جزوه درس

"مقررات ملّی ساختمان"

دکتر ابراهیم زمانی

دانشکده عمران-دانشگاه صنعتی شاهرود

فهرست موضوعات

فصل اول: مبانی احتمالاتی بارهای وارد بر سازه..... ۱

فصل دوم: انواع بارها و سیستم های باربر..... ۹

فصل سوم: گروه بندی ساختمان ها..... ۱۷

فصل چهارم: بار مرده..... ۲۱

فصل پنجم: بار زنده..... ۲۷

فصل ششم: بار برف..... ۴۸

فصل هفتم: بار باد..... ۶۵

فصل هشتم: بار زلزله..... ۸۸

مقررات ملی ساختمان

مباحث ۲۱ گانه مقررات ملی ← زیر نظر معاونت مسکن و ساختمان وزارت راه و شهرسازی

مبحث ۵ ← خاکبرداری
" ۶ ← بارگذاری
" ۷ ← پی و پی سازی
" ۸ ← سازه‌های بنایی
" ۹ ← سازه‌های بتن آرمه
" ۱۰ ← فولادی
" ۱۱ ← اجرای ساختمان
" ۱۲ ← ایمنی و حفاظت در حین کار
" ۱۹ ← صرفه‌جویی در مصرف انرژی
" ۲۱ ← سیستم غیر عامل

* سایر مباحث به رشته‌های برق و تأسیسات مکانیکی مربوط می‌شود. یا اینکه مبحث اول از قبیل تعاریف و تشکیلات اداری است.

* نشریات مربوط به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مجموع نظام فنی و اجرایی تدوین از ۷۰۰ شده هستند.

از جمله:

✓ شده ۵۱۹ ← ضوابط اجرای در ساختمان
شده ۵۸ ← مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی
" ۱۱۲ ← حفاظت ساختمان در برابر حریق
شده ۱۲۰ ← آئین‌نامه آبا ← طراحی بتن ایران
✓ شده ۱۳۹ ← آئین‌نامه بارگذاری پل‌ها

بارگذاری سازه:

قبل از سال ۱۳۴۹ بارهای وارد بر سازه عموماً بارهای مُرده (مرده و زنده) بودند.

اولین آئین‌نامه زلزله بصورت فصل هشتم شده ۵۱۹ در سال ۴۹ وارد شد. پس از سال ۶۷ بعنوان یک شده اختصاصی شد ۲۸۰۰ منتشر شد. ویرایش اول بعدی در سال ۷۸ (ویرایش دوم) و ۸۹ (ویرایش سوم) و پس ویرایش فعلی (سال ۹۲) منتشر شد.

اولین مبحث ششم در سال ۱۳۸۰ و ویرایش اول و سوم آن به ترتیب در سال‌های ۸۴، ۹۲ منتشر شد.

چرا به پراکندگی داده اهمیت داریم؟

هرچه پراکندگی داده‌ها بیشتر باشد، پیش‌بینی دقیق‌تری از آینده سیستم خواهیم داشت.

تفسیرات آیین نامه‌ای بر پراکندگی ← دید بهتر و دقیق‌تر نسبت به داده‌ها

برآورد حداقل یا یک مسئله احتمالاتی است ← نحوه احتمال بر مشخص است

مقدار بر مشخص است ← باید بازه اطمینان و عدم قطعیت

کل احتمال بر مشخص است

معیارهای احتمالاتی برای داده‌ها:

تعاریف مهم:

① میانگین یا امید ریاضی: ← براساس داده‌های آماری (تابع گسسته): $\mu_x = E(x) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$

← براساس تابع چگالی احتمال (پیوسته): $\mu_x = E(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x)\,dx$

② واریانس (پراش): واریانس را با σ_x^2 ، $V(x)$ ، $Var(x)$ نشان می‌دهند.

← به مقدار انحراف نسبت به میانگین است $Var(x) = \sigma_x^2 = E[(x-\mu_x)^2]$

← براساس تابع گسسته: $Var(x) = \sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\mu_x)^2$

← براساس تابع چگالی احتمال: $Var(x) = \sigma_x^2 = E[(x-\mu_x)^2] = \int_{-\infty}^{\infty}(x-\mu_x)^2 f(x)dx$

③ انحراف معیار: شاخص دقت سنجش پراکندگی داده‌ها ← جذر واریانس ← $\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}$

④ ضریب تغییر: نسبت انحراف معیار به میانگین ← بدون واحد $\delta_x = \frac{\sigma_x}{\mu_x}$

حل حی احتمالات :

① متغیرهای تصادفی گسسته :

۱-۱ : توزیع دوجمله‌ای ← احتمال x موفقیت در n بار تلاش مستقل :

$$P(X=x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

که p برای همه یکسان است

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!\,(n-x)!}$$

۱-۲ : توزیع پواسن : توزیع پواسن با پارامتر μ :

$$P(X=x) = \frac{e^{-\mu}\mu^x}{x!}$$

پارامتر مدل $\longrightarrow$ $E(x) = Var(x) = \mu$

اگر تعداد مشاهدات n بسیار زیاد شود، تقریب دوجمله‌ای به یک توزیع پواسن میل خواهد نمود.

مثال : وقوع تندباد در ایالت جنوبی منه‌توبا آمریکا به مدل پواسن نزدیک است. متوسط سالانه وقوع تندباد در هر هکتار حدود 0.00025 می‌باشد. شهری با مساحت 3200 هکتار تصور کنید:

الف) احتمال اینکه این شهر فقط یکبار در سال در معرض تندباد قرار گیرد چقدر است؟

ب) احتمال اینکه شهر حداقل یکبار در سال در معرض تندباد قرار گیرد چقدر است؟

ج) احتمال اینکه در مدت 10 سال این شهر حداقل یکبار در معرض ... باشد؟

الف) $\mu = 0.00025 \times 3200 = 0.8$

$$P(x=1) = \frac{0.8^1 \times e^{-0.8}}{1!} = 0.359$$

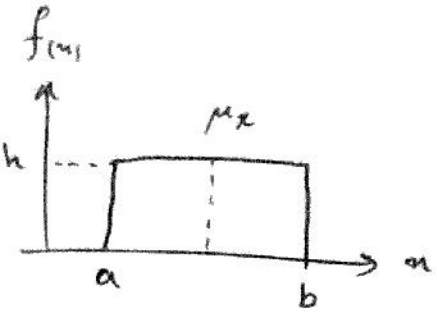
ب) $P(\text{شهر حداقل یکبار در معرض تندباد قرار گیرد}) = 1 - P(x=0) = 1 - 0.4493 = 0.5507$

که احتمال اینکه اصلاً تندباد نیاید

ج) $P(\text{در مدت 10 سال حداقل یکبار تندباد بیاید}) = 1 - P(x=0)^{10} = 0.9997$ با استفاده از قانون ضرب احتمالات

که نزدیک 100٪

۲) متغیرهای تصادفی پیوسته:



۲-۱: توزیع یکنواخت ← در مسائل عمران کاربردی ندارد.

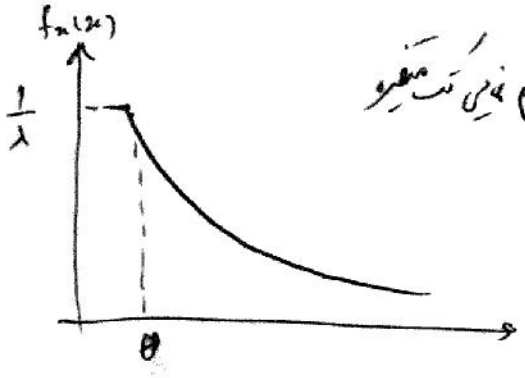
۲-۲: توزیع نمایی: برای محاسبه حوادثی که بصورت تصادفی در زمان‌های مختلف اتفاق می‌افتند (بعنوان مثال جهت پیش‌بینی احتمال زلزله‌های کوچک با بزرگی کمتر از 4.5 ریشتر.

$$f_n(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{x-\theta}{\lambda}} \qquad (x>\theta,\ \lambda>0)$$

$$\Rightarrow F_n(x) = 1 - e^{-\frac{x-\theta}{\lambda}}$$

$$\theta = \min\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

$$\lambda = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\theta) = \mu_n - \theta \quad \xrightarrow{\text{پیامدها}} \quad \mu_n = \lambda + \theta$$



توزیع نمایی تک متغیره: $\theta = 0 \longrightarrow f_n(x) = \frac{1}{\lambda} e^{-x/\lambda}$

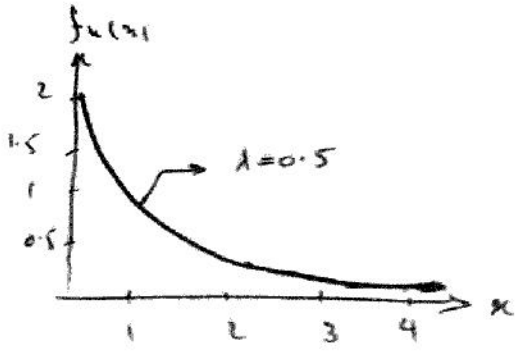
از این حالت $\sigma_n = \mu_n = \lambda$

اگر $\lambda = 1$ گرفته شود تابعی بنام "توزیع نمایی استاندارد" خواهیم داشت.

مثال: توزیع فراوانی وقوع زلزله بین ۳ تا ۵ ریشتر در منطقه‌ای خاص از توزیع نمایی تبعیت می‌کند. در طول ۱۰ سال ۱۰۰ زلزله بین ۳ تا ۵ ریشتر گزارش شده است که میانگین آنها ۳٫۵ ریشتر بوده است. احتمال اینکه اولین زلزله بین ۳ تا ۵ ریشتر بزرگتر از 4.5 ریشتر باشد چقدر است؟

$\theta = 3$ ریشتر

$\lambda = \mu - \theta = 3.5 - 3 = 0.5$ ریشتر



$$P(X>x) = 1 - P(X\le x) = 1 - F_n(x) = e^{-\frac{x-\theta}{\lambda}}$$

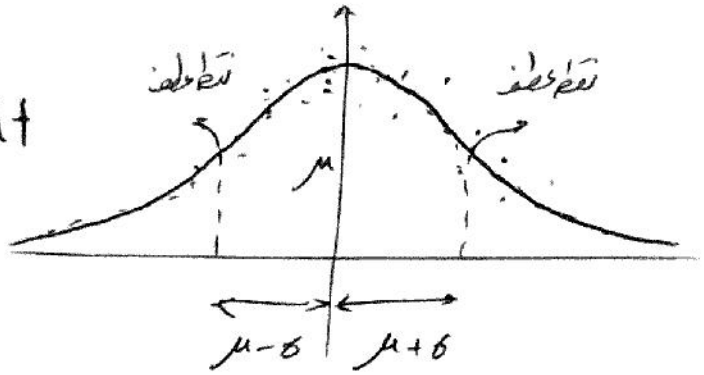
$$\rightarrow P(X>4.5) = e^{-\frac{4.5-3}{0.5}} = 0.05 \simeq 5\%$$

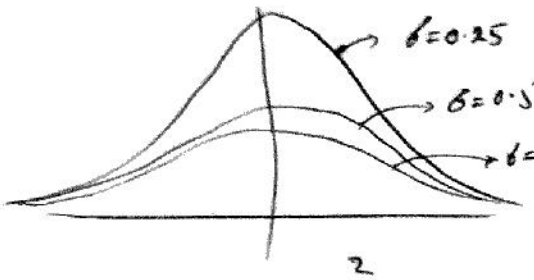
۲-۴ : توزیع نرمال یا طبیعی : مهمترین توزیع پیوسته است که در بسیاری از پدیده‌های تصادفی، تغییرات شدت بارگی مرده و زنده و نیز تغییرات مقاومت مصالح کاربرد دارد. (زنگوله‌ای)

$X \sim N(\mu, \sigma^2)$ ← این توزیع دارای ۲ پارامتر میانگین μ و انحراف معیار σ می‌باشد.

$$f_{(x)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

$$F_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt$$





هرچه انحراف معیار کوچکتر باشد، منحنی شیب تندتری خواهد داشت :

توزیع نرمال استاندارد ← دارای میانگین صفر و انحراف معیار واحد است. (Z)

$$f_{z(z)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

$$F_z(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{z^2}{2}} \longrightarrow$$ (استفاده از جدول مقادیر احتمال z)

با تغییر متغیر $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$ می‌توان تابع نرمال را به تابع نرمال استاندارد تبدیل نمود.

مثال : بار مرده و زنده بر یک دال سقف به صورت متغیر تصادفی با توزیع نرمال به صورت زیر می‌باشد :

$DL = X \sim N(1000, 100^2)$ kN

$LL = X \sim N(400, 400^2)$ kN

بار طراحی بدین گونه تعیین گردید که احتمال تجاوز از آن حداکثر ۵٪ باشد (یعنی ریسک قابل قبول ۵٪ باشد)

بار طراحی : $W = DL + LL = X + Y = N(\mu_w, \sigma_w^2)$

$$\mu_w = \mu_x + \mu_y = 1000 + 400 = 1400 \text{ kN}$$

$$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 = 100^2 + 400^2 = 412.3^2 \text{ kN}$$

$\rightarrow W \sim N(1400, 412.3)^2$

$$P(W>w)=0.05 \Rightarrow P(W<w)=1-0.05=0.95$$

$$P(W<w)=F_W(w)=\int_{-\infty}^{w} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{w-\mu}{\sigma}\right)^2} dw = 0.95$$

برای حل انتگرال فوق مشکل است با تغییر متغیر آن را به توزیع نرمال استاندارد تبدیل نموده و از جدول توابع نرمال استاندارد استفاده می‌کنیم:

$$Z=\frac{w-\mu}{\sigma}$$

$$F_Z(z)=0.95 \xrightarrow{\text{جدول}} z=1.645=\frac{w-\mu}{\sigma}=\frac{w-1400}{412.3}$$

$$\Rightarrow \boxed{w=2078\ kN}$$ بار طراحی

* هرچه درصد یک تابل قبول کمتر شود، بار طراحی بیشتر می‌شود. در حالت کلی، یک اگر مقدار ریسک را به صفر برسانیم، بار طراحی بی‌نهایت خواهد شد.

۲-۳: توزیع نرمال لگاریتمی (لاگ نرمال) ← متغیری دارای اعداف مثبت ← تمایل به سمت راست از نقطه میانگین

اگر متغیر تصادفی $Y=\ln X$ دارای توزیع نرمال باشد، در اینصورت متغیر تصادفی X توزیع لاگ نرمال خواهد داشت

داده‌های سیل و توزیع بارندگی و شاید برخی از توزیع آبی بارنده و تغییرات مقاومت بعضی از مصالح از توزیع لاگ نرمال پیروی می‌کنند. اگر میانگین و واریانس توزیع لاگ نرمال معلوم باشند می‌توان مقادیر λ و ρ را بصورت زیر یافت:

$$\rho=\sqrt{\ln(\delta_x^2+1)} \quad , \quad \lambda=\ln(\mu_x)-\frac{1}{2}\rho^2 \qquad \delta_x \rightarrow \text{ضریب تغییر} = \frac{\sigma_x}{\mu_x}$$

جهت تبدیل لگ نرمال به نرمال استاندارد می‌توان از تبدیل $z=\frac{1}{\rho}(\ln x-\lambda)$ استفاده کرده و از جداول نرمال استاندارد استفاده نمود. در اینصورت خواهیم داشت:

$$F_x(x)=F_Z(z)=F_Z\left(\frac{\ln x-\lambda}{\rho}\right)$$

جدول ۱-۱ مقادیر تابع توزیع تجمعی نرمال استاندارد

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$$

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
0.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
0.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
0.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65176
0.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
0.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
0.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
0.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
0.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
0.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85796	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87693	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.9778	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997
4.0	.99997	.99997	.99997	.99997	.99997	.99997	.99998	.99998	.99998	.99998

مثال) طبق شاهدات آماری، مقدار سیلاب بازگشتی که منجر به شکست سازه از خستگی می‌شود (تابع X) توزیع لگ نرمال دارد. اگر میانگین و انحراف معیار شاهدات به ترتیب برابر 430,000 و 215,000 سیکل بازگشتی باشد، متغیر چگالی احتمال $f_x(x)$ و توزیع احتمال $F_x(x)$ را رسم کنید:

$$\delta_x = \frac{\sigma_x}{\mu_x} = \frac{215000}{430000} = 0.5$$

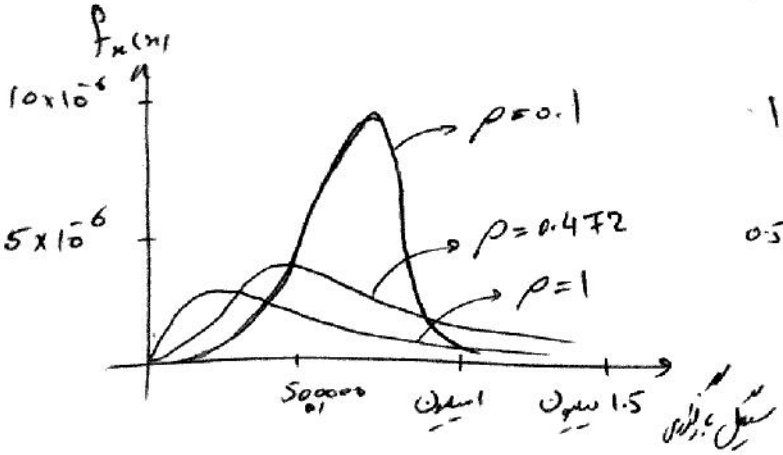
$$\rho^2 = \ln(\delta_x^2 + 1) = \ln(0.25+1) = 0.223 \rightarrow \rho = 0.472$$

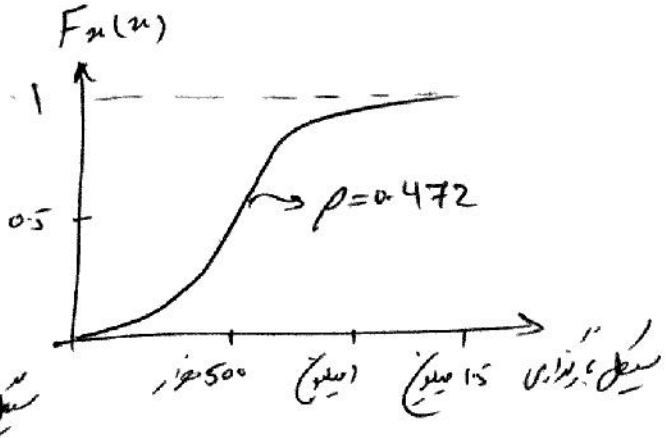
$$\lambda = \ln(\mu_x) - \frac{1}{2}\rho^2 = \ln(430000) - \frac{1}{2}\times 0.223 = 12.86$$

برای رسم تابع توزیع احتمال از تغییر متغیر مناسب و جدول توزیع احتمال نرمال استفاده می‌شود.

$$Z = \frac{\ln x - \lambda}{\rho} = \frac{\ln x - 12.86}{0.472}$$

$$F_x(x) = F_z(z) = F_z\left(\frac{\ln x - 12.86}{0.472}\right) \rightarrow$$ با نقطه‌یابی متغیر مشخص می‌شود





۴-۴ ← توزیع گاما ← جریان سیلاب

۴-۵ ← توزیع مقادیر حدی ← براساس نوع کوچکترین مقدار یا بزرگترین مقدار، مقداری متغیر تصادفی بدست می‌آید

- مقادیر حدی نوع I ← بزرگترین و کوچکترین مقدار
- " " نوع II ← حداکثر سرعت باد
- " " نوع III ←

تعریف دوره بازگشت:

دوره بازگشت یک پدیده مدت زمان متوسط لازم برای وقوع آن حادثه است. مانند زلزله‌ای بیشتر از ۶ ریشتر یا بادی با سرعت حداقل 100 $\frac{km}{hr}$ یا ..... طبیعتاً در لایه وقوع این حوادث در یک محدوده زمانی مشخص تا حدود زیادی قانون‌مند است و دوره بازگشت تکرار می‌شوند.

* هرچه متغیر تصادفی بزرگتر شود احتمال آن کمتر و دوره بازگشت آن بیشتر می‌شود.

مثال ← دوره بازگشت زلزله ۳ ریشتر ۳ ماه است ولی ۷ ریشتر ۱۰ سال.

دوره بازگشت یک حادثه $= T \rightarrow$ احتمال وقوع در یک سال $= \frac{1}{T} \rightarrow P(x \geq x_T) = \frac{1}{T}$

احتمال عدم وقوع در یک سال $= P(x < x_T) = 1 - \frac{1}{T}$

احتمال عدم وقوع در n سال $= (1 - \frac{1}{T})^n$

احتمال وقوع حادثه در n سال $= P_n = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n$

مثال: اگر دوره بازگشت بادی با سرعت 120 $\frac{km}{hr}$ در تهران 50 سال باشد، احتمال وقوع آن را در ۲۰ سال حساب کنید:

$T = 50$ سال $\rightarrow$ احتمال وقوع هر در هر سال $= \frac{1}{T} = \frac{1}{50} = 0.02$

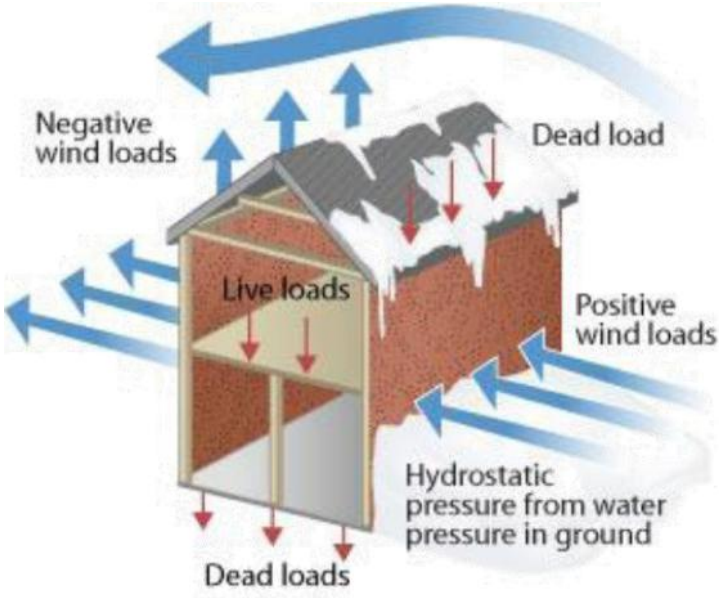
$P_n =$ احتمال وقوع یک حداقل یکبار در n سال $= 1 - (1 - \frac{1}{T})^n = 1 - (1 - 0.02)^{20} = 0.332$

$\Rightarrow$ احتمال وقوع در ۲۰ سال $= 33.2\%$

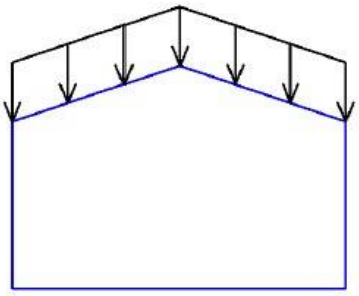
فصل دوم :

انواع بارها و سیستم های باربر

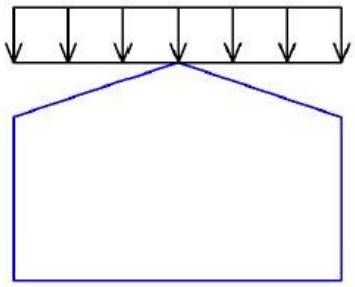
بارهای اصلی وارد بر ساختمان، شامل دو دستهٔ بارهای قائم و بارهای جانبی می‌باشند. بارهـای قـائم، بارهایی هستند که در راستای ثقل زمین اعمال شده و از مهم‌ترین آنها می‌توان به بارهای مرده، زنده و بار برف اشاره کرد. بارهای جانبی در راستای افق به سازه اعمال شده و شامل بارهای زلزله و بار باد می‌باشند.



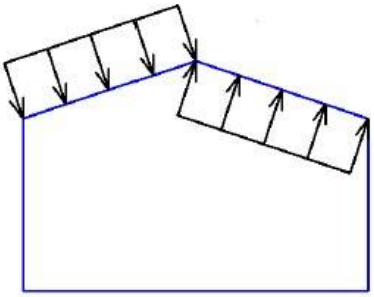
بار مرده به صورت ثقلی (***gravity loads***)



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



بار باد عمود بر کلیه سطوح



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***

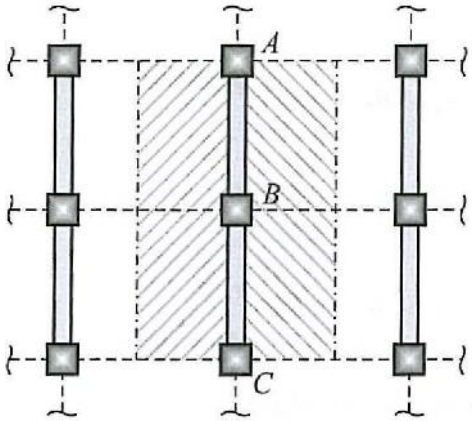
۱) سیستم‌های باربر ثقلی

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

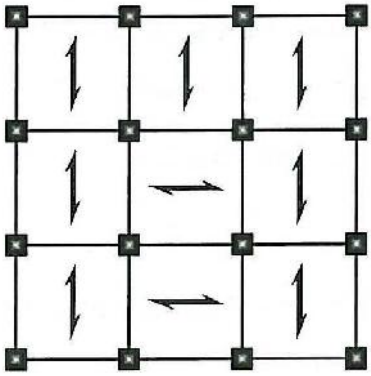
این کف ها با توجه به ابعاد و تکیه گاه های آنها، دو نوع عملکرد سازه ای از خود نشان می دهند :

الف) عملکرد یک طرفه
ب) عملکرد دو طرفه

توزیع بارهای 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.



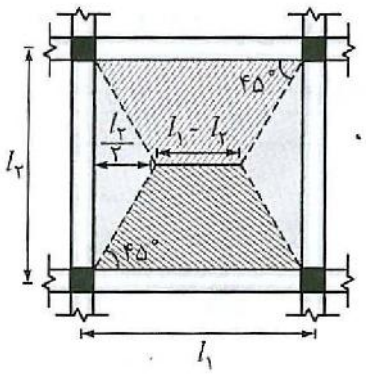
بارهای قائم با توجه به سطح بارگیر هر یک از اعضای باربر، در آنها توزیع می‌شوند. عرض بارگیر اعضا، با توجه به جهت تیرریزی سقف به‌دست می‌آید. در پلان شکل مقابل، جهت تیرریزی در چشمه‌های (پانل) مختلف با فلش نشان داده شده است.

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

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:

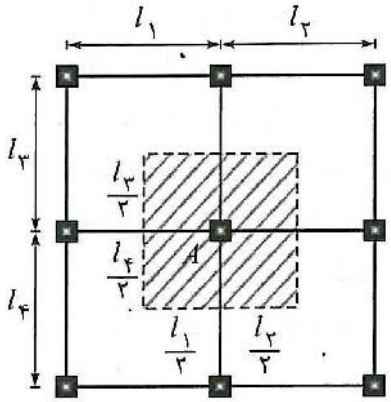
$$\text{بار واحد سطح کف} \times \frac{l_2}{4} \times (2l_1 - l_2)$$

- بار کل وارده بر هر تکیه‌گاه در جهت l_2:

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

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.

توزیع بارهای قائم در ستون ها:

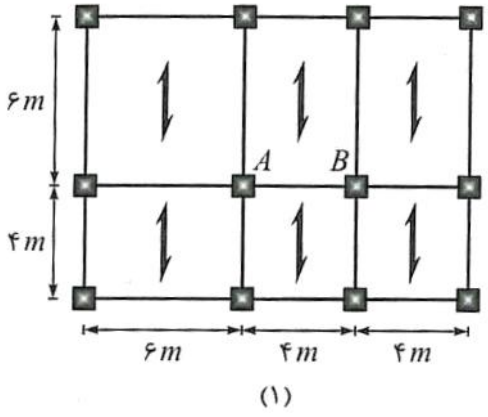


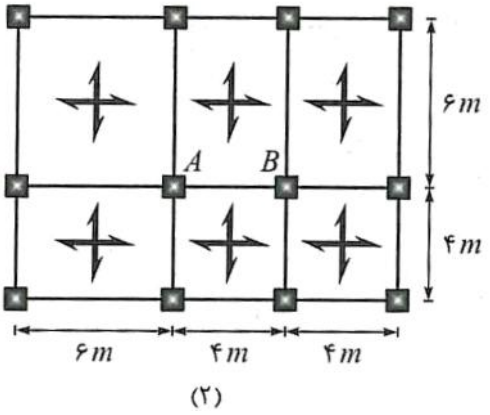
سطح بارگیر ستون‌ها بدون توجه به عملکرد کف (یک‌طرفه یا دوطرفه)، برابر فاصلهٔ مرکز تا مرکز چشمه‌های مجاور است. در شکل مقابل سطح بارگیر ستون A نمایش داده شده است:

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.

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





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)

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.

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.

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.

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.

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.

فصل سوم :

گروه بندی ساختمان ها

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.
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.

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.

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

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.

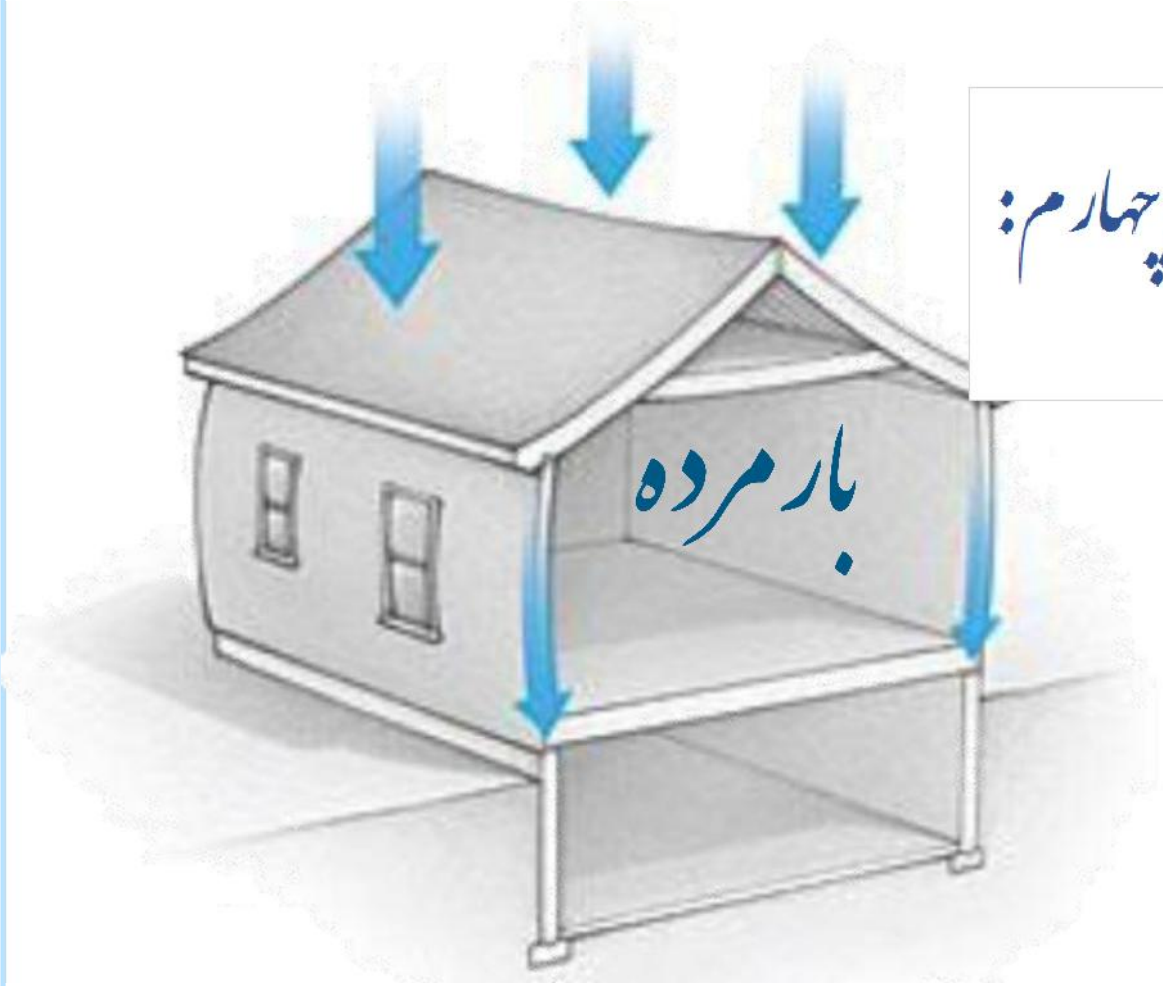
۱- تحت هیچ شرایطی مجاز نمی باشد. ۲- طراح می تواند راساً نسبت کاهش آن اقدام نماید.

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.

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

فصل چهارم:



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.

*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.

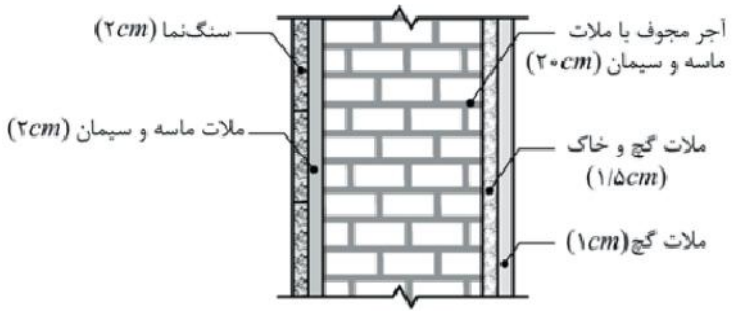
شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب)
٤- چوب ها (در حالت خشک*)	
زربین	٦٠٠
زبان گنجشک- ون	٧١٠
راش	٦٧٠

+ 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.

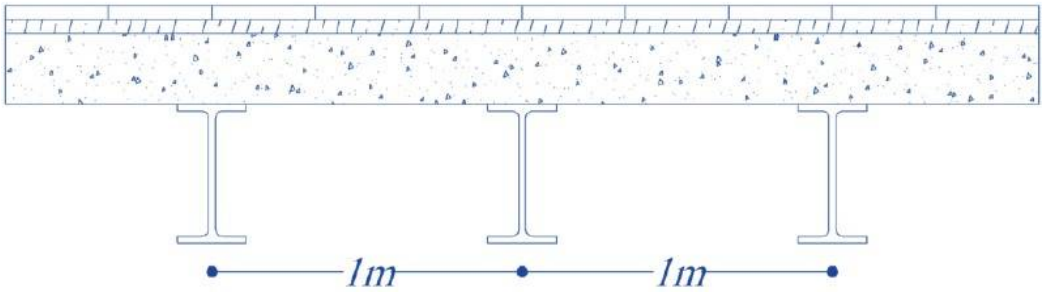
شرح	جرم مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب)
٦- بنایی با آجر و بلوک+	
آجری کار با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان	١٨٥٠
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه آهک	١٨٠٠
آجر کاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک (طاق ضربی)	١٧٥٠

بار دیوارهای پیرامونی (محیطی)

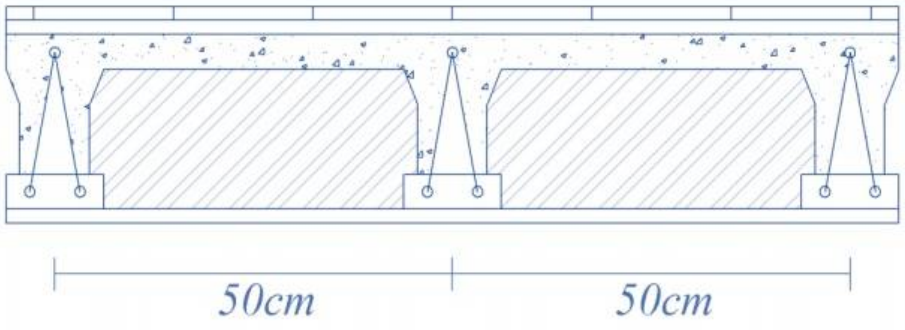
بار دیوارهای پیرامونی به‌صورت خطی یکنواخت و برحسب مقدار نیرو بر واحد طول محاسبه شده و بر تیرهای پیرامونی اعمال می‌شود.



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



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.



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

۵۸-اگر در کف سازی به جای سنگ موزاییک به ضخامت ۳۰ میلیمتر از سنگ گرانیت به ضخامت ۲۰ میلیمتر ا ستفاده شـود، جرم هر مترمربع کف حدوداً چند کیلوگرم کاهش می یابد؟ (ضـخامت و مشـخصـات بقیه جزئیات کف تغییر نکرده است.)

۱) ۸ ۲) ۴۲ ۳) ۱۶ ۴) ۱۱

58- در یک رستوران برای جداسازی فضا از تیغه هایی که وزن هر متر مربع سطح آنها 1/2 کیلونیوتن است، استفاده شده است. کمترین مقداری که برای بار زنده معادل دیوارهای تقسیم کننده می توان در نظر گرفت چقدر است؟

1- $1/2\ kN/m^2$ 2- صفر 3- $0/5\ kN/m^2$ 4- $1\ kN/m^2$

13- اگر برای شیب بندی بام با ضخامت 100 میلی متر به جای استفاده از بتن با پوکه معدنی و سیمان، از بتن سبک هوادار و گازی استفاده شود، وزن مرده هر متر مربع بام (ناشی از این جایگزینی) حدودا چند کیلوگرم کاهش خواهد یافت؟

1) 110 2) 80 3) 70 4) 50

وزن هر متر طول دیوار ساخته شده با آجر فشاری و ملات ماسه و سیمان با ضخامت ۳۵۰ میلیمتر و ارتفاع ۳,۳ متر حدوداً چند کیلوگرم می باشد؟

۱	۲۰۸۰
۲	۲۱۴۰
۳	۲۲۲۰
٤	۲۳۱۰

فصل پنجم :

بار زنده

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.

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.

تمرین : در کف یک سازه با مساحت $۲۰m \times ۱۰m$، 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

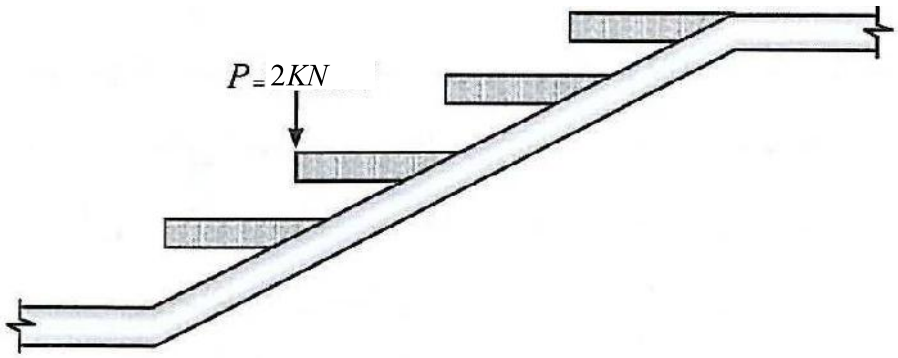
ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱	بام‌ها		
۱-۱	بام‌های معمولی تخت، شیب‌دار و قوسی	۱٫۵[۱]	۱٫۳
۱-۲	بام با پوشش سبک	۰٫۵	۱٫۳
۱-۳	بام‌های دارای باغچه و گلخانه	۵	—
۱-۴	بام‌هایی با پوشش پارچه‌ای با سازه اسکلتی	۰٫۲۵ (غیر قابل کاهش)	۱٫۳
۱-۵	بام‌هایی با امکان تجمع و ازدحام	بسته به نوع کاربری	—
۱-۶	قاب‌های نگهدارنده یک فضابند	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]	—
۲-۶	سالن‌های اجرای مراسم گروهی، اجرای سرود و ...	۷٫۵[۲]	—
۲-۷	شبستان مساجد و تکایا	۶[۲]	—
۲-۸	سالن انتظار و ملاقات	۵[۲]	—
۲-۹	پایانه‌های مسافربری	۶[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 راه‌های منتهی به درب‌های خروجی	۵[۲و۱۲]	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	۱۵ برابر بار زنده کف اتاق‌های متصل به آنها لازم نیست بیش از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.	—

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	۴ 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[۲][۳][۵]	۹
۸-۲	کارگاه‌های صنعتی متوسط	۱۰[۲][۳][۴]	۱۱
۸-۳	کارگاه‌های صنعتی سنگین	۱۲[۲][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]	—

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱۰	بیمارستان‌ها و مراکز درمانی		
۱۰-۱	اتاق‌های بیمار	۲	۴.۵
۱۰-۲	اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها	۳	۴.۵
۱۰-۳	راهروهای طبقه اول	۵	۴.۵
۱۰-۴	راهروهای سایر طبقات	۴	۴.۵
۱۱	محل عبور و پارک خودروها		
۱۱-۱	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن حداکثر تا ۴۰ کیلونیوتن	۳[۲][۳][۴][۵]	۳۰
۱۱-۲	محل عبور و پارک خودروهایی با وزن ۴۰ تا ۹۰ کیلونیوتن	۶	۳۰
۱۱-۳	معابر و بخش‌هایی از محوطه با امکان عبور کامیون	۱۲[۹]	۳۶[۱۵]
۱۲	سایر موارد		
۱۲-۱	سردخانه‌ها	۵ به ازای هر متر ارتفاع مفید، حداقل ۱۵	—
۱۲-۲	آشپزخانه‌های صنعتی و رختشوی‌خانه‌ها	۵	—
۱۲-۳	تعبیه انبار سبک در فضای داخل سقف کاذب	۱	—
۱۲-۴	انباری‌های سبک	۶[۹]	—
۱۲-۵	انباری‌های سنگین	۱۲[۹]،[۱۰]	—
۱۲-۶	موتورخانه‌ها	۷.۵	—
۱۲-۷	اتاق‌های هواساز- پمپ و نظایر آن	۴	—
۱۲-۸	محل فرود بالگرد	۳[۱۲] یا [۱۱][۱۲]	—
۱۲-۹	کف کاذب در فضاهای اداری	۲.۵	۹
۱۲-۱۰	کف کاذب برای اتاق‌های کامپیوتر	۵	۹
۱۲-۱۱	اتاق آسانسور	۳.۶	۱.۳ (بروی سطحی برابر با ۵۰×۵۰ میلی‌متر وارد شود)
۱۲-۱۲	هرگونه ساختمان دیگر	۱	

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.



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

نامناسب ترین وضع بارگذاری

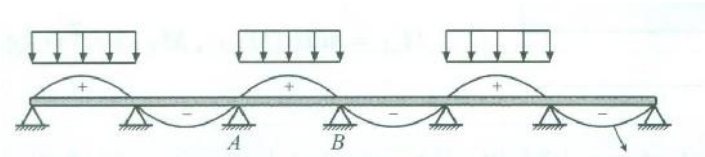
با توجه به اینکه موقعیت بار زنده ثابت نیست، در حالات مختلف بارگذاری نیروهای داخلی متفاوتی در اعضا ایجاد می شود. بنابراین طراحی عضو باید با در نظر گرفتن بحرانی ترین حالت بارگذاری انجام گردد.

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.

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

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

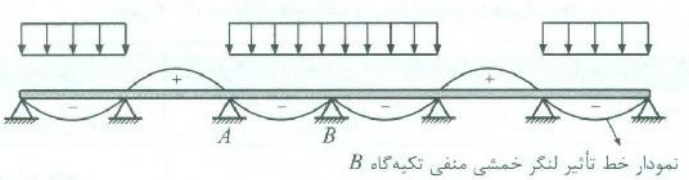


نمودار خط تأثیر لنگر خمشی مثبت دهانهٔ AB

نامناسب‌ترین وضع بارگذاری برای لنگر خمشی مثبت وسط دهانه

ب- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم

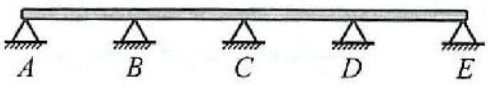
برای تعیین حداکثر لنگر خمشی منفی تکیه گاه ها و همچنین برای تعیین حداکثر نیروی برشی در تکیه گاه ها به کار می رود.

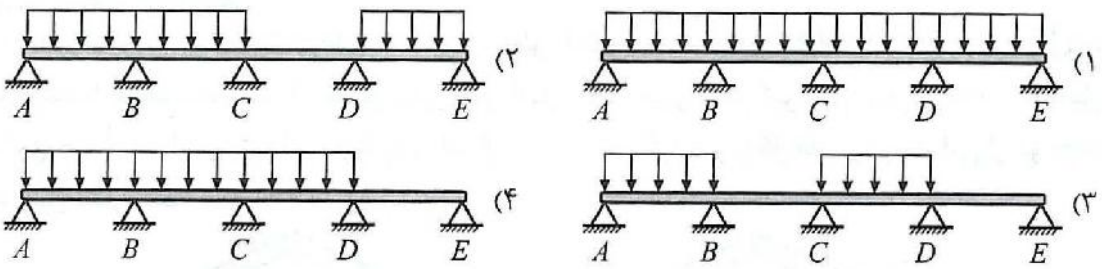


نمودار خط تأثیر لنگر خمشی منفی تکیه‌گاه B

نامناسب‌ترین وضع بارگذاری برای لنگر خمشی منفی تکیه‌گاه

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





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

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

(دیوارهای ساندویچی)

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

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

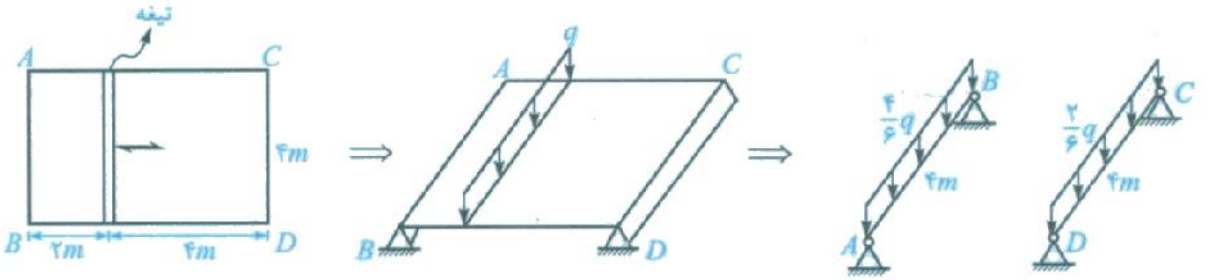
۲) ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت A و ۷۰ کیلوگرم بر مترمربع برای قسمت B

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

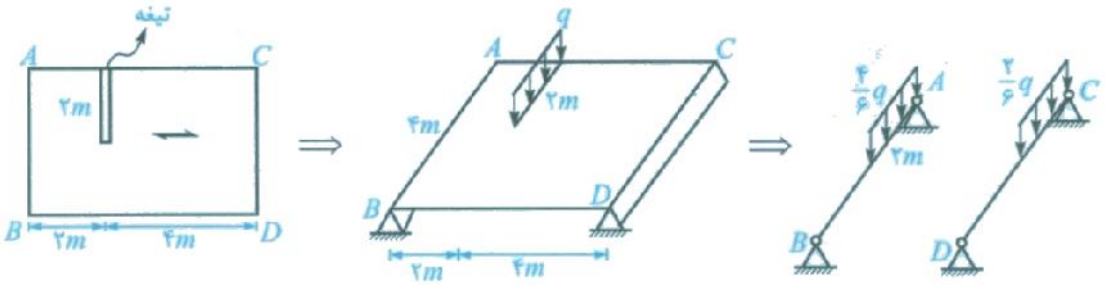
۴) ۱۴۰ کیلوگرم بر مترمربع برای هر دو قسمت A و B

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:

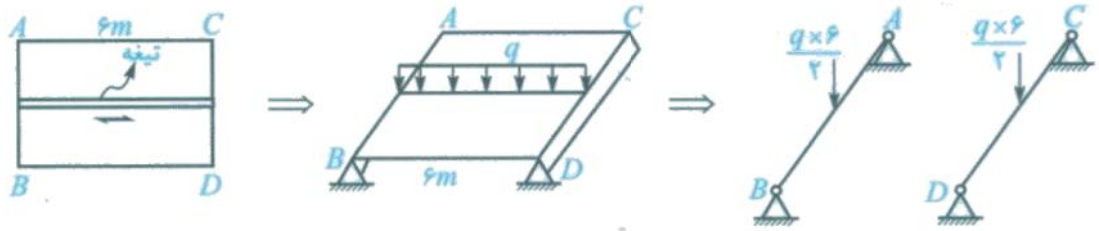
حالت ۱ :



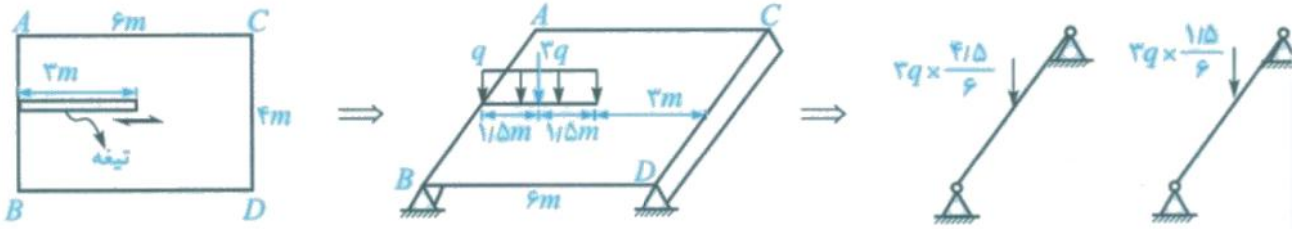
حالت ۲ :

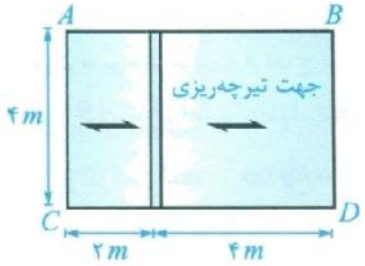


حالت ۳ :



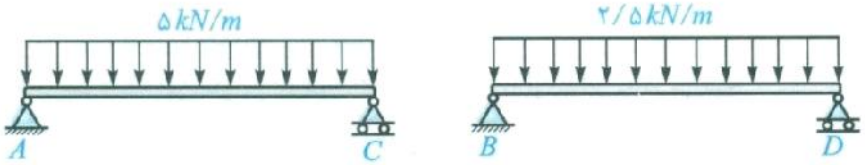
حالت ۴ :



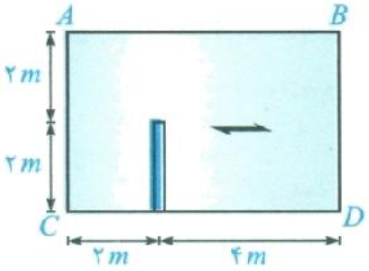


تمرین : در پلان مقابل، موقعیت تیغه‌ای با وزن واحد سطح $۲/۵\ kN/m^۲$ نشان داده شده است. بار معادل وارد بر تیر AC و BD ناشی از این تیغه چقدر می‌باشد؟ (ارتفاع تیغه $۳m$ است، بار زندهٔ سطح $۲\ kN/m^۲$ است.)

توزیع این بارها بر روی تیرها به‌صورت زیر می‌باشد:



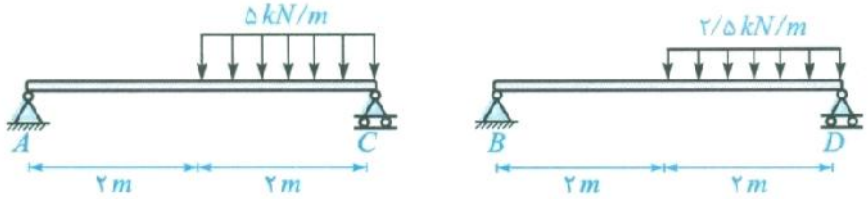
تذکر: در این گونه سؤالات چنانچه عرض تیغه از عرض پلان کوچک‌تر باشد (مثلاً $۲m$)، بار ناشی از تیغه روی تیرهای AC و BD، فقط در طولی برابر طول تیغه اعمال می‌شود. برای درک بهتر به شکل زیر توجه کنید:

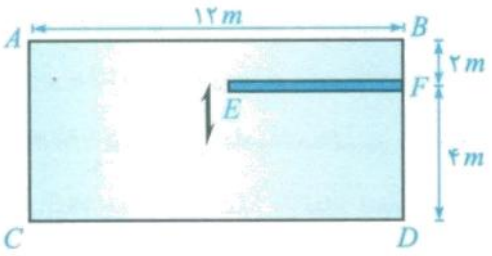


$$q = ۲/۵ \times ۳ = ۷/۵\ kN/m$$

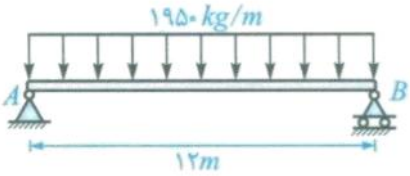
$$AC \text{ سهم تیر} = ۷/۵ \times \frac{۴}{۶} = ۵\ kN/m$$

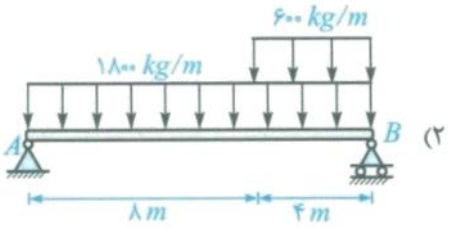
$$BD \text{ سهم تیر} = ۷/۵ \times \frac{۲}{۶} = ۲/۵\ kN/m$$

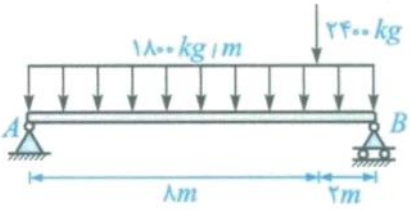


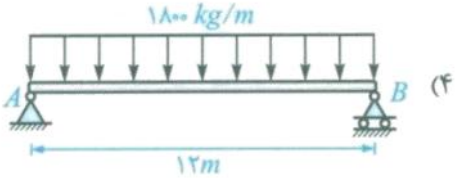


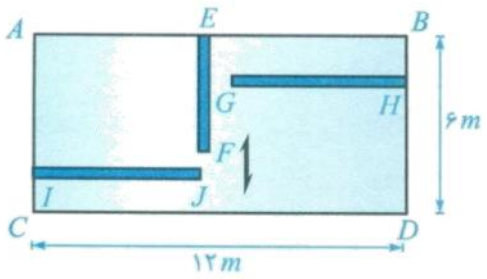
تمرین : در ساختمان مسکونی، بار مردهٔ کف ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و وزن واحد سطح تیغه در چشمهٔ $ABCD$، برابر با ۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و ارتفاع تیغه‌ها ۳ متر می‌باشد. بار مردهٔ وارد بر تیر AB کدام است؟ (طول تیغه $EF = ۴m$، بار زندهٔ کف بدون در نظر گرفتن تیغه $۳۰۰kg/m^۲$) (پایه ۳ - شهریور ۹۱ ، با اندکی تغییر)

۱)


۲)


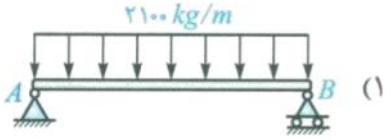
۳)


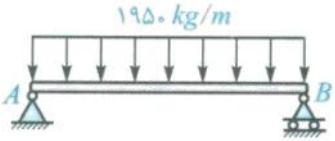
۴)


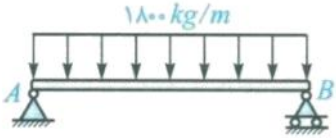


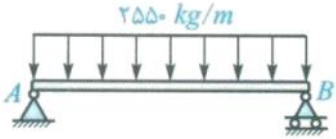
تمرین : در ساختمان مسکونی، بار مردهٔ کف ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و وزن تیغه‌ها در چشمهٔ $ABCD$ برابر با ۱۲۰ کیلوگرم بر متر مربع و ارتفاع تیغه‌ها ۳ متر می‌باشد، مجموع بار مرده و بار زندهٔ وارد بر تیر AB کدام است؟ (نظارت - شهریور ۹۱ . با اندکی تغییر)

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

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

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.

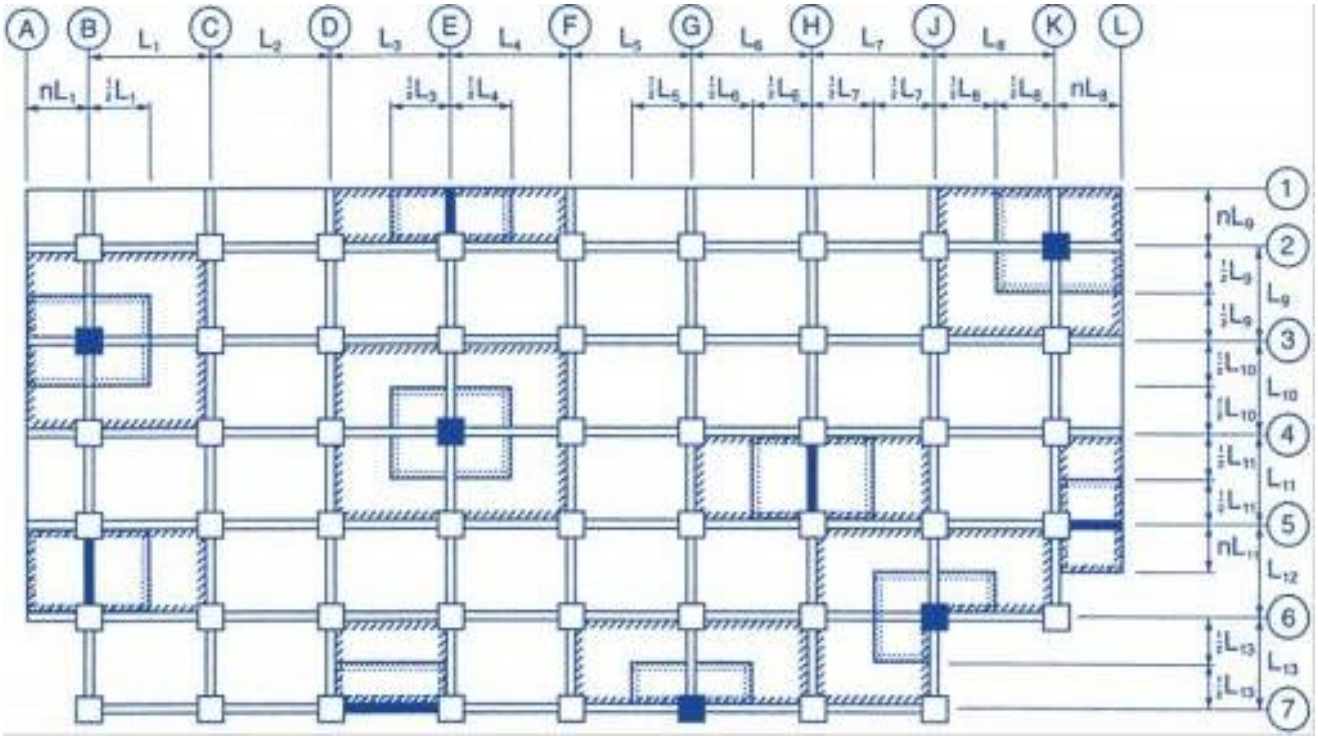
$$if \quad K_{LL}A_T \geq 37 \ \ m^2 \quad \Rightarrow \quad L = L_0\left[0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}A_T}}\right]$$

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

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

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:	
۷-۱	تیر کناری با دال طره‌ای،	۱
۷-۲	تیر طره‌ای،	۱
۷-۳	دال یک‌طرفه،	۱
۷-۴	دال دو طرفه،	۱
۷-۵	اعضایی که فاقد ضابطه انتقال پیوسته برش در جهت عمود بر دهانه خود باشند.	۱



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

کاهش در بارهای زنده بام

$$L_r = L_0 R_1 R_2 \qquad ۰/۶\ \text{kN/m}^2 \le L_r \le ۱/۵\ \text{kN/m}^2$$

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

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.

مثال ۱: کدام‌یک از موارد زیر در مورد کاهش بارهای زنده صحیح نمی‌باشد؟

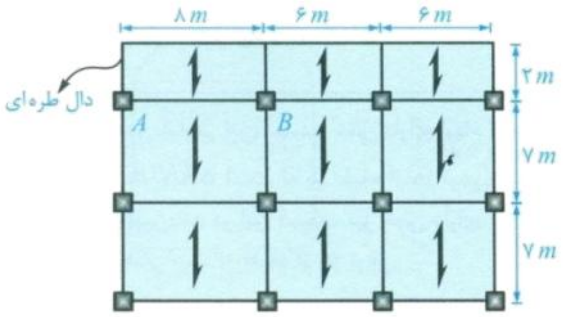
۱) بار زنده محل اجتماع و ازدحام قابل کاهش نیست.

۲) میزان کاهش، بار زنده تیر طبقات یک ساختمان مسکونی به مساحت سطوح بارگیر تیر وابسته است.

۳) بارهای زنده محل عبور یا پارک خودروهای سواری را می‌توان در شرایطی کاهش داد.

۴) هرگاه سطح بارگیر یک عضو بیشتر از ۳۷ مترمربع باشد، می‌توان بار زنده را کاهش داد.

تمرین : در پلان زیر در صورتی‌که بار زندهٔ کلیهٔ سطوح را $۲\ kN/m^2$ در نظر بگیریم، بارگذاری بار زندهٔ تیر AB را چقدر می‌توان کاهش داد؟



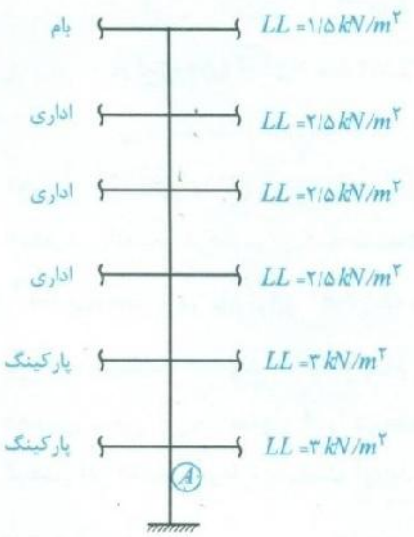
تمرین : در یک بام معمولی شیبدار با شیب ۳۰ درجه، بار زندهٔ وارد بر یکی از تیرهای فرعی با $۲۰m^{۲}$ سطح بارگیر را حساب کنید.

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.

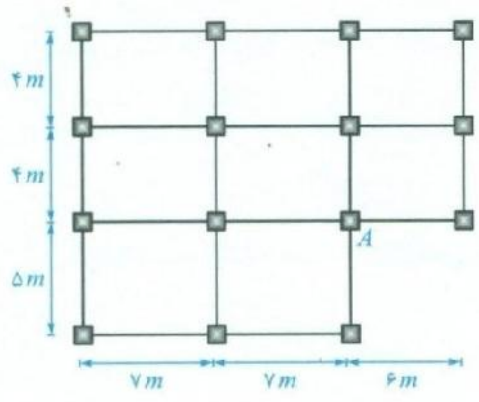
(پایه ۳ - ۸۳ . با اندکی تغییر)

۱) ۲۶/۷٪ ۲) ۵۰٪ ۳) ۳۲/۵٪ ۴) ۴۲٪

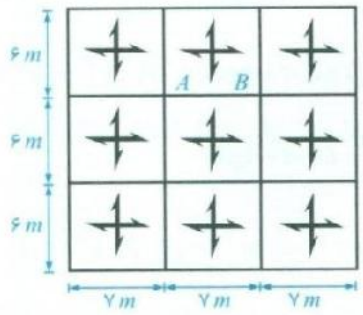
تمرین : یک ساختمان تجاری - اداری ۶ طبقه مطابق شکل مفروض است که کاربری هر طبقه از آن در شکل زیر مشخص شده است. نیروی محوری ناشی از بار زنده با در نظر گرفتن ضریب کاهش سربار در ستون میانی A را تعیین کنید. (سطح بارگیری ستون در هر طبقه $A_T = ۲۵m^۲$)



تمرین : پلان مقابل مربوط به یک ساختمان مسکونی ۴ طبقه می‌باشد، درصورتی‌که شدت بار مرده در طبقات $500kg/m^2$ و در بام برابر $400kg/m^2$ باشد و شدت بار زنده در تمام طبقات $200kg/m^2$ و در بام $150kg/m^2$ باشد، بار محوری بدون ضریب ستون A را در طبقهٔ همکف با در نظر گرفتن اثر کاهش سربار، به‌دست آورید.



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

1- در یک ساختمان 5 طبقه بارهای (بدون ضریب) زنده و مرده طبقات در محاسبات و طراحی به ترتیب 7.5 و 6 کیلونیوتن بر مترمربع منظور گردیده است. اگر در محاسبات سازه این بنا، کاهش بار زنده منظور نشده باشد و کارفرما در پایان اجرا بخواهد پایین ترین سقف ساختمان را برای انبار کردن اجناسی با بار زنده بیشتر مورد استفاده قرار دهد، حداکثر مقدار این بار فقط از نظر کنترل ستون بر حسب کیلونیوتن بر مترمربع به کدام گزینه نزدیک تر است؟ (سیستم سازه ای نوع قاب ساختمانی همراه با مهاربندی همگرای ویژه فولادی می باشد)

10(1 9.3(2 8.5(3 7.5(4

یک سازه نگهدارنده ماشین آلات، ماشینی با حرکت رفت و برگشتی را نگهداری می کند. چنانچه وزن ماشین و ملحقات و بارهای متحرک آن ۱۰ کیلونیوتن بوده و از طرف شرکت سازنده ضریب اضافه بار برای آن توصیه نشده باشد، بار زنده وارد بر سازه نگهدارنده حداقل چه مقدار باید در نظر گرفته شود؟

۱	20 kN
۲	12 kN
۳	10 kN
٤	15 kN

فصل ششم :

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)

۶-۷-۱ بار برف زمین

بار برف زمین، P_g ، وزن لایه برف بر روی سطح افقی زمین است که، بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال دو درصد باشد (دوره بازگشت ۵۰ سال).

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

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

۶-۷-۲-۱ بار برف حداقل برای بام‌های با شیب کم

برای بام‌های شیب‌دار با شیب کمتر از پانزده درجه و برای بام‌های قوسی با زاویه قائم بین تاج و پای قوس کمتر از ده درجه باید بار حداقل، P_m ، طبق رابطه ۶-۷-۲، نیز بطور جداگانه درنظر گرفته شود.

(۶-۷-۲-الف) برای $P_g \leq ۱ \ kN/m^۲$ $P_m = I_s P_g$

(۶-۷-۲-ب) برای $P_g > ۱ \ kN/m^۲$ $P_m = I_s$

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 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

جدول ۶-۷-۲ ضریب برف‌گیری، C_e

گروه ناهمواری محیط	بام برف‌ریز	بام نیمه برف‌گیر	بام برف‌گیر
زیاد	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۲
متوسط	۰٫۹	۱٫۰	۱٫۱
کم	۰٫۸	۰٫۹	۱٫۰

جدول ۶-۷-۳ ضریب شرایط دمایی، C_t

تمام ساختمان‌های به‌جز موارد زیر	۱٫۰
سازه‌هایی که همیشه در دمای کمی بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.	۱٫۱
سازه‌های با زیر بام باز و سازه‌های بدون گرمایش	۱٫۲
سازه‌هایی که همیشه دمای آنها زیر صفر درجه نگهداشته می‌شود	۱٫۳

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، به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$C_s = ۱٫۰ \qquad \alpha \le \alpha_\circ$ ،(۶-۷-۴-الف)

$C_s = ۱ - \frac{\alpha - \alpha_\circ}{۷۰ - \alpha_\circ} \qquad \alpha_\circ < \alpha < ۷۰^\circ$ ،(۶-۷-۴- ب)

$C_s = ۰ \qquad \alpha \ge ۷۰^\circ$ ،(۶-۷-۴- پ)

زاویه $\alpha_\circ$، طبق بند ۶-۷-۶-۱، با توجه به شرایط سطح شیب‌دار مشخص می‌شود.

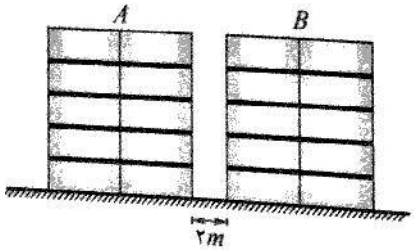
در حالت برف‌ریز، بام بالاتر از محیط اطراف می‌باشد و محافظتی از اطراف وجود ندارد. اگر بر روی بام، واحدهای تأسیساتی بزرگ مستقر بوده و یا ارتفاع دست‌انداز بام و سایر برجستگی‌ها از روی بام بیشتر از ارتفاع برف متوازن، $h_b = P_r / \gamma$، باشد آن بام نمی‌تواند در گروه برف‌ریز قرار گیرد. موانع اطراف ساختمان تا فاصله ده برابر h_s می‌توانند برای برف بام آن ساختمان محافظت ایجاد کرده و در آن صورت بام را نمی‌توان برف‌ریز دانست. h_s، فاصله قائم از روی مانع بالاتر تا روی بام می‌باشد. وزن مخصوص برف، γ، را می‌توان از رابطه ۶-۷-۳ محاسبه کرد.

$$\gamma = 0.43 P_g + 2.2 \quad \text{کیلونیوتن بر متر مکعب} \qquad (۶-۷-۳)$$

مثال ۳: ضریب اهمیت بار برف برای مساجد ..... و برای درمانگاه‌ها ..... می‌باشد.

۱) ۱/۲۵ و ۱/۱۵ ۲) ۱/۲ و ۱/۴ ۳) ۱/۲۵ و ۱/۲۵ ۴) ۱/۱ و ۱/۲

مثال ۴: در صورتی‌که مالک ساختمان A بخواهد یک طبقه به ساختمان خود اضافه کند:



۱) باید تأیید کتبی مالک ساختمان B را در رابطه با آگاهی از خطر احتمالی افزایش بار برف بام اخذ نماید.
۲) باید خطرات احتمالی افزایش بار برف بام موجود را به مالک ساختمان B اطلاع دهد.
۳) نیازی به اطلاع‌رسانی به مالک ساختمان موجود B نمی‌باشد.
۴) با پرداخت خسارت به مالک ساختمان B می‌تواند اضافه طبقه داشته باشد.

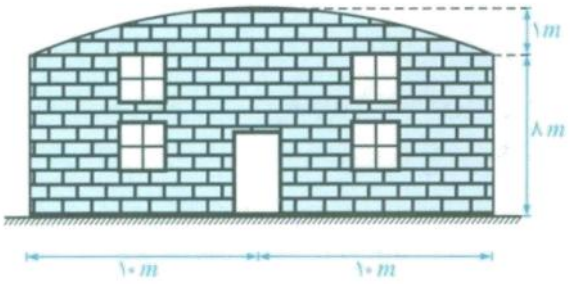
مثال ۵: برای ساخت هتل ۱۲ طبقه‌ای در اردبیل این سازه برای بار برف، در کدام گروه خطرپذیری قرار می‌گیرد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال ۶: اگر سرعت مبنای باد در محل A حدود ۱/۳ برابر سرعت مبنای باد در محل B باشد، نسبت فشار مبنای باد در محل A به فشار مبنای باد در محل B حدوداً چقدر است؟

۱) ۱/۱۵ ۲) ۱/۳ ۳) ۱/۷ ۴) ۲

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



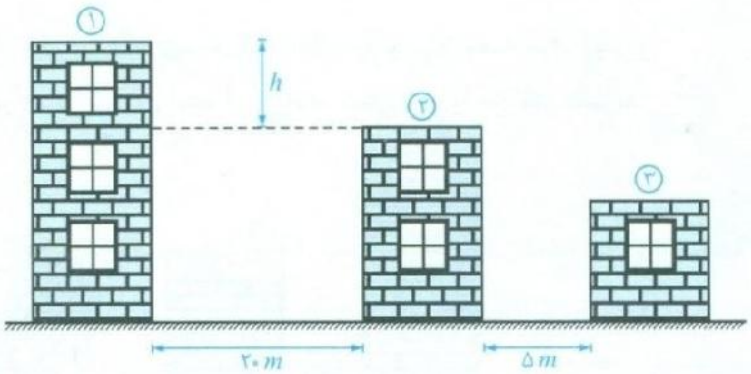
۱) ۱/۵

۲) ۲

۳) ۲/۵

۴) بار برف حداقل در نظر گرفته نمی‌شود.

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.)



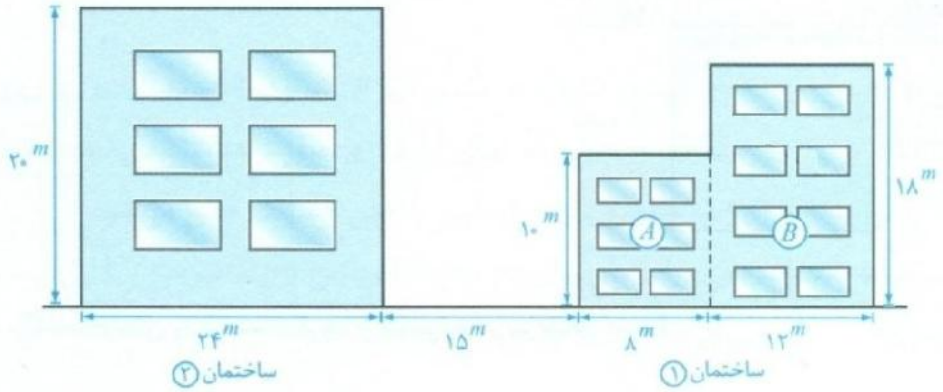
تمرین : دو ساختمان با مشخصات هندسی زیر در شهر اصفهان در محدودهٔ یک کارگاه ساختمانی باز قرار دارند:

(در صورت نیاز P_r 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؟



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.)**

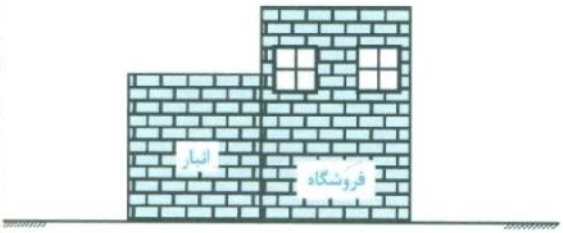
۱) سقف افقی با پوشش آسفالتی که داخل آن همواره دمای زیر صفر درجهٔ سانتی‌گراد دارد.

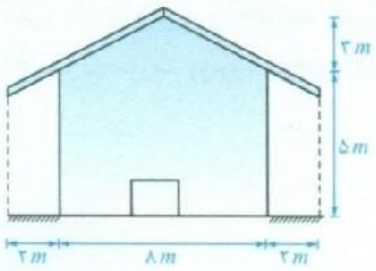
۲) سقف با شیب $\alpha = ۱۰^\circ$ که بام آن پوشش فلزی داشته و دمای داخل آن همواره گرمایش مناسب دارد.

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.

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.)





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:

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.

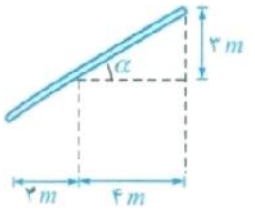
$$P_g = ۲\ kN/m^۲$$

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:



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

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

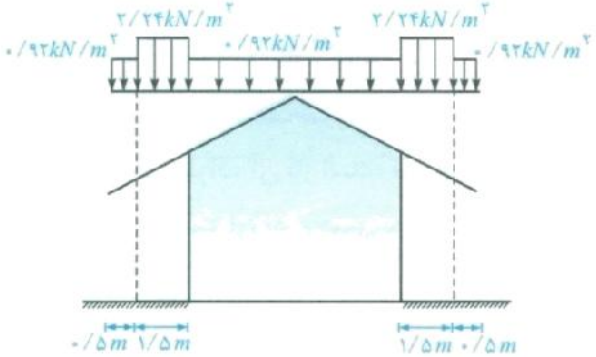
گام ششم (تعیین بار متوازن): مقدار بار متوازن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

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

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:

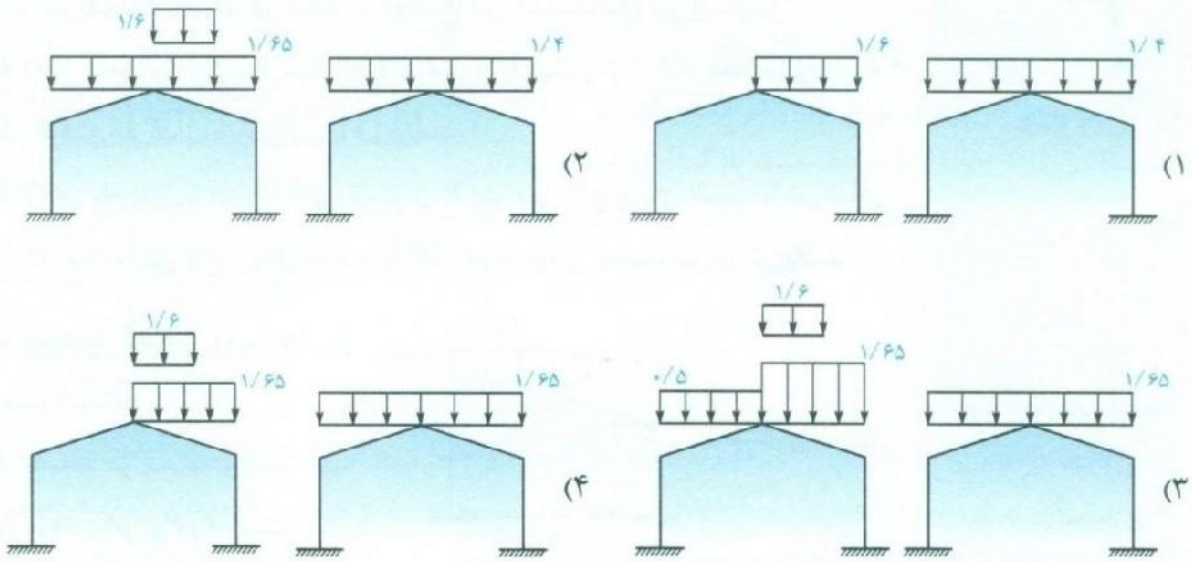
$$P'_r = ۲ \times ۰/۷ C_e\, I_s P_g = ۲ \times ۰/۷ \times ۰/۸ \times ۱ \times ۲ = ۲/۲۴\ kN/m^۲$$



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:

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)



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:

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

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

در ادامه باید به دو موضوع زیر توجه کنیم:

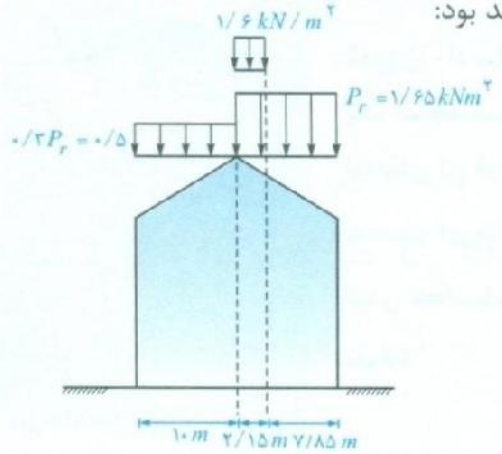
۱) ابتدا باید به این نکته توجه کنیم که این اضافه سربار در فاصلهٔ افقی معادل $\frac{۸h_d}{۳\sqrt{i}}$ توزیع می‌شود:

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

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

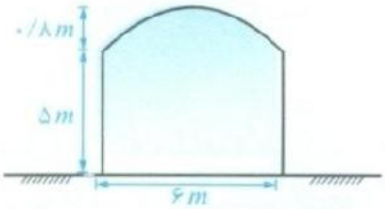
$$۰/۳P_r = ۰/۳\times ۱/۶۵ = ۰/۴۹\ kN/m^۲ \simeq ۰/۵\ kN/m^۲$$

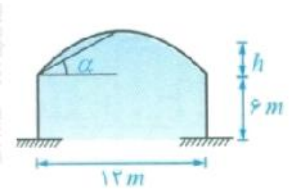
با توجه به این دو موضوع، توزیع نامتوازن بار برف به‌صورت زیر خواهد بود:



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؟

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 $x^۲ + y^۲ = ۳۶$ می‌باشد، برای ساده‌تر شدن محاسبات، $I_S = ۱/۱$ ، $C_e = ۰/۹$ ، $C_t = ۱$ و $P_g = ۰/۵\ kN/m^۲$ در نظر گرفته شود.)



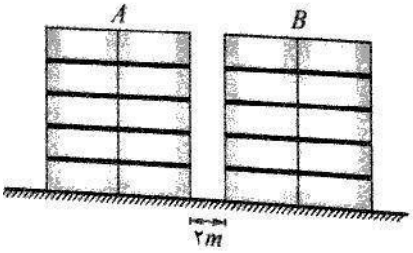


تمرین : بام قوسی زیر قسمتی از یک دایره با شعاع $۶/۷۱m$ بوده که در مرکز شهر اصفهان قرار دارد. پوشش این بام لغزنده بوده و ساختمان برف‌ریز است. توزیع بارگذاری نامتوازن را برای این بام به‌دست آورید. (فرض کنید $C_t = I_s = ۱$ ، C_s در پای قوس برابر ۰/۱ فرض شود، $۳۰^\circ < \alpha < ۷۰^\circ$)

مثال ۳: ضریب اهمیت بار برف برای مساجد ..... و برای درمانگاه‌ها ..... می‌باشد.

۱) ۱/۲۵ و ۱/۱۵ ۲) ۱/۲ و ۱/۴ ۳) ۱/۲۵ و ۱/۲۵ ۴) ۱/۱ و ۱/۲

مثال ۴: در صورتی‌که مالک ساختمان A بخواهد یک طبقه به ساختمان خود اضافه کند:



۱) باید تأیید کتبی مالک ساختمان B را در رابطه با آگاهی از خطر احتمالی افزایش بار برف بام اخذ نماید.

۲) باید خطرات احتمالی افزایش بار برف بام موجود را به مالک ساختمان B اطلاع دهد.

۳) نیازی به اطلاع‌رسانی به مالک ساختمان موجود B نمی‌باشد.

۴) با پرداخت خسارت به مالک ساختمان B می‌تواند اضافه طبقه داشته باشد.

مثال ۵: برای ساخت هتل ۱۲ طبقه‌ای در اردبیل این سازه برای بار برف، در کدام گروه خطرپذیری قرار می‌گیرد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال ۶: اگر سرعت مبنای باد در محل A حدود ۱/۳ برابر سرعت مبنای باد در محل B باشد، نسبت فشار مبنای باد در محل A به فشار مبنای باد در محل B حدوداً چقدر است؟

۱) ۱/۱۵ ۲) ۱/۳ ۳) ۱/۷ ۴) ۲

ضریب برف گیری برای بام بدون دست انداز یک ساختمان ۳۰ طبقه واقع در منطقه ای از شهر تهران که ساختمان ها عموماً کمتر از ۱۵ طبقه می باشند، چقدر است؟ (روی این بام واحدهای تأسیساتی بزرگ وجود ندارد)

۱	۱.۲
۲	۰.۹
۳	۱.۱
٤	۱.۰

در غیاب مطالعات دقیق آماری، حداقل بار برف زمین، برای شهر مریوان بر حسب کیلونیوتن بر مترمربع را چه مقدار باید در نظر گرفت؟

۱	۱
۲	۳
۳	۱.۵
٤	۲

فصل هفتم:

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.

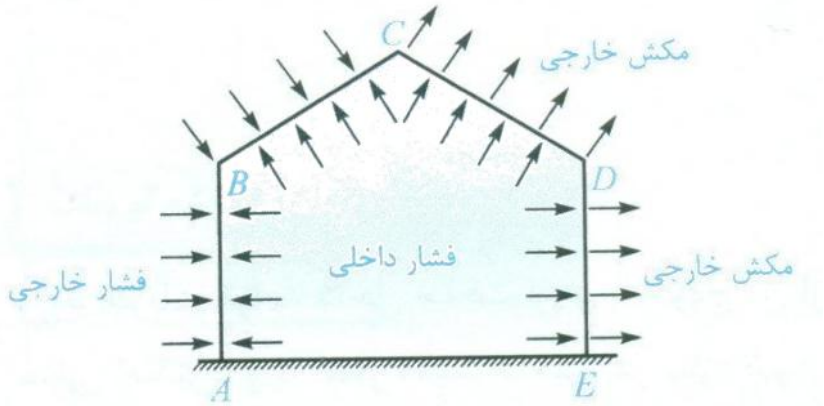
به طور کلی آیین‌نامه‌ها برای تحلیل بار ناشی از باد، سه روش را پیشنهاد می‌کنند:

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.

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

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

C_{pi} = ضریب فشار داخلی

یا

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.

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	۰.۴۹۶
۲	آباده	۱۰۰	۰.۶۱۳
۳	آبعلی	۱۱۰	۰.۷۴۱
۴	اراک	۹۰	۰.۴۹۶
۵	اردبیل	۱۳۰	۱.۰۳۶
۶	ارومیه	۹۰	۰.۴۹۶
۷	آغاجاری	۱۱۰	۰.۷۴۱
۸	اصفهان	۱۱۰	۰.۷۴۱
۹	امیدیه	۱۱۰	۰.۷۴۱
۱۰	اهواز	۱۱۰	۰.۷۴۱
۱۱	ایرانشهر	۱۱۰	۰.۷۴۱
۱۲	بابلسر	۱۰۰	۰.۶۱۳
۱۳	بجنورد	۱۳۰	۱.۰۳۶
۱۴	بم	۱۱۰	۰.۷۴۱
۱۵	بندر انزلی	۱۱۰	۰.۷۴۱
۱۶	بندر عباس	۱۰۰	۰.۶۱۳
۱۷	بندر لنگه	۹۰	۰.۴۹۶
۱۸	بوشهر	۱۰۰	۰.۶۱۳
۱۹	بیرجند	۹۰	۰.۴۹۶
۲۰	پارس آباد مغان	۱۰۰	۰.۶۱۳
۲۱	تبریز	۱۱۰	۰.۷۴۱
۲۲	تربت حیدریه	۸۰	۰.۳۹۲
۲۳	تهران	۱۰۰	۰.۶۱۳
۲۴	جاسک	۱۰۰	۰.۶۱۳
۲۵	جزیره سیری	۱۱۰	۰.۷۴۱
۲۶	جزیره کیش	۱۰۰	۰.۶۱۳
۲۷	جابهار	۹۰	۰.۴۹۶
۲۸	خرم آباد	۸۰	۰.۳۹۲
۲۹	خوی	۹۰	۰.۴۹۶

ادامه جدول ۶-۱۰-۲ سرعت و فشار مبنای باد

ردیف	نام ایستگاه	سرعت مبنای باد (V) کیلومتر بر ساعت	فشار مبنا (q) کیلو نیوتن بر متر مربع
۳۰	دزفول	۱۱۰	۰.۷۴۱
۳۱	رامسر	۹۰	۰.۴۹۶
۳۲	رشت	۹۰	۰.۴۹۶
۳۳	زابل	۱۳۰	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

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 برابر 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

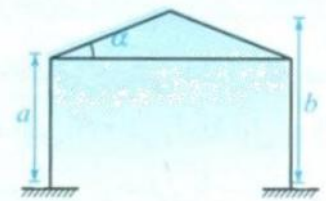
$$if \quad 0.05Km \le x_r \le 1Km \quad \Rightarrow \quad C_e = C_{er}\left[0.816 + 0.184\log_{10}\left(\frac{10}{x_r - 0.05}\right)\right] \le C_{eo}$$

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

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

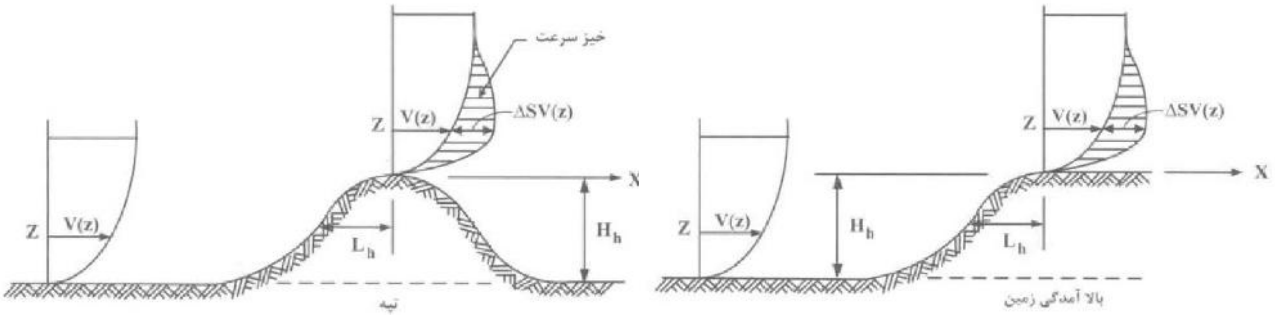
وجه پشت به باد: نصف ارتفاع ساختمان

بام و دیوارهای جانبی: ارتفاع ساختمان

اجزا و المان‌های سازه‌ای: ارتفاع المان در بالای زمین

برای محاسبه فشار داخلی: نصف ارتفاع ساختمان

خیز سرعت در بالای تپه‌ها و بالا آمدگی زمین



نیازی به اصلاح C_e نیست $\Rightarrow$ if حداکثر شیب $\leq$ 10% (10 به1)

C_e به C_e^* اصلاح میشود $\Rightarrow$ if حداکثر شیب $\geq$ 10% (10 به1)

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

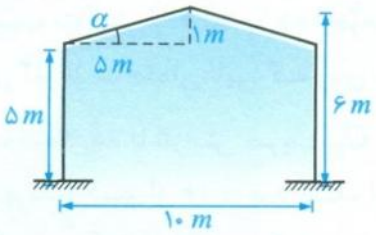
$$if \quad \frac{H_h}{L_h} > 0.5 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \dfrac{H_h}{L_h} = 0.5 \\ C_e^* = C_e\left\{1+\Delta S_{\max}\left(1-\dfrac{|x|}{2KH_h}\right)e^{\left(-\frac{\alpha z}{L}\right)}\right\}^2 \end{cases}$$

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

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).



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).

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

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

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

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

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

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.

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.)

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.

ضرایب فشار خارجی برای ساختمان‌های کوتاه مرتبه

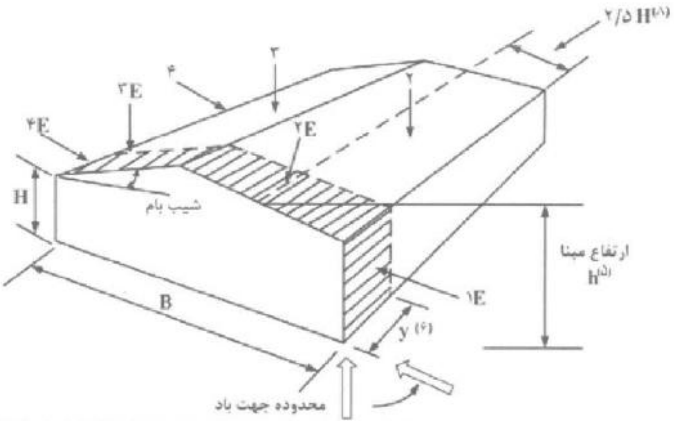
$$\begin{cases} \dfrac{H}{D_s} < 0.5 \\ h < 20m \end{cases}$$

H : ارتفاع پای شیب

h : ارتفاع مبنا

D_s : بعد کوچکتر پلان

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

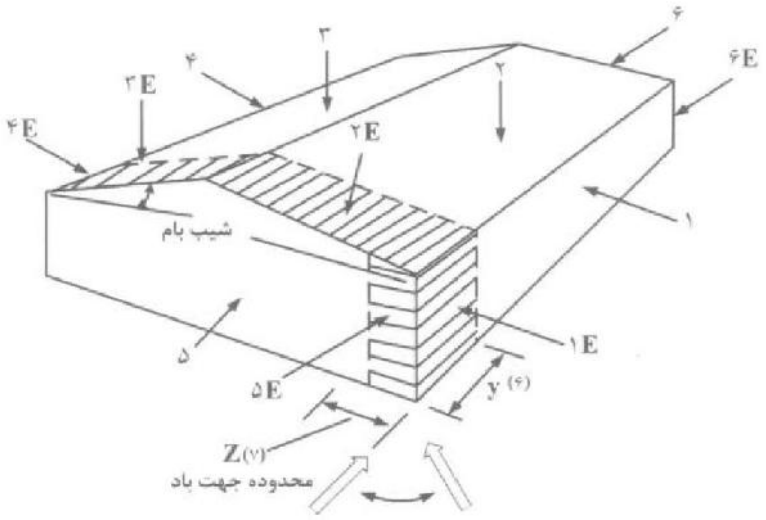


بارگذاری الف: باد عموماً عمود بر لبه

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

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 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.

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

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

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

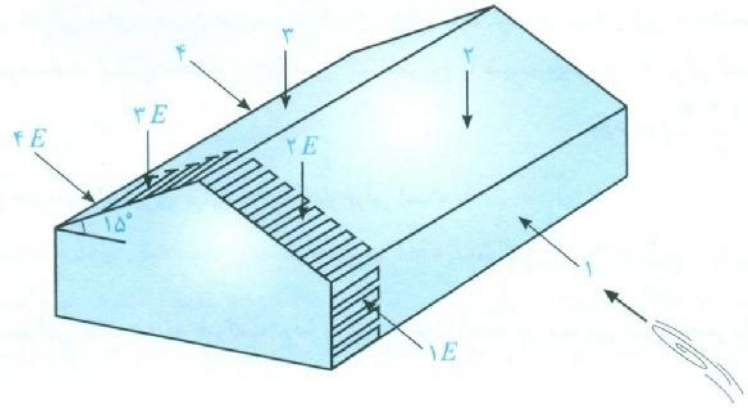
H : ارتفاع پای شیب

D_s : بعد کوچکتر پلان

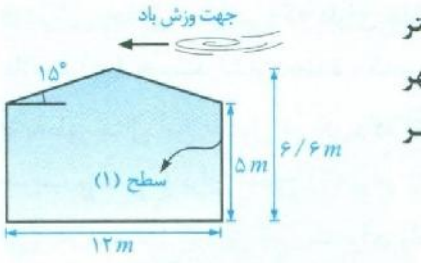
ضرایب مثبت نشان دهندهٔ نیروهای رو به سطح هستند، در حالی که ضرایب منفی، نیروهای دور از سطح را نشان می‌دهند.

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

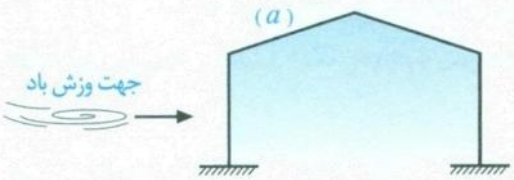
تمرین : یک ساختمان کوتاه‌مرتبه، دارای سقفی با شیب ۱۵ درجه است. ضرایب ترکیبی $C_p C_g$ را برای سطوح (۱) و (۲) در شکل زیر تعیین کنید. (فرض کنید جهت باد، عمود بر خطالرأس بام است)



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.)



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



۱) همواره تحت فشار خارجی است.

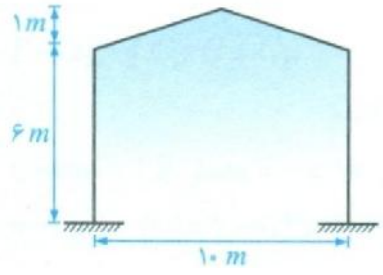
۲) همواره تحت کشش خارجی است.

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

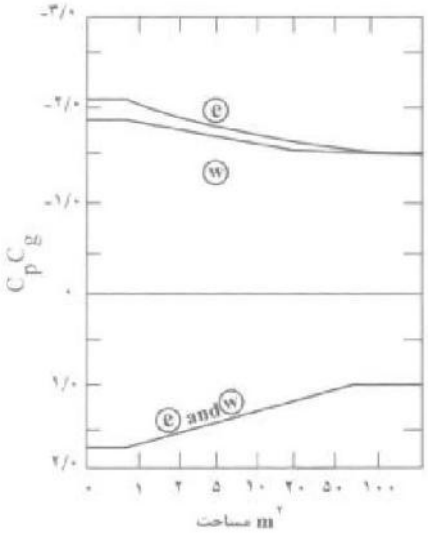
۴) قسمتی از آن تحت فشار خارجی و قسمتی از آن تحت کشش خارجی است.

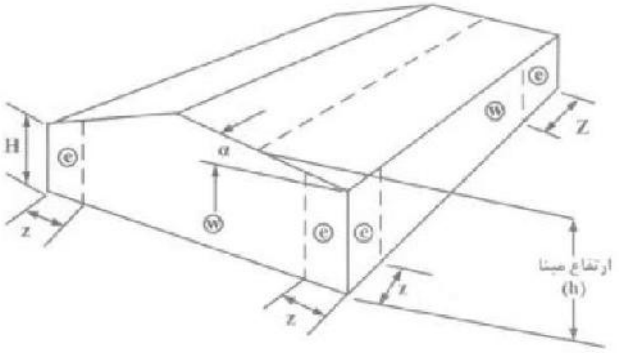
در سقف‌های شیب‌دار، با توجه به زاویهٔ سطح شیب‌دار، بام قرار گرفته رو به باد می‌تواند تحت مکش و یا تحت فشار قرار داشته باشد، اما سطح بام پشت به باد، بدون توجه به زاویهٔ بام، همواره تحت کشش قرار دارد (اثر باد روی آن همواره به صورت مکش است). با توجه به این موضوع در قسمت (a)، با توجه به زاویهٔ سطح شیب‌دار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

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)

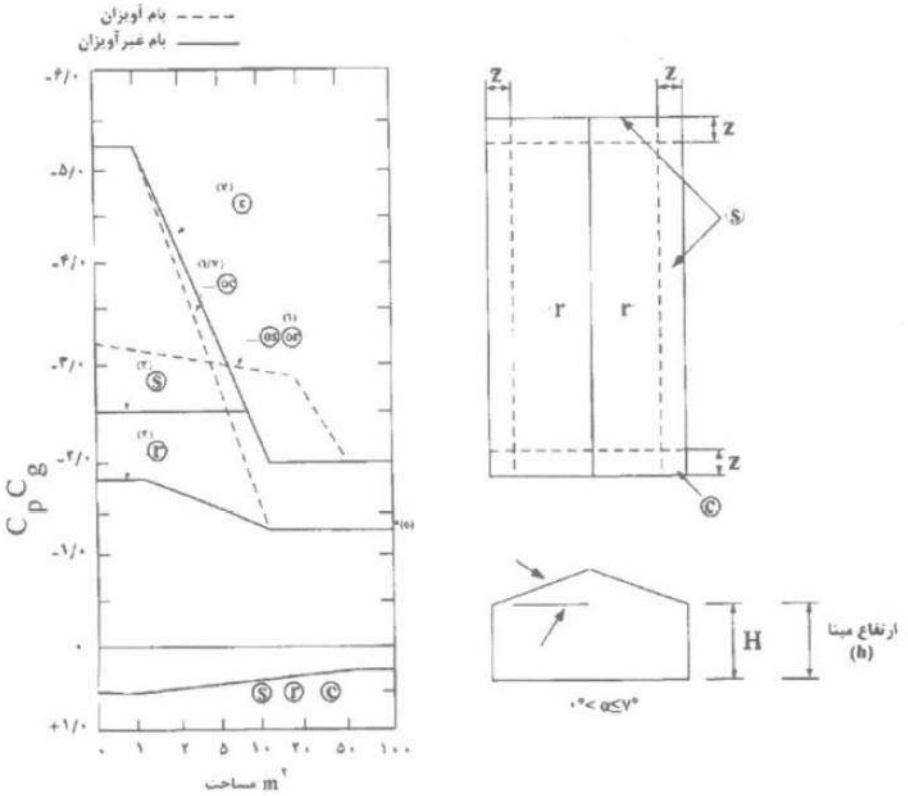


ضریب ترکیبی بیشینه فشار و باد جهشی خارجی، C_pC_g، روی دیوارهای منفرد برای طراحی اجزاء سازه‌ای و پوسته خارجی ونما

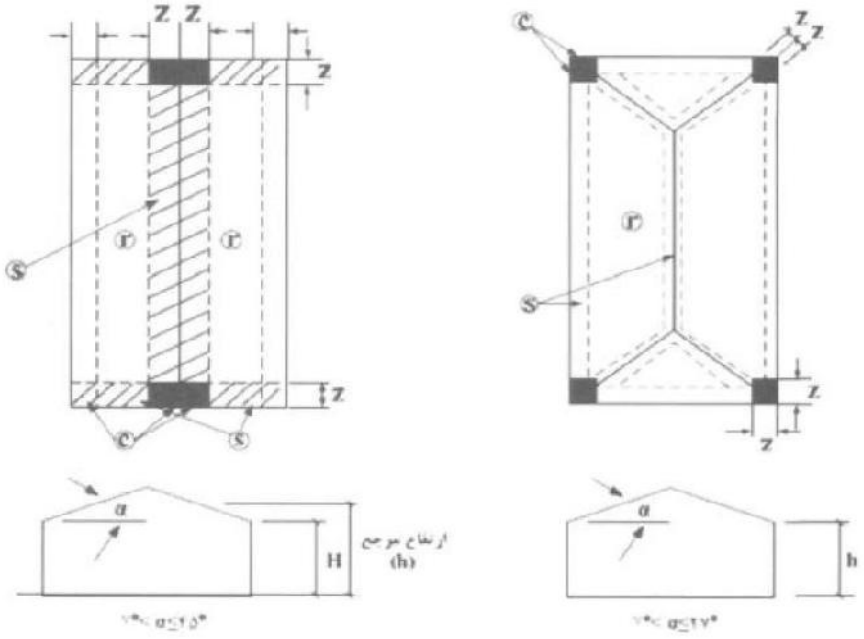


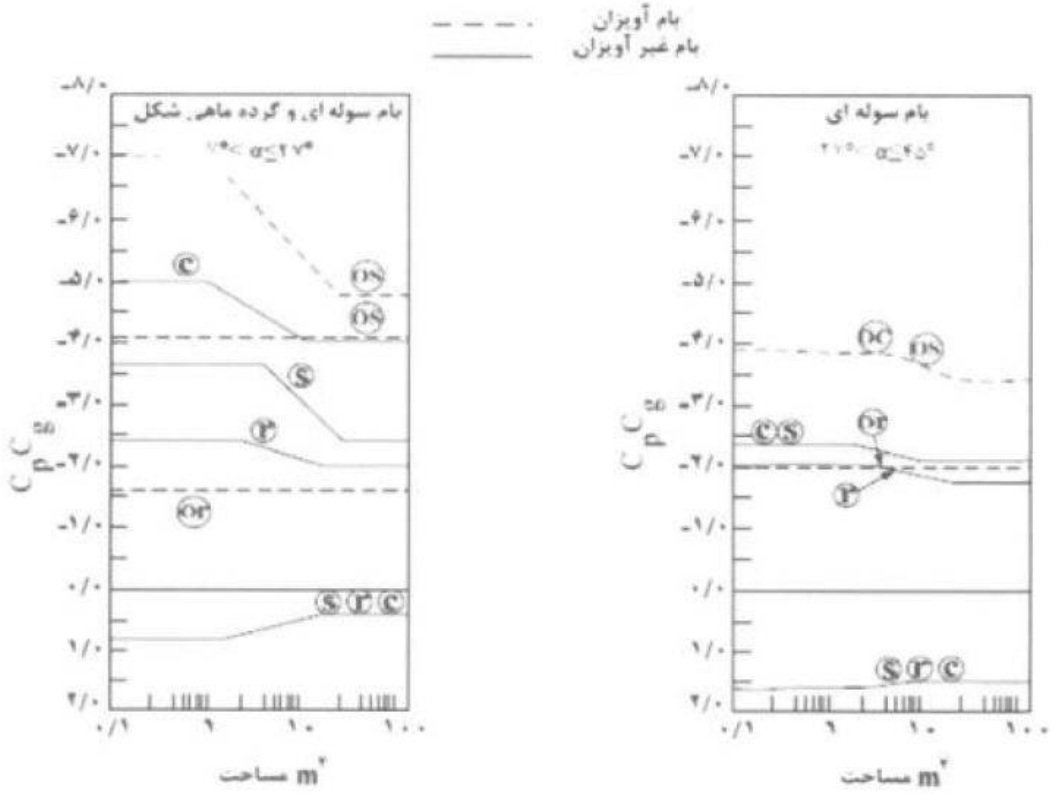


ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد، C_pC_g، روی سقف‌های با شیب ۷° یا کمتر، برای طراحی اجزای سازه‌ای و پوسته خارجی

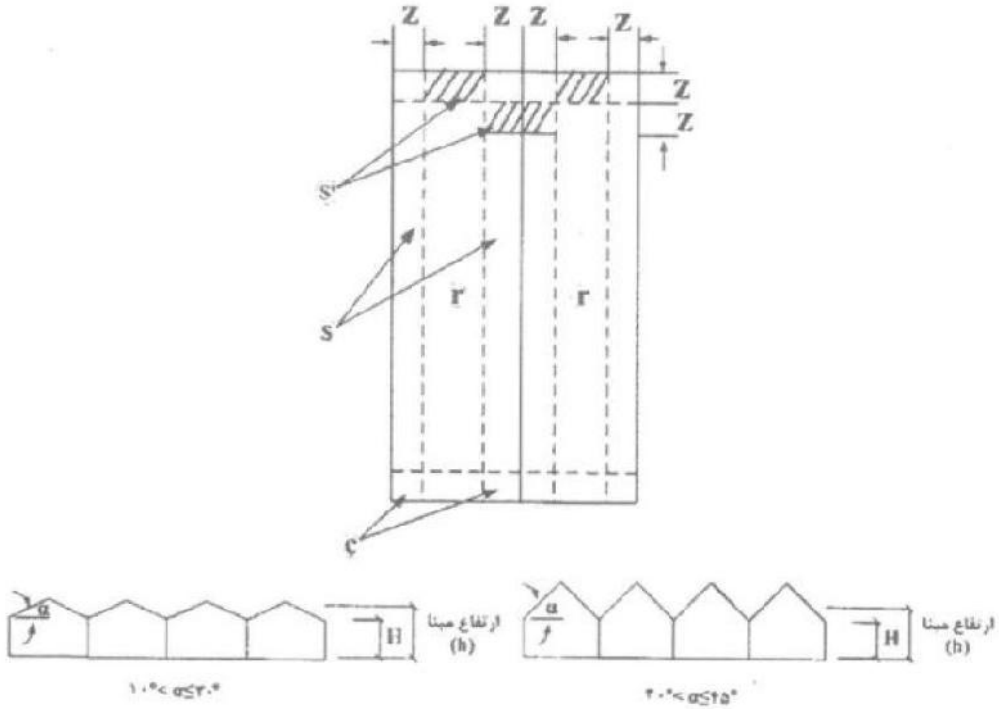


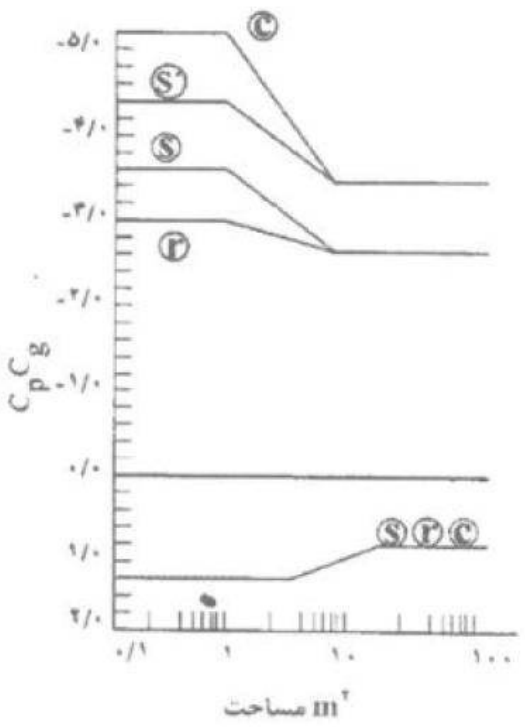
ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد خارجی، C_pC_g، روی بام‌های شیروانی تک دهانه و چند شیبه با شیب ۷° یا بیشتر برای طراحی اجزای و پوسته خارجی

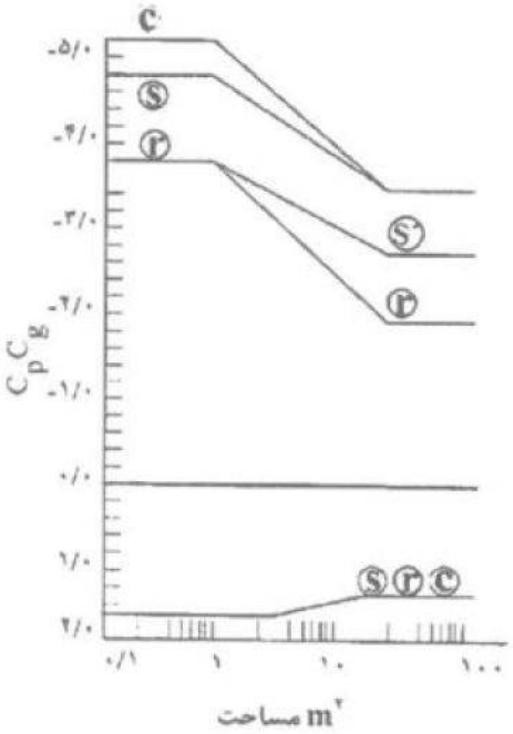




ضرایب ترکیبی بیشینه فشار ـ جهش باد، C_pC_g، روی بام‌های شیروانی (دندانه‌ای) چند دهانه با شیب بزرگتر از ۱۰°برای طراحی اجزای سازه‌ای و پوسته خارجی







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 $I_w = ۱$ ، $q = ۰/۶۱۳\ kN/m^2$ 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 :

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

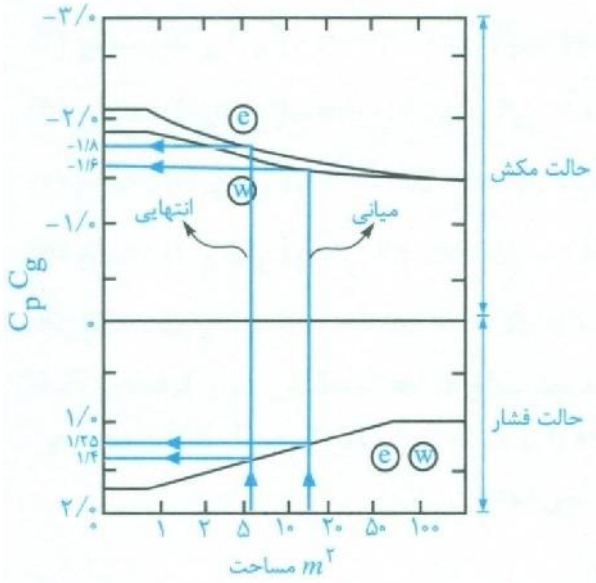
$$z = min\ \{۰/۱\times ۷ \ , \ ۰/۴\times ۳\} \geq max\ \{۰/۰۴\times ۷ \ , \ ۱m\} \ \Rightarrow \ z = ۱m$$

مساحت ناحیهٔ انتهایی و میانی در دیوار :

انتهایی : $A_e = 2z \times h = (2\times1)\times3 = 6m^2$

میانی : $A_w = (B - 2z)H = (7-2\times1)\times3 = 15m^2$

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:

$$\begin{cases} \text{میانی}: C_p C_g \simeq 1/25 \\ \text{انتهایی}: C_p C_g \simeq 1/4 \end{cases}$$

در حالت مکش:

$$\begin{cases} \text{میانی}: C_p C_g \simeq -1/6 \\ \text{انتهایی}: C_p C_g \simeq -1/8 \end{cases}$$

در حالت فشار:

ناحیهٔ میانی : $P_w = 1\times0/613\times0/9\times1/25 = 0/689\ kN/m^2$

$\Rightarrow F_w = P_w . A_w = 0/689\times15 = 10/34\ kN$

ناحیهٔ انتهایی : $P_e = 1\times0/613\times0/9\times1/4 = 0/772\ kN/m^2$

$\Rightarrow F_e = P_e . A_e = 0/772\times6 = 4/63\ kN$

کل نیروی باد در فشار : $F = F_w + F_e = 10/34 + 4/63 = 15\ kN$

در حالت مکش:

ناحیهٔ میانی : $P_w = 1\times0/613\times0/9\times(-1/6) = -0/88\ kN/m^2$

$\Rightarrow F_w = P_w . A_w = -0/88\times15 = -13/24\ kN$

ناحیهٔ انتهایی : $P_e = 1\times0/613\times0/9\times(-1/8) = -0/99\ kN/m^2$

$\Rightarrow F_e = P_e . A_e = -0/99\times6 = -5/95\ kN$

نیروی کل ناشی از مکش باد : $F = F_w + F_e = -13/24 + (-5/95) = -19/19\ kN$

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

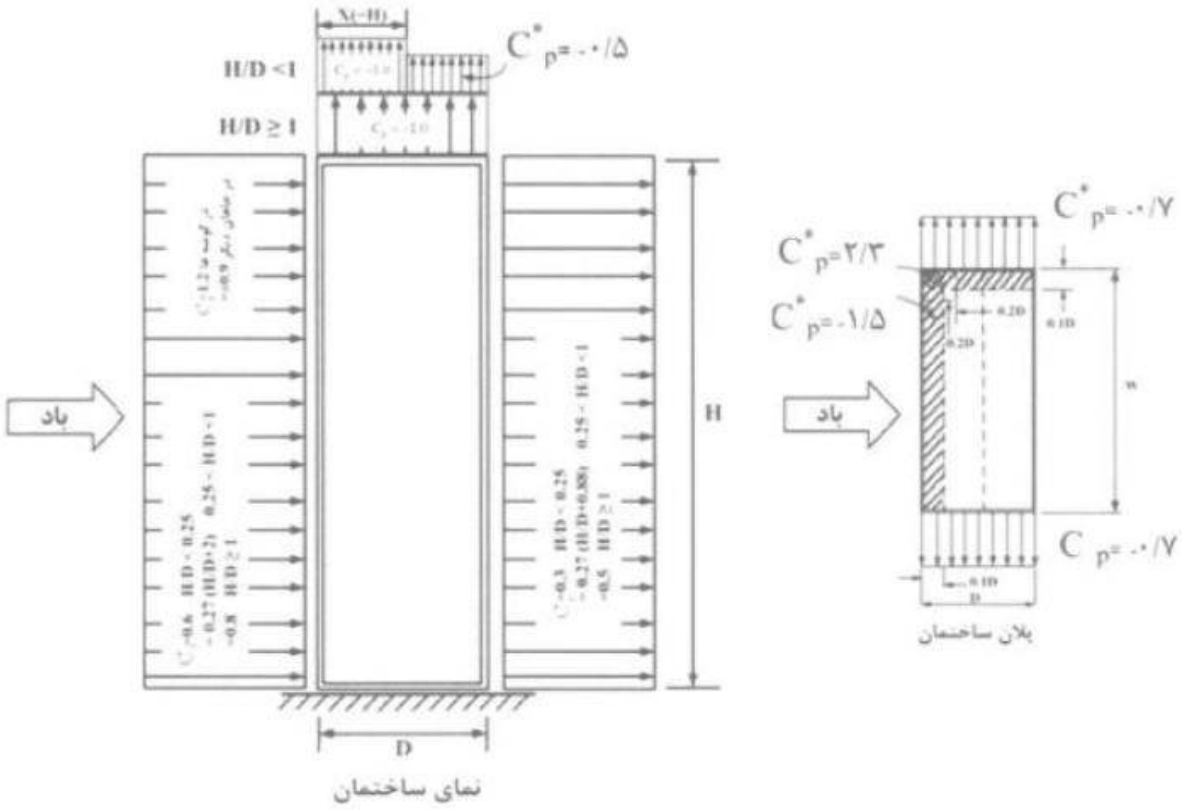
$$\frac{H}{D_s} > 1$$

$$h > 20m$$

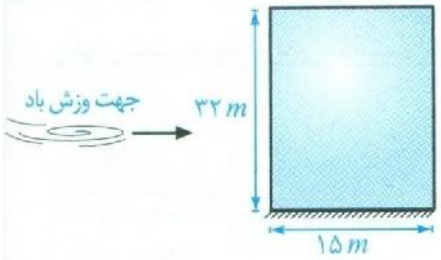
H : ارتفاع پای شیب

h : ارتفاع مبنا

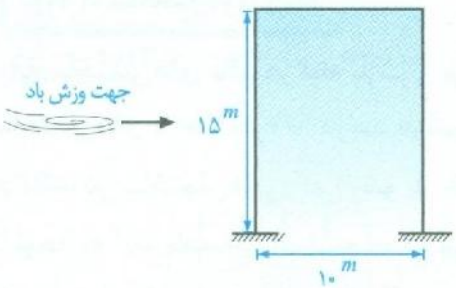
D_s : بعد کوچکتر پلان

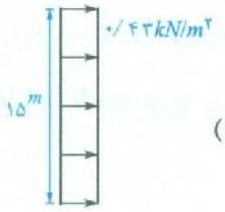


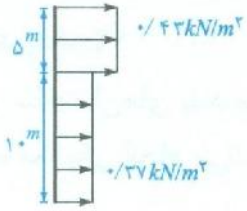
تمرین : در ساختمان بلندمرتبهٔ نشان داده شده در شکل زیر، پلان دارای ابعاد ۲۰ × ۱۵ متر بوده و در داخل شهر کرمان ساخته شده است. فشار و مکش ناشی از باد که بر سازهٔ این ساختمان در جهت نشان داده شده وارد می‌شود را حساب کنید. (فرض کنید $I_w = ۱$ ، $q = ۱/۰۳۶\ kN/m^۲$ و $C_g = ۲$)

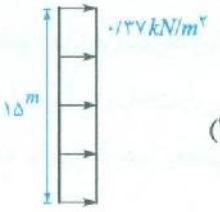


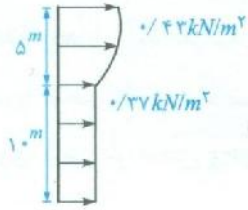
تمرین : در سازهٔ نشان داده شده، توزیع نیروی بـاد روی دیـوار پشت به باد برحسب کیلونیوتن بر مترمربـع، مطـابق کـدام‌یـک از گزینه‌های زیر است؟ (سازه بلندمرتبـه و در داخـل شـهر کاشـان می‌باشد، این سازه قاب یک ساختمان مسکونی است، $C_g = ۲$)



۱) 

۲) 

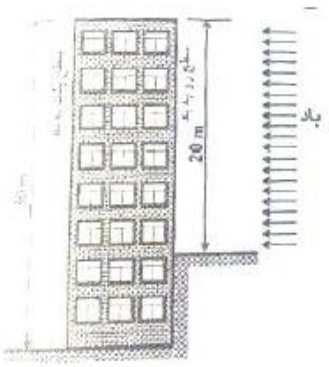
۳) 

۴) 

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

12- در محاسبه ضریب بادگیری وجه پشت به باد ساختمانی مطابق شکل (درصورتی که بلند مرتبه تلقی گردد)، ارتفاع مبناء (h) چند متر می باشد؟



1) 30
2) 25
3) 20
4) 15

پاسخ سئوال 12) گزینه 4 صحیح است

7 – یک سالن ورزشی با سازه فولادی یک طبقه با سقف شیب دار بر روی زمین نوع **II** در تهران طراحی و نقشه های آن تهیه شده است . با فرض نوع زمین و خاک مشابه تهران در کدامیک از شهرهای زیر نمی توان بدون کنترل محاسبات و نقشه های سازه از این نقشه ها استفاده کرد؟
(فرض شود که نقشه ها از نظر معماری و تاسیسات جوابگو بوده و بار زنده و مرده یکسان می باشد)

1- اراک
2 - قزوین
3-مراغه
4 - سمنان

فصل هشتم :

بارزلزله

گروه بندی ساختمان ها برحسب شکل

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

۱- ساختمان های منظم

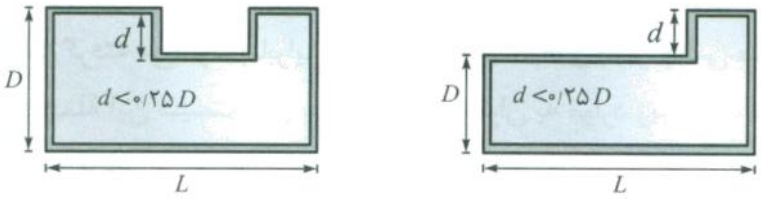
ساختمان های منظم، به گروهی از ساختمان ها اطلاق می شود که دارای کلیه ویژگی های زیر باشند:

۱ منظم بودن در پلان

۲ منظم بودن در ارتفاع

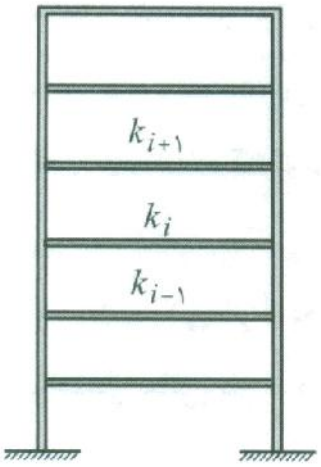
۱-۱ منظم بودن در پلان

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.

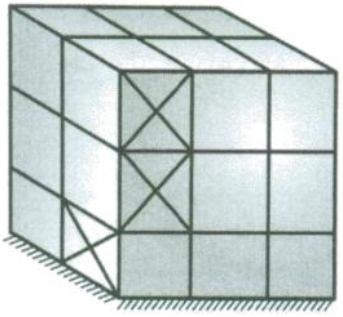
پ- تغییرات ناگهانی در سختی دیافراگم هر طبقه نسبت به طبقات مجاور از ۵۰ درصد بیشتر نبوده و مجموع سطوح بازشو در آن از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم تجاوز ننماید.



$$۰/۵k_{i+۱} < k_i < ۱/۵k_{i+۱}$$

$$۰/۵k_{i-۱} < k_i < ۱/۵k_{i-۱}$$

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.

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

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.

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

$$R_i \ge ۰/۸ R_{i+۱}$$

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.

ساختمانی با وزن طبقات مطابق بـا شـکل، موجـود اسـت. از لحاظ منظم بودن ساختمان در ارتفاع، با توجه به وزن طبقات، کدام‌یک از موارد زیر صحیح است؟

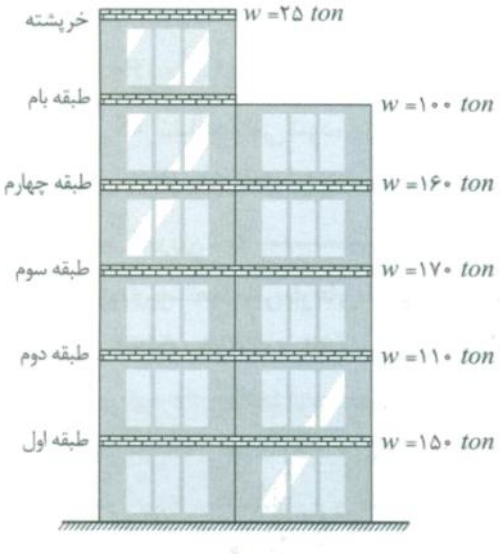
(پایه ۲- ۸۰)

۱) ساختمان از نظر جـرم نـامنظم اسـت، چـون وزن بـام چهار برابر وزن خرپشته است.

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

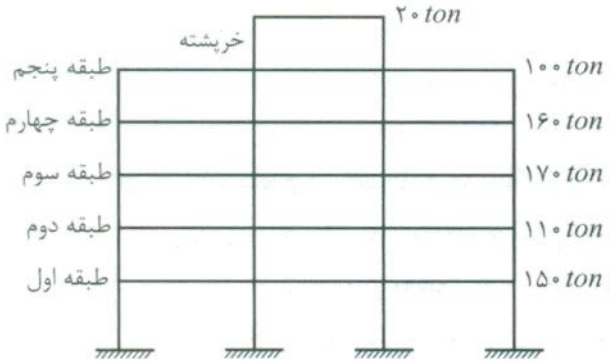
۳) ساختمان از نظر جرم طبقات منظم محسوب می‌شود.

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



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

(پایه ۳ - ۹۰)



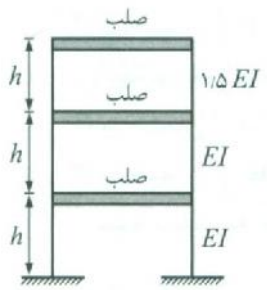
۱) ساختمان به لحاظ توزیع جرم در ارتفاع منظم محسوب می‌شود.

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.

در قاب روبه‌رو، تحت اثر بارهای ناشی از زلزله، مقاومت جانبی طبقات اول و دوم و سوم به‌ترتیب $8ton$، $9ton$ و $10ton$ 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.

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

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:

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

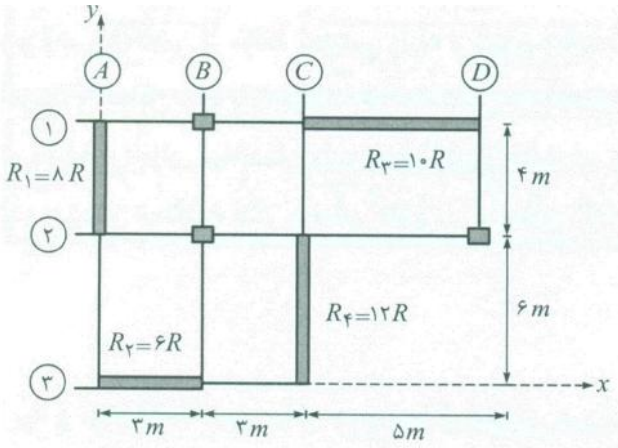
$$Y_s = \frac{\sum k_{x_i} y_i}{\sum k_{x_i}}$$

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

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:

$$k_A = ۰\ ,\ k_B = ۲R\ ,\ k_C = ۰\ ,\ k_D = R$$
$$k_۱ = R\ ,\ k_۲ = ۲R\ ,\ k_۳ = ۰$$

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)

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.

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.

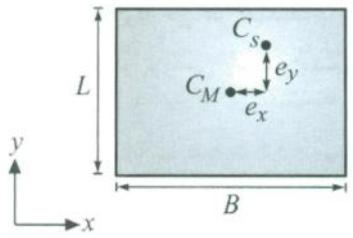
از کاهش‌وافزایش مساحت زیر بنای طبقات در ارتفاع، به طوری که تغییرات قابل‌ملاحظه ای ایجاد شود، پرهیز گردد.

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

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.

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.

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 اثـر زلزلـه، مـی تـوان صـد در صـد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ترکیـب کـرد. در طراحـی اجزاء بحرانی ترین حالت ممکن از نظر علائم نیروهای داخلی حاصل از زلزله باید ملحوظ گردند.

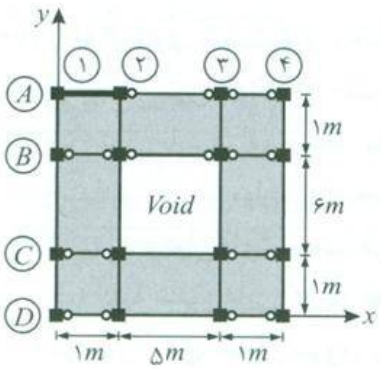
$$\begin{cases} F_x + ۰/۳\, F_y \\ F_y + ۰/۳\, F_x \end{cases}$$

تبصره ۱: چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله، در ستون در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتـر 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 درصـد نیـروی زلزلـه در امتداد عمود بر آن در نظر گرفتـه مـی شـود، منظـور کـردن بـرون مرکـزی اتفـاقی، برای نیروی زلزله ای که در امتداد مربوط به ۳۰ درصد اعمال می شـود، الزامـی نیست.

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



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.

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.

محاسبه ساختمان ها در برابر نیروی زلزله

روش «تحلیل استاتیکی معادل»

در این روش نیروی جانبی زلزله به صورت استاتیکی رفت و برگشتی، به سازه اعمال می شود.

روشهای «تحلیل دینامیکی»

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

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.

ضریب زلزله

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

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

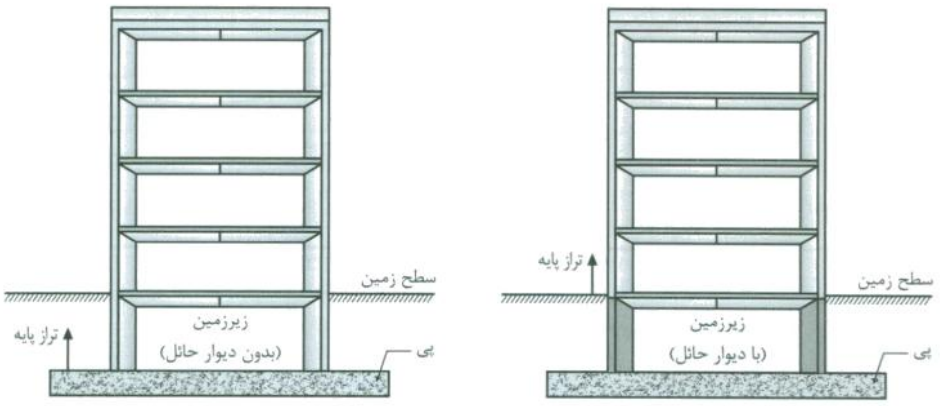
B : ضریب بازتاب ساختمان که با استفاده از طیف بازتاب طرح به دست می آید.

I : ضریب اهمیت ساختمان

R : ضریب رفتار ساختمان

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.



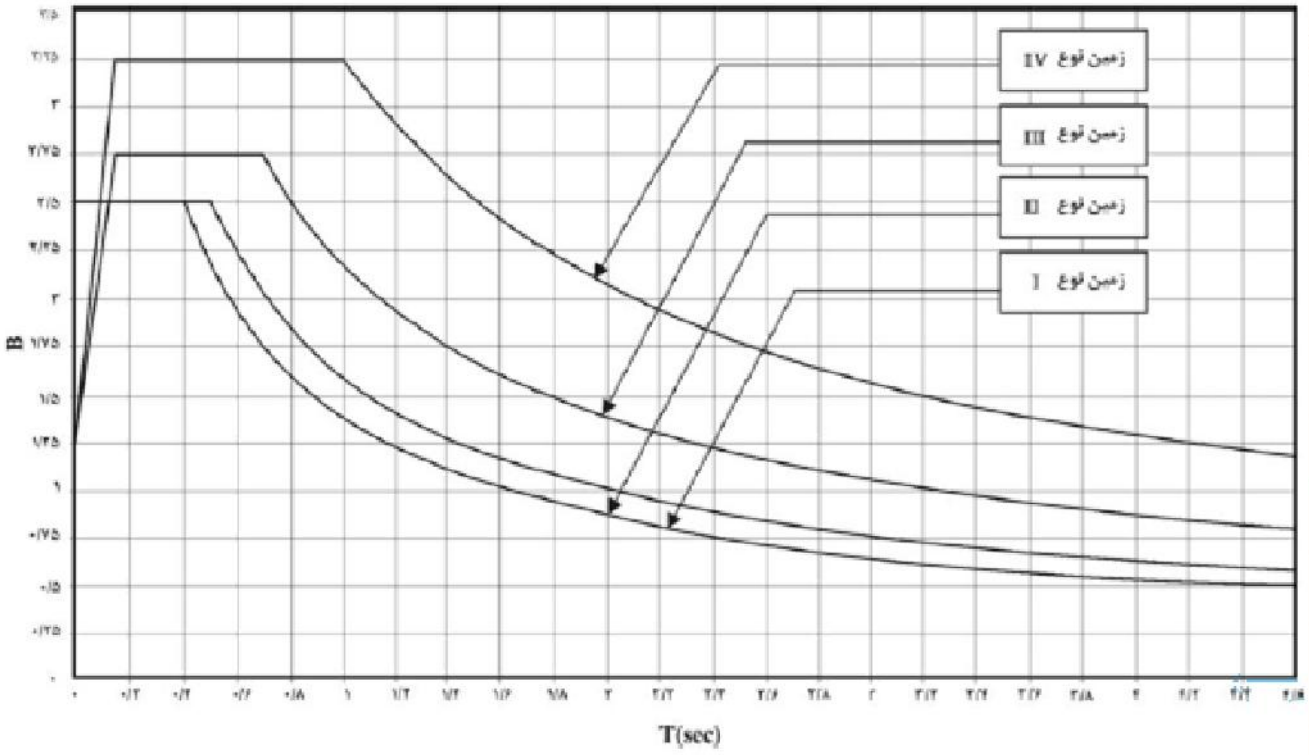
نسبت شتاب مبنای طرح، A

نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

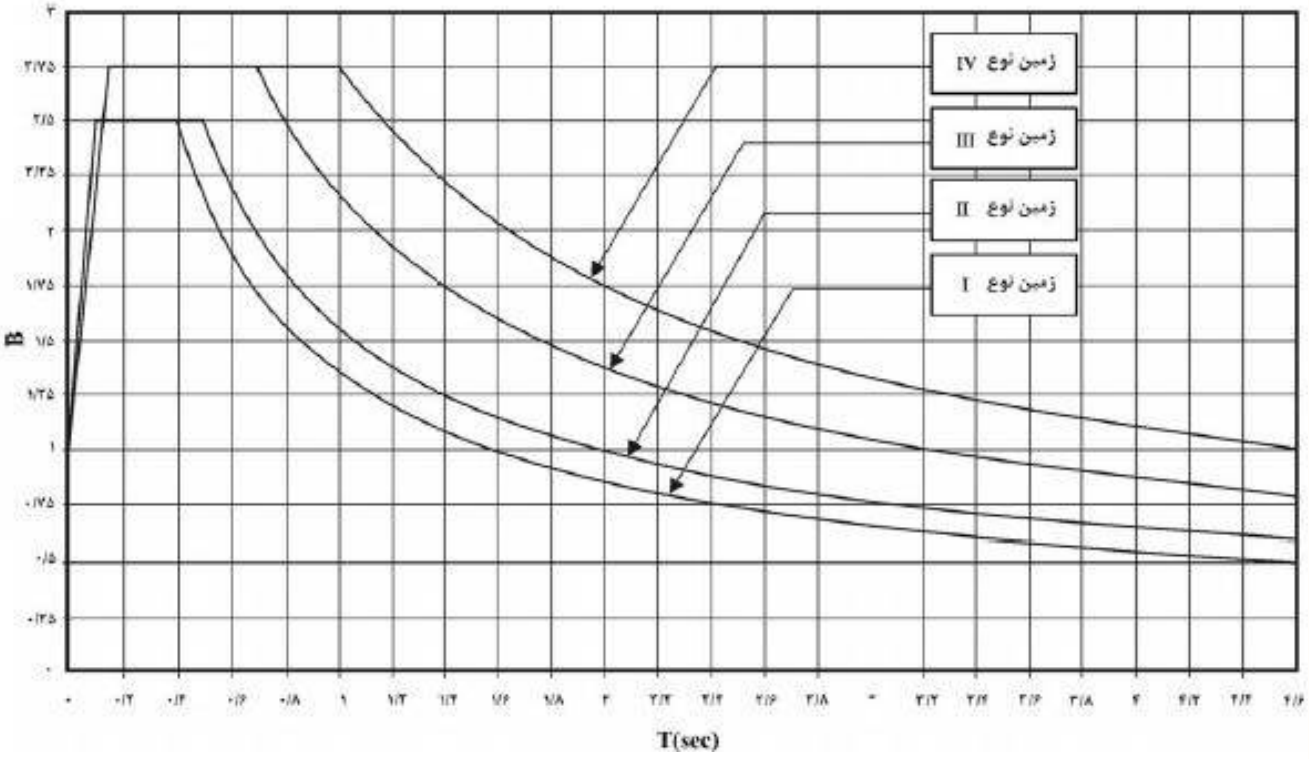
منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	٪۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	٪۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	٪۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	٪۲۰

ضریب بازتاب ساختمان، B

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



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



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

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	

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

$$\bar{V}_s = \frac{\Sigma d_i}{\Sigma (d_i / V_{si})}$$

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

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

$$T = ۰/۰۸ H^{\frac{۳}{۴}}$$

- در قابهای بتن آرمه

$$T = ۰/۰۷ H^{\frac{۳}{۴}}$$

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

$$T = ۰/۰۵ H^{\frac{۳}{۴}}$$

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.

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

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 تنش‌های مجاز طراحی می شوند، تنظیم شده است.

[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.

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.

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.

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.

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.

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).

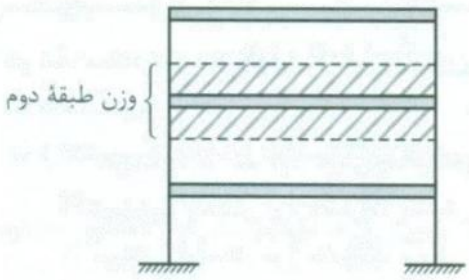
$$F_i = (V - F_t)\frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^{n} w_j h_j}$$

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.

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:

$$V_i = F_i + \sum_{j=i+1}^{n} F_j = \sum_{j=i}^{n} F_j$$

V_i : نیروی برشی طبقهٔ i ام

F_i: نیروی جانبی طبقهٔ i ام

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.

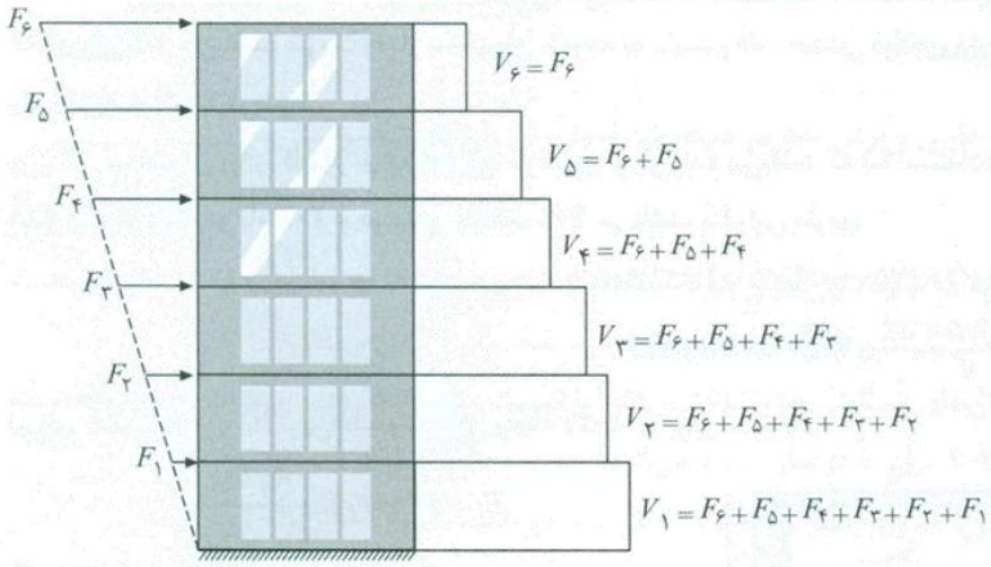
۳) نیروی زلزله در تراز طبقات ممکن است افزایش یا کاهش یابد، ولی برش در طبقات افزایش می‌یابد.

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.

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.

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

حل: ابتدا باید برش پایهٔ ساختمان محاسبه گردد. $V = CW = \frac{ABI}{R}W$

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 $450\ m/s$ است که با توجه به جدول $(375 \le \overline{V_S} \le 750)$، خاک می‌تواند از تیپ I و یا II باشد که در جهت اطمینان، خاک نرم‌تر یعنی تیپ II انتخاب می‌شود. بنابراین مطابق جدول داریم:

$T_0 = 0/1 sec \ , T_S = 0/5 sec \ , S = 1/5$

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

$$T = 0/08\, H^{\frac{3}{4}}$$

$$T = 0/08\, (3 \times 3/5)^{\frac{3}{4}} = 0/47\, sec$$

$$T_0 \le T \le T_S \longrightarrow B = S + 1 = 2/5$$

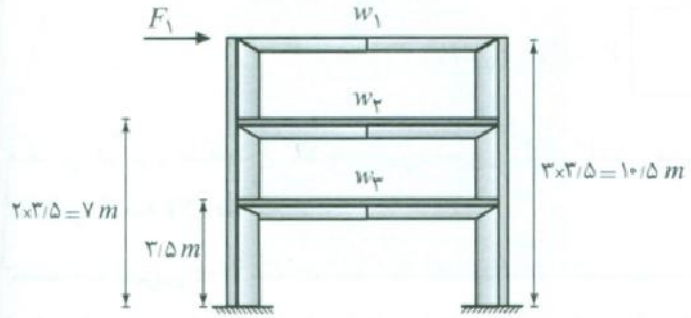
با توجه به این‌که بیمارستان‌ها، جزء ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد (گروه ۱) هستند، ضریب I مطابق جدول برابر ۱/۴ می‌باشد. ضریب رفتار ساختمان با توجه به سیستم قاب خمشی فولادی متوسط، مطابق جدول برابر ۷ در نظر گرفته می‌شود.

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:



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

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

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

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

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

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:

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

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 $\Rightarrow T_۰ = ۰/۱۵$, $T_s = ۱/۰$, $S = ۲/۲۵$

قزوین: زمین نوع I $\Rightarrow T_۰ = ۰/۱$, $T_s = ۰/۴$, $S = ۱/۵$

بنابراین ضریب بازتاب ساختمان، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T = ۰/۶\ sec \begin{cases} \text{اردکان}: T_۰ \le T \le T_S \Rightarrow B = S + ۱ \Rightarrow B = ۲/۲۵ + ۱ = ۳/۲۵ \\ \text{قزوین}: T > T_S \Rightarrow B = (S+۱)\left(\frac{T_S}{T}\right)^{\frac{۲}{۳}} \Rightarrow B = (۱/۵+۱)\times\left(\frac{۰/۴}{۰/۶}\right)^{\frac{۲}{۳}} = ۱/۹۰۸ \end{cases}$$

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.

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.

حل: زمان تناوب نوسان سازه برابر است با:

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

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

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

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

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

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

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

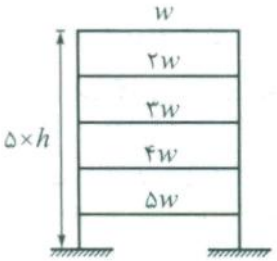
$$\frac{C_۲}{C_۱} = \frac{\frac{A_۲B_۲I}{R}}{\frac{A_۱B_۱I}{R}} = \frac{A_۲B_۲}{A_۱B_۱} = \frac{۰/۳ \times ۲/۷۵}{۰/۲۵ \times ۳/۲۵} = ۱/۰۲$$

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.

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



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

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

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

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

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

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

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

بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

مثال ۱: تعریف زلزله سطح بهره‌برداری کدام است؟ (قهوهٔ قضائیه - ۸۵)

۱) زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن (یا زلزله‌های بزرگتر از آن) در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان، کمتر از ٪۱۰ باشد.
۲) زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن (یا زلزله‌های بزرگتر از آن) در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان، بیشتر از ٪۹۹/۵ باشد.
۳) زلزله‌های شدید را زلزله سطح بهره‌برداری گویند.
۴) زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن (یا زلزله‌های بزرگتر از آن) در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان، از ٪۱۰ بیشتر و از ٪۹۹/۵ کمتر باشد.

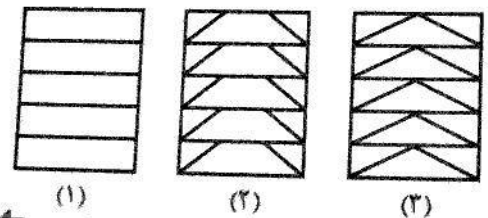
مثال ۲: درصد مشارکت بار زنده در محاسبهٔ نیروهای جانبی زلزله در پارکینگ‌ها و ترمینال‌های مسافری به ترتیب چند درصد می‌باشد؟

۱) ۴۰ و ۴۰ ۲) ۲۰ و ۱۰۰ ۳) ۲۰ و ۲۰ ۴) ۲۰ و ۶۰

مثال ۱: کدام عبارت در مورد دیوار برشی بتن مسلح صحیح است؟ (قهوه قضائیه - ۸۷)

۱) دیوار برشی در باربری ثقلی تأثیری ندارد.
۲) دیوار برشی فقط در ساختمان‌های ۱۲ طبقه به بالا کاربرد دارد.
۳) دیوار برشی فقط در قاب‌های بتنی به‌کار می‌رود.
۴) دیوار برشی انتخاب مناسبی برای تحمل نیروی زلزله است.

مثال ۲: در سه سیستم مقاوم در مقابل زلزله: (قهوهٔ قضائیه - ۸۰)



۱) از چپ به راست، سختی و قابلیت جذب انرژی افزایش می‌یابد.
۲) از چپ به راست، سختی و قابلیت جذب انرژی کاهش می‌یابد.
۳) از چپ به راست، سختی افزایش و قابلیت جذب انرژی کاهش می‌یابد.
۴) از چپ به راست، سختی کاهش و قابلیت جذب انرژی افزایش می‌یابد.

مثال ۳: کدام‌یک از سیستم‌های سازه‌ای زیر در یک ساختمان اسکلت فلزی مناسب‌تر و شکل‌پذیرتر است؟ (قهوهٔ قضائیه - ۹۲)

۱) قاب بادبندی شده برون محور
۲) قاب بادبندی شده هم محور
۳) قاب خمشی فولادی ویژه
۴) قاب خمشی فولادی ویژه همراه با دیوار برشی بتن‌آرمه

مثال ۴: شکل‌پذیری کدام‌یک از ساختمان‌های زیر بیشتر است؟ (قهوهٔ قضائیه - ۸۴)

۱) قاب خمشی
۲) قاب با دیوار برشی یا بادبند
۳) قاب با تغییر شکل زیاد
۴) قاب با سیستم دوگانه یا ترکیبی

مثال ۵: در سیستم ترکیبی قاب خمشی فولادی همراه با بادبندی هم‌محور فولادی، سیستم مقاوم باربر جانبی کدام است؟ (قوهٔ قضائیه - ۹۵)

۱) سیستم قاب ساختمانی ساده همراه با بادبندی‌های هم محور فولادی
۲) سیستم قاب خمشی
۳) سیستم دوگانه
۴) سیستم دیوار باربر

مثال ۱: پریود ارتعاش قاب‌های صلب در مقایسه با قاب‌های مفصلی بادبندی شده: (دادگستری - ۸۴)

۱) کمتر است.
۲) بیشتر است.
۳) تفاوتی نمی‌کند.
۴) بستگی به شدت زلزله دارد.

مثال ۲: برای دو قاب فلزی و بتنی با ابعاد و مشخصات مشابه که هیچ‌گونه مانعی توسط اجزای دیگر در برابر حرکت قاب ندارد در اثر نیروهای ناشی از زلزله: (دادگستری - ۷۱ و ۸۴)

۱) پریود ارتعاش برای قاب فولادی بیشتر است.
۲) پریود ارتعاش برای قاب بتنی بیشتر است.
۳) پریود ارتعاش برای هر دو قاب مساوی است.
۴) پریود ارتعاش قاب بتن‌آرمه ۱/۵ برابر قاب فولادی است.

مثال ۳: کدام گزینه برای زمان تناوب اصلی نوسان در سازه‌ها صحیح می‌باشد؟ (قوهٔ قضائیه - ۹۶)

۱) زمان تناوب اصلی نوسان بیانگر نحوهٔ پاسخ ساختمان به حرکت زمین در زمان زلزله می‌باشد و لذا آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ برحسب نوع زمین و مکانیک خاک منطقه زمان تناوب اصلی نوسان سازه را به انتخاب یکی از اعداد ۰/۴، ۰/۵، ۰/۷، ۱ توصیه نموده است.
۲) زمان تناوب اصلی نوسان به تغییر شکل‌پذیری اعضای مقاوم قاب‌های سازه ارتباط دارد و لذا آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ ارتباط ابعاد هندسی قاب‌های سازه را در ارزیابی زمان تناوب اصلی نوسان مؤثر نمی‌داند.
۳) جنس مصالح سازه در تعیین زمان تناوب اصلی نوسان سازه عامل اصلی است و لذا آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ زمان تناوب اصلی نوسان سازه‌های فولادی را نسبت به سازه‌های بتنی و مصالح بنایی که دارای هندسه مشابه می‌باشند بیشتر توصیه کرده است.
۴) به‌طور کلی زمان تناوب اصلی نوسان سازه‌ها با توجه به خصوصیات فیزیکی و هندسه سازه‌ها از روش تحلیلی محاسبه می‌گردد و آیین‌نامه ۲۸۰۰ مقدار آن را وابسته به فرضیات محاسب و انتخاب روش تحلیل در نظر گرفته است ولی مقدار آن را کمتر از ۱/۲۵ توصیه نمی‌کند.

مثال ۴: کدام‌یک از گزینه‌های زیر، باعث کاهش زمان تناوب اصلی سازه خواهد شد؟

۱) افزایش ارتفاع سازه ۲) کوچکتر کردن مقاطع ۳) کاهش وزن سازه ۴) همهٔ موارد

مثال ۵: چنانچه در یک سازهٔ بتنی مقاومت بتن از ردهٔ ۳۰ C به ردهٔ ۲۰ C تبدیل گردد، زمان تناوب تحلیلی آن چه تغییری خواهد کرد؟ (وزن مخصوص بتن در دو حالت تقریباً یکسان فرض شود.)

۱) کاهش می‌یابد. ۲) افزایش می‌یابد. ۳) ثابت می‌ماند. ۴) هیچ‌کدام

مثال ۶: چنانچه در یک ساختمان مسکونی زمان تناوب تجربی برابر ۱ ثانیه و زمان تناوب تحلیلی به‌دست آمده برابر ۱/۲ باشد، مقدار زمان تناوب اصلی نوسان چقدر می‌باشد؟

۱) ۱ ثانیه ۲) ۱/۲ ثانیه ۳) ۱/۲۵ ثانیه ۴) ۱/۵ ثانیه

مثال ۱: ضریب رفتار ساختمان بیانگر کدام‌یک از خصوصیات ساختمان می‌باشد؟ (قهه قضائیه - ۸۲)

۱) شکل‌پذیری سیستم سازه‌ای ۲) درجه نامعینی سازه

۳) اضافه مقاومت موجود در سازه ۴) هر سه مورد

مثال ۲: T_0 در استاندارد ۲۸۰۰ به چه پارامتری بستگی دارد؟ (قهه قضائیه - ۸۴)

۱) زمان تناوب ساختمان ۲) نوع زمین

۳) ارتفاع ساختمان ۴) سیستم مقاوم جانبی ساختمان

مثال ۳: در طرح بیمارستانی ۶ طبقه با ارتفاع ۲۴ متر در شهر تهران، استفاده از کدام‌یک از سیستم‌های مقاوم جانبی مجاز می‌باشد؟ (قهه قضائیه - ۸۵)

۱) قاب خمشی بتن آرمه متوسط همراه با دیوار برشی بتن مسلح متوسط

۲) قاب خمشی فولادی متوسط همراه با مهاربندی برون‌محوری فولادی

۳) قاب خمشی فولادی ویژه بدون مهاربند و دیوار برشی

۴) قاب خمشی فولادی متوسط همراه با دیوار برشی بتن مسلح متوسط

مثال ۴: در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ضریب رفتار بیانگر ..... می‌باشد. (قهه قضائیه - ۸۶)

۱) قابلیت جذب انرژی ساختمان ۲) شکل مودهای مختلف ارتعاش

۳) زمان تناوب اصلی ساختمان ۴) موارد ۲ و ۳

مثال ۵: برای ساختمانی با مشخصات کاملاً مشابه از نظر ارتفاع و پلان، کدام یک از سیستم‌های زیر به‌کار گرفته شود تا با توجه به آیین‌نامه ایران (۲۸۰۰) نیروی افقی کمتری در محاسبه دخالت داشته باشد؟ (دادگستری - ۷۱)

۱) دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه ۲) مهاربندی همگرای ویژه فولادی

۳) قاب خمشی بتنی ویژه ۴) هر سه گزینه یکسان هستند.

مثال ۶: در یک ساختمان بدون دیوار برشی یا بادبندی، می‌توان از دال تخت و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی استفاده کرد، مشروط بر آنکه: (قهوهٔ قضائیه - ۸۴)

۱) اتصال دال و تیر و ستون برای نیروهای وارده طراحی شود.
۲) دال تخت به‌صورت دوطرفه طراحی شود.
۳) ساختمان از ۳ طبقه یا ۱۰ متر کوتاه‌تر باشد.
۴) شرط خاصی وجود ندارد، فقط باید ضوابط محاسباتی استاندارد ۲۸۰۰ دقیقاً رعایت شود.

مثال ۷: در ساختمان اداری بتن مسلح ۴ طبقه‌ای در تهران که برای پوشش سقف‌ها از تیرچه بلوک استفاده شده است و ارتفاع تیرها برابر ضخامت سقف و کمتر از ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد، کدام‌یک از سیستم‌های مقاوم جانبی مجاز می‌باشد؟ (قهوهٔ قضائیه - ۸۵)

۱) قاب خمشی بتن مسلح متوسط
۲) قاب خمشی بتن مسلح معمولی
۳) قاب ساده همراه با دیوار برشی بتن مسلح معمولی
۴) هیچ‌کدام

مثال ۸: یک ساختمان بلند در کدام‌یک از حالت‌های زیر بیشتر مستعد تشدید (رزونانس) است؟ (قهوهٔ قضائیه - ۸۶)

۱) در دامنهٔ کوه‌ها قرار گرفته باشد.
۲) در دشت‌ها قرار گرفته باشد.
۳) قاب فلزی خمشی داشته باشد.
۴) قاب آن مهاربندی شده باشد.

مثال ۹: ساختمانی با اهمیت بسیار بالا در منطقه‌ای با خطر زلزله‌خیزی بسیار زیاد واقع شده است. ساختمان ۴ طبقه با ارتفاع آن از تراز پایه ۱۲ متر است. کمترین مقدار ضریب برش پایه برای این ساختمان چقدر خواهد بود؟ (قهوهٔ قضائیه - ۸۷)

۱) ۰/۰۵ ۲) ۰/۰۴۲ ۳) ۰/۰۳ ۴) ۰/۰۳۷۸

مثال ۱۰: اگر بار مرده کل در یک ساختمان ۳۰ تن، بار بام ۴ تن و بار سایر طبقات (همگی مسکونی) برابر ۱۵ تن باشد و ضریب زلزله نیز ۰/۱ باشد، نیروی برشی پایه چند تن است؟ (قهوهٔ قضائیه - ۸۳)

۱) ۴/۹ ۲) ۰/۹۸ ۳) ۳/۳۸ ۴) ۳/۷

مثال ۱۱: مراد از ساختمان مقاوم در برابر زلزله طبق آئین‌نامه، ساختمانی است که: (دادگستری - ۸۶)

۱) اصولاً هیچ زلزله‌ای نتواند آن را تخریب کند.
۲) در تمام طول عمر مفید خود همه زلزله‌ها را بدون آسیب تحمل نماید.
۳) تا شدت خاصی را مقاومت و شدت‌های کمتر را به دفعات تحمل نماید.
۴) در انواع مختلف ابنیه، نتایج متفاوت می‌باشد.

مثال ۱۲: برای ساختمانی با مشخصات کاملاً مشابه از نظر ارتفاع و پلان، کدام‌یک از سیستم‌های زیر بکار گرفته شود تا باتوجه به آیین‌نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) نیروی افقی کمتری در محاسبه دخالت داشته باشد؟ (دادگستری - ۷۱)

۱) قاب فضایی خمشی
۲) قاب توأم با دیوارهای بتن‌آرمه برشی
۳) قاب با مهاربندی فلزی
۴) هر سه مورد یکسان هستند.

مثال ۱۳: احداث ساختمان روی کدام‌یک از خاک‌های زیر منجر به سبک‌تر شدن سازه خواهد شد؟

۱) خاک تیپ I ۲) خاک تیپ II ۳) خاک تیپ III ۴) خاک تیپ IV

مثال ۱۴: مقرر گردیده است ساختمانی یازده طبقه با مساحت هر طبقه ۱۴۷۰ متر مربع در یکی از مناطق تهران طی مدت ۲۰ ماه اجرا شود. ضریب اهمیت برای طراحی ساختمان تجهیز کارگاه آن (از نظر زلزله) کدام است؟

۱) ۰/۸ ۲) ۱/۰ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۴

مثال ۱۵: در چه مواردی می‌توان از اثر خرپشته در محاسبه نیروی برش پایه ناشی از زلزله صرفنظر نمود؟

۱) در مواردی‌که وزن خرپشته کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد.

۲) در مواردی‌که ارتفاع خرپشته ۲۵ درصد کمتر از ارتفاع بام باشد.

۳) در مواردی‌که مساحت خرپشته، کمتر از ۲۵ درصد مساحت بام باشد.

۴) در هیچ موردی نمی‌توان از اثر خرپشته صرفنظر نمود.

مثال ۱۶: در یک ساختمان مسکونی با توزیع جرم یکسان در طبقات، به ترتیب از بالا به پایین .....

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.

مثال ۱: طبق مفاد آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله کدام‌یک از گزینه‌های مشروحه در زیر صحیح می‌باشد؟

(دادگستری - ۷۹ ورود)

۱) محاسبهٔ ساختمان در برابر نیروهای زلزله و باد به تفکیک انجام می‌شود و در هر عضو سازه اثر هر یک از این دو نیرو بیشتر باشد به‌طور کامل، بعلاوه درصدی از نیروی دوم ملاک عمل قرار می‌گیرد.

۲) فقط مؤلفه‌های افقی نیروی زلزله برای محاسبهٔ ساختمان در نظر گرفته می‌شود و اثر مؤلفه قائم نیروی زلزله منظور نمی‌گردد.

۳) ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی محاسبه شود. به‌طور کلی محاسبه در هر یک از این دو امتداد و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام می‌شود.

۴) نیروی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان باید در هر دو جهت این امتداد یعنی به‌صورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود.

مثال ۲: حداکثر طول احداث طره در بناهای مقاوم در برابر زلزله چند متر توصیه شده است؟ (دانشگاری - ۸۱ و ۸۴ و قوه قضائیه - ۸۶)

۱) ۲/۵ ۲) ۲ ۳) ۱/۵ ۴) ۱

مثال ۳: طبقهٔ نرم، ناشی از کدام‌یک از عوامل زیر است؟ (قوهٔ قضائیه - ۸۴)

۱) تفاوت سختی‌های طبقات مجاور
۲) تفاوت مقاومت طبقات مجاور
۳) استفاده از سیستم‌های مقاوم جانبی متفاوت در طبقات مجاور
۴) توزیع نیروی زلزله بین سیستم‌های مقاوم جانبی، برمبنای سختی نسبی این سیستم‌ها

مثال ۴: برای تهیه طیف استاندارد زلزله، نسبت میرایی برابر با چند درصد در نظر گرفته می‌شود؟ (قوهٔ قضائیه - ۸۳)

۱) ۲ ۲) ۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۵

مثال ۵: فلسفهٔ کاربرد درز انقطاع در ساختمان‌ها عبارتست از: (قوهٔ قضائیه - ۸۱)

۱) پیشگیری از بروز روان‌گرایی خاک‌های با پتانسیل در زیر پی ساختمان‌ها
۲) جلوگیری از برخورد ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۱۲ متر که در مجاورت یکدیگر ساخته شده‌اند.
۳) به منظور جدا کردن پی ساختمان‌هایی که در مجاور یکدیگر ساخته شده‌اند تا هنگام گودبرداری زمین مجاور به ساختمان آسیب وارد نشود.
۴) جهت جذب نیروی شلاقی در بالاترین ارتفاع ساختمان بلند می‌باشد.

مثال ۶: درز انقطاع در کدام‌یک از سازه‌ها اجباری است؟ (قوهٔ قضائیه - ۸۴)

۱) همهٔ سازه‌ها
۲) سازه‌های با ارتفاع بیش از ۱۲ متر یا بیش از ۴ طبقه
۳) سازه‌های با شکل‌پذیری زیاد
۴) ساختمان‌هایی که در آنها اثر $(P-\Delta)$ است.

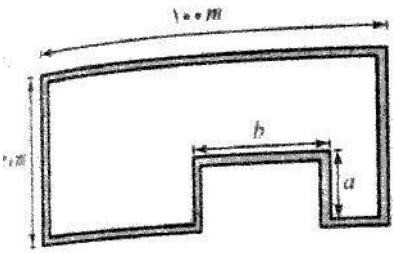
مثال ۹: در تحلیل دینامیکی یک ساختمان ۵ طبقه، پریودهای طبیعی و جرم مؤثر ساختمان برابر مقادیر زیر تعیین گردیده است:

T_n	۰/۸	۰/۷	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۴۳
M_n	۸۸	۸/۷	۲/۴	۰/۷۴	۰/۱۶

برای تحلیل دینامیکی طیفی سازه فوق چند مود ارتعاشی باید در نظر گرفته شود؟ (قوهٔ قضائیه - ۸۵)

۱) سه مود اول نوسان ۲) چهار مود اول نوسان ۳) دو مود اول نوسان ۴) تمام مودهای نوسان

مثال ۱۰: پلان ساختمان نشان داده شده در شکل، در کدام‌یک از حالات زیر نامنظم فرض می‌شود؟



۱) $b = ۲۵\,m \;,\; a = ۶\,m$

۲) $b = ۲۰\,m \;,\; a = ۸\,m$

۳) $b = ۳۰\,m \;,\; a = ۶\,m$

۴) کلیهٔ حالات فوق

مثال ۱۱: در صورتی‌که تغییرمکان جانبی نسبی طرح در طبقه‌ای از یک ساختمان ۵ سانتی‌متر و ضریب بزرگنمایی این ساختمان ۴ باشد، تغییرمکان جانبی نسبی واقعی طرح در طبقه برابر است با:

۱) ۴۹ سانتی‌متر ۲) ۱۷/۵ سانتی‌متر ۳) ۳۵ سانتی‌متر ۴) ۲۰ سانتی‌متر

مثال ۱۲: درصورتی‌که شاخص پایداری، θ_i برابر ۰/۳ شود، کدام جملهٔ زیر صحیح است؟

۱) می‌توان از اثر $P-\Delta$ صرف‌نظر نمود.

۲) احتمال ناپایداری سازه موجود است و باید در طراحی آن تجدید نظر شود.

۳) سازه مشکل ناپایداری ندارد و فقط تیرها باید تقویت شوند.

۴) سازه مشکل ناپایداری ندارد و فقط ستون‌ها باید تقویت شوند.

مثال ۱۳: در طرح و اجرای واحدهای مسکونی شش طبقه بدون زیرزمین از نوع دیوار باربر بتن‌آرمه با ارتفاع هر طبقه سه متر، حداقل فاصلهٔ دیوار بتنی خارجی سومین طبقه از روی زمین از مرز زمین مجاور برحسب میلی‌متر چقدر باید باشد؟ (تراز پایه تقریباً هم‌تراز سطح زمین اطراف می‌باشد.)

۱) ۷۵ ۲) ۹۰ ۳) ۴۵ ۴) ۳۰

مثال ۱۴: دو ساختمان ۹ طبقه در کنار یکدیگر ساخته می‌شوند. ساختمان شمارهٔ (۱) دارای قاب خمشی ویژهٔ بتنی با ضریب بزرگ‌نمایی ۵/۵ و تغییرمکان جانبی طرح بام آن ۱۰ سانتی‌متر و ساختمان شمارهٔ (۲) دارای قاب خمشی متوسط + دیوار برشی متوسط با ضریب بزرگ‌نمایی ۴/۵ و تغییرمکان جانبی طرح بام ۴ سانتی‌متر می‌باشد. حداقل فاصلهٔ درز بین این ساختمان‌ها چند سانتی‌متر باید باشد؟

۱) ۶۶ ۲) ۹۰ ۳) ۳۲ ۴) ۵۸

مثال ۱۵: کدام‌یک از جملات زیر در مورد زلزلهٔ سطح بهره‌برداری صحیح است؟

۱) در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ در زلزلهٔ سطح بهره‌برداری ضروری است.

۲) کنترل سازه‌ها با هر میزان اهمیت و هر ارتفاع برای زلزلهٔ سطح بهره‌برداری لازم است.

۳) ضریب رفتار در زلزلهٔ سطح بهره‌برداری برابر نصف ضریب رفتار در زلزلهٔ طرح است.

۴) کنترل سازه‌های بلندتر از ۵۰ متر برای زلزلهٔ سطح بهره‌برداری لازم است.

مثال ۱۶: در صورتی‌که در تعیین نیروی جانبی زلزله با روش استاتیکی معادل برای یک ساختمان به‌ترتیب $W = ۱۰۰ton$ ، $I = ۱$ ، $B = ۲$ و $A = ۰/۳۰$ باشد، برش پایه برای کنترل سازه در مقابل زلزلهٔ سطح بهره‌برداری برابر است با:

۱) $V = ۶۰ton$ ۲) $V = ۳۰ton$ ۳) $V = ۲۰ton$ ۴) $V = ۱۰ton$

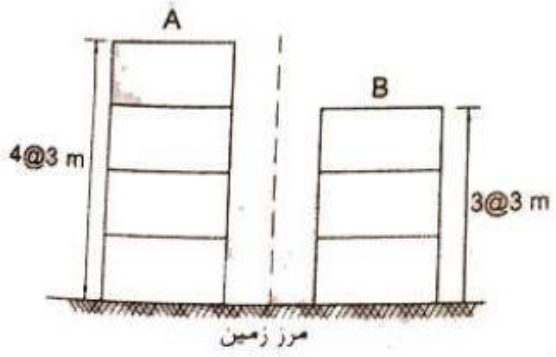
مثال ۱۷: برای محاسبهٔ نیروی زلزله در یک ساختمان منظم به ارتفاع ۶۰ متر، کدام روش قابل قبول است؟

۱) روش دینامیکی طیفی
۲) روش استاتیکی معادل
۳) روش دینامیکی تاریخچه زمانی
۴) موارد (۱) و (۳)

59- فرض کنید سختی جانبی طبقات یک ساختمان 4 طبقه از پایین به بالا به ترتیب 4k ، 1.5k ، 3k و k است. ساخت این ساختمان در کدامیک از مناطق زیر مجاز نیست؟

1- در مناطق با خطر نسبی زیاد بر روی زمین نوع III
2- در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد بر روی زمین نوع II
3- در مناطق با خطر نسبی زیاد بر روی زمین نوع I
4- در مناطق با خطر نسبی متوسط بر روی زمین نوع IV

5 – ساختمان های سه طبقه **B** و چهار طبقه **A** (هر دو بدون زیرزمین - با گروه خطرپذیری سه در مجاورت یکدیگر ساخته شده اند. حداقل فاصله افقی میان طبقه سوم ساختمان **B**(بام) نسبت به همان تراز در ساختمان **A**چقدر می تواند باشد؟ (ارتفاع کلیه طبقات در ساختمان های **A**و**B** سه متر است)



1- 30mm
2- 45mm
3- 90mm
4- 105mm

پاسخ سئوال 5 - گزینه 3 صحیح است.

مبحث 6 صفحه 115 بند 6-11-14