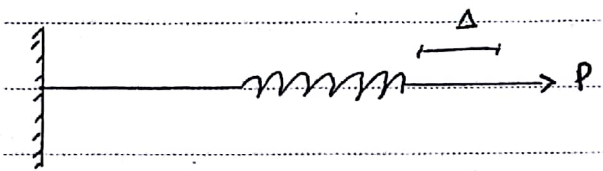
مباحث سختی در سازه ها:



سختی (K) : مقاومت در برابر تغییر شکل

(سختی ها حفظ شود)

نیرو $P = K \cdot \Delta$

Δ ← تغییر طول / جابجایی / تغییر شکل محوری

K ← سختی محوری

سختی محوری، تغییر شکل محوری ← متناسب

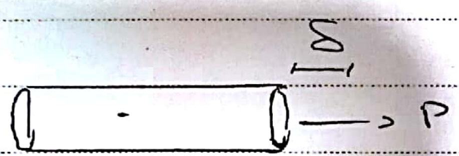
نیرو = سختی × تغییر شکل

$P = K \cdot \Delta$

$K = \frac{P}{\Delta} \Rightarrow K \propto \frac{1}{\Delta}$ (نسبت عکس)

(سختی با تغییر شکل)

$\Delta = \frac{P}{K}$



$\delta = \frac{P \cdot L}{EA}$

نیرو = $\overset{\text{سختی}}{\boxed{}}$ × تغییر شکل محوری

(مربوط به جنس)

$P = \frac{EA}{L} \delta$

E ← ضریب ارتجاعی

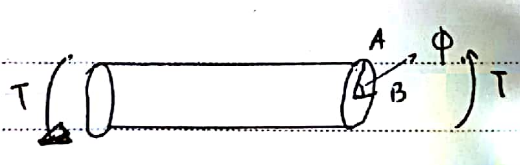
A ← سطح مقطع

L ← طول

$\frac{EA}{L}$ ← سختی محوری میله

$K = \frac{EA}{L}$

سختی محوری میله



$\phi = \frac{T \cdot L}{G \cdot J}$

G ← مدول قطبی

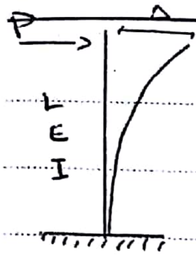
J ← شعاع قطبی

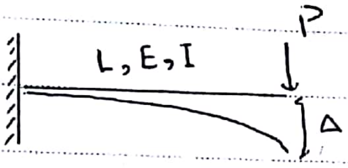
نیرو = $\overset{\text{سختی}}{\boxed{}}$ × تغییر شکل

$T = \underbrace{\frac{G \cdot J}{L}}_{\text{سختی پیچشی میله}} \cdot \phi$

PAPCO

Subject:
Date





$\Delta = \frac{PL^۳}{۳EI}$

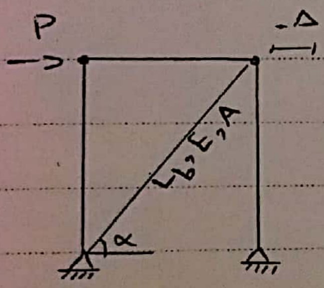
تغییر شکل × سختی = نیرو

$P = \frac{۳EI}{L^۳} \times \Delta$ ← تغییر شکل جانبی

سختی جانبی ←

در هر دو مورد به صورت جانبی، زیرا به جانب عضو وارد می شود و در امتداد عضو نیست.

H.W: در قاب شکل زیر، مقدار K را به دست آورید؟

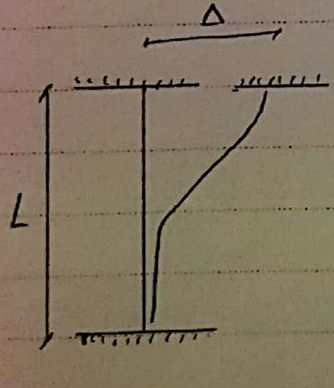


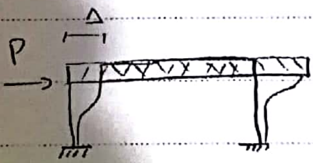
$P = K \cdot \Delta$

سختی جانبی

بادبند موجب ایجاد سختی و جلوگیری از جابجایی زیاد.

سختی در دو انتهای گیردار:

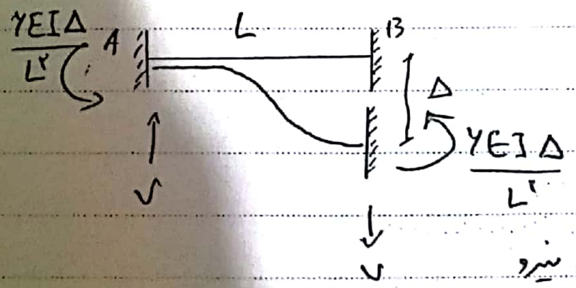




$P = \boxed{\quad} \times \Delta$

سختی جانبی $K = \frac{۱۲EI}{L^۳}$

اثبات:

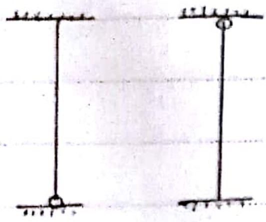


جابجایی × سختی = نیرو

$\Sigma M_A = 0 \rightarrow V = \frac{۱۲EI\Delta}{L^۳} \longrightarrow V = \frac{۱۲EI}{L^۳} \times \Delta$

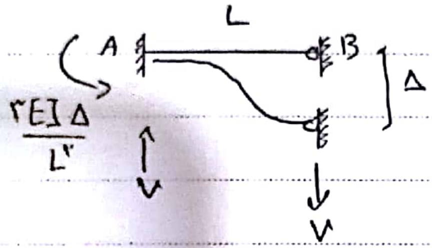
PAPCO

عضو یک سر گیردار، یک سر مفصل:



$$K_{\text{جانبی}} = \frac{۳EI}{L^۳}$$

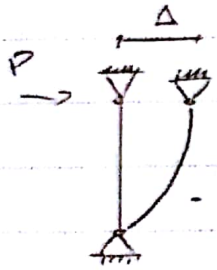
اثبات:



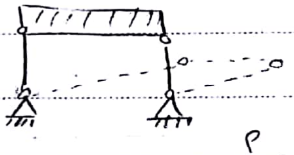
$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow V = \frac{۳EI\Delta}{L^۳}$$

جابجایی × سختی = نیرو

$$\rightarrow V = \frac{۳EI}{L^۳} \times \Delta$$



$$K_{\text{جانبی}} = 0$$

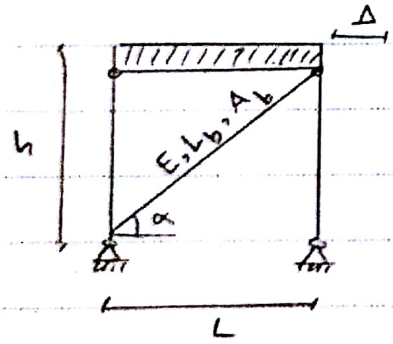


عضو دو سر مفصل:

(چون زاویه ی α = ۹۰ است،

پس سختی جانبی ۰ است)

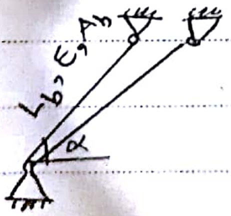
عضو دو سر مفصل مورب که زاویه ی عضو و جهت جابجایی برابر α باشد:



$$K_{\text{جانبی}} = \frac{EA_b}{L_b} \cos^۲\alpha$$

$$\cos\alpha = \frac{l}{\sqrt{l^۲ + h^۲}}$$

$$\rightarrow \cos^۲\alpha = \frac{L^۲}{L^۲ + h^۲}$$



$$K = \frac{EA_b}{L_b} \cos^۲\alpha$$

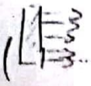
ترکیب سختی ها:

۱ـ سختی های موازی

۲ـ سختی های سری (متوالی)

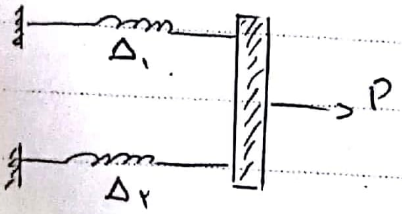
Subject :
Date

میله : عضو دو سر مفصل



فنر کششی (جسم به صورت موازی کشیده شود)

شروط فنرهای موازی :

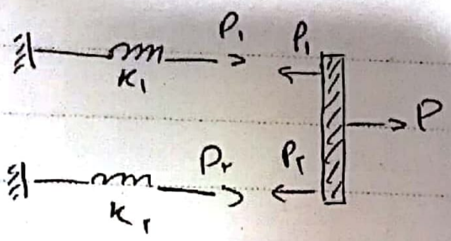

Δ_1
P
Δ_2

۱- جابجایی فنرها یکسان بوده و برابر جابجایی کل باشد :

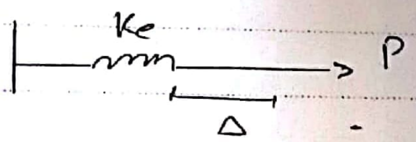
$\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta$

۲- نیروی کل برابر است با جمع نیروهای وارد بر فنرها :

$P = P_1 + P_2$


P_1
P_1
K_1
P
P_2
P_2
K_2

$\Sigma f_x = 0 \rightarrow P = P_1 + P_2$

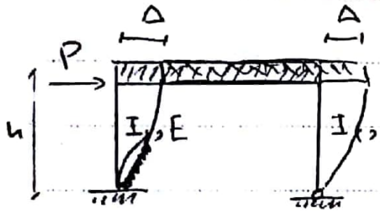


معادل دو فنر

$P = K_e \Delta \qquad P_1 = K_1 \Delta \ , \ P_2 = K_2 \Delta$

$P = P_1 + P_2$

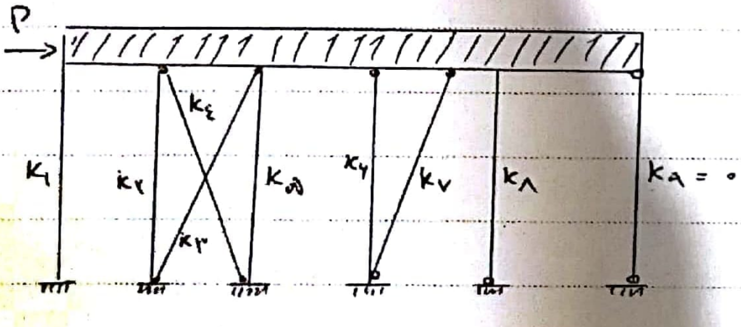
$K_e \cancel{\Delta} = K_1 \cancel{\Delta} + K_2 \cancel{\Delta} \rightarrow K_e = K_1 + K_2$


Δ
Δ
P
h
I_1, E
I_2, E

K کل سازه $= K_1 + K_2 = \frac{12EI_1}{h^3} + \frac{3EI_2}{h^3}$

(سقف صلب است، پس جابجایی دو تکیه‌گاه برابر است) اگر صلب نباشد سقف کش میاد

عضو مرکب :

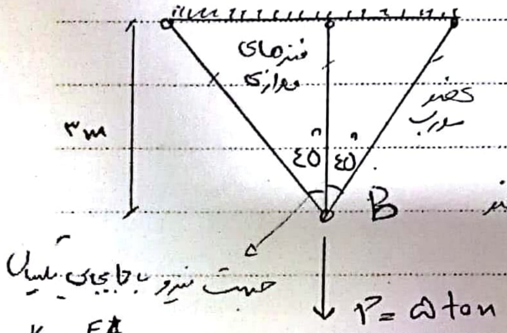

P
K_1
K_2
K_3
K_4
K_5
K_6
K_7
K_8
$K_9 = 0$

$P = K_e \Delta$

$K_e = \sum_{i=1}^{9} K_i$

Subject:
Date

H.W : جابجایی قائم نقطه B را به دست آورید


فنرهای موازی
۳m
۴۵°
۴۵°
B
عضو
جهت نیرو با جابجایی یکسان
$P = ۵\ ton$

$E = ۲\times۱۰^{۶}\ kg/cm^{۲}$ همه اعضا

$\Delta_B = ?$

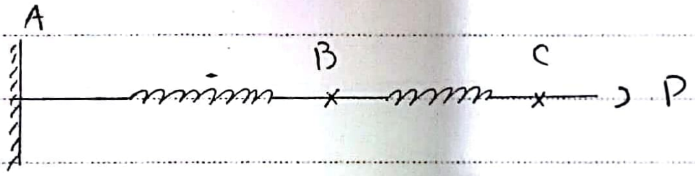
$A = ۱۰\ cm^{۲}$ برای هر عضو

$K = \frac{EA}{L}$

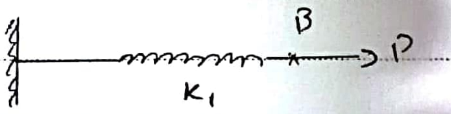
شروط فنرهای سری :

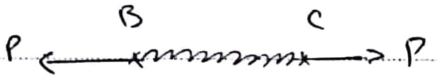
① نیروهای فنرها با هم یکسان است .

② تغییر مکان کل برابر جمع تغییر مکان ها است .



برش





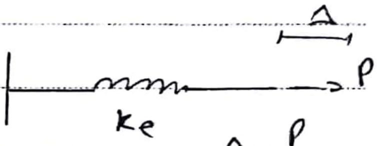
$\Delta_B = \Delta_1 = \frac{P}{K_1}$

$\Delta_{C/B} = \Delta_C - \Delta_B = \Delta_۲ = \frac{P}{K}$ ✱

از رابطه ✱

جابجایی کل کل اثر نیروی P $= \Delta_C = \Delta_{کل} = P/K_۲ + \overset{P/K_1}{\cancel{\Delta_B}}$

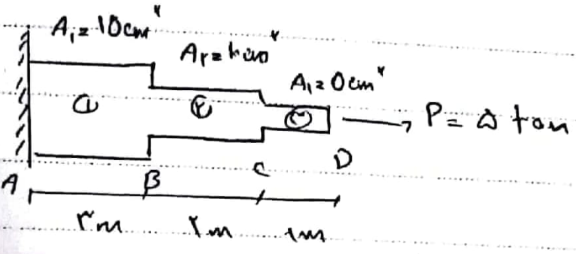
$\Rightarrow \frac{P}{K_e} = \frac{P}{K_1} + \frac{P}{K_۲} \Rightarrow \boxed{\frac{1}{K_e} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_۲}}$



$\Delta = \frac{P}{K_e}$

به عنوان مثال $\Rightarrow K_1 = K_۲ \longrightarrow \frac{1}{K_e} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_۲} \xrightarrow{K_1 = K_۲} \boxed{K_e = \frac{K}{۲}}$

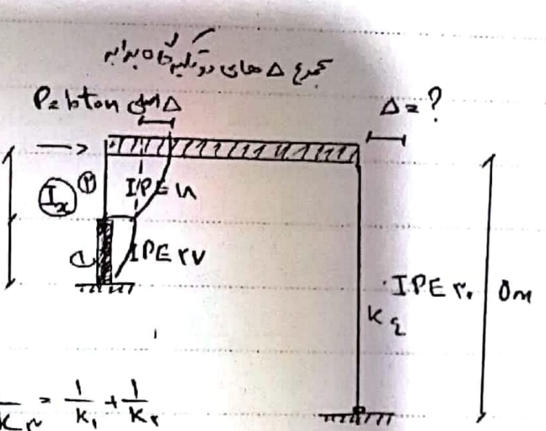
PAPCO


$A_1 = 10cm^2$
$A_2 = 6cm^2$
$A_3 = 5cm^2$
①
②
③
P = ۵ ton
A
B
C
D
۳m
۲m
۱m

H.W: جابجایی نقطه‌ی D را به دست آوریم.
(مشابه مقاومت مصالح ولی فرمول نویسی)

$E = ۲ \times ۱۰^۶$

$\Delta_D = ?$


مجموع Δ های دو تکیه‌گاه ۵ برابر
P = ۶ ton
Δ اصلی
Δ = ?
۲m
۲m
I_x
①
IPE ۱۸
IPE ۲۷
IPE ۳۰
۵m
K_4

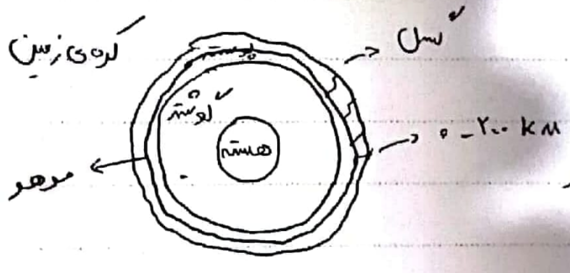
H.W: جابجایی Δ را به دست آوریم.

$E = ۲ \times ۱۰^۶ \ kg/cm^2$

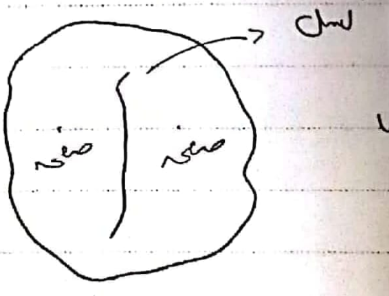
$\frac{1}{K_3} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$

K کل $= K_3 + K_4$

- پیدایش زلزله:

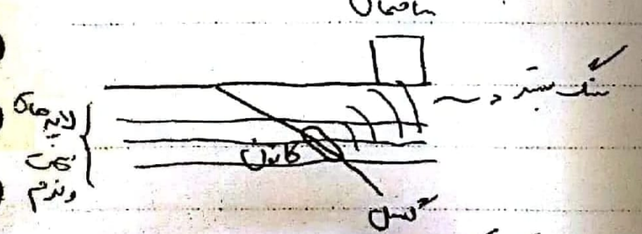

کره‌ی زمین
گسل
پوسته
گوشته
هسته
۰ _ ۲۰۰ km
موهو

گسل: شکستگی های پوسته‌ی زمین را می‌گویند.


گسل
صفحه
صفحه

تئوری تکتونیک صفحه‌ای (Plate techtonic): حرکت صفحه‌ها به سمت یکدیگر را می‌گویند.

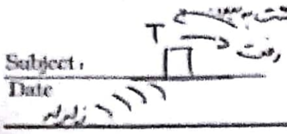
لرزش ساختمان
- مشخصات سنگ بستر
- مشخصات ساختمان | جرم ساختمان، سختی ساختمان


ساختمان
سنگ بستر
لایه‌های نرم و سخت
کانون
گسل

شکستگی سنگ‌ها در کانون
موج ایجاد می‌کند
صدا

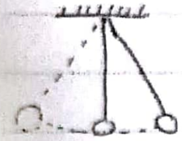
تا اینجا یک سؤال

Subject:
Date


T
رفت
برگشت به ...
زلزله

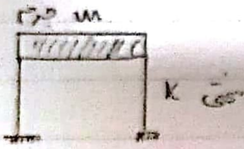
۰) گسل موجب زلزله است ، گسل ← زلزله

زلزله هم میتواند گسل ایجاد کند ، زلزله ← گسل



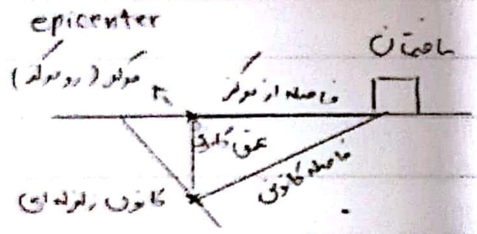
زمان انجام یک دور کامل
↓
سیکل ← نوسان ارتعاش   زمان انجام یک نوسان

زمان تناوب طبیعی



$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow f = \frac{1}{T} = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$

فرکانس زاویه‌ای $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ فرکانس $f = 2\pi\omega$


epicenter
مرکز (رومرکز)
فاصله از مرکز
ساختمان
عمق کانونی
فاصله کانونی
کانون زلزله‌ای

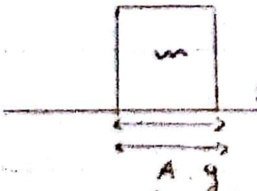
پیش بینی زلزله:
- مکان
- زمان
- بزرگا

امواج:
- حجمی (body waves)
  - طولی : جهت ارتعاش و جهت انتشار یکسان است . (حرکت کرم گونه)
  - عرضی : جهت ارتعاش، عمود بر جهت انتشار موج است . (حرکت مارگونه)
- سطحی (surface)
  - لاو: حرکت مارگونه روی سطح
  - رایلی

(اتوبوس در حال ترمز و پرت شدن به جلو)

$F = a . m$

شتاب ساختمان ، جرم ساختمان



برش پایه
$V = m . A g \times B$

(T) بسته به مشخصات ساختمان و سنگ و بستر

A: عدد (ضریب) ، g: شتاب ثقل

$B = \frac{\text{شتاب ساختمان}}{\text{شتاب زمین } (A.g)}$

شتاب زمین ← شتاب مبنای طرح

$V = m . A . g . B \rightarrow V = \frac{W}{\cancel{g}} . A . \cancel{g} . B$ (وزن)

I = ضریب اهمیت ساختمان

اهمیت خیلی زیاد	I = 1.4
" زیاد	I = 1.2
" متوسط	I = 1.0
" کم	I = 0.8

$$\Rightarrow V = \frac{A . B . W \times I}{R}$$

R ← ضریب رفتار (ضریب کاهش نیرو) ، مشروط به سیستم سازه طبق آیین نامه

W = وزن موثر سازه = بار مرده + درصدی از بار زنده

PAPCO

Subject:
Date

ص ۲۸۶ کتاب

A در سؤال داده می‌شود

$$\boxed{A} = \frac{\text{شتاب زمینی}}{g}$$

مناطق با خطر زلزله خیلی زیاد $\to A = ۰٫۳۵$

" " " " زیاد $\to A = ۰٫۳$

" " " " متوسط $\to A = ۰٫۲۵$

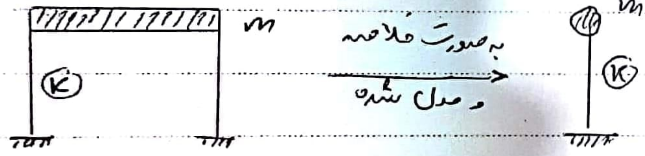
" " " " کم $\to A = ۰٫۲$

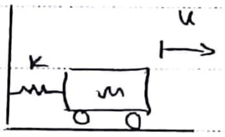
ضریب بازتاب B × شتاب زمینی = شتاب سازه ⇐ A.B.g = شتاب سازه

عوامل تعیین کننده B
- مشخصات سازه
  - m
  - K
- مشخصات خاک

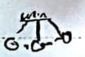
- مشخصات سازه:

سازه یک طبقه (یک درجه آزادی) ⇐ (افقی)





(به صورت پیشرفته‌تر)



برای سازه با یک درجه آزادی ⇐ تناوب $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$ | ادغام دو مشخصه m و K در یک مشخصه

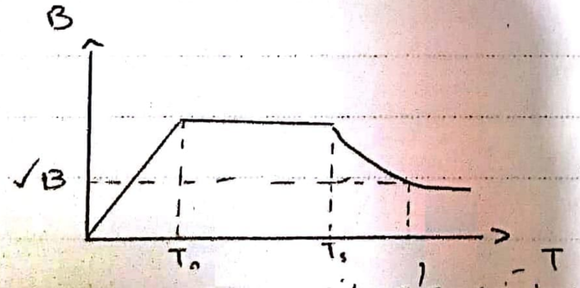
(در یک ثانیه) فرکانس طبیعی $f = \frac{1}{T}$

درجه آزادی عبارت است از تعداد مستقل

یک سازه برای بیان وضعیت سازه در هر لحظه

فرکانس زاویه‌ای $\omega = \frac{۲\pi}{T}$, $\omega = ۲\pi f$

- مشخصات خاک:



بسته به نوع خاک

زمان تناوب طبیعی سازه

یا

مخصوص هر سازه

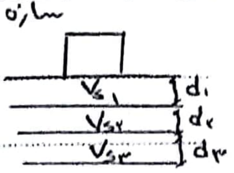
PAPCO

ص ۱۱۴ (نمودار ضریب بازتاب برای انواع خاکها) ص ۱۱۵ برای موج های برشی

ص ۱۱۳

Subject:
Date

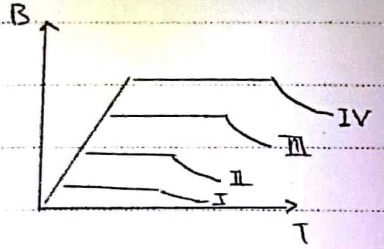
نوع خاک و زمان تناوب ← B



انواع خاک:
- خاک نوع I ، (سخت ترین) $V_s >$ ۷۵۰ m/s
- خاک نوع II ۳۷۵ $< V_s <$ ۷۵۰
- خاک نوع III ۱۷۵ $< V_s <$ ۳۷۵ (موج برشی) $\bar{V}_s$ متوسط = □
- خاک نوع IV (نرم ترین) $V_s <$ ۱۷۵ m/s

پارامترهای لرزه ای خاک (مشخصات خاک)

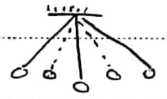
ازمغا T = T_s
زمان تناوب خاک



نوع خاک	T	T_s	S_0	S
I	۰٫۱ ثانیه	۰٫۴ ثانیه	۱	۱٫۵
II				
III				
IV				

- نسبت میرایی :

ارتعاش مستهلک شده ←



مشخصات سازه < m، k، C ← (ضریب میرایی) ۳ مورد

بادبند و غیره ←

برای جلوگیری از پدیده تشدید ، با افزایش یا کاهش سختی زمان تناوب خاک و سازه نزدیک به یکدیگر باشه.

درصد میرایی (نسبت میرایی) $\xi = \frac{C}{2m\omega}$ $\Longrightarrow$ طبق آیین نامه (یکسانی) $\xi = 0.05$

* سوال : مشخصات سازه را نام ببرید و هر یک را توضیح دهید.

- روش های محاسبه ی نیروی زلزله :

① روش های استاتیکی
- ⑤ روش استاتیکی خطی (روش استاتیکی معادل) * $V = \frac{ABI}{R}W$
- ④ روش استاتیکی غیر خطی (روش پوش آور یا روش بار افزون)

۲ ایراد : زلزله دینامیکی غیر خطی است.
غیر خطی : سازه ممکن است به حد اولیه باز نگردد

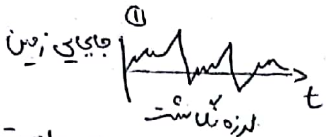
به ترتیب دقت : ① < ② < ③ < ④ < ⑤

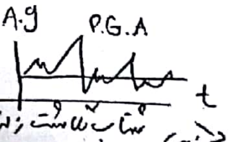
* غیر دقیق ولی با ضریب اطمینان های قابل استفاده

Subject:

Date

دستگاه های ثبت زلزله < ① لرزه نگار ، ② شتاب نگار





مورد اهمیت برای مهندسی

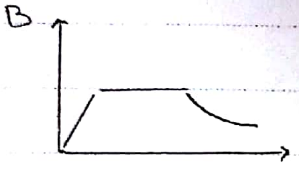
③ روش دینامیکی طیفی (تحلیل طیفی)

② روش های دینامیکی
- ② روش تحلیل خطی تاریخچه زمانی — Linear time history
- ① روش تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی — non Linear " "

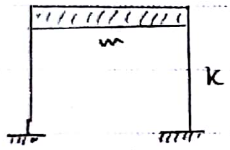
- روش های غیرخطی بیشتر برای مقاوم سازی است.

- روش استاتیکی معادل - استاتیکی خطی $V = \frac{A.B.I}{R} W$

ص ۹۹ کتاب



برای محاسبه‌ی B به T نیاز است



→ $T_m = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ فقط برای سازه یک درجه آزادی

زمان تناوب تحلیلی

- به دلیل مشکلات اجرایی، T_m به تنهایی به اندازه‌ی کافی دقیق نیست.

$$T_a = \alpha H^{\beta} \xrightarrow[\text{چسبیده باشد}]{\text{درصورتی که تیغه ها به ستون}} T_a = 0.8 \times \alpha \times H^{\beta}$$

ارتفاع کل

زمان تناوب تجربی

در نتیجه:

$$T_{\text{انتخابی}} = \min(1.25\, T_a , T_m)$$

به عنوان مثال $\begin{cases} T_a = 1\,sec \\ T_m = 1.5\,sec \end{cases} \longrightarrow T_{\text{انتخابی}} = \min(1 \times 1.25 , 1.5) = 1.25$

- در جاهایی که از بهاربند (در جاهای بهاربند خمشی بتن: یا دیوار بنایی) استفاده می شود، به قدری سختی زیاد است که میزان تناوب در سختی تاثیری ندارد.

زمان تناوب را داده است

مثال: برای ساختمان شکل صفحه‌ی بعد، با فرض اینکه در شهر شیراز واقع شده باشد و زمان تناوب آن $0.3s$ باشد و ساختمان مسکونی باشد و دارای قاب خمشی بتنی شکل پذیر متوسط باشد، نیروی کل زلزله (برش پایه) را محاسبه کنید. (خاک نوع III)

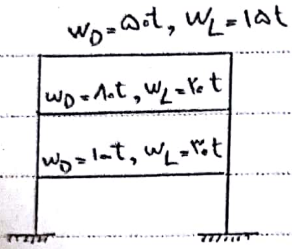
چسباندن تیغه به ستون ها، موجب افزایش سختی می شود ولی با گذر زمان هنگام زلزله، تیغه فرو می ریزد و سختی به شدت کاهش می یابد.

① اگر زمان تناوب نداده بود و فقط ارتفاع ⟵ T_a

② w و $\underline{m}$ و $\underline{k}$ ⟵ T_m

③ اگر ارتفاع و سختی و جرم را داشته باشیم ⟵ $T = \min(۱٫۲۵\,T_a, T_m)$

Subject:
Date



وزن مؤثر لرزه‌ای $W = (۱۰۰ + ۰٫۲(۳۰)) + (۸۰ + ۰٫۲(۲۰)) + (۵۰ + ۰٫۲(۱۵)) = ۲۳۰ + ۰٫۲(۶۵) = ۲۴۳\,\text{ton}$

شهر شیراز $A = ۰٫۳$, $T = ۰٫۳\ \text{sec}$, $I = ۱٫۰$, $R = ۵$

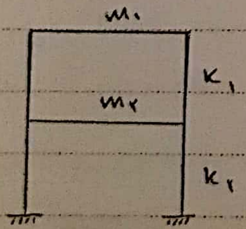
(II) خاک $\Rightarrow T_0 = ۰٫۱۵$, $T_S = ۰٫۷$, $S_0 = ۱٫۱$, $S = ۱٫۷۵$

$\underset{۰٫۱۵}{\underset{\downarrow}{T_0}} < \underset{۰٫۳}{\underset{\downarrow}{T}} < \underset{۰٫۷}{\underset{\downarrow}{T_S}} \longrightarrow B = ۱ + S = ۱ + ۱٫۷۵ = ۲٫۷۵$

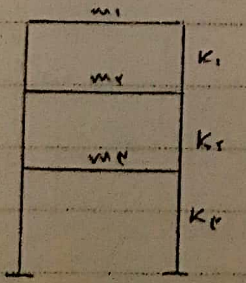
$$V = \frac{ABI}{R} W = \frac{۰٫۳۰ \times ۲٫۷۵ \times ۱}{۵} \times ۲۴۳\ \text{ton} = \boxed{\quad}\ \text{ton}$$

- سازه‌های چند درجه‌ی آزادی

از بالا به پایین شماره گذاری می‌کنیم



$$M = \begin{bmatrix} m_1 & ۰ \\ ۰ & m_2 \end{bmatrix} \qquad [K] = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1 + k_2 \end{bmatrix}$$



$$M = \begin{bmatrix} m_1 & ۰ & ۰ \\ ۰ & m_2 & ۰ \\ ۰ & ۰ & m_3 \end{bmatrix} \qquad [K]\ \text{یا}\ K = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & ۰ \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 \\ ۰ & -k_2 & k_2 + k_3 \end{bmatrix}$$

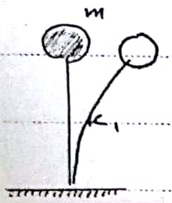
□ درایه‌های روی قطر اصلی ماتریس سختی همیشه مثبت است.

PAPCO

Subject:
Date

□ ماتریس سختی متقارن است.

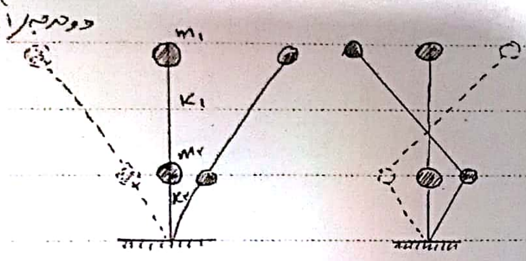
- وضعیت ارتعاش (مود ارتعاش):



$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$
تحلیلی

$\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$ یا $T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$

دو درجه آزادی



مود اول   مود دوم

$T_1 > T_2$

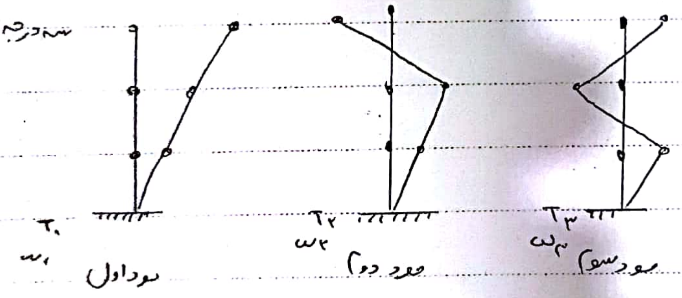
چون مود اول انرژی کمتری نیاز دارد که شکل بگیرد و به عبارت کلی ساده‌تر شکل می‌گیرد.

- تعداد نقاط مشترک (تلاقی) حالت تعادل و شکل ارتعاشی به ما نشان می‌دهد که مود چندم ایجاد شده است. (دو نقطه تلاقی، مود دوم)

$T_1 \rightarrow$ زمان تناوب مود اول $T_2 \rightarrow$ زمان تناوب مود دوم

$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \rightarrow$ فرکانس مود اول $\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2} \rightarrow$ فرکانس مود دوم

سه درجه‌ی آزادی



$T_1 > T_2 , T_3$

، $T_1 > T_2 > T_3 \dots > T_n$

، $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \dots < \omega_n$

- همه‌ی مودها هم‌زمان اتفاق می‌افتند.

- در اکثر مواقع مود اول ملاک است و می‌توان از بقیه‌ی مودها صرف نظر کرد. (تقریبی)

ماتریس K   ماتریس m

$$\left| [K] - \boxed{\omega^2} . [M] \right| = 0 \rightarrow$$

مجهول (یک عدد)

دو ω به ما می‌دهد.

تحلیلی چون m و K هست

$\omega_1 \rightarrow T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$

$\omega_2 \rightarrow T_2 = \frac{2\pi}{\omega_1}$
تحلیلی

- ارتعاش کل ترکیبی است از زمان تناوب‌های مختلف.

$\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc = 0$

ص ۱۹۳ تا ص ۲۰۲ و ص ۲۱۰

PAPCO

۱) روش استاتیکی معادل $V = \frac{ABI}{R}$ چون فقط مود اول را شامل می‌شود، دقت پایین)

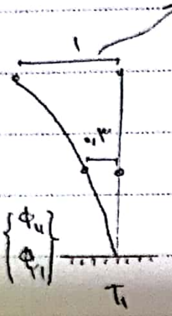
اگر به جای جرم وزن داد، باید به جرم تبدیل کنیم. (ص ۱۱۰، ص ۱۶۰ و ص ۱۳۰ مثال) موجود است

Subject: kN، سختی ، ton جرم
Date تبدیل واحد نیازی نیست

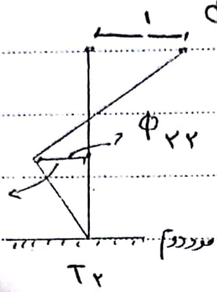
ص ۱۸۷ تا ص ۱۹۱ نکات گفته شده ها هست

حالت‌های ارتعاشات :

$\Phi_{\boxed{1}\boxed{1}}$ شماره طبقه ، مود



بردار شکل مود اول $\Phi_1 = \begin{Bmatrix} \Phi_{11} \\ \Phi_{21} \end{Bmatrix}$

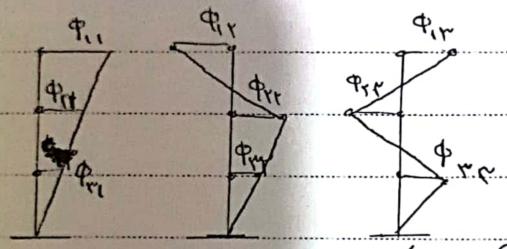


۱
Φ_{12}
Φ_{22}
-۲.۴
خلاف جهت
T_2

مُدها را به صورت نسبی بیان می‌کنند

جابجایی طبقه بالا را واحد در نظر می‌گیریم.

بردار شکل مود دوم $\Phi_2 = \begin{Bmatrix} \Phi_{12} \\ \Phi_{22} \end{Bmatrix}$



Φ_{11}
Φ_{21}
Φ_{31}
Φ_{12}
Φ_{22}
Φ_{32}
Φ_{13}
Φ_{23}
Φ_{33}

بردار شکل مود سوم $\Phi_3 = \begin{Bmatrix} \Phi_{13} \\ \Phi_{23} \\ \Phi_{33} \end{Bmatrix}$

ماتریس شکل مود $\Phi = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} \end{bmatrix}$

برای سازه دو درجه آزادی

ماتریس جرم $M = [m] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix}$

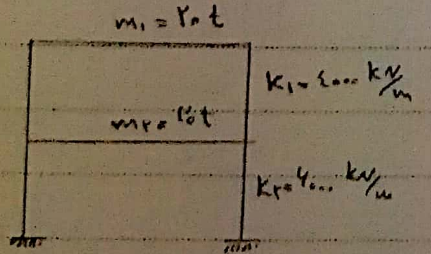
$k = k^T$

ماتریس سختی $K = [k] = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1+k_2 \end{bmatrix}$

- در ماتریس سختی، درایه‌ها روی قطر اصلی + ، و ماتریس سختی نسبت به قطر اصلی قرینه است ، و ماتریس ترانهاده است

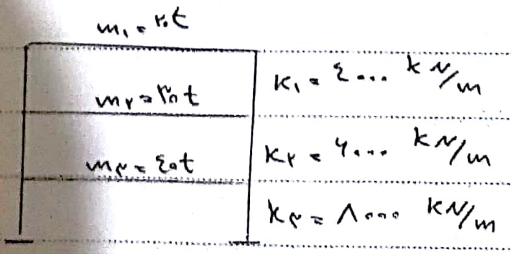
برای محاسبه Tها $\longrightarrow \left| [k] - \omega^2 [m] \right| = 0$, $\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc$

H.W :



$m_1 = ۲۰ t$
$k_1 = ۴۰۰۰ kN/m$
$m_2 = ۱۵ t$
$k_2 = ۶۰۰۰ kN/m$

$T_1 , T_2 = ?$



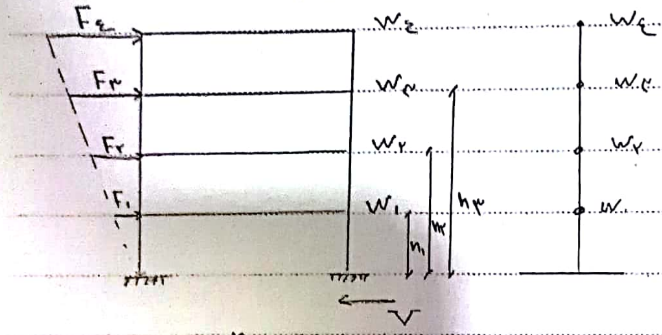
$m_1 = ۲۰ t$
$k_1 = ۴۰۰۰ kN/m$
$m_2 = ۳۰ t$
$k_2 = ۶۰۰۰ kN/m$
$m_3 = ۴۰ t$
$k_3 = ۸۰۰۰ kN/m$

$T_1 , T_2 , T_3 = ?$

Subject:
Date

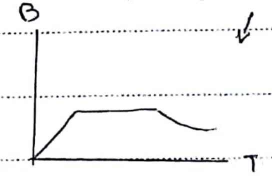
توزیع برش پایه استاتیکی معادل در طبقات:

$V = \frac{A \cdot B \cdot I}{R} W$
w_j: وزن طبقه i ام
h_j: ارتفاع طبقه i ام



F۴
F۳
F۲
F۱
W۴
W۳
W۲
W۱
h۱
h۲
h۳
V

سؤال امتحان: آ چگونه بدست می‌آید؟

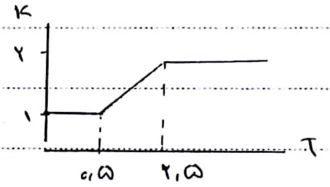


$$F_j = \frac{w_j h_j^k}{\sum_{j=1}^{n} w_j h_j^k} \times V$$

if $T < 0.5 \rightarrow k = 1$

$0.5 < T < 2.5 \rightarrow k = 0.5T + 0.75$

$T > 2.5 \rightarrow k = 2$



نیروی زلزله در طبقه‌ی دوم = (برش طبقه دوم) = V_2

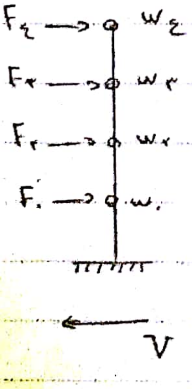
(مثلاً چهار طبقه ۲)

$V_2 = \sum_{j=2}^{4} F_j$ $\quad \sum F_{x=2\rightarrow} V_2 = F_2 + F_3 + F_4$

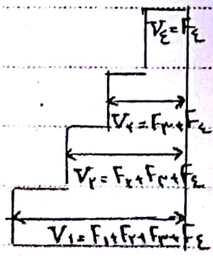
$V_1 = V = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$

برش هر طبقه عبارت است از کل نیروی زلزله که باید توسط عناصر باربر طبقه تحمل شود.

به طور کلی $\rightarrow V_i = \sum_{j=i}^{n} F_j$



F۴
F۳
F۲
F۱
W۴
W۳
W۲
W۱
V



V۴=F۴
V۳=F۳+F۴
V۲=F۲+F۳+F۴
V۱=F۱+F۲+F۳+F۴

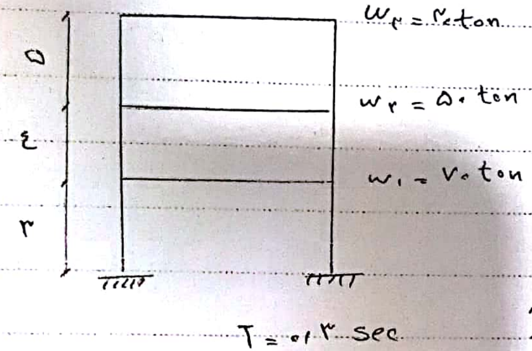
برش طبقات

برش پایه = برش طبقه اول

PAPCO

مثال: برای ساختمان شکل زیر با مشخصات داده شده، برش پایه را بین طبقات توزیع کرده و سپس برش هر طبقه را محاسبه کنید.

$A=۰٫۳$, $B=۲$, $I=۱$, $R=۵$



$T = ۰٫۳$ sec

$F_i = ?$, $V_i = ?$

چون $T=۰٫۳ < ۰٫۵ \longrightarrow K=۱$

$$V = \frac{ABI}{R} W = \frac{۰٫۳ \times ۲ \times ۱}{۵} (۷۰+۵۰+۳۰)$$

$$= \frac{۰٫۶}{۵} \times ۱۵۰ = ۱۸ \text{ ton}$$

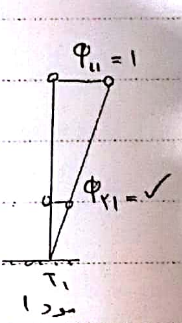
برش طبقه

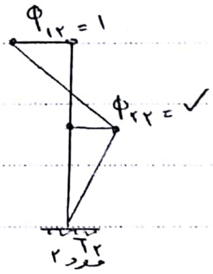
طبقه	W_i	h_i	$w_i h_i$	$F_i = \frac{w_i h_i}{\Sigma w_i h_i} \times V$	$V_i = \sum_{j=i} F_j$
۱	۷۰	۳	۲۱۰	$\frac{۲۱۰}{۹۲۰} \times ۱۸ = ۴٫۱$	$۱۸ = F_۱ + F_۲ + F_۳$
۲	۵۰	۷	۳۵۰	$\frac{۳۵۰}{۹۲۰} \times ۱۸ = ۶٫۹$	$۱۳٫۸ = F_۲ + F_۳$
۳	۳۰	۱۲	۳۶۰	$\frac{۳۶۰}{۹۲۰} \times ۱۸ = ۷$	$۷ = F_۳$
Σ	۱۵۰	—	۹۲۰	۱۸	

t.m

محاسبه‌ی شکل‌های مودی:
ص ۱۹۵ و ص ۱۹۶ کادر آبی پایین صفحه و ص ۱۹۷

Φ_{ij} → j شماره مود
i → شماره جرم





$$\Phi_۱ = \begin{Bmatrix} \Phi_{11} \\ \Phi_{21} \end{Bmatrix} \qquad \Phi_۲ = \begin{Bmatrix} \Phi_{12} \\ \Phi_{22} \end{Bmatrix}$$

نحوه‌ی محاسبه:

$\omega_۱ \longrightarrow [K - \omega_۱^۲ M]\{\Phi_۱\} = \{0\} \longrightarrow \Phi_{11} = ۱ \longrightarrow \Phi_{21} = ✓$

$\omega_۲ \longrightarrow [K - \omega_۲^۲ M]\{\Phi_۲\} = \{0\} \longrightarrow \Phi_{12} = ۱ \longrightarrow \Phi_{22} = ✓$

مثال ص ۱۹۷:

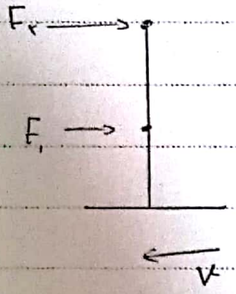
$$M = \begin{bmatrix} ۱۵ & 0 \\ 0 & ۲۰ \end{bmatrix} , \quad K = \begin{bmatrix} ۳۰۰۰ & -۲۰۰۰ \\ -۲۰۰۰ & ۹۰۰۰ \end{bmatrix} \qquad |[K] - \omega^۲[M]| = 0 \longrightarrow \begin{matrix} \omega_۱ = ۱۰٫۵۵ \\ \omega_۲ = ۲۶٫۲۱۸ \end{matrix} \ \text{rad/sec}$$

محاسبه Φ_{ij} در مود اول

$$\omega_۱ = ۱۰٫۵۵ \longrightarrow [[K] - ۱۰٫۵۵^۲[M]] = \begin{bmatrix} ۳۰۰۰ - ۱۵ \times ۱۰٫۵۵^۲ & -۲۰۰۰ \\ -۲۰۰۰ & ۹۰۰۰ - ۱۰٫۵۵^۲ \times ۲۰ \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Phi_{11} \\ \Phi_{21} \end{Bmatrix}$$

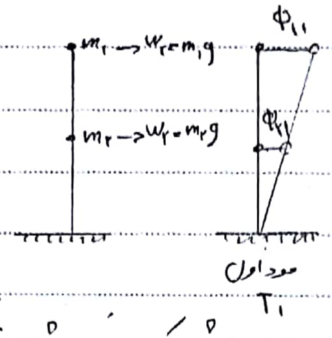
$$= \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \longrightarrow (۳۰۰۰ - ۱۵ \times ۱۰٫۵۵^۲)\underset{=۱}{\cancel{\Phi_{11}}} - ۲۰۰۰\,\Phi_{21} = 0$$

$$\longrightarrow \Phi_{21} = ۰٫۴۴۳$$



$$V=\frac{ABI}{R}\,W$$

$$F_i=\frac{w_i h_i}{\sum w_i h_i}\times V$$



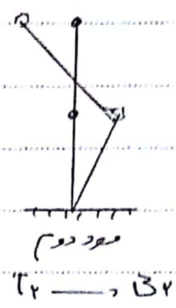
$m_1 \rightarrow W_1=m_1 g$
$m_2 \rightarrow W_2=m_2 g$
Φ_{11}
Φ_{21}
مود اول
T_1

مود اول را شبیه یک سازه به روش استاتیکی معادل بررسی می کنیم و برش پایه آن را بدست می کنیم.

(V_1 برش پایه مود اول)

$$V_1=\frac{A.\overset{\text{شماره مود}}{B_1}\times I}{R}\times \underbrace{\boxed{W_1}}_{\text{وزن مؤثر در مود اول}}$$

شماره مود



$T_2 \longrightarrow B_2$

$$V_2=\frac{A.B_2\times I}{R}\,\underbrace{\boxed{W_2}}_{\text{وزن مؤثر مود دوم}}$$

$$\underbrace{W_1}_{\text{وزن مؤثر مود اول}}+\underbrace{W_2}_{\text{وزن مؤثر مود دوم}}=\underbrace{W}_{\text{وزن مؤثر کل ساختمان}}$$

ص ۱۹۷ پایین صفحه

طریقه‌ی محاسبه‌ی W ها:

$$\underbrace{W_1}_{\text{وزن مؤثر مود اول}}=\frac{(\overset{\text{وزن جرم اول}}{w_1}\Phi_{11}+\overset{\text{وزن جرم دوم}}{w_2}\Phi_{21})^2}{(w_1\Phi_{11}^2+w_2\Phi_{21}^2)}$$

$$\Phi_{\overset{}{j}\overset{}{i}}$$

j: شماره طبقه

i: شماره مود

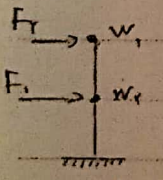
ص ۱۹۸

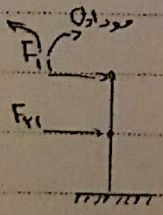
$$\underbrace{W_i}_{\text{وزن مؤثر مود i}}=\frac{\left(\sum_{j=1}^{n} w_j\Phi_{ji}\right)^2}{\sum_{j=1}^{n} w_j\Phi_{ji}^2}$$

ص ۲۰۰ (کاملاً مهم)

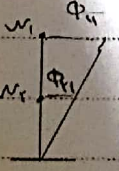
نوع خاک و لرزه خیزی → B

ص ۲۰۰ توزیع برش پایه هر مود

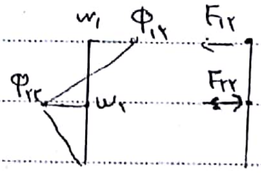




F_{11}
جرم طبقه
مود اول
F_{21}



w_1
Φ_{11}
w_2
Φ_{21}



w_1
Φ_{12}
F_{12}
Φ_{22}
w_2
F_{22}

$$F_1=\frac{w_1h_1}{\sum w_ih_i}\times V$$

$$F_i=\frac{w_ih_i}{\sum w_ih_i}\times V$$

$\longleftarrow V_1=36.42\,kN$

$$F_{11}=\frac{w_1\Phi_{11}}{w_1\Phi_{11}+w_2\Phi_{21}}\times V_1$$

$$F_{21}=\frac{w_2\Phi_{21}}{w_1\Phi_{11}+w_2\Phi_{21}}\times V_1$$

$$F_{12}=\frac{w_1\Phi_{12}}{w_1\Phi_{12}+w_2\Phi_{22}}\times V_2$$

ص ۲۰۱ و ص ۲۰۲

مثال: $150t$, $200t$, $k_1=2000\,kN/m$, $k_2=4000\,kN/m$

$\varphi_1=\begin{Bmatrix}1\\0.62\end{Bmatrix}$ درصد مشارکت مود اول

$\varphi_2=\begin{Bmatrix}1\\-1.49\end{Bmatrix}$

روش غلط: $|K-\omega^2 M|=0 \rightarrow \omega_1=\sim,\ \omega_2=\sim \rightarrow T_1=\sim,\ T_2=\sim \rightarrow \varphi_1=\sim,\ \varphi_2=\sim$

روش صحیح: استفاده از فرمول W_i