



پاسخنامه تشریحی سوالات مبحث 6 (بارهای وارد بر ساختمان) آزمون محاسبات دی ماه 1404



دکتر رامین منصوری



dr_aminmansouri1370



dr_aminmansouri

پاسخنامه سوالات مبحث 6 محاسبات بر اساس دفترچه: 211A

1- یک تیر دو سر ساده به طول دهانه 5 متر مربوط به کف مخزن کتاب یک کتابخانه با قفسه‌های ثابت به ارتفاع 2 متر طراحی شده است. کل عرض سهم بارگیر این تیر 4 متر است. بدون کاهش بار زنده و با توجه به حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت و بار زنده متمرکز کف‌ها (که به صورت نقطه‌ای فرض می‌شود) حداکثر لنگر خمشی ناشی از بار زنده برابر M_{L1} به دست آمده است. در صورتی که مقرر گردد مخزن کتاب با قفسه‌های متحرک باشند و سایر شرایط مسئله تغییر نکند، حداکثر لنگر خمشی این تیر تحت بار زنده M_{L2} خواهد بود. نسبت $\frac{M_{L2}}{M_{L1}}$ به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

(1) 1.67

(2) 1.33

(3) 0.67

(4) 1

سطح سوال متوسط و نکته‌ای

حل: طبق ردیف 3-6 و 4-6 جدول 6-5-1 صفحه 32 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

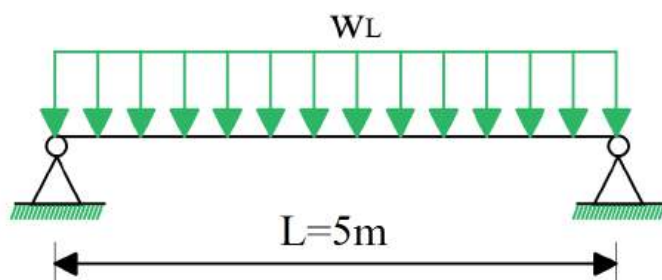
ادامه جدول 6-5-1 حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت L_0 و بار زنده متمرکز کف‌ها			
ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۶	ساختمان‌های آموزشی - فرهنگی و کتابخانه‌ها	۲/۵	۴/۵
۱-۶	کلاس درس، آزمایشگاه‌های سبک	۳	۴/۵
۲-۶	اتاق مطالعه		
۳-۶	مخزن کتاب یا اتاق بایگانی با قفسه‌های ثابت	۲/۵ به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۷/۵	۴/۵
۴-۶	مخزن کتاب یا محل بایگانی با قفسه‌های متحرک	۴ به ازای هر متر ارتفاع، حداقل ۱۰	۷
۵-۶	راهروهای طبقه همکف (ورودی)	۵	۴/۵
۶-۶	راهروهای سایر طبقات	۴	۴/۵

حالت اول: مخزن کتاب با قفسه‌های ثابت:

$$q_L = \max\left(2 * 2.5 = 5 \frac{KN}{m^2}, 7.5 \frac{KN}{m^2}\right) = 7.5 \frac{KN}{m^2}$$

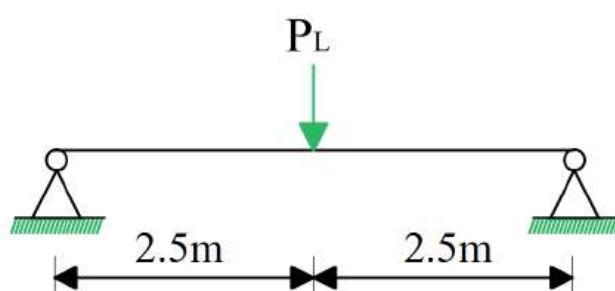
$$w_L = q_L * \text{عرض بارگیر} = 7.5 * 4 = 30 \frac{KN}{m}$$

$$P_L = 4.5 KN$$



طبق تحلیل سازه ها داریم:

$$M_{w_L} = \frac{w_L * L^2}{8} = \frac{30 * 5^2}{8} = 93.75 \text{ KN.m}$$



$$M_{P_L} = \frac{P_L * L}{4} = \frac{4.5 * 5}{4} = 5.625 \text{ KN.m}$$

$$M_{L1} = \max\{M_{w_L}, M_{P_L}\} = 93.75 \text{ KN.m}$$

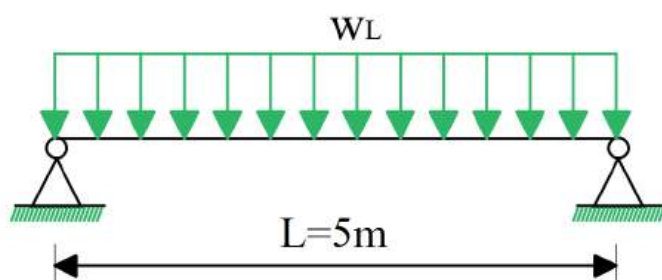
حالت دوم: مخزن کتاب با قفسه های متحرک:

$$q_L = \max\left(2 * 4 = 8 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}, 10 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}\right) = 10 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$w_L = q_L * \text{عرض بارگیر} = 10 * 4 = 40 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

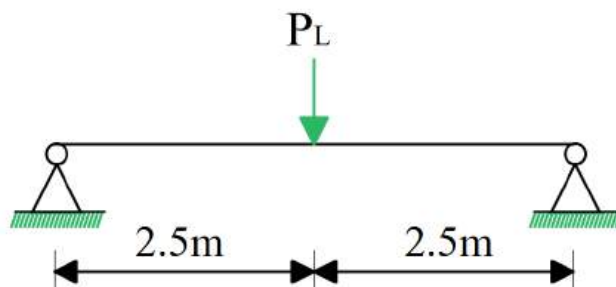
$$P_L = 7 \text{ KN}$$

طبق تحلیل سازه ها داریم:





$$M_{w_L} = \frac{w_L * L^2}{8} = \frac{40 * 5^2}{8} = 125 \text{ KN.m}$$



$$M_{P_L} = \frac{P_L * L}{4} = \frac{7 * 5}{4} = 8.75 \text{ KN.m}$$

$$M_{L2} = \max\{M_{w_L}, M_{P_L}\} = 125 \text{ KN.m}$$

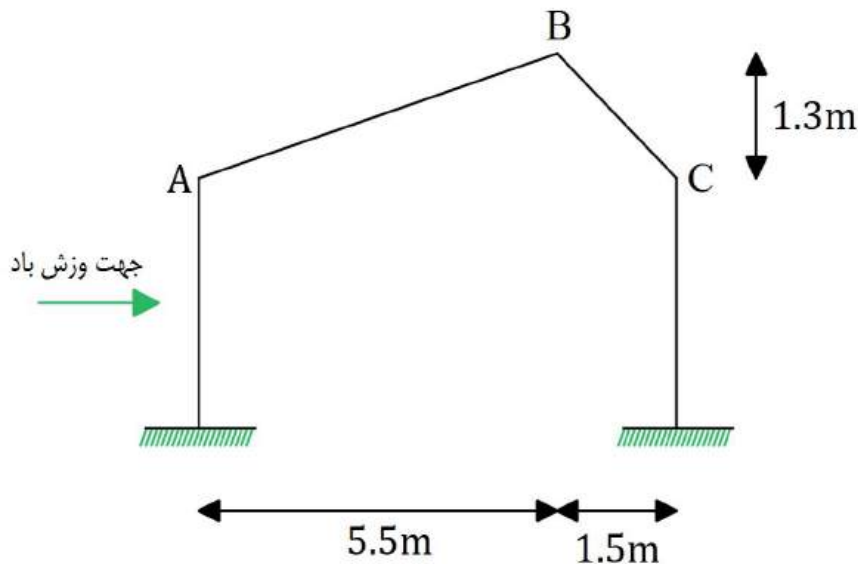
در نهایت نسبت خواسته شده را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\frac{M_{L2}}{M_{L1}} = \frac{125}{93.75} = 1.33$$

پاسخ سوال گزینه (2)



2- در یک استادیوم ورزشی واقع در شهر رشت برای سقف جایگاه تماشاچیان که زیر بام آن باز است، از قاب هایی مانند شکل زیر استفاده می شود. بام برف ریز محسوب شده و در ناحیه باز قرار دارد و شرایط لغزنده برای سطح بام وجود دارد. با توجه به جهت وزش باد مشخص شده در شکل، کدام یک از گزینه های زیر برای شدت بار برف بر تصویر افقی سطح صحیح است؟ در شکل ابعاد به متر است



1) شدت بار متوازن برف در قسمت BC برابر 1.12 kN/m^2 است.

2) شدت بار متوازن برف در قسمت AB برابر 1.5 kN/m^2 است.

3) شدت بار متوازن برف در قسمت AB برابر 1.12 kN/m^2 است.

4) شدت بار متوازن برف در قسمت BC برابر 1.5 kN/m^2 است.

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند 6-7-3 صفحه 45 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

**۶-۷-۲ بار برف بام**

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

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

که در آن:

P_s = بار برف مبنا طبق بخش ۶-۷-۳

I_s = ضریب اهمیت بار برف طبق جدول ۶-۷-۲

C_n = ضریب برف‌گیری طبق بخش ۶-۷-۴

C_h = ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۶-۷-۵

C_s = ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶

است

۶-۷-۳ بار برف مبنا

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

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

منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر) ۰/۲۵ کیلونیوتن بر مترمربع

منطقه ۲- برف کم ۰/۵ کیلونیوتن بر مترمربع

منطقه ۳- برف متوسط ۱ کیلونیوتن بر مترمربع

منطقه ۴- برف زیاد ۱/۵ کیلونیوتن بر مترمربع

منطقه ۵- برف سنگین ۲ کیلونیوتن بر مترمربع

منطقه ۶- برف فوق سنگین ۳ کیلونیوتن بر مترمربع

این بار را می‌توان با انجام مطالعات دقیق‌تر آماری برای منطقه مورد نظر نیز تعیین نمود، ولی مقدار آن نباید کمتر از ۰/۸ مقدار بار منطقه مربوطه در نظر گرفته شود.

جدول ۶-۷-۱ تقسیم‌بندی شهرهای کشور از نظر بار برف

ردیف	شهر	منطقه	ردیف	شهر	منطقه
۲۹	بندرعباس	۱	۵۹	رباط پشت بام	۲
۳۰	بندر لنگه	۱	۶۰	رشت	۵



۶-۷-۵ ضریب شرایط دمایی

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

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_h

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

۶-۷-۶ ضریب شیب

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

$$C_s = 1 \quad \alpha \leq \alpha_0 \quad (۶-۷-۳-الف)$$

$$C_s = 1 - \frac{\alpha - \alpha_0}{70 - \alpha_0} \quad \alpha_0 < \alpha < 70^\circ \quad (۶-۷-۳-ب)$$

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

زاویه α_0 ، طبق بند ۶-۷-۱-۶، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.

۶-۷-۱-۶ اگر سطح بام لغزنده بوده و لغزش برف بر روی سطح شیب‌دار بدون مانع باشد و

همچنین فضای کافی پایین‌تر از لبه بام برای ریزش برف موجود باشد، مقدار α_0 برای $C_h = 1$ برابر ۵ درجه، برای $C_h = 1/1$ برابر ۱۰ درجه و برای مقادیر بیشتر C_h برابر ۱۵ درجه خواهد بود. بام‌های لغزنده شامل پوشش‌های فلزی، سنگ‌برگ، شیشه‌ای و پوشش لاستیکی، پلاستیکی و قیراندود با سطوح صاف و هموار می‌باشند. غشاهای دارای سطوح آجدار را نمی‌توان صاف در نظر گرفت. ورقه‌های پوشش آسفالتی و چوبی لغزنده محسوب نمی‌شوند.

۴-۷-۶ ضریب برف‌گیری

ضریب برف‌گیری، C_n ، با توجه به اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف‌گیری بام ساختمان بر اساس جدول ۲-۷-۶، در نظر گرفته می‌شود. برای مناطق ۱ الی ۳ بار برف، این ضریب برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲-۷-۶ ضریب برف‌گیری، C_n

نوع ناحیه	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
پرتراکم	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
باز	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

جدول ۱-۱-۶ گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری
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 پرارزش نگهداری می‌شود. ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها و تأسیسات صنعتی که جزو موارد گروه خطرپذیری ۱ نمی‌باشند لیکن خرابی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش‌سوزی وسیع می‌شود مانند پالایشگاه‌ها، مراکز گازرسانی، انبارهای سوخت یا هرگونه ساختمان یا تأسیساتی که محل ساخت یا نگهداری مقادیری از موادی مانند سوخت‌های خطرناک یا مواد شیمیایی یا زباله خطرناک یا مواد منفجره باشند.

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

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

محاسبه بار برف متوازن در قسمت AB:

$$I_s = 1.1$$

$$C_n = 0.8$$

$$C_h = 1.2$$

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

$$\alpha_o = 15^\circ$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1.3}{5.5} \right) = 13.3^\circ$$

$$\rightarrow \alpha \leq \alpha_o \rightarrow C_s = 1$$

$$(P_r)_{AB} = I_s C_n C_h C_s P_s = 1.1 * 0.8 * 1.2 * 1 * 2 = 2.112 \frac{KN}{m^2}$$

محاسبه بار برف متوازن در قسمت BC:

$$I_s = 1.1$$

$$C_n = 0.8$$

$$C_h = 1.2$$

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

$$\alpha_o = 15^\circ$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1.3}{1.5} \right) = 40.914^\circ$$

$$\rightarrow \alpha_o < \alpha < 70^\circ \rightarrow C_s = 1 - \frac{40.914 - 15}{70 - 15} = 0.529$$

$$(P_r)_{BC} = I_s C_n C_h C_s P_s = 1.1 * 0.8 * 1.2 * 0.529 * 2 = 1.12 \frac{KN}{m^2}$$

پاسخ سوال گزینه (1)



3- در بام یک ساختمان مسکونی به ارتفاع 46 متر از روی زمین واقع در ناحیه پرتراکم مسطح شهر تهران به ابعاد 20×25 متر از یک سقف نورگیر افقی به ابعاد 2×2 متر و در وسط لبه رو به باد بام استفاده شده است. تراز نورگیر در تراز بام است. حداکثر کل نیروی باد وارد بر سقف نورگیر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ ساختمان دارای شرایط بدون بازشو بزرگ است محاسبه مقدار دقیق ضریب C_{gi} مدنظر این سوال نیست.

(1) -8.6 KN

(2) -6.8 KN

(3) -9.5 KN

(4) -6.3 KN

سطح سوال: متوسط و تکراری

حل: طبق بند 6-10-5 صفحه 76 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

۴-۱۰-۶ فشار باد بر ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها

۱-۴-۱۰-۶ فشار یا مکش خارجی

فشار یا مکش خارجی تحت اثر باد روی سیستم اصلی باربر یا روی جزئی از سطح خارجی ساختمان از رابطه (۴-۱۰-۶ الف) به دست می‌آید.

$$P = I_w q C_e C_t C_{gi} C_p C_d \quad (۴-۱۰-۶ \text{ الف})$$

۲-۴-۱۰-۶ فشار یا مکش داخلی

فشار یا مکش داخلی ساختمان تحت اثر باد از رابطه (۴-۱۰-۶ ب) به دست می‌آید.

$$P_i = I_w q C_e C_t C_{gi} C_{pi} C_d \quad (۴-۱۰-۶ \text{ ب})$$

در این رابطه :

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

۵-۱۰-۶ نیروی باد

بار خالص باد، F_t . برای کل ساختمان یا اجزاء پوششی ساختمان (اجزاء نما - پوشش بام) از جمع جبری حاصل ضرب فشارها یا مکش‌های داخلی و خارجی وارد بر سطوح ساختمان (یا اجزاء) در مساحت سطوح ساختمان (یا اجزاء) به دست می‌آید.

$$F_t = \sum P_j A_j + \sum P_{ij} A_j \quad (۴-۱۰-۶)$$

جدول ۱-۱-۶ گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری
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.

جدول ۲-۱-۶ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای

بارهای باد، برف، یخ و زلزله

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

۱۲-۱۰-۶ ضریب هم راستایی باد C_d

ضریب هم‌راستایی باد به منظور در نظر گرفتن احتمال هم‌راستایی جهت باد، ساختمان و ضریب فشار مربوط در همان جهت باد پیش‌بینی شده است. **بجز در ساختمان‌ها و حالات زیر، ضریب هم‌راستایی C_d برابر با ۰/۸۵ اختیار می‌شود.**

۱- دودکش‌ها، منابع و ساختمان‌های مشابه با مقطع مربع $C_d=0/9$ ، با مقطع دایره یا هشت ضلعی $C_d=0/95$

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

۷-۱۰-۶ ضریب پستی و بلندی زمین C_t

چنانچه ساختمان یا سازه در بالای تپه، پرتگاه یا سینه‌کش منفردی با شیب متوسط $(\frac{H_h}{2L_h})$ بیشتر از ۱۰ درصد قرار گرفته باشد، در نواحی پایینی ساختمان یا سازه سرعت باد افزایش می‌یابد. (شکل ۱-۱۰-۶) این افزایش در نواحی نزدیک به رأس تپه یا پرتگاه زیاده‌تر از دیگر نواحی است. **در شرایط معمولی، $C_t=1$ خواهد بود.**

۶-۱۰-۶ ارتفاع مبنا

ارتفاع مبنا که در محاسبه ضریب C_e به کار می‌رود، به شرح زیر تعریف می‌شود:

الف) برای ساختمان‌های منطبق بر بند ۶-۱۰-۸ این بخش یا پیوست ۴-۶، مقدار ارتفاع مبنا در سمت رو به باد برابر ارتفاع نقطه مورد نظر از سطح زمین (Z)، برای سمت پشت باد نصف ارتفاع کل ساختمان ($Z=H/2$) و برای بام و بدنه‌های جانبی ساختمان معادل ارتفاع کل ساختمان ($Z=H$) است.

ت) در محاسبه فشار (مکش) داخلی ساختمان‌ها:

۱- چنانچه بازشو در سمتی غیر از رو به باد بوده و روی وجوه داخلی ساختمان نیروی مکشی ایجاد شود، Z معادل ارتفاع کل ساختمان است ($Z=H$).

۶-۱۰-۶ ضریب C_e در نواحی پرتراکم

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

$$C_e = 0.7 \left(\frac{Z}{12} \right)^{1/3} \geq 0.7 \quad (6-10-6)$$

۶-۱۰-۸ ضریب اثر تند باد C_g و C_{gi}

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

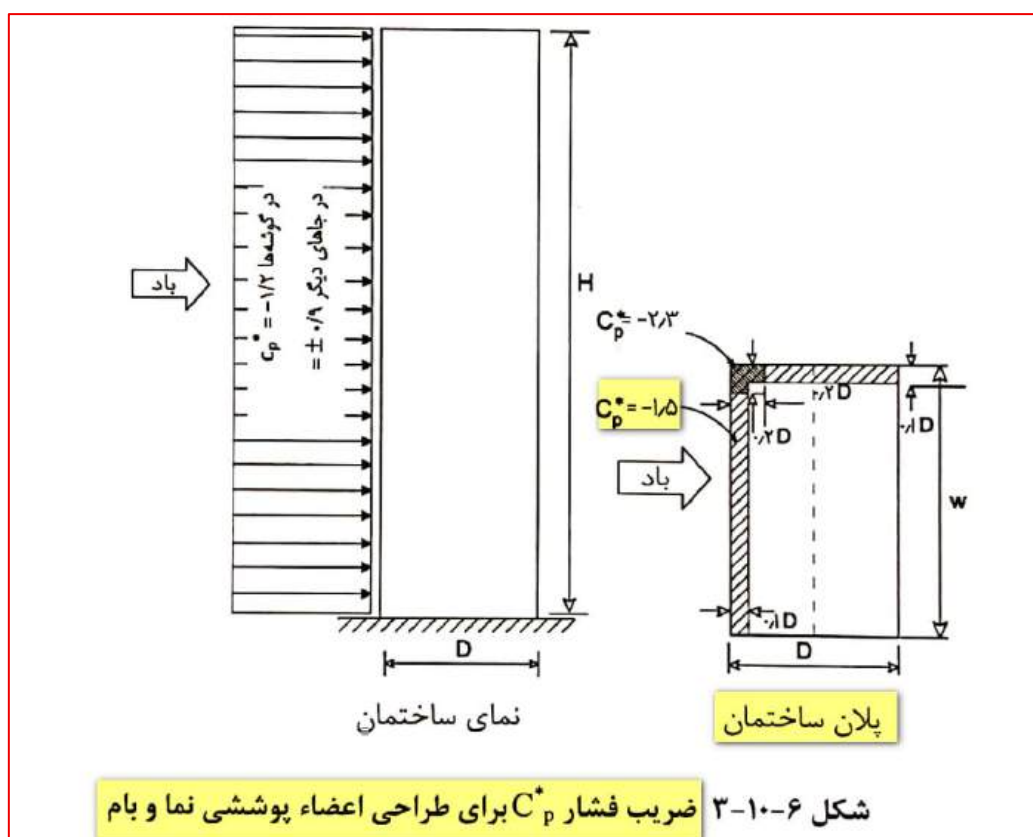
الف) برای محاسبه نیروهای کلی خارجی ساختمان $C_g = 2/0$

ب) برای محاسبه نیروهای وارد بر اجزاء پوشش نما یا بام (به طور موضعی) $C_g = 2/5$

برای محاسبه فشار یا مکش داخلی، مقدار ضریب C_{gi} را می‌توان به صورت محافظه کارانه برابر ۲/۰ اختیار نمود.

ادامه جدول ۶-۱۰-۱ سرعت و فشار مبنای باد

ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) km/h	فشار مبنای (q) kN/m ²	ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) km/h	فشار مبنای (q) kN/m ²
۱۱۸	خور و بیابانک	۹۰	۰/۳۸	۸۶	تهران	۱۰۰	۰/۴۷



گروه ۱: ساختمان‌های بدون بازشوهای بزرگ و قابل توجه، ساختمان‌های با نسبت ابعادی بزرگتر از واحد که اسماً هوابندی شده‌اند و تهویه هوا از طرق مکانیکی صورت می‌گیرد یا مجموعه بازشوهای کوچک بدنه و بام ساختمان کمتر از ۰/۱ درصد مساحت کل بدنه ساختمان باشد. مقدار C_{pi} در این حالت بین ۰/۱۵- تا ۰ می‌باشد. C_{pi} تنها زمانی صفر خواهد بود که بازشوها در کاهش بارهای خارجی باد مؤثر باشند.

برای محاسبه فشار خارجی ناشی از بار باد ابتدا پارامترهای رابطه فشار خارجی بار باد P را مشخص می‌کنیم:

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

$$I_w = 1$$

$$q_{تهران} = 0.47 \frac{KN}{m^2}$$

$$C_d = 0.85$$

$$C_p = -1.5$$

$$C_t = 1$$

$$C_e = \max \left\{ 0.7, 0.7 * \left(\frac{46}{12} \right)^{0.3} = 1.048 \right\} = 1.048$$



$$Z = 46m$$

$$C_g = 2.5$$

در ادامه برای محاسبه حداکثر فشار خارجی ناشی از بار باد (P) به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\rightarrow P = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d = 1 * 0.47 * 1.048 * 1 * 2.5 * (-1.5) * 0.85$$

$$\rightarrow P = -1.57 \frac{KN}{m^2}$$

برای محاسبه فشار داخلی ناشی از بار باد ابتدا پارامترهای رابطه فشار داخلی باد P_i را مشخص می‌کنیم:

$$P_i = I_w q C_e C_t C_{gi} C_{pi} C_d$$

$$I_w = 1$$

$$q_{تهران} = 0.47 \frac{KN}{m^2}$$

$$C_d = 0.85$$

$$C_{pi} = -0.15$$

$$C_t = 1$$

$$C_e = \max \left\{ 0.7, 0.7 * \left(\frac{46}{12} \right)^{0.3} = 1.048 \right\} = 1.048$$

$$Z = 46m$$

$$C_{gi} = 2$$

در ادامه برای محاسبه حد بالای فشار داخلی ناشی از بار باد (P_i) به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\rightarrow P_i = I_w q C_e C_t C_{gi} C_{pi} C_d = 1 * 0.47 * 1.048 * 1 * 2 * (-0.15) * 0.85$$

$$\rightarrow P_i = -0.1256 \frac{KN}{m^2}$$

در نهایت داریم:

$$\rightarrow F_t = (P + P_i) A_w = (-1.57 + -0.1256) * (2 * 2) = -6.78 KN$$

پاسخ به گزینه 2 نزدیک تر می باشد.

پاسخ سوال گزینه (2)

4- بام تخت یک ساختمان مسکونی واقع در ناحیه پرتراکم در شهر اصفهان دارای شرایط برف گیر است. شدت بار ناشی از اثرات برف بدون ضریب بار بر روی این بام با در نظر گرفتن اثر سربار باران بر برف به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

$$1.25 \frac{KN}{m^2} \quad (1)$$

$$1.1 \frac{KN}{m^2} \quad (2)$$

$$1.0 \frac{KN}{m^2} \quad (3)$$

$$1.35 \frac{KN}{m^2} \quad (4)$$

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند 6-7-3 صفحه 45 و بند مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

۲=۷=۶ بار برف بام

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

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

که در آن:

$$P_s = \text{بار برف مبنا طبق بخش ۶-۷-۳}$$

$$I_s = \text{ضریب اهمیت بار برف طبق جدول ۶-۱-۲}$$

$$C_n = \text{ضریب برف‌گیری طبق بخش ۶-۷-۴}$$

$$C_h = \text{ضریب شرایط دمایی طبق بخش ۶-۷-۵}$$

$$C_s = \text{ضریب شیب طبق بخش ۶-۷-۶}$$

است

۶-۷-۱۲ سربار باران بر برف

در مناطق ۲ و ۳ بار برف، برای بام با شیب کمتر از $W/15$ درجه (W فاصله افقی لبه پایین تا خط الرأس سقف شیب‌دار بر حسب متر می‌باشد)، سربار باران به مقدار 0.25 کیلونیوتن بر مترمربع به بار برف متوازن اضافه خواهد شد. این بار لازم نیست همراه با اثر انباشتگی، لغزش، بار برف نامتوازن یا بار بارگذاری بخشی برف در نظر گرفته شود.

جدول ۶-۱-۱ گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری
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.

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

گروه خطرپذیری مطابق جدول ۶-۱-۱	ضریب اهمیت I_e بار زلزله	ضریب اهمیت I_w بار باد	ضریب اهمیت I_i بار یخ	ضریب اهمیت I_s بار برف
۱	۱.۴	۱.۲	۱.۲	۱.۲
۲	۱.۲	۱.۱	۱.۱	۱.۱
۳	۱	۱	۱	۱
۴	۰.۸	۰.۸	۰.۸	۰.۸

۶-۷-۵ ضریب شرایط دمایی

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

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_h

تمام ساختمان‌ها به جز موارد زیر	۱.۰
ساختمان‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.	۱.۱
ساختمان‌های بدون گرمایش و ساختمان‌هایی که زیر بام آنها باز است.	۱.۲
ساختمان‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگه‌داشته می‌شود.	۱.۳



جدول ۶-۷-۱ تقسیم‌بندی شهرهای کشور از نظر بار برف

ردیف	شهر	منطقه	ردیف	شهر	منطقه
۷	اصفهان	۳	۳۷	تربت حیدریه	۳

۶-۷-۳ بار برف مبنا

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

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

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

۶-۷-۴ ضریب برف‌گیری

ضریب برف‌گیری، C_n ، با توجه به اثر ناهمواری محیط و ساخت و ساز اطراف و میزان برف‌گیری بام ساختمان بر اساس جدول ۶-۷-۲، در نظر گرفته می‌شود. برای مناطق ۱ الی ۳ بار برف، این ضریب

برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

۶-۷-۶ ضریب شیب

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

$$C_s = 1 \quad \alpha \leq \alpha_0 \quad (\text{الف-۶-۷-۳-الف})$$

$$C_s = 1 - \frac{\alpha - \alpha_0}{70 - \alpha_0} \quad \alpha_0 < \alpha < 70^\circ \quad (\text{ب-۶-۷-۳-ب})$$

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

زاویه α_0 طبق بند ۶-۷-۶-۱، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.



ابتدا بار برف متوازن را محاسبه می‌کنیم:

$$P_r = I_s C_n C_h C_s P_s = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1 \frac{KN}{m^2}$$

$$I_s = 1$$

$$C_n = 1$$

$$C_h = 1$$

$$C_s = 1$$

$$P_s = 1 \frac{KN}{m^2}$$

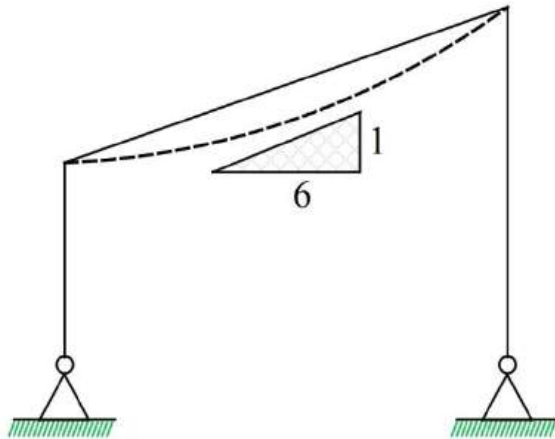
محاسبهٔ سربار باران بر برف مطابق بند 6-7-12 مبحث 6 ویرایش 1398: شهر اصفهان در منطقهٔ 3 بار برف قرار دارد و شیب بام تخت صفر می‌باشد که قطعاً کمتر از شیب $\frac{W}{15}$ می‌باشد. لذا سربار باران بر برف باید در نظر گرفته شود.

بنابراین مقدار کل بار برف بدون ضریب بر روی بام به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{\text{کل}} = P_r + 0.25 = 1 + 0.25 = 1.25 \frac{KN}{m^2}$$

پاسخ سوال گزینهٔ (1)

13- وزن مرده بام با پوشش سبک قاب شیبدار فولادی نشان داده شده با احتساب وزن تیر شیبدار 500 نیوتن برای هر متر مربع از سطح شیبدار، و بار برف متوازن $1.4 \frac{KN}{m^2}$ است. اگر مقدار مجاز تغییر شکل قائم تیر شیبدار نسبت به دو انتهای خود، برای حالتی که بارهای مرده و برف در نظر گرفته شوند، 50mm باشد، براساس این اطلاعات کدام یک از گزینه های زیر درست خواهد بود؟ تحلیل الاستیک مرتبه اول است



1) تغییر شکل قائم تیر شیبدار نسبت به دو انتهای خود به ازای بار مرده تنها، در محدوده مجاز و حداکثر حدود 25mm باشد.

2) تغییر شکل قائم تیر شیبدار نسبت به دو انتهای خود به ازای بار مرده تنها، در محدوده مجاز و حداکثر حدود 10mm باشد.

3) تغییر شکل قائم تیر شیبدار نسبت به دو انتهای خود به ازای بار مرده تنها، در محدوده مجاز و حداکثر حدود 15mm باشد.

4) تغییر شکل قائم تیر شیبدار نسبت به دو انتهای خود به ازای بار مرده تنها، در محدوده مجاز و حداکثر حدود 20mm باشد.

سطح سوال متوسط

حل: طبق بند 6-2-5-1 صفحه 15 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

۱-۵-۲-۶ تغییر شکل قائم (افتادگی)

تغییر شکل‌های قائم (افتادگی) اعضای کف‌ها و سقف‌ها تحت ترکیب بارهای زیر نباید از مقادیر مجاز آیین‌نامه‌های طراحی تجاوز نماید. در صورتی که در مباحث طراحی مقررات ملی ساختمان یا سایر آیین‌نامه‌های طراحی مرتبط، استفاده از ضرایب بار کمتر از واحد پیشنهاد شده باشد، می‌توان از آن ضرایب به جای واحد در ترکیب بارها استفاده نمود.

۱) D

۲) L

۳) D + L

۴) $D + (L_T \text{ یا } 0.5 S)$

- در طراحی سازه‌های پیش‌تنیده، اثر پیش‌تنیدگی باید مانند اثر بار مرده در ترکیب بارها وارد شود.

- در صورت وجود بار سیال یا فشار مواد انبساطی، باید اثرات آن‌ها با ضریب یک در ترکیب بارهای فوق لحاظ گردد.

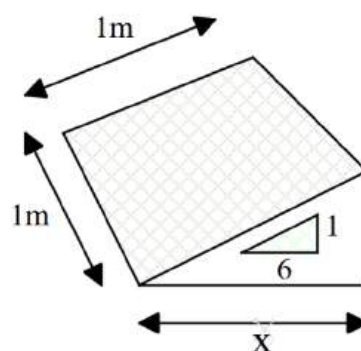
ابتدا مقدار تغییر مکان قائم وسط دهانه تیر را تحت بار متوازن برف به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$q_D = \frac{500 * 10^{-3}}{1 * X} = \frac{500 * 10^{-3}}{1 * 1 * \cos 9.46} = 0.507 \frac{KN}{m^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{1}{6} \right) = 9.46^\circ$$

$$q_S = 1.4 \frac{KN}{m^2}$$

$$\frac{\Delta_D}{\Delta_S} = \frac{\frac{5 * q_D * L^4}{384EI}}{\frac{5 * q_S * L^4}{384EI}} = \frac{5 * 0.507 * L^4}{384EI} \rightarrow \frac{\Delta_D}{\Delta_S} = \frac{0.507}{1.4} \rightarrow \Delta_S = 2.76 \Delta_D$$

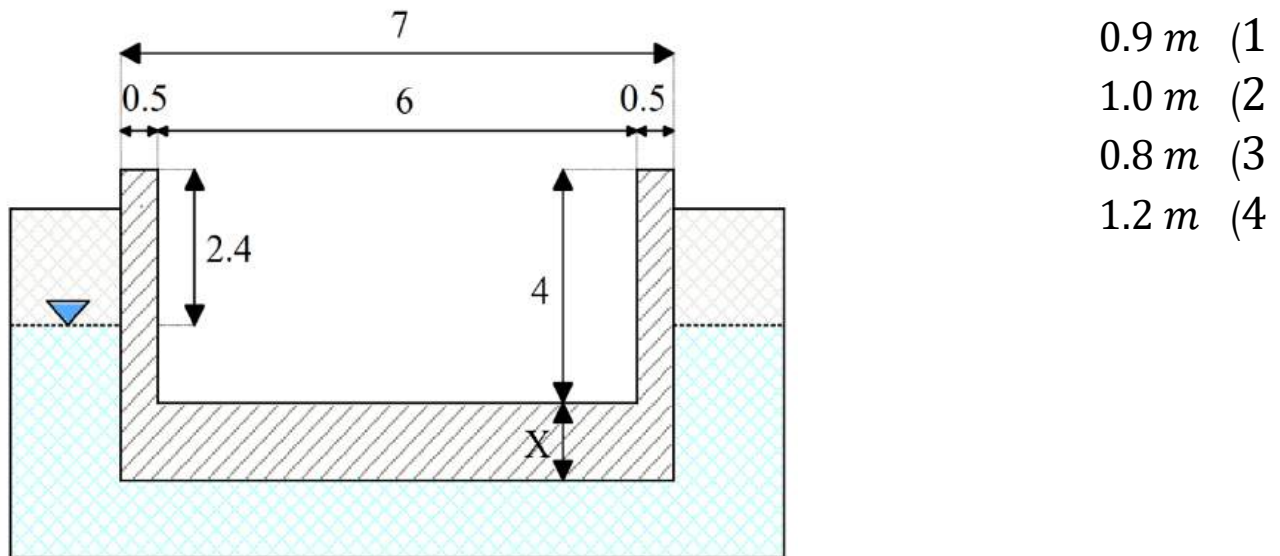


در نهایت با کنترل تغییر شکل وسط تیر تحت بار مرده و برف در ترکیب بار ردیف 4 مربوط به تغییر شکل قائم با مقدار حداکثر داده شده در صورت سوال (50mm) مقدار حداکثر تغییر شکل وسط تیر تحت بار مرده را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta_D + 0.5 \Delta_S \leq 50mm \rightarrow \Delta_D + 0.5 * 2.76 \Delta_D \leq 50 \rightarrow \Delta_D \leq \frac{50}{2.38} = 21mm$$

پاسخ سوال گزینه (4)

15- مخزن آب بتن آرمه روبازی با مقطع نشان داده شده و با طول بسیار زیاد در محوطه یک کارخانه احداث خواهد شد. تراز آب زیرزمینی 2.4 متر پایین تر از لبه دیوار مخزن قرار دارد. ضخامت شالوده مخزن (X) حداقل چقدر باید باشد تا در حالت خالی بودن مخزن، ضریب اطمینان در برابر فشار رو به بالا و پایداری کلی مخزن، ناشی از فشار هیدرواستاتیکی آب زیرزمینی 1.5 باشد (روش تنش مجاز)؟ خاک محل احداث شن و ماسه ای است وزن مخصوص آب $10 \frac{KN}{m^3}$ و وزن مخصوص بتن $25 \frac{KN}{m^3}$ فرض می شود. از چسبندگی و اصطکاک بین دیواره مخزن و خاک صرف نظر شود. در شکل ابعاد به متر است و نزدیکترین گزینه به پاسخ را انتخاب کنید



سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند 3-4-6 در صفحه 20 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

۳-۴-۶ زیر فشار وارد بر کف و شالوده

در طراحی کف زیرزمین و دیگر اجزاء مشابه تقریباً افقی که پایین تر از سطح زمین قرار دارند، اثر زیر فشار آب زیرزمینی، در صورت وجود، باید به صورت فشار هیدرواستاتیکی بر تمام کف در نظر گرفته شود. بارهای هیدرواستاتیکی باید تا زیر سطح شالوده ساختمان محاسبه شوند. هرگونه بار به سمت بالای دیگر نیز باید در طراحی منظور شود.

در صورت وجود خاک منبسط شونده در زیر شالوده یا تاوه بر روی زمین، شالوده، تاوه و دیگر اجزاء باید برای تحمل حرکات به سمت بالا طراحی شده یا در برابر بارهای به سمت بالا ناشی از خاک منبسط شونده مقاومت کنند؛ یا خاک منبسط شونده برداشته شده، یا در زیر و اطراف سازه به خوبی تثبیت گردد.



ابتدا نیروی محرک ناشی فشار بالا برنده را برای طول واحد مخزن محاسبه می‌کنیم: ارتفاع آب (h_w) از تراز سطح آب تا زیر تراز شالوده در نظر گرفته می‌شود.

$$P_w = \gamma_w * h_w = 10 * (1.6 + X) = 16 + 10X$$

$$h_w = (4 - 2.4) + X = 1.6 + X$$

$$F_w = P_w * A = (16 + 10X) * 7 * 1 = 112 + 70X$$

در ادامه نیروی مقاوم ناشی از وزن مخزن بتنی را برای طول واحد مخزن محاسبه می‌کنیم:

$$F_p = [(2 * 0.5 * 4 * 1) + (7 * X * 1)] * 25 = 100 + 175X$$

در نهایت داریم:

$$\rightarrow \frac{F_p}{F_w} \geq 1.5$$

$$\rightarrow \frac{100 + 175X}{112 + 70X} \geq 1.5 \rightarrow 100 + 175X \geq 168 + 105X \rightarrow X \geq \frac{68}{70}$$

$$\rightarrow X \geq 0.97m$$

پاسخ سوال گزینه (2)

17- جان پناه یک بازشو در طبقه همکف یک مجتمع تجاری پر ازدحام از قطعات شیشه به طول 2 متر و ارتفاع 1.10 متر تشکیل شده است. در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت حداکثر لنگر خمشی ضربیدار در هر قطعه شیشه این جان پناه به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

$$M_u = 5.5KN.m \quad (1)$$

$$M_u = 2.64KN.m \quad (2)$$

$$M_u = 8.8KN.m \quad (3)$$

$$M_u = 4.4KN.m \quad (4)$$

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند 6-5-7 در صفحه 27 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

۶-۵-۷ بارهای وارد بر سیستم‌های جان‌پناه پارکینگ، سیستم میله دستگیره،

سیستم جان‌پناه، سیستم نرده و نردبان ثابت

۶-۵-۷-۱ بار وارد بر سیستم‌های نرده و جان‌پناه

سیستم نرده یا جان‌پناه باید طوری طراحی شود که یک بار متمرکز ۱ کیلونیوتن وارد بر هر نقطه و در هر امتداد از آن را به نحوی که سبب ایجاد حداکثر اثر بار بر روی اجزاء سازه‌ای مربوط شود، تحمل کرده و آن را توسط تکیه‌گاه‌های خود به سازه منتقل نماید. همچنین نرده یا جان‌پناه باید طوری طراحی شود که یک بار گسترده ۰/۷۵ کیلونیوتن بر مترطول را در هر امتدادی در راستای نرده یا جان‌پناه تحمل کند. این بار لازم نیست که به صورت همزمان با بار متمرکز فوق در نظر گرفته شود. در سیستم‌های نرده و جان‌پناه که در محل‌های ازدحام و اجتماع قرار می‌گیرند بار گسترده خطی فوق باید به ۲/۵ کیلونیوتن بر مترطول افزایش یابد.

میله‌های میانی نرده‌ها و قطعات پرکننده میان آن‌ها باید برای تحمل یک بار افقی ۰/۲۵ کیلونیوتن به صورت عمود بر روی سطحی به ابعاد حداکثر ۳۰۰×۳۰۰ میلی متر (با احتساب فضای خالی بین میله‌های نرده) به نحوی که سبب ایجاد حداکثر اثرات ناشی از آن بارگذاری گردد، طراحی شوند. عکس‌العمل‌های ناشی از این بارگذاری لازم نیست به سایر بارهای مذکور در این بند اضافه گردد.

۶-۳-۲ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت، سازه‌ها، اعضاء و شالوده‌های آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آن‌ها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریب‌دار زیر باشد:

$$۱) ۱/۴D$$

$$۲) ۱/۲D + ۱/۶L + ۰/۵(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$$

$$۳) ۱/۲D + ۱/۶(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } ۰/۵(۱/۶W)]$$

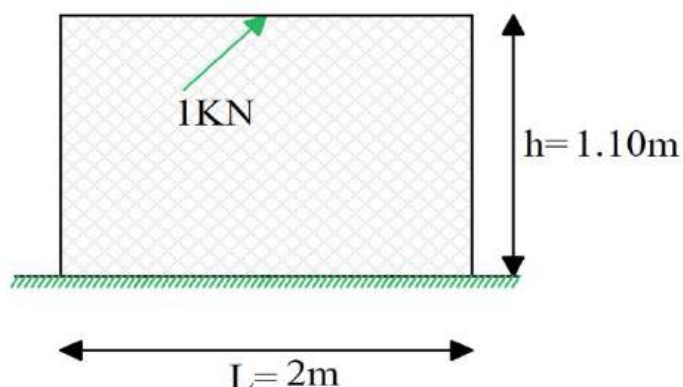
$$۴) ۱/۲D + ۱/۶W + L + ۰/۵(L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$$

$$۵) ۱/۲D + E + L + ۰/۲S$$

$$۶) ۰/۹D + ۱/۶W$$

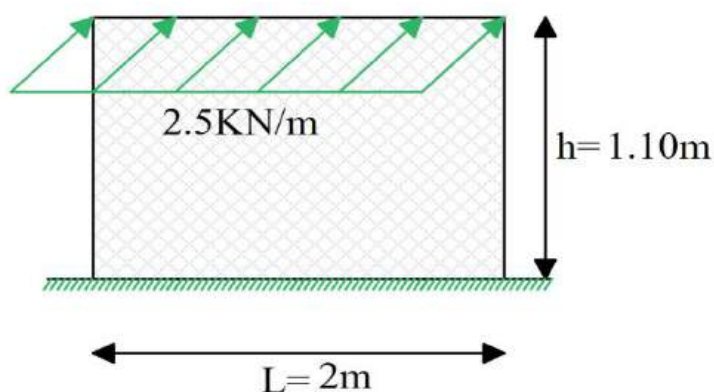
$$۷) ۰/۹D + E$$

ابتدا حداکثر لنگر خمشی ضربیدار در هر قطعه شیشه جان پناه تحت بار متمرکز را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:



$$M_{u1} = 1.6 * P_L * h = 1.6 * 1 * 1.10 = 1.76 \text{ KN.m}$$

در ادامه حداکثر لنگر خمشی ضربیدار در هر قطعه شیشه جان پناه تحت بار گسترده در محل اجتماع و ازدحام را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:



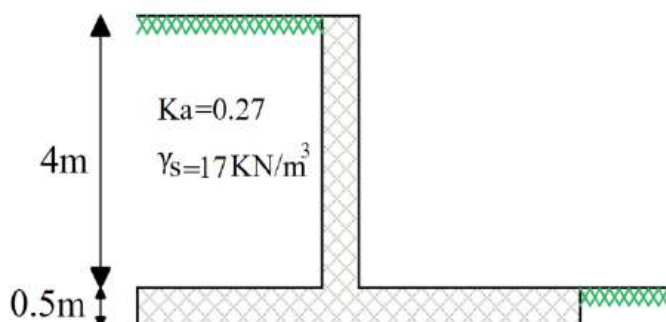
$$M_{u2} = 1.6 * q_L * L * h = 1.6 * 2.5 * 2 * 1.10 = 8.8 \text{ KN.m}$$

در نهایت داریم:

$$M_u = \max(M_{u1}, M_{u2}) = 8.8 \text{ KN.m}$$

پاسخ سوال گزینه (3)

18- یک دیوار حائل محوطه با مشخصات نشان داده شده در شکل زیر نگهدارنده خاکی با وزن مخصوص $\gamma_s = 17 \frac{KN}{m^3}$ و ضریب فشار محرک برابر $k_a = 0.27$ است. در حالت استاتیک حداکثر مقدار لنگر خمشی طراحی ضریبدار در عمق 3 متری از بالای دیوار به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



1) 20.6 KN.m/m

2) 33 KN.m/m

3) 22.5 KN.m/m

4) 36 KN.m/m

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند 6-4-2-1 صفحه 19 مبحث 6 ویرایش 1398 و روابط مربوط به فشار جانبی خاک وارد بر سازه های نگهدارنده در مبحث هفتم ویرایش 1400 داریم:

۶-۴-۲ فشار جانبی

۶-۴-۲-۱ نیروی ناشی از فشار خاک یا فشار هیدرواستاتیکی باید بر روی دیوارهای زیرزمین ها و سایر سازه های مشابه که در پشت اجزاء آنها خاک قرار دارد، منظور گردد. فشار خاک باید با توجه به مشخصات مکانیکی آن و ضوابط مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. این فشار در هر حالت نباید کمتر از فشار مایع معادل با وزن مخصوص ۵ کیلونیوتن بر مترمکعب در نظر گرفته شود.

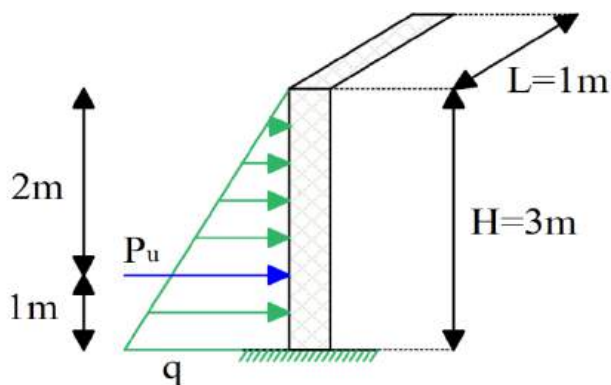
۶-۳-۲ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت، سازه ها، اعضاء و شالوده های آنها باید به گونه ای طراحی شوند که مقاومت طراحی آنها، بزرگتر یا برابر با اثرات ناشی از ترکیب بارهای ضریبدار زیر باشد: (ت) در صورت وجود فشار جانبی خاک و فشار آب زیرزمینی یا مواد انباشته، H ، اثر آنها را باید به صورت زیر منظور نمود:

ت-۱) اگر اثر این بار در جهت افزودن به اثرات دیگر بارها باشد، اثر بار H باید با ضریب $1/6$ در ترکیب بارها منظور شود،

ت-۲) اگر اثر این بار در جهت کاهش اثرات دیگر بارها باشد، در صورت وجود دائمی بار H ، اثر آن باید با ضریب $0/9$ در ترکیب بارها منظور شود و در بقیه موارد باید از اثر بار H صرف نظر گردد.

فشار سطحی جانبی ناشی از خاک در عمق 3 متری از بالای دیوار برای طول واحد به صورت زیر می باشد:



فشار سطحی جانبی ناشی از خاک:

$$q_1 = K_a \gamma_s H = 0.27 * 17 * 3 = 13.77 \frac{KN}{m^2}$$

فشار سطحی جانبی ناشی از مایع معادل:

$$q_{\text{فشار مایع معادل}} = 5 \frac{KN}{m^3}$$

$$q_2 = q_{\text{فشار مایع معادل}} * H = 5 * 3 = 15 \frac{KN}{m^2}$$

در ادامه کل نیروی فشاری بدون ضریب به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P_u = \max[q_1, q_2] * \frac{H}{2} * L = \max[13.77, 15] * \frac{3}{2} * 1 = 22.5KN$$

در ادامه حداکثر مقدار لنگر خمشی طراحی ضریبدار طبق روش ضریب بار و مقاومت در عمق 3 متری بالای دیوار به صورت زیر محاسبه می شود:

$$M_u = 1.6 * P_u * 1 = 1.6 * 22.5 * 1 = 36 KN.m/m$$

پاسخ سوال گزینه (4)

19- یک ساختمان مسکونی با پلان مربع به ابعاد 15×15 متر و بام تخت در ناحیه پرتراکم و مسطح شهر اصفهان دارای ارتفاع 24 متر است کل نیروی باد خارجی وارد بر ساختمان در هر راستا به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

$$F_t = 355 \text{ KN (1)}$$

$$F_t = 330 \text{ KN (2)}$$

$$F_t = 310 \text{ KN (3)}$$

$$F_t = 390 \text{ KN 4}$$

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند 6-10-4 صفحه 76 مبحث 6 ویرایش 1398 داریم:

۶-۱۰-۴ فشار باد بر ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها

۶-۱۰-۴-۱ فشار یا مکش خارجی

فشار یا مکش خارجی تحت اثر باد روی سیستم اصلی برابر یا روی جزئی از سطح خارجی ساختمان از رابطه (۶-۱۰-۳-الف) به دست می‌آید.

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

(۶-۱۰-۳-الف)

۶-۱۰-۱۲ ضریب هم‌راستایی باد C_d

ضریب هم‌راستایی باد به منظور در نظر گرفتن احتمال هم‌راستایی جهت باد، ساختمان و ضریب فشار مربوط در همان جهت باد پیش‌بینی شده است. بجز در ساختمان‌ها و حالات زیر، ضریب هم‌راستایی C_d برابر با ۰/۸۵ اختیار می‌شود.

۱- دودکش‌ها، منابع و ساختمان‌های مشابه با مقطع مربع $C_d=0/9$ ، با مقطع دایره یا هشت ضلعی $C_d=0/95$

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



جدول ۱-۱-۶ گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای بارهای باد، برف، زلزله و یخ

گروه خطرپذیری	نوع کاربری
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.

جدول ۲-۱-۶ ضریب اهمیت مربوط به گروه‌بندی خطرپذیری ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها برای

بارهای باد، برف، یخ و زلزله

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

۷-۱۰-۶ ضریب پستی و بلندی زمین C_t

چنانچه ساختمان یا سازه در بالای تپه، پرتگاه یا سینه‌کش منفردی با شیب متوسط $(\frac{H_b}{2L_b})$ بیشتر

از ۱۰ درصد قرار گرفته باشد، در نواحی پایینی ساختمان یا سازه سرعت باد افزایش می‌یابد. (شکل

۱-۱۰-۶) این افزایش در نواحی نزدیک به رأس تپه یا پرتگاه زیاده‌تر از دیگر نواحی است. در شرایط

معمولی، $C_t=1$ خواهد بود.

۶-۱۰-۱-۶ ارتفاع مبنا

ارتفاع مبنا که در محاسبه ضریب C_e به کار می‌رود، به شرح زیر تعریف می‌شود:

الف) برای ساختمان‌های منطبق بر بند ۶-۱۰-۸ این بخش یا پیوست ۴-۶، مقدار ارتفاع مبنا در سمت رو به باد برابر ارتفاع نقطه مورد نظر از سطح زمین (Z)، برای سمت پشت باد نصف ارتفاع کل ساختمان ($Z=H/2$) و برای بام و بدنه‌های جانبی ساختمان معادل ارتفاع کل ساختمان ($Z=H$) است.

ت) در محاسبه فشار (مکش) داخلی ساختمان‌ها:

۱- چنانچه بازشو در سمتی غیر از رو به باد بوده و روی وجوه داخلی ساختمان نیروی مکشی ایجاد شود، Z معادل ارتفاع کل ساختمان است ($Z=H$).

۶-۱۰-۳-۶ ضریب C_e در نواحی پرتراکم

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

$$C_e = 0.7 \left(\frac{Z}{12} \right)^{1/3} \geq 0.7 \quad (6-10-6)$$

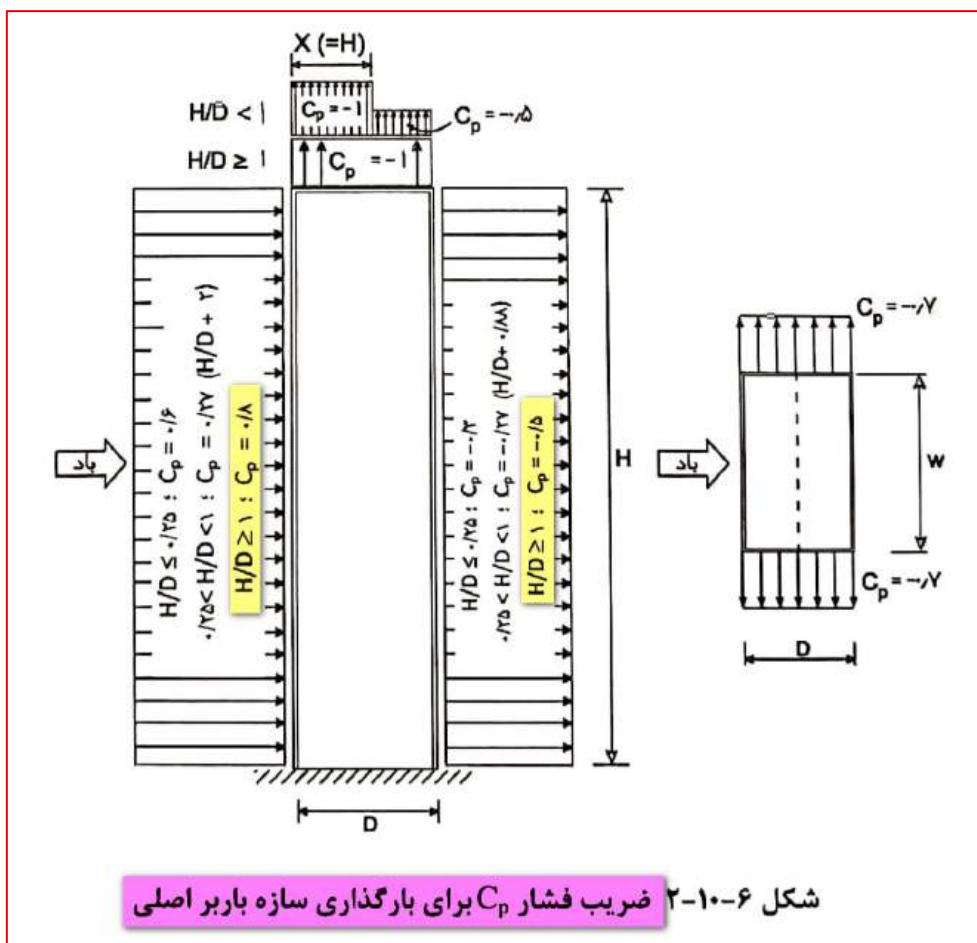
۶-۱۰-۸-۱ ضریب اثر تند باد C_g و C_{gi}

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

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

ب) برای محاسبه نیروهای وارد بر اجزاء پوشش نما یا بام (به طور موضعی) $C_g = 2/5$

برای محاسبه فشار یا مکش داخلی، مقدار ضریب C_{gi} را می‌توان به صورت محافظه کارانه برابر ۲/۰ اختیار نمود.



جدول ۶-۱۰-۱ سرعت مبنای باد

فشار مبنا (q) kN/m ²	سرعت مبنای باد (V) km/h	نام ایستگاه	شماره
۰/۳۸	۹۰	بندر دیر	۵۶
۰/۵۷	۱۱۰	اصفهان	۲۴

فشار خارجی ناشی از بار باد در سمت رو به باد را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$I_w = 1$$

$$q_{\text{اصفهان}} = 0.57 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$C_d = 0.85$$

$$\frac{H}{D} = \frac{24}{15} = 1.6 \rightarrow C_p = 0.8$$

$$C_t = 1$$

$$C_g = 2$$

محاسبه C_e در تراز بام:

$$C_e = \max \left\{ 0.7, 0.7 * \left(\frac{24}{12} \right)^{0.3} = 0.862 \right\} = 0.862$$

$$Z = 24m$$

محاسبه C_e در تراز 12 متری ارتفاع از پای سازه با فشار یکنواخت:

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

$$Z = 12m$$

فشار خارجی ناشی از بار باد در سمت رو به باد در تراز بام را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow P_{\text{رو به باد تراز بام}} = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d = 1 * 0.57 * 0.862 * 1 * 2 * 0.8 * 0.85$$

$$\rightarrow P_{\text{رو به باد تراز بام}} = 0.67 \frac{KN}{m^2}$$

فشار خارجی ناشی از بار باد در سمت رو به باد در تراز 12 متری ارتفاع از پای سازه با فشار یکنواخت را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow P_{\text{رو به باد تراز 12 متری}} = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d = 1 * 0.57 * 0.7 * 1 * 2 * 0.8 * 0.85$$

$$\rightarrow P_{\text{رو به باد تراز 12 متری}} = 0.54 \frac{KN}{m^2}$$

فشار خارجی ناشی از بار باد در سمت پشت به باد را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$I_w = 1$$

$$q_{\text{اصفهان}} = 0.57 \frac{KN}{m^2}$$

$$C_d = 0.85$$

$$\frac{H}{D} = \frac{24}{15} = 1.6 \rightarrow C_p = -0.5$$

$$C_t = 1$$



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

$$Z = \frac{H}{2} = \frac{24}{2} = 12m$$

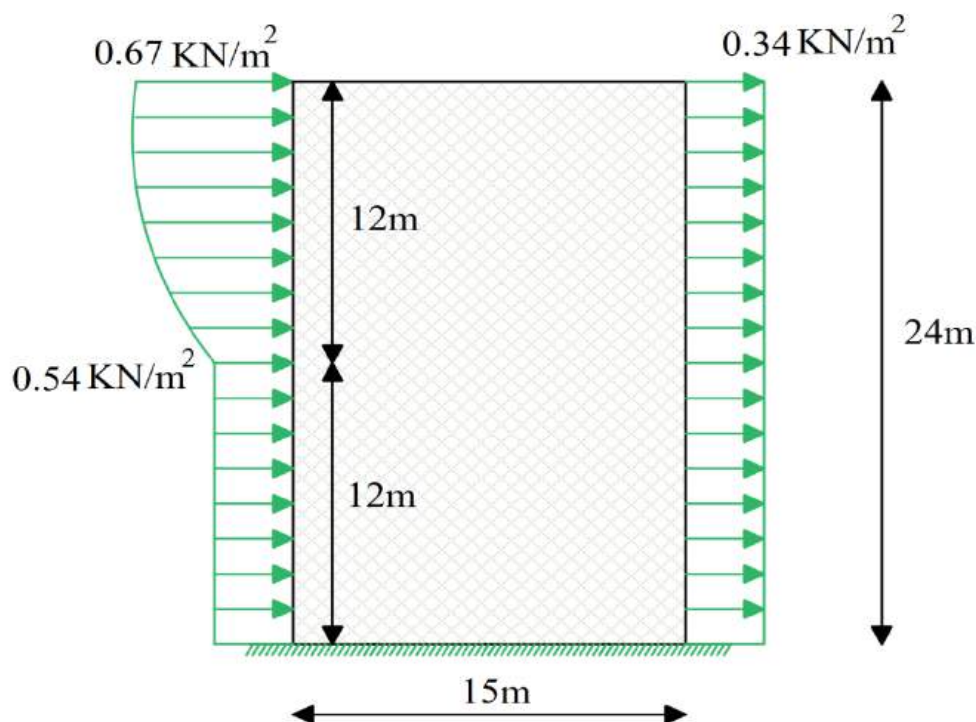
$$C_g = 2$$

فشار خارجی ناشی از بار باد در سمت رو به باد را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\rightarrow P_{\text{پشت به باد}} = I_w q C_e C_t C_g C_p C_d = 1 * 0.57 * 0.7 * 1 * 2 * (-0.5) * 0.85$$

$$\rightarrow P_{\text{پشت به باد}} = -0.34 \frac{KN}{m^2}$$

در نهایت داریم:



$$\rightarrow F_t = P_{\text{رو به باد تراز 12 متری}} * (24 * 15) + \frac{2}{3} * (P_{\text{رو به باد تراز بام}} - P_{\text{رو به باد تراز 12 متری}}) * 12 * 15 + P_{\text{پشت به باد}} * (24 * 15)$$

$$\rightarrow F_t = 0.54 * (24 * 15) + \frac{2}{3} * (0.67 - 0.54) * 12 * 15$$

$$+ 0.34 * (24 * 15) \rightarrow F_t = 332.4 KN$$

پاسخ به گزینه 2 نزدیک تر می باشد.

پاسخ سوال گزینه 2



گروه صنعتی سبزسازه

تحلیل سازه‌ها

تحلیل سازه‌ها



بررسی پایداری و محاسبه درجه نامعینی سازه‌ها

تحلیل سازه‌های معین و رسم خط تاثیر آن‌ها

محاسبه تغییرشکل‌های خمشی در سازه‌ها

تحلیل سازه‌های نامعین و رسم خط تاثیر آن‌ها

نویسنده: دکتر رامین منصوری

گروه صنعتی سبزسازه