

به نام آنکه جان را فکرت آموخت



سمینار درس سازه های فولادی پیشرفته

نام استاد:
دکتر ناصر شایختی

ارائه دهنده:
امیر شیرخانی

دانشجوی کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - سازه

Email: Amir_civil_100@yahoo.com

<http://Amircivil.blogfa.com>

موضوع سمینار: ساختمانهای صنعتی





کلیات:

این ساختمانها برای کاربری های صنعتی و تولیدی مورد استفاده قرار می گیرند.

اسکلت فولادی این ساختمانها با استفاده از مقاطع فولادی نورد گرم شده (شامل مقاطع قوطی) یا مقاطع فولادی نورد سرد شده ساخته می شود[۱].

به قابهای صنعتی با مقطع متغیر "سوله" نیز گفته می شود.

◎ بعلت تشابه شکل و سیستم سازه ای ساختمان انبارها،آشیانه های هواپیما،سالن های ورزشی با ساختمانهای صنعتی،آنها را نیز می توان در این گروه به حساب آورد[۱].



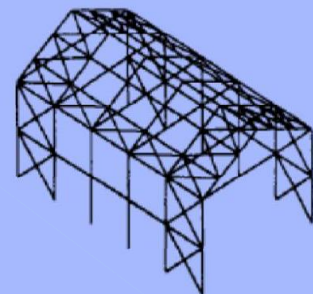
علل تشابه استخوان بندی ساختمانهای صنعتی:

به علت نیاز به فضاهای بزرگ برای بهره برداری، فاصله ستون ها تا حداکثر ممکن افزایش یافته و در نتیجه تعدادشان کاهش می یابد.

ساختمانهای صنعتی، اغلب یک یا دو طبقه بوده و به ندرت در بیش از یک طبقه ساخته می شوند [۱].

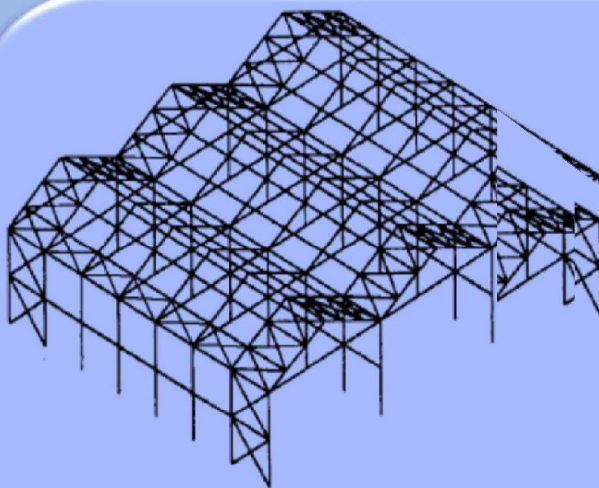
◎ ساختمانهای صنعتی یک طبقه نیز به نوبه خود به یک دهانه و چند دهانه تقسیم می گردند [۱].

الف) یک دهانه



(الف)

ب) چند دهانه



(ب)

اجزای تشکیل دهنده قاب صنعتی:

- سیستم اصلی قاب
- لاپه (*Purline*)
- میل مهار (*Sagrod*)
- تیرها و ستونهای فرعی
- سینه بند (مهاربند بال فشاری)
- تکیه گاههای قابهای صنعتی
- مهاربند قائم
- مهاربند سقف
-

لاپه (Purline):

قاب بندی ثانویه شامل عناصر باربری است که بر سطح سقف و دیوار ساختمان صنعتی توزیع شده اند و لاپه نامیده می شوند [۱].

وظایف لاپه ها عبارتند از:

نگاهداری پوشش سقف و دیوار

حمل بارهای خارجی به قاب های اصلی

مهاربندی بال قاب اصلی

مشارکت در عملکرد دیافراگم سقف

مشارکت در حمل بار به وسیله مهاربندی قائم دیوارها



از مقاطع گرم نوردیده و نیز مقاطع سرد شکل داده شده به عنوان لایه استفاده می شود [۱].

علت پیچیدگی طرح لایه های سرد شکل یافته :

نازکی ورق هایی که در ساخت این تیرها مورد استفاده قرار می گیرد:

(الف) ضخامت ورق بین ۳ تا ۶ میلی متر

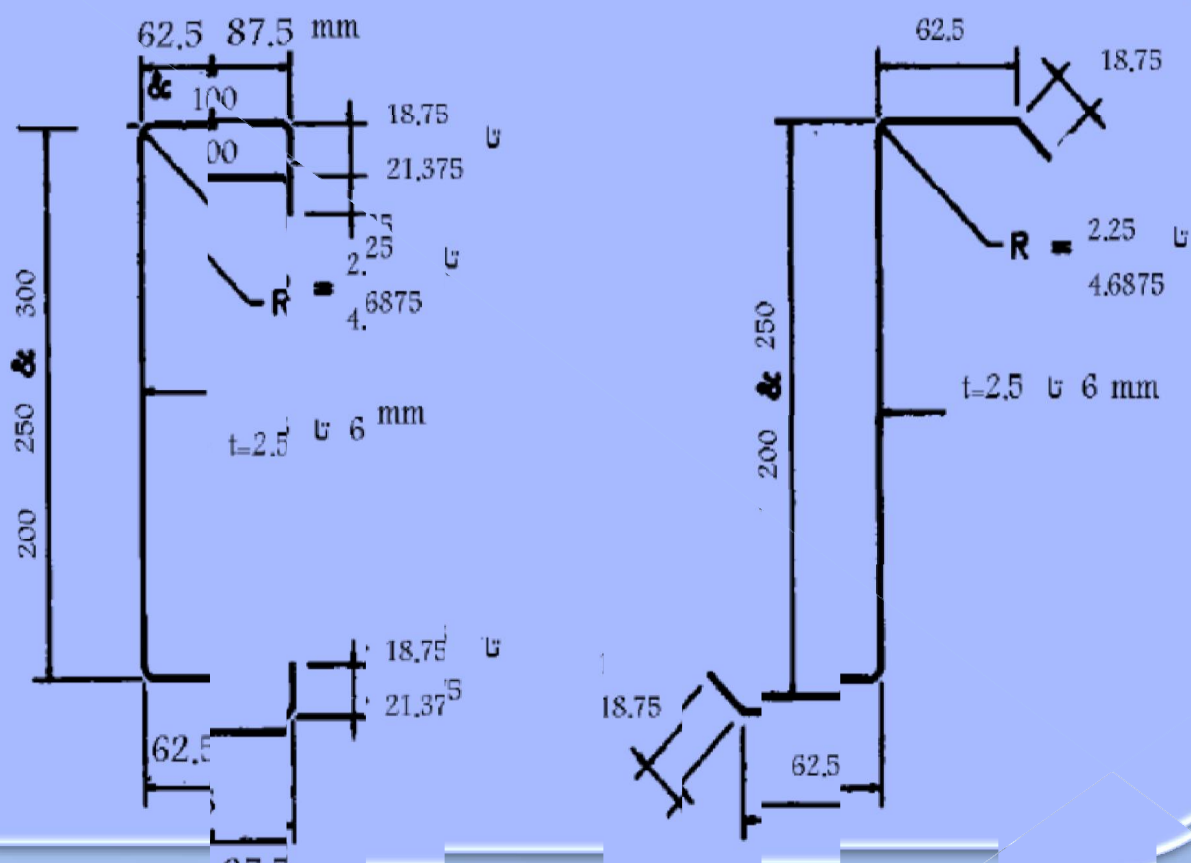
(ب) ارتفاع لایه ها بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی متر

(ج) پهنای بال آنها بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی متر

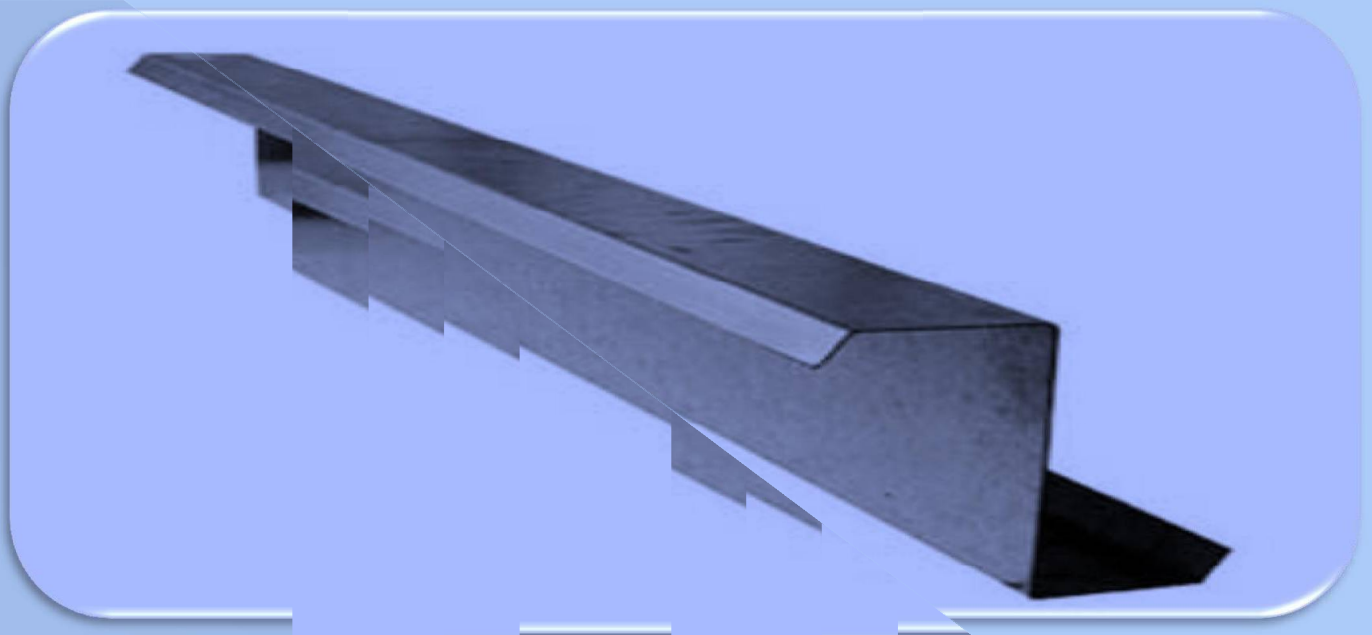
بالا بودن نسبت های $\frac{d}{t}$ یا $\frac{b}{t}$ این مقاطع

احتمال بروز ناپایداری موضعی در مقاطع

نمونه ای از مقاطع سرد شکل یافته



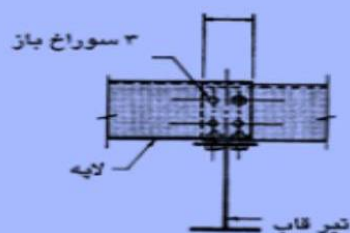
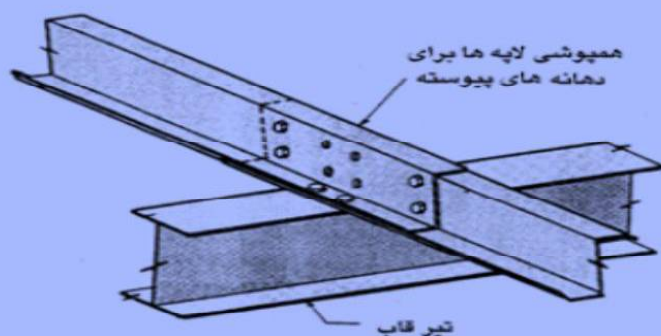
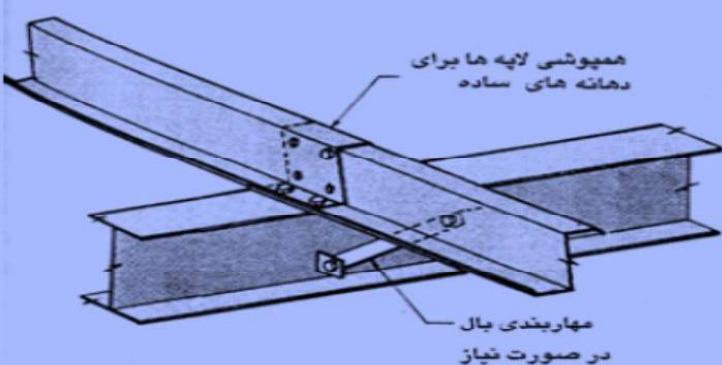
نمونه مقطع Z شکل برای لاپه



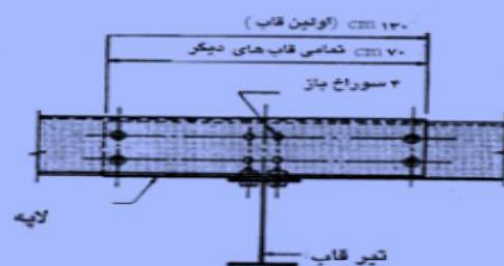
در بارگذاری بر روی لاپه ها بهتر است وضعیت بارگذاری بگونه ای باشد که بارقائم از مرکز برش عبور کرده تا در عضو پیچش ایجاد نشود. به همین جهت در شیب های کم از مقطع I شکل، در شیب های متوسط از مقطع Z شکل و در شیب های نسبتاً زیاد از ناودانی استفاده می شود [۳].

پیوستگی لایه ها کمک قابل توجهی به کاهش افت (DEFLECTION) می کند. افت مجاز لایه ها بر اساس آیین نامه AISC، $\frac{1}{380}$ دهانه است [۱].

همپوشانی لایه ها: (الف) دهانه ساده (ب) دهانه پیوسته



(الف)

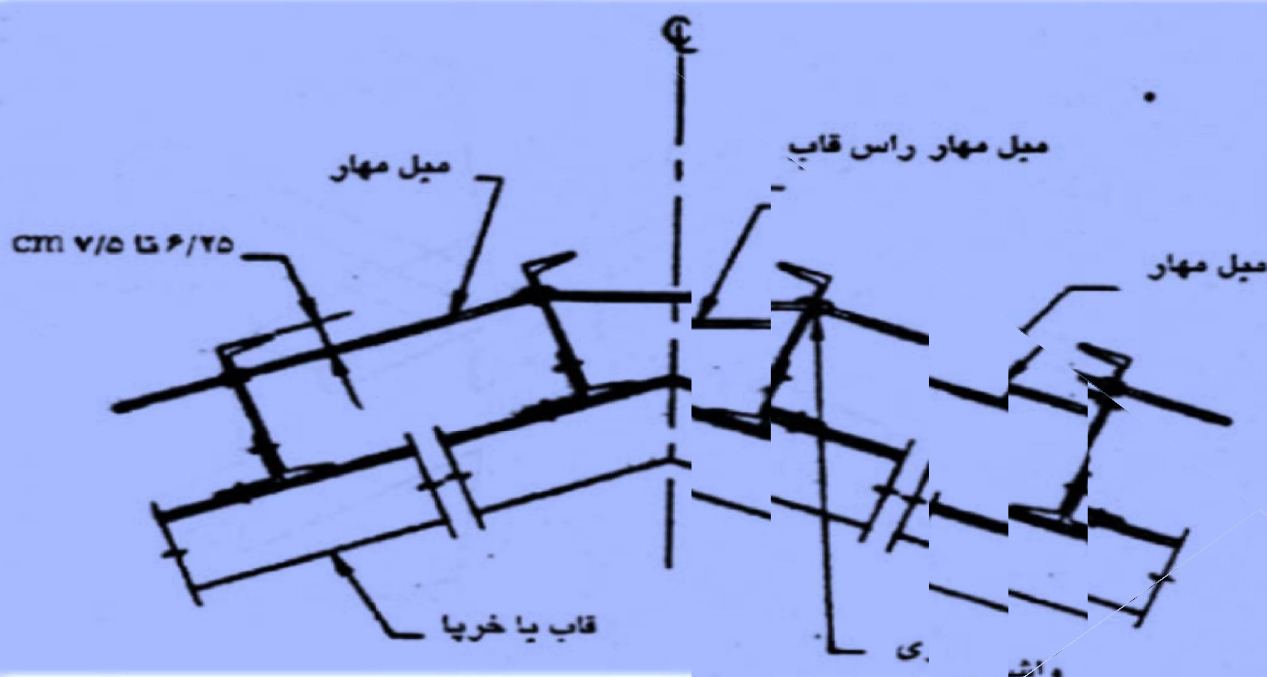


(ب)

میل مهار (Sagrod):

- میل مهارها عمود بر امتداد لایه ها در سقف قاب شیبدار اجرا می شوند.
- این اعضا معمولاً عملکرد خمشی لایه ها را بهبود بخشیده و برای آنها بصورت مهارجانبی عمل می کنند [۳].

جزئیات نمونه میل مهار برای لایه های گرم نوردیده



مقادیر تنش مجاز برای میل مهار با توجه به شرایط انتهایی آن متفاوت است: [۳]

● میلگرد ساده:

$$\frac{T}{A} \leq 0.33 F_u, A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$T_{all} = 0.33 F_u A$$

● میلگرد با انتهای برجسته:

$$\frac{T}{A} \leq 0.6 F_y, A = \frac{\pi D^2}{4}$$

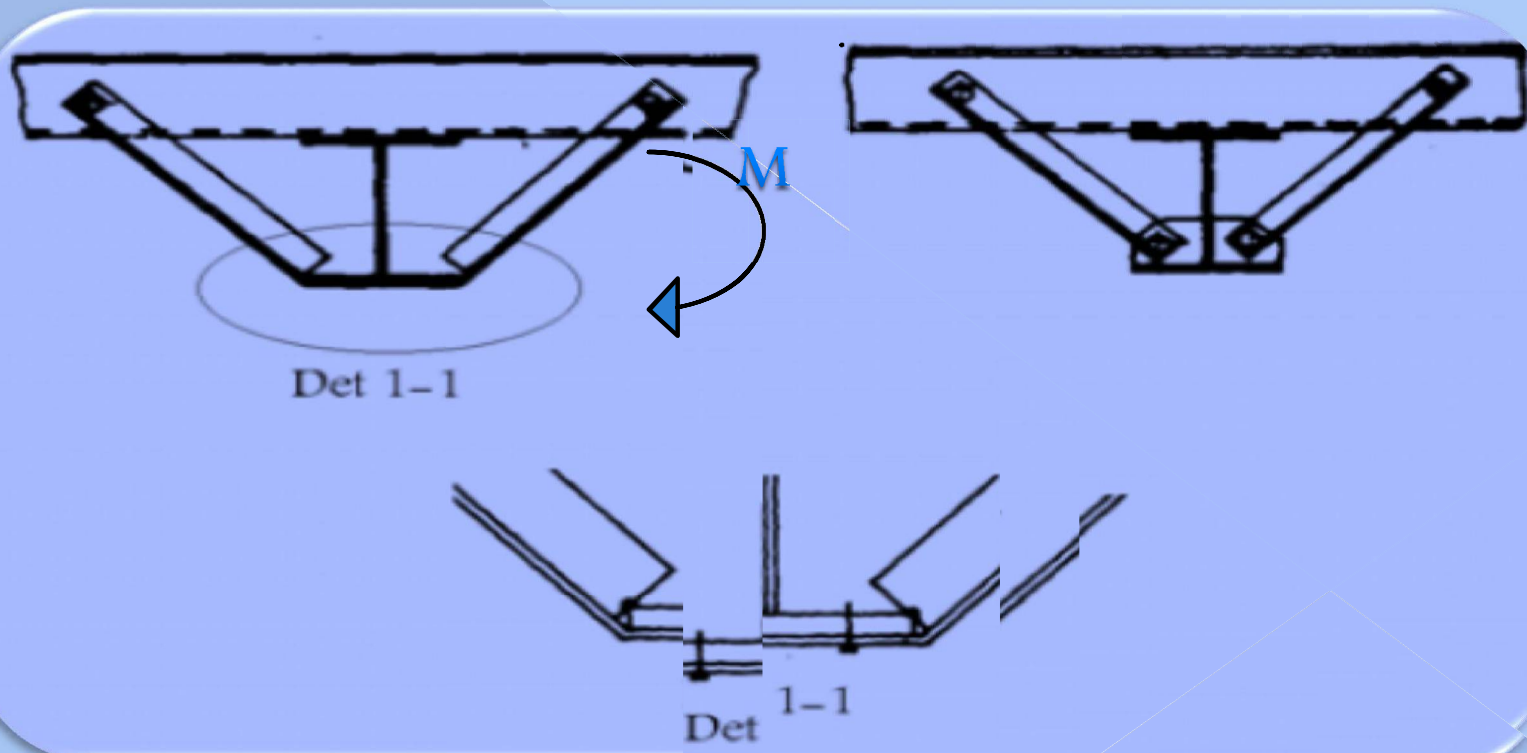
$$\frac{T}{A_D} \leq 0.33 F_u, A_D = \frac{\pi D_b^2}{4}$$

$$T_{all} = \min\{0.33 F_u A_D, 0.6 F_y A\}$$

در روابط فوق D قطر اسمی میلگرد در حالت دندانه نشده و D_b قطر اسمی قسمت برجسته است. F_u تنش نهایی، F_y حد جاری شدن (تنش تسلیم) و T نیروی کششی است.

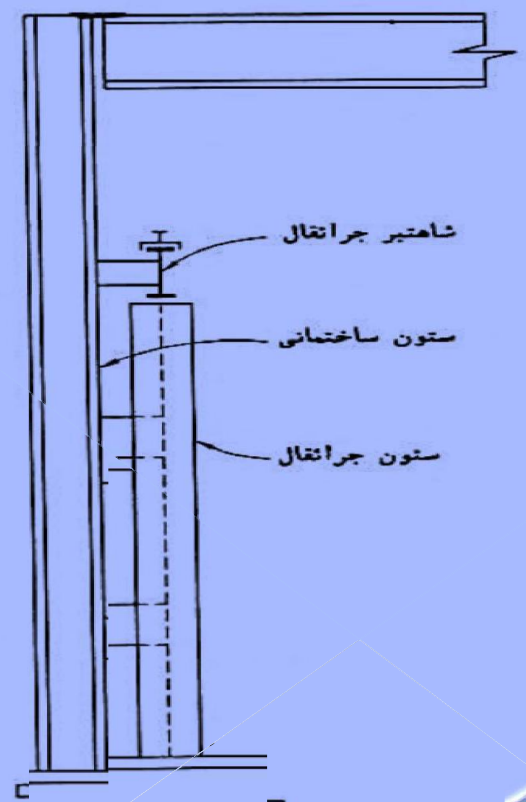
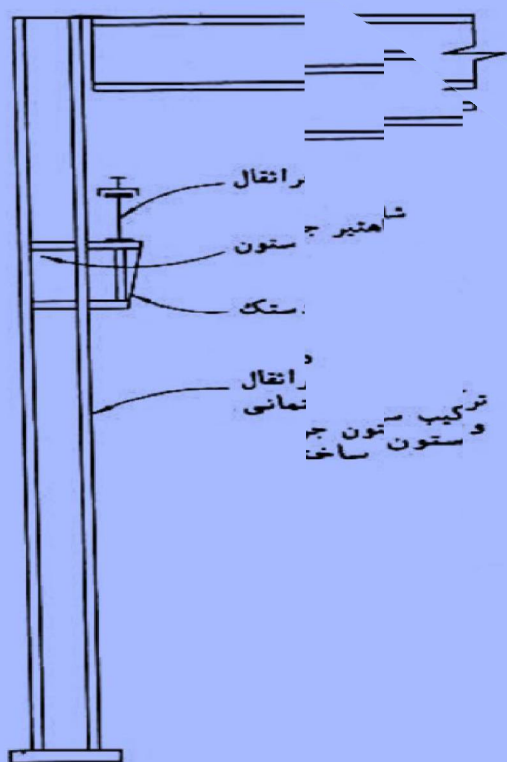
سینه بند (مهارهای مورب):

بال فشاری مهار نشده هر عضو خمشی با جان منفرد، تمایل به کمانش جانبی تحت بارگذاری قائم دارد. در قاب های صنعتی، در نواحی با لنگر منفی (لنگر در جهت عقربه های ساعت) از مهارهای مورب برای مهاربندی بال فشاری استفاده می شود [۳].



جراثقال (جرثقیل) در ساختمان صنعتی به منظور سهولت جابجا کردن قطعات سنگین [۲]

نصب تیر حمل جراثقال در ساختمانهای صنعتی

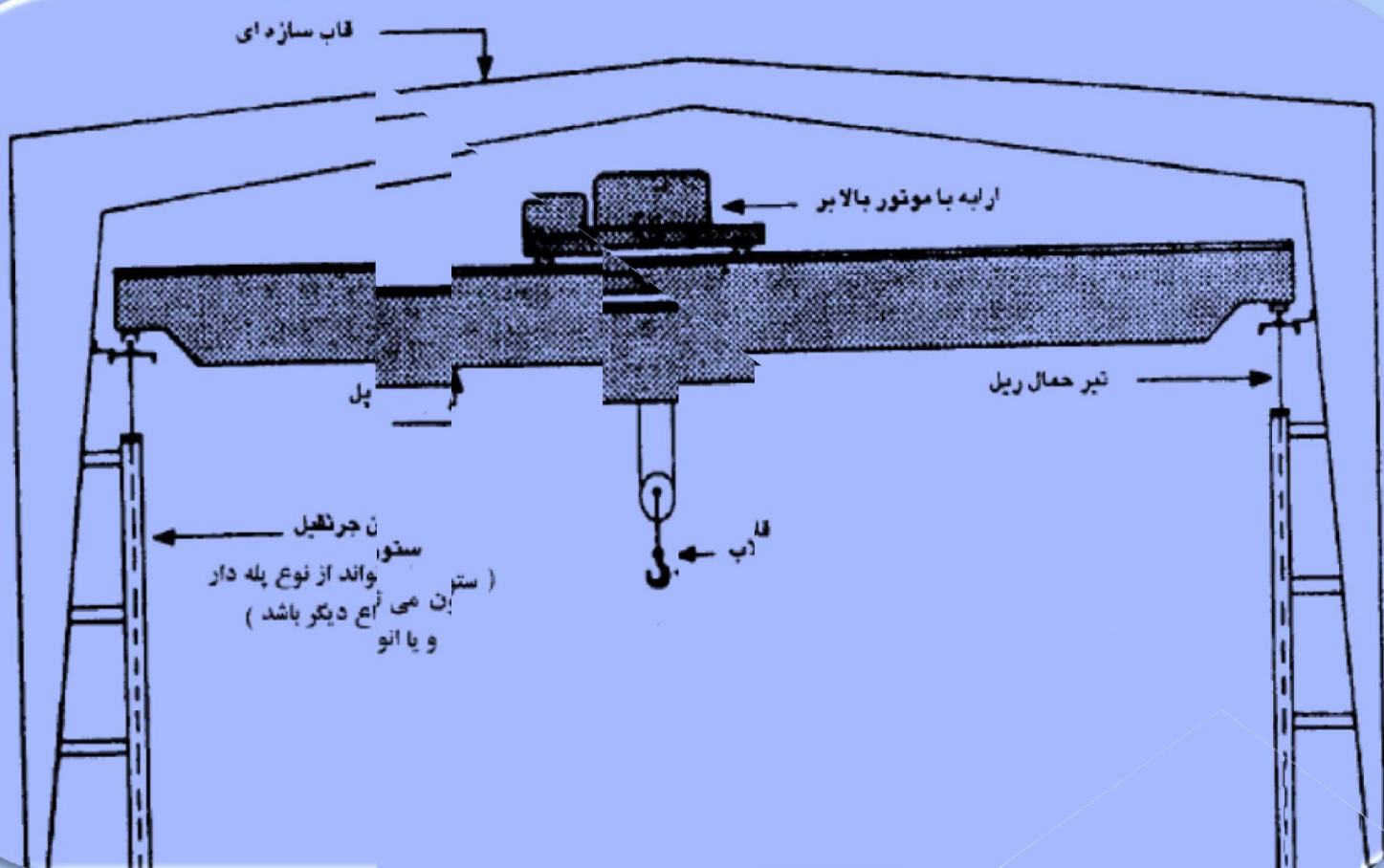


انواع جراثقال (جرثقیل): [۱]

مشخصات انواع جرثقیل

نوع جرثقیل	منبع نیرو	توضیحات	دهانه یا بازو	ظرفیت
آویخته بالانشین (متکی) بر بال فوقانی (شاهتیر)	دستی برقی	تک پل تک پل	دهانه ۳ تا ۱۵ متر دهانه ۳ تا ۱۵ متر	۰/۵ تا ۱۰ تن ۱ تا ۱۰ تن
	دستی برقی برقی	تک پل تک پل پل دوتایی	دهانه ۳ تا ۱۵ متر دهانه ۳ تا ۱۵ متر دهانه ۶ تا ۲۷ متر	۰/۵ تا ۱۰ تن ۰/۵ تا ۱۰ تن ۵ تا ۲۵ تن
	۴. برقی	پل جعبه‌ای کنترل آویزان از پل شاسی انتهایی پل با ۴ چرخ	دهانه ۶ تا ۲۷ متر	۵ تا ۲۵ تن
	۵. برقی	پل جعبه‌ای کابین دار شاسی انتهایی پل با ۴ چرخ	دهانه ۱۵ تا ۳۰ متر	تا ۶۰ تن
	۶. برقی	پل جعبه‌ای کابین دار شاسی انتهایی پل با ۸ چرخ	دهانه ۱۵ تا ۳۰ متر	تا ۲۵۰ تن
	۱. دستی یا برقی	مستقر بر کف ۲۸۰ تا ۳۶۰ درجه	بازوی ۲/۵ تا ۶ متر	۰/۲۵ تا ۵ تن
جرثقیل‌های بازویی	۲. دستی یا برقی	مستقر بر ستون ۱۸۰ درجه	بازوی ۲/۵ تا ۶ متر	۰/۲۵ تا ۵ تن

جرثقیل پل دار بالانشین با ارابه بالانشین



از انواع پوشش سقف می توان ورق های فولادی روکش دار، ورق های آلومینیومی، ورق های آذبست سیمانی و ورق های یکپارچه را نام برد.

برای اطمینان از جاری شدن آب از، سقف ها عموماً شیبهای زیر را برای سقف به کار می برند: [۱]

برای سقف هایی دارای قیرگونی $i = \frac{1}{8}$ تا $\frac{1}{12}$

برای سقف هایی با دال موجدار آذبست - سیمان $i = \frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{3}$

برای سقف هایی با ورق های موجدار فلزی $i = \frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{6}$



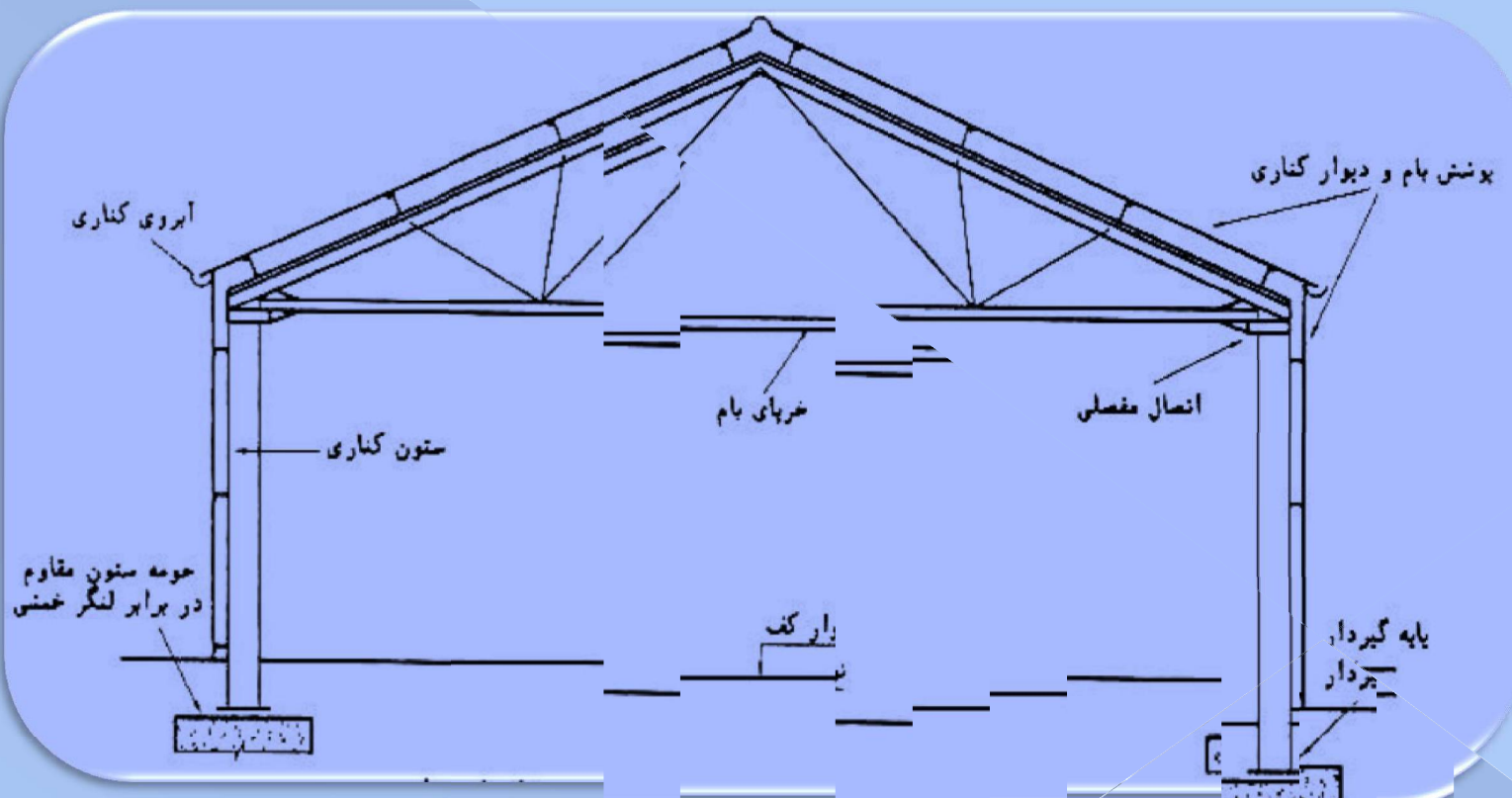


انواع ساختمانهای صنعتی:

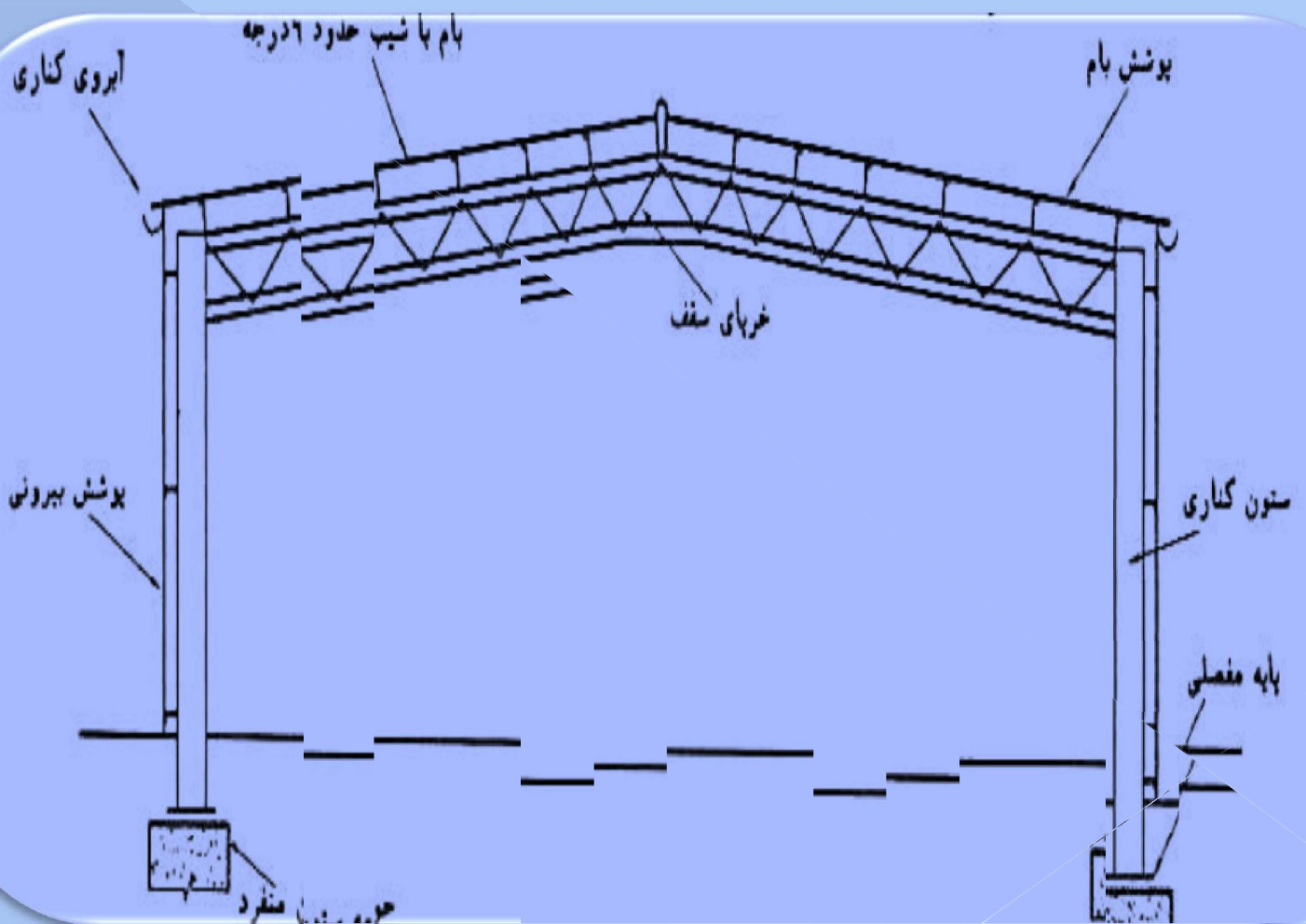
◎ یک ساختمان صنعتی ممکن است یک دهانه باشد و یا چند دهانه

انواع ساختمان صنعتی یک دهانه:

۱- سیستم ساده با ستون و خرپا



۲- سیستم ستون ساده و تیر مشبک



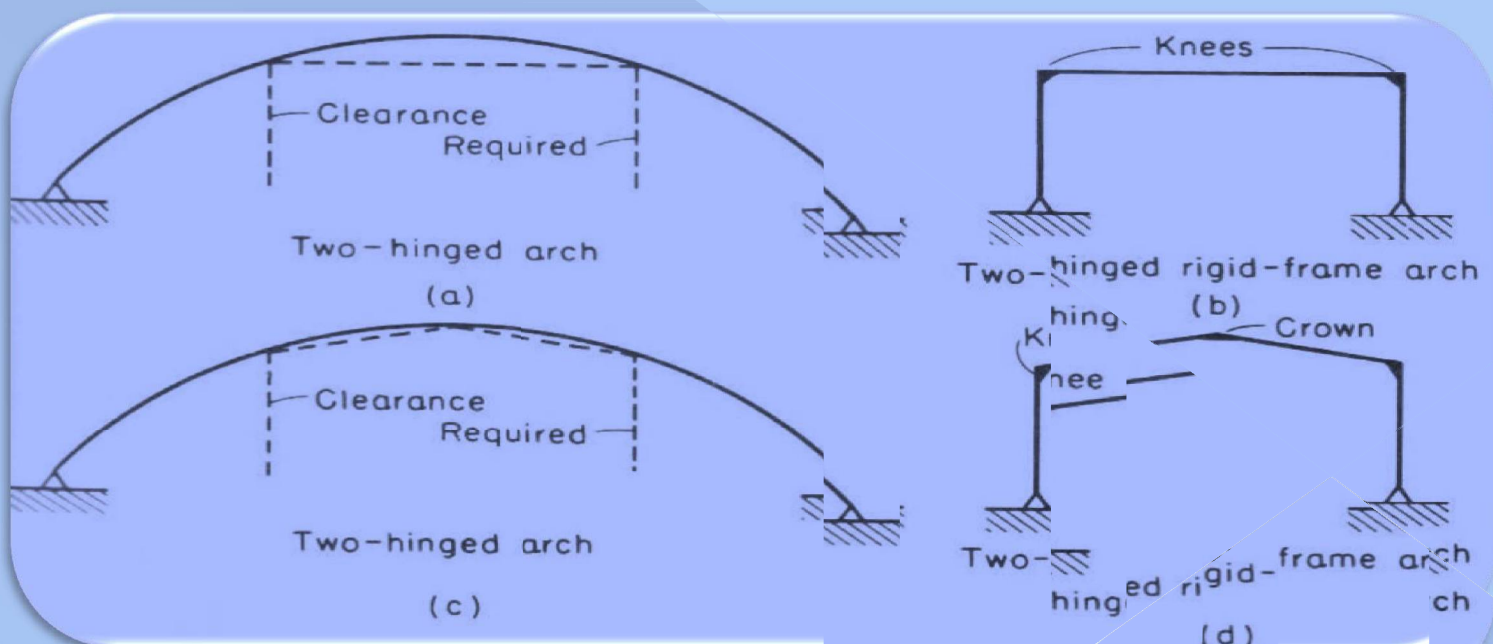
۳- سیستم با ستون و خرپا و جراثقال سبک

۴- سیستم با ستون مشبک، خرپا و جراثقال

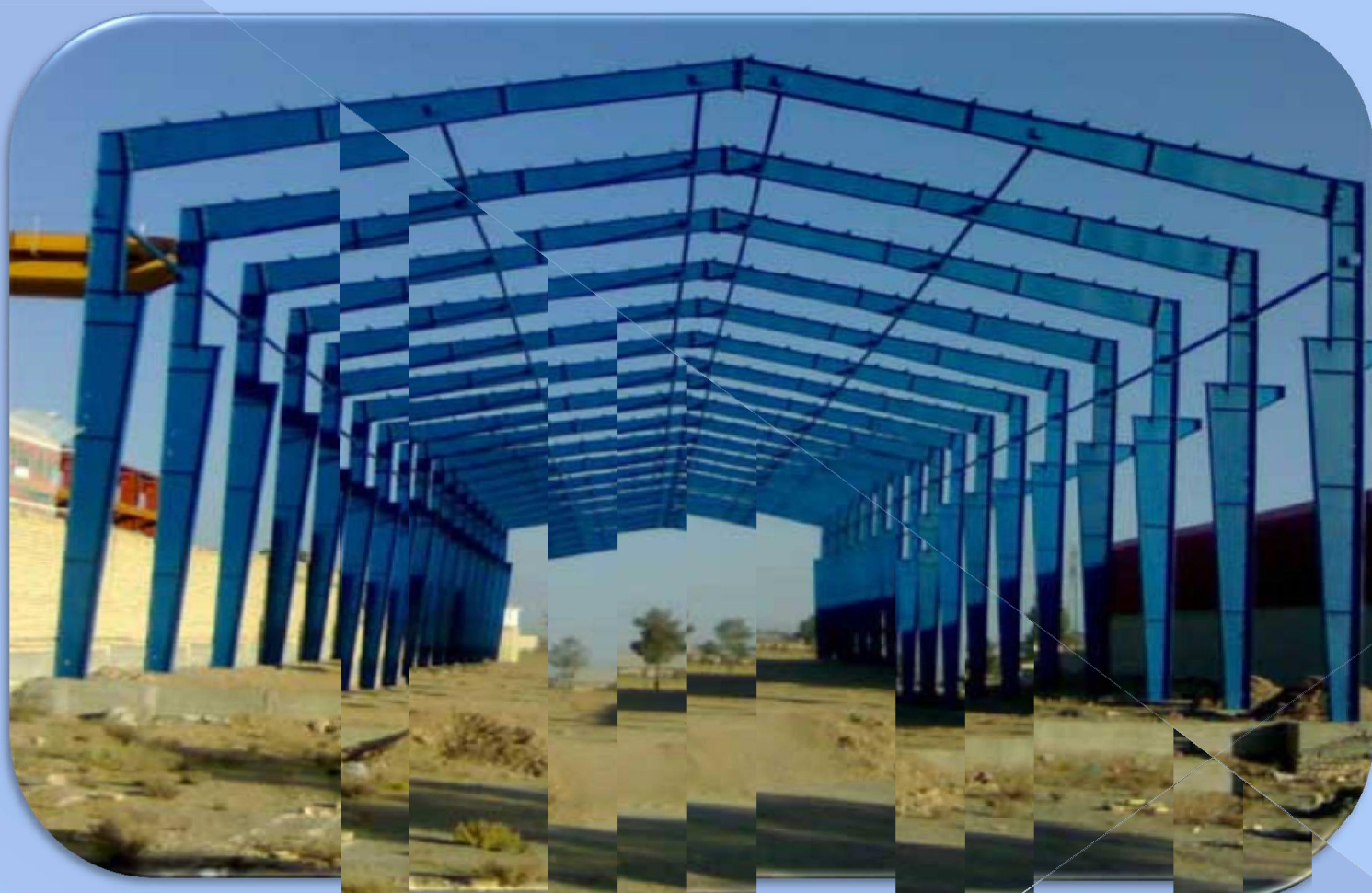
۵- ساختمان با قاب پرتال (صلب): قاب صلب سازه ای است که اعضای آن بوسیله اتصالات صلب در محل گره ها به هم متصل می شوند تا از چرخش های نسبی آنها در اثر اعمال بارها، جلوگیری شود [۲].

الف $\{a, b\}$ ، ب $\{c, d\}$

تعریف قابهای صلب بصورت قابهای محاط در یک قوس



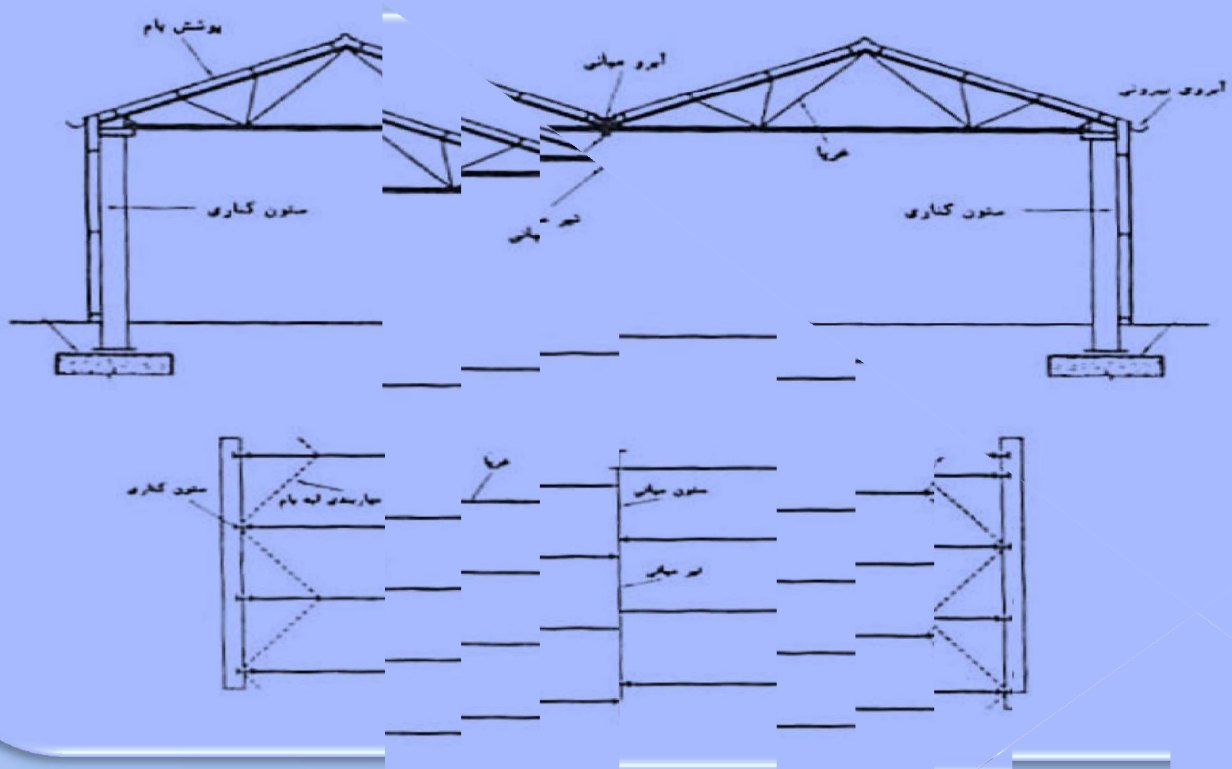
قاب پرتال (صلب):



ساختمان صنعتی دو دهانه:

◎ انواع ساختمانهایی را که تاکنون مورد بحث قرار گرفت می توان بصورت چند دهانه گسترش داد [۲].

حذف ستونهای داخلی و استفاده از تیرهای میانی در یک ساختمان صنعتی دو دهانه



مهاربندی:

هدف اصلی استفاده از مهاربندی عبارت است از:

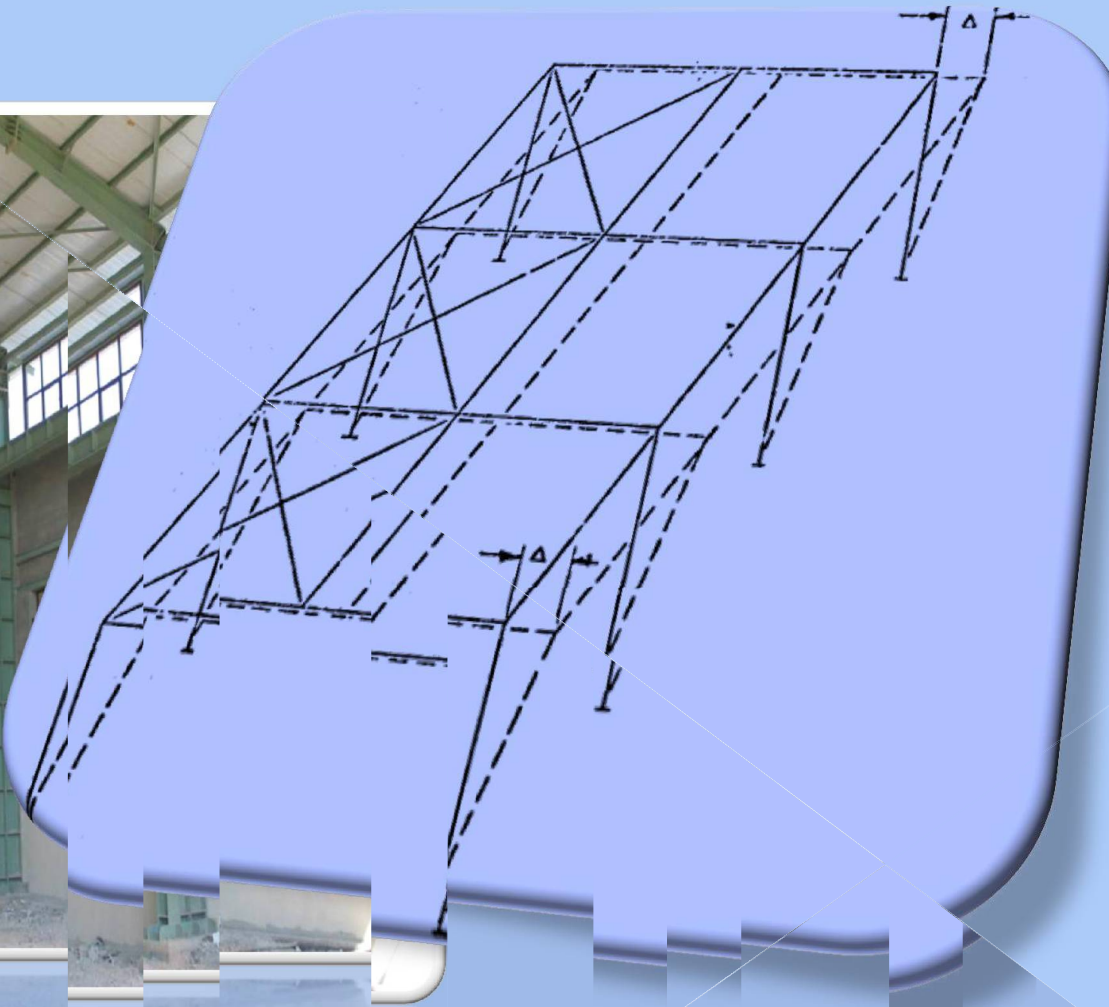
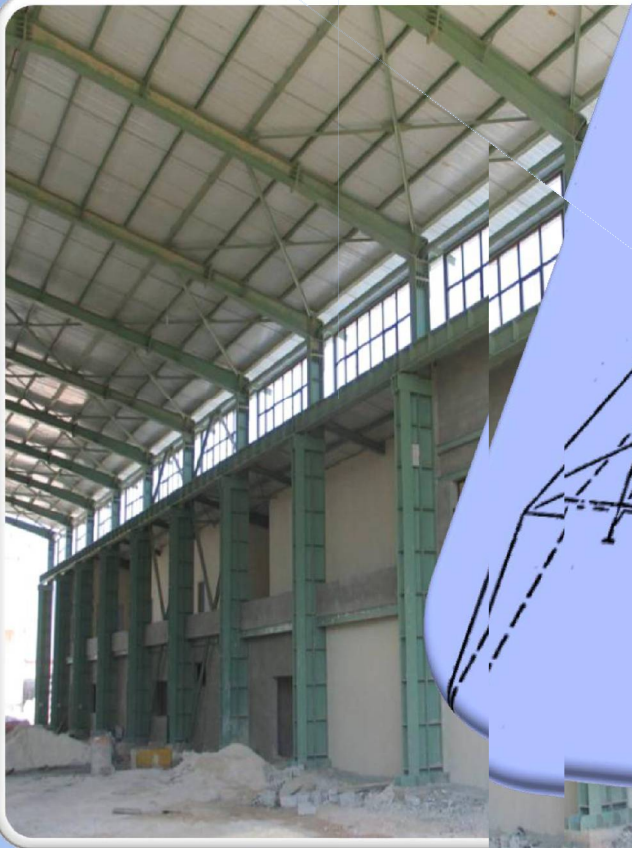
- ❖ جلوگیری از تغییر شکلهای سازه در زمان بهره برداری و مراحل **نصب**
- ❖ تأمین پایداری اعضای **فشاری**
- ❖ توزیع تمام بارهای افقی و مقاومت در مقابل آنها به عنوان مثال ، نیروی باد و نیروهای افقی حاصل از ترمز کردن جرثقیل [۱].

مهاربندی سقف:

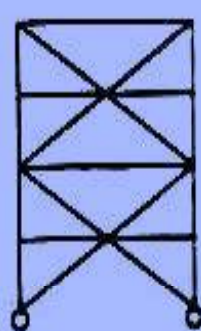
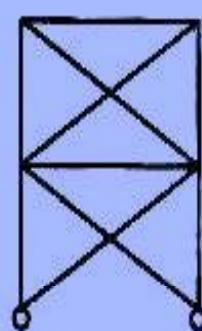
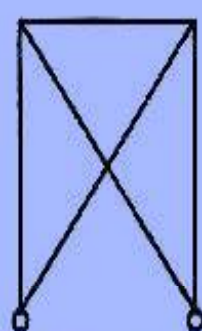
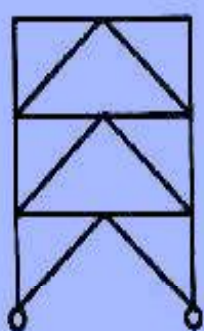
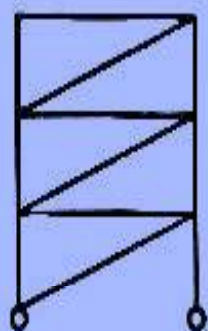
اضافه کردن مهاربندی سقف باعث تقسیم بار بین قابها می شود، به این نحو که ستون های مجاور قاب بارگذاری شده وادار به حرکت جانبی شده و بارها بین آنها تقسیم خواهند شد.

از تحلیل این مسئله به وسیله کامپیوتر دیده شده است که می توان فرض کرد که دو قاب مجاور قاب بارگذاری شده به یک اندازه حرکت می کنند. (شکل اسلاید بعدی)

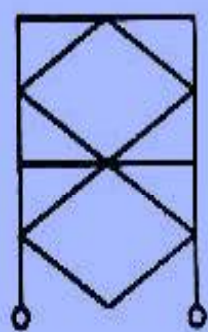
چون سختی مهاربندی سقف در انتقال بار به قابهای مجاور بسیار مهم است ، بهتر است که برای اعضای مهاربندی به جای میلگرد از نبشی یا مقطع T استفاده شود [۳].



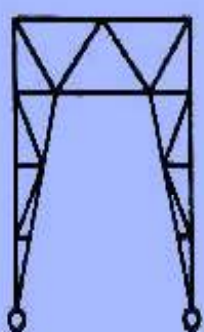
انواع سیستم های مهاربند جانبی



مهاربندی های قطری



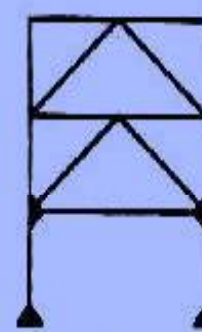
مهاربندی لوزی



قاب مهاربندی شده



قاب صلب



ترکیب قاب صلب و مهاربندی



دیوار برشی





آیین نامه های بارگذاری و طراحی:

- ◎ جهت محاسبه بارهای مرده، زنده، باد و برف: " آیین نامه حداقل بار وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی، تجدید نظر در استاندارد ۵۱۹، ایران - "مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران، بارهای وارد بر ساختمان"
- ◎ جهت محاسبه نیروی زلزله: " آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ایران"
- ◎ جهت طراحی سازه های فولادی: "آیین نامه طراحی سازه های فولادی آمریکا^۱ (AISC-ASD)" "مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران، طرح و اجرای ساختمانهای فولادی"
- ◎ جهت اتصالات جوشی: " آیین نامه انجمن جوشکاری آمریکا (AWS) ^۲ - "راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمانهای فولادی، ایران" - "راهنمای اتصالات در ساختمانهای فولادی، ایران"

- ◎ 1 – AISC (American Institute of Steel Construction)
- ◎ 2 – AWS (American Welding Society)

بارگذاری :

بر اساس اکثرآیین نامه ها، بارگذاری ساختمانهای صنعتی ، شامل بارهای مرده، زنده ، برف، باد، زلزله ،تغییرات درجه حرارت و جرثقیل در صورت وجود می باشد.

بار زنده بام ها:

بر اساس نشریه شماره ۱۳ استاندارد AISE ، سقف ها باید قادر باشند که بار زنده گسترده یکنواختی را به مقدار حداقل ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در تمام تصویر افقی سطحشان تحمل نمایند . هنگامی که به علت موقعیت محلی خاص مقدار باربرف بیش از این رقم است، مقدار بزرگتر را باید به عنوان بارزنده مورد استفاده قرار داد[۱].

بار برف:

تعریف: بار برف، وزن لایه برفی است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال کم‌تر از ۲ درصد (دوره بازگشت ۵۰ سال) باشد. بار برف بر روی بامها، را باید با توجه به زاویه شیب بام، برای هر متر مربع تصویر افقی سطح آن، از رابطه زیر تعیین نمود: [۷]

$$P_r = C_s \cdot P_s$$

P_s : بار برف مبنا

ضریب اثر شیب، C_s ، برای بامهای مسطح و شیبدار:

$$C_s = 1$$

$\alpha \leq 15^\circ$ زاویه شیب

$$C_s = 1 - \frac{\alpha - 15}{60}$$

$15^\circ < \alpha \leq 60^\circ$

$$C_s = 0.25$$

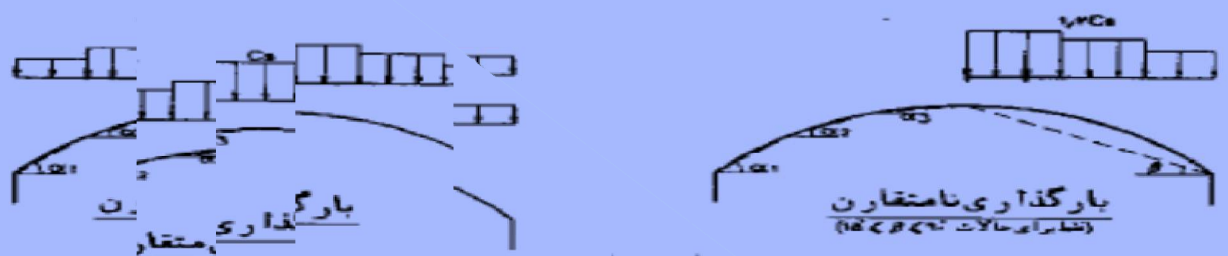
$\alpha > 60^\circ$

ضریب C_s برای بار برف روی بام های مختلف

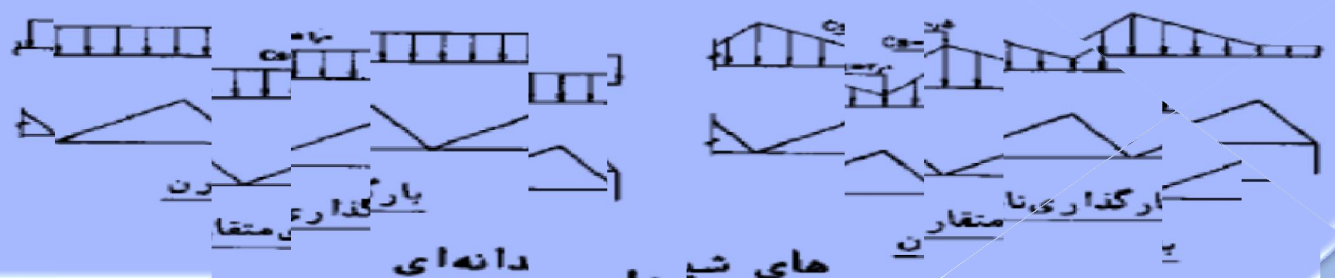


بام های تخت و شیبدار

$C_s = 1.0$	$\alpha < 16^\circ$
$C_s = 1.0 - \frac{\alpha - 16}{7}$	$16^\circ < \alpha < 25^\circ$
$C_s = 0.75$	$25^\circ < \alpha$



بام های قوسی و شیبدار



ترکیبات بار:

اجزای سازه باید برای ترکیبی از بارها که بیشترین اثر را در آن جز ایجاد می کند، طراحی شوند.

1) D	D: بار مرده
2) $D + L + (L_r \text{ یا } S)$	L : بار زنده طبقات به جز بام
3) $D + (W \text{ یا } E)$	L_r : بار زنده بام
4-الف) $D + L + (L_r \text{ یا } 0.5 S) + (W \text{ یا } E)$	S : بار برف
4-ب) $D + L + (L_r \text{ یا } S) + (0.5 W \text{ یا } E)$	W : بار باد
5) $D + H$	E : بار زلزله
6) $D + L + (L_r \text{ یا } S) + H$	H : بار ناشی از وزن و فشار خاک یا آب و یا فشار توام خاک و آب
7) $D + T$	T : آثار خود کرنشی ناشی از تغییرات دما، نشست پایه‌ها، وارفنگی و غیره
8) $D + L + (L_r \text{ یا } S) + T$	

◎ در مواردی که سازه برای بار جرثقیل طراحی می شود، ترکیبات زیر علاوه بر آنچه گفته شد، باید بررسی شود:

9) $D + A$

10) $D + S + A$

11) $D + (W \text{ یا } E) + A^0$

◎ علائم A و A^0 در این ترکیبات عبارتند از:

A : کلیه بارهای ناشی از جرثقیل شامل وزن پلها، ارابه، باری که بلند می شود همراه با اثر ضربه در آنها

A^0 : بار ناشی از وزن جرثقیل به تنهایی شامل وزن پلها و ارابه [۱]

برخی نکات عمومی در تحلیل و طراحی قاب های اصلی ساختمان صنعتی فولادی:

- ◎ با توجه به شرایط یکسان قاب های متوالی می توان فقط یکی از آنها را به صورت دو بعدی تحلیل نمود.
- ◎ در این تحلیل از تغییر مکان قاب در جهت عمود بر صفحه صرف نظر می شود.
- ◎ نیروی باد و نیروهای ثقلی بر اساس سطح بارگیر هر قاب محاسبه و در تحلیل لحاظ می شوند.
- ◎ نیروی ناشی از زلزله نیز با توجه به سختی یکسان قاب های متوالی به طور مساوی بین قاب ها تقسیم می شود [۱].

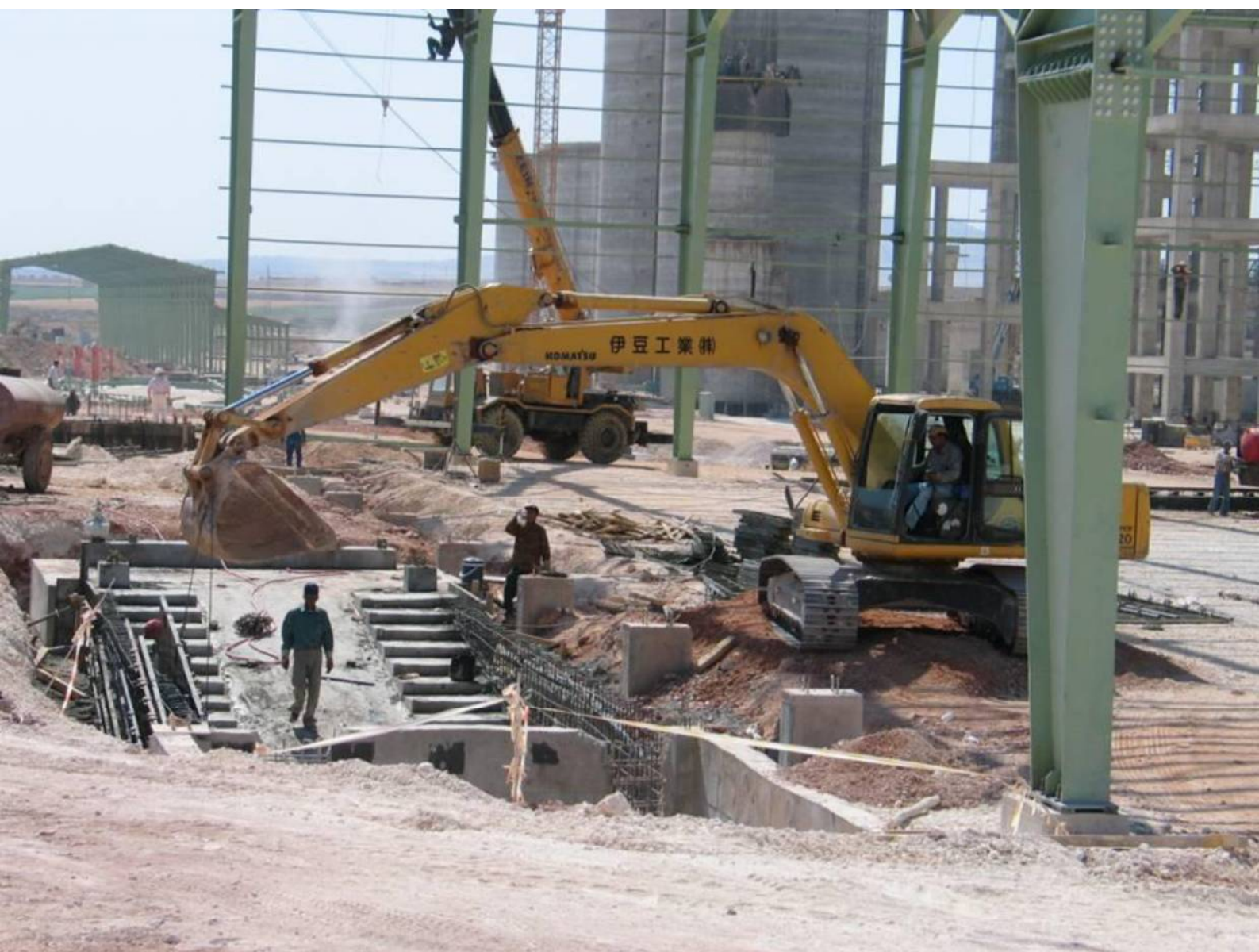
ستون های با مقطع متغیر : [۱]

در ستونهای دارای تکیه گاه مفصلی ← در رأس ستون لنگر خمشی M زیاد و در پای ستون $M=0$

و چون می دانیم $M = EI \frac{d^2y}{dx^2}$ ← نیاز به ممان اینرسی I بالا در رأس ستون می باشد و در پای ستون نیاز به ممان اینرسی احساس نمی شود.

ستون ← با مقطع متغیر





مرجع اصلی طراحی این گونه ستون ها، ضمیمه D آیین نامه طراحی سازه های فولادی AISC-ASD می باشد.

◎ عمق مقطع ستون با مقطع متغیر، باید به صورت خطی و طبق رابطه زیر تغییر کند: [۱]

$$◎ \quad d_o = \left(1 + \gamma \frac{z}{l}\right)$$

d_o = عمق مقطع در انتهای کوچکتر عضو بر حسب سانتیمتر

d_l = عمق مقطع در انتهای بزرگتر عضو، بر حسب سانتیمتر

z = فاصله تا انتهای کوچکتر عضو، بر حسب سانتیمتر

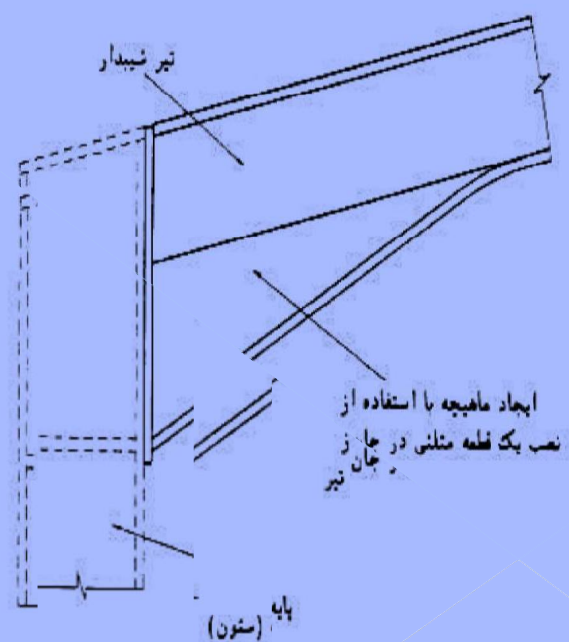
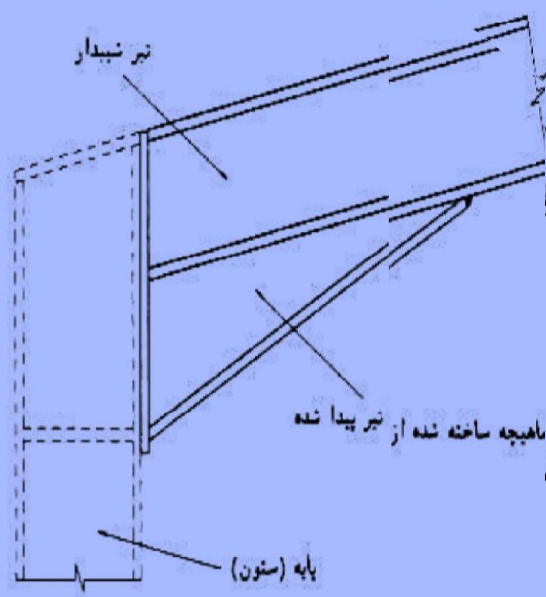
l = طول عضو، بر حسب سانتیمتر

$$\gamma = \frac{(d_l - d_o)}{d_o} \leq \min \begin{cases} \frac{0.2681}{d_o} \\ 9 \\ 0.6 \end{cases}$$

برای مطالعه بیشتر در این زمینه به
بخش D1 کلیات ، بخش D2
تنشهای مجاز- فشار، بخش D3
تنشهای مجاز- خمش ، بخش D4
ترکیب تنشها از ضمیمه D آیین
نامه طراحی سازه های فولادی
AISC-ASD و همچنین تفسیر
آیین نامه AISC (Commentary)
مراجعه شود.

تقویت زانو در قاب پرتال:

◎ بخاطر اینکه لنگرهای ماکزیمم معمولاً در محل زانوها پدید می آیند، می توان این قسمتها را بطور موضعی با اضافه کردن عمق تیرها در نزدیکی زانوها تقویت کرد [۲].

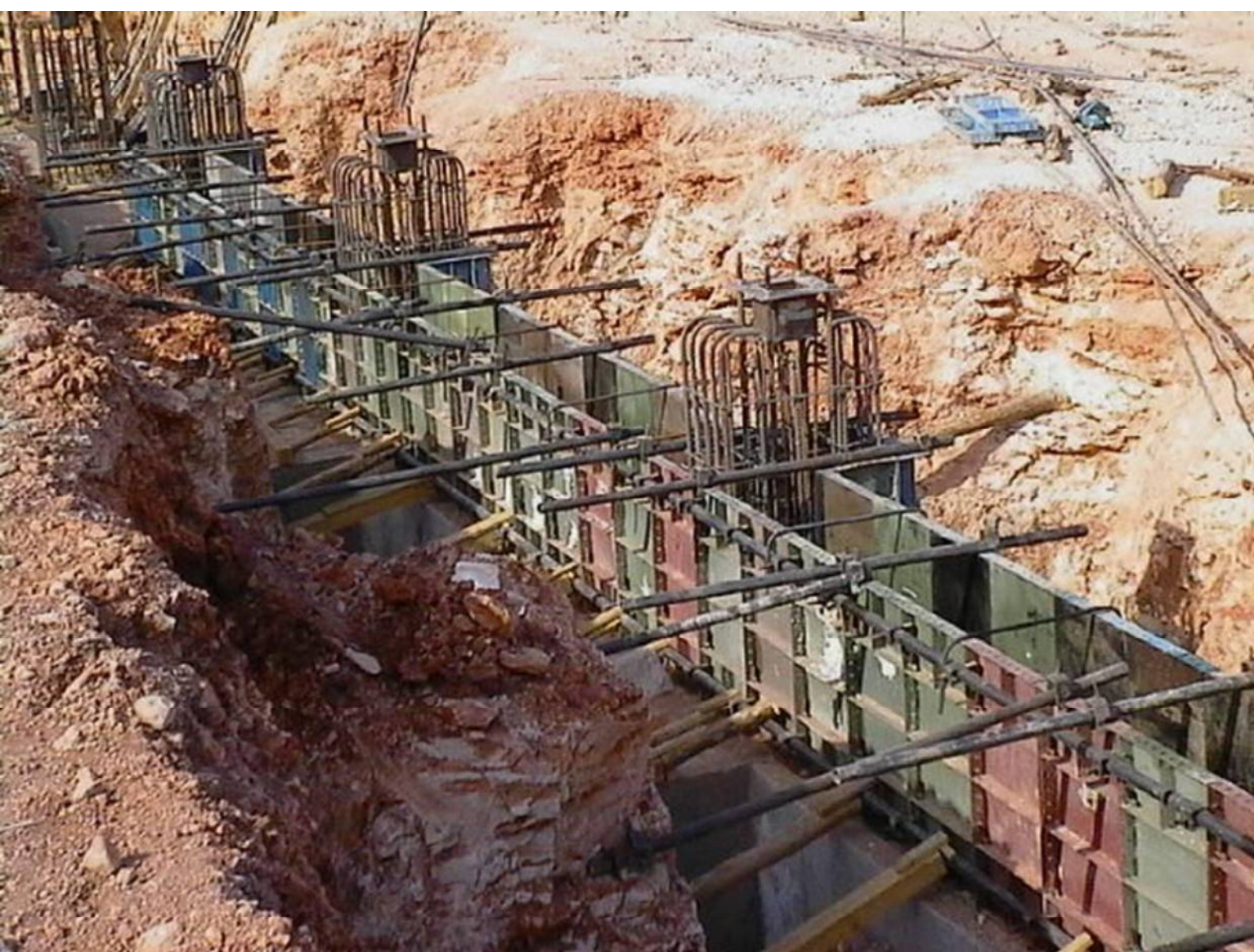


مراحل اجرای یک نمونه سوله به روایت تصویر



















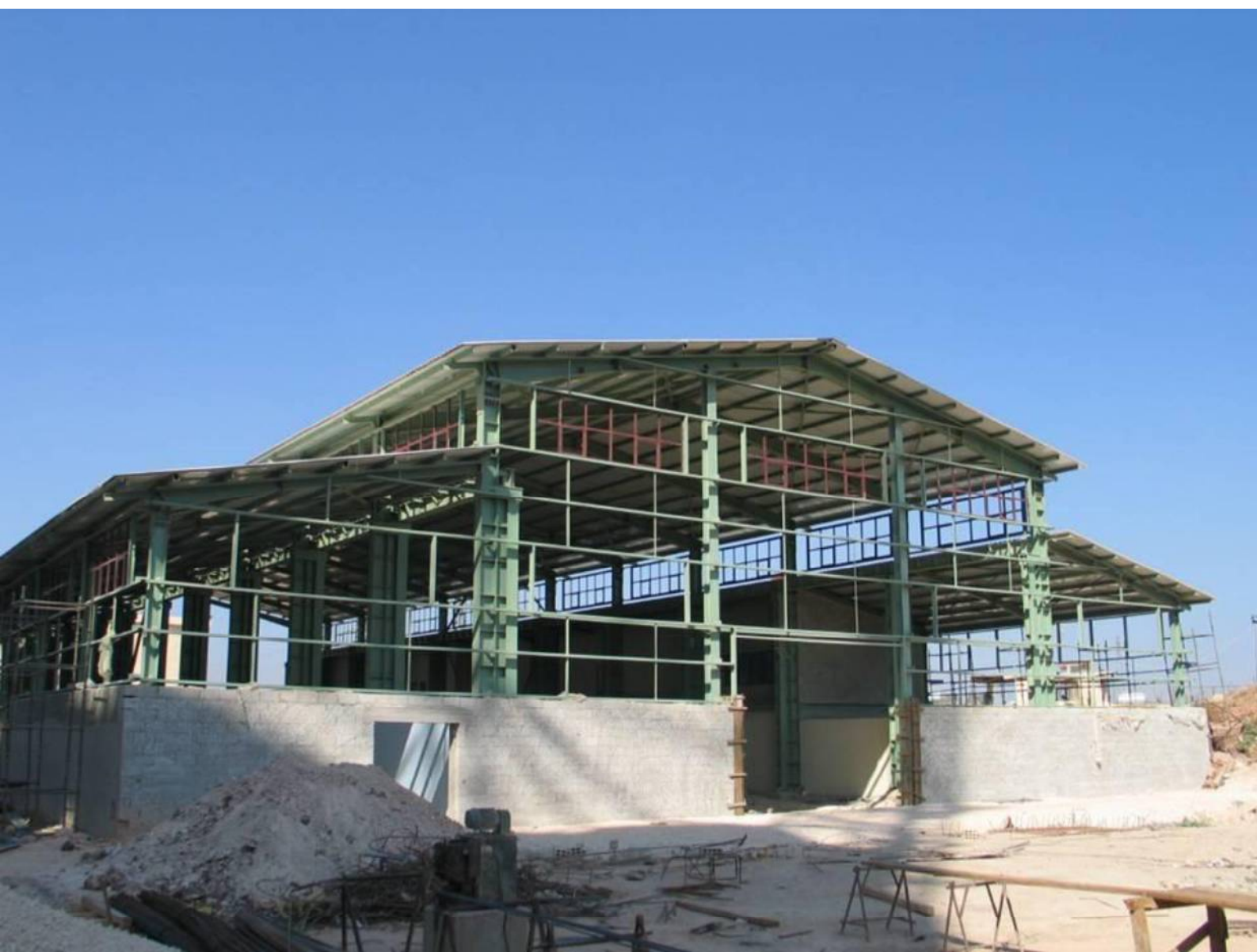












منابع و مراجع:

8 – "Manual of Steel Construction Allowable Stress Design", American Institute of Steel Construction, Inc., One East Wacker Drive, Suite 3100, Chicago, IL 60601 – 2001, 9th Edition.

9 – "Structural Steel Welding Code", ANSI / AWS D1 – 1 – 90, American Welding Society.

10 – "Guide for the Design and Construction of Mill Buildings", AISE Technical Report No. 13,

1979 Association of Iron and Steel Engineers, Pittsburgh, Pa, USA

11 – "Specification for EOT Cranes for steel Mill service", AISE Technical Report No. 6, 2000,

Association of Iron and Steel Engineers.

۱- "ضوابط طرح و محاسبه ساختمانهای صنعتی فولادی، نشریه ۳۲۵"، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، ۱۳۸۵.

۲- خدادادی، رضا . نیلی پور، محمد. "مبانی اجرای سازه های فولادی". انتشارات مؤسسه علمی دانش پژوهان برین. انتشارات ارکان دانش، پاییز ۸۵.

۳- فنائی، نادر. آهنگر، محمد. "سازه های فولادی". انتشارات سیمای دانش، مؤسسه سری عمران، ۱۳۸۹.

۴- وارسته، مهدی. "طرح و محاسبه قاب های شیبدار"، انتشارات آستان قدس رضوی، زمستان ۶۸.

۵- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله"، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴.

۶- "مقررات ملی ساختمانی ایران مبحث ۱۰، طرح و اجرای ساختمانهای فولادی"، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، نشر توسعه ایران، ۱۳۸۷.

۷- "آیین نامه حداقل بار وارده بر ساختمانها و ابنیه فنی"، تجدید نظر در استاندارد ۵۱۹، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، ۱۳۷۹.



*University of
Sistan & Baluchestan*

Industrial Buildings

by

Amir. Shirkhani

Email: Amir_civil_100@yahoo.com

<http://Amircivil.blogfa.com>