

کد کنترل

493

F



آزمون (نیمه متمرکز) ورود به دوره های دکتری - سال ۱۴۰۲

دفترچه شماره (۱)

صبح پنجشنبه
۱۴۰۱/۱۲/۱۱



«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می شود.»
امام خمینی (ره)

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان سنجش آموزش کشور

مهندسی عمران - زلزله (کد ۲۳۰۸)

زمان پاسخ گویی: ۱۳۵ دقیقه

تعداد سؤال: ۴۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	مجموعه دروس تخصصی: - مکانیک جامدات (مقاومت مصالح - تحلیل سازه ها) - دینامیک سازه - دینامیک خاک	۴۵	۱	۴۵

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می باشد و یا متخلفین برابر مقررات رفتار می شود.

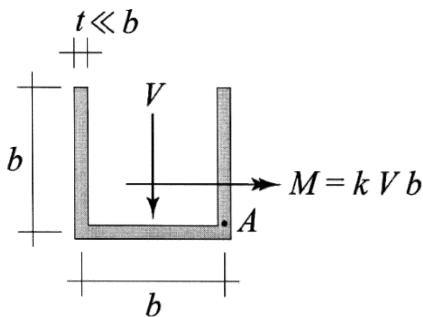
* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول زیر، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب با شماره داوطلبی با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره صندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی جلد دفترچه سؤالات و پایین پاسخنامه ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

مجموعه دروس تخصصی: مکانیک جامدات (مقاومت مصالح - تحلیل سازه‌ها) - دینامیک سازه - دینامیک خاک:

۱- بزرگ‌ترین مقدار اصلی تنش در نقطه A، چند برابر $\frac{V}{bt}$ است؟



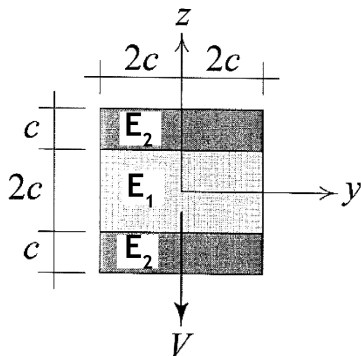
(۱) $\frac{1}{2}(k + \sqrt{1+k^2})$

(۲) $\frac{3}{4}(k + \sqrt{1+k^2})$

(۳) $\frac{1}{2}(k + \sqrt{4+k^2})$

(۴) $\frac{3}{4}(k + \sqrt{4+k^2})$

۲- در تیر مرکب نشان داده شده $E_2 = 2E_1$ است. مقطع تحت تأثیر نیروی برشی V قرار دارد. نسبت بزرگ‌ترین تنش برشی τ_{xz} پدیدآمده در ناحیه تیره رنگ (ناحیه ۲) به بیشینه مقدار همین مؤلفه تنش که در کل مقطع ایجاد می‌شود، کدام است؟



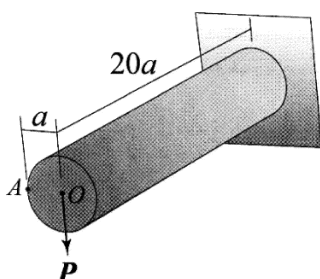
(۱) $\frac{3}{8}$

(۲) $\frac{3}{7}$

(۳) $\frac{3}{4}$

(۴) $\frac{6}{7}$

۳- استوانه نشان داده شده توخالی و از ماده‌ای با نسبت پواسون $\nu = \frac{1}{3}$ ساخته شده است. اگر بار P به جای نقطه O



در نقطه A اعمال شود، جابه‌جایی نقطه محل اثر بار (با صرف‌نظر از اثر نیروی برشی) چند درصد افزایش می‌یابد؟

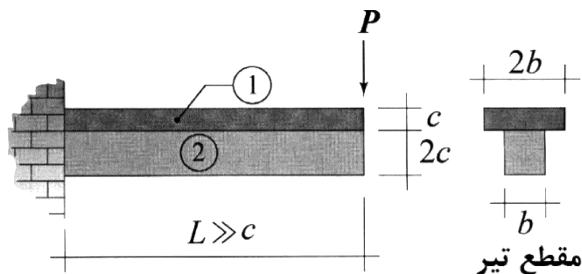
(۱) ۰٫۳۷۵

(۲) ۰٫۷۵

(۳) ۱

(۴) ۲

۴- در تیر نشان داده شده، در سطح تماس بین ناحیه ۱ و ۲ امکان لغزش بدون اصطکاک وجود دارد، البته بدون اینکه هیچ جدایش عمودی در آن سطح رخ دهد. نسبت بزرگترین تنش خمشی پدیدآمده در ناحیه ۱ به بزرگترین تنش خمشی ایجادشده در ناحیه ۲ تحت بارگذاری نشان داده شده کدام است؟ (فرض شود بین مدول یانگ این دو ناحیه رابطه $E_1 = 2E_2$ برقرار است).



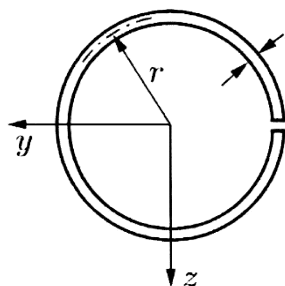
۲ (۱)

۱ (۲)

$\frac{1}{2}$ (۳)

$\frac{1}{4}$ (۴)

۵- فاصله مرکز برش حلقه جدار نازک باز نشان داده شده تا مرکز آن حلقه، چه ضریبی از شعاع حلقه است؟



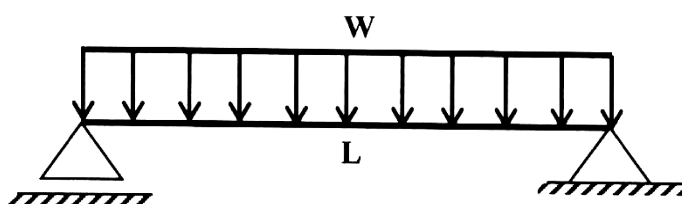
$\frac{1}{5}$ (۱)

۲ (۲)

$\frac{2}{5}$ (۳)

۳ (۴)

۶- در تیر شکل زیر، مقدار شدت بار W چه ضریبی از $\frac{a^3 \times \sigma_y}{L^2}$ باشد تا در وسط دهانه، 50% درصد از مقطع تیر وارد ناحیه پلاستیک گردد؟ (تنش تسلیم مصالح σ_y فرض گردد).



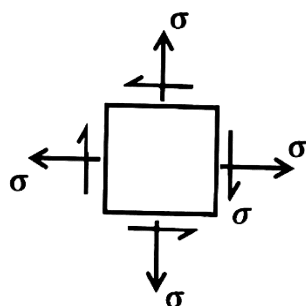
$\frac{11}{3}$ (۱)

$\frac{11}{6}$ (۲)

$\frac{11}{8}$ (۳)

$\frac{11}{24}$ (۴)

۷- المان تنش مسطح شکل زیر چه مقدار دوران نماید تا نسبت تنش عمودی در دو صفحه متعامد دوران داده شده برابر با ۳ شود؟



$\frac{1}{2} \sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right)$ (۱)

$\frac{1}{2} \sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$ (۲)

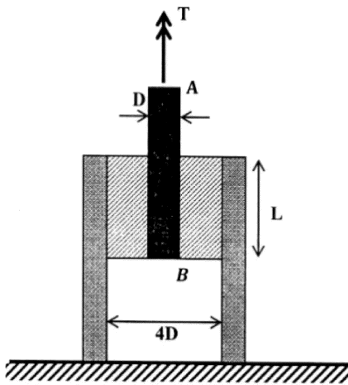
$\sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right)$ (۳)

$\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$ (۴)

پی اچ دی تست؛ نخستین وب سایت تخصصی آزمون دکتری

۸- در شکل زیر یک حلقه لاستیکی با مدول برشی G ، قطعه صلب مدور AB به قطر D را به قطعه استوانه‌ای صلب

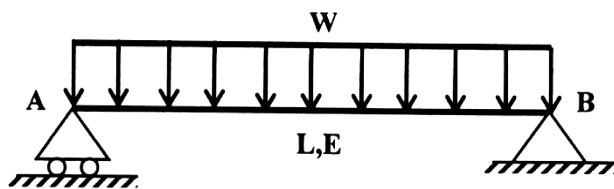
دیگری با قطر داخلی $4D$ متصل کرده است. زاویه پیچش قطعه AB چه ضربی از $\frac{T}{\pi L G D^2}$ است؟



- (۱) $\frac{15}{2}$
 (۲) $\frac{15}{4}$
 (۳) $\frac{15}{8}$
 (۴) $\frac{15}{16}$

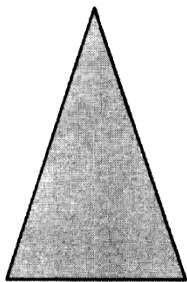
۹- مقطع تیر شکل زیر دارای ارتفاع ثابت h است و پهنای آن از صفر در تکیه‌گاه A به صورت خطی تا b_0 در تکیه‌گاه

B تغییر می‌کند. شیب منحنی تغییر شکل تیر در تکیه‌گاه B چه ضربی از $\frac{WL^3}{Eb_0h^3}$ است؟



- (۱) ۲
 (۲) $1/5$
 (۳) ۱
 (۴) $0/5$

۱۰- در مقطع شکل زیر، نسبت لنگر خمشی تسلیم مقطع به لنگر خمشی تمام پلاستیک آن کدام است؟



- (۱) $\frac{2-\sqrt{2}}{8}$
 (۲) $\frac{2-\sqrt{2}}{4}$
 (۳) $\frac{2+\sqrt{2}}{8}$
 (۴) $\frac{2+\sqrt{2}}{4}$

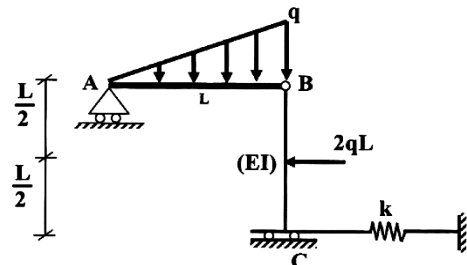
۱۱- لنگرهای گیرداری یک تیر به طول 4 m و صلبیت خمشی EI تحت لنگر خمشی گسترده یکنواخت به شدت

$30 \frac{\text{kN.m}}{\text{m}}$ چند kN.m است؟

- (۱) صفر (۲) ۱۵ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

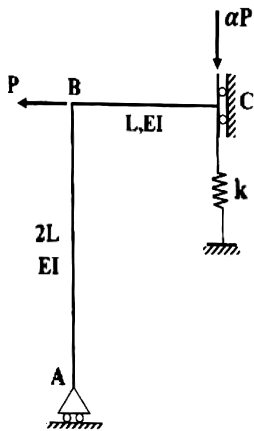
۱۲- در سازه شکل زیر، مقدار سختی فنر (k) چه ضربی از $\frac{EI}{L^3}$ باشد تا انرژی ارتجاعی خمشی این سازه به ۳ برابر

مقدار حداقل خود برسد؟ (میله AB صلب است.)



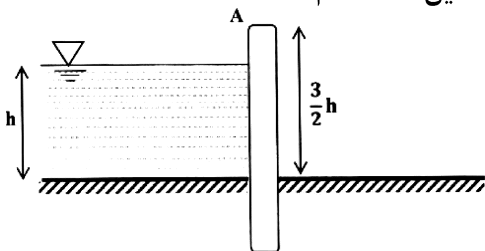
- (۱) ۳
 (۲) ۶
 (۳) ۱۲
 (۴) ۱۸

۱۳- اگر در سازه زیر تغییر مکان تکیه‌گاه غلتکی A برابر با $\frac{PL^3}{9EI}$ باشد، نیروی فنر به سختی $k = \frac{2EI}{L^3}$ کدام است؟



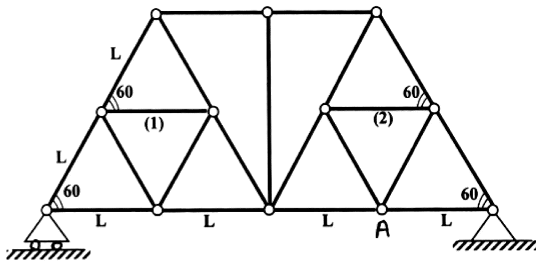
- (۱) $\frac{P}{27}$
 (۲) $\frac{2P}{27}$
 (۳) $\frac{P}{9}$
 (۴) $\frac{4P}{27}$

۱۴- مطابق با شکل زیر، یک دیوار به ارتفاع $\frac{3}{2}h$ و عرض واحد با صلبیت خمشی EI تحت فشار جانبی آب به ارتفاع h و وزن مخصوص γ قرار دارد. نسبت تغییر مکان افقی انتهای دیوار (A) به دوران همین نقطه کدام است؟



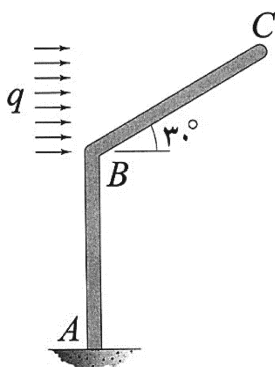
- (۱) $0.6h$
 (۲) h
 (۳) $1/2 h$
 (۴) $1/3 h$

۱۵- اگر در خرپای زیر دمای میله‌های (۱) و (۲) به مقدار ΔT کاهش یابد. آنگاه تغییر مکان قائم گره A کدام است؟ (تمام میله‌های خرپا مشابه و دارای ضریب انبساط حرارتی α هستند.)



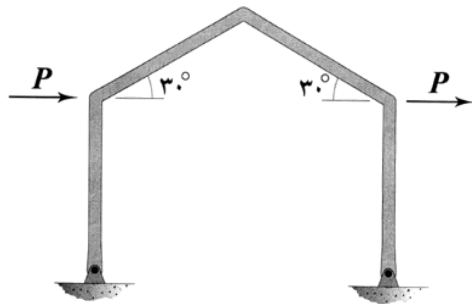
- (۱) صفر
 (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3} \alpha \Delta T L$
 (۳) $\frac{2\sqrt{3}}{3} \alpha \Delta T L$
 (۴) $\sqrt{3} \alpha \Delta T L$

۱۶- اگر انرژی ارتجاعی خمشی ذخیره‌شده در عضو BC را با W_{BC} نشان دهیم، در آن صورت $\frac{dW_{BC}}{dq}$ چند برابر است؟ (طول هر دو عضو و صلبیت خمشی آنها به ترتیب برابر با L و EI است.)



- (۱) $\frac{1}{80}$
 (۲) $\frac{1}{160}$
 (۳) $\frac{1}{320}$
 (۴) $\frac{1}{640}$

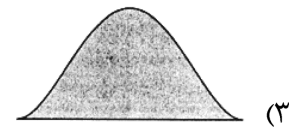
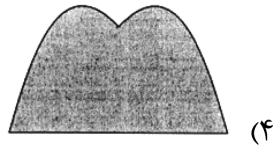
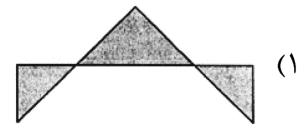
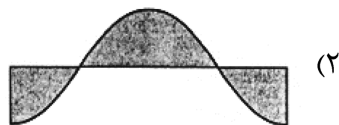
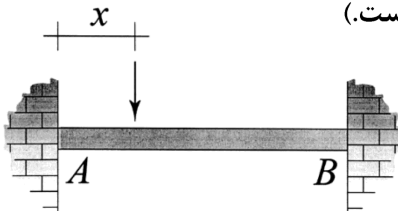
۱۷- در قاب شکل زیر، تمامی اعضا دارای طول L و صلبیت خمشی EI هستند. میزان تغییر مکان افقی قاب چند برابر



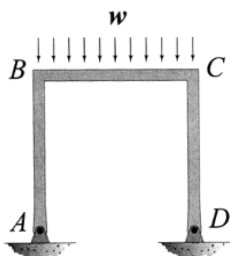
است؟ $\frac{PL^3}{EI}$ (تکیه‌گاه‌های قاب مفصلی هستند.)

- (۱) $\frac{1}{3}$
 (۲) $\frac{2}{3}$
 (۳) $\frac{4}{3}$
 (۴) $\frac{8}{3}$

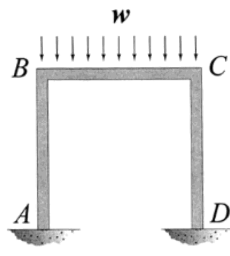
۱۸- نمودار تغییرات لنگر خمشی بیشینه ایجاد شده در تیر AB به‌ازای عبور باری متمرکز بر روی آن از A تا B در کدام گزینه به‌درستی نشان داده شده است؟ (متغیر x معرف محل اثر بار مذکور است.)



۱۹- نسبت دوران ایجاد شده در گره B در حالتی که تکیه‌گاه‌های A و D گیردار باشند. (شکل الف) در قیاس با حالتی که هر دوی این تکیه‌گاه‌ها مفصلی باشند (شکل ب)، کدام است؟ (طول اعضای قاب و صلبیت خمشی آنها با هم برابر است.)



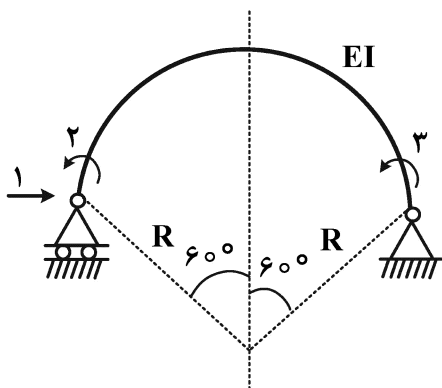
شکل ب



شکل الف

- (۱) $\frac{1}{2}$
 (۲) $\frac{3}{4}$
 (۳) $\frac{5}{6}$
 (۴) $\frac{7}{8}$

۲۰- در شکل زیر که شامل یک عضو دایروی با زاویه مرکزی 120° درجه است، مؤلفه نرمی f_{11} چند برابر $\frac{R^3}{EI}$ است؟



(شعاع R در مقابل ارتفاع مقطع عضو خیلی بزرگ است.)

(۱) $\frac{2\pi - 3\sqrt{3}}{4}$

(۲) $\frac{\pi - \sqrt{3}}{4}$

(۳) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

(۴) $\frac{\pi - \sqrt{3}}{2}$

۲۱- در یک سیستم دینامیکی یک درجه آزادی، دامنه پاسخ بعد از دو سیکل کامل نصف می‌شود. نسبت میرایی سیستم کدام است؟

(۱) $\frac{\ln(2)}{4\pi}$

(۲) $\frac{\ln(2)}{2\pi}$

(۳) $\frac{\ln(2)}{\pi}$

(۴) $\frac{2\ln(2)}{\pi}$

۲۲- در روش عددی گام به گام تحلیل دینامیکی یک سازه معادل یک درجه آزادی، با فرض شتاب ثابت ابتدای گام زمانی در طول گام، اگر U_i ، \dot{U}_i و \ddot{U}_i به ترتیب، تغییر مکان، سرعت و شتاب در ابتدای گام زمانی (Δt) باشند، تغییر مکان در انتهای گام (U_{i+1}) کدام است؟

(۱) $2U_i + (\Delta t)\dot{U}_i + \frac{(\Delta t)^2}{2}\ddot{U}_i$

(۲) $2U_i + (\Delta t)\dot{U}_i + \left(\frac{\Delta t}{2}\right)^2\ddot{U}_i$

(۳) $U_i + (\Delta t)\dot{U}_i + \frac{(\Delta t)^2}{2}\ddot{U}_i$

(۴) $U_i + (\Delta t)\dot{U}_i + \left(\frac{\Delta t}{2}\right)^2\ddot{U}_i$

۲۳- در تحلیل عددی دینامیکی سازه‌ها با رفتار غیرخطی، حداکثر تغییر مکان سازه در فرایند محاسبات گام به گام، بر چه اساسی مشخص می‌شود؟

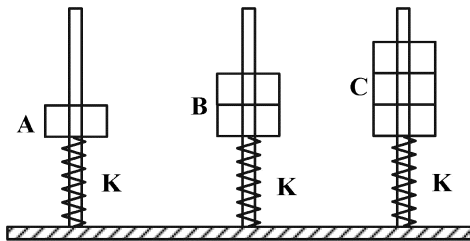
(۲) حداقل کردن سختی

(۱) صفر شدن میرایی

(۴) تغییر علامت سرعت

(۳) افزایش زمان گام

۲۴- در اثر ارتعاش هارمونیک پایه، اگر جابه‌جایی پایه در وزنه A برابر با ۴۰ و در وزنه B برابر با ۶۰ میلی‌متر باشد، جابه‌جایی پایه در وزنه C چند میلی‌متر است؟



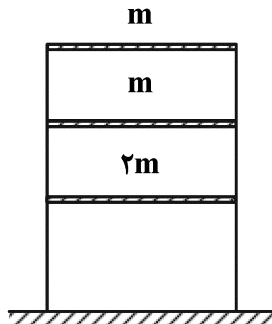
(۱) ۸۰

(۲) ۹۰

(۳) ۱۰۰

(۴) ۱۲۰

۲۵- اگر موده‌های زیر برای سازه ۳ طبقه نمایش داده شده باشد، در این صورت مقادیر a و b به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟



$$\{\phi_1\} = \begin{Bmatrix} 0.2 \\ 0.5 \\ 1.0 \end{Bmatrix}, \{\phi_2\} = \begin{Bmatrix} a \\ 0.4 \\ 1.0 \end{Bmatrix}, \{\phi_3\} = \begin{Bmatrix} 0.5 \\ b \\ 1.0 \end{Bmatrix}$$

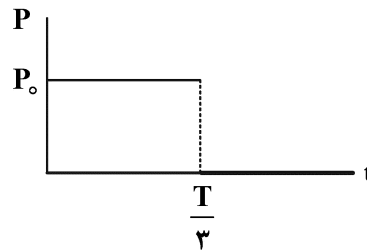
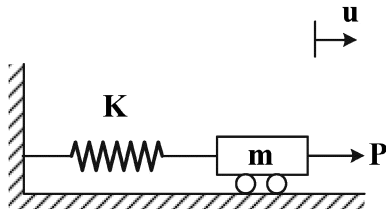
(۴) ۶ و ۲/۲

(۳) ۳ و ۲/۴

(۲) -۳ و -۲/۴

(۱) -۶ و ۲/۲

۲۶- اگر بار وارده در زمان $t = \frac{T}{3}$ قطع شود، موقعیت جرم m در زمان $t = \frac{4T}{3}$ کدام است؟ (سیستم بدون میرایی است).



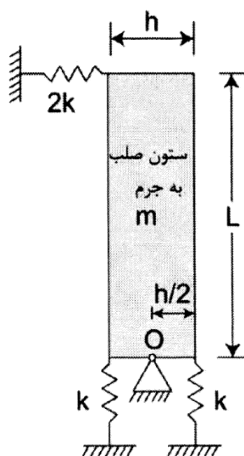
(۲) $\frac{P_0}{K}$

(۴) $\frac{P_0}{2K}$

(۱) $\frac{2P_0}{2K}$

(۳) $\frac{\sqrt{3} P_0}{2 K}$

۲۷- یک ستون صلب به جرم m و ارتفاع L که توسط فنرهای نگه داشته شده است، در نقطه O قابلیت چرخش دارد. فرکانس طبیعی سیستم ω کدام است؟



(۱) $\sqrt{\frac{k}{m}}$

(۲) $\sqrt{\frac{6k}{m}}$

(۳) $\sqrt{\frac{k}{m} \left(\left(\frac{h}{L} \right)^2 + 1 \right)}$

(۴) $\sqrt{\frac{3k}{2m} \left(\left(\frac{h}{L} \right)^2 + 4 \right)}$

۲۸- در تحلیل دینامیکی یک سازه با مدل معادل یک درجه آزادی تحت اثر نیروهای ضربه‌ای جداگانه با شرایط یکسان برای مدت تداوم (t_d) و حداکثر دامنه نیرو (P_0) ، کدام رابطه بین ضرایب بزرگنمایی دینامیکی برای بارگذاری‌های نصف سینوسی (D_1) ، مثلث متساوی‌الساقین (D_2) و مستطیلی (D_3) برقرار است؟

(۱) $D_2 > D_3 > D_1$

(۲) $D_3 > D_2 > D_1$

(۳) $D_3 > D_1 > D_2$

(۴) $D_2 > D_1 > D_3$

۲۹- در یک سازه با مدل معادل دو درجه آزادی، ماتریس جرم به صورت $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$ ، فرکانس‌زایه‌های مود دوم برابر

$\frac{2 \text{ rad}}{s}$ و بردار مود دوم ارتعاش به صورت $\begin{Bmatrix} 1 \\ -0.4 \end{Bmatrix}$ محاسبه شده‌اند. سختی مودال مود دوم در صورتی که میرایی آن ۵٪ باشد، کدام است؟ (واحد مقیاس هماهنگ شده است).

(۱) ۳/۹۲

(۲) ۴/۹۲

(۳) ۵/۹۲

(۴) ۶/۹۲

۳۰- در تحلیل دینامیکی یک سازه ۵ درجه آزادی، پریود ارتعاش آزاد سه مود اول به ترتیب برابر ۰/۵۸، ۰/۳۴ و ۰/۱۲ ثانیه به دست آمده‌اند. چنانچه ماتریس میرایی سازه، α برابر ماتریس سختی باشد، مقدار α چقدر در نظر گرفته شود تا اینکه درصد میرایی مود سوم برابر ۴٪ شود؟ ($\pi = 3$)

(۱) ۰/۰۰۰۸

(۲) ۰/۰۰۱۶

(۳) ۰/۰۰۸

(۴) ۰/۰۱۶

۳۱- با توجه به اطلاعات سؤال ۳۰، اگر ضریب بزرگنمایی دینامیکی مود سوم در حالت بارگذاری سینوسی سازه برابر

$\frac{4}{3}$ برآورد شده باشد، پریود بارگذاری چند ثانیه تخمین زده می‌شود؟ ($\pi = 3$)

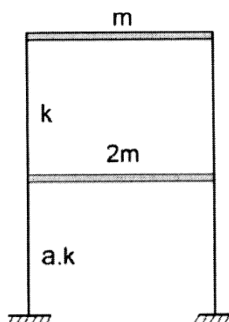
(۱) ۰/۱۶

(۲) ۰/۲۰

(۳) ۰/۲۴

(۴) ۰/۲۸

۳۲- در صورتی که بردار مود اول ارتعاش قاب $\begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \end{Bmatrix}$ و فرکانس آن $\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{2m}}$ باشد، مقدار ضریب a چقدر خواهد بود؟



(k و $a.k$ سختی کل طبقات اول و دوم است).

(۱) ۱

(۲) ۲

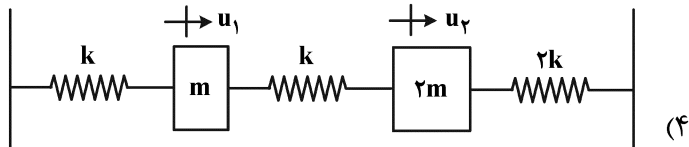
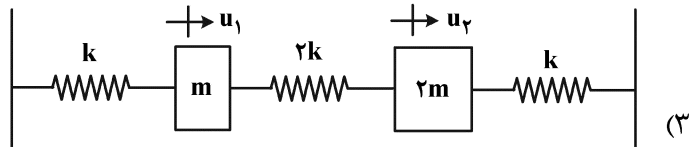
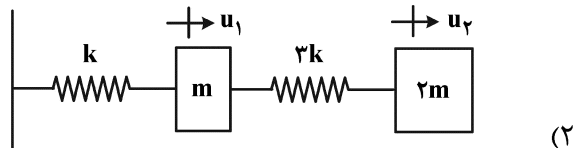
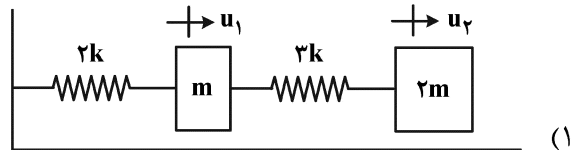
(۳) ۳

(۴) ۴

۳۳- اگر دو معادله ارتعاش آزاد یک سازه معادل دو درجه آزادی به صورت

$$\begin{cases} m\ddot{u}_1 + 2ku_1 - ku_2 = 0 \\ 2m\ddot{u}_2 - ku_1 + 3ku_2 = 0 \end{cases}$$

باشند، u_1 و u_2 تغییر مکان و \ddot{u}_1 و \ddot{u}_2 شتاب دو جرم متمرکز سازه در درجات آزادی هستند، مدل تحلیلی این سازه کدام است؟



۳۴- جسمی دارای وزن 90 kN و در شرایط ارتعاش آزاد سیستم با یک درجه آزادی تحت ارتعاش قائم قرار می‌گیرد.

ضریب ثابت فنر $10,000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ و ضریب میرایی $200 \frac{\text{kN}\cdot\text{s}}{\text{m}}$ هستند. کدام مورد در ارتباط با ارتعاش جسم درست است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

(۱) ارتعاشی اتفاق نمی‌افتد. (۲) فقط یک سیکل ارتعاشی کامل

(۳) بیش از یک سیکل ارتعاشی کامل با دامنه ثابت (۴) بیش از یک سیکل ارتعاشی کامل با دامنه کاهشی

۳۵- در اثر برخورد یک موج مایل SH به فصل مشترک افقی دو لایه در یک محیط دارای لایه‌بندی، امواج انعکاسی و

انکساری به ترتیب شامل چه امواجی خواهند بود؟

(۱) SV - SH (۲) SH - SH

(۳) SH - SV (۴) SV - SV

۳۶- یک سیستم میرایی ناچیزی دارد و نیروی لازم جهت ایجاد تغییر مکان استاتیکی به میزان 20 میلی‌متر برابر 20

کیلوگرم است. پس از رها کردن جسم با این تغییر مکان اولیه، پریود ارتعاشی آن برابر 2 ثانیه

اندازه‌گیری شده است. جرم سیستم موردنظر چند کیلوگرم است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ و } \pi^2 = 10)$

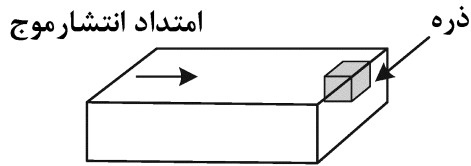
(۱) ۱۰۰۰

(۲) ۱۲۵۰

(۳) ۲۰۰۰

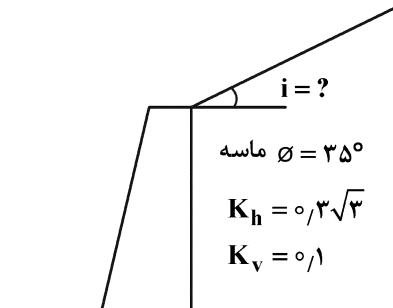
(۴) ۲۵۰۰

۳۷- اگر موج لایه موازات سطح زمین افقی انتشار پیدا کند، ارتعاش ذرات به چه صورت خواهد بود؟



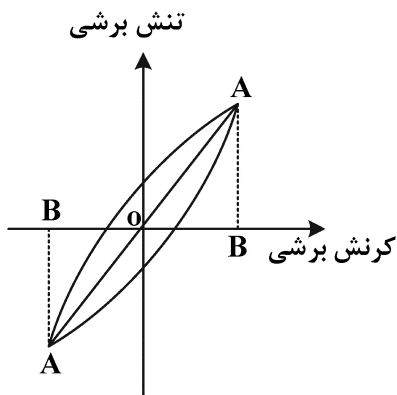
- (۱) به صورت قائم و عمود بر جهت انتشار موج
- (۲) به صورت افقی و هم جهت با انتشار موج
- (۳) به صورت افقی و عمود بر جهت انتشار موج
- (۴) به صورت ترکیبی از حرکات افقی و قائم

۳۸- حداکثر شیب خاکریز در آستانه تعادل دینامیکی به روش شبه‌استاتیکی مونونوبه - اوکابه چند درجه است؟



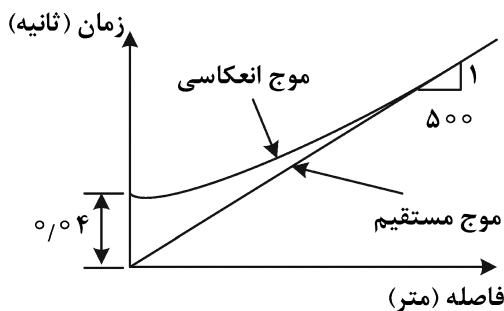
- (۱) ۲۵
- (۲) ۱۵
- (۳) ۱۰
- (۴) ۵

۳۹- در آزمایش برش سیکلی تحت کرنش ثابت، از سیکل ۱۰ تا سیکل ۵۰ سطح حلقه استهلاک انرژی ۲۰ درصد افزایش و حداکثر تنش برشی به میزان ۵۰ درصد کاهش یافته است. نسبت تغییرات میرایی خاک بین دو سیکل چند درصد است؟



- (۱) ۵۰
- (۲) ۶۰
- (۳) ۱۰۰
- (۴) ۱۲۰

۴۰- نتایج یک آزمایش ژئوفیزیک به صورت زیر گزارش شده است. ضخامت اولین لایه چند متر است؟



- (۱) ۵
- (۲) ۱۰
- (۳) ۱۵
- (۴) ۲۰

۴۱- یک شمع فولادی به طول ۲۰ متر با مقطع ۰/۲ مترمربع، تحت ضربات چکشی با حداکثر نیروی ۱۰۰ kN در انتهای کوبش قرار دارد. نسبت سرعت جابه‌جایی ذرات به سرعت انتشار موج ناشی از ضربه در سر شمع کدام است؟

$$(E = 200 \text{ GPa})$$

- (۱) 10^{-6}
- (۲) 10^{-5}
- (۳) 10^{-4}
- (۴) 10^{-3}

۴۲- در یک خاک اشباع چه نوع امواجی قابل شناسایی و تفکیک است؟

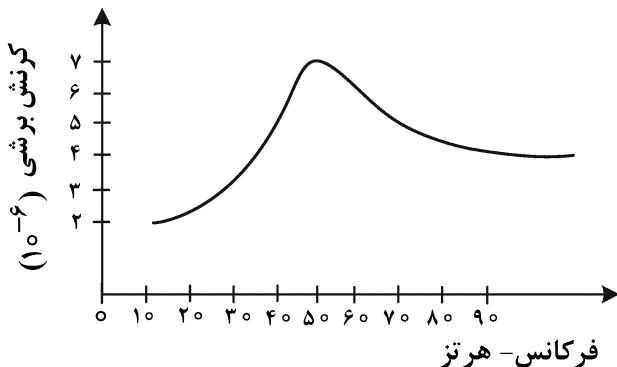
- (۱) موج فشار عبوری از آب، موج برشی عبوری از خاک
- (۲) موج فشاری عبوری از خاک، موج فشاری عبوری از آب، موج برشی عبوری از آب
- (۳) موج فشاری عبوری از خاک، موج کششی عبوری از خاک، موج برشی عبوری از آب
- (۴) موج فشاری عبوری از خاک، موج فشاری عبوری از آب، موج برشی عبوری از خاک

۴۳- در یک محیط الاستیک، نسبت سرعت موج فشاری به سرعت موج برشی برای ضریب پواسون صفر، کدام است؟

- (۱) ۲
- (۲) $\sqrt{3}$
- (۳) $\sqrt{2}$
- (۴) ۱

۴۴- در ارتباط با جابه‌جایی دائم و ماندگار تاج یک سد خاکی تحت زلزله‌ای با شتاب حداکثر مشخص، کدام مورد درست است؟

- (۱) جابه‌جایی مستقل از شتاب زلزله است.
 - (۲) جابه‌جایی مستقل از فرکانس ارتعاش است.
 - (۳) جابه‌جایی با افزایش فرکانس ارتعاش کاهش می‌یابد.
 - (۴) جابه‌جایی با افزایش فرکانس ارتعاش افزایش می‌یابد.
- ۴۵- در یک آزمایش ستون تشدید، نمودار زیر برای تغییرات دامنه ارتعاش برحسب فرکانس ورودی به‌دست آمده است. نسبت میرایی این خاک با استفاده از روش نصف عرض توان (Half-Power Bandwidth) تقریباً چند درصد است؟



- (۱) ۲۰
- (۲) ۳۰
- (۳) ۵۰
- (۴) ۶۰