



بار گذاری ساختمان

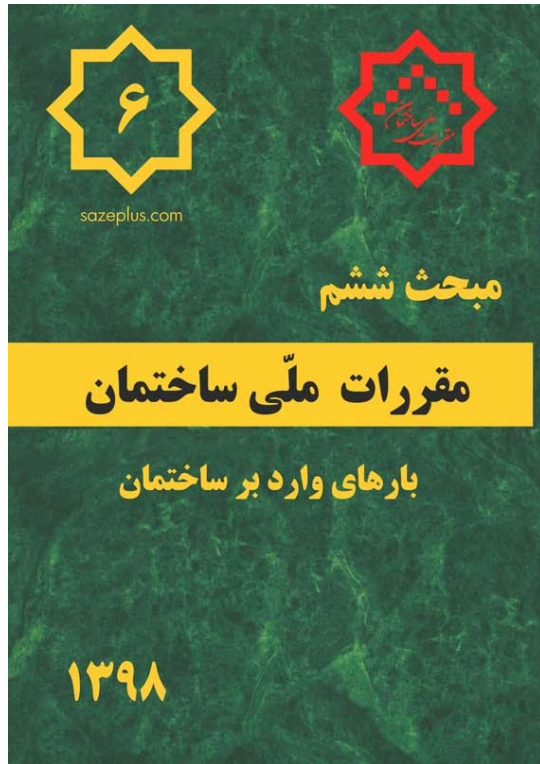
پویا معینی فرد



CIVILENGVID



@CivilEngVid



- بارهای مرده
 - بارهای زنده
 - بار برف
 - بار باد
 - بار زلزله
- بار جانبی



Dead Load

بار مرده



تعریف

- بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی ساختمان مانند: تیر و ستون‌ها، دیوارها، کف‌ها، بام، سقف، راه پله، تجهیزات و تاسیسات ثابت و
- تجهیزات و تاسیسات ثابت شامل لوله های آب ، تجهیزات برقی، گرمایشی و ... می باشد.

محاسبه بار مرده

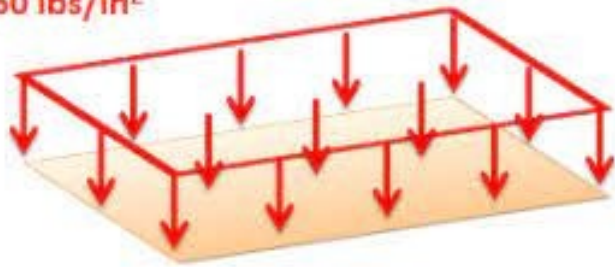
- در محاسبه بار مرده باید وزن مصالح مصرفی و اجزای ساختمان مورد استفاده قرار بگیرد.
- در صورت عدم دسترسی میتوان از جداول موجود استفاده کرد.
- مبحث ششم - پیوست شماره ۱



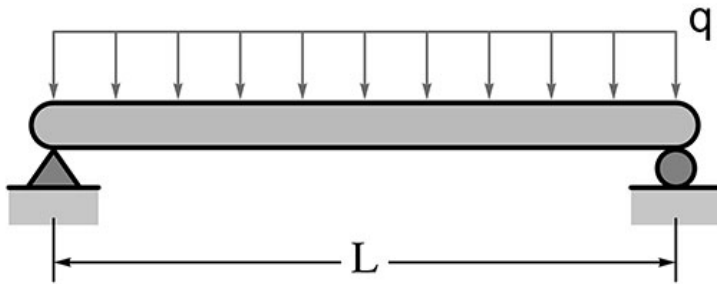
بار مرده

@CivilEngVid

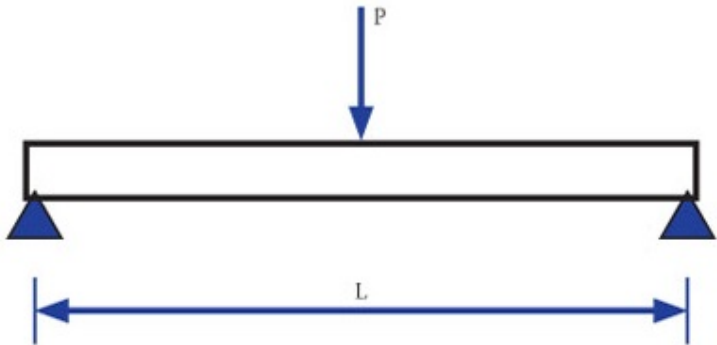
60 lbs/in²



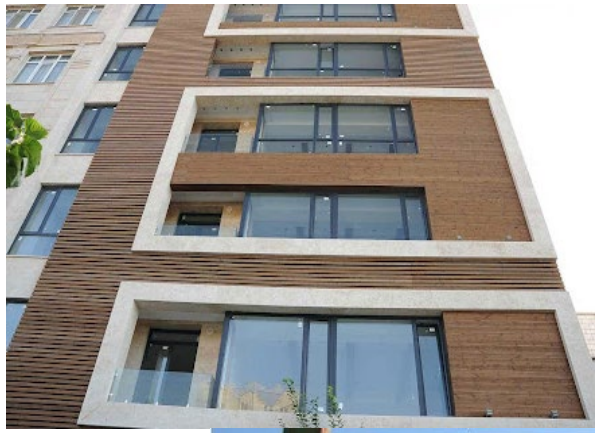
• بار های سطحی $\frac{kg}{m^2}$



• بار خطی $\frac{kg}{m}$



• بار متمرکز Kg



@CivilEngVid

دیوار

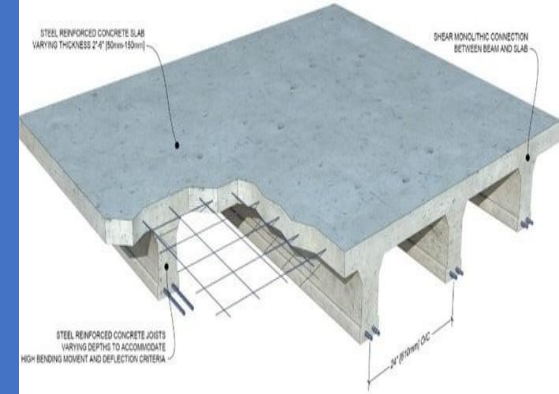
سقف تیرچه بلوک



سقف دال ضربی



دال بتنی



تیغه

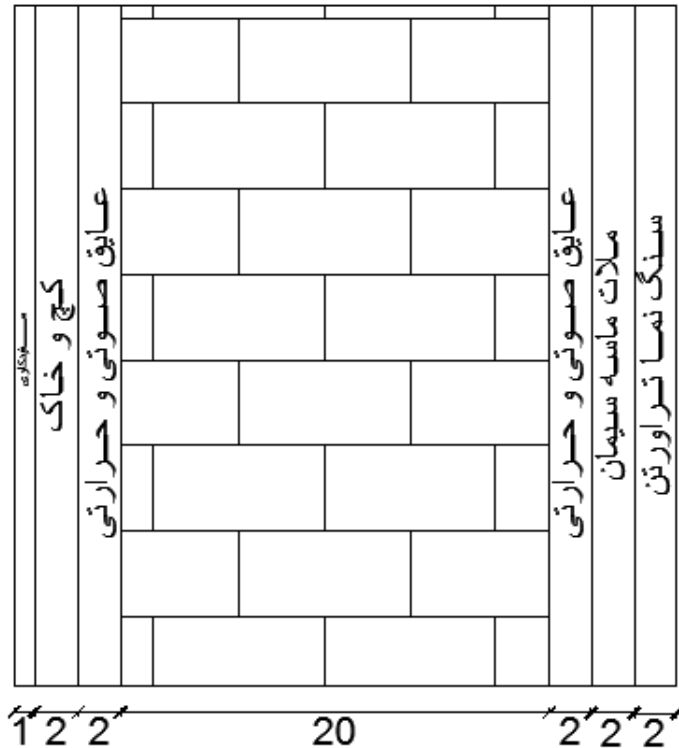


راه پله





محاسبه بار یک دیوار پیرامونی نمادار



$$0.2 * 850 = 170$$

$$\text{kg/m}^2$$

۲۰ سانتی متر آجر مجوف:

$$0.02 * 1600 = 32$$

$$\text{kg/m}^2$$

۲ سانتی متر گچ و خاک:

$$0.01 * 1300 = 13$$

$$\text{kg/m}^2$$

۱ سانتی متر سفید کاری:

$$2 * 0.02 * 100 = 4$$

$$\text{kg/m}^2$$

۲ سانتی متر عایق حرارتی و صوتی هر دو طرف:

$$0.02 * 2200 = 44$$

$$\text{kg/m}^2$$

۲ سانتی متر ملات ماسه سیمان:

$$0.02 * 2800 = 56$$

$$\text{kg/m}^2$$

۲ سانتی متر سنگ نما:

$$= 170 + 32 + 13 + 4 + 44 + 56 = 319 \text{ kg/m}^2$$

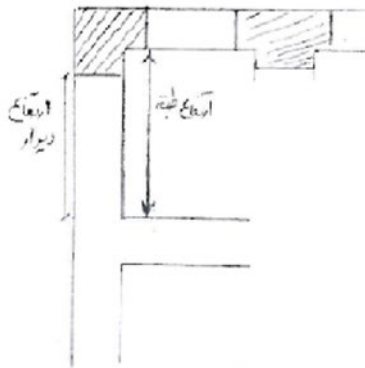


محاسبه بار یک دیوار پیرامونی نمادار

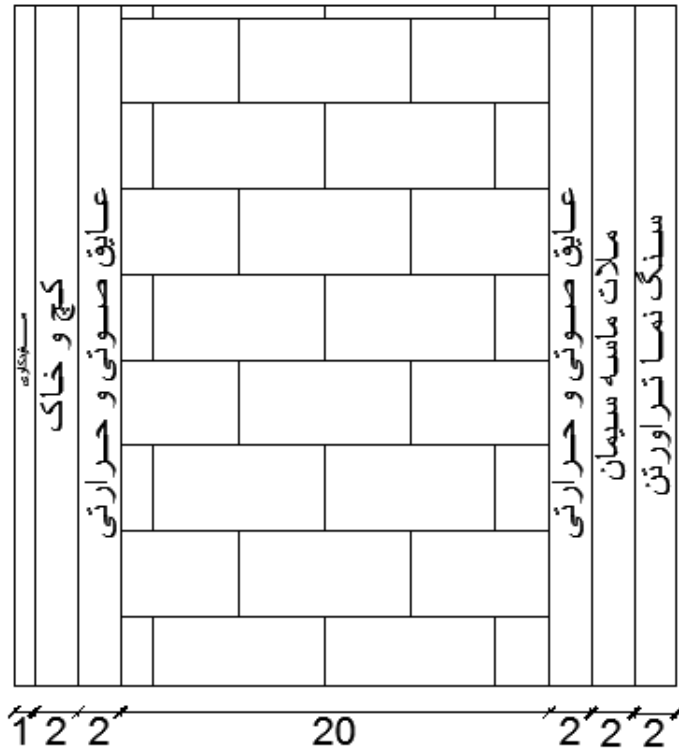
نکته: در دیوار وزن واحد طول حساب می شود.

بار واحد طول دیوار = وزن واحد سطح دیوار * ارتفاع دیوار * (درصد باز شو - ۱)

$$\text{دیوار نمادار با احتساب باز شو} = 191.4 \text{ kg/m}^2 = 319 * (1 - 0.4)$$



$$2.9 \times 191.4 = 555 \text{ kg/m}$$





مبحث ششم ویرایش ۹۸

۶-۵-۲-۲ ضوابط مربوط به جدا کننده ها

در ساختمانهای اداری و یا سایر ساختمانهایی که در آنها احتمال استفاده از جدا کننده های داخلی با وزن هر متر مربع ۱ کیلو نیوتون بر متر مربع، با یا بدون جابجایی موقعیت آنها وجود دارد، باید وزن واحد سطح آنها بدون توجه به اینکه آنها در نقشه ها نشان داده شده یا نشده باشند، منظور گردند.

در ساختمان هایی که جداکننده های سبک، نظیر دیوارهای ساندویچی و ورق گچی با وزن هر متر مربع سطح کمتر از ۰.۴ کیلونیوتن بر متر مربع دیوار به کار برده می شوند، بار گسترده معادل وارد بر کف را باید حداقل ۰.۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفت. در سایر موارد، بار گسترده معادل وزن جداکننده ها و تیغه ها بر کف را نباید کمتر از ۱ کیلونیوتن بر مترمربع در منظور نمود. بار گسترده معادل جداکننده ها در محاسبات جزء بار زنده محسوب می گردند اما در تعیین نیروی زلزله این بارها باید در محاسبه وزن موثر لرزه ای به بار مرده اضافه شوند.

استثناء: اگر حداقل بار زنده، از ۴ کیلونیوتن بر متر مربع بیشتر باشد، نیازی به در نظر گرفتن بار زنده جداکننده ها نیست.

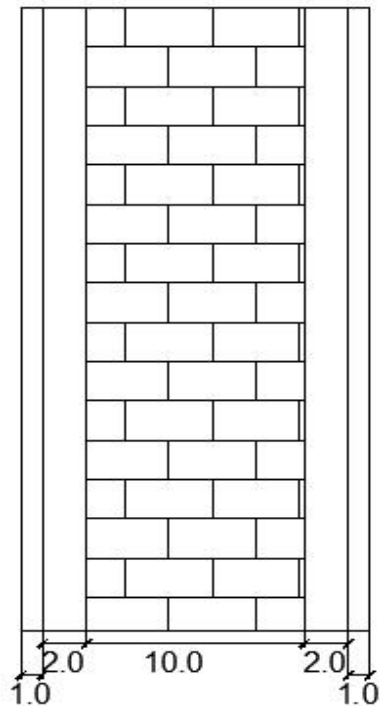


۳-۳-۶ وزن تیغه ها و دیوارها

کلیه تیغه ها و دیوارها با وزن هر متر مربع سطح بیش از ۱ کیلو نیوتون بر متر مربع به عنوان بار مرده در محاسبات منظور می شوند. در صورتی که هر متر مربع تیغه یا دیوار بین ۱ تا ۲ کیلو نیوتون بر متر مربع باشد، بار معادل تیغه را می توان به صورت بار گسترده یکنواخت بر مساحت کف اعمال نمود. وزن معادل بار مرده تیغه ها که بر مساحت هر فضا اعمال می شود از تقسیم وزن کل تیغه ها بر مساحت فضای مورد نظر به دست می آید. اما در هر صورت نباید کمتر از ۱ کیلو نیوتون بر متر مربع منظور شود. چنانچه وزن تیغه با دیوار بیشتر از ۲ کیلو نیوتون بر متر مربع باشد لازم است بار مرده تیغه یا دیوار در محل واقعی خود اعمال شود. وزن سایر جداکننده های سبک مطابق ضوابط بند ۲-۲-۵-۶ در محاسبات منظور می شود.



محاسبه بار یک تیغه



$$0.1 * 850 = 85 \quad \text{kg/m}^2$$

$$2 * 0.02 * 1600 = 64 \quad \text{kg/m}^2$$

$$2 * 0.01 * 1300 = 26 \quad \text{kg/m}^2$$

$$= 85 + 64 + 26 = 175 \quad \text{kg/m}^2$$

۱۰ سانتی متر آجر مجوف:

۲ سانتی متر گچ و خاک در هر دو طرف:

۱ سانتی متر سفید کاری در هر دو طرف:



محاسبه بار یک تیغه

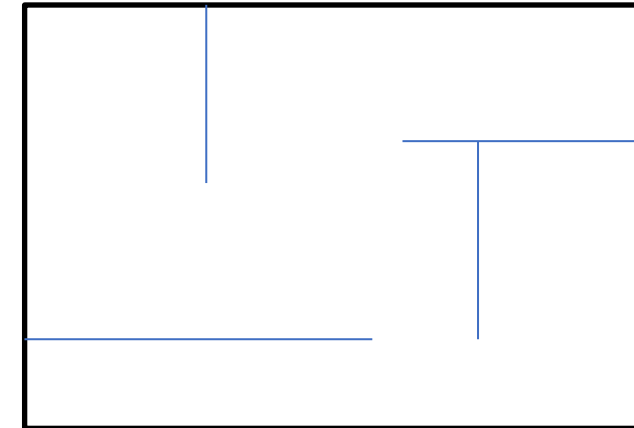
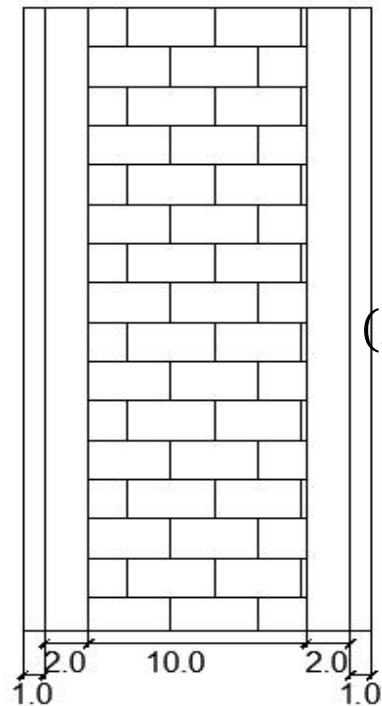
نکته : برای تبدیل بار تیغه ها به بار مرده ی معادل کف

$$Q = \frac{\text{وزن کل تیغه ها}}{\text{مساحت پلان}}$$

وزن معادل تیغه ها (بار معادل کف)

$$(w) \text{ وزن واحد سطح} \times \text{ارتفاع تیغه ها} \times \text{طول تمام تیغه ها} = \text{وزن کل تیغه ها (kg)}$$

$$175 \times 2.9 \times \text{طول تمام تیغه ها} = \text{وزن کل تیغه ها (kg)}$$



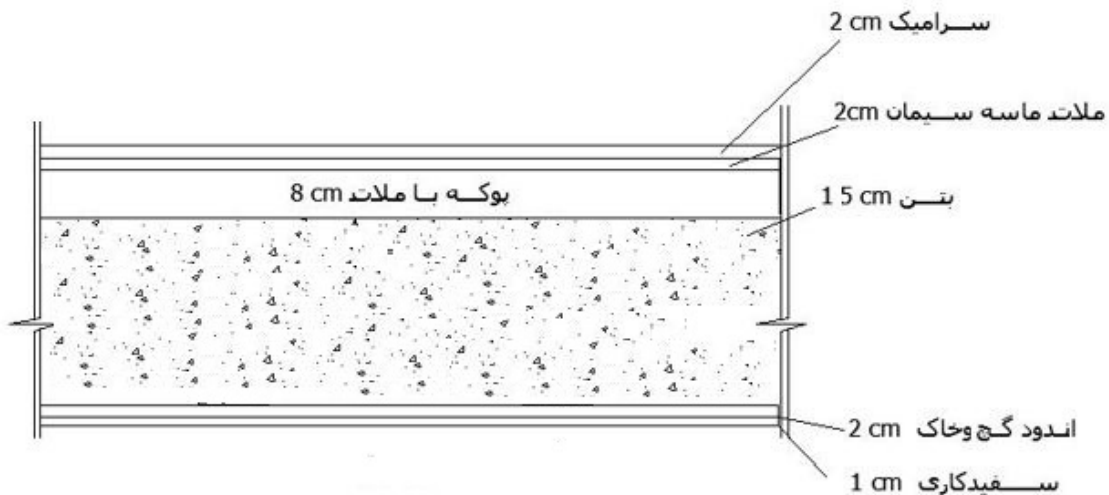
محاسبه بار یک تیغه

$$\left. \begin{aligned} w < 40 \text{ kg} / \text{m}^2 &\rightarrow q = \max\left(50, \frac{\sum hlw}{A}\right) \\ 40 < w < 100 \text{ kg} / \text{m}^2 &\rightarrow q = \max\left(100, \frac{\sum hlw}{A}\right) \\ 100 < w < 200 \text{ kg} / \text{m}^2 &\rightarrow q = \max\left(100, \frac{\sum hlw}{A}\right) \\ w > 200 \text{ kg} / \text{m}^2 &\rightarrow \text{در محل خود دیوار} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\rightarrow \text{live load} \\ &\rightarrow \text{dead load} \end{aligned}$$

نکته: اگر بار زنده (غیر از تیغه ها) $40 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ نیازی به محاسبه بار زنده تیغه نیست.



محاسبه بار یک تپ سقف ساختمان مسکونی



$$0.02 * 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$$

۲ سانتی متر سرامیک :

$$0.02 * 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$$

۲ سانتی متر ملات ماسه سیمان :

$$0.08 * 600 = 48 \text{ kg/m}^2$$

۸ سانتی متر پوک با ملات :

$$0.15 * 2500 = 375 \text{ kg/m}^2$$

۱۵ سانتی متر بتن :

$$0.02 * 1600 = 32 \text{ kg/m}^2$$

۲ سانتی متر اندود گچ و خاک :

$$0.01 * 1300 = 13 \text{ kg/m}^2$$

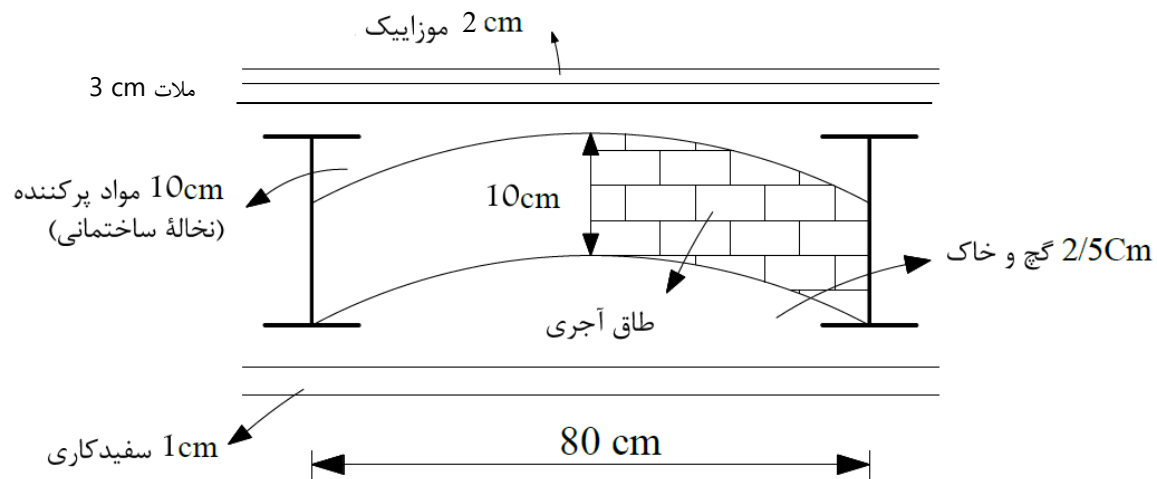
۱ سانتی متر سفیدکاری :

$$= 42 + 42 + 48 + 375 + 32 + 13 = 552 \text{ kg/m}^2$$

توجه : اگر سقف بام بود، یک لایه عایق اضافه شود. 15 kg/m^2



محاسبه بار یک تپ سقف ساختمان مسکونی



$$0.02 \times 2250 = 45 \frac{kg}{m^2} \text{ موزاییک ص ۱۲۹ مبحث ششم}$$

$$0.03 \times 2100 = 63 \frac{kg}{m^2} \text{ مالت ماسه سیمان ص ۱۲۶}$$

$$0.01 \times 1300 = 13 \frac{kg}{m^2} \text{ سفید کاری (همان مالت گچ)}$$

$$0.1 \times 1300 = 130 \frac{kg}{m^2} \text{ بتن با پوکة معدنی}$$

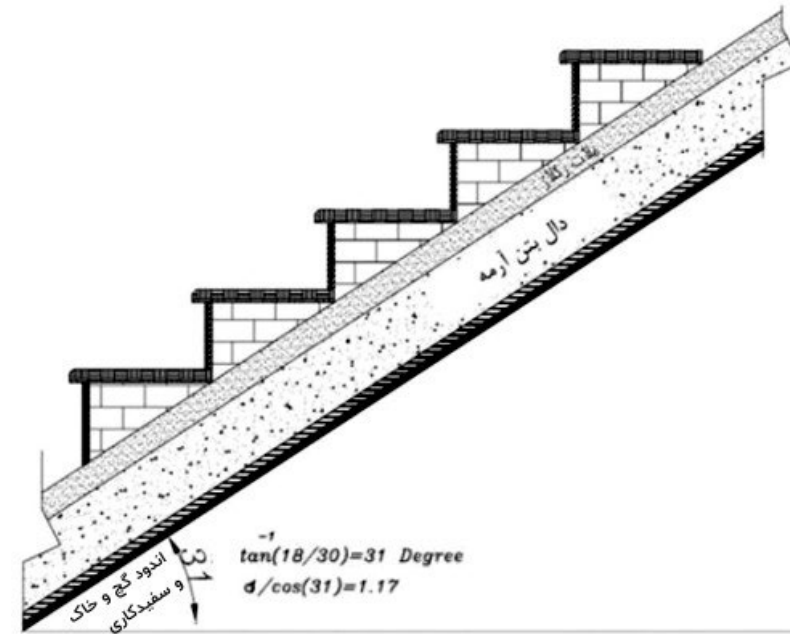
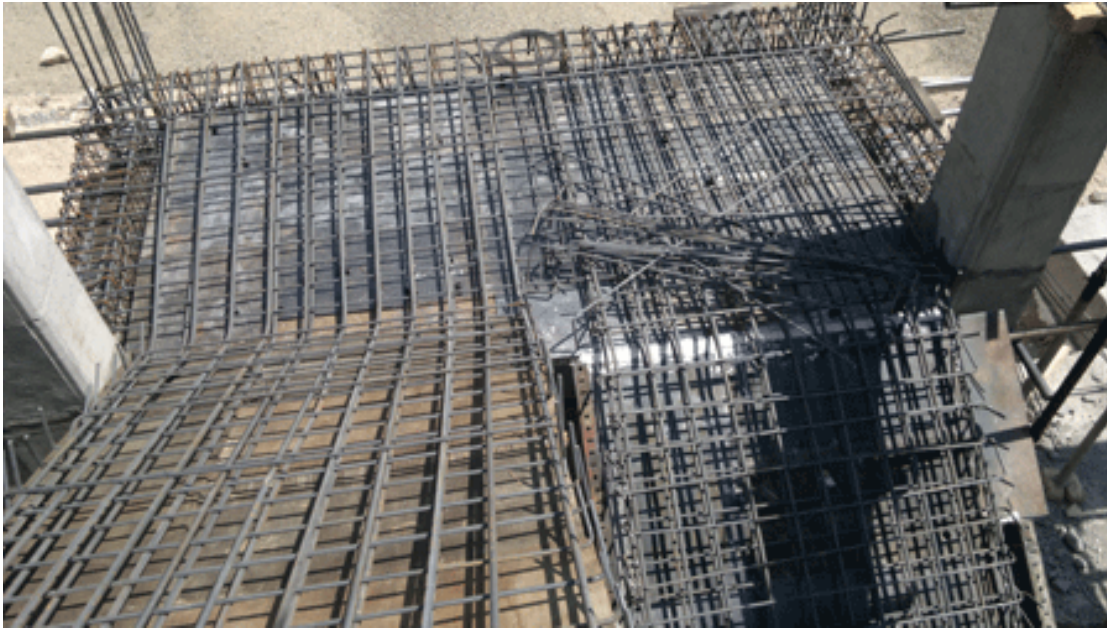
$$0.025 \times 1600 = 40 \frac{kg}{m^2} \text{ گچ و خاک}$$

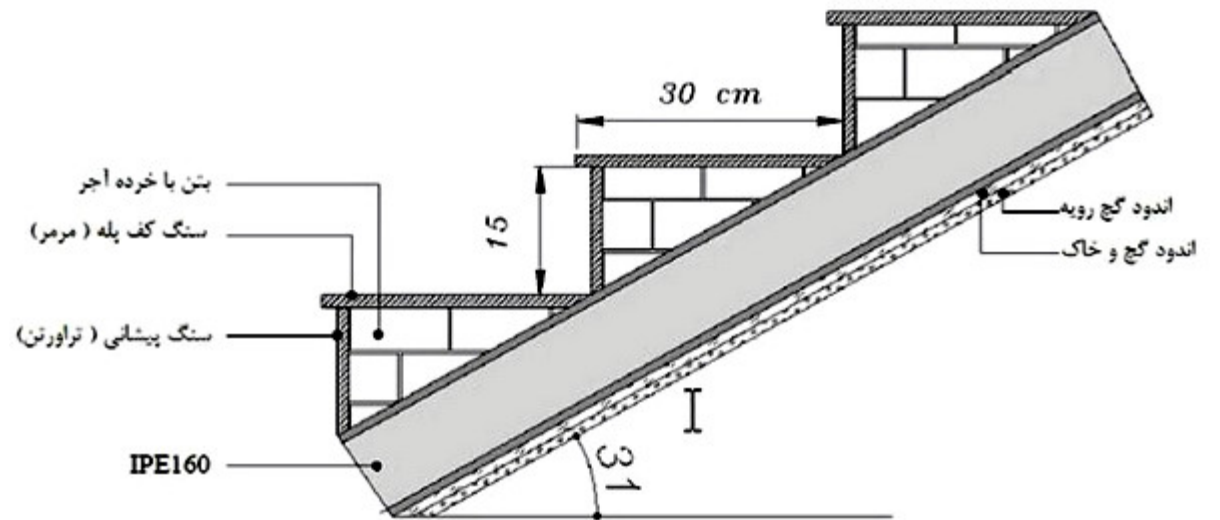
$$\frac{(0.5+0.5) \times 1 \times 12.9}{0.8} = 16.1 \frac{kg}{m^2} \text{ تیر آهن}$$

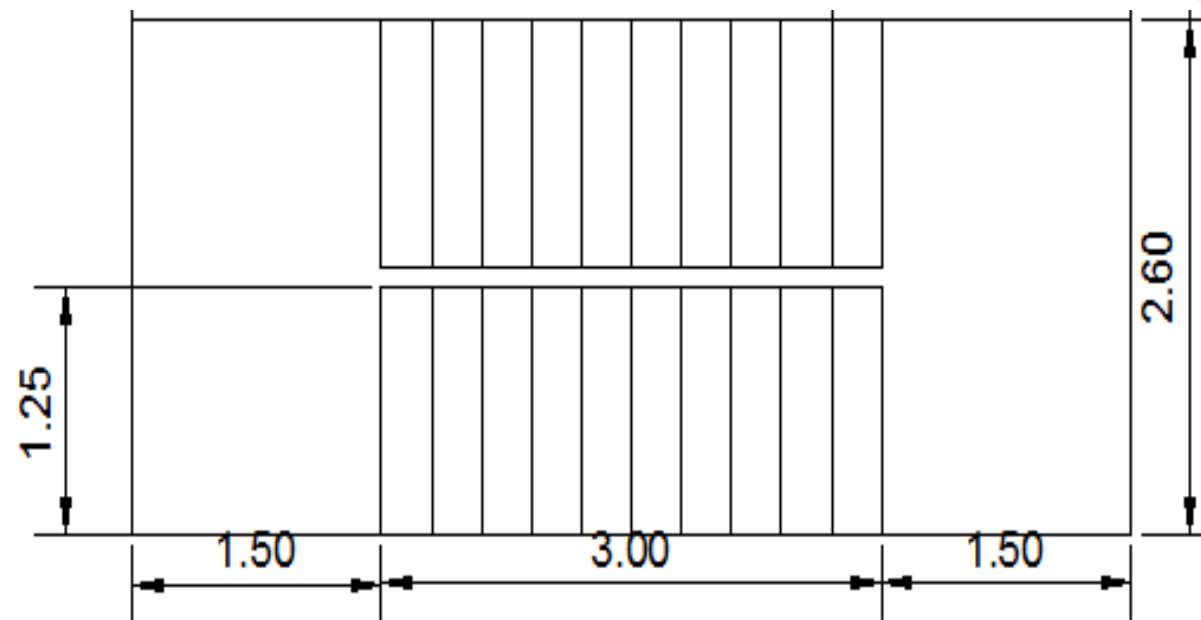
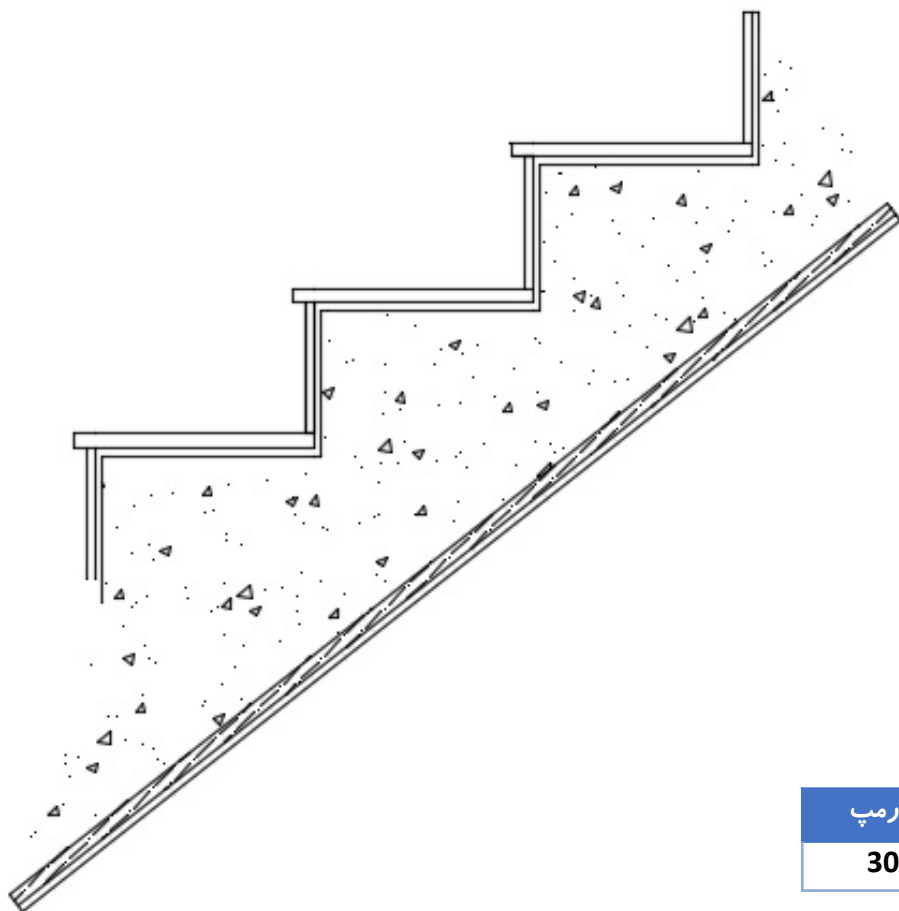
در طاق ضربی ۱ سانتی متر به اندازه ارتفاع آجر اضافه می شود (به علت انحنا)

$$0.11 \times 1750 = 192.5 \frac{kg}{m^2}$$

$$\sum = 500 \frac{kg}{m^2}$$

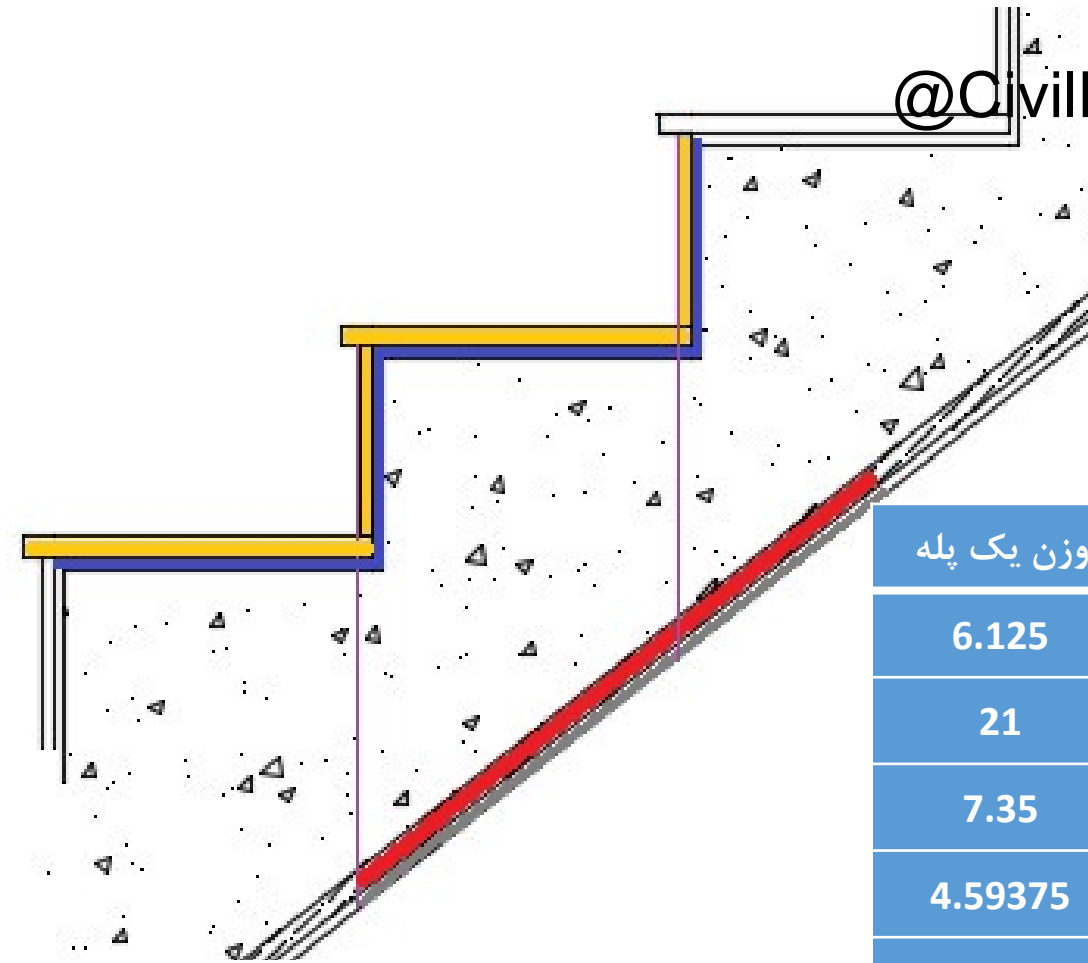






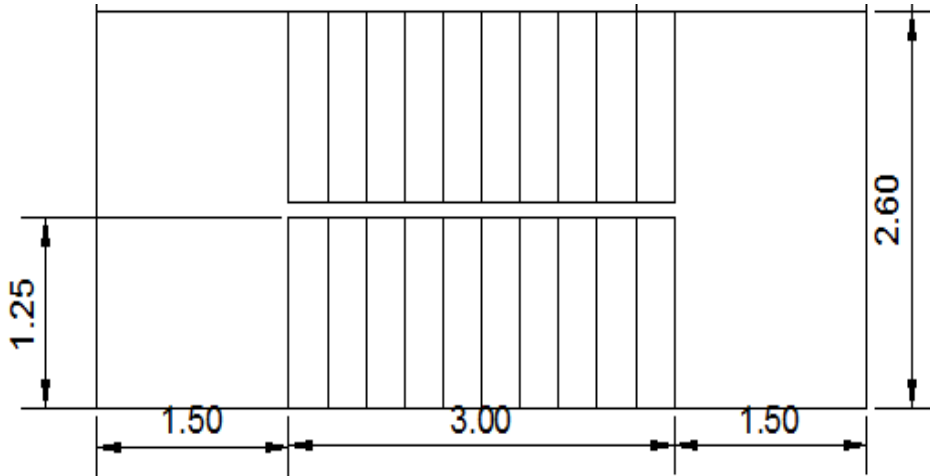
شیپ رمپ	ارتفاع تک پله	تعداد پله های هر رمپ	تعداد رمپ ها	فاصله تا طبقه بعدی
30.26	17.5	10	2	3.5

توجه : محدودیت ها و ابعاد استاندارد برای پله!



واحد تکرار شونده ۳۰
سانتی متر

وزن یک پله	وزن مخصوص	عرض	طول	ضخامت	زیرزمین به همکف
6.125	2800	0.175	1.25	0.01	سنگ گرانیت عمودی
21	2800	0.30	1.25	0.02	سنگ گرانیت افقی
7.35	2100	0.28	1.25	0.01	ملات ماسه سیمان
4.59375	2100	0.175	1.25	0.01	ملات ماسه سیمان قائم
269.5	2500	$(20+20+17.5)*30/2*1.25$			بتن رمپ (۲۰ سانت)
14.104	1600	0.3526	1.25	0.02	ملات گچ و خاک
5.72975	1300	0.3526	1.25	0.01	گچ
328.5					مجموع



بنابراین وزن هر تک پله برابر با ۳۲۹ کیلوگرم در نظر گرفته میشود.

وزن کل یک رمپ راه پله بدون پاگرد ها = ۳۲۹۰ کیلوگرم

مشخصات پاگرد همانند کف طبقات مسکونی در نظر گرفته میشود.

552 kg = وزن واحد سطح پاگرد

$$\text{وزن کل} = 1.5 * 1.25 * 552 * 2 + 3290 = 5360 \text{ kg}$$

$$5360 / 2 / 1.25 = 2144 \text{ kg/m}$$

۲۱۴۴ بصورت خطی بر تیرهای نیم طبقه

@CivilEngVid



Live Load

بار زنده



تعریف

بار زنده: باری غیردائمی است که در حین بهره‌برداری از ساختمان یا سایر سازه‌ها به آن‌ها وارد شود. بار زنده شامل بارهای حین ساخت نمی‌شود.

بار زنده بام: باری غیردائمی است بر روی بام که در حین بهره‌برداری یا انجام تعمیرات به آن وارد شده یا توسط اشیاء متحرکی چون گلدان و لوازم دیگر که ارتباطی با استفاده از ساختمان در طول عمر بهره‌برداری آن ندارند، به آن اعمال شود. این بار شامل بارهای حین ساخت یا بارهای محیطی مانند برف و باران نمی‌شود.

تعریف

۱-۲-۵-۶ بار زنده طراحی

بار زنده‌ای که در طراحی ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها به کار می‌رود، باید بیشترین بار مورد انتظار برای کاربری موردنظر بوده و در هیچ حالتی از حداقل بار زنده گسترده یکنواخت، L_0 ، داده شده در جدول ۱-۵-۶ با در نظر گرفتن میزان کاهش‌های مجاز کمتر نباشد.

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۴ ۱-۴	ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی اتاق‌ها و سایر فضاهای خصوصی شامل (سرویس‌ها- انبار- راهروها)	۲	—



تعریف

احتمال وارد شدن بار زنده در تمام دهانه ها با مقدار بیشینه در جاهایی که سطح بارگیر زیاد باشد، کم است. بنابراین این مقادیر بیشینه منجر به طراحی های غیراقتصادی برای تیرها و ستونها میشود. در این موارد آییننامه اجازه کاهش بار زنده را می دهد.

محدودیت های کاهش بار زنده:

- ۱- کاهش بارهای زنده بیشتر از ۵ کیلو نیوتن بر مترمربع مجاز نمی باشد.
- ۲- کاهش بارهای زنده محل عبور و پارک خودروهای سواری مجاز نمی باشد.
- ۳- کاهش بار زنده محل اجتماع و ازدحام مانند راهروها و راه پله ها مجاز نمی باشد



۱-۵-۵-۶ کاهش در بارهای زنده گسترده یکنواخت

بار زنده گسترده اعضایی را که برای آنها، مقدار $K_{LL} A_T$ برابر با ۳۷ مترمربع یا بیشتر باشد، می‌توان با در نظر گرفتن محدودیت‌های بندهای ۲-۵-۵-۶ تا ۵-۵-۵-۶، طبق رابطه (۱-۵-۶) کاهش داد:

$$L = L_0 \left[0.75 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right] \quad R = 100 * (0.75 - \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}}) \quad (1-5-6)$$

که در آن:

L : بار زنده طراحی کاهش یافته در هر مترمربع، وارد شده بر عضو

L_0 : حداقل بار زنده گسترده یکنواخت در هر مترمربع، وارد شده بر عضو (از جدول ۱-۵-۶)

K_{LL} : ضریب موقعیت عضو (از جدول ۲-۵-۶)

A_T : سطح بارگیر (مترمربع)

L برای اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می‌کنند نباید از $L_0 / 5$ و برای اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می‌کنند از $L_0 / 4$ کمتر باشد.

بار تجمعی بدون در نظر گرفتن بام (خالص)

جدول ۶-۵-۲ ضریب موقعیت عضو برای بار زنده K_{LL}

ردیف	عضو سازه‌ای	K_{LL}
۱	ستون داخلی	۴
۲	ستون خارجی بدون دال‌های طره‌ای	۴
۳	ستون کناری با دال طره‌ای	۳
۴	ستون گوشه‌ای با دال طره‌ای	۲
۵	تیر کناری بدون دال طره‌ای	۲
۶	تیر داخلی	۲
۷	بقیه اعضاء ذکر نشده شامل:	
۱-۷	تیر کناری با دال طره‌ای	۱
۲-۷	تیر طره‌ای	۱
۳-۷	دال یک‌طرفه	۱
۴-۷	دال دو طرفه	۱
۵-۷	اعضایی که فاقد قابلیت انتقال پیوسته برش در جهت عمود بر دهانه خود باشند.	۱



ضریب R_2 از رابطه ۴-۵-۶ محاسبه می‌شود.

که در این رابطه:

$$R_2 = \begin{cases} 1 & \text{برای } S \leq 33 \\ 1/2 - 0.006 S & \text{برای } 33 < S < 100 \\ 0.06 & \text{برای } S \geq 100 \end{cases}$$

که در آن، برای بام‌های شیب‌دار، S شیب سقف (به درصد)، و در بام‌های قوسی و گنبدی، S معادل ۲۶۷ برابر نسبت ارتفاع به طول دهانه قوس است.

ضرایب کاهش R_1 و R_2 مطابق روابط زیر تعیین می‌شوند:

$$R_1 = \begin{cases} 1 & \text{برای } A_T \leq 18 \text{ m}^2 \\ 1/2 - 0.111 A_T & \text{برای } 18 \text{ m}^2 < A_T \leq 54 \text{ m}^2 \\ 0.06 & \text{برای } A_T > 54 \text{ m}^2 \end{cases}$$

که در آن A_T سطح بارگیر عضو (بر حسب مترمربع) می‌باشد.

$$L_T = L_0 R_1 R_2 \quad 0.6 \text{ kN/m}^2 \leq L_T \leq 1.5 \text{ kN/m}^2$$

L_T : بار زنده طراحی کاهش یافته بام در هر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو

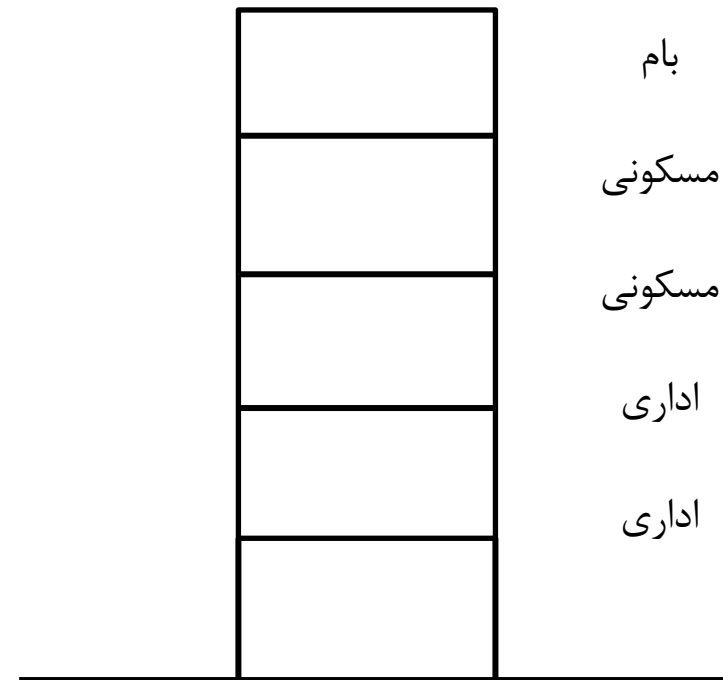
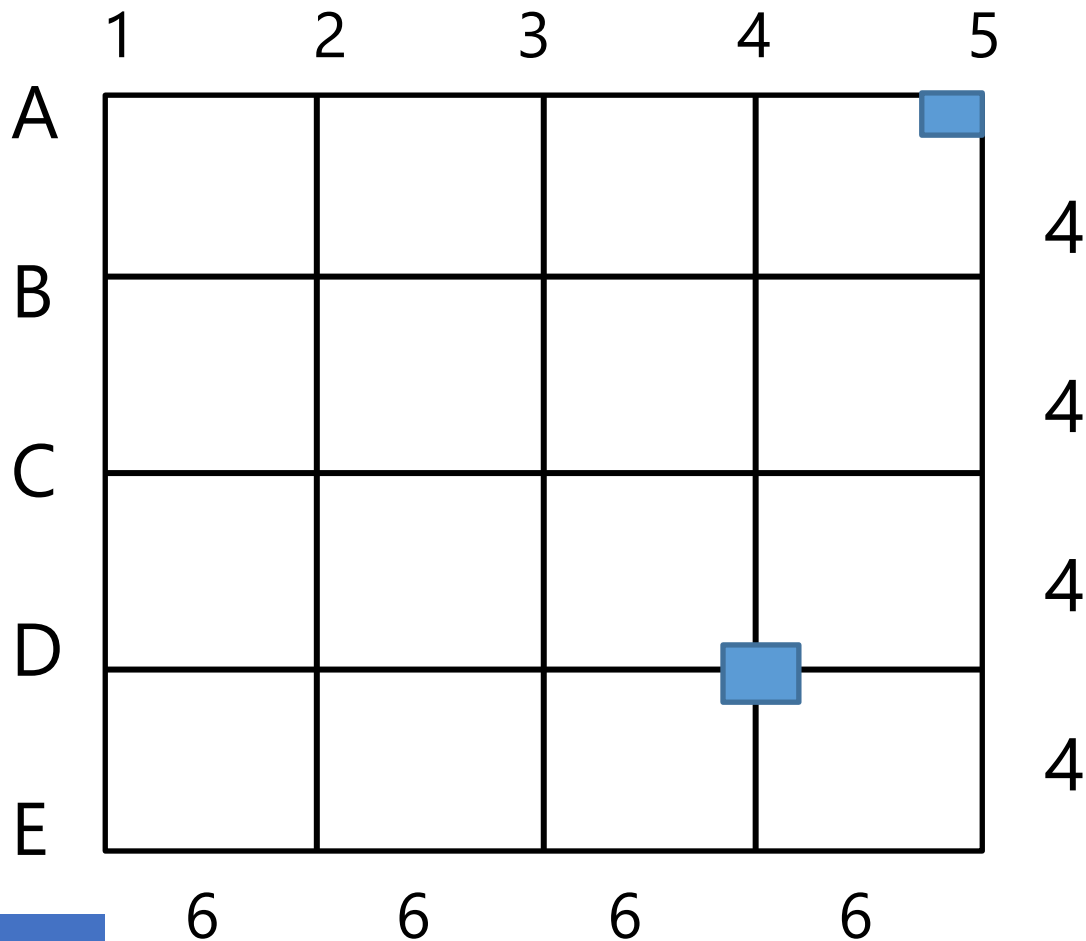
L_0 : حداقل بار زنده گسترده یکنواخت کاهش نیافته بام در هر مترمربع تصویر افقی سطح نگهداری شده توسط عضو (جدول ۴-۵-۶)



ساختمان ۵ طبقه با مشخصات زیر داریم :

الف) کاهش سربار ستون D_4

ب) بار مرده وارده بر ستون D_4





بار زنده – مثال کاهشی سربار

@CivilEngVid

- ستون‌ها ۶۰*۶۰ سانتی متر
- عرض تیرها ۳۰ سانتی متر
- ارتفاع تیرها ۵۰ سانتی متر
- بار مرده کف سازی به جز بام $500 \frac{kg}{m^2}$
- بار مرده کف سازی بام $480 \frac{kg}{m^2}$
- بار معادل کف تیغه‌ها $150 \frac{kg}{m^2}$
- ارتفاع جان پناه ۸۰ سانتی متر و بار واحد آن $260 \frac{kg}{m^2}$
- درصد بازشو ۳۰ درصد
- ضخامت دال بتنی ۲۵ سانتی متر
- شیب بام ۳۵٪
- ارتفاع خالص طبقات ۳.۱ متر
- طبقه اول و دوم اداری
- طبقه سوم و چهارم مسکونی
- بار واحد سطح دیوارهای پیرامونی $280 \frac{kg}{m^2}$



حل: الف) ستون D_4

$$k_{ll} = 4$$

$$A_t = 4 * 6 = 24m^2$$

$$k_{ll} * A_t = 4 * 24 = 96 > 37m^2$$

پس مجاز به کاهش سربار هستیم.

کاهش سربار بام:

$$R_1 = 1.2 - 0.0111 * 24 = 0.9336$$

$$R_2 = 1.2 - 0.006 * 35 = 0.99$$

برای بارهای زنده از روی آیین نامه می خوانیم:

$$ll \text{ بام} = 150 \frac{kg}{m^2} \quad ll \text{ مسکونی} = 200 \frac{kg}{m^2} \quad ll \text{ اداری} = 250 \frac{kg}{m^2}$$

$$ll \text{ تیغه} = \max(100, Q) = \max(100, 150) = 150 \frac{kg}{m^2}$$

$$ll \text{ مسکونی} = 200 + 150 = 350 \frac{kg}{m^2}$$

$$ll \text{ اداری} = 200 + 150 = 400 \frac{kg}{m^2}$$

$$pl \text{ بام} = 24 * 150 = 3600 \text{ kg}$$

$$pl_r = 3600 * 0.9336 * 0.99 = 3327.35 \text{ kg}$$

بار معادل کف تیغه کمتر از $200 \frac{kg}{m^2}$ می باشد، بار زنده می گیریم.



طبقه ۴:

$$k_{ll} * A_T = 4 * 24 = 96 \text{ m}^2 > 37 \text{ m}^2$$

$$R = 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{k_{ll} * A_T}} = 0.7146$$

$$\text{بار ناشی از طبقه چهارم} = 24 \times 350 = 8400 \text{ kg}$$

$$Pl_R = 3227.35 + 0.7146 * 8400 = 9345.11 \text{ kg}$$

طبقه ۳:

$$k_{ll} * A_T = 4 * (72 - 24) = 192 \text{ m}^2 > 37 \text{ m}^2 \quad ok$$

$$R = 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{192}} = 0.5798$$

$$pl = 3600 + 48 * 350 = 20400 \text{ kg}$$

$$pl_R = 3327.35 + 16800 * 0.5798 = 13068 \text{ kg}$$



طبقه ۲:

$$k_{ll} * A_T = (4 * 24 - 24) * 4 > 37$$

$$R = 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{72 * 4}} = 0.5193$$

$$pl_R = 3327.35 + (48 * 350 + 24 * 400) * R = 17036.87 \text{ kg}$$

طبقه ۱:

$$k_{ll} * A_T = 4 * (120 - 24) = 384 \text{ m}^2 > 37 \text{ m}^2 \quad ok$$

$$R = 0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{384}} = 0.4832$$



بار زنده تجمعی بدون بام	بار زنده تجمعی نهایی	بار زنده	۱- درصد کاهش	Anet	A	سطح بارگیر در هر طبقه	طبقه
	3327.12	3600	0.9242	0	24	24	بام
8400	9345.0788	8400	0.7164237	24	48	24	مسکونی ۴
16800	13067.951	8400	0.5798113	48	72	24	مسکونی ۳
26400	17036.372	9600	0.5192898	72	96	24	اداری ۲
36000	20722.746	9600	0.4832118	96	120	24	اداری ۱

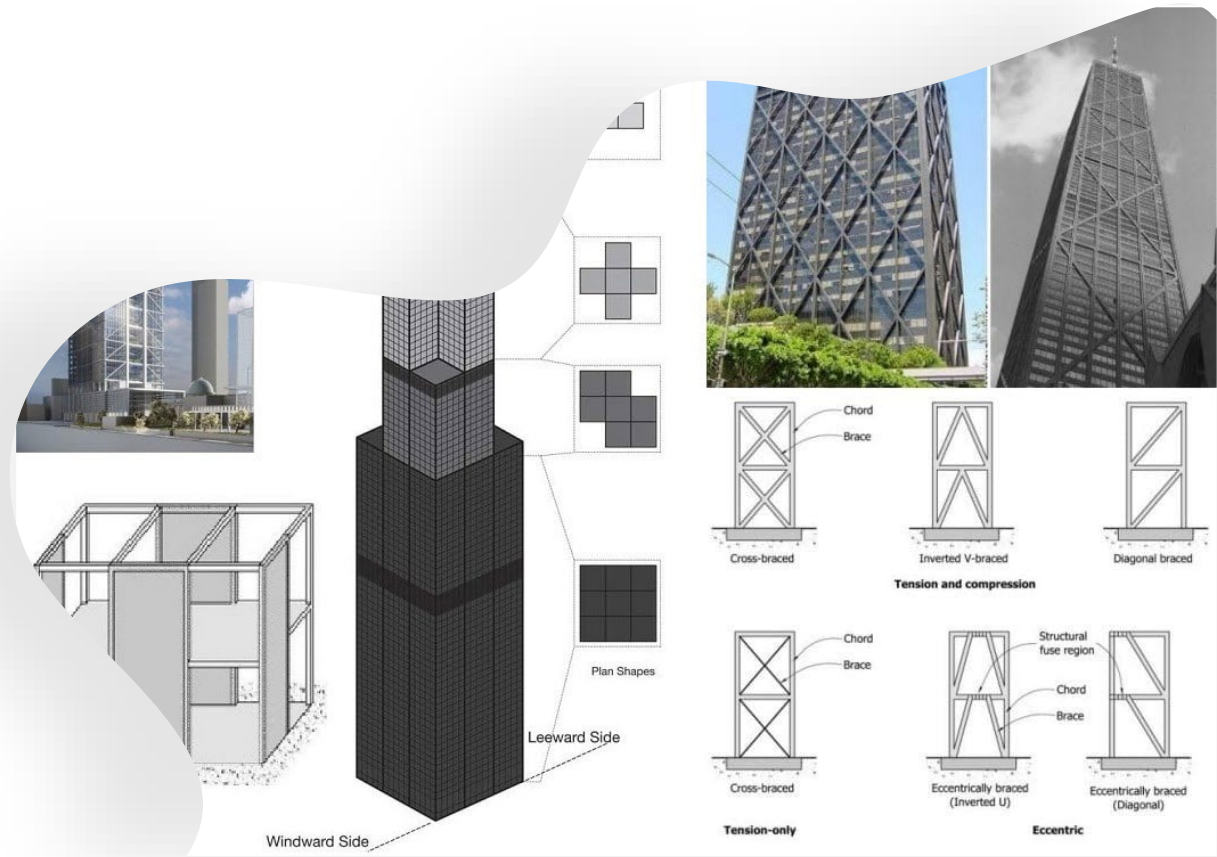
بار مرده:

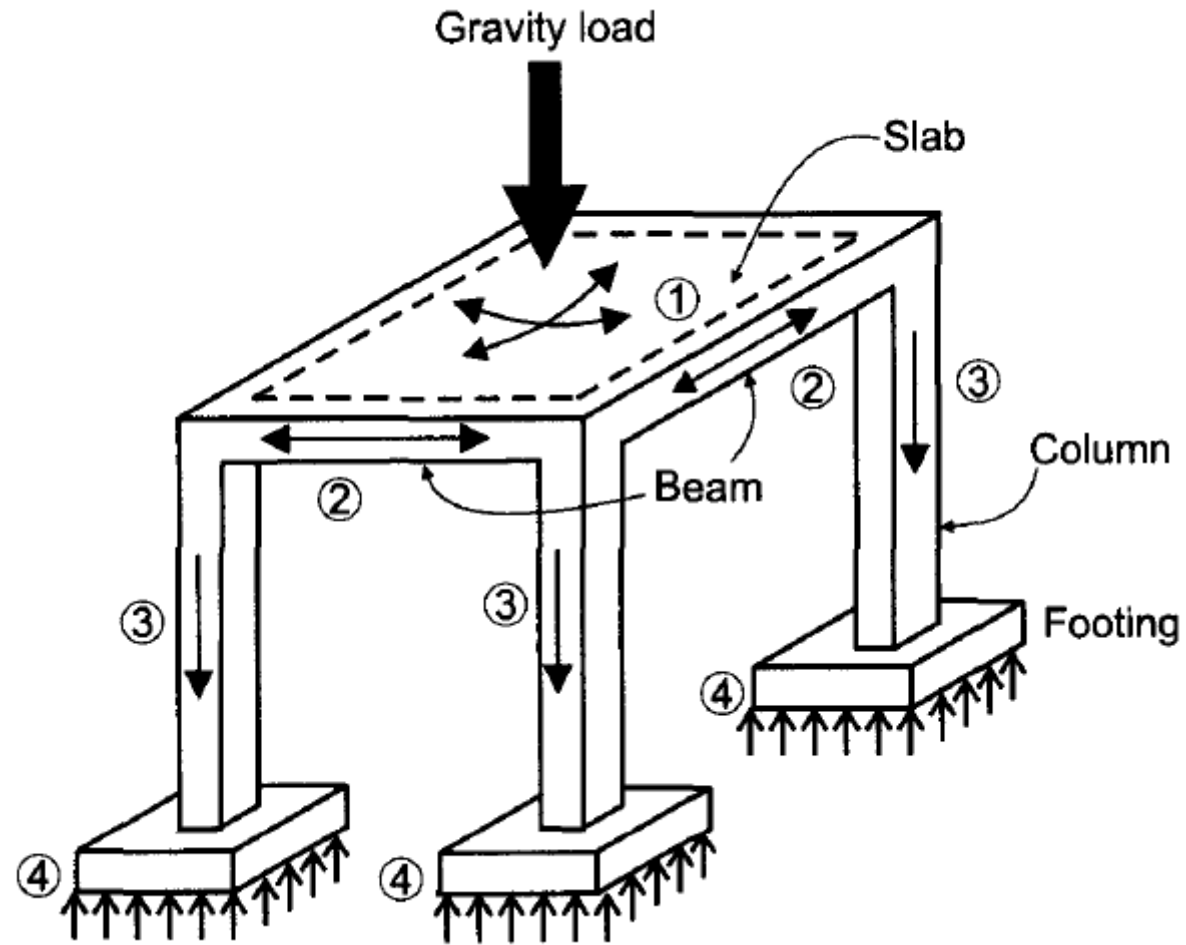
$$\text{بار مرده بام} = 480 * 24 + 0.6 * 0.6 * 3.1 * 2500 + (4 + 6)(0.3 * 0.35) * 2500 = 16935kg$$

$$\text{طبقات سایر} = 500 * 24 + 0.6 * 0.6 * 3.1 * 2500 + (4 + 6)(0.3 * 0.35) * 2500 = 17415kg$$

طبقه	Pd	تجمعی
بام	16935	16935
4	17415	34350
3	17415	51765
2	17415	69180
1	17415	86595

سیستم ساختمانی







عمکرد دال به دو صورت می باشد:

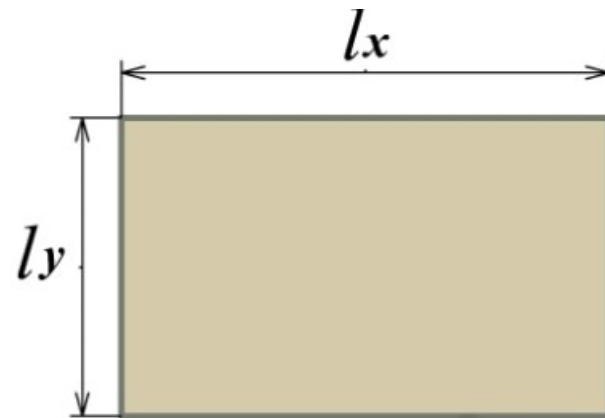
۱- در یک امتداد باربری دارد :

مانند تیرچه بلوک، طاق ضربی، دال تیرک دار، کامپوزیت و دال بتن آرمه توپر با نسبت ابعادی بیشتر از ۲

۲- در هر دو جهت باربری دارد:

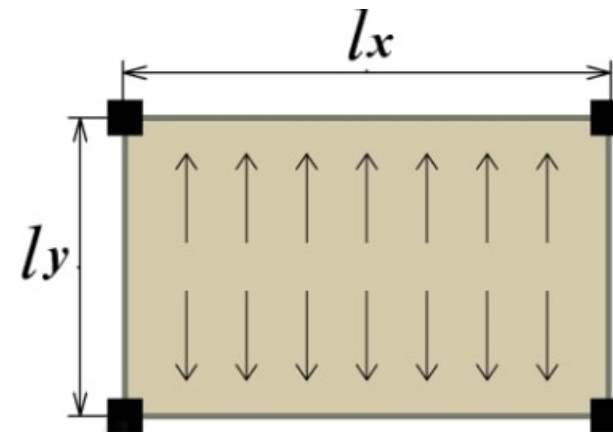
مانند دال بتن آرمه توپر با نسبت ابعاد کمتر از ۲

- اگر تیر فرعی داشتیم دال یک طرفه می باشد.
- توجه: سیستم تیرچه بلوک حتما یک طرفه می باشد حتی اگر نسبت ابعاد کمتر از ۲ باشد.

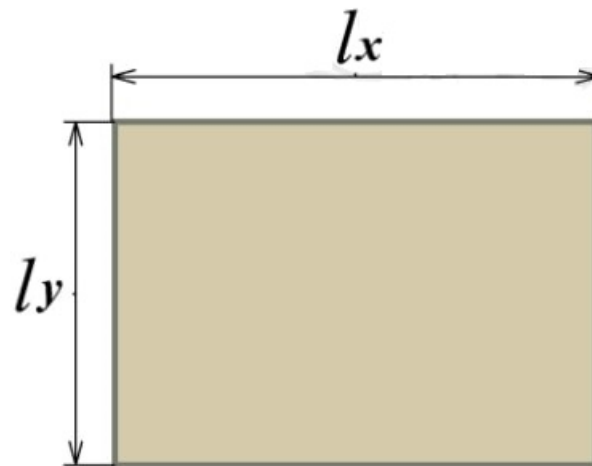


One-Way Slab

$$\frac{l_x}{l_y} > 2$$

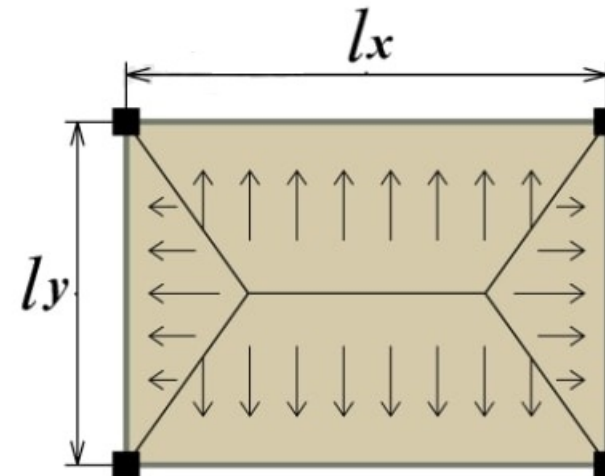


Load Transfer - One-way slab

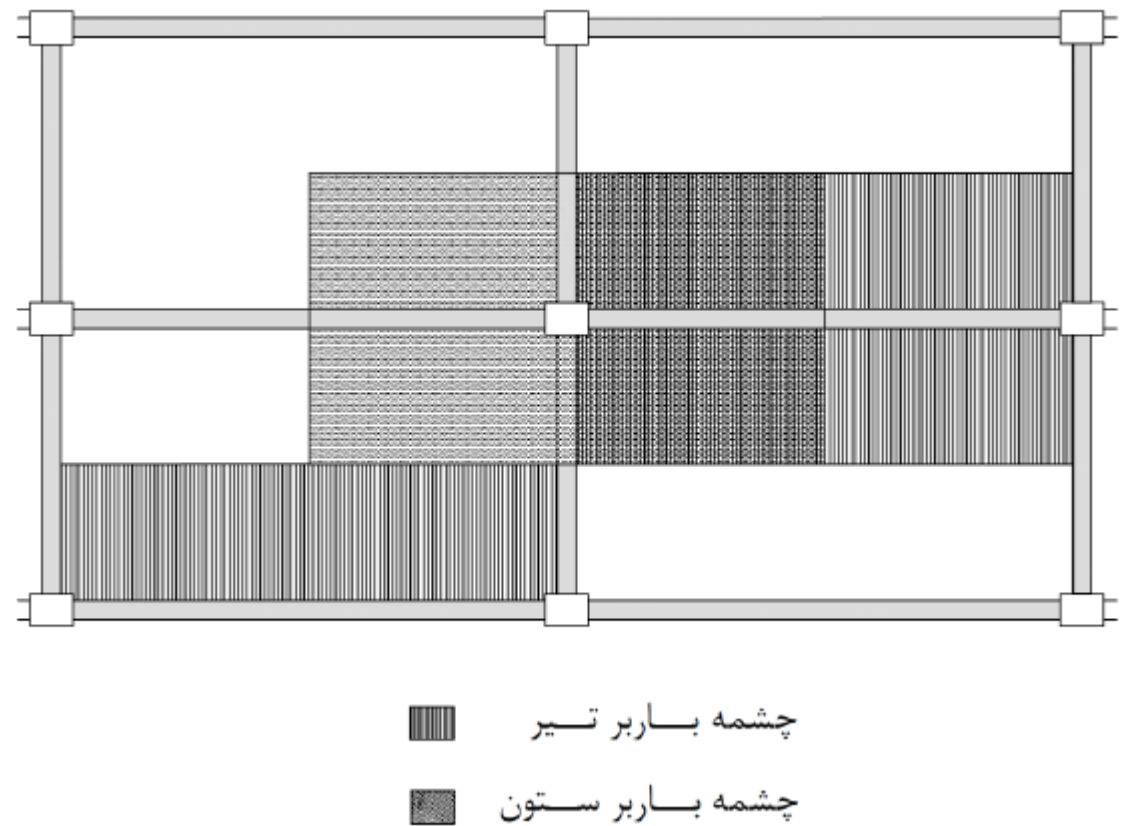
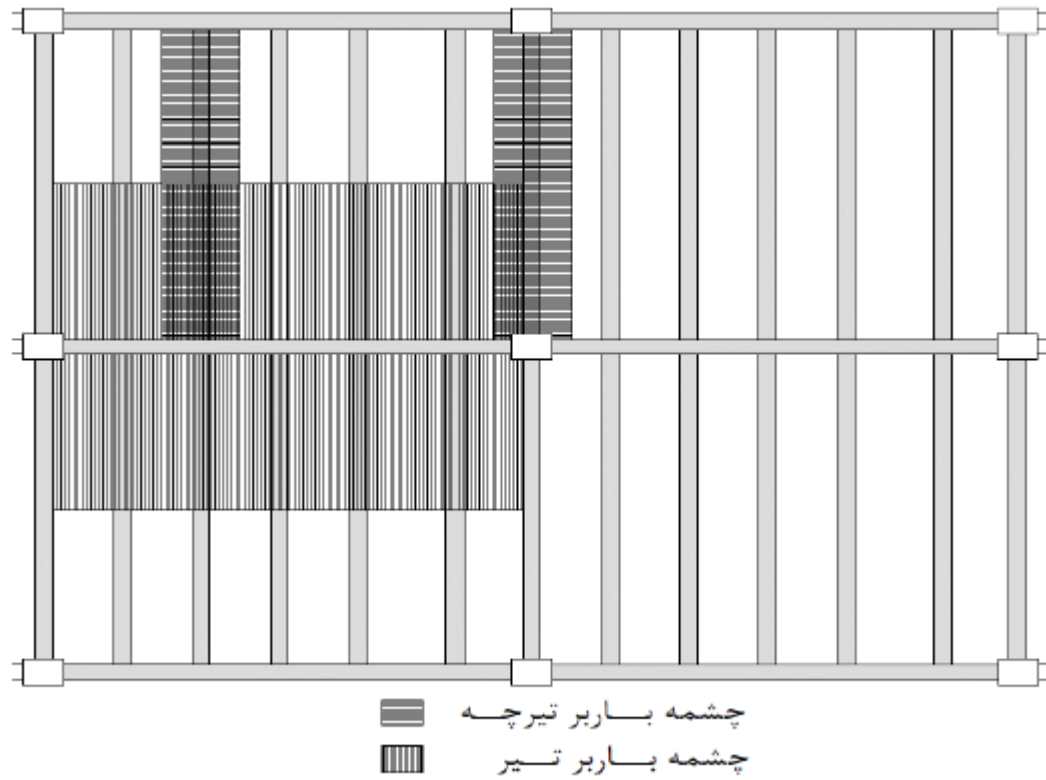


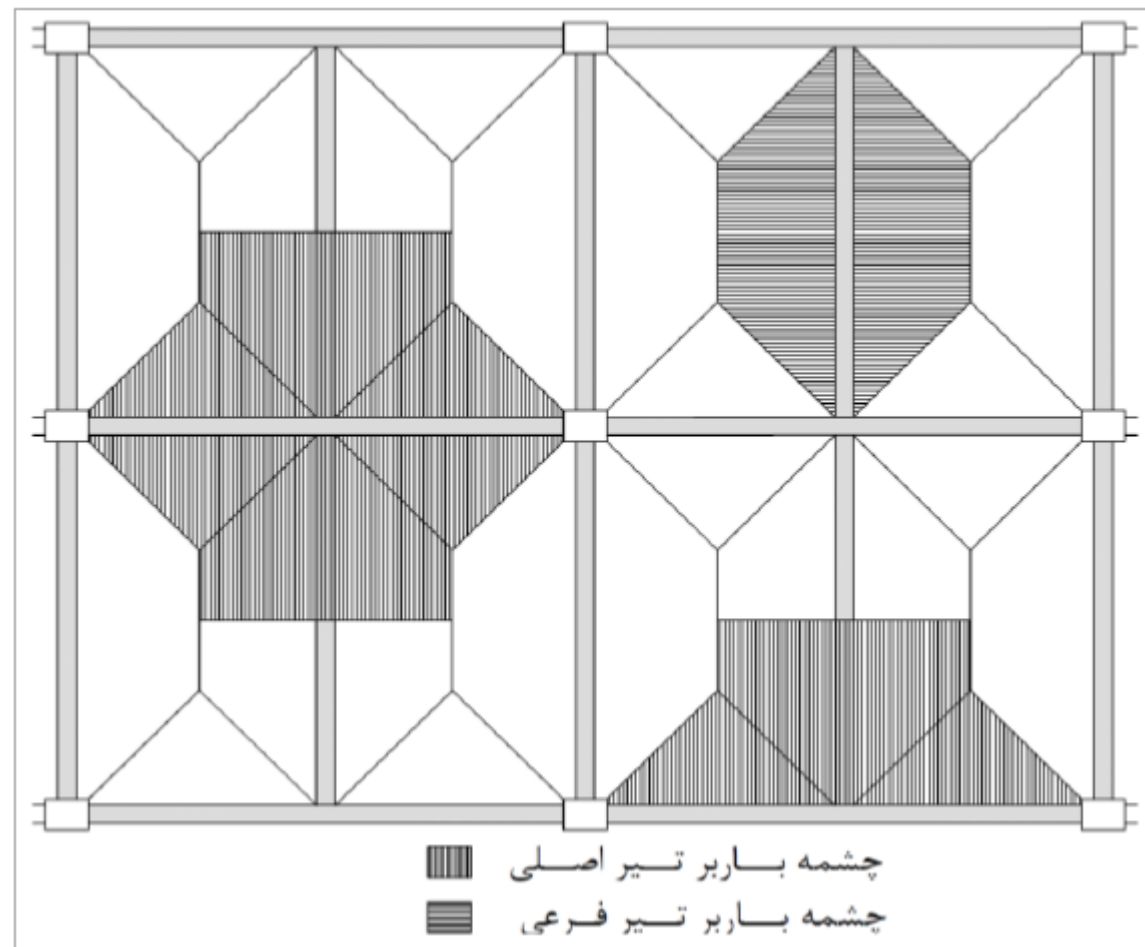
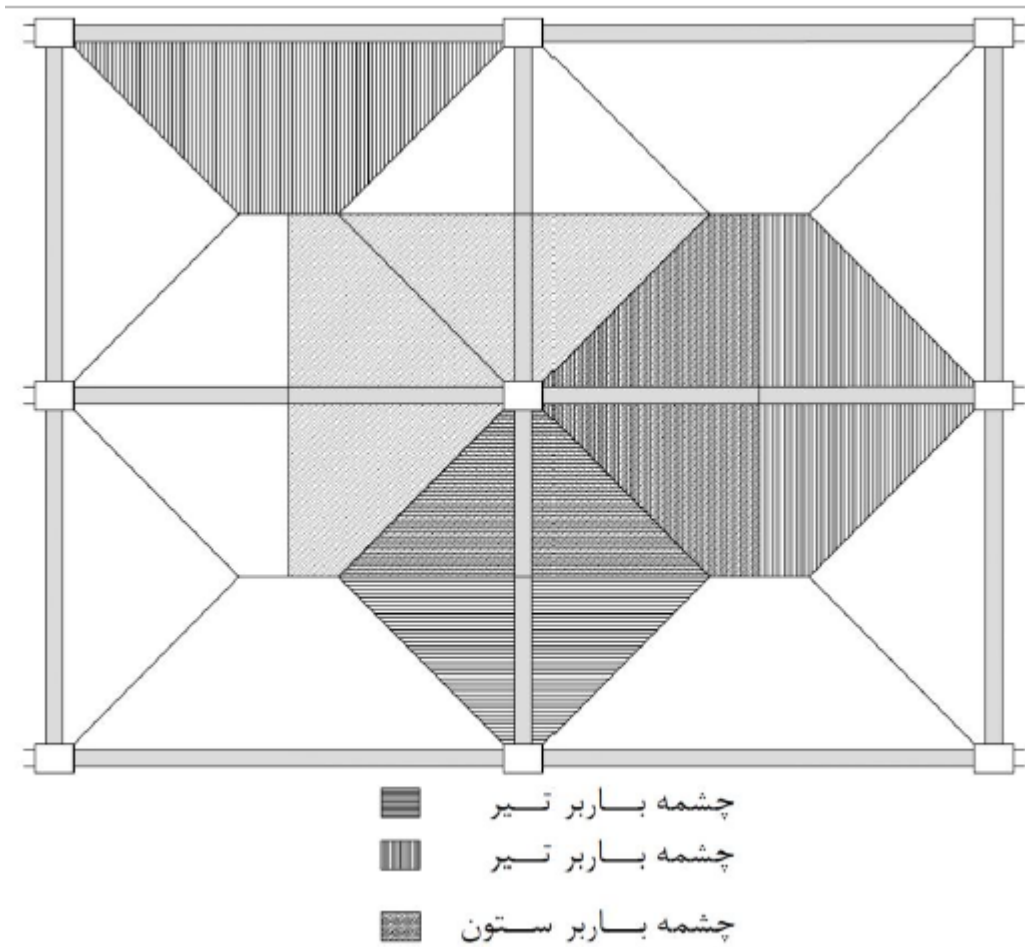
Two-Way Slab

$$\frac{l_x}{l_y} \leq 2$$



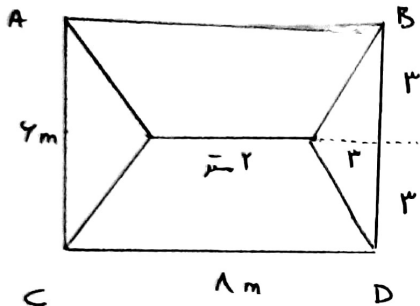
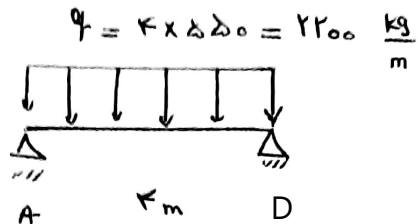
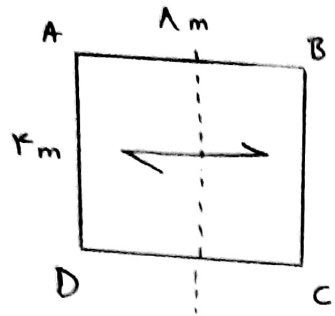
Load Transfer - Two-way slab







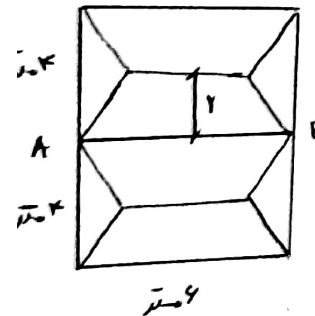
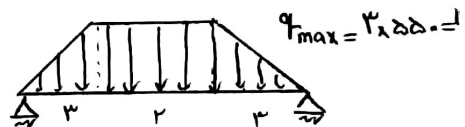
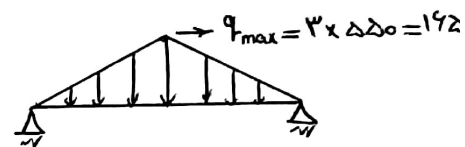
مثال : وزن واحد سطح تمامی کف ها ۵۵۰ کیلوگرم بر مترمربع می باشد. مطلوب است رسم شماتیک بار وارد بر تیرها



$\frac{1}{4} < 2 \rightarrow$ عملکرد دو طرفه

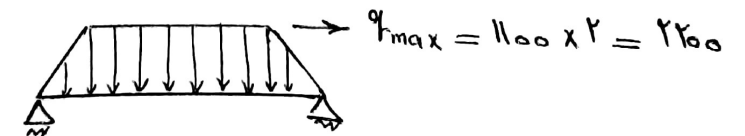
AC = BD

AB = CD



$\frac{4}{3} = 1,5 \rightarrow$ عملکرد دو طرفه

$$2 \times 550 = 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$





تبدیل بار مثلثی به مستطیل معادل:

$$q_{eq} = \frac{5}{8} q_{max} \quad \text{تساوی لنگر انتهایی}$$

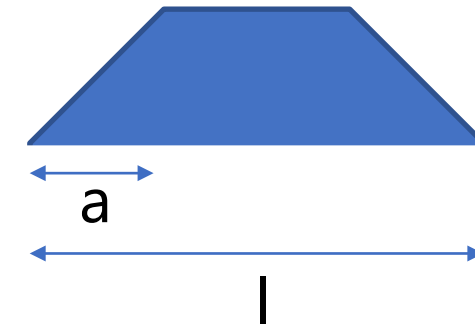
$$q_{eq} = \frac{2}{3} q_{max} \quad \text{تساوی لنگر میانی}$$

تبدیل بار ذوزنقه‌ای به مستطیل:

$$\alpha = \frac{a}{l}$$

$$q_{eq} = (1 - 2\alpha^2 + \alpha^3) * q_{max} \quad \text{لنگر انتهایی}$$

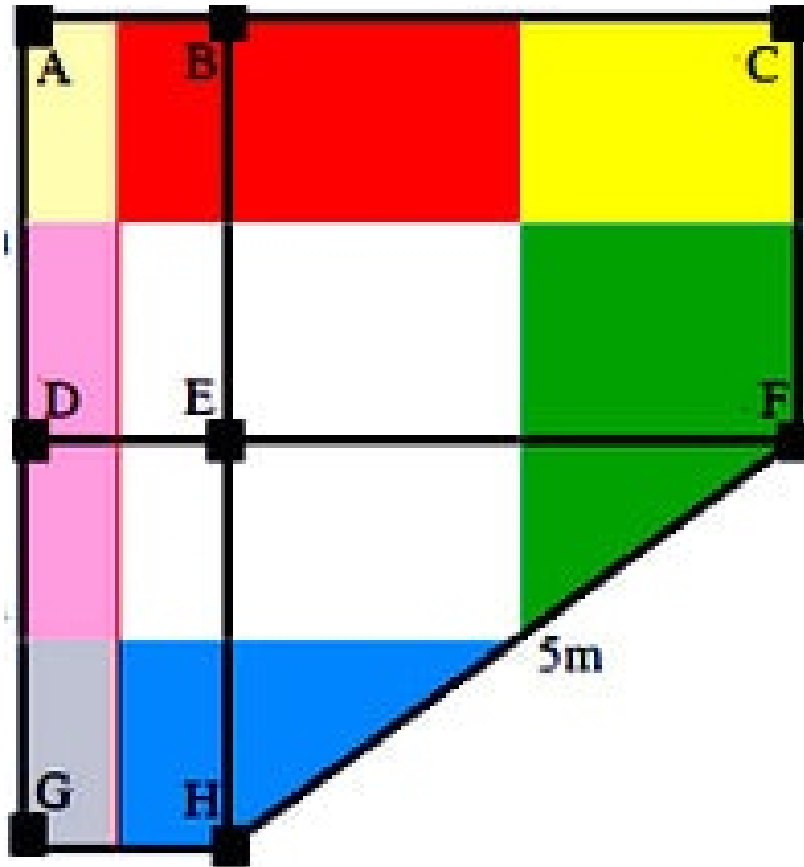
$$q_{eq} = \left(1 - \frac{4\alpha^2}{3}\right) * q_{max} \quad \text{لنگر میانی}$$





تعریف

بصورت تقریبی سطح بارگیر هر ستون ربع مساحت چشمه های کامل مجاور خود در نظر گرفته میشود.



$$P_j = \sum_{i=1}^n (\text{سطح بارگیر}) \times (\text{کل شدت بار کف}) + \sum_{i=1}^n (\text{بار مرده ستون}) + \sum_{i=1}^n (\text{خطی دیوار } q) \times (\text{طول سهمیه دیوار}) + \sum_{i=1}^n (\text{آویز } q) \times (\text{طول سهمیه شاتیر})$$



عمق و پهنای اولیه تیر بتنی:

$$h = \left(\frac{1}{15} \text{ to } \frac{1}{10} \right) * l \quad \text{قاب خمشی بدون دیوار برشی}$$

$$h = \left(\frac{1}{20} \text{ to } \frac{1}{15} \right) * l \quad \text{قاب خمشی با دیوار برشی}$$

$$b = \left(\frac{1}{2} \text{ to } \frac{2}{3} \right) * h \quad \text{پهنای تیر}$$

تخمین ابعاد اولیه ستون ها :

$$20 + 5 \times N \times \sqrt[3]{\frac{A}{25}}$$

$$25 + 6 \times N^{0.85} \sqrt{\frac{A}{25}}$$

A: سطح بارگیر

N: تعداد طبقات بالای ستون (کف)

- از تغییر ابعاد ستون به صورت متوالی در ارتفاع سازه خودداری میشود.
- هر دو تا چهار طبقه مقطع ستون ثابت می ماند.



ضخامت اولیه دال ها:

دال های یک طرفه**Table 7.3.1.1—Minimum thickness of solid nonprestressed one-way slabs**

Support condition	Minimum h ^[1]
Simply supported	$\ell/20$
One end continuous	$\ell/24$
Both ends continuous	$\ell/28$
Cantilever	$\ell/10$

^[1]Expression applicable for normalweight concrete and $f_y = 60,000$ psi. For other cases, minimum h shall be modified in accordance with 7.3.1.1.1 through 7.3.1.1.3, as appropriate.



ضخامت اولیه دال ها:

دال های دو طرفه

Table 8.3.1.1—Minimum thickness of nonprestressed two-way slabs without interior beams (in.)^[1]

f_y , psi ^[2]	Without drop panels ^[3]			With drop panels ^[3]		
	Exterior panels		Interior panels	Exterior panels		Interior panels
	Without edge beams	With edge beams ^[4]		Without edge beams	With edge beams ^[4]	
40,000	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
60,000	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
80,000	$\ell_n/27$	$\ell_n/30$	$\ell_n/30$	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$

^[1] ℓ_n is the clear span in the long direction, measured face-to-face of supports (in.).

^[2]For f_y between the values given in the table, minimum thickness shall be calculated by linear interpolation.

^[3]Drop panels as given in 8.2.4.

^[4]Slabs with beams between columns along exterior edges. Exterior panels shall be considered to be without edge beams if α_f is less than 0.8.



Snow Load

بار برف



تعریف

۲=۷=۶ بار برف بام

بار برف بر روی بام، P_r ، با توجه به بار برف مبنا، شیب و دمای بام، برف‌گیری و اهمیت سازه برای هر مترمربع تصویر افقی سطح آن، از رابطه ۱-۷-۶ تعیین می‌شود:

$$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s \quad (۱-۷-۶)$$

که در آن:

 P_s = بار برف مبنا طبق بخش ۳-۷-۶ I_s = ضریب اهمیت بار برف طبق جدول ۲-۱-۶ C_n = ضریب برف‌گیری طبق بخش ۴-۷-۶ C_h = ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۵-۷-۶ C_s = ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶

است

۶-۷-۳ بار برف مبنا

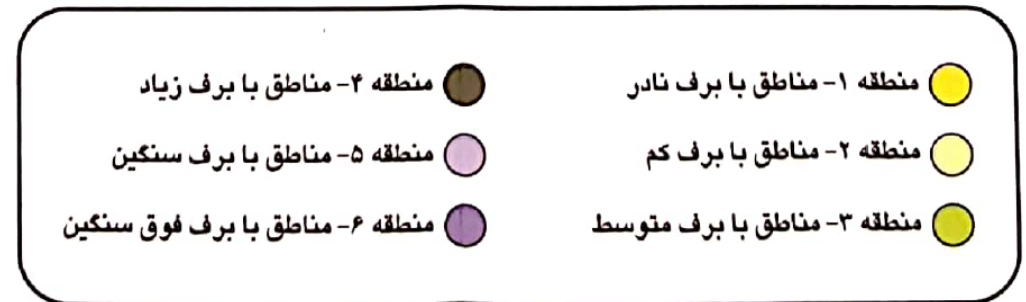
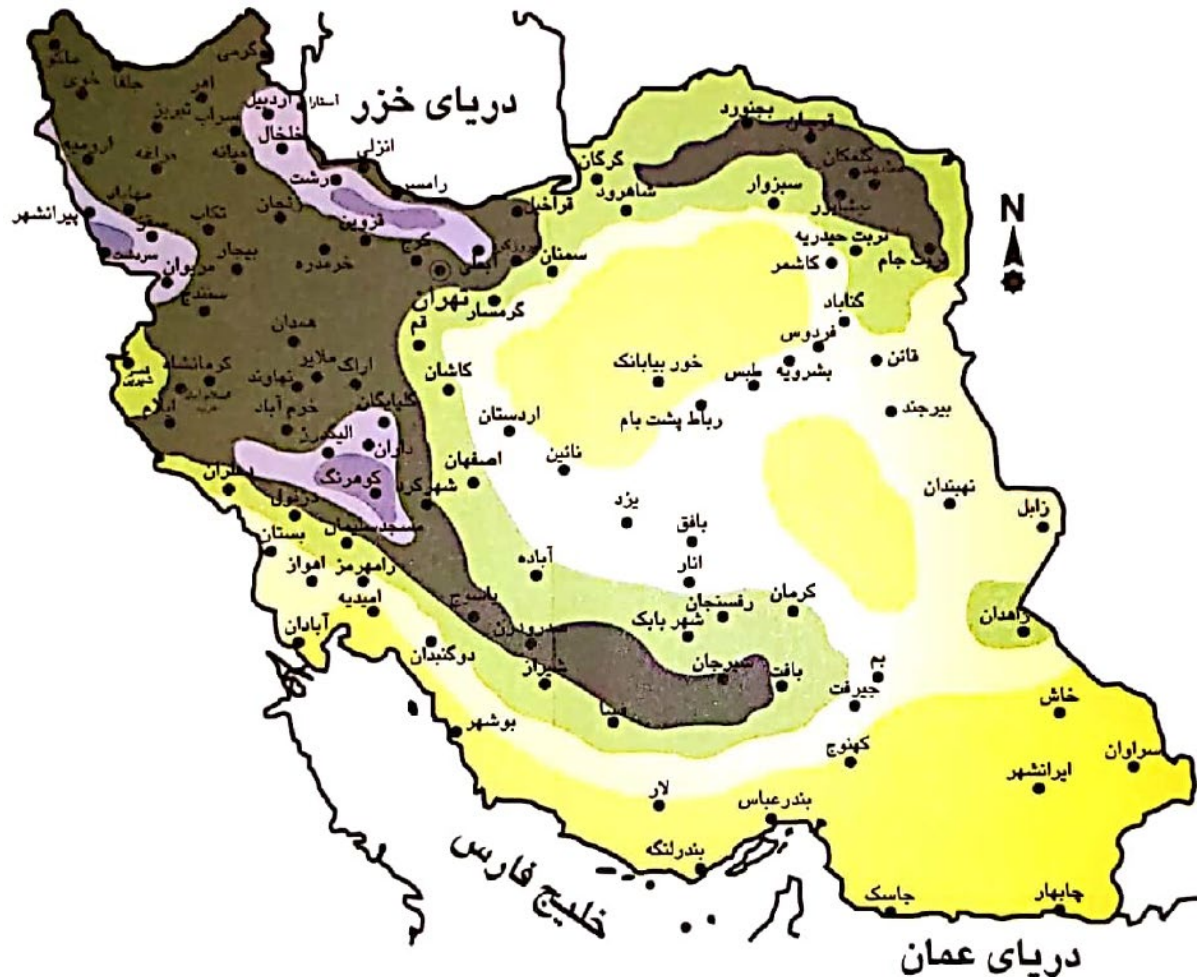
بار برف مبنا، P_s ، باری است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال فراگذشت از آن در سال دو درصد باشد (دوره بازگشت ۵۰ سال).

بار برف مبنا در مناطق مختلف کشور را باید با توجه به تقسیم‌بندی مشخص‌شده در جدول ۶-۷-۱ یا در شکل پیوست ۶-۵، حداقل برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

مبحث ششم صفحه
۴۷ و ۴۸

منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر)	۰٫۲۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۲- برف کم	۰٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۳- برف متوسط	۱ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۴- برف زیاد	۱٫۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۵- برف سنگین	۲ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۶- برف فوق سنگین	۳ کیلونیوتن بر مترمربع

بار برف مبنا



شکل ۶-۷-۱ تقسیم بندی مناطق کشور برای بار برف

ضریب اهمیت بار برف

جدول ۶-۱-۲ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، یخ و زلزله

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت I_e بار زلزله	ضریب اهمیت I_w بار باد	ضریب اهمیت I_i بار یخ	ضریب اهمیت I_s بار برف
۱	۱٫۴	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

مبحث ششم صفحه ۸

۴-۷-۶ ضریب برف گیری

ضریب برف گیری، C_n ، با توجه به اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف گیری بام ساختمان بر اساس جدول ۴-۷-۶، در نظر گرفته می شود. برای مناطق ۱ الی ۳ بار برف، این ضریب برابر یک در نظر گرفته می شود.

جدول ۴-۷-۶ ضریب برف گیری، C_n

نوع ناحیه	بام برف ریز	بام نیمه برف گیر	بام برف گیر
پرتراکم	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
باز	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

صرف برای مناطق
۴ ۵ ۶

نوع ناحیه	بام برف ریز	بام نیمه برف گیر	بام برف گیر
پرتراکم	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
باز	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

ناحیه پرتراکم: مناطق با تراکم ساختمانی شهری و یا در مجاورت جنگل انبوه

ناحیه باز: محدوده ای که در آن ساختمان ها ، درختان و موانع دیگر بصورت پراکنده قرار گرفته اند. مثل مجاورت دریاچه، دریا و...

بام برف گیر: بامی است که از تمام موانع اطراف آن پایینتر باشد.

بام برف ریز: بامی است که بالاتر از محیط اطراف باشد و محافظتی از اطراف وجود نداشته باشد.

نوع ناحیه که در جدول ۶-۷-۲ برای تعیین ضریب برف گیری استفاده می شود، باید بیانگر شرایط پیش بینی شده در دوره عمر مفید ساختمان مورد نظر باشند.

۶-۷-۵ ضریب شرایط دمایی

ضریب شرایط دمایی، C_h ، از جدول ۶-۷-۳، با توجه به شرایط مورد انتظار ساختمان در سال‌های عمر مفید تعیین می‌شود.

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_h

۱/۰	تمام ساختمان‌ها به جز موارد زیر
۱/۱	ساختمان‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.
۱/۲	ساختمان‌های بدون گرمایش و ساختمان‌هایی که زیر بام آنها باز است.
۱/۳	ساختمان‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگه‌داشته می‌شود.

۶-۷-۶ ضریب شیب

برای بام‌های مسطح، ضریب شیب، C_s ، برابر واحد می‌باشد. برای بام‌های شیب‌دار ضریب شیب بر حسب زاویه شیب، α ، به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$C_s = 1 \quad \alpha \leq \alpha_o \quad (۶-۷-۳-الف)$$

$$C_s = 1 - \frac{\alpha - \alpha_o}{70 - \alpha_o} \quad \alpha_o < \alpha < 70^\circ \quad (۶-۷-۳-ب)$$

$$C_s = 0 \quad \alpha \geq 70^\circ \quad (۶-۷-۳-پ)$$

زاویه α_o ، طبق بند ۶-۷-۱، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.

$$C_h = 1 \rightarrow a_0 = 5$$

$$C_h = 1.1 \rightarrow a_0 = 10$$

$$C_h > 1.1 \rightarrow a_0 = 15$$

وجود شرایط لغزنده
و بدون مانع

لغزنده شامل پوشش‌های فلزی، سنگ‌برگ، شیشه‌ای و پوشش لاستیکی، پلاستیکی و قیراندود با سطوح صاف و هموار می‌باشند. غشاهای دارای سطوح آجدار را نمی‌توان صاف در نظر گرفت. ورقه‌های پوشش آسفالتی و چوبی لغزنده محسوب نمی‌شوند.

ضریب شیب

$$C_h = 1 \rightarrow a_0 = 30$$

$$C_h > 1 \rightarrow a_0 = 45$$

عدم وجود شرایط لغزنده
یا مانع دار بودن بام

ضریب شیب

۶-۷-۶-۲ در بام‌های قوسی ضریب اثر شیب باید با توجه به شیب قوس در طول آن تعیین گردد. برای این منظور کافی است قوس به صورت یک چند ضلعی در نظر گرفته شود و ضریب اثر شیب برای هر یک از اضلاع بر حسب زاویه ضلع با افق و بر طبق بند ۶-۷-۶ تعیین گردد. تعداد قطعات در هر نیمه قوس نباید از سه قطعه کمتر باشد. برای قسمت‌های با زاویه شیب بیشتر از هفتاد درجه بار برف در نظر گرفته نشده و این نواحی جزو تقسیمات قوس در نظر گرفته نمی‌شود.

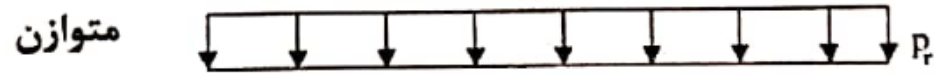
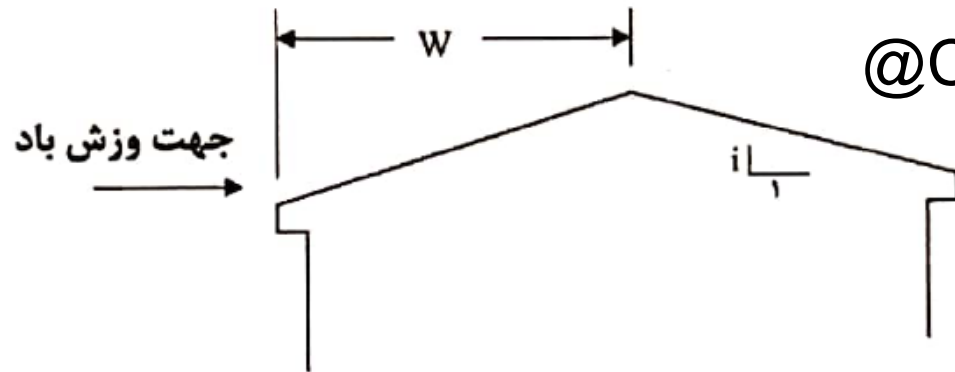
۶-۷-۶-۳ برای بام‌های کنگره‌ای و شیب‌دار دندان‌های مقدار ضریب شیب برای کلیه سطوح برابر یک خواهد بود.

۶-۷-۷ بارگذاری‌های متوازن و نامتوازن

بارگذاری متوازن حالتی از بارگذاری برف بر روی بام ساختمان است که اثرات وزش باد یا نور خورشید، که باعث افزایش یا کاهش بار برف در بخش‌هایی از بام می‌شود را در نظر نمی‌گیرد.

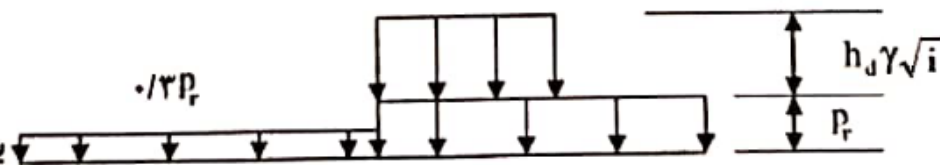
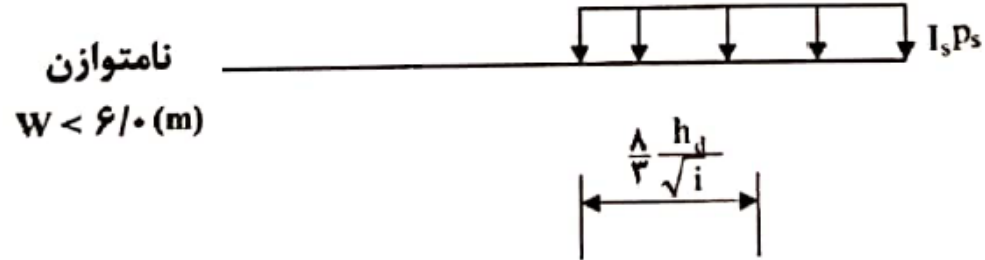
به واسطه وزش باد یا نور خورشید بر روی بام‌های شیب‌دار، امکان کاهش بارهای برف در وجوه رو به باد یا رو به خورشید و افزایش این بارها در نواحی پشت به باد وجود دارد. این موضوع موجب توزیع نامتوازن بار برف بر روی این نوع بام‌ها می‌شود. بنابراین علاوه بر بارگذاری متوازن برف، اثر بارگذاری نامتوازن برف نیز باید به طور جداگانه در نظر گرفته شود. در تعیین بار نامتوازن امکان وزش باد از تمام جوانب باید بررسی گردد. در نظر گرفتن حالت بار نامتوازن برف برای بام‌های تخت لازم نیست.

بار برف نامتوازن:

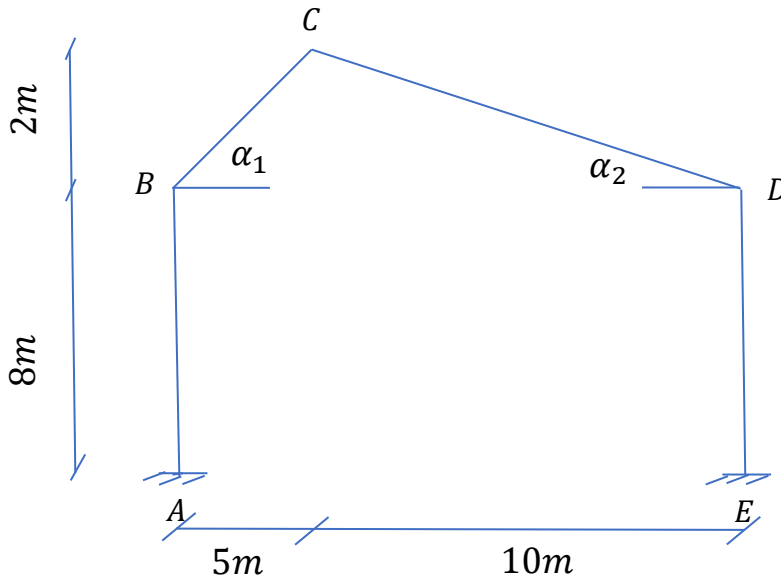


$$h_d = 0.12 \sqrt{l_u} \sqrt{100 P_s + 50} - 0.5$$

در رابطه فوق، l_u برابر با W در قسمت رو به باد بر حسب متر می باشد. چنانچه W کمتر از ۶ متر باشد، l_u برابر ۶ متر در نظر گرفته می شود.



$$\gamma = 0.43 P_s + 2.2 \quad \text{kN/m}^3$$



مثال: ساختمان صنعتی زیر را در نظر بگیرید و بار برف متوازن و نامتوازن آن را بیابید. این ساختمان در شهر آبعلی است. محل قرارگیری این ساختمان در یک منطقه پرتراکم شهری وجود دارد. همچنین این ساختمان از تمامی ساختمان های اطراف خود بلندتر است. جهت وزش باد از سمت راست می باشد.

$$P_r = C_n C_h C_s I_s P_s$$

(۱) تعیین بار برف مبنا - آبعلی در ناحیه ۵ قرار دارد

$$P_s = 2 \frac{KN}{m^2}$$

(۲) ضریب اهمیت ساختمان - ساختمان صنعتی

$$I_s = 1$$

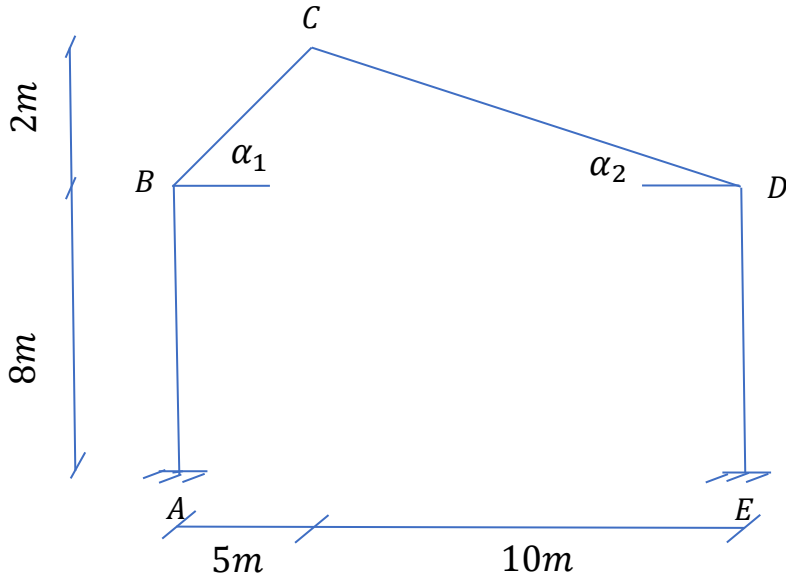
(۳) ضریب دمایی

$$C_h = 1$$

(۴) ضریب برف گیری - بام برف ریز ، منطقه شهری ، با ناهمواری زیاد

$$C_n = 0.9$$

با فرض بام لغزنده و بدون مانع $\alpha_0 = 5$



@CivilEngVid

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{2}{5} = 21.8$$

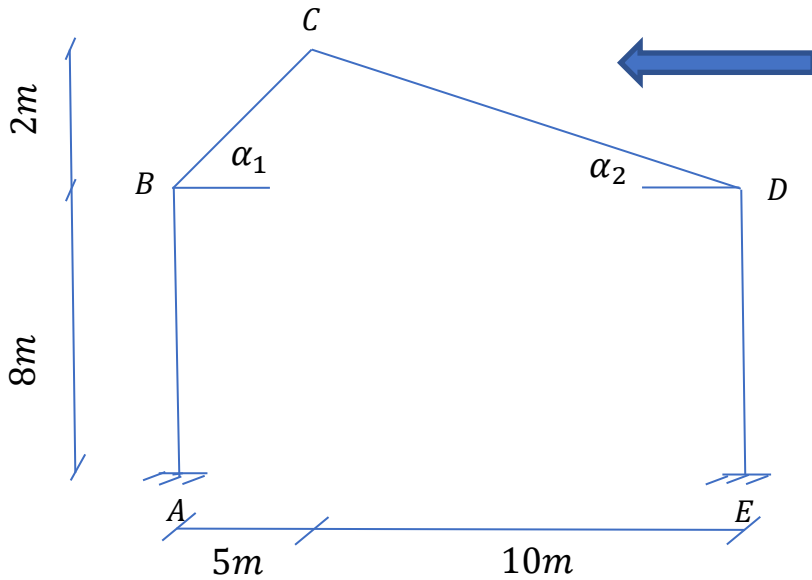
$$\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{2}{10} = 11.31$$

$$C_{s_1} = 1 - \frac{21.8 - 5}{70 - 5} = 0.74$$

$$C_{s_2} = 1 - \frac{11.31 - 5}{70 - 5} = 0.90$$

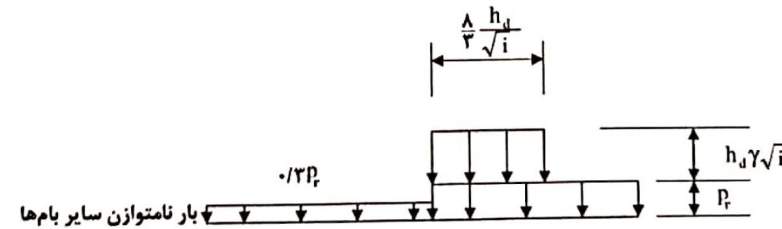
$$p_{r_1} = 0.74 * 1 * 0.9 * 1 * 2 = 1.33 \frac{KN}{m^2} = 133 \frac{kg}{m^2}$$

$$p_{r_2} = 0.9 * 1 * 0.9 * 1 * 2 = 1.62 \frac{KN}{m^2} = 162 \frac{kg}{m^2}$$



$$w = 10m > 6m$$

بار نامتوازن : بار باد از راست



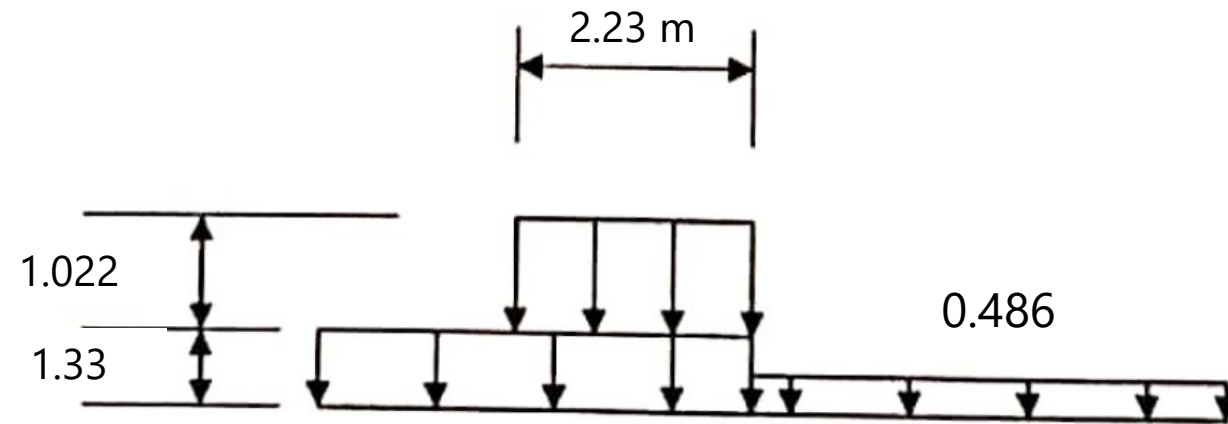
$$\gamma = 0.43p_s + 2.2 = 0.43 * 2 + 2.2 = 3.06 \frac{KN}{m^2}$$

$$h_d = 0.12 \times \sqrt[3]{l_u} \times \sqrt[4]{100P_s + 50 - 0.5} = 0.12 \times \sqrt[3]{10} \times \sqrt[4]{100 \times 2 + 50 - 0.5} = 0.528$$

$$P_r = 162 \rightarrow 0.3P_r = 48.6$$

$$h_d \gamma \sqrt{i} = 0.528 \times 3.06 \times \sqrt{0.4} = 1.022 \text{ kN} / m^2$$

$$\frac{8}{3} \frac{h_d}{\sqrt{i}} = \frac{8}{3} \times \frac{0.528}{\sqrt{.4}} = 2.23$$

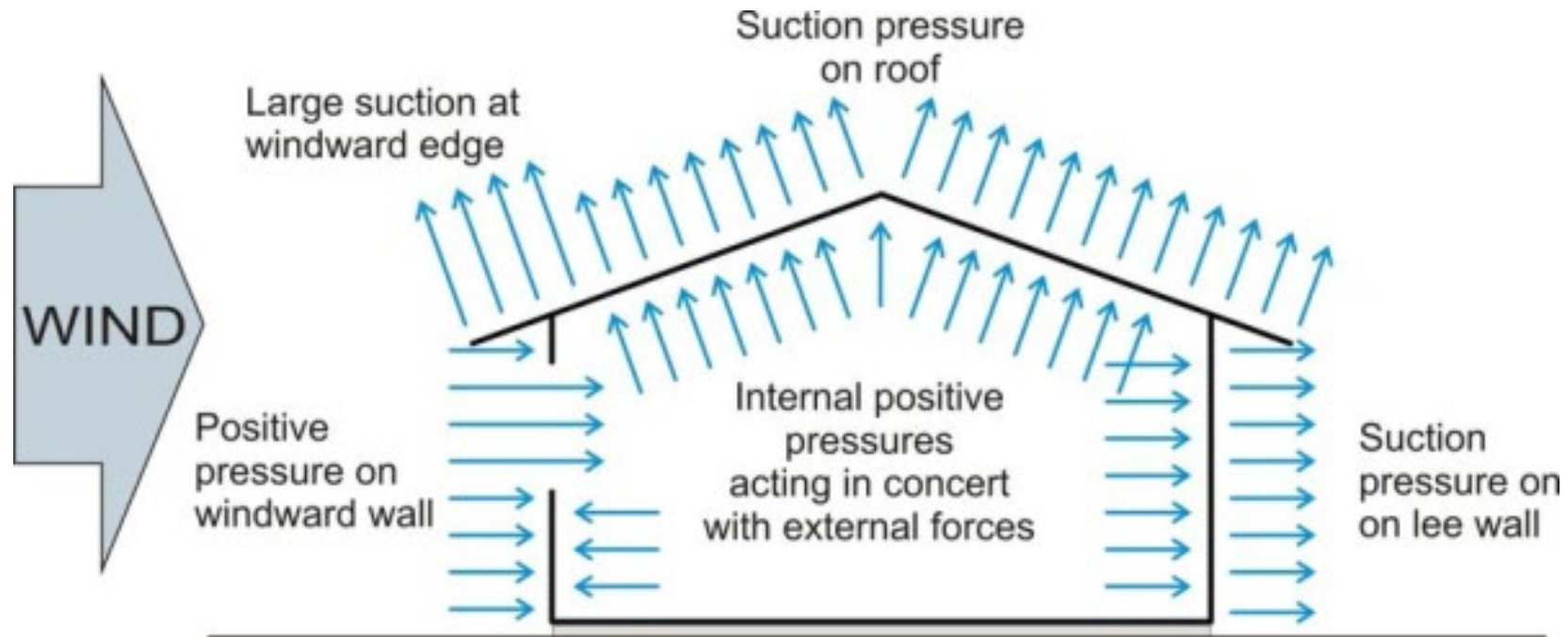


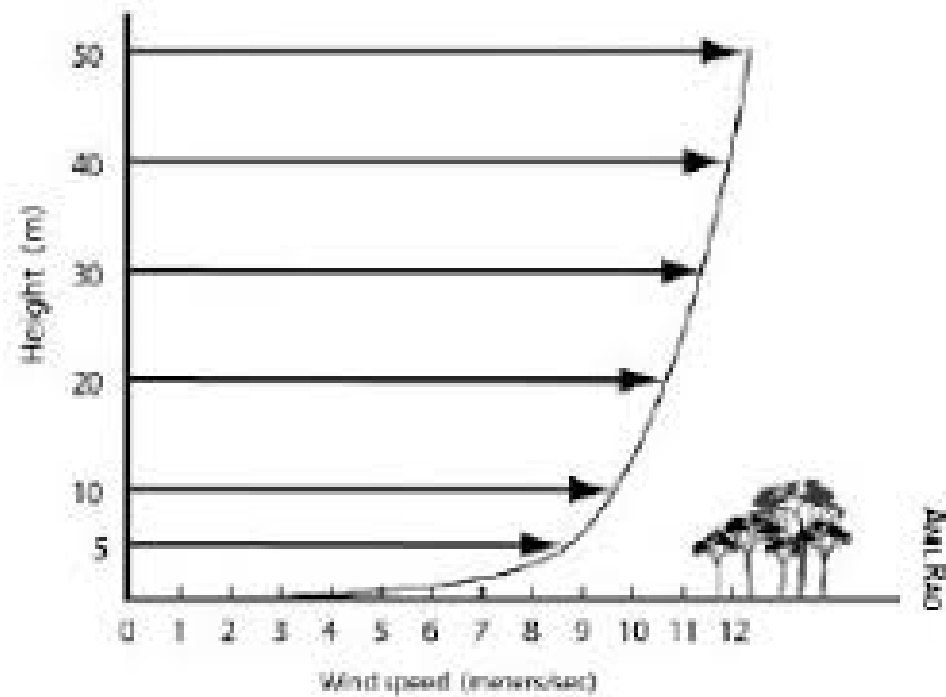


Wind Load

بار باد









۶-۱۰-۱-۱ سیستم اصلی باربر ساختمان‌ها و سازه‌ها و کلیه اجزاء و پوشش‌های آن‌ها باید برای اثر ناشی از باد، براساس ضوابط این فصل طراحی و ساخته شوند. این اثر باید با توجه به حداکثر سرعت باد در منطقه، ارتفاع و شکل هندسی ساختمان‌ها و زبری محیط اطراف و میزان حفاظتی که موانع مجاور برای آن‌ها در مقابل باد ایجاد می‌کنند، محاسبه شوند.

۶-۱۰-۱-۳ در طراحی اعضای سازه، اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی‌شود. کلیه اعضای سازه باید برای اثر هر یک از این دو بارگذاری، هماهنگ با ضوابط مربوطه طراحی شوند.

(۱) استاتیکی (۲) دینامیکی (۳) تجربی



$$T_a = 0.12 \bar{H}^{0.8}$$

(۶-۱۰-۱ الف) قاب خمشی فولادی

$$T_a = 0.07 \bar{H}^{0.9}$$

(۶-۱۰-۱ ب) قاب خمشی بتنی

$$T_a = 0.044 \bar{H}$$

(۶-۱۰-۱ ج) ساختمان‌های با سایر سیستم‌های باربر جانبی

در روابط فوق $\bar{H}$ تراز متوسط سقف بر حسب متر است.

در طراحی سازه‌ها به روش‌های تأثیرات دینامیکی یا تجربی، کل بار باد محاسبه شده در هیچ حالت نباید کمتر از ۸۰٪ بار باد براساس روش استاتیکی در نظر گرفته شود.



در ساختمان های بلند که ارتفاع آنها بیشتر از ۶۰ متر یا ۴ برابر عرض مؤثر آنها بوده و در سازه
ساختمان های نرم که زمان تناوب ارتعاشات طبیعی آن بزرگتر از ۱/۵ ثانیه باشد، و در سازه های
غیرساختمانی نرم نظیر دودکش ها، مخازن و دکل ها که زمان تناوب ارتعاشات طبیعی آنها بزرگتر
از ۱/۰ ثانیه است، محاسبه بار باد به روش استاتیکی کافی نیست. برای محاسبه بار باد در این
ساختمان ها و سازه ها باید یکی از دو روش زیر را به کار گرفت:

الف) روش تأثیرات دینامیکی بار باد،

ب) روش تجربی و استفاده از تونل باد، مطابق روش های معتبر بین المللی.

در مورد سازه های با زمان تناوب بیش از ۴ ثانیه و ارتفاع بیش از ۶ برابر عرض مؤثر ساختمان،
استفاده از روش تجربی مثل تونل باد الزامی است.



$$P = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d$$

P : فشار یا مکش خارجی استاتیکی در جهت عمود بر سطح است که در حالت فشار به سمت رو به سطح و در حالت مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند.

I_w : ضریب اهمیت بار باد، طبق جدول (۶-۱-۲)

q : فشار مبنای باد بر اساس بند ۶-۱۰-۳ و رابطه ۶-۱۰-۲

C_e : ضریب اثر تغییر سرعت طبق بند ۶-۱۰-۶

C_t : ضریب پستی و بلندی زمین طبق بند ۶-۱۰-۷

C_g : ضریب اثر تند باد طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰-۹

C_p : ضریب فشار طبق بند ۶-۱۰-۸ یا ۶-۱۰-۹

C_d : ضریب هم‌راستایی باد طبق بند ۶-۱۰-۱۲

۳-۱۰-۶ فشار مبنای باد

فشار مبنای باد، فشاری است که باد با سرعتی برابر با سرعت مبنای باد بر سطحی عمود بر جهت وزش باد وارد می‌کند. مقدار این فشار با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$q = 0.000613 V^2 \quad (۲-۱۰-۶)$$

در این رابطه V سرعت مبنای باد، به متر بر ثانیه و q فشار مبنای باد، به کیلونیوتن بر مترمربع است.

در جدول ۱-۱۰-۶ فشار مبنای باد برای سرعت‌های متناظر داده شده است.

۶-۱۰-۲ سرعت مبنای باد

سرعت مبنای باد، V ، سرعت متوسط ساعتی باد در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین در منطقه‌ای مسطح و بدون مانع است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال فراگذشت از آن در سال کمتر از ۲٪ (دوره بازگشت ۵۰ ساله) باشد.

سرعت مبنای باد برای مناطق مختلف کشور در جدول شماره ۶-۱۰-۱ بر حسب کیلومتر بر ساعت ارائه شده است. برای مناطقی که نام آن‌ها در جدول نیامده است، سرعت مبنای باد باید برابر با مقدار آن برای نزدیک‌ترین ایستگاهی که نام آن در جدول آمده است، اختیار گردد.

برای ساختمان‌هایی که بنا به اهمیت یا شکل خاص آن‌ها و شرایط توپوگرافی منطقه، نیاز به تأمین اطمینان بیشتر برای طراحی در برابر بار باد باشد، سرعت مبنای باد باید براساس مطالعات آماری و برای دوره بازگشت مساوی یا بیش از پنجاه سال تعیین گردد. این سرعت، به هر حال، نباید کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت اختیار شود.

فشار مبنا (q) kN/m ²	سرعت مبنای باد (V) km/h	نام ایستگاه	شماره
۰/۳۰	۸۰	ایذه	۳۳
۰/۶۸	۱۲۰	ایران شهر	۳۴
۰/۳۸	۹۰	ایزدخواست	۳۵
۰/۴۷	۱۰۰	ایلام	۳۶

فشار مبنا (q) kN/m ²	سرعت مبنای باد (V) km/h	نام ایستگاه	شماره
۰/۳۸	۹۰	آب بر	۱
۰/۳۸	۹۰	آبادان	۲
۰/۶۸	۱۲۰	آباده	۳
۰/۵۷	۱۱۰	آبدانان	۴

$$100 \frac{km}{h} \times \frac{1}{3.6} = 27.778 \frac{m}{s} \rightarrow 0.000613 V^2 = 0.000613 \times 27.778^2 = 0.473$$

۶-۱۰-۶ ضریب اثر تغییر سرعت C_e

C_e ضریبی است که اثر تغییرات سرعت در ارتفاع ساختمان را، متناسب با تراکم ساختمان‌های اطراف، زبری محیط و میزان حفاظت موانع مجاور روی ساختمان، نشان می‌دهد.

ناحیه اول ضریب C_e در نواحی باز

چنانچه ساختمان یا سازه در محدوده‌ای که در آن ساختمان‌ها، درختان یا موانع دیگر به صورت پراکنده قرار گرفته و یا در مجاورت دریاچه، دریا، ساحل باز یا صحرایی با پوشش گیاهی کوتاه واقع شده باشد، ضریب C_e از رابطه (۶-۱۰-۵) تعیین می‌گردد.

$$C_e = \left(\frac{Z}{10} \right)^{1/2} \geq 0.9$$

Z ، ارتفاع مبنای هر نقطه از ساختمان یا سازه، بر حسب متر، نسبت به سطح زمین است.

۶-۱۰-۶ ضریب اثر تغییر سرعت C_e

C_e ضریبی است که اثر تغییرات سرعت در ارتفاع ساختمان را، متناسب با تراکم ساختمان‌های اطراف، زبری محیط و میزان حفاظت موانع مجاور روی ساختمان، نشان می‌دهد.

ناحیه دوم ضریب C_e در نواحی پرتراکم

چنانچه ساختمان یا سازه در مناطق با تراکم ساختمانی شهری یا در مجاورت جنگل‌های انبوه قرار گرفته باشد و منطقه پرتراکم در سمت رو به باد ساختمان در بالادست به میزان یک کیلومتر یا ۲۰ برابر ارتفاع ساختمان (هرکدام که بیشتر است) امتداد داشته باشد، ضریب C_e از رابطه (۶-۱۰-۶) تعیین می‌گردد.

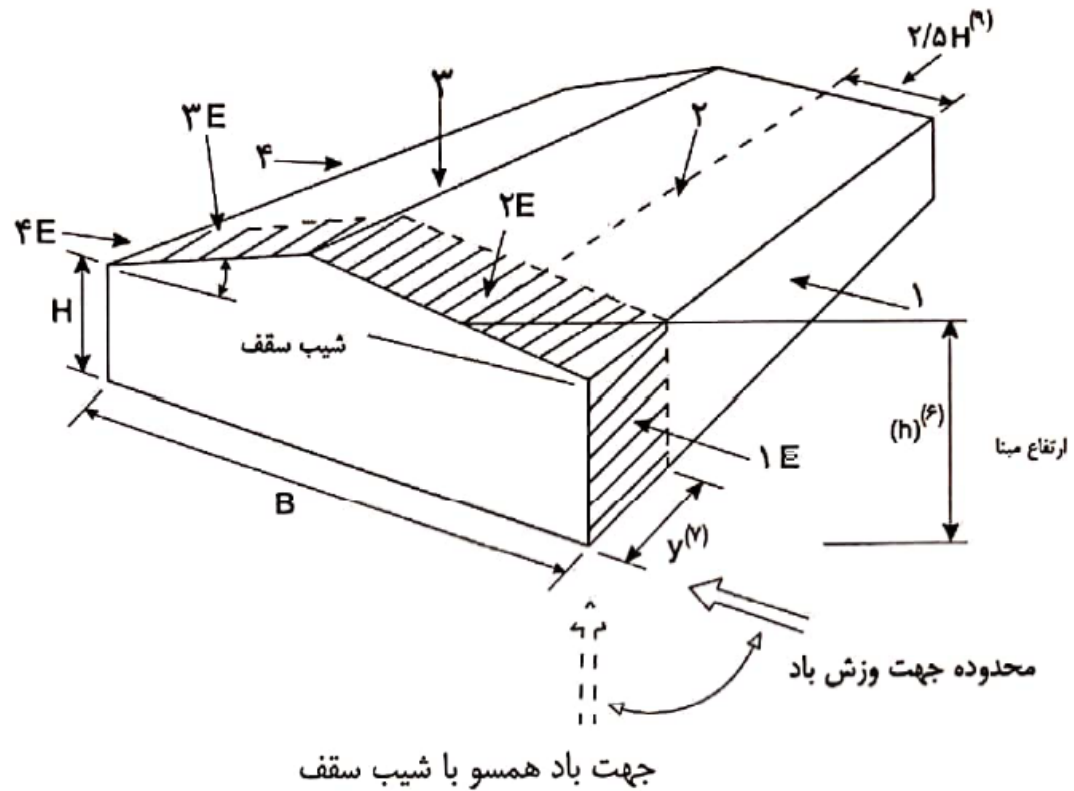
$$C_e = 0.7 \left(\frac{Z}{12} \right)^{1/3} \geq 0.7$$



۶-۱۰-۶ ارتفاع مبنا

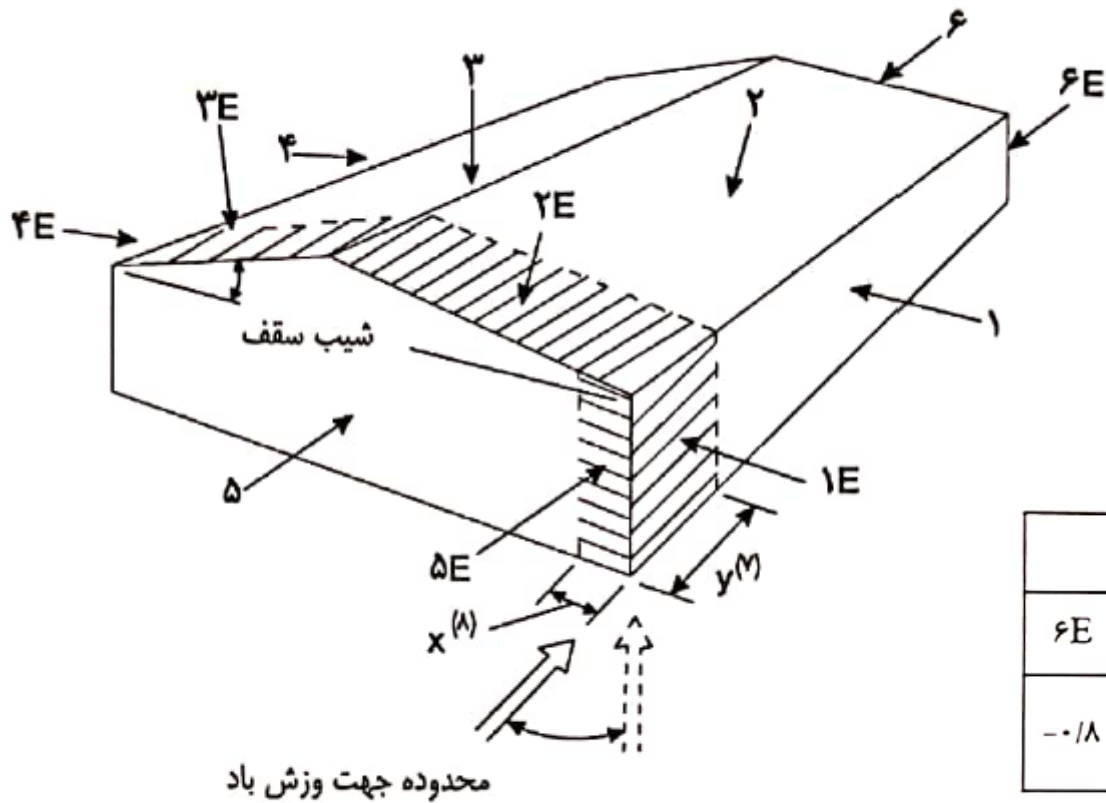
- ارتفاع مبنا که در محاسبه ضریب C_e به کار می رود، به شرح زیر تعریف می شود:
- الف) برای ساختمان های بلندمرتبه (بیش از ۲۰ متر) ، این بخش یا پیوست ۴-۶، مقدار ارتفاع مبنا در سمت رو به باد برابر ارتفاع نقطه مورد نظر از سطح زمین (Z)، برای سمت پشت باد نصف ارتفاع کل ساختمان ($Z=H/2$) و برای بام و بدنه های جانبی ساختمان معادل ارتفاع کل ساختمان ($Z=H$) است.
- ب) برای ساختمان های کوتاه مرتبه (کمتر از ۲۰ متر) این بخش، Z برابر با متوسط ارتفاع سقف (h) یا شش متر (هر کدام که بزرگتر است) اختیار می شود. چنانچه زاویه شیب سقف کمتر از ۷ درجه باشد، می توان ارتفاع پاشیب را به عنوان ارتفاع مبنا اختیار کرد. در هر حال ارتفاع مبنا نباید کمتر از ۶ متر اختیار شود.
- پ) برای هریک از اجزای متصل به ساختمان، مقدار Z برابر با ارتفاع آن جزء از سطح زمین منظور می شود.

بار باد – ضریب ترکیبی فشار و تندباد برای ساختمان کوتاه و مرتفع



بدنه ساختمان								شیب سقف
4E	4	3E	3	2E	2	1E	1	
-0/8	-0/55	-1/0	-0/7	-2/0	-1/3	1/15	0/75	0° تا 5°
-1/2	-0/8	-1/3	-0/9	-2/0	-1/3	1/5	1/0	20°
-0/9	-0/7	-1/0	-0/8	0/5	0/4	1/3	1/05	30° تا 45°
-0/9	-0/7	-0/9	-0/7	1/3	1/05	1/3	1/05	90°

بار باد - ضریب ترکیبی فشار و تندباد برای ساختمان کوتاه و تپه



جهت باد عمود بر شیب سقف

بدنه ساختمان												شیب سقف
۶E	۶	۵E	۵	۴E	۴	۳E	۳	۲E	۲	۱E	۱	
-۰/۸	-۰/۵۵	۱/۱۵	۰/۷۵	-۰/۹	-۰/۸۵	-۱/۰	-۰/۷	-۲/۰	-۱/۳	-۰/۹	-۰/۸۵	۰° تا ۹۰°

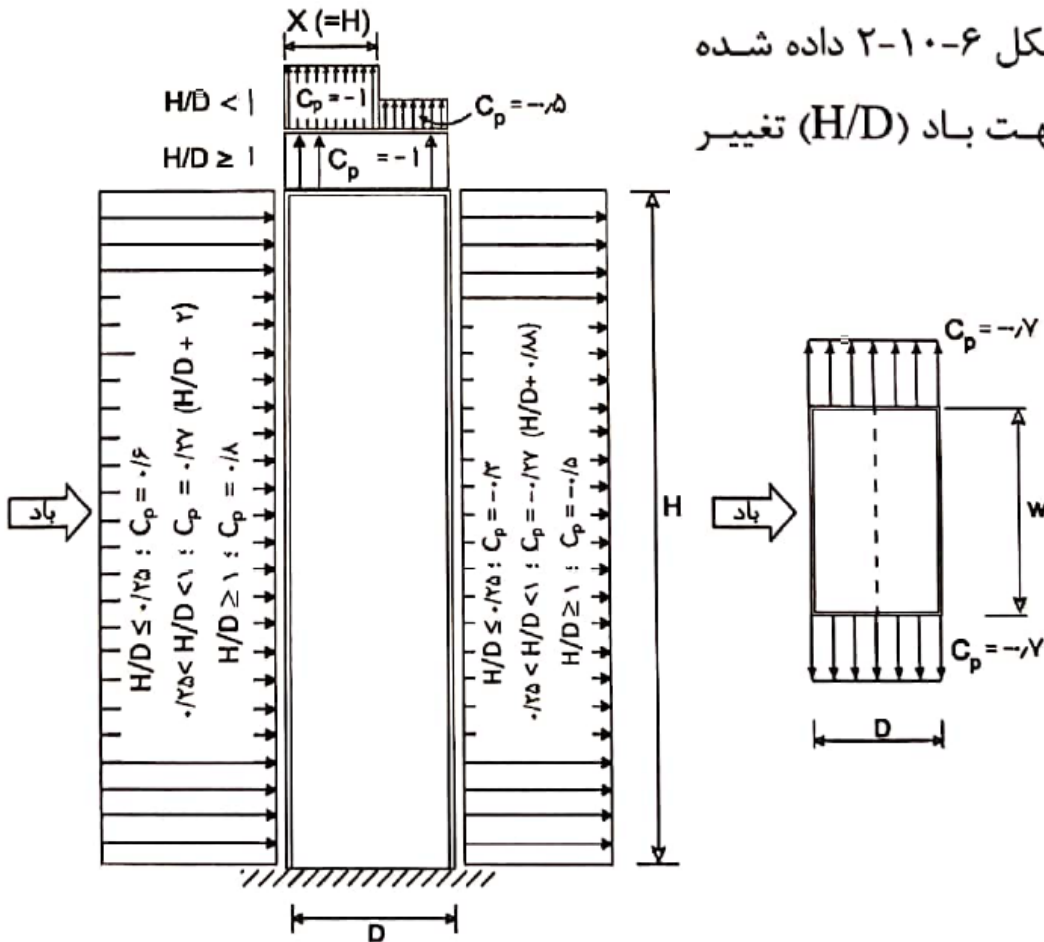


بار باد – ضریب فشار ساختمان بلند مرتبه @CivilEngVid

۲-۸-۱۰-۶ ضریب فشار خارجی C_p و C_p^*

ضریب فشار C_p برای تعیین نیروهای کلی وارد بر سازه برابر اصلی در شکل ۲-۱۰-۶ داده شده است. این ضریب متناسب با نسبت ارتفاع ساختمان به عرض آن در جهت باد (H/D) تغییر می‌کند.

در نظر گرفتن اثر پلان و ارتفاع





بار باد – ضریب اثر تندباد ساختمان بلند مرتبه @CivilEngVid

۱-۸-۱۰-۶ ضریب اثر تند باد C_{gi} و C_g

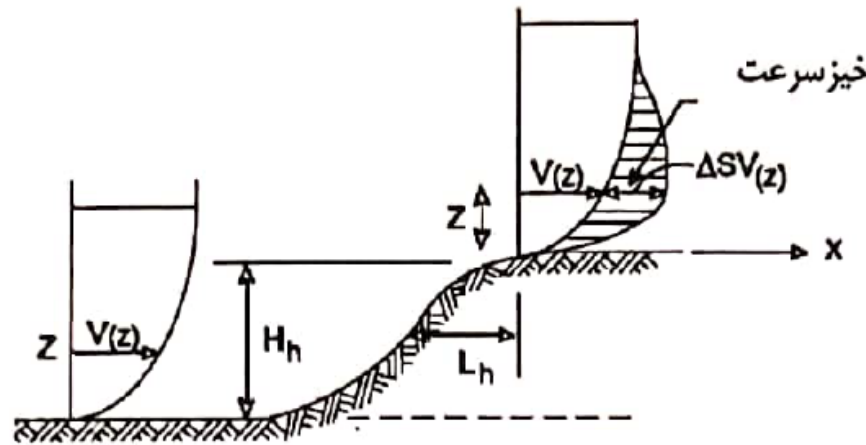
ضریب اثر تند باد به منظور در نظر گرفتن نسبت حداکثر بارگذاری باد به اثر متوسط آن، ناشی از اثر نسبت سرعت لحظه‌ای باد به سرعت متوسط آن، در محاسبه فشار باد در نظر گرفته می‌شود. مقدار ضریب C_g به شرح ذیل است:

الف) برای محاسبه نیروهای کلی خارجی ساختمان $C_g = 2/0$

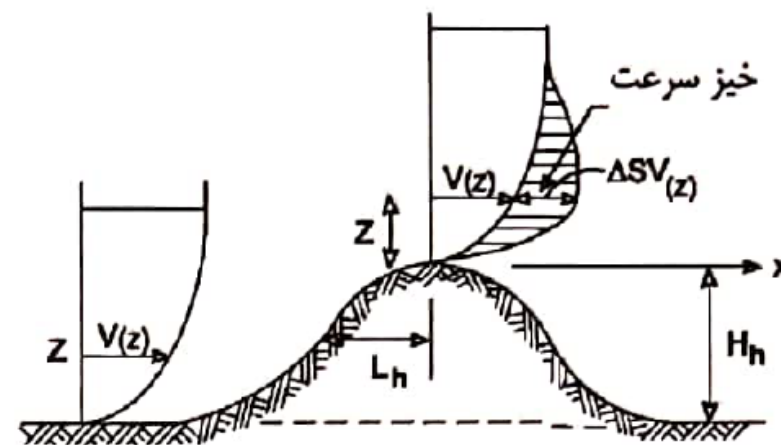
ب) برای محاسبه نیروهای وارد بر اجزاء پوشش نما یا بام (به طور موضعی) $C_g = 2/5$
برای محاسبه فشار یا مکش داخلی، مقدار ضریب C_{gi} را می‌توان به صورت محافظه کارانه برابر $2/0$ اختیار نمود.

مقدار دقیق ضریب C_{gi} متناسب با حجم ساختمان، کل سطح بدنه و بام آن و مساحت منافذ بدنه ساختمان از رابطه ۱-۸-۱۰-۶ محاسبه می‌شود.

$$C_{gi} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_0}{695.0 \cdot A}}} \quad (1-8-10-6)$$



پرتگاه یا سینه کش



تپه دو بعدی یا سه بعدی

- در شرایط معمولی $C_t=1$ در نظر گرفته میشود



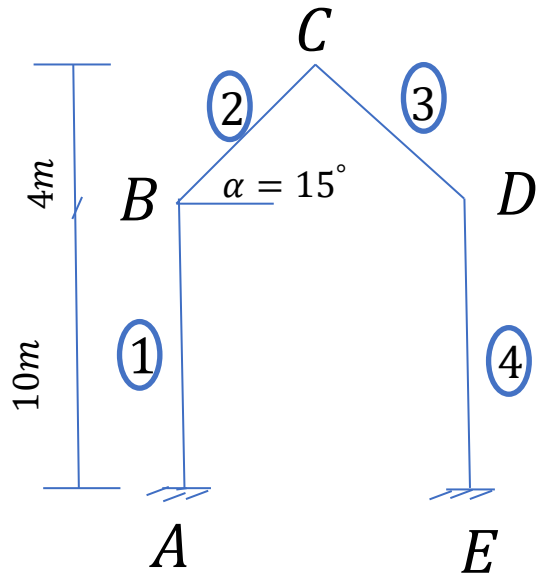
۶-۱۰-۱۲ ضریب هم راستایی باد C_d

ضریب هم راستایی باد به منظور در نظر گرفتن احتمال هم راستایی جهت باد، ساختمان و ضریب فشار مربوط در همان جهت باد پیش بینی شده است. بجز در ساختمان ها و حالات زیر، ضریب هم راستایی C_d برابر با ۰/۸۵ اختیار می شود.

۱- دودکش ها، منابع و ساختمان های مشابه با مقطع مربع $C_d=0/9$ ، با مقطع دایره یا هشت ضلعی $C_d=0/95$

۲- پایه های انتقال نیرو (برج های خرابایی) با مقطع مثلث، مربع و مستطیل $C_d=0/85$ ، با سایر مقاطع $C_d=0/95$

مثال: فشار باد وارد بر هر چهار وجه سازه زیر را حساب کنید (فرضیات شهر بانه و محیط باز و در گروه خطرپذیری ۳ قرار دارد. جهت وزش باد از چپ به راست می باشد)



$$P = q C_e C_t C_g C_p C_d I_w$$

(۱) تعیین فشار مبنا – شهر بانه

$$q = 0.57 \frac{KN}{m^2}$$

(۲) ضریب اهمیت ساختمان – گروه ۳

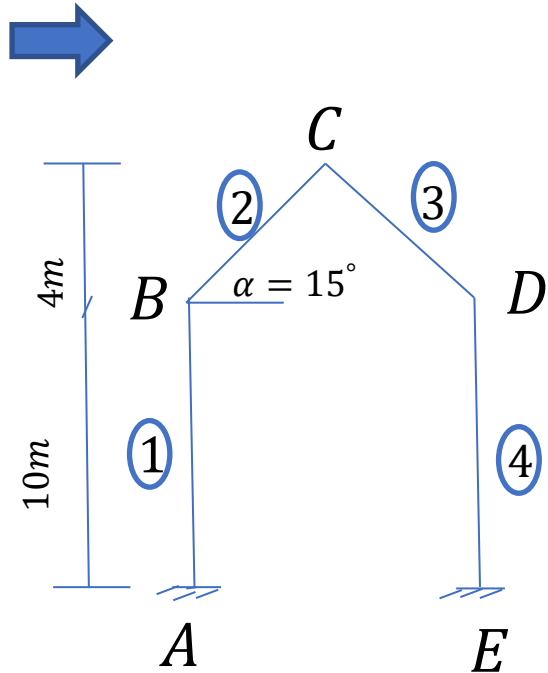
$$I_w = 1$$

(۳) ضریب ضریب پستی بلندی – شرایط معمولی

$$C_t = 1$$

(۴) ضریب همراستایی باد – جزو حالت ها و ساختمان های خاص نمی باشد

$$C_d = 0.85$$



۵) ضریب اثر تغییر سرعت – ساختمان کوتاه مرتبه کمتر از ۲۰ متر
شیب سقف کمتر از ۷ درجه نمی باشد - ارتفاع برابر متوسط ارتفاع سقف در نظر گرفته می شود.

$$Z = (10 + 14) / 2 = 12 \text{ m}$$

$$c_e = \left(\frac{12}{10}\right)^{0.2} = 1.04 > 0.9 \rightarrow \text{Ok}$$

ناحیه باز

(۶)

بدنه ساختمان								شیب سقف
۴E	۴	۳E	۳	۲E	۲	۱E	۱	
-۰/۸	-۰/۵۵	-۱/۰	-۰/۷	-۲/۰	-۱/۳	۱/۱۵	۰/۷۵	۵° تا ۰°
-۱/۲	-۰/۸	-۱/۳	-۰/۹	-۲/۰	-۱/۳	۱/۵	۱/۰	۲۰°
-۰/۹	-۰/۷	-۱/۰	-۰/۸	۰/۵	۰/۴	۱/۳	۱/۰۵	۳۰° تا ۴۵°
-۰/۹	-۰/۷	-۰/۹	-۰/۷	۱/۳	۱/۰۵	۱/۳	۱/۰۵	۹۰°

-0.74

-0.85

-1.3

0.94

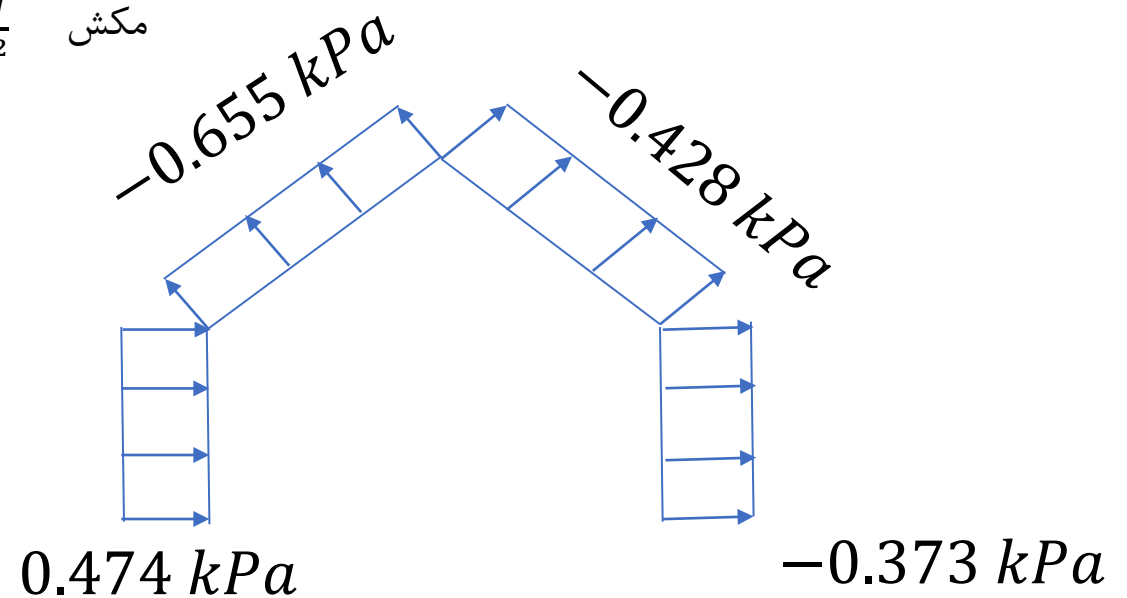


$$p_1 = 1 \times 1 \times 0.85 \times 0.57 \times 1.04 \times 0.94 = 0.474 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_2 = 1 \times 1 \times 0.85 \times 0.57 \times 1.04 \times -1.3 = -0.655 \frac{kN}{m^2} \quad \text{مکش}$$

$$p_3 = 1 \times 1 \times 0.85 \times 0.57 \times 1.04 \times -0.85 = -0.428 \frac{kN}{m^2} \quad \text{مکش}$$

$$p_4 = 1 \times 1 \times 0.85 \times 0.57 \times 1.04 \times -0.74 = -0.373 \frac{kN}{m^2} \quad \text{مکش}$$



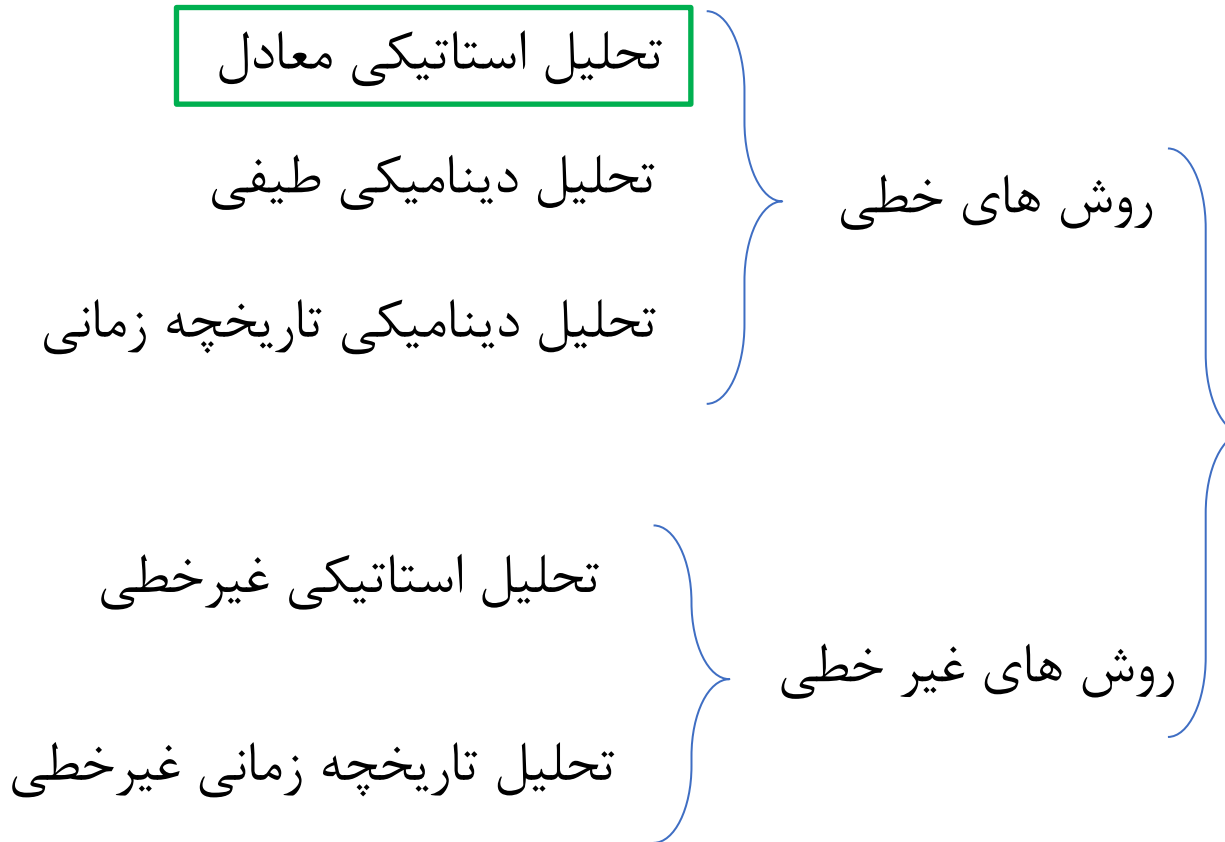
@CivilEngVid

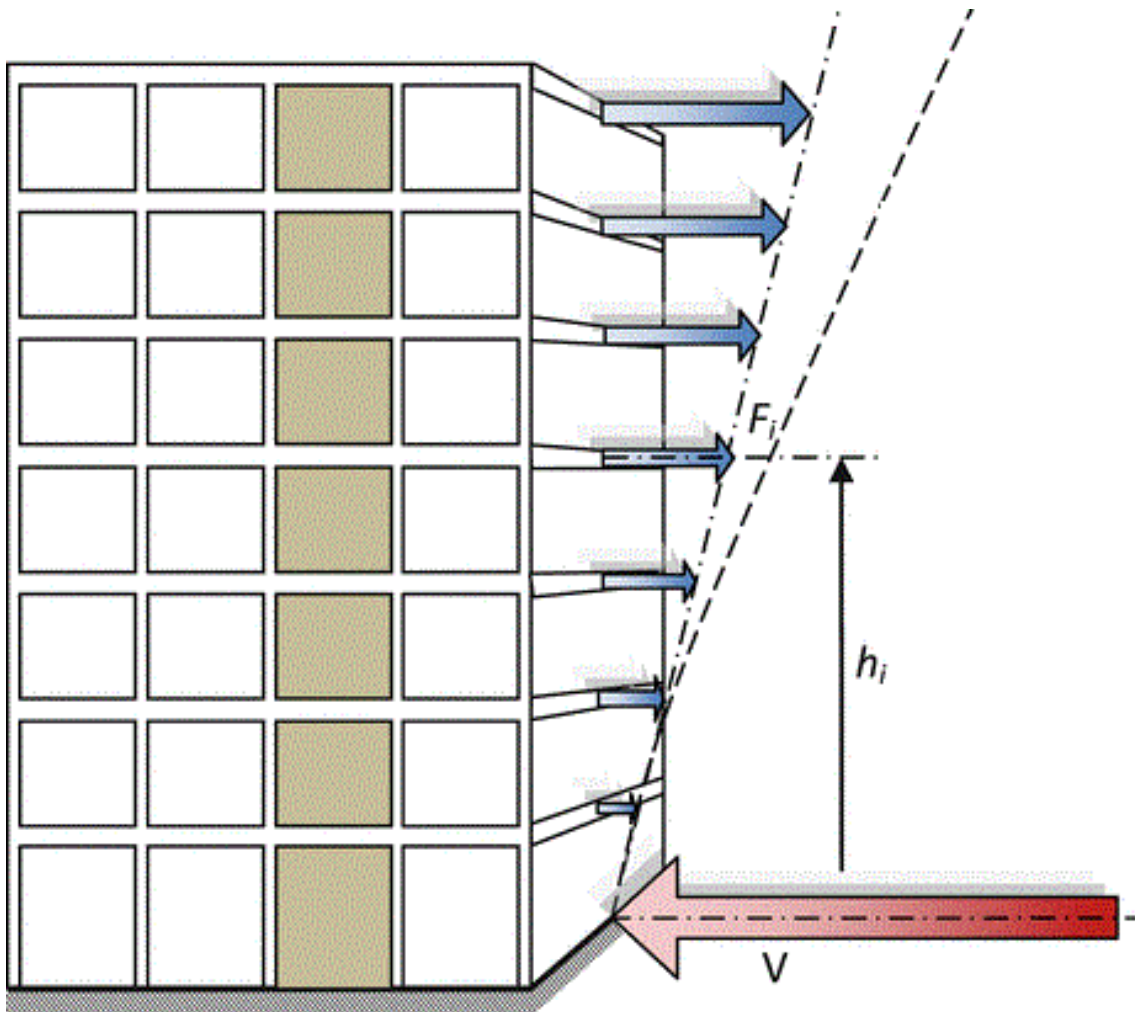


Earthquake Load

بار زلزله - بار استاتیکی معادل







۱-۱-۳-۳ نیروی برشی پایه V_u

نیروی برشی پایه، یا برش پایه، به مجموع نیروهای جانبی زلزله اطلاق می‌شود که در تراز پایه، موضوع بند (۲-۱-۳-۳)، به ساختمان اعمال می‌گردد. این نیرو در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه (۱-۳) به دست آورده می‌شود:

$$V_u = CW$$

W : وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۱-۳). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

C : ضریب زلزله که از رابطه (۲-۳) به دست می‌آید:

$$C = \frac{ABI}{R_u}$$

(۲-۳)



جدول ۱-۳ درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله

محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بام‌های ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد، سنگین و فوق سنگین	۲۰
بام‌های ساختمان‌ها در سایر مناطق	-
ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها	۲۰
بیمارستان‌ها، مدارس، فروشگاه‌ها، ساختمان‌های محل اجتماع یا ازدحام	۲۰
کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری)	حداقل ۴۰
مخازن آب و یا سایر مایعات	۱۰۰



۲-۲-۳ روش‌های تحلیل خطی

روش‌های تحلیل خطی را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها با هر تعداد طبقه به کاربرد. تنها، روش استاتیکی معادل را می‌توان در ساختمان‌های سه طبقه و کوتاه‌تر، از تراز پایه و یا ساختمان‌های زیر به کار گرفت:

الف- ساختمان‌های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه

ب- ساختمان‌های نامنظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه که دارای:

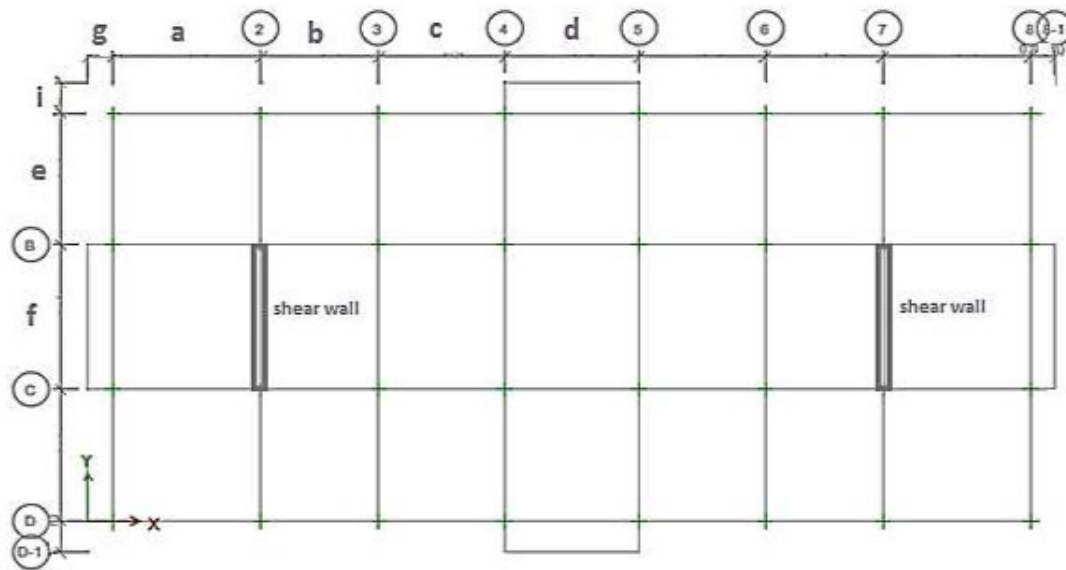
- نامنظمی زیاد و شدید پیچشی در پلان نباشد

- نامنظمی جرمی، نرم و خیلی نرم در ارتفاع نباشد

صفحه ۳۲ آیین‌نامه ۲۸۰۰



- مثال: قرار است ساختمان بتن آرمه زیر را در برابر نیروی زلزله طراحی کنیم. مطلوب است محاسبه برش پایه و توزیع آن در ارتفاع
- سیستم باربری جانبی ساختمان در جهت X قاب خمشی ویژه و در جهت Y سیستم ساختمانی سازه ما قاب خمشی ویژه همراه با دیوار برشی است که محل دیوارها از قبل مشخص شده است.
 - زمین از نوع دو، شن و ماسه متراکم می باشد.
 - پروژه در شعر قزوین واقع شده است.
 - ساختمان پنج طبقه که ارتفاع هر طبقه ۳.۵ متر و ارتفاع طبقه همکف ۳.۹ متر است



۱- نمای افقی ساختمان



جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

شهر قزوین
 $A=0.35$



بار زلزله – محاسبه دوره تناوب سازه @CivilEngVid

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

۱- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد ننمایند:

- در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75} \quad (3-3)$$

- در قاب‌های بتن‌آرمه

(3-4)

$$T = 0.05H^{0.9}$$

در راستای x

۲- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند:

مقدار T باید برابر با ۸۰ درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته شود.

ب- برای ساختمان‌های با سیستم مهاربندی واگرا، مشابه قاب‌های فولادی، از رابطه (3-3)

پ- برای ساختمان‌های با سایر سیستم‌های مندرج در جدول (3-5)، به غیر از سیستم

کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75}$$

(3-5)

در راستای y



باتوجه به اینکه سیستم ساختمانی در جهت X قاب خمشی ویژه است و در جهت Y قاب خمشی ویژه با قاب خمشی ویژه است بنابراین دوره تناوب را در دو جهت محاسبه میکنیم:

$$T_x = 0.05H^{0.9} = 0.05 \times 21.4^{0.9} = 0.788 \text{ sec}$$

$$T_y = 0.05H^{0.75} = 0.05 \times 21.4^{0.75} = 0.497 \text{ sec}$$

مقدار H از تراز پایه محاسبه می گردد. مطابق بند ۳-۳-۱-۲ از استاندارد ۲۸۰۰ با توجه به آنکه دیوار نگاهبان به سازه متصل نیست، بنابراین تراز پایه از سطح بالای شالوده در نظر گرفته می شود. همچنین با توجه به آنکه وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن طبقات است، بنابراین در مدل سازی وارد نمی شود.

$$H = 5 \times 3.5 + 3.9 = 21.4(m)$$



بار زلزله – ضریب بازتاب ساختمان B @CivilEngVid

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین با توجه به نوع آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$B = B_1 N \quad (1-2)$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۲-۳-۱ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگ‌نمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۱-۲-الف) و (۱-۲-ب) تعیین می‌گردد.

$$B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0)$$

$$0 < T < T_0$$

$$B_1 = S + 1$$

$$T_0 < T < T_s$$

$$B_1 = (S + 1)(T_s/T)$$

$$T > T_s$$

T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند (۳-۳-۳) تعیین می‌شود.
 S_0 و S ، T_s ، T_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند.
مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین‌ها در بند (۴-۲) مشخص شده‌اند.



جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱/۰	۰/۱۵	IV

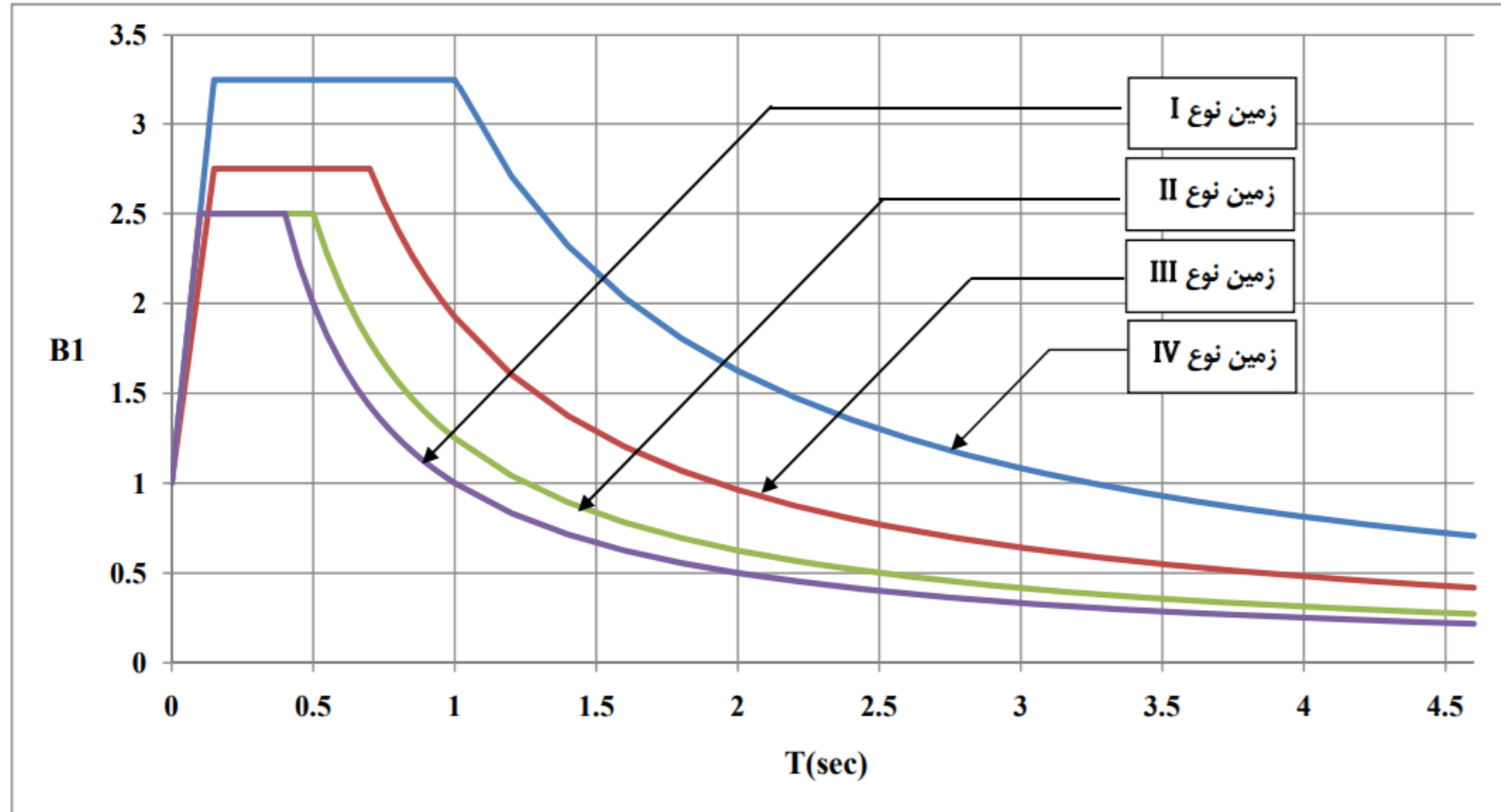


$$T_0 = 0.1, T_s = 0.5, S = 1.5, S_0 = 1$$

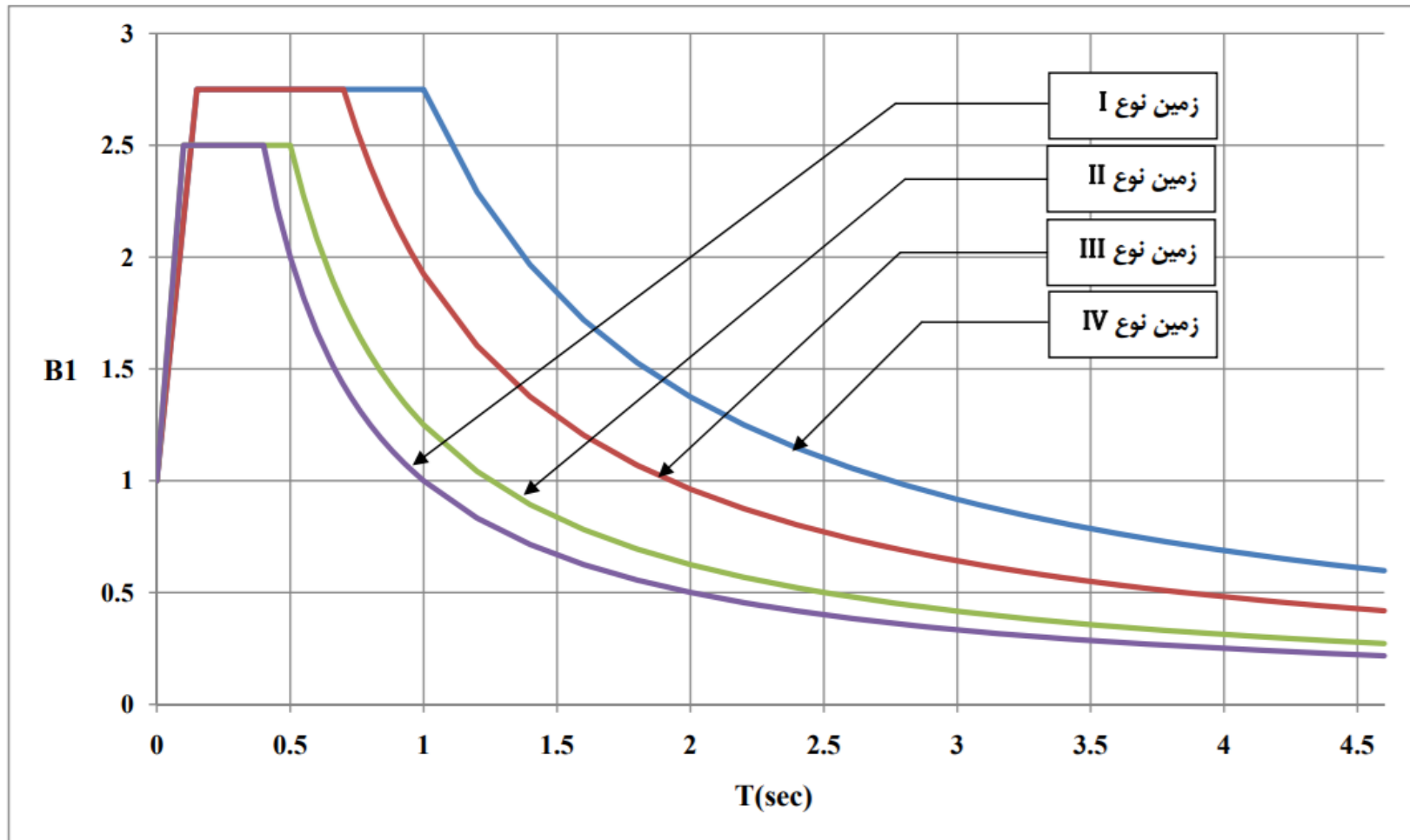
محاسبه ضریب شکل طیف، B_1 :

$$0.788 > 0.5 \rightarrow T > T_s \rightarrow B_{1x} = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right) = (1 + 1.5) \times \frac{0.5}{0.788} = 1.586$$

$$0.15 < 0.497 < 0.5 \rightarrow T_0 < T < T_s \rightarrow B_{1y} = S + 1 = 1.5 + 1 = 2.5$$



شکل ۲-۱ الف- ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۲-۴) با خطر نسبی کم و متوسط



شکل ۲-۱-ب - ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۲-۴) با خطر زیاد و خیلی زیاد



الف- برای پهنه‌های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

$$T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (3-2)$$

$$N = 1.7$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

ب- برای پهنه‌های باخطر نسبی متوسط و کم

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

$$N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

$$T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (4-2)$$

$$N = 1.4$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

روابط فوق برای خاک نوع II در شکل (۲-۲) نشان داده شده‌اند.



ضریب اصلاح طیف، N :

$$\begin{aligned} N &= 1.0 & \text{if } T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & \text{if } T_s < T < 4 \\ N &= 1.7 & \text{if } T > 4 \end{aligned}$$

محاسبه ضریب اصلاح طیف، N :

$$\begin{aligned} 0.497 < 0.5 &\rightarrow T < T_s \rightarrow N_y = 1.0 \\ 0.788 > 0.5 &\rightarrow N_x = \frac{0.7}{4 - 0.5} (0.788 - 0.5) + 1 = 1.0576 \end{aligned}$$

ضریب بازتاب ساختمان، B :

$$\begin{aligned} B_y &= B_1 N = 2.5 \times 1 = 2.5 \\ B_x &= B_1 N = 1.586 \times 1.0576 = 1.677 \end{aligned}$$



۳-۳-۵-۱ ضریب رفتار ساختمان در برگیرنده خصوصیات مانند شکل پذیری، نامعینی و اضافه مقاومت موجود در سازه ساختمان است. این ضریب با توجه به نوع سیستم باربر ساختمان و تمهیداتی که برای شکل پذیر کردن آن به کار برده شده است، با رعایت محدودیت‌های بندهای (۳-۵-۲) تا (۳-۵-۷)، از جدول (۳-۴) تعیین می‌گردد. توجه شود که مقدار R_u نیروی برشی در رابطه (۳-۲) را در حد مقاومت به دست می‌دهد.

صفحه ۳۴ آیین نامه ۲۸۰۰

۷/۵	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	پ- سیستم قاب خمشی
۵	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	
۳	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۴] و [۱]	
۷/۵	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
۵	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	
۳/۵	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	
۷/۵	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
۶/۵	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	
۶	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
۶	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	

$$C_x = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.35 \times 1.677 \times 1}{7.5} = 0.078$$

$$C_y = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.35 \times 2.5 \times 1}{7.5} = 0.116$$



۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه V_u ، که طبق بند (۳-۳-۱) محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u \quad (۳-۶)$$

در این رابطه:

F_{ui} : نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i : وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول (۳-۱) و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i : ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

n : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا



k: ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به دست آورده می شود:

$$K=0.5T+0.75 \qquad 0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ Sec} \qquad (3-7)$$

مقدار K برای مقادیر T کوچکتر از ۰/۵ ثانیه و بزرگتر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۲/۰ در نظر گرفته شود.

تبصره: در صورتی که وزن خرپشته ساختمان بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، باید به عنوان یک طبقه مستقل محسوب شود. در غیر این صورت خرپشته به عنوان بخشی از بام در نظر گرفته می شود.

**محاسبه ضریب k بیانگر نحوه توزیع برش پایه :**

با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰ با توجه به پیروود تجربی سازه مقدار k با توجه به فرمول زیر محاسبه میشود:

$$\begin{cases} T < 0.5 & \rightarrow & k = 1 \\ 0.5 < T < 2.5 & \rightarrow & K = 0.5T + 0.75 \\ T > 2.5 & \rightarrow & k = 2.5 \end{cases}$$

$$T_x = 0.788 \text{ sec} \rightarrow k = 1.144$$

$$T_y = 0.497 \text{ sec} \rightarrow k = 1$$