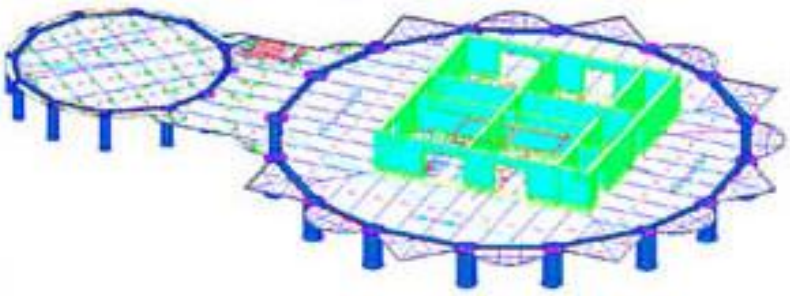
An Urban Integrated Transit-Oriented Development In Cheras
Selangor Cheras
Apartment
OSK Property

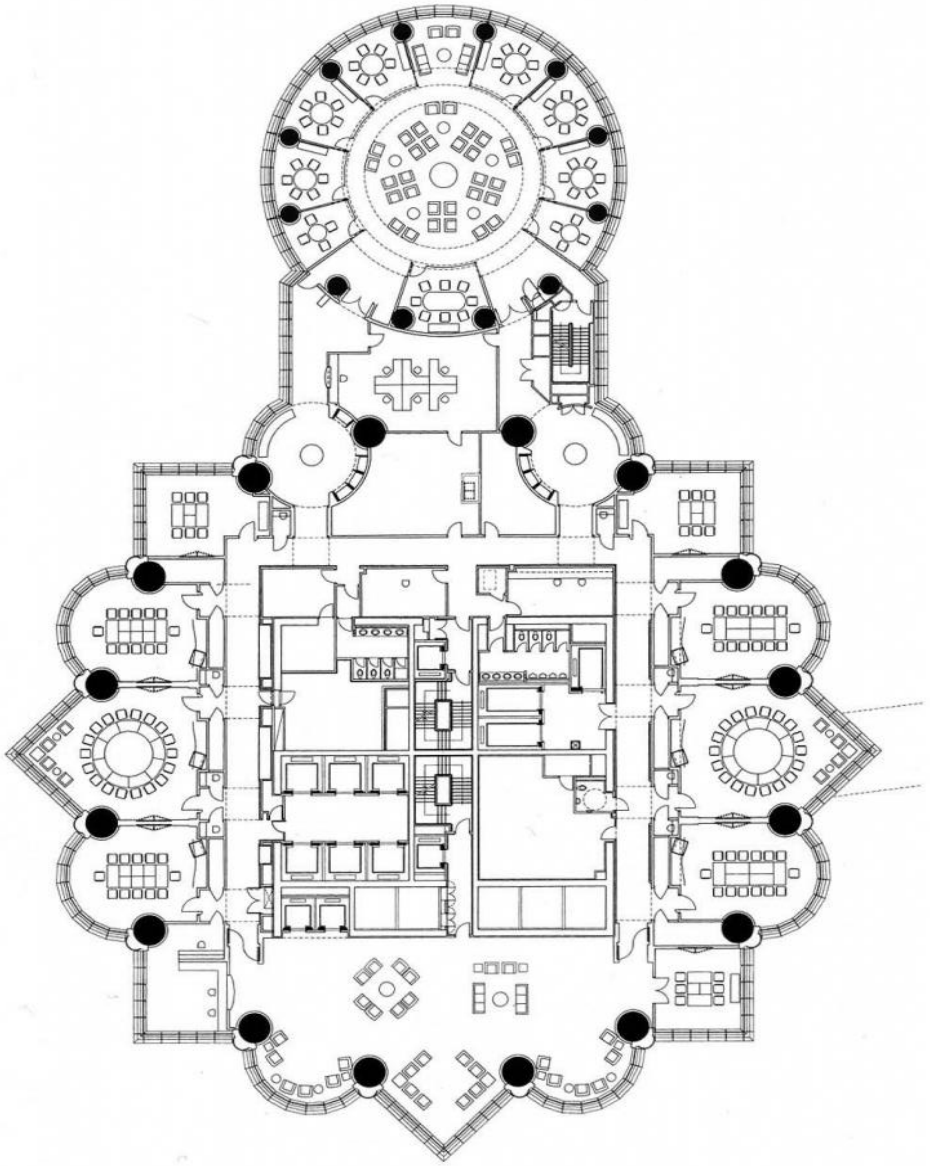
Chambers Kuala Lumpur : An Exclusive Freehold Service Apartment

Service Residence

KL City Kuala Lumpur

Matrix Concepts Holdings Berhad





PETROSAINS
PETROSAINS

۳. سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

در طراحی ساختمان بلند مرتبه هدف طراح ، حصول اطمینان از عملکرد یکپارچه این سه مورد است: جذب بار طبقات، انتقال بار به زمین و پایداری کل سازه در مقابل بارهای جانبی.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

انتخاب بهترین و کارآمدترین فناوری ساخت برای سازندگان و کاربران ساختمان، با توجه بـه شـرایط مختلـف همچون مکان احداث، شرایط آب و هوایی، استحکام و مقاومت مورد انتظار، اهمیت مصرف انرژی، نوع کاربری سازه (انتظاراتی که از آن ساختمان می‌رود) و به ویژه مسائل اقتصادی تعیین کننده نوع سازه است.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

تعریف سیستم های سازه ای

. یک سامانه سازه‌ای، بارهای وارد شده را از طریق اعضای سازه‌ای به‌هم‌پیوسته، منتقل می‌کند.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

سیستم سازه‌ای در ساختمان‌های بلندمرتبه، به گونه‌ای طراحی می‌شود تا بتوانند در برابر **بارهای گرانشی عمودی** و **بارهای جانبی** وارد شده به وسیله باد و زمین‌لرزه ایستادگی کنند.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

- **سامانه ی قاب محیطی یا لوله ای**
- **سامانه ی لوله در لوله**
- **سامانه ی لوله های چندگانه**
- **سامانه ی ابرمهاربندی**
- **سامانه ی کمربند خرپایی**
- **سامانه ی هسته مرکزی**

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

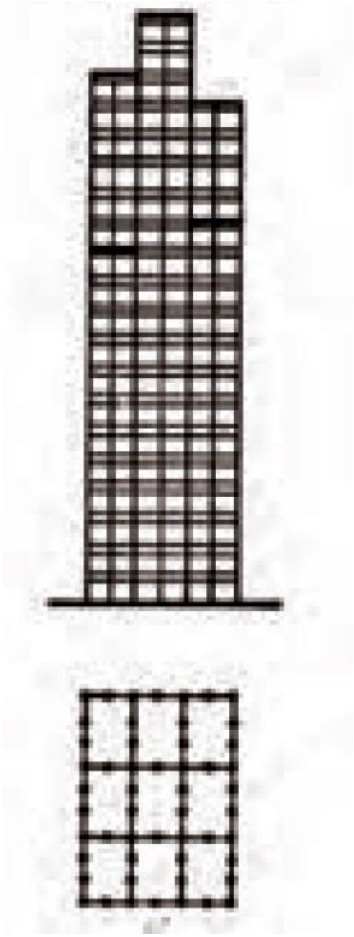
فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

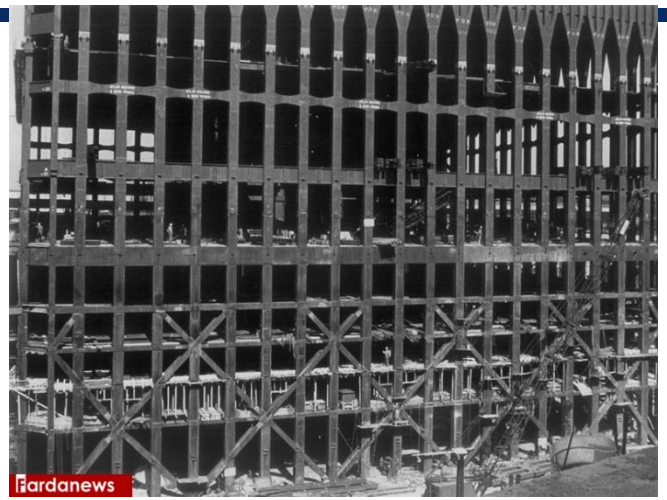
انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

- **سامانه ی قاب محیطی یا لوله ای**

در این سامانه تجمع ستونها در قاب محیطی سازه بیشتر بوده و در ستون های محیطی بصورت یک لوله، سازه را در میان گرفته است و بارهای جانبی به این قاب محیطی وارد می شود. همچنین قاب محیطی نیز نمای مطلوبی به ساختمان می دهد. برجهای دوقلوی سازمان تجارت جهانی در نیویورک که مورد حمله تروریستی قرار گرفت، تحت این سامانه ساخته شده بودند. این سامانه برای ساختمان های بالای ۱۵۰ طبقه می تواند مورد استفاده قرار گیرد.



Fardanews


Fardanews

Fardanews

Fardanews

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

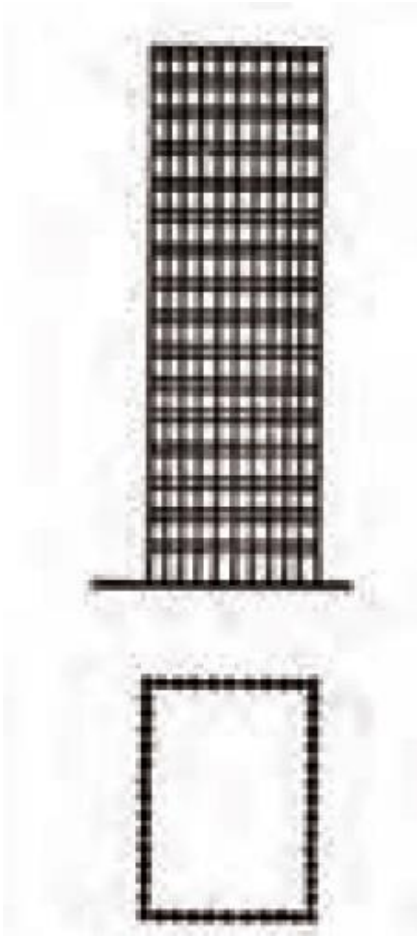
- **سامانه ی لوله در لوله**

واکنش یک سامانه ی لوله در لوله در مقابل بارهای جانبی مشابه واکنش سازه مرکب از قاب صلب و دیوار برشی است؛ اما لوله ی قابی خارجی خیلی سخت تر از قاب صلب می باشد. لوله ی خارجی، اکثر بار جانبی را در قسمت بالایی ساختمان تحمل می کند، در صورتی که هسته، بیشتر بار را در قسمت پائین ساختمان تحمل می نماید. روش لوله در لوله در ساختمان ۳۸ طبقه برانسویک در شیکاگو به کار رفته است.

انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

- **سامانه ی لوله های چندگانه**

این سامانه نیز مانند قاب محیطی می باشد با این تفاوت که ساختمان از چند قاب محیطی تشکیل یافته است به عنوان مثال برج سیرزتاور در شیکاگو که بلندترین برج آمریکا می باشد، از چهار قاب محیطی ساخته شده است.



Budget

UBS

Willis Tower
233 SOUTH WACKER DRIVE

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

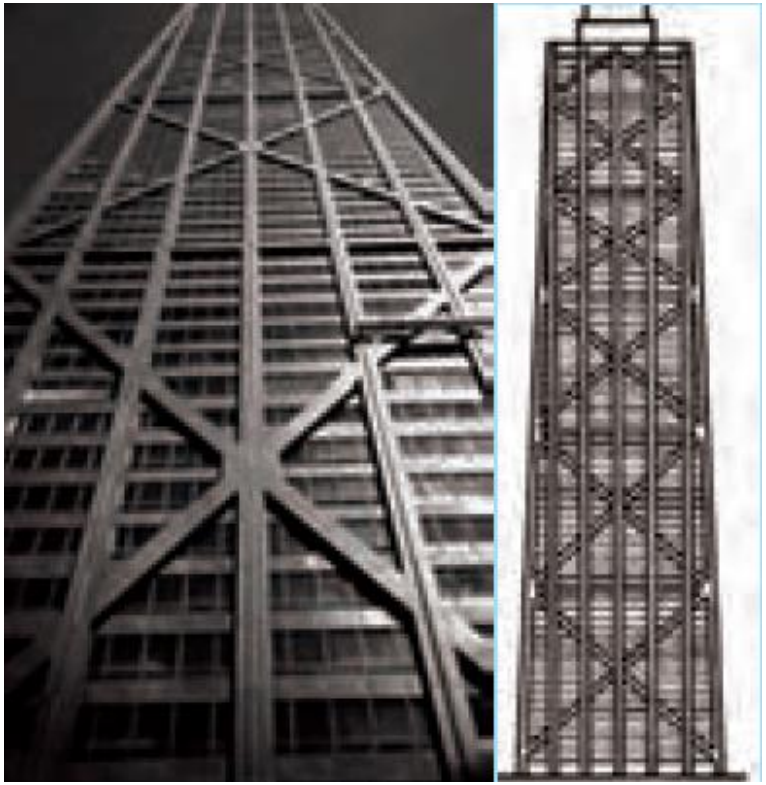
فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

- **سامانه ی ابرمهاربندی**

در ساختمان های متعارف، مهاربندی ساختمان در ارتفاع طبقه و به عرض دهانه انجام می شود. در دو دهه گذشته، در ساختمان های بلند و به جهت بازدهی بیشتر و حتی به عنوان ابزار معماری در نمای ساختمان، استفاده از مهاربندی هایی در مقیاس بزرگتر از یک طبقه و یک دهانه در سازه تکامل یافته است که به آن سامانه ی ابرمهاربندی گفته می شود.



انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

- **سامانه ی کمربند خرپایی**

اگر تعدادی از طبقات یک ساختمان بوسیله ی یک کمربند در پیرامون سازه که از اعضای بادبندی تشکیل شده اند و در نمای ساختمان به شکل خرپا دیده می شوند، محصور گردد، مراکز تغییرشکل جانبی ساختمان به شدت کم می شود. به این سامانه، سامانه ی کمربند خرپایی گفته می شود.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

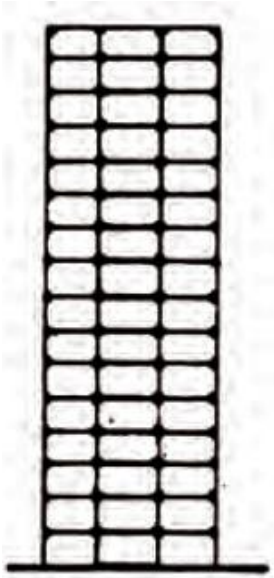
فوندانسیون ها

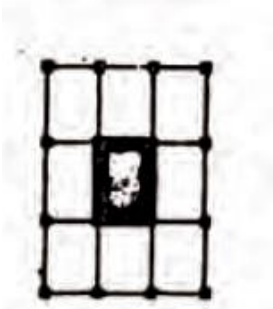
نیروهای جانبی

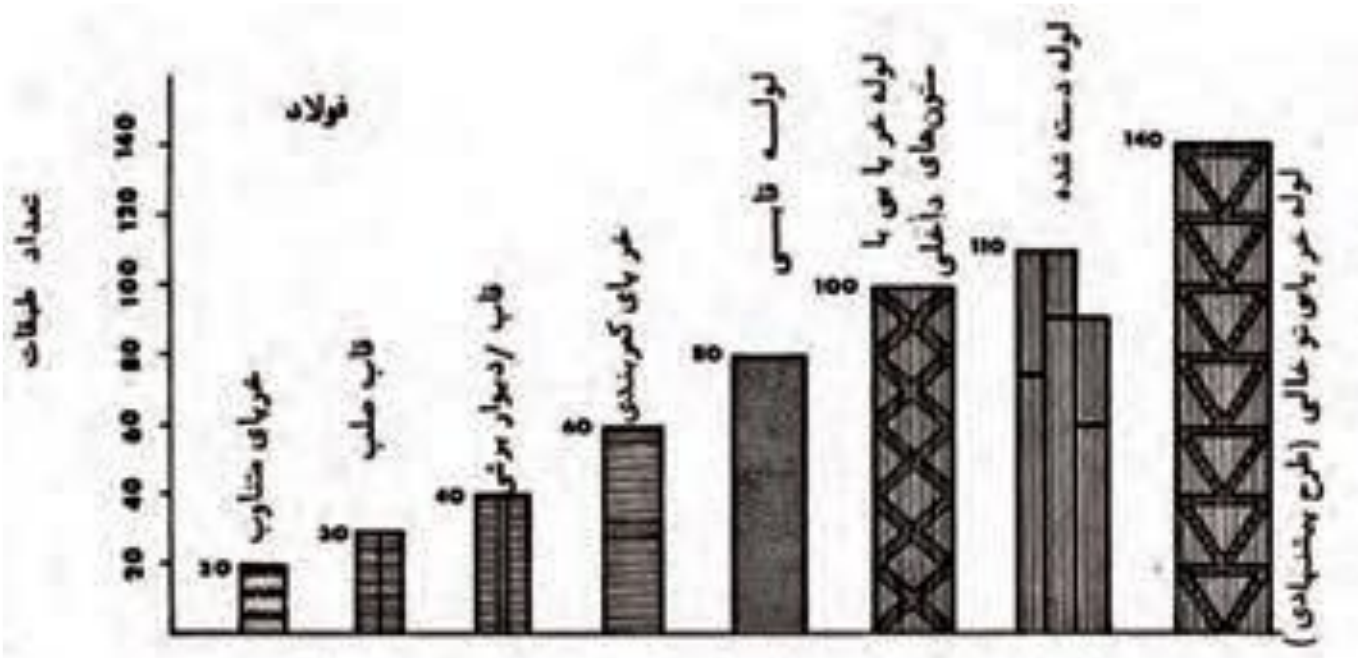
انواع سیستم سازه‌ای بلند در ساختمان های فولادی

- **سامانه ی هسته مرکزی**

در سامانه ی هسته مرکزی، به جای اینکه عناصر مقاوم جانبی در نقاط مختلفی از پلان قرار گیرند، با استفاده از سیستم دیوار برشی در مرکز ساختمان قرار می گیرند. در این حالت نمای ساختمان باز خواهد بود و از فضای هسته ی مرکزی می توان به عنوان راه پله یا محل نصب آسانسور استفاده نمود.







شکل ۹-۷- انتخاب سامانه های ساختمانی با توجه به تعداد طبقات

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

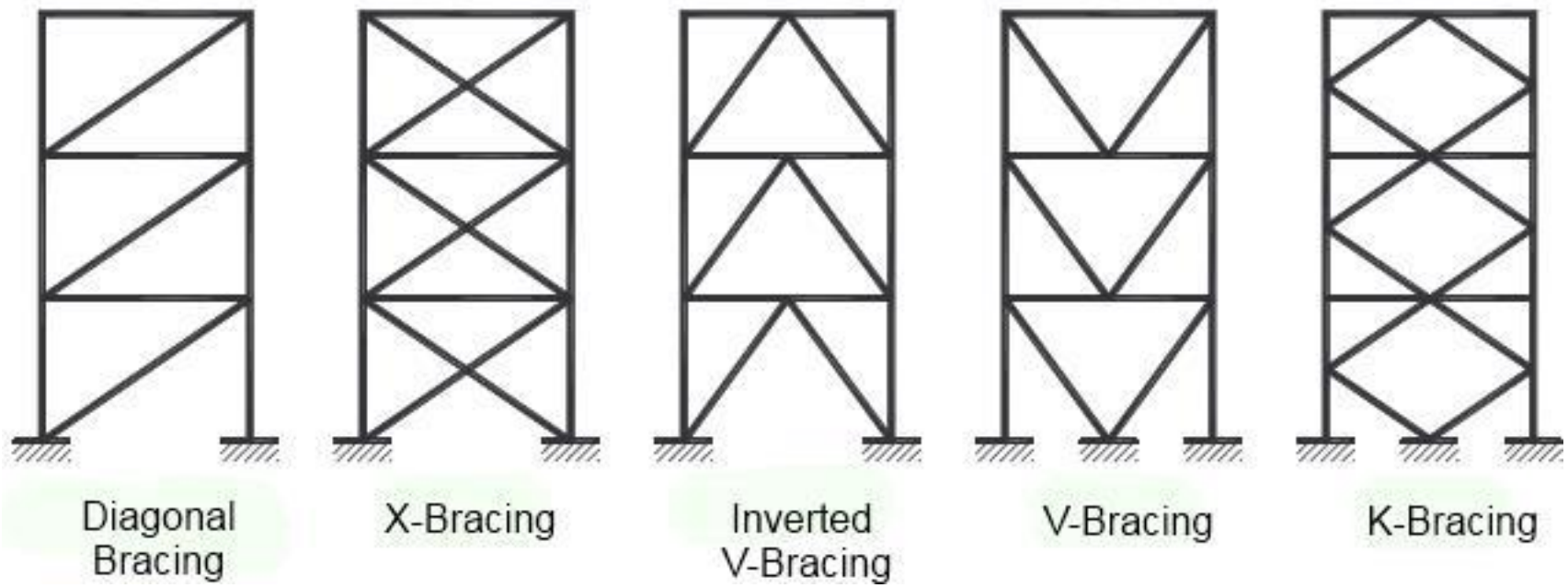
سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

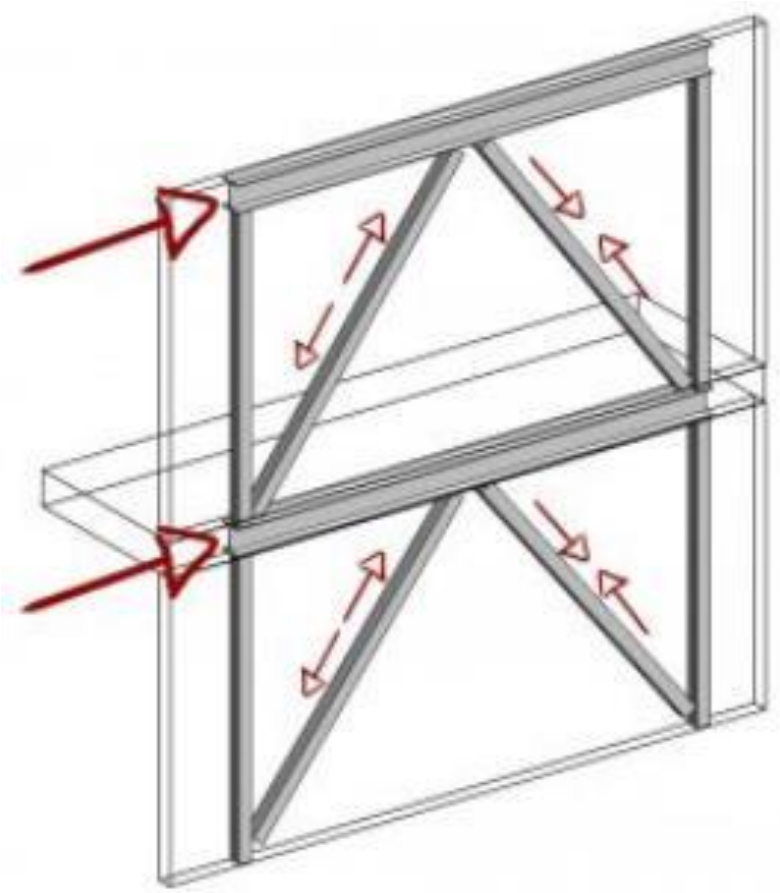
مهاربندی

مهاربندهای سازه‌ای فولادی یکی از روش های متداول لرزه‌بندی است. در این روش، سازه در برابر نیروهای جانبی باد و زلزله عملا همچون خرپایی است که بادبندها اعضای قطری و ستون‌ها کش‌های قطری آن می‌باشد. مهاربندی‌ها اگر چه عمدتا در سازه‌های فولادی متداول است، اما گاهی ساختمان‌های بتنی هم مهاربندی می‌شوند.



انواع مهاربند همگرا

در این سیستم مقاوم اعضای قطری به همراه تیر و ستون‌ها تشکیل یک هسته خرپایی مقاوم می‌دهند.



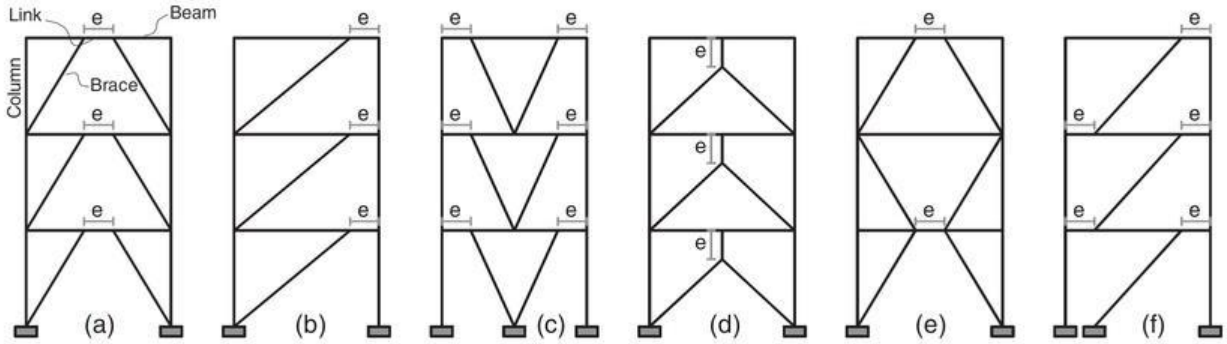
عملکرد خرپایی بادبند همگرا

خرابی های مهاربند همگرا در زلزله

در مباحث طراحی لرزه ای اصطلاحاً گفته می‌شود اگرچه مهاربند های همگرا در تنش های نه چندان بزرگ و در حوزه عملکرد خطی، سختی و مقاومت مناسبی دارد ولی تحت تنش های بزرگ و در ناحیه عملکرد فوق الاستیک این بادبند ها استعداد زیادی برای کمانش و ناپایداری دارند و یا به تعبیری اعتماد پذیری لرزه ای مناسبی ندارند.

یعنی اگر تعداد طبقات بالا باشد بهتر است از این سیستم استفاده نشود؛ زیرا در این شرایط به دلیل سختی بالای این مهاربند نیروی زیادی جذب خود کرده و احتمال کمانش آن بسیار بالا می‌باشد ولی با این وجود، این مهاربند ها نسبت به مهاربندهای واگرا برای کنترل دریفت مؤ ثرتر می باشند که علت آن استفاده حداکثری از ظرفیت محوری مهاربند است در حالی که در مهاربند واگرا به علت وجود ناحیه تیر پیوند شکل پذیری و تغییر مکان بیشتر بوده و ضریب رفتار بیشتر و در نتیجه نیروی زلزله کمتری خواهیم داشت.

عملکرد سیستم‌های مهاربندی واگرا



ایده اصلی این مهاربند ها اولین بار توسط پوپوف ارائه گردید. اصل در استفاده از این مهاربند، تأمین شکل‌پذیری بهتر اتلاف بیشتر انرژی زلزله توسط سازه می‌باشد و نه الزامات معماری و غیره... . در سیستم های واگرا هدف آن است که از تشکیل مفصل پلاستیک روی ستون ها و خود مهاربندها جلوگیری شده و مفصل پلاستیک در روی تیر و در ناحیه‌ی تیر پیوند تشکیل شود. در ضوابط طرح لرزه ای سعی می‌شود تا با اعمال آن ضوابط در طراحی هدف فوق محقق گردد. اساس کار در سیستم‌های برون محور تشکیل مفصل پلاستیک در ناحیه تیر پیوند است.
تغییرشکل تیر پیوند عامل اصلی اتلاف انرژی است. به طور کلی با توجه به حضور المان های رابط (تیر پیوند)، بحث اتلاف انرژی به نسبت بادبند های همگرا بهتر و بیشتر اتفاق می افتد و ضریب رفتار بزرگ تری دارد.

همان گونه که در اشکال اندرکنش قاب و دیوار مشاهده می‌کنید،در پایین سازه قاب تمایل به تغییرشکل زیادی از نوع برشی دارد که دیوار از تغییر مکان آن ممانعت می‌کند،و در قسمت فوقانی سازه دیوار تمایل به تغییر شکل خمشی بالا دارد که در اینجا قاب مانع این تغییر شکل می‌شود و این عامل باعث بهبود رفتار قاب دیوار شده و این سیستم را بر سایر سیستم های سازه ای برتری می‌دهد.

در کل رفتار لرزه ای سازه های دارای دیوار برشی از قاب های خمشی اطمینان بخش تر است و علت آن دو نکته است:

۱.در قاب‌های خمشی مفصل پلاستیک معمولاً در انتهای تیرها تشکیل می‌شود ولی در سازه هایی که دیوار برشی دارند، به علت اینکه تیر و ستون ها کاملاً مهار جانبی شده اند، محل تشکیل مفصل پلاستیک در پای دیوار می‌باشد.

۲.وجود میان قاب ها در قاب خمشی موجب افزایش ابهام در رفتار لرزه‌ای می‌شوند، زیرا نظم و توزیع مناسب سختی را در سازه دچار اختلال می‌کنند.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

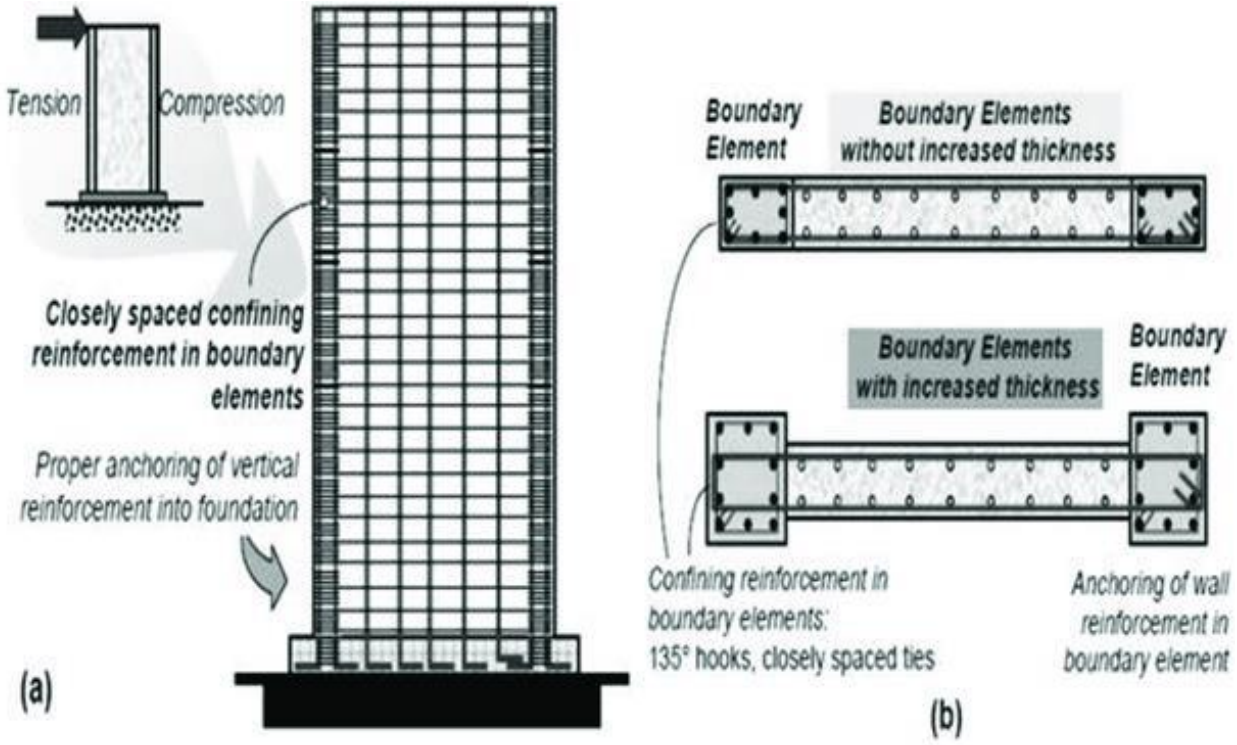
فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

دیوار برشی

دیوار برشی بتن آرمه سیستم کاملا مناسب و باصرفه‌ای برای لرزه‌بندی ساختمان‌های بلند است. سختی و مقاومت برشی زیاد رفتار نرم و عدم کاهندگی در بارهای متناوب، و قابلیت تغییر مقاومت خمشی و برشی به میزان دلخواه در طبقات، این سیستم را بسیار جذاب و قابل اعتماد ساخته است. این دیوارها مانند یک تیر طره‌ی عمودی عمل می‌کنند و تا ساختمان‌های ۳۵ طبقه مقرون به صرفه می‌باشند.

مارک فینتل (مهندس مشاور معروف آمریکایی): «نمی‌توان ساختمان بتنی مقاوم در برابر زلزله‌های شدید بدون استفاده از دیوار برشی ساخت.» در این سیستم، دیوارهای برشی در قاب‌های داخلی یا پیرامونی ساختمان قرار می‌گیرند. این دیوارها شامل دو گروه آرماتور گذاری اصلی به صورت قائم و افقی برای مسلح کردن بتن می‌باشند. البته در جهت افزایش مقاومت خمشی و شکل پذیری، در دو انتهای دیوار آرماتور گذاری متمرکز انجام می‌گیرد که به آن المان مرزی گفته می‌شود. دیوارهای برشی در واقع طره های قائمی هستند که با قبول تغییر شکل های خمشی، تحمل برش می‌کنند.



مقطع دیوار برشی با المان های مرزی

مزایا و معایب دیوار برشی بتنی

مزایای سیستم دیوار برشی بتنی :

صلبیت زیاد و کاهش اثرات ثانویه در سازه

حذف کمانش فشاری و کاهش لاغری ستون‌ها به دلیل تأمین مهار جانبی

ممانعت از انتشار خرابی به کل سازه

معایب دیوار برشی بتنی :

وزن زیاد و جذب نیروی جانبی بیشتر

نیاز به فونداسیون بزرگ‌تر و ضخیم‌تر

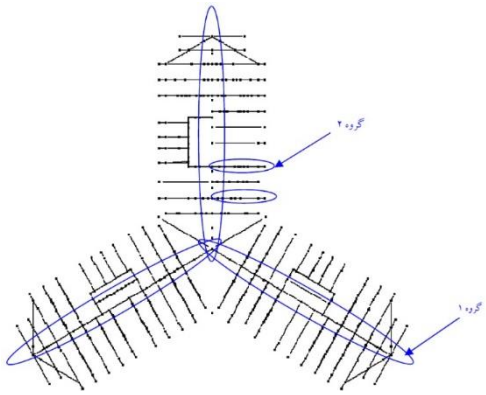
سیستم دیوار برشی فولادی

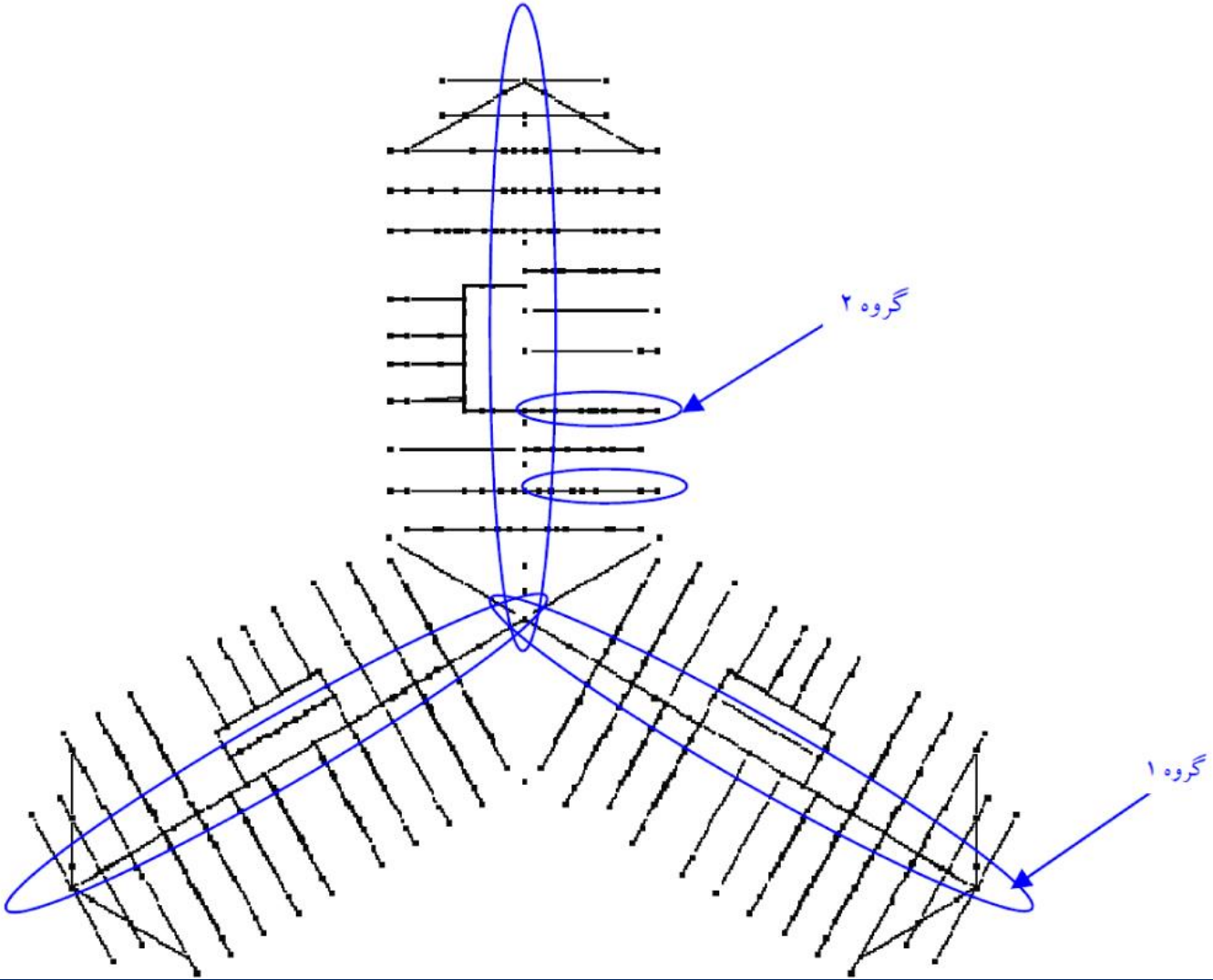
در چند دهه اخیر ایده استفاده از دیوارهای برشی فولادی در بسیاری از کشورهای پیشرفته مورد توجه قرار گرفته است. در این *سیستم سازه ای* ورق های فولادی که معمولاً ضخامتی بین ۳ تا ۱۲ میلی‌متر دارند در چشمه هایی از قاب بین تیر و ستون های فولادی قرار گرفته و دهانه ای مقاوم در برابر زلزله تشکیل می‌دهند. که به انواع مقید و غیر مقید و با بازشو و بدون بازشو تقسیم بندی می‌شوند. در مقایسه با *سیستم دیوار برشی بتنی*، برای مقاوم سازی ساختمان های موجود دیوار برشی فولادی می‌تواند راحت تر و سریع تر نصب شود. از معایب دیوار برشی فولادی می توان به کمانش موضعی ورق فولادی و کاهش مقاومت در برابر حرارت اشاره کرد. از مزایای دیوار برشی فولادی می‌توان به سبکی و در نتیجه کاهش ابعاد اعضا اشاره نمود.

نمونه‌ای از کاربرد دیوار برشی

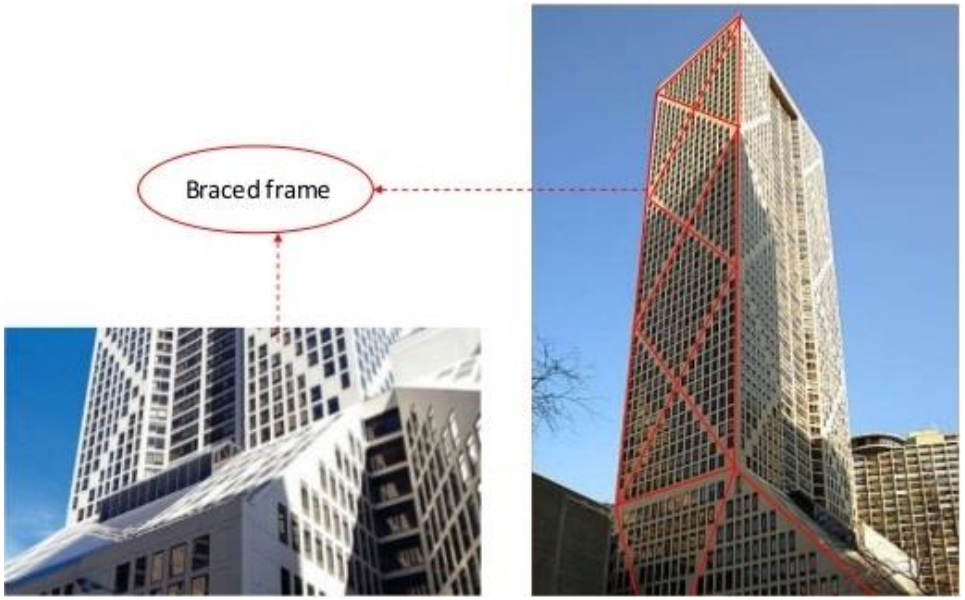
برج تهران:

سیستم سازه‌ای برج تهران، بر اساس سیستم‌های سازه‌ای آیین نامه ۲۸۰۰ ایران، سیستم دیواری است. همان طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود
، دیوارهای سازه‌ای بتن آرمه، از دو گروه دیوار تشکیل شده‌اند. گروه اول، دیواری سه شاخه یا دیوارهای اصلی است که شاخه‌ها نسبت به یکدیگر دارای زاویه ۱۲۰ درجه است و گروه دوم، دیوارهای عرضی عمود بر این سه شاخه یا دیوارهای فرعی است.
دیوارهای فرعی با تیرهای هم بند (کوپله) به دیوار اصلی اتصال دارند. وظیفه باربری جانبی عمدتاً به عهده دیوارهای اصلی گذاشته شده که سهم قابل توجهی از نیروهای جانبی ایجاد شده در سازه، در اثر تحریک زمین به وسیله‌ی این عناصر جذب می‌شود.
و وظیفه باربری قائم نیز عمدتاً به عهده دیوارهای فرعی است. درواقع موقعیت قرارگیری دیوارهای فرعی به گونه‌ای است که سهم قابل توجهی از مساحت بارگیر هر کف از نوع دال تخت و یکنواخت را به خود اختصاص داده و بنابراین بارهای ثقلی وارد شده را تحمل می‌کند.
ضخامت دیوار برشی اصلی از ۲ تا ۰/۷متر در ارتفاع متغیر و ضخامت دیوارهای برشی فرعی نیز بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است. دیوارهای اصلی دارای چهار
ردیف بازشو است که به صورت یک در میان در طبقات قرار گرفته‌اند. همه‌ی دیوارهای برشی فرعی نیز در مجاورت دیوار اصلی، بازشو دارند.

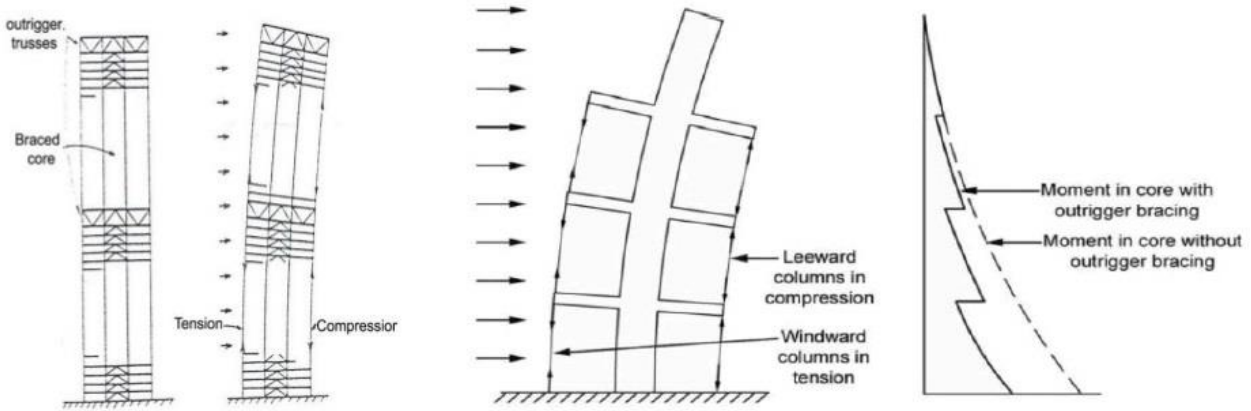



گروه ۲
گروه ۱

سیستم قاب یکپارچه



یکی از مهمترین ابداعات نسبتا نوین سازه‌ای بشمار می‌آید. در این سیستم، در هر یک از وجوه پیرامونی ساختمان یک قاب با ستون‌های نزدیک به هم (با فاصله ۲ تا ۴ متر)که با تیرهای قوی و عمیق به هم متصلند، حالت یک تیر قوطی را دارد که تحت بار جانبی زلزله یا باد، دو تا از قاب‌های پیرامونی به سان بال‌ها و دو تای دیگر به سان جان‌های این تیر عمل می‌کنند.

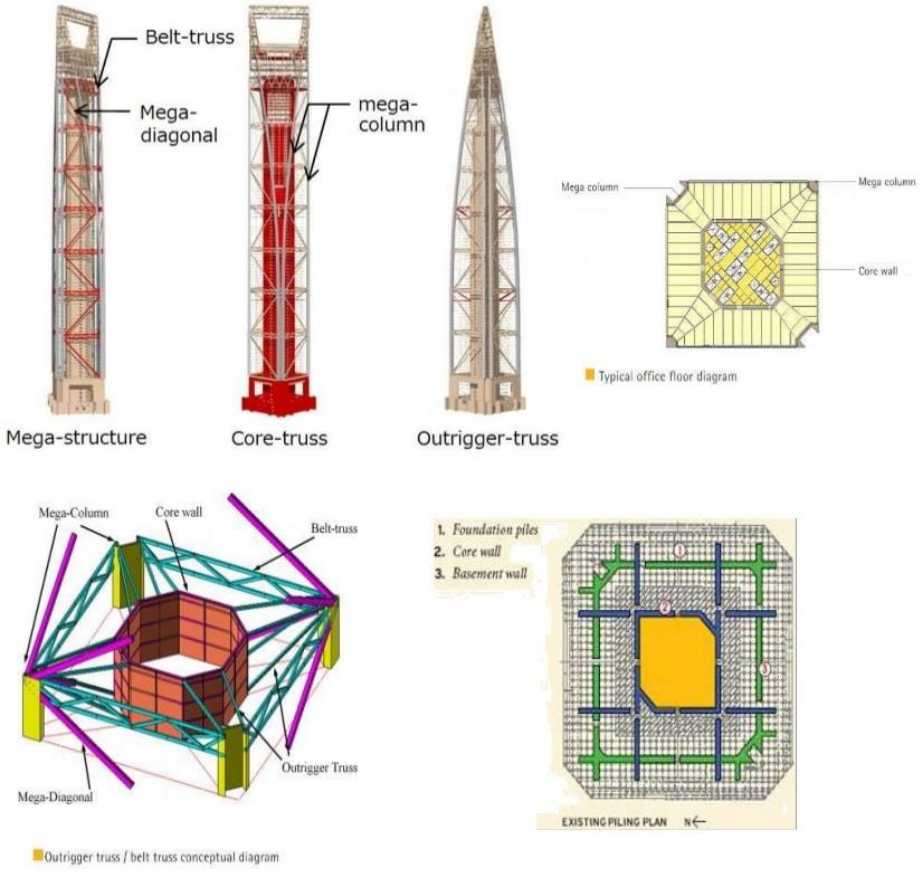


وقتی سازه زیر بار جانبی قرار می‌گیرد، این خرپاها باعث می‌شوند که ستون‌های یک سمت هسته به کشش و سمت دیگر به فشار بیفتند و در نتیجه کل سازه مانند یک تیر طره عمل می‌کند. در واقع لنگر واژگونی هسته لرزه‌ای توسط خرپاهای مزبور به ستون‌هایی انتقال می‌یابد که در غیاب این خرپاها ظرفیت لرزه‌ای چندانی ندارند.

نمونه‌ای از کاربرد سیستم لنگربندی

مرکز مالی جهانی شانگهای

مرکز مالی جهانی شانگهای که به مرکز تجارت جهانی شانگهای نیز مشهور است، نام یک برج مرتفع در شانگهای در چین است. این برج در ۲۰۰۸-۱۹۹۷ ساخته گردید، و با ۴۹۲ متر ارتفاع، در سال ۲۰۰۹ نخستین برج بلند کشور چین بود. هدف از طراحی فضای خالی بالای برج کاهش فشار باد بر روی برج می‌باشد. معماران این برج ۱۰۱ طبقه، شرکت آمریکایی کون پدرسون فاکس هستند.



سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

فونداسیون سازه های بلند

به دلیل این که فونداسیون این سازه ها می بایست در برابر بارهای سنگین مقاومت داشته باشد در ساخت پی سازه های بلند از ستون های بتنی استفاده می شود. هم چنین استفاده و طراحی درست شمع ها و به کار بردن پی گسترده برای این دسته از ساختمان ها بسیار اهمیت دارد.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

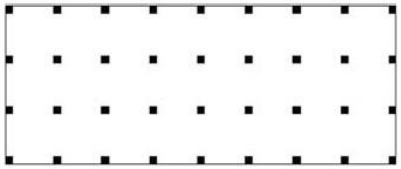
نیروهای جانبی

پی های ساختمان های بلند مرتبه باید بتوانند به صورت ایمن بارهای **جانبی** و **قائم** ناشی از ساختمان را تحمل کنند و همچنین قابلیت کنترل نشست های کلی و تفاضلی را داشته باشند.

ساختمان های بلند و پی آن ها سیستم های بسیار تعاملی ای هستند. بارهای ناشی از سازه می توانند باعث جابجایی پی شوند و جابجایی پی باعث تغییر رفتار سازه می شود. رفتار پی توسط شرایط زمین و نوع خاک، نوع پی، اندازه و توزیع بار سازه کنترل می شود. به همین خاطر روش طراحی برای سازه های بلند مرتبه باید بر اساس رفتار اندرکنشی خاک و سازه باشد و نمی توان از روش های سنتی مانند ظرفیت باربری با استفاده از ضریب اطمینان استفاده کرد. با یک سیستم اندرکنشی این چنینی مشخص می شود برای طراحی باید روش هایی استفاده شوند که این رابطه ی تعاملی را پوشش دهند.

عموما شرایط زیر ساختمان در سازه های بلند مرتبه با شرایط ایده آل فاصله دارد و عدم قطعیت های ژئوتکنیکی یکی از ریسک های اصلی در طراحی این سازه ها است. به دست آوردن اطلاعات دقیق از شرایط زمین برای یک طراحی بهینه لازم است.

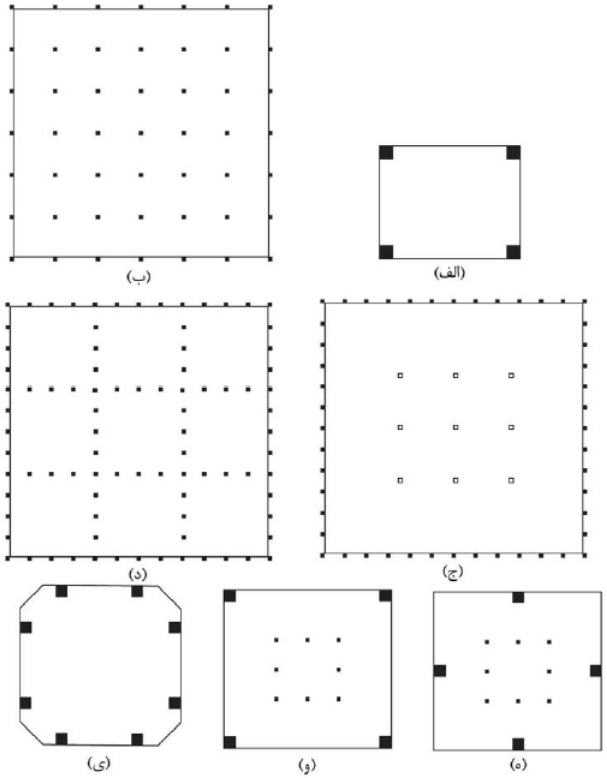
نوع شالوده برای ساختمان های بلند مرتبه توسط بخش های اصلی طراحی مانند: بارگذاری ساختمان، شرایط زمین و عملکرد مورد انتظار ساختمان همراه با شرایط دیگری مانند هزینه، شرایط محیطی و برنامه ریزی ساخت مشخص می شود. یک تحقیق مناسب از زمین پروژه شامل حفر گمانه های اکتشافی، آزمایش های برجا، نمونه گیری و آزمایش های آزمایشگاهی می باشد. بر اساس اطلاعاتی که از تحقیقات محلی به دست می آید متغیرهای طراحی و مشخصات زمین مشخص شده و از آن ها برای تعیین و طراحی پی استفاده می شود.



(الف)

(ب)

شکل ۱-۲۳. پلان ساختمان، الف) توزیع یکنواخت ستون ها، ب) ستون های متمرکز شده در لبه های پلان [۱]



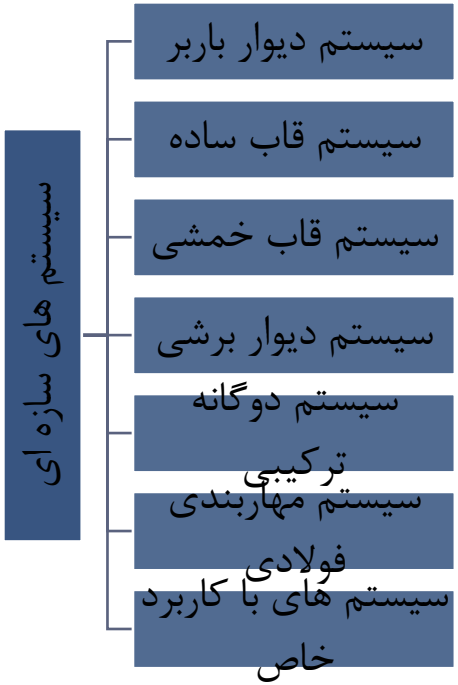
شکل ۱-۲۴. چیدمان ستون ها و شاخص صلبیت خمشی، الف) ساختمان های مربعی با ستون های گوشه با BRI=۱۰، ب) ساختمان های قدیمی دهه ۱۹۳۰، ج) ساختمان های مدرن با BRI=۳۳، د) برج سیرز با BRI=۳۳، ه) برج City Crop با BRI=۳۱، و) ساختمان با ستون های گوشه و مرکزی با BRI=۵۶، ی) ساختمان Bank of Southwest، BRI=۶۳ [۱]

تعریف سیستم باربر جانبی

سیستم باربر جانبی قسمتی از یک سازه است که وظیفه دارد در برابر بار های جانبی مقاومت کرده و آن ها را از مسیری ایمن به سمت شالوده هدایت کند. (نیروهای جانبی می‌توانند شامل باد یا زلزله و یا سایر نیرو ها باشند.)
طبق بند ۱-۵-۵ استاندارد ۲۸۰۰ «عناصر مقاوم در برابر زلزله باید به صورتی در نظر گرفته شوند که پیچش ناشی از این نیرو های مؤثر و مقاوم در طبقات به حداقل برسد. برای این منظور مناسب است فاصله مرکز جرم و مرکز سختی در هر طبقه و امتداد، کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن امتداد باشد.» این بند اهمیت آرایش سیستم های باربر جانبی و در نتیجه افزایش بازدهی عملکرد سیستم سازه ای را دو چندان می‌کند.
از دیدگاه یک مهندس سازه بهترین سیستم *سازه‌ای*، سیستمی است که در آن اعضای اصلی سازه ترکیب های مختلف بارهای قائم و افقی را به صورت بهینه تحمل نمایند.

معرفی انواع سیستم های باربر جانبی

در این قسمت به معرفی سیستم های سازه ای قید شده در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران می‌پردازیم.



سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

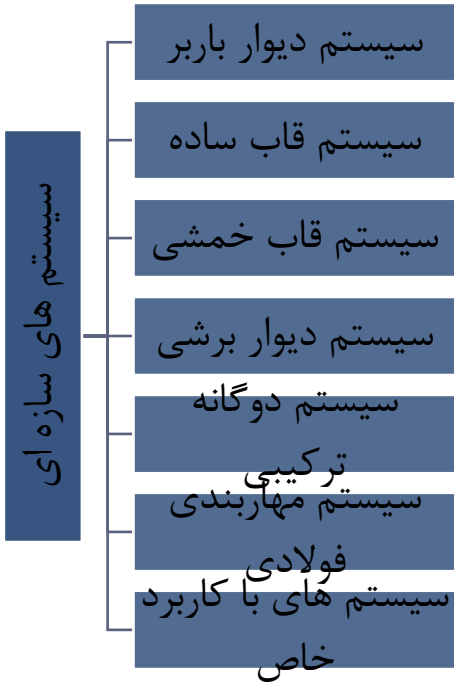
سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

سیستم دیوار باربر

سیستم دیوار های باربر اولین سیستمی است که در استاندارد ۲۸۰۰ به آن اشاره شده؛ در این نوع سیستم باربر جانبی دیوار ها و یا قاب های مهاربندی شده به طور هم زمان دارای دو نقش تأمین مقاومت در برابر بار های ثقلی و بار های جانبی می‌باشند. سیستم قالب تونلی و سازه های بنایی با دیوار باربر و دیوار های متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد با تسمه فولادی و یا صفحات پوششی فولادی مهار شده اند، جزء این سیستم اند. در این سیستم معمولاً تیر وجود ندارد و خمش ناشی از بار های قائم و جانبی توسط سیستم سقف که عموماً دال می‌باشد، تحمل می شود.



دو نوع سیستم دیوار باربر به عنوان سیستم های باربر جانبی سازه (قاب فولادی سبک و دیوار باربر بتنی)

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

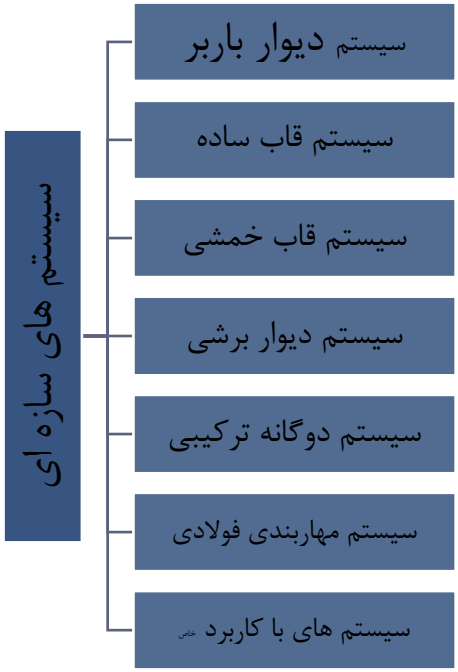
سایر سیستم ها

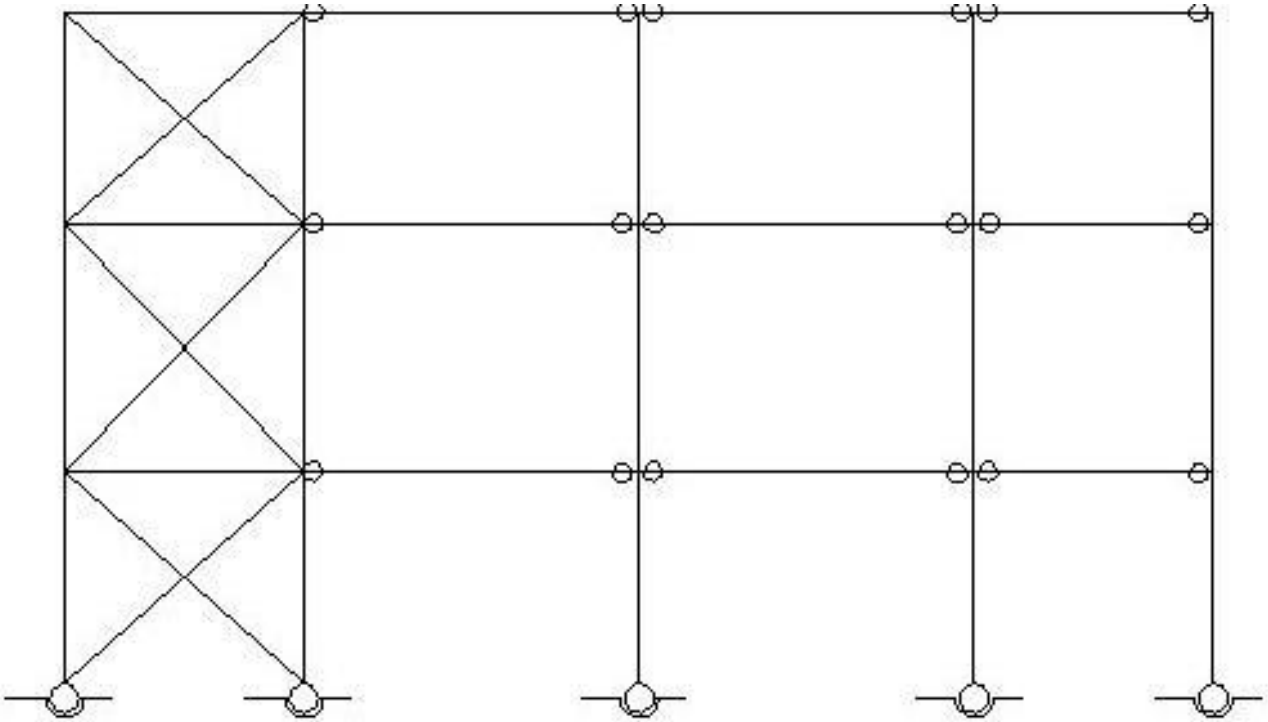
فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

سیستم قاب ساختمانی ساده

در این سیستم اتصال تیر به ستون مفصلی است و سختی خمشی تیر در جذب نیرو های جانبی زلزله مشارکت ندارد. این سیستم بارهای قائم را به کمک تیر و ستون تحمل می‌کند و به تنهایی توانایی جذب و تحمل بارهای جانبی را نداشته و در اثر اعمال بار های جانبی ناپایدار است؛ بنابراین برای ایجاد مقاومت و نامعینی و پایداری در این سیستم می بایست یا از اعضای مورب تحت عنوان مهاربند استفاده نمود و یا دیوار برشی فولادی یا بتنی تعبیه نمود. اما در ویدئو زیر با بیانی روان کاربرد سیستم قاب ساختمانی ساده و جزئیات آن در آیین نامه ۲۸۰۰ را مورد بررسی قرار می دهیم برای درک راحت این مطالب حداقل یک بار ویدئو زیر را مشاهده کنید.





قاب مهاربندی

یکی از متداول ترین راهکارهایی که برای انتقال بار های جانبی وارد بر سازه به فونداسیون بکار می‌رود، استفاده از بادبند در قاب می‌باشد. به طور کلی مهاربندهای فولادی بر اساس محل تقاطع محور طولی بادبند با محور طولی تیر و یا ستون به دو دسته مهاربند های همگرا و مهاربند های واگرا تقسیم بندی می‌شوند.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

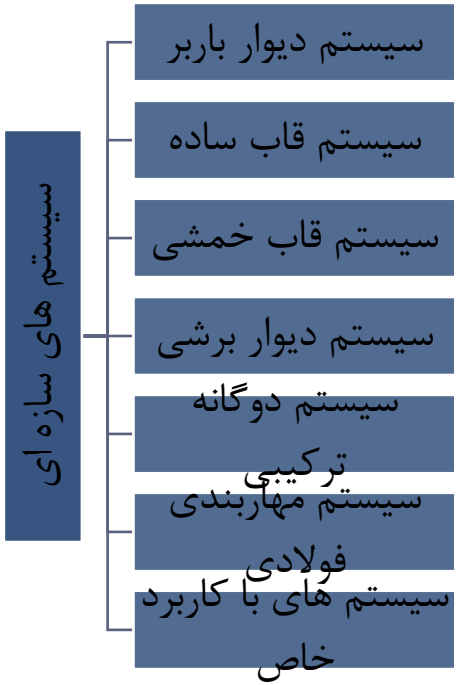
سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

سیستم قاب خمشی

یکی از سیستم های رایج در سازه های فولادی و بتنی است که در آن ها برای رفع مشکل قاب های ساده ساختمانی برای تحمل بارهای جانبی، بجای اتصال مفصلی از اتصال صلب تیر به ستون استفاده می‌شود. در واقع سختی خمشی تیر در جذب بارهای جانبی مشارکت دارد. سازه های با قاب خمشی کامل و سازه های با قاب خمشی در پیرامون و یا در قسمتی از پلان و قاب‌های با اتصالات ساده در سایر قسمت های پلان نیز در این گروه جای دارند. در یک *سیستم باربر جانبی قاب خمشی* به دلیل استفاده نکردن از مهاربند یا دیوار برشی در قاب ها، فضای بین چشمه های قاب ها محدود نشده و امکان مناسبی برای ارائه طرح‌های معماری متنوع در اختیار طراح قرار می‌دهد. این نوع سیستم سازه ای با توجه به داشتن جزئیات اجرایی بیشتر نسبت به سایر سیستم‌های اجرایی دارای هزینه ساخت بالاتری است. ویژگی اصلی سیستم قاب خمشی اتصال صلب تیر به ستون می‌باشد که در نتیجه عملکرد این اتصالات، نیرو های جانبی ناشی از زلزله به صورت رفتار خمشی-برشی در ستون ها و تیرها تحمل می‌شوند. در این سیستم می بایست اثراتp-delta در نظر گرفته شوند. در این سیستم ضریب رفتار بالا بوده و محدودیت حداکثر ارتفاع نیز کمتر است



قاب‌های خمشی در مقایسه با سیستم مهاربندی از لحاظ مسائل معماری از سهولت و آزادی عمل زیادی برخوردار هستند. در این گونه قاب‌ها به دلیل عدم وجود اعضای قطری (بادبندها) و دیوارهای برشی تقسیم بندی های فضا های داخلی به راحتی انجام می شود.

البته بعضی از ویژگی های منفی قاب های فوق الذکر استفاده از آن ها را محدود می‌کند که عبارت اند از:

۱.تغییر شکل جانبی و یا تغییر شکل نسبی بین طبقات مشکلاتی را در سازه به وجود می آورد. بنابراین برای حل این مشکلات جهت محدود کردن تغییرشکل سازه سختی قاب و تعداد ستون ها را باید افزایش داد.

۲.اتصالات صلب گیردار به خصوص در قالب های فولادی (سیستم قاب های فولادی سبک) باید به طور دقیق اجرا و طراحی شوند. در ساختمان های فولادی طرح اتصالات گیردار به طور معمول پر هزینه تر و مشکل تر از اتصالات مفصلی است.

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

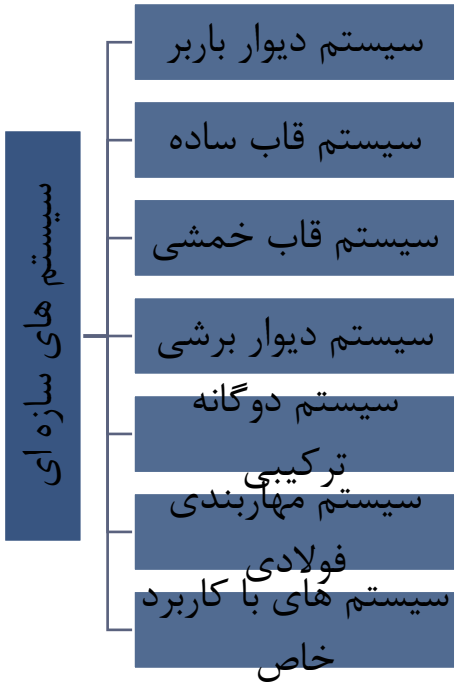
فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

سیستم باربر جانبی دوگانه یا ترکیبی

این سیستم بیشتر در سازه های فولادی و بتنی متشکل از قاب های خمشی به همراه دیوار برشی یا مهاربند می‌باشند. در این نوع از سیستم سازه ای، بارهای ثقلی عموماً توسط قاب های ساختمانی تحمل شده و دیوار برشی یا قاب های مهاربندی شده عمده ی سختی و مقاومت جانبی سازه را در برابر بار های جانبی ایجاد می‌کنند.

طبق کنترل ۲۵-۵۰ درصد استاندارد ۲۸۰۰ (قاب‌های خمشی باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه و دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی‌شده باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۵۰ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه باشند) و با توجه به تبصره ۲ بند پ ۱-۸-۴ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم اگر قاب‌های خمشی نتوانند مستقلاً ۲۵ درصد نیروی جانبی را تحمل کنند، سیستم سازه از نوع دوگانه محسوب نشده و به عنوان قاب ساختمانی ساده با مهاربند(یا دیوار برشی) در نظر گرفته می‌شوند. در حالت دیگری که مهاربندها یا دیوارهای برشی نتوانند مستقلاً ۵۰ درصد نیروهای جانبی را تحمل کنند، سیستم سازه از نوع دوگانه محسوب نشده و به عنوان سیستم قاب خمشی در نظر گرفته می‌شود.



مقاومت در برابر بارهای جانبی

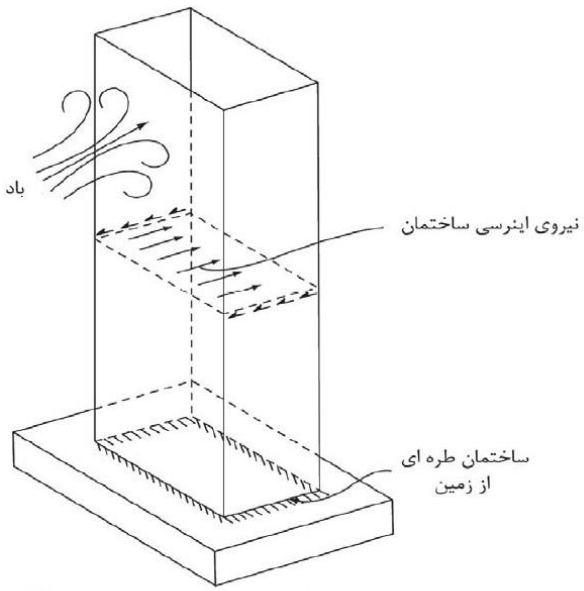
همه سازه هایی که ساخته می شوند باید مقاوم در برابر بارهای باد و زلزله ایجاد شده باشند، اهمیت در نظر گرفتن بارهای جانبی در سازه های بلند دوچندان است، اما این موضوع اصلا به این معنا نیست که در طراحی سازه های معمولی می توان از این بارها صرف نظر کرد.

مقاومت در برابر بار باد

سیستم سازه ای ساختمان های بلند علاوه بر این که می بایست بار عمودی گرانش را تحمل کنند باید در برابر بارهای جانبی مانند بار زلزله و بار باد نیز مقاوم باشند. معمولاً بار باد در قسمت های مرکزی قاره ها در سطح زمین حدود ۱۰۰ کیلو گرم بر متر مربع است.

البته باید توجه داشت که در این قسمت ها وزش باد نسبت به مناطق ساحلی که در آن ها طوفان هایی رخ می دهند کم تر است و در مناطق ساحلی و حاشیه ی قاره ها، بار باد به حدود ۲۵۰ کیلو گرم بر متر مربع می رسد. به علاوه با بالا رفتن از سطح زمین به دلیل کاهش اصطکاک بار باد افزایش می یابد.

به عبارتی ارتفاع از سطح زمین و بار باد با هم رابطه ی مستقیم داشته و با افزایش هر کدام دیگری نیز افزایش می یابد. حداکثر بار باد در طراحی سازه های بلند در حدود ۸۴۰ کیلوگرم بر متر مربع در نواحی طوفانی در نظر گرفته شده است.



شکل ۱-۲۰. مفهوم سازه ای ساختمان بلند [1]

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

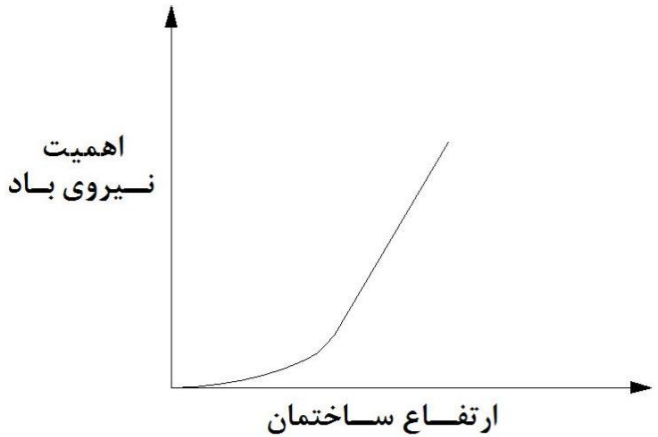
مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی



شکل ۱- رابطه بین اهمیت نیروی جانبی باد و ارتفاع ساختمان (ایروین، ۲۰۱۰)

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

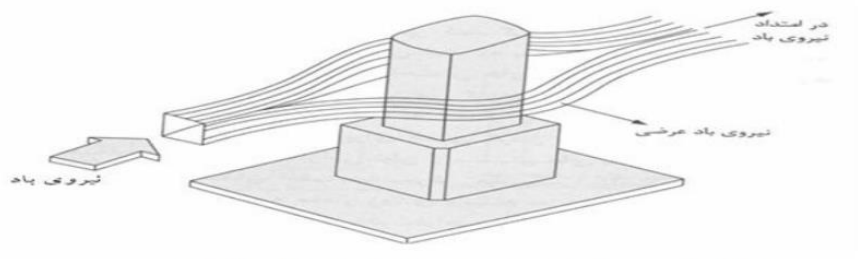
مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

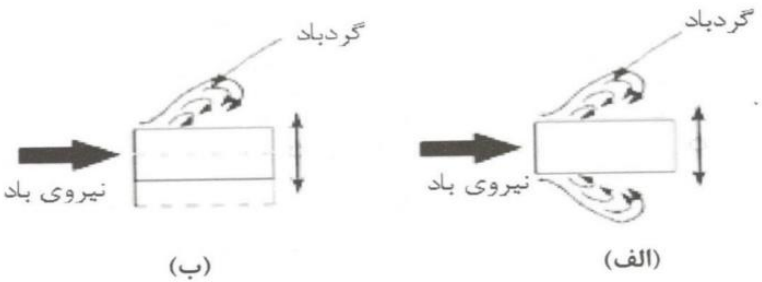
سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی



شکل ۳- نمایش نیروهای جانبی باد بر روی ساختمان ها در جهات طولی و عرضی



شکل ۴- گردبادها در شرایط مختلف سرعت باد، الف) گردبادها در سرعت پایین باد (هیچ لرزش یا ارتعاشی در جهت عرضی باد وجود ندارد)، ب)گردبادها در سرعت بالای باد (ا یجاد لرزش یا ارتعاش در جهت عرضی باد) (تارانات، بونگال، ۲۰۱۰)

سازه های مرتبط با ساختمان های بلند

مقدمه

دسته بندی ساختمان های بلند مرتبه

سایر سیستم ها

فوندانسیون ها

نیروهای جانبی

می توان گفت بار باد برای سازه های بلند دو برابر است و سازه مانند یک تیر طره ای است که قسمت بالای آن به شدت تحت تاثیر باد قرار گرفته و باد مایل است تا تغییر شکل بیشتری در بالای آن ایجاد کند و سازه را خم کند که باید با طراحی صحیح و در نظر گرفتن مقدار درست برای بار باد از این پدیده جلوگیری کرد؛ بنابراین علاوه بر پایداری سازه باید به حاکثر تغییر شکل مجاز دقت شود و این مقدار محدود گردد.
نکته دیگری که باید بدان توجه داشت فرکانس طبیعی ساختمان و فرکانس امواج باد است و در طراحی باید بدین موضوع بسیار اهمیت داده شود؛ چرا که در صورت بروز خطا در محاسبات و یکسان شدن فرکانس طبیعی سازه و فرکانس امواج باد، پدیده رزونانس یا تشدید رخ داده و سازه فرو می ریزد.

طبقه بندی سیستم های سازه ای ساختمان های بلند

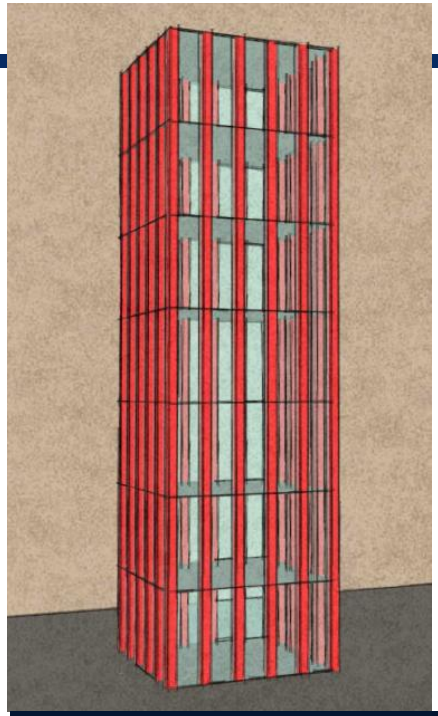
می توان بر اساس مصالح ساختاری مورد استفاده مانند بتن یا فولاد طبقه بندی کرد

سیستم های سازه ای ساختمان های بلند را نیز می توان به دو دسته کلی تقسیم کرد :

1) سازه های داخلی

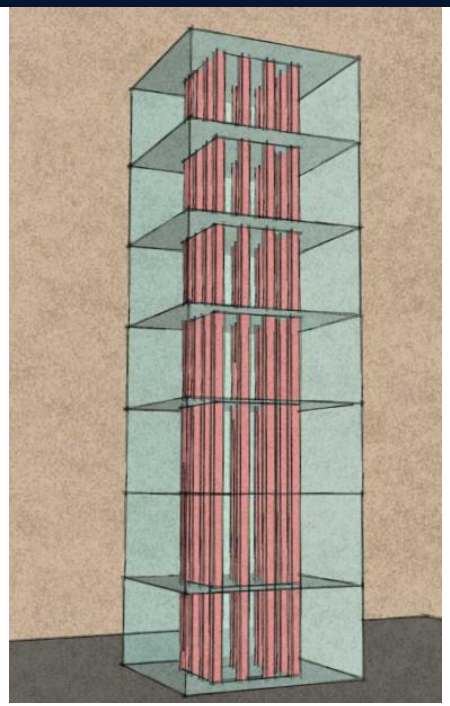
2) سازه های بیرونی

این طبقه بندی بر اساس توزیع اجزای سیستم مقاوم در برابر بار جانبی اولیه بر روی ساختمان است . یک سیستم زمانی به عنوان یک سازه داخلی طبقه بندی می شود که بخش عمده ای از سیستم مقاوم در برابر بار جانبی در داخل ساختمان قرار گیرد .به همین ترتیب، اگر بخش عمده ای از سیستم مقاوم در برابر بار جانبی در محیط ساختمان قرار گیرد، یک سیستم به عنوان یک سازه خارجی طبقه بندی می شود .با این حال، باید توجه داشت که هر سازه داخلی احتمالاً دارای اجزای جزئی سیستم مقاوم در برابر بار جانبی در محیط ساختمان است و هر سازه خارجی ممکن است دارای اجزای جزئی در داخل ساختمان باشد.



سازه های داخلی

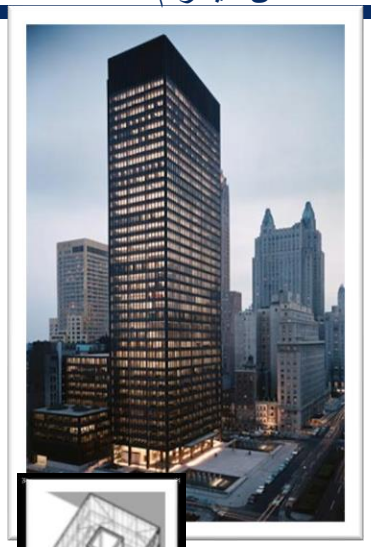
مهندسان با خوشه‌بندی ستون‌ها و تیرهای فولادی در هسته، یک ستون فقرات سفت ایجاد می‌کنند که می‌تواند در برابر نیروهای باد شدید مقاومت کند .هسته داخلی به عنوان چاه آسانسور استفاده می شود، و طراحی اجازه می دهد تا فضای باز زیادی در هر طبقه وجود داشته باشد.



سازه های بیرونی

در آسمان‌خراش‌های جدیدتر، مانند برج سیرز در شیکاگو، مهندسان ستون‌ها و تیرها را از هسته به محیط منتقل کردند و یک لوله توخالی و سفت و سخت به اندازه طرح هسته، اما وزن بسیار کمتر ایجاد کردند .

ساختمان سیگرام



1)قاب سفت و سخت

یک قاب صلب در مهندسی سازه، اسکلت مقاوم در برابر بار است که با اعضای مستقیم یا منحنی ساخته شده است که توسط اتصالات عمدتاً صلب به هم متصل شده‌اند که در برابر حرکات ناشی از اتصالات اعضا مقاومت می‌کنند .اعضای آن می توانند بارهای خمشی، برشی و محوری را تحمل کنند.

متشکل از ستون ها و تیرهایی است که با اتصالات مقاوم در برابر خمشی به هم وصل شده اند .

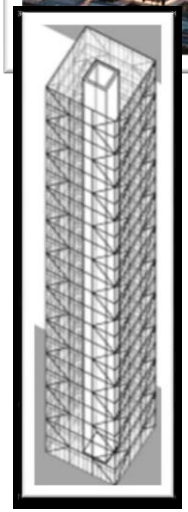
می تواند بسازد تا 20تا 25طبقه

2)سازه دیوار برشی

بتن یا بنایی پیوسته **دیوارهای عمودی**ممکن است هم از نظر معماری به پارتیشن ها و هم از نظر ساختاری برای حمل گرانش و بارگذاری جانبی خدمت کند .سفتی و استحکام بسیار بالا آنها را برای مهاربندی ساختمان های بلند مناسب می سازد

معمولا به عنوان هسته ساختمان ساخته می شود

می تواند بسازد تا 35طبقه



هسته دیوار برشی

(3سازه های برافروخته

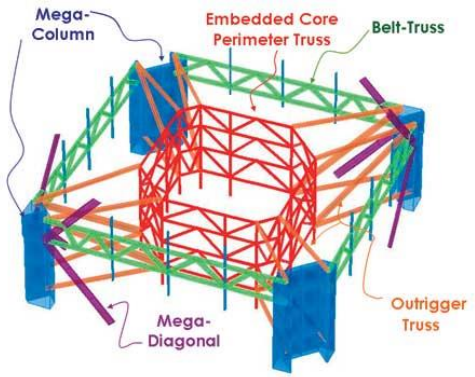
شانگایی جهان
مرکز مالی

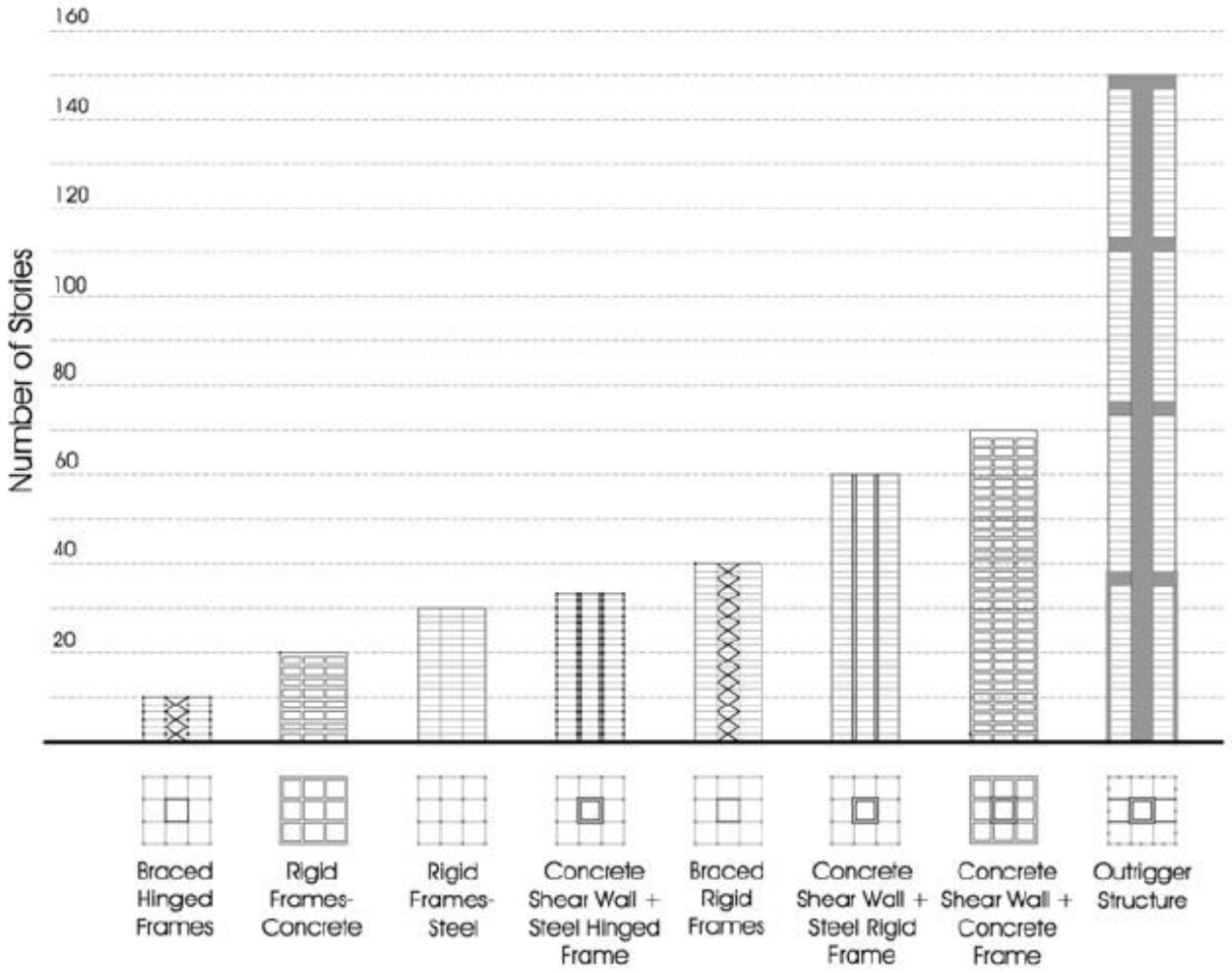
را **هسته** ممکن است در مرکز قرار داشته باشد و پایه های بیرونی از هر دو طرف امتداد داشته باشد یا در برخی موارد ممکن است در یک طرف ساختمان قرار داشته باشد و در سمت دیگر پایه های بیرونی به سمت ستون های ساختمان امتداد یابد .

o **تریگرها عموماً به صورت خرپا هستند**)در عمق 1یا 2طبقه (در سازه های فولادی، یا دیوارها در سازه های بتنی، که به طور موثر به عنوان سربرگ های سفت عمل می کنند و باعث ایجاد یک زوج کشش-فشردگی در ستون های بیرونی می شوند .

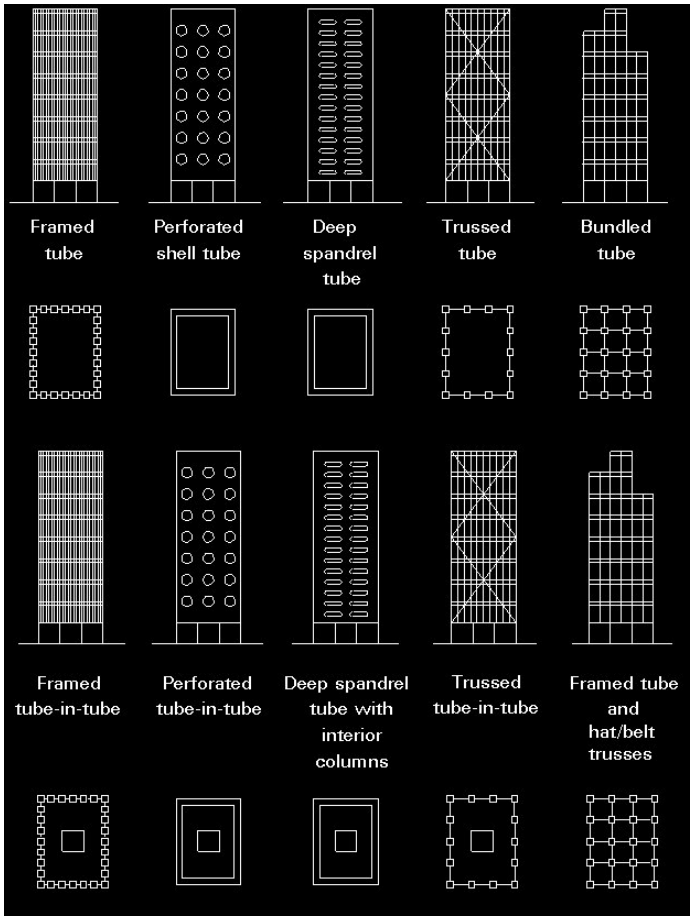
خرپاهای کمربند اغلب برای توزیع این نیروهای کششی و فشاری در تعداد زیادی از ستون‌های قاب خارجی ارائه می‌شوند .

یک ساخت تا 150طبقه




160
140
120
100
80
60
40
20
Number of Stories
Braced Hinged Frames
Rigid Frames-Concrete
Rigid Frames-Steel
Concrete Shear Wall + Steel Hinged Frame
Braced Rigid Frames
Concrete Shear Wall + Steel Rigid Frame
Concrete Shear Wall + Concrete Frame
Outrigger Structure

سازه های بیرونی



1)سیستم لوله

مفهوم سیستم لوله مبتنی بر این ایده است که یک ساختمان را می توان برای مقاومت در برابر بارهای جانبی با طراحی آن به عنوان یک ساختمان طراحی کرد .**توخالی** کنسولعمود بر زمین در ساده ترین تجسم لوله، محیط بیرونی شامل ستون هایی با فاصله نزدیک است که با عمق زیاد به هم گره خورده اند.اسپندلپرتوها از طریق اتصالات لحظه ای .این مجموعه از ستون ها و تیرها یک قاب صلب را تشکیل می دهد که به متراکم و**دیوار ساختاری قوی در امتداد بیرونی** از ساختمان

سیستم های لوله ای مختلف عبارتند از

1)لوله قاب دار 2)لوله مهاربندی شده 3)لوله همراه 4)لوله در لوله

2)دیاگرید سیستم های

با بهره وری ساختاری آنها به عنوان یک نسخه متنوع از سیستم های لوله ای، دیاگرید سازه‌ها به‌عنوان یک روند زیباشناختی جدید برای ساختمان‌های بلند در این عصر سبک‌های کثرت‌گرا ظهور کرده‌اند .

طرح‌های اولیه ساختمان‌های بلند اثربخشی اعضای مهاربندی مورب را در مقاومت در برابر نیروهای جانبی تشخیص دادند .

بیشتر سیستم‌های سازه‌ای که برای ساختمان‌های بلند اولیه استفاده می‌شد، قاب‌های فولادی با مهاربندی‌های مورب با پیکربندی‌های مختلف مانند X، Kو شورون بودند .با این حال، در حالی که اهمیت ساختاری مورب ها به خوبی شناخته شده بود، پتانسیل زیبایی شناختی آنها مورد توجه قرار نگرفت، زیرا آنها مانعی برای تماشای فضای باز در نظر گرفته می شدند.

مقاومت موثر در برابر برش جانبی توسط نیروهای محوری در اعضای مورب، اما دارای اتصالات پیچیده است .

برج هرست، نیویورک

(3 خرپای فضایی

بانک چین، هنگ کنگ

خرپا فضایی سازه ها لوله های مهاربندی شده اصلاح شده با مورب هایی هستند که بیرون را به داخل متصل می کنند .در یک ساختار لوله مهاربندی شده معمولی، تمام مورب ها که اعضای وتر -به طور کلی ستون های گوشه عمودی را به هم متصل می کنند، در صفحه موازی با نماها قرار دارند.

اما در خرپاهای فضایی برخی مورب ها به داخل ساختمان نفوذ می کنند .

4)Exoساختار اسکلت

هتل د لاس آترس

در سازه‌های اسکلت بیرونی، سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی در خارج از خطوط ساختمان به دور از نما قرار می‌گیرند .

با توجه به ویژگی های ترکیبی سیستم، به عنوان یک شناسه اولیه ساختمان -یکی از نقش های اصلی نمای ساختمان در موارد کلی عمل می کند.

ضد حریق بودن سیستم به دلیل قرار گرفتن آن در خارج از خط ساختمان مسئله جدی نیست.

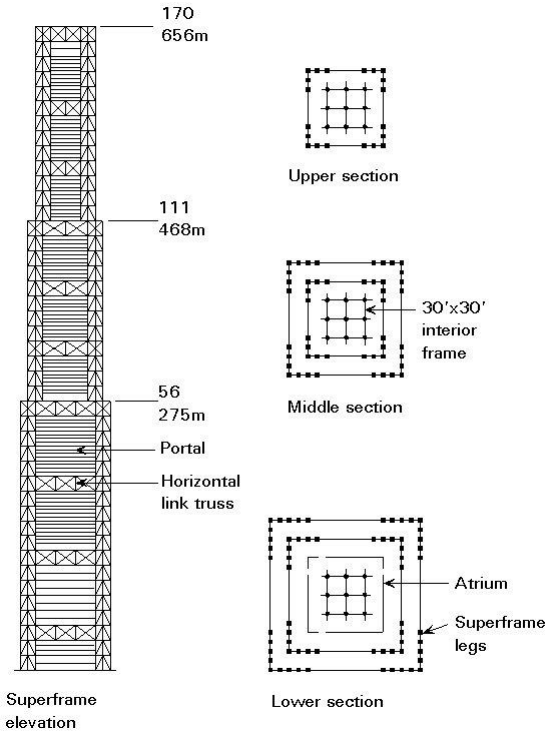
5)ساختارهای سوپر فریم

سوپر فریم سازه ها می توانند ساختمان های فوق العاده مرتفع ایجاد کنند تا 160طبقه .

سوپر فریم ها یا مگا فریم ها شکل یک پورتال را در نظر بگیرید که در نمای بیرونی ساختمان ارائه شده است.

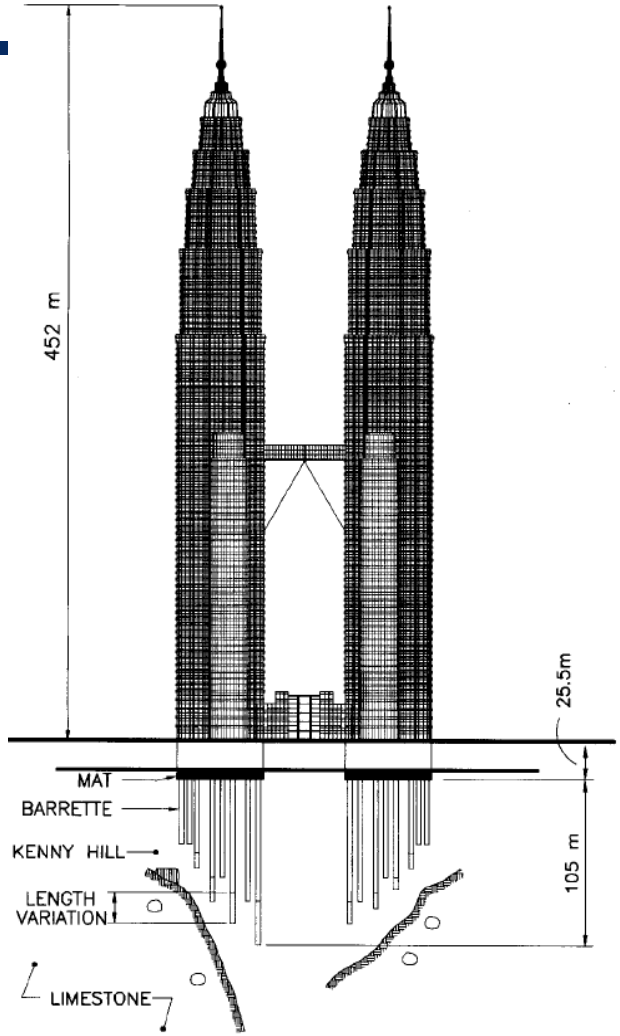
قاب ها به عنوان یک ساختار لوله ای بیرونی در برابر تمام نیروهای باد مقاومت می کنند .قاب پورتال ازسوپر فریم از پایه های عمودی در هر گوشه ساختمان تشکیل شده است که در هر 12تا 14طبقه توسط عناصر افقی به هم متصل شده اند.

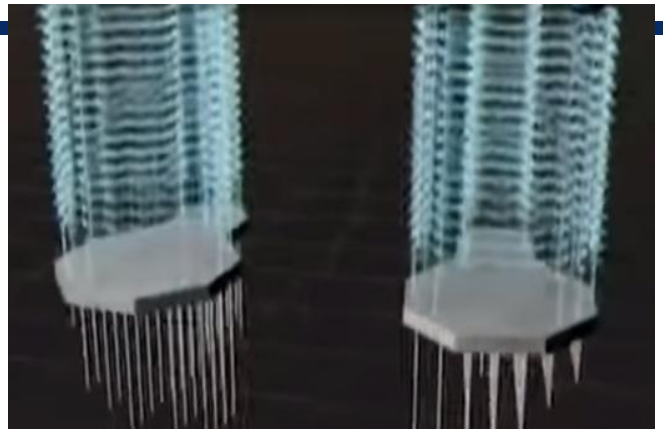
از آنجایی که عناصر عمودی در نواحی گوشه ساختمان متمرکز شده اند، حداکثر کارایی برای مقاومت در برابر نیروهای باد حاصل می شود .

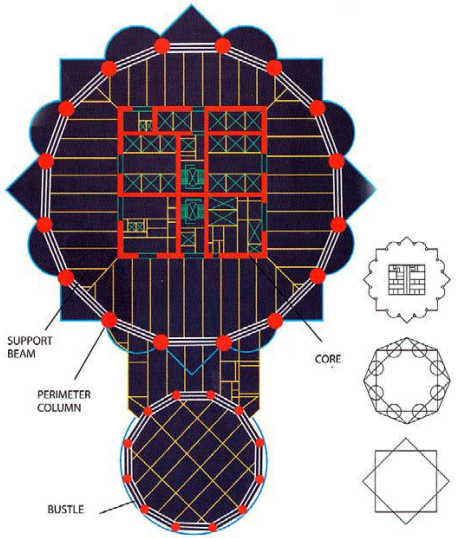


مطالعه موردی :برج پتروناس

پتروناس برج نماد غرور ملی است و نشان دهنده پیشرفت کشور در واژه اقتصاد و فناوری است .بتنبرای ساخت آن عمدتاً به این دلیل استفاده شد که در مقایسه با فولاد که ماده جدیدی برای سازندگان بود، به راحتی در دسترس و ارزان بود .معمار با موفقیت ترکیب شدمالزیایی و اسلامی موتیف هادر طراحی راپل آسمان یکی از ویژگی های مهم طراحی بود که بعداً اجرا شد.پتروناسبرج دارای سیستم ساختاری لوله در لوله است .اعضای سازه با بتن با مقاومت بالا که در محل ریخته‌گری می‌شود ساخته می‌شوند .ستون های محیطی با کمک تیر های حلقوی در کنار هم نگه داشته می شوند . ساختار هسته داخلی از دیوار های برشی بتنی ساخته شده است .ساختمان به دلیل سنگین بودن به سیستم های میرایی اضافی نیاز نداشتساختاری اعضا ناداز بتن با اینکه جدید نیستپیشرفت ها در فناوری ساخته شده در طول پروژه، از فناوری موجود به صورت هوشمند استفاده شد .

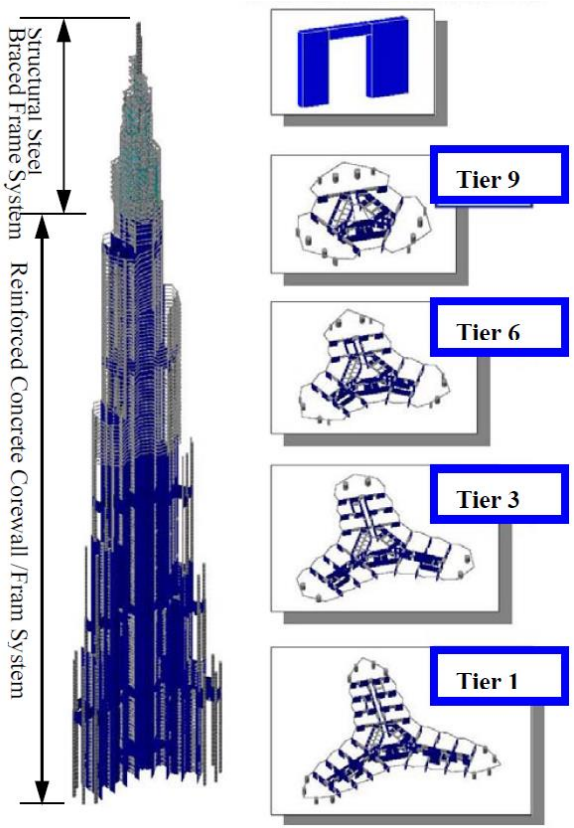

452 m
25.5m
MAT
BARRETTE
KENNY HILL
LENGTH VARIATION
105 m
LIMESTONE



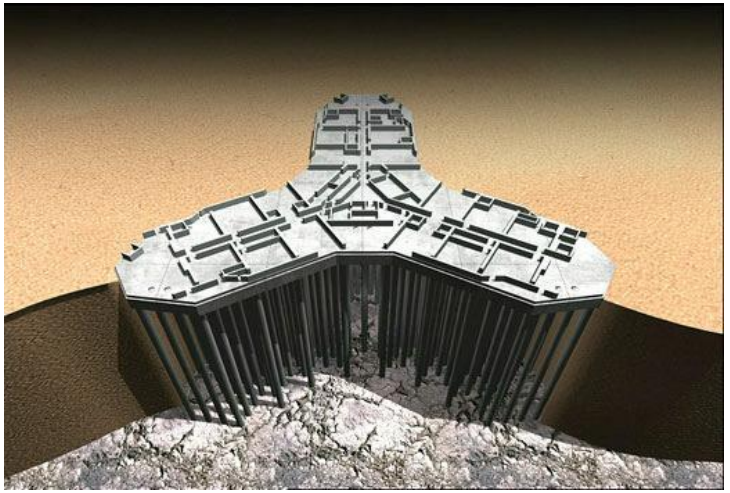

SUPPORT BEAM
PERIMETER COLUMN
CORE
BUSTLE

برج خلیفه

دبی، امارات متحده عربی



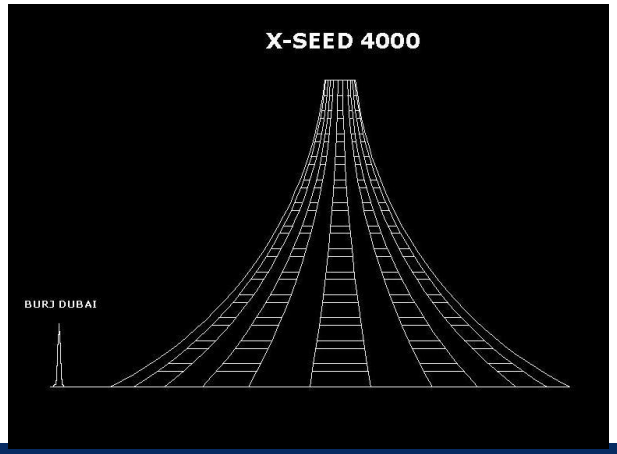
تصویر سیستم های سازه ای به کار رفته در ساختمان را نشان می دهد، اعضای آبی رنگ حامل بار سیستم دیوار بتنی هستند، تمام سازه های دیوار به کمک تیر پیوندی به هسته متصل شده اند .



ساختمان های بلند آینده

هیچ چیز نمی تواند خیره کننده تر از آخرین نسل آسمان خراش ها، معروف به 'supertalls'.A برج باید بالای 300باشه متر بالا برای واجد شرایط بودن به عنوان aفوق العاده بلند، اما هیچ کمبودی برای مدعیان وجود ندارد :در 829.8متر بالا، برج خلیفه در دبی بدون شک بلندترین ساختمان جهان است، اما تا زمانی که رقابت برای ساخت و ساز به سمت بالا در سراسر جهان ادامه دارد، مدت زیادی طول نخواهد کشید .

ما وارد دوران "مگاتال "این اصطلاح اکنون به طور رسمی توسط شورا برای توصیف ساختمان هایی با ارتفاع بیش از 600متر یا دو برابر ارتفاع استفاده می شود.فوق العاده بلند .



Protect pdf from copying with Online-PDF-No-Copy.com