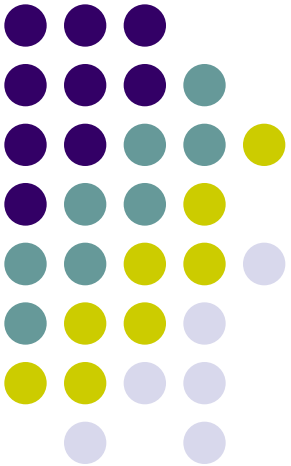
سازه های نو

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه سوره



سازه های کابلی

سازه های کششی

سازه های کششی معمولا به سازه هایی اطلاق می شوند که المان اصلی آن تنها تحت کشش کار می کند. تقسیم بندی این سازه ها به شرح زیر می باشد:

- سازه های کابلی
- سازه های چادری
- سازه های هوای فشرده
- سازه های کش بستی

مزایای سازه های کابلی

- رفتار خالص کششی به علت انطباق بر جریان طبیعی نیروها و تغییر شکل با هر وضعیت بارگذاری جدید
- قابلیت استفاده در دهانه های بزرگ
- دارای عملکردهای داخلی بهتر برای فضاهای وسیع و بدون ستون
- سبک بودن سازه که منجربه مقاومت زیاد در مقابل زلزله می شود.
- سرعت زیاد در نصب و برچیدن سازه که جهت عملکردهای موقت مناسب می باشند.
- شفافیت و عدم محدود کردن مناظر اطراف(به ویژه در پل ها)
- استفاده از مصالح کمتر با توجه به نسبت وزن به دهانه آن ها، سبب می شود که اقتصادی ترین سیستم جهت پوشاندن فضا با دهانه های بزرگ باشند.در ضمن کابل آویخته فقط با کشش و فشار ساده تنیده می شود.

معایب سازه های کابلی

- عدم کنترل سازه، نوسان آن (به دلیل وزن ناچیز آن در مقایسه با دهانه اش) و انعطاف پذیری کابل آویخته در مقابل نیروهای برکنش باد، ارتعاشات، بارهای نامتقارن و متحرک
- در سازه های طبقه ای کاربرد کمتری دارند
- نگهداری پرهزینه

- **سازه های کابلی به دلیل انعطاف پذیری زیاد، نیازمند پایدار سازی در برابر عوامل محیطی هستند.این پایدار سازی با ۴ روش زیر انجام می گیرد:**
  - **اتصال کابل به زمین**
  - **استفاده از کابل ثانویه**
  - **اضافه کردن بار مرده به کابل**
  - **استفاده از دمپر**

انواع سازه های کابلی

سازه های کابلی با توجه به عملکرد، به دو دسته تقسیم می شوند.

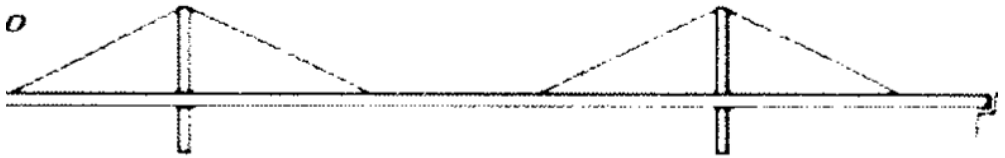
- کابل های مهارشده stayedcable

- در کابل های مهارشده، ابتدا کابل تحت نیروی پیش کشیدگی قرار می گیرد و پس از اعمال بار قائم توسط کف، کابل ها قطع می گردند تا نیروی ذخیره شده در کابل به بالا بردن کف کمک نماید. آرایش کابل ها در این نوع از سازه های کابلی به صورت موازی(چنگی) یا شعاعی(بادبزنی) می باشد.

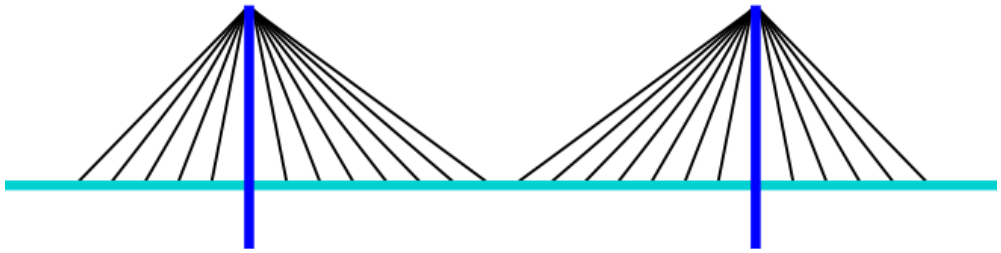
- کابل معلق suspensioned cable

- کابل معلق، کابلی است که تحت بارگذاری خارجی تغییر شکل داده و هیچگونه کششی به صورت اولیه در آن وجود ندارد.

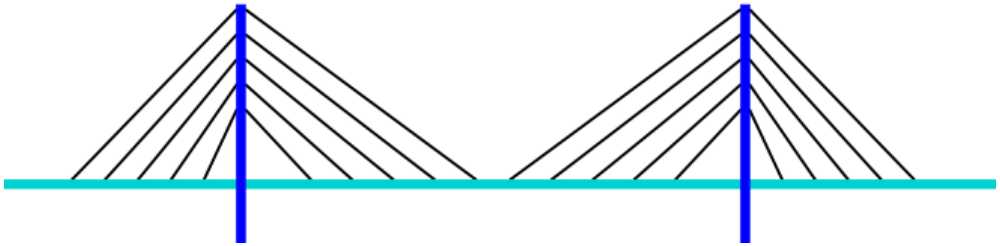
کابل های مهارشده



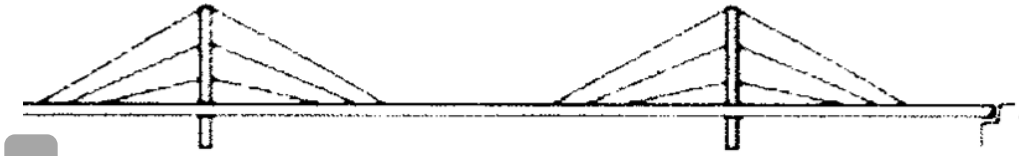
تکـــــــــــــــی



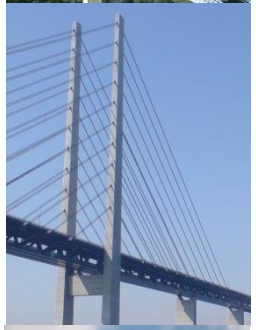
پروانه ای (باد بزنی)



مـــــوازی (چـــنگ)



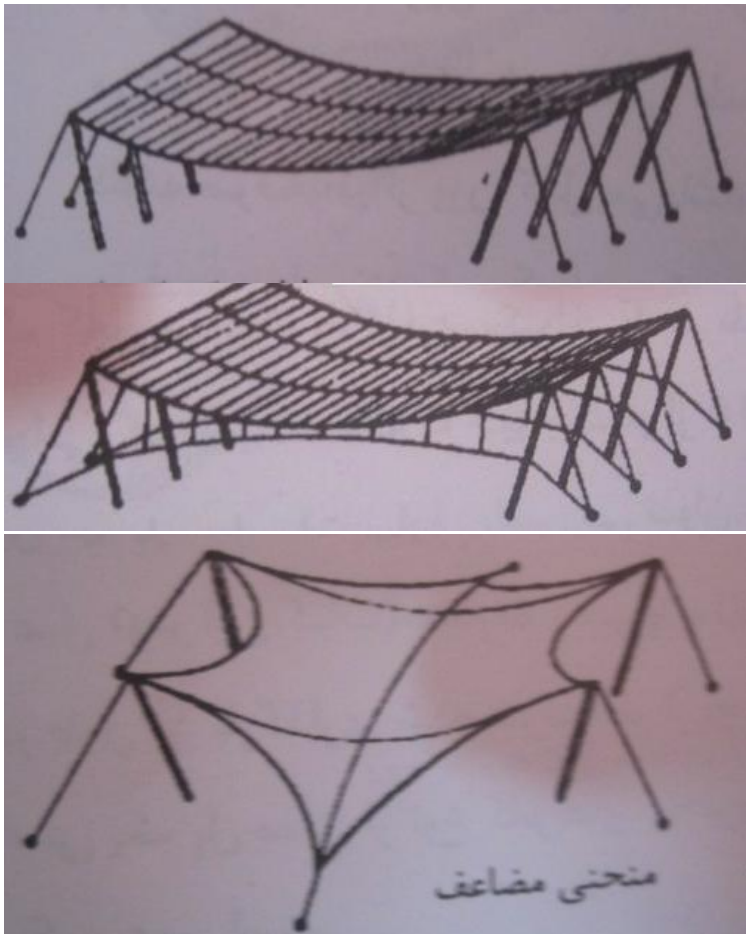
ســـــــــــتاره ای



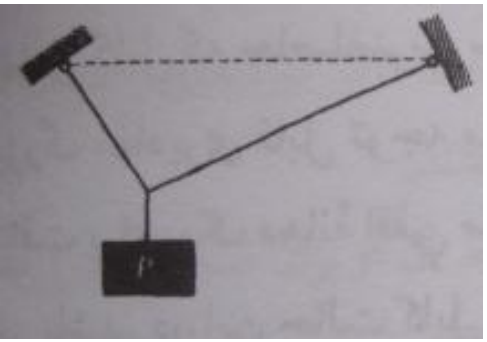
کـــــــــــــابل های مـــــــــــــعلق

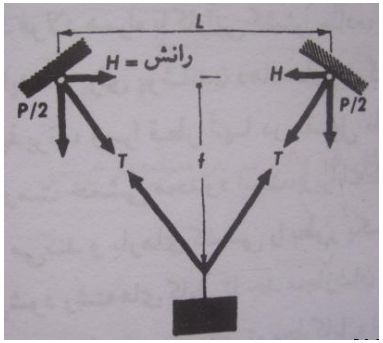
کابل در این سیستم نیز همانند سیستم قبل، آرایشی منحصر به فرد دارند.این آرایش به صورت زیر می باشد:

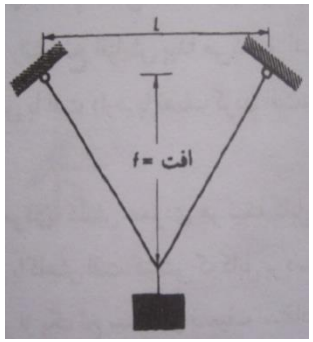
- سیستم کابل معلق با یک انحنا
- سیستم کابل مضاعف
- سیستم منحنی مضاعف با انحنای دوگانه



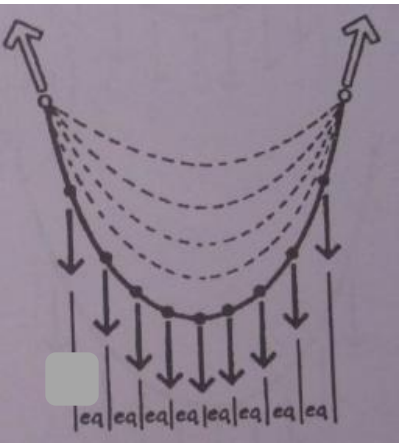
بررسی رفتار سازه ای کابل های معلق

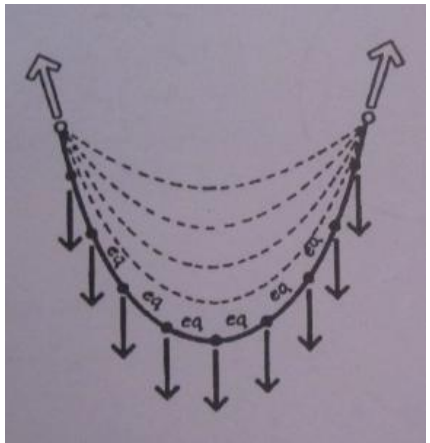


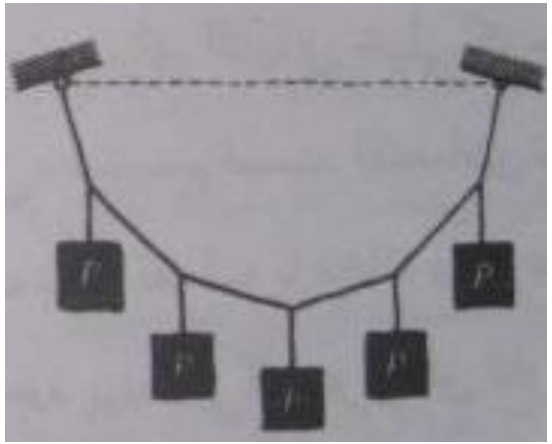


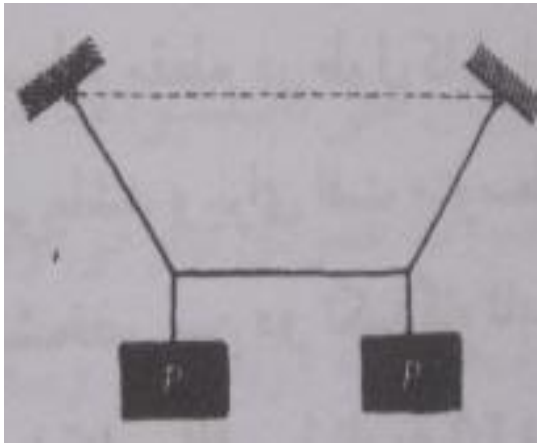


زنجیره واره، فرمی از منحنی طنابی است برای یک کابل بدون بارگذاری، که فقط تحت تاثیر وزن کابل ایجاد می شود. اگر دو بار یکسان در دو مکان قرینه روی کابل قرار گیرند کابل مجددا خود را با بارگذاری جدید وفق داده و بارها را با بدست آوردن ترکیبی جدید یعنی سه ضلع مستقیم تحمل می کند. اگر تعداد بارها افزایش یابند، کابل ترکیب متعادل تازه ای پیدا می کند که دارای اضلاع مستقیم بین بارها و تغییر جهت در نقطه اثر بارها است. شکل به دست آمده کابل تحت تاثیر بارهای متمرکز را چند ضلعی طنابی می نامند. با افزایش تعداد بارهای وارده بر کابل، تعداد اضلاع چند ضلعی طنابی هم افزایش می یابند و اضلاع کوچکتر می شوند. نهایتا شکل کابل به یک منحنی پیوسته نزدیک می شود. اگر بتوان به تعداد نا متناهی بارهای بی نهایت کوچک بر کابل وارد کرد، آنگاه چند ضلعی طنابی تبدیل به یک منحنی طنابی می شود. البته لازم به ذکر است که چند ضلعی های طنابی، تحت تاثیر مجموعه ای از بارهای یکنواخت هم فاصله در جهت افقی، به منحنی هندسی سهمی نزدیک می شوند. افت بهینه برای یک کابل سهموی برابر ۳دهم دهانه کابل است، چنانچه بارهای یکسان به جای فواصل مساوی در افق، در طول کابل در فواصل مساوی قرار گیرند، منحنی حاصل به یک منحنی بیز تبدیل خواهد شد. این منحنی در واقع ظاهری مشابه به شکل طبیعی یک کابل یا زنجیره با سطح مقطع ثابت در حالیکه تحت تاثیر وزن خود است، دارد. افت بهینه برای بیز حدود یک سوم دهانه است. یک کابل که علاوه بر وزن خود، بار یکنواخت پخش شده به طورمساوی در جهت افق را تحمل می کند، شکل میان سهمی و بیز خواهد داشت، که همان شکل کابل های دهانه میانی یک پل معلق است که وزن خود و خرپای تقویت کننده حامل سواره رو تحمل میکند.









تقسیم بندی سازه های کابلی:

۱.پل های کابلی:

I. پل معلق (Suspension bridge)

II. پل متکی بر کابل (Cable-stayed bridge)

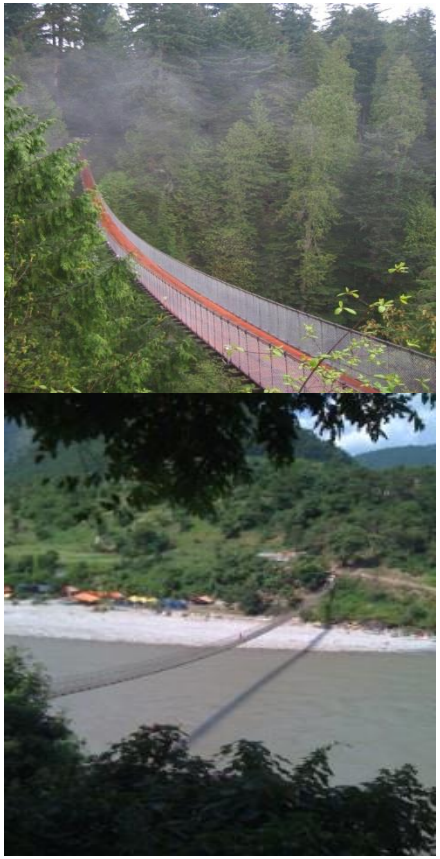
۲.ساختمانهای کابلی:

I. دکل های مهار شده با کابل (Direct cable)

II. سقف های معلق(متکی بر کابل)(cable-supported roofs)

III. سازه های معلق با فرم طنابی(Curvature suspension structure)

پل معلق (Suspension bridge)



نسل اول این پل ها متعلق به بومیان آمریکای جنوبی میباشد

ساختار پل های معلق:
کابل ها(متحمل نیروهای کششی):تحمل وزن سواره رو
سواره رو(متحمل نیرو های خمشی):ایجاد سطحی برای عبور و پایدار سازی کابل پل
برجها (متحمل نیروهای فشاری):انتقال دهنده ی نیرو از کابل اصلی به زمین.در حقیقت تکیه گاه پل ها هستند.
بلوک های بتنی مهاری(متحمل نیروهای برشی):مهار رانش کابل ها و انتقال آن به زمین
آویزها:رابط بین سواره رو و کابل اصلی

1-Dudh khosi & trisuli bridges
پل معلق اولیه در نپال، الیاف ساخته شده از شاخـــــه های بامبو

3- Chain bridge (Széchenyi Lanchid)
پل مـــــعلق
دکـــــل ها از جـــنس سنـــــــگ
آهـــــــک

2- Clifton (mena) bridge
پل معلق از نمونه های اولیه/دکل ها از جنس سنگ آهک/ آویزها از نوع زنجیری/ عرشه پل از آهن ریخته گری (نسل اولیه ی فولاد که به چـدن نزدیک است)

4- Humber bridge

سطح مقطع پل جعبه ای تو خالی/اتصالات جوشی
دارای سخت کننده های (استیفنر) متعدد/ طراحی سواره رو به صورت آیرودینامیک/دکل های بتنی تو خالی (ویرندیل با چهار تیر افقی)/کابل ها از سیم گالوانیزه کشیده شده/ ساخت یک جزیره مصنوعی برای یکی از دکل ها

5- Brooklyn bridge

دکل ها متشکل از قوسهای گرانیتی/ استفاده از شبکه فولادی به جای آویز/ دارای مسیر پیاده رو، سواره رو و راه آهن

6- Akashi kaikyo Bridge

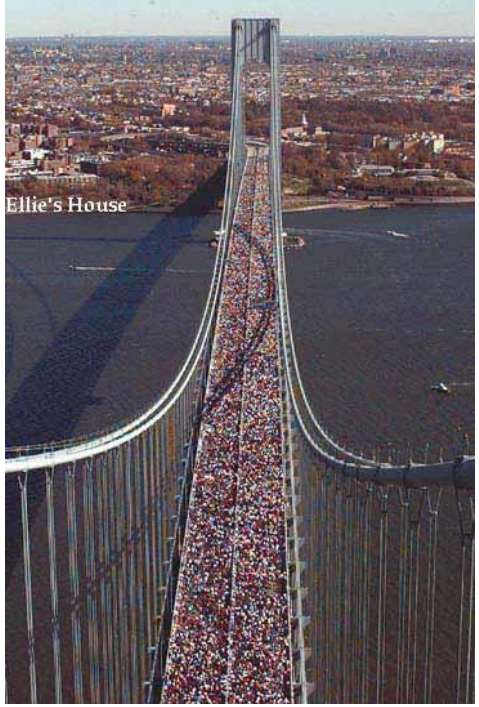
کابل ها دارای لایه لاستیکی محافظ در برابر خوردگی/ کابل اصلی از رشته های چند لایه ساخته شده که به وسیله ی هلی کوپتر از روی دکل عبور داده شده است/ هر دکل دارای 20 میراگر دینامیکی (دمپر)/ پس از وقوع زلزله و فاصله گرفتن دکل ها، یک خرپای جدید نگهدارنده به عرشه اضافه شد/ عرشه از نوع خرپا دوسطحی (دبل-دک)/ عرشه دارای مهار بندی فزاینده ی خرپایی/ بتن فنداسیون بتن خاصی است که بتواند با آب دریا ترکیب شود/ فاصله ی بین دکل ها 2 کیلومترارتفاع دکل ها به ارتفاع برج ایفل

7- east grate belt bridge

دکل از نوع ویرندیل

8- Golden gate bridge

نوع دکل خرپای ویرندیل/ طراحی دکل به سبک آرت دکو/ اولین نمونه استفاده از تور ایمنی حین ساخت



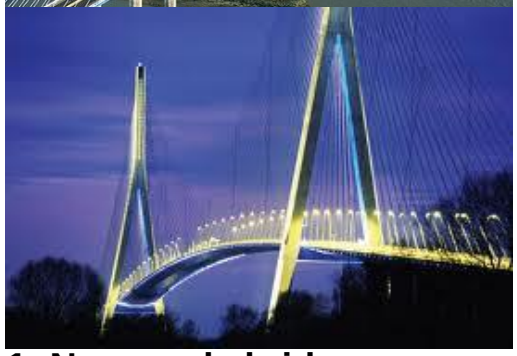
9- Verrazano narrows bridge

نوع دکل برج سلولار است(یعنی پیش ساخته است و در انجام پروژه بهم وصل شده است)/ سواره رو از نوع خرپایی/ مصرف فولاد و سنگینی غیر معمول زیاد

10- Millennium bridge

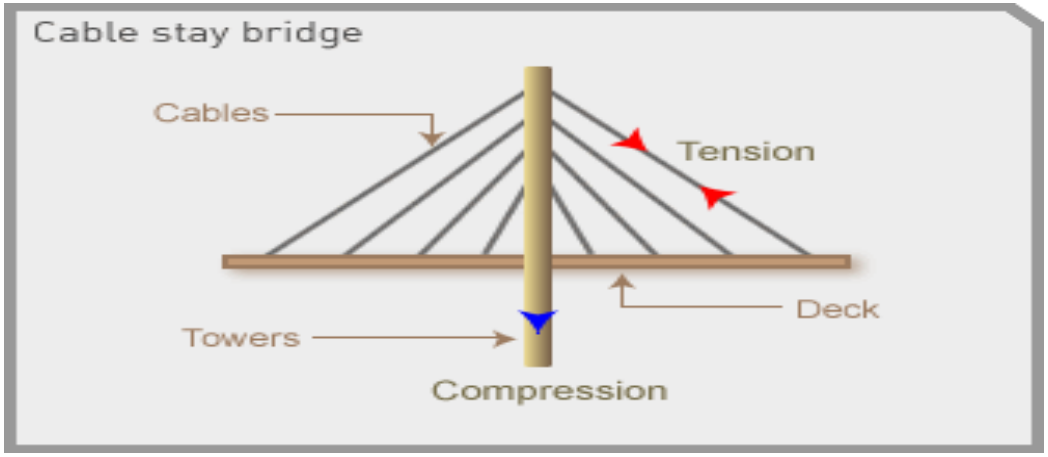
پل عابر معلق فلزی/ ترکیبی از فولاد و آلومینیوم/ کم افت ترین کابل پل معلق در دنیا (6 برابر کمتر از پلهای معمولی،1 به 63)/ آویزها بصورت موربند/ پلی بسیار کم وزن ساخته شده از لوله های سبک/ فنری بودن کابلها برای پیشگیری از خستگی/ دارای دو دکل بیضی شکل بتنی/ در هر طرف عرشه 4 کابل اصلی کشیده شده/ بین مردم به پل جنبان مشهور شده است که 91 دمپر اضافه شده است تا لرزش را کمتر کند

پل متکی بر کابل (Cable-stayed bridge)

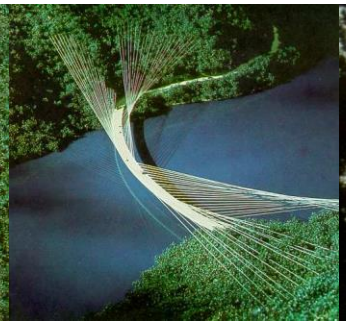


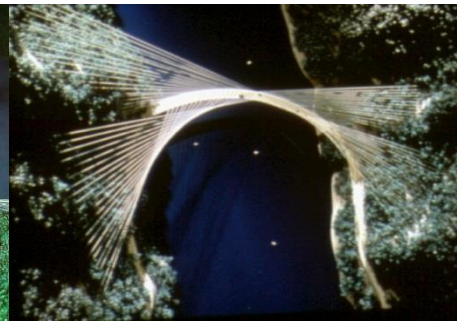
1- Normandy bridge

معکوس Y دارای دکل های بتنی به شکل عرشه ی پل در نزدیکی دکل بتنی و بقیه ی آن فولادی است
عرشه ی پل منحنی است
شیب دار ترین پل کابلی دنیا(با شیب ۱۵ درجه)
Braceسواره رو آیرودینامیکی ودکل از



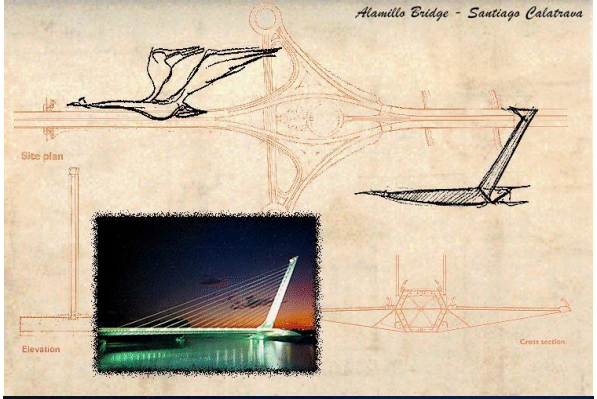
- این پل در مقایسه با پلهای معلق،فاقد کابل اصلی است و در ازای آن دارای چندین کابل است که همگی آنها بطور مستقیم به سواره رو متصلند و وزن آن را متحمل میشوند.





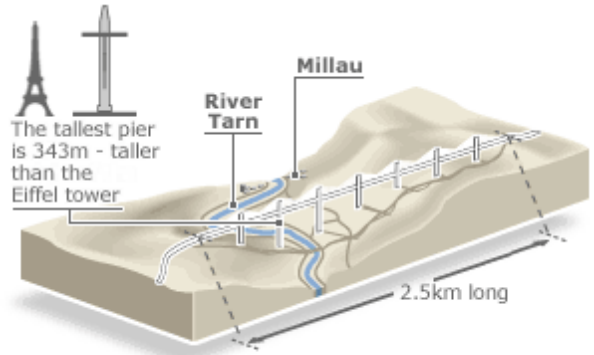
2- Ruck-a-chucky bridge

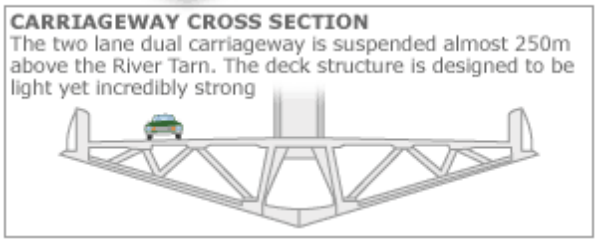
پلان سواره رو منحنی است .کابل ها با آرایش سهموی-هذلولی آرایش کابل ها به منظور ایجاد ترکیبی مقاوم در برابر نیروهای کششی وفشاری خالص پل دارای رفتاری خالص است یعنی در پل هیچ گونه برش،پیچش،خمش ایجاد نمی شود فقط کشش و فشار خالص .کابل ها داخل صخره ها شلیک شده اند

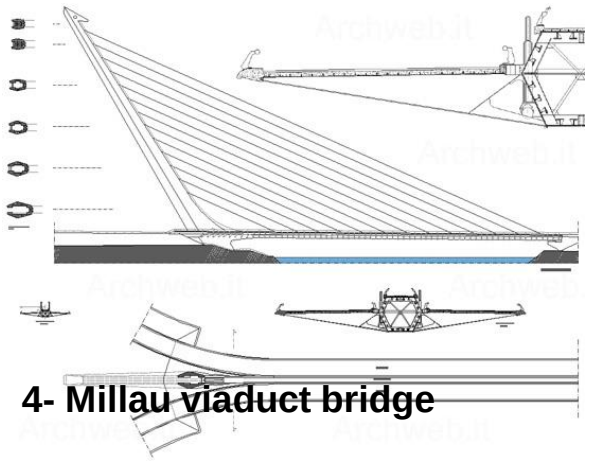


3- Alamillo bridge

پل از نوع متکی بر کابل چنگی است
پلی با حداقل اجزای سازه(تفکر مینیمالیستی)
عدم استفاده از آرایش متقارن کابلها
دکل های فولادی پر شده از بتن با نیروی کابلها مقابله می کند
سطح پل از ستون فقرات مرکزی طره میشود
ستون فقرات پل شش ضلعی تو خالی است
طول وفاصله ی کابلها به گونه انتخاب شده که نیروی کششی کابلها همگی برابر باشد
حذف کابلهای طرف دیگر در نتیجه مسیر غیر معمول نیروها در نتیجه هزینه ی بسیار سنگین
تعادل یک جانبه و اتصال طره ای دکل در پی،باعث زیبایی پل شده است
استفاده از اثر گشتاوری وزن
دارای شالوده ی شمعی

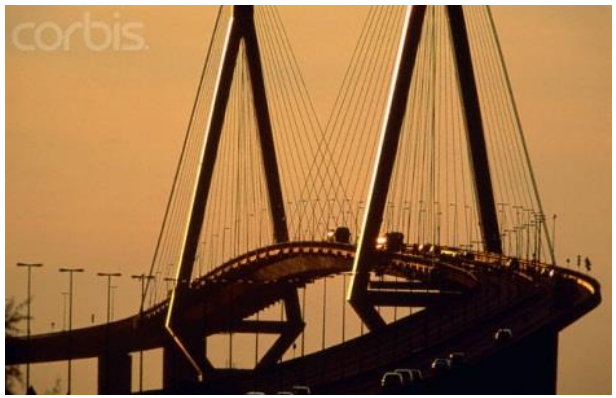


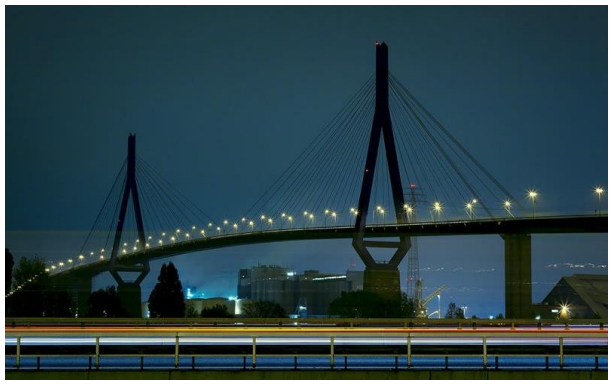




4- Millau viaduct bridge

عرشه بصورت آیرودینامیک طراحی شده
پایه ها بتنی(به روش لغزنده)و دکل ها فولادی است
دکل های بتن مسلح به شکل هرم معکوس
از 3 روش برای جلوگیری از خوردگی کابل ها محافظت شده است:گالوانیزه شدن،اندودی از موم نفتی،غلافی از پلی اتیلن.
دکل بلند تر از برج ایفل
کابل ها دارای فرم بادبزنی است
طول کابل ها با نوار پوشانده شده تا از ورود آب (در وزش بادهای تند)جلوگیری شود.
برای پیشگیری از ترک،در آسفالت سواره رو،از قیر طبیعی اصلاح شده استفاده شده است.که هم تراکم و چسپندگی عالی و هم هنعطاف پذیری عالی دارد.





5- Rion antirion bridge

دکل های بتن مسلح به شکل هرم معکوس
دارای بزرگ ترین فنداسیون ساخته شده برای پل در دنیا
کابل ها گالوانیزه اند
عرشه ی پل از سازه ی کامپوزیت(قاب فولادی+دال بتنی پیش ساخته)
)وجود داردDamperدر هر پایه چهار میراگر(
به علت لرزه خیزی بالای منطقه،پل در بستر دریا تقویت شد(بوسیله ی نفوذ ۲۰۰ لوله ی فولادی در بستر دریا)
کابل ها بادبزنی و سواره رو آیرودینامیک است
استفاده از یک سیم مارپیچ در طول کابل ها جهت هدایت آب باران

6- Kohlbran bridge

شکل هستند.A پایه ها بتنی وبرجها فولادی
کابل ها پیش از موقع زنگ زده و تعویض شدند
دارای فرم بادبزنی

7- Tatara bridge

دکل های فولادی به شکل معکوسY
آزمایش تونل باد مقطع دکل ها را از قوطی به صلیبی تغییر داد
دکل از نوع آیرودینامیک و شکل کابل ها بادبزنی
عرشه متشکل از تیر های فولادی وتیرهای بتنی پیش تنیده با فرم آیرودینامیک
کابل ها از جنس فولاد گالوانیزه شده دارای غلاف پلی اتیلن
کابل ها دارای ناصافی های شبیه سطح توپ گلف برای جلوگیری از ارتعاشات ناشی از حرکت آب باران در روزهای بارانی

ساختمانهای کابلی

۱-سقف متکی بر کابل:
۲-دکل های مهار شده به کابل:
۳-منحنی طنابی تک انحنا:
۴-سقف های معلق دوار:
۵-کابل مضاعف:
۶-شبکه ی کابلی(منحنی مضاعف)

۱-شبکه ی کابلی(منحنی مضاعف)

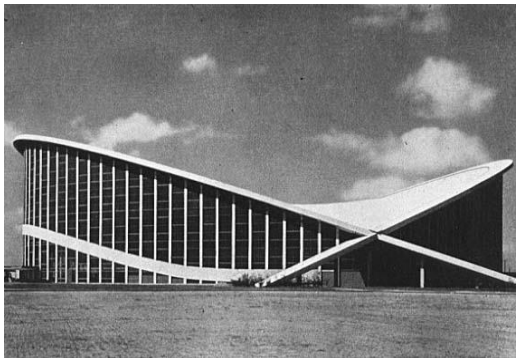
کابل های تثبیت کننده ،عمود بر کابل های اصلی قرار میگیرند
انحنای این سازه ها در یک جهت مثبت و در جهت دیگر منفی است
این سازه ها دارای فرم زین اسبی است

Calgary saddle dome

سقف به دو صورت عمل می کند:1)شبکه ی کابلی زین اسبی(پیش تنیده) 2)پوسته ی بتنی
کابل ها به یک حلقه ی بتنی پیرامونی متصلند
فرم Deformed شده است وبصورت هایپار است
سقف شبیه راکت تنیس
کابل های ثانویه پس کشیده شده اند
پایداری A شکل+دیوار برشی زیر آن،تأمین می شود
جانبی ،بوسیله ی سازه های
اتصال ستون به پی مفصلی است
حلقه علاوه بر منحنی بودن شیب دار هم هست تا حلقه با کابل هم راستا شود

Yale hockey rink

سقف شبکه ی کابلی
کابل ها بین قوس سهموی بتنی و دیوارهای پیرامونی کشیده شده اند
پوشش سقف از قطعات چوبی و سبک بود و سقف را پایدار نمیکرد،در مرحله ی دوم،کابل های ثانویه کشیده شد
سه کابل انتهای دیوار را به قوس میبندد تا از حرکت جانبی تیرها جلوگیری کند
از نظر آکوستیکی ساختمان مناسبی است
بدلیل:1)مصالح مناسب
2)مقطع عرضی آن محدب است



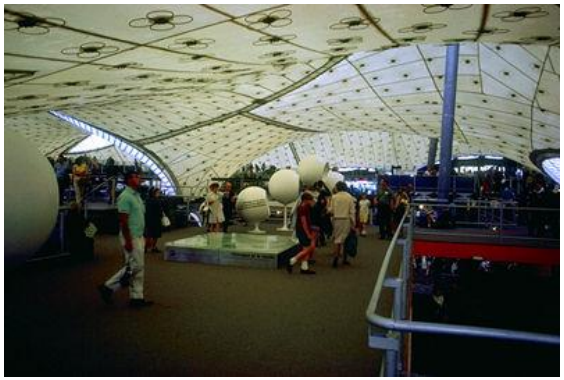
Raleigh arena

سقف شبکه ی کابلی به شکل زین اسبی
کابل ها بر دو قوس متقاطع متکی اند
قوسها به شکل سهمی اند
دارای قوسی شیبدار است تا نیروی کابلها در امتداد قوس قرار گیرد
کابل های تثبیت کننده برای اجتناب ازتغییر شکل در گرما،پیش تنیده شده اند
قوس ها در محل تقاطع دارای اتصالات مفصلی اند
پای قوس ها در زیر زمین به وسیله ی کابل به هم بسته شده است
ستون های عمودی در نما،تنها وزن قوس را تحمل می کنند
پوشش سقف،ورق موجدار فلزی است

۱-شبکه ی کابلی(منحنی مضاعف)

Munich Olympic stadium

سقف به دو ثورت عمل می کند:
1)سقف شبکه ی کابلی(پیش تنیده)
2)سقف چادری متکی بر کابل
سازه ی شبکه ی کابلی با رفتاری شبیه به چادر
سه دسته کابل قطور به کار رفته است:
1)کابل زنجیره وار اصلی که لبه ی جلویی را نگه می دارد
2)اتصال خط الراس به دکل ها
3)اتصال کابل کناری به پی



German exhibition pavilion

شبکه ی کابلی پیش تنیده
شبکه ی کابلی بر روی 8 ستون مدوراز جنس آهن گالوانیزه
ارتفاع ستونها متفاوت است
دارای سقفی قابل توسعه
الهام از تار عنکبوت

۲-دکل های مهار شده به کابل:

نقش کابل ها تأمین پایداری دکل است
در این سیستم کابل ها به Guyموسومند
ایده ی این نوع دکل ها ساخت دکلی ظریف با مصرف مصالح کمتر است

Torre de collserola

ستون عظیم مهار شده با سه جفت کابل
کابل ها موسوم به Guy هستند
ستون عظیم از جنس بتن است(یک لوله ی بتنی تو خالی)
صلبیت ستون مرکزی توسط خرپای پیش تنیده تامین شده
کابل ها در صورت لزوم قابلیت تحمل فشار را دارند؛به خاطر وجود شفت

skylon

یک بالون از جنس آلومینیوم
بدنه ی بالون متشکل از ۱۲ قاب +میله های ضربدری بین قابها
کابل ها پیش تنیده اند
کابل ها دو به دو با هم زاویه ی ۱۲۰ درجه می سازند
بالون در پایین با یک سیستم متشکل از ۳ کابل مضاعف به شکل گهواره نگه داشته شده
کابل ها بوسیله ی کلاف های بتنی در زمین مهار شده اند
کشش کابل ها به نحوی محاسبه شده که در حداکثر سرعت وزش باد،باز هم قدری کشش در کابل باقی بماند
کابل های تکیه گاهی پیش تنیده اند

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه سوره

سازه‌های نو

۳-منحنی طنابی تک انحنا:

یک دسته کابل آویخته ی موازی با هم،سقف را تشکیل می دهد:

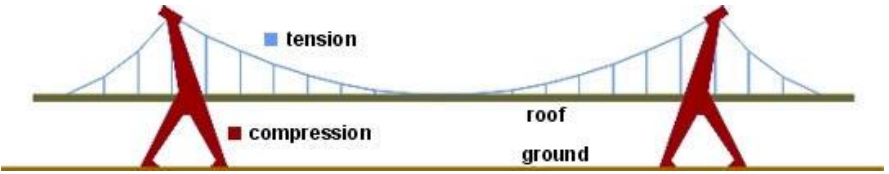
۱)خود کابل ها سقف را تشکیل می دهد(سقف منحنی)

۲)یا سقف با آویز به کابل ها متصل میشود(سقف مسطح)

کابل ها در جهت دهانه ی بزرگتر(طولی)قرار میگیرد

مهمترین ضعف این سیستم: ضعف در برابر نیروی رو به بالای باد

روشهای مقابله: نگین کردن سقف-پیش تنیدگی-کابل ثانویه



Dulles terminal

سقف معلق به فرم منحنی طنابی تک انحنا

دسته ی کابل های موازی با یک انحنا

اتصال صلب ستون ها به زمین با رانش کابل مقابله میکنند

مقابله با نیروی رو به بالای باد:1)وزن زیاد سقف با پوشاندن کابلها به بتن 2)پیش تنیدگی بوسیله ی کیسه های شن

پایه ها (دکل ها)وسعت نمای شیشه ای را محدود می کند

ستون ها به خاطر استفاده از اثر گشتاوری وزن مایل اجرا شده اند

دلایل منحنی شدن بدنه ی شیشه ای:1)افزودن عمق بیشتر به نما 2)از بین بردن سنگینی بصری 3)بازتابی از سایه بان بالا 4)تأکید بر ورودی و فضای بین پایه ها

Federal Reserve Bank

با هدف طرح فضای آزاد میدانگاهی

سازه ی کابلی معلق با فرم منحنی طنابی تک انحنا

دو سازه ی طنابی سهمی شکل،سازه ی اصلی ساختمان است

منحنی طنابی از صفحات فولادی و کابل ساخته شده است

تکیه گاه عموری ساختمان،دوبرج خدماتی در دو انتهای بناست

برجها فرمH شکل داشته و با زمین اتصالات صلب دارد

سازه ی برشی H شکل،پایداری جانبی بنا را تامین میکند

رانش کابل ها به وسیله ی K شکل بالای ساختمان خنثی میشود

خرپای جعبه ای

طبقات بالای منحنی طنابی با ستون و طبقات زیرین با آویز متصلند

در محل تقاطع کابل،خرپا و برج،یک تکیه گاه قوی طراحی شده

بار جانبی توسط دیافراگم طبقات به H شکل انتقال داده می شود

کف طبقات خرپایی است

Burgo paper mill

سازه ای شبیه پل معلق خود مهار کننده

استفاده از وزن زیاد سقف(بار مرده)برای مقابله با نیروی رو به بالای باد

ستون های حجیم با اتصالات صلب در پی با رانش های کابل مقابله میکند

دیوارها، مستقل از سقف و در برابر باد آسیب پذیر است

دیوارها توسط پشت بند و ستون نگه داشته می شود

امکان توسعه ی آتی وجود دارد

عوامل موفقیت بنا:1)ایده ی پل معلق 2)شکل بسیار مناسب ستونها 3)استفاده از بار مرده ی سقف برای مقابله با نیروی رو به بالای باد

۴-سقف های معلق دوار

از نوع کابل های تک انحنا می باشد
شدیدا ناپایدار است
برای پایداری این سقف باید: 1)وزن زیاد سقف 2)پیش تنیدگی

Montevideo : arena
سازه ی کابلی منحنی طنابی با یک انحنا ناپایداری شدید در برابر نیروهای رو به بالا
اجرا به روش پیش تنیدگی و سنگین سازی به منظور کاهش ارتعاشات

۵-کـــــــــــابل مضـــــــاعف

شبیه کابل با یک انحناست اما با دو ردیف کابل با انحنای معکوس هم می باشد، کابلهای تثبیت کننده برای مقابله با نیروی رو به بالای باد اضافه می شود.کابل اصلی و کابل تثبیت کننده ممکن است در یک صفحه نباشد

Denver international airport

سقف معلق از نوع کابل مضاعف

تنها پوشش سقف پارچه است نه سازه ی آن

چون کابلها آرایش متقارن دارد اتصان دکل ها به پی مفصلی است

انتخاب پوشش چادری به سبب سبکی،سرعت ساخت و زیبایی

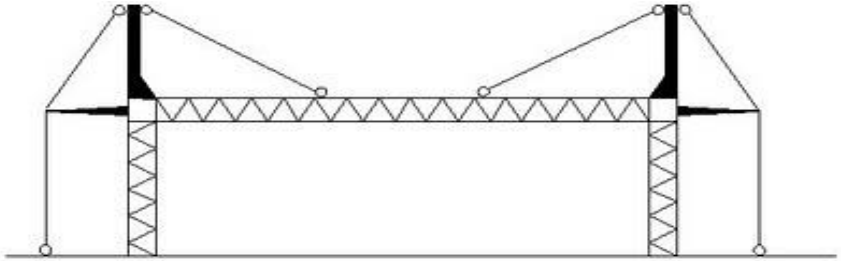
کابل های خط الرأس:تحمل وزن سقف و بار برف

کابل های خط القعر:تحمل نیروی رو به بالای باد

غشای پوششی از جنس فایبر گلاس با پوشش تفلون

تشابه طرح با قله های پوشیده از برف راکی

۶-سقف متکی بر کابل



- کابل ها وظیفه ی تحمل سقف و یا تقویت تیرهای سقف را بر عهده دارند
- کابل سازه ی اصلی نیست و تنها برای کمک به سازه استفاده میشود

Renault distribution center

سقف به صورت تیر معلق
طراحی تابع شکل سایتاست
پوشش سقف غشایی ازجنس PVC
ویژگیهای طرح: انعطاف پذیری فضا،ترکیب مدولار،قابلیت توسعه و الحاقات آتی،گویایی سازه ای و استفاده از سیستم های صنعتی در ساخت بنا

2-J.F.K.terminal(panam hanger)

استفاده از کابل به عنوان سازه ی کمکی
به وسیله ی کابل طره ها مهار شده اند
کابل ها در وسط سقف نصب گردیده اند
تا تغییر شکل به حداقل برسد
حلقه ی خارجی متحمل نیروهای فشاری
حلقه ی داخلی متحمل نیروهای کششی

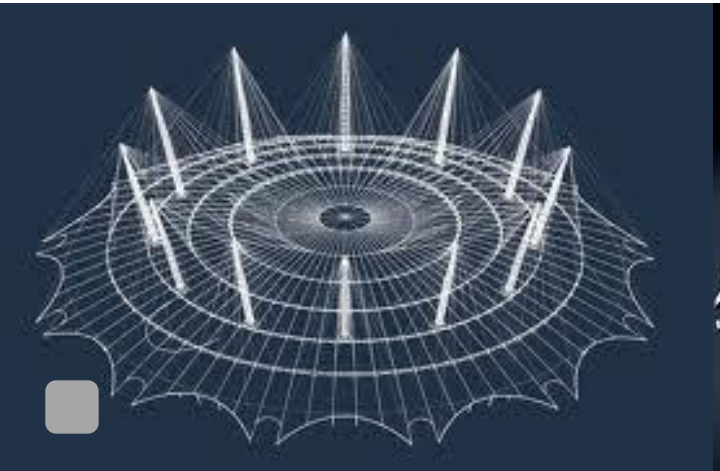
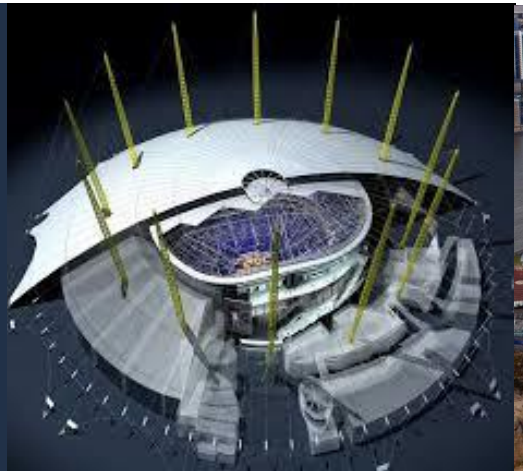
1- P.A.Technology center

ستون فقرات ساختمان سازه ی Aشکل است
حداکثر انعطاف پذیری در طرح و فضای بدون ستون
پایه ی Aشکل،تکیه گاه عمودی بناست
مستطیلی قاب
پایداری جانبی بنا با مهاربند ضربدری ئ
اتصالات صلب
اکثر قطعات ساختمان پیش ساخته است

۶-سقف متکی بر کابل:

Millennium dome

سقف چادری معلق
کابل های متصل به دکل مورب،سقف را نگه می دارند
ساختمانی نمادین،به عنوان نماد هزاره ی جدید
پوشش غشایی گنبد از جنس فایبر گلاس با پوشش تفلون،قابل شستشوبا عمر مفید حداقل 25 سال
کج شدن دکل ها به سمت بیرون برای استفاده از اثر گشتاوری وزن
اتصال دکل به پی مفصلی است
استفاده از کابل های مهاری برای مقابله با نیروی رو به بالای باد

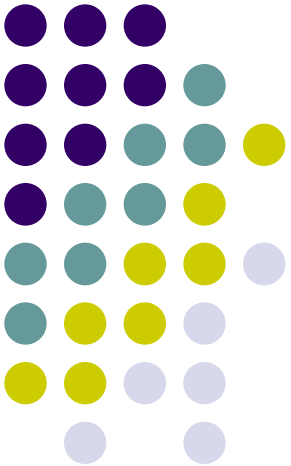
سازه های نو

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

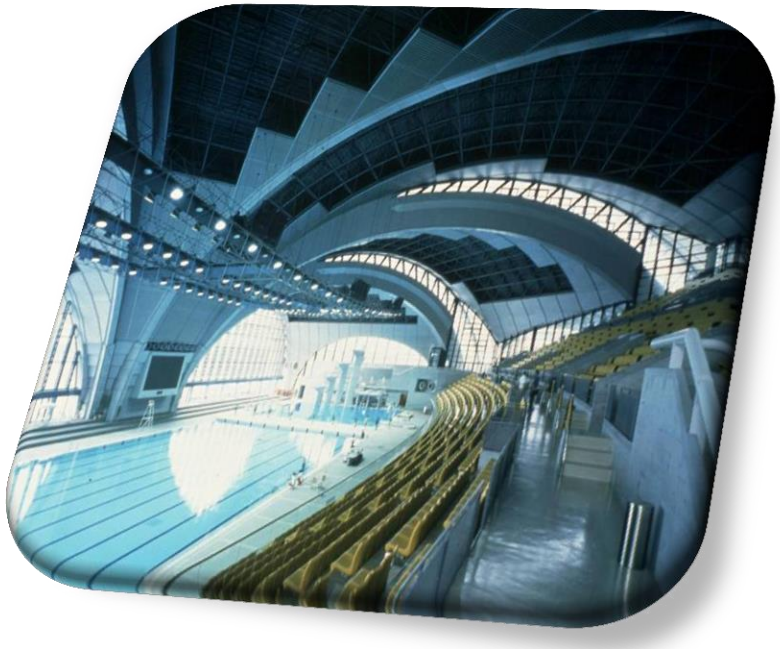
دانشگاه سوره

سازه های فضاکار

Spatial Structures



تعریف سازه فضاکار



با استناد به گزارشی که در رابطه با " وضعیت موجود سازه های فضا کار" توسط انجمن بین المللی پوسته ها و سازه های فضایی (IASS) در سال ۱۹۸۴ انتشار یافت ، می توان تعریف زیر را درباره سازه های فضایی ارائه کرد :

یک سازه فضایی را می توان بصورت یک سیستم سازه ای درنظر گرفت که از عضوهای خطی تشکیل شده است و طرز قرارگیری آنها به گونه ای است که بارها به صورت سه بعدی منتقل می شوند.

مزایای سازه فضاکار

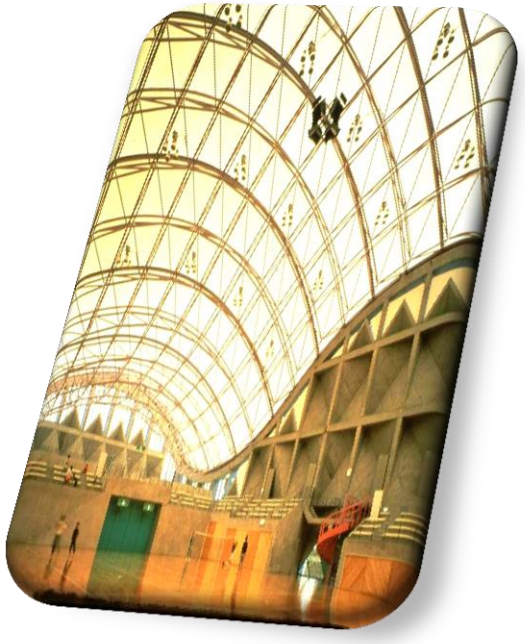
- ✓ قابلیت ساخت با دهانه بزرگ
- ✓ استفاده از قطعات از پیش ساخته شده
- ✓ صرفه جویی در زمان
- ✓ قابلیت انعطاف در شکل
- ✓ آسانی در تثبیت سقف های ناهموار ، نصب وسایل روشنایی و عبور لوله های تهویه
- ✓ مقاومت در برابر زلزله
- ✓ مقاومت در برابر زنگ خوردگی
- ✓ زیبایی و جذابیت
- ✓ تنوع در کاربرد سازه فضاکار
- ✓ امکان همزمانی اجرای سازه فضاکار با سایر عملیات های ساختمانی

مزایای سازه فضاکار

- ✓ صرفه جویی اقتصادی سازه فضاکار
- ✓ تعدد گره ها
- ✓ امکان مونتاژ و دمونتاژ سازه فضایی در هر مرحله از اجرا و پس از اجرا
- ✓ عدم انحدام ناگهانی
- ✓ سهولت در بسته بندی و بارگیری و حمل و نقل سازه فضاکار به کلیه نقاط
- ✓ امکان رنگ آمیزی دلخواه الکترو استاتیک تمامی قطعات سازه فضایی
- ✓ بهترین سازه جهت نورپردازی
- ✓ وزن کم عناصر سازه فضاکار
- ✓ ایمنی سازه
- ✓ قابلیت تقسیم بار
- ✓ سختی زیاد

مزایای سازه فضاکار

- ✓ بالا بودن درجه نامعینی سازه فضایی
- ✓ توزیع تنش در تمام جهات
- ✓ ضریب ایمنی بالای سازه فضاکار دربرابر طوفان ، زلزله و آتش سوزی
- ✓ راندمان بالای ایجاد فضا



محدودیت های سازه فضاکار

۱) هزینه :

هزینه این سازه ها گاهی می تواند در مقایسه با سیستم های سازه ای دیگر مثل قاب مسطح بیشتر باشد .

۲) هندسه منظم :

با وجود اینکه هندسه منظم شبکه های فضایی اغلب به عنوان یکی از مزایای آن ها در نظر گرفته می شود ، ولی از برخی زوایا بسیار پیچیده و در هم به نظر می رسد .

۳) زمان نصب :

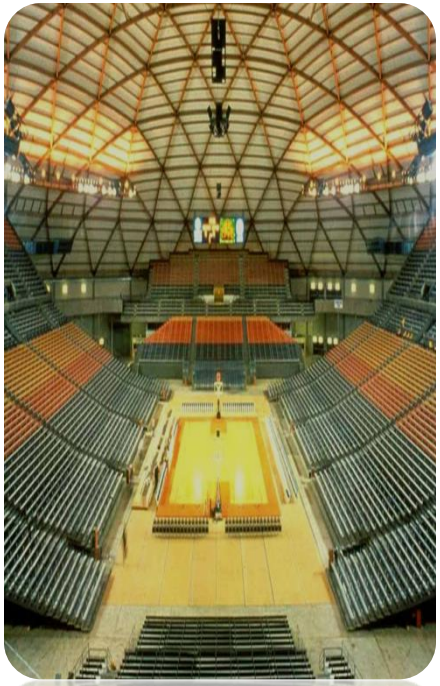
این خصوصیت نیز از مزایای شبکه های فضایی است ، اگر چه یک نگاه منتقدانه به شکل های فضایی بیان می کند که تعدد و پیچیدگی گره ها ممکن است سبب طولانی شدن زمان نصب در محل اجرا شود.

۴) مقاومت در برابر آتش سوزی :

شبکه های فضایی اغلب در ساخت بام مکان هایی که به مقاومت در برابر حریق نیا زی ندارند ، به کار می روند .

۵) ا نتخاب نادرست قطعا ت مربوطه :

انتخاب قطعات در جوشکاری مخروط ها ، انتخاب پیچ و اسلیو یک عامل تاثیر گذار است که انتخاب نادرست آن تاثیر منفی بر عملکرد سازه خواهد گذاشت.



کاربردهای سازه فضاکار

- سالن نمایشگاه: استفاده جهت سقف سالن های نمایشگاهی و سقف غرفه

- سالن کارخانجات و انبار کالا ها: استفاده جهت سقف سالن های تولیدی

- سالن ورزشی و استخر: استفاده جهت سقف سالن بدنسازی

کاربردهای سازه فضاکار

- ساختمان و سالن های پایانه ای: استفاده جهت سقف سالن فرودگاه و راه آهن

- ایستگاه های پمپ بنزین و گازوئیل

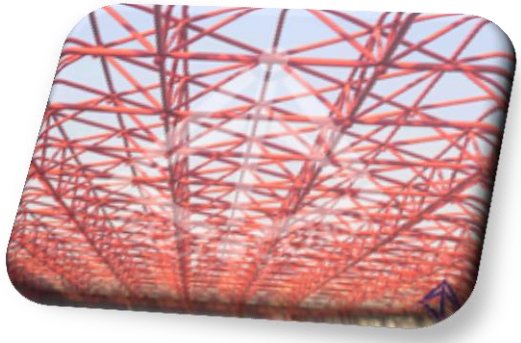
- گلخانه های صنعتی و تزئینی

معماری سازه فضاکار

- **تخت:**
  - شبکه های تخت یک لایه اي
  - شبکه های تخت دو لایه ای و چند لایه ای
  - شبکه هاي دو یا چند صفحه موازي

در این نوع معماری پس از انجام مراحل مشاوره و طراحی ، سازه فضایی بصورت تخت ، مونتاژ و در محل نصب شده و با استفاده از پایه های نصب شده بر روی سازه ، شیب بندی مورد نظر بر روی سقف ایجاد می شود.

معماری سازه فضاکار



❑ شیب دار:

در این نوع معماری سازه بصورت کاملا تخت مونتاژ شده و با تغییر ارتفاع ستون ها ، شیب لازم برای سقف ایجاد می شود.

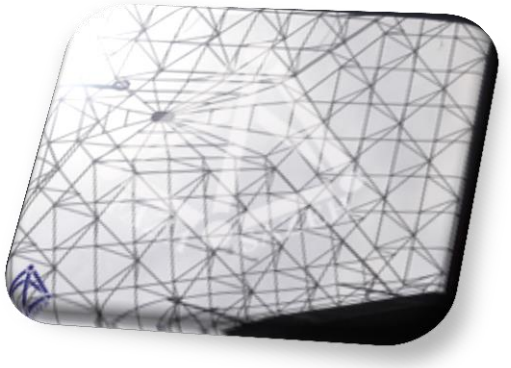
❑ قوسی:

در این نوع معماری ، سازه فضایی به گونه ای طراحی و تولید می شود که پس از اجرا ، نمای بیرونی و داخلی سازه بصورت کمانی از دایره می باشد.

معماری سازه فضاکار

❑ گنبدی:

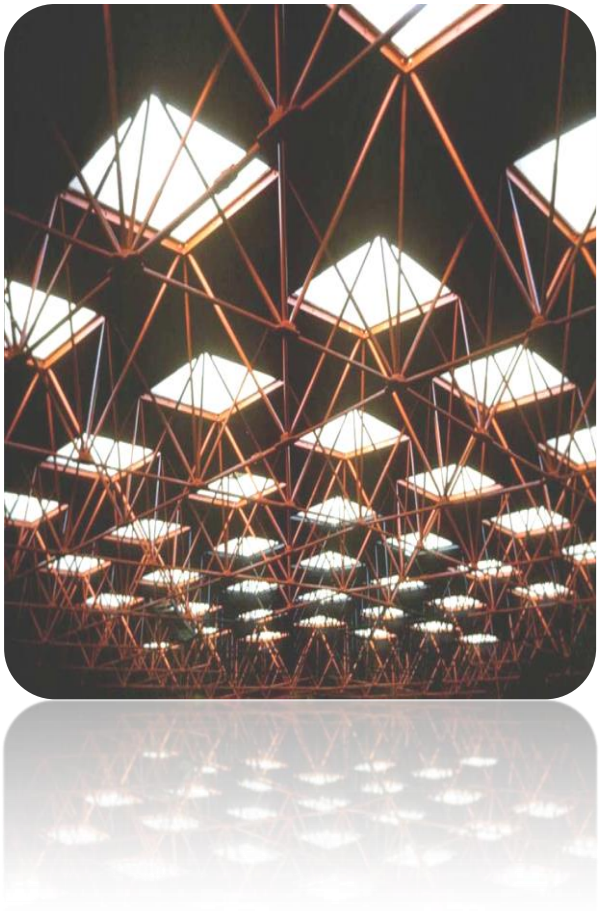
در این نوع معماری سازه فضایی برای مسقف نمودن فضاهای وسیع و بدون استفاده از ستون در میانه ها مورد استفاده قرار می گیرد.



❑ هرمی:

در این نوع معماری سازه فضایی بصورت نیمه هرم اجرا می گرد.

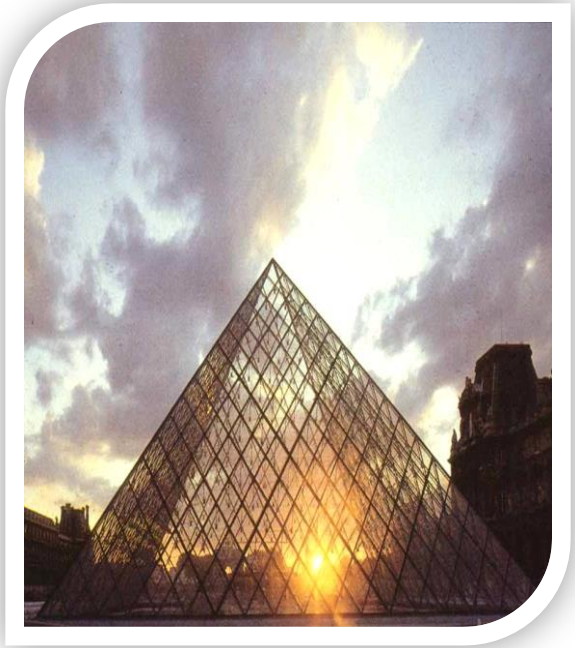
طبقه بندی بنیادی سازه فضاکار



از آغاز پیدایش سازه های فضایی اشکال بسیار گوناگونی به انواع آن افزوده شده که دارای طبقه بندی جامع زیر است :

- داربست های اسکلتی (Skeleton Frameworks)
- سیستم های پوسته تحت تنش (Stressed Skin Systems)
- سازه های معلق (Suspended Structures)
- سازه های هوای فشرده (Pneumatic Structures)

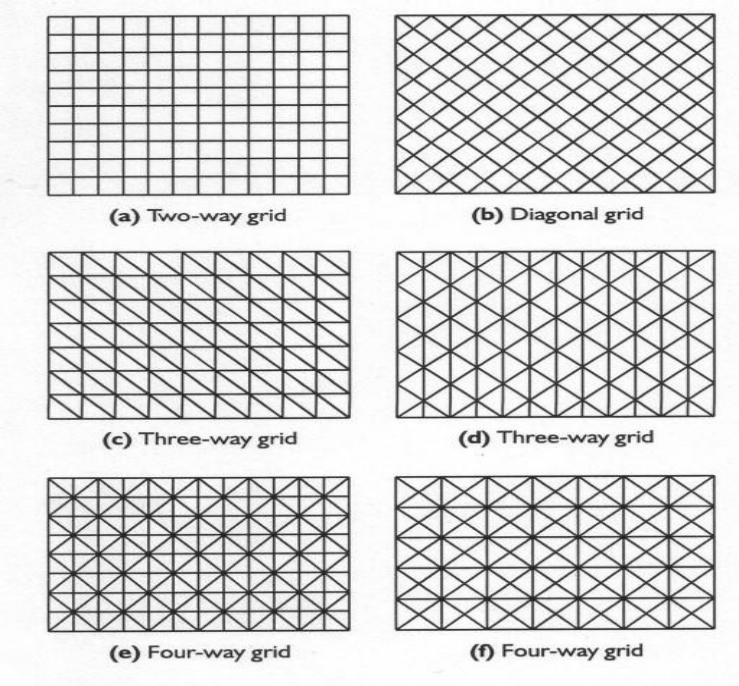
طبقه بندی اسمی سازه فضاکار



سازه هاي فضا كار از نظر اسمي به سه گروه تقسيم مي شوند:

- سازه هاي فضا كار شبكه اي (Lattice Space Structures)
- سازه هاي فضا كار پيوسته (Continuous Space Structures)
- سازه هاي فضا كار دو وجهي (Biform Space Structures)

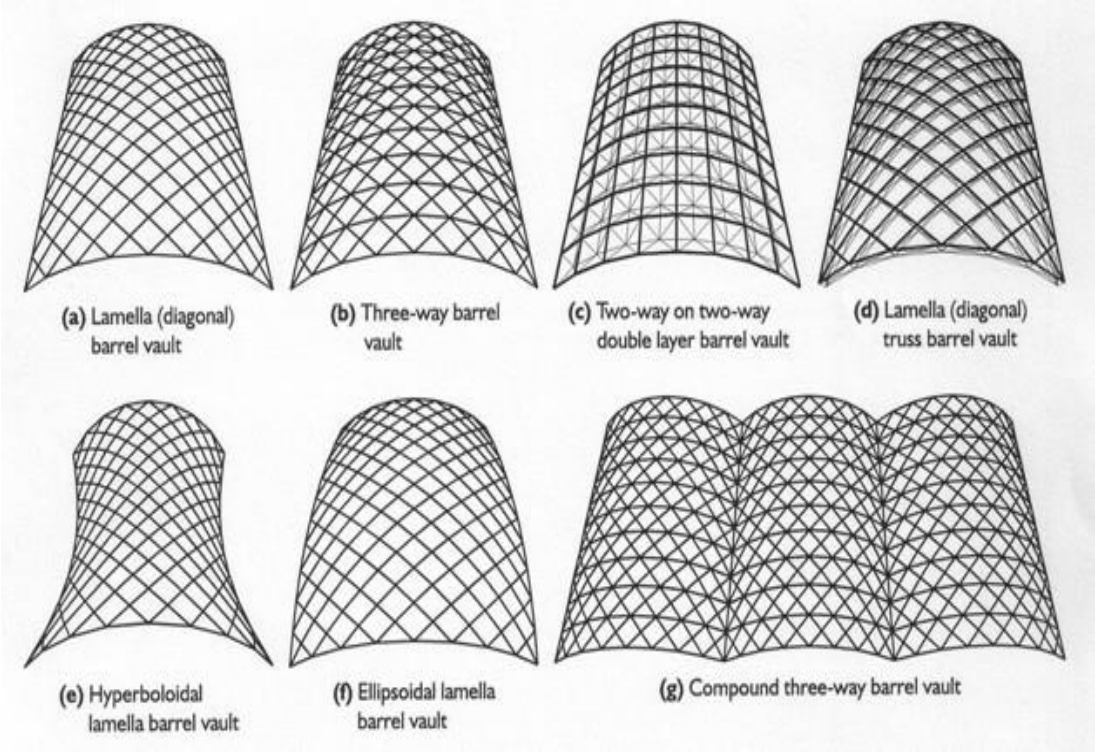
انواع مدل های هندسی سازه فضاکار



الف) شبکه های تخت یا لایه ای (Layer):

به ترکیب یک سیستم یک یا چند وجهی با لایه های واحد شبکه گفته می شود. شبکه مسطح ترکیبی از یک دو وجهی است که به تیرهای واحد متصل شده است. شبکه های تخت می توانند دارای یک ، دو یا سه و حتی چند لایه باشند. شبکه های دو لایه از دو صفحه موازی که بوسیله عناصری به هم متصل گردیده اند تشکیل می شوند. زمانی که اعضا در شبکه دو لایه طویل شوند از شبکه های سه لایه استفاده می شود.

انواع مدل های هندسی سازه فضاکار



ب) شبکه های چلیک (Barrel) :

به شبکه ای که در یک جهت دارای انحنا باشد ، چلیک می گویند. این سازه بیشتر برای پوشش سطوح مستطیلی دالان مانند استفاده می شود. اگر چلیک یک لایه باشد اتصالات به شکل صلب است. چلیک ها اغلب به شکل ترکیبی استفاده می شوند. انواع چلیک ها عبارتند از : چلیک اریبی ، چلیک لملا با مقاطع بیضی گون ، سهمی گون ، هذلولی گون و... .

انواع مدل های هندسی سازه فضاکار

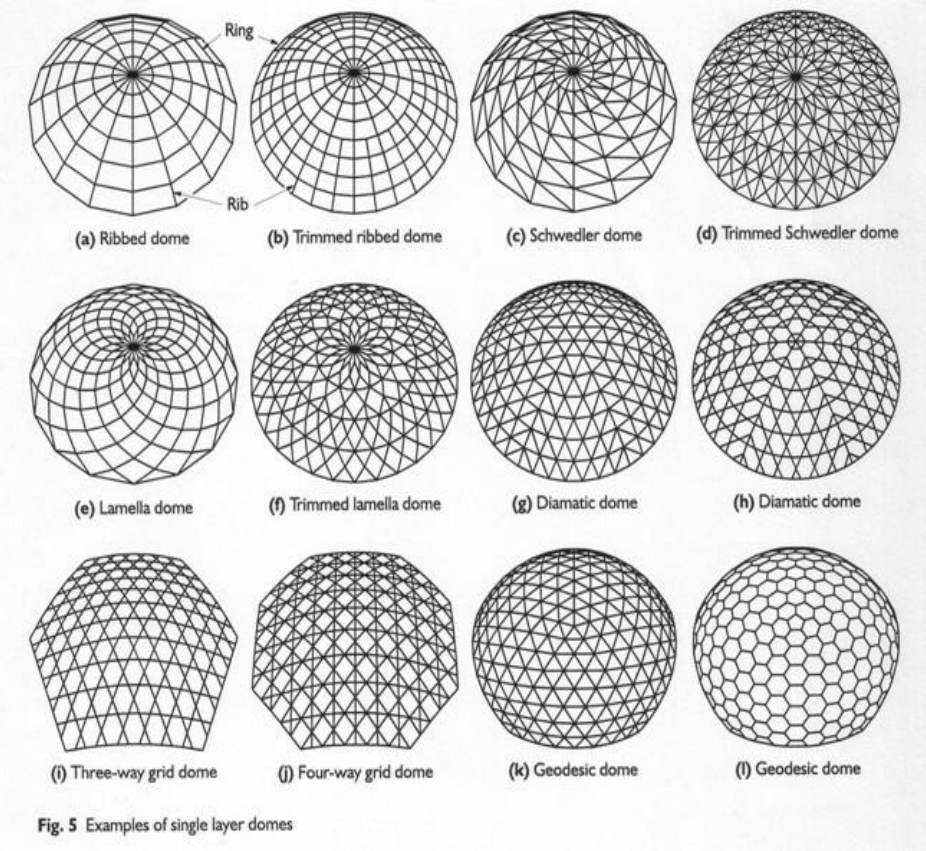


Fig. 5 Examples of single layer domes

ج) گنبدها (Dome) :

اگر شبکه ای در دو جهت دارای انحنا باشد ، گنبد نامیده می شود. شاید رویه یک گنبد ، بخشی از یک کره یا یک مخروط با اتصال چندین رویه باشد. گنبدها سازه هایی با صلبیت بالا می باشند. از انواع گنبدها می توان به گنبد از نوع دنده ای ، گنبد اشفدلر و گنبد لملا اشاره کرد. گنبد لملا را می توان به نوعی ترکیبی از یک یا چند حلقه که با یکدیگر متقاطع هستند ، دانست. از نمونه دیگر گنبدها می توان به گنبدهای دیامتیک و ژیودزیک اشاره کرد.

اتصالات در سازه فضاکار

تا کنون انواع متنوعی از اتصالات در سازه های فضاکار معرفی گردیده اند که عبارتند از:

- ✓ سیستم اتصال گوی سان
- ✓ سیستم سوکتی
- ✓ سیستم صفحه ای

معمول ترین اتصالی که در اکثر سازه های فضاکار مورد استفاده قرار می گیرد نوعی از اتصال گوی سان می باشد.

انواع سیستم های اتصال سازه فضاکار

- **سیستم های واحدی:**

در سیستمهای واحدی ، واحدهای تکرار شونده که شبکه را تشکیل می دهند جداگانه در کارخانه تولید می شود.

- **سیستم های پیونده ای:**

در سیستم های پیونده ای اعضا و پیوندها بطور مجزا در کارخانه تولید شده و سپس در محل کارگاه با اتصال اعضا به پیونده ها شبکه سازه فضایی بر پا می شود.

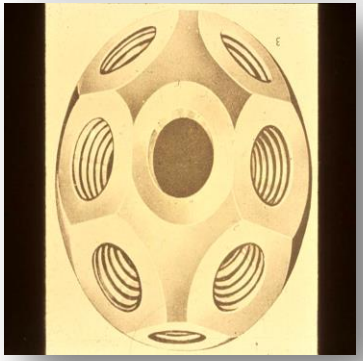
- **سیستم های ترکیبی:**

سیستم هایی هستند که جزء سیستم های واحدی نباشند یا از ترکیب چند نوع سیستم اتصال بوجود آمده باشند.

اجزای سازه فضاکار

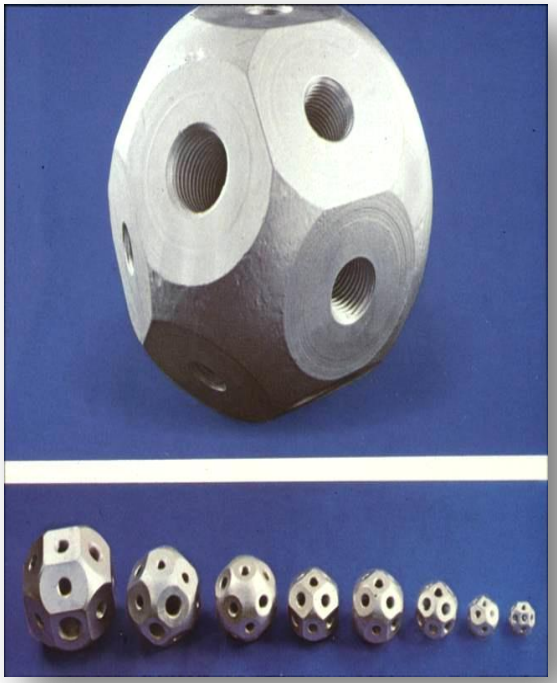
در سازه های فضاکار نزدیک به ۵۰٪ درصد از کل هزینه ها صرف هزینه اتصالات می گردد. از این رو مهمترین اجزای سازه فضاکار اتصالات آنها می باشد.

انواع اجزای سازه فضاکار عبارتست از :



- **گوی** : یک کره فولادی تو پر می باشد که چند وجهی بوده و جهت ارتباط بین اعضای سه بعدی استفاده می شود. در سازه فضایی ، گوی ها باعث می شوند که خود و اعضا مربوط به آنها در یک موقعیت ثابت قرار بگیرند و باعث ایجاد تعادل بین نیروهای اعضا سازه شوند.

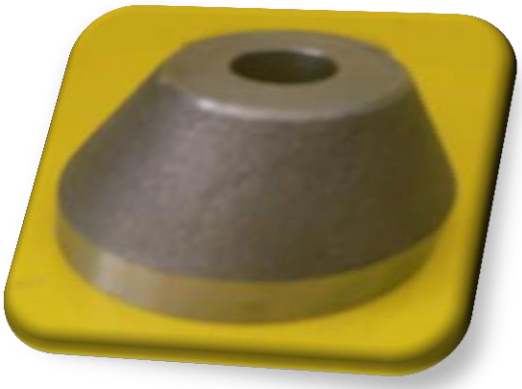
اجزای سازه فضاکار



گوی می تواند از جنس آلومینیوم یا فولاد باشد. اما اگر فولادی باشد باید برای تغییر شکل های موجود کنترل گردد که در این صورت اتصالات بزرگتری خواهیم داشت.

گوی متداول در کشور ما از جنس آلیاژ فولادی سیکا ۴۵ با مقاومت Fy , Fu کمی بیش از St52 می باشد. گوی استاندارد برای اتصال المان هایی با زوایای ۴۵ درجه بکار برده می شود. ضخامت معمول خارجی گوی ها به طور استاندارد در اندازه های ۶۰-۹۰-۱۱۰-۱۳۰-۱۵۰ سانتی متری می باشد .

اجزای سازه فضاکار



- **بشقابک** : در محل اتصال المان به گوی از قطعه مخروطی شکل فولادی استفاده می گردد. مخروطی به لوله جوش داده می شود.

- **اسلیو** : مهره ای است که جهت محکم نمودن پیچ ها در داخل گوی استفاده می شود. اسلیوها توسط پین به پیچ متصل می گردند.

اجزای سازه فضاکار

- **لوله:** لوله ها جهت تحمل نیروهای محوری (کششی و فشاری) بکار می روند. دو انتهای لوله بریده شده است و سر آن بوسیله قطعه مخروطی که اتصال آن را با سایر قطعات امکان پذیر می سازد ، جوش می شود.

- **پیچ** : پیچ ها در سایزهای متفاوتی هستند و یک اتصال جدا شدنی بوده که جهت انتقال نیرو از آن کمک گرفته می شود .پیچ ها در حالت کششی عمل می کنند و نیروی کششی از گل پیچ به نشیمنگاه مخروطی انتقال پیدا می کند.

اجزای سازه فضاکار

انواع پوشش های سازه فضاکار:

انواع پوشش های سازه فضاکار عبارتند از:

- ✓ ساندویچ پانل
- ✓ ورق های ذوزنقه
- ✓ ورق های سینوسی
- ✓ ورق های شادولان
- ✓ ورق های پلی کربنات
- ✓ ورق گالوانیزه
- ✓ ورق upvc
- ✓ پوشاننده پاشامی

پوشاننده های پاشامی (membrane) :

این نوع پوشاننده ها معمولا از جنس تفلون ،پلی اتیلن ، PVC و فایبرگلاس با الیاف شیشه می باشد. اما جنس معمول این نوع سازه های پارچه ای از نوع پلی اتیلن می باشد.

مصالح سازه فضاکار

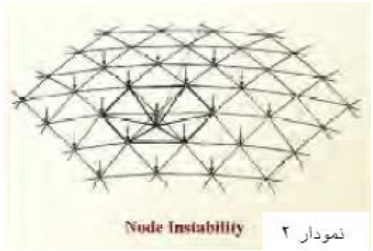
برای سازه فضاکار اغلب از مصالح فولادی با مقاطع لوله به عنوان اعضای افقی ، مایل و عمودی استفاده می کنند.

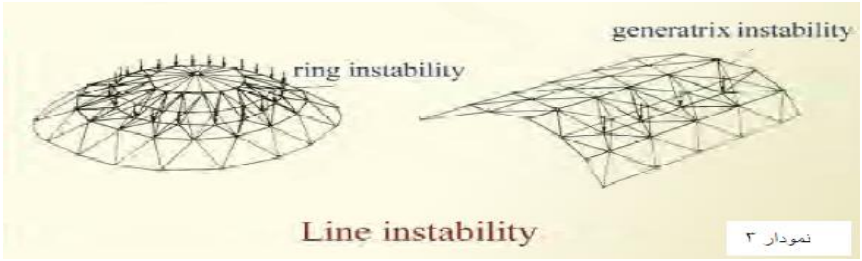
در این میان مصالحی چون پوسته ،آلومینیوم ،چوب و مخلوط آن ها و حتی بتن هم در بعضی موارد استفاده شده است. اما نوع متداول مصالح سازه فضا کار در کشور ما فولادی می باشد

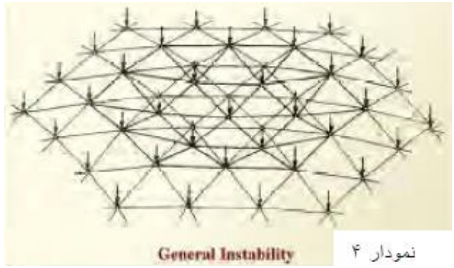
مود های ناپایداری در سازه فضاکار

مود های ناپایداری در سازه فضاکار به صورت زیر می باشد:

- ناپایداری عضوی (Member Instability):
- ناپایداری گرهی (Node Instability):
- ناپایداری در امتداد محور (Line Instability):
- ناپایداری عمومی (General Instability):







نکات اجرایی سازه فضاکار

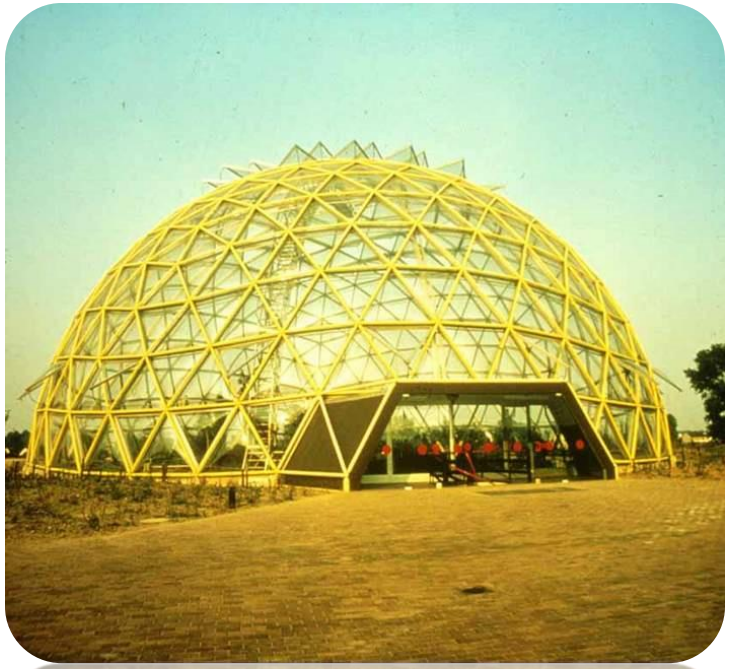
تکیه گاه ها در سازه فضاکار:

در سازه فضاکار ستون های مورب به عنوان مهاربند هایی در برابر بار جانبی زلزله شناخته می شود.

محل قرار گیری تکیه گاه ها:

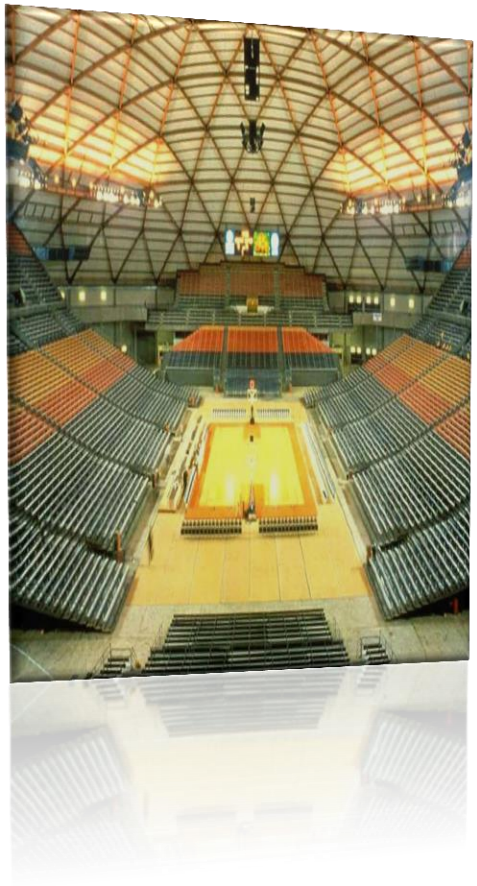
- سعی شود تکیه های شبکه دو لایه در چهار گوشه نباشد.
- بهتر است مقاطع اعضای شبکه پایین ، کوچکتر از مقاطع بالا در نظر گرفته شود ، جز در حالتی که ستون در فاصله از لبه باشد.
- در شبکه های سه لایه لایه میانی ارزش چندانی ندارد.
- سازه فضاکار می بایست برای درجه حرارت معمول ۳۰ درجه به منظور جلوگیری از قرارگیری درز انبساط حرارتی طراحی شود.
- حتما بایستی اتصالات اعضای مورب به اعضای افقی جوش بخورد.

بارهای وارده بر سازه فضاکار



- بارهای ثقلی:
  - بارهای مرده:
  - بارهای زنده:
  - بار برف:
- بارهای ناشی از ضربه و بارهای ناشی از ماشین آلات دوار:
- آثار ناشی از ارتعاش:
- بارهای اجرایی:
- بار باد:
- آثار ناشی از تغییرات دما:
- بارهای ناشی از کنش های مرتبط با شرایط جوی:

نیروهای دینامیکی در طراحی سازه فضاکار



در آیینامه سازه فضاکار ، ملزومات و شیوه های محاسبه بارهای ناشی از باد و زلزله بر انواع سازه های فضاکار ارایه گردیده است. این ملزومات عمدتاً در مورد سازه های فضاکار دارای انتظام هندسی و تقارن در توزیع سختی و جرم صادق بوده و با انحراف از این ویژگی ها ، میزان دقت در کاربرد این ملزومات نیز کاهش می یابد .در مورد سازه های نامنظم یا مواردی که نوع و رفتار پوشانه ها به گونه ای است که تخمین پاسخ دینامیکی سیستم به آثار ناشی از باد مستلزم بررسی های ویژه است ، باید از مطالعات عددی و آزمایشگاهی متناسب با نوع و میزان اهمیت پروژه بهره گیری شود.

سازه های نو

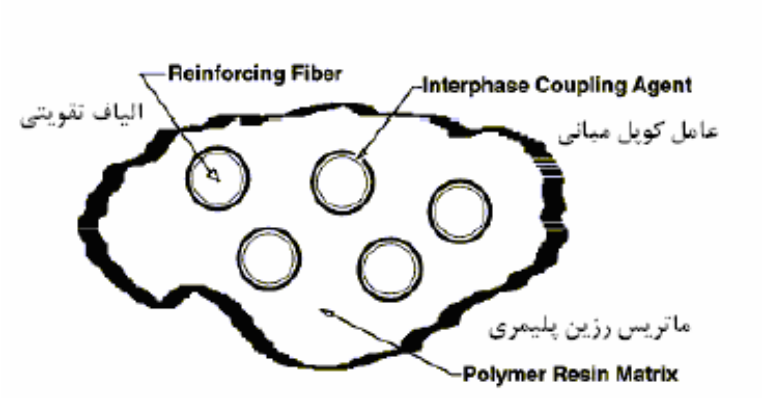
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه سوره

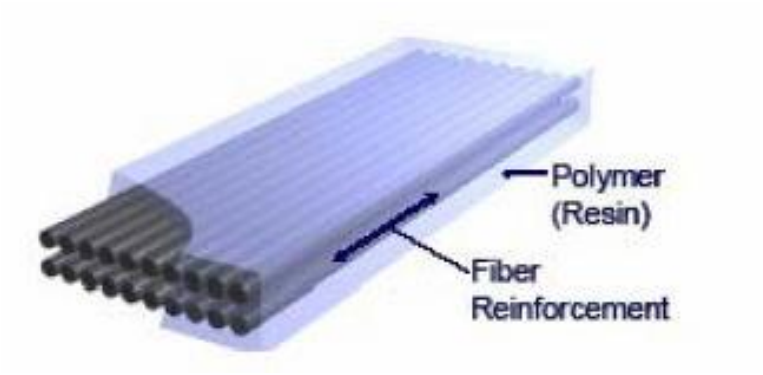
نقش کامپوزیت های FRP در مقاوم سازی ساختمان ها

تهیه کنندگان: هیلا فتحی / سپیده جمشیدی / بهناز نخعی

کامپوزیت واجزای تشکیل دهنده آن



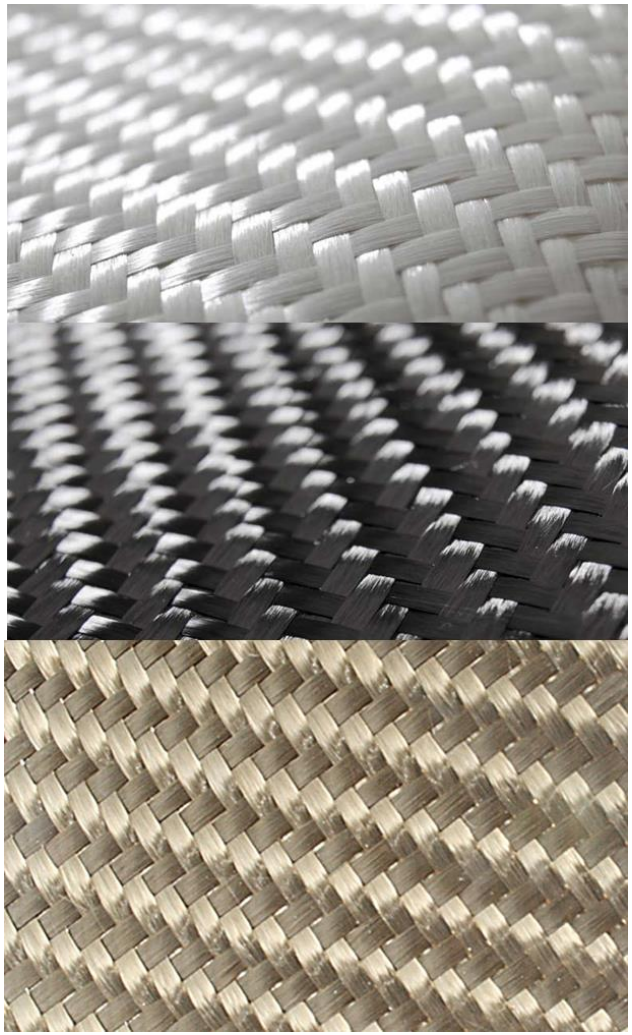
تعریف انجمن متالورژی آمریکا: به ترکیب ماکروسکوپی دو یا چند ماده ی مجزا که سطح مشترک مشخصی بین آنها وجود داشته باشد.



مواد FRP از دو جزء اساسی تشکیل می شوند:

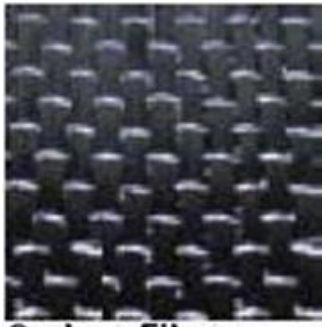
- **فیبر (الیاف)**
- **ماتریس رزین (مادهٔ چسباننده).**

۱-الیاف



- از موادی کاملا الاستیک
- ترد و بسیار مقاوم
- جزء اصلی باربر در مادهٔ FRP
- قطر این الیاف بسته به جنس بین ۵ تا ۲۵ میکرون
- امروزه در شکل ها ،اندازه ها و جنس های گوناگون
- جنس الیاف از شیشه،کربن ، آرامید،بازالت و...

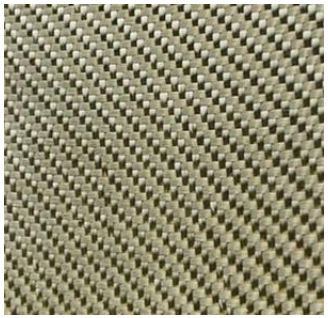
۱-الیاف


Carbon Fiber

E-Glass Fiber

به طور کلی FRPها بر اساس فیبر تشکیل دهنده آنها به چند دسته تقسیم می شوند.
نام کامپوزیت ساخته شده با هر یک از این مواد با حرف اول نام ماده تشکیل دهنده الیاف شروع می شود:

Aramid Fiber


Basalt Fiber

C FRP (Carbon) با الیافی از جنس کربن

G FRP (Glass) با الیافی از جنس شیشه

A FRP (Aramid) با الیافی از جنس آرامید

B FRP (Basalt) با الیافی از جنس بازالت

V FRP (Vinol) با الیافی از جنس وینول

خواص فیزیکی کامپوزیتها در مقایسه با مواد متداول دیگر

نوع ماده	جرم حجمی (kg/m^3)	مقاومت کششی (kg/c^2)	مدول الاستیسیته $*10^3(kg/cm^2)$	کرنش شکست (%)	ضریب پواسون	ضریب انبساط حرارتی $*10^{-6}(1/^\circ_C)$
فولاد معمولی	۷۸۳۰	۴۵۰۰	۲۰۵۰	۰,۱۶	۰,۲۵	۱۱,۷
بتن معمولی	۲۴۱۰	۵۰	۲۰۰	۰,۰۰۳۵	۰,۱۸	۱۰,۸
آلومینیوم	۲۷۶۰	۲۶۲۰	۷۰۳	۰,۲	--	۲۳,۲
چدن	۷۶۴۰	۲۹۰۰	۹۰۰	--	--	۱۰,۴
S-GFRP	۱۹۹۰	۴۳۹۴۰	۸۸۵	۵	۰,۲۷	۷,۵
E-GFRP	۱۹۹۰	۳۵۱۵۳	۷۳۸	۴,۸	۰,۲۸	۱۰
CFRP	۱۵۹۰	۳۷۲۶۰	۲۳۵۵	۱,۴	۰,۲۷	۱,۵
ARAMID	۱۳۸۰	۳۶۹۱۱	۱۳۳۵	۲,۸	۰,۳۴	۰,۵

۲-رزین

- **یک محیط چسباننده برای نگهداری الیاف**
- **مقاومت پایین**

نقش چندان مهمی در خواص مکانیکی کامپوزیت ⟸ **ندارد.**

متداولترین رزین ها:

- پلی استرها : ضعیف در برابر **خوردگی**
- ونیل استرها : مقاومت خوب در برابر **خوردگی**
- اپوکسی ها : مقاوم در برابر **خوردگی و دما**

عملکرد کامپوزیت

عملکرد یک کامپوزیت بستگی به عوامل زیر دارد:

- **مواد سازنده**
- **نسبت این مواد**
- **ظرفیت باربری فیبر یا الیاف تقویتی و نحوه قرارگیری آنها**
- **رفتار توام مواد سازنده با یکدیگر**

جنس الیاف
جهت قرار گیری الیاف
طول فیبر
شکل الیاف
ترکیب آن با ماتریس و رزین چسبندگی بین آنها

مزایای استفاده از FRP

۱) **وزن کم** (چگالی آن در حدود ۲۰٪ فولاد است)

۲) **مقاومت کششی** زیادو**مقاومت خستگی** در خور توجه

۳) **مقاومت در برابر خوردگی** و مقاومت بسیار زیاد در **محیط های قلیایی**

۴) نفوذناپذیری **مغناطیسی**

۵) امکان تقویت به صورت **خارجی**

۶) حمل و نقل آسان **وسرعت اجرای** بالابه دلیل وزن کم وسطح اجراشده تمیز

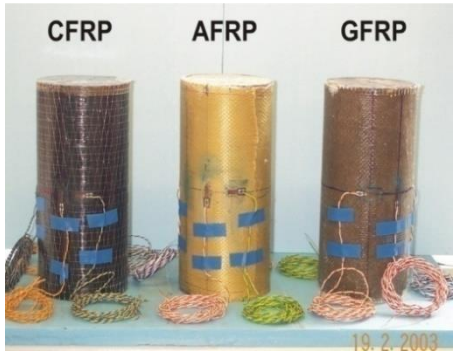
۷) روشهای تولید **حجیم و وسیع**

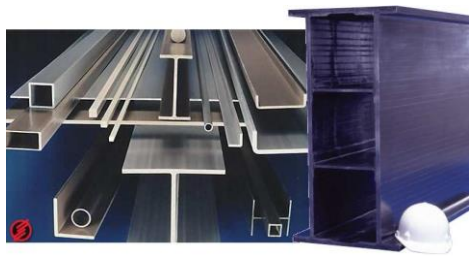
معایب FRP

- **خم شدن دشوار تر** در آرماتور بندی
- **تاثیر پیر شدگی** بر ماتریس پلیمری
- **ضعف GFRP** در محیط قلیایی
- **جدا شدن کامپوزیت** از بستر بتنی خود
- **ترد شدن ناگهانی** گسیختگی تیر
- **کاهش مقاومت AFRP** در برابر UV

شکل های مختلف کامپوزیت FRP

- میلگردهای FRP
- شبکه های کامپوزیتی
- کابل، طناب و تاندن های پیش تنیدگی
- ورقه های کامپوزیتی
- پروفیل های ساختمانی





کاربرد های میلگردهای FRP

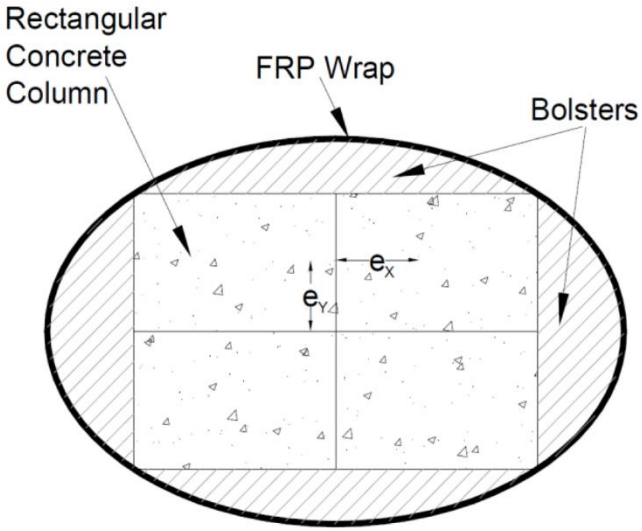
- ساختمانهای پیش ساخته بتنی برای استفاده موقت
- پانل های پیش ساخته نما (GRC)
- دیوارهای پیش ساخته، ستونها و فونداسیون پیش ساخته
- اتاقک پست برق پیش ساخته بتنی
- آرماتوربندی کف پارکینگ ها و سالن های صنعتی
- کف کاذب و سقف کاذب بتنی

کاربرد FRPدر تقویت ستون ها

تقویت خمشی ستون ها، افزایش مقاومت مشخصه بتن و افزایش شکل پذیری

ضخامت کم ورق های **FRP** ← راه های مناسب ← درمعماری ساختمان خللی ایجاد نمی نماید.

تاثیر عمده تقویت در ستون های دایره شکل (در ستون های مربع یا مستطیل با گردکردن گوشه ها)



تقویت ستون توسط FRP Wrapping

کاربرد FRP در تقویت دیوارهای برشی

تقویت برشی و خمشی

افزایش شکل پذیری دیوارهای برشی

تقویت دیوار برشی توسط لمینیت های FRP

کاربرد FRP درتقویت برشی و خمشی تیر ها

بهترین شیوه تقویت برشی تیرها wrapping

افزایش سختی تیرهای بعد از ترک خوردگی و مقاومت خمشی

تقویت برشی تیر ها توسط ورق های FRPدوطرفه

تقویت خمشی تیر ها توسط ورق FRP

کاربرد FRP در تقویت اتصالات

اتصالات آسیب پذیر ترین و سخت ترین قسمت سازه بوده
موثر ترین و ساده ترین روش
افزایش شکل پذیری اتصالات (۸۰٪) ⟸ **افزایش مقاومت خمشی**

تقویت اتصالات توسط FRP

کاربرد FRP در تقویت دال ها

افزایش **ظرفیت** **خمشی مثبت و منفی** **در دال ها** و کنترل ترک ها و حتی تغییرشکل **دال ها.**

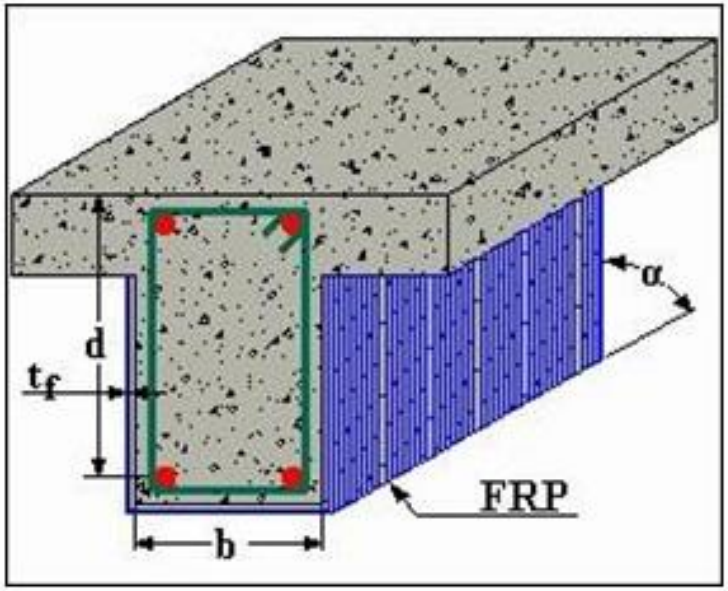
تقویت دال توسط ورق های FRP

کاربرد FRP در تقویت تیرها و دال ها

تقویت تیرها و کنترل خیز تیرها ⟸ استفاده از پیش تنیدگی در FRP

دورپیچ کردن دور مقطع با الیاف و نوارهای FRP

تقویت خمشی تیرها توسط FRP laminate پیش تنیده



چسباندن به سطوح جانبی تیر،شکل برای سطوح جانبیu

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه سوره

سازه های نو

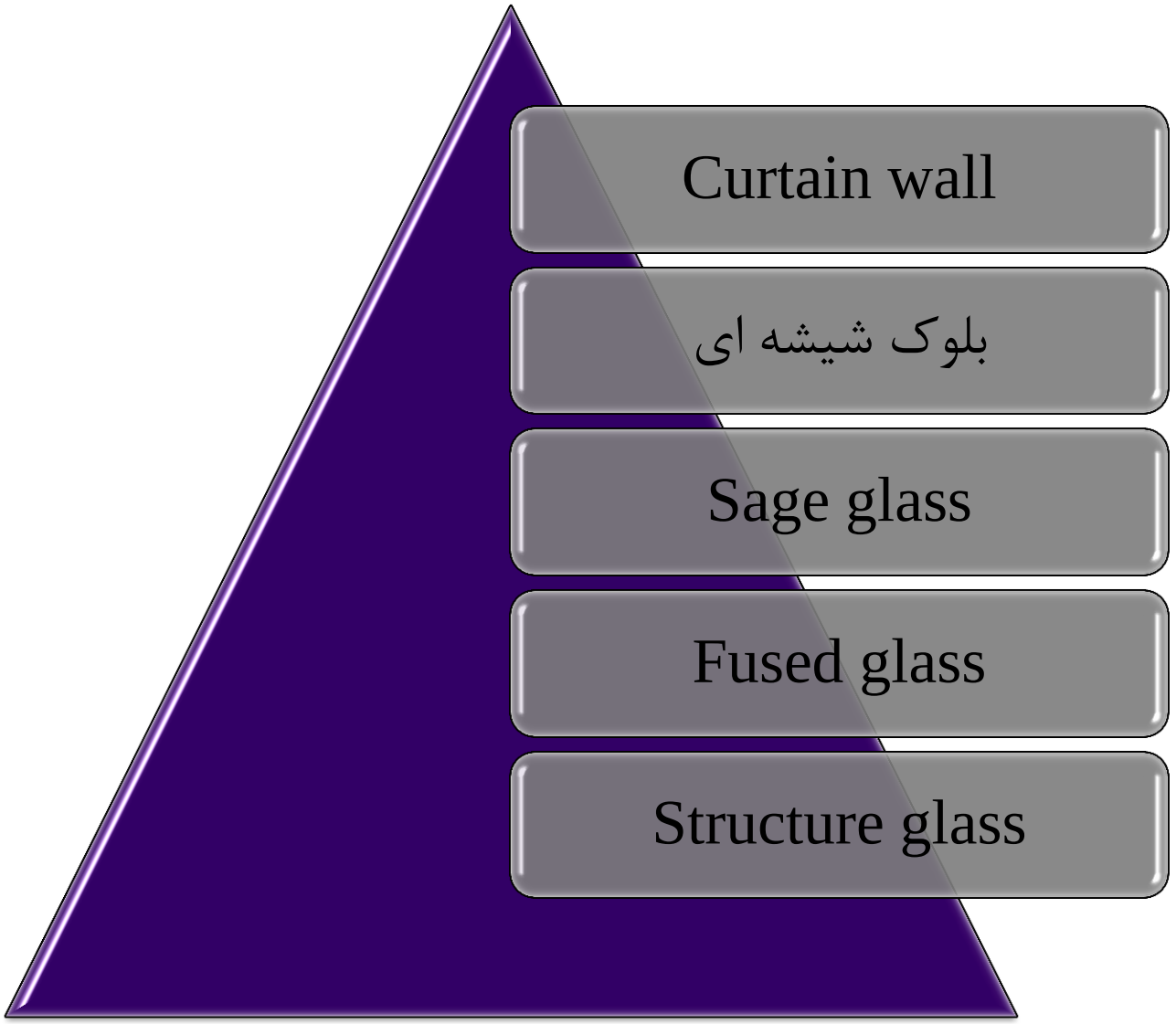
کاربرد شیشه در ساختمان
(دکوراتیو و سازه ای)

تهیه کنندگان: درسیم ضرغام افشار / مریم شیری / سارا پرهون

شیشه

- متریال جامد غیر متبلور
- اغلب شفاف
- از جنس سیلیکا
- متریال اولیه ترکیب شن، خاک و استخوان
- پنجره
- وسایل الکتریکی
- ساخت شیشه روی قلع

موارد استفاده از شیشه



انواع شیشه

- Laminated glass
- Toughened glass
- Etched glass
- Float glass
- Stained glass
- Beveled glass
- figured glass
- Cast glass
- Tinted glass

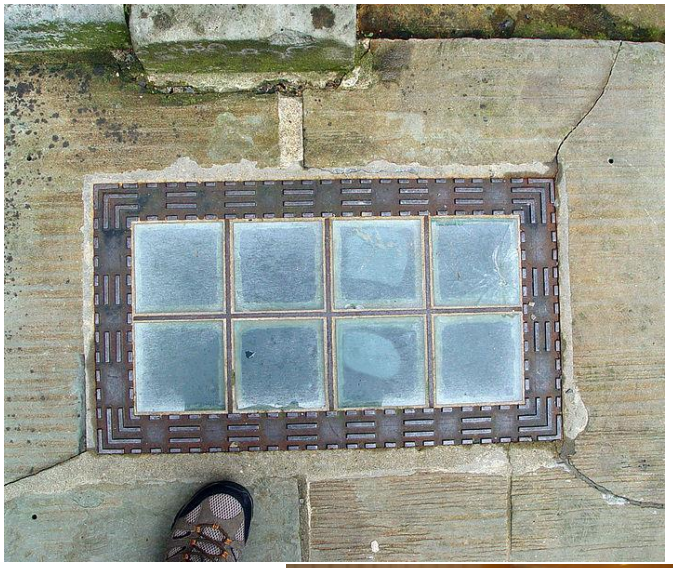
Curtain wall

- پوشش بیرونی
- دیوار بدون سازه
- اولین آن با قاب استیل
- نور طبیعی
- قاب آلومینیومی
- نوسان ناشی از باد

16 Cook Street, Liverpool, England, 1866

Glass curtain wall of the Bauhaus Dessau, 1926

بلوک شیشه ای



- اوایل ۱۹۰۰
- نور طبیعی
- دید بصری مناسب

موارد استفاده:

- ❖ کف
- ❖ دیوار

ابعاد بلوک شیشه ای:

۱۹*۱۹ قطر ۸ سانتی متر

۲۴*۲۴

۳۰*۳۰

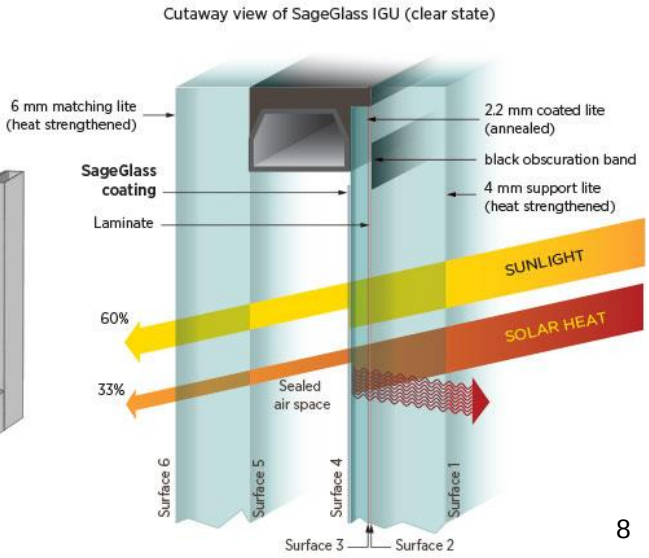
انواع بلوک شیشه ای:

- بلوک شیشه ای مات
- بلوک شیشه ای طرح دار
- بلوک شیشه ای شفاف
- بلوک شیشه ای رنگی
- بلوک شیشه ای توپر
- بلوک شیشه ای ضد آتش
- بلوک شیشه ای ضد گلوله

Sage glass

- پوشش الکترونیکی کنترل نور خورشید
- نمونه پیشرفته به جای پرده، دیوار و پنجره
- ابعاد پنل1524 x 3048 mm

SageGlass IGU shown in a frame



Sage glass

مزایای استفاده:

- کنترل نور
- مدیریت بهینه انرژی
- کاهش استفاده از وسایل خنک کننده
- کاهش هزینه های سالانه
- ٪۳۵-٪۳۰ هزینه سرمایش
- ٪۴۵-٪۴۰ هزینه دستگاه

Fused glass

- هم جوشی
- برش شیشه جام و جوش آن در کوره

کشورهای صاحب این تکنیک:

- آمریکا
- کانادا
- ایتالیا
- اسپانیا
- یونان
- ترکیه و چین (به تازگی)

کاربرد های Fused glass

- کاشی های شیشه ای
- نقوش برجسته شیشه ای
- روشنایی
- شیشه های درب و پنجره های ورودی و داخلی

شیشه های سازه ای

در عین مقاومت دارای شفافیت

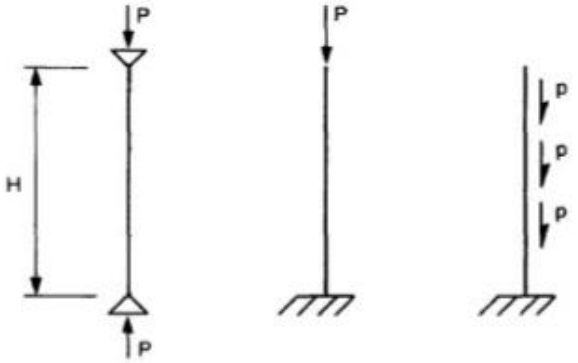
از طریق بازپخت،گرم و سرد کردن ناگهانی

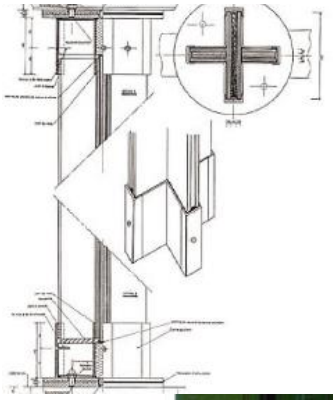
چندلایه و مسلح کردن

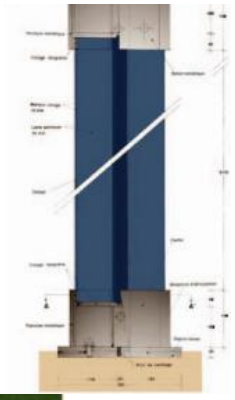
تبدیل به دیوارهای باربر

ستون های شیشه ای

مقطع مربع ، مستطیل و دایره و صلیبی







تیرهای شیشه ای

یک تیر با دهانه ۴ متر و
ارتفاع ۶۰ سانتی متر
از سه لایه شیشه گرمادیده
باری معادل ۵ تن

اتصال تیروستون به
وسیله اتصال کام و
زبانه

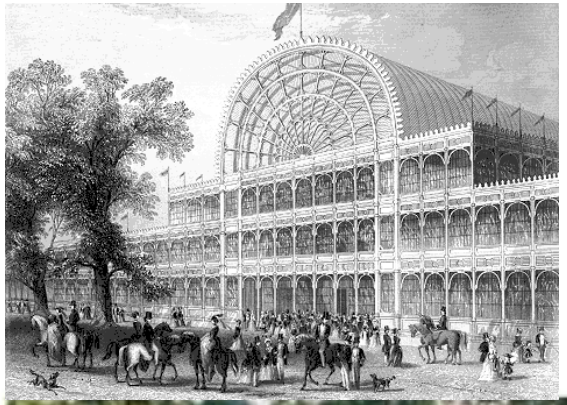
پله های شیشه ای

از شیشه های مورق یا ابدیده
دارای یک لایه میانی اکریلیک
مرطوب و احتمال سرخوردگی
اتصال کف پله و پاخیز به کمک سیلیکون های سازه ای

گنبدهای شیشه ای

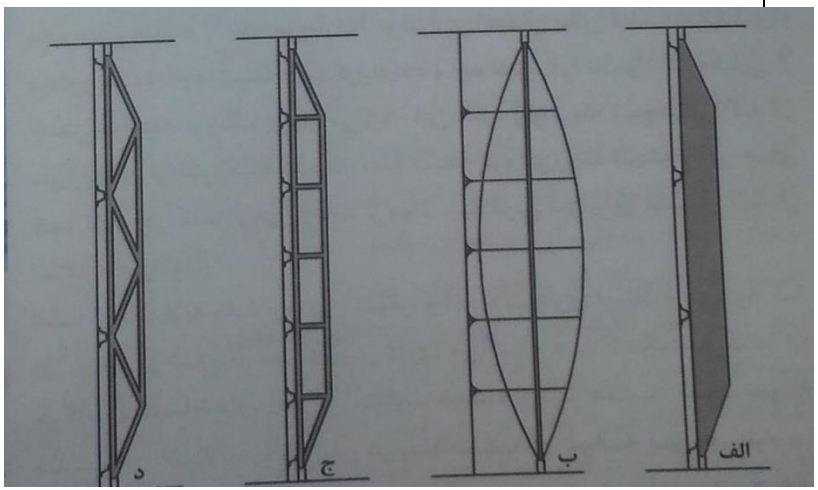
ترکیب سازه شیشه ای و فلزی

اولین بار در قرن نوزدهم در قصر کریستال لندن

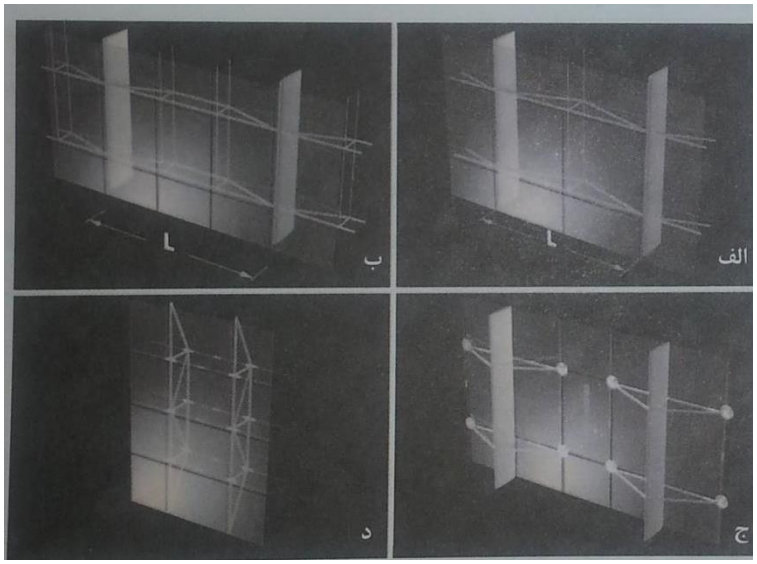


انواع ساختارهای تکیه گاهی سطوح شیشه ای

الف) تیرک عمودی با مقطع غیرمنشوری
ب) کابل کمانی با عناصرفشاری افقی
ج) خرپای ویرندیل
د) خرپای مشبک



سیستم های خرپایی (خرپاهای بادبند)
فرم های متداول ساختارهای خرپایی مهاری
الف)خرپای افقی
ب)خرپا برای دهانه های بزرگتر
ج)تکیه گاه طره ای
د)خرپای عمودی



سیستم های تکیه گاهی مبتنی بر مقاطع لوله ای

انواع مقاطع لوله ای

-وادارهای عمودی از لوله فولادی در نقش تکیه گاه

-اعضای خرپای سقف با مقاطع متنوع

-خرپا در نقش وادار عمودی یا شیب دار

-لوله های خمیده در نقش بازوهای تکیه گاهی مجزا

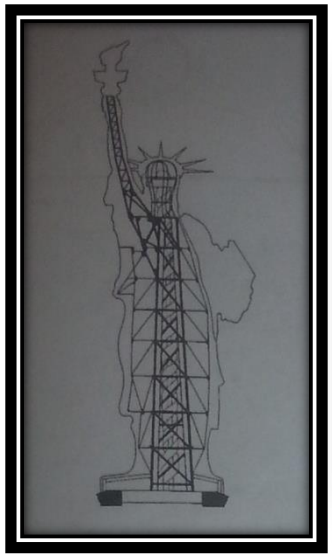
-خرپای منحنی با شیشه های پخ دار

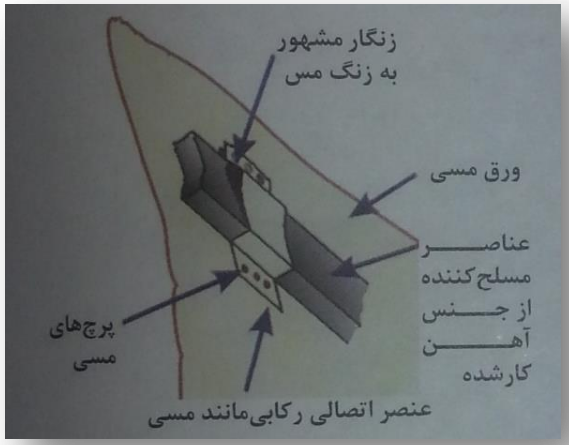
-خرپای مشبک لوله ای با اتصال مستقیم شیشه به گره های خرپا

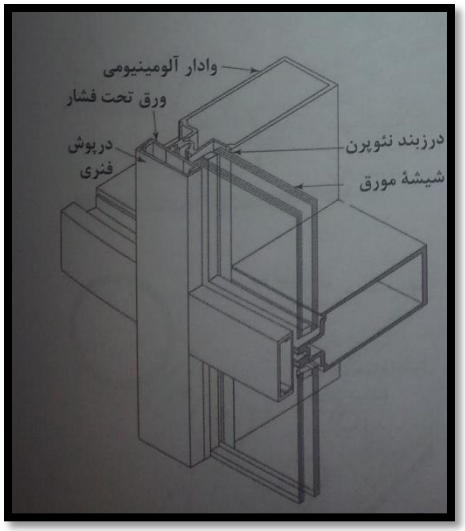
ویژگی: کاهش خطر کمانش

قطعات شیشه ای از یک ساختار خرپایی نامنظم که اعضایش به کلی از مقاطع لوله ای اویزان شده
در باز طراحی پوشش نورگیر یک ساختمان قدیمی در وین اتریش

دیوارهای پرده ای







جزییات دیوار پرده ای مدرن متشکل از شیشه های دو جداره

کارکرد اصلی دیوارها:

-محافظت از فضاهای داخلی ساختمان ها

افزایش کیفیت دیداری نمای ساختمان

ابتدا سیستم دیوار دو جداره :

- لایه داخلی باربر -لایه خارجی: نقش نمای پرده ای

اولین سیستم نمای پرده ای در تندیس امریکا

یک دیوار مسی از قاب اهنی

روش اجرا در گذشته درجا

امروزه پیش ساخته

سازه های نو

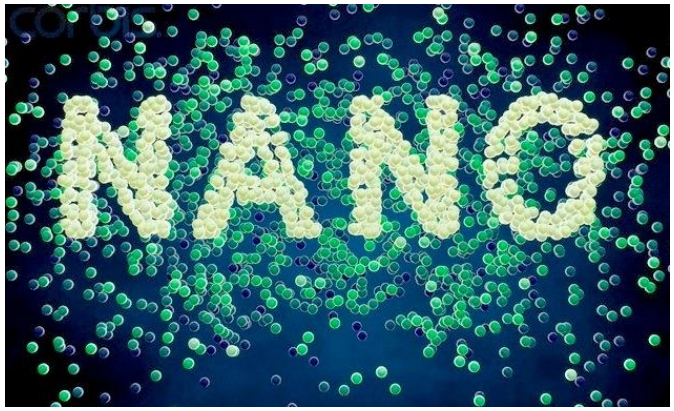
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه سوره

کاربرد نانو در ساختمان

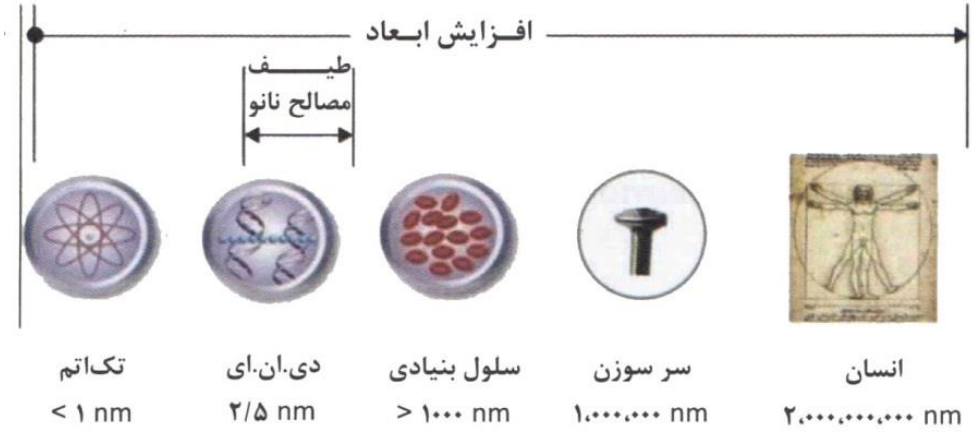
(پوشش و سازه ای)

تهیه کنندگان: آرزو افشار / مرضیه حیدری نژاد / نیلا صرافیان



نانو فناوری چیست؟

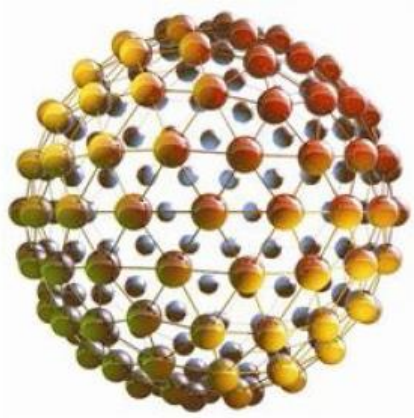
- واژه ای یونانی به معنای کوتوله
- پیشوندی برای سنجش، معادل 10^{-9} متر یا ۱۰ انگسترم
- نانو فناوری : تحلیل و تحقیق پیرامون مواد در مقیاس نانو
- در بخش ساختمان، نانو فناوری نوعی فناوری توانا کننده است.



انواع مقیاس های ابعادی

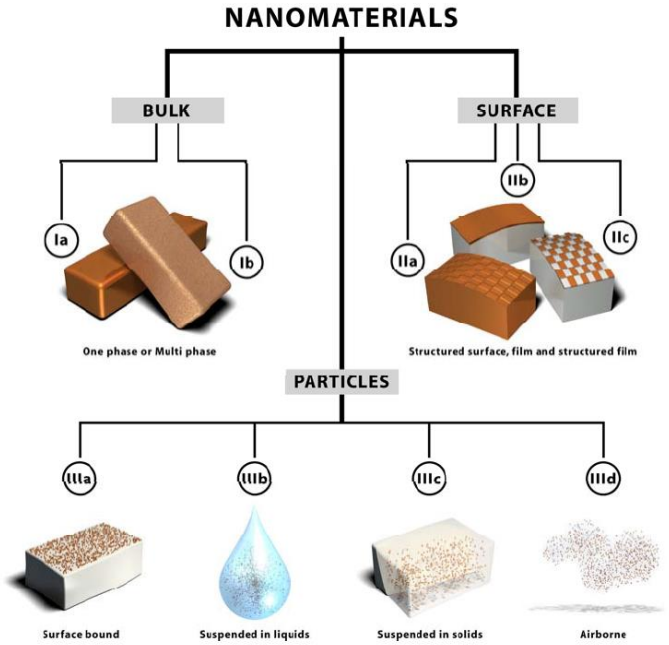
حوزه هایی از دانش که با فناوری نانو در تعاملند

کاربردهای نانو فناوری

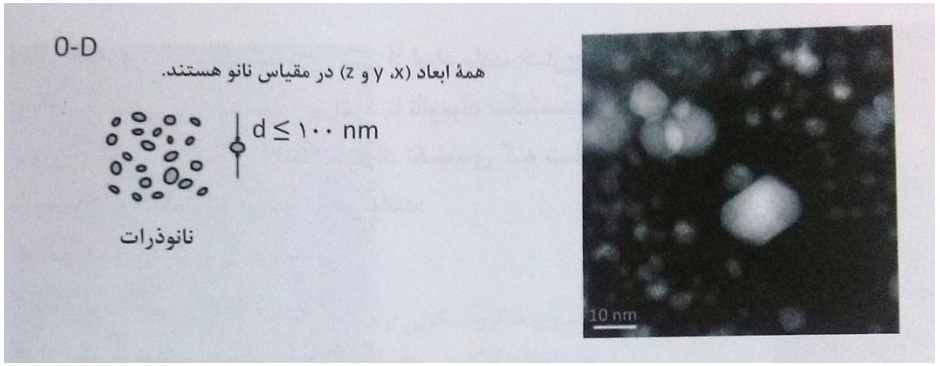


- بهینه سازی مواد و مصالح معمولی
- ایجاد کاربرد جدید برای مصالح
- چند منظوره کردن مصالح
- ایجاد قابلیت پیشگیری از صدمه دیدن مواد
- کاهش مصرف مواد اولیه و انرژی برای تولید مصالح

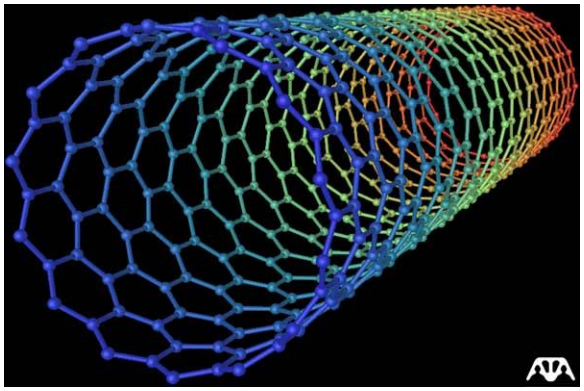
دسته بندی نانو مواد

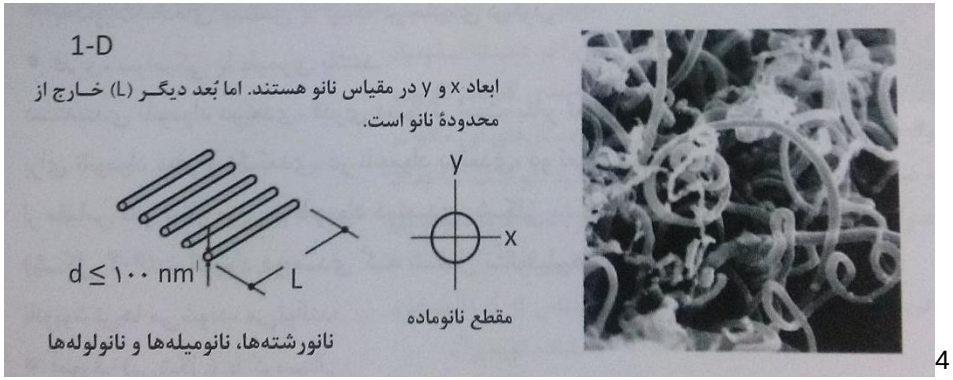


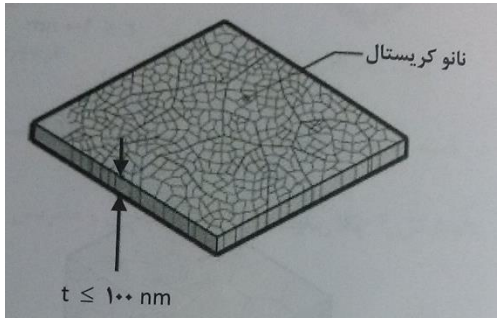
0-Dنانو مواد صفر بعدی

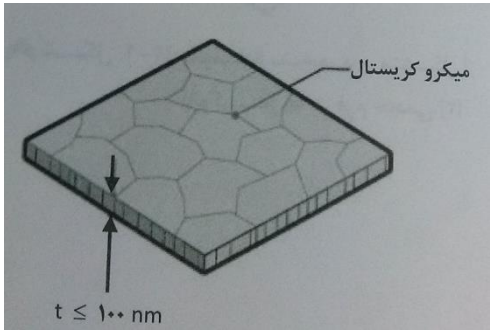


1-D نانو مواد تک بعدی

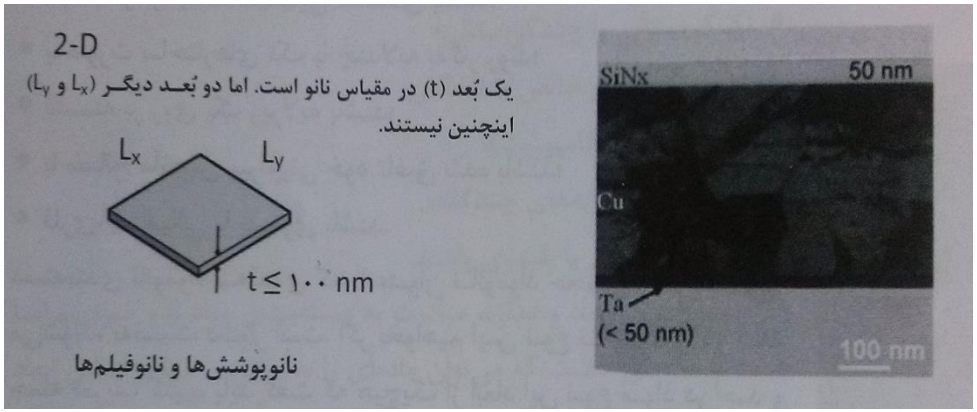




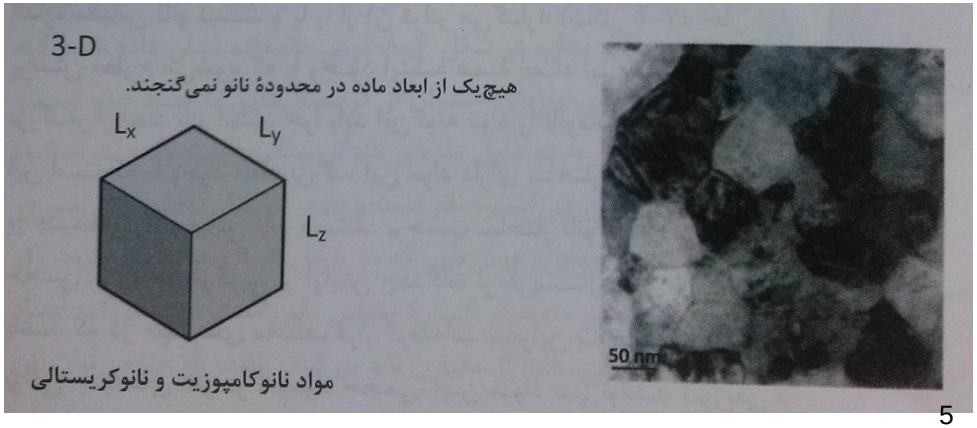


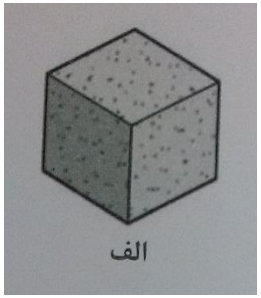


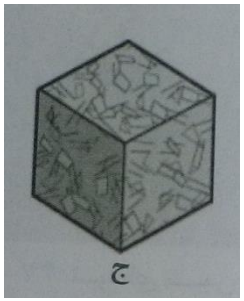
2-D نانو مواد دو بعدی

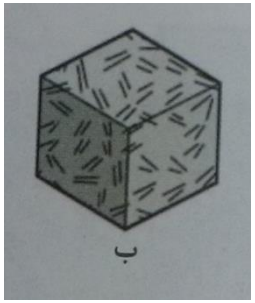


3-D نانو مواد سه بعدی

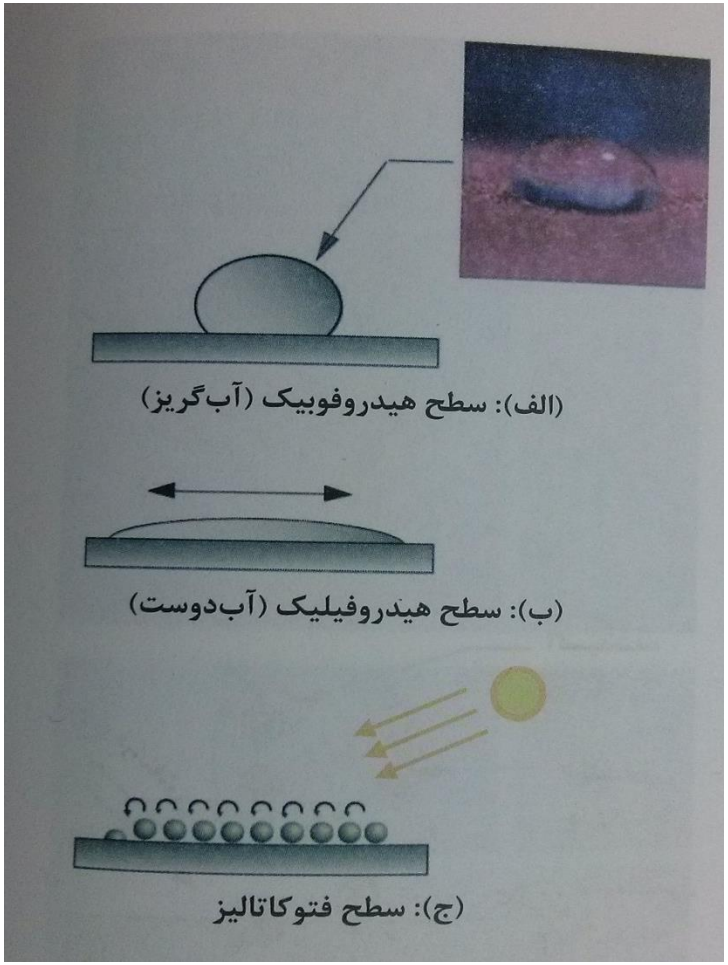








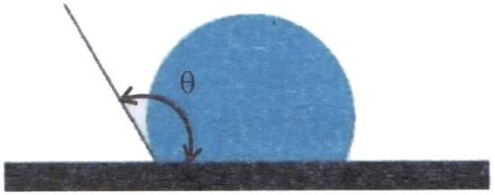
سطوح خود تمیزشونده و آسان تمیزشونده



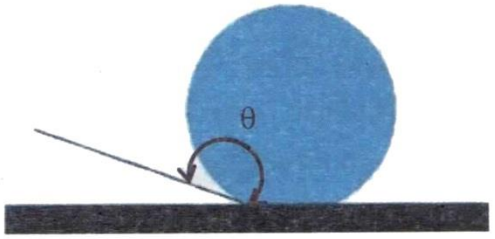
راهکارهای فرآیند خود تمیز شوندگی

- هیدروفوبیک یا آب گریزی
- هیدروفیلیک یا آب دوستی
- فوتوکاتالیز

آبدوست

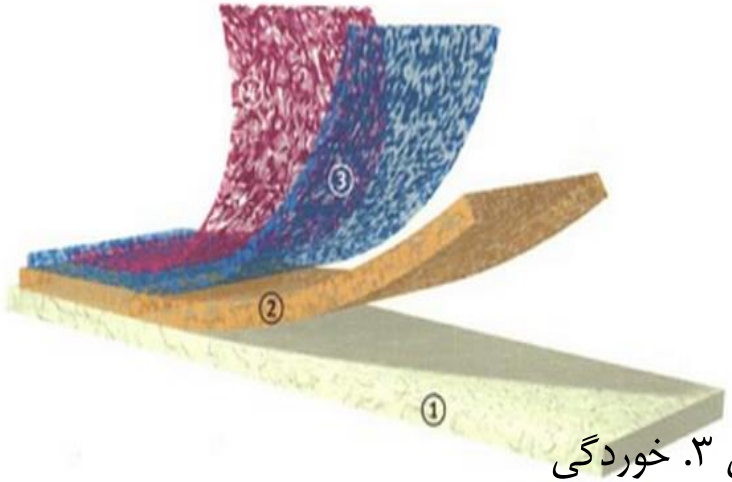


آب گریز



سطح خشک باقی میماند

روکش‌ها یا پوشش‌ها:



لایه نازک ⟸ هزینه تولید کم

⟸ بهبود ویژگی سطح ماده

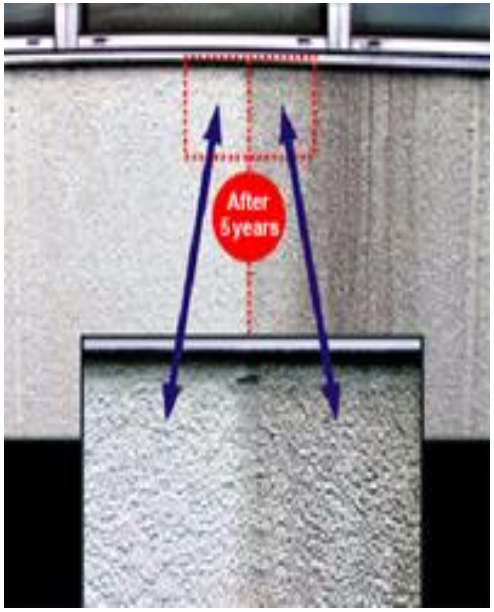
⟸ مقاومت مصالح در برابر: ۱. پوسیدگی ۲. سایش ۳. خوردگی

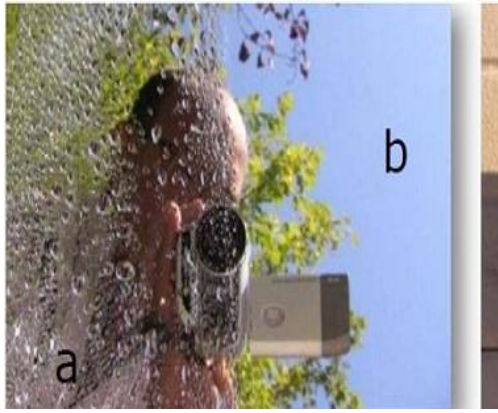
- تاثیر انواع نانو روکش‌ها در بهبود کیفی مصالح:
  - ✓ نانو کریستال نیکل ⟵ افزایش سختی سطح فلزات
  - ✓ نانو پوشش پایه پلیمری ⟵ محافظت فلزات در برابر خوردگی
  - ✓ سرامیک‌های نانوی متخلخل ⟵ عایق حرارتی
  - ✓ نانو لوله‌های کربنی ⟵ رسانا کردن مصالح عایق الکتریکی
  - ✓ نانو روکش‌هایی با اهداف اپتیکی

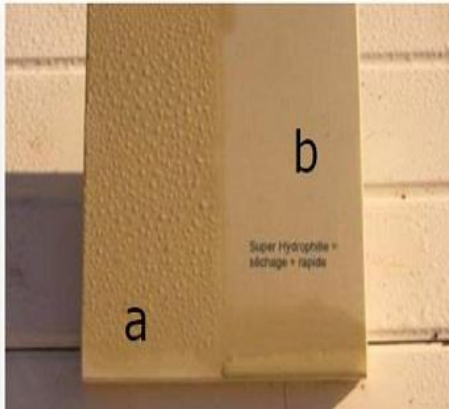
کفپوش/دیوارپوش با بافتی شبیه به سنگ مرمر که می‌توان آن را مشابه قالی یا کاغذ دیواری جمع کرد.
ضد ضربه، ضد آتش، نفوذ پذیر در برابر بخار آب و آب‌گریز(آسان تمیزشونده)

1) لایهٔ حصیری انعطاف‌پذیر پلیمری
2) لایهٔ سرامیکی رنگی
3) طرح دلخواه
4) پوشش نهایی سرامیکی

دسته‌بندی اصلی نانو پوشش‌ها:







۱. نانو پوشش ضد امواج فرابنفش
۲. نانو پوشش ضد نقش و نوشتار
۳. نانو پوشش ضدخش و سایش
۴. نانو رنگ‌ها
۵. نانو پوشش ضد باکتری و قارچ
۶. درزبندهای نانو
۷. نانوچسب‌ها
۸. نانو پوشش سنگ

۱-۱- نانو پوشش ضد امواج فرابنفش:

- تاثیرات مخرب اشعه‌های فرا بنفش:

اول) ایجاد بیماری پوستی برای انسان

دوم) از بین بردن مقاومت و دوام مصالح، تغییر رنگ و افت کیفیت رنگ سطوح

- راهکارهای سنتی برای محافظت از امواج فرابنفش [بر پایه مواد آلی]:

1. استفاده از جاذب‌های فرابنفش
2. روش رباینده‌های رادیکال آزاد

- رویکرد نوین در برابر اشعه فرابنفش ⟸ استفاده از پوشش‌های غیرارگانیک یا غیرآلی [ترکیبات دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید روی و اکسید سریوم]

۲-۱- نانو پوشش ضد نقش و نوشتار (ضد دیوار نویسی!):

- برای کاهش چسبندگی مواد بکار رفته برای نوشتن یا تصویر کشیدن بکار می‌روند.
- ضعف‌های پوشش‌های ضد نقش سنتی:

۱. قابل برداشتن نیستند. ۲. کاملاً نم‌بند بوده و نفوذپذیر نیستند.

- روش جدید: پوشش‌ها دارای خاصیت آب‌گریزی هستند.

نقوش روی سطح به آسانی و به کمک مواد شویندهٔ مناسب پاک می‌شوند.

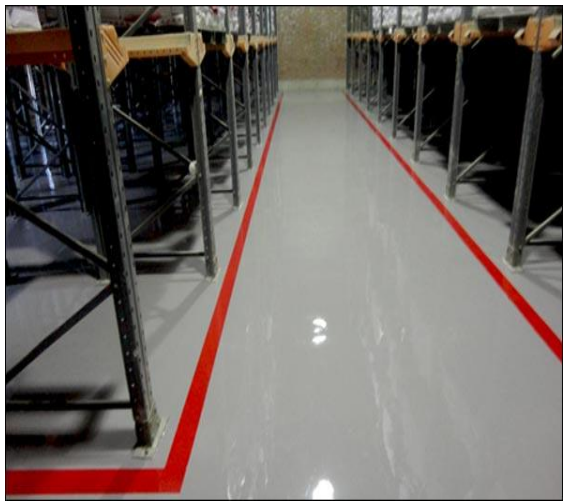
نمونه‌ای از آثار تخریبی نوشتار بر پیکرهٔ بناهای تاریخی ارزشمند اصفهان.

۳-۱- نانو پوشش ضدخش و ضد سایش:

- ۲ راهکار پیش رو:

1. وجود لایه‌های خودترمیم‌شونده ⟸ کمتر در معرض سایش
2. استفاده از لایه‌های صلب و خشک ⟸ شدیداً در معرض سایش

- تریبولوژی: دانش بررسی چگونگی رفتار مواد و مصالح در برابر سایش و فرسایش
- ایجاد پوشش‌های تریبولوژیک ⟸ اصطکاک کم بین سطوح ⟸ کاهش خطر فرسایش و سایش، و افزایش عمر و دوام



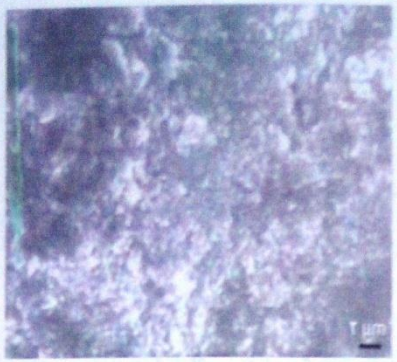
۴-۱- نانو رنگ‌ها

- ویژگی‌ها: ضد سایش، ضد خش، سختی، درخشانی و براقی و ثبات رنگ+ ضد میکروب و خودتمیزشونده

- ✓ نانو ذرات فلزی ⬅ سختی و مقاومت سایشی و ضد خش
- ✓ نانو ذرات سرامیکی ⬅ سختی
- ✓ سیلیکات ⬅ محافظت از فلز در برابر خوردگی و زنگ‌زدگی
- ✓ نانوذرات رسی ⬅ بهبود ویژگی‌های تغییر شکلی رنگ‌ها + آتش‌بندی

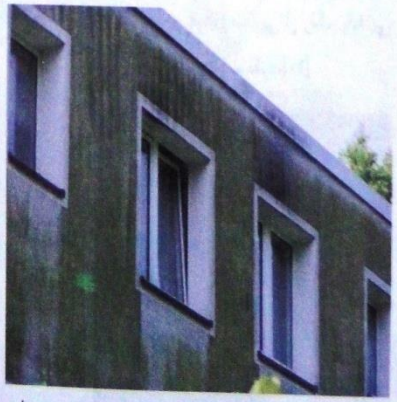
رنگ فتوکاتالیتیک در سطوح داخلی و بیرونی منزل مسکونی در اوزاکا، ژاپن

۵-۱- نانو پوشش ضدباکتری و قارچ



شکل ۸-۱۹: نانوذرات نقره[۲۰]

شکل ۸-۲۰: تصویر ذره‌بینی از شکل‌گیری قارچ بر دیوارهٔ داخلی ساختمان.[۲۰]

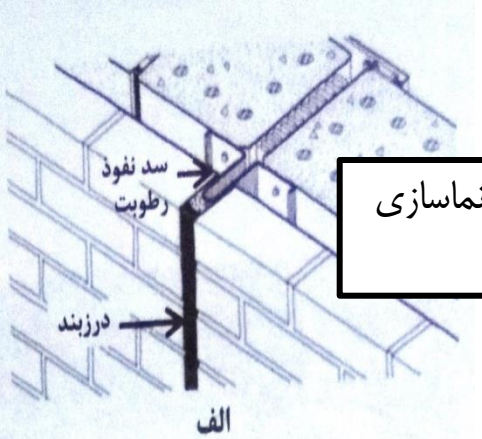


شکل ۸-۲۱: خزه‌های رشدکرده بر نمای ساختمان.[۲۰]

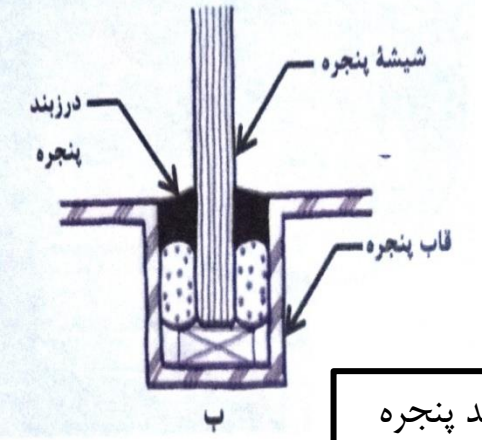
- هدف: ممانعت از رشد باکتری (جلوگیری از لکه‌دار شدن و رنگ‌پریدگی رنگ)
- قدیمی‌ترین مادهٔ ضدباکتری و قارچ: نقره
- امروزه: استفاده از نانو ذرات نقره برای پیشگیری از رشد و نمو قارچ‌ها در ساختمان

حفظ خاصیت در دراز مدت، و مواد مضر در هوا آزاد نمی‌کند.

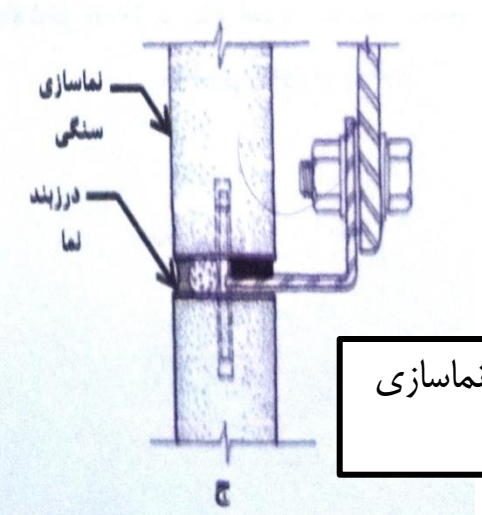
۶-۱- درزبندهای نانو



درزبند نماسازی آجری



درزبند پنجره



درزبند نماسازی سنگی

- هدف: درزبندی و جلوگیری از رشد و نمو باکتریها
- مصالح درزبند امروزی: پلی‌یورتان، سیلیکون، پلی‌سولفید، لاتکس، پلاستیزول

وینیل

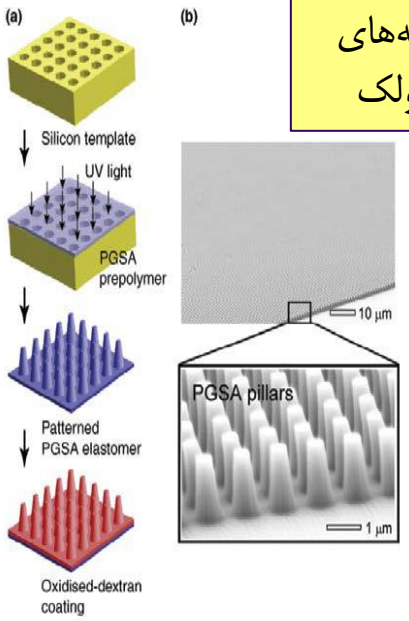
- مزایای استفاده از نانو ذرات (سیلیکا) در مصالح درزبند:

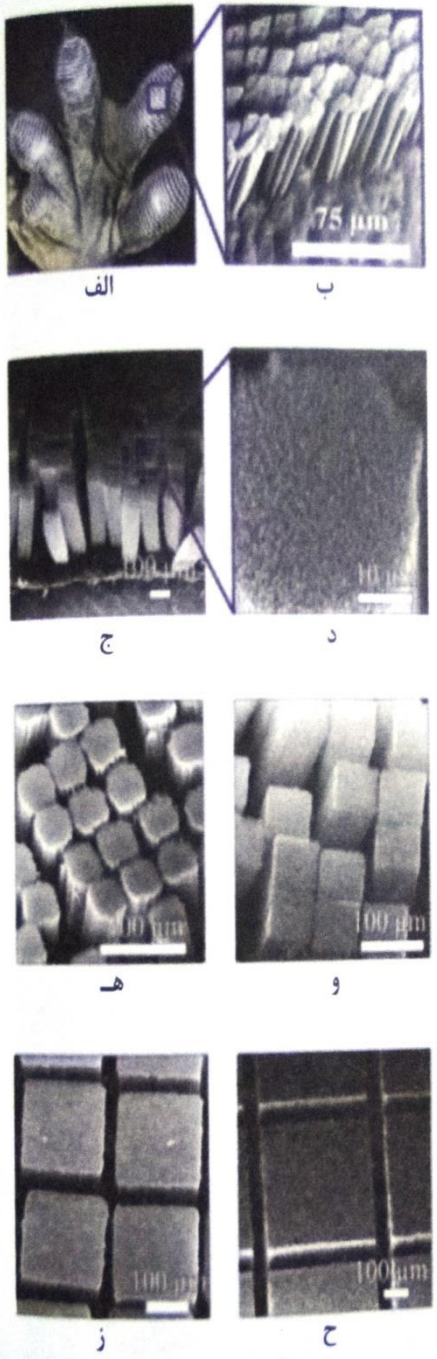
1. افزایش مقاومت درزبند تا دو برابر
2. کاهش ضخامت درزبند
3. یکپارچگی و یک‌دستی درزبند
4. شفاف یا نیمه شفاف بودن

۷-۱- نانوچسب‌ها

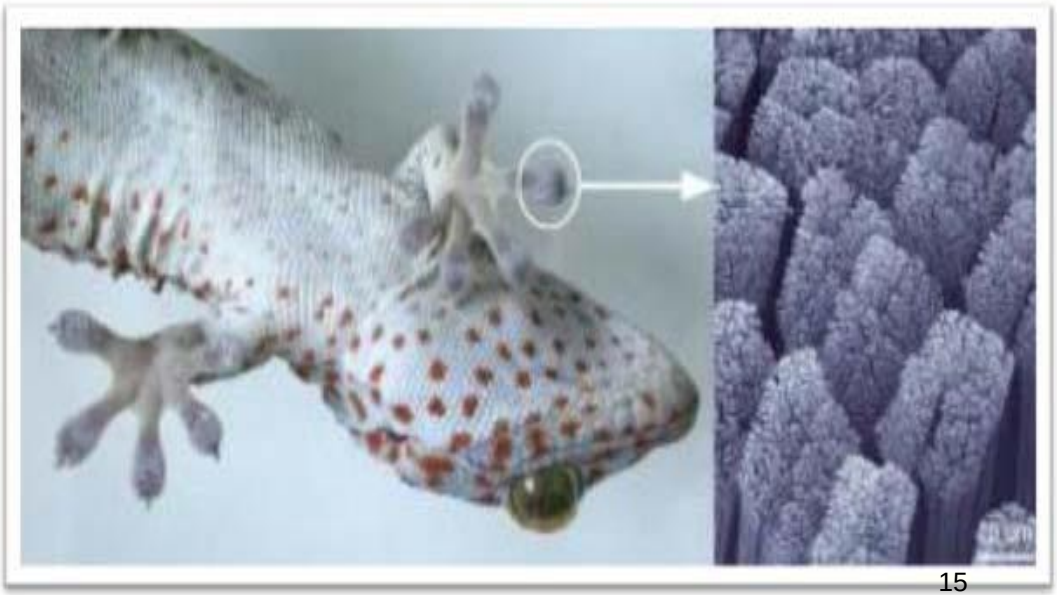
نانو ستون‌های الهام گرفته شده از رشته‌های چسبنده پای مارمولک

- چسب‌های قدیمی: صمغ درختان- سفیدهٔ تخم مرغ و...
- متداول‌ترین نانومواد برای تولید چسب: نانو ذرات سیلیکا
- منبع الهام نانو چسب‌ها: دستان چسبنده مارمولک
- منبع الهام چسبندگی در شرایط مرطوب: صدف دو کفه ای

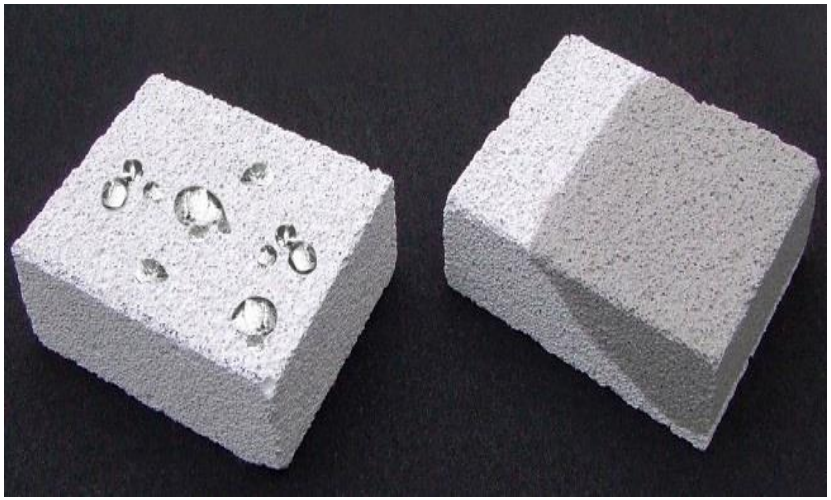


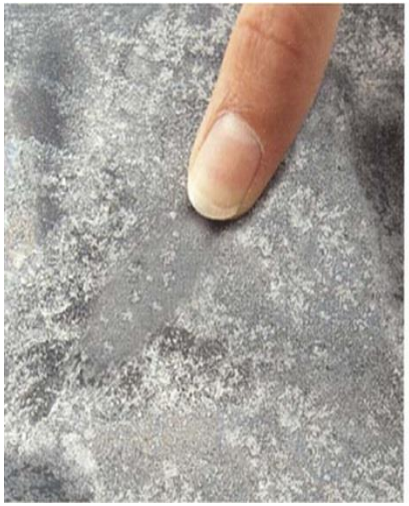


چسبندگی پای مارمولک به علت وجود میلیون ها فرم کاردک مانند به اندازه ای در حدود ۲۰۰ نانومتر



۸-۱- نانو پوشش سنگ [نانو ذراتی در ماتریس سیلیکون]





- مزایای نانوپوشش‌ها برای سنگ:

1) آب‌گریزی و چربی گریزی
2) پایداری در برابر امواج فرابنفش
3) ویژگی ضدباکتری و قارچ و جلبک
4) پایداری و دوام در برابر دمای گوناگون
5) حفظ کیفیت ظاهری سنگ

کاربرد فناوری نانو در بتن

ترک های ناشی از واکنش ACR

ترک های ناشی از واکنش ASR

نانو سیلیس می تواند به نحو چشمگیری بر **مقاومت فشاری بتنی** که خاکستر بادی دارد بیفزاید.

افزودن **نانولوله های کربنی** به مقدار ۱ درصد وزنی به **بتن: افزایش مقاومت فشاری وخمشی و عدم ترک خوردن**

نمونه هایی از کاربرد نانو در راستای بهبود ویژگی های بتن:

نانو سیلیکات(۱تا۳ درصد وزنی)

-جلوگیری از جدا شدن سنگدانه ها در بتن خود متراکم کننده

-افزایش دوام و مقاومت بتن

-افزایش کارایی بتن

خاکستر بادی

-کاهش مصرف سیمان که نتیجه آن پایداری زیست محیطی می باشد.

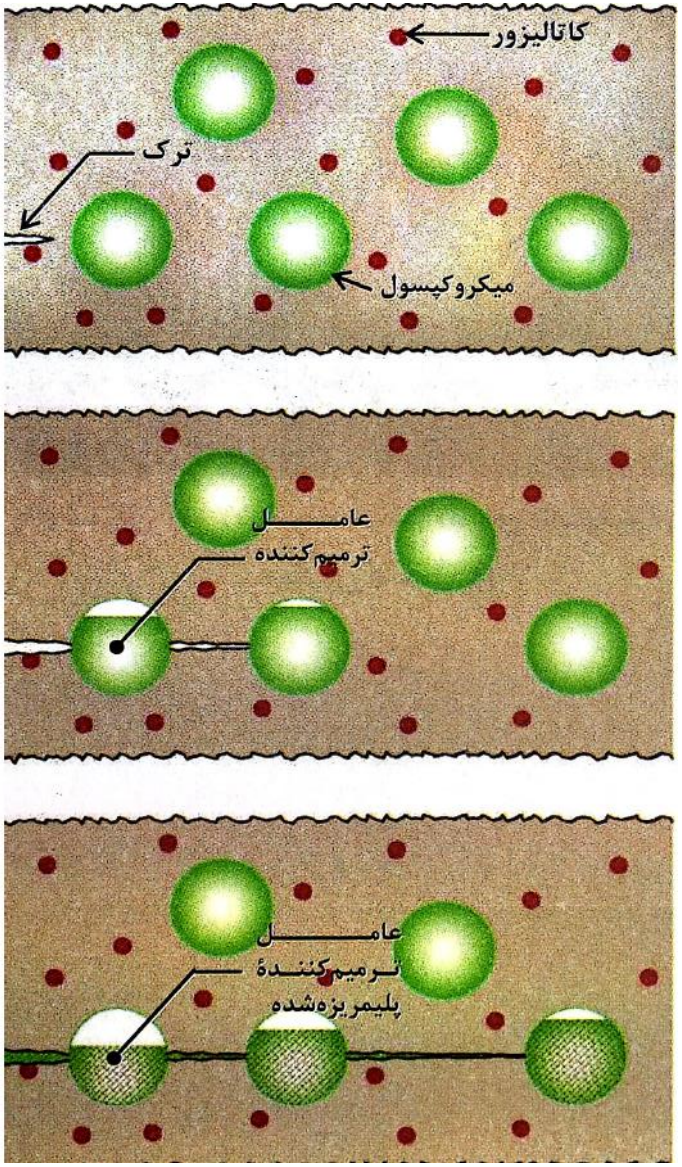
نانو ذرات هماتیت

افزایش مقاومت بتن و شرایط را برای کارکرد حسگرها و پایش هموار می کند.

دی اکسید تیتانیوم

قابلیت بازتابش عالی از سطح بتن و ایجاد رنگ سفید برای بتن

مهمترین ضعف بتن: **عدم مقاومت کششی**



راهکارها:

۱)استفاده از میلگردها

۲)استفاده از الیاف

۳)افزودن مواد شیمیایی به بتن و کاهش نسبت آب به سیمان

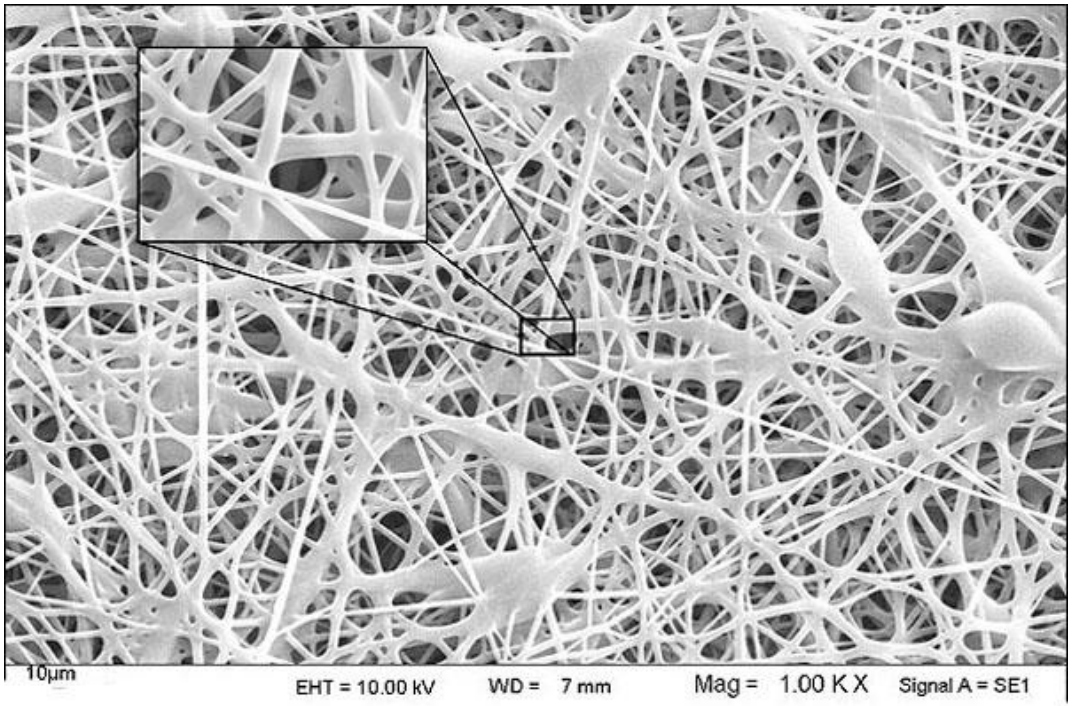
۴)بتن خود درمان کنند یا خود مرمت کننده (جدیدترین روش)

سازو کار خودترمیم شوندگی ترک های بتن

نانو و بتن

نانو الیاف : به الیاف کربنی جامد و میان تهی اطلاق می شود.

ویژگی های سیمان مسلح شده با نانو الیاف کربنی:(**با یک ششم وزن فولاد،۱۰۰ برابر مقاوم تر از آن**)



۱)مقاومت عالی در برابر ترک ریز

۲)مقاومت در برابر یخ زدن های متناوب

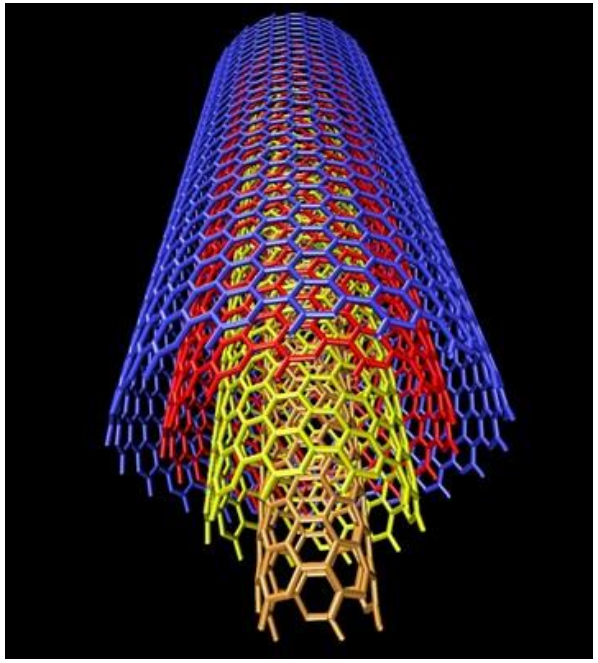
۳)افزایش مقاومت فشاری ۴۴۰ درصدی

۴)قطر کم آن باعث توزیع یکنواخت آن می شود.

۵)رسانای الکتریکی و حرارتی خوبی هستند.

۶)با اجزای سیمانی واکنش می دهند.

نانو و بتن



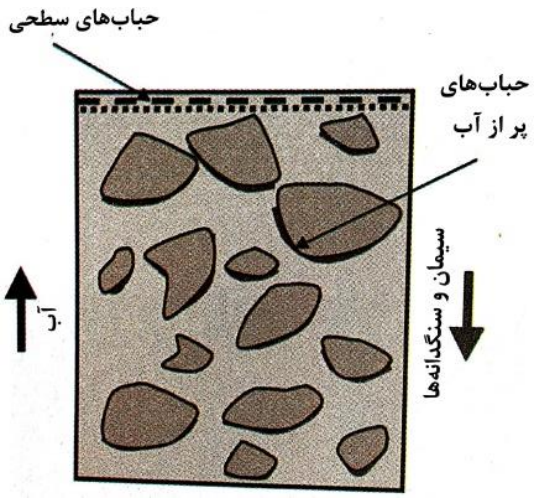
نانولوله‌ها دارای پیوندهای محکمی در بین اتم‌هایش است و به همین علت در برابر نیروهای کششی مقاومت و استحکام زیادی از خود نشان می دهند.
سطح بیرونی نانو لوله های اکسید شده مانند آج میلگرد عمل می کند.

مشکلات استفاده از نانو لوله ها:
۱)عدم توزیع یکنواخت در ماتریس سیمانی
۲)بین نانو لوله ها و ماتریس سیمانی چسبندگی کمی است
۳)هزینه زیاد.

هدف مسلح کردن سیمان و بتن با نانومواد:

- تولید بتن های فوق توانمند
- کاهش مصرف سیمان و کاهش تاثیرات سوء محیط زیستی آن

نانو و بتن



جدا شدن سنگدانه های بتن و ته نشین شدن آن ها به همراه سیمان از یک سو و رو زدن شیرابه سیمان از سوی دیگر در بتن تازه ریخته شده

نانو پوشش ها وظیفه حفاظت بتن در مقابل عوامل بیرونی مانند شوره زدگی

هدف بهبود ویژگی های زیر:

۱) سد شدن مسیر انتقال یون کلرید

۲) مقاومت در برابر دی اکسید کربن

۳) ممانعت از نفوذ بخارآب

۴) پیشگیری از بیرون زدگی آب بتن

۵) محدود شدن عمق نفوذ عوامل مهاجم در بتن

(MEMS)نانو غبار هوشمند یا میکرو الکترومکانیک ها

۱) اندازه گیری تراکم و کندروانی بتن

۲) سنجش گیرش و عمل آوری بتن

۳) نشان دادن وضعیت دما،رطوبت، مقدارکلر، تنش های ایجاد شده، خوردگی و زنگ زدگی

نانو و بتن

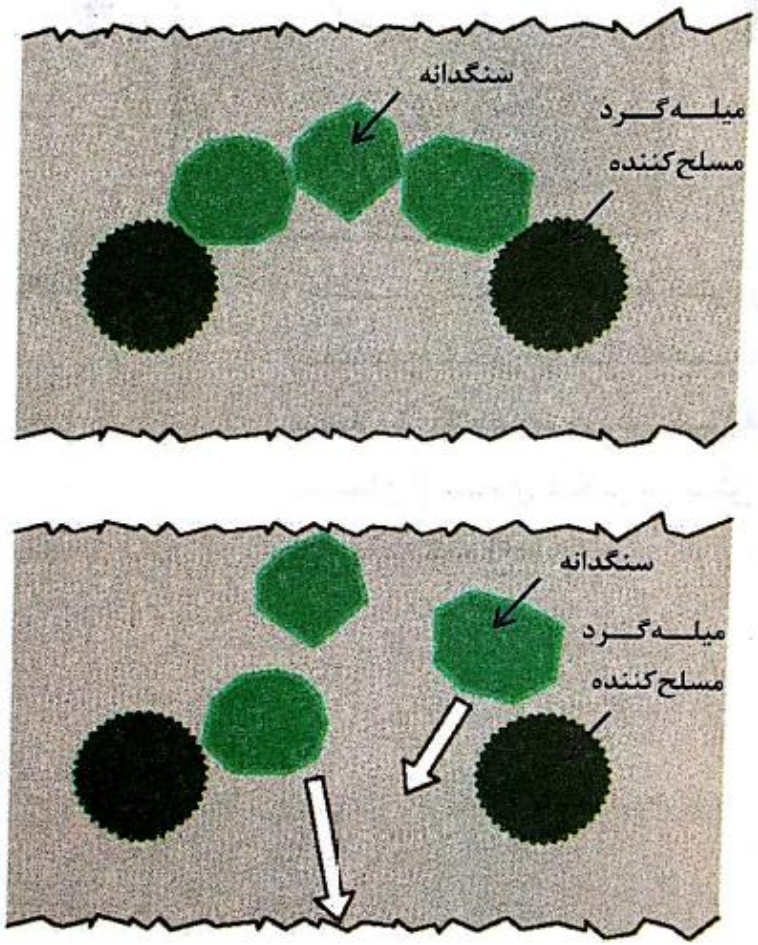
بتن خود متراکم کننده (با استفاده از پلی کربوکسیلات)

۱) نیاز به ویبره ندارد.

۲) مناسب برای بتن ریزی ساختمان های بلند

۳) کاهش هزینه نیروی انسانی (حدودا ۵۰ درصد)

۴) افزایش سرعت اجرا (حدودا ۸۰ درصد)



گیر کردن سنگدانه ها میان میله گردها در بتن معمولی(بالا)و عبور راحت سنگدانه ها و دستیابی به همگنی مطلوب در بتن خود متراکم(پایین)

نانو و بتن

خوردگی میلگردهای داخل بتن

عامل اصلی خوردگی میلگرد داخل بتن،کلریدها می باشند

منشا کلریدها:

۱)استفاده از محلول های یخ زدا

۲)قرار گرفتن بتن در نواحی ساحلی و دریایی

روش سنتی مقابله با کلریدها:

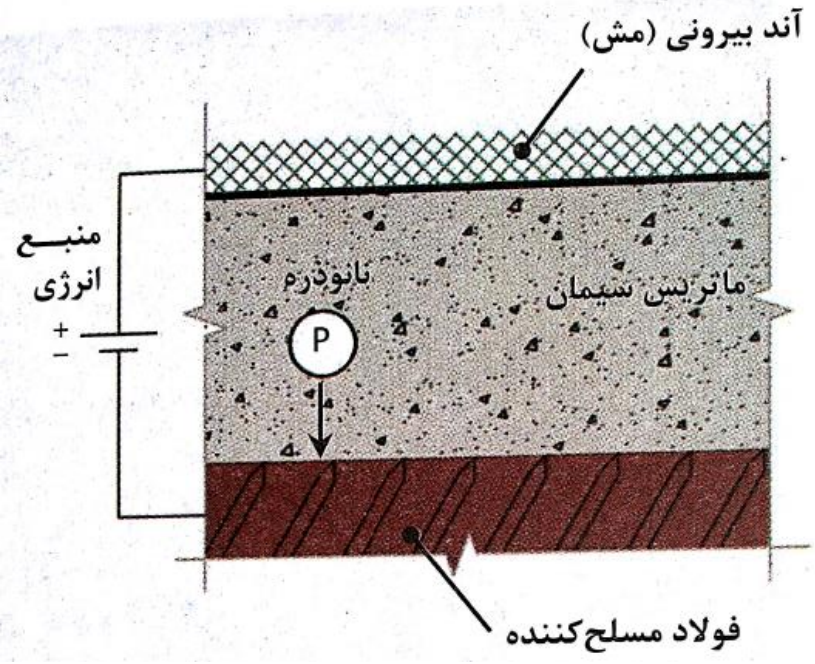
۱)ساخت بتن با تراکم بالا

۲)روش NIST

روش جدید مقابله با کلریدها:

۱)استخراج الکتروشیمیایی کلرید(ECE)

۲)تزریق الکتروسینتیک نانوذرات پوزولانی یا نانوذرات سیلیکا–آلومینا(مقاومت کششی بهتر)



سازو کار تزریق الکتروسینتیک نانو ذره در ماتریس سیمان به هدف کلر زدایی

نانو و بتن

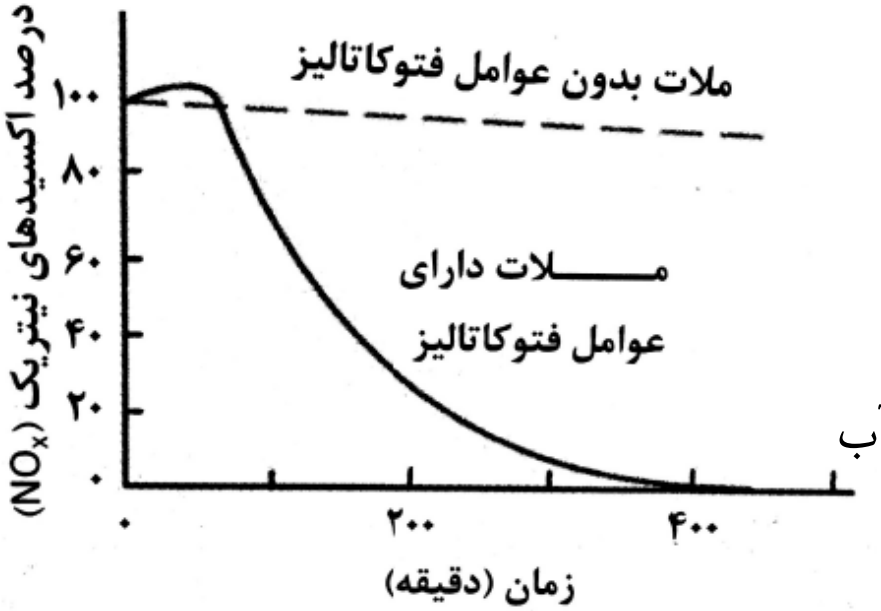
بتن خود تمیز شونده

از نوع فوتوکاتالیتیک می باشند.

۱)آلاینده های تجزیه شده، با خاصیت آب دوستی شسته می شوند

۲)بتن خود تمیز شونده موجب کاهش آلاینده های هوا هم می شود.

۳)جهت تمییز شدگی بتن نیاز به اشعه فرابنفش و آب می باشد.



کاهش اکسیدهای نیتریک در یک اتاق خواب مورد آزمایش.میزان آلاینده های هوای از پیش تنظیم شده در فضای اتاق،در اثر تابش پرتوهای فرابنفش،کاهشی حدود ۹۱ درصد را نشان می دهد.

فناوری نانو و فلزات

دسته بندی فولاد ضد خوردگی نانو

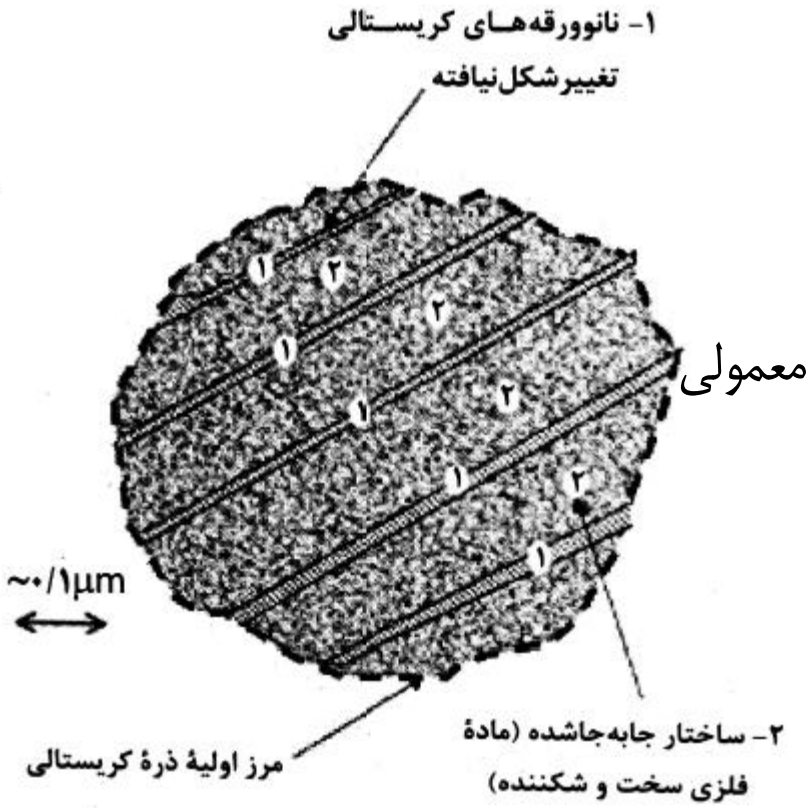
MMFX MMFX2

مزایای استفاده از فولاد MMFX در مقایسه با فولاد روکشدار

سهولت حمل ونقل و نگهداری
سهولت خم،برش و افزایش سرعت اجرا
کاهش آسیب دیدگی کارگران بر اثر نصب و برپایی

مقاومت سه برابری فولاد **MMFX2** نسبت به فولاد معمولی

دارای مقاومت ضدخوردگی و فرسایش با هزینه کمتر



فولاد سندویک نانوفلکس

مقاومت بالا و سبکی

مناسب برای بدنه هواپیما

فولاد سندویک نانوفلکس،تواما ضریب ارتجاعی و مقاومت بالایی دارد.

خوردگی فلزات

نانو فناوری و پیشگیری از خوردگی فولادهای معمولی

ایجاد اکسیداسیون (لایه اکسید محافظتی)

استفاده از نانو سیلیکا

استفاده از نانو کبالت فسفری به روش آب کاری

استفاده از نانو روکش کاربید سیلسیوم و نیکل یا اکسید آلمینیوم برای فولاد نرمه

نقش نانو پوشش ها در کاهش خوردگی فلزات

پوشش های پلیمری یا سرامیکی

علاوه بر نانو پوشش ها می توان از نانو ذرات سرامیک در رنگ استفاده کرد

سازه های نو

مصالح تجدیدپذیر ساختمانی

تهیه کنندگان: فاطمه زارع / مریم سرگلزایی / نگارکریملو

ایده مصالح دوستدار محیط زیست

ایده مصالح دوستدار محیط زیست در اوایل سال ۱۹۹۰ پیشنهاد شد.در مراحل اولیه پیشرفت ایده اکومواد‌ها سه شاخص اصلی پیشنهاد گردید:

۱.عملکرد:گسترش مرزهای بشر-فعالیت های انسان به منظور رشد و توسعه

۲.محیط زیست: همزیستی با زیست کره-برای کاهش اثرات مضر بر محیط زیست

۳.سازگاری: بهینه سازی سازگاری-برای خلق همزیستی راحت با طبیعت

مصالح دوستدار محیط زیست(تجدیدپذیر) مصالحی هستند که:

۱.مصالح با عناصر سازنده کم ضررتر ازمواد کم خطر تری تولید می شوند ⟸ کاهش مسمومیت مواد موجود درمواد تولید کننده محصولات

۲.مصالح با قدرت بازیافت بالاتر ⟸ پتانسیل بازیافت بیشتری نسبت به سایر مصالح دارند. بازیافت مواد بار محیط زیستی و مشکل ضایعات را کاهش می دهد، به هر حال نیاز به بالابردن کارایی مواد باعث شده تا عمل بازیافت مواد دشوارتر گردد،که امروزه با استفاده ازآلیاژهای قابل بازیافت به جای آلیاژهای سنتی این مشکل حل شده است.

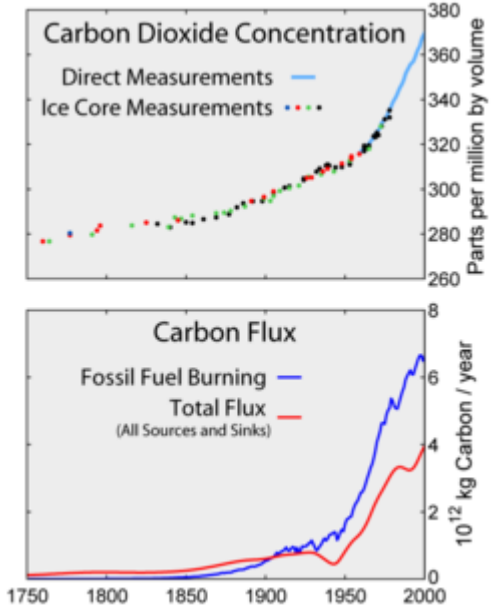
۳.مصالح با مشخصات محیط زیست سبز، خصوصیات محیطی سبز دارند این ویژگی در مورد مصالحی مطرح می شود که در طول چرخه حیات خود،بار محیط زیستی کمتری وارد می کنند. نمونه هایی از این مصالح شامل موارد زیر است:

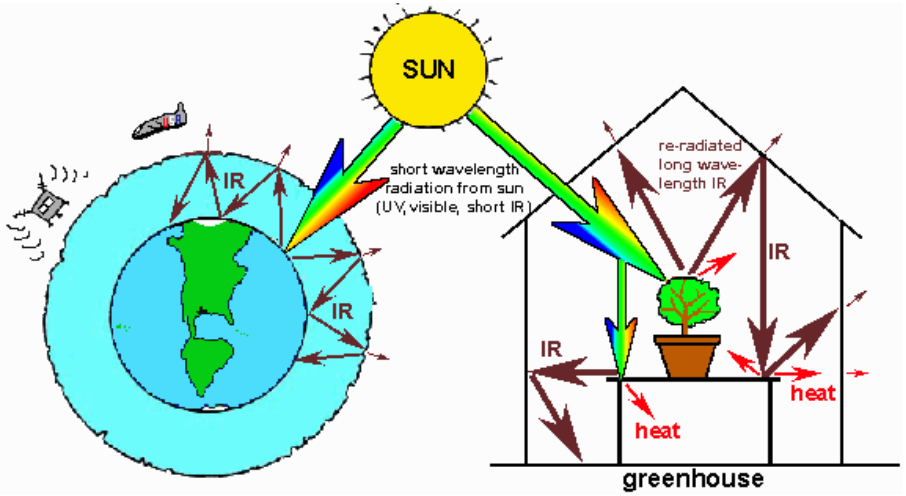
۱.مصالح از منابع تجدید پذیر: چوب و گیاهان، بیو پلاستیک، بیو سرامیک، سرامیک چوبی، سرامیک خاکی

۲.مصالح حاصل از ضایعات: سیمان حاصل از ضایعات شهری یا خاکستر (اکو سیمان)، سرامیک شیشه حاصل از ضایعات

ویژگی های مصالح ساختمانی تجدیدپذیر

۱–قابل استفاده مجدد یا بازیافت
۲– فراوان،طبیعی
۳–کاهش مصرف انرژی
۴–کاهش گازهای گلخانه ای
۵–بادوام
۶–غیرسمی
۷–مقاوم در برابر رطوبت





دسته بندی مصالح ساختمانی تجدیدپذیر از نظر تولید:

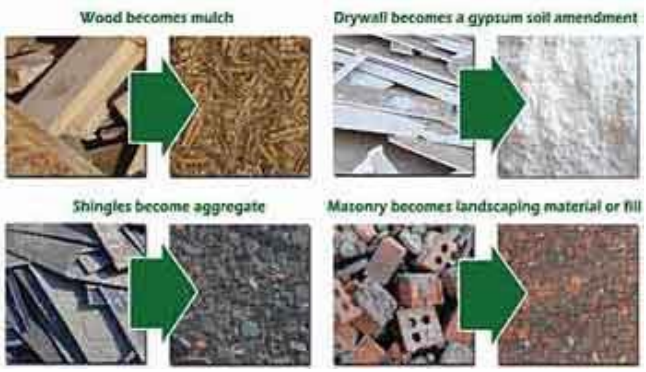
۱.بازسازی شده یا دوباره تولید

۲.ساخته شده از مواد بازیافتی

۳.ساخته شده از زباله یا پسماند

بازیافت به عنوان یکی از استراتژی ها در به حداقل رساندن ضایعات می باشد که دارای سه مزیت می باشد

1) کاهش تقاضا نسبت به منابع جدید
2) کم شدن هزینه های حمل و نقل و تولید
3) استفاده از ضایعات به گونه ای که به مناطق انباشت ضایعات برده نشوند.



مصالح تجدیدپذیر
بتن سبز
بتن تخریب شده
شیشه
خاکستر زغال سنگ
تایرهای بازیافتی
سرباره کوره آهن گدازی
پلیمرهای غیرآلی
پیشرفت آهن و فولاد به سمت اکو موادها
پروتئین ها به عنوان منبع مواد

۱.بتن سبز

بتنی است که درآن از مواد دور ریز یا محصولات فرعی کارخانجات استفاده شده است. این مواد که یا با جایگزین شدن سنگدانه ها، مصرف این مصالح طبیعی را کاهش می دهد و یا جایگزین سیمان می شوند:

۱.۱ بتن تخریب شده: از بتن تخریب شده می توان بعد از جدا کردن آلودگی ها وغربال کردن به عنوان سنگدانه استفاده کرد.بهترین اندازه بعد از دو مرحله خرد شدن به دست می آید و میزان جذب اب ان بیشتر از بتنی است که از سنگدانه های طبیعی استفاده کرده است.

۲.۱.شیشه

بیشترین نخاله های ساختمانی ⬅ شیشه ⬅ استفاده از آن در بتن ⬅ کاهش دفع غیر اصولی

شیشه ⬅ افزایش مقاومت فشاری و خمشی به دلیل متراکم تر شدن ریز ساختار ها، مقاومت در برابر فرسایش، افزایش سختی و مقاومت در برابر محیط های شیمیایی.

استفاده از شیشه در لایه نهایی بتن،برای زیباتر کردن بتن های اکسپوز

۳.خاکستر زغال سنگ:

۱,۳.ارزان تر از سیمان پرتلند

۲,۳.بالابردن مقاومت کششی بتن

۳,۳.بالاتر بودن مقاومت و ماندگاری بتن تولید شده با این ماده

۴,۳.کاهش مقاومت اولیه بتن تولید شده(مقاومت بیشتر ⇦ استفاده از افزودنی هایی که سرعت هیدراسیون را بالا می برند)

۵,۳.کاهش گیرش به دلیل پروسه ناقص احتراق و یکسان نبودن خواص فیزیکی و شیمیایی خاکستر هر کارخانه بسته به زغال سنگ مورد استفاده

۴.تایر های بازیافتی

با ریز کردن قطعات تایر به قطعه های ۴۵۰ میلی متری تا ۷۵۰ میکرو متری و استفاده آن ها در ترکیب بتن ⇦ افزایش کرنش، قابلیت چکش خواری، ظرفیت جذب حرارت و صوت بتن

۵.سرباره کوره آهن گدازی

محصول فرعی کارخانجات آهن

۱,۵.هزینه ای برابر با سیمان پرتلند

۲,۵ جانشین ٪۵۰ تا ٪۷۰-٪۸۰ سیمان پرتلند

۳,۵ بهبود خواص مکانیکی و ماندگاری بتن

۶.پلیمر های غیر آلی

این مصالح طی واکنش های قلیایی در مصالح دور ریز صنعت آلومینو سیلیکات ها تولید می شوند

۱,۶پلیمر ها co2 بسیار کمتری از سیمان تولید می کنند.

۲,۶ مقاومت و پایداری شیمیایی بتن تولید شده بالا می رود.

۳,۶ مقاومت در برابر آتش تا ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد،بدون تولید گاز های سمی.

۴,۶ مقاومت بیشتر در برابر حلال های اسیدی و نمکی.

۵,۶ مقرون به صرفه بودن.

۶,۶ایجاد اثر گلخانه ای کمتر.

۷,۶ بتن تولید شده با این مواد چسبندگی خوبی به شیشه، سرامیک، فلز و بتن های قدیمی دارد.

۷.خاکستر پوست برنج

۱,۷داشتن خواص سیمان گون

۸.الیاف فرش

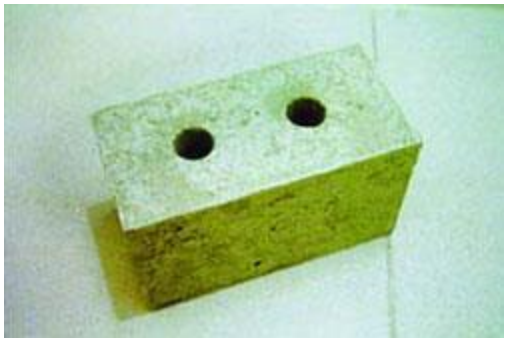
۹.بخار سیلیس

محصول فرعی کارخانجات تولید نیمه رسانا هاست

۱,۹با جایگزین شدن به جای سیمان ⟸افزایش مقاومت و ماندگاری بتن

کاربرد الیاف و الوار بازیافتی در ساخت آجر

الیاف و الوار چوب از موادی هستند که در حالت عادی جزو مصالح زاید به شمار می روند و کاربرد مفیدی نخواهند داشت کند. با فشردن و متراکم کردن این دو ماده و با تبعیت از عملکرد بازیافت مواد، نخستین آجر بازیافتی کاهش دهنده انتشارگازهای دی اکسید کربن و سمی تولید شده است.



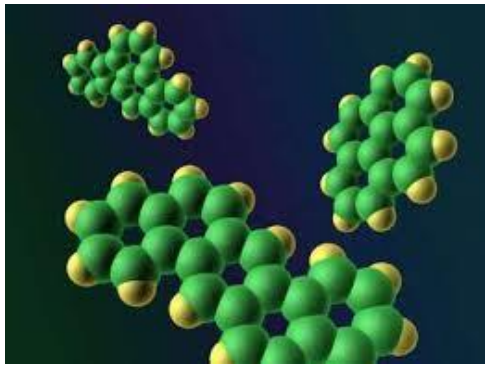
الیاف زاید پودر شده به همراه الوار چوب به دلیل برخورداری از یک ساختار طبیعی در برابر گاز دی اکسید کربن بسیار مقاوم هستند و اجازه نفوذ این گاز سمی را به داخل آجر بازیافتی نخواهند داد. بنابراین با گذر زمان انتشار گاز دی اکسید کربن در بدنه ساختمان و محیط اطراف ان تا ۴۰ درصد کاهش می یابد و هوای پاک و غیر سمی به داخل ساختمان انتقال خواهد یافت. آجر بازیافتی الیاف و الوار از قابلیت ضدرطوبت و ضد حریق نیز برخوردار است.

بیو پلاستیک ها

افزایش مصرف جهانی پلاستیک در آینده ۳ تا ۴ درصد در سال خواهد بود. مصرف پلاستیک ها به علت سبک بودن، صرفه جویی در انرژی، قیمت پائین، فرایندپذیری آسان و ویژگیهای منحصر به فرد و متنوع که این محصول را برای کاربردهای خاصی مناسب نموده، سبب رواج آنها گردیده است.

به هر حال نگرانی در مورد پایداری و اثر زیست محیطی پلاستیک ها باعث استفاده از پلاستیک های چرخه سبز شده است. بنابراین پلاستیک ها به طور فزاینده ای مهندسی مجدد می شوند تا :

- به جای مواد خام فسیلی/ نفتی از مواد خام بیولوژیکی (محصولات کشاورزی و باقی مانده زیست توده ها) استفاده شود.
- جایگزینی کربن فسیلی/ نفتی با کربن بیولوژیکی.
- کاهش اثر کربن با در نظر گرفتن میزان و مقیاس زمانی چرخه کربن بیولوژیکی.



سرامیک کامپوزیتی از مواد بازیافتی

برای تولید این سرامیک از ۲۰ درصد الیاف و پلاستیک بازیافتی استفاده شده و مابقی آن را کامپوزیت پلی استر به همراه سرامیک و سنگ طبیعی معدنی تشکیل داده است.

ماده چسبنده ای از پلی اوره و چسب صنعتی بی رنگ برای نصب قالب های سرامیکی استفاده میشود که در ماندگاری و جلوگیری از ایجاد هر گونه شکاف و ترک در سطح سرامیک بسیار تاثیر گذار خواهد بود.

قابلیت ضد رطوبت، ضد حریق و کنترل درجه حرارت و دمای داخلی ساختمان از دیگر مزیت های کاربرد سرامیک کامپوزیتی است. چرا که نوع کامپوزیت و مواد بازیافتی داخلی سرامیک سبب میشود تا آلاینده های محیط به داخل نفوذ پیدا نکنند و از هدر رفتن انرژی و حرارت نیز جلوگیری شود.

سایر مصالح

پانل های عایق؛ این پانل ها از روزنامه های بازیافتی و مقوا ساخته شده و با اضافه کردن اسید بوریک و کربنات کلسیم در برابر آتش مقاوم هستند.

فرش پشم؛ برای فرش های مسکونی و تجاری پشم بافته شده یکی از گزینه های سازگار با محیط زیست است. پشم یک ماده به سرعت در حال تجدید است تولید گاز های گلخانه ای کم، مقاوم در برابر آتش و یک لایه عایق است.

پانل های تخته گچی؛ انواع پانل های گچی تقریبا در همه معیارهای طراحی پایدار کاربرد دارد.توده باقی مانده مواد در تخته گچ شامل کاغذ(بازیافت شده از روزنامه ها، دفتر تلفن و کارتونهای شیاردار و مقواها) و نیز چسب نشاسته گندم یا ذرت و منابع قابل باز یافت کشاورزی هستند و از نظر محیطی گزینه های ارجحی در مقایسه با استفاده از پلیمرهای مشتق شده از نفت خام می باشند

پانل های فیبر گچی؛ در فرآیند تولید فیبر گچی، سنگ گچ و فیبرهای کاغذی سلولز را ترکیب می کنند تا یک گونه پانل باعملکرد بالا را بوجود بیاورند که شامل لایه زیرین کف و روکشهای بیرونی است.لایه زیرین کف و روکش پانل ها، هر دو از ۹۵ درصد مواد بازیافت شده بدست می آیند

پانل های سیمانی؛ پانل (قاب سیمانی) ، یک قاب چند کاره و مقاوم در برابر آب است که معمولاً به عنوان یک حامی برای کاشی های سرامیکی استفاده می شود و تقریباً ۲۰ درصد آن از مواد بازیافت شده تشکیل شده است که شامل خاکستر رها شده می باشد

سازه های نو

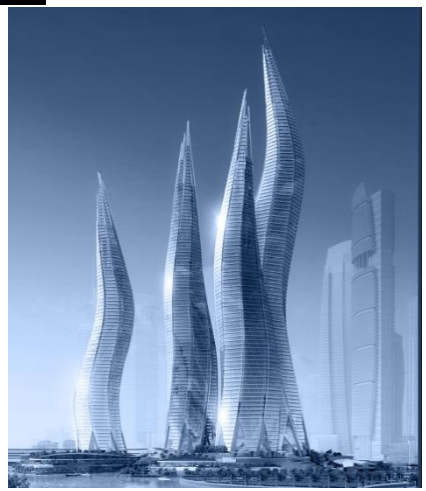
تکنیک های بلند مرتبه سازی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه سوره

تهیه کنندگان: علی برزگران / سعید رحمتی / فرشید عبداله زاده / ایمان هدایتی

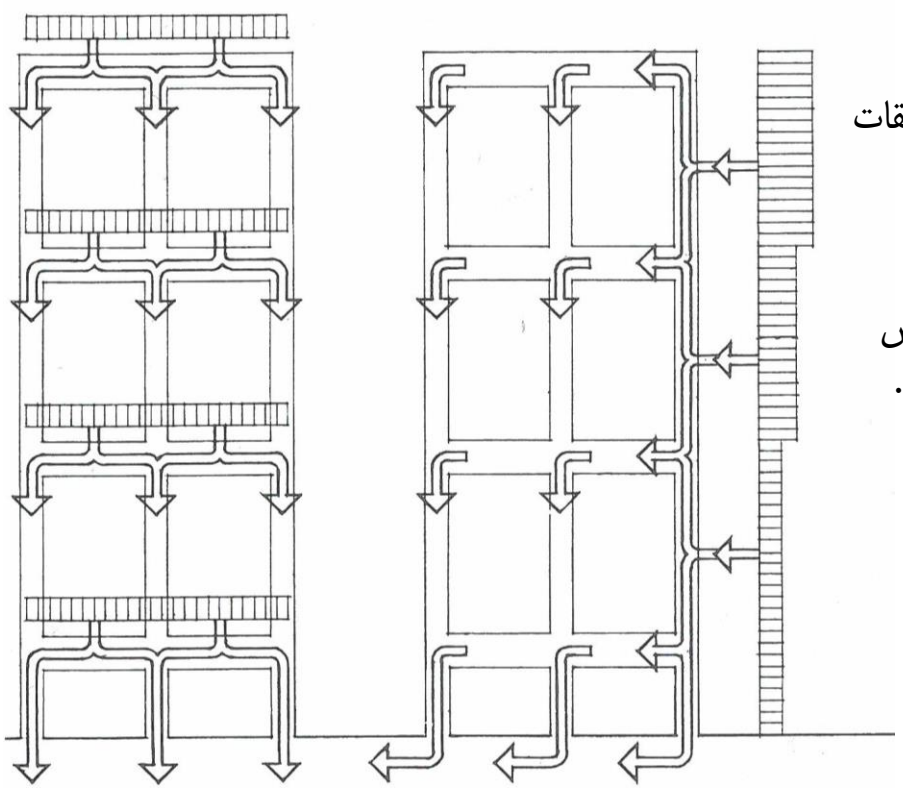
سیستم های سازه ای متعددی برای ساختمان های بلند وجود دارد که متناسب با تعداد طبقات , ارتفاع و عملکرد ساختمان به صورت منفرد یا ترکیب با یکدیگر بکار میرود.
عواملی که در انتخاب نوع سیستم سازه ای تاثیر می گذارد:

۱- ملاحظات کلی اقتصادی
۲- شرایط خاک
۳- نسبت ارتفاع به عرض ساختمان و سختی ان
۴- ملاحظات ساخت و نصب
۵- ملاحظات سیستم های مکانیکی
۶- عوامل اجتماعی استفاده کننده و همسایگان
۷- عوامل قانونی , منطقه ای و قراردادها



رفتار سیستم سازه با عملکرد ارتفاعی

بارهای وارده بر سازه های بلند مرتبه:

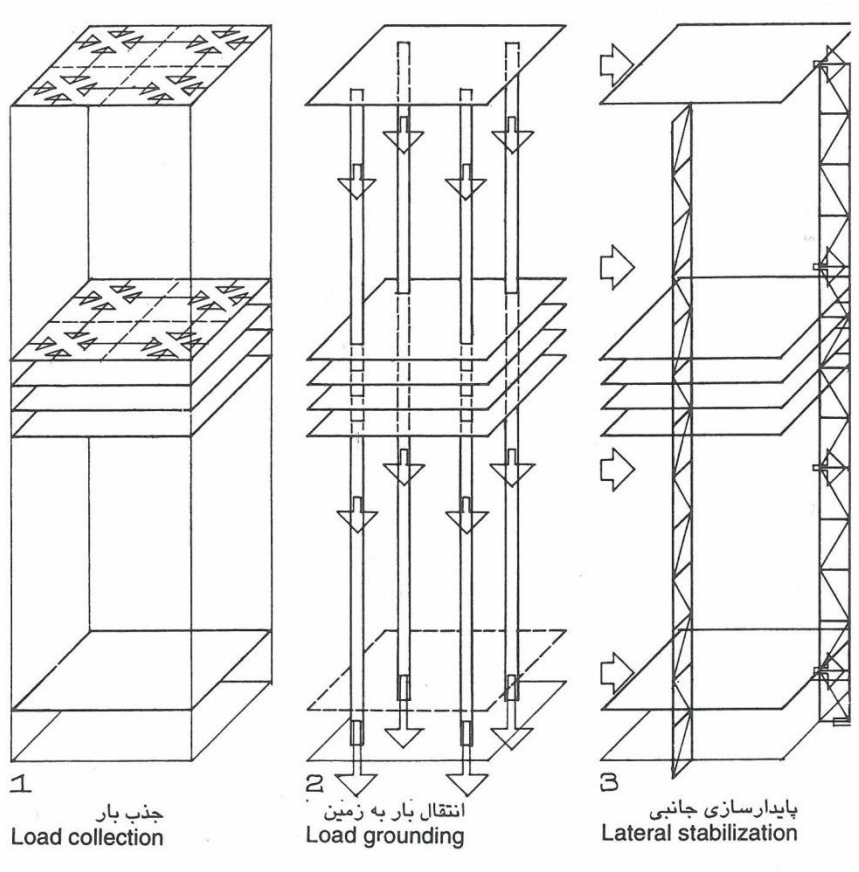


- بار های قائم اعمال شده در ارتفاع:بارهای بام و بار های طبقات
- بارهای افقی تحت تاثیر گسترش ارتفاع:بار باد و بارهای لرزه ای .

1. سیستم جذب بار افقی در کف طبقات: تجمع بار

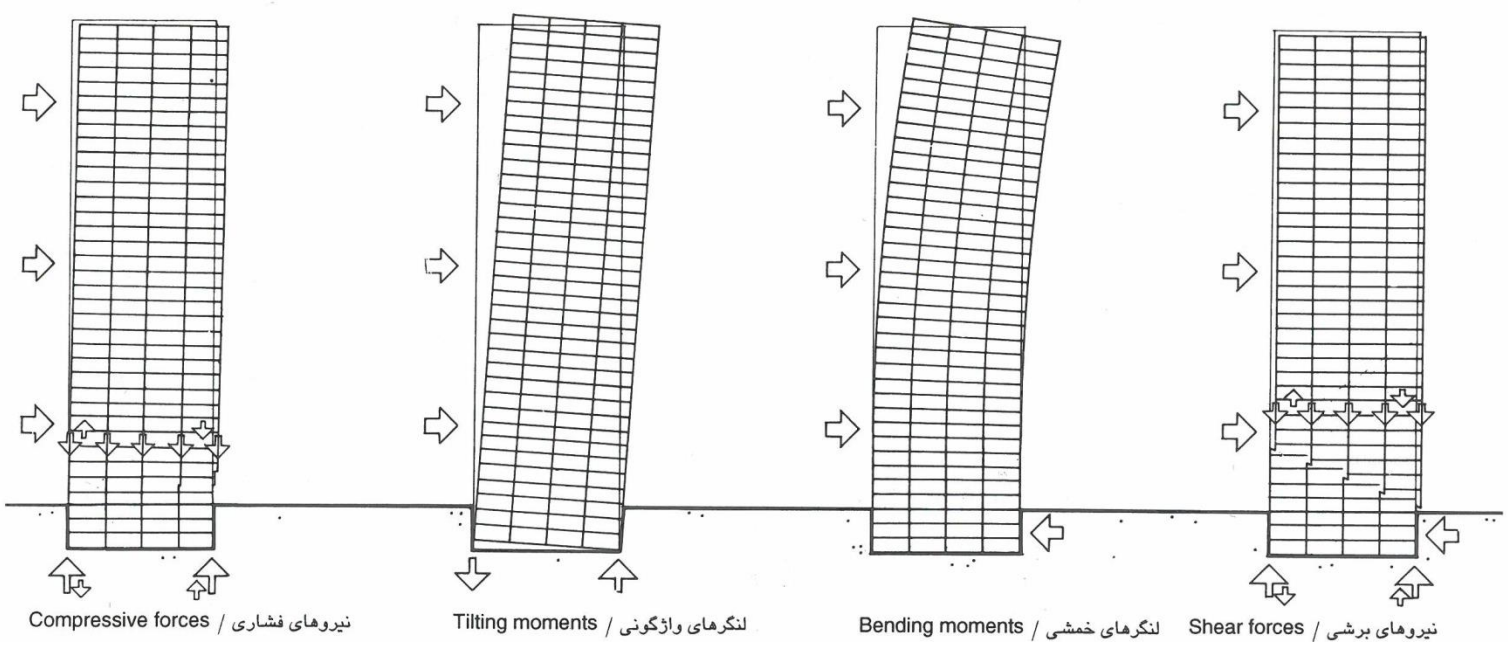
2. سیستم انتقال بار قائم از کف طبقات: انتقال بار به زمین

3. سیستم مهار بندی جانبی در برابر بارهای افقی : پایدارسازی



بارهای بحرانی و تغییر شکل

- بارهای نهایی جهت طراحی یک سیستم سازه قائم از اجتماع اثر قوای بار مرده وزن ،بار زنده و بارهای جانبی نتیجه می شوند. این بارها یک نیروی برآیند مایل به وجود می آورند. هر اندازه زاویه این نیرو با افق کوچکتر باشد ،مشکلات انتقال آن به زمین بیش تر است.

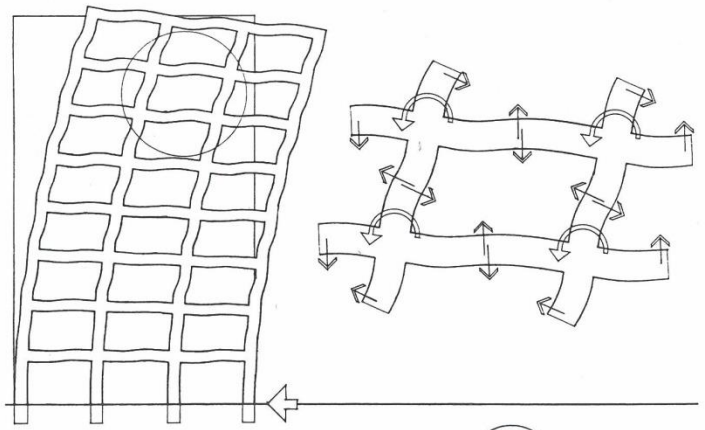


مکانیزم سیستم های نمونه سخت کننده قائم

• سیستم قاب صلب

این سیستم جهت سختی جانبی بر مقاومت خمشی اعضای قاب و اتصالات صلب آنها متکی است.

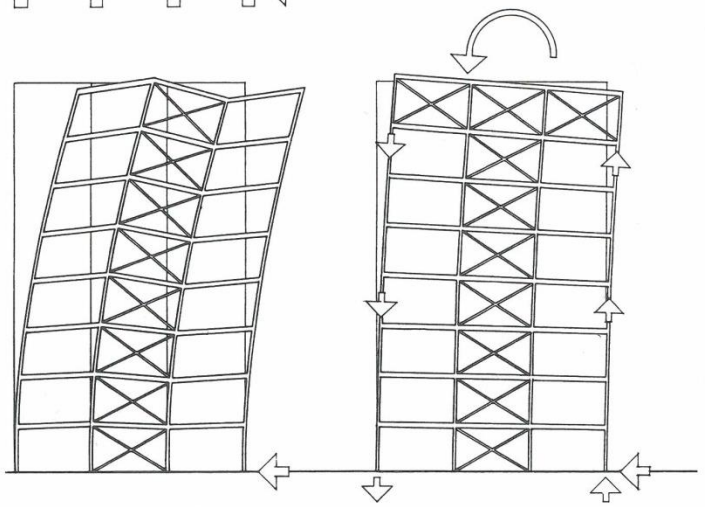
تغییر شکل ناشی از بارگذاری جانبی ،نیروهای برشی عرضی در تیرها و ستون های قاب تولید می کند. به علت صلبیت اتصالات ،این نیروها لنگرهای چرخشی در گره ها تولید کرده که با تغییر شکل جانبی قاب مقابله می کنند.



• سیستم سخت کننده فوقانی

با سخت کردن طبقه فوقانی و بستن آن به دیوار برشی ،مکانیزم سخت شدگی مشخصا افزایش می یابد. از طریق سخت کننده فوقانی هر تغییر شکل دیوار برشی به طور همزمان تکیه گاههای خارجی را تحت تنش قرار می دهد.

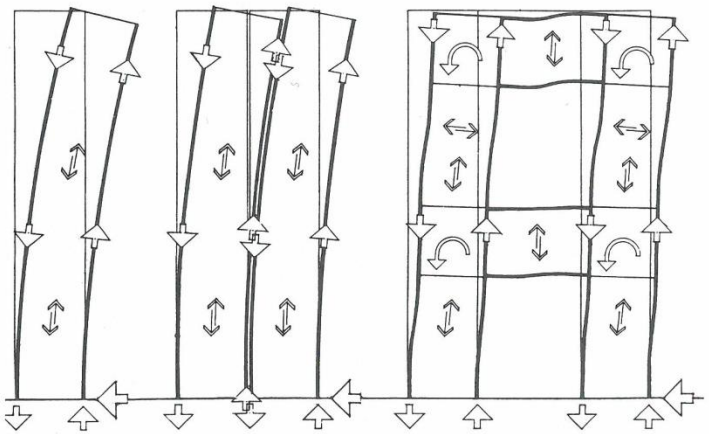
نیروهای فشاری و کششی حاصله یک لنگر معکوس به وجود می آورند که به طور قابل ملاحظه ای تغییر مکان جانبی و تنش های خمشی را کاهش می دهد.



• سیستم لوله ای

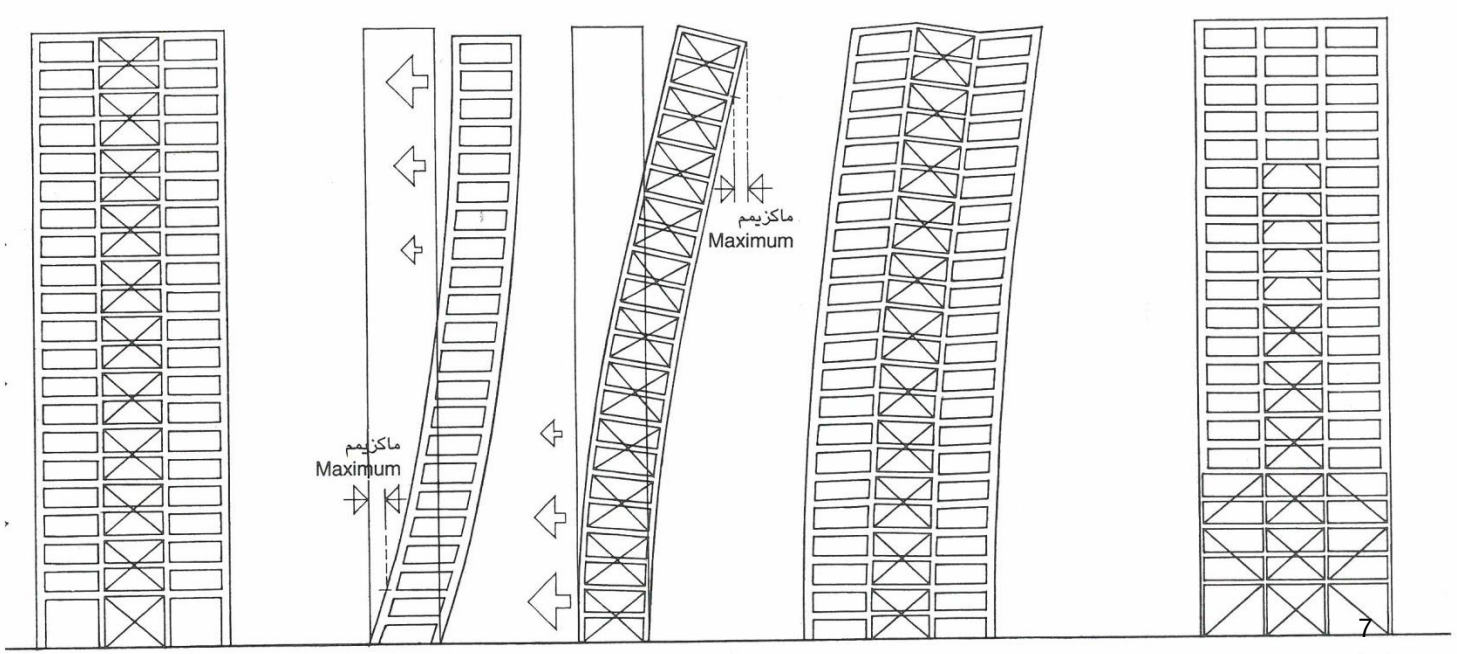
ساختار مقاوم در برابر برش دیوارهای خارجی و اتصالات صلب آنها به یکدیگر اصول اساسی لوله با انتهای گیردار را تشکیل می دهند. در مقابل بارگذاری جانبی این سیستم سازه ای فوق العاده موثر است به علت:

1. شمول همه تکیه گاه ها ،ملحقات،اجزای لبه ای و درگاهی و غیره دیوارهای خارجی در مکانیزم مقاومت جانبی
2. گستردگی بهینه صفحات قائم عامل مقاومت

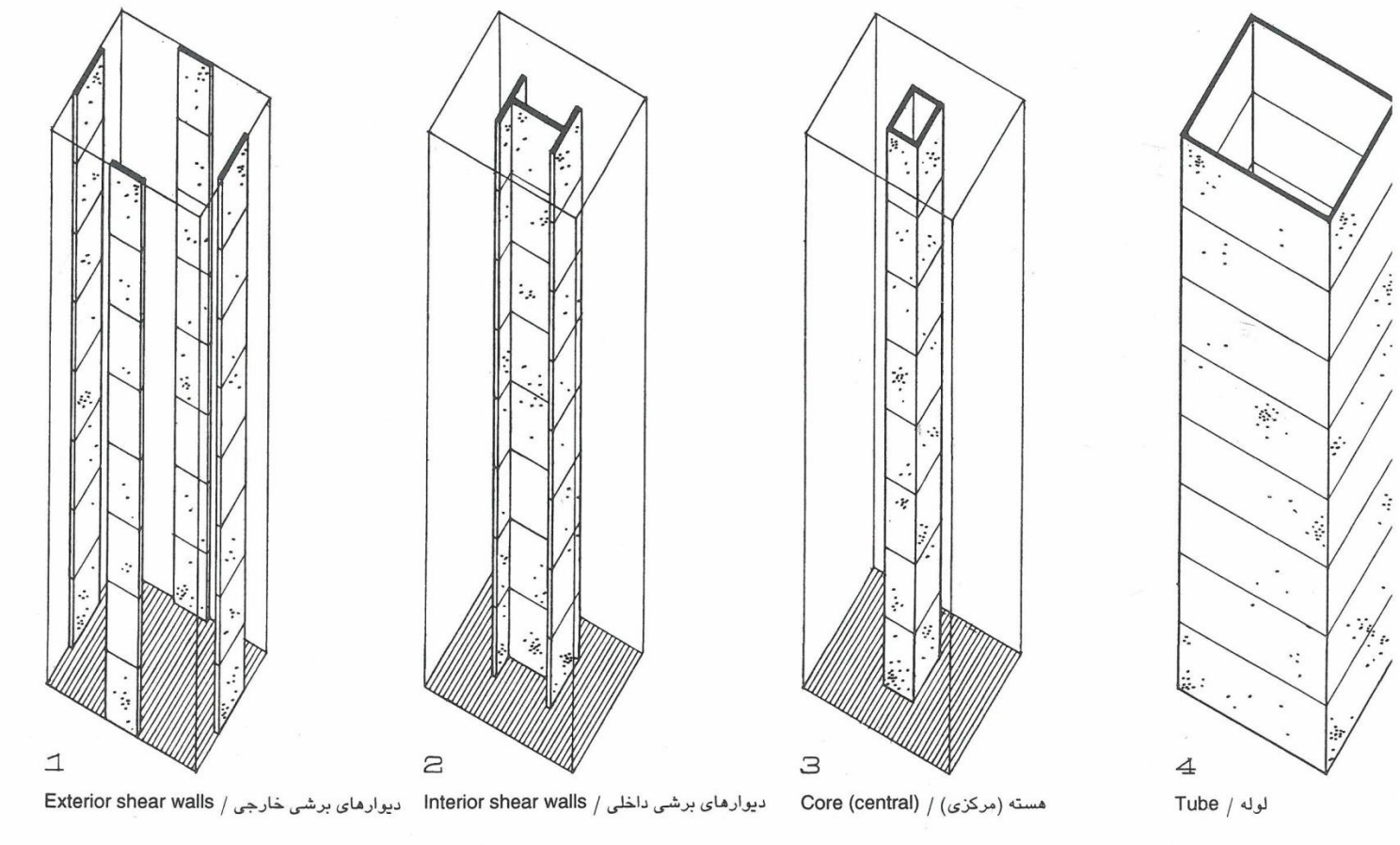


مکانیزم پایدارسازی ترکیب قاب+دیوار برشی

- در سازه های قاب صلب اساسا تغییر شکل های رانشی افقی رخ می دهند ،که در پایه حداکثر هستند. بنابراین سختی سازه در قسمت فوقانی است.
- در سازه های دیوار برشی اصولا تغییر شکل های خمشی رخ می دهند، که در ناحیه بالایی حداکثر هستند. بنابراین سختی سیستم در قسمت تحتانی است.
- با ترکیب دو سازه،تغییر شکل های متضاد فوق یکدیگر را خنثی می کنند ، در نتیجه تغییر مکان جانبی کل سازه به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.

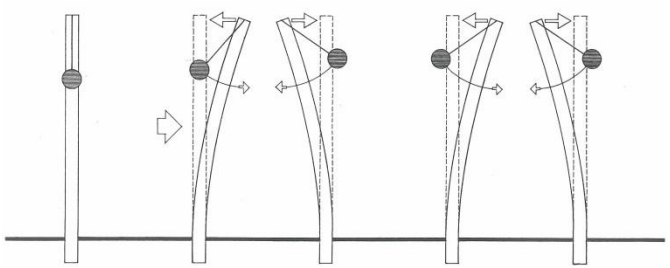


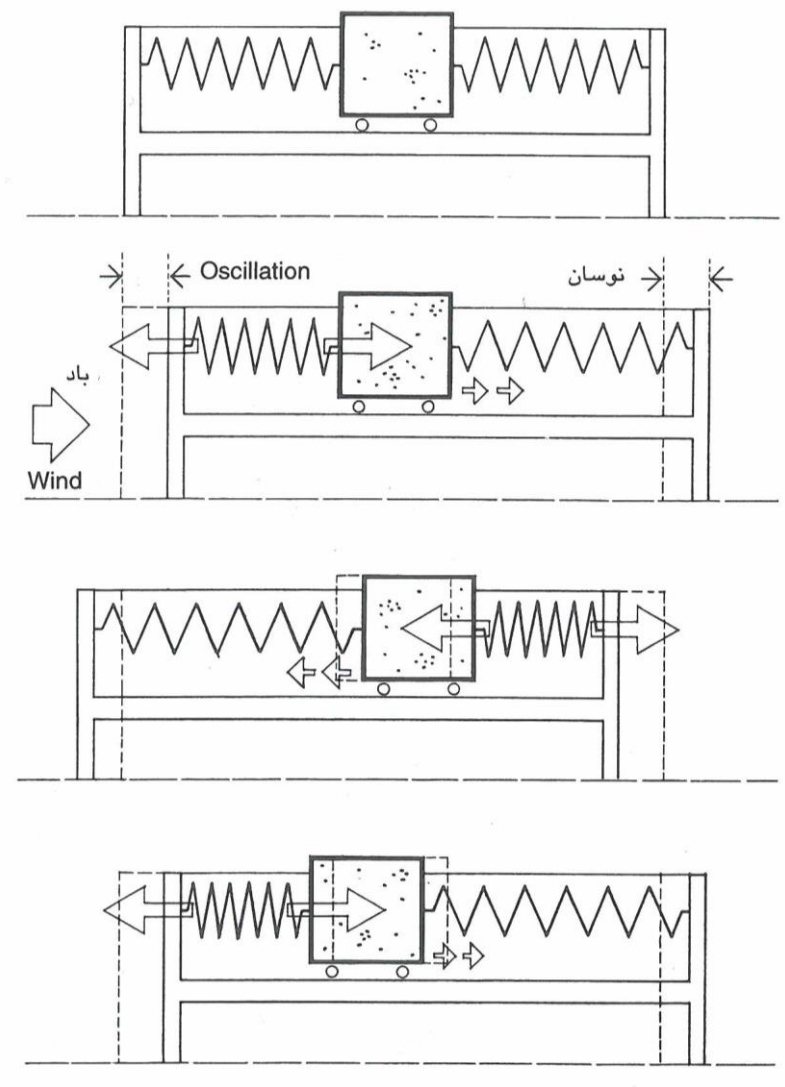
فرم های استاندارد جهت سیستم های پایدارسازی قائم

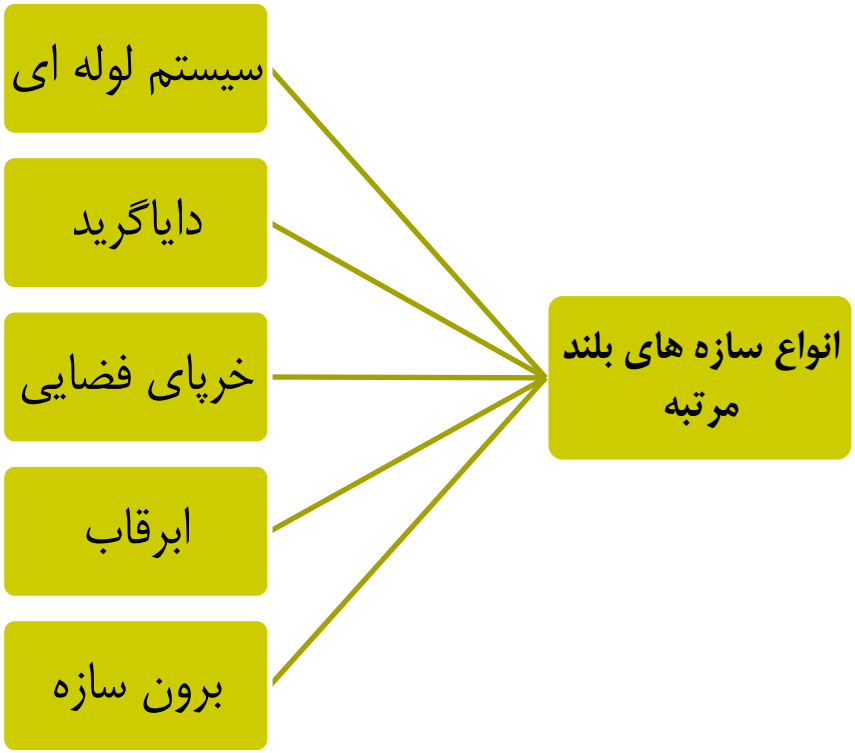


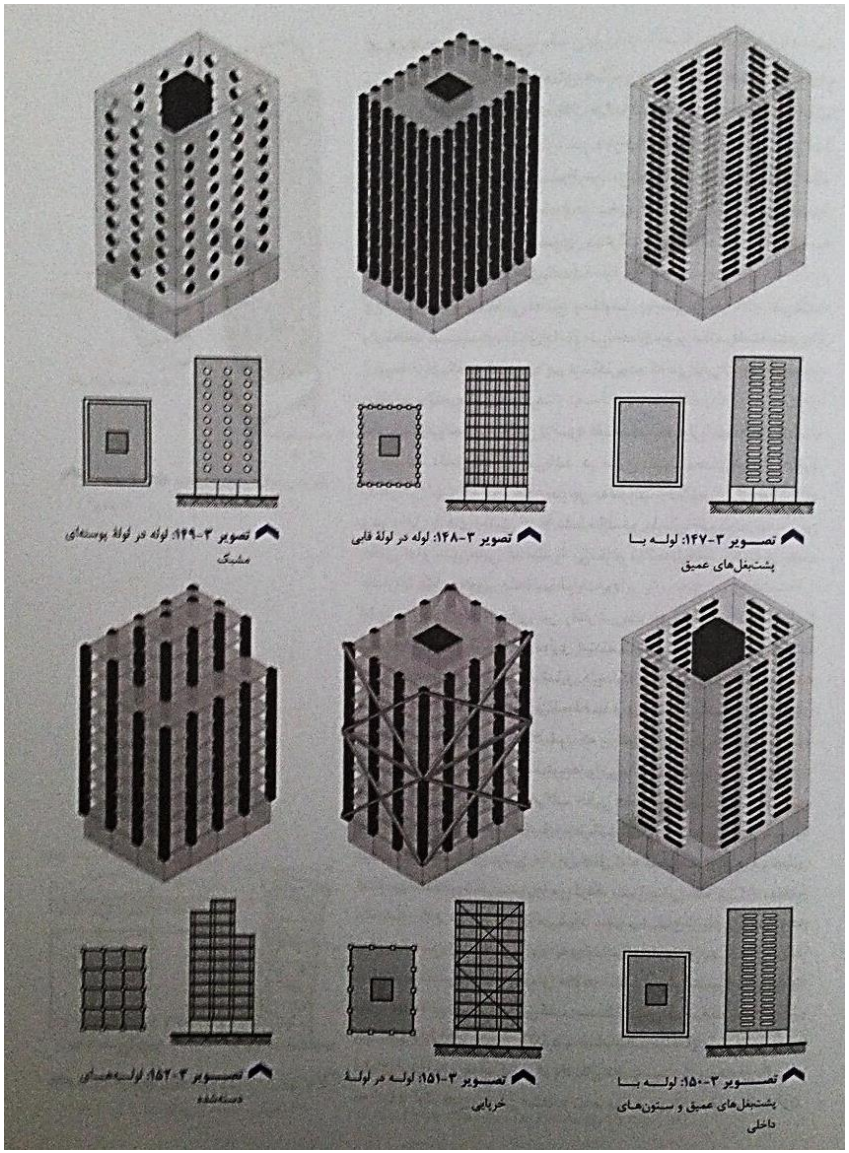
مستهلک کننده های ارتعاشات دینامیک در سازه های مرتفع

- رفتار مستهلک کننده میزان شده دینامیک باد ،می تواند با حرکت نوسانی یک جرم سنگین آویخته شده از بالای یک میله مقایسه شود.



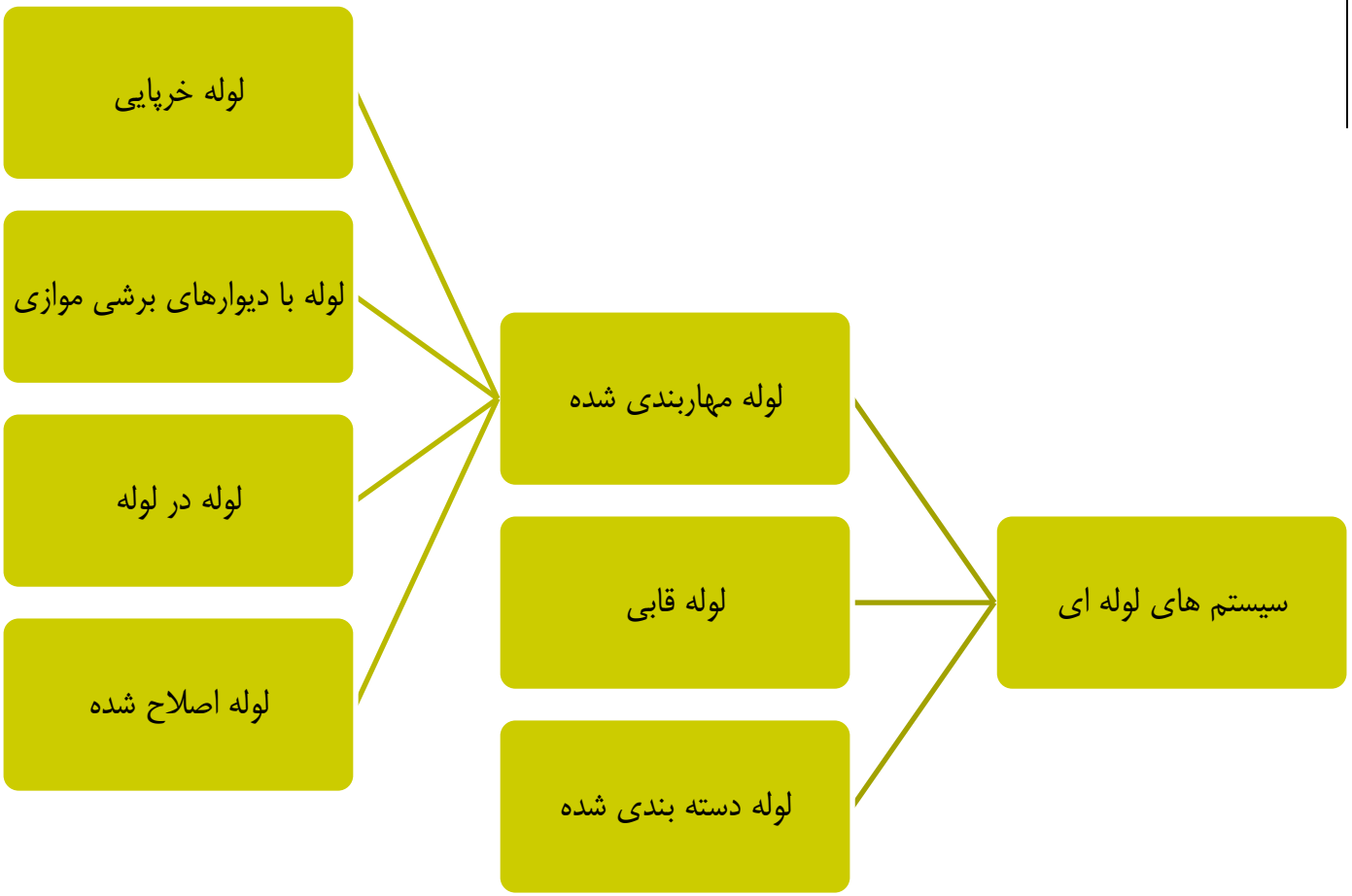



انواع سازه های بلند مرتبه
سیستم لوله ای
دایاگرید
خرپای فضایی
ابرقاب
برون سازه



سیستم های لوله ای

در طرح لوله ای فرض می شود که عناصر سازه ای پیرامونی ساختمان در مقابل بارهای جانبی همچون یک تیر با مقطع صندوقی (جعبه ای) تو خالی که از زمین طره شده است عمل کند. چون دیوارهای خارجی تمام یا بیشتر بار جانبی را تحمل می کنند، مهار بندی های قطری یا دیوارهای برشی داخلی پر هزینه حذف می گردند.
دیوارهای لوله از ستون هایی تشکیل می شوند که به فواصل کم در مجاورت یکدیگر در اطراف محیط ساختمان قرار می گیرند.
بازده سازه ای سیستم های لوله ای به قدری زیاد می باشدکه در اکثر موارد مقدار مصالح سازه ای مصرف شده برای هر فوت مربع کف (یا سقف) قابل مقایسه با مقدار مصالح مصرف شده در ساختمان های قابی متداول به ارتفاع نصف می باشد.


سیستم های لوله ای
لوله مهاربندی شده
لوله قابی
لوله دسته بندی شده
لوله خرپایی
لوله با دیوارهای برشی موازی
لوله در لوله
لوله اصلاح شده

لوله قابی

در این سیستم لوله ای دیوار های خارجی سا ختمان از شبکه ای از تیرهای نزدیک به هم تشکیل می شود که با اتصالات صلب به یکدیگر متصل می باشند و این دیوارهای خارجی به توسط عمل لوله طره شده بدون استفاده از مهار بندی داخلی بارهای جانبی را تحمل می کنند.
این سیستم دارای سختی جانبی و مقاومت پیچشی بالا می باشد و در عین حال از لحاظ تقسیم بندی فضای داخل آن انعطاف پذیر است.ستون ها و تیرها در شبکه به قدری نزدیک یکدیگر و با فاصله کم قرار داده می شوند که می توان از آنها به عنوان چهار چوب یا قاب پنجره ها استفاده نمود.

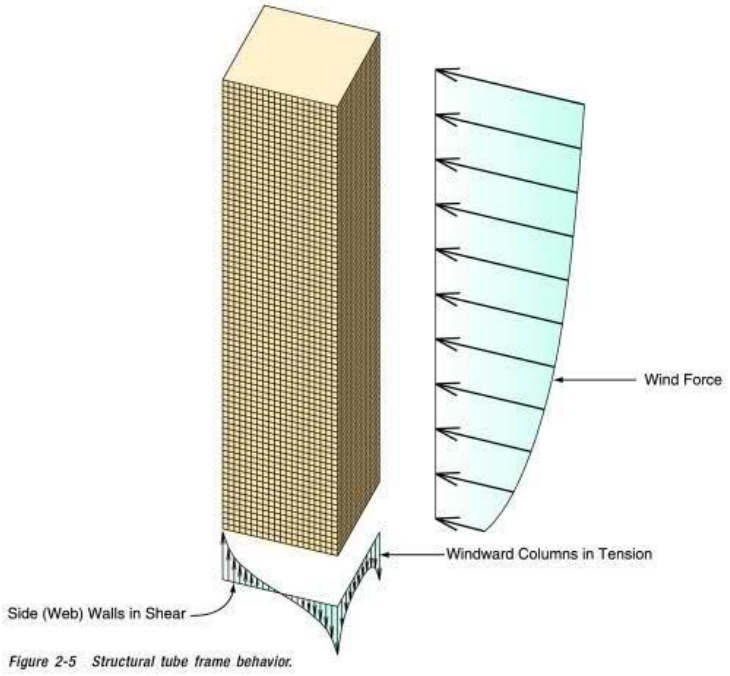


Figure 2-5 Structural tube frame behavior.

لوله مهاربندی شده

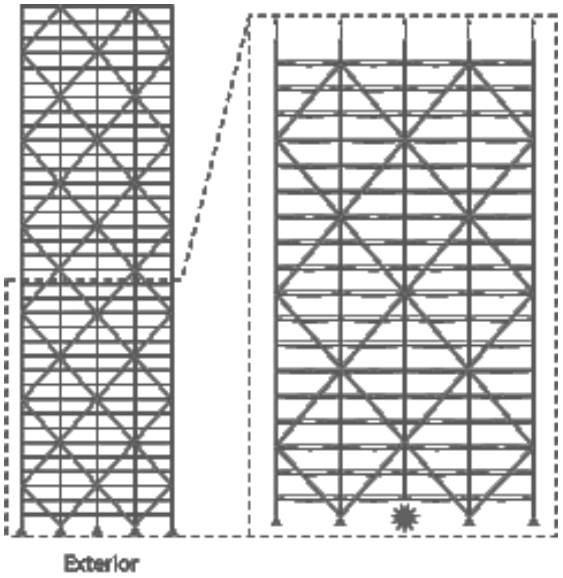
لوله خارجی را ممکن است یا با افزودن عناصر قطری در صفحه های خارجی تقویت نمود و یا آن را از داخل با اضافه نمود دیوار های برشی یا هسته های داخلی تقویت کرد.
مهاربند لوله ای به همکاری نزدیک معمار و مهندس سازه نیاز دارد.چرا که :
– نمای مهاربندی نوعی بیان معمارانه است
–مهاربند لوله ای فضای همکف را اشغال می کند.

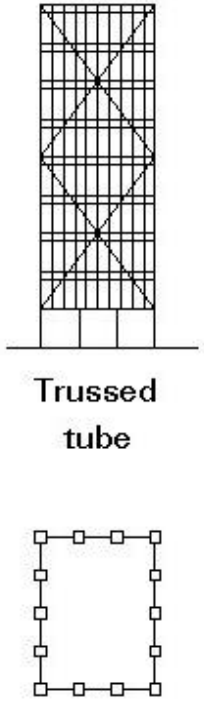
انواع لوله مهاربندی شده:

۱) لوله خرپایی
۲) لوله با دیوارهای برشی موازی
۳) لوله در لوله
۴) لوله اصلاح شده

۱) لوله خرپایی

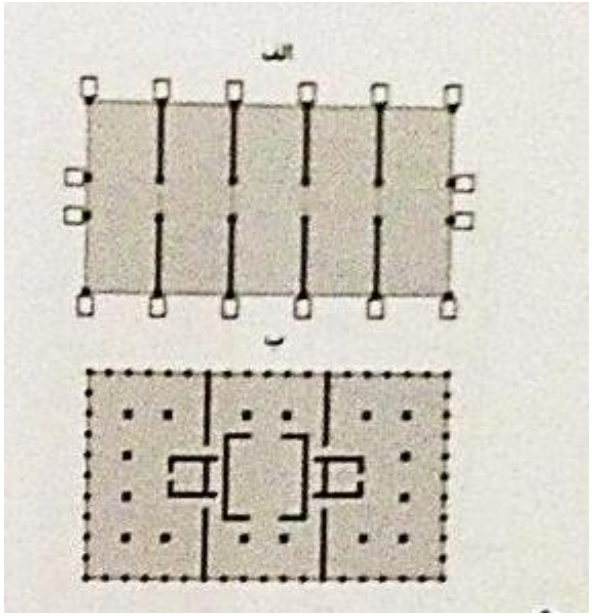
ضعف لوله قابی در انعطاف پذیری تیرهای آن قرار دارد. با اضافه نمودن عناصر مورب (قطری) به مقدار زیادی بر صلبیت لوله افزوده می گردد. در این صورت قسمت عمده برش به وسیله عناصر قطری جذب می شود نه به وسیله تیرهایی که در بالا و پایین آنها پنچره قرار دارد.
یک ویژگی اصلی این سیستم قابلیت آن در توزیع یکنواخت بارهای متمرکز در سراسر سازه می باشد.





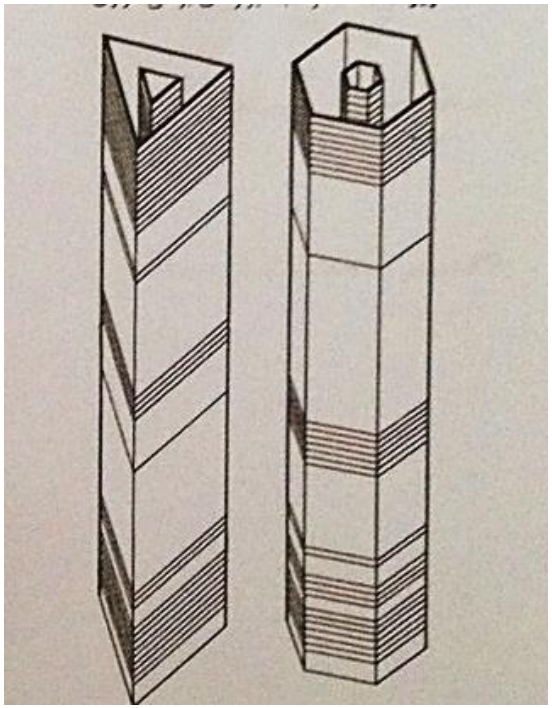
۲) لوله با دیوار های برشی موازی

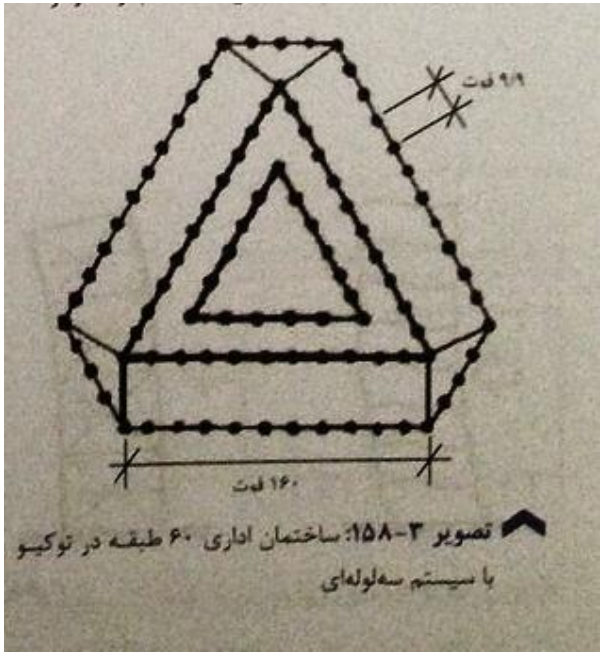
دیوار لوله ای خارجی را می توان با ترکیب نمودن دیوارهای برشی داخلی در نقشه افقی سازه تقویت کرد. دیوار های لوله خارجی را می توان مانند بال های یک تیر تشکیل شده از اعضاء متصل به هم از این تجسم نمود که در آن دیوارهای برشی جان تیر را تشکیل می دهند. تنشها در دیوارهای لوله خارجی اساساً محوری می باشند زیرا لنگی برش در این سیستم حداقل می باشد.



۳) لوله در لوله

با به کار بردن هسته نه فقط برای بارهای وزن بلکه همچنین برای تحمل بار های جانبی سختی سیستم لوله تو خالی به مقدار خیلی زیادی افزایش می یابد. سازه کف لوله های خارجی و داخلی را به یکدیگر متصل می کند و همگی در مقابل نیرو های جانبی به صورت واحد و مشترک عمل می نمایند.





تصویر ۳-۱۵۸: ساختمان اداری ۶۰ طبقه در توکیو با سیستم سه‌لوله‌ای

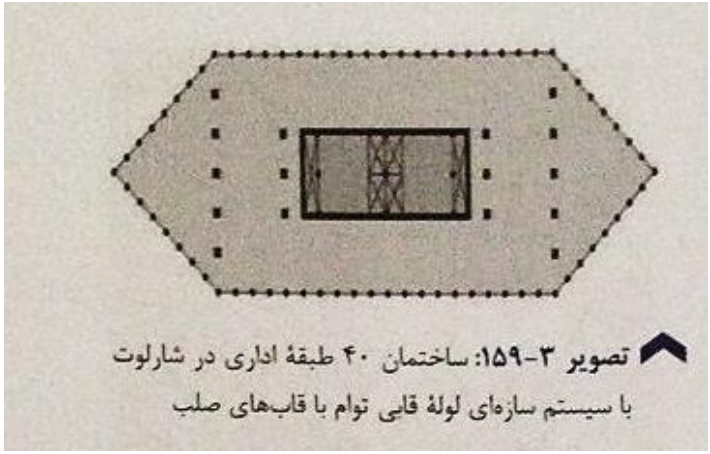
۴) لوله اصلاح شده

سیستم لوله ای در مورد ساختمان های با نقشه افقی دایره و تقریبا مربع بیشترین بازده را دارد. ساختمان هایی که از این شکل ها منحرف می شوند، در موقع استفاده از سیستم های لوله ای ملاحظات سازه ای ویژه ای را لازم دارند. دو مثال زیر چنین شرایطی را تشریح می کند.

– لوله قابی توأم با قاب های صلب :

شکل شش ضلعی ساختمان ۴۰ طبقه اداری در شارلوت واقع در ایالت کارولاینای شمالی طراحان را وادار کرد تا روش لوله ای را اصلاح کنند، گوشه های تیز این ساختمان شش ضلعی لنگی برش زیادی را نشان داد که استفاده موثر از سیستم لوله ای را غیر ممکن می ساخت .

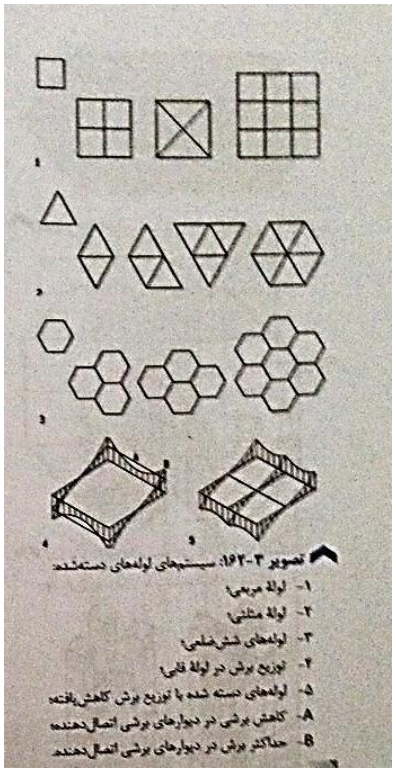
اضافه نمودن قاب های صلب در جهت عرض ساختمان موجب گردید که دیوارهای خارجی به یکدیگر متصل شوند، بدین ترتیب دیوارهای انتهایی در دو انتهای مثلثی شکل ساختمان به وسیله قاب های صلب تقویت گردیدند. با متصل کردن و بستن دیوار های پیرامونی به یکدیگر سیستم لوله ای موثری بدست آمد.



تصویر ۳-۱۵۹: ساختمان ۴۰ طبقهٔ اداری در شارلوت با سیستم سازه‌ای لولهٔ قابی توام با قاب‌های صلب

لوله های دسته شده

لوله قابی خارجی در این روش به وسیله دیافراگم های عرضی داخلی در هر دو جهت تقویت می گردد. بدین ترتیب مجموعه ای از لوله های حجره ای تشکیل می شود. هر یک از این لوله های مستقلاً قوی هستند، بنابراین ممکن است آنها را به هر شکلی دسته کرد و در هر ترازی قطع نمود.برتری دیگر سیستم لوله های دسته شده در محصور کردن سطوح بسیار وسیع طبقات قرار دارد.

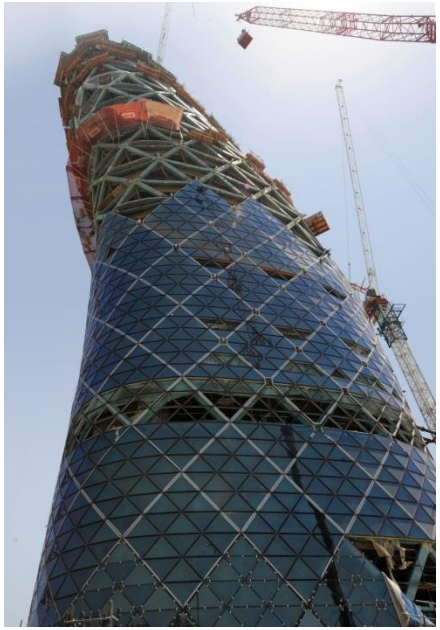


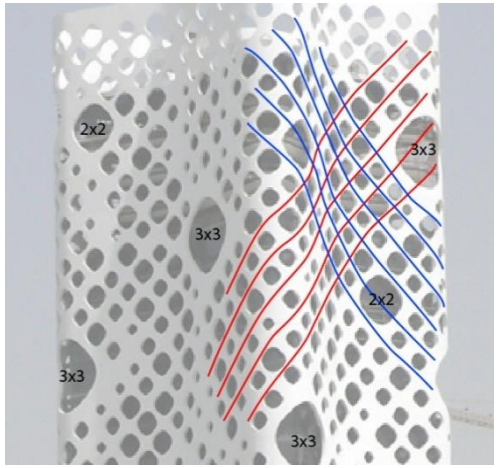
دایاگرید (شبکه مورب)

ظهور زیبایی شناسی تازه ای مبتنی بر عملکرد بهینه سازه ای، سبب شکل گیری سازه های دایاگریدی شده است.
سازه های دیاگریدی نوعی از سیستم هاس لوله ای هستند، حذف ستون های مرسوم در نما و بر عهده داشتن نقش تیر و ستون های سازه های معمول به طور همزمان توسط عناصر مورب، افزایش مقاومت خمشی و برشی مقطع، کاهش تغییر شکل های سازه، عملکرد سه بعدی سازه، مقاومت بسیار در برابر نیروهای جانبی، پیوستگی مسیر هدایت نیروها، تبعیت فرم از سازه بنا و امکان طراحی پلان آزاداز مهمترین ویژگی های این سازه است.

انواع سازه های دیاگرید:

سیستم دیاگرید فولادی
سیستم دیاگرید بتنی
سیستم های لاله ای شکل فولادی



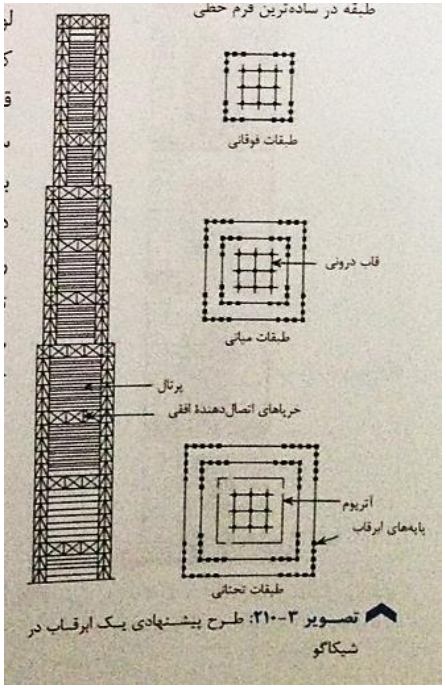


خرپای فضایی

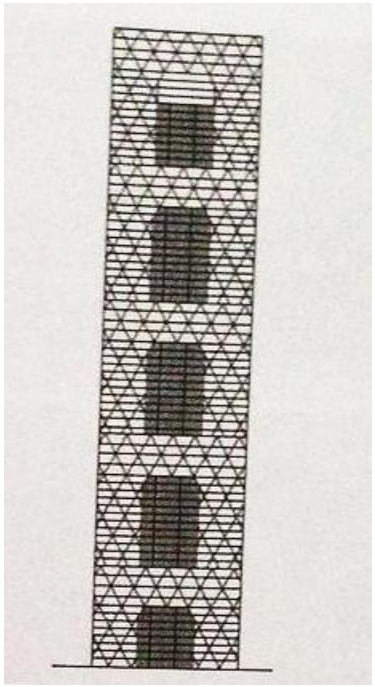
سازه های خرپای فضایی، لوله های مهاربندی شده اصلاح شده ای هستند که مهاربندی های قطری داخل ساختمان را به خارج آن متصل می کنند.
تنها تفاوت این نوع سازه با لوله مهاربندی شده معمولی، نفوذ بعضی از اعضای قطری به داخل ساختمان است.
از این سیستم یه ندرت استفاده می شود.

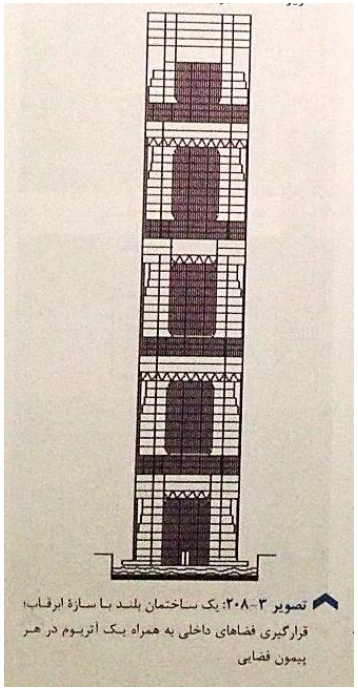
ابر قاب

سازه ابر قاب به فرم یک پرتال تصور می شود که در بخش خارجی ساختمان قرار گرفته است. این سازه متشکل از پایه های عمودی است که در گوشه های ساختمان قرار گرفته و توسط عناصرافقی در هر ۱۵ تا ۲۰ طبقه بهم متصل شده اند.
از مزایای این گونه سازه ها آن است که بازشو های بزرگ روی سازه در نمای خارجی سبب آزادی در طراحی نما و دسترسی به نور طبیعی می شود.



تصویر ۳-۲۱۰: طرح پیشنهادی یک ابرقاب در شیکاگو




تصویر ۳-۲۰۸: یک ساختمان بلند با سازهٔ ابرقاب؛ قرارگیری فضاهای داخلی به همراه یک آتریوم در هر پیمون فضایی

حداکثر طبقات سیستم های سازه ای

در این رابطه پیشنهاد های گوناگونی توسط موسسه های علمی میشود.
سیستم های سازه ای ساختمان های بلند را بر اساس ارتفاع و با توجه به بازدهی به صورت دیاگرام های ارتفاع سیستم های سازه ای ارایه می کنند.

- **سیستم های فولادی:**

قاب خمشی فولادی----------۳۰ طبقه
قاب خمشی مهار بندی شده---۴۰ طبقه
خرپای کمربندی----------۶۰ طبقه

- **سیستم های بتنی:**

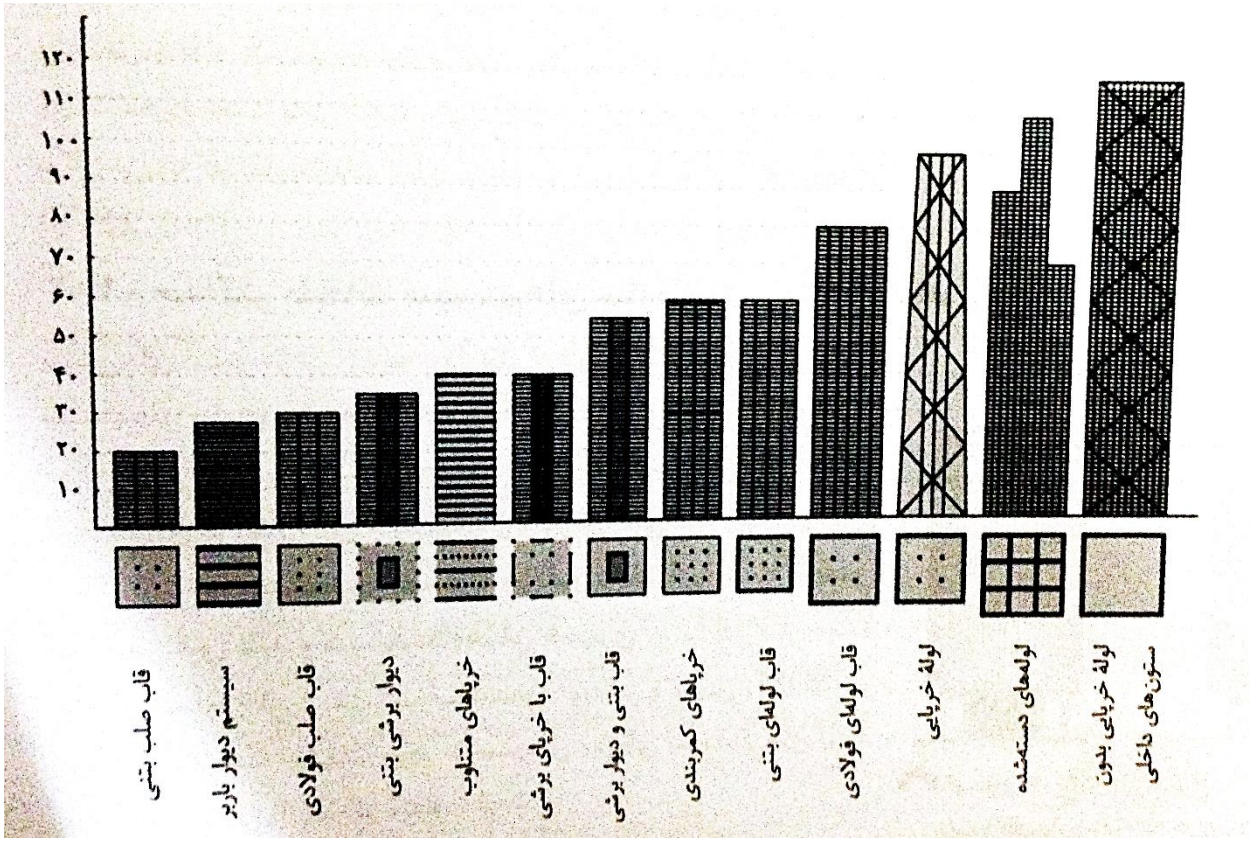
قاب خمشی بتنی----------۲۰ طبقه
دیوار برشی بتنی----------۳۵ طبقه

- **سیستم های لوله ای:**

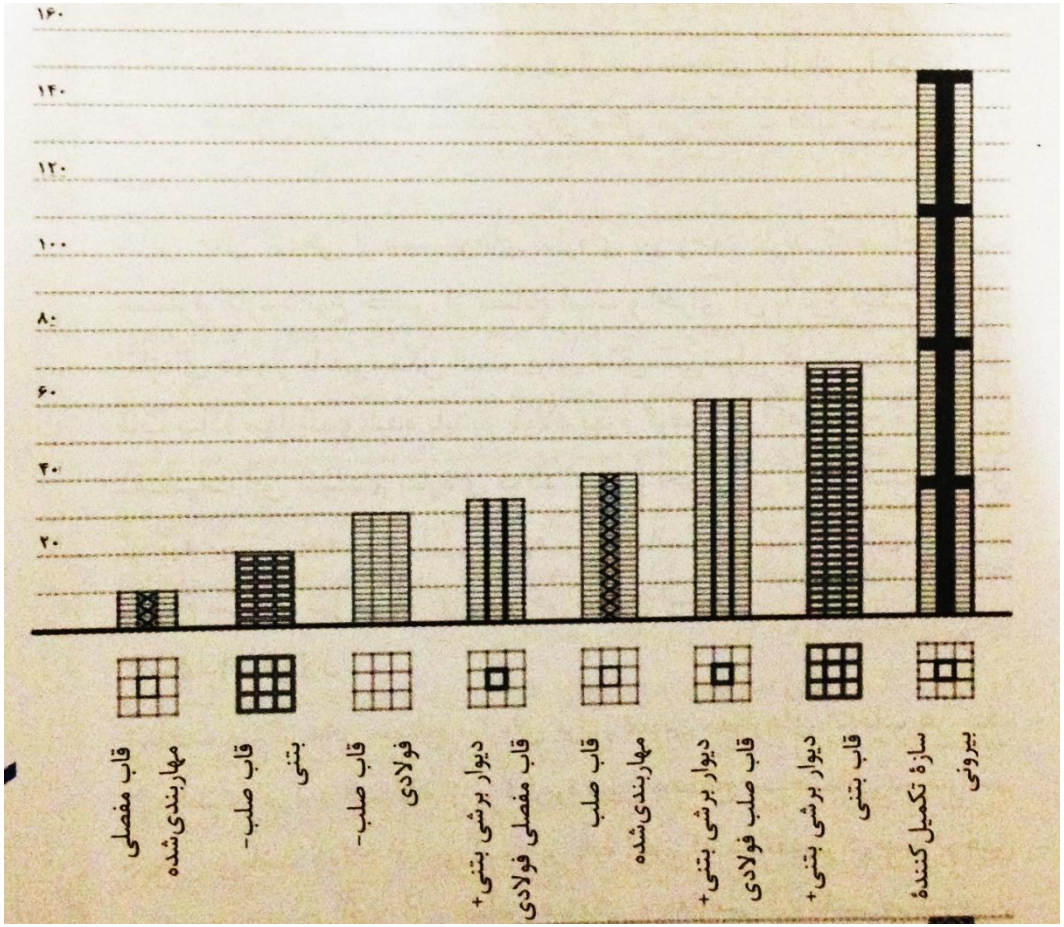
سیستم لوله ای فولادی------۸۰ طبقه
سیستم لوله ای بتنی---------۶۰ طبقه
لوله مهاربندی شده----------۱۰۰ طبقه
لوله دسته شده----------۱۱۰ طبقه
لوله خرپایی بدون ستون داخلی-------۱۲۰ طبقه

سیستم های سازه ای ساختمانهای بلند بر حسب ارتفاع:

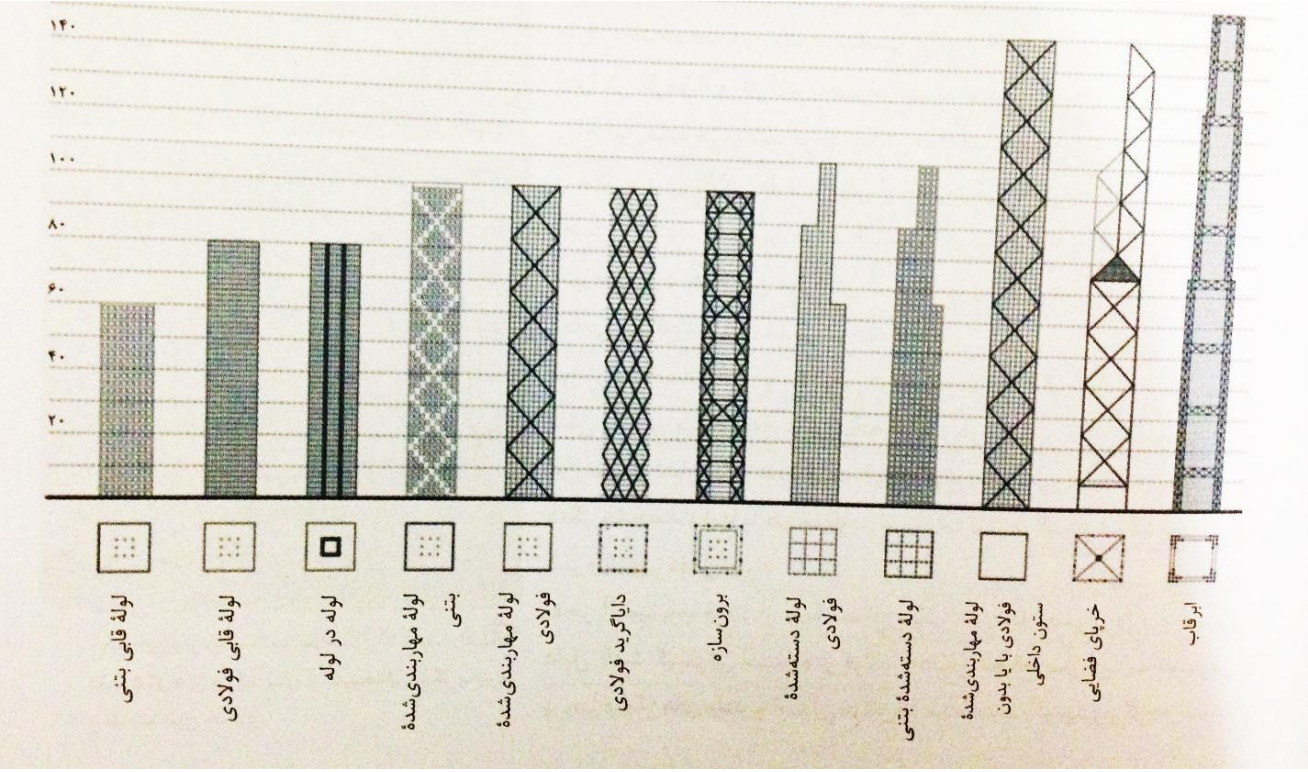
در نمودار زیر سیستم های سازه ای بهینه برای ساختمانها بر حسب ارتفاع و تعداد طبقات بر اساس مطالعات پیشنهاد شده است.



نمودار زیر سیستم های سازه ای ساختمانهای بلند بر حسب ارتفاع :سازه های داخلی



نمودار زیر سیستم های سازه ای ساختمانهای بلند بر حسب ارتفاع :سازه های خارجی



سازه های نو

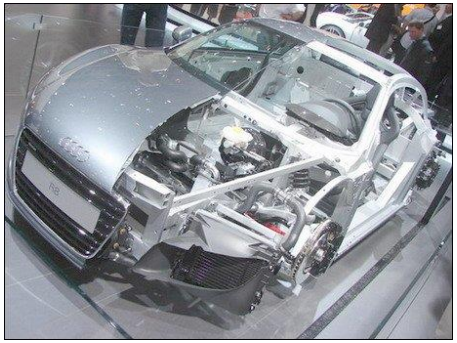
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

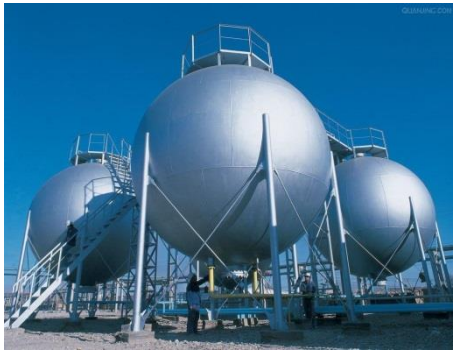
دانشگاه سوره

معرفی سازه های پوسته ای

تهیه کنندگان: صدیقه حیدری/ مینا خامی زاده/ معصومه شعبانی مقدم

شناخت کلی پوسته ها





واژه ی پوسته تداعی کننده ی اشکال موجود در طبیعت مانند تخم پرندگان، پوسته ی نرم تنان، پوسته یا رویه ی بذر یا تخم یک حشره است.

به این ترتیب در می یابیم که:

۱- پوسته ها محکم و منحنی شکل هستند

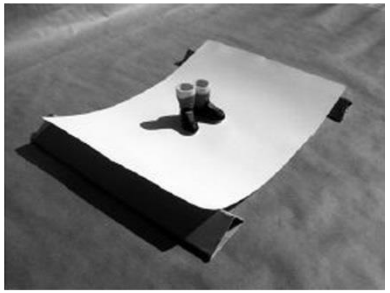
۲- سطح صاف و مسطح هرگز نمی تواند یک پوسته را تشکیل دهد

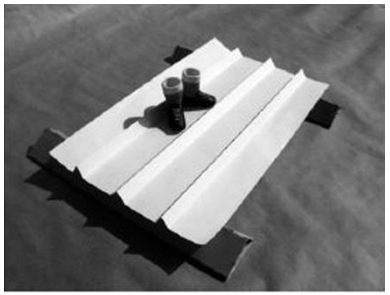
سازه های پوسته ای از نظر مهندسی از پر بازده ترین انواع سازه ها به شمار می روند. بسیاری از فرم های موجود در طبیعت مانند جمجمه سر موجودات زنده، پوسته های سخت بسیاری از جانوران و عناصر حافظ اندام گیاهی و جانوری، به شکل پوسته ای هستند. پوشش های پوسته ای سقف ها، مخازن آب و گاز، سیلو ها، بدنه هواپیما ها و کشتی ها و خودرو ها، از چنین فرم هایی در طبیعت الهام گرفته اند.

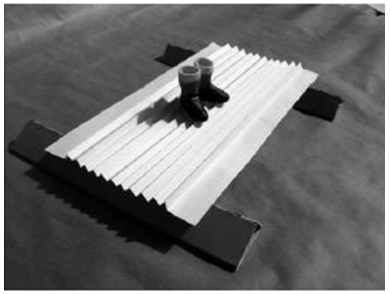
پوسته سازه ای نازک با سطح منحنی است که بار ها را فقط از طریق کشش، فشار و برش به تکیه گاه ها منتقل می کنند و به علت ضخامت کمی که دارند، قابلیت مقاومت در برابر خمش ناحیه ای تولید شده از طریق بار های متمرکز را ندارند.

پوسته ها اغلب از بتن مسلح ساخته می شوندو در درصد کمی از مواقع از دیگر مواد همچون چوب چند لایه، پلیمر ها و پلاستیک ها هم برای ساختن پوسته ها استفاده می شود.

عملکرد کلی پوسته ها







یک ورق کاغذ به طور عادی در دست خم می شود و حتی توانایی تحمل وزن خود را هم ندارد، اما اگر به قسمت میانی کاغذ اندکی فشار وارد شود، به طوری که گوشه های آن کمی به بالا خم شوند، این فرم علاوه بر وزن خود، مقداری بار اضافی را هم تحمل می کند.

انحنای رو به بالا ظرفیت تحمل بار کاغذ را افزایش می دهد، زیرا این فرم باعث می شود مقداری از مصالح دور از مرکز ثقل جسم قرار گیرد و مقاومت خمشی آن افزایش یابد.

مهندسان طراح و محاسب تمامی عوامل تأثیر گذار در ایجاد خمش در پوسته را حذف کرده و تأکید بر نازک بودن پوسته ها با توجه به طول دهنه دارند تا پوسته شبیه یک غشا عمل کرده و تمام نیرو ها مماس بر سطح غشا وارد شوند.

بنا به دلایل عملی و اجرایی، بخش های مختلف یک پوسته اغلب در قسمت انتهایی باید ضخیم باشند. این ضخامت سبب آشفتگی و عدم تمرکز در الگوی تنش در پوسته می شود. برای انجام محاسبات دقیق مربوطه برای مهندس طراح، حالت ایده آل ایجاد ضخامت یکنواخت در تمامی پوسته است. هر گونه بی نظمی و عدم تقارن برای وی به معنی آشفتگی و اغتشاش است و این خود دلیلی است بر محدود شدن اشکال پوسته.

نسبت ضخامت به شعاع منحنی در گند های سنتی: ۱/۵۰

در پوسته ی تخم مرغ: ۱/۱۰۰

در ^{3}گنبدهای پوسته ای جدید: ۱/۸۰۰

پیشینه تاریخی پوسته ها

Figure 20.2 Cosmic Rays Laboratory, 1951

در سال ۱۹۳۰ ادوارد تروجا، مهندس برجسته ی اسپانیایی، یک تاق بتنی با ارتفاع کم و ضخامت تقریبی ۹ سانتی متر و دهانه ی ۴۶ متر برای بازاری در شهر الجسیراس طراحی کرد. وی از یک حلقه ی کششی و کابل های فولادی استفاده کرد.

تقریبا در همان زمان پیر لوئیجی نروی، ساخت آشیانه های هواپیمای معروف خود برای نیروی هوایی ایتالیا را آغاز کرد. طرح های وی ابتدا در محل ساخته می شدند و بعد ها با استفاده از قطعات پیش ساخته.

فیلیکس کاندلا در سال ۱۹۳۰ یک مرکز تحقیقات هسته ای برای دانشگاه مکزیکوسیتی را با یک پوسته ی بتنی به ضخامت ۱۵ سانتی متر طراحی کرد.

هاینس ایسلر پیش از سال های ۱۹۵۵ارچه های خیس را در شب های سرد زمستان آویزان و سپس شکل های سفت و سخت شده را تجزیه و تحلیل می کرد.

دسته بندی پوسته ها

پوسته ها بر اساس هندسه، نوع شکل گیری و نوع انحنا طبقه بندی می شوند؛

هندسه ← پوسته های قابل توسعه: پوسته هایی که بتوان سطح هندسی آن ها را بدون ایجاد بریدگی ، تنش یا تغییر شکل به شکل صفحه ای مستوی در آورد.

پوسته های غیر قابل توسعه: شرایط پوسته های قابل توسعه را ندارند.

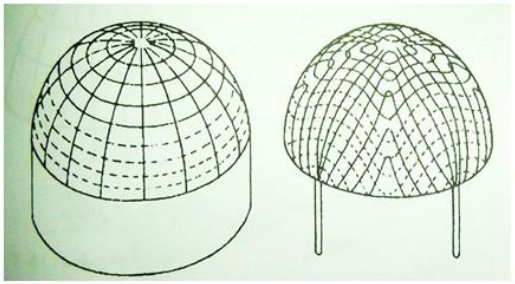
شکل گیری ← پوسته های دورانی: شکل گیری پوسته ناشی از دوران یک منحنی حول یک محور است.

پوسته های انتقالی: شکل گیری پوسته ناشی از انتقال یک منحنی در طول یک خط یا یک منحنی است.

نوع انحنا ← پوسته های سین کلاستیک: دو انحنای هم جهت

پوسته های آنتی کلاستیک: انحنای مضاعف و مختلف الجهت

انواع پوسته ها



تنش در نیم کره برای بار گذاری یکنواخت مورد مطالعه قرار گرفته

پوسته های گنبدی

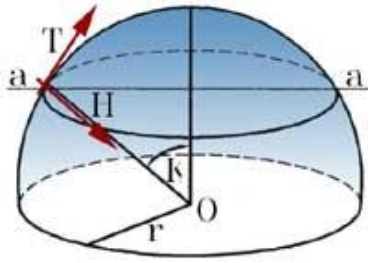
چون نازک هستند در برابر بار متمرکز ضعیف عمل می کنند

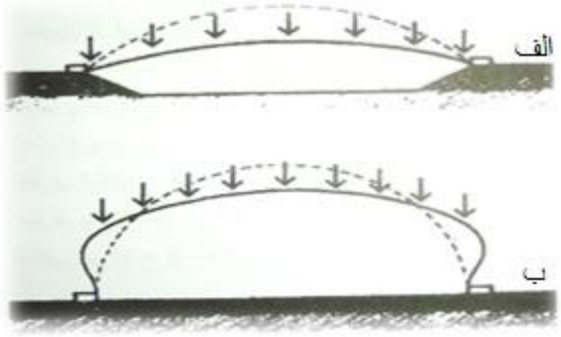
به سبب دارا بودن مقاومت برشی، در برابر بار های جانبی مقاوم اند.

* محدوده ی نیرو های کششی و فشاری در پوسته های گنبدی

برای قوس سهمی = ۴۵ درجه

برای قوس بیز = ۵۲ درجه

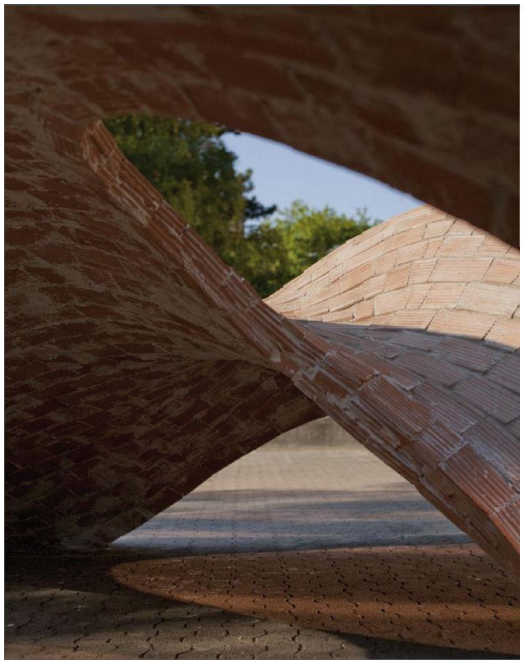


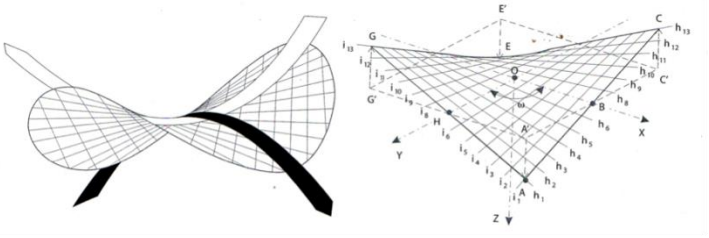


الف_بخش پایین تر گنبد تمایل به خمش رو به بالا دارد که این خمش بوسیله ی حلقه ی کششی مهار می شود

ب_گنبد نوخالی به طور کامل تحت فشار قرار میگیرند

انواع پوسته ها





پوسته های زین اسبی

انحنای دو گانه در دو جهت مخالف در پوسته های زین اسبی، به طور مشخص بر فعل و انفعال بین نیرو های کششی و فشاری تأکید دارد، که در آن هر نوع تنش به صورت بهینه از نظر افتصادی خنثی شده است.

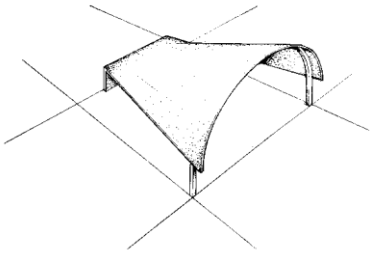
بار مرده ی سازه که اغلب بیشترین بار در این سقف است، به طور کاملا سودمند به وسیله ی سهمی های آویزان شده ی تحت کشش و قوس های سهمی تحت فشار، تحمل می شود.

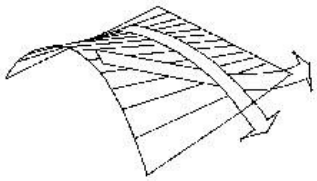
از آن جا که تمامی نیرو های فشاری حاصل از ترکیب قوس ها و رفتار زنجیر وار پوسته در جهت تکیه گاه انباشته می شود، ابعاد اعضای لبه ی سازه باید در همان راستا افزایش پیدا کند.

این سطح سازه ای با انحنای دو گانه، ذاتا پایدار است، بنابراین تکیه گاه ها یا باید برای تحمل حرکت های جانبی طراحی شوند یا به وسیله ی یک عنصر کششی به هم متصل شوند.

Figure 7.1 Tile vault prototype at ETH Zurich, Switzerland, 2011

انواع پوسته ها

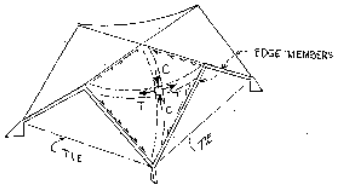


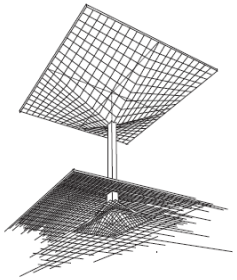


پوسته های زین اسبی

شامل:

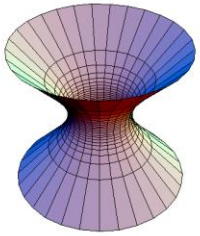
* پوسته های شبه مخروطی





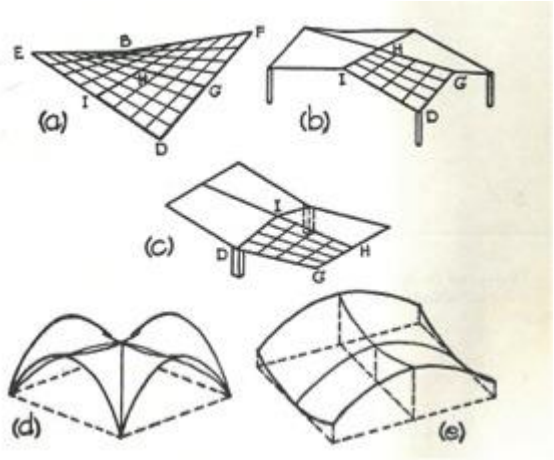
از حرکت یک خط مستقیم که یک سر آن بر منحنی و سر دیگر بر خط منحنی دیگر

* پوسته های شبه هذلولی



از دوران یک خط مستقیم و مورب حول محور عمودی

* پوسته های سهموی هذلولی (هایپار)



از حرکت یک سهمی محدب بر روی یک سهمی مقعر مشابه از حرکت یک خط که دو سر آن متکی بر دو خط با شیب متفاوت است.

انواع پوسته ها

پوسته های استوانه ای

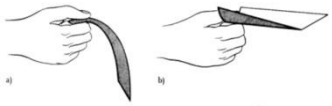
شبیه به گیاه بامبو هستند.

با وجود انحنا، هیچ وجه مشترکی با اصول استاتیکی قوس ندارند

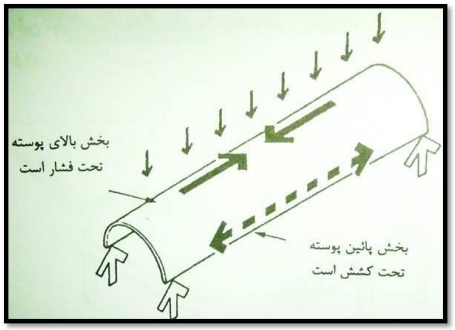
رفتاری مانند تعداد زیادی ورق تا شده دارند.

در یک جهت دارای انحنا

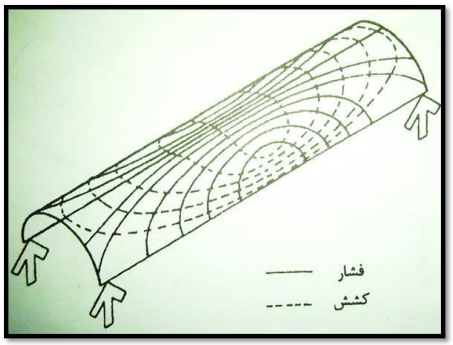
و درجهت عمود، خط صاف اند.



افزایش مقاومت و قابلیت باربری با ایجاد انحنا

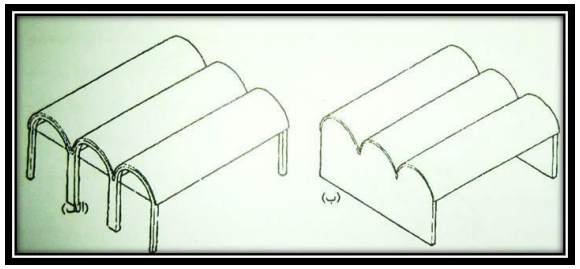


رفتار ترکیبی از کشش و فشار



دارای مقاومت کششی و برشی

عدم نیاز به تکیه گاه ممتد به جز گوشه ها



مانند ورق تا شده انتهای تکیه گاهی آن ها باید سخت شود.

انواع پوسته ها

پوسته های استوانه ای

در دو دسته قابل بررسی هستند:

* پوسته های استوانه ای بلند

- اگر در راستای دو لبه خود انحنا پیدا کنند(منحنی مضاعف) موجب آزاد شدن لبه ها از سخت کننده می گردند.
- فرم سهمی گون عامل دیگری در تسهیل انتقال بار است.
- نسبت دهانه به ارتفاع از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
- نسبت مناسب، ۲ میباشد که در عمل بین ۶ تا ۱۰ است.

* پوسته های استوانه ای کوتاه

- وجود تکیه گاه های نزدیک به یکدیگر
- خیز چشمگیر(مناسب برای مراکز تجاری، استادیوم...)
- فرم سهمی گون عامل تسهیل انتقال بار است.
- مناسب برای پوشش دهانه های عریض

انواع پوسته ها

پوسته های با فرم آزاد

* قوانین طبیعی فرم سازه را تعیین می کنند و آن را از قوانین اجباری و سخت هندسه رها می کنند.

* فرم آزاد به معنی رهایی از تمامی نظم های هندسی نیست اما توسط قوانین صرف هندسی نیز تعیین نمی شود.

* نقش هندسه بیشتر نقش کمکی است و نه تعیین کننده.

* کاندلا: برای به دست آوردان نیرو های موجود در لبه ها، تنها راه حل محاسبه تنش ها است. نه فقط ارائه حدسیاتی درباره تغییر شکل مصالح

* تروجا: همیشه می توان تنش ها و شرایط پایداری فرم یک پوسته نامتعارف را با استفاده از تکنیک های تجربی تجزیه و تحلیل توسط مدلهای آزمایشی تعیین کرد.

طراحی و اجرای سازه های پوسته ای

مصالح

* بتن:

با نسبت وزنی سیمان ۱، شن ۴ و ماسه ۲ برای سقف های پوسته ای با دهانه های معمولی کاملا مناسب است. برای پوسته هایی با با ابعاد بیشتر، بتنی با سیمان بیشتر با نسبت وزنی سیمان ۱، شن ۳ و ماسه ۱/۵ لازم است.

* میلگرد:

میلگردهای مصرفی در پوسته ها باید از جنس فولاد نرم و با قطرهای کم انتخاب شوند. اما در صورت استفاده از میلگردهای با قطر کم، امکان جابجایی هنگام ساخت پوسته وجود دارد. میلگردهای با اندازه های متوسط این مزیت را دارند که هنگام بتن ریزی دچار شکم دادگی می شود، اما دوباره به حالت اول خود باز می گردند. میلگردگذاری برای پوسته های دارای انحنای مضاعف مشکل تر از سایر پوسته هاست. برای پوسته هایی با انحنای منفرد، استفاده از شبکه میلگردها جوش شده مناسب تر از میلگردهای به هم بسته شده است. در مورد تیرهای کناری یا قوس های تقویتی می توان از میلگردهای آجدار با مقاومت کششی زیاد استفاده کرد.

طراحی و اجرای سازه های پوسته ای

ملاحظات اجرایی

میلگردهایی که به عنوان عناصر تقویتی در پوسته های بتنی استفاده می شوند، سه وظیفه عمده به شرح زیر برعهده دارند:

الف ـ تحمل نیروهای کششی از نیروهای کششی غشایی، نیروهای کششی ناشی از خمش و نیروهای کششی حاصل از نیروهای برشی عرضی و غشایی.

ب ـ تقویت بتن و جلوگیری از ترک خوردگی ناشی از جمع شدن بتن و اثرات ناشی از تغییرات دما.

ج ـ ایجاد شبکه ای برای توزیع یکنواخت نیروهای متمرکز.

آیین نامه های اروپایی، فاصله بین میلگردها را با توجه به نازکی بودن پوسته ها تا سه برابر ضخامت پوسته نیز مجاز می دانند. این فاصله در هر حال باید از ۴۵ سانتیمتر کمتر باشد. در صورت استفاده از میگردهای آجدار، این فاصله ممکن است تا ۳۰ سانتیمتر نیز کاهش یابد.

از لحاظ فنی، فولادهای تقویتی باید در جهات اصلی قرار گیرند، اما به دلیل هزینه زیاد این روش، میلگردها را به طور معمول در دو جهت عمود برهم قرار می دهند. در این صورت، به دلیل آنکه میگردها در امتداد اصلی تنش اجرا نمی شوند، باید بیش از میزان محاسبه شده، براساس امتداد اصلی باشند.

طراحی و اجرای سازه های پوسته ای

ضخامت پوسته

ضخامت اجزای دال بتنی به طور معمول با تعداد لایه های میلگردهای فولادی تعیین می شود. برای پوسته هایی با دو انحنا، اغلب فقط با دو لایه وجود دارد که در آن صورت پوسته دارای کمترین ضخامت ممکن خواهد بود. برای مثال در پوسته ای که دارای دو لایه میلگرد نمره ۱۰ و دو پوشش بتن به ضخامت ۱۳ میلیمتر است، ضخامت پوسته برابر ۴۵ میلیمتر خواهد بود. لازم به ذکر است در نظر گرفتن ضریب اطمینان نیز ضروری است. نباید تصور شود که پوسته ها با ضخامت بیشتر، مستحکم تر و قوی ترند.

حداقل ضخامت سازه های پوسته ای با توجه به عوامل زیر تعیین می شود:

الف ـ قطر میلگردهای تقویتی و حداقل پوشش لازم برای میلگردها

ب ـ قطر بزرگ ترین سنگدانه های مورد استفاده

ج ـ ملاحظات طراحی مانند ضوابط مربوط به کمانش

در آیین نامه آمریکا (***ACI318***) حداقل ضخامت پوسته از لحاظ اجرایی با توجه به عوامل الف و ت ۱۰ سانتیمتر تعیین شده است. آیین نامه های اروپایی نیز مقدار ۸ سانتیمتر را برای حداقل ضخامت پوسته های بتنی پیشنهاد کرده اند.

نمونه طراحی سازه های پوسته ای

پوسته های استوانه ای

۱ـ انتخاب ابعاد عناصر لبه پوسته

نسبت های بین ۱/۲۰ تا ۱/۲۵ طول پوسته را می توان به عنوان مقدار مناسب برای ارتفاع تیرکناری خارجی پوسته ها بکار برد.

۲ـ زاویه مرکزی و شعاع انحنا

به دلایل اجرایی مقدار نیم زاویه مرکزی به طور معمول بین ۳۰ تا ۴۰ درجه انتخاب شود اگر مقدار این زاویه از ۴۵ درجه بیشتر شود بتن ریزی پوسته مشکل می شود.

۳ـ خیز پوسته

خیز پوسته ای کوتاه نباید کمتر از ۱/۱۰ دهانه باشد برای پوسته های منفرد خیز کلی معمولا بین ۱/۶ تا ۱/۱۰ دهانه (کمتر از ۱/۱۵ طول پوسته نباشد)، انتخاب می شود.

نمونه طراحی سازه های پوسته ای

پوسته های چتری

- تنش های پوسته از قبل با معادلهٔ پوسته محاسبه می شود.
- دندانهٔ داخلی با تقاطع عنصر پوسته ایجاد می شود.
- دندانهٔ خارجی به طور معمول در گوشه های خارجی، پوسته را نگاه می دارد.

پوسته های هایپار با چهار شیب

عنصر خط الراس تحت فشار است و شاید به مساحت بیشتر در قسمت بالای پوسته نیاز داشته باشد. این عضو یک عنصر فشاری با طول زیاد است و برای تغییر شکل به سمت پایین با مقادیر نامحدود کمانش (که تاکنون اتفاق افتاده است)، آزاد است. بنابراین، خمیده کردن این عضو به سمت بالا برای جبران خیز رو به پایین مطلوب است.