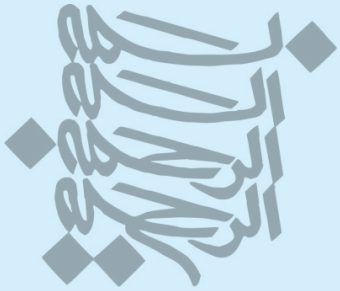


به نام یکـتا مهنـدس هسـتی

سری عمران

سری عمران

# فهرست مطالب


آزمون سال ۱۳۹۵ (شهریور) ..... ۱۴
آزمون سال ۱۳۹۵ (اسفند) ..... ۴۲
آزمون سال ۱۳۹۶ (مهر) ..... ۷۴
آزمون سال ۱۳۹۷ (اردیبهشت) ..... ۱۰۴
آزمون سال ۱۳۹۷ (بهمن) ..... ۱۳۸
آزمون سال ۱۳۹۸ (مهر) ..... ۱۷۰
آزمون سال ۱۳۹۹ (مهر) ..... ۲۰۲
آزمون سال ۱۴۰۰ (مرداد) ..... ۲۳۸
آزمون سال ۱۴۰۱ (شهریور) ..... ۲۷۰
آزمون سال ۱۴۰۱ (دی) ..... ۳۰۲
آزمون سال ۱۴۰۲ (اردیبهشت) ..... ۳۳۶
آزمون سال ۱۴۰۲ (مهر) ..... ۳۷۰
آزمون سال ۱۴۰۲ (اسفند) ..... ۴۰۶
آزمون سال ۱۴۰۳ (مرداد) ..... ۴۳۸

۱ **حد نصاب قبولی بالا:** یکی از مهمترین دلایل دشواری آزمون محاسبات، حد نصاب بالای قبولی آن می‌باشد. همانطورکه در ابتدا نیز اشاره شد حد نصاب قبولی در این آزمون ۵۰٪ می‌باشد. جالب است بدانید در یک مقایسه ساده، چنانچه شما در آزمون کارشناسی ارشد موفق به کسب میانگین درصد ۵۰ در مجموع دروس آزمون شوید به احتمال زیاد رتبه شما زیر ۱۰۰ خواهد شد و می‌توانید در یکی از بهترین دانشگاه‌های سراسری تهران به ادامه تحصیل بپردازید. حال آنکه در آزمون محاسبات تنها برای قبول شدن، نیاز به این درصد خواهید داشت و حتی با کسب درصد ۴۹ نیز مردود خواهید شد. بنابراین در این آزمون متأسفانه تفاوتی بین فردی که در آزمون شرکت نکرده با فردی که درصد ۴۹ کسب کرده نمی‌باشد. البته توجه داشته باشید که در صورت کسب درصد ۴۹/۰۱، درصد نهایی به سمت بالا گِرد شده و شما قبول خواهید شد.

۲ **محدودیت زمان آزمون:** همانطورکه می‌دانید در هر آزمونی یک زمان مشخص برای پاسخگویی به سؤالات وجود دارد. با توجه به محدود بودن زمان در این آزمون و همچنین محاسباتی بودن کلیهٔ سؤالات، عدم داشتن سرعت عمل کافی و مدیریت زمان در جلسهٔ آزمون باعث می‌شود تا زحمات شما در طول مدتی که مطالعه نمودید به هدر برود. بنابراین استفاده بهینه از زمان برای پاسخ دادن به سؤالات، موضوع بسیار مهمی خواهد بود که در ادامه در مورد آن بیشتر صحبت خواهیم کرد.

۳ **دشواری سؤالات:** حتماً می‌دانید که سؤالات این آزمون به‌صورت کاملاً محاسباتی بوده و از روابط و مفاهیم هر یک از مباحث مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه‌ها مطرح می‌شود. بنابراین پاسخگویی به آنها مستلزم شناخت کامل و داشتن تسلط بالا روی روابط و مفاهیم آیین‌نامه‌ها می‌باشد. اخیراً نیز سبک سؤالات به‌صورت مفهومی و بعضاً ترکیب‌بندهای آیین‌نامه تبدیل شده است که پاسخگویی به آن را دشوارتر کرده است.

۴ **محدودیت زمان مطالعه:** بسیاری از مهندسین عزیز که در آزمون‌های نظارت و اجرا شرکت کرده‌اند و موفق به قبولی در این آزمون‌ها شده‌اند با همان رویکرد نیز در آزمون محاسبات شرکت می‌کنند و زمان کافی برای مطالعهٔ منابع آن و حل کردن مسائل اختصاص نمی‌دهند. از طرفی بسیاری از مهندسین عزیز بعد از اتمام دورهٔ کارشناسی، از مباحث درسی و فضای مطالعه فاصله گرفته‌اند و اکنون به‌دلیل شرایط کاری و سایر درگیری‌های شخصی خود قادر به تخصیص زمان مناسب برای مطالعه نیستند. حال آنکه این آزمون بسیار متفاوت از آزمون‌های نظارت و اجرا بوده و نمی‌توان با در نظر گرفتن زمان محدود در آن به نتیجه رسید. توجه داشته باشید که برای گرفتن نتیجهٔ خوب، باید کار خوب انجام داد!

**جمع‌بندی:** اکنون که با جزئیات بیشتری از این آزمون آشنا شدید شاید این سؤال در ذهن شما ایجاد شده باشد که چه باید کرد؟ آیا می‌توان در یک بازهٔ مشخص در این آزمون قبول شد یا نه؟ نحوهٔ مطالعه برای این آزمون به چه صورتی باید باشد تا بتوان از نتیجه گرفتن در آن اطمینان حاصل کرد؟ برای کسب آمادگی لازم در این آزمون روزی چند ساعت و چند روز باید مطالعه کرد؟ برای پاسخ‌گویی به این سؤالات به موارد زیر توجه نمایید:

**۱- شروع کنید:** مهندسین عزیز؛ اگر تصمیم شما برای شرکت در آزمون محاسبات و دریافت پروانهٔ اشتغال به کار محاسبات جدی است پس هر چه سریع‌تر مطالعه خود را شروع کنید. به زمان برگزاری آزمون، اعلام نتایج آزمون قبل، زمان اعلام ثبت نام، زمان شروع مطالعهٔ دوستان و اطرافیان و ... توجه نکنید. توجه داشته باشید که برای قبولی در آزمون محاسبات بیش از آنچه فکر می‌کنید باید زمان بگذارید. پس هرچه سریع‌تر و در هر زمانی که هستید شروع کنید و خود را در جریان مطالعه قرار دهید و اجازه دهید تا ذهن شما هرچه سریعتر با سبک و سیاق سؤالات آزمون آشنا شود.

**۲- جدی باشید:** همانطورکه بیان شد این آزمون به مراتب بسیار دشوارتر از آزمون‌های نظارت و اجرا بوده و نمی‌توان تنها با مطالعهٔ کلی مباحث و بررسی نمونه سؤالات ادوار گذشته به نتیجه قبولی رسید. با توجه به اینکه این آزمون به‌طور معمول ۲ بار در سال برگزار می‌شود، شما برای هر دوره حدود ۶ ماه زمان در اختیار دارید. بنابراین با جدی گرفتن آزمون در همین ابتدا و مطالعهٔ با کیفیت و کمیت بالا، قبولی خود در اولین آزمون پیش‌رو را تضمین کنید تا مجبور به شرکت مجدد در آزمون نشوید. توجه داشته باشید علاوه بر صرف هزینه بابت ثبت نام مجدد در آزمون، زمان، فکر و آسایش شما در هر دوره به مخاطره افتاده و با هر بار مردود شدن یأس و ناامیدی شما بیشتر خواهد شد. همچنین امکان ویرایش یا اصلاح هر یک از منابع آزمون در آزمون‌های بعدی وجود دارد که خود، پیچیدگی موضوع را دو چندان خواهد کرد.

**۳- از منابع مناسب استفاده کنید:** کمبود زمان مطالعه، حجم بالای مطالب، دشوار و پیچیده بودن مفاهیم آیین‌نامه‌ها بیانگر اهمیت استفاده از منابع مناسب برای مطالعه و کسب آمادگی لازم برای آزمون محاسبات می‌باشد. استفاده از یک منبع مطالعاتی نامناسب علاوه بر هدر دادن زمان و هزینهٔ شما، باعث گمراه شدن و در نهایت نتیجه نگرفتن شما خواهد شد و این موضوع در شرایطی که شما فرصت چندانی برای سعی و خطا ندارید اهمیت زیادی خواهد داشت. در ادامه توجه شما را به معرفی مهمترین ویژگی کتاب‌های سری عمران به‌عنوان اصلی‌ترین منابع آزمون محاسبات جلب می‌کنیم:


### معرفی کتاب‌های نظام مهندسی سری عمران

مجموعه سری عمران بیش از ۱۳ سال است که در حوزهٔ آزمون‌های نظام مهندسی به‌صورت کاملاً حرفه‌ای مشغول به فعالیت می‌باشد و در این مدت خدمات بسیار ارزشمندی از قبیل تألیف و انتشار کتاب‌های ویژهٔ آزمون نظام مهندسی، برگزاری کلاس‌های آمادگی آزمون نظام مهندسی، برگزاری آزمون‌های آزمایشی کاملاً استاندارد و انجام مشاوره‌های رایگان را به مهندسین عزیز ارائه نموده است.

کتاب‌های آمادگی آزمون نظام مهندسی سری عمران اولین کتاب‌هایی هستند که به‌صورت حرفه‌ای و کاملاً متمایز برای مطالعهٔ مهندسین عزیز در سراسر کشور و با ویژگی‌های زیر منتشر شده است:

- ارائه درسنامه‌های کاملاً جامع و روان با بیان ساده و مفهومی به منظور درک کامل مطالب از صفر تا صد
- پوشش مطالب و مفاهیم هر یک از منابع آزمون محاسبات، مرتبط با مباحث مقررات ملی ساختمان
- منتشر شده براساس آخرین ویرایش، تغییرات و اصلاحات مباحث و آیین‌نامه‌های مقررات ملی ساختمان
- پوشش کامل سؤالات آخرین آزمون‌های نظام مهندسی به همراه پاسخ‌های کاملاً تشریحی
- استفاده از سؤالات تألیفی و مکمل در هر یک از سرفصل‌ها به‌منظور پوشش کامل مطالب
- تألیف شده توسط اساتید و مدرسین مؤسسه که در حال تدریس دوره‌های آمادگی آزمون‌های نظام مهندسی در مؤسسه می‌باشند.
- استفاده از فناوری چاپ دورنگ و با کیفیت بالای رسم شکل به منظور سهولت در مطالعه و برقراری ارتباط بیشتر داوطلبین عزیز

سری عمران

## سؤالات و پاسخ‌های تشریحی

# آزمـــون محاسبات سال ۱۳۹۵

## ( شهریور)

۱- به پاسخ‌های اشتباه، نمره منفی تعلق می‌گیرد.

۲- امتحان به‌صورت کتاب باز می‌باشد و هر داوطلبی فقط حق استفاده از کتاب و جزوه خود را دارد.

۳- همراه داشتن هر گونه تلفن همراه و رایانه در جلسه آزمون اکیداً ممنوع می‌باشد.

۴- کلیه سؤالات با ضریب یکسان محاسبه خواهد شد و حد نصاب قبولی ۵۰ درصد می‌باشد.

**۱- یک ساختمان صنعتی با گروه خطرپذیری سه و بام نیمه برف‌گیر در محدوده شهرستان قزوین با گروه ناهمواری محیط متوسط و سقف شیبدار دو طرفه متقارن با زاویه شیب ۳۵ درجه است. در صورتی‌که زیر بام باز و بدون گرمایش باشد، مقدار برف متوازن بر حسب $kN/m^2$ برای تصویر افقی سطح به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (شرایط لغزنده بودن برای بام برقرار نیست)** (ویرایش سؤال)

۱) ۱/۳۳ ۲) ۱/۱۰ ۳) ۱/۲۶ ۴) ۱/۸

حل: براساس بند (۶-۷-۲) در صفحهٔ ۴۵ از مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۸)، مقدار بار برف متوازن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P_r = I_s\, C_n\, C_h\, C_s\, P_s$$

براساس جدول (۶-۷-۱) مبحث ششم، قزوین در منطقهٔ ۴ قرار گرفته و بار برف زمین در آن برابر $1/5\ kN/m^2$ است. از سوی دیگر بام این ساختمان نیمه برف‌گیر بوده و در منطقهٔ پرتراکم (محیط شهری) قرار گرفته است، بنابراین طبق جدول (۶-۷-۲) ضریب برف‌گیری بام $(C_n)$ برابر ۱ به‌دست می‌آید.

با توجه به اینکه زیر بام این ساختمان باز بوده و گرمایش داخلی وجود ندارد، با توجه به جدول (۶-۷-۳) ضریب شرایط دمایی برای این سازه برابر ۱/۲ می‌باشد.

$$C_h = 1/2$$

براساس بند (۶-۷-۶) مبحث ششم، ضریب شیب برای بام‌های شیبدار با استفاده از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} C_s = 1/0 & \alpha \le \alpha_\circ \\ C_s = 1 - \dfrac{\alpha - \alpha_\circ}{70 - \alpha_\circ} & \alpha_\circ < \alpha < 70^\circ \\ C_s = 0 & \alpha \ge 70^\circ \end{cases}$$

که مقدار $\alpha_\circ$ برای بام‌های غیر لغزنده و $C_h > 1$ برابر ۴۵ درجه می‌باشد، بنابراین:

$$\alpha = 35^\circ < 45^\circ \Rightarrow C_s = 1$$

از طرفی براساس جدول ۶-۱-۲ برای ساختمان با گروه خطرپذیری (۳) ضریب اهمیت برابر $I_s = 1$ می‌باشد.

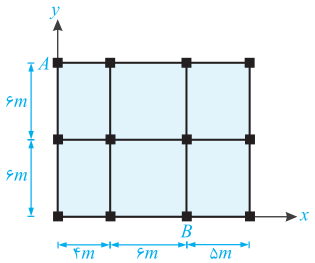
در نتیجه مقدار بار برف متوازن برابر است با:

$$P_r = I_s\, C_n\, C_h\, C_s\, P_s = 1 \times 1 \times 1/2 \times 1 \times 1/5 = 1/8\ kN/m^2$$

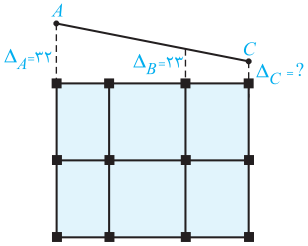
**بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

---

**۲- در شکل مقابل پلان سقف یک ساختمان یک طبقه مسکونی متعارف نشان داده شده است. با فرض صلب بودن دیافراگم، محاسبات نشان می‌دهد که برای نیروی زلزله در راستای $y$، تغییرمکان نسبی نقاط $A$ و $B$ در راستای $y$ به‌ترتیب ۳۲ و ۲۳ میلی‌متر است. با این اطلاعات کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (در محاسبات $A_j = 1$ و پیچش تصادفی منظور شده است. نیروی زلزله براساس زمان تناوب حاصل از تحلیل دینامیکی که بزرگ‌تر از زمان تناوب تجربی است به‌دست آمده است)**




۱) سازه در پلان منظم است.
۲) سازه در پلان دارای نامنظمی پیچشی شدید است.
۳) سازه در پلان دارای نامنظمی پیچشی زیاد است.
۴) اگر به‌ازای زلزله در راستای $x$، سازه فاقد نامنظمی پیچشی باشد، آنگاه سازه منظم است.



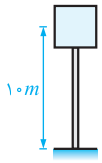

حل: براساس بند (۱-۷-۱- ب) استاندارد ۲۸۰۰، در صورتی‌که حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی یک انتهای ساختمان در هر طبقه، با احتساب پیچش تصادفی بیشتر از ۲۰ درصد متوسط تغییرمکان نسبی در دو انتهای ساختمان در آن طبقه باشد، سازه دارای نامنظمی پیچشی زیاد است. همچنین اگر این مقدار از ۴۰ درصد متوسط تغییر مکان نسبی در دو انتهای ساختمان بیشتر باشد، سازه دارای نامنظمی پیچشی شدید خواهد بود. در این سازه برای کنترل این بند ابتدا باید تغییرمکان انتهای دیگر سازه را به‌دست آوریم.

با توجه به اینکه شیب خط $AC$ برابر است با $\frac{32-23}{10}$، مقدار تغییرمکان در نقطهٔ $C$ به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\Delta_C = 32 - \frac{32-23}{10} \times 15 = 18/5\ mm \quad , \quad \Delta_{avg} = \frac{\Delta_A + \Delta_C}{2} = \frac{32 + 18/5}{2} = 25/25\ mm \quad , \quad \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = \frac{32}{25/25} = 1/26 > 1/2$$

در نتیجه پلان فوق دارای نامنظمی پیچشی زیاد می‌باشد و نامنظم پیچشی شدید نیست. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

**۳- مخزن آب استوانه‌ای بتنی به قطر داخلی ۴ متر و ارتفاع داخلی ۴ متر، با زمان تناوب در حالت پر ۰/۴۸ ثانیه و در منطقه ناغان روی خاک نوع *II* مستقر می‌باشد. جرم مؤثر مخزن خالی $40000\ kg$ است. فاصلهٔ مرکز جرم مخزن پر از تراز پایه برابر $10\ m$ می‌باشد. با استفاده از استاندارد ۲۸۰۰ و بدون توجه به دستورالعمل‌های دیگر، لنگر واژگونی ناشی از زلزله در پای ستون مخزن در حالت پر برحسب $kN.m$ به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (از اثر $P-\Delta$ صرف‌نظر شود).**




۱) ۴۳۰۰ ۲) ۵۵۰۰
۳) ۶۳۰۰ ۴) ۷۱۰۰

**حل:** مخازن آب جزء سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها و متکی بر زمین هستند و نیروی برش پایهٔ وارد بر آنها از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$V_u = CW \quad , \quad C = \frac{ABI}{R_u}$$

براساس بند (۵-۲-۴) استاندارد ۲۸۰۰ وزن لرزه‌ای این مخزن برابر است با:

$$W = \text{وزن مخزن} + \text{وزن محتویات آن} = 40000 + (\frac{\pi}{4}\times 4^2)\times 4\times 1000 = 90240\ kg \simeq 902/4\ kN$$

مقدار ضریب $B$ با توجه به نوع خاک برابر است با:

$$T_0 = 0/1\ s \quad , \quad T_s = 0/5\ s \quad , \quad S = 1/5 \Rightarrow \begin{matrix} B_1 = S+1 = 2/5 \\ N = 1 \end{matrix} \Rightarrow B = B_1\ N = 2/5\times 1 = 2/5$$

شهر ناغان در منطقه با لرزه‌خیزی خیلی زیاد قرار گرفته است بنابراین: $A = 0/35$

همچنین مخازن آب در گروه خطرپذیری ۱ قرار می‌گیرند در نتیجه: $I = 1/4$

ضریب رفتار این سازه براساس جدول (۵-۲) برابر ۲ می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به توضیحات فوق مقدار برش پایه برابر است با:

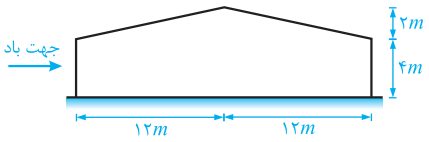
$$V_u = \frac{0/35\times 2/5\times 1/4}{2}\times 902/4 = 552/7\ kN > V_{u_{min}} \quad , \quad M_o = V\times h = 552/7\times 10 = 5527\ kN.m$$

$V_{u_{min}} = 0/09W = 0/09\times 902/4 = 81/216\ kN$ : شهر با خطر خیلی زیاد و خاک تیپ *II*

**بنابراین گزینه (۲) صحیح است.**

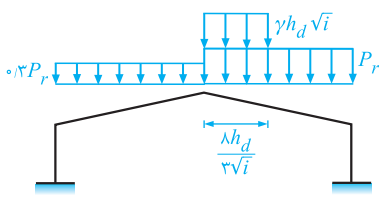
---

**۴- سالن صنعتی شکل زیر در منطقه با بار برف زیاد واقع شده است. بیشترین شدت بار بر واحد سطح افق ناشی از بار نامتوازن برف به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ ($P_r = 1/2\ kN/m^2$)**




۱) $P_{max} = 1/8\ kN/m^2$
۲) $P_{max} = 1/2\ kN/m^2$
۳) $P_{max} = 2/7\ kN/m^2$
۴) نیازی به در نظر گرفتن بارگذاری نامتوازن برف نیست.

**حل:** براساس بند (۶-۷-۷-۱) در صفحهٔ ۵۲ از مبحث ششم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۸)، مقدار بار برف نامتوازن برای بام‌های شیبدار با فاصلهٔ افقی بیشتر از ۶ متر بین تاج و پای بام به‌صورت مقابل است:




مقدار $h_d$ با توجه به منطقه با برف زیاد ($P_s = 1/5\ kN/m^2$) برابر است با:

$$h_d = 0/12\sqrt[3]{L_u}\sqrt[4]{100P_s + 50} - 0/5 = 0/12\sqrt[3]{12}\sqrt[4]{100\times 1/5 + 50} - 0/5 = 0/533\ m$$

وزن مخصوص برف در این منطقه براساس بند (۶-۷-۴) برابر است با:

$$\gamma = 0/43\ P_s + 2/2 = 0/43\times 1/5 + 2/2 = 2/84\ kN/m^3$$

$$i = \frac{2}{12} = 0/166 \Rightarrow \gamma h_d\sqrt{i} = 2/84\times 0/533\times\sqrt{0/166} = 0/619\ kN/m^2$$

بنابراین حداکثر مقدار بار برف نامتوازن برابر است با:

$$P_{max} = 1/2 + 0/619 = 1/819\ kN/m^2$$

**بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

سری عمران

## سؤالات و پاسخ‌های تشریحی

# آزمـــون محاسبات سال ۱۴۰۲

## (اردیبهشت)

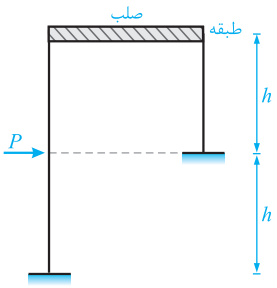
۱- به پاسخ‌های اشتباه، نمره منفی تعلق می‌گیرد.

۲- امتحان به‌صورت کتاب باز می‌باشد و هر داوطلبی فقط حق استفاده از کتاب و جزوه خود را دارد.

۳- همراه داشتن هر گونه تلفن همراه و رایانه در جلسه آزمون اکیداً ممنوع می‌باشد.

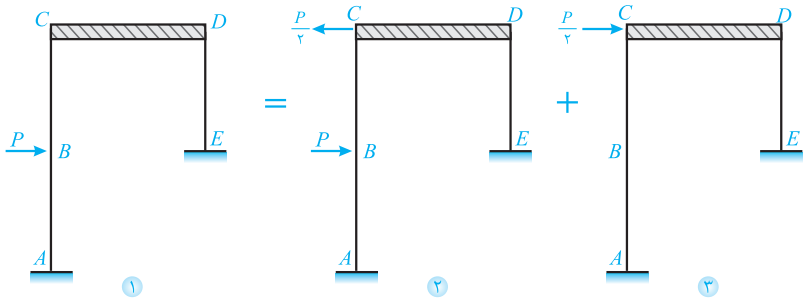
۴- کلیه سؤالات با ضریب یکسان محاسبه خواهد شد و حد نصاب قبولی ۵۰ درصد می‌باشد.

**۱- در قاب شکل مقابل اگر از تغییر طول محوری و تغییر شکل برشی ستون‌ها صرف‌نظر شود و تیر کاملاً صلب باشد، جابه‌جایی افقی در تراز طبقه به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ صلبیت خمشی ستون‌ها یکسان و برابر $EI$ است.**




۱) $\frac{۷}{۲۸۸}\frac{Ph^۳}{EI}$
۲) $\frac{۱}{۲۷}\frac{Ph^۳}{EI}$
۳) $\frac{۳}{۱۹۶}\frac{Ph^۳}{EI}$
۴) $\frac{۵}{۱۹۸}\frac{Ph^۳}{EI}$

**حل:** برای حل این سؤال می‌توان ابتدا با اعمال بار متمرکز $\frac{P}{۲}$ در بالای ستون با ارتفاع بلند (نقطهٔ $C$) و در جهت چپ، سازه را بست و سپس با باز کردن سازه و اعمال همین بار متمرکز در همان نقطه و در جهت راست، سازهٔ جدید را تحلیل کرد.




سازهٔ شماره (۱) را می‌توان به صورت مجموع دو سازهٔ شماره‌های (۲) و (۳) نشان داد. در سازهٔ شمارهٔ (۲) ناحیه $ABC$ مانند تیر دو سرگیردار عمل کرده و در نتیجه نقطه $C$ و در نهایت سقف صلب تغییرمکان نخواهد داشت. بنابراین کافی است تنها تغییرمکان سقف صلب در سازهٔ شمارهٔ (۳) را به‌دست آوریم. در سازهٔ شمارهٔ (۳) اعضای $ABC$ و $DE$ مانند دو فنر موازی رفتار می‌کنند. بنابراین برای محاسبه تغییرمکان محل اثر بار متمرکز $\frac{P}{۲}$ (سقف صلب) می‌توان نوشت:

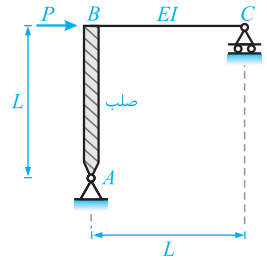
$$\begin{cases} K_{ABC} = \frac{۱۲EI}{(۲L)^۳} = \frac{۳}{۲}\frac{EI}{L^۳} \\ K_{DE} = \frac{۱۲EI}{L^۳} \end{cases} \Rightarrow K_{eq} = K_{ABC} + K_{DE} = (\frac{۳}{۲}+۱۲)\frac{EI}{L^۳} = \frac{۲۷}{۲}\frac{EI}{L^۳}$$

در نهایت تغییرمکان جانبی قاب برابر است با:

$$\Delta = \frac{F}{K_{eq}} = \frac{\frac{P}{۲}}{\frac{۲۷}{۲}\frac{EI}{L^۳}} = \frac{۱}{۲۷}\frac{PL^۳}{EI}$$

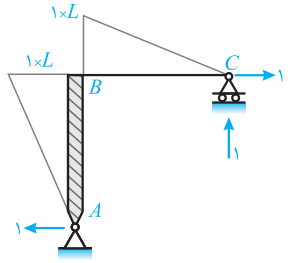
**بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.**

**۲- در قاب شکل مقابل اگر از تغییرشکل‌های محوری و برشی عضو افقی صرف‌نظر شود، حداکثر جابه‌جایی افقی در نقطه $C$ به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟**

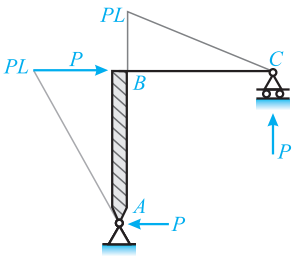



۱) $\frac{PL^۲}{۱۲EI}$
۲) $\frac{PL^۳}{۴EI}$
۳) $\frac{PL^۳}{۶EI}$
۴) $\frac{PL^۳}{۳EI}$

**حل:** ابتدا باید توجه کرد سازهٔ مورد نظر معین است و تنها تحت یک بار متمرکز $P$ در نقطه $B$ قرار گرفته است. بنابراین می‌توان برای محاسبهٔ تغییر شکل‌های آن از روش کار مجازی استفاده کرد. بدین منظور سازه تحت بارگذاری مجازی را تشکیل داده و سپس نمودار لنگر خمشی در هر دو سازهٔ تحت بارگذاری اصلی و مجازی را ترسیم می‌کنیم.



نمودار لنگر خمشی در سازه تحت بارگذاری مجازی



نمودار لنگر خمشی در سازه تحت بارگذاری اصلی

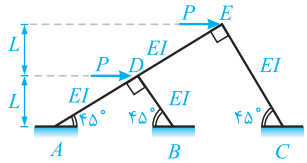
در ادامه کافی است تا حاصل‌ضرب دو نمودار را به‌دست آوریم. توجه دارید که در ناحیه $AB$ به دلیل صلبیت بی‌نهایت عضو، حاصل‌ضرب برابر صفر است (چرا؟). بنابراین تنها با ضرب مقادیر نمودارها در ناحیه $BC$ می‌توان نوشت:

$$\Delta_C = \int_B^C \frac{M(x)\,m(x)}{EI}\,dx = \frac{abL}{۳\,EI} = \frac{(PL)\times(۱\times L)\times L}{۳\,EI} = \frac{PL^۳}{۳\,EI}$$

**بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است.**

---

**۳- در سازهٔ شکل زیر اگر از تغییر طول محوری و تغییرشکل برشی اعضا و نیز از آثار مرتبهٔ دوم صرف‌نظر شود، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟**



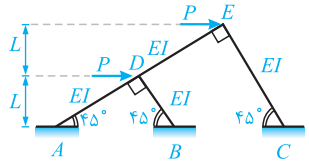

۱) مقدار لنگر خمشی فقط در تکیه‌گاه $A$ صفر بوده و در تکیه‌گاه‌های $B$ و $C$ غیر صفر است.

۲) مقدار لنگر خمشی فقط در تکیه‌گاه‌های $A$ و $B$ صفر بوده و در تکیه‌گاه $C$ غیر صفر است.

۳) مقدار لنگر خمشی در هر سه تکیه‌گاه $A$، $B$ و $C$ صفر است.

۴) مقدار لنگر خمشی در هیچ‌یک از تکیه‌گاه‌های $A$، $B$ و $C$ صفر نیست.

**حل:** ابتدا باید توجه کرد به دلیل صرف‌نظر کردن از تغییر شکل محوری، تغییر شکل برشی و همچنین آثار مرتبه دوم، اعضا در امتداد محور خودشان تغییر طول نخواهند داشت. به عبارتی اعضای $AD$ و $BD$ نمی‌توانند افزایش یا کاهش طول داشته باشند. در این صورت می‌توان گفت نقطه $D$ و با استدلال مشابه، نقطه $E$ در امتداد افق و قائم جابه‌جا نخواهند شد. در این صورت هیچگونه دوران یا تغییر شکلی در اعضا رخ نخواهد داد و رفتار سازه به صورت صلب می‌باشد. در این شرایط با توجه به عدم تغییرشکل، در اعضا هیچگونه لنگر خمشی ایجاد نشده و در نتیجه در تکیه‌گاه‌ها نیز لنگری ایجاد نخواهد شد. به عبارتی دیگر سازه عملکرد خرپایی داشته و در هر سه تکیه‌گاه لنگر خمشی برابر صفر است.




**بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.**

---

**۴- در یک ساختمان مسکونی ۱۰ طبقه واقع در شهر مشهد از نوع قاب خمشی بتنی ویژه، زمان تناوب تجربی برابر ۰/۸ ثانیه و زمان تناوب تحلیلی برابر ۱/۲۵ ثانیه محاسبه شده است. نسبت کمترین برش پایه برای کنترل تغییرمکان جانبی نسبی این ساختمان به کمترین برش پایه برای طراحی اعضای آن مطابق کدام‌یک از گزینه‌های زیر خواهد بود؟ فرض کنید در هیچ حالتی برش پایه حداقل حاکم نبوده و $T_s = ۰/۵\,s$ است. همچنین فرض نمائید جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمی‌نمایند.**

۱) ۰/۸۴ ۲) ۰/۶۷ ۳) ۰/۸۰ ۴) ۱/۰۰

**حل:** می‌دانیم برش پایه از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$V_u = \frac{A\,B\,I}{R_u}W$$

در این رابطه پارامترهای $A$، $I$، $R_u$ و $W$ ساختمان مورد سؤال، مقادیری ثابت می‌باشند و فقط پارامتر $B$ (ضریب بازتاب) که تابعی از پریود سازه است، می‌تواند در کنترل تغییرمکان جانبی و طراحی اعضای سازه متفاوت باشد. بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{V_u \text{ کنترل تغییرمکان}}{V_u \text{ طراحی اعضا}} = \frac{B \text{ کنترل تغییرمکان}}{B \text{ طراحی اعضا}}$$

حال در ادامه ابتدا زمان تناوب سازه را برای هر دو هدف فوق یافته و سپس پارامتر $B$ نظیر آن‌ها را تعیین می‌کنیم:

- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی

در اینجا با توجه به بند ۳-۵-۳ از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، داریم:

$$T = max\{T_a, T_m\} = max\{۰/۸, ۱/۲۵\} = ۱/۲۵\,sec \xrightarrow[\text{شهر مشهد با خطر زیاد}]{\text{زمین نوع II}} B \simeq ۱/۱۵$$ (مربوط به کنترل تغییرمکان جانبی)

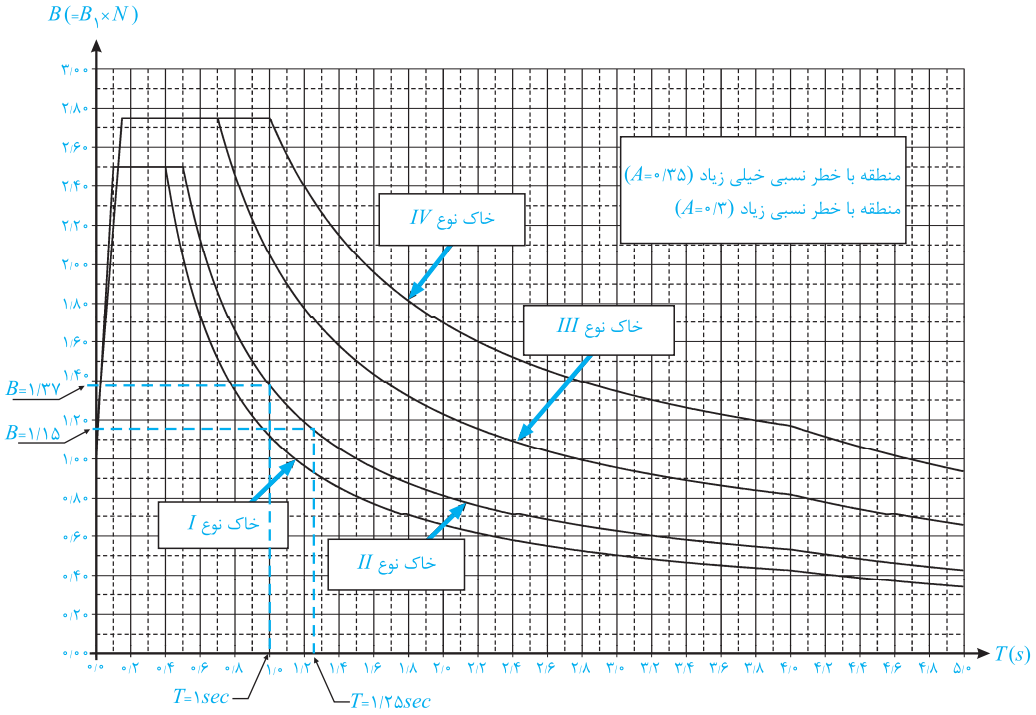
- طراحی اعضای سازه

$$T = max\{T_a, min\{T_m, ۱/۲۵T_a\}\} = max\{۰/۸, min\{۱/۲۵, ۱/۲۵\times ۰/۸\}\} = ۱sec$$

چون $T_s = ۰/۵sec$ داده شده، زمین منطقه از نوع $II$ خواهد بود و خواهیم داشت:

$$T = ۱sec \xrightarrow[\text{شهر مشهد با خطرزیاد}]{\text{زمین نوع } II} B \simeq ۱/۳۷$$ (مربوط به طراحی اعضای سازه)

**توجه:** نحوهٔ محاسبهٔ پارامتر $B$ در دو حالت فوق و با استفاده از منحنی‌های $B$-$T$ در شکل زیر نشان داده شده است:



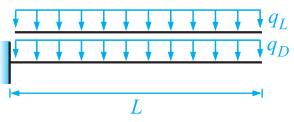

در نهایت خواهیم داشت:

$$\frac{V_u\ (\text{کنترل تغییرمکان جانبی نسبی})}{V_u\ (\text{طراحی اعضا})} = \frac{۱/۱۵}{۱/۳۷} \simeq ۰/۸۴$$

**بنابراین گزینهٔ (۱) صحیح است.**

---

**۵- فرض کنید در یک بالکن طره‌ای با مقطع فولادی مربوط به یک ساختمان مسکونی واقع در شهر تهران، مقدار بار گستردهٔ یکنواخت ناشی از بارهای مرده برابر $q_D$ و مقدار بار گستردهٔ یکنواخت ناشی از بارهای زنده برابر $q_L$ است. حداقل نسبت $q_L/q_D$ برای آنکه در طراحی این عضو به روش $LRFD$، مقدار نیروی قائم زلزله تعیین‌کننده نباشد، به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ بار زنده چه در مقدار و چه در ترکیب بارها، غیرقابل کاهش فرض شود. $q_L/q_D > ۰/۱۲۵$ است. همچنین مقطع تیر دارای دو محور تقارن بوده و جهت نیروی قائم زلزله به سمت پایین فرض شود)**




۱) ۱/۰ ۲) ۰/۵۴
۳) ۱/۳۵ ۴) ۰/۳۵

**حل:** ترکیب بارهای غیر لرزه‌ای و لرزه‌ای برای طراحی این تیر کنسول برای زلزلهٔ قائم رو به پایین، براساس بند ۶-۲-۳-۲ از مبحث ششم به ترتیب به صورت $۱/۲q_D + ۱/۶q_L$ و $۱/۲q_D + q_L + q_E$ می‌باشند. دقت شود که با توجه به اینکه $\frac{q_L}{q_D}$ بزرگتر از ۰/۱۲۵ است، ترکیب بار $۱/۴q_D$ مقدارش از ترکیب بار $۱/۲q_D + ۱/۶q_L$ کمتر بوده و در طراحی حاکم نمی‌باشد (چرا؟). برای آنکه طبق خواستهٔ سؤال، نیروی قائم زلزله تعیین‌کننده نباشد، باید مقادیر به‌دست آمده از ترکیب بار غیرلرزه‌ای بیشتر از ترکیب بار لرزه‌ای باشند، یعنی باید بنویسیم:

$$۱/۲q_D + ۱/۶q_L \geq ۱/۲q_D + q_L + q_E$$

از طرفی زلزلهٔ قائم و بار گستردهٔ نظیر آن، طبق بند ۳-۳-۹-۱ از استاندارد ۲۸۰۰، برای بالکن طره‌ای در شهر تهران برابر می‌شود با:

$$F_p = ۰/۶AIW_P \xrightarrow{\text{محاسبهٔ بار خطی معادل زلزله قائم}} q_E = ۰/۶AI\underbrace{q_P}_{q_D + q_L}$$

$$\Rightarrow q_E = ۰/۶\times ۰/۳۵\times ۱\times (q_D + q_L) = ۰/۲۱q_D + ۰/۲۱q_L$$