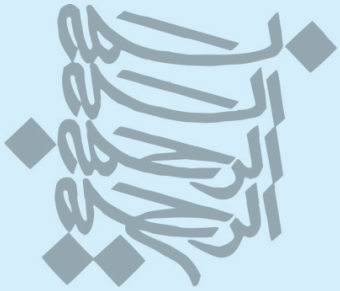


به نام یکـتا مهنـدس هسـتی

سری عمران

سخن مدیر تألیف

سپاس خداوند متعال را که در این سال‌ها لطف خود را از مؤسسه سری عمران دریغ نکرده و به ما انگیزه‌ای دو چندان داده است تا با **تولید کتاب‌ها و برگزاری کلاس‌های ویژه آزمون نظام مهندسی** و کارشناسی ارشد، قدمی هر چند کوچک برای موفقیت شما مهندسین عزیز بردارد.

پس از ایجاد تغییرات اساسی در آیین‌نامه‌های رسمی کشور (مقررات ملی ساختمان)، تصمیم گرفتیم که با تلاش شبانه‌روزی، فعالیت‌های مؤسسه سری عمران را در زمینه تولید کتاب و برگزاری کلاس‌های آزمون نظام مهندسی ارتقاء دهیم که خلاصه این فعالیت‌ها به شرح زیر است:

کتاب‌های ویژه آزمون نظام مهندسی

با تألیف **نسل جدید** کتاب‌های نظام مهندسی توسط اساتید برجسته و ممتاز، تلاش کرده‌ایم که مجموعه‌ای کم نقص در اختیار شما قرار گیرد. در این کتاب‌ها، ما به‌دنبال ویژگی‌های زیر بوده‌ایم:

۱- با بیانی ساده و روان، کلیه مفاهیم مورد نیاز را آموزش داده و در کنار آن درک و قضاوت مهندسی شما را افزایش دهیم.

۲- با توجه به ابهامات نسبتاً زیاد در آیین‌نامه‌های جدید، با حساسیت خاصی بندهای آیین‌نامه‌ها را شرح داده و سعی کرده‌ایم که کاربرد این بندها، با ارائه مثال‌های متنوع، کاملاً شفاف و واضح شوند.

۳- در یک فرایند سخت و دشوار، تست‌های آزمون سال‌های گذشته (از سال ۸۰ به بعد) را که بر مبنای آیین‌نامه‌های قدیم بوده است، با کمترین تغییر ممکن بر مبنای ویرایش جدید آیین‌نامه‌ها حل کرده و پاسخ تشریحی آنها را نیز با توضیحات کامل آورده‌ایم.

۴- با ارائه فهرست مطالب همراه با جزئیات کامل آن در ابتدای کتاب، عملاً به داوطلبان کمک کرده‌ایم تا در جلسه آزمون، سریعتر مطالب مورد نیاز خود را برای حل سؤالات پیدا کنند. همانطور که می‌دانید این آزمون به‌صورت کتاب‌باز (open book) برگزار می‌شود و با استفاده از این فهرست، می‌توانید در کوتاهترین زمان ممکن، مطلب مورد نیاز خود در کتاب را پیدا کنید.

کلاس‌های آمادگی آزمون نظام مهندسی

استقبال فراوان و بی‌نظیر مهندسین عزیز از کلاس‌های آمادگی آزمون نظام مهندسی و کارشناسی ارشد مؤسسه سری عمران در سال گذشته و همچنین نتایج درخشان قبولی شرکت‌کنندگان در این کلاس‌ها، باعث شد تا مؤسسه با بازنگری کلی، برنامه‌ریزی دقیق و هدفمندی را جهت برگزاری هر چه بهتر کلاس‌های آمادگی آزمون محاسبات و نظارت انجام دهد. شاخص‌ترین ویژگی این کلاس‌ها به شرح زیر است:

۱- تمامی مطالب مورد نیاز جهت آزمون نظام مهندسی، توسط اساتید برجسته کشور، به‌طور کامل تدریس می‌شوند و شیوه تدریس اساتید به‌گونه‌ای است که شما می‌توانید در کمترین زمان ممکن، به مطالب احاطه پیدا کنید.

۲- با آموزش نکات و مفاهیم تستی برای پاسخ‌دهی سریع به سؤالات، عملاً یک گام جلوتر از سایر داوطلبین هستید.

۳- با حل کلیه تست‌های آزمون‌های نظام‌مهندسی سالیان گذشته و همچنین حل تست‌های تألیفی مکمل، دید بسیار خوبی از نحوه طرح سؤال در آزمون پیدا می‌کنید.

قابل ذکر است که جهت کسب اطلاعات بیشتر از کلاس‌ها و کتاب‌های مؤسسه سری عمران می‌توانید به سایت **www.serieomran.com** مراجعه نمایید.

امید است که تلاش مؤسسه سری عمران مورد قبول مهندسان گرامی قرار گیرد. ارائه پیشنهادهای سازنده شما دوستان و همراهان گرامی، مجموعه را بهتر و پربارتر کرده و ما را که به دنبال کیفیت برتر هستیم یاری می‌کند.

به یادتان هستیم، به یادمان باشید

محمد آهنگر

فهرست کلمات کلیدی

استاندارد ۲۸۰۰

ارتفاع حداکثر سازه ۸
بار قائم زلزله در طره‌ها ۶۱، ۱۰۹، ۱۷۹
برش پایه ۹، ۳۱، ۵۷، ۵۸، ۶۰، ۶۱، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۷۵، ۱۴۰، ۱۷۹، ۲۳۶، ۲۷۶، ۲۹۲
تراز پایه ۸
تعداد مودهای تحلیل طیفی ۳۶
تغییرمکان جانبی نسبی واقعی طرح ۱۰، ۸۵، ۱۰۹، ۱۳۶، ۱۹۰
خروج از مرکزیت اتفاقی در پیچش و پیچش در سازه ۳۴، ۸۶، ۱۱۳، ۱۹۰
دال تخت ۲۷۶
درز انقطاع ۸، ۵۸
زلزله سطح بهره‌برداری ۱۲، ۲۲۰
زمان تناوب اصلی نوسان سازه ۸۳، ۱۳۴، ۲۱۹
زمان تناوب تجربی و تحلیلی ۹، ۳۶، ۵۹، ۸۳، ۱۰۸، ۱۳۵، ۱۷۸، ۲۲۰، ۲۳۷
ساختمان منظم و نامنظم در پلان و ارتفاع ۹، ۱۰۸، ۱۳۳، ۱۳۶
سختی مؤثر در سازه‌های بتنی ۵۶
سرعت موج برشی ۲۳۷، ۲۹۲
اثر $P-\Delta$ و شاخص پایداری سازه ۱۰، ۸۵، ۲۱۸، ۲۷۹
ضریب بازتاب سازه ۱۸۸، ۱۸۹، ۲۱۹، ۲۹۶
ضریب رفتار ۸، ۳۱، ۱۷۸
ضریب زلزله ۱۳۴، ۱۷۹، ۲۳۵، ۲۳۹، ۲۷۸
کنترل طبقه نرم و ضعیف ۵۶، ۱۳۸
قاعده ۱۰۰-۳۰ در محل برخورد بادبندها ۸۵، ۸۷
لنگر واژگونی ۳۰، ۱۸۹
مرکز جرم ۲۸۰
مرکز سختی ۲۳۷
مشارکت بار زنده ۸
نیروی برشی ناشی از زلزله وارد بر اتصالات ۱۸۶
نیروی جانبی تراز بام ۱۳۸، ۲۷۷
نیروی جانبی زلزله ۸۲، ۲۳۵، ۲۹۵
نیروی زلزله قطعه الحاقی ۱۰، ۵۸، ۱۸۵
نیروی زلزله وارد بر دیافراگم ۱۰، ۳۵، ۱۳۵
نیروی زلزله وارد بر طبقات ۳۶، ۵۶، ۸۳، ۱۸۴، ۲۹۷
نیروی شلاقی ۱۸۵
نیروی قائم ناشی از زلزله ۱۳۸، ۲۱۵، ۲۷۹

مبحث ششم (بارهای وارد بر ساختمان)

بار انفجار ۲۳۴
بار باد ۸۴، ۱۱۰، ۱۱۲، ۱۷۷، ۱۸۵، ۱۸۷، ۲۱۷
بار ثقلی ۱۷۸، ۲۱۶
بار متوازن برف ۲۱۷، ۲۳۴، ۲۳۶، ۲۳۸، ۲۷۴، ۲۹۲
بار معادل تیغه ۳۰، ۸۴، ۱۱۰، ۱۳۳، ۱۷۷، ۲۱۷، ۲۳۴، ۲۹۳
بار نامتوازن برف ۳۳، ۳۴، ۵۹، ۸۲، ۱۰۸، ۱۸۵، ۲۳۴
بارگذاری دیوار حائل ۱۳۲
بارگذاری باران، یخ، انفجار ۱۳۹، ۲۱۷، ۲۳۹، ۲۹۴
ترکیبات بارگذاری ۱۳۲
ضریب بادگیری ۲۳۸
ضوابط بار زنده ۱۷۶، ۲۱۶، ۲۷۷
ضخامت طراحی یخ ۲۴۰
کاهش بار زنده ۳۳، ۱۱۱، ۱۳۷، ۲۱۶، ۲۷۷
لنگر طراحی نرده حفاظ ۵۹
نیروی باد بر سازه بلند مرتبه ۳۱، ۱۸۴

مبحث هفتم (پی و پی‌سازی)

آزمایش سه محوری ۱۰۳
آزمایش‌های CPT، SPT و ... ۱۰۲
بار مجاز پی سطحی ۱۹۱
برش پانچ ۶۷، ۱۲۲
پی باسکولی ۹۸
پی دو ستونی ۵۰
پی منفرد ۲۹۱
تحلیل نیروها در گروه شمع ۱۹۲
تراکم نسبی ۲۴
ترک کششی ۱۴۰
تعیین ابعاد پی سطحی ۲۴
تغییرمکان دیوار حائل ۱۰۲، ۱۲۸، ۲۲۹
تنش در زیر پی ۵۰، ۷۷، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۶۴، ۱۸۱
تنش کل، مؤثر و فشار آب حفره‌ای ۴۷، ۱۴۱
توزیع تنش در خاک ۱۴۰، ۲۵۶
خروج از محوریت دو طرفه ۵۱، ۲۰۸، ۲۹۱
دیوار حائل در شرایط لرزه‌ای ۱۲۸
ژئوسنتیتک ۲۵۹
ضریب اطمینان دیوار حائل ۲۵۷
ضریب فشار جانبی خاک ۲۵۸
ظرفیت باربری پی ۲۵، ۷۶، ۱۰۳، ۱۸۱، ۲۴۲
ظرفیت باربری شمع ۲۵، ۷۶، ۱۹۲، ۲۹۱
عملیات شناسایی ۱۶۱
فشار جانبی وارد بر دیوار حائل ۴۹، ۷۶، ۱۰۳، ۱۳۲، ۱۴۰، ۱۶۰
کنترل تنش در پی سطحی ۱۹۱
گمانه (عمق، تعداد و فاصله) ۷۵، ۱۶۰، ۱۹۱، ۲۲۸، ۲۵۹، ۲۷۴
گودبرداری ۷۷، ۲۹۱
لغزش پی سطحی ۱۲۷، ۲۲۹
مهاربندی ۷۶، ۲۳۰
نشست در سازه ۲۳، ۲۲۸
واژگونی دیوار حائل ۲۵، ۴۹، ۱۲۷، ۲۷۳
وزن مخصوص خاک ۲۵

مبحث هشتم (طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی)

ابعاد بازشو در ساختمان بنایی محصور شده با کلاف ۷۳، ۱۰۲، ۱۲۶، ۱۸۰، ۱۹۲
ابعاد پلان در ساختمان بنایی محصور شده با کلاف ۱۲۵، ۱۸۰
اختلاف سطح در طبقات ساختمان‌های محصور شده با کلاف ۱۲۵، ۱۴۲
ارتفاع دودکش ۱۴۲
ارتفاع زیرزمین و طبقات در ساختمان بنایی محصور شده با کلاف ۱۰۳، ۲۸۷
تراز زیر شالوده ۱۶۰
بتن آهکی ۲۹۰
حداقل ضخامت تیغه‌های آجری ۱۴۱
خطر زلزله در ساختمان‌های بدون کلاف ۱۲۵
دیوار ساختمان با کلاف ۱۸۰
دیوار نسبی ۲۴۰، ۲۸۶، ۳۱۱
سقف تیرچه بلوک در ساختمان با مصالح بنایی ۷۵، ۲۸۶
سقف شیبدار ۲۹۰
سقف کاذب ۳۱۲
سقف طاق ضربی ۷۴، ۲۴۰، ۲۸۶
عرض و عمق شالوده ۱۰۱، ۱۹۲، ۱۹۳
کلاف عرضی و کلاف افقی ۱۴۲، ۲۳۰
کلاف قائم در ساختمان‌های آجری با کلاف ۷۴، ۱۹۳، ۲۹۰
میلگردهای خمشی در هر سفره ۲۴۰
نسبت لاغری ۲۴۰
نعل درگاه در اطراف بازشوها و بالکن‌ها ۷۵، ۲۲۹
همپوشانی آرماتورهای کلاف افقی ۱۶۰

مبحث نهم (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه)

آرماتور برشی ۲۴۷
آرماتور دورپیچ ۲۴۶، ۳۰۲
آرماتور جلدی ۲۶۳
آرماتور حداقل طولی ۹۸
آرماتور عرضی پیچش ۱۶۳
آرماتورگذاری ستون‌ها (اسپیرال، خاموت، وصله و ...) ۴۷، ۷۲، ۱۲۳، ۲۱۴، ۲۴۴، ۲۶۲، ۳۰۲، ۳۰۷
آرماتورهای حداقل تیرهای T شکل و ضوابط آن ۴۵، ۴۸، ۹۹، ۱۲۱، ۱۲۳، ۲۱۳

ابعاد مقطع بتنی ۱۹۶
ابعاد یک تیر بتن‌آرمه ۱۴۷
اثر کتیبه در دال دو طرفه و دال تخت ۱۶۶، ۲۱۲
اجزای مرزی در دیوار ۱۹۴، ۲۸۲
ارتفاع تار خنثی و محاسبه کرنش فولاد ۱۴۵، ۱۴۳، ۱۶۵، ۲۴۳
اضافه افتادگی دراز مدت ۲۴۱
انواع سیمان و سولفات‌ها ۲۷
بازشو در دال دوطرفه ۹۵، ۱۹۶، ۲۱۵
برش پانچ در پی‌ها ۶۷
برش و پیچش همزمان در مقاطع ۲۲، ۴۸، ۶۸، ۱۰۰، ۲۱۱
برش و خمش طراحی در پی‌ها ۴۷
تار خنثی ۲۶۲
تحلیل پلاستیک ۱۴۷
تعیین رده بتن ۲۶
تغییر ظرفیت خمشی در شکست نرم ۲۳
تغییرشکل دراز مدت تیرها ۹۵، ۱۲۰، ۲۱۰
تنش در مقاطع توپر ۱۶۱
حداقل آرماتورهای کلاف رابط ۱۶۲
حداقل فولاد در دیوارهای بتن‌آرمه ۴۱
حداقل مساحت آرماتور حرارت و جمع‌شدگی ۱۹۴
حداقل و حداکثر میلگردهای کششی در سازه با شکل‌پذیری زیاد ۴۵، ۱۲۲، ۱۴۴، ۱۹۹، ۲۱۰
حداکثر تنش فشاری پی ۱۶۴
حداکثر میلگرد یک عضو تک‌آرمه و فولاد بالانس ۷۰، ۹۷، ۱۱۹، ۱۲۱، ۱۲۳
حداکثر نیروی محوری ستون ۱۹۵
دال دوطرفه ۱۴۳
دمای آب بتن ۳۰۵
رفتار تیر بتن‌آرمه ۱۴۷
سختی مؤثر تیر و ستون ۱۹۳، ۳۰۴
سطح مقطع تنگ‌های ویژه ۱۴۸، ۱۶۶
ضخامت پوشش مورد نیاز بتن ۲۳، ۲۶
حداقل ضخامت دال یک‌طرفه ۱۹۴
ضوابط فاصله خاموت‌ها در شکل‌پذیری‌های مختلف ۴۵، ۴۷، ۷۱، ۹۷، ۹۹، ۱۰۱، ۱۶۳، ۱۹۷، ۱۹۸، ۲۱۳
ضوابط قطع آرماتور ۶۹، ۱۲۳
طراحی و صرف‌نظر کردن از پیچش در طراحی ۴۷، ۶۹، ۱۲۰
طول دهانه آزاد ۱۴۴
طول مهاری ۴۶، ۶۸، ۱۶۱، ۲۱۵، ۲۴۵
طول وصله پوششی میلگرد ۲۴۶
ظرفیت باربری محوری فشاری ۲۱، ۱۹۷
ظرفیت خمشی مقطع دوبله آرمه ۲۱، ۷۱
عرض مؤثر بال تیر ۳۰۵
عرض نوار ستونی در دال‌ها ۴۸، ۱۶۵، ۱۹۹
عمق ترک خمشی ۶۷، ۱۶۲، ۲۴۱، ۲۸۵، ۳۰۳
عمق نفوذ کربناته شده بتن ۲۴۱
فولاد بالانس مقطع غیر مستطیلی ۷۲
فولاد حداقل در پی‌ها ۲۳، ۲۴، ۱۹۹، ۲۱۳
قطر سنگدانه‌های بتن، فاصله میلگردها، انحراف میلگردها ۲۶، ۴۴، ۱۰۱، ۲۱۰، ۲۱۴
کنترل جاری شدن فولاد در مقطع دوبله آرمه ۲۱
کرنش فولاد ۳۰۶
لاغری ستون ۱۶۲، ۲۱۲، ۲۱۳
لنگر پیچشی ترک‌خوردگی ۱۶۶، ۲۴۶، ۲۴۷
لنگر ترک‌خوردگی ۲۰، ۹۶، ۱۶۴، ۲۱۱، ۲۴۵
لنگر خمشی مقاوم در سازه ۹۶، ۱۴۵
محدودیت عرض تیرچه‌ها ۲۱
مرکز پلاستیک ستون ۱۴۲
مقاومت اتکایی طراحی ۳۰۲
مقاومت برشی تیرها (V_s, V_c) ۴۴، ۷۴، ۹۷، ۱۲۲، ۱۴۴، ۱۴۶، ۱۶۴، ۲۸۰، ۳۰۲، ۳۰۶
مقاومت برشی ستون ۲۰۰، ۲۱۱، ۲۴۲، ۲۴۴، ۲۴۷
مقاومت خمشی طراحی ۲۴۷
مقاومت فشاری بتن در نمونه‌ها و سیمان‌های مختلف ۲۶، ۴۳، ۴۴، ۱۰۱، ۱۲۰، ۱۶۴، ۱۹۳، ۱۹۵
ممان اینرسی مقطع ۳۰۷
منحنی اندرکنش در ستون ۶۹، ۱۶۷، ۱۹۵، ۲۱۴
نیروی برشی مقاوم بتن ۲۴۲، ۲۴۴، ۲۸۲
نیروی محوری ستون ۱۴۳، ۲۴۳، ۳۰۸
وصله پوشش میلگردهای فشاری ۱۶۳، ۲۴۳

مبحث دهم (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی)

اتصال پیچی تحت برش، کشش و پیچش ۱۸، ۳۹، ۴۲، ۶۳، ۶۴، ۶۶، ۸۷، ۹۱، ۱۱۶، ۱۱۷، ۱۷۵، ۲۲۰، ۲۲۲، ۲۲۷، ۲۹۷
اساس مقطع پلاستیک و لنگر پلاستیک ۱۸، ۶۲، ۹۱، ۱۵۲، ۱۷۱، ۱۷۲، ۱۷۴، ۲۲۴، ۲۵۰، ۲۵۳
تأثیر معیارهای طراحی خمشی و برش در تیر ۲۰۶
تسلیم موضعی جان ۲۵۱
تغییرمکان نسبی طبقه ۲۵۲
حداقل مقاومت محوری فشاری ستون ۲۰۲
حداکثر تنش کششی اسمی ۲۰۱
خستگی ۱۸
سطح مقطع اسمی میل مهار ۲۴۹
سطح مقطع خالص مؤثر ۲۹۹
شعاع ژیراسیون حداقل و مؤثر ۲۰۳، ۲۲۳
ضخامت مؤثر جوش ۱۹
ضریب C_b ۹۴، ۱۱۷، ۱۵۲، ۲۲۴، ۲۶۶، ۲۹۸
ضریب طول مؤثر ۶۳، ۸۸، ۱۱۵، ۲۰۵
ضوابط لرزه‌ای ستون‌های فولادی ۱۱۹
ضوابط و طراحی بست‌های موازی و مورب ۱۷، ۴۱، ۸۹، ۹۰، ۹۲
طراحی برشگیر در تیر مرکب ۴۰، ۸۸، ۱۱۵، ۲۰۳، ۲۲۲
طراحی جوش گوشه در برش و خمش ۱۶، ۴۲، ۱۱۴، ۲۰۱، ۲۶۴
طراحی ستون و مقایسه دو ستون ۱۷، ۶۶، ۱۱۵، ۱۷۳، ۲۰۵
طراحی صفحه ستون ۴۱، ۱۱۹، ۱۷۵
طول مهار شده تیر ۲۶۵
ظرفیت محوری فشاری ستون ۲۰۶، ۲۲۶، ۲۹۷
عرض مؤثر دال بتنی در تیرهای مختلط ۱۷۳
فرکانس نوسانی تیر ۱۵۳، ۱۷۰
کمانش خمشی ۳۰۰
کمانش موضعی ۲۵۱، ۲۶۴، ۲۹۷
کنترل خیز در تیرها ۱۹، ۳۷، ۱۱۴، ۱۱۹، ۲۰۶
کنترل فشردگی و فشردگی لرزه‌ای ۶۵، ۹۴، ۱۱۸، ۱۵۴، ۲۲۳
کنترل گسیختگی قالبی ۱۷۰
کنترل مقاومت برشی اتصال ۲۴۸
کنترل‌های موضعی ۳۸
گل میخ ۲۴۹
لنگر پلاستیک ۲۶۹
لنگر خمشی اتصال تیر به ستون (M_{ES}) ۹۳، ۱۴۸، ۲۲۶
معیارهای خمشی و برشی ۲۹۹
معیارهای طراحی اعضای کششی ۳۹، ۶۴، ۶۵، ۸۹، ۹۲، ۱۱۶، ۱۷۲
مقاومت اتصالات مهاربندی و ترکیب بار ویژه ۴۱، ۲۲۱
مقاومت اسمی ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۱، ۲۰۰، ۲۵۱
مقاومت برشی تیر ورق‌ها و تیر ۳۸، ۶۶، ۹۲، ۹۳، ۱۱۷، ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰
مقاومت برشی در چشمه اتصال و وصله‌ها ۴۰، ۱۵۱، ۲۰۳، ۲۲۱، ۲۲۵، ۲۵۴
مقاومت پیچشی ۲۶۴
مقاومت خمشی اسمی تیر ۲۹۸
مقاومت طراحی برشی قالبی ۲۰۲، ۲۲۷
مقاومت طراحی برشی و خمشی مقطع ۲۰۴، ۲۷۰
مقاومت وصله ستون ۲۵۲
نیروی برشی مفصل پلاستیک ۱۷۱
نیروی کششی ۲۶۳
نیروی قائم زلزله ۱۶۹

سری عمران

فهرست مطالب

آزمون سال ۱۳۸۶ ..... ۸
آزمون سال ۱۳۸۷ ..... ۳۰
آزمون سال ۱۳۸۹ (خرداد) ۵۶
آزمون سال ۱۳۸۹ (اسفند) ۸۲
آزمون سال ۱۳۹۰ ..... ۱۰۸
آزمون سال ۱۳۹۱ (شهریور) ۱۳۲
آزمون سال ۱۳۹۱ (اسفند) ۱۶۰
آزمون سال ۱۳۹۲ ..... ۱۸۴
آزمون سال ۱۳۹۳ (خرداد) ۲۱۰
آزمون سال ۱۳۹۳ (آبان) ۲۳۴
آزمون سال ۱۳۹۴ (مرداد) ۲۶۲
آزمون سال ۱۳۹۴ (بهمن) ۲۹۰

سری عمران

سؤالات و پاسخ‌های تشریحی

آزمـــون محاسبات ســـال ۱۳۸۶

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 صورتی‌که سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی، قاب خمشی بتنی با شکل‌پذیری متوسط به علاوهٔ دیوارهای برشی بتن مسلح با شکل‌پذیری متوسط باشد، ضریب رفتار سازه و حداکثر ارتفاع مجاز آن به ترتیب عبارتند از:

۱) ضریب رفتار ۷ و ارتفاع مجاز ۵۰ متر
۲) ضریب رفتار ۶ و ارتفاع مجاز ۵۰ متر
۳) ضریب رفتار ۷ و ارتفاع مجاز ۶۰ متر
۴) ضریب رفتار ۸ و ارتفاع مجاز ۷۰ متر

حل: سیستم قاب خمشی بتنی به علاوهٔ دیوار برشی از نوع سیستم دوگانه می‌باشد. بنابراین با توجه به جدول ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، در این سیستم سازه‌ای دوگانه، ضریب رفتار سازه برابر ۶ و حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان برابر ۵۰ متر می‌باشد.

نکته: به این نکته دقت کنید که برای در نظر گرفتن این سیستم به‌عنوان سیستم دوگانه، لازم است دیوارهای برشی حداقل ۵۰ درصد برش پایه و قاب‌های خمشی حداقل ۲۵ درصد برش پایه را تحمل کنند. در صورتی‌که هر یک از شروط فوق برقرار نباشد نمی‌توان این سیستم را دوگانه در نظر گرفت.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۲- 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:

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: مطابق بند ۳-۳-۱-۲ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، تراز پایه در تراز سطح فوقانی شالوده تعریف می‌شود، مگر درصورتی‌که در قسمتی از محیط زیرزمین دیوارهای حائل بتن مسلح وجود داشته باشد که با سازهٔ ساختمان به‌صورت یکپارچه ساخته شده باشند، در این‌صورت تراز پایه در تراز نزدیک‌ترین سقف زیرزمین به زمین کوبیده شدهٔ اطراف ساختمان تعریف می‌شود.

در این ساختمان دیوارهای زیرزمین از نوع آجری بوده که با سازهٔ ساختمان، یکپارچه نشده‌اند. بنابراین مطابق مطلب فوق، تراز پایه در تراز سطح فوقانی شالوده در نظر گرفته می‌شود.

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۳- درصد مشارکت بار زنده در محاسبهٔ نیروهای جانبی زلزله در پارکینگ‌ها و ترمینال‌های مسافری به ترتیب عبارت است از:

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

حل: مطابق جدول ۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، میزان مشارکت بار زنده در محاسبهٔ نیروهای جانبی در پارکینگ‌ها برابر ۲۰ درصد و در ترمینال‌های مسافری که از نوع محل‌های اجتماع یا ازدحام می‌باشند نیز برابر ۲۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۴- در صورتی‌که سیستم باربر سازه فقط قاب خمشی بتن مسلح معمولی باشد، کدام‌یک از عبارات زیر صحیح نمی‌باشد؟

۱) استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد در تمام مناطق لرزه‌خیزی مجاز نمی‌باشد.
۲) استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و ۴ مجاز نمی‌باشد.
۳) ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می‌گردد.
۴) استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در مناطق لرزه‌خیزی ۱ و ۲ مجاز نمی‌باشد.

حل: مطابق جدول ۳-۴ و یادداشت شمارهٔ [۱] آن در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، استفاده از سیستم قاب خمشی بتن مسلح معمولی برای ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد در تمام مناطق لرزه‌خیزی و برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در مناطق لرزه‌خیزی ۱ و ۲ (مناطق لرزه‌خیزی با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد)، مجاز نمی‌باشد. همچنین ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان‌های با اهمیت متوسط در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و۴ (مناطق با خطر لرزه‌خیزی متوسط و کم)، به ۱۵ متر محدود می‌گردد.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۵- حداقل عرض درز انقطاع یک ساختمان هفت طبقه با اهمیت متوسط که ارتفاع بالاترین طبقهٔ آن از روی تراز پایه ۲۱ متر است، از مرز ساختمان‌های مجاور باید برابر ..... (ویرایش سؤال)

۱) ۲۱ سانتی‌متر باشد.
۲) ۱۰/۵ سانتی‌متر باشد.
۳) $0/5R$ سانتی‌متر باشد.
۴) حاصل‌ضرب $0/5R$ در ۱۰/۵ سانتی‌متر باشد.

حل: مطابق بندهای ۱-۴-۱ و ۳-۵-۶ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، حداقل عرض درز انقطاع در ساختمان‌ها، با توجه به ارتفاع آنها به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

- در ساختمان‌های با بلندی کمتر از ۸ طبقه (با اهمیت متوسط یا کم):

حداقل فاصلهٔ ساختمان از مرز ساختمان مجاور در هر طبقه برابر ۰/۰۰۵ ارتفاع آن طبقه از تراز پایه می‌باشد.

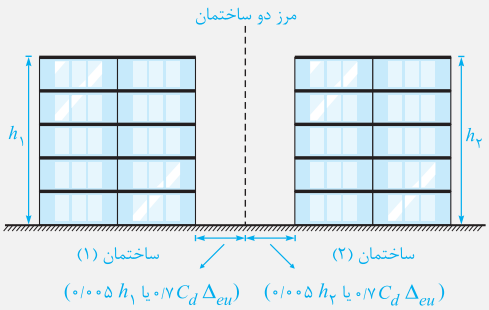
- در ساختمان‌های با هشت طبقه و بیشتر، یا با اهمیت زیاد و خیلی زیاد با هر تعداد طبقه:

حداقل فاصلهٔ ساختمان از مرز ساختمان‌های مجاور در هر طبقه، برابر با ۷۰ درصد مقدار تغییرمکان جانبی غیرخطی طرح در آن طبقهٔ ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به این‌که ساختمان مورد نظر هفت طبقه بوده و با اهمیت متوسط می‌باشد، حداقل عرض درز انقطاع از مرز ساختمان‌های مجاور برابر است با:

$۰/۰۰۵\times۲۱=۰/۱۰۵\ m=۱۰/۵\ cm$

تذکر: ساختمان‌های مجاور نیز ملزم به رعایت این فاصله به‌طور مشابه می‌باشند، در این‌صورت فاصلهٔ کلی درز انقطاع در صورت مشابه بودن دو ساختمان، برابر $۰/۰۱h$ و یا جذر مجموع مربعات تغییرمکان‌های واقعی دو ساختمان خواهد بود.



بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۶- درصورتی‌که در روش استاتیکی معادل، برای محاسبهٔ نیروهای جانبی زلزلهٔ ساختمان مورد نظر $W=۲۰۰\ ton$، ضریب اهمیت ساختمان برابر ۱ و شتاب مبنای طرح برابر ۰/۳۵ باشد، برش پایه V در هیچ حالت نباید از ..... تن کمتر باشد.

۱) ۲۰ ۲) ۱۰ ۳) ۱۴ ۴) ۸/۴

حل: مطابق رابطهٔ (۳-۳) از بند ۳-۳-۱-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، مقدار حداقل برش پایه برابر است با:

$$V_{u_{min}}=۰/۱۲AI\ W=۰/۱۲\times۰/۳۵\times۱\times۲۰۰=۸/۴\ ton$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۷- در محاسبهٔ ضریب بازتاب ساختمان درصورتی‌که زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان (T) از پارامتر T_0 بزرگتر و از پارامتر T_S کوچکتر باشد، منطقهٔ مورد نظر با خطر نسبی کم و نوع جنس خاک براساس طبقه‌بندی آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ از گروه IV باشد، ضریب بازتاب ساختمان برابر است با:

۱) ۲/۷۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۳/۲۵ ۴) ۳/۷۵

حل: با توجه به اطلاعات داده شده و بند ۲-۳ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، داریم:

$$T_0\le T\le T_S\ \Rightarrow\ B_۱=S+۱$$

مقدار S با توجه به جدول ۲-۲ استاندارد ۲۸۰۰، برابر با ۲/۲۵ می‌باشد، بنابراین:

$$\begin{cases}B_۱=۲/۲۵+۱=۳/۲۵\\T<T_S\ \Rightarrow\ N=۱\end{cases}\Rightarrow\ B=B_۱N=۳/۲۵$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۸- در صورتی‌که سیستم باربر ساختمانی، قاب خمشی بتن مسلح باشد و جداگرهای میان‌قابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند و ارتفاع ساختمان از تراز پایه ۳۰ متر باشد، زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان برابر است با:

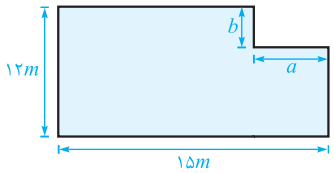
۱) $T=۰/۹$ ۲) $T=۰/۸۵$ ۳) $T=۱/۰۶$ ۴) $T=۰/۷۲$

حل: مطابق بند ۳-۳-۳-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، در ساختمان‌های با قاب بتنی مسلح، در صورتی‌که جداگرهای میان قابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند، زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان برابر است با:

$$T=۰/۸\times(۰/۰۵H^{۰/۹})=۰/۸\times(۰/۰۵\times۳۰^{۰/۹})=۰/۸۵\ sec$$

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۹- در صورتی‌که میزان فرورفتگی در پلان زیر در دو جهت x و y به‌ترتیب a و b باشد، ساختمان نامنظم در پلان محسوب می‌شود اگر: (تألیفی)



۱) $a>۳\ m$ و $b>۲/۴\ m$
۲) $a>۳\ m$ یا $b>۲/۴\ m$
۳) $a<۳\ m$ و $b<۲/۴\ m$
۴) $a<۳\ m$ یا $b<۲/۴\ m$

حل: مطابق بند ۱-۷-۱- الف استاندارد ۲۸۰۰ ویراش چهارم، در صورتی‌که پس‌رفتگی همزمان در دو جهت در یکی از گوشه‌های ساختمان بیشتر از ۲۰ درصد طول پلان در آن جهت باشد، ساختمان دارای نامنظمی هندسی در پلان خواهد بود. با توجه به ابعاد پلان داریم:

شرط نامنظمی $\begin{cases}a>۰/۲\times(۱۵)\ \Rightarrow\ a>۳\ m\\b>۰/۲\times(۱۲)\ \Rightarrow\ b>۲/۴\ m\end{cases}$

دقت کنید که دو شرط فوق باید به‌طور همزمان برقرار باشند.

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۱۰- 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

حل: تغییرمکان جانبی نسبی واقعی طرح در طبقه، مطابق رابطهٔ (۳-۱۱) استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، برابر است با:

$$\Delta_M = C_d \cdot \Delta_{eu} = ۴ \times ۵ = ۲۰\, cm$$

Δ_{eu}: تغییرمکان جانبی نسبی طرح در طبقه

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۱۱- 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.

حل: حداکثر مقدار شاخص پایداری مطابق رابطهٔ (۳-۱۳) استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، برابر است با: $\theta_{max} = \frac{۰/۶۵}{C_d} \le ۰/۲۵$

با توجه به این‌که $\theta_i = ۰/۳ > \theta_{max}$ است، مطابق بند ۳-۶ استاندارد ۲۸۰۰، احتمال ناپایداری سازه در این طبقه وجود داشته و لازم است سازه تقویت گردد.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۱۲- در صورتی‌که وزن یکی از دیوارهای داخلی ساختمان، برابر ۱ تن و شتاب مبنای طرح ۰/۳۵ و ضریب اهمیت ساختمان برابر یک باشد، حداقل نیروی جانبی وارد بر دیوار باربر است با: (نوع خاک *II*)

۱) ۰/۲۶۲ تن ۲) ۰/۳۵۰ تن ۳) ۰/۷۰۰ تن ۴) ۰/۴۹۰ تن

حل: دیوارهای داخلی در گروه اجزای غیرسازه‌ای قرار می‌گیرند، بنابراین براساس بند ۴-۲-۱-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، حداقل نیروی وارد بر اجزای غیرسازه‌ای از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید: $V_{pu\,(min)} = ۰/۳\, A\,(۱+S)\, I_P\, W_P$

با توجه به اینکه سازه بر روی خاک نوع *II* قرار گرفته است متغیر S با استفاده از جدول ۲-۲، برابر ۱/۵ به‌دست می‌آید. $S = ۱/۵$

این دیوار هیچ یک از شرایط بند ۴-۱-۳ را ندارد، در نتیجه ضریب اهمیت آن برابر واحد خواهد بود. $I_P = ۱$

بنابراین حداقل نیروی وارد بر دیوار برابر است با: $V_{pu(min)} = ۰/۳ \times ۰/۳۵ \times (۱+۱/۵) \times ۱ \times ۱ = ۰/۲۶۲\, ton$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۱۳- در صورتی‌که وزن دیافراگمی در ساختمان، برابر ۱ تن و شتاب مبنای طرح و ضریب اهمیت ساختمان به ترتیب برابر ۰/۳۰ و ۱ باشد، حداقل نیروی جانبی وارده به این دیافراگم برابر است با:

۱) ۰/۳۰ تن ۲) ۰/۶۰ تن ۳) ۰/۱۵ تن ۴) ۰/۲۱۰ تن

حل: حداقل نیروی جانبی وارد به دیافراگم، مطابق بند ۳-۸-۳ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، برابر است با:

$$F_{p_{min}} = ۰/۵\, A I w_i = ۰/۵ \times ۰/۳ \times ۱/۰ \times ۱ = ۰/۱۵\, ton$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۱۴- در صورتی‌که در تعیین نیروی جانبی زلزله با روش استاتیکی معادل برای یک ساختمان به‌ترتیب $W = ۱۰۰\, ton$ و $I = ۱$ و $A = ۰/۳۰$ و $B = ۱/۸۵$ باشد، برش پایه برای کنترل سازه در مقابل زلزلهٔ سطح بهره‌برداری برابر است با:

۱) $V = ۵۵/۵\, ton$ ۲) $V = ۱۱/۱\, ton$ ۳) $V = ۵/۵۵\, ton$ ۴) $V = ۹/۲۵\, ton$

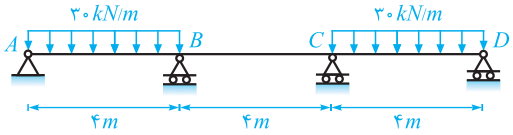
حل: مقدار برش پایه در روش تحلیل استاتیکی معادل در زلزلهٔ سطح بهره‌برداری، مطابق رابطهٔ (۳-۱۶) استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، برابر است با:

$$V_{ser} = \frac{۱}{۶} ABIW \Rightarrow V_{ser} = \frac{۱}{۶} \times ۰/۳ \times ۱/۸۵ \times ۱/۰ \times ۱۰۰ = ۹/۲۵\, ton$$

دقت: در زلزلهٔ سطح بهره‌برداری، ضریب رفتار سازه برابر یک در نظر گرفته شده و شتاب نسبی طرح، $\frac{۱}{۶}$ مقدار شتاب زلزلهٔ طرح لحاظ می‌شود. نکتهٔ جالب آن است که گاهی مقدار زلزلهٔ سطح بهره‌برداری از زلزلهٔ طرح بزرگتر می‌شود.

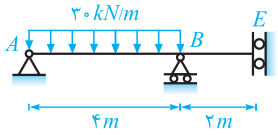
بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۱۵- نیروی واکنش تکیه‌گاه B (یا C) در تیر سراسری شکل زیر چه مقدار است؟ (صلبیت خمشی EI ثابت فرض شود)



۱) $۵۸\ kN$
۲) $۶۲\ kN$
۳) $۶۶\ kN$
۴) $۷۰\ kN$

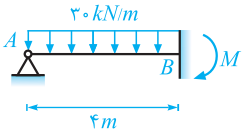
حل: سازهٔ مورد نظر متقارن و با بارگذاری متقارن است. بنابراین مقدار شیب و نیروی برشی در وسط دهانهٔ BC صفر است. با توجه به این مطلب تیر را نصف کرده و آن را با روش پخش لنگر تحلیل می‌کنیم:



$$k_{BE}=\frac{EI}{l}=\frac{EI}{۲}\ :\text{سختی دورانی عضو } BE \quad ، \quad k_{BA}=\frac{۳EI}{l}=\frac{۳EI}{۴}\ :\text{سختی دورانی عضو } BA$$

$$D_{BE}=\frac{k_{BE}}{\sum k}=\frac{\frac{EI}{۲}}{\frac{۳EI}{۴}+\frac{EI}{۲}}=\frac{۲}{۵} \quad , \quad D_{BA}=\frac{k_{BA}}{\sum k}=\frac{\frac{۳EI}{۴}}{\frac{۳EI}{۴}+\frac{EI}{۲}}=\frac{۳}{۵}$$

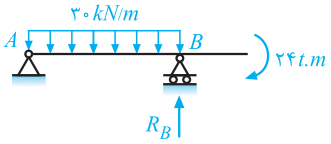
قسمت BE فاقد بارگذاری بوده و لنگری در B ایجاد نمی‌کند؛ از طرفی قسمت BA، لنگر $\frac{ql^۲}{۸}$ را در گرهٔ B ایجاد می‌کند. بنابراین این لنگر به نسبت ضرایب توزیع، بین قسمت‌های BA و BE تقسیم می‌شود:



$$M=\frac{ql^۲}{۸}=\frac{۳۰\times۴^۲}{۸}=۶۰\ kN.m$$

$$M_{BE}=D_{BE}\times M=\frac{۲}{۵}\times۶۰=۲۴\ kN.m \quad , \quad M_{BA}=D_{BA}\times M=\frac{۳}{۵}\times۶۰=۳۶\ kN.m$$

بنابراین لنگر $M_{BE}=۲۴\ t.m$ در قسمت BE ایجاد می‌شود. با توجه به ضرایب انتقال لنگر، همین لنگر با علامت مخالف در تکیه‌گاه گیردار غلتکی E تولید می‌شود.

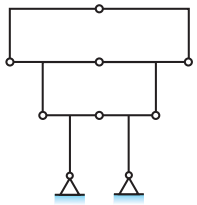


در نهایت با حذف تکیه‌گاه E و قرار دادن لنگر $۲۴t.m$ در آن نقطه، سازه معین شده و با لنگرگیری حول تکیه‌گاه A، مقدار عکس‌العمل تکیه‌گاه B محاسبه می‌شود:

$$\sum M_A=۰ \Rightarrow ۳۰\times۴\times۲+۲۴=R_B\times۴ \Rightarrow R_B=۶۶\ kN$$

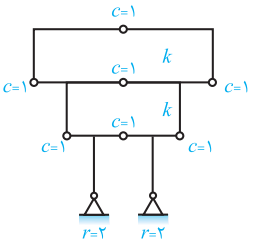
بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۱۶- کدام‌یک از گزینه‌های زیر پایداری و درجهٔ نامعینی سازهٔ شکل مقابل را توصیف می‌کند؟



۱) ناپایدار
۲) پایدار و معین
۳) پایدار و یک درجه نامعین
۴) پایدار و دو درجه نامعین

حل: با استفاده از روش حلقه، درجه نامعینی سازه مطابق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:



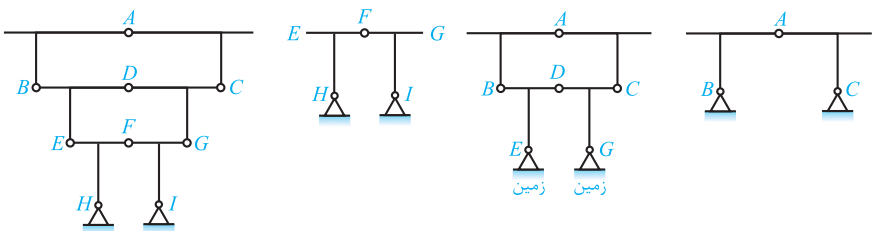
$$n=(r+۳k)-(c+۳)$$

n: درجه نامعینی سازه، r: تعداد عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی سازه، c: معادلات شرط یا کمکی در اتصالات (تعداد قیدهایی که سازه را از ناپیوستگی خارج و آن را صلب می‌کند)، k: تعداد کادرهای بستهٔ بین اعضاء در سازه.

$$\begin{cases} r=۲+۲=۴ \\ k=۲ \\ c=۷ \end{cases} \Rightarrow n=(۴+۲\times۳)-(۳+۷)=۰$$

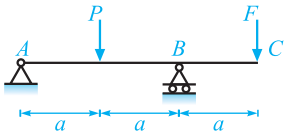
بنابراین سازهٔ مورد نظر معین است.

برای بررسی پایداری سازه، ابتدا قسمت $EFGHI$ را جدا می‌کنیم. با توجه به اینکه عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی موازی و یا همرس نیستند و سه مفصل نیز در یک راستا قرار نگرفته‌اند، لذا این قسمت پایدار است. توجه شود دو قسمت FEH و FGI، مشابه دو جسم صلب هستند که توسط مفصل F بطور مناسب به هم متصل شده‌اند. بنابراین می‌توان آنها را زمین فرض کرده و از سازه حذف نمود. در مرحلهٔ بعد، قسمت $BDCEG$ را در نظر می‌گیریم. این قسمت هم مشابه حالت قبل پایدار بوده و می‌توان آنرا نیز از سازه حذف نمود. در نهایت قسمت باقیماندهٔ ABC از سازه نیز مشابه سازه‌های سه مفصل، پایدار بوده و بنابراین کل سازه پایدار است.



بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۱۷- در تیر شکل زیر با صلبیت خمشی ثابت EI، نسبت $\frac{F}{P}$ برابر کدام‌یک از گزینه‌های زیر باشد، تا تغییرمکان نقطهٔ C برابر صفر شود؟

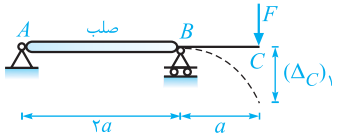


۱) $\frac{۱}{۵}$
۲) $\frac{۱}{۴}$
۳) $\frac{۱}{۳}$
۴) $\frac{۱}{۲}$

حل: تغییرمکان نقطهٔ C را یکبار تحت بار F و بار دیگر تحت بار P محاسبه کرده و با هم برابر قرار می‌دهیم.

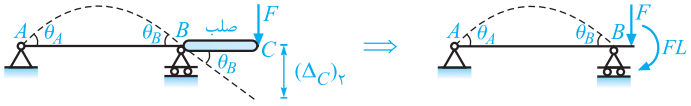
برای محاسبهٔ تغییرمکان نقطهٔ C در اثر بار F، با توجه به اینکه تیر ABC از دو قسمت انعطاف‌پذیر AB و BC تشکیل شده است، دو حالت زیر در نظر گرفته می‌شود.

در حالت اول قسمت AB را صلب فرض کرده و تغییرمکان نقطهٔ C را در اثر انعطاف‌پذیری قسمت BC به دست می‌آوریم. در این حالت قسمت BC مانند تیر طره عمل می‌کند.



$$(\Delta_C)_۱ = \frac{Fa^۳}{۳EI}$$

در حالت دوم، قسمت BC را صلب فرض کرده و تغییرمکان نقطهٔ C را در اثر تغییر شیب در نقطهٔ B به دست می‌آوریم.

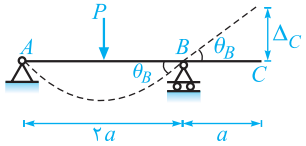


$$\theta_B = \frac{(Fa)(۲a)}{۳EI} = \frac{۲Fa^۲}{۳EI} \Rightarrow (\Delta_C)_۲ = \theta_B \times a = \frac{۲Fa^۳}{۳EI}$$

بنابراین تغییرمکان نقطهٔ C، از مجموع تغییرمکان دو حالت بالا به دست می‌آید:

$$\Delta_C = (\Delta_C)_۱ + (\Delta_C)_۲ = \frac{Fa^۳}{۳EI} + \frac{۲Fa^۳}{۳EI} = \frac{Fa^۳}{EI} \quad \text{(به سمت پایین)}$$

برای محاسبهٔ تغییرمکان قائم نقطهٔ C در اثر بار P، با توجه به شکل می‌توان گفت چون در قسمت BC بارگذاری اعمال نشده است، این قسمت به‌صورت خطی تغییرشکل داده و تغییرمکان نقطهٔ C تنها در اثر تغییر شیب در نقطهٔ B می‌باشد. بنابراین داریم:



$$\theta_B = \frac{P(۲a)^۲}{۱۶EI} = \frac{Pa^۲}{۴EI}$$

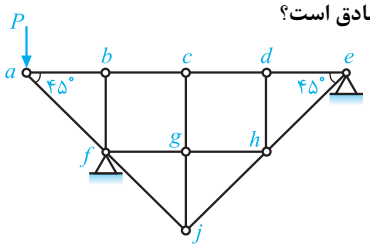
$$\Delta_C = \theta_B \times a = \frac{Pa^۳}{۴EI} \quad \text{(به سمت بالا)}$$

در نهایت با مساوی قرار دادن تغییرمکان در دو حالت فوق، خواهیم داشت:

$$\frac{Fa^۳}{EI} = \frac{Pa^۳}{۴EI} \Rightarrow \frac{F}{P} = \frac{۱}{۴}$$

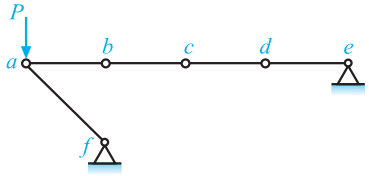
بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۱۸- کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد خرپای شکل زیر که در آن تمام زوایا ۴۵ درجه یا ۹۰ درجه هستند، صادق است؟



۱) سازه ناپایدار است.
۲) سازه نامعین است و بدون اطلاع از خواص هندسی و مکانیکی عضوهای آن قابل تحلیل نیست.
۳) نیروی واکنش قائم تکیه‌گاه e برابر $\frac{P}{۳}$ است.
۴) نیروی واکنش قائم تکیه‌گاه e برابر صفر است.

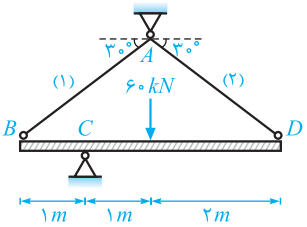
حل: تحت بارگذاری نشان داده شده و با توجه به مفاهیم اعضای صفر نیرویی، اعضای bf، cg، dh، gi، hg، gf، if، ih و he صفر نیرویی هستند. بنابراین سازه به‌صورت مقابل تبدیل می‌شود.



با توجه به شکل می‌توان دریافت که عکس‌العمل تکیه‌گاه e در راستای میلهٔ ed بوده و مؤلفهٔ قائم ندارد. بنابراین عکس‌العمل تکیه‌گاه e افقی است. دقت شود که می‌توان ثابت کرد این سازه معین و پایدار است.

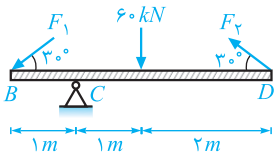
بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۱۹- قطعهٔ کاملاً صلب BD توسط تکیه‌گاه C و دو میلهٔ AB و AD با طول، سطح مقطع و ضریب ارتجاعی یکسان نگه داشته شده و تحت اثر بار $۶۰\ kN$ مطابق شکل قرار دارد. نیروی محوری در میلهٔ AD چه مقدار است؟



۱) $۳۰\ kN$
۲) $۳۲\ kN$
۳) $۳۴\ kN$
۴) $۳۶\ kN$

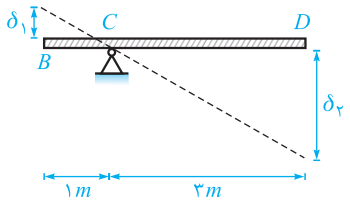
حل: با بررسی نمودار آزاد قسمت BCD داریم:



$$\sum M_C = ۰ \Rightarrow F_۱ \sin ۳۰^\circ \times ۱ + F_۲ \sin ۳۰^\circ \times ۳ = ۶۰ \times ۱$$

$$\frac{F_۱}{۲} + \frac{۳F_۲}{۲} = ۶۰ \Rightarrow F_۱ + ۳F_۲ = ۱۲۰ \qquad \text{رابطه (۱)}$$

با توجه به این‌که سازه یک درجه نامعین می‌باشد، نمی‌توان به تنهایی و با استفاده از معادلات تعادل، نیروی داخلی میله‌ها را تعیین نمود. بنابراین با استفاده از معادلهٔ سازگاری تغییرمکان‌ها، تغییرشکل فرضی سازه را رسم کرده و رابطهٔ سازگاری تغییرمکان‌ها را به‌دست می‌آوریم:



$$\text{تشابه مثلث‌ها}: \frac{\delta_۲}{۳} = \frac{\delta_۱}{۱} \Rightarrow \delta_۲ = ۳\delta_۱$$

$$\Delta L_۱ = \delta_۱ \cos ۶۰ \ , \ \Delta L_۲ = \delta_۲ \cos ۶۰ \Rightarrow \frac{\Delta L_۲}{\Delta L_۱} = \frac{\delta_۲}{\delta_۱} = ۳$$

از طرفی مقدار تغییرطول محوری میله‌ها تحت اثر نیروی محوری آنها، برابر است با:

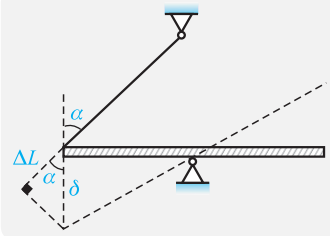
$$\Delta L = \frac{FL}{EA}$$

$$\Delta L_۲ = ۳\Delta L_۱ \Rightarrow \frac{F_۲ L}{EA} = ۳\frac{F_۱ L}{EA} \Rightarrow F_۲ = ۳F_۱ \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در ادامه با لنگرگیری حول نقطهٔ C می‌توان نوشت:

$$F_۱ \sin ۳۰ \times ۱ + \underbrace{F_۲}_{۳} \sin ۳۰ \times ۳ = ۶۰ \times ۱ \Rightarrow F_۲ = ۳۶\ kN$$

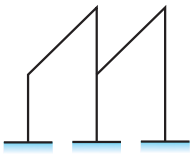
دقت: اگر تغییر مکان قائم نقطهٔ A برابر δ باشد، تغییر طول میلهٔ شکل مقابل برابر است با:



$$\Delta L = \delta \cos \alpha$$

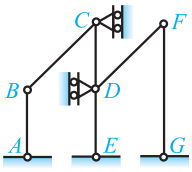
بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۲۰- کدام‌یک از گزینه‌های زیر تعداد درجات آزادی انتقالی در قاب شکل زیر را بیان می‌کند؟ (از تغییر طول اعضاء صرف‌نظر شود)



۱) دو درجه
۲) سه درجه
۲) چهار درجه
۴) پنج درجه

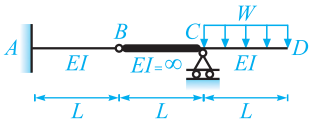
حل: برای تعیین تعداد درجات آزادی انتقالی، ابتدا تمام گره‌ها را مفصلی کرده و سپس تعداد تکیه‌گاه‌های غلتکی که سازه را پایدار می‌کند، حساب می‌کنیم. این تعداد برابر درجه آزادی انتقالی سازه می‌باشد.



با قرار دادن دو تکیه‌گاه غلتکی در نقاط C و D، قسمت‌های DFG و ABC سه مفصل شده و پایدار هستند. قابل ذکر است که با قرار دادن این تکیه‌گاه‌های غلتکی، عضو ED پایدار بوده و می‌توان آن را زمین فرض کرد. بنابراین CD نیز به‌صورت پایدار به آن وصل شده است و این قسمت نیز زمین فرض می‌شود و نقطهٔ C نیز حرکت نخواهد داشت، پس سازه ABC نیز پایدار خواهد بود. بنابراین سازه دو درجه آزادی انتقالی دارد.

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۲۱- اختلاف شیب بین دو طرف مفصل داخلی B در تیر شکل زیر چقدر است؟



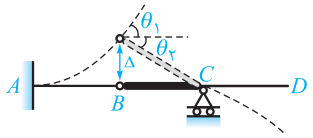
۱) $\frac{WL^3}{4EI}$

۲) $\frac{WL^3}{3EI}$

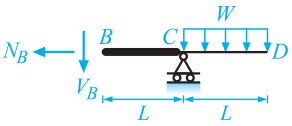
۳) $\frac{5WL^3}{12EI}$

۴) $\frac{7WL^3}{12EI}$

حل: ابتدا تغییرشکل فرضی تیر را رسم می‌کنیم:

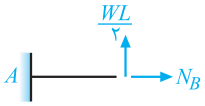


با توجه به وجود قطعهٔ صلب BC، مقدار زاویهٔ θ_2 از تقسیم مقدار تغییرمکان نقطهٔ B (Δ)، بر طول قطعهٔ صلب (L)، به‌دست می‌آید. هم‌چنین مقدار زاویهٔ θ_1، برابر شیب انتهای تیر طرهٔ AB تحت نیروی برشی در مفصل B می‌باشد. بنابراین ابتدا سازه را از محل مفصل B جدا کرده و نیروهای داخلی آن را محاسبه می‌کنیم.



$$\sum M_C = 0 \Rightarrow W\times L\times\frac{L}{2} = V_B\times L \Rightarrow V_B = \frac{WL}{2}$$

سپس نیروی برشی V_B را به سمت چپ نقطهٔ B منتقل کرده و مقادیر Δ و θ_1 را محاسبه می‌کنیم:



$$\theta_1 = \frac{PL^2}{2EI} = \frac{(\frac{WL}{2})L^2}{2EI} = \frac{WL^3}{4EI} \quad ، \quad \Delta = \frac{V_B L^3}{3EI} = \frac{(\frac{WL}{2})L^3}{3EI} = \frac{WL^4}{6EI}$$

در نهایت با توجه به مقدار Δ در نقطهٔ B، مقدار θ_2 در سمت راست را محاسبه می‌کنیم:

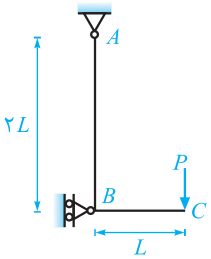
$$\theta_2 = \frac{\Delta}{L} = \frac{WL^3}{6EI}$$

بنابراین اختلاف شیب در دو طرف مفصل B از حاصل جمع مقادیر θ_1 و θ_2 به‌دست می‌آید:

$$\Delta\theta = \theta_1 + \theta_2 = \frac{WL^3}{4EI} + \frac{WL^3}{6EI} = \frac{5WL^3}{12EI}$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۲۲- تغییرمکان نقطهٔ C در قاب ABC با صلبیت خمشی ثابت EI دراثر بار P چقدر است؟



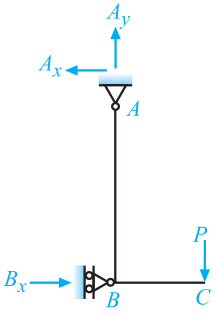
۱) $\frac{PL^3}{4EI}$

۲) $\frac{PL^3}{3EI}$

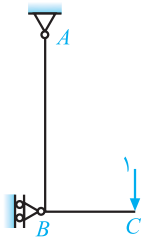
۳) $\frac{PL^3}{2EI}$

۴) $\frac{PL^3}{EI}$

حل: با توجه به بارگذاری وارد بر سازه، نقطهٔ C به سمت پایین جابه‌جا می‌شود. بنابراین با قراردادن بار واحد مجازی در نقطهٔ C به سمت پایین، داریم:



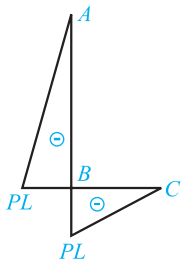
سازه تحت اثر بارگذاری حقیقی



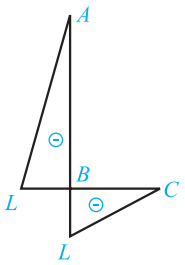
سازه تحت اثر بار واحد مجازی

معادلات تعادل سازه تحت اثر بارگذاری حقیقی:

$$\begin{cases} \sum F_y = 0 \Rightarrow A_y = P \uparrow \\ \sum M_B = 0 \Rightarrow A_x\times 2L = P\times L \Rightarrow A_x = \frac{P}{2} \leftarrow \\ \sum F_x = 0 \Rightarrow B_x = A_x = \frac{P}{2} \rightarrow \end{cases}$$



نمودار لنگر خمشی سازه تحت بارگذاری حقیقی



نمودار لنگر خمشی سازه تحت اثر بارگذاری واحد مجازی

رابطهٔ کار مجازی برای محاسبهٔ Δ_C:

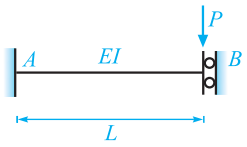
$$1\times\Delta_C=\int\frac{M(x)\,m(x)}{EI}dx=\frac{1}{EI}\int M(x)\,m(x)\,dx$$

$$\Delta_C=\frac{1}{EI}\left[\left(-\frac{1}{2}\times PL\times 2L\right)\times\left(-\frac{2}{3}\times L\right)+\left(-\frac{1}{2}\times PL\times L\right)\times\left(-\frac{2}{3}\times L\right)\right]=\frac{PL^3}{EI}$$

$$\Delta_C=\frac{PL^3}{EI}$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۲۳- شیب در وسط دهانه از تیر شکل زیر که تحت اثر بار P در تکیه‌گاه لغزندهٔ B قرار دارد، برابر با کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟



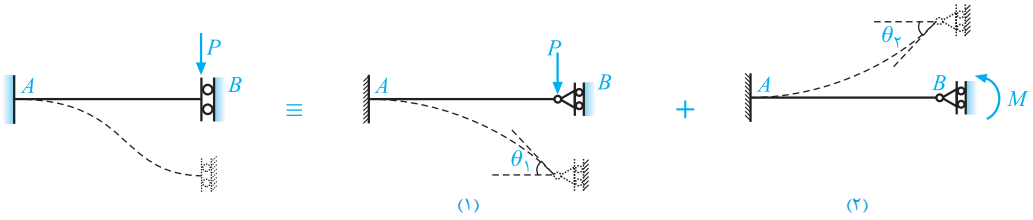
۱) $\frac{PL^2}{8EI}$

۲) $\frac{PL^2}{6EI}$

۳) $\frac{3PL^2}{8EI}$

۴) $\frac{PL^2}{4EI}$

حل: با در نظر گرفتن لنگر تکیه‌گاه B به‌عنوان مجهول اضافی، داریم:



با توجه به شکل (۱)، در اثر اعمال بار قائم P در نقطهٔ B، چرخش ساعتگرد θ_1 در گرهٔ B ایجاد می‌شود که مقدار آن معادل زاویهٔ چرخش انتهای یک تیر طره تحت همان بارگذاری می‌باشد:

$$\theta_1=\frac{PL^2}{2EI}$$

در شکل (۲)، در اثر اعمال لنگر متمرکز M در نقطهٔ B، زاویهٔ پادساعتگرد θ_2 در انتهای B ایجاد می‌شود که مقدار آن معادل زاویهٔ چرخش انتهای یک تیر طره تحت همان بارگذاری می‌باشد:

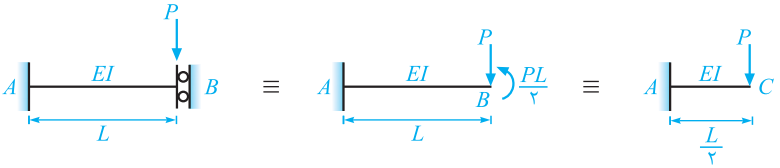
$$\theta_2=\frac{ML}{EI}$$

حال با توجه به اصل جمع در شکل‌های (۱) و (۲) و با توجه به این‌که مقدار شیب در نقطهٔ B در سازهٔ اصلی صفر است، شرط سازگاری را لحاظ می‌کنیم:

$$\theta_B=0\Rightarrow\theta_1+(-\theta_2)=0\Rightarrow\theta_1=\theta_2\ \text{(شرط سازگاری)}$$

$$\frac{PL^2}{2EI}=\frac{ML}{EI}\Rightarrow M=\frac{PL}{2}$$

با توجه به مشخص شدن مقدار لنگر در تکیه‌گاه B، عملاً سازه معین شده و برای محاسبهٔ شیب در وسط دهانه، برش و لنگر تکیه‌گاه B را به این نقطه منتقل کرده و از روابط تیر طره استفاده می‌کنیم:

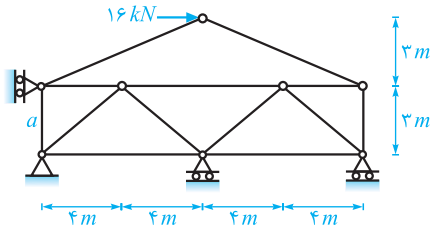


توجه کنید که با انتقال بار P به وسط دهانه، لنگر $\frac{PL}{۲}$ در جهت ساعتگرد در این نقطه ایجاد می‌شود که با لنگر پادساعتگرد $\frac{PL}{۲}$ در نقطهٔ B خنثی می‌شود.

$$\theta_C = \frac{PL^۲}{۲EI} = \frac{P(\frac{L}{۲})^۲}{۲EI} = \frac{PL^۲}{۸EI}$$

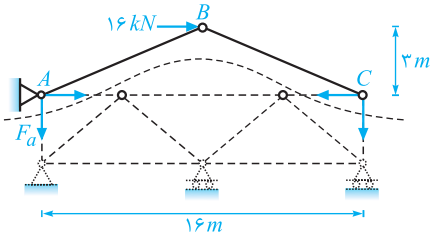
بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۲۴- نیروی محوری در عضو a از خرپای شکل زیر که تحت اثر بار $۱۶\,kN$ قرار دارد، برابر با کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟



۱) $۱\,kN$
۲) $۲\,kN$
۳) $۳\,kN$
۴) $۴\,kN$

حل: برای به‌دست آوردن نیروی عضو a، با استفاده از مقطع مقابل داریم:

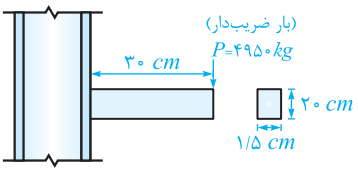


$$\sum M_C = ۰ \Rightarrow ۱۶\times۳ - F_a\times۱۶ = ۰ \Rightarrow F_a = ۳\,kN$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۲۵- با فرض اینکه تسمهٔ نشان داده شده در شکل زیر در کارخانه از هر دو طرف به وسیله جوش گوشه به ستون جوش داده شده باشد و در ضمن پس از انجام آزمایش‌های غیرمخرب جوش کاملاً مورد تأیید باشد، حداقل بعد جوش گوشه کدام‌یک از موارد زیر است؟ (نوع الکترود $E۶۰$ است)

(ویرایش سؤال)

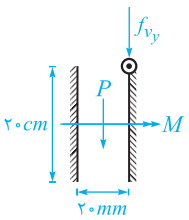


۱) $D = ۶\,mm$
۲) $D = ۸/۵\,mm$
۳) $D = ۱۰\,mm$
۴) $D = ۱۲\,mm$

حل: با انتقال نیروی P به محل جوش، جوش موردنظر تحت اثر برش و لنگر خمشی قرار می‌گیرد که نیروی برشی P در جوش تولید تنش برشی f_{v_y} و لنگر خمشی M در جوش، تنش کششی (f_b) را ایجاد می‌کند:

$$M = P\times۰/۳ = ۴/۹۵\times۰/۳ = ۱/۴۸۵\,ton.m \quad , \quad f_{v_y} = \frac{P}{A_w} = \frac{۴۹۵۰}{۲\times۲۰\times۱} = ۱۲۳/۷۵\,kg/cm$$

M تنش کششی ایجاد شده ناشی از لنگر خمشی : $f_b = \frac{Mc}{I} = \frac{۱/۴۸۵\times۱۰^۵\times۱۰}{۲\times\frac{۱}{۱۲}\times۱\times۲۰^۳} = ۱۱۱۳/۷۵\ \ kg/cm$



$$f_{tot} = \sqrt{۱۲۳/۷۵^۲ + ۱۱۱۳/۷۵^۲} = ۱۱۲۰/۵\,kg/cm$$

در ادامه با استفاده از ارزش نهایی جوش گوشه که براساس ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۲-۴ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲ به‌دست می‌آید، داریم:

$$۱۱۲۰/۵ = R_{uw} = \phi\beta F_{mw}\,t_e = ۰/۷۵\times\boxed{۱}\times۰/۶\times۴۲۰۰\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}D = ۱۳۳۶\,D \Rightarrow D = ۰/۸۴\,cm \simeq ۸/۵\,mm$$

کنترل جوش با تست غیر مخرب است.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۲۶- فرض کنید می‌خواهیم یک ورق فولادی با ضخامت $1cm$ را در هنگام ساخت با اعمال نیرو در دمای محیط خم کنیم. در این صورت حداقل شعاع انحناء خم کردن چند سانتی‌متر باید باشد؟ (روش کار به‌گونه‌ای است که) فرورفتگی‌ها و تمرکز تنش‌های موضعی حداقل مقدار است.) (تغییر سؤال)

۱) $12cm$ ۲) $25cm$ ۳) $50cm$ ۴) $10cm$

حل: با توجه به بند ۱۱-۱-۸-۱-۴۷ از مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان داریم:

اعمال نیرو در دمای محیط برای خم کردن در صورتی مجاز است که شعاع انحناء خم برابر یا بزرگتر از مقادیر زیر باشد:

۱) **ورق‌ها:** ۲۵ برابر ضخامت ورق

۲) **ناودانی‌ها و سپری‌ها:** ۲۵ برابر ارتفاع نیمرخ در صورتی‌که خم در صفحه جان نیمرخ قرار گیرد و یا ۲۵ برابر عرض بال نیمرخ در صورتی‌که خم در صفحه بال نیمرخ قرار گیرد.

۳) **نبشی‌ها:** ۴۵ برابر عرض بالی از نیمرخ که در صفحه خم قرار می‌گیرد.

ضمناً روش کار باید به‌گونه‌ای باشد که فرورفتگی‌ها و یا تمرکز تنش‌های موضعی یا تغییر مقطع عضو به حداقل برسد.

با توجه به مورد (۱)، حداقل شعاع انحناء خم کردن باید ۲۵ برابر ضخامت ورق یعنی $25cm$ باشد.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۲۷- چنانچه ستون با اطلاعات زیر در یک قاب مهارشده (در هر دو راستا) بوده و ضریب لاغری حداکثر آن برابر $4/71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد، با توجه به اطلاعات زیر، حداقل ممان‌اینرسی ستون چه مقدار است؟ $(L=6\,m\ ,\ P_u=100000\,kg\ ,\ F_y=2400\,kg/cm^2)$ (ویرایش سؤال)

۱) $2308\,cm^4$ ۲) $3340cm^4$ ۳) $4340\,cm^4$ ۴) $5340\,cm^4$

حل: با توجه به صورت سؤال، قاب مهار شده می‌باشد، بنابراین مقدار حداکثر ضریب K برای آن برابر یک می‌باشد.

$$K=1 \Rightarrow \lambda=\frac{KL}{r}=\frac{1\times600}{r}=\frac{600}{r}$$

$$\frac{600}{r}=4/71\sqrt{\frac{E}{F_y}}=4/71\sqrt{\frac{2\times10^6}{2400}}=136 \Rightarrow r=4/41\,cm\ (I)$$

در ادامه با استفاده از ضوابط بند ۱۰-۲-۴-۴ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲، داریم:

$$F_e=\frac{\pi^2E}{(\frac{KL}{r})^2}=\frac{\pi^2\times(2\times10^6)}{(\frac{600}{4/41})^2}=1066\,kg/cm^2$$

$$F_{cr}=\left[0/658^{\frac{F_y}{F_e}}\right]F_y=\left[0/658^{\frac{2400}{1066}}\right]\times2400 \Rightarrow F_{cr}\simeq936\,kg/cm^2$$

محاسبهٔ کمترین مساحت : $P_u=0/9P_n=0/9F_{cr}A_g \Rightarrow 100000=0/9\times936A_g \Rightarrow A_g=118/7\,cm^2$

$$r=\sqrt{\frac{I}{A}} \Rightarrow r^2=\frac{I}{A} \Rightarrow I=r^2\times A \Rightarrow I=4/41^2\times118/7=2308\,cm^4$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۲۸- در اعضای فشاری مرکب با بست‌های موازی و چپ و راست کدام‌یک از موارد زیر نادرست می‌باشد؟

۱) ضریب لاغری بست‌های مورب ضربدری در اعضای فشاری مرکب نباید از ۲۰۰ بیشتر شود.

۲) ضریب لاغری بست‌های مورب تکی در اعضای فشاری مرکب تکی نباید از ۱۴۰ بیشتر شود.

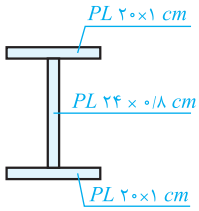
۳) ضریب لاغری تک‌نیمرخ در اعضای فشاری مرکب با بست‌های موازی در فاصله بین دو بست نباید از $\frac{2}{3}$ ضریب لاغری تعیین کننده کلی عضو بیشتر شود.

۴) ضریب لاغری تک‌نیمرخ در اعضای فشاری مرکب با بست‌های چپ و راست در فاصله بین نقاط اتصال بست‌ها نباید از $\frac{3}{4}$ ضریب لاغری تعیین‌کننده کلی عضو بیشتر شود.

حل: براساس موارد (الف) و (ج-۵) که در بند ۱۰-۲-۴-۷-۲ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲ آورده شده است، عبارات گفته شده در گزینه‌های (۱)، (۲) و (۴) صحیح و عبارت گزینهٔ (۳) نادرست می‌باشد.

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۲۹- اساس مقطع پلاستیک مقطع شکل مقابل چه مقدار است؟



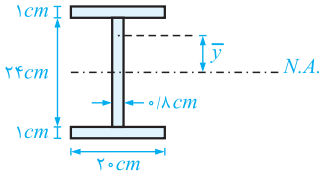
۱) $۶۱۵/۲\ cm^۳$

۲) $۷۱۵/۲\ cm^۳$

۳) $۸۱۵/۲\ cm^۳$

۴) $۹۱۵/۲\ cm^۳$

● حل: با توجه به متقارن بودن مقطع، تار خنثی در وسط ارتفاع آن قرار دارد:

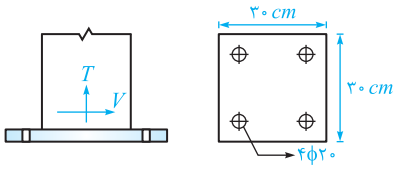


$$\bar{y}=\frac{۲۰\times۱\times۱۲/۵+۱۲\times۰/۸\times۶}{\underbrace{۲۰\times۱+۱۲\times۰/۸}_{\frac{A}{۲}}}$$

$$Z_p=\frac{M_p}{F_y}=\frac{\frac{A}{۲}\times۲\bar{y}\times F_y}{F_y}\Rightarrow Z_p=۲\times(۲۰\times۱\times۱۲/۵+۱۲\times۰/۸\times۶)=۶۱۵/۲\ cm^۳$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۳۰- با فرض اینکه اتصال اتکایی شکل زیر تحت اثر عمل مشترک برش و کشش بوده و وسیلهٔ اتصال از نوع دندانه شده انتخاب شده باشد که در آن سطح برش از قسمت دندانه شده بگذرد و F_u برای وسیلهٔ اتصال $۴۲۰۰\ kg/cm^۲$ باشد، درصورتی‌که بر این اتصال در حالت نهایی نیروی کششی به میزان $T_u=۱۰۰۰۰\ kg$ وارد شود، حداکثر نیروی برشی که می‌توان به‌صورت همزمان در حالت نهایی بر این اتصال وارد کرد تقریباً چقدر است؟



(ویرایش سؤال)

۱) $V_u=۱۵۰۰۰\ kg$

۲) $V_u=۱۱۱۰۰\ kg$

۳) $V_u=۱۰۰۰۰\ kg$

۴) $V_u=۱۷۱۵۰\ kg$

● حل: اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اتکایی، براساس بند ۱۰-۲-۹-۳-۴ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲ تعیین می‌شود. در صورتی‌که مقاومت کششی طرح به اندازهٔ نیروی کششی نهایی باشد، می‌توان مقدار موردنیاز تنش کششی اسمی را تعیین کرد:

$$R_{ut}=۰/۷۵\,F'_{nt}\,A_b\xrightarrow{R_{ut}=T_u=۱۰۰۰kg}۱۰۰۰=۰/۷۵\times F'_{nt}\times(۴\times\frac{\pi\times۲^۲}{۴})\Rightarrow F'_{nt}=۱۰۶۱\ kg/cm^۲$$

در ادامه با استفاده از مقدار به‌دست آمده که نشان دهندهٔ حداقل تنش کششی اسمی موردنیاز است، می‌توان حداکثر تنش برشی موجود را تعیین کرد:

$$\underbrace{F'_{nt}}_{\text{مقدار حداقل}}=F_{nt}\,(۱/۳-\frac{\overbrace{f_{uv}}^{\text{مقدار حداکثر}}}{\phi F_{nv}})\le F_{nt}\qquad(۱)$$

از طرفی مقادیر F_{nt} و F_{nv} که برای حالت نیروی کششی و نیروی برشی تنها هستند را می‌دانیم (بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ از مبحث دهم) و در ادامه براساس رابطهٔ (۱) داریم:

$$F_{nt}=۰/۷۵\,F_u=۰/۷۵\times۴۲۰۰=۳۱۵۰\ kg/cm^۲$$

$$F_{nv}=۰/۴۵\,F_u=۰/۴۵\times۴۲۰۰=۱۸۹۰\ kg/cm^۲$$

$$\text{رابطهٔ (۱)}\Rightarrow ۱۰۶۱=۳۱۵۰\times(۱/۳-\frac{f_v}{۰/۷۵\times۱۸۹۰})\Rightarrow f_v\simeq۱۳۶۵\ kg/cm^۲$$

مقدار به‌دست آمده نشان‌دهندهٔ حداکثر تنش برشی است که می‌توان همزمان با نیروی کششی $T_u=۱۰۰۰۰\ kg$ بر اتصال وارد شود. بنابراین نیروی برشی نهایی که توسط اتصال قابل تحمل می‌باشد، برابر است با:

$$\text{نیروی برشی نهایی}=\text{تنش برشی حداکثر}\times\text{سطح مقطع}\Rightarrow V_u=f_v\,A_b=۱۳۶۵\times(۴\times\frac{\pi\times۲^۲}{۴})\simeq۱۷۱۵۰\ kg$$

بنابراین گزینهٔ (۴) صحیح است.

۳۱- کدام یک از عوامل زیر منجر به خستگی (*Fatigue*) در سازه‌های فولادی نمی‌شود؟

۱) اعمال بارهای متناوب با دامنهٔ متغیر

۲) اعمال بارهای استاتیکی در درجه حرارت بالا

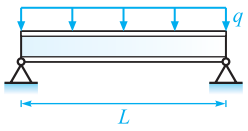
۳) اعمال بارهای متناوب با دامنهٔ ثابت و درجه حرارت بالا

۴) اعمال بارهای استاتیکی در درجه حرارت متغیر

حل: مطابق یادداشت جدول ۱۰-۱-۲-۱ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲، در مواردی که سازه تحت اثر بارگذاری تکرارشونده قرار دارد، اعضاء و اتصالات سازه باید به نحوی طراحی شوند که در مقابل خستگی مقاومت نمایند. از سوی دیگر به ندرت لازم می‌شود اعضاء و اتصالات ساختمان‌های معمولی برای خستگی محاسبه شوند زیرا تعداد نوسان بارها و تغییرات مقدار تنش‌های مربوط معمولاً کوچک است. اثر باد و زلزله هم در این گروه وارد نمی‌شود، زیرا تعداد تکرار آنها کم است. با این وجود اعضایی که بارهای جرثقیل و یا ماشین‌ها و وسایل متحرک را تحمل می‌کنند و دیگر اعضایی که احتمال ضعف در اثر خستگی برای آنها وجود دارد، باید در مقابل خستگی محاسبه شوند. اما در این سؤال باید بدانیم که اعمال بارهای استاتیکی چه در درجه حرارت بالا و چه در درجه حرارت پایین در سازه نوسان و ارتعاش ایجاد نکرده و در نتیجه ایجاد خستگی نمی‌کنند. دقت شود که در گزینهٔ (۴)، تغییر درجه حرارت خود عاملی است که ممکن است باعث خستگی شود.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۳۲- در تیر شکل زیر که تحت اثر بار مرده و زنده برابر با q قرار گرفته است، به‌منظور کنترل افتادگی در تیر، کدام‌یک از روابط زیر باید رعایت شود؟



۱) $\frac{qL^3}{EI} < ۰/۲۱$
۲) $\frac{qL^3}{EI} < ۰/۳۲$
۳) $\frac{qL^4}{EI} < ۰/۲۱$
۴) $\frac{qL^4}{EI} < ۰/۳۲$

حل: از تحلیل سازه‌ها می‌دانیم که خیز حداکثر برای یک تیر دو سر مفصل تحت اثر بارگذاری یکنواخت برابر است با:

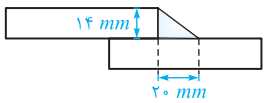
$$\Delta_{max} = \frac{۵qL^4}{۳۸۴EI}$$

براساس بند ۱۰-۲-۱۰-۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲، به‌منظور کنترل افتادگی تیر تحت اثر بار مرده و زنده باید $\Delta < \frac{L}{۲۴۰}$ باشد، بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta < \frac{L}{۲۴۰} \Rightarrow \frac{۵qL^4}{۳۸۴EI} < \frac{L}{۲۴۰} \Rightarrow \frac{qL^3}{EI} < \frac{۳۸۴}{۲۴۰\times۵} = ۰/۳۲$$

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۳۳- چنانچه در اتصال پوششی دو قطعه، جوشی با شکل زیر درنظر گرفته شود، ضخامت مؤثر گلوگاه (t_e) باید برابر کدام‌یک از مقادیر زیر درنظر گرفته شود؟



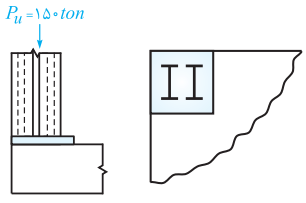
۱) $t_e = ۱۰ mm$
۲) $t_e = ۱۱/۵ mm$
۳) $t_e = ۱۲/۵ mm$
۴) $t_e = ۱۴ mm$

حل: در جوش گوشه با ساق‌های نامساوی a_1 و a_2، مقدار t_e به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$t_e = \frac{a_1 a_2}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} = \frac{۱۴\times۲۰}{\sqrt{۱۴^2 + ۲۰^2}} = ۱۱/۵ mm$$

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

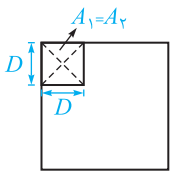
۳۴- برای ستون نشان داده شده در شکل، حداقل ابعاد ورق کف‌ستون روی تکیه‌گاه بتنی چقدر می‌باشد؟ ($F_y = ۴۰۰۰ kg/cm^2$ و $f'_c = ۲۰۰ kg/cm^2$)



(ویرایش سؤال)

۱) $۳۵\times۳۵ cm$
۲) $۴۰\times۴۰ cm$
۳) $۴۵\times۴۵ cm$
۴) $۵۰\times۵۰ cm$

حل: برای تعیین ابعاد ورق کف ستون، براساس ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۸ قسمت پ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲، داریم:



$$P_p = ۰/۸۵ f_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le ۱/۷ f_c A_1 = ۰/۸۵\times۲۰۰\times A_1\times۱ = ۱۷۰ A_1$$

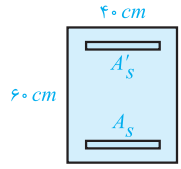
$$P_u \le \phi_c P_p = ۰/۶۵ P_p \Rightarrow ۱۵۰\times۱۰^3 \le ۰/۶۵\times۱۷۰ A_1 \Rightarrow A_1 \ge ۱۳۵۷/۵ cm^2$$

$$\xrightarrow{A = D\times D = D^2} D^2 \ge ۱۳۵۷/۵ \Rightarrow D \ge ۳۶/۸ cm \Rightarrow Use\ PL\ ۴۰\times۴۰ cm$$

بنابراین می‌توان از کف ستون ۴۰×۴۰ سانتی‌متر استفاده کرد.

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۳۵- در یک تیر بتن آرمه به ابعاد $۴۰\times۶۰\,cm$ فاصلهٔ محور خنثی تا دورترین تار کششی مقطع در مقطع معادل از بتن برابر $۲۹/۳\,cm$ و $I_g = ۹/۰۵\times۱۰^۵\,cm^۴$ است. لنگر خمشی ترک خوردگی (M_{cr}) این تیر چقدر است؟ $(f_c = ۲۰۰\,kg/cm^۲\ ,\ f_y = ۴۰۰۰\,kg/cm^۲)$



۱) $M_{cr} = ۸/۷\,ton.m$
۲) $M_{cr} = ۶/۵\,ton.m$
۳) $M_{cr} = ۹/۳\,ton.m$
۴) $M_{cr} = ۵/۵\,ton.m$

حل: مطابق رابطهٔ (۹-۱۷-۳) مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲، مدول گسیختگی بتن بصورت زیر محاسبه می‌شود:

بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) و سنگدانه‌های درشت معمولی (شن) $\lambda = ۱$ ، $f_r = ۰/۶\,\lambda\sqrt{f_c}\ (MPa) \overset{\text{یا}}{\Rightarrow} f_r = ۱/۹\,\lambda\sqrt{f_c}\ (kg/cm^۲)$

$$f_r = ۱/۹\times\sqrt{۲۰۰} = ۲۶/۸۷\ kg/cm^۲$$

مقدار لنگر ترک‌خوردگی برابر است با:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} = \frac{f_r I_g}{h-\bar{x}} \Rightarrow M_{cr} = \frac{۲۶/۸۷\times۹/۰۵\times۱۰^۴}{۲۹/۳} = ۸۲۹۹۴۴\ kg.cm \simeq ۸/۳ton.m$$

$\bar{x}$: فاصلهٔ محور خنثی نسبت به دورترین تار فشاری بتن ، y_t: فاصلهٔ دورترین تار کششی مقطع از محور خنثی

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۳۶- ابعاد مقطع یک ستون کوتاه ۵۰×۵۰ سانتی‌متر است. اگر این ابعاد ده درصد افزایش یابد و درصد فولاد آن برابر با یک درصد ثابت بماند، حداکثر ظرفیت بار محوری ستون چند درصد افزایش خواهد یافت؟ $(f_c = ۲۰۰\,kg/cm^۲\ ,\ f_y = ۴۰۰۰\,kg/cm^۲)$

۱) حدود ۱۵٪ ۲) حدود ۳۰٪ ۳) حدود ۲۱٪ ۴) حدود ۱۲٪

حل: برای پاسخ به این تست جالب، به موارد زیر توجه کنید:

۱- اگر ابعاد ستون هر یک ۱۰ درصد افزایش یابد، مساحت مقطع ستون ۲۱ درصد افزایش می‌یابد:

$$\begin{cases} b' = b + \frac{۱۰}{۱۰۰}b = b + ۰/۱b = ۱/۱b \\ h' = h + \frac{۱۰}{۱۰۰}h = h + ۰/۱h = ۱/۱h \end{cases} \Rightarrow A'_g = b'h' = ۱/۲۱bh$$

۲- با توجه به ثابت ماندن درصد فولاد موجود در ستون، اگر مساحت مقطع ستون ۱/۲۱ برابر شود، میزان فولاد موجود در مقطع نیز ۱/۲۱ برابر می‌شود.

$$\rho = \frac{A_{s_{کل}}}{A_g} \Rightarrow A_{s_{کل}} = \rho\, A_g$$

($A_{s_{کل}}$: ۱/۲۱ برابر، ρ: ثابت، A_g: ۱/۲۱ برابر)

۳- با توجه به رابطهٔ زیر اگر A_g و $A_{s_{کل}}$ هر دو ۱/۲۱ برابر شوند، هر دو عبارت موجود در رابطه نیز ۱/۲۱ برابر شده و ظرفیت فشاری خالص ستون نیز ۱/۲۱ برابر می‌شود و این موضوع یعنی ظرفیت فشاری خالص ستون ۲۱ درصد افزایش می‌یابد.

$$N_{r_۰} = \alpha_۱\,\varphi_c f_c\,(A_g - A_{s_{کل}}) + \varphi_s f_y A_{s_{کل}} \Rightarrow N_{r_۰}$$ ، ۲۱ درصد افزایش می‌یابد.

($N_{r_۰}$: ۱/۲۱ برابر، $(A_g - A_{s_{کل}})$: ۱/۲۱ برابر، $A_{s_{کل}}$: ۱/۲۱ برابر)

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۳۷- در مورد تیرچه‌های بتنی، کدام‌یک از جمله‌های زیر صحیح است؟

۱) عرض تیرچه‌ها نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.
۲) عرض تیرچه‌ها نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از دو و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.
۳) عرض تیرچه‌ها نباید کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.
۴) عرض تیرچه‌ها نباید کمتر از ۱۲۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از دو و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

حل: مطابق بند ۹-۱۴-۶-۲-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۲، عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آن نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آن باشد.

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.