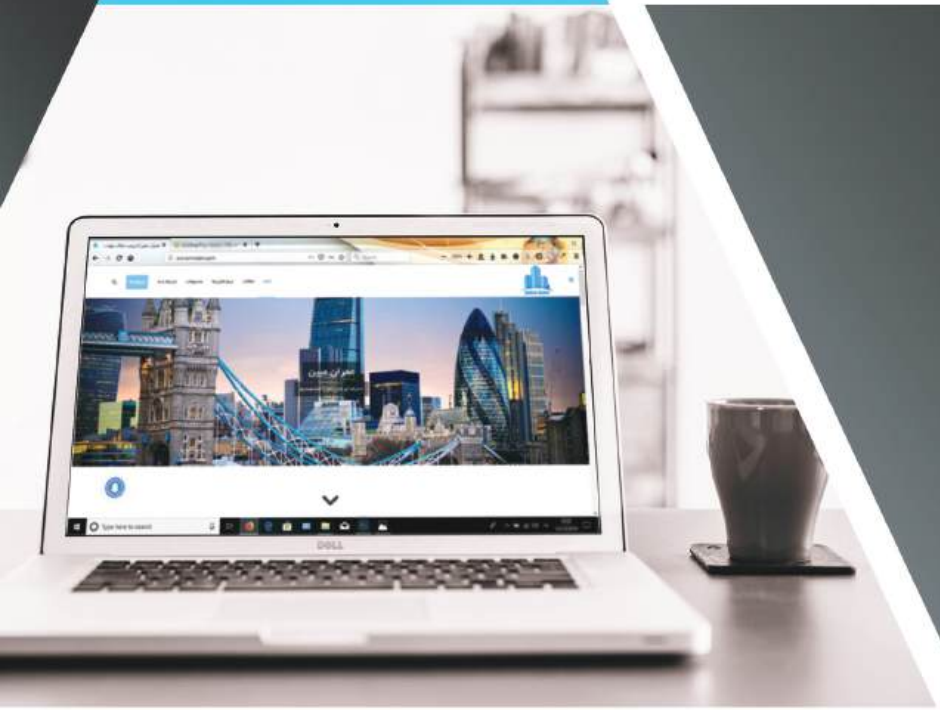
OMRAN MOBIN
www.omranmobin.com

گروه آموزشی
عمران مبین
فایل های عمرانی برای شما

جزوات دانشگاهی

جزوات و کتاب های مربوط با رشته مهندسی عمران برای مقاطع کارشناسی
و کارشناسی ارشد در گرایش های مختلف



آیین نامه ها و نشریات

آیین نامه ها و نشریات مرتبط با بخش های مختلف
حوزه مهندسی عمران مانند راه و ساختمان و...

و بسیاری مطالب کاربردی دیگر

فایل هایی مانند پلان ها و نقشه ها ، آبجکت ها ،
پروژه های آماده و ...

با ما همراه باشید
www.omranmobin.com

OMRAN MOBIN
www.omranmobin.com

www.omranmobin.com

بارگذاری سازه ها

ن. حدادی زاده

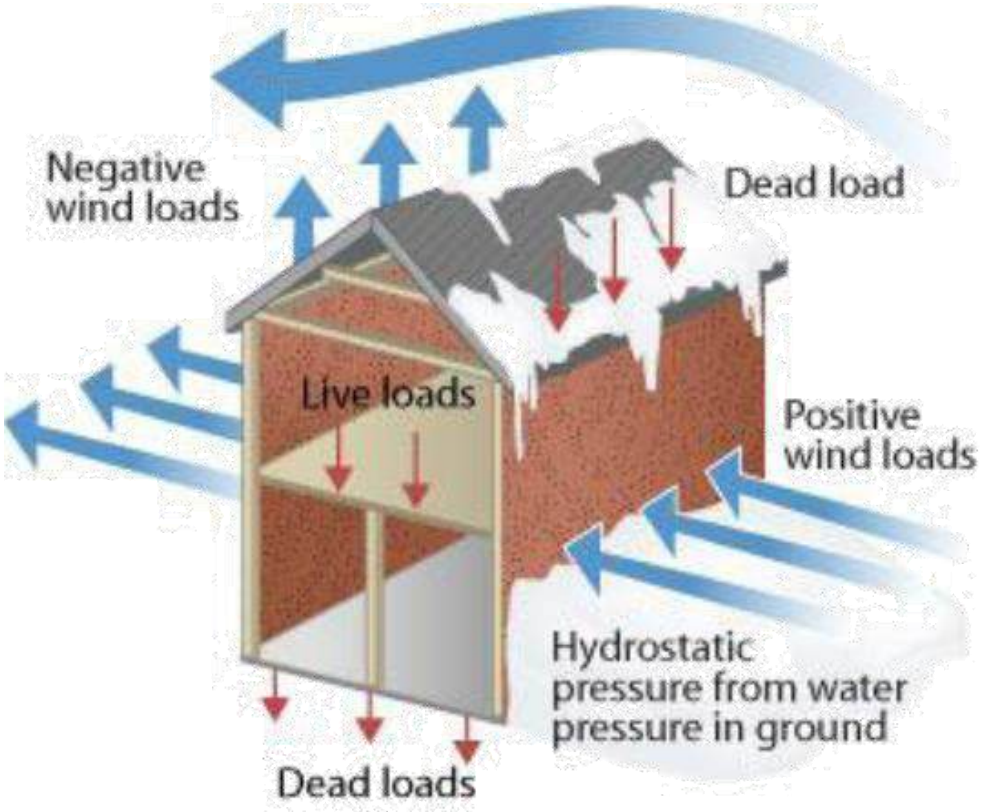
www.omranmobin.com

فصل اول :

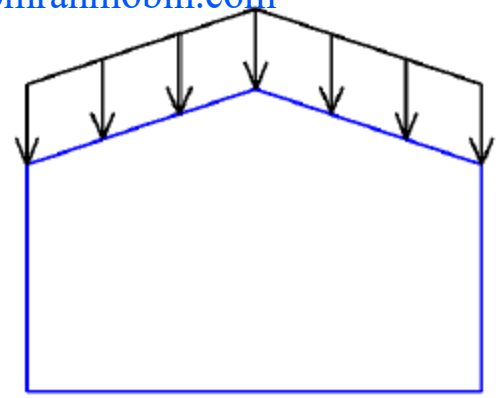
انواع بارها و سیستم های باربر

www.omranmobin.com

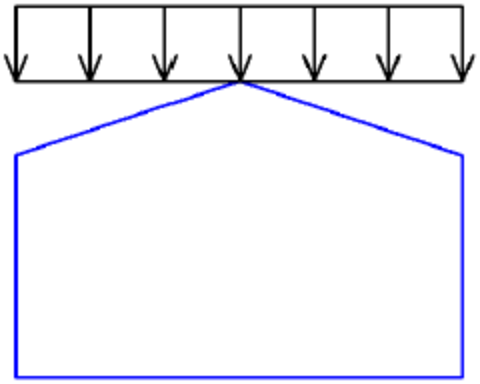
بارهای اصلی وارد بر ساختمان، شامل دو دستهٔ بارهای قائم و بارهای جانبی می‌باشند. بارهـای قـائم، بارهایی هستند که در راستای ثقل زمین اعمال شده و از مهم‌ترین آنها می‌توان به بارهای مرده، زنده و بار برف اشاره کرد. بارهای جانبی در راستای افق به سازه اعمال شده و شامل بارهای زلزله و بار باد می‌باشند.



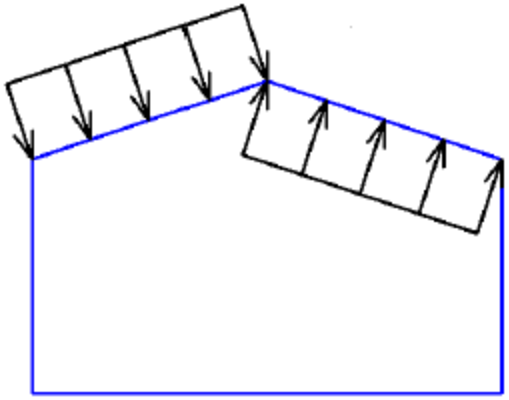
www.omranmobin.com



بار مرده به صورت ثقلی (*gravity loads*)



بار زنده بام یا برف به صورت ثقلی تصویر شده (*gravity projected*)



بار باد عمود بر کلیه سطوح

www.omranmobin.com

این بارها باید بـه نحـو مناسـبی بـه زمین انتقال داده شوند. انتقال بارهای وارد بر ساختمان به زمین از طریق سیستم‌های باربر انجام می‌گیرد.

۱) ***سیستم‌های باربر ثقلی***

۲) ***سیستم‌های باربر جانبی***

www.omranmobin.com

۱) سیستم‌های باربر ثقلی

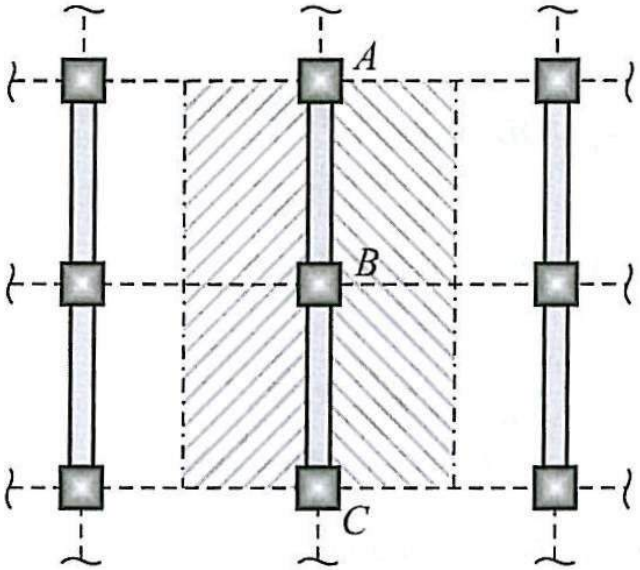
این سیستم‌ها به‌طور عمده وظیفهٔ انتقال بارهای قائم وارد بر ساختمان (شامل وزن ساختمان)، را برعهده دارند.
در این سیستم‌ها بار از طریق اعضای قائم و افقی ساختمان منتقل می‌شود.
اعضای قائم ساختمان شامل دیوارستون بوده و اعضای افقی که سیستم کف را تشکیل می‌دهند

این کف ها با توجه به ابعاد و تکیه گاه های آنها، دو نوع عملکرد سازه ای از خود نشان می دهند :

الف) عملکرد یک طرفه
ب) عملکرد دو طرفه

www.omranmobin.com

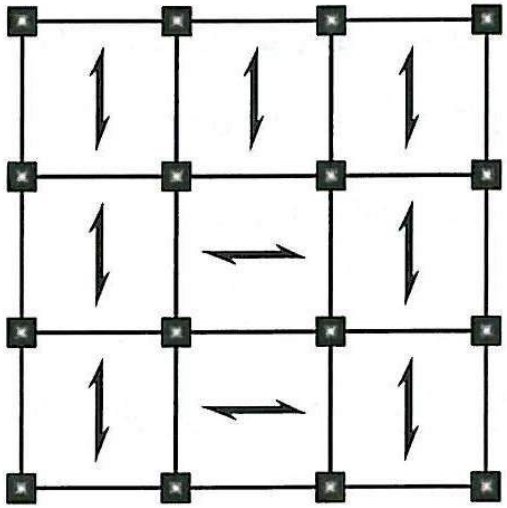
توزیع بار های قائم در کف های یک طرفه :



در کف‌های یک‌طرفه، عمدهٔ بار توسط تکیه‌گاه‌های طولی تحمل می‌شود. در این حالت بار قائم با توجه به چشمه‌های باربر و فقط در یک جهت به تیرچه، تیر و ستون منتقل می‌شود.

به‌طور مثال سطح باربر تیر ABC در دال یک‌طرفهٔ شکل روبرو نشان داده شده است.

www.omranmobin.com



بارهای قائم با توجه به سطح بارگیر هر یک از اعضای باربر، در آنها توزیع می‌شوند. عرض بارگیر اعضا، با توجه به جهت تیرریزی سقف به‌دست می‌آید. در پلان شکل مقابل، جهت تیرریزی در چشمه‌های (پانل) مختلف با فلش نشان داده شده است.

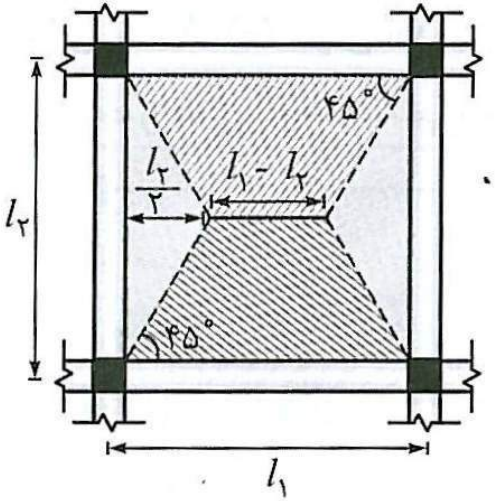
همان‌طور که مشاهده می‌شود، جهت تیرریزی در دو چشمه، عمود بر جهت تیرریزی در سایر چشمه‌هاست.

www.omranmobin.com

توزیع بارهای قائم در کف های دو طرفه :

در کف‌های دوطرفه، بار قائم از طریق هر چهار تکیه‌گاه منتقل می‌شود. در این حالت برای تعیین وزن سهمیه‌ای هر تکیه‌گاه، کافیست نیمساز زوایای داخلی آن رسم شود.

در دال دوطرفهٔ شکل زیر سطح باربر هر تکیه‌گاه نشان داده شده است ($l_1 > l_2$):



- بار کل وارده بر هر تکیه‌گاه در جهت l_1:

بار واحد سطح کف $\times \frac{l_2}{4} \times (2l_1 - l_2)$

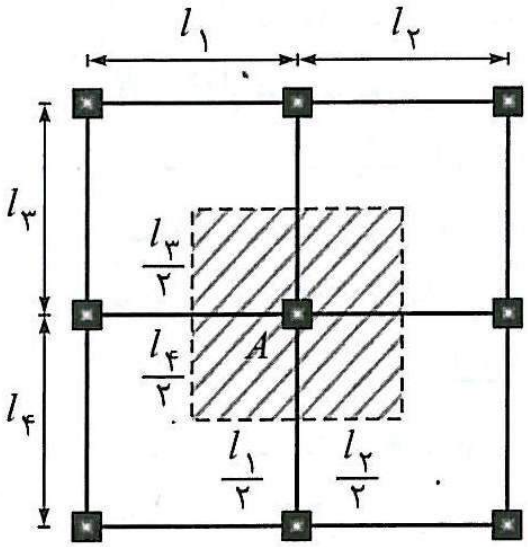
- بار کل وارده بر هر تکیه‌گاه در جهت l_2:

بار واحد سطح کف $\times \frac{l_2^2}{4}$

همان‌طور که از روابط فوق مشخص است، برای تعیین بار وارد بر تکیه‌گاه‌های جهت l_1، سطح ذوزنقه و برای تکیه‌گاه‌های جهت l_2، سطح مثلث ایجاد شده توسط نیمساز زوایای داخلی دال محاسبه می‌شود.

www.omranmobin.com

توزیع بارهای قائم در ستون ها:



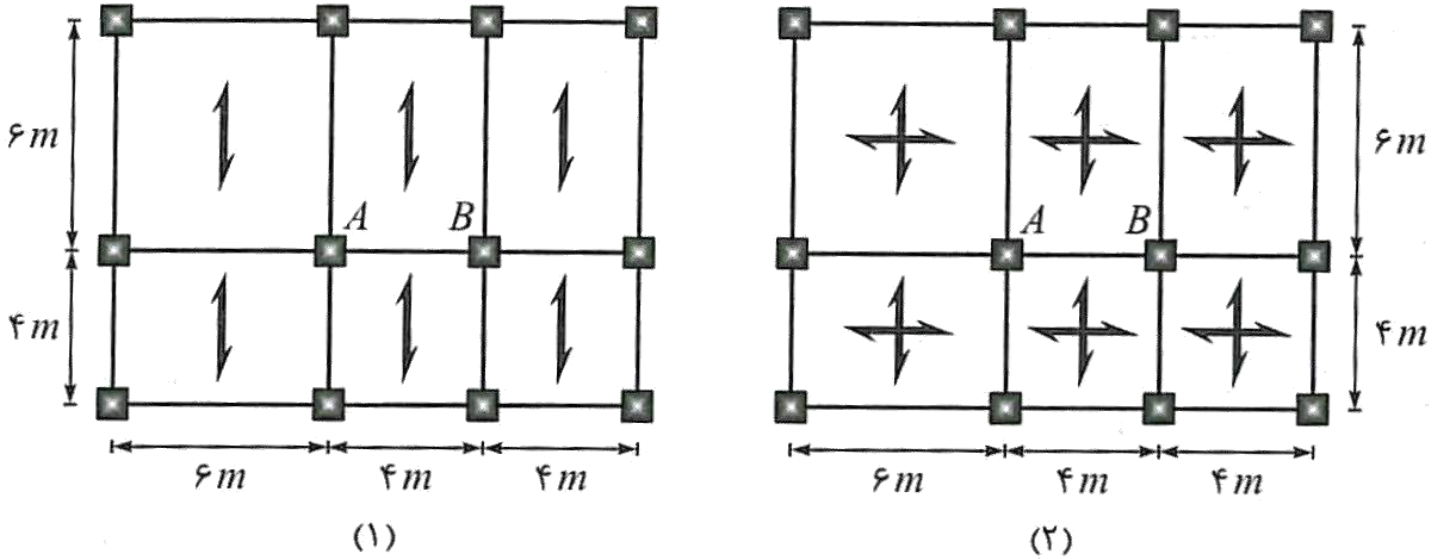
سطح بارگیر ستون‌ها بدون توجه به عملکرد کف (یک‌طرفه یا دوطرفه)، برابر فاصلهٔ مرکز تا مرکز چشمه‌های مجاور است. در شکل مقابل سطح بارگیر ستون A نمایش داده شده است:

با توجه به شکل، بار محوری ستون A در یک طبقه، از حاصل‌ضرب شدت بار وارده در سطح نشان داده به‌دست می‌آید.

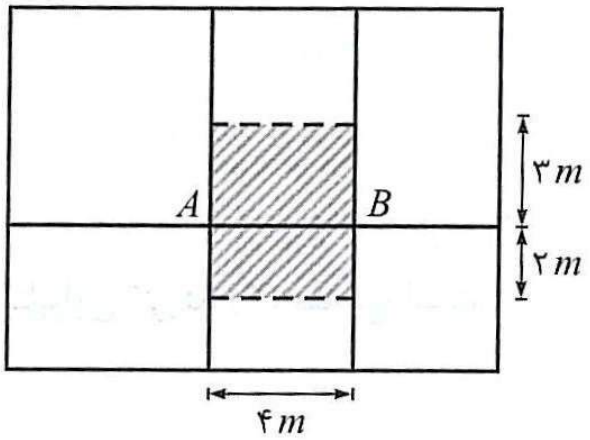
درصورتی‌که ساختمان چند طبقه باشد، برای محاسبهٔ نیروی محوری هر ستون، لازم است وزن طبقات فوقانی در محدودهٔ سطح بارگیر ستون نیز در نظر گرفته شود.

www.omranmobin.com

پلان شکل زیر مربوط به یک ساختمان مسکونی می‌باشد. سطح بارگیر تیر AB را در دو حالت (۱) و (۲) محاسبه نمایید.

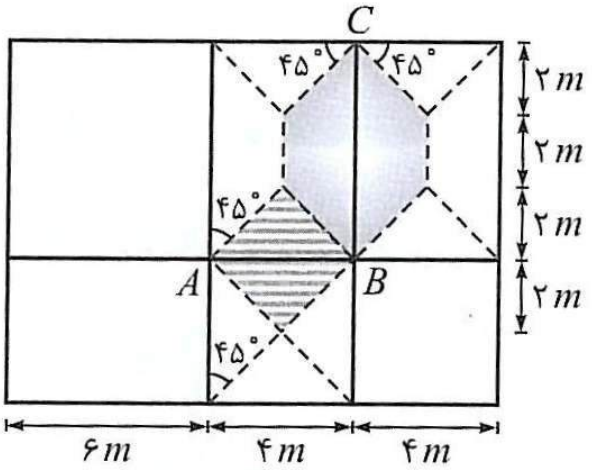


www.omranmobin.com



حل: در حالت (۱)، با توجه به جهت تیرچه‌ریزی، سیستم کف یک‌طرفه بوده، بنابراین سطح بارگیر تیر AB برابر است با:

$$\text{سطح بارگیر تیر } AB = ۳\times۴+۲\times۴=۲۰\ m^{۲}$$



در حالت (۲)، با توجه به جهت تیرچه‌ریزی، سیستم کف دوطرفه بوده، بنابراین سطح بارگیر تیر AB با رسم نیمساز زوایای داخلی پانل به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{سطح بارگیر تیر } AB = ۲\times\left(\frac{۲\times۴}{۲}\right)=۸\ m^{۲}$$

در صورتی‌که محاسبهٔ سطح بارگیر تیر BC مدنظر باشد، داریم:

$$\text{سطح بارگیر تیر } BC = ۲\times\left(\frac{۶+۲}{۲}\times۲\right)=۱۶\ m^{۲}$$

www.omranmobin.com

۲) سیستم‌های باربر جانبی

سیستم‌های باربر جانبی باید توانایی تحمل و انتقال نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله را داشته باشند

۱) سیستم‌های دیواری یا دیوار باربر
۲) قاب ساده با مهاربندی و یا دیوار برشی
۳) قاب خمشی
۴) سیستم‌های دوگانه یا ترکیبی (قاب خمشی با مهاربندی یا دیوار برشی)

www.omranmobin.com

۱ سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه‌ای است که فاقد قاب‌های ساختمانی برای باربری قائم می‌باشد. در این سیستم، دیوارهای باربر و یا قاب‌های مهاربندی شده عمدتاً بارهای قائم را تحمل نموده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز به وسیله دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می‌کنند و یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین می‌شود.

www.omranmobin.com

۲ سیستم قاب ساختمانی ساده

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های ساختمانی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین می‌شود. در این سیستم، قابهای مهاربندی شده را می‌توان به صورت هم محور یا برون محور به کار برد.

www.omranmobin.com

۳ سیستم قاب خمشی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم توسط قاب‌های ساختمانی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط قاب‌های خمشی تامین می‌گردد. سازه‌های با قاب‌های خمشی کامل، و سازه‌های با قاب‌های خمشی در پیرامون و یا در قسمتی از پلان و قاب‌های با اتصالات ساده در سایر قسمت‌های پلان، از این گروه‌اند.

www.omranmobin.com

۴ سیستم دوگانه یا ترکیبی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن:

الف- بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های ساختمانی تحمل می‌شوند.

ب- مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه‌ای از دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده همراه با مجموعه‌ای از قاب‌های خمشی صورت می‌گیرد. سهم برشگیری هر یک از دو مجموعه با توجه به سختی جانبی و اندرکنش آن دو، در تمام طبقات تعیین می‌شود.

www.omranmobin.com

قاب‌های خمشی مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروی جانبی وارد به ساختمان می‌باشد. در صورتی که سیستمی این ضابطه را برآورده نکند، سیستم دوگانه محسوب نشده و جزو سیستم قاب ساختمانی ساده منظور می‌گردد.

به کارگیری قاب‌های خمشی بتنی و فولادی معمولی (بر اساس استاندارد ۲۸۰۰) برای باربری جانبی در این سیستم مجاز نمی‌باشد و در صورت استفاده از این نوع قاب، سیستم از نوع قاب ساختمانی ساده محسوب خواهد شد.

www.omranmobin.com

فصل دوم:

گروه بندی ساختمان ها

www.omranmobin.com

گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بار سیل، باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها
۱	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که به عنوان تاسیسات ضروری طراحی می‌گردند و وقفه در بهره‌برداری از آن‌ها به طور غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه‌ها و تاسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک رسانی و به طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در امداد و نجات موثر باشد. ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تاسیسات صنعتی که خرابی آن‌ها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر برای محیط زیست در کوتاه‌مدت یا دراز مدت خواهد گردید. هرگونه ساختمان یا تاسیساتی که سازنده، پردازنده، فروشنده یا ترتیب دهنده مقادیری از مواد شیمیایی یا زباله‌های بسیار خطرناک با توجه به ضوابط قانونی موجود باشند که انتشار این مواد منجر به خطری برای عموم شود، مشمول این گروه خطرپذیری می‌باشد. سایر ساختمان‌ها و سیستم‌های سازه‌ای که برای حفظ عملکرد ساختمان‌های گروه خطرپذیری ۱ موردنیاز می‌باشند.

www.omranmobin.com

۲	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی قابل توجه شود مانند مدارس، مساجد، استادیوم‌ها، سینما و تئاترها، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال‌های مسافری، یا هر فضای سرپوشیده‌ای که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر زیر یک سقف باشد. ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لکن خرابی آن‌ها خسارت اقتصادی قابل توجهی داشته یا باعث از دست رفتن ثروت ملی می‌گردد مانند موزه‌ها، کتابخانه‌ها و به طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش نگهداری می‌شود. ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تاسیسات صنعتی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لیکن خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، مراکز گازرسانی، انبارهای سوخت و یا هرگونه ساختمان یا تاسیساتی که سازنده، پردازنده، فروشنده یا ترتیب‌دهنده مقادیری از موادی مانند سوخت‌های خطرناک، موادشیمیایی خطرناک، زباله‌های خطرناک و یا مواد منفجره باشند که با توجه به ضوابط قانونی موجود، انتشار گسترده این مواد سمی و مضر منجر به خطری برای عموم نمی‌شود (مطابق بند۶-۱-۵-۳).
۳	کلیه ساختمان‌ها و سازه‌های مشمول این مبحث که جزو ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه خطرپذیری دیگر نباشند مانند ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های طبقاتی، انبارها، کارگاه‌ها، ساختمان‌های صنعتی و غیره.
۴	ساختمان‌ها و سایر سازه‌هایی که خرابی آن‌ها منجر به تلفات جانی و خسارات مالی نسبتاً کم خواهد شد مانند انبارهای کشاورزی و سالن‌های مرغداری. ساختمان‌ها و سایر سازه‌های موقتی که مدت بهره برداری از آن‌ها کمتر از دو سال است.

www.omranmobin.com

اختصاص گروه‌های خطرپذیری مختلف به یک ساختمان یا سیستم سازه‌ای برای انواع مختلف شرایط بارگذاری (برای نمونه، باد یا زلزله) امکان‌پذیر است.

در صورتی که ساختمان یا سایر سیستم‌های سازه‌ای به قسمت‌هایی با سیستم‌های سازه‌ای مستقل تقسیم شده باشد، گروه‌بندی هر قسمت می‌تواند به صورت مستقل از هم انجام شود. در صورتی که سیستم‌های ساختمانی مانند خروجی‌های مورد نیاز، تاسیسات مکانیکی، یا موتور الکتریکی برای یک قسمت نیاز به گروه خطرپذیری بالاتری داشته باشد و وابسته به قسمت‌های دیگری از ساختمان که گروه خطرپذیری پایین‌تری دارند باشد، برای این قسمت‌ها نیز باید گروه خطرپذیری بالاتر درنظر گرفته شود.

www.omranmobin.com

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 بار لرزه‌ای، I_e	ضریب اهمیت بار باد، I_w	ضریب اهمیت بار یخ I_i	ضریب اهمیت بار برف، I_s
۱	۱٫۴	۱٫۲۵	۱٫۲۵	۱٫۲
۲	۱٫۲	۱٫۱۵	۱٫۲۵	۱٫۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۸

www.omranmobin.com

مثال : ضرایب اهمیت برای سالن نمایشی با ظرفیت ۲۰۰ نفر را از جدول مربوطه استخراج نمایید.

با توجه اینکه سالن نمایش دارای ظرفیتی کمتر ۳۰۰ نفر است، در گروه خطر پذیری ۳ قرار می گیرد. بنابراین ضریب اهمیت برای تمامی بارها برابر با یک خواهد بود.

مثال : کاهش گروه خطر پذیری ..... است.

۱- تحت هیچ شرایطی مجاز نمی باشد.
۲- طراح می تواند راساً نسبت کاهش آن اقدام نماید.
۳- درصورت ارائه مستندات مورد نیاز از سوی مالک مجاز می باشد.
٤- هیچکدام.

برای کاهش خطرپذیری لازم است مالک یا بهره بردار ساختمان ها یا سایر سازه های دارای مواد شیمیایی و سمی خطرناک و بسیار خطرناک یا مواد منفجره، برنامه جامع مدیریت خطرپذیری ارائه نماید. پاسخ صحیح گزینه ۳ می باشد.

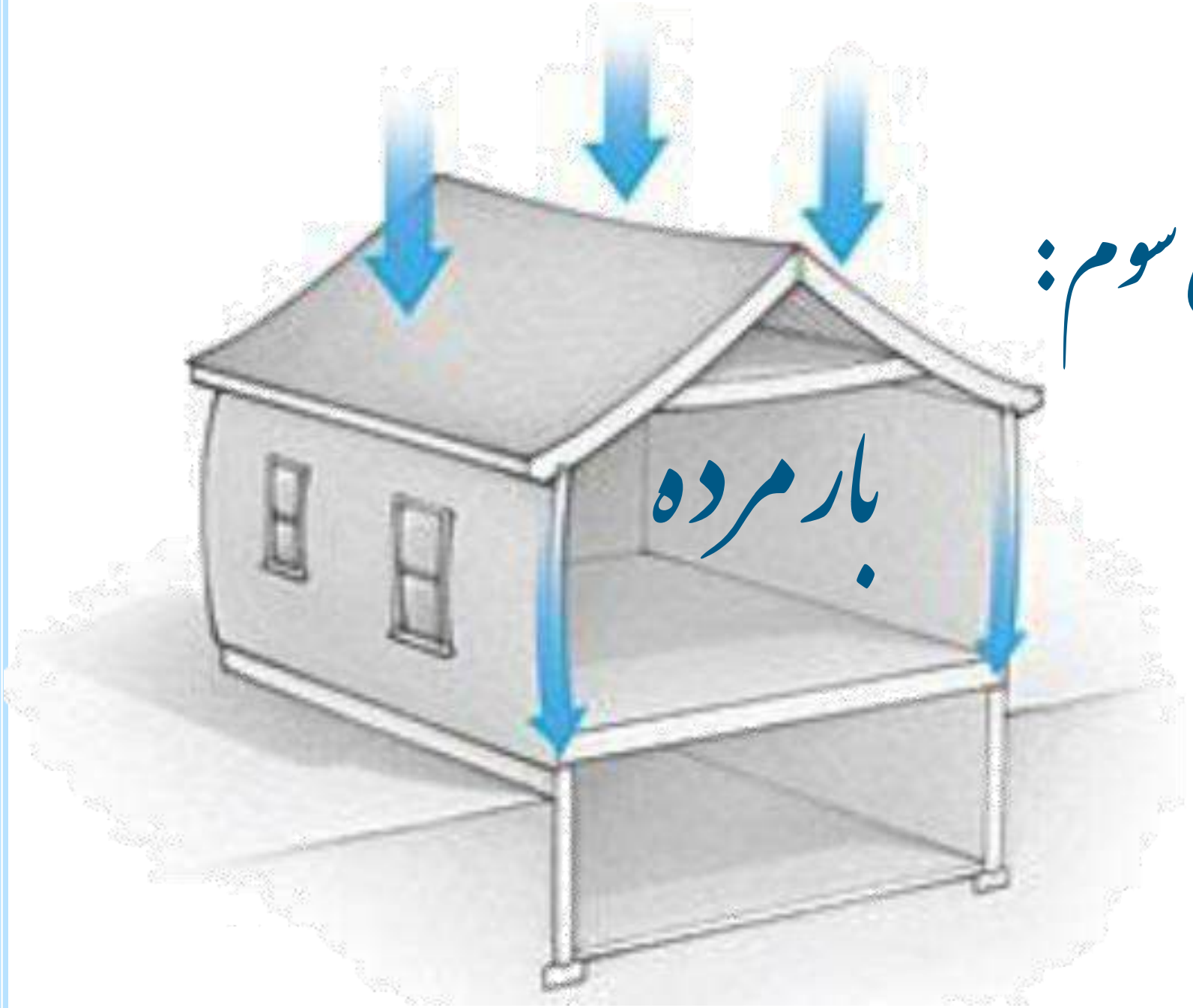
www.omranmobin.com

تبدیل واحدهای رایج	
۱ کیلوگرم	۱۰ نیوتن
۱ کیلوگرم	۱ دکانیوتن
۱۰۰ کیلوگرم	۱ کیلونیوتن

www.omranmobin.com

فصل سوم:

بار مرده



www.omranmobin.com

بارهای مرده

بارهای مرده عبارتند از وزن اجزاء دائمی ساختمان ها مانند تیر و ستون ها، دیوارها، کف ها، بام، سقف، راه پله، نازک کاری، پوشش ها و دیگر بخش های سهیم در اجزاء سازه ای و معماری، همچنین وزن تاسیسات و تجهیزات ثابت شامل وزن جرثقیل ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می شود.

برای تخمین بارهای مرده، ابتدا جزئیات اجزای قسمت‌های مختلف تعیین می‌شود، سپس با استفاده از مقدار و وزن هر جزء و یا وزن مخصوص و یا جرم مخصوص مواد، که توسط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین شده است، وزن هر قسمت تعیین می‌شود.

www.omranmobin.com

*ارقام مربوط به چوب های خشک برای چوب های حداکثر رطوبت ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است. در صورتی که چوب از اثر باران و رطوبت حفاظت نشده باشد، مقدار ۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب و چنانچه با آب اشباع شده باشد مقدار ۱۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب به مقادیر فوق اضافه می شود. در مورد چوب های تازه برید شده مقادیر فوق باید در ضریب ۱/۸ ضرب شوند.

شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب)
٤- چوب ها (در حالت خشک*)	
زربین	٦٠٠
زبان گنجشک- ون	٧١٠
راش	٦٧٠

www.omranmobin.com

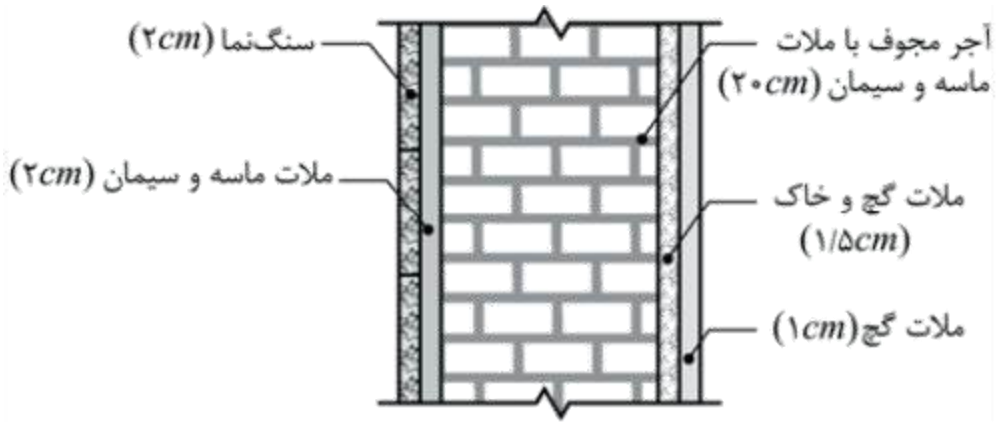
+ در محاسبه وزن دیوار با مصالح بنایی می توان ۷۰ درصد وزن هر مترمکعب دیوار را مصالح آجری یا بلوکی و ۳۰ درصد بقیه را ملات به حساب آورد.

شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب)
٦- بنایی با آجر و بلوک+	
آجری کار با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان	۱۸۵۰
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه آهک	۱۸۰۰
آجر کاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک (طاق ضربی)	۱۷۵۰

www.omranmobin.com

بار دیوارهای پیرامونی (محیطی)

بار دیوارهای پیرامونی به‌صورت خطی یکنواخت و برحسب مقدار نیرو بر واحد طول محاسبه شده و بر تیرهای پیرامونی اعمال می‌شود.



وزن واحد سطح سنگ نما (گرانیت) $= ۲۸۰۰ \times ۰/۰۲ = ۵۶\ daN/m^۲$

وزن واحد سطح ملات ماسه و سیمان $= ۲۱۰۰ \times ۰/۰۲ = ۴۲\ daN/m^۲$

وزن واحد سطح آجر مجوف با ملات ماسه و سیمان $= ۸۵۰ \times ۰/۲ = ۱۷۰\ daN/m^۲$

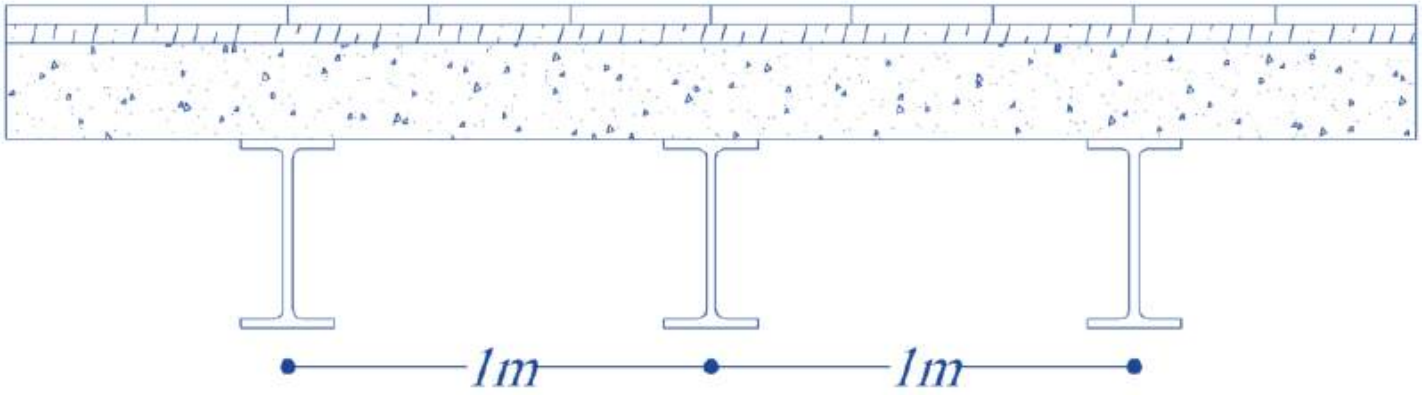
وزن واحد سطح ملات گچ و خاک $= ۱۶۰۰ \times ۰/۰۱۵ = ۲۴\ daN/m^۲$

وزن واحد سطح ملات گچ $= ۱۳۰۰ \times ۰/۰۱ = ۱۳\ daN/m^۲$

وزن واحد سطح دیوار $= ۳۰۵\ daN/m^۲$

www.omranmobin.com

مثال : وزن واحد سطح سقف مرکب شکل زیر را برآورد نمایید.



ابتدا با مراجعه به جدول ٦-١-١ وزن واحد حجم هر یک از مصالح به کار رفته را استخراج می کنیم. در اینصورت حاصل ضرب وزن واحد حجم هر بخش در ضخامت آن بخش برابر خواهد شد با وزن واحد سطح آن.

جهت محاسبه وزن واحد سطح پروفیل $IPE۲۰۰$ به این شکل عمل می شود، ابتدا سطح مقطع پروفیل را از جدول مقاطع فولادی نورد شده استخراج می کنیم، سپس با ضرب آن در وزن واحد حجم فولاد و در نهایت از تقسیم حاصل بر فاصله عرضی دو پروفیل وزن واحد سطح این قسمت نیز مشخص خواهد شد.

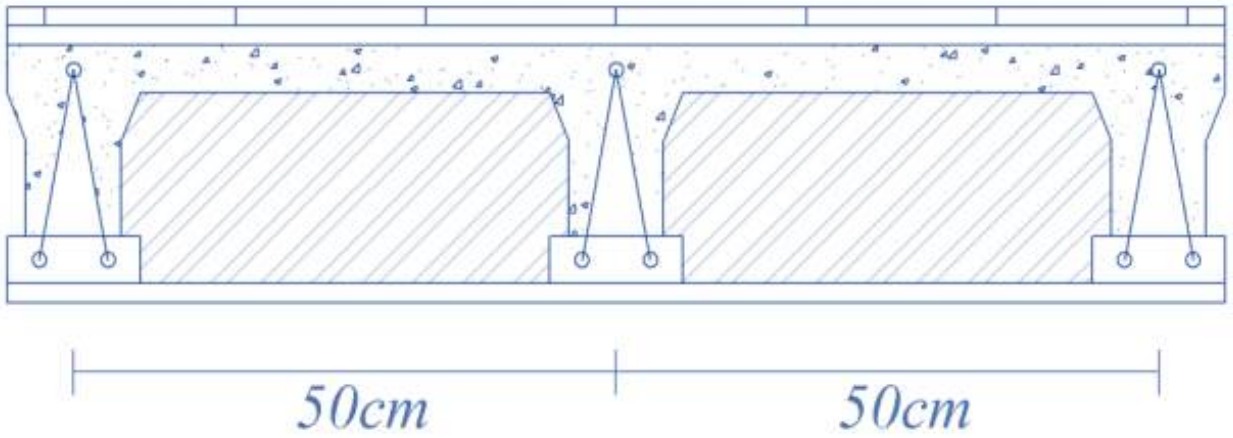
$$A_{IPE۲۰۰} = ۲۸.۵cm^۲ \rightarrow \frac{۲۸.۵ \times ۱۰^{-٤} \times ۷۸۵۰}{۱m} \approx ۲۲\ Kg/m^۲$$

www.omranmobin.com

جزییات	وزن واحد حجم (کیلوگرم بر مترمکعب)	ضخامت (سانتیمتر)	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر مترمربع)
موزاییک کف	۲۲۵۰	۲/۵	۵۷
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۲	٤۲
دال بتنی	۲٤۰۰	۸	۱۹۲
پروفیل نورد شده IPE ۲۰۰	۷۸۵۰	–	۲۲
جمع			۳۱۳

www.omranmobin.com

مثال : وزن واحد سطح سقف تیرچه بلوک(یونولیتی) شکل زیر را برآورد نمایید. وزن واحد حجم یونولیت را ۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر بگیرید.



حل :

در صورتی که ارتفاع بلوکها را ۲۰ سانتیمتر در نظر بگیریم و همچنین عرض تیرچه را ۱۰ سانتیمتر فرض کنیم، جهت بلوکها خواهیم داشت :

$$۰.۸ \times ۰.۲ \times ۲۵ = ٤\ Kg/m^۲$$

بنابراین جهت بتن بین بلوکها خواهیم داشت :

$$۲ \times ۰.۱ \times ۰.۲ \times ۲٤۰۰ = ۹٦\ Kg/m^۲$$

www.omranmobin.com

جزییات	وزن واحد حجم (کیلوگرم بر مترمکعب)	ضخامت (سانتیمتر)	وزن واحد سطح (کیلوگرم بر مترمربع)
موزاییک کف	۲۲۵۰	۲/۵	۵۷
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰	۲	٤۲
دال بتنی	۲٤۰۰	۵	۱۲۰
بلوک یونولیتی	–	–	٤
بتن بین بلوکها	–	–	۹٦
اندود گچ و خاک	۱٦۰۰	۱/۵	۲٤
جمع			۳٤۳

www.omranmobin.com

فصل چهارم:

بار زنده

www.omranmobin.com

۶-۵-۱-۱ بار زنده: باری غیر دائمی است که در حین استفاده و یا بهره‌برداری از ساختمان و یا سایر سازه‌ها به آنها وارد شود و شامل بارهای حین ساخت و یا بارهای محیطی مانند بار باد، بار برف، بار باران، بار زلزله، بار سیل و یا بارهای مرده نمی‌شود.

۶-۵-۱-۲ بار زنده بام: باری بر روی بام که توسط کارگران، تجهیزات و مصالح در حین انجام تعمیرات بر روی آن بدان وارد شده و یا توسط اشیاء متحرکی چون گلدان و یا لوازم تزئینی کوچک که ارتباطی با استفاده از ساختمان در طول عمر بهره‌برداری آن نداشته باشند، به آن اعمال شود.

www.omranmobin.com

بار زنده متمرکز

کف‌ها، بام‌ها و سایر سطوح مشابه باید بنحوی طراحی شوند که بارهای زنده گسترده یکنواخت توزیع شده، یا بارهای متمرکز داده شده در جدول ۶-۵-۱، هر کدام که منجر به آثار بزرگ‌تری شوند را به‌نحوی ایمن تحمل نمایند. در صورت مشخص نبودن ابعاد بار متمرکز، بار وارده می‌بایست بصورت یکنواخت برروی سطحی به ابعاد ۷۵۰ ×۷۵۰ میلیمتر توزیع شده و محل آن طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر ناشی از بارگذاری را در اعضا ایجاد نماید.

www.omranmobin.com

تمرین : در کف یک سازه با مساحت $۱۰m \times ۲۰m$، مجموع وزن افراد، تجهیزات و موادی که پیش‌بینی می‌شود در آن قرار گیرد، برابر ۲۵۰ کیلونیوتن است. بار زندهٔ طراحی این کف، برابر چند کیلو نیوتن برمترمربع باید در نظر گرفته شود؟

۱) ۱/۲۵ ۲) ۱ ۳) ۱/۵ ۴) ۲

حل: با توجه به بند (۶-۵-۶) مبحث ششم مقررات ملی ساختمان

بار زندهٔ یک کاربری نامشخص، با توجه به وزن افراد، تجهیزات و موادی که در آن کف قرار خواهد گرفت، تخمین زده می‌شود و نباید از $۱/۵\ kN/m^۲$ کمتر شود. با توجه به این موضوع داریم:

$$q = \frac{W}{A} = \frac{۲۵۰}{(۱۰\times ۲۰)} = ۱/۲۵\ kN/m^۲ < ۱/۵\ kN/m^۲ \Rightarrow$$

بار زنده $۱/۵\ kN/m^۲$ فرض می‌شود.

با توجه به این توضیحات، گزینهٔ (۳) صحیح است.

www.omranmobin.com

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	بام‌ها		
۱-۱	بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی	۱٫۵[۱]	۱٫۳
۱-۲	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۱-۳	بام‌های دارای بالچه و گلخانه	۵	—
۱-۴	بام‌هایی با پوشش پارچه‌ای با سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش)	۱٫۳
۱-۵	بام‌هایی با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۱-۶	قاب‌های نگهدارنده یک قضاینه	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش، فقط به اعضای قابها وارد می‌شود)	۱
۲	سالن‌ها و محل‌های تجمع و ازدحام		
۲-۱	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع دارای صندلی‌های ثابت (چسبیده به کف)	۳[۲]	—
۲-۲	سالن‌های عمومی و محل‌های تجمع فاقد صندلی‌های ثابت	۵[۲]	—
۲-۳	سالن‌های غذاخوری و رستوران‌ها	۵[۲]	—
۲-۴	سینماها و تئاترها	۵[۲]	—
۲-۵	صحنه سینماها و تئاترها	۷٫۵[۲،۳]	—
۲-۶	سالن‌های اجرای مراسم گروهی، اجرای سرود و ...	۷٫۵[۲،۳]	—
۲-۷	شبستان مساجد و تکایا	۵[۲]	—
۲-۸	سالن انتظار و ملاقات	۵[۲]	—
۲-۹	پایانه‌های مسافربری	۵[۲]	
۳	راهروها، راه پله‌ها[۴] و بالکن‌ها		
۳-۱	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در طبقه همکف (ورودی)	۵	—
۳-۲	راهروهای مراکز تجمع و ازدحام واقع در سایر طبقات	مطابق بار زنده اتاق‌های مجاور	—
۳-۳	راه‌پله و راهپله‌ای منتهی به درب‌های خروجی	۵[۲،۱،۴]	۱٫۳
۳-۴	راه پله اضطراری	۵	۱٫۳
۳-۵	راهرو دسترسی برای امور تعمیر و نگهداری تاسیسات	۲	۱٫۳
۳-۶	بالکن‌ها	۱٫۵ برابر بار زنده کف اتاق‌های متصل به آنها لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود	—

www.omranmobin.com

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۴	ساختمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی		
۴-۱	اتاق‌ها و سایر فضاهای خصوصی شامل (سرویس‌ها- انبار- راهروها)	۲	—
۴-۲	اتاق‌های محل تجمع و راهروهای مرتبط با آن	۵	—
۵	هتل‌ها- فروشگاه‌ها		
۵-۱	اتاق‌ها و سایر فضاهای هتل‌ها، مهمانسراها و خوابگاه‌ها	۲	—
۵-۲	فروشگاه‌های کوچک و خرده‌فروشی- طبقه همکف (ورودی)	۵	۴.۵
۵-۳	فروشگاه‌های کوچک و خرده‌فروشی- کف سایر طبقات	۳.۵	۴.۵
۵-۴	فروشگاه‌های عمده‌فروشی- همه طبقات	۶[۳]	۴.۵
۶	ساختمان‌های آموزشی- فرهنگی و کتابخانه‌ها		
۶-۱	کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌های سبک	۲.۵	۴.۵
۶-۲	اتاق‌های مطالعه	۳	۴.۵
۶-۳	مخازن کتاب یا اتاق بایگانی با قفسه‌های ثابت	۲.۵[۵] به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۷.۵	۴.۵
۶-۴	مخازن کتاب یا محل بایگانی با قفسه‌های متحرک	۳ به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۱۰	۷
۶-۵	راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۵	۴.۵
۶-۶	راهروهای سایر طبقات	۴	۴.۵
۷	ساختمان‌های اداری		
۷-۱	دفاتر کار معمولی	۲.۵	۹
۷-۲	سالن انتظار و ملاقات- راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۴.۵	۹
۷-۳	راهروهای سایر طبقات	۳.۵	۹
۸	ساختمان‌های صنعتی		
۸-۱	کارگاه‌های صنعتی سبک	۶[۱][۳][۶]	۹
۸-۲	کارگاه‌های صنعتی متوسط	۱۰[۱][۳][۴]	۱۱
۸-۳	کارگاه‌های صنعتی سنگین	۱۲[۱][۳][۴]	۱۴
۹	ورزشگاه‌ها و تأسیسات تفریحی		
۹-۱	سالن‌های ورزشی سبک مانند تنیس روی میز- بیلیارد و ...	۳.۵[۳]	—
۹-۲	سالن‌های ورزشی و تمرینات بدنی	۵[۳]	—
۹-۳	ورزشگاه‌های دارای صندلی ثابت	۵[۳]	—
۹-۴	ورزشگاه‌های فاقد صندلی ثابت یا دارای نیمکت	۶[۳][۵]	—

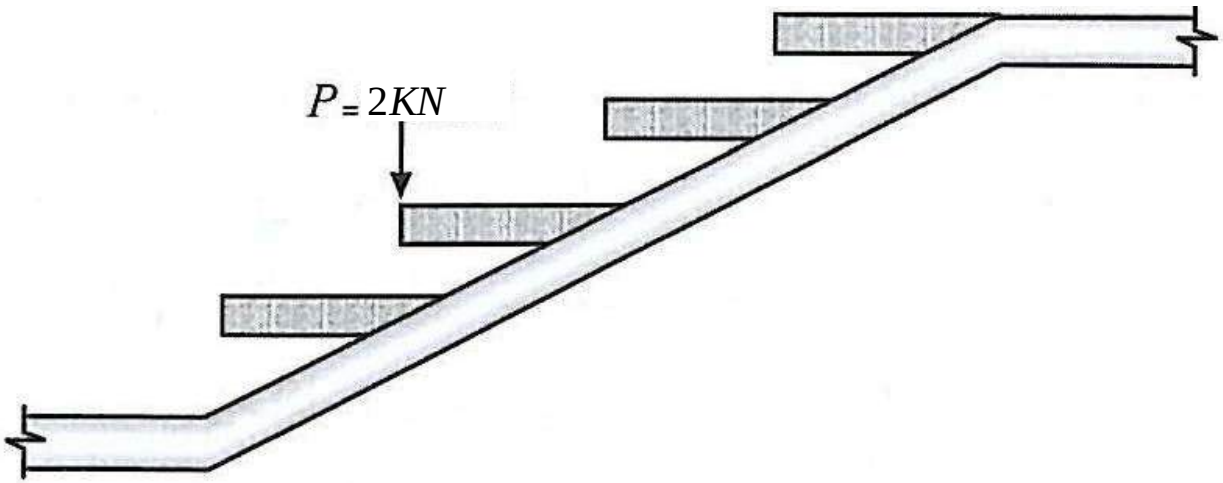
www.omranmobin.com

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱۰	بیمارستان‌ها و مراکز درمانی		
۱-۱۰	اتاق‌های بیمار	۲	۴٫۵
۲-۱۰	اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها	۳	۴٫۵
۳-۱۰	راهروهای طبقه اول	۵	۴٫۵
۴-۱۰	راهروهای سایر طبقات	۴	۴٫۵
۱۱	محل عبور و پارک خودروها		
۱-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن	۴[۱،۲،۳،۱۰]	۲۰
۲-۱۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن	۶	۳۰
۳-۱۱	معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون	۱۲[۱]	۳۶[۱،۵]
۱۲	سایر موارد		
۱-۱۲	سردخانه‌ها	۵ به ازای هر متر ارتفاع مفید-حداقل ۱۵	—
۲-۱۲	آشپزخانه‌های صنعتی و رختشوی‌خانه‌ها	۵	—
۳-۱۲	تعبیه انبار سبک در فضای داخل سقف کاذب	۱	—
۴-۱۲	انباری‌های سبک	۶[۴]	—
۵-۱۲	انباری‌های سنگین	۱۲[۴،۹،۱۰]	—
۶-۱۲	موتورخانه‌ها	۷٫۵	—
۷-۱۲	اتاق‌های هواساز- پمپ و نظایر آن	۴	—
۸-۱۲	محل فرود بالگرد	۳[۱۱،۱۲،۱۳]	—
۹-۱۲	کف کاذب در فضاهای اداری	۲٫۵	۹
۱۰-۱۲	کف کاذب برای اتاق‌های کامپیوتر	۵	۹
۱۱-۱۲	اتاق آسانسور	۳٫۶	۹٫۴ (بر روی سطحی برابر با ۵۰×۵۰ میلی‌متر وارد شود)
۱۳-۱۲	هرگونه ساختمان دیگر	۱	

www.omranmobin.com

اجزاء خرپاها و تیرها (اجزاء اصلی) که برای پوشش سالن‌های صنعتی، پارکینگ‌های تعمیراتی، انبارها ... به‌کار می‌روند باید علاوه بر بارهای زنده وارد به سقف، یک بار متمرکز برابر با ۱۰ کیلونیوتن را بطور موضعی تحمل نمایند. این بار در خرپاها و در تیرها در هر نقطه اختیاری از تیر که بیشترین اثر را ایجاد کند وارد می‌شوند.

در راه پله‌هایی که در آنها کف پله‌ها به صورت طره‌ای مجزا در نظر گرفته شده‌اند، کف پله‌ها باید برای یک بار متمرکز ۲ کیلونیوتن که در انتهای طره وارد می‌شود طراحی گردند. این بار لزومی ندارد همزمان با بار گسترده یکنواخت اعمال شود.

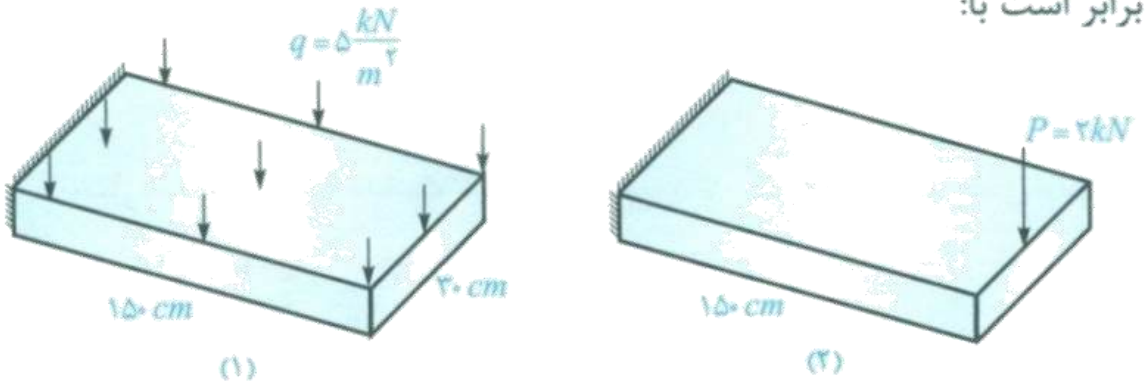


www.omranmobin.com

تمرین : **پله‌های منتهی به درب خروجی در یک فروشگاه بزرگ به صورت پلهٔ مارپیچی بوده و هر کدام از آنها به صورت طرهٔ مجزایی هستند که به یک ستون به صورت گیردار اتصال دارند. ابعاد کف پله ۳۰ × ۱۵۰ سانتی‌متر است، لنگر خمشی ناشی از بار زنده در محل اتصال پله به ستون چقدر است؟** (پایه ۳ - ۸۴، با اندکی تغییر)

۱) ۱۶۸ کیلوگرم متر ۲) ۶۹ کیلوگرم متر ۳) ۳۰۰ کیلوگرم متر ۴) ۹ کیلوگرم متر

حل: بار زندهٔ گستردهٔ وارد بر پلهٔ این فروشگاه بزرگ که منتهی به درب خروجی است، ۵ کیلونیوتن بر مترمربع باید در نظر گرفته شود. از طرفی در پلکان‌هایی که در آنها کف پله‌ها به صورت طره‌ای مجزا در نظر گرفته شده‌اند، لازم است کف پله‌ها برای یک بار متمرکز به اندازه ۲ کیلونیوتن که لزوماً با بار گسترده به طور همزمان اعمال نشده و در انتهای طره وارد می‌شود، طراحی شوند. بنابراین با در نظر گرفتن دو حالت بارگذاری زیر، لنگر خمشی در محل اتصال پله و ستون برابر است با:



$$M_{۱A} = \text{بازوی لنگر} \times \text{کل بار} = (۵ \times ۰/۳ \times ۱/۵) \times \frac{۱/۵}{۲} = ۱/۶۸\, kN.m = ۱۶۸\, kg.m$$

$$M_{۲A} = PL = ۲ \times ۱/۵ = ۳\, kN.m = ۳۰۰\, kg.m$$

$$M_A = max\{M_{۱A}\ ,\ M_{۲A}\} = ۳۰۰\, kg.m$$

بنابراین مقدار $M_{۲A}$ به عنوان لنگر خمشی ناشی از بار زنده در محل اتصال پله و ستون در نظر گرفته شده و گزینهٔ (۳) صحیح می‌باشد.

www.omranmobin.com

نامناسب ترین وضع بارگذاری

با توجه به اینکه موقعیت بار زنده ثابت نیست، در حالات مختلف بارگذاری نیروهای داخلی متفاوتی در اعضا ایجاد می شود. بنابراین طراحی عضو باید با در نظر گرفتن بحرانی ترین حالت بارگذاری انجام گردد.

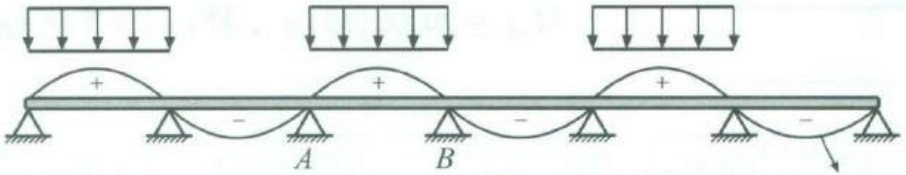
در تیرهای یکسره و در قاب‌های نامعین در مواردی که بار زنده بیشتر از ۴ کیلونیوتن بر مترمربع و یا بیشتر از یک و نیم برابر بار مرده است، موقعیت قرارگیری بار زنده در دهانه‌های مختلف باید طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر مورد نظر را در عضو سازه‌ای ایجاد نماید. برای این منظور کافی است علاوه بر حالت قرار دادن بار زنده در تمام دهانه‌ها، حالت‌های بارگذاری زیر نیز در نظر گرفته شوند:

این دو حالت با استفاده از نمودار خط تأثیر لنگرخمشی مثبت وسط دهنه و لنگر خمشی منفی تکیه گاه بسط داده شده اند.

www.omranmobin.com

الف- قرار دادن بار زنده در دهانه های یک در میان

برای تعیین حداکثر لنگرخمشی مثبت وسط دهنه به کار می رود.

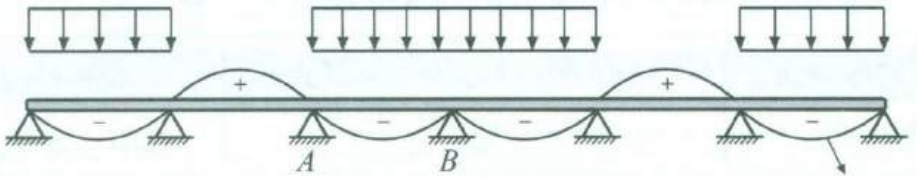


نمودار خط تأثیر لنگر خمشی مثبت دهانهٔ AB

نامناسبترین وضع بارگذاری برای لنگر خمشی مثبت وسط دهانه

ب- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم

برای تعیین حداکثر لنگر خمشی منفی تکیه گاه ها و همچنین برای تعیین حداکثر نیروی برشی در تکیه گاه ها به کار می رود.

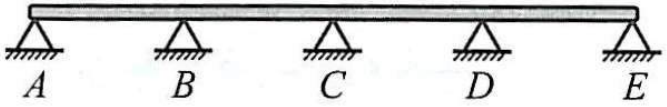


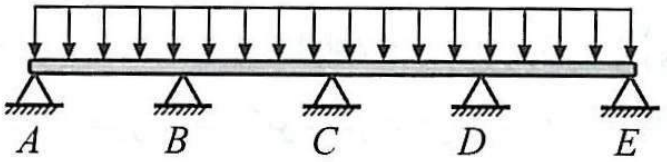
نمودار خط تأثیر لنگر خمشی منفی تکیه‌گاه B

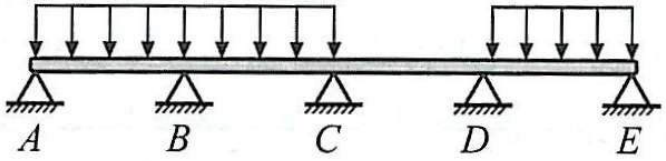
نامناسبترین وضع بارگذاری برای لنگر خمشی منفی تکیه‌گاه

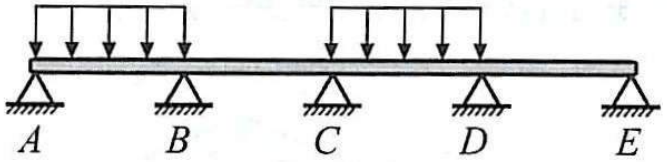
www.omranmobin.com

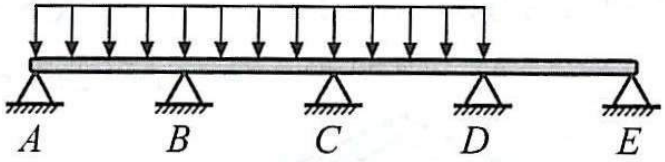
نامناسب‌ترین وضعیت بارگذاری برای لنگر تکیه‌گاه B در تیر مقابل کدام است؟ (پایه ۳- ۸۳)



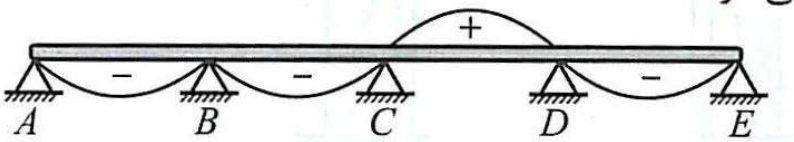
۱)


۲)


۳)


۴)


حل: برای تعیین نامناسب‌ترین وضعیت بارگذاری، ابتدا باید نوع لنگر تکیه‌گاه B (مثبت یا منفی بودن)، مشخص گردد. به همین منظور ابتدا خط تأثیر لنگر تکیه‌گاه B رسم می‌شود:



همان‌طور که مشاهده می‌شود، تکیه‌گاه B تحت لنگر منفی قرار دارد، بنابراین بحرانی‌ترین حالت بارگذاری با قرار دادن بار زنده در دو دهانهٔ مجاور تکیه‌گاه و به‌طور یک در میان در سایر دهانه‌ها، به‌وجود می‌آید. بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

ضوابط مربوط به دیوارهای تقسیم کننده

در ساختمان‌های اداری و یا سایر ساختمان‌هایی که در آن‌ها احتمال استفاده از دیوارهای تقسیم‌کننده و یا جابجایی آن‌ها وجود دارد، باید ضوابطی برای وزن دیوارهای تقسیم‌کننده بدون توجه به اینکه آن‌ها در پلان نشان داده شده باشند و یا خیر، اقدام گردد.

$if \quad \frac{W}{A} > 2 \ KN/m^2 \Rightarrow$ به عنوان بار مرده درنظر گرفته می شود $\Rightarrow$ در محل واقعی خود اعمال می شود

$$if \quad \frac{W}{A} < 2 \ KN/m^2 \Rightarrow \begin{cases} LL > 4 \ KN/m^2 \Rightarrow \text{نیازی به در نظر گرفتن بار زنده دیوار نیست} \\ LL < 4 \ KN/m^2 \Rightarrow \text{به بار گسترده معادل تبدیل می شود} \Rightarrow \begin{cases} \frac{W}{A} > 0.4 \ KN/m^2 : \ \min = 1 \ KN/m^2 \\ \frac{W}{A} \le 0.4 \ KN/m^2 : \ \min = 0.5 \ KN/m^2 \end{cases} \end{cases}$$

(دیوار های ساندویچی)

$$\text{بار گسترده معادل تیغه ها} = \frac{\text{مساحت تیغه های کف} \times \text{وزن هر متر مربع سطح تیغه}}{\text{مساحت کف}}$$

www.omranmobin.com

تمرین : **فرض کنید کف یک ساختمان اداری که یک دفتر کار معمولی است، از دو قسمت مساوی A و B تشکیل شده و سطح هر قسمت ۲۰۰ مترمربع باشد، چنانچه مساحت کل تیغه‌های قسمت A برابر ۲۰۰ متر مربع و مساحت کل تیغه‌های قسمت B برابر ۱۰۰ مترمربع و وزن هر مترمربع سطح تیغه برابر ۱۴۰ کیلوگرم باشد، بار زندهٔ معادل تیغه‌بندی کدام‌یک از مقادیر زیر است؟** (پایه ۳ - ۸۷ ، با اندکی تغییر)

۱) ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع برای هر دو قسمت A و B

۲) ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت A و ۷۰ کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت B

۳) ۱۴۰ کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت A و ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت B

۴) ۱۴۰ کیلوگرم بر مترمربع برای هر دو قسمت A و B

حل: با توجه به این که وزن هر مترمربع از سطح تیغه‌ها بین ۰/۴ تا ۲ کیلونیوتن بر مترمربع است، بنابراین وزن تیغه‌ها به‌صورت بار معادل، که از تقسیم وزن تیغه‌های هر قسمت بر مساحت آن قسمت به دست آمده و به صورت یکنواخت بر کف وارد می‌شود، باید در نظر گرفته شود.

www.omranmobin.com

بار معادل تیغه‌های A:

$$q = max\left\{1\,kN/m^2\ ,\ \frac{\text{وزن کل تیغه‌ها}}{\text{مساحت کف}}\right\}$$ بار زندهٔ معادل در سطح A $\Rightarrow$ $0/4 < w < 2\,kN/m^2$

$$\frac{\text{وزن کل تیغه‌های } A}{\text{مساحت کف}} = \frac{\text{وزن } 1m^2 \text{ از تیغه} \times \text{مساحت تیغه‌های } A}{\text{مساحت کف}} = \frac{200\times140}{200} = 140\,kg/m^2 = 1/4\,kN/m^2$$

$$q_A = max\{1\,kN/m^2\ ,\ 1/4\,kN/m^2\} = 1/4\,kN/m^2 = 140\,kg/m^2$$

بار معادل تیغه‌های B:

$$\frac{\text{وزن کل تیغه‌های } B}{\text{مساحت کف}} = \frac{\text{وزن } 1m^2 \text{ از تیغه} \times \text{مساحت تیغه‌های } B}{\text{مساحت کف}} = \frac{100\times140}{200} = 70\,kg/m^2 = 0/7\,kN/m^2$$

$$q = max\left\{1\,kN/m^2\ ,\ \frac{\text{وزن کل تیغه‌ها } B}{\text{مساحت کف}}\right\}$$ بار زندهٔ معادل در سطح B: $\Rightarrow$ $0/4 < w < 2\,kN/m^2$

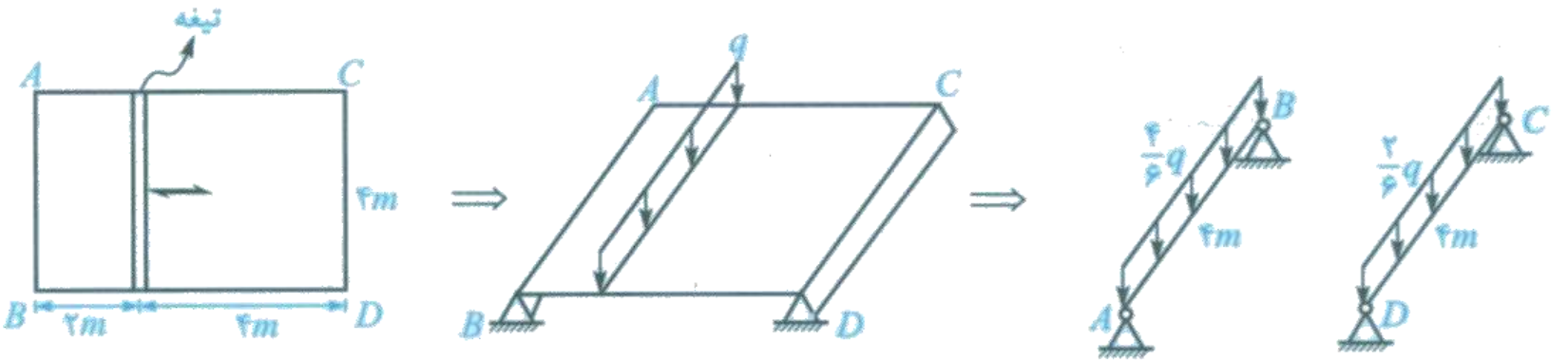
$$q_B = max\{1\ ,\ 0/7\} = 1\,kN/m^2 = 100\,kg/m^2$$

دقت: با توجه به این که سطح اداری و از نوع دفتر کار معمولی است، بار زندهٔ آن برابر $2/5\,kN/m^2$ است و مشمول حالت که در آن از بار زندهٔ معادل تیغه صرف‌نظر کردیم، نمی‌شود و با توجه به این توضیحات، گزینهٔ (۳) صحیح است.

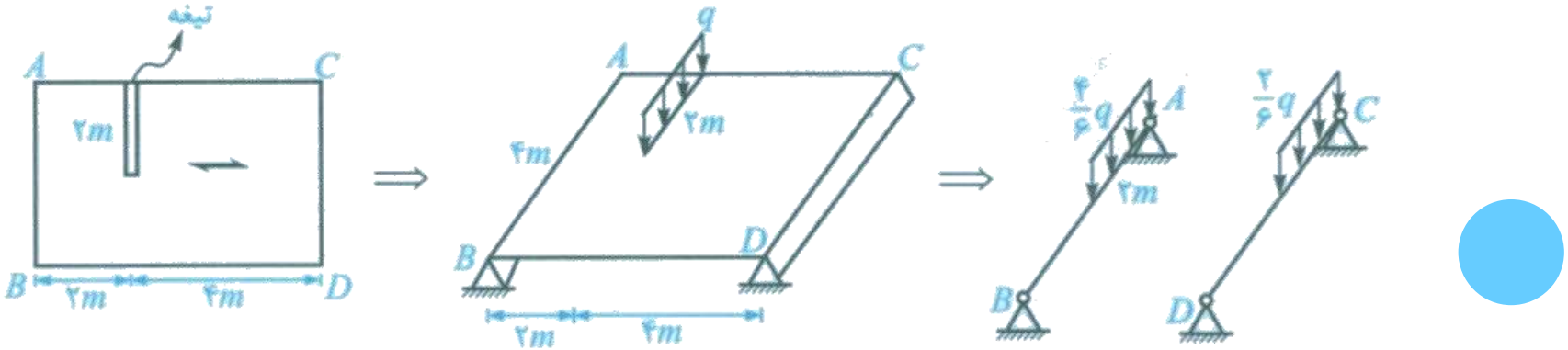
www.omranmobin.com

فرض کنید که در شکل‌های زیر $w > ۲\,kN/m^۲$ بوده و حق جابه‌جا کردن تیغه را نداشته و اثر تیغه باید به‌صورت موضعی دیده شود. در این شکل‌ها با توجه به جهت فلش‌های تیرریزی، سقف به صورت یک طرفه عمل کرده و بار خود را به تیرهای AB و CD می‌دهد (این موضوع را در قسمت بعد بیشتر بررسی خواهیم کرد) و بار ناشی از تیغه بر روی AB و CD به طور تقریبی برابر است با:

حالت ۱ :

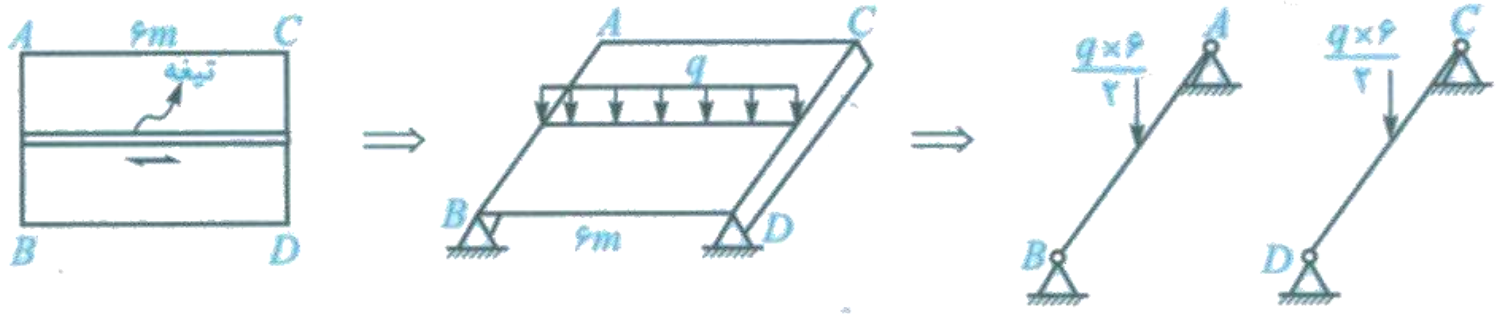


حالت ۲ :

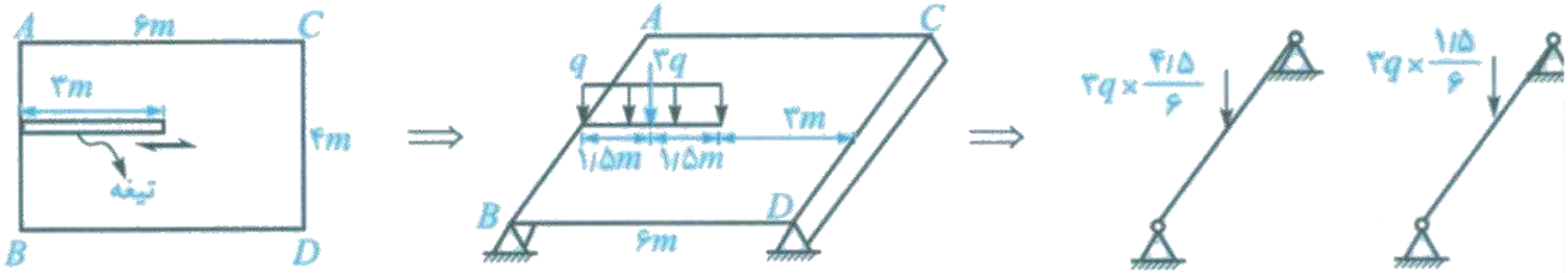


www.omranmobin.com

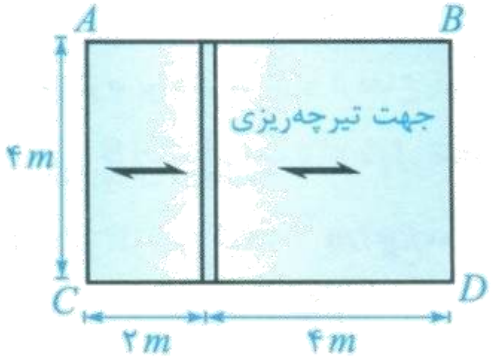
حالت ۳ :



حالت ۴ :



www.omranmobin.com

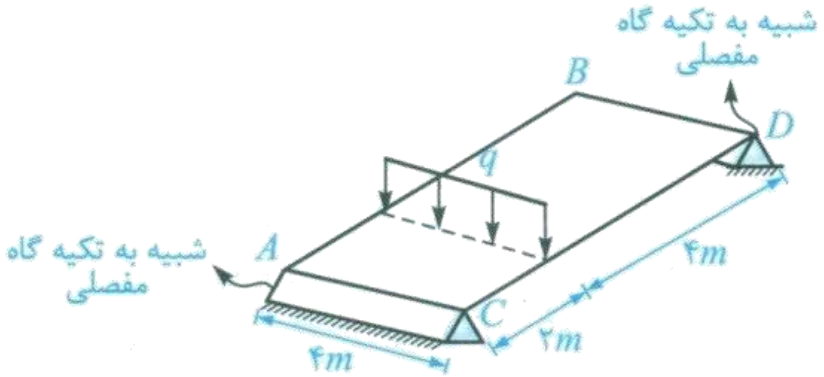


تمرین : در پلان مقابل، موقعیت تیغه‌ای با وزن واحد سطح $۲/۵\ kN/m^۲$ نشان داده شده است. بار معادل وارد بر تیر AC و BD ناشی از این تیغه چقدر می‌باشد؟ (ارتفاع تیغه $۳m$ است، بار زندهٔ سطح $۲\ kN/m^۲$ است.)

حل: با توجه به اینکه وزن واحد سطح تیغه بیشتر از $۲\ kN/m^۲$ است بنابراین بار تیغه باید به عنوان بار مرده و به صورت خطی، در محل دقیق خود باید مدل سازی شود. در این حالت، بار خطی معادل تیغه از ضرب w در ارتفاع تیغه به دست می‌آید و مقدار آن برابر است با:

وزن تیغه در واحد طول : $q = ۲/۵ \times ۳ = ۷/۵\ kN/m$

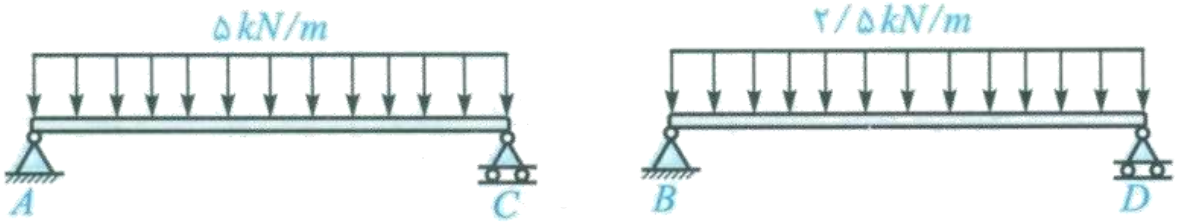
این بار به طور تقریبی مشابه یک تیر دو سر مفصل بین AC و BD توزیع می‌شود و در نتیجه خواهیم داشت:



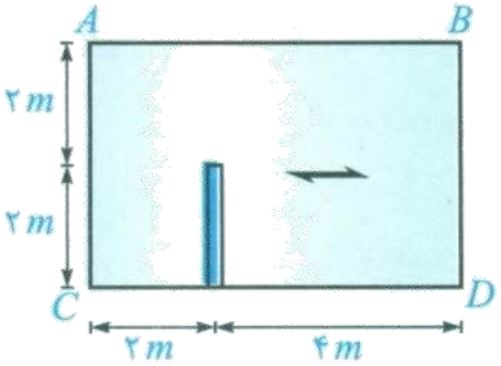
$$\begin{cases} \text{سهم تیر } AC = q \times \frac{۴}{۶} = ۷/۵ \times \frac{۴}{۶} = ۵\ kN/m \\ \text{سهم تیر } BD = q \times \frac{۲}{۶} = ۷/۵ \times \frac{۲}{۶} = ۲/۵\ kN/m \end{cases}$$

www.omranmobin.com

توزیع این بارها بر روی تیرها به‌صورت زیر می‌باشد:



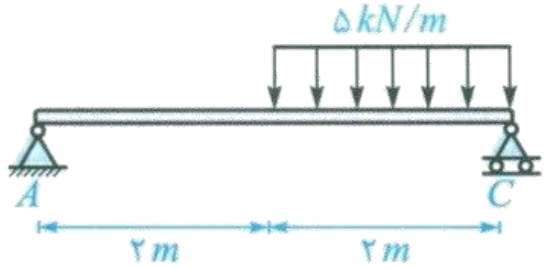
تذکر: در این گونه سؤالات چنانچه عرض تیغه از عرض پلان کوچک‌تر باشد (مثلاً $۲m$)، بار ناشی از تیغه روی تیرهای AC و BD، فقط در طولی برابر طول تیغه اعمال می‌شود. برای درک بهتر به شکل زیر توجه کنید:

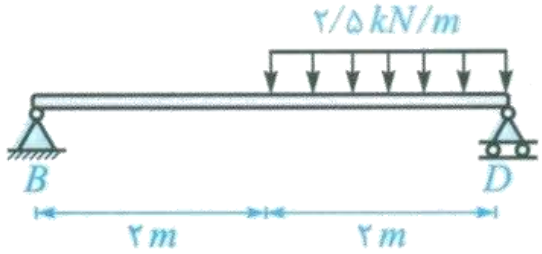


$$q = ۲/۵ \times ۳ = ۷/۵\ kN/m$$

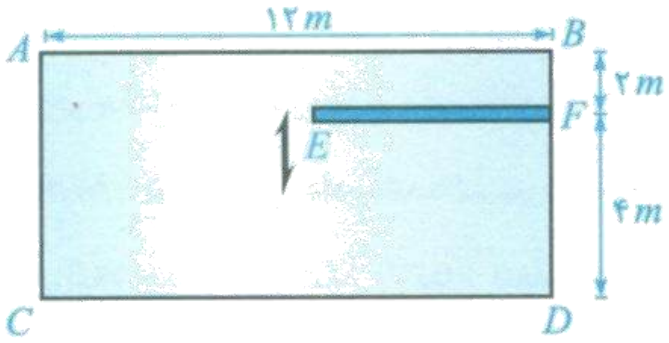
$$AC \text{ تیر سهم} = ۷/۵ \times \frac{۴}{۶} = ۵\ kN/m$$

$$BD \text{ تیر سهم} = ۷/۵ \times \frac{۲}{۶} = ۲/۵\ kN/m$$





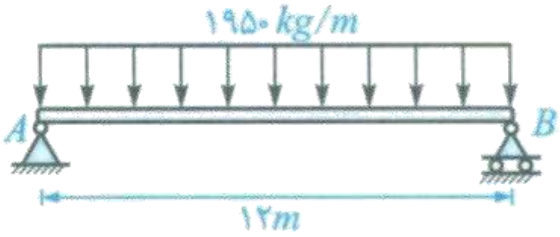
www.omranmobin.com



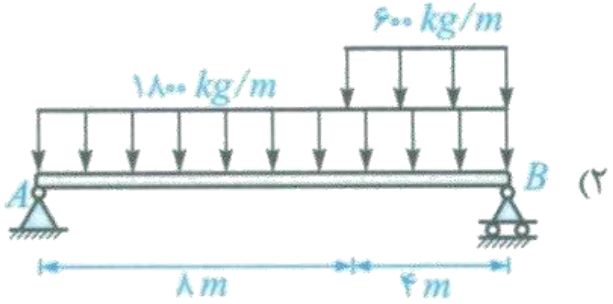
تمرین : در ساختمان مسکونی، بار مردهٔ کف ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و وزن واحد سطح تیغه در چشمهٔ $ABCD$، برابر با ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و ارتفاع تیغه‌ها ۳ متر می‌باشد. بار مردهٔ وارد بر تیر AB کدام است؟ (طول تیغه $EF = 4m$، بار زندهٔ کف بدون در نظر گرفتن تیغه $300 kg/m^2$)

(پایه ۳ - شهریور ۹۱ ، با اندکی تغییر)

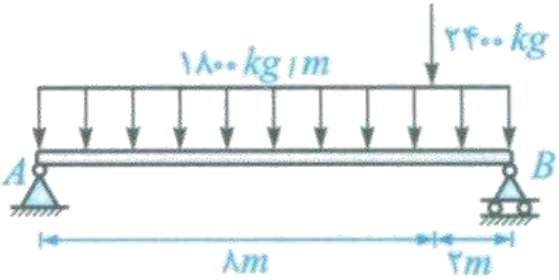
۱)



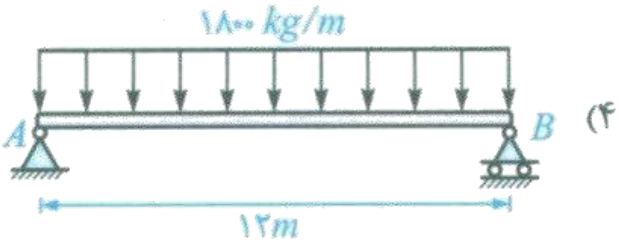
۲)



۳)



۴)



www.omranmobin.com

● حل: با توجه به اینکه وزن واحد سطح تیغه بیشتر از ۲ کیلونیوتن است، بنابراین بار تیغه باید در محل واقعی خود اعمال شود و آن را به عنوان بار مرده لحاظ می‌کنیم. از طرفی طول تیغه ۴ متر بوده و تنها در بخشی از کف می‌باشد، بنابراین بار مردهٔ ناشی از تیغه تنها در طول تیغه بر تیر AB اثر داده می‌شود.

بار خطی ناشی از وزن تیغهٔ EF: $q_1 = ۳۰۰ \times ۳ = ۹۰۰\, kg/m$

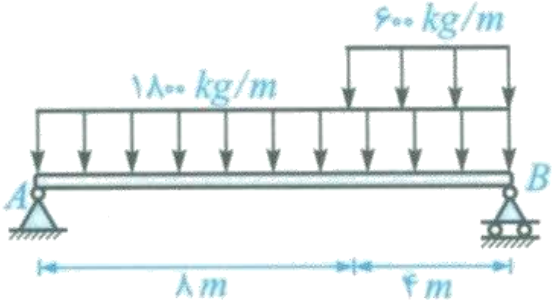
سهم تیر AB از بار q $= ۹۰۰ \times \frac{۴}{۶} = ۶۰۰\, kg/m$

دقت شود که این بار در عرض EF یعنی $۴\,m$ از AB وارد می‌شود.

از سوی دیگر، وزن مردهٔ سقف $۶۰۰\, kg/m^۲$ است که با توجه به عرض بارگیر $۳\,m$ توسط تیر AB، بار خطی معادل با آن برابر است با:

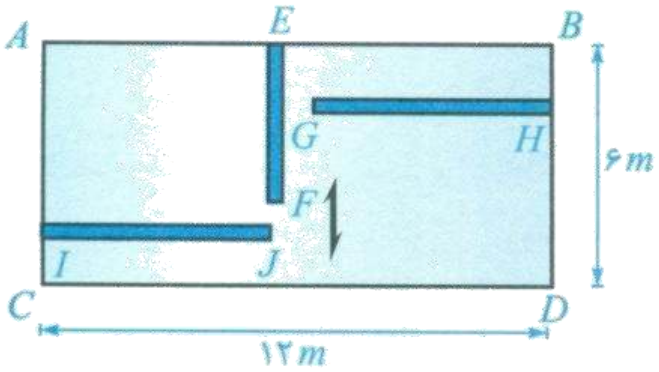
$q_۲ = ۶۰۰ \times ۳ = ۱۸۰۰\, kg/m$

بنابراین بار مردهٔ تیر AB در مجموع به‌صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:



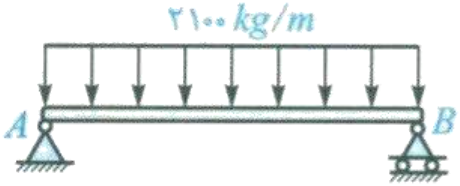
بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

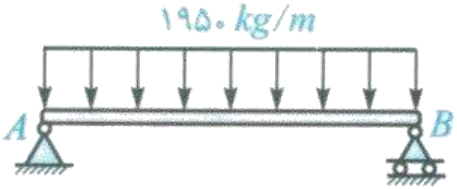
www.omranmobin.com

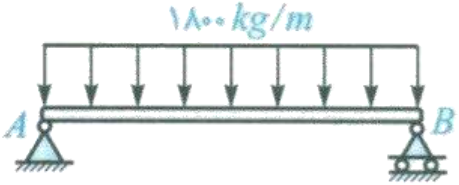


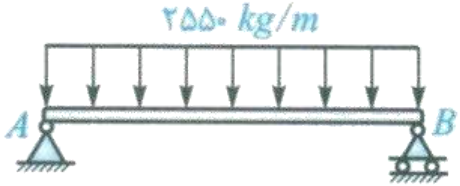
تمرین : در ساختمان مسکونی، بار مردهٔ کف ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و وزن تیغه‌ها در چشمهٔ $ABCD$ برابر با ۱۲۰ کیلوگرم بر متر مربع و ارتفاع تیغه‌ها ۳ متر می‌باشد، مجموع بار مرده و بار زندهٔ وارد بر تیر AB کدام است؟ (نظارت - شهریور ۹۱ ، با اندکی تغییر)

(GH و EF طول تیغهٔ $= ۳m$ ، IJ طول تیغه $= ۴m$ ، بار زنده بدون لحاظ کردن اثر تیغه‌ها، $۱/۵\ kN/m^۲$ است.)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

www.omranmobin.com

● حل: با توجه به اینکه وزن واحد سطح تیغه‌ها کمتر از $۲\,kN/m^۲$ می‌باشد می‌توان وزن تیغه‌ها را به‌صورت یک بار گستردهٔ زندهٔ یکنواخت در نظر گرفت. از طرفی مقدار این بار گستردهٔ معادل نباید کمتر از $۱\,kN/m^۲$ (یا $۱۰۰\,kg/m^۲$) در نظر گرفته شود:

وزن تیغهٔ GH + وزن تیغهٔ EF + وزن تیغهٔ IJ = وزن تیغه‌ها

وزن تیغه‌ها $= ۱۲۰ \times \boxed{۳}$ (ارتفاع تیغه‌ها) $\times \boxed{(۴+۳+۳)}$ (مجموع طول تیغه‌ها) $= ۳۶۰۰\,kg$

(بار زندهٔ معادل، $۱۰۰\,kg/m^۲$ در نظر گرفته می‌شود.) بار معادل تیغه‌ها $= \dfrac{۳۶۰۰}{۶\times۱۲} = ۵۰\,kg/m^۲ < ۱۰۰\,kg/m^۲$

از طرفی با توجه به جهت تیرچه‌ریزی و داشتن $۳m$ عرض بار گیر در تیر AB، بار کل وارد بر تیر AB برابر است با:

$$\begin{cases} \text{بار مردهٔ کف} = ۶۰۰\times۳ = ۱۸۰۰\,kg/m \\ \text{بار زندهٔ ناشی از تیغه} = ۱۰۰\times۳ = ۳۰۰\,kg/m \\ \text{بار زندهٔ کف} = \boxed{۱۵۰}\,(۱/۵\,kN/m^۲) \times ۳ = ۴۵۰\,kg/m \end{cases} \Rightarrow \text{مجموع بار تیر } AB = ۲۵۵۰\,kg/m$$

بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است.

www.omranmobin.com

کاهش در بارهای زنده یکنواخت

در مواردی که عضو دارای سطح بارگیر نسبتاً بزرگی می باشد، احتمال اینکه کل سطح به طور همزمان تحت تأثیر سربار حداکثر قرار گیرد کم است.

$$if \quad K_{LL}A_T \geq 37 \ \ m^2 \quad \Rightarrow \quad L = L_0\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}A_T}}\right]$$

اعضایی که بار یک طبقه را تحمل می کنند : $L > 0.5L_0$

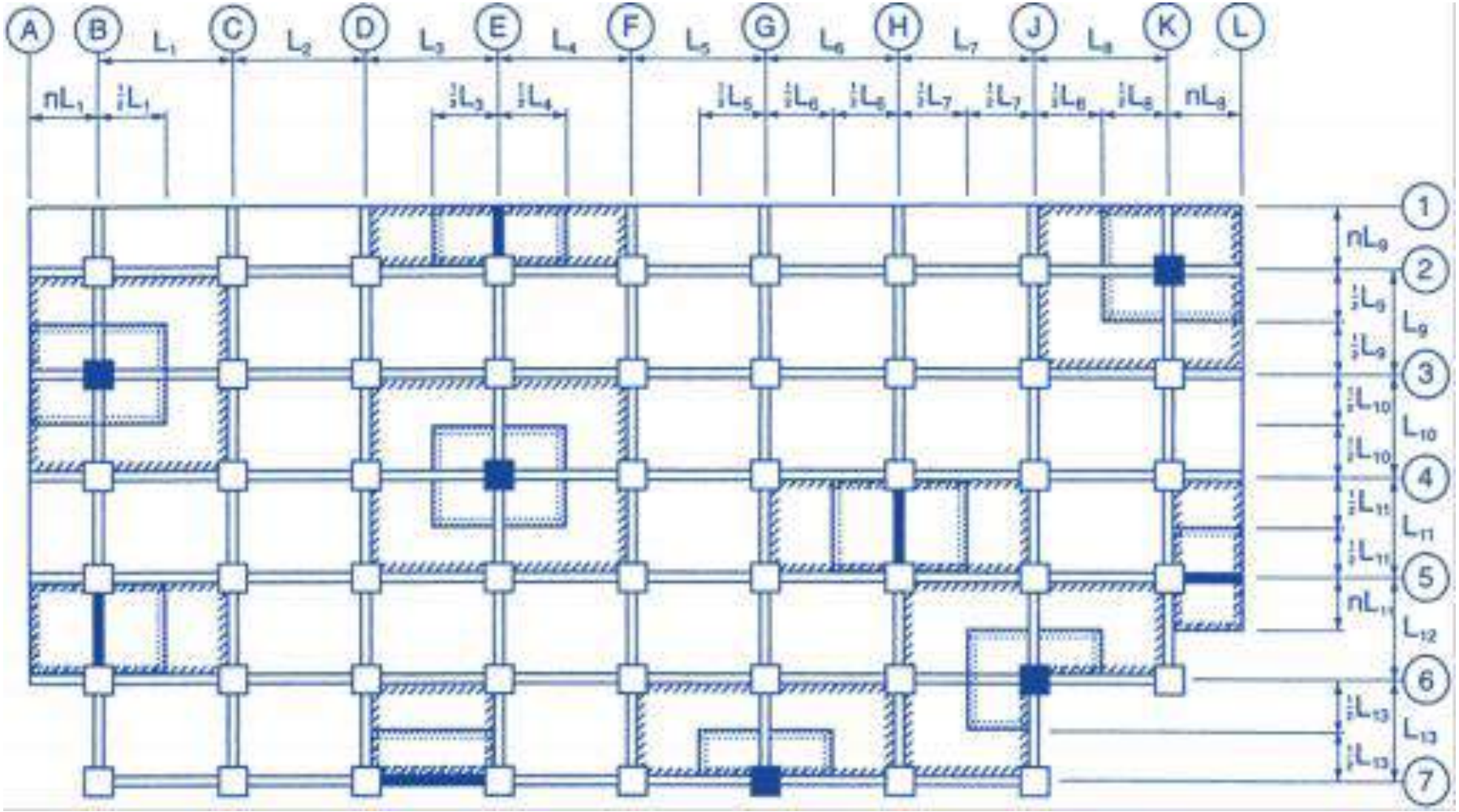
اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می کنند : $L > 0.4L_0$

www.omranmobin.com

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

ردیف	جزء سازه‌ای	K_{LL}
۱	ستون‌های داخلی	۴
۲	ستون‌های خارجی بدون دال‌های طره‌ای	۴
۳	ستون کناری با دال طره‌ای	۳
۴	ستون گوشه با دال طره‌ای	۲
۵	تیر کناری بدون دال طره‌ای	۲
۶	تیر داخلی	۲
۷	بقیه اعضای 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 ضابطه انتقال پیوسته برش در جهت عمود بر دهانه خود باشند.	۱

www.omranmobin.com



www.omranmobin.com

در 3 حالت کاهش سربار نداریم :

1. بارهای زنده سنگین : $LL > 5 \ KN/m^2$

استثنا : : اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می کنند : $L = 0.8L_0$

2. محل عبور یا پارک خودرو سواری

استثنا : : اعضایی که بار دو طبقه یا بیشتر را تحمل می کنند : $L = 0.8L_0$

3. محل اجتماع و ازدحام

www.omranmobin.com

کاهش در بارهای زنده بام

$$L_r = L_o R_1 R_2 \qquad ۰٫۶\ \text{kN/m}^2 \le L_r \le ۱٫۵\ \text{kN/m}^2$$

$$R_1 = \begin{cases} ۱ & \text{برای} \quad A_T \le ۱۸\text{m}^2 \\ ۱٫۲ - ۰٫۰۱۱۱\ A_T & \text{برای} \quad ۱۸\ \text{m}^2 \le A_T < ۵۴\text{m}^2 \\ ۰٫۶ & \text{برای} \quad A_T \ge ۵۴\text{m}^2 \end{cases}$$

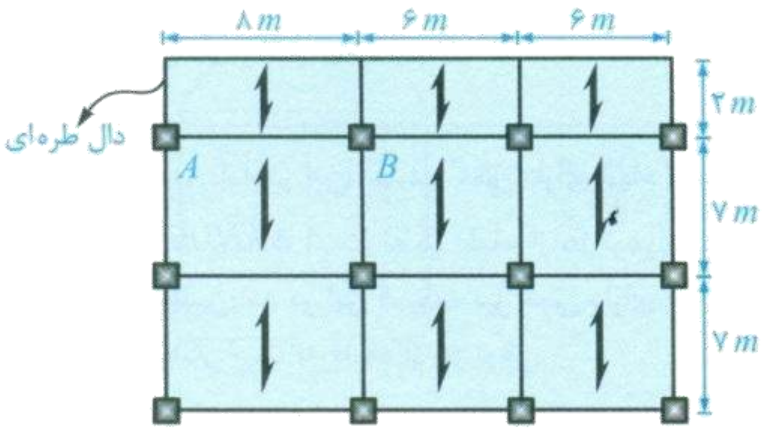
برای بام‌های شیب‌دار، با شیب S

$$R_2 = \begin{cases} ۱ & \text{برای} \quad S \le ۳۳ \\ ۱٫۲ - ۰٫۰۰۶S & \text{برای} \quad ۳۳ < S < ۱۰۰ \\ ۰٫۶ & \text{برای} \quad S \ge ۱۰۰ \end{cases}$$

برای بام‌های قوسی یا گنبدی، مقدار S برابر با حاصل ضرب ۲۶۶٫۶ در نسبت ارتفاع به طول دهانه آن‌ها می‌باشد.

www.omranmobin.com

تمرین : در پلان زیر در صورتی‌که بار زندهٔ کلیهٔ سطوح را $۲\ kN/m^۲$ در نظر بگیریم، بارگذاری بار زندهٔ تیر AB را چقدر می‌توان کاهش داد؟



www.omranmobin.com

● **حل:** با توجه به ابعاد پلان و طره‌ای بودن دهانهٔ ۲ متری، سطح بارگیری این تیر برابر است با:

قسمت طره ←

$$A_T = (\boxed{۲} + \boxed{۳/۵}) \times ۸ = ۴۴ m^۲$$

→ نصف دهانهٔ $۷m$

از طرفی ضریب K_{LL} برای تیر کناری با دال طره‌ای برابر ۱ به‌دست می‌آید $K_{LL} = ۱$ و در ادامه داریم:

$K_{LL}A_T$ کنترل حاصل: $K_{LL}A_T = ۱ \times ۴۴ m^۲ > ۳۷ m^۲ \Rightarrow$ امکان کاهش بار زنده وجود دارد.

و در نهایت خواهیم داشت ($L_۰$ در صورت سؤال، $۲ kN/m^۲$ داده شده است):

$$L = L_۰ \left[۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right] = ۲ \times \left[۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{۱ \times ۴۴}} \right] = ۱/۸۸ kN/m^۲$$

این موضوع یعنی می‌توان بار زنده را به اندازهٔ $۰/۱۲ kN/m^۲$ کاهش داد.

● **دقت:** اگر میزان درصد کاهش بار زنده پرسیده شد، ابتدا نسبت $\frac{L}{L_۰} \times ۱۰۰ = \left[۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right] \times ۱۰۰$ را به‌دست می‌آوریم. ۱۰۰ منهای عدد به‌دست آمده، در واقع همان درصد کاهش بار زنده در عضو است.

www.omranmobin.com

تمرین : در یک بام معمولی شیبدار با شیب ۳۰ درجه، بار زندهٔ وارد بر یکی از تیرهای فرعی با $۲۰m^۲$ سطح بارگیر را حساب کنید.

● حل: بار زندهٔ کاهش یافته بام، با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$L_r = L_۰ R_۱ R_۲$$

دقت شود که در جدول بار زندهٔ یکنواخت برای بام‌های شیبدار معمولی، $۱/۵\ kN/m^۲$ داده شده است $(L_۰ = ۱/۵\ kN/m^۲)$.

در این تیر ضریب $R_۱$ با توجه به سطح بارگیری تیر برابر است با:

$$۱۸m^۲ \le A_T = ۲۰m^۲ < ۵۴m^۲ \Rightarrow R_۱ = ۱/۲ - ۰/۰۱۱ A_T = ۱/۲ - ۰/۰۱۱ \times ۲۰ = ۰/۹۸$$

برای محاسبه ضریب $R_۲$، ابتدا باید شیب سقف را به درصد تبدیل کنیم. با استفاده از روابط مثلثاتی خواهیم داشت:

$$S = ۱۰۰ \tan\theta = ۱۰۰ \tan ۳۰^\circ = ۵۷/۷٪$$

$$۳۳ < S = ۵۷/۷ < ۱۰۰ \Rightarrow R_۲ = ۱/۲ - ۰/۰۰۶ S = ۱/۲ - ۰/۰۰۶ \times ۵۷/۷ = ۰/۸۵$$

در نهایت، مقدار بار زندهٔ کاهش یافته بام برای این عضو برابر است با:

$$L_r = L_۰ R_۱ R_۲ = ۱/۵ \times ۰/۹۸ \times ۰/۸۵ = ۱/۲۵\ kN/m^۲$$

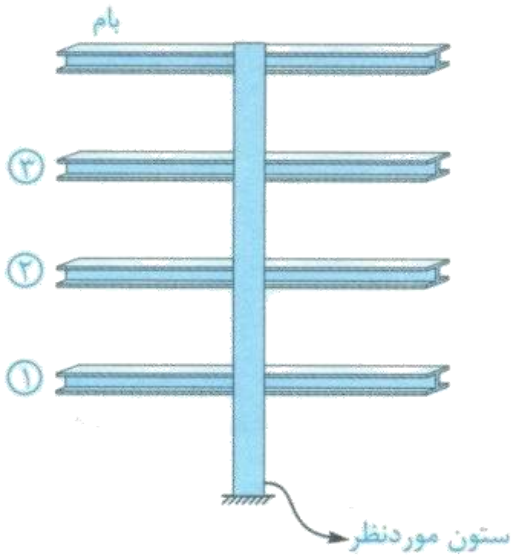
دقت کنید که این مقدار حتماً باید در بازهٔ مجاز $۰/۶\ kN/m^۲ \le L_r \le ۱/۵\ kN/m^۲$ قرار گیرد، که این موضوع برقرار است.

www.omranmobin.com

تمرین : **در یک ساختمان مسکونی چهار طبقه، سطح بارگیر یکی از ستون‌های میانی در هر طبقه ۱۶ مترمربع است. درصد مجاز کاهش بار زندهٔ ناشی از سه طبقهٔ اول به جز بام را برای این ستون در طبقهٔ پایین (اولین طبقه) محاسبه نمایید.**

(پایه ۳ - ۸۳ ، با اندکی تغییر)

۱) ٪۲۶/۷ ۲) ٪۵۰ ۳) ٪۳۲/۵ ۴) ٪۴۲



حل: طبقاتی که مجاز به کاهش بار زندهٔ آنها نیستیم و بام (قسمت شرایط خاص) جز سطوح بارگیر اعضا در سایر کف‌ها محسوب نمی‌شوند (کاهش سربار آنها در صورت امکان، باید جداگانه محاسبه شود)، بنابراین در این سوال جمع سطوح بارگیر ستون در طبقه اول برابر است با:

$$A_T = ۳ \times ۱۶ = ۴۸ m^۲$$

www.omranmobin.com

از سوی دیگر با توجه به جدول ، ضریب بار زنده برای ستون میانی برابر ۴ است:

$$K_{LL} = ۴$$

و در نهایت خواهیم داشت:

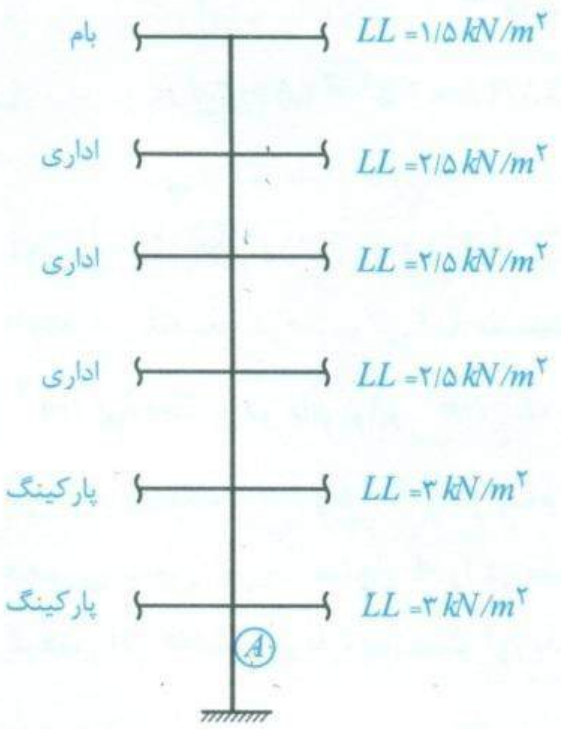
$$K_{LL}A_T = ۴ \times ۴۸ = ۱۹۲ m^۲ > ۳۷ m^۲$$ (مجاز به کاهش بار زنده هستیم.)

$$L = L_۰\left(۰/۲۵ + \frac{۴/۷۵}{\sqrt{K_{LL}A_T}}\right) \Rightarrow \frac{L}{L_۰} = \left(۰/۲۵ + \frac{۴/۷۵}{\sqrt{۱۹۲}}\right) = ۰/۵۸ = ۵۸٪$$

با توجه به این‌که عضو بار بیش از دو طبقه را تحمل می‌کند، $L \geq ۰/۵L_۰$ باشد که برقرار است. بنابراین بار زندهٔ این ستون را در سه طبقهٔ اول ٪ ۴۲ = (۵۸ – ۱۰۰) می‌توانیم کاهش دهیم و گزینهٔ (۴) صحیح است. دقت شود که در این تمرین اگر میزان کاهش سربار بام را بخواهیم، باید جداگانه آن را از رابطهٔ $L_۲ = L_۰ R_۱ R_۲$ به‌دست آوریم.

www.omranmobin.com

تمرین : یک ساختمان تجاری - اداری ۶ طبقه مطابق شکل مفروض است که کاربری هر طبقه از آن در شکل زیر مشخص شده است. نیروی محوری ناشی از بار زنده با در نظر گرفتن ضریب کاهش سربار در ستون میانی A را تعیین کنید. (سطح بارگیری ستون در هر طبقه $A_T = ۲۵m^۲$)



www.omranmobin.com

● حل: در این ساختمان، طبقات با کاربری متفاوت وجود دارد، بنابراین برای محاسبهٔ نیروی محوری ناشی از بار زنـده، باید متناسب با کاربری هر طبقه میزان کاهش سربار زنده هر طبقه را به‌دست آوریم. بنابراین خواهیم داشت:

* **کاهش بار زنده بام:** بار زندهٔ بام با استفاده از رابطه مقابل کاهش می‌یابد: $L_r = L_\circ R_1 R_2$

در این رابطه ضریب R_1 با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$۱۸m^۲ \le A_T = ۲۵m^۲ < ۵۴m^۲ \Rightarrow R_1 = ۱/۲ - ۰/۰۱۱۱ \times ۲۵ = ۰/۹۲$$

از سوی دیگر با توجه به اینکه بام تخت است، ضریب R_2 برابر واحد خواهد بود، بنابراین بار زندهٔ کاهش یافتهٔ بام برابر است با:

$$L_r = L_\circ R_1 R_2 = ۱/۵ \times ۰/۹۲ \times ۱ = ۱/۳۸\ kN/m^۲ \Rightarrow ۰/۶\ kN/m^۲ \le L_r \le ۱/۵\ kN/m^۲$$

* **کاهش بار زندهٔ پارکینگ:** در حالت کلی بار زنده پارکینگ (محل عبور یا پارک خوردو) را نمی‌توان کـاهش داد مگر اینکه عضو مورد نظر بار ۲ یا بیش از دو طبقه پارکینگ را تحمل کند. در این تمرین، بار زندهٔ پارکینگ‌ها را می‌توانیم ٪۲۰ کاهش دهیم:

$$\text{بار زندهٔ هر یک از پارکینگ‌ها} = ۳ \times \underbrace{(۱ - ۰/۲)}_{\text{۲۰ درصد کاهش}} = ۲/۴\ kN/m^۲$$

www.omranmobin.com

* **کاهش بار زندهٔ طبقات اداری:** برای کاهش بار زندهٔ طبقات اداری، از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$L = L_{\circ}\left(۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL} A_T}}\right)$$

سطح بارگیر ۳ طبقه اداری برابر است با (سطح پارکینگ و بام را در نظر نمی‌گیریم):

$$A_T = ۳ \times ۲۵ = ۷۵\, m^{۲}$$

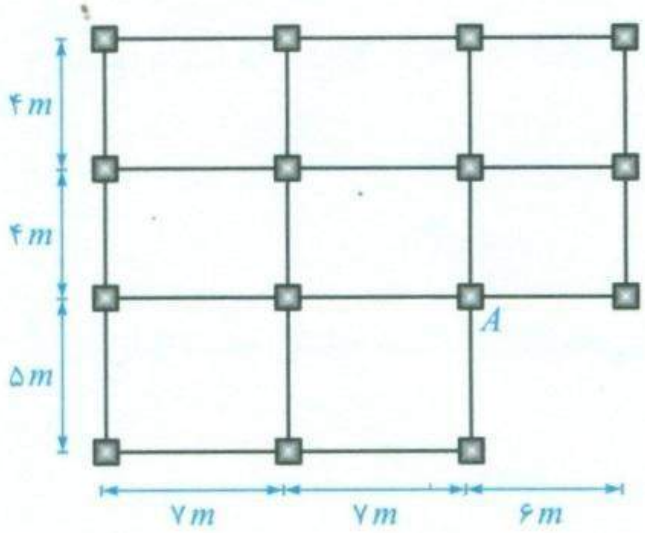
از طرفی K_{LL} برای ستون میانی برابر ۴ است ($K_{LL} = ۴$) و در نتیجه خواهیم داشت:

$$L = ۲/۵\left(۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{۴ \times ۷۵}}\right) = ۱/۲۸\, kN/m^{۲}$$

بنابراین نیروی محوری زندهٔ ستون A با در نظر گرفتن بار زندهٔ کاهش یافته در A_T برابر است با:

نیروی محوری زندهٔ ستون A $= P_A =$ $۱/۳۸ \times ۲۵$ (ناشی از بام) $+$ $۲ \times ۲/۴ \times ۲۵$ (ناشی از دو پارکینگ) $+$ $۳ \times ۱/۲۸ \times ۲۵$ (ناشی از سه طبقه اداری) $= ۲۵۰/۵\, kN$

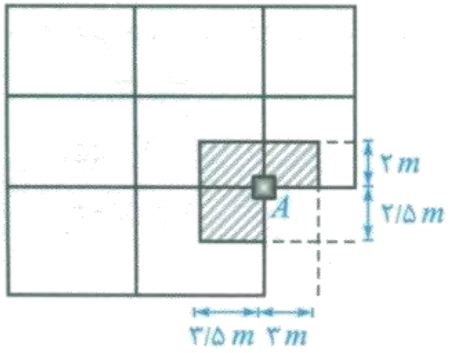
www.omranmobin.com

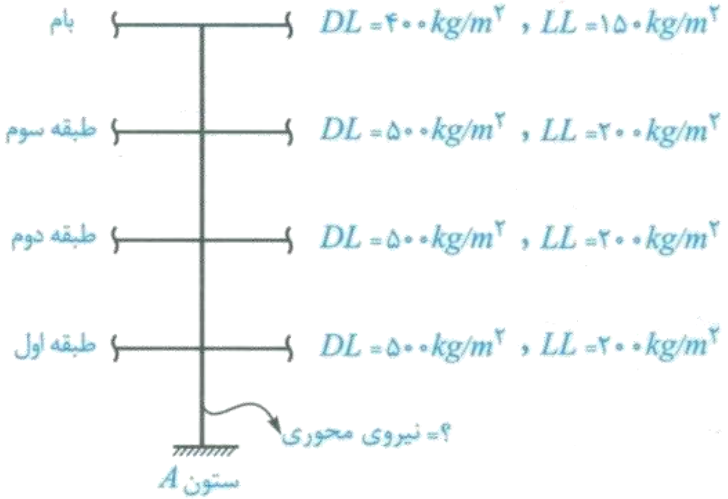


تمرین : پلان مقابل مربوط به یک ساختمان مسکونی ۴ طبقه می‌باشد، درصورتی‌که شدت بار مرده در طبقات $۵۰۰kg/m^۲$ و در بام برابر $۴۰۰kg/m^۲$ باشد و شدت بار زنده در تمام طبقات $۲۰۰kg/m^۲$ و در بام $۱۵۰kg/m^۲$ باشد، بار محوری بدون ضریب ستون A را در طبقهٔ همکف با در نظر گرفتن اثر کاهش سربار، به‌دست آورید.

www.omranmobin.com

حل: سطح بارگیر ستون A در شکل زیر نشان داده شده و مقدار آن در یک طبقه برابر است با:





سطح بارگیری ستون A در یک طبقه $= ۲\times۳+۲\times۳/۵+۲/۵\times۳/۵=۲۱/۷۵\,m^۲$

نیروی محوری ستون A ناشی از بار مرده: $(P_A)_D = \underbrace{۲۱/۷۵}_{\text{سطح بارگیر در هر طبقه}} \left(\underbrace{۴۰۰}_{\text{بار مردهٔ بام}} + \underbrace{۳\times۵۰۰}_{\text{بار مردهٔ سایر طبقات}}\right) = ۴۱۳۲۵\,kg$

برای محاسبه بار زندهٔ ستون A در پایین‌ترین طبقه، باید بار زندهٔ ناشی از بام و بار زندهٔ سایر طبقات را کاهش دهیم و در نتیجه خواهیم داشت:

* **کاهش بار زنده بام:** بار زندهٔ بام با استفاده از رابطه مقابل کاهش می‌یابد: $L_r = L_۰R_۱R_۲$

با توجه به اینکه بام تخت است ضریب $R_۲$ برابر واحد خواهد بود، ضریب $R_۱$ نیز به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$۱۸m^۲ \le A_T = ۲۱/۷۵\,m^۲ < ۵۴\,m^۲ \Rightarrow R_۱ = ۱/۲ - ۰/۰۱۱۱A_T = ۱/۲ - ۰/۰۱۱۱\times۲۱/۷۵ = ۰/۹۶$$

$$L_r = L_۰R_۱R_۲ = ۱۵۰\times۰/۹۶\times۱ = ۱۴۳/۸\,kg/m^۲$$

www.omranmobin.com

* **کاهش بار زنده طبقات:** برای محاسبهٔ بار زندهٔ کاهش یافتهٔ سایر طبقات، سطح بارگیر ۳ طبقه را در نظر می‌گیریم:

$$A_T = ۳ \times ۲۱/۷۵ = ۶۵/۲۵ m^۲$$

از سوی دیگر ضریب بار زندهٔ ستون A که یک ستون کناری بدون دال طره است، با استفاده از جدول (۲) برابر ۴ به‌دست می‌آید ($K_{LL} = ۴$).

$$K_{LL} A_T \geq ۳۷ m^۲$$

$$L = L_۰ \left(۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL} A_T}}\right) = ۲۰۰ \left(۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{۴ \times ۶۵/۲۵}}\right) = ۱۰۶/۶ kg/m^۲$$

بنابراین نیروی محوری ستون A ناشی از بارهای زنده برابر است با:

$$(P_A)_L = ۲۱/۷۵ [\underbrace{۱۴۳/۸}_{\text{بار زندهٔ کاهش یافتهٔ بام}} + \underbrace{۳ \times ۱۰۶/۶}_{\text{بار زندهٔ سایر طبقات}}] = ۱۰۰۸۳/۳ kg$$

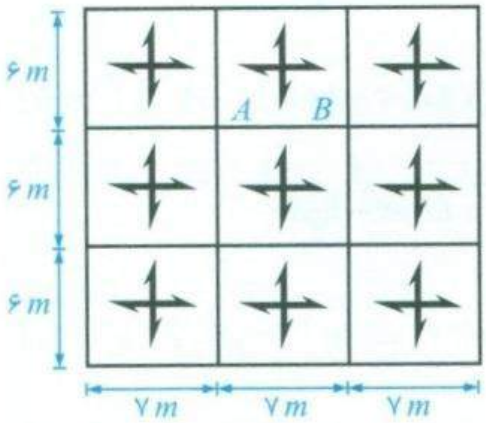
و در نتیجه نیروی محوری ستون A بدون در نظر گرفتن ضرایب بار برابر است با:

$$P_A = (P_A)_D + (P_A)_L = ۴۱۳۲۵ + ۱۰۰۸۳/۳ = ۵۱۴۰۸ kg = ۵۱/۴ ton$$

www.omranmobin.com

تمرین : یک ساختمان مسکونی از نوع قاب ساختمانی ساده توأم با مهاربندی هم محور فولادی در شهر تهران مفروض است. این ساختمان پنج طبقه و دارای سقف با دال بتنی می‌باشد. پلان تیرریزی طبقه چهارم به همراه طول دهانه‌ها در شکل زیر نشان داده شده است. اگر بار زندهٔ طبقات ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع باشد، درصد کاهش بار زنده برای طراحی تیر AB به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

(پایه ۳ - ۹۰، با اندکی تغییر)



۱) ۴۳/۳

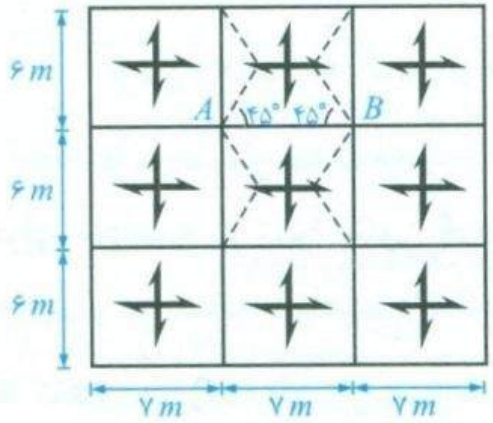
۲) ۱۰

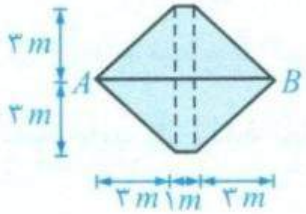
۳) ۲۳/۷

۴) ۴۰

www.omranmobin.com

● حل: با توجه به عملکرد دو طرفهٔ کف، سطح بارگیر تیر AB با رسم نیمساز زوایای داخلی چشمه‌ها به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:





$$\text{سطح بارگیری تیر } AB = \left(\frac{۷+۱}{۲}\times ۳\right)\times ۲ = ۲۴\,m^{۲}$$

از طرفی ضریب عضو (K_{LL}) برای بار زنده تیر میانی AB با استفاده از جدول برابر ۲ به‌دست می‌آید $(K_{LL}=۲)$:

$K_{LL}A_T = ۲\times ۲۴ = ۴۸\,m^{۲} > ۳۷m^{۲} \Rightarrow$ کاهش بار زنده مجاز است.

درصد کاهش بار زنده برابر است با:

$$\frac{L}{L_۰}\times ۱۰۰ = \left(۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{K_{LL}A_T}}\right)\times ۱۰۰ = \left(۰/۲۵ + \frac{۴/۵۷}{\sqrt{۴۸}}\right)\times ۱۰۰ = ۹۰٪$$

q درصد کاهش بار زنده $= ۱۰۰ - ۹۰ = ۱۰٪$

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

فصل پنجم:

بار برف

www.omranmobin.com

بار برف، بنا به تعریف، وزن لایه برفی است که براساس آمار موجود در منطقه احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ۲ درصد (دوره بازگشت ۵۰ سال) باشد.

بار برف بامها

بار برف بر روی بامها، P_r، را باید با توجه به زاویه شیب بام، برای هر مترمربع تصویر افقی سطح آن، از رابطه زیر تعیین نمود.

$$P_r = ۰.۷C_s \times C_t \times C_e \times I_s \times P_g$$ دکانیوتن بر مترمربع

C_e ضریب برف گیری

C_s ضریب شیب

C_t ضریب شرایط دمایی

I_s ضریب اهمیت

P_g بار برف زمین (از جدول ٤-٥)

www.omranmobin.com

بار برف مبنا

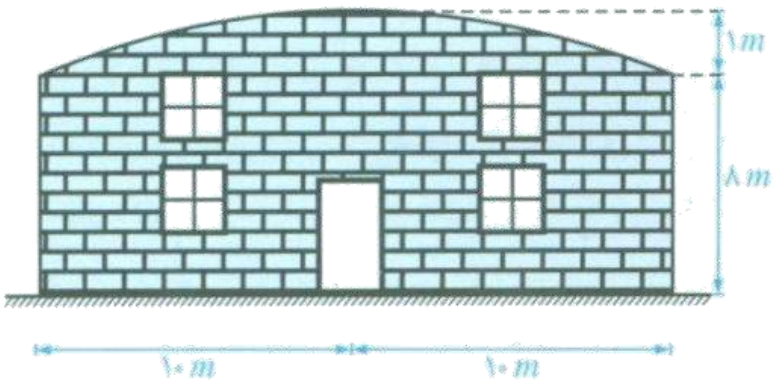
بار برف مبنا، P_S، را در مناطق مختلف کشور باید با توجه به تقسیم بندی مشخص شده در جدول و شکل ۶-۴-۱*، حداقل برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت. این بار را می توان با انجام مطالعات دقیق تر آماری برای منطقه مورد نظر نیز تعیین نمود، ولی مقدار آن در هر حالت نباید کمتر از ۸۰٪ مقادیر زیر در نظر گرفته شود.

منطقه ۱- مناطق با برف نادر	۲۵ دکانیوتن برمترمربع
منطقه۲- مناطق با برف کم	۵۰ دکانیوتن برمترمربع
منطقه۳- مناطق با برف متوسط	۱۰۰ دکانیوتن برمترمربع
منطقه۴- مناطق با برف زیاد	۱۵۰ دکانیوتن برمترمربع
منطقه ۵- مناطق با برف سنگین	۲۰۰ دکانیوتن برمترمربع
منطقه ۶- مناطق با برف فوق سنگین	۳۰۰ دکانیوتن برمترمربع

www.omranmobin.com

www.omranmobin.com

تمرین : شکل مقابل، ساختمان یک مدرسه را نشان می‌دهد. بار برف حداقل این مدرسه، در شهر رشت چند برابر شهر اهواز است؟



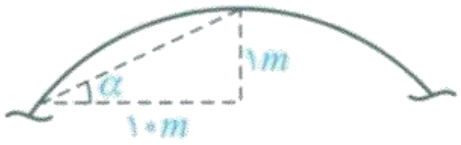
۱) ۱/۵

۲) ۲

۳) ۲/۵

۴) بار برف حداقل در نظر گرفته نمی‌شود.

حل: ابتدا باید دقت شود که با توجه به جدول مدرسه در گروه خطرپذیری (۲) قرار می‌گیرد و ضریب I_s برای آن برابر ۱/۱ است. از سوی دیگر شهر رشت با توجه به جدول ، در منطقهٔ ۵ قرار گرفته و شدت بار برف در سطح زمین (P_g) برای آن برابر $۲\ kN/m^۲$ است و شهر اهواز در منطقهٔ ۲ قرار گرفته و شدت بار آن در سطح زمین $۰/۵\ kN/m^۲$ است. در ادامه با توجه به این که شیب بام قوسی نشان داده شده کمتر از ۱۰ درجه است، داریم:



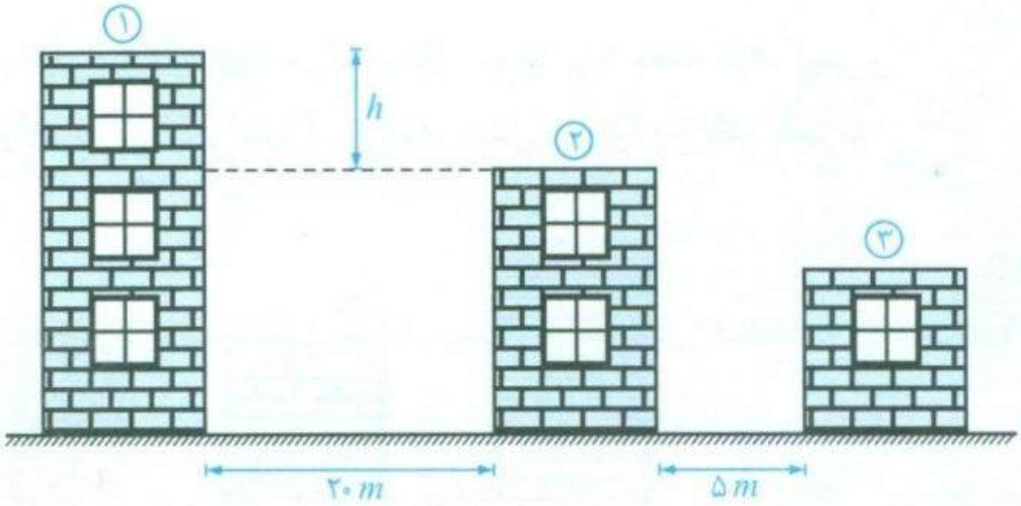
$$\tan\alpha = \frac{۱}{۱۰} \Rightarrow \alpha = Arctan\ ۰/۱ = ۵/۷۱^\circ < ۱۰^\circ$$

$$\begin{cases} \text{شهر رشت}: P_g > ۱\ kN/m^۲ \Rightarrow P_m = I_s = ۱/۱\ kN/m^۲ \\ \text{شهر اهواز}: P_g < ۱\ kN/m^۲ \Rightarrow P_m = I_s P_g = ۱/۱ \times ۰/۵ \end{cases} \Rightarrow \frac{(P_m)_{\text{رشت}}}{(P_m)_{\text{اهواز}}} = \frac{۱/۱}{۱/۱ \times ۰/۵} = ۲$$

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

تمرین : در شکل مقابل که تنها سه ساختمان کنار هم در محوطهٔ یک کارگاه ساختمانی موجود است، h در چه محدوده‌ای باشد تا ساختمان شمارهٔ (۲) برف‌ریز محسوب شود؟ (ساختمان (۱) و (۲)، فاقد جان‌پناه هستند.)



● **حل:** شرط برف‌ریز بودن ساختمان (۲) آن است که از ساختمان (۱) بر روی آن برفی نریزد و برای تحقق یافتن این شرط، مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، فاصله‌اش از ساختمان (۱) باید از $۱۰h$ بیشتر باشد و با توجه به این موضوع داریم:

$$\text{فاصلهٔ ساختمان (۱) و (۲)} > ۱۰h \Rightarrow ۲۰m > ۱۰h \Rightarrow ۰ < h < ۲m$$

www.omranmobin.com

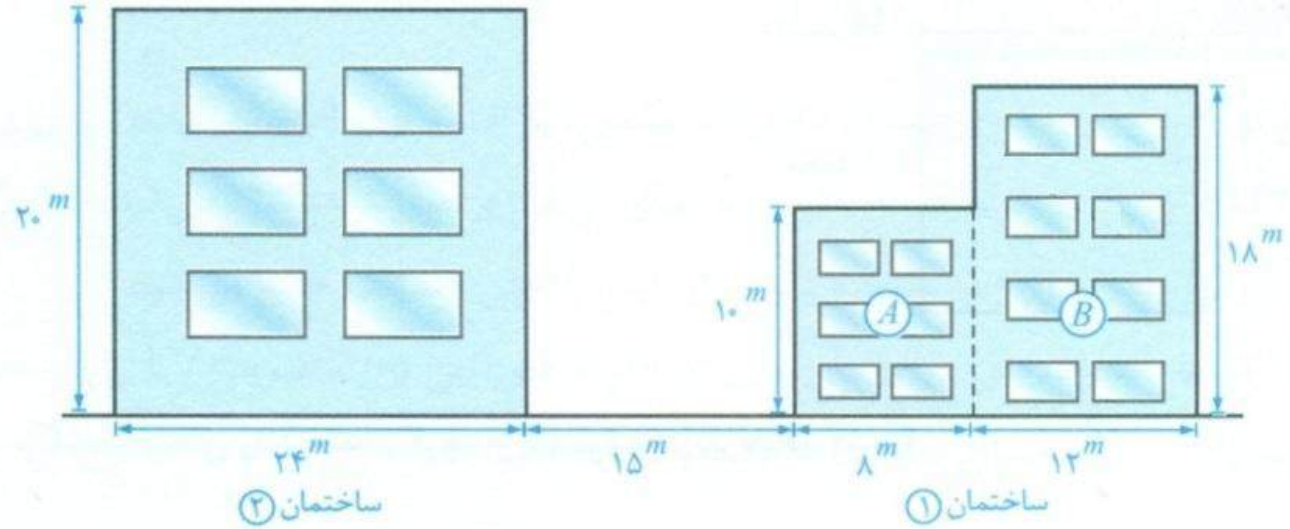
تمرین : دو ساختمان با مشخصات هندسی زیر در شهر اصفهان در محدودهٔ یک کارگاه ساختمانی باز قرار دارند:

(در صورت نیاز $P_۲$ برای ساختمان (۲) را در روند حل، $۰/۶۳\ kN/m^۲$ فرض کنید.)

الف) وضعیت بام پایین‌تر در ساختمان (۱) چگونه است؟

ب) وضعیت بام بالاتر در ساختمان (۱) چگونه است؟

ج) اگر جان‌پناهی به ارتفاع $۸۰cm$ بر روی ساختمان (۲) بسازیم، آیا این جان‌پناه مانع برف‌ریز شدن ساختمان (۲) می‌شود؟



www.omranmobin.com

حل: به بررسی هر یک از موارد مطرح شده می‌پردازیم:

الف) همان‌طور که در شکل صورت سؤال مشاهده می‌کنید، ساختمان شماره (۱) دارای بام‌های با ارتفاع متفاوت بوده و در این‌گونه ساختمان‌ها، شرایط برف‌ریز و برف‌گیر بودن هر بام باید به‌طور جداگانه بررسی شود. بام کوتاه‌تر در قسمت A با توجه به نداشتن فاصله از بام بلندتر (در قسمت B) برف‌گیر است و این موضوع نیازی به کنترل کردن ندارد.

ب) باد ممکن است برف موجود در بام ساختمان شماره (۲) را بر روی بام قسمت B از ساختمان شمارهٔ (۱) بریزد. با توجه به این‌که اختلاف ارتفاع این دو بام $۲m$ $(۱۸-۲۰=h_۰)$ و فاصلهٔ دو ساختمان $۲۳m$ $(۸+۱۵)$ می‌باشد و این عدد بیشتر از $۱۰h_۰=۲۰m$ است، در نتیجه بام قسمت B را می‌توانیم برف‌ریز در نظر بگیریم.

ج) همان‌طور که گفتیم اگر بام ساختمان دارای جان‌پناه باشد و ارتفاع این جان‌پناه از ارتفاع برف متوازن بیشتر باشد، این جان‌پناه مانع برای ریزش برف محسوب شده و ساختمان برف‌ریز در نظر گرفته نمی‌شود. از طرفی برای به‌دست آوردن ارتفاع برف متوازن، مقدار بار برف متوازن را نیاز داریم که با توجه به صورت سؤال، آن را $P_r=۰/۶۳\ kN/m^۲$ فرض می‌کنیم. هم‌چنین بار برف زمین برای شهر اصفهان $P_g=۱\ kN/m^۲$ می‌باشد و داریم:

www.omranmobin.com

$$\begin{cases} \gamma = ۰/۴۳P_g + ۲/۲ = ۰/۴۳ \times ۱ + ۲/۲ = ۲/۶۳\ kN/m^۳ \\ h_b = \dfrac{P_r}{\gamma} = \dfrac{۰/۶۳}{۲/۶۳} = ۰/۲۴\,m \end{cases}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود ارتفاع جان‌پناه $(h = ۸۰cm)$ از ارتفاع برف متوازن ساختمان (۲) بیشتر است و فرض برف‌ریز بودن ساختمان (۲) در حالت جدید صحیح نیست. از طرفی با توجه به این‌که ارتفاع ساختمان از موانع اطراف خود بیشتر است، این بام برف‌گیر نیز نبوده و نیمه‌برف‌گیر محسوب می‌شود.

تذکر: از این تمرین می‌توان فهمید این نتیجه‌گیری که بام با ارتفاع بلندتر لزوماً برف‌ریز است، صحیح نبوده و باید ارتفاع موانع روی بام نیز مورد بررسی قرار گیرد.

www.omranmobin.com

تمرین : در کدام‌یک از حالت‌های زیر، ضریب C_s در رابطهٔ $P_r = ۰/۷C_s C_t C_e I_s P_g$ کوچک‌تر در نظر گرفته می‌شود؟ (در هر چهار گزینه، فرض کنید مانعی برای ریزش برف وجود ندارد.)

۱) سقف افقی با پوشش آسفالتی که داخل آن همواره دمای زیر صفر درجهٔ سانتی‌گراد دارد.

۲) سقف با شیب $\alpha = ۱۰^\circ$ که بام آن پوشش فلزی داشته و دمای داخل آن همواره گرمایش مناسب دارد.

۳) سقف با شیب $\alpha = ۱۰^\circ$ که بام آن پوشش فلزی داشته و دمای داخل آن همواره کمی بالاتر از صفر درجهٔ سلسیوس است.

۴) سقف با شیب $\alpha = ۱۰^\circ$ که بام آن پوشش آسفالتی داشته و دمای داخل آن همواره کمی بالاتر از صفر درجهٔ سلسیوس است.

www.omranmobin.com

● حل: در مقایسهٔ ضریب C_s در گزینه‌های فوق می‌توان گفت:

گزینهٔ ۱: در سقف مسطح $(\alpha = ۰)$، C_s بیشترین مقدار را داشته و برابر یک است $(C_s = ۱)$.

گزینهٔ ۲: در ساختمان‌هایی که گرمایش مناسبی دارند، اولاً $C_t = ۱$ می‌باشد و ثانیاً با توجه به آن‌که پوشش بام فلزی (پوشش لغزنده) و بدون مانع است، $\alpha_۰ = ۵^\circ$ است و در $\alpha = ۱۰^\circ$، مقدار C_s برابر است با:

$$\alpha_۰ < \alpha < ۷۰^\circ \Rightarrow C_s = ۱ - \frac{\alpha - \alpha_۰}{۷۰^\circ - \alpha_۰} = ۱ - \frac{\alpha - ۵^\circ}{۷۰^\circ - ۵^\circ} \xrightarrow{\alpha = ۱۰^\circ} C_s = \frac{۱۲}{۱۳}$$

گزینهٔ ۳: در ساختمانی که دمای آن همواره کمی بالاتر از صفر است، $C_t = ۱/۱$ بوده و داریم:

پوشش فلزی (لغزنده) و بدون مانع $\Rightarrow \alpha_۰ = ۱۰^\circ \xrightarrow[C_s]{\text{روابط}} \alpha \le \alpha_۰ \Rightarrow C_s = ۱$

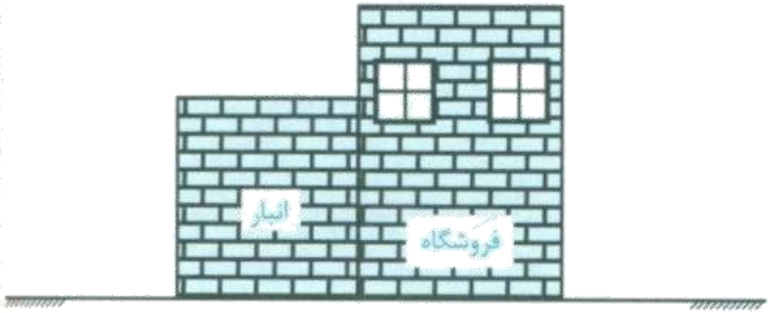
گزینهٔ ۴: مشابه با گزینهٔ (۳)، $C_t = ۱/۱$ بوده و داریم:

پوشش آسفالتی (غیرلغزنده) و بدون مانع $\Rightarrow \alpha_۰ = ۴۵^\circ \xrightarrow[C_s]{\text{روابط}} \alpha \le \alpha_۰ \Rightarrow C_s = ۱$

بنابراین در گزینهٔ (۲) با کمترین C_s روبه‌رو هستیم.

www.omranmobin.com

تمرین : **فروشگاه بزرگی به همراه یک انبار، جهت نگهداری کالاهای خود در مرکز شهر تهران قرار گرفته است و این مجموعه از سازه‌های اطراف برف نمی‌گیرد، بار برف متوازن این سازه را به‌دست آورید. (پوشش سقف از نوع آسفالت و انبار بدون گرمایش داخلی است.)**



حل: برای تعیین بار برف متوازن این ساختمان (یعنی P_r)، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول (تعیین بار برف زمین): مطابق جدول، شهر تهران در منطقهٔ ۴ با بارش برف زیاد قرار گرفته است، بنابراین $P_g = ۱/۵\ kN/m^۲$ در نظر گرفته می‌شود.

گام دوم (تعیین ضریب اهمیت ساختمان در بار برف): این ساختمان از دو قسمت با کاربری‌های متفاوت تشکیل شده است. بنابراین برای هر قسمت، باید ضریب اهمیت جداگانه‌ای تعیین شود. از طرفی فروشگاه‌های بزرگ در گروه خطرپذیری ۲ قرار دارند و ضریب بار برف آن‌ها ۱/۱ می‌باشد و انباری‌ها در گروه خطرپذیری ۳ قرار می‌گیرند و دارای ضریب بار برف ۱ هستند.

فروشگاه : $I_s = ۱/۱$ و انبار : $I_s = ۱$

www.omranmobin.com

گام سوم (تعیین ضریب برف‌گیری): با توجه به شکل صورت سؤال، این ساختمان از دو قسمت با ارتفاع‌های متفاوت ساخته شده است. با توجه به این‌که این مجموعه از سازه‌های اطراف برف نمی‌گیرد و انبار کوتاه‌تر از فروشگاه است، در مجموع مانع برای بام فروشگاه محسوب نمی‌شود و در نتیجه بام فروشگاه به‌عنوان بام برف‌ریز در نظر گرفته شده و بام انباری به عنوان بام برف‌گیر محسوب می‌شود. از سوی دیگر این مجموعه در منطقه شهری با ناهمواری زیاد قرار گرفته است و در مجموع می‌توان ضریب برف‌گیری فروشگاه را ۰/۹ و ضریب برف‌گیری انبار را ۱/۲ در نظر گرفت:

فروشگاه (ناهمواری زیاد، بام برف‌ریز): $C_e = ۰/۹$

انبار (ناهمواری زیاد، بام برف‌گیر): $C_e = ۱/۲$

www.omranmobin.com

گام چهارم (تعیین ضریب شرایط دمایی): با توجه به این‌که فضای داخل فروشگاه همیشه گرم است، ضریب دمایی آن یک در نظر گرفته می‌شود، هم‌چنین انبار بدون گرمایش بوده و ضریب دمایی آن ۱/۲ می‌باشد:

انبار : $C_t = ۱/۲$ و فروشگاه : $C_t = ۱$

گام پنجم (تعیین ضریب شیب): ضریب شیب برای سقف‌های مسطح واحد است ($C_s = ۱$).

گام ششم (محاسبهٔ بار متوازن برف): مقدار بار متوازن برف برای فروشگاه و انبار، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g$$

بار متوازن فروشگاه: $P_r = ۰/۷ \times ۱ \times ۱ \times ۰/۹ \times ۱/۱ \times ۱/۵ = ۱/۰۴ \; kN/m^۲$

بار متوازن انبار: $P_r = ۰/۷ \times ۱ \times ۱/۲ \times ۱/۲ \times ۱ \times ۱/۵ = ۱/۵۱ \; kN/m^۲$

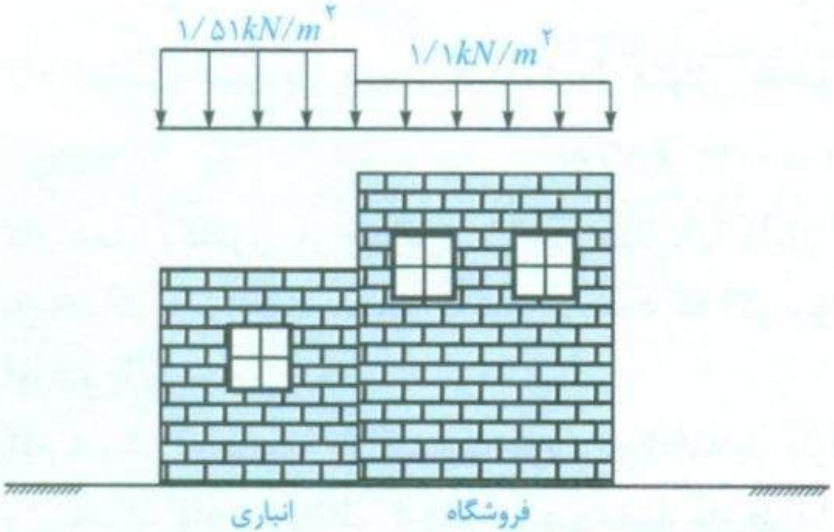
گام هفتم (کنترل بار حداقل): با توجه به این‌که بام این ساختمان مسطح است، بار حداقل باید در آن کنترل شود، از طرفی بار برف زمین در این منطقه بیشتر از $۱ \; kN/m^۲$ می‌باشد، بنابراین این بار حداقل برابر است با:

$$P_m = I_s \quad , \quad P_g > ۱ \; kN/m^۲$$

بار برف حداقل فروشگاه: $P_m = ۱/۱ < ۱/۰۴ \Rightarrow P_r = ۱/۱ \; kN/m^۲$ (بار برف فروشگاه، برابر بار حداقل فرض می‌شود)

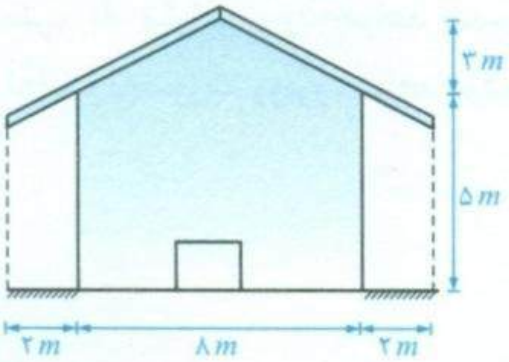
بار برف حداقل انبار: $P_m = ۱ < ۱/۵۱ \Rightarrow P_r = ۱/۵۱ \; kN/m^۲$ (کنترل مورد تأیید است و نیازی به تغییر P_r در انبار نیست)

www.omranmobin.com



تذکر: از حل این مثال می‌توانیم نتیجه بگیریم که بار برف بام، لزوماً کمتر از بار برف زمین نیست و در صورتی که بام برف‌گیر بوده و ضریب شرایط دمایی بیشتر از یک داشته باشد، احتمال این‌که بار برف بام بیشتر از بار برف زمین شود افزایش می‌یابد.

www.omranmobin.com



تمرین : ویلایی با سقف شیروانی در شهر رشت و در نزدیکی ساحل قرار گرفته و مناطق اطراف آن باز است. توزیع بار برف متوازن بر روی بام این ساختمان را به‌دست آورید. (جنس سقف، ورقه‌های سفالی غیرلغزنده است.)

● **حل:** با توجه به این‌که قسمتی از سقف طره است، بارگذاری این قسمت متفاوت با سایر قسمت‌ها خواهد بود، از طرفی توجه شود در قسمت‌هایی که طره نیستند، بار برف متوازن بر سازه اعمال خواهد شد. در ادامه برای به‌دست آوردن بار متوازن، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

www.omranmobin.com

گام اول (تعیین بار برف زمین): مطابق جدول ، شهر رشت از نظر بار برف جزء منطقهٔ ۵ یعنی مناطق با بار برف سنگین محسوب شده و لذا بار برف زمین برای آن، برابر ۲ کیلونیوتن بر مترمربع می‌باشد.

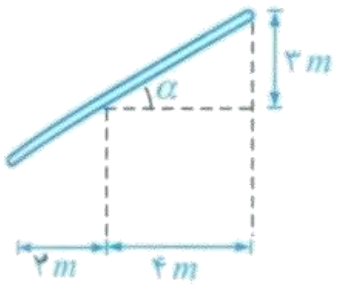
$$P_g = ۲\ kN/m^۲$$

گام دوم (تعیین ضریب اهمیت بار برف): مطابق جدول ، ساختمان مسکونی (ویلایی نوعی مسکونی است) در گروه خطرپذیری ۳ قرار می‌گیرد و ضریب اهمیت بار برف در آن برابر یک است. $I_s = ۱$

گام سوم (تعیین ضریب برف‌گیری): با توجه به این‌که ساختمان مورد نظر کنار دریا قرار گرفته است و ساختمانی در اطراف آن وجود ندارد، ضریب C_e در آن بر اساس بام برف‌ریز همراه با ناهمواری محیطی کم، برابر ۰/۸ به‌دست می‌آید: $C_e = ۰/۸$

گام چهارم (تعیین ضریب شرایط دمایی): ساختمان‌های مسکونی دارای ضریب شرایط دمایی یک می‌باشند، بنابراین $C_t = ۱$ است.

گام پنجم (تعیین ضریب شیب): با توجه به این‌که ضریب شرایط دمایی این ساختمان یک بوده ($C_t = ۱$) و سطح بام غیرلغزنده است، ضریب شیب با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



$$\alpha = tan^{-۱}\frac{۳}{۴} = ۳۶/۸^\circ$$

$$C_s = ۱ - \frac{\alpha - ۳۰^\circ}{۴۰^\circ} = ۱ - \frac{۳۶/۸^\circ - ۳۰^\circ}{۴۰^\circ} \approx ۰/۸۲$$

www.omranmobin.com

گام ششم (تعیین بار متوازن): مقدار بار متوازن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

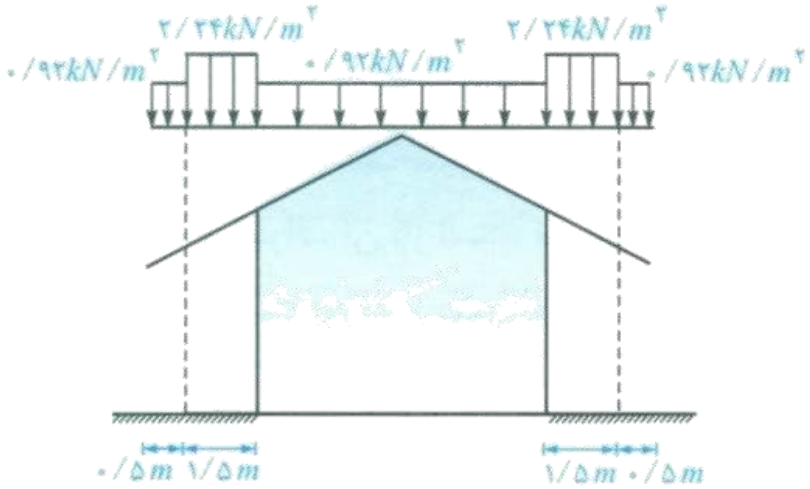
$$P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g = ۰/۷ \times ۰/۸۲ \times ۱ \times ۰/۸ \times ۱ \times ۲ = ۰/۹۲ \ kN/m^۲$$

گام هفتم (کنترل بار حداقل): در این مثال، به دلیل این‌که شیب سقف بیش از ۱۵ درجه است نیازی به کنترل بار حداقل نمی‌باشد. مجدداً تأکید می‌شود که اگر سؤال در مورد بار متوازن بود، باید مقدار بار حداقل را به‌دست آورد و با بار متوازن مقایسه کرد.

گام هشتم (محاسبهٔ بار قسمت طره): در ادامه بار وارد بر طره را نیز محاسبه می‌کنیم. در این حالت ضرایب C_s و C_t برابر واحد در نظر گرفته شده و مقدار بار طره از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P'_r = ۲ \times ۰/۷ C_e I_s P_g = ۲ \times ۰/۷ \times ۰/۸ \times ۱ \times ۲ = ۲/۲۴ \ kN/m^۲$$

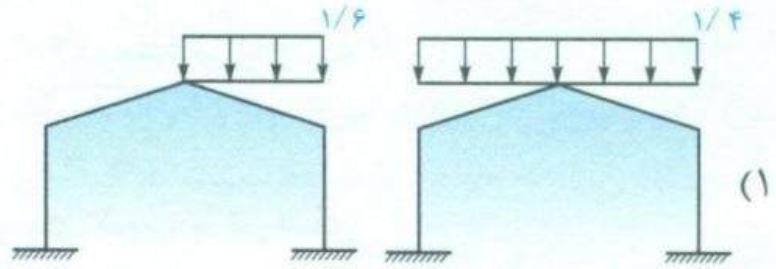
توجه شود که این‌بار در ۱/۵ متر از طول طره در راستای افق از بر دیوار توزیع می‌شود و در سایر نقاط طره، بار متوازن وارد خواهد شد، وضعیت بارگذاری در نهایت به‌صورت روبرو خواهد بود:

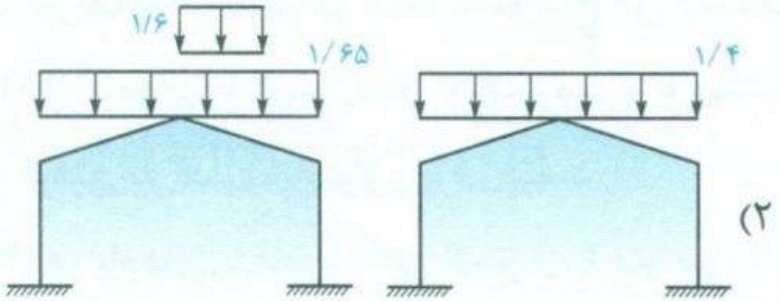


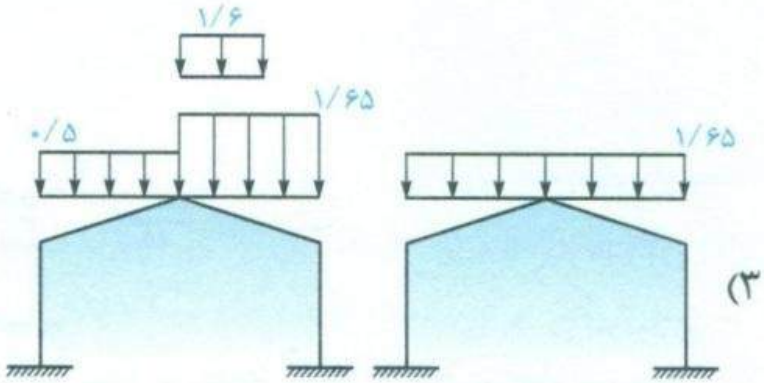
www.omranmobin.com

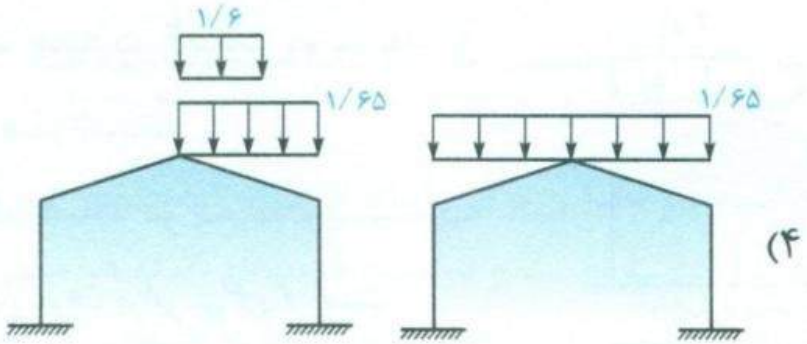
تمرین : یک سالن صنعتی با سقف شیب‌دار دو طرفه و با زاویهٔ ۳۰ درجه را در نظر بگیرید. بارگذاری متوازن و نامتوازن برف برای سقف این سالن برحسب کیلونیوتن بر مترمربع، باید مطابق کدام‌یک از گزینه‌های زیر در نظر گرفته شود؟ (دهانه ۲۰ متر، $C_e = ۰/۹$ ، $C_t = ۱/۲$ ، $P_g = ۳\ kN/m^۲$ ، $I_s = ۱$ ، پوشش سقف لغزنده است.)

(آذر ۹۲ - با اندکی تغییر)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

www.omranmobin.com

● حل: بار برف متوازن بام برای هر مترمربع تصویر افقی سطح، با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g$$

با توجه به صورت سؤال، سقف پوشش لغزنده دارد و با توجه به $C_t = ۱/۲$، $\alpha_۰$ برابر ۱۵° بوده و ضریب شیب آن با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$C_s = ۱ - \frac{\alpha - ۱۵^\circ}{۵۵^\circ} = ۱ - \frac{۳۰^\circ - ۱۵^\circ}{۵۵^\circ} = ۰/۷۳$$

بنابراین، مقدار بار برف متوازن در این سقف برابر است با:

$$P_r = ۰/۷ \times ۰/۷۳ \times ۱/۲ \times ۰/۹ \times ۱ \times ۳ = ۱/۶۵ \; kN/m^۲$$

محاسبهٔ بار نامتوازن: با توجه به این‌که فاصله افقی بین تاج و پای شیب بام بیشتر از ۶ متر است (دهانه $۲۰\,m$ و این فاصله نصف آن یعنی $۱۰\,m$ است)، انباشتگی برف در جهت پشت به باد اتفاق خواهد افتاد و ارتفاع انباشت برف (h_d) برابر است با:

$$h_d = ۰/۱۲ \sqrt[۳]{L_u} \cdot \sqrt[۴]{۱۰۰ P_g + ۵۰} - ۰/۵ = ۰/۱۲ \sqrt[۳]{۱۰} \sqrt[۴]{۱۰۰ \times ۳ + ۵۰} - ۰/۵ = ۰/۶۱ m$$

با به‌دست آمدن ارتفاع انباشت برف، شدت اضافه سربار از رابطه $\gamma h_d \sqrt{i}$ به‌دست می‌آید:

محاسبهٔ وزن مخصوص برف: $\gamma = ۰/۴۳ P_g + ۲/۲ = ۰/۴۳ \times ۳ + ۲/۲ = ۳/۴۹ \; kN/m^۲$

محاسبهٔ شیب سقف: $i = \tan \alpha = \tan ۳۰^\circ = ۰/۵۷$

سربار نامتوازن: $\gamma h_d \sqrt{i} = ۳/۴۹ \times ۰/۶۱ \times \sqrt{۰/۵۷} = ۱/۶ \; kN/m^۲$

www.omranmobin.com

در ادامه باید به دو موضوع زیر توجه کنیم:

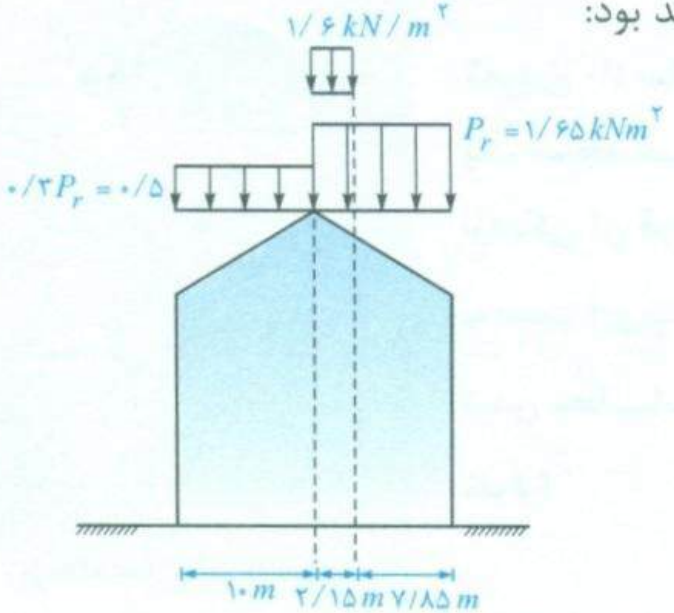
۱) ابتدا باید به این نکته توجه کنیم که این اضافه سربار در فاصلهٔ افقی معادل $\frac{۸h_d}{۳\sqrt{i}}$ توزیع می‌شود:

$$\frac{۸h_d}{۳\sqrt{i}} = \frac{۸\times ۰/۶۱}{۳\times\sqrt{۰/۵۷}} = ۲/۱۵\,m$$

۲) در سمت رو به باد، از مقدار شدت برف کاسته شده و این مقدار برابر $۰/۳P_r$ در نظر گرفته می‌شود.

$$۰/۳P_r = ۰/۳\times ۱/۶۵ = ۰/۴۹\ kN/m^۲ \simeq ۰/۵\,kN/m^۲$$

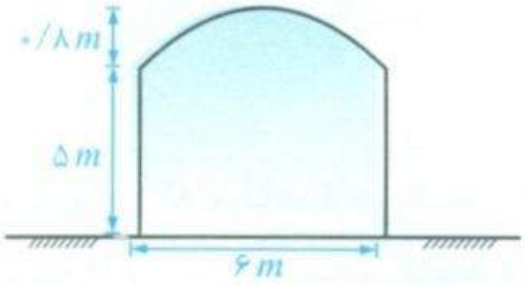
با توجه به این دو موضوع، توزیع نامتوازن بار برف به‌صورت زیر خواهد بود:



همان‌طور که مشاهده می‌کنید، گزینهٔ (۳) پاسخ صحیح می‌باشد. به نظر شما آیا بدون حل و تنها با کمک گزینه‌ها نیز می‌توانستیم گزینهٔ (۳) را به عنوان پاسخ صحیح این تست انتخاب کنیم؟

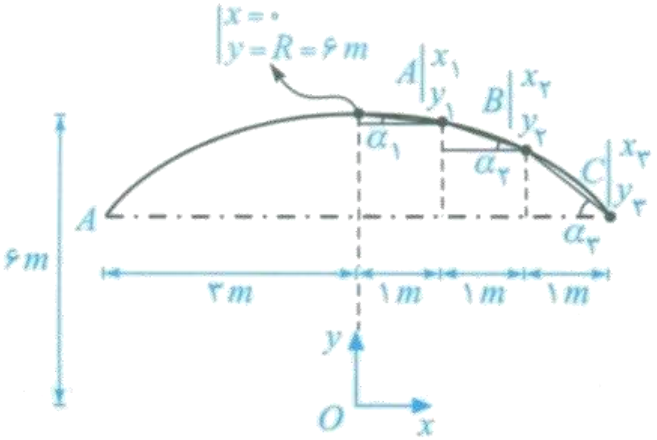
www.omranmobin.com

تمرین : ساختمان زیر در شهر یزد واقع شده است. این ساختمان که قسمتی از یک مسجد است نسبت به ساختمان‌های مجاور خود مرتفع‌تر بوده و مانعی در نزدیکی آن قرار ندارد. اگر این بام دارای پوشش فلزی باشد، مقدار بار متوازن آن را به‌دست آورید. (بام بخشی از دایره با معادلهٔ $x^2 + y^2 = 36$ می‌باشد، برای ساده‌تر شدن محاسبات، $I_s = 1/1$ ، $C_e = 0/9$ ، $C_t = 1$ و $P_g = 0/5\ kN/m^2$ در نظر گرفته شود.)



www.omranmobin.com

حل: با توجه به اطلاعات داده شده در صورت سؤال، کافیست ضریب C_s را برای قوس به‌دست آوریم. در بام‌های قوسی، برای محاسبهٔ ضریب شیب در قسمت قوسی شکل، باید حداقل آن را به ۳ قسمت تقسیم کرده و ضریب C_s برای هر قسمت به‌طور جداگانه محاسبه شود. بنابراین هر نیمهٔ بام، به سه قسمت با عرض $1m$ تقسیم می‌شود و با توجه به این‌که بام این ساختمان بخشی از دایره‌ای به معادلهٔ $x^2+y^2=36$ می‌باشد، با توجه به شکل زیر می‌توان مرکز دایره را در نقطهٔ O در نظر گرفت (شعاع دایره با توجه به معادلهٔ $x^2+y^2=R^2$، $6m$ می‌باشد) و با در نظر گرفتن مبدأ مختصات روی مرکز دایره داریم:



$$x^2+y^2=36$$

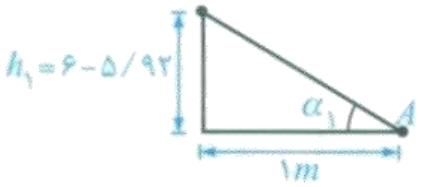
نقطهٔ بالا: $x_0=0 \longrightarrow y_0=6m$

نقطهٔ A: $x_1=1m \longrightarrow y_1=5/92m$

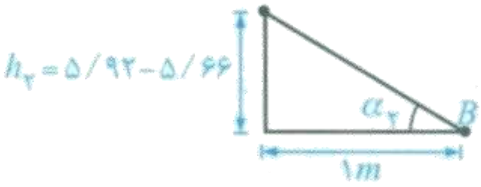
نقطهٔ B: $x_2=2m \longrightarrow y_2=5/66m$

نقطهٔ C: $x_3=3m \longrightarrow y_3=5/2m$

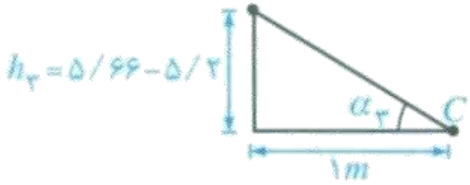
www.omranmobin.com



$$\alpha_1 = tan^{-1}(\frac{h_1}{1}) = tan^{-1}۰/۰۸ = ۴/۶^\circ$$



$$\alpha_2 = tan^{-1}(\frac{h_2}{1}) = tan^{-1}۰/۲۶ = ۱۴/۶^\circ$$



$$\alpha_3 = tan^{-1}(\frac{h_3}{1}) = tan^{-1}۰/۴۶ = ۲۴/۷^\circ$$

در ادامه با توجه به این نکته که سطح بام لغزنده بوده و $C_t = ۱$ است، $\alpha_۰ = ۵^\circ$ بوده و ضریب شیب با استفاده از روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} C_s = ۱/۰ & \alpha \le ۵^\circ \\ C_s = ۱ - \dfrac{\alpha - ۵^\circ}{۶۵^\circ} & ۵^\circ < \alpha < ۷۰^\circ \\ C_s = ۰ & \alpha \ge ۷۰^\circ \end{cases}$$

www.omranmobin.com

قسمت ۱ : $\alpha_1 = ۴/۶^\circ < ۵^\circ \Rightarrow C_{s_1} = ۱$

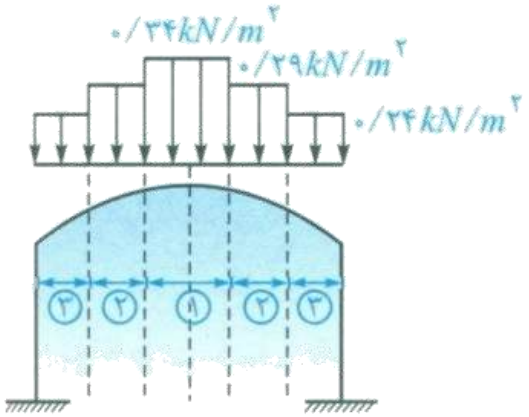
قسمت ۲ : $۵^\circ < \alpha_2 = ۱۴/۶^\circ < ۷۰^\circ \Rightarrow C_{s_2} = ۱ - \frac{۱۴/۶^\circ - ۵^\circ}{۶۵^\circ} = ۰/۸۵$

قسمت ۳ : $۵^\circ < \alpha_3 = ۲۴/۷^\circ < ۷۰^\circ \Rightarrow C_{s_3} = ۱ - \frac{۲۴/۷^\circ - ۵^\circ}{۶۵^\circ} = ۰/۷$

www.omranmobin.com

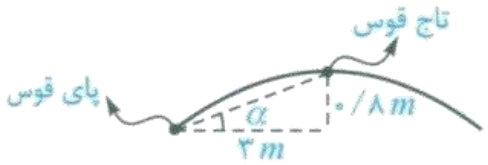
و در نهایت پس از تعیین C_s، برای محاسبهٔ بار متوازن خواهیم داشت:

$$P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g$$



$$\begin{cases} P_{r_۱} = ۰/۷ \times ۱ \times ۱ \times ۰/۹ \times ۱/۱ \times ۰/۵ = ۰/۳۴ \ kN/m^۲ \\ P_{r_۲} = ۰/۷ \times ۰/۸۵ \times ۱ \times ۰/۹ \times ۱/۱ \times ۰/۵ = ۰/۲۹ \ kN/m^۲ \\ P_{r_۳} = ۰/۷ \times ۰/۷ \times ۱ \times ۰/۹ \times ۱/۱ \times ۰/۵ = ۰/۲۴ \ kN/m^۲ \end{cases}$$

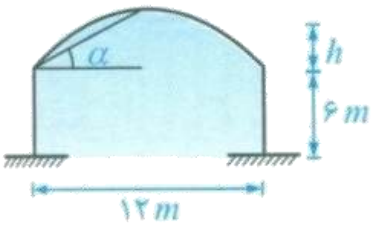
● **دقت:** برای کنترل بار حداقل، ابتدا زاویهٔ بین تاج و پای قوس را به‌دست می‌آوریم:



$$\alpha = tan^{-۱} \frac{۰/۸}{۳} = ۱۴/۹^\circ$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید زاویهٔ α بیشتر از ۱۰ درجه است و نیازی به محاسبهٔ بار حداقل در قوس در این حالت نیست.

www.omranmobin.com



تمرین : بام قوسی زیر قسمتی از یک دایره با شعاع $۶/۷۱m$ بوده که در مرکز شهر اصفهان قرار دارد. پوشش این بام لغزنده بوده و ساختمان برف‌ریز است. توزیع بارگذاری نامتوازن را برای این بام به‌دست آورید. (فرض کنید $C_t = I_s = ۱$، C_s در پای قوس برابر ۰/۱ فرض شود، $۳۰^\circ < \alpha < ۷۰^\circ$)

● حل: اصفهان در منطقه با میزان بارش برف متوسط (منطقهٔ ۳) قرار داشته و بار برف زمین برای آن $۱\,kN/m^۲$ می‌باشد. در ادامه در گام اول باید شیب خط واصل بین پای شیب و تاج را به‌دست آوریم که با توجه به صورت سؤال، بین ۳۰ و ۷۰ درجه قرار دارد و در نتیجه باید از الگوی بارگذاری حالت (۲) استفاده کنیم، برای این منظور ابتدا بارگذاری در تاج قوس را به‌دست می‌آوریم. در این بام $C_e = ۰/۹$ می‌باشد (بام برف‌ریز در منطقهٔ شهری با ناهمواری زیاد) و در تاج ضریب شیب (C_s) برابر واحد در نظر گرفته می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g = ۰/۷ \times ۱ \times ۱ \times ۰/۹ \times ۱ \times ۱ = ۰/۶۳\ kN/m^۲$$

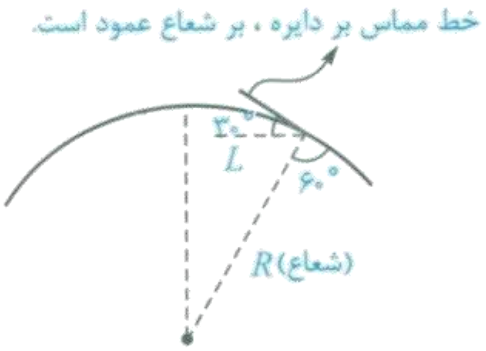
$$\Rightarrow \text{شروع بارگذاری در تاج} \quad ۰/۵P_r = ۰/۵ \times ۰/۶۳ = ۰/۳۱۵\ kN/m^۲$$

در گام بعد، باید بار برف در محلی که شیب قوس ۳۰ درجه است را به‌دست آوریم. با توجه به لغزنده بودن سقف و $C_t = ۱$، $\alpha_۰ = ۵^\circ$ بوده و ضریب شیب از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید $(P_r = ۰/۷ C_s C_t C_e I_s P_g)$:

$$C_s = ۱ - \frac{\alpha - ۵^\circ}{۶۵^\circ} = ۱ - \frac{۳۰^\circ - ۵^\circ}{۶۵^\circ} = ۰/۶۱ \Rightarrow \frac{۲P_r}{C_e} = \frac{۲ \times (۰/۷ \times ۰/۶۱ \times ۱ \times ۰/۹ \times ۱ \times ۱)}{۰/۹} = ۰/۸۵\ kN/m^۲$$

www.omranmobin.com

این بار به‌صورت خطی از $۰/۳۱۵\ kN/m^۲$ در تاج قوس به $۰/۸۵\ kN/m^۲$ در فاصلهٔ افقی L از تاج قوس می‌رسد. این فاصله با استفاده از روابط هندسی، به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:



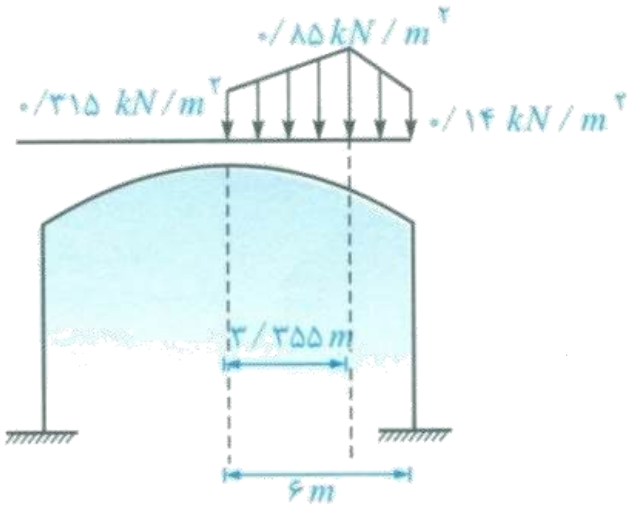
$$\cos ۶۰ = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{L}{R} \Rightarrow L = R\cos ۶۰^\circ = R \times \frac{۱}{۲}$$

$$\Rightarrow L = \frac{R}{۲} = \frac{۶/۷۱}{۲} = ۳/۳۵۵\,m$$

در گام آخر، بار برف در پای شیب را به‌دست می‌آوریم. برای این منظور با توجه به داشتن C_s در پای قوس که در صورت سؤال داده شده است، داریم:

$$\frac{۲P_r}{C_e} = \frac{۲\times۰/۷\times۰/۱\times۱\times۰/۹\times۱\times۱}{۰/۹} = ۰/۱۴\ kN/m^۲$$

در نهایت توزیع بارگذاری نامتوازن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:



www.omranmobin.com

فصل ششم:

باد و باد

www.omranmobin.com

برای تعیین اثر ناشی از باد طراحی باید فرض شود که باد به‌صورت افقی و در هر یک از امتدادها، ترجیحاً در امتداد محورهای اصلی ساختمان، و به طور غیر همزمان به ساختمان اثر می‌نماید.

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 که بیشتر باشد، طراحی شوند.

به طور کلی آیین‌نامه‌ها برای تحلیل بار ناشی از باد، سه روش را پیشنهاد می‌کنند:

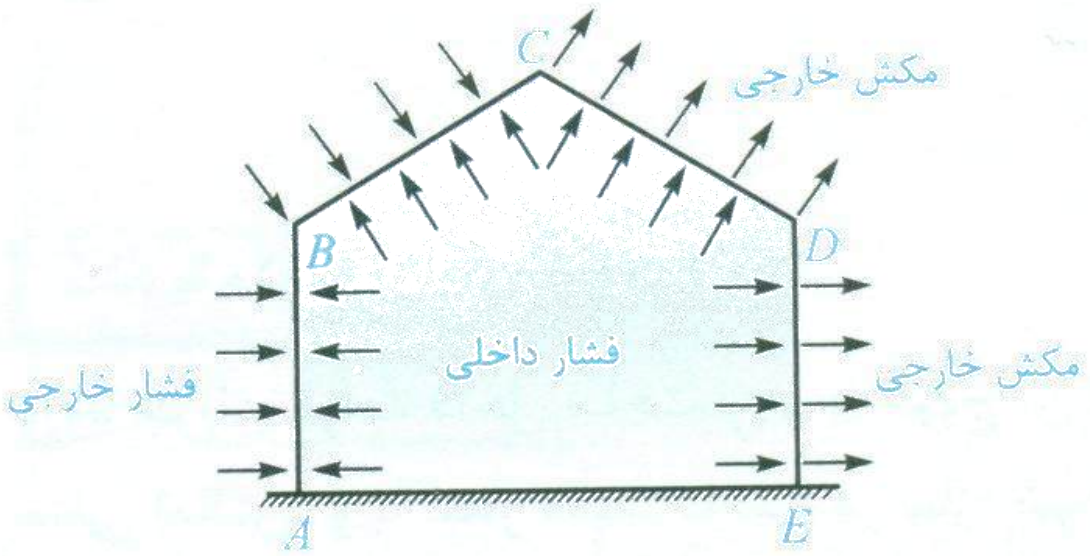
۱) **تحلیل دینامیکی نیروی باد:** در این روش، تغییرات سرعت و فشار باد با گذشت زمان لحاظ شده و این نوع تحلیل، دقیق و دشوار است.

۲) **تحلیل استاتیکی نیروی باد:** دراین روش، نیروی باد را با یک نیروی استاتیکی جایگزین می‌کنیم و طبیعتاً دقتش نسبت به روش اول کمتر بوده ولی در عوض ساده‌تر است.

۳) **تحلیل نیروی باد با کمک تونل باد:** در این روش، نیروی باد در آزمایشگاه تخمین زده می‌شود. این روش تنها در سازه‌های بسیار با اهمیت و حساس در برابر باد توصیه می‌شود.

www.omranmobin.com

فشار خالص ناشی از باد بر یک جزء یا تمام سطح یک ساختمان از جمع جبری فشار و مکش بدست می‌آید.



ساختمان‌های کوتاه مرتبه

ساختمان‌های با نسبت‌های ارتفاع به عرض کمتر از ۰/۵

و ارتفاع مبنای کمتر از ۲۰ متر

www.omranmobin.com

فشار ناشی از باد بر ساختمان‌ها و سازه‌ها

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

$$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi}$$

p = فشار خارجی که به‌صورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح چه در حالت فشار وارد بر سطح یا مکش به سمت خارج از سطح، عمل می‌کند.

p_i = فشار داخلی که بصورت استاتیکی در جهت عمود بر سطح، به شکل فشار وارد بر سطح مکش به سمت خارج از سطح عمل می‌کند.

I_w = ضریب اهمیت برای بار باد

q = فشار مبنای باد

C_e = ضریب بادگیری

C_g = ضریب اثر جهشی باد

C_p = ضریب فشار خارجی

C_{gi} = ضریب اثر جهشی باد داخلی

یا

C_{pi} = ضریب فشار داخلی

www.omranmobin.com

فشار مبنای باد

فشار مبنای باد، q، براساس سرعت متوسط ساعتی باد که احتمال تجاوز از این مقدار در سال ۲٪ است و بطور متعارف با دوره بازگشت ۵۰ ساله بیان می‌گردد، بدست می‌آید.

$$q = ۰٫۰۰۰۰۶۱۳V^{۲}$$

باد جهشی بادی است که حدوداً ۳ تا ۵ ثانیه ادامه دارد و نمایانگر حجمی از باد است که بر روی کل سازه اثر می‌کند.

www.omranmobin.com

جدول ۶-۱۰-۳ سرعت و فشار مبنای باد

ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) کیلومتر بر ساعت	فشار مبنا (q) کیلو نیوتن بر متر مربع
۱	آبادان	۹۰	۰۴۹۶
۲	آباده	۱۰۰	۰۶۱۳
۳	آبعلی	۱۱۰	۰۷۴۱
۴	اراک	۹۰	۰۴۹۶
۵	اردبیل	۱۳۰	۱۰۳۶
۶	ارومیه	۹۰	۰۴۹۶
۷	آغاجاری	۱۱۰	۰۷۴۱
۸	اصفهان	۱۱۰	۰۷۴۱
۹	امیدیه	۱۱۰	۰۷۴۱
۱۰	اهواز	۱۱۰	۰۷۴۱
۱۱	ایرانشهر	۱۱۰	۰۷۴۱
۱۲	بابلسر	۱۰۰	۰۶۱۳
۱۳	بجنورد	۱۳۰	۱۰۳۶
۱۴	بم	۱۱۰	۰۷۴۱
۱۵	بندر انزلی	۱۱۰	۰۷۴۱
۱۶	بندر عباس	۱۰۰	۰۶۱۳
۱۷	بندر لنگه	۹۰	۰۴۹۶
۱۸	بوشهر	۱۰۰	۰۶۱۳
۱۹	بیرجند	۹۰	۰۴۹۶
۲۰	پارس آباد مغان	۱۰۰	۰۶۱۳
۲۱	تبریز	۱۱۰	۰۷۴۱
۲۲	تربت حیدریه	۸۰	۰۳۹۲
۲۳	تهران	۱۰۰	۰۶۱۳
۲۴	جاسک	۱۰۰	۰۶۱۳
۲۵	جزیره سیری	۱۱۰	۰۷۴۱
۲۶	جزیره کیش	۱۰۰	۰۶۱۳
۲۷	چابهار	۹۰	۰۴۹۶
۲۸	خرم آباد	۸۰	۰۳۹۲
۲۹	خوی	۹۰	۰۴۹۶

www.omranmobin.com

ادامه جدول ۶-۱۰-۳ سرعت و فشار مبنای باد

ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) کیلومتر بر ساعت	فشار مبنا (q) کیلو نیوتن بر متر مربع
۳۰	درفول	۱۱۰	۰.۷۴۱
۳۱	رامسر	۹۰	۰.۴۹۶
۳۲	رشت	۹۰	۰.۴۹۶
۳۳	زابل	۱۴۰	۰.۸۸۳
۳۴	زاهدان	۱۳۰	۱.۰۳۶
۳۵	زنجان	۸۰	۰.۳۹۲
۳۶	سبزوار	۹۰	۰.۴۹۶
۳۷	سرخس	۱۱۰	۰.۷۴۱
۳۸	سقز	۱۰۰	۰.۶۱۳
۳۹	سمنان	۸۰	۰.۳۹۲
۴۰	سنندج	۹۰	۰.۴۹۶
۴۱	شاهرود	۸۰	۰.۳۹۲
۴۲	شهرکرد	۸۰	۰.۳۹۲
۴۳	شیراز	۸۰	۰.۳۹۲
۴۴	طبس	۹۰	۰.۴۹۶
۴۵	فسا	۹۰	۰.۴۹۶
۴۶	قائم شهر	۹۰	۰.۴۹۶
۴۷	قزوین	۱۰۰	۰.۶۱۳
۴۸	قم	۹۰	۰.۴۹۶
۴۹	کاشان	۱۰۰	۰.۶۱۳
۵۰	کرمان	۱۳۰	۱.۰۳۶
۵۱	کرمانشاه	۹۰	۰.۴۹۶
۵۲	گرگان	۸۰	۰.۳۹۲
۵۳	مراغه	۱۱۰	۰.۷۴۱
۵۴	مشهد	۹۰	۰.۴۹۶
۵۵	منجیل	۱۳۰	۱.۰۳۶
۵۶	نوشهر	۹۰	۰.۴۹۶
۵۷	همدان	۱۰۰	۰.۶۱۳
۵۸	یزد	۱۱۰	۰.۷۴۱

www.omranmobin.com

ضریب بادگیری، C_e

الف) برای زمین باز

ساختمان‌ها، درختان بصورت پراکنده

دریاچه، دریا و یا کنار ساحل باز

$$C_e = C_{eo} = \max\left\{0.9,\ \left(\frac{h}{10}\right)^{0.2}\right\}$$

برای باد جهشی :

$$C_e = \max\left\{0.9,\ \left(\frac{h}{10}\right)^{0.1}\right\}$$

ب) برای زمین پرتراکم

زمین حومه شهری، شهری

جنگل پرتراکم که تا یک کیلومتر و یا ۲۰ برابرِ ارتفاع ساختمان هر کدام بیشتر باشد، امتداد پیدا کند

$$C_e = C_{er} = \max\left\{0.7,\ \ 0.7\left(\frac{h}{12}\right)^{0.3}\right\}$$

برای باد جهشی :

$$C_e = \max\left\{0.7,\ \ 0.7\left(\frac{h}{12}\right)^{0.15}\right\}$$

ج) هنگامی که ناهمواری زمین کمتر از ۱ کیلومتر امتداد یابد و ساختمان کوتاه‌تر از ۱۰۰ متر باشد

$$if \quad 0.05Km \le x_r \le 1Km \quad \Rightarrow \quad C_e = C_{er}\left[0.816 + 0.184\log_{10}\left(\frac{10}{x_r - 0.05}\right)\right] \le C_{eo}$$

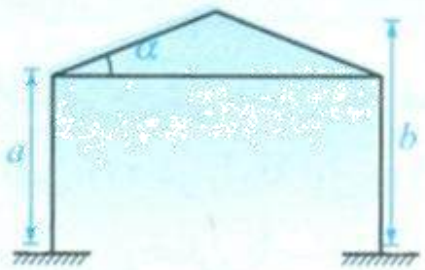
$$if \quad x_r \le 0.05Km \quad \Rightarrow \quad C_e = C_{eo}$$

www.omranmobin.com

ارتفاع مبنا

برای محاسبهٔ فشار خارجی باد

ساختمان کوتاه مرتبه:



حالت الف) شیب بام کمتر از ۷ درجه، $\alpha < 7^\circ$:

$$h = max\{6m\ ,\ a\}$$

حالت ب) شیب بام بیشتر از ۷ درجه، $\alpha > 7^\circ$:

$$h = max\{6m\ ,\ \frac{a+b}{2}\}$$

ساختمان‌های بلندمرتبه:

وجه رو به باد: ارتفاع واقعی آن نقطه در بالای زمین

وجه پشت به باد: نصف ارتفاع ساختمان

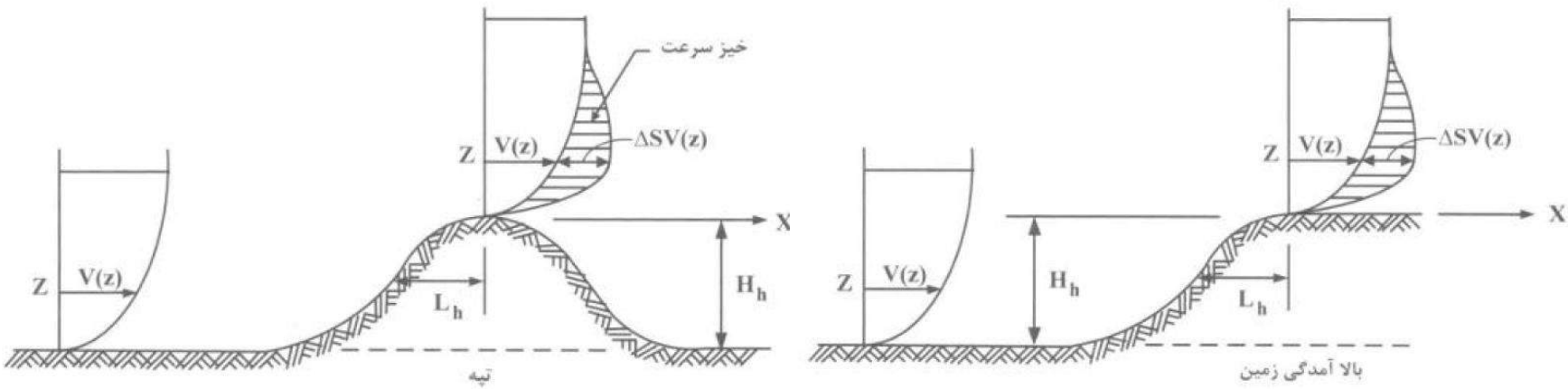
بام و دیوارهای جانبی: ارتفاع ساختمان

اجزا و المان‌های سازه‌ای: ارتفاع المان در بالای زمین

برای محاسبه فشار داخلی: نصف ارتفاع ساختمان

www.omranmobin.com

خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی زمین



if حداکثر شیب ≤ 10% (10 به1) ⇒ نیازی به اصلاح C_e نیست

if حداکثر شیب ≥ 10% (10 به1) ⇒ C_e به C_e^* اصلاح میشود

www.omranmobin.com

$$if \quad \frac{H_h}{L_h} < 0.5 \quad \Rightarrow \quad C_e^* = C_e\left\{1+\Delta S_{\max}\left(1-\frac{|x|}{KL_h}\right)e^{\left(-\frac{\alpha z}{L}\right)}\right\}^2$$

$$if \quad \frac{H_h}{L_h} > 0.5 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \dfrac{H_h}{L_h} = 0.5 \\ C_e^* = C_e\left\{1+\Delta S_{\max}\left(1-\dfrac{|x|}{2KH_h}\right)e^{\left(-\frac{\alpha z}{L}\right)}\right\}^2 \end{cases}$$

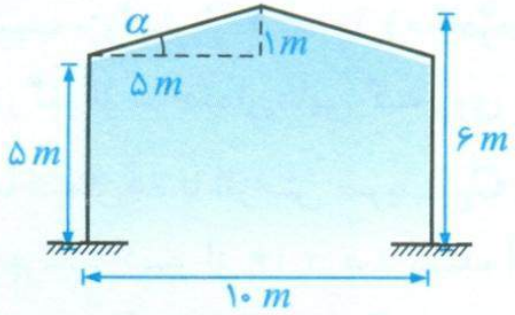
شکل تپه یا بالا آمدگی	ΔS_{max}	α	K	
			$x<0$	$x>0$
تپه‌های ممتد یا دو بعدی (یا دره‌های با H منفی)	$۲٫۲\left(\frac{H_h}{L_h}\right)$	۳	۱٫۵	۱٫۵
پرتگاه‌های دو بعدی	$۱٫۳\left(\frac{H_h}{L_h}\right)$	۲٫۵	۱٫۵	۴
تپه‌های سه بعدی متقارن محوری	$۱٫۶\left(\frac{H_h}{L_h}\right)$	۴	۱٫۵	۱٫۵

ΔS_{max} = ضریب خیز سرعت نسبی در رأس قله، نزدیک سطح

α = ضریب کاهش برای کم شدن سرعت با ارتفاع

www.omranmobin.com

تمرین : ضریب بادگیری خارجی را برای پناهگاه زیر که در اطراف شهر کلاردشت قرار گرفته است، محاسبه کنید.
(اطراف این پناهگاه تا شعاع ۵۰۰ متری پوشش جنگلی وجود دارد، ساختمان کوتاه مرتبه است).



$$\alpha = tan^{-1}(\frac{۱}{۵}) = ۱۱/۳^{\circ}$$

$$h = max\{\frac{a+b}{۲}\ ,\ ۶\} = max\{\frac{۵+۶}{۲}\ ,\ ۶\} = ۶m$$ شیب سقف از ۷ درجه بیشتر می‌باشد

حالت پرتراکم: $C_{er} = max\{۰/۷\ ,\ ۰/۷(\frac{۶}{۱۲})^{۰/۳}\} = max\{۰/۷\ ,\ ۰/۵۶\} = ۰/۷$

حالت باز: $C_{eo} = max\{۰/۹\ ,\ (\frac{۶}{۱۰})^{۰/۲}\} = ۰/۹$

با توجه به اینکه ناهمواری زمین کمتر از ۱۰۰۰ متر ادامه پیدا کرده است

$$C_e = C_{er}[۰/۸۱۶ + ۰/۱۸۴\, log_{۱۰}(\frac{۱۰}{x_r - ۰/۰۵})] \le C_{eo}$$

$$\Rightarrow\ C_e = ۰/۷[۰/۸۱۶ + ۰/۱۸۴\, log_{۱۰}(\frac{۱۰}{۰/۵ - ۰/۰۵}) = ۰/۷ \times (۱/۰۶) = ۰/۷۴ \le ۰/۹\ \Rightarrow\ C_e = ۰/۷۴$$

www.omranmobin.com

ضریب اثر جهشی باد، C_g ، C_{gi}

ضریب اثر جهشی باد خارجی و داخلی که به ترتیب با C_g ، C_{gi} نشان داده می‌شوند، به صورت نسبت حداکثر اثر بارگذاری به میانگین اثر بارگذاری تعریف می‌شوند. این دو ضریب، موارد زیر را در بر می‌گیرند:

الف) نیروهای نوسانی تصادفی باد که در اثر تلاطم در باد ایجاد شده و به مدت کوتاهی روی کل سازه یا بخشی از آن اثر می‌کنند،

ب) نیروهای نوسانی القائی به وسیلهٔ منطقه پشت سازه،

پ) نیروهای اینرسی اضافی ایجاد شده توسط حرکت خود سازه، هنگامی که به نیروهای نوسانی باد پاسخ می‌دهد،

ت) نیروهای آیرو دینامیکی اضافی به سبب دگرگونی و تغییر جریان هوا در اطراف سازه به علت حرکت خود سازه (اثرات آیرو الاستیک).

www.omranmobin.com

ضریب اثر جهشی باد خارجی ، C_g

برای سازه‌های کوچک و کوتاه مرتبه یا سازه‌ها و اجزایی که صلبیت نسبتاً بالایی دارند

الف: برای کل ساختمان و اعضای اصلی سازه $C_g = ۲/۰$

ب: برای فشار خارجی و مکش در اعضاء کوچک از جمله نما یا پوسته خارجی $C_g = ۲/۵$

ضرایب فشار بیشینه برخی از سازه‌های کوتاه مرتبه را می‌توان مستقیماً از آزمایش‌های تونل باد تعیین نمود. این ضرایب، ترکیبی از مقادیر C_g C_p هستند که با لحاظ کردن اثر جهشی باد علاوه بر ضریب شکل آیرو دینامیکی در تعیین ضریب فشار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سازه‌های واقع در روی تپه‌ها و بالا آمدگی

$$C_g^* = ۱ + (C_g - ۱)\sqrt{\frac{C_e}{C_e^*}}$$

www.omranmobin.com

هنگامی که از مقدار C_p C_g ترکیبی استفاده می‌شود، این مقدار می‌تواند برای تپه‌ها و بالا آمدگی‌ها با ضرب نسبت $\frac{C_g^{\cdot}}{C_g}$ در مقدار $C_g = ۲$ برای سازهٔ ساختمان و $C_g = ۲/۵$ برای پوسته خارجی و اعضای ثانویه سازه‌ای استفاده شود.

www.omranmobin.com

ضریب اثر جهشی باد داخلی

برای فشارهای داخلی $C_{gi} = ۲/۰$ و یا محاسبات دقیق‌تری که اندازه‌های بازشوها را در ساختمان، فشار حجم داخلی و انعطاف‌پذیری ساختمان را در نظر گرفته باشد.

برای سازه‌های بزرگ که یک حجم تیغه‌بندی نشده منفرد را احاطه می‌کند

$$C_{gi} = ۱ + \frac{۱}{\sqrt{۱ + \tau}}$$

www.omranmobin.com

که τ یک متغیر وابسته به زمان است که فشار داخلی لازم دارد تا به تغییرات فشار خارجی در بازشوها پاسخ دهد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tau = \frac{V_.}{۶۹۵۰A}\left[۱ + ۱/۴۲ \times ۱۰^{۵}\frac{A_s}{V_.}\delta\right]$$

$V_.$ = حجم داخلی برحسب $m^۳$،

A = مساحت کل همهٔ بازشوهای خارجی حجم مورد نظر بر حسب $m^۲$،

A_s = مساحت کل سطح داخلی حجم مورد نظر(به استثنای دال‌های روی سطح زمین)، برحسب $m^۲$

δ = میزان انعطاف پذیری پوستهٔ ساختمان و میانگین تغییرمکان به سمت بیرون پوستهٔ احجام در هر واحد افزایش فشار داخلی، برحسب $\frac{m^۳}{N}$.

مقدار متعارف δ برای ساختمان‌های با پوستهٔ خارجی و نمای فلزی حدوداً $۵\times۱۰^{-۵}\ \frac{m^۳}{N}$ می‌باشد. در مواقعی که تخمین δ مشکل باشد، به طور محافظه کارانه صفر در نظر گرفته می‌شود.

www.omranmobin.com

تمرین : **ضریب جهشی باد برای محاسبهٔ فشار داخلی را برای یک انبار کالا با ابعاد پلان $۴۰\times۹۰m$ و ارتفاع ۵ متر به‌دست آورید. (۵ درصد مساحت جانبی دیوارهای این انبار، بازشو در آن وجود دارد.)**

در این سازه تیغه‌بندی وجود ندارد، ضریب جهشی داخلی :

$$C_{gi} = ۱ + \frac{۱}{\sqrt{۱+\tau}}$$

$$\tau = \frac{V_۰}{۶۹۵۰A}\left(۱+۱/۴۲\times۱۰^{۵}\frac{A_s}{V_۰}\delta\right)$$

با توجه به نداشتن اطلاعات در مورد نمای ساختمان، به‌طور محافظه‌کارانه فرض می‌کنیم که سازه انعطاف‌پذیر نبوده و $\delta = ۰$ می‌باشد.

$$V_۰ = ۴۰\times۹۰\times۵ = ۱۸۰۰۰m^{۳}$$

مساحت جانبی دیوارها $= ۲\times(۴۰\times۵)+۲\times(۹۰\times۵) = ۱۳۰۰m^{۲}$ (سازه ۴ دیوار بزرگ دارد)

مساحت بازشوها : $A = \boxed{۰/۰۵} \times \boxed{۱۳۰۰} = ۶۵m^{۲}$

۵ درصد ← ، مساحت جانبی ←

$$\tau = \frac{۱۸۰۰۰}{۶۹۵۰\times۶۵}\left[۱+۱/۴۲\times۱۰^{۵}\times\frac{A_s}{V_۰}\times۰\right] = ۰/۰۴ \Rightarrow C_{gi} = ۱+\frac{۱}{\sqrt{۱+۰/۰۴}} = ۱/۹۸$$

با توجه به صفر فرض کردن δ ، عملاً نیازی به محاسبهٔ A_s برای سازه نبود.

در ساختمان‌های معمولی با ابعاد و درصد بازشوی متعارف، اثر پارامتر τ کم بوده و فرض $C_{gi} = ۲$، فرض معقولی است (یعنی صرف‌نظر کردن از اثر τ).

www.omranmobin.com

ضرایب فشار، C_p ، C_p^* ، C_{pi}

ضرایب فشار، نسبت‌های بی‌بعد فشارهای ایجاد شده توسط باد روی سطح ساختمان به فشار سرعتی باد در ارتفاع مبنا می‌باشند. این ضرایب، اثرات شکل آیرودینامیکی ساختمان، زاویه سطح باد خور به جهت جریان باد و تغییرات سرعت باد با ارتفاع را در بر می‌گیرد.

www.omranmobin.com

ضرایب فشار خارجی برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه

$$\begin{cases} \dfrac{H}{D_s} < 1 \\ h < 20m \end{cases}$$

H : ارتفاع پای شیب

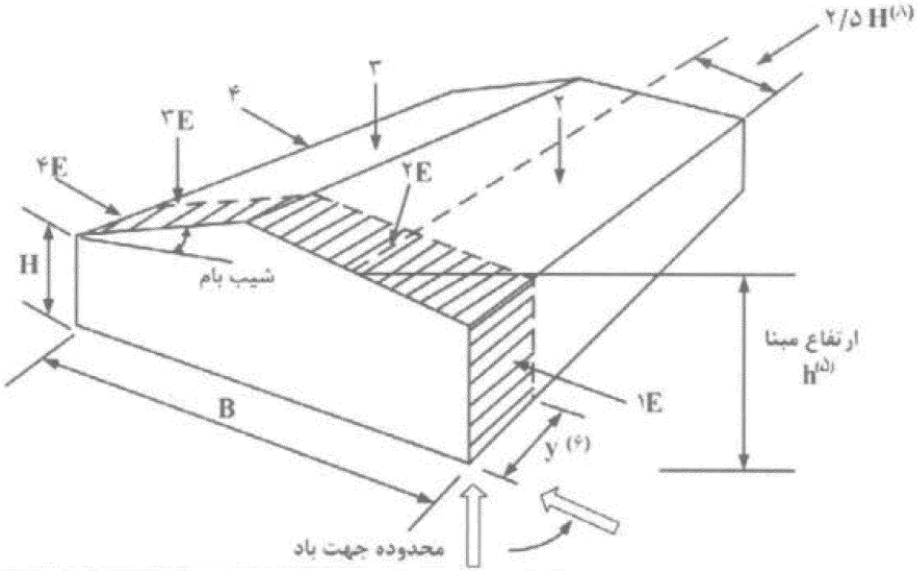
h : ارتفاع مبنا

D_s : بعد کوچکتر پلان

www.omranmobin.com

ضریب بیشینه مرکب فشار و باد جهشی خارجی، C_pC_g، برای کنش‌های سازه‌ای اولیه ناشی از اثر هم زمان بار باد روی کلیه سطوح

بارگذاری الف: باد عموماً عمود بر لبه



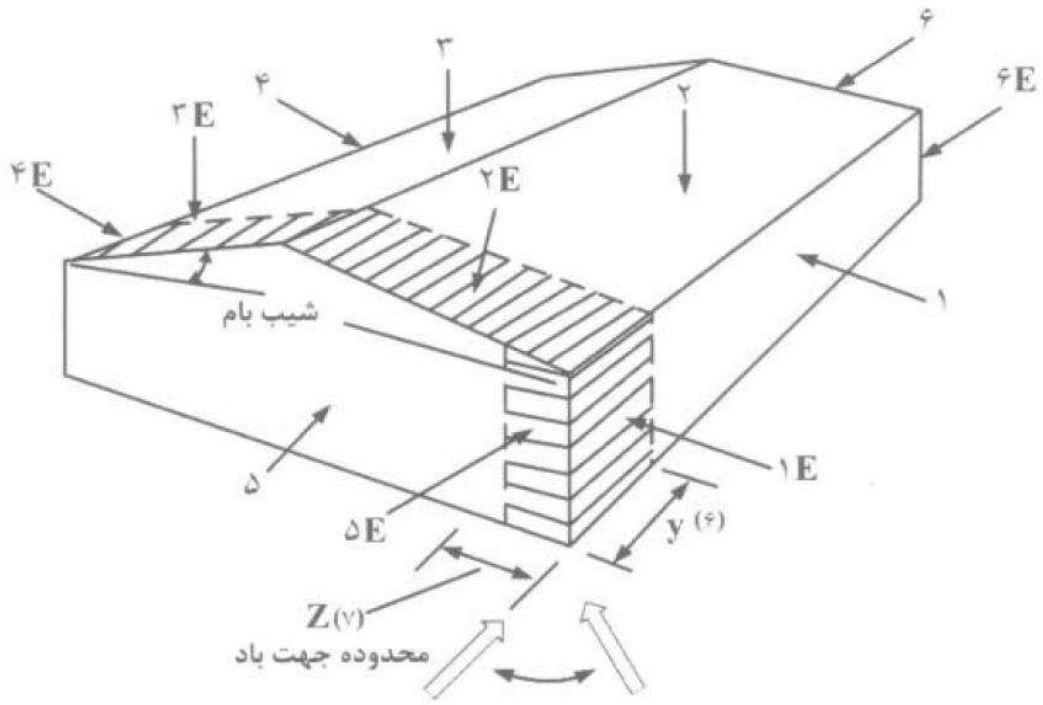
شیب بام	سطوح ساختمان							
	۱	۱E	۲	۲E	۳	۳E	۴	۴E
۰° تا ۵°	۰٫۷۵	۱٫۱۵	-۱٫۳	-۲٫۰	-۰٫۷	-۰٫۳	-۰٫۵۵	-۰٫۸
۲۰°	۱	۱٫۵	-۱٫۳	-۲٫۰	-۰٫۹	-۱٫۳	-۰٫۸	-۱٫۲
۳۰° تا ۴۵°	۱٫۰۵	۱٫۳	۰٫۴	۰٫۵	-۰٫۸	-۱٫۰	-۰٫۷	-۰٫۹
۹۰°	۱٫۰۵	۱٫۳	۱٫۰۵	۱٫۳	-۰٫۷	-۰٫۹	-۰٫۷	-۰٫۹

www.omranmobin.com

برای $B/H<5$ در بارگذاری A، ضرایب منفی روی سطوح ۲، ۲E باید تنها روی سطحی اعمال شوند که پهنای آن از محل پاشیب رو به به باد، ۲/۵H باشد. فشار روی بقیهٔ بام رو به باد باید به ضرایب مشخص شده برای بام پشت به باد (ضرایب مربوط به سطوح ۳، ۳E) کاهش یابد.

www.omranmobin.com

بارگذاری ب: باد عموماً موازی با لبه



شیب بام	سطوح ساختمان											
	۱	۱E	۲	۲E	۳	۳E	۴	۴E	۵	۵E	۶	۶E
۰° تا ۹۰°	-۰٫۸۵	-۰٫۹	-۱٫۳	-۲٫۰	-۰٫۷	-۱٫۰	-۰٫۸۵	-۰٫۹	۰٫۷۵	۱٫۱۵	-۰٫۵۵	-۰٫۸

www.omranmobin.com

$$z = \min\left\{10\%D_s \ , \ 40\%H\right\} \geq \max\left\{4\%D_s \ , \ 1m\right\}$$

$$y = \max\left\{2z \ , \ 6m\right\}$$

H : ارتفاع پای شیب

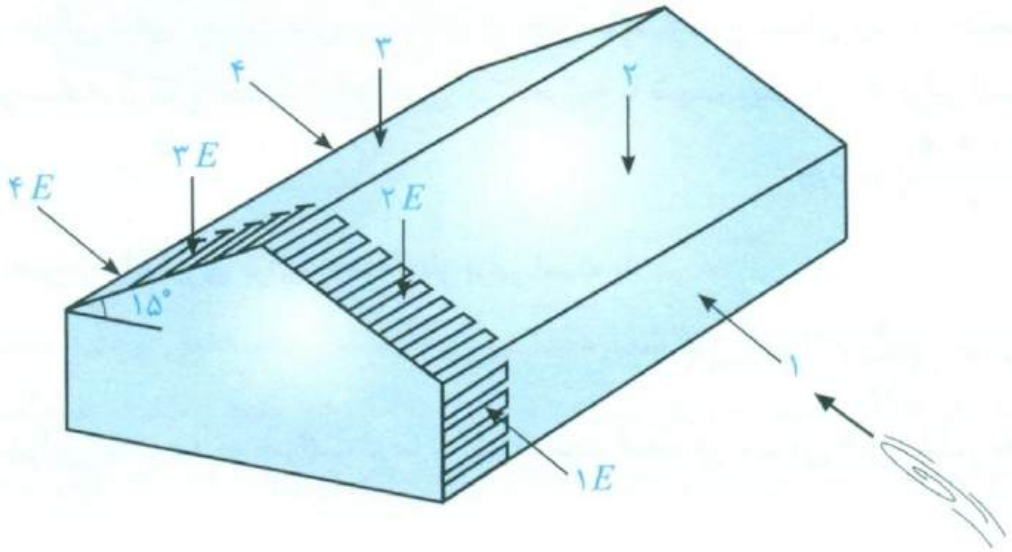
D_s : بعد کوچکتر پلان

ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند.

برای مقادیر نشان داده نشدهٔ شیب بام، ضریب $C_p C_g$ می‌تواند به صورت خطی میانیابی شود.

www.omranmobin.com

تمرین : یک ساختمان کوتاه‌مرتبه، دارای سقفی با شیب ۱۵ درجه است. ضرایب ترکیبی $C_p C_g$ را برای سطوح (۱) و (۲) در شکل زیر تعیین کنید. (فرض کنید جهت باد، عمود بر خط‌الرأس بام است)



در جدول، ضرایب برای زاویهٔ ۱۵ درجه تعریف نشده‌اند. بنابراین باید با کمک درون‌یابی خطی بین دو زاویهٔ ۵ درجه و ۲۰ درجه، مقدار $C_p C_g$ را در زاویهٔ ۱۵ درجه به‌دست آوریم:

سطح ۱:

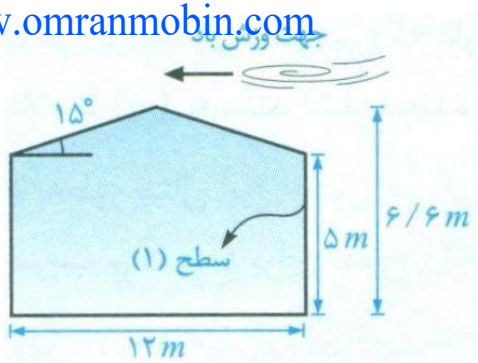
$$\begin{matrix}5^\circ & 0/75\\ 15 & x\\ 20^\circ & 1\end{matrix} \xrightarrow{\text{درون‌یابی خطی}} \frac{20^\circ-5^\circ}{15^\circ-5^\circ}=\frac{1-0/75}{x-0/75} \Rightarrow x=0/91$$

سطح ۲:

$$\begin{matrix}5^\circ & -1/3\\ 15 & x\\ 20^\circ & -1/3\end{matrix} \xrightarrow{\text{درون‌یابی خطی}} x=-1/3$$

www.omranmobin.com

تمرین : درصورتی که ساختمان تمرین قبل دارای پلانی با ابعاد ۳۰ × ۱۲ متر و ارتفاع نشان داده شده در شکل روبرو باشد و در محوطهٔ بازی در اطراف شهر شیراز قرار گرفته باشد، فشار باد وارد بر سطح (۱) در حالت جریان عمود بر خط‌الرأس چقدر است؟ ($I_w = ۱$ و از اثرات موضعی باد صرف‌نظر کنید.)



$$P = I_w \; q \, C_e \, C_p \, C_g$$

با توجه به این‌که ساختمان در شهر شیراز قرار گرفته است، فشار مبنای باد برابر است با:

$$q = ۰/۳۹۲ \; kN/m^۲$$

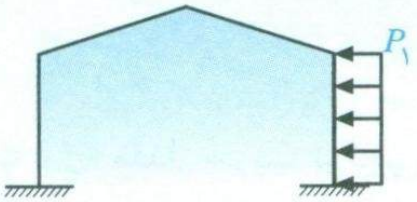
ارتفاع مبنای ساختمان کوتاه‌مرتبه با شیب بیش از ۷° برابر است با:

$$h = max\{۶ \; , \; \frac{a+b}{۲}\} = max\{۶ \; , \; \frac{۵+۶/۶}{۲}\} = ۶m$$

و ضریب بادگیری برای محیط باز برابر است با:

$$C_e = max\{۰/۹ \; , \; (\frac{h}{۱۰})^{۰/۲}\} = max\{۰/۹ \; , \; (\frac{۶}{۱۰})^{۰/۲}\} = ۰/۹$$

با توجه به ضرایب $C_p \, C_g$ به‌دست آمده در تمرین قبل، فشار باد وارد بر سطح (۱) سازه برابر است با:



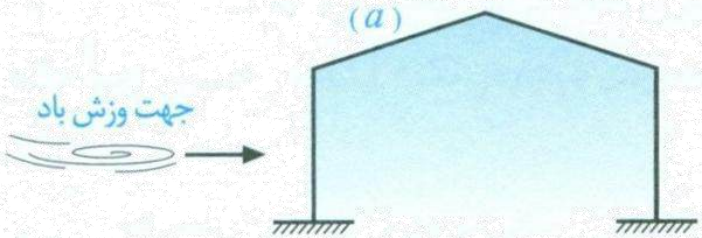
$$P_۱ = I_w \; q \, C_e \, C_p \, C_g = ۱ \times ۰/۳۹۲ \times ۰/۹ \times \boxed{۰/۹۱} = ۰/۳۲۱ \; kN/m^۲$$

$C_p \, C_g$

دقت شود که با ضرب $P_۱$ در مساحت سطح (۱)، عملاً نیروی سطح (۱) نیز به‌دست می‌آید.

www.omranmobin.com

تمرین : در مورد اثر باد بر سقف شیب‌دار در قسمت (a) کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟



۱) همواره تحت فشار خارجی است.

۲) همواره تحت کشش خارجی است.

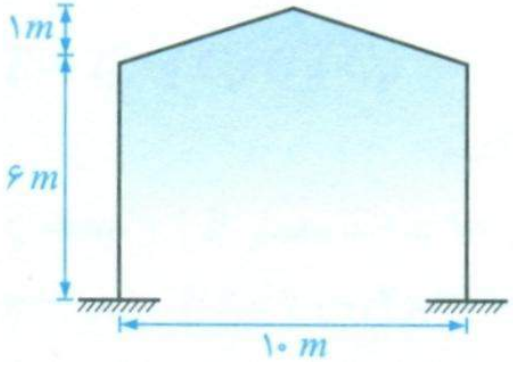
۳) بسته به زاویهٔ شیب بام، ممکن است تحت فشار یا کشش خارجی باشد.

۴) قسمتی از آن تحت فشار خارجی و قسمتی از آن تحت کشش خارجی است.

در سقف‌های شیب‌دار، با توجه به زاویهٔ سطح شیب‌دار، بام قرار گرفته رو به باد می‌تواند تحت مکش و یا تحت فشار قرار داشته باشد، اما سطح بام پشت به باد، بدون توجه به زاویهٔ بام، همواره تحت کشش قرار دارد (اثر باد روی آن همواره به صورت مکش است). با توجه به این موضوع در قسمت (a)، با توجه به زاویهٔ سطح شیب‌دار با افق (α) و جهت وزش باد، ممکن است بام تحت فشار یا کشش قرار داشته باشد وگزینهٔ (۳) صحیح است.

www.omranmobin.com

تمرین : ساختمانی کوتاه‌مرتبه مطابق شکل زیر مفروض است. چنان‌چه جهت جریان موازی خط‌الرأس بام باشد، فشار وارد بر سطوح این سازه را به‌دست آورید. (فرض کنید $q = ۰/۶۱۳\ kN/m^۲$، $C_e = ۰/۹$، $I_w = ۱$ و از اثرات موضعی باد صرف‌نظر کنید، شکل کلی این ساختمان را مشابه شکل فوق در نظر بگیرید)



www.omranmobin.com

$$P = I_w \; q \, C_e \, C_p \, C_g$$

با توجه به این‌که جهت جریان موازی خط‌الرأس بام است، مقدار $C_p C_g$ مستقل از شیب سقف می‌باشد.

(۱) سطح : $(C_p C_g)_۱ = -۰/۸۵ \Rightarrow P_۱ = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۹ \times (-۰/۸۵) = -۰/۴۶۸ \; kN/m^۲$

(۲) سطح : $(C_p C_g)_۲ = -۱/۳ \Rightarrow P_۲ = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۹ \times (-۱/۳) = -۰/۷۱۷ \; kN/m^۲$

(۳) سطح : $(C_p C_g)_۳ = -۰/۷ \Rightarrow P_۳ = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۹ \times (-۰/۷) = -۰/۳۸۶ \; kN/m^۲$

(۴) سطح : $(C_p C_g)_۴ = -۰/۸۵ \Rightarrow P_۴ = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۹ \times (-۰/۸۵) = -۰/۴۶۸ \; kN/m^۲$

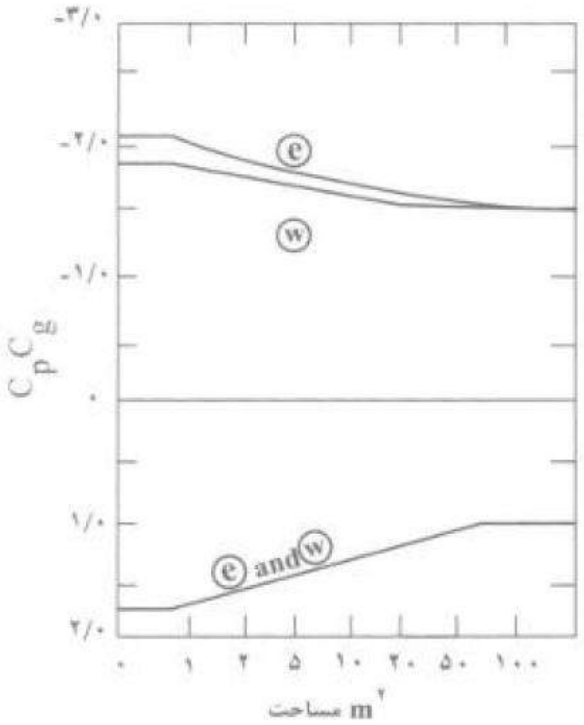
(۵) سطح : $(C_p C_g)_۵ = ۰/۷۵ \Rightarrow P_۵ = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۹ \times (۰/۷۵) = ۰/۴۱۳ \; kN/m^۲$

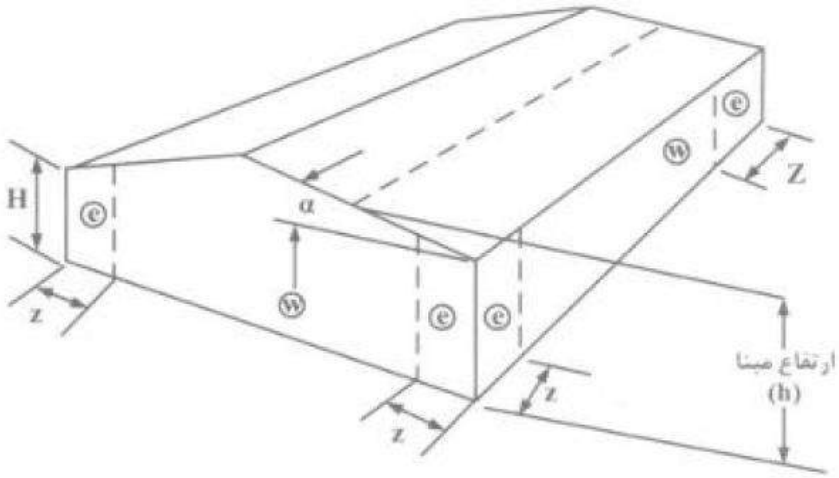
(۶) سطح : $(C_p C_g)_۶ = -۰/۵۵ \Rightarrow P_۶ = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۹ \times (-۰/۵۵) = -۰/۳۰۳ \; kN/m^۲$

در این حالت از بارگذاری، همهٔ سطوح به جز سطح ۵ تحت مکش قرار گرفته و فقط سطح ۵ (سطح رو به باد) تحت فشار قرار می‌گیرد (با توجه به صرف‌نظر کردن از اثرات موضعی، سطوح $۱E$، $۲E$، $۳E$، $۴E$، $۵E$ و $۶E$ عملاً در نظر گرفته نمی‌شود).

www.omranmobin.com

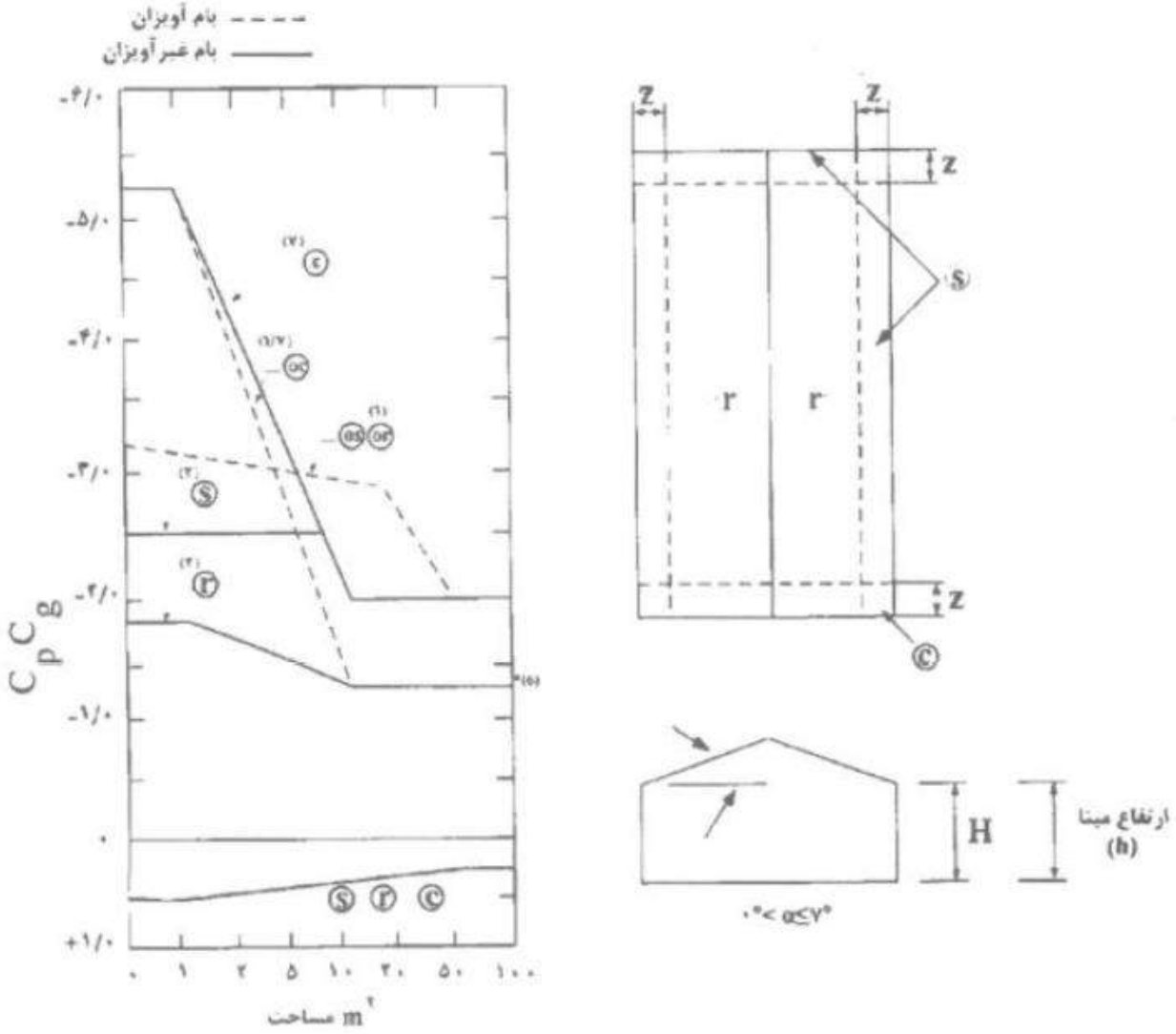
ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی، $C_p C_g$، روی دیوارهای منفرد برای طراحی اجزاء سازه‌ای و پوسته خارجی ونما





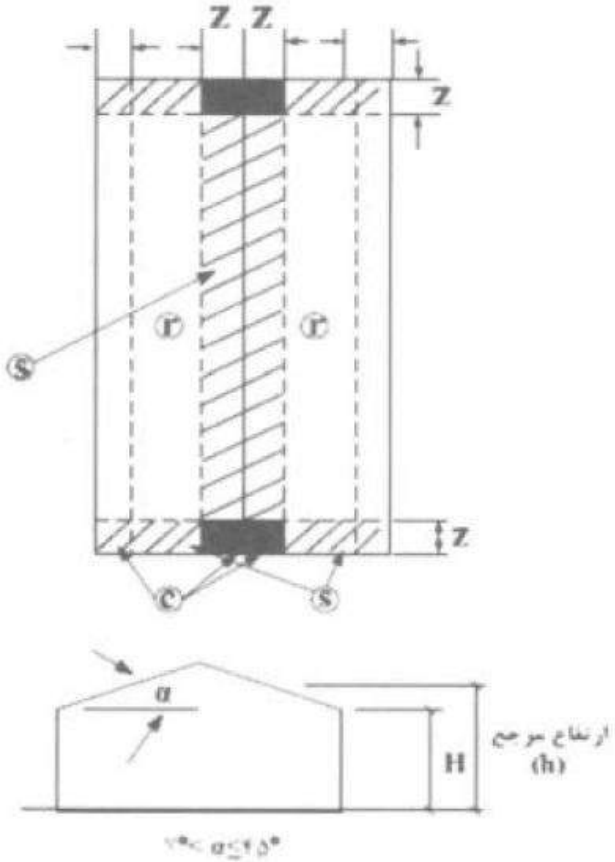
www.omranmobin.com

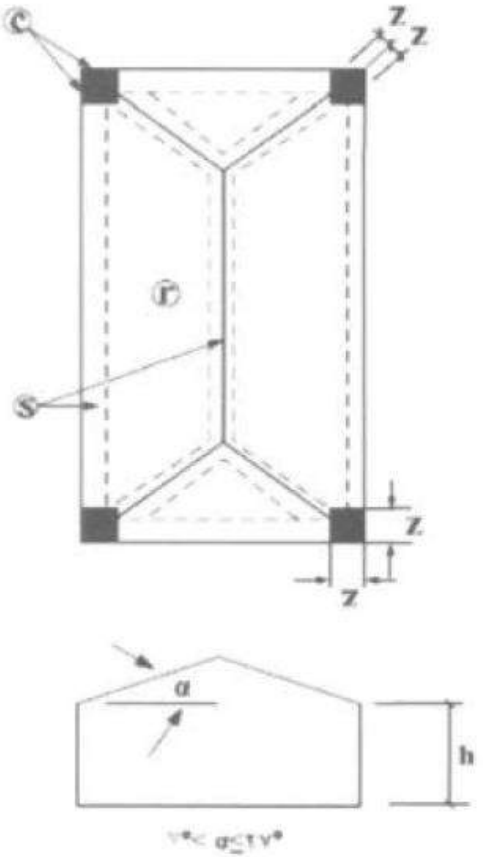
ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد، C_pC_g، روی سقف‌های با شیب 7° یا کمتر، برای طراحی اجزای سازه‌ای و پوسته خارجی



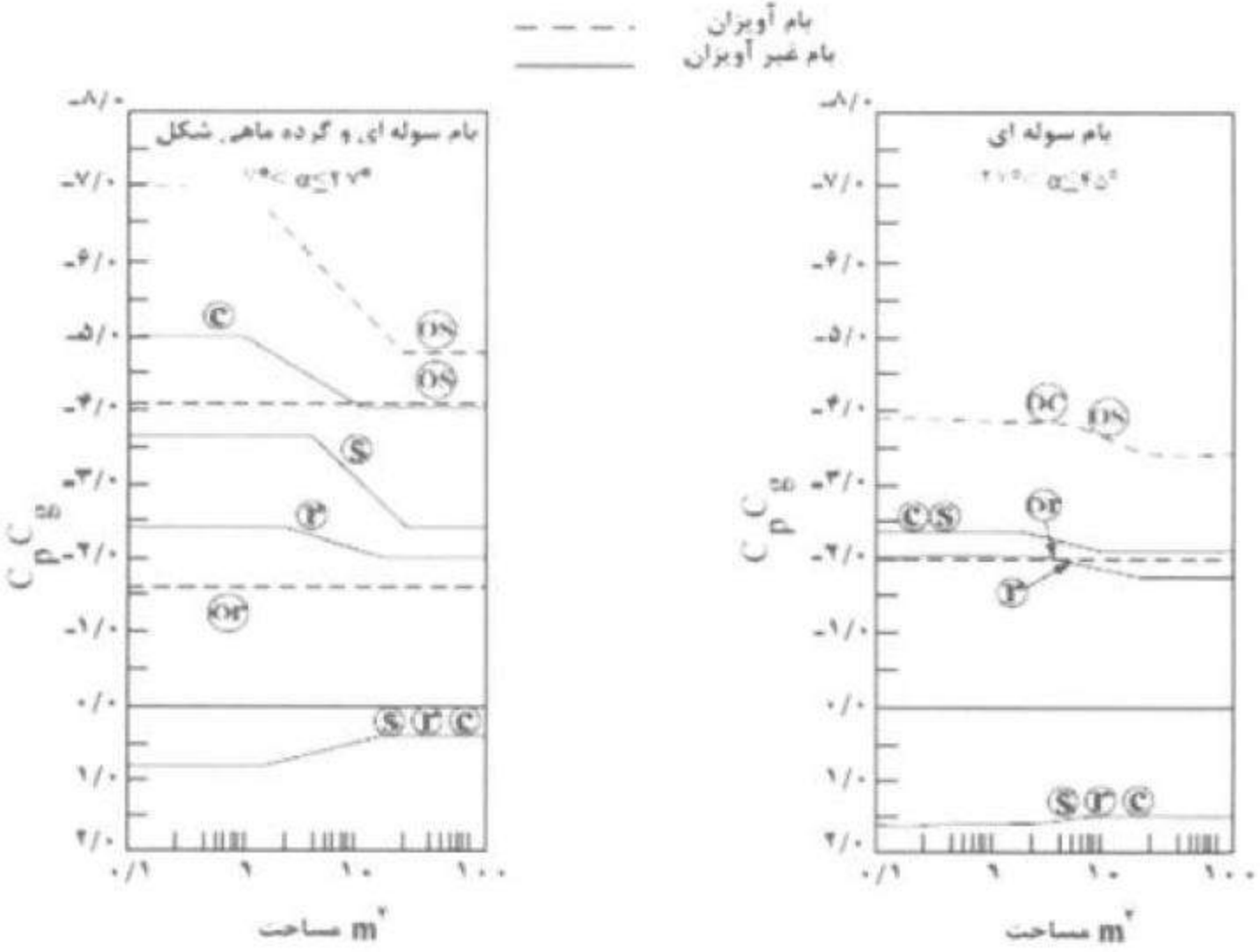
www.omranmobin.com

ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد خارجی، $C_p C_g$، روی بام‌های شیروانی تک دهانه و چند شیبه با شیب 7° یا بیشتر برای طراحی اجزای و پوسته خارجی



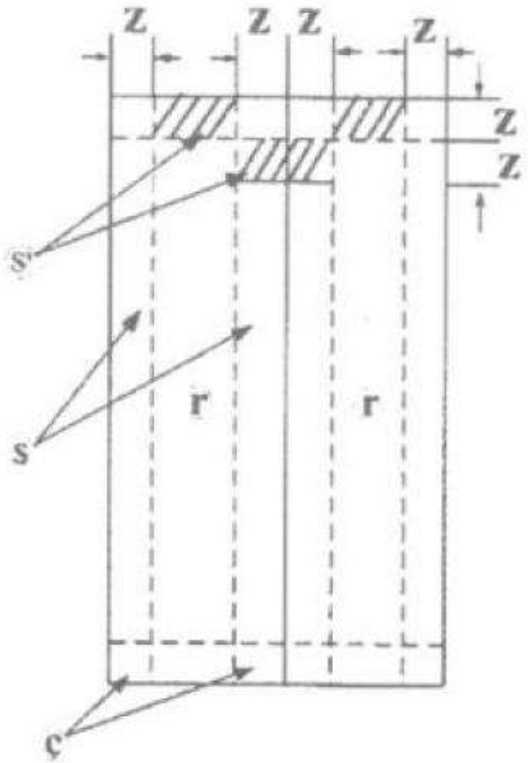


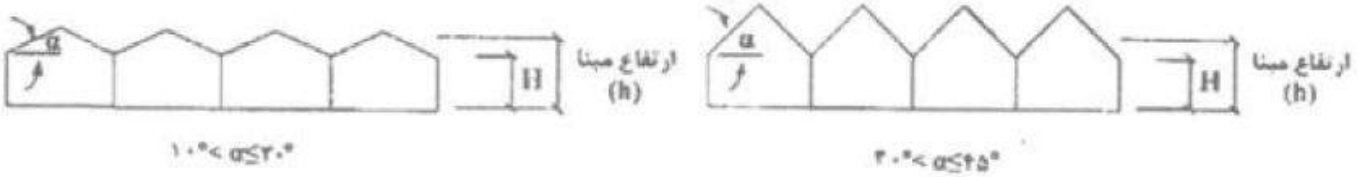
www.omranmobin.com



www.omranmobin.com

ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد، $C_p C_g$، روی بام‌های شیروانی (دندانه‌ای) چند دهانه با شیب بزرگتر از ۱۰° برای طراحی اجزای سازه‌ای و پوسته خارجی

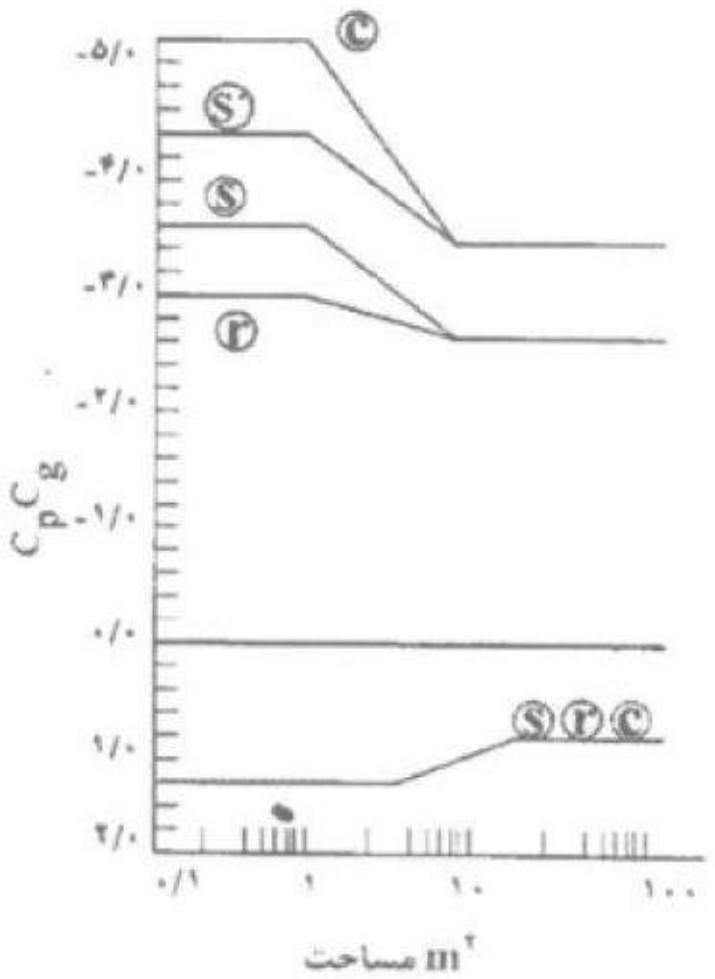


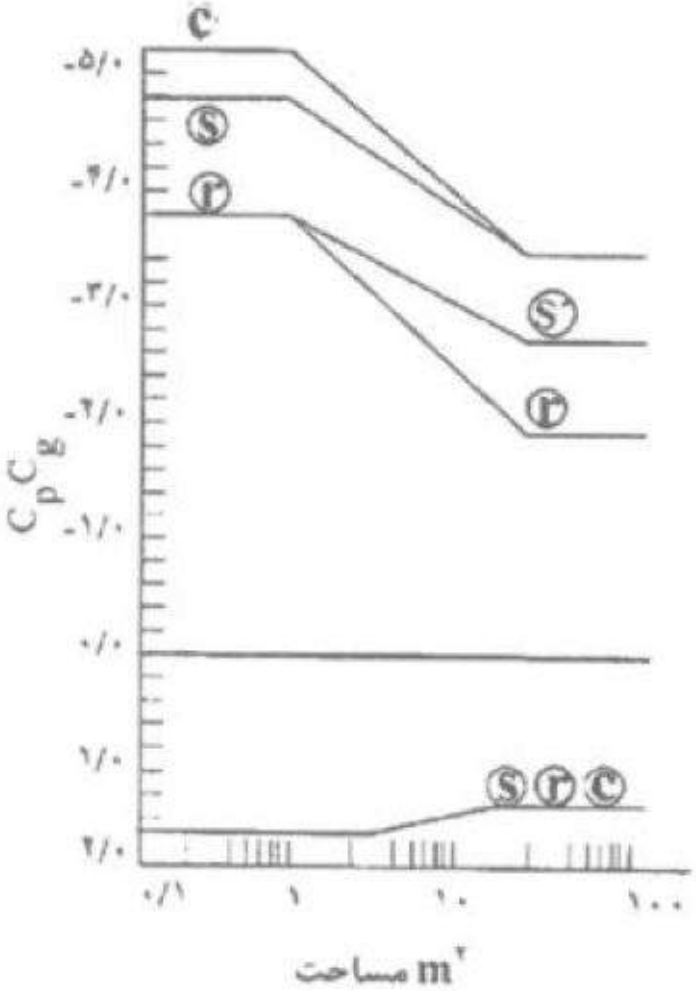


۱۰°< α≤۲۰°

۲۰°< α≤۴۵°

www.omranmobin.com





www.omranmobin.com

تمرین : دیواری به طول ۷ متر و ارتفاع ۳ متر از یک ساختمان کوتاه مرتبه مفروض است. این دیوار برای چه مقدار از نیروی جانبی ناشی از باد باید طراحی شود؟ (فرض کنید $I_w = ۱$ ، $q = ۰/۶۱۳\ kN/m^۲$ و $C_e = ۰/۹$)

برای تعیین نیروی جانبی وارد بر این دیوار، ابتدا باید نیروی فشاری و مکش ناشی از باد را محاسبه کرده و هر کدام از آنها که بحرانی‌تر بود را برای تعیین نیروی جانبی استفاده کنیم.

$$P = I_w\ q\ C_e\ C_p\ C_g$$

عرض ناحیهٔ انتهایی دیوار :

$$z = min\{C_s \text{ مقدار } ۱۰ \text{ درصد}\ ,\ H \text{ مقدار } ۴۰ \text{ درصد}\} \geq max\{C_s \text{ مقدار } ۴ \text{ درصد}\ ,\ ۱m\}$$

$$z = min\ \{۰/۱\times ۷\ ,\ ۰/۴\times ۳\} \geq max\ \{۰/۰۴\times ۷\ ,\ ۱m\} \Rightarrow z = ۱m$$

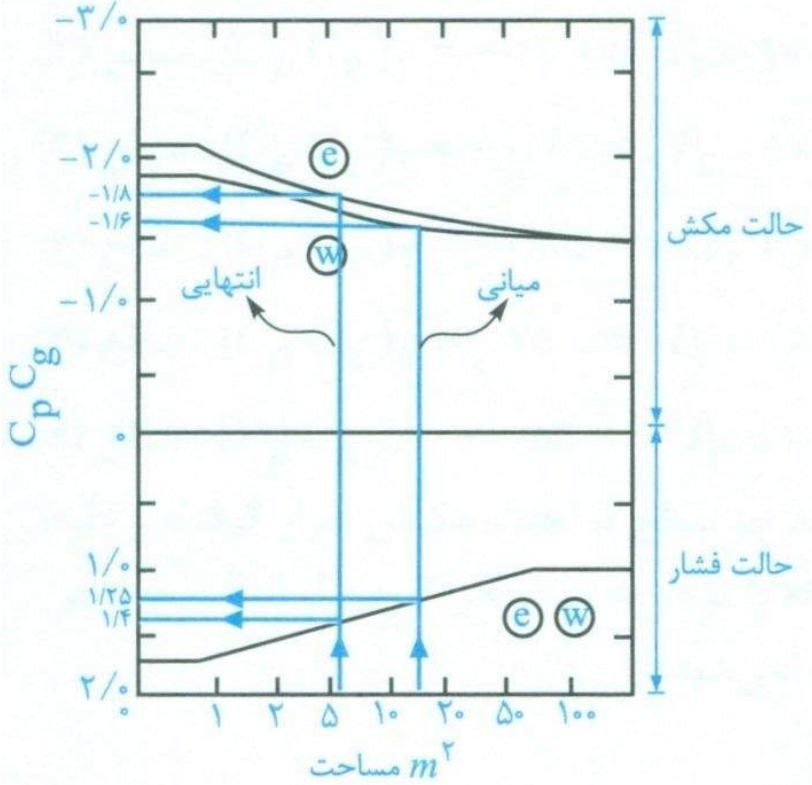
www.omranmobin.com

مساحت ناحیهٔ انتهایی و میانی در دیوار :

انتهایی : $A_e = ۲z \times h = (۲\times۱)\times۳ = ۶m^۲$

میانی : $A_w = (B - ۲z)H = (۷ - ۲\times۱)\times۳ = ۱۵m^۲$

با به‌دست آمدن مساحت این دو قسمت، ضرایب $C_p C_g$ برای دو قسمت میانی و انتهایی در دو حالت فشار و مکش برابر است با:



در حالت فشار:

$$\begin{cases} \text{میانی}: C_p C_g \simeq ۱/۲۵ \\ \text{انتهایی}: C_p C_g \simeq ۱/۴ \end{cases}$$

در حالت مکش:

$$\begin{cases} \text{میانی}: C_p C_g \simeq -۱/۶ \\ \text{انتهایی}: C_p C_g \simeq -۱/۸ \end{cases}$$

www.omranmobin.com

در حالت فشار:

ناحیهٔ میانی : $P_w = ۱\times ۰/۶۱۳\times ۰/۹\times ۱/۲۵ = ۰/۶۸۹\ kN/m^۲$

$\Rightarrow\ F_w = P_w . A_w = ۰/۶۸۹\times ۱۵ = ۱۰/۳۴\ kN$

ناحیهٔ انتهایی : $P_e = ۱\times ۰/۶۱۳\times ۰/۹\times ۱/۴ = ۰/۷۷۲\ kN/m^۲$

$\Rightarrow\ F_e = P_e . A_e = ۰/۷۷۲\times ۶ = ۴/۶۳\ kN$

کل نیروی باد در فشار : $F = F_w + F_e = ۱۰/۳۴ + ۴/۶۳ = ۱۵\ kN$

در حالت مکش:

ناحیهٔ میانی : $P_w = ۱\times ۰/۶۱۳\times ۰/۹\times (-۱/۶) = -۰/۸۸\ kN/m^۲$

$\Rightarrow\ F_w = P_w . A_w = -۰/۸۸\times ۱۵ = -۱۳/۲۴\ kN$

ناحیهٔ انتهایی : $P_e = ۱\times ۰/۶۱۳\times ۰/۹\times (-۱/۸) = -۰/۹۹\ kN/m^۲$

$\Rightarrow\ F_e = P_e . A_e = -۰/۹۹\times ۶ = -۵/۹۵\ kN$

نیروی کل ناشی از مکش باد : $F = F_w + F_e = -۱۳/۲۴ + (-۵/۹۵) = -۱۹/۱۹\ kN$

نیروی جانبی ناشی از مکش باد بیشتر بوده و کنترل کنندهٔ محاسبات خواهد بود.

www.omranmobin.com

ضرایب فشار خارجی برای ساختمان‌های بلند مرتبه

$$\frac{H}{D_s} > 1$$

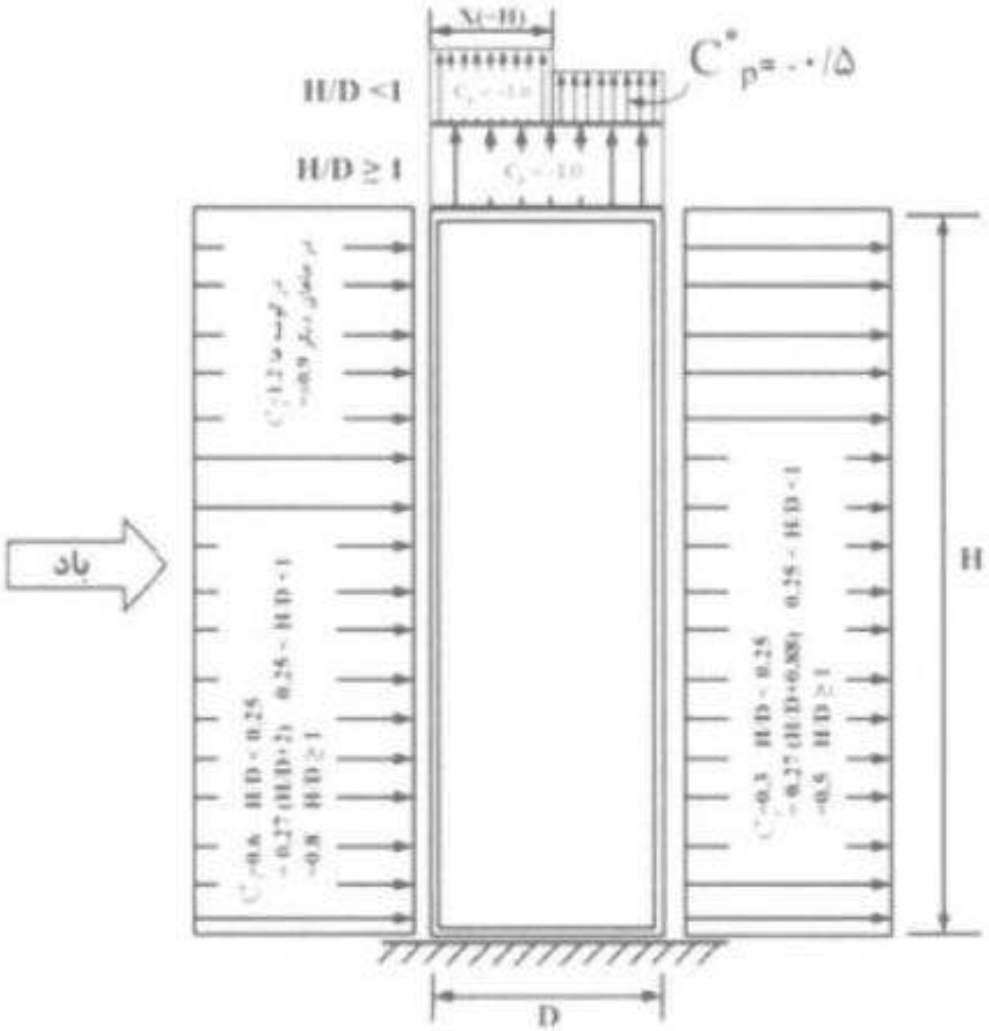
$$h > 20m$$

H : ارتفاع پای شیب

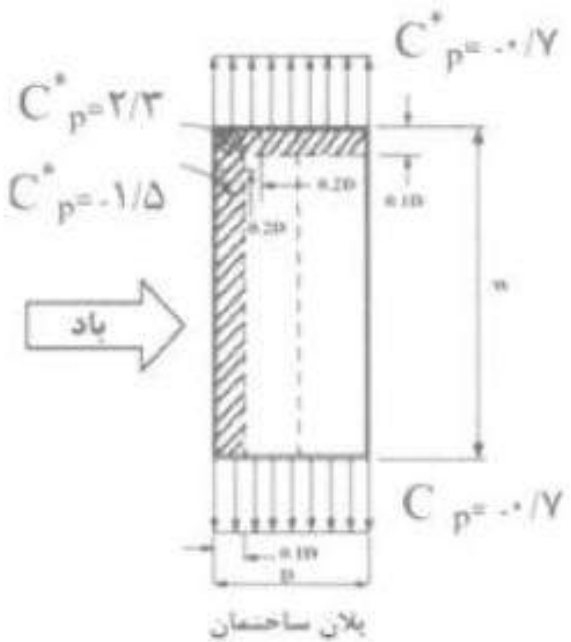
h : ارتفاع مبنا

D_s : بعد کوچکتر پلان

www.omranmobin.com



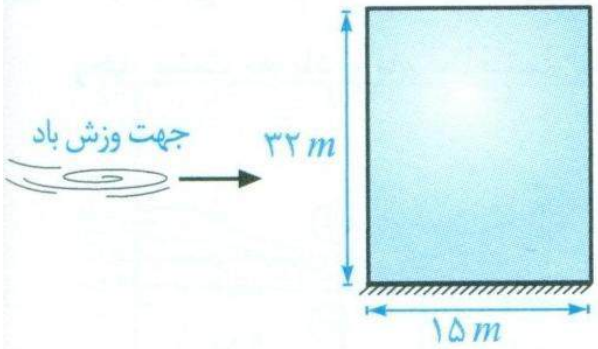
نمای ساختمان



پلان ساختمان

www.omranmobin.com

تمرین : در ساختمان بلندمرتبهٔ نشان داده شده در شکل زیر، پلان دارای ابعاد ۲۰ × ۱۵ متر بوده و در داخل شهر کرمان ساخته شده است. فشار و مکش ناشی از باد که بر سازهٔ این ساختمان در جهت نشان داده شده وارد می‌شود را حساب کنید. (فرض کنید $I_w = ۱$ ، $q = ۱/۰۳۶\ kN/m^۲$ و $C_g = ۲$)



www.omranmobin.com

$$P = I_w \; q \; C_e \; C_g \; C_p$$

وجه رو به باد و بام: $C_e = max\{۰/۷ \; , \; ۰/۷(\frac{h}{۱۲})^{۰/۳}\} = max\{۰/۷ \; , \; ۰/۷(\frac{۳۲}{۱۲})^{۰/۳}\} = ۰/۹۳$

وجه پشت به باد: $C_e = max\{۰/۷ \; , \; ۰/۷(\frac{h}{۱۲})^{۰/۳}\} = max\{۰/۷ \; , \; ۰/۷(\frac{(\frac{۳۲}{۲})}{۱۲})^{۰/۳}\} = ۰/۷۶$

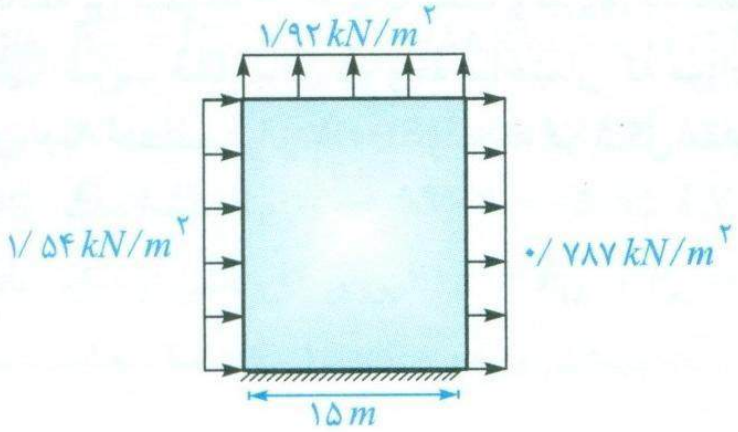
وجه رو به باد:

$$\frac{H}{D} = \frac{۳۲}{۱۵} = ۲/۱۳ > ۱ \Rightarrow C_p = ۰/۸ \Rightarrow P = ۱ \times ۱/۰۳۶ \times ۰/۹۳ \times ۰/۸ \times ۲ = ۱/۵۴ \; kN/m^۲$$

بام:

$$\frac{H}{D} = ۲/۱۳ > ۱ \Rightarrow C_p = -۱/۰ \Rightarrow P = ۱ \times ۱/۰۳۶ \times ۰/۹۳ \times (-۱) \times ۲ = -۱/۹۲ \; kN/m^۲$$

وجه پشت به باد:

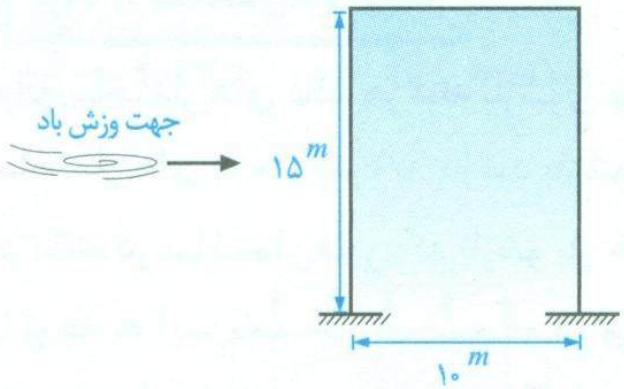


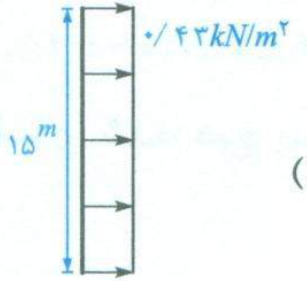
$$\frac{H}{D} = ۲/۱۳ > ۱ \Rightarrow C_p = -۰/۵$$

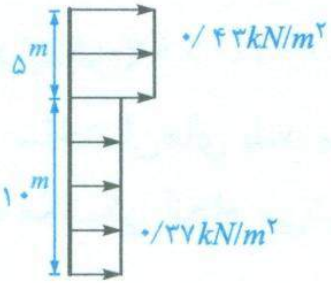
$$P = ۱ \times ۱/۰۳۶ \times ۰/۷۶ \times ۲ \times (-۰/۵) = -۰/۷۸۷ \; kN/m^۲$$

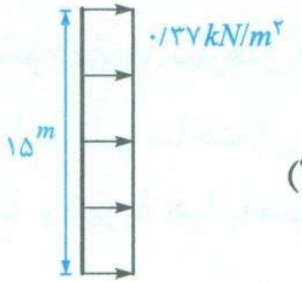
www.omranmobin.com

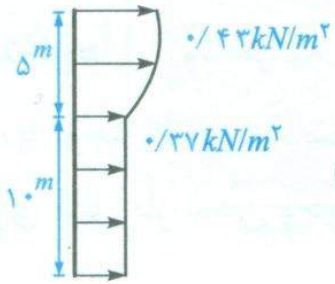
تمرین : در سازهٔ نشان داده شده، توزیع نیروی باد روی دیوار پشت به باد برحسب کیلونیوتن بر مترمربع، مطابق کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟ (سازه بلندمرتبه و در داخل شهر کاشان می‌باشد، این سازه قاب یک ساختمان مسکونی است، $C_g = ۲$)



۱)


۲)


۳)


۴)


www.omranmobin.com

$$P = I_w \; q \; C_e \; C_p \; C_g$$

ساختمان در شهر کاشان است $q = ۰/۶۱۳ \; kN/m^۲$

کاربری مسکونی $I_w = ۱$

$$h = \frac{۱۵}{۲} = ۷/۵ \, m$$

ساختمان داخل شهر

$$C_e = max \left\{ ۰/۷ \; , \; ۰/۷ (\frac{h}{۱۲})^{۰/۳} \right\} = max \left\{ ۰/۷ \; , \; ۰/۷ (\frac{۷/۵}{۱۲})^{۰/۳} \right\} = max \; \{ ۰/۷ \; , \; ۰/۶۱ \} = ۰/۷$$

ضریب فشار خارجی (C_p) برای وجه پشت به باد

$$\frac{H}{D} = \frac{۱۵}{۱۰} = ۱/۵ > ۱ \Rightarrow C_p = -۰/۵$$

P در وجه پشت به باد.

$$P = ۱ \times ۰/۶۱۳ \times ۰/۷ \times (-۰/۵) \times ۲ = -۰/۴۳ \; kN/m^۲$$

بنابراین گزینهٔ (۱) صحیح است.

www.omranmobin.com

تمرین : برای طراحی بام یک ساختمان صنعتی با مساحت $100m^2$ و ارتفاع کل کمتر از ۶ متر واقع در داخل شهر کرج، مقدار مکش ناشی از باد برحسب دکانیوتن بر متر مربع، در نواحی غیر پیرامونی بام به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (ضریب $C_p C_g$ برای سقف برابر ۲- فرض شود.)

۱) ۸۰ ۲) ۸۵ ۳) ۶۴ ۴) ۹۶

ارتفاع مبنای سازه برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه $\{6m$, ارتفاع متوسط $\}\ max$ در نظر گرفته می‌شود که در اینجا برابر ۶ متر است.

$$C_e = max\{0/7\ ,\ 0/7(\frac{h}{12})^{0/3}\} = max\{0/7\ ,\ 0/7(\frac{6}{12})^{0/3}\} = 0/7$$

در جدول فشار مبنای باد شهر کرج داده نشده است، در این‌گونه موارد فرض می‌شود که فشار مبنای باد در شهر کرج مطابق شهر تهران و برابر $0/613\ kN/m^2$ باشد.

ساختمان‌های صنعتی در گروه خطرپذیری ۳ قرار می‌گیرند و ضریب اهمیت آن‌ها ۱ می‌باشد.

$$P = I_w\ q\ C_e\ C_p\ C_g = 1\times 0/613\times 0/7\times(-2) = -0/85\ kN/m^2 = -850\ N/m^2 = -85dN/m^2$$

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح می‌باشد.

www.omranmobin.com

www.omranmobin.com

فصل هفتم:

بار زلزله

www.omranmobin.com

گروه بندی ساختمان ها برحسب شکل

ساختمان ها برحسب شکل به دو گروه منظم و نامنظم تقسیم می شوند:

۱- ساختمان های منظم

ساختمان های منظم، به گروهی از ساختمان ها اطلاق می شود که دارای کلیه ویژگی های زیر باشند:

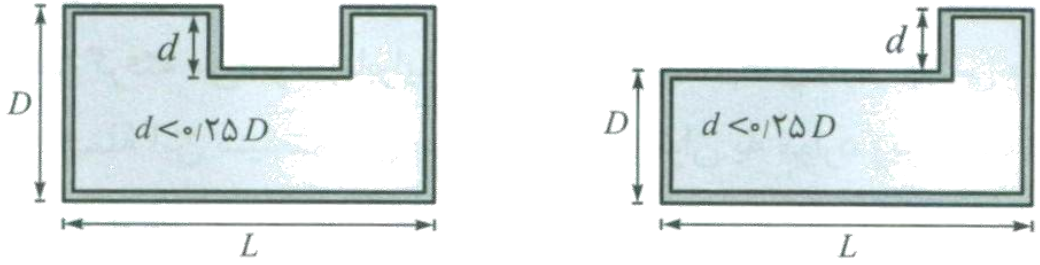
۱ منظم بودن در پلان

۲ منظم بودن در ارتفاع

www.omranmobin.com

۱-۱ منظم بودن در پلان

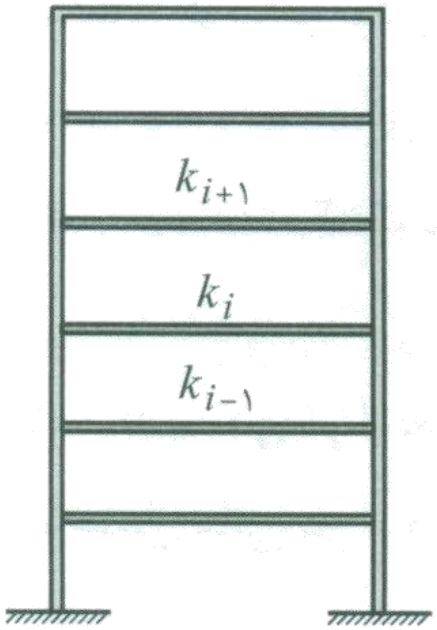
الف- پلان ساختمان دارای شکل متقارن و یا تقریباً متقارن نسبت به محورهای اصلی ساختمان، که معمولاً عناصر مقاوم در برابر زلزله در امتداد آن قرار دارند، باشد. همچنین در صورت وجود فرورفتگی یا پیش آمدگی در پلان، اندازه آن در هر امتداد از ۲۵ درصد بعد خارجی ساختمان در آن امتداد تجاوز ننماید.



ب- در هر طبقه فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر نباشد.

www.omranmobin.com

پ- تغییرات ناگهانی در سختی دیافراگم هر طبقه نسبت به طبقات مجاور از ۵۰ درصد بیشتر نبوده و مجموع سطوح بازشو در آن از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم تجاوز ننماید.

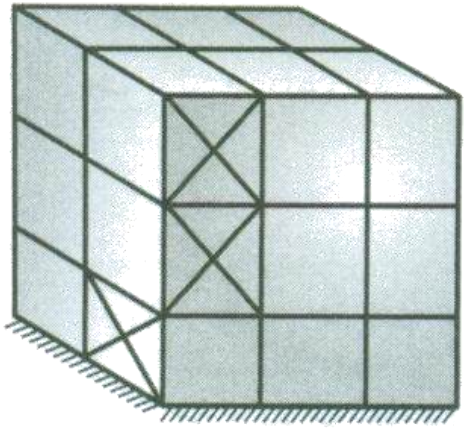


$$0.5k_{i+1} < k_i < 1.5k_{i+1}$$

$$0.5k_{i-1} < k_i < 1.5k_{i-1}$$

www.omranmobin.com

ت- در مسیر انتقال نیروی جانبی به زمین، انقطاعی مانند تغییر صفحه اجزای باربر جانبی در طبقات وجود نداشته باشد.



ث- در هر طبقه حداکثر تغییر مکان نسبی در انتهای ساختمان، با احتساب پیچش تصادفی، بیشتر از ۲۰ درصد با متوسط تغییر مکان نسبی دو انتهای ساختمان در آن طبقه اختلاف نداشته باشد.

www.omranmobin.com

درصورتی‌که فاصلهٔ مرکز جرم و مرکز سختی در امتداد x، در طبقات مختلف یک ساختمان و بیست درصد بعد ساختمان در همان امتداد به‌صورت زیر باشند، ساختمان نامنظم در پلان تلقی می‌شود: **(پایه ۳- ۸۶)**

۱) ۵ متر و ۴ متر ۲) ۴ متر و ۵ متر ۳) ۵ متر و ۵ متر ۴) ۴ متر و ۴ متر

حل: همان‌طور که گفته شد، درصورتی‌که فاصلهٔ مرکز جرم و سختی در هر امتداد x و y، از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر باشد، ساختمان در پلان نامنظم تلقی می‌شود. با توجه به اعداد داده شده در گزینه‌ها داریم:

گزینهٔ ۱
$$\begin{cases} \text{فاصلهٔ مرکز جرم و سختی در راستای } x : |x_m - x_s| = ۵\ m \\ \text{بیست درصد بعد ساختمان در راستای } x : ۰/۲D = ۴\ m \end{cases} \Rightarrow ۵ > ۴$$

بنابراین ساختمان در پلان نامنظم است.

گزینهٔ ۲
$$\begin{cases} |x_m - x_s| = ۴\ m \\ ۰/۲D = ۵\ m \end{cases} \Rightarrow ۴ < ۵$$

گزینهٔ ۳
$$\begin{cases} |x_m - x_s| = ۵\ m \\ ۰/۲D = ۵\ m \end{cases} \Rightarrow ۵ \leq ۵$$

گزینهٔ ۴
$$\begin{cases} |x_m - x_s| = ۴\ m \\ ۰/۲D = ۴\ m \end{cases} \Rightarrow ۴ \leq ۴$$

بنابراین گزینهٔ (۱) صحیح است.

www.omranmobin.com

۱-۲ منظم بودن در ارتفاع

الف- توزیع جرم در ارتفاع ساختمان، تقریباً یکنواخت باشد به طوری که جرم هیچ طبقه ای، به استثنای بام و خرپشته بام نسبت به جرم طبقه زیر خود بیشتر از ۵۰ درصد تغییر نداشته باشد.

$$۰/۵\, m_{i-۱} \le m_i \le ۱/۵\, m_{i-۱}$$

m_i: جرم طبقهٔ i ام

$m_{i-۱}$: جرم طبقهٔ $i-۱$ ام

ب- سختی جانبی در هیچ طبقه ای کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی سه طبقه روی خود نباشد.

$$k_i \ge ۰/۷\, k_{i+۱}$$

$$k_i \ge ۰/۸\left(\frac{k_{i+۱}+k_{i+۲}+k_{i+۳}}{۳}\right)$$

k_i: سختی طبقهٔ i ام

$k_{i+۱}$, $k_{i+۲}$, $k_{i+۳}$: سختی طبقات فوقانی طبقهٔ i ام

نکته: طبقه‌ای که سختی جانبی آن کمتر از مقادیر فوق باشد، انعطاف‌پذیر تلقی شده و طبقهٔ « نرم» نامیده می‌شود. گسیختگی طبقهٔ نرم با تغییرشکل زیاد همراه می‌باشد.

www.omranmobin.com

پ- مقاومت جانبی هیچ طبقه ای کمتر از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود نباشد.

$$R_i \geq ۰/۸ R_{i+۱}$$

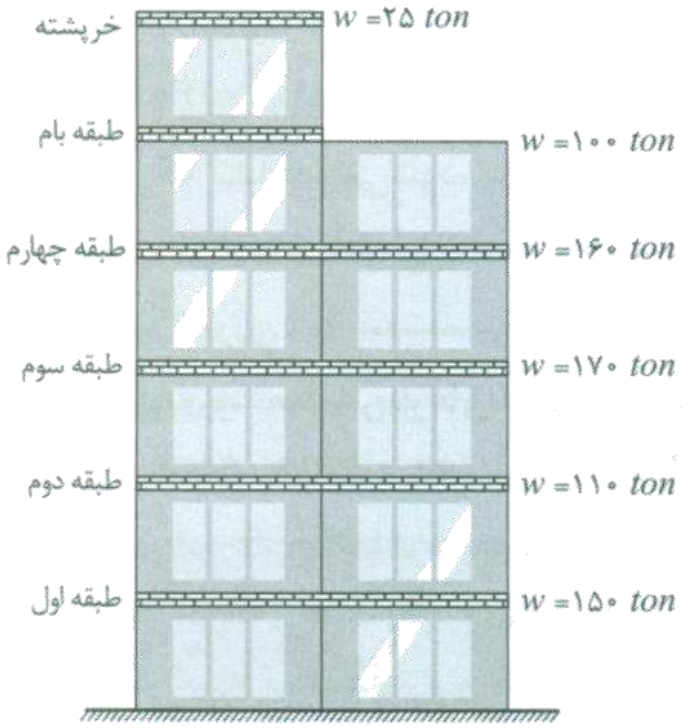
R_i: مقاومت طبقهٔ i ام

$R_{i+۱}$: مقاومت طبقهٔ $i+۱$ ام

مقاومت هر طبقه برابر با مجموع مقاومت جانبی کلیه اجزای مقاومی است که برش طبقه را در جهت مورد نظر تحمل می نمایند.

نکته: طبقه‌ای که مقاومت جانبی آن کمتر از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقهٔ فوقانی خود باشد، طبقهٔ « ضعیف » نامیده می‌شود. گسیختگی طبقهٔ ضعیف به‌صورت شکست برشی و ناگهانی اتفاق می‌افتد.

www.omranmobin.com



ساختمانی با وزن طبقات مطابق با شکل، موجود است. از لحاظ منظم بودن ساختمان در ارتفاع، با توجه به وزن طبقات، کدام‌یک از موارد زیر صحیح است؟

(پایه ۲- ۸۰)

۱) ساختمان از نظر جرم نامنظم است، چون وزن بام چهار برابر وزن خرپشته است.

۲) ساختمان از نظر جرم نامنظم است، چون وزن طبقهٔ چهارم بیش از ۵۰ درصد نسبت به بام تغییر دارد.

۳) ساختمان از نظر جرم طبقات منظم محسوب می‌شود.

۴) ساختمان از نظر جرم نامنظم است، چون وزن طبقهٔ سوم نسبت به طبقهٔ دوم بیش از ۵۰ درصد تغییر دارد.

www.omranmobin.com

حل: ساختمان هنگامی به لحاظ توزیع جرم در ارتفاع منظم می‌باشد که جرم هیچ طبقه‌ای به استثنای بام و خرپشته، نسبت به جرم طبقهٔ زیر خود بیشتر از ۵۰ درصد تغییر نداشته باشد.

بنابراین با توجه به اعداد داده شده، تغییرات جرم را در این ساختمان بررسی می‌کنیم:

تغییر جرم طبقهٔ دوم نسبت به طبقهٔ اول: $\frac{w_2}{w_1}=\frac{110}{150}=0/73 \Rightarrow w_2=0/73w_1$

$0/5w_1 \le w_2 \le 1/5w_1 \Rightarrow 0/5w_1 \le 0/73w_1 \le 1/5w_1$

تغییر جرم طبقهٔ سوم نسبت به طبقهٔ دوم: $\frac{w_3}{w_2}=\frac{170}{110}=1/55 \Rightarrow w_3=1/55w_2>1/5w_2$

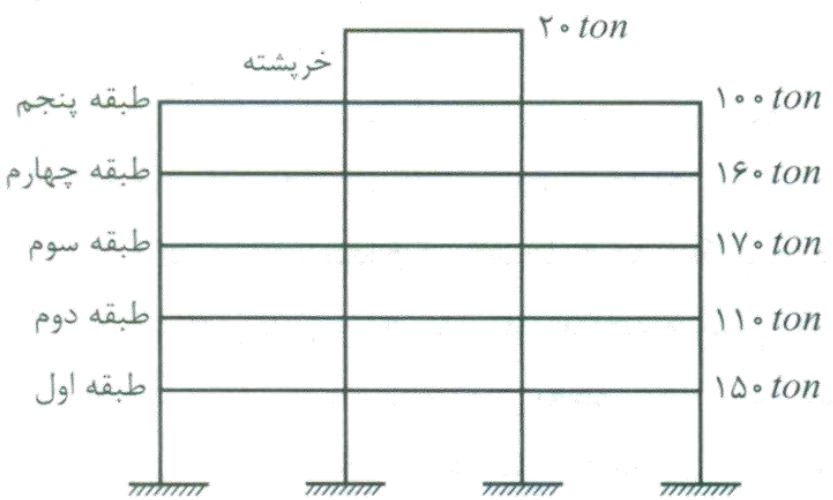
تغییر جرم طبقهٔ چهارم نسبت به طبقهٔ سوم: $\frac{w_4}{w_3}=\frac{160}{170}=0/94 \Rightarrow 0/5w_3 \le w_4=0/94w_3 \le 1/5w_3$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تغییرات جرم در طبقهٔ سوم از ۵۰ درصد جرم طبقهٔ دوم بیشتر است، بنابراین ساختمان از نظر توزیع جرم در ارتفاع نامنظم بوده و گزینهٔ (۴) صحیح می‌باشد.

www.omranmobin.com

ساختمانی با جرم طبقات معلوم مفروض است. از نظر منظمی ساختمان در ارتفاع، کدام گزینه صحیح می‌باشد؟

(پایه ۳ - ۹۰)



۱) ساختمان به لحاظ توزیع جرم در ارتفاع منظم محسوب می‌شود.

۲) ساختمان به لحاظ جرم نامنظم است، چون وزن بام بیش از ۴ برابر وزن خرپشته است.

۳) ساختمان به لحاظ جرم نامنظمی دارد، چون وزن طبقه چهارم نسبت به بام، بیش از ۵۰ درصد فرق دارد.

۴) ساختمان به لحاظ جرم نامنظم است، چون وزن طبقه سوم نسبت به طبقه دوم، بیش از ۵۰ درصد فرق دارد.

حل:

$$۰/۵\,w_{i-۱} < w_i < ۱/۵\,w_{i-۱}$$

$$۰/۵\times۱۱۰ = ۵۵ < w_۳ = ۱۷۰ \not< ۱/۵\times۱۱۰ = ۱۶۵$$

$$۰/۵\times۱۵۰ = ۷۵ < w_۲ = ۱۱۰ < ۱/۵\times۱۵۰ = ۲۲۵$$

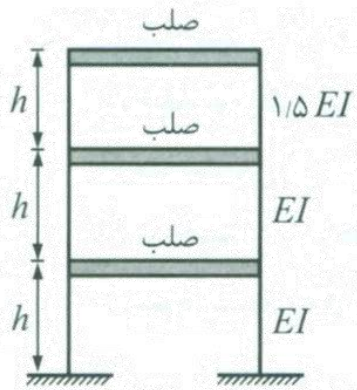
$$۰/۵\times۱۶۰ = ۸۰ < w_۵ = ۱۰۰ < ۱/۵\times۱۶۰ = ۲۴۰$$

$$۰/۵\times۱۷۰ = ۸۵ < w_۴ = ۱۶۰ < ۱/۵\times۱۷۰ = ۲۵۵$$

همانطور که مشاهده می‌شود، وزن طبقهٔ سوم بیشتر از ۵۰ درصد نسبت به وزن طبقهٔ دوم تغییر داشته است؛ لذا ساختمان در ارتفاع نامنظم محسوب می‌شود. بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

www.omranmobin.com

در قاب روبه‌رو، تحت اثر بارهای ناشی از زلزله، مقاومت جانبی طبقات اول و دوم و سوم به‌ترتیب $۸ton$، $۹ton$ و $۱۰ton$ می‌باشد. گزینهٔ صحیح، کدام است؟ **(پایه ۳- شهریور ۹۱)**



۱) در این قاب طبقهٔ نرم وجود دارد.

۲) در این قاب طبقهٔ ضعیف وجود دارد.

۳) در این قاب طبقهٔ نرم و طبقهٔ ضعیف وجود ندارد.

۴) در این قاب هم طبقهٔ نرم و هم طبقهٔ ضعیف وجود دارد.

حل: در قاب موردنظر، سختی طبقهٔ دوم $\frac{۱EI}{۱/۵EI} = ۰/۶۷$ برابر سختی طبقهٔ سوم می‌باشد، بنابراین طبقهٔ دوم به عنوان طبقهٔ نرم در نظر گرفته می‌شود.

تذکر: با توجه به اینکه ارتفاع طبقات یکسان است و سقف‌ها صلب می‌باشند، می‌توان گفت سختی آنها با EI متناسب است و نسبت سختی‌ها، همان نسبت EI است.

از طرفی با توجه به مقاومت‌های داده شده برای هر طبقه داریم:

$$\frac{\text{مقاومت طبقهٔ ۱}}{\text{مقاومت طبقهٔ ۲}} = \frac{۸\,ton}{۹\,ton} = ۰/۸۹ > ۰/۸$$

$$\frac{\text{مقاومت طبقهٔ ۲}}{\text{مقاومت طبقهٔ ۳}} = \frac{۹\,ton}{۱۰\,ton} = ۰/۹ > ۰/۸$$

بنابراین در این قاب، طبقهٔ ضعیف وجود ندارد.

بنابراین گزینهٔ (۱) صحیح است.

www.omranmobin.com

تعیین مرکز جرم و مرکز سختی طبقه :

مرکز جرم

درصورتی‌که بارهای قائم (بارهای مرده و زنده)، به‌طور یکنواخت در سطح طبقه گسترده شده باشند، مرکز جرم، منطبق بر مرکز سطح طبقه می‌باشد. اما چنانچه به‌دلیل وجود بارهای زندهٔ متفاوت و یا استفاده از سیستم‌های باربر مختلف، توزیع بار در سطح طبقه یکنواخت نباشد، می‌توان با استفاده از روابط زیر مختصات مرکز جرم را تعیین نمود:

$$X_m = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}$$

$$Y_m = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i}$$

w_i : وزن جزء در نظر گرفته شده (معمولاً برای هر پانل در نظر گرفته می‌شود)

x_i: فاصلهٔ مرکز جرم جزء در نظر گرفته شده تا محور y

y_i: فاصلهٔ مرکز جرم جزء در نظر گرفته شده تا محور x

www.omranmobin.com

مرکز سختی

مرکز سختی طبقه، محلی است که چنانچه برآیند نیروهای جانبی از این نقطه بگذرد، لنگر پیچشی در طبقه به‌وجود نمی‌آید. بنابراین با توجه به این‌که نیروهای زلزله به مرکز جرم طبقه اعمال می‌شوند، در صورت انطباق مرکز سختی بر مرکز جرم، لنگر پیچشی در طبقه ایجاد نمی‌شود.

مختصات مرکز سختی طبقه را می‌توان به‌صورت تقریبی با استفاده از روابط زیر محاسبه نمود:

$$X_s = \frac{\sum k_{y_i} x_i}{\sum k_{y_i}}$$

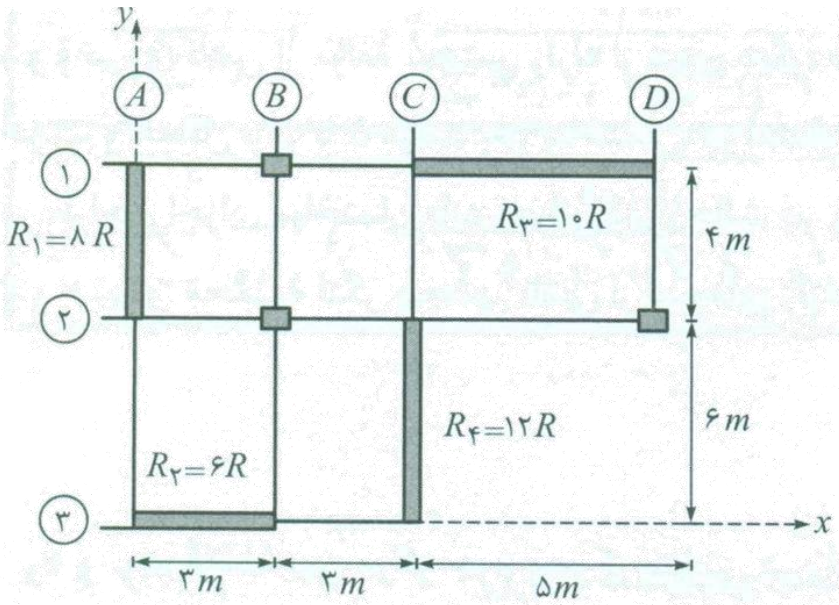
$$Y_s = \frac{\sum k_{x_i} y_i}{\sum k_{x_i}}$$

k_{x_i}: سختی جانبی عنصر i ام در امتداد محور x

k_{y_i}: سختی جانبی عنصر i ام در امتداد محور y

x_i و y_i: مختصات مرکز عنصر i ام

www.omranmobin.com



با توجه به پلان داده شده، مختصات مرکز جرم و مرکز سختی را تعیین کنید. سختی هر یک از قاب‌ها متناسب با تعداد ستون‌های آن می‌باشد و سختی هر ستون برابر R فرض می‌شود. سختی دیوارهای برشی روی پلان نشان داده شده است.

حل: با توجه به این‌که در محل دیوار برشی، ستون‌ها با دیوار یک‌پارچه شده‌اند، بنابراین سختی هر قاب که برابر مجموع سختی ستون‌های قاب است، برابر است با:

$$k_A = ۰ \ , k_B = ۲R \ , \ k_C = ۰ \ , \ k_D = R$$

$$k_۱ = R \ , k_۲ = ۲R \ , \ k_۳ = ۰$$

www.omranmobin.com

بنابراین مختصات مرکز سختی طبقه با توجه به مبدأ مختصات مشخص شده، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$X_s = \frac{\sum k_{y_i} x_i}{\sum k_{y_i}} = \frac{(k_A + R_۱)\times ۰ + k_B \times ۳ + (k_C + R_۴)\times ۶ + k_D \times ۱۱}{k_A + R_۱ + k_B + k_C + R_۴ + k_D}$$

$$X_s = \frac{۰ + ۲R \times ۳ + (۰ + ۱۲R)\times ۶ + R \times ۱۱}{۰ + ۸R + ۲R + ۰ + ۱۲R + R} = ۳/۸۷\ m$$

$$Y_s = \frac{\sum k_{x_i} y_i}{\sum k_{x_i}} = \frac{(k_۱ + R_۳)\times ۱۰ + k_۲ \times ۶ + (k_۳ + R_۲)\times ۰}{k_۱ + R_۳ + k_۲ + k_۳ + R_۲}$$

$$Y_s = \frac{(R + ۱۰R)\times ۱۰ + ۲R \times ۶ + (۰ + ۶R)\times ۰}{R + ۱۰R + ۲R + ۰ + ۶R} = ۶/۴۲\ m$$

مختصات مرکز جرم نیز با صرف‌نظر کردن از وزن دیوارهای برشی و با توجه به یکنواخت بودن بار وارد بر کف، به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$X_m = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i} = \frac{(۳\times ۱۰)\times ۱/۵ + (۳\times ۱۰)\times ۴/۵ + ۴\times ۵\times ۸/۵}{۳\times ۱۰ + ۳\times ۱۰ + ۴\times ۵} = ۴/۳۷۵\ m$$

$$Y_m = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i} = \frac{۶\times ۶\times ۳ + ۱۱\times ۴\times ۸}{۶\times ۶ + ۱۱\times ۴} = ۵/۷۵\ m$$

(در تحلیل تقریبی مرکز جرم طبقه منطبق با مرکز سطح طبقه فرض می‌شود)

www.omranmobin.com

ملاحظات معماری

پلان ساختمان باید تا حد امکان به شکل ساده و متقارن در دو امتداد عمود بر هم و بدون پیش آمدگی و پس رفتگی زیاد باشد و از ایجاد تغییرات نامتقارن پلان در ارتفاع ساختمان نیز حتی المقدور احتراز شود.

از احداث طره های بزرگتر از ۱/۵ متر حتی المقدور احتراز شود.

از قرار دادن اجزای ساختمانی،تاسیسات و یا چیزهای سنگین بر روی طره‌ها و عناصر لاغر و دهانه‌های بزرگ پرهیز گردد.

از ایجاد بازشوهای بزرگ و مجاور یکدیگر در دیافراگم های کفها خودداری شود.

www.omranmobin.com

با بکارگیری مصالح سازه ای با مقاومت زیاد و شکل پذیری مناسب و مصالح غیر سازه ای سبک، وزن ساختمان به حداقل رسانده شود.

از ایجاد اختلاف سطح در کفها تا حد امکان خودداری شود.

از کاهش و افزایش مساحت زیر بنای طبقات در ارتفاع، به طوری که تغییرات قابل ملاحظه ای ایجاد شود، پرهیز گردد.

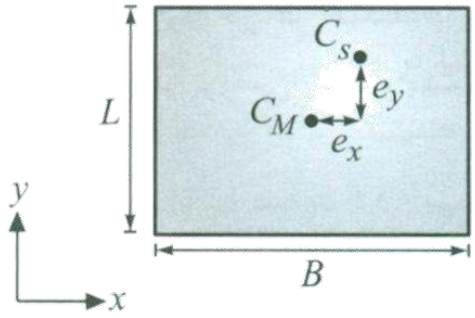
www.omranmobin.com

ملاحظات پیکربندی سازه ای

عناصری که بارهای قائم را تحمل می نمایند در طبقات مختلف تا حد امکان بر روی هم قرار داده شوند تا انتقال بار این عناصر به یکدیگر با واسطه عناصر افقی صورت نگیرد.

عناصری که نیروهای افقی ناشی از زلزله را تحمل می کنند به صورتی در نظر گرفته شوند، که انتقال نیروها به سمت شالوده به طور مستقیم انجام شوند و عناصری که با هم کار می کنند در یک صفحه قائم قرار داشته باشند.

عناصر مقاوم در برابر نیروهای افقی ناشی از زلزله به صورتی در نظر گرفته شوند که پیچش ناشی از این نیروها در طبقات به حداقل برسد. برای این منظور مناسب است فاصله مرکز جرم و مرکز سختی در طبقه در هر امتداد، کمتر از ۵ درصد بُعد ساختمان در آن امتداد گردد.



$e_x \leq ۰/۰۵\, B$

$e_y \leq ۰/۰۵\, L$

C_S : محل مرکز سختی طبقه

C_M : محل مرکز جرم طبقه

e_x : فاصلهٔ مرکز جرم و سختی در راستای x

e_y : فاصلهٔ بین مرکز جرم و سختی در راستای y

www.omranmobin.com

ساختمان و اجزای آن به نحوی طراحی گردند که شکل پذیری و مقاومت مناسب در آنها تأمین شده باشد.

در ساختمان هایی که در آنها از سیستم قاب خمشی برای بار جانبی استفاده می شود، طراحی به نحوی صورت گیرد که تا حد امکان ستونها دیرتر از تیرها دچار خرابی شوند.

اعضای غیر سازه ای، مانند دیوارهای داخلی و نماها طوری اجرا شوند که تا حد امکان مزاحمتی برای حرکت اعضای سازه ای در زمان وقوع زلزله ایجاد نکنند. در غیر این صورت، اثر اندرکنش این اعضاء با سیستم سازه باید در تحلیل سازه در نظر گرفته شود.

از ایجاد ستون های کوتاه، به خصوص در نورگیرهای زیرزمینها، حتی الامکان خودداری شود.

حتی المقدور از به کارگیری سیستم های مختلف سازه ای در امتدادهای مختلف در پلان و ارتفاع خودداری شود.

www.omranmobin.com

ملاحظات کلی

محاسبه ساختمان در برابر نیروهای زلزله و باد به تفکیک انجام مـی شـود و در هـر عضو سازه، اثر هر یک که بیشتر باشد، ملاک عمل قرار می گیرد. ولی رعایت ضوابط ویـژه طراحـی برای زلزله، مطابق نیاز سیستم سازه در کلیه اعضا الزامی است.

نیروی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان بایـد در هـر دو جهـت ایـن امتـداد، یعنی به صورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود.

ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی محاسبه شـود. بـه طور کلی محاسبه در هر یک از این دو امتداد جز در موارد زیر به طور مجزا و بدون در نظر گـرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام می شود:

الف- ساختمان های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند.

www.omranmobin.com

در موارد الف و ب امتداد اعمال نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد می کند، انتخاب شود. برای منظور نمودن بیشترین اثر زلزله، می توان صد در صد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ترکیب کرد. در طراحی اجزاء بحرانی ترین حالت ممکن از نظر علائم نیروهای داخلی حاصل از زلزله باید ملحوظ گردند.

$$\begin{cases} F_x + ۰/۳\, F_y \\ F_y + ۰/۳\, F_x \end{cases}$$

تبصره ۱: چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله، در ستون در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتر از ۲۰ درصد بار محوری مجاز ستون باشد، به کارگیری ترکیب فوق در آن ستون ضرورتی ندارد.

تبصره ۲: در مواردی که ترکیب صد در صد نیروی زلزله هر امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته می شود، منظور کردن برون مرکزی اتفاقی، برای نیروی زلزله ای که در امتداد مربوط به ۳۰ درصد اعمال می شود، الزامی نیست.

www.omranmobin.com

بار محوری مجاز ستونی که در محل تقاطع دو قاب مهاربندی شده از یک ساختمان نامنظم در پلان با اسکلت فولادی قرار گرفته است، ۱۵۰ تن می‌باشد. در اثر اعمال نیروهای ناشی از زلزله در راستای یکی از محورهای اصلی این ساختمان، نیروی محوری این ستون در بحرانی‌ترین حالت ۸۰ تن و در اثر اعمال نیروهای ناشی از زلزله در راستای محور اصلی دیگر (عمود بر محور اولی)، نیروی محوری این ستون در بحرانی‌ترین حالت ۶۰ تن شده است. بار محوری ناشی از زلزله برای طراحی در این ستون برابر خواهد شد با: **(پایه ۱- ۸۰)**

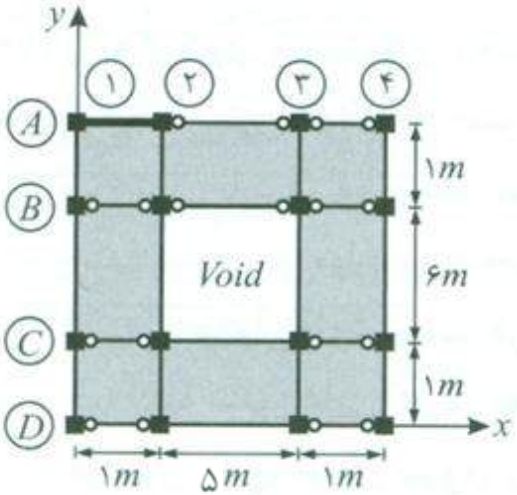
۱) ۱۴۰ تن　　۲) ۸۰ تن　　۳) ۸۴ تن　　۴) ۹۸ تن

حل: بار محوری ستونی که در محل تقاطع دو قاب مهاربندی شده قرار دارد، از ترکیب نیروی ناشی از ۱۰۰ درصد اثر زلزله در هر امتداد، با نیروی ناشی از ۳۰ درصد اثر زلزله در امتداد عمود بر آن به‌دست می‌آید. بنابراین دو حالت زیر بررسی شده و بیشترین مقدار حاصل، به عنوان بار محوری ستون در نظر گرفته می‌شود.

$$P_{\text{طراحی}} = max \begin{cases} ۱۰۰٪ \times ۸۰ + ۳۰٪ \times ۶۰ = ۹۸\, ton \\ ۱۰۰٪ \times ۶۰ + ۳۰٪ \times ۸۰ = ۸۴\, ton \end{cases} \Rightarrow P_{\text{طراحی}} = ۹۸\, ton$$

بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح می‌باشد.

www.omranmobin.com



در پلان روبه‌رو، سیستم مقاوم در برابر زلزله در امتداد محور x قاب ساده با دیوار برشی؛ و در امتداد محور y قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط می‌باشد. چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هر یک از دو امتداد موردنظر کمتر از ۲۰ درصد بار محوری مجاز ستون باشد، گزینهٔ صحیح کدام است؟ (پایه ۳- شهریور ۹۱)

۱) ساختمان منظم در پلان است و ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی محاسبه شود.

۲) ساختمان نامنظم در پلان است و کلیهٔ ستون‌ها را برای صد در صد نیروی زلزله در هر امتداد با ۳۰٪ نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ترکیب کرد.

۳) ساختمان نامنظم در پلان است و ستون‌های در محل تقاطع دو سیستم مقاوم باربر جانبی را برای صد درصد نیروی زلزله هر امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزلهٔ امتداد عمود بر آن، ترکیب کرد.

۴) ساختمان منظم در پلان است و به‌کارگیری ترکیب صد درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در ستون‌های محل تقاطع دو سیستم مقاوم باربر جانبی، ضرورتی ندارد.

حل: هنگامی‌که یکی از موارد زیر وجود داشته باشد، برای منظور کردن بیشترین اثر زلزله صد درصد نیروی زلزلهٔ، هر امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته می‌شود.

۱) ساختمان‌های نامنظم در پلان

۲) کلیهٔ ستون‌هایی که در محل تقاطع دو یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار گرفته‌اند.

www.omranmobin.com

از طرفی مطابق تبصرهٔ (۱) از بند ۶-۷-۲-۱-۳ مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۸۵، چنانچه بار محوری ناشی از زلزله در ستون، در هر یک از دو امتداد موردنظر کمتر از ۲۰ درصد بار محوری مجاز ستون باشد، به کارگیری ترکیب ۱۰۰ درصد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در آن ستون لزومی ندارد.

چنانچه سطح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم تجاوز ننماید، ساختمان در پلان منظم می‌باشد.

$$A_{\text{بازشو}} = ۵ \times ۶ = ۳۰\ m^۲ \qquad A_{\text{کل}} = ۸ \times ۷ = ۵۶\ m^۲ \qquad \Rightarrow \quad \frac{A_{\text{بازشو}}}{A_{\text{کل}}} = \frac{۳۰}{۵۶} = ۰/۵۴$$

بنابراین سطح بازشو از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم بیشتر بوده و لذا ساختمان در پلان نامنظم محسوب می‌شود.

بنابراین این ساختمان هم نامنظم در پلان بوده و هم با توجه به اینکه سیستم باربر جانبی ساختمان در دو امتداد متفاوت است، تمام ستون‌ها در محل تقاطع دو سیستم باربر جانبی مختلف هستند؛ اما با توجه به اینکه بار محوری ناشی از زلزله از ۲۰ درصد بار محوری مجاز ستون کمتر است، لذا ترکیب ۱۰۰ درصد نیروی زلزله با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ضرورتی ندارد. با توجه به موارد مطرح شده، هیچ یک از گزینه‌ها صحیح نمی‌باشد.

تذکر: این تست در پاسخنامهٔ سازمان نظام مهندسی حذف شده است.

www.omranmobin.com

محاسبه ساختمان ها در برابر نیروی زلزله

روش «تحلیل استاتیکی معادل»

در این روش نیروی جانبی زلزله بـه صـورت اسـتاتیکی رفت و برگشتی، به سازه اعمال می شود.

روشهای «تحلیل دینامیکی»

www.omranmobin.com

روش تحلیل استاتیکی معادل را تنها در موارد زیر می توان به کار برد:

الف- ساختمان های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه

ب- ساختمان های نامنظم تا ۵ طبقه و یا با ارتفاع کمتر از ۱۸ متر از تراز پایه

پ- ساختمان هایی که در آنها سختی جانبی قسمت فوقانی به طور قابل ملاحظه ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی است به شرط آن که:

- هر یک از دو قسمت سازه به تنهایی منظم باشند.
- سختی متوسط طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات فوقانی باشد.
- زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی، با فرض اینکه این قسمت جدا در نظر گرفته شده و پای آن گیردار فرض شود، نباشد.

روشهای تحلیل دینامیکی را در مورد کلیه ساختمان ها می توان به کار برد

www.omranmobin.com

روش تحلیل استاتیکی معادل

حداقل نیروی برشی پایه یا مجموع نیروهای جانبی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V = CW \geq ۰/۱AIW$$

V : نیروی برشی در تراز پایه،

C : ضریب زلزله

W : وزن کل ساختمان شامل تمام بار مرده و وزن تاسیسات ثابت به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف

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

محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بامهای شیبدار با شیب ۲۰٪ و بیشتر *	----
بامهای مسطح یا با شیب کمتر از ۲۰٪	۲۰
ساختمانهای مسکونی،اداری،هتلها و پارکینگها	۲۰
بیمارستانها،مدارس،فروشگاهها و ساختمانهای محل اجتماع یا ازدحام	۴۰
انبارها و کتابخانه ها	۶۰
مخازن آب و سایر مایعات	۱۰۰

* در صورتی که احتمال ماندگار شدن برف بر روی این بامها زیاد باشد، درصد مشارکت، مانند بامهای مسطح در نظر گرفته شود.

www.omranmobin.com

ضریب زلزله

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

A : نسبت شتاب مبنای طرح (شتاب زلزله به شتاب ثقل g)

B : ضریب بازتاب ساختمان که با استفاده از طیف بازتاب طرح به دست می آید.

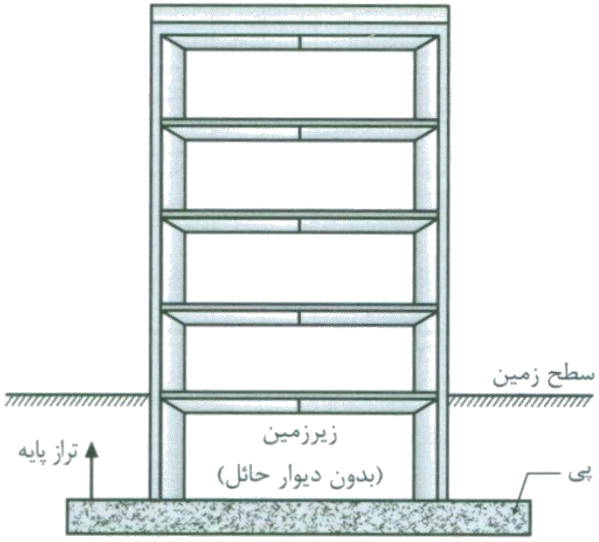
I : ضریب اهمیت ساختمان

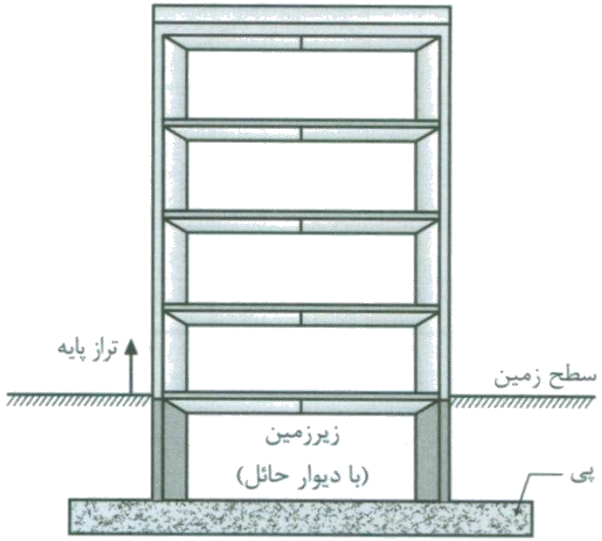
R : ضریب رفتار ساختمان

www.omranmobin.com

تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به ترازی در ساختمان اطلاق می شود که در هنگام وقوع زلزله، از آن تراز به پایین حرکتی در ساختمان نسبت به زمین مشاهده نشود. این تراز معمولاً در تراز سطح فوقانی شالوده در نظر گرفته می شود، ولی در مواردی که در قسمت اعظم محیط زیر زمین، دیوارهای حایل بتن آرمه وجود دارد و این دیوارها با سازه ساختمان یکپارچه ساخته می شوند، تراز پایه در تراز نزدیک ترین کف ساختمان به زمین کوبیده شده اطراف ساختمان در نظر گرفته می شود. مشروط بر آن که دیوارهای حایل تا زیر این کف ادامه داده شده باشد.





www.omranmobin.com

نسبت شتاب مبنای طرح، A

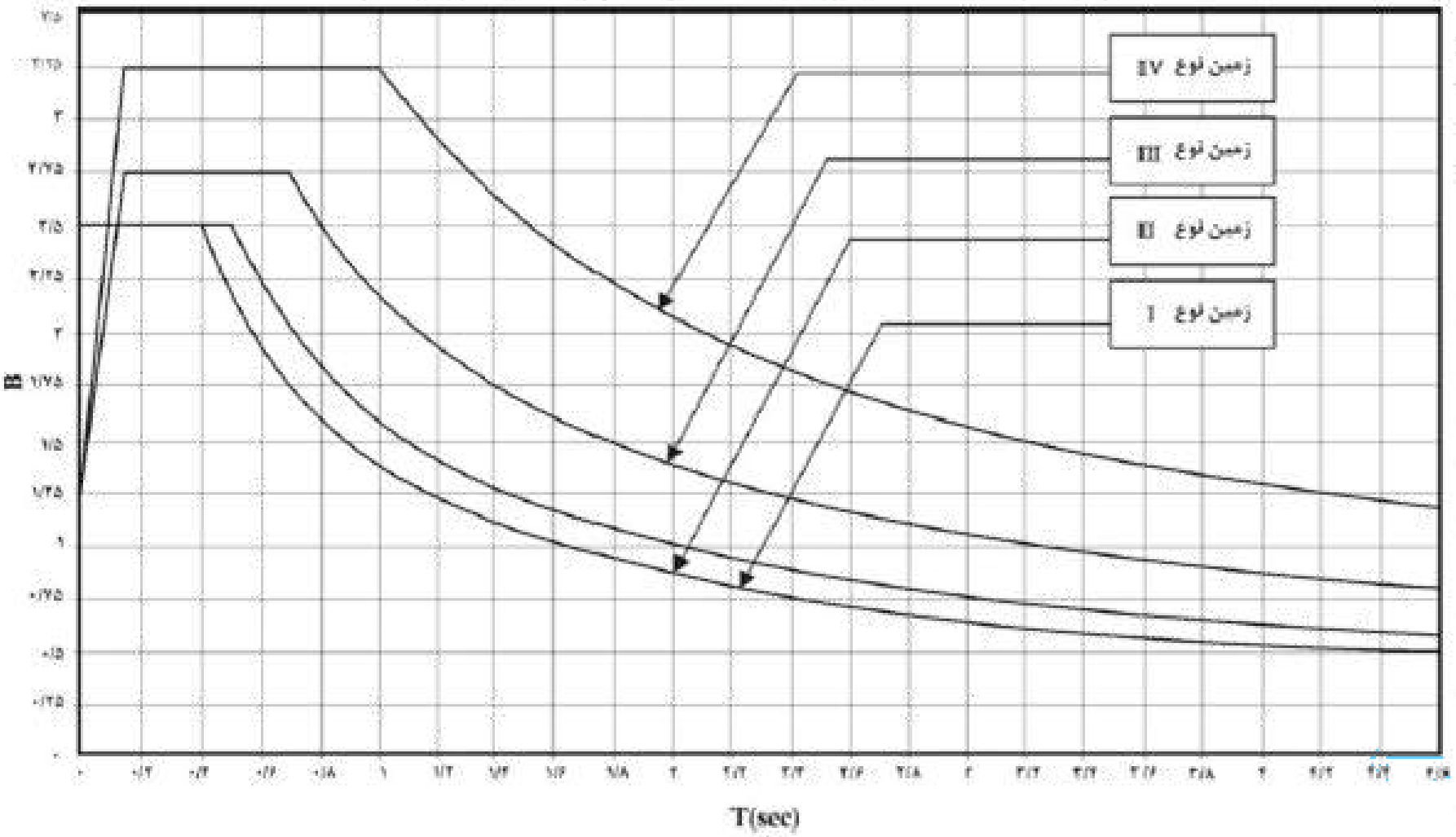
نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

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

www.omranmobin.com

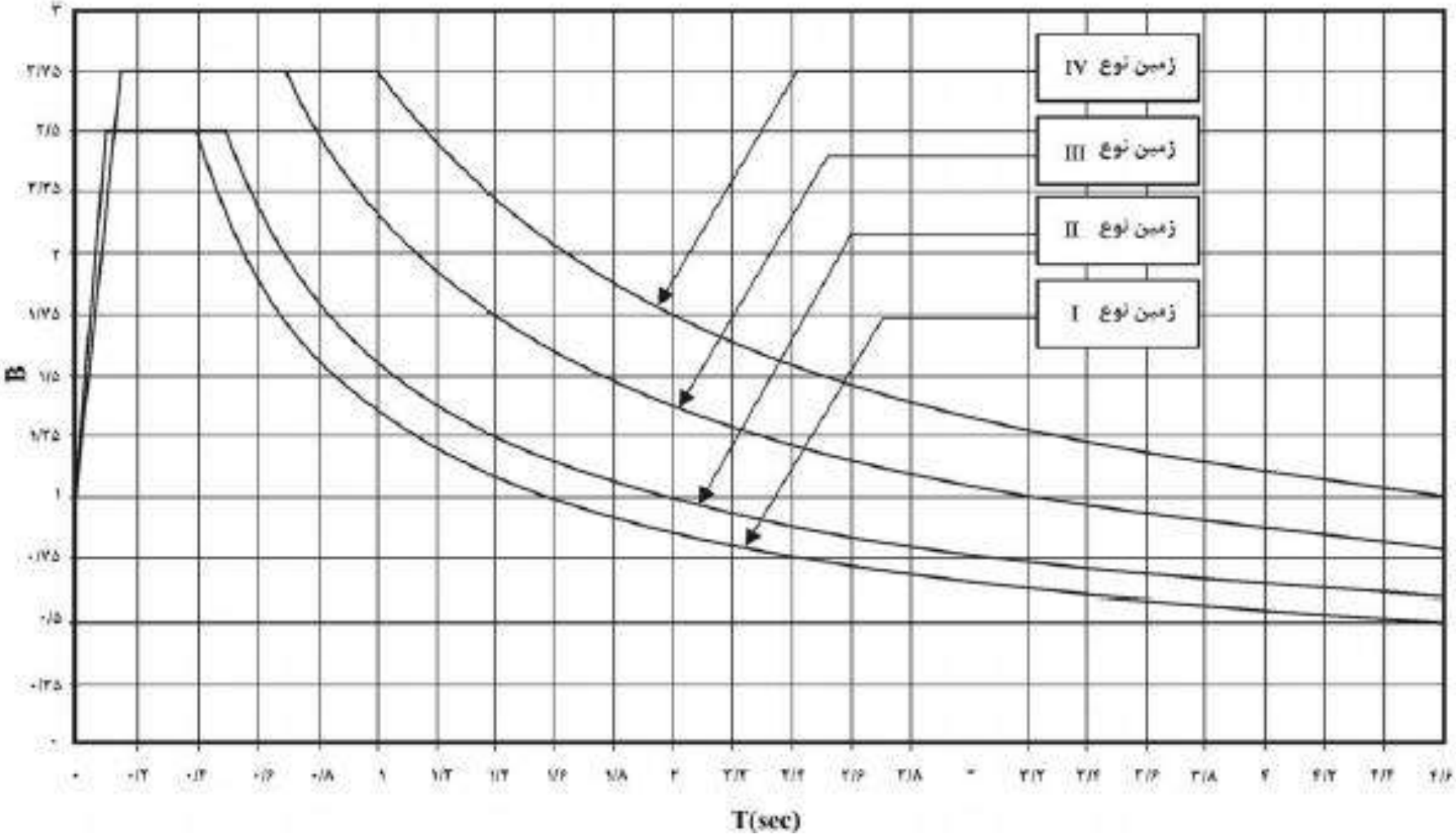
ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان برای مناطق با خطر نسبی کم و متوسط.



www.omranmobin.com

ضریب بازتاب ساختمان برای مناطق با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد.



www.omranmobin.com

ضریب بازتاب ساختمان، B

$$B = ۱ + S\left(\frac{T}{T_o}\right) \qquad ۰ \le T \le T_o$$

$$B = S + ۱ \qquad T_o \le T \le Ts$$

$$B = (S+۱)(Ts/T)^{\frac{۲}{۳}} \qquad T \ge Ts$$

T: زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیـه

نوع زمین	T.	Ts	خطر نسبی کم و متوسط	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد
			S	S
I	۰/۱	۰/۴	۱/۵	۱/۵
II	۰/۱	۰/۵	۱/۵	۱/۵
III	۰/۱۵	۰/۷	۱/۷۵	۱/۷۵
IV	۰/۱۵	۱/۰	۲/۲۵	۱/۷۵

www.omranmobin.com

نوع زمین	مواد متشکل ساختگاه	حدود تقریبی $\bar{V}_s$ (متر بر ثانیه)
I	الف- سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریزدانه)، سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده ای (گنایس ها- سنگهای متبلور سیلیکاته) طبقات کنگلومرایی	بیشتر از ۷۵۰
	ب- خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت کمتر از ۳۰ متر از روی بستر سنگی	$۳۷۵ \le \bar{V}_s \le ۷۵۰$
II	الف- سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی دگرگونی متورق و به طور کلی سنگهایی که بر اثر هوازدگی (تجزیه و تخریب) سست شده اند.	$۳۷۵ \le \bar{V}_s \le ۷۵۰$
	ب- خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	$۳۷۵ \le \bar{V}_s \le ۷۵۰$
III	الف- سنگهای متلاشی شده بر اثر هوازدگی	$۱۷۵ \le \bar{V}_s \le ۳۷۵$
	ب- خاکهای با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط بین دانه ای و رس با سختی متوسط	$۱۷۵ \le \bar{V}_s \le ۳۷۵$
IV	الف- نهشته های نرم با رطوبت زیاد بر اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی	کمتر از ۱۷۵
	ب- هرگونه پروفیل خاک که شامل حداقل ۶ متر خاک رس با اندیس خمیری بیشتر از ۲۰ و درصد رطوبت بیشتر از ۴۰ باشد	

$$\bar{V}_S = \frac{\Sigma d_i}{\Sigma\left(d_i / V_{si}\right)}$$

$\bar{V}_s$، سرعت موج برشی متوسط در فاصله ۳۰ متری در عمق زمین

d_i و V_{si} به ترتیب ضخامت لایه و سرعت موج برشی در آن

www.omranmobin.com

زمان تناوب اصلی نوسان، T

الف- برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی

۱- چنانچه جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد ننمایند:

- در قابهای فولادی

$$T = ۰/۰۸H^{\frac{۳}{۴}}$$

- در قابهای بتن آرمه

$$T = ۰/۰۷H^{\frac{۳}{۴}}$$

۲- چنانچه جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد نمایند:

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

ب- برای ساختمان های با سایر سیستم ها

$$T = ۰/۰۵H^{\frac{۳}{۴}}$$

در روابط فوق، H، ارتفاع ساختمان بر حسب متر، از تراز پایه است و در محاسبه آن، ارتفاع خرپشته، در صورتی که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، نیز باید منظور گردد.

www.omranmobin.com

ضریب اهمیت ساختمان، I

طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱/۰
گروه ۴	۰/۸

www.omranmobin.com

ضریب رفتار ساختمان، R

مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R	H_m (متر)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۶	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	۵	۳۰
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۴	۱۵
ب- سیستم قاب ساختمانی ساده	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۸	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۷	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	۵	۳۰
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۴	۱۵
	۵- مهاربندی برون محور فولادی [۱]	۷	۵۰
	۶- مهاربندی هم محور فولادی [۱]	۶	۵۰
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۲]	۱۰	۱۵۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۲]	۷	۵۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۲] و [۳]	۴	-
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه [۱]	۱۰	۱۵۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط [۱]	۷	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۳] و [۴]	۵	-
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۱۱	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتنی متوسط+ دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۸	۷۰
	۳- قاب خمشی فولادی متوسط+ دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۸	۷۰
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه+ مهاربندی برون محور فولادی	۱۰	۱۵۰
	۵- قاب خمشی فولادی ویژه+ مهاربندی هم محور فولادی	۹	۱۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی متوسط+ مهاربندی برون محور فولادی	۷	۷۰
	۷- قاب خمشی فولادی متوسط+ مهاربندی هم محور فولادی	۷	۷۰

مقادیر این جدول برای سازه هایی که با روش تنش های مجاز طراحی می شوند، تنظیم شده است.

www.omranmobin.com

[۱] برای تعریف این سازه ها و ضوابط مربوط به طراحی آنها در برابر زلزله به مبحث دهم این مقررات مراجعه شود.

[۲] قابهای خمشی بتن آرمه معمولی، متوسط و ویژه به ترتیب همان قابهای خمشی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد در آئین نامه بتن ایران «آبا» اند، با این تفاوت که در قابهای خمشی متوسط فاصله تنگ ها از یکدیگر در ناحیه L_o ستونها، نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

[۳] استفاده از این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ مجاز نمی باشد. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۳ و۴ به ۱۵ متر محدود می گردد.

[۴] برای ساختمان های یک طبقه و یا ساختمان های صنعتی، «با اهمیت متوسط و کم» در تمام مناطق لرزه خیز تا ارتفاع ۱۸ متر مجاز است.

www.omranmobin.com

در انتخاب نوع سیستم سازه باربر جانبی ساختمان ضوابط زیر باید رعایت شود:

الف- ارتفاع ساختمان، با توجه به سیستم مقاوم باربر جانبی آن، نباید از مقادیر داده شده در جدول تجاوز نماید.

ب- در ساختمانهای با بیشتر از ۱۵ طبقه و یا بلندتر از ۵۰ متر، استفاده از سیستم قاب خمشی، یا سیستم دوگانه الزامی است. در این ساختمانها نمی توان برای مقابله با تمام نیروی جانبی زلزله منحصراً به دیوارهای برشی و یا قابهای مهاربندی اکتفا نمود.

پ- در مناطق با خطر زلزله خیزی نسبی خیلی زیاد ، برای ساختمانهای « با اهمیت خیلی زیاد» باید فقط از سیستم هایی که در جدول عنوان «ویژه» دارند، استفاده شود.

ت- در ساختمانهای با بیشتر از سه طبقه و یا بلندتر از ده متر، استفاده از سیستم دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی در صورتی مجاز است که در آن برای مقابله با نیروی جانبی زلزله از دیوارهای برشی یا قابهای مهاربندی شده استفاده شده باشد.

ث- در ساختمانهای بتن آرمه ای که در آنها از سیستم تیرچه و بلوک برای پوشش سقفها استفاده می گردد و ارتفاع تیرها برابر ضخامت سقف در نظر گرفته می شود، در صورتیکه ارتفاع تیرها کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، سیستم سقف به منزله دال تخت محسوب شده و ساختمان مشمول ضابطه بند(ت) بالا می گردد.

ج- قاب های فولادی با اتصالات خورجینی متداول، با حفظ ضوابط فنی، همانند سیستم قاب ساختمانی ساده محسوب می شوند.

www.omranmobin.com

درصورتی‌که قسمتی از محیط زیرزمین با دیوارهای آجری اجرا شود، به‌طوری که این دیوارها با سازهٔ ساختمان یکپارچه نباشند، تراز پایه به‌صورت زیر تعریف می‌شود: **(پایه ۳- ۸۶)**

۱) تراز زمین کوبیده شدهٔ اطراف ساختمان

۲) تراز نزدیک‌ترین کف ساختمان به زمین کوبیده شدهٔ اطراف ساختمان

۳) تراز سطح فوقانی شالوده

۴) میانگین تراز سطح فوقانی شالوده و تراز زمین کوبیده شدهٔ اطراف ساختمان

حل: تراز پایه در تراز سطح فوقانی شالوده تعریف می‌شود، مگر درصورتی‌که در قسمتی از محیط زیرزمین دیوارهای حائل بتن مسلح وجود داشته باشند که با ساختمان یکپارچه شده باشند، در این صورت تراز پایه در تراز نزدیک‌ترین کف ساختمان به زمین کوبیده شدهٔ اطراف ساختمان تعریف می‌شود.

در این ساختمان دیوارهای زیرزمین از نوع آجری بوده که با سازهٔ ساختمان هم، یکپارچه نشده‌اند. بنابراین مطابق مطلب فوق، تراز پایه در تراز سطح فوقانی شالوده در نظر گرفته می‌شود، لذا گزینهٔ (۳) صحیح است.

www.omranmobin.com

زمان تناوب اصلی یک ساختمان مسکونی $T = 1sec$ است. ساختمان در زمینی که تا عمق ۴۰ متر سرعت موج برشی در آن $V_s = 150\ m/sec$ است، احداث می‌گردد. در مورد ضریب بازتاب ساختمان، کدام گزینه صحیح است؟

(پایه ۳- ۸۷)

۱) اگر ساختمان در منطقه‌ای با خطر نسبی متوسط زلزله احداث شود، $B = 2/5$ است، ولی در منطقه‌ای با خطر نسبی خیلی زیاد $B = 3/25$ است.

۲) اگر ساختمان در منطقه‌ای با خطر نسبی متوسط زلزله احداث شود، $B = 3/25$ است ولی در منطقه‌ای با خطر نسبی خیلی زیاد $B = 2/75$ است.

۳) اگر ساختمان در منطقه‌ای با خطر نسبی خیلی زیاد زلزله احداث شود، ضریب بازتاب $B = 3/25$ است ولی در منطقه‌ای با خطر نسبی متوسط زلزله $B = 2/75$ است.

۴) ضریب بازتاب ساختمان $B = 2/5$ است.

www.omranmobin.com

حل:

$$\overline{V_S} = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / V_{S_i})}$$

$\overline{V_S} = ۱۵۰\ m/s \xrightarrow{\text{مطابق جدول}} \overline{V_S} < ۱۷۵\ m/s \Rightarrow$ زمین نوع (IV) می‌باشد.

$T_\circ = ۰/۱۵\ sec\ ,\ T_S = ۱\ sec$

خطر نسبی کم و متوسط : $S = ۲/۲۵$

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد : $S = ۱/۷۵$

با توجه به این‌که $T = ۱\ sec$ است، داریم:

$$T_\circ \le T = ۱\ sec \le T_S \Rightarrow B = S + ۱ \Rightarrow \begin{cases} \text{خطر نسبی کم و متوسط} & B = ۲/۲۵ + ۱ = ۳/۲۵ \\ \text{خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد} & B = ۱/۷۵ + ۱ = ۲/۷۵ \end{cases}$$

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

حداکثر تعداد طبقات یک ساختمان مسکونی با ارتفاع متوسط هر طبقه ۳ متر و با سازهٔ سیستم قاب خمشی بتن آرمهٔ معمولی از تراز پایه در شهر یزد، چند متر می‌باشد؟ (پایه ۳- ۸۹)

۱) ۳

۲) ۵

۳) ۶

۴) استفاده از قاب خمشی بتن آرمهٔ معمولی مجاز نمی‌باشد.

حل: شهر یزد در منطقهٔ با خطر لرزه خیزی متوسط قرار گرفته است.

با توجه به این‌که ساختمان مسکونی بوده، بنابراین جزء ساختمان‌های با اهمیت متوسط در نظر گرفته می‌شود.

ضریب رفتار ساختمان با توجه به سیستم قاب خمشی بتن آرمهٔ معمولی، مطابق جدول ، برابر ۴ می‌باشد.

حداکثر ارتفاع مجاز سیستم قاب خمشی بتن آرمهٔ معمولی برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در منطقهٔ با خطر لرزه‌خیزی متوسط، برابر ۱۵ متر می‌باشد.

با توجه به این‌که ارتفاع هر طبقه m ۳ می‌باشد، بنابراین حداکثر تعداد طبقات مجاز ساختمان، ۵ طبقه می‌باشد.

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان :

نیروی جانبی در هر طبقه مطابق رابطهٔ پایین به‌دست آمده و در تراز سقف هر طبقه اعمال می‌شود (به عبارتی جرم هر طبقه در تراز سقف آن طبقه در نظر گرفته می‌شود).

$$F_i = (V - F_t)\frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^{n} w_j h_j}$$

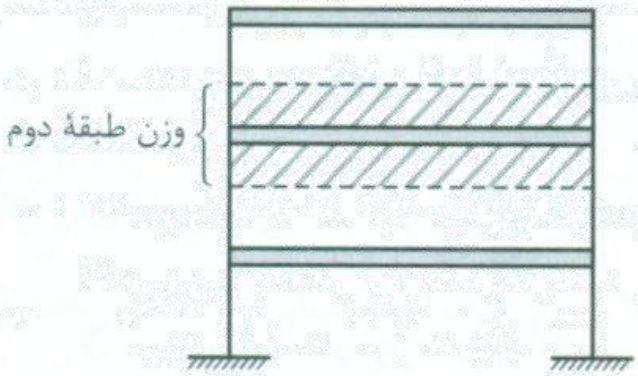
F_i : نیروی جانبی در تراز طبقهٔ i ام

h_i : ارتفاع سقف طبقهٔ i ام از تراز پایه

V : نیروی برش پایه

n : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

w_i : وزن طبقهٔ i ام، شامل وزن سقف و درصدی از میزان بار زنده، و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.



لازم به ذکر است وزن جان‌پناه توسط بام تحمل می‌شود.

www.omranmobin.com

F_t: نیروی جانبی اضافی در تراز سقف طبقهٔ n ام می‌باشد و نیروی شلاقی نامیده می‌شود و مقدار آن با استفاده از رابطهٔ زیر تعیین می‌گردد:

$$F_t = ۰/۰۷TV \leq ۰/۲۵V$$

درصورتی‌که مقدار زمان تناوب اصلی ساختمان، T ، برابر یا کوچکتر از ۰/۷ ثانیه باشد، می‌توان مقدار F_t را برابر صفر در نظر گرفت.

تذکر: درصورتی‌که ساختمان دارای خرپشته با وزن کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، نیروی F_t در تراز بام و در غیر این‌صورت، نیروی F_t در تراز سقف خرپشته اعمال می‌شود.

نیروی برشی هر طبقه را می‌توان با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه نمود:

$$V_i = F_i + \sum_{j=i+۱}^{n} F_j = \sum_{j=i}^{n} F_j$$

V_i: نیروی برشی طبقهٔ i ام

F_i: نیروی جانبی طبقهٔ i ام

www.omranmobin.com

در یک ساختمان مسکونی ۶ طبقه با توزیع جرم یکسان در طبقات، چنانچه طبقات را به ترتیب از بالا به پایین ملاحظه کنیم: **(پایه ۳- ۸۳)**

۱) نیروی زلزله در تراز طبقات افزایش و برش در طبقات نیز افزایش می‌یابد.

۲) نیروی زلزله در تراز طبقات کاهش، و برش در طبقات افزایش می‌یابد.

۳) نیروی زلزله در تراز طبقات ممکن است افزایش یا کاهش یابد، ولی برش در طبقات افزایش می‌یابد.

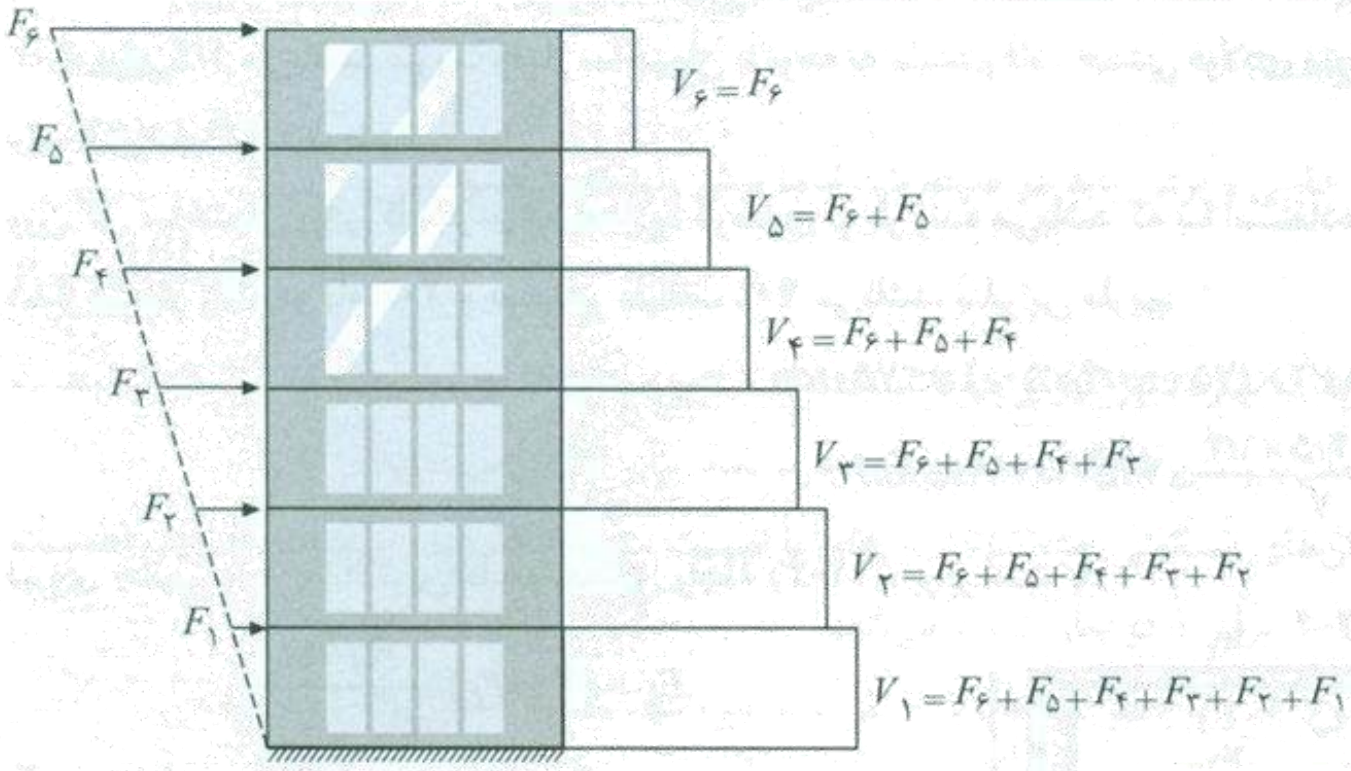
۴) نیروی زلزله در تراز طبقات افزایش، و برش در طبقات کاهش می‌یابد.

حل: با توجه به رابطهٔ $F_i = (V - F_t)\dfrac{w_i\, h_i}{\sum_{j=1}^{n} w_j\, h_j}$، نیروی وارد بر هر طبقه با حاصل‌ضرب وزن طبقه در ارتفاع آن متناسب است $(w_i\, h_i)$ و با توجه به این‌که در صورت تست بیان شده توزیع جرم در طبقات یکسان است، لذا F_i با h_i متناسب است. پس در بالاترین طبقه که دارای بلندترین ارتفاع است، مقدار F ماکزیمم است و هر چه به طبقات پایین‌تر نزدیک شویم، مقدار F کاهش می‌یابد.

مقدار برش در هر طبقه نیز برابر مجموع نیروی جانبی آن طبقه و طبقات بالاتر می‌باشد. بنابراین برش طبقات به‌صورت تجمعی افزایش یافته و مقدار آن با کاهش ارتفاع، افزایش می‌یابد.

www.omranmobin.com

با توجه به توضیحات فوق، توزیع نیروی جانبی و برش در طبقات، به‌صورت زیر نمایش داد:



بنابراین در تراز طبقات از بالا به پایین، نیروی زلزله کاهش و مقدار برش افزایش می‌یابد.

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

بیمارستانی سه طبقه با سازه‌های فولادی از نوع قاب خمشی متوسط که در پلان و ارتفاع منظم می‌باشد، قرار است در شهر شیراز در زمینی که سرعت موج برشی در آن ۴۵۰ متر بر ثانیه است، ساخته شود. چنانچه ارتفاع طبقات یکسان و برابر ۳/۵ متر و بار مرده و زندهٔ هر طبقه به ترتیب ۷۵۰ و ۵۰۰ تن باشد، نیروی جانبی ناشی از زلزله در بالاترین طبقه چقدر است؟ (ساختمان فاقد زیرزمین و جداگرهای میان‌قابی می‌باشد) (پایه ۳- ۸۰)

۱) ۲۱۳/۷۵ تن ۲) ۲۲۳/۷۵ تن ۳) ۲۳۳/۷۵ تن ۴) ۲۴۳/۷۵ تن

www.omranmobin.com

$$V = CW = \frac{ABI}{R}W$$

حل: ابتدا باید برش پایهٔ ساختمان محاسبه گردد.

با توجه به جدول پیوست ۱ استاندارد ۲۸۰۰، خطر نسبی زلزله در شهر شیراز زیاد است، بنابراین مطابق جدول، نسبت شتاب مبنای طرح آن، برابر ۰/۳۰ در نظر گرفته می‌شود.

سرعت موج برشی برابر $۴۵۰\ m/s$ است که با توجه به جدول $(۳۷۵ \le \overline{V_s} \le ۷۵۰)$، خاک می‌تواند از تیپ I و یا II باشد که در جهت اطمینان، خاک نرم‌تر یعنی تیپ II انتخاب می‌شود. بنابراین مطابق جدول داریم:

$$T_0 = ۰/۱ sec \ , \ T_s = ۰/۵ sec \ , \ S = ۱/۵$$

برای محاسبهٔ B، باید ابتدا T (زمان تناوب اصلی ساختمان) مشخص گردد. با توجه به سیستم باربر ساختمان و عدم وجود جداگرهای میانقابی، داریم:

$$T = ۰/۰۸ H^{\frac{۳}{۴}}$$

$$T = ۰/۰۸ (۳ \times ۳/۵)^{\frac{۳}{۴}} = ۰/۴۷ sec$$

$$T_0 \le T \le T_s \longrightarrow B = S + ۱ = ۲/۵$$

با توجه به این‌که بیمارستان‌ها، جزء ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد (گروه ۱) هستند، ضریب I مطابق جدول برابر ۱/۴ می‌باشد. ضریب رفتار ساختمان با توجه به سیستم قاب خمشی فولادی متوسط، مطابق جدول برابر ۷ در نظر گرفته می‌شود.

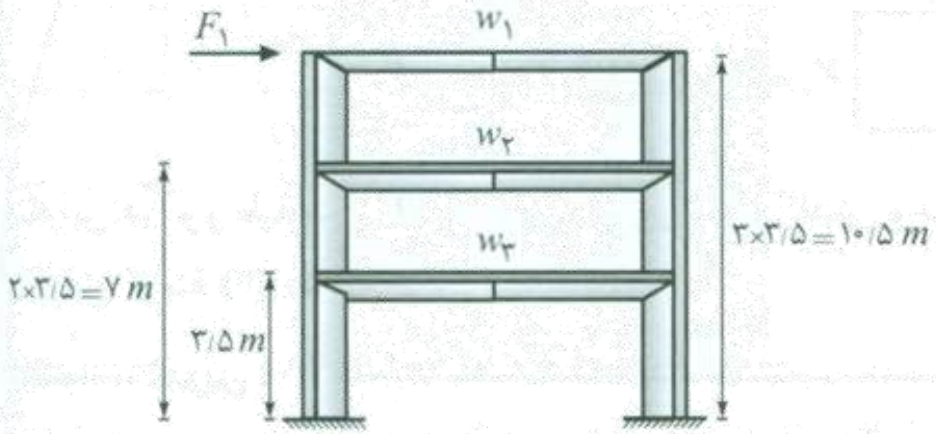
www.omranmobin.com

وزن کل ساختمان برابر کل بار مرده به‌علاوهٔ درصدی از بار زنده می‌باشد که با استفاده از جدول، مقدار مشارکت بار زنده در بام ٪۲۰ و در سایر طبقات ٪۴۰ می‌باشد، بنابراین داریم:

$$W = (۷۵۰ + ۰/۲ \times ۵۰۰) + ۲ \times (۷۵۰ + ۰/۴ \times ۵۰۰) = ۲۷۵۰\, ton$$

$$V = \frac{ABI}{R} W = \frac{۰/۳ \times ۲/۵ \times ۱/۴}{۷} \times ۲۷۵۰ = ۴۱۲/۵\, ton$$

نیروی جانبی وارد بر بالاترین طبقه، برابر است با:



$$F_i = (V - F_t) \frac{w_i h_i}{\sum_{j=۱}^{n} w_j h_j}$$

$$T = ۰/۴۷\, sec < ۰/۷\, sec \Rightarrow F_t = ۰$$

$$F_۱ = V \frac{w_۱ h_۱}{w_۱ h_۱ + w_۲ h_۲ + w_۳ h_۳}$$

$$w_۳ = w_۲ = ۷۵۰ + ۰/۴ \times ۵۰۰ = ۹۵۰\, ton \;,\; w_۱ = ۷۵۰ + ۰/۲ \times ۵۰۰ = ۸۵۰\, ton$$

$$F_۱ = ۴۱۲/۵ \times \frac{۸۵۰ \times ۱۰/۵}{۸۵۰ \times ۱۰/۵ + ۹۵۰ \times ۷ + ۹۵۰ \times ۳/۵} = ۱۹۴/۸\, ton$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، جواب صحیح در گزینه‌ها وجود ندارد. به نظر می‌رسد طراح تست، درصد مشارکت بار زندهٔ بام را نیز مطابق سایر طبقات، برابر ٪۴۰ در نظر گرفته است، دراین‌صورت گزینهٔ (۱) صحیح است:

$$W = ۲۸۵۰\, ton \;,\; w_۱ = ۹۵۰\, ton \Rightarrow V = ۴۲۷/۵\, ton \Rightarrow F_۱ = ۲۱۳/۷۵\, ton$$

www.omranmobin.com

ساختمان ۵ طبقهٔ اداری با زمان تناوب ۰/۶ ثانیه روی زمین نوع IV در اردکان طراحی شده است. اگر این ساختمان با همان سیستم سازه‌ای در شهر قزوین در روی زمین نوع I با کاربری مدرسه احداث شود، گزینهٔ صحیح کدام است؟

ضریب زلزلهٔ ساختمان اداری در شهر اردکان ..... ساختمان مدرسه در شهر قزوین است. **(پایه ۳- شهریور ۹۱)**

۱) مساوی ضریب زلزلهٔ
۲) کوچک‌تر از ضریب زلزلهٔ
۳) بزرگ‌تر از ضریب بازتاب
۴) بزرگ‌تر از ضریب زلزلهٔ

حل: با توجه به پیوست (۶-۴) از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۸۵، خطر نسبی زلزله در اردکان «متوسط» و در قزوین «خیلی زیاد» است. بنابراین نسبت شتاب مبنای طرح برای این دو شهر مطابق جدول، به‌ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۳۵ می‌باشد. داریم:

اردکان: زمین نوع IV $\Rightarrow T_0 = ۰/۱۵ \ , \ T_s = ۱/۰ \ , \ S = ۲/۲۵$

قزوین: زمین نوع I $\Rightarrow T_0 = ۰/۱ \ , \ T_s = ۰/۴ \ , \ S = ۱/۵$

www.omranmobin.com

بنابراین ضریب بازتاب ساختمان، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T = ۰/۶\ sec \begin{cases} \text{اردکان}: T_0 \le T \le T_s \Rightarrow B = S + ۱ \Rightarrow B = ۲/۲۵ + ۱ = ۳/۲۵ \\ \text{قزوین}: T > T_s \Rightarrow B = (S+۱)\left(\frac{T_s}{T}\right)^{\frac{۲}{۳}} \Rightarrow B = (۱/۵+۱)\times\left(\frac{۰/۴}{۰/۶}\right)^{\frac{۲}{۳}} = ۱/۹۰۸ \end{cases}$$

ساختمان‌های اداری جزء ساختمان‌های با اهمیت متوسط و مدارس جزء ساختمان‌های با اهمیت زیاد می‌باشند، بنابراین مطابق جدول، ضریب اهمیت ساختمان‌ها برابر است با:

مدرسه : $I = ۱/۲$ ، ساختمان اداری : $I = ۱/۰$

با توجه به موارد فوق، ضریب زلزلهٔ هر یک از ساختمان‌ها، برابر است با:

$$C = \frac{ABI}{R} \Rightarrow \begin{cases} \text{اردکان}: C = \frac{۰/۲۵ \times ۳/۲۵ \times ۱/۰}{R} = \frac{۰/۸۱۲}{R} \\ \text{قزوین}: C = \frac{۰/۳۵ \times ۱/۹۰۸ \times ۱/۲}{R} = \frac{۰/۸۰۱}{R} \end{cases}$$

بنابراین مقدار ضریب زلزلهٔ ساختمان ساخته شده در اردکان نسبت به همان ساختمان در قزوین بیشتر است.

بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است.

www.omranmobin.com

یک ساختمان مسکونی پنج طبقه با قاب خمشی بتن‌آرمه با ارتفاع ۱۷ متر از تراز پایه واقع بر روی خاک نوع *IV* می‌باشد. این ساختمان برای شهری با خطر لرزه‌ای نسبی متوسط طرح شده است. اگر این ساختمان در شهری با خطر لرزه‌ای نسبی زیاد بر روی همان نوع خاک اجرا گردد، نیروی برش پایهٔ زلزله چه تغییری می‌یابد؟ (پایه ۳ - اسفند ۹۱)

۱) خیلی جزئی کاهش دارد.
۲) خیلی جزئی افزایش دارد.
۳) حدود ۲۰ درصد افزایش دارد.
۴) حدود ۲۰ درصد کاهش دارد.

www.omranmobin.com

حل: زمان تناوب نوسان سازه برابر است با:

$$T = ۰/۰۷\, H^{\frac{۳}{۴}} \Rightarrow T = ۰/۰۷ \times ۱۷^{\frac{۳}{۴}} = ۰/۵۸۶\ sec$$

خطر لرزه‌ای نسبی متوسط، زمین نوع IV $\Rightarrow T_۰ = ۰/۱۵\ sec$, $T_s = ۱/۰\ sec$, $S = ۲/۲۵$

$$۰/۱۵ < T = ۰/۵۸۶ < ۱/۰ \Rightarrow B_۱ = S + ۱ = ۳/۲۵$$

خطر لرزه‌ای نسبی زیاد، زمین نوع IV $\Rightarrow T_۰ = ۰/۱۵\ sec$, $T_s = ۱/۰\ sec$, $S = ۱/۷۵$

$$۰/۱۵ < T = ۰/۵۸۶ < ۱/۰ \Rightarrow B_۲ = S + ۱ = ۲/۷۵$$

با توجه به اینکه در دو حالت فقط نسبت شتاب مبنای طرح و ضریب بازتاب متفاوت است، داریم:

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

$$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\frac{A_۲B_۲I}{R}}{\frac{A_۱B_۱I}{R}} = \frac{A_۲B_۲}{A_۱B_۱} = \frac{۰/۳ \times ۲/۷۵}{۰/۲۵ \times ۳/۲۵} = ۱/۰۲$$

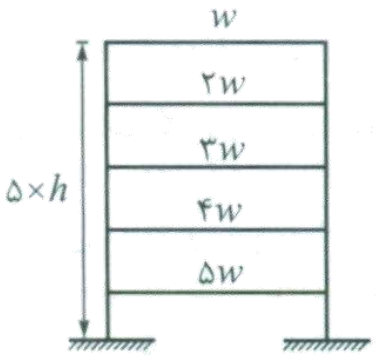
همانطور که مشاهده می‌شود، ضریب زلزله به مقدار خیلی جزئی (۲ درصد) افزایش یافته، بنابراین نیروی برش پایهٔ زلزله نیز به‌همین مقدار افزایش می‌یابد.

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

www.omranmobin.com

در یک ساختمان ۵ طبقه با ارتفاع یکسان هر طبقه برابر h و وزن موثر طبقات به ترتیب از بالا به پایین برابر w، $۲w$، $۳w$، $۴w$ و $۵w$، زمان تناوب اصلی ۰/۶ ثانیه محاسبه شده است. چنانچه در روش تحلیل استاتیکی معادل، نیروی برشی پایه در اثر نیروی جانبی زلزله برابر V باشد، بزرگترین مقدار نیروی جانبی زلزله در تراز کدام‌یک از طبقات ایجاد می‌شود؟ **(پایه ۳- ۸۹)**

۱) در تراز طبقهٔ دوم ۲) در تراز طبقهٔ سوم ۳) در تراز طبقهٔ چهارم ۴) در تراز طبقهٔ پنجم



$$F_i = (V - F_t)\frac{w_i\, h_i}{\sum_{j=1}^{n} w_j\, h_j}$$

$$T = ۰/۶\ sec < ۰/۷\ sec \Rightarrow F_t = ۰$$

نیروی جانبی طبقهٔ دوم : $F_۲ = V \times \dfrac{۴w \times ۲h}{۵w \times h + ۴w \times ۲h + ۳w \times ۳h + ۲w \times ۴h + w \times ۵h} = ۰/۲۳V$

نیروی جانبی طبقهٔ سوم : $F_۳ = V \times \dfrac{۳w \times ۳h}{۵w \times h + ۴w \times ۲h + ۳w \times ۳h + ۲w \times ۴h + w \times ۵h} = ۰/۲۶V$

نیروی جانبی طبقهٔ چهارم : $F_۴ = V \times \dfrac{۲w \times ۴h}{۵w \times h + ۴w \times ۲h + ۳w \times ۳h + ۲w \times ۴h + w \times ۵h} = ۰/۲۳V$

نیروی جانبی طبقهٔ پنجم : $F_۵ = V \times \dfrac{w \times ۵h}{۵w \times h + ۴w \times ۲h + ۳w \times ۳h + ۲w \times ۴h + w \times ۵h} = ۰/۱۴V$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، نیروی جانبی ایجاد شده در تراز طبقهٔ سوم، بیشتر از سایر طبقات است.

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.