

به نام خدا

saze118.com



۱/ تئوری سازه ها (۱) « علی اکبر گل انسانی »

سازه از مجموعه ای از اعضا (elements) تشکیل می شود.
(members)

دقتی که می شود برای یک function خاص مورد استفاده قرار

می گیرد خاصیت باربری Loading دارند.

درین حالت تحلیل یا تئوری سازه است. در واقع می خواهیم ببینیم نیروها و تغییرات

های کل سازه و اعضای سازه چه هستند؟ Analysis

هدف از طراحی این اعضا است به گونه ای که محاذیم باشند پس اوّل باید

بدانیم چه نیروهای در نشان می افتد!

Loading دو بخش دارد: ۱- سازه بارنداری بنا داده می شود
درین زن خاص می گویند Static Loading یا Live Load & Dead Load
(Dynamic Loading)

Static Loading مثل وزن سازه و وزن سازه ساختمان
Dynamic Loading بار موج، بار باد، بار موج اتجار، اثر دینامیکی دارند.

تغییرات نسبت به زمان خیلی زیاد است ازین سازه ها به طور مجازی
دارد کار محاسباتی ما می شود.

مافوق Static Loading بررسی می کنیم (درین مورد مورد تأیید)

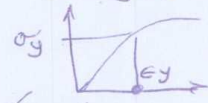
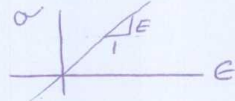
ما سازه ها را در تئوری می بینیم؟ آری! تئوری (تیر و پل و...) سازه دینامیکی ما باید



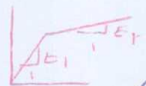
Dimension Structure دارند هم نداشتن اعضای 1-D
 اعضای 2-D به دست می آوریم 1-D, 2-D, 3-D
 و 3D که با دست نخورده (با کامپیوتر انجام می دهیم)
 دقت آنالیز سازه‌ی خیلی بیشتره مثلاً: سقف بتنی «plate» است و 2-D

✓ Linear vs. Nonlinear Analysis

توی لیسن، Linear است خط سازه ۲ اجزا رفتار خطی داشته باشند
 دقتی مار ۲ برابر داریم ϵ و σ ها دو برابر شوند
 رفتار مواد ما آن خطی باشد Linear



B. linear

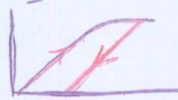


رفتار مواد تالی که دیکر خطی نیست طاهای غیر خطی رفتار می کنند. در لیسن
 رفتار مواد خطی است ولی ما با رفتاری که با تحلیلی انجام می دهیم که خطی باشد پس
 قانون هوک برقرار است. $\sigma = E \epsilon$ (ماتریس)

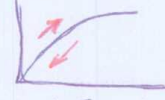
✓ Elastic - Nonelastic

امکان داره مواد ما غیر خطی باشد ولی رفتار Elastic یا Nonelastic نشان

سوار اولی می یار
 Nonelastic



همون جا که رفتار می یار
 Elastic



فاده مان می تواند Linear باشد یا Nonlinear همونجا می تواند Elastic رفتار
 نند یا Nonelastic.

غیر خطی بود نشان: ۱ سوار ۲ هندسه ی سازه (Geometry)

و ما خود دو مورد سازه های خطی در نظر می گیریم.

آن کس که نداند و نداند نداند

در محل مرتب ابدال می یارند

۱) صواب: ۲) رفتار Elastic ۳) هندسه ی سازه مورد دارد

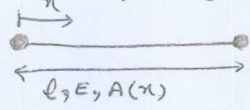
باید دقتی که در سازه های غیر خطی نباید برای زحمت آفرین باشد
 تمام مسائل ما خطی هستند پس بدان هیچ چیز نباشد.
 اولین قدم طراحی آنالیز کردن است. سری عملی ما داده بگیریم
 کجایی جابجایی + استاتیکی (معمولاً کجایی و جابجایی) لا مورد بگیریم.

۲

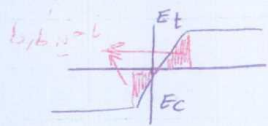
Truss Structure

خوابها

ساده ترین عضو (truss element : ۱) یک بزرگ است (۲) طول و دایره
 در دایره (۳) دایره سطح مقطع ثابت یا متغیر است (۴) دایره E است
 (۵) فقط برای محوری تحمل می کند (چون در بزرگ و کوچک)



فقط تحمل نمی کند نیروی جانبی (مثل لولاستی) فقط نیروی محوری دارد



(۱) فقط axial force تحمل می کند
 هم فشار و هم کشش (۲) $E = E_t$ (۳) $E \neq E_t$ (Non Linear)

از عضو خواب می خواهیم سازه (دو بعدی) درست کنیم. سرتین مقدار: ۳ عضو



خوابی ساده (خوابی دارد، خوابی پایه) دو سرتین سازه ۳ خوابی

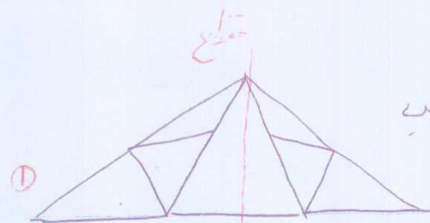
Member - Node (اتصال)

بنابراین هر دو می باشند $N = ۳$ $M = ۳$ خوابی پایه
 خوابی ساده

خوابی ساده یا simple truss. بر سبب خوابی پایه شکل می شود
 و با اضافه کردن یک گره به وسیله افزودن دو عضو با اتصال به گره های قبلی متصل
 شود شکل می شود. $M = ۲N - ۳$ (این دو عضو باید در یک راستا باشند) در خوابی ساده $M = ۲N - ۳$
 ما باید بدانیم که چه راه حل استفاده کنیم. در خوابی ساده از آخرین گره
 اول گره را به کار می بریم و تا اولین گره می آیم پس راه حل ساده ای است.
 همواره می توانیم گره را تا وقتی این خواب استفاده کرد

خوابی مرکب

از اتصال چند خوابی ساده بهم بر روش خاصی شکل می شود.
 مثلاً در خوابی ساده با در یک گره ۳ متصل می کنیم به علاوه یک عضو لاستیک دیگر
 از گره نمی تواند در و چون آن می تواند نیرو (مانند) ایجاد کند.



خوابی مرکب

$$M_1 = 2N_1 - 3$$

$$M_2 = 2N_2 - 3$$

گره‌بندی

$$N = N_1 + N_2 - 1$$

$$M = M_1 + M_2 + 1$$

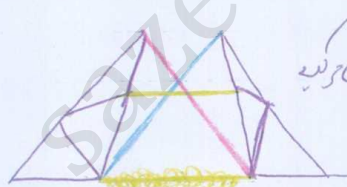
$$M = 2(N_1 + N_2 - 1) - 4 + 1 \rightarrow M = 2N - 3$$

پس خوابی مرکب به ازاد است. دو خوابی ساده در یک گره + یک عضو که حول آن نقطه
مان ایجاد می‌کند از این رابطه سرزدی نمی‌کند. $M = 2N - 3$ ✓

دیکم غیر و انهم از روی گره‌های محلی استفاده کنیم
TA: رضا عنایتی اول مکتوب‌های خودشان را حل می‌کنیم و یاد می‌گیریم
لکه یکشنبه ۷/۵/۹۶

برای اتصال صلب دو سازه هم باید حداقل سه گره مشترک در دو سازه شود که

۱) مشترک نباشند ۲) حواری نباشند ۳) هم متصل شوند



خوابی مرکب

$$M = M_1 + M_2 + 3 = 2(N_1 + N_2) - 6 + 3$$

$$\rightarrow M = 2N - 3$$

$$N = N_1 + N_2$$

خوابی مرکب هم هست به $M = 2N - 3$ در آن حالتی قرار باشد.

$$N = 6 \quad M = 9$$

Complex truss

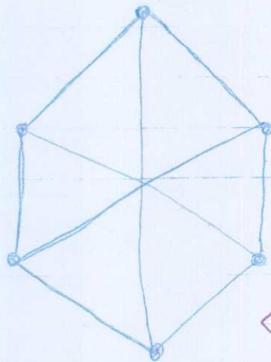
$$M = 2N - 3 \quad \checkmark$$

اما این خوابی ساده یا خوابی مرکب نیست پس به خوابی که نه ساده

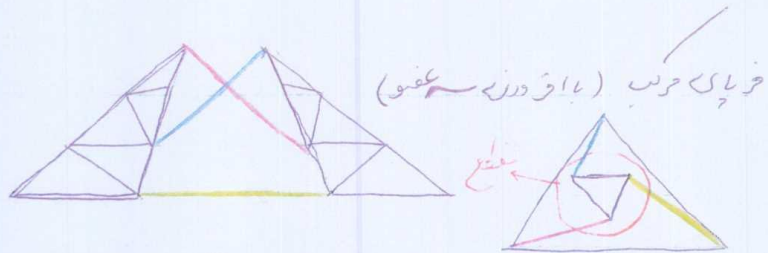
باشد و نه مرکب و $M = 2N - 3$ توش صادق باشه

می‌دیم خوابی غیرمعمول (عموماً خوابی باید ندارند ولی
می‌تواند هم داشته باشد!)

۱) حل ۲) پایداری ۳) دقت می‌خواهد



۲

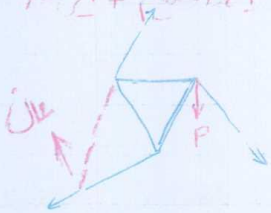


خوابی حرکت (یا آزاد در سه عضو)

مقطع

روش مقطع: از محل احداث دو خوابی ساده بهم، مقطع می زنیم

هر عضو که از خوابی قطع می شود باید به یک درجه از دست می افتد. ۳ درجه از دست می افتد + ۱ درجه از دست می افتد = ۲ درجه از دست می افتد



طی مقاطع تعداد ۲ برابر تعداد درجه ها

عبر المثل نگه داره $R=3$

$$2N = \text{مقاطع} \quad M+R = \text{مجموع}$$

$$M+R=2N \rightarrow \text{اینجا می توانیم خوابی وصل کنیم} \quad M=2N-3$$

statically determinate structure

✓ عین زیاد وصل کنند تا به احتمال وصل به جواب از روی در گیل می کنند!
به خاطر همین است که می توانیم از روی این معادله هم دور رفتی این درست و بیاید!
پایدار است

$$1) M+R=2N \rightarrow \text{staticly determinate structure}$$

سازه های استاتیکی

$$2) M+R > 2N \rightarrow \text{سازه های زینتی استاتیکی}$$

n معادله غیر تعادلی $\rightarrow$ تعداد مجهول ها - تعداد معادله = درجه نامعین n

استاتیکی نیاز داریم (استاتیکی)

چون به تعداد n معادله ای الاستیک (تغیر شکل) بدست می آوریم.

$$3) M+R < 2N \rightarrow \text{سازه ناپایدار است}$$



اوش سقطع ہم کار آمد نیست. پس چکار افرییم. زرد درین عضو لایع

x د عبد ازاد شکر وہ ندی کو غفلتوں سے لے کر حبیب آباد سیدہ کے گھر



600/2 500/2

همه خوابهای سار و صوب پدیدارند اما پایداری خوابهای بزرگ نیست

است. (علم و صفت!)

۶

سُورِ سازه‌ها (۱)
 «گل انسانی»

پرسیا حسوند: عران ۱۷

TA: عزیزِ یا عزیزِ (۱)

طالع حل‌ترین: یکشنبه ساعت ۷ الی ۹
 ✖ ← عرین‌های خودمان هم راند پس اول (درطالع حل
 عرین‌های خودمان لاجل و کنیم بعد می‌رویم سرخ عرین‌های تنوّه
 حکلی سازه بین بیاری از درس‌های این است (۱)

«بیایا حل براتیم می‌در ساغر اندازیم
 شک طاسف شک کنیم و طرحی نور اندازیم»

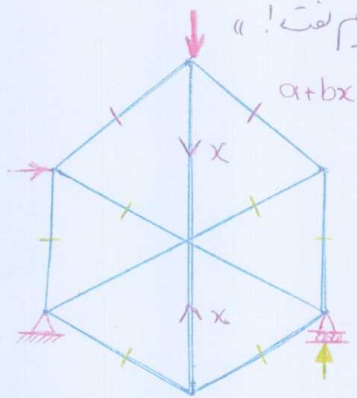
Don't be afraid we'll make it out of this mess!

It's a love story baby just say "yes".



پایداري سازه ها

تخمین خرابی‌های ساده و مرکب پایدارند اما پایداري خرابی‌های پیچیده سخت است. (علم و صنعت!) «روش معنوی را جلوتر خواهیم گفت!»

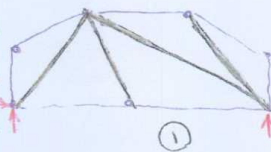


در این جا روش قطع می کار اند نیست!

بدست می آید $\checkmark \rightarrow x$

یا جای $\checkmark$ مجهولان $(x=)$ بدست می آید.

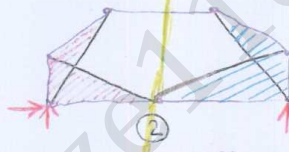
این روش برای خرابی‌های پیچیده کاربرد دارد!



①

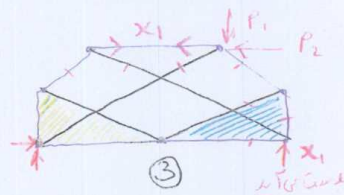
$$N = 7$$

$$2(7) - 3 = 11$$



②

$$11 - 7 = 4$$



③

بدست می آید

①: خرابی ساده است (فقط دو عضو جدید!) برای حل از یک گروه از ردیف شروع می کنیم.

$\checkmark$ روش گروه تماماً تنها برای خرابی‌های ساده جواب می دهد.

پروژه: به یک نام بنویسید (برای $2N = M + R$) اعضا و گروه ها و تکیه ها را بنویسید و ردیف را برای پروژه ۲ شماره

بنویسید $2N$ شماره $2N$ محول را حل کنید! ۸ نام جایی ها!

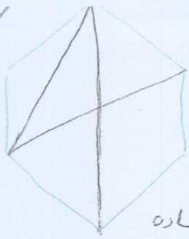
پروژه: نسبت تکیه ها را داشته باشیم! تکیه ها مرتب ~~شماره~~ CareedProject

②: خرابی مرکب است. روش گروه جواب نمی دهد $\rightarrow$ روش قطع را بکار ببرید. عضو گروه را مشخص می کنید.

تکرار عمل گروه یکبار می نرود! عضو بدست می آید. بعد از روش گروه استفاده می کنیم و بدست می آوریم!

③: خرابی پیچیده است. ابتدا تکیه ها را بدست می آوریم $\rightarrow$ از گروه ۳ محول داریم $\rightarrow$ تکیه ها را بدست می آوریم.

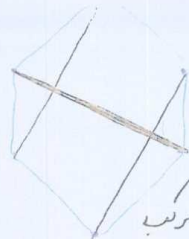




ساده



ساده



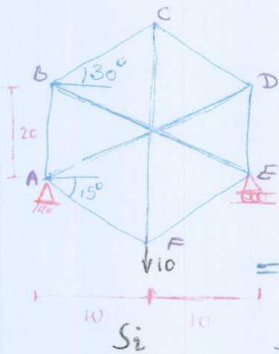
مربک



بغیر

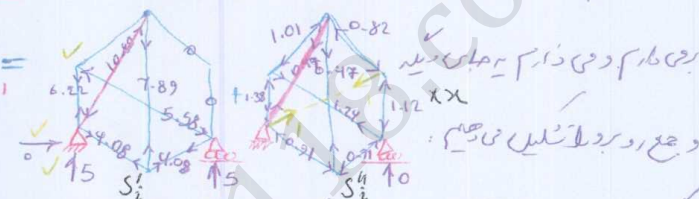
ماهی توانیم برای نوع سازه روش حل را بدست بیاوریم. فرمهای اجزای لازم خواهیم برداشت

صغیر حل کنیم.



روش غیرک (Complex Truss)

فرمهای اجزای ساده تبدیل می کنیم! به عضو



اگر نیرو در عضو صورتی = باشد کار با لادریست است (جمع) چون حالات لادری می کنیم

ملش های عضو (نیروهای عضو) لادری می کنیم به سادگی نوشتن، رابطه قادی!

فرمهای غیرک لادری می کنیم دو فرم ساده و دو فرم لادری می خواهیم در صورتی

نیرو صغیر لادری می کنیم (S₂ نیرو در عضو فرمهای اصلی: S₂ نیرو در عضو در لادری)

$$S_{AC} = S_{AC}^I + S_{AC}^H(x) = 0 \rightarrow x \checkmark \quad x = \frac{10.89}{0.47} = 23.42$$

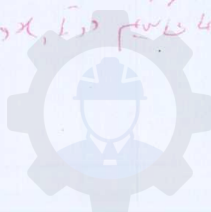
یعنی (حل دوم) $x = 23.42$ + حل اولی = حل کل فرمهای غیرک اصلی سازه!

$$S_2 = S_2^I + x S_2^H$$

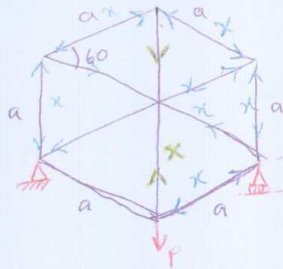
خودمان این سازه را از روش سادگی می بینیم یعنی اگر سازه را لادری می کنیم و سازه را

در سازه سازه را از روش سادگی می بینیم و در سازه سازه را از روش سادگی می بینیم

از سازه سازه را از روش سادگی می بینیم و در سازه سازه را از روش سادگی می بینیم



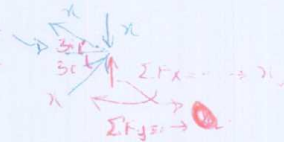
پایداری تیرهای بفرنج



تیرهای بفرنج خنجره جانب: تیرهای شش ضلعی منتظم

این تیرهای جانبی را می‌خواهیم حل کنیم.

تیرهای P_2



پس این تیرها پایداری است. یعنی این تیرها خاصیت باربری ندارد یعنی $P=0$ باید باشد. تغییر مکانی در حد که توانا باشد از 60 و 30 خارج شوند! به روش بار موزون داریم برای چیدمان پایداری تیرها که البته این جا همچنین ظاهری است که به این تناقض رسیدیم. همچنین که زاویه از 60 خارج می‌شوند. تیرهای ما پایداری شود اگر نزدیک 60 باشد اگر P خیلی کوچک داشته باشیم بردها در عضوها $100P$ یا $200P$ اند اما باید $1000P$ و ...! تیرهای بفرنج پایداری است از چپ دیوکی به دست می‌آید!

تیرهای بفرنج به روش بار موزون

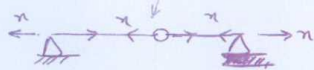
Zero load test

برای تیرهای $M=2N-3$ حسیت اما ما بیشتر در مورد تیرهای بفرنج استفاده می‌کنیم

صحت: طایر برای تیرهای (تیرهای) استفاده می‌شود و جواب می‌دهد.

پس از اعمال بار در تیر x به تیرهای بردها بدست می‌آید و به ترتیب $\leftarrow$ عمل می‌کنیم (یعنی چپ به راست)

پس به خاطر بارگذاری صفر بار x احتیاجی نداریم و جانب انتخاب است که x می‌تواند صفر باشد در حالتی



همچون بارگذاری می‌کنیم استنداک $\leftarrow$ سازه حتماً پایداری است.

دلیل: استدلال ناخوب: چون x می‌تواند صفر می‌باشد $\leftarrow$ می‌تواند ∞ باشد و ناپایدار

$$A_n + 0.6 S_a = 0$$

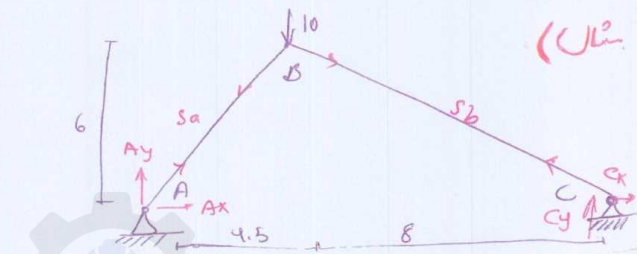
$$A_j + 0.8 S_b = 0$$

$$-0.6 S_a + 0.8 S_b = 0$$

$$(10 + 0.8) a + 0.6 S_b = 0 \quad (-10)$$

$$0.8 S_b + C x = 0$$

$$0.6 S_b + C y = 0$$



۷

بعد مارتین سطح بدست آمده داخل می کنیم. مارتین $2N \times 2N$ و $2N$ عمود داریم.

چون موقع مارتین A در میانش میزنه!

اگر در میانش A زدیم به صوفم ماسه باز برای ما از تو هندسی ناپایدار است.

Substructuring یا Superposition

یرها

در خواص یزدها داریم، اما تغییر مکان ها را بدیه حساب نمی دهیم. نیروی داخلی

چون در مورد خواص این روش قدری بود. در تیر سه مجهول داریم M (محبت)

این یزدها محبت اند (یزدها داخلی اند و محبت عمل و عمل العمل اند) کشش و محبت بگیرد.

اگر نمی خوریم این جور می خوریم $M+5$ محبت

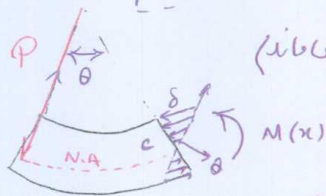
M محبت به درستی با ارماتورها و لایه های میانی می خوریم (اگر M باشد).

نیروهای خارجی (تغییر مکانها داخلی - خارجی) $\rightarrow$ این ها محبت اند (خارجی)

خلاصه ای از شکایات جامدات

اگر به تیری داشته باشیم تحت اثر بارگذاری، این تیر آرمه شده اش را بگیریم dx در طول

کنیم. کشش و بلات، پائین کشش (یعنی صفحه با تیری ماند)



برای این یزدها $M(x)$ محبت ماست.

سطح خطی ماند $\theta = \frac{\delta}{c}$ وقتی تغییر مکان ها کوچک باشد

3- قانون هوبن صادق است.

$$\theta = \frac{\delta}{c} = \frac{dx}{\rho}$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{Mc}{EI}$$

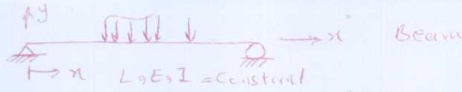
$$\frac{\delta}{dx} = \epsilon = \frac{c}{\rho} = \frac{Mc}{EI}$$

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{d^2y/dx^2}{[1 + (dy/dx)^2]^{3/2}} \approx \frac{d^2y}{dx^2} \text{ (Curvature)}$$

$$\frac{dy}{dx} = \theta \approx \theta_0$$

$$c \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{Mc}{EI} \rightarrow \boxed{\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}}$$





جلسه 10، 12، 88 (پیرها)

برای حل این مسئله (از این روش) استفاده می‌کنیم

بردهای خارجی

رابطه برای معادله:

$$\text{Curvature} = \frac{d^2y}{dx^2} \quad \frac{M}{EI} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

(اگر انداز EI ثابت باشد آنگاه این معادله! (برای ثابت) θ_0)

$$\frac{dy}{dx} = \theta_0 + \int \frac{M}{EI} dx$$

θ = ضریب لایه مستقیم

$$y = \int \left(\frac{dy}{dx} \right) dx = \int \left(\theta_0 + \int \frac{M}{EI} dx \right) dx + y_0$$

$$+ \int \theta_0 dx + y_0 \rightarrow y = \int \frac{M}{EI} dx + \int \theta_0 dx + y_0$$

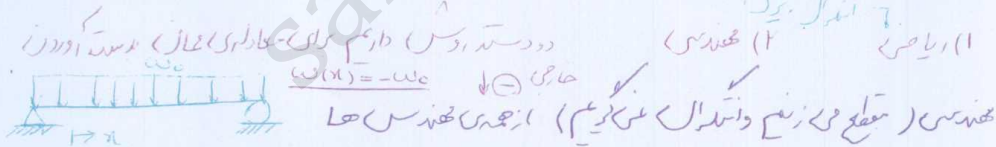
پس باید معادله من پیوسته باشد (مضرب نداشته باشیم) (روش انتگرال مضاعف)

زیاده وارد نکنیم! (ما می‌خواهیم) پس انتگرال بگیریم و به معادله اضافه کنیم، اگر در انتگرال

Deflection of Beam - Double Integration Method (روش انتگرال مضاعف)

Equation of Moment

بدست آوردن معادله‌ی حالتی



بی سوادتر از (مهندس ها) غرانی $M(x) = \frac{w_0 x^2}{2} - \frac{w_0 x^3}{6}$

دست برداری و داریم اول $w = 0$ (در اینجا خط داریم) خط $w = 0$ (در اینجا خط داریم)

دست برداری می‌کنیم. می‌خواهیم هر دو طرف را در یک طرف! (مهندس ها) خط $w = 0$ (در اینجا خط داریم)

رابطه $V = \int w dx + V_0$ (انتگرال بار) w (انتگرال بار)

انتگرال بار $\frac{dM}{dx} = V(x)$ $\frac{dV}{dx} = w(x)$

عبارت = انتگرال بار = انتگرال مضاعف $M = \int V dx + M_0 = \int \left(\int w(x) dx \right) dx + \int V_0 dx + M_0$

7/

$\frac{M}{EI} = w \leftarrow$ معادله طالع = معادله جابجایی $\rightarrow$ متناظر می شوند

غیر، همان بارالاستیک همان تغییر مکان است. $y = (y)$ تغییر مکان

elastic loadline

روش تیر مزدوج

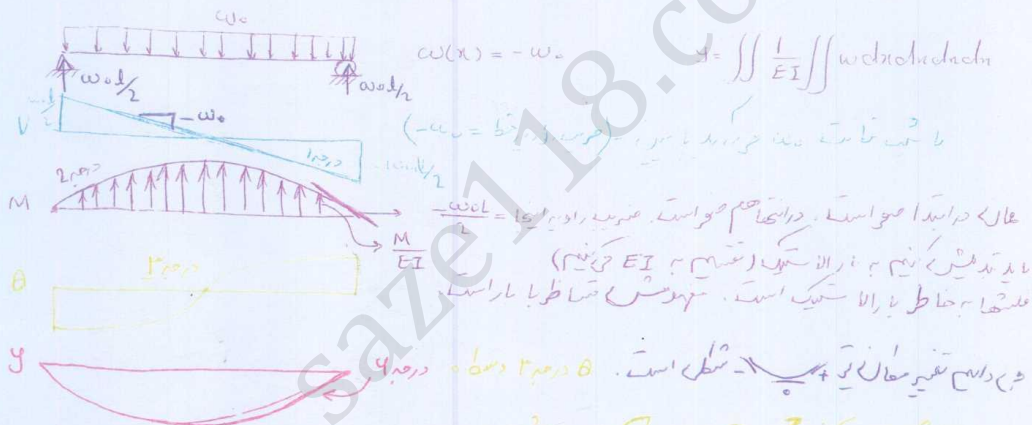
برش بارالاستیک θ

θ و y بدون استفاده از انتگرال گیری از روش محدودیت بدست می آید و هم جابجایی بارالاستیک

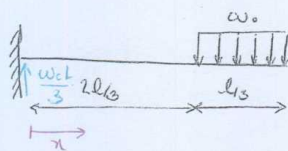
بگذاریم. باید شرایط مرزی این لایحه در نظر بگیریم. $\leftarrow$ دوتا constant مان لب بدست می آوریم.

* همان بارالاستیک = تغییر مکان * برش بارالاستیک = ضریب انحراف

شرایط اولیه (زمان) $\leftarrow$ initial condition شرایط مرزی (مکان و عدد) $\leftarrow$ boundary condition



این ۵ روش + روش تیر مزدوج



سوال: تیر از یک طرف در نظر بگیریم: (۱/۳ درجه) انتگرال گیری

$\delta(x-x_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(x-x_0) dx = 1$

δ تابع دیراک

$$\frac{2l}{3} < x < \frac{2l}{3}$$

$$\frac{M}{EI} = \frac{w_0 l}{3} x - \frac{w_0}{2} \left(x - \frac{2l}{3} \right)^2 \quad \text{for } 0 < x < \frac{2l}{3} \quad \frac{M}{EI} = \frac{w_0 l}{3} x$$

$$\theta = \frac{1}{EI} \left(\frac{w_0 l}{3} \frac{x^2}{2} - \frac{w_0}{2} \frac{(x - \frac{2l}{3})^3}{3} \right) + \theta' \quad \theta = \frac{1}{EI} \left(\frac{w_0 l}{3} \frac{x^2}{2} \right) + \theta_0$$

این جابجایی ششیم $\theta = 0$ است. اینها را در این تیر مرزی مرزی در این جا $\theta = 0$ و $y = 0$

پس برای ما سگالی لا طوع می کند که خیلی خیلی صاف می شود، توی مثل که کنیم!



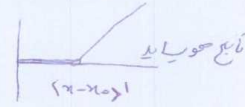
« انجاة في الصدق » بدت ماشه خات در دست و در ستاره و لاستیک است. جلدی ماه
 ۱۰ ایم سله ایلده خلافت ثابت بی. لغات مان لا عوض کرده اند که این حرف فی حدیثیم.

حالا بدست آوردن و در مثال قبلی (حالی ۱) $y = \frac{1}{EI} \left(\frac{\omega c l}{3} \frac{x^3}{6} \right) + \theta_0 x + y_0$ $\omega c l = 24$
 $y = \frac{1}{EI} \left(\frac{\omega c l}{3} \frac{x^3}{6} - \frac{\omega c}{2} \left(\frac{(x-2l/3)^4}{12} \right) \right) + \theta_0 x + y_0$ $\omega c l = 24$
 در این روش، نقطه را از مرکز (یعنی $x=2l/3$) قرار می دهیم

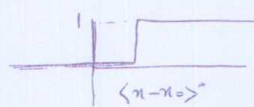
در $x=2l/3$ ضربه ای وارد می شود. وقتی حالتی در می بینیم این جا $\theta=0$ می شود. $\theta=0$

حیاتی ترین و تابع singular لا تعریف کرده است که δ unit step function ها هستند.
 در ماکس می بیند به پیدا کردن جواب برای δ unit step function

$$\langle x-x_0 \rangle^n = \begin{cases} (x-x_0)^n & x > x_0 \\ 0 & x < x_0 \end{cases}$$



$$\langle x-x_0 \rangle^n = \begin{cases} 1 & x > x_0 \\ 0 & x < x_0 \end{cases}$$



حین تابع ما، $\frac{d}{dx} \langle x-x_0 \rangle^n = \frac{n}{x} \langle x-x_0 \rangle^{n-1}$
 $\int \langle x-x_0 \rangle^n dx = \frac{\langle x-x_0 \rangle^{n+1}}{n+1}$

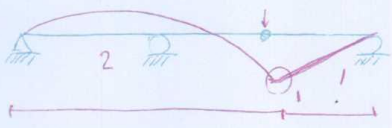
چشم بندی پس به به جزئی می بیند $\frac{M}{EI} = \frac{1}{EI} \left(\frac{\omega c l}{3} x - \frac{\omega c}{2} \langle x-2l/3 \rangle^2 \right)$

استاد از تابع δ $\theta = \frac{1}{EI} \left(\frac{\omega c l}{6} x^2 - \frac{\omega c}{6} \langle x-2l/3 \rangle^3 \right) + \theta_0$

دایره و آن را نشان $y = \frac{1}{EI} \left(\frac{\omega c l}{18} x^3 - \frac{\omega c}{24} \langle x-2l/3 \rangle^4 \right) + y_0$

لمنه حاد مورد استرال مضاعف

حاصل چهارشنبه ۱۲، ۱۳، ۱۴



۱۲ عدد پوسه در I
 و ۷ جبهه و است نقطه برابرند

۴ تا ثابت باید پیدا کنیم. یعنی توانیم در این جا برای

طی تابع داخل بر تابع ندیم. (عدک پوسه)

۱) عدک پوسه در

۵۱



$$w(x) = w_0 - \langle x - l/2 \rangle w_0$$

$$\frac{M}{EI} = \frac{d^2 y}{dx^2} \rightarrow \text{Elastic local} = \frac{M}{EI}$$

Moment Area Method

روش نگر سطح

پیش‌بینی حرکت اولیه بارگذاری بر تغییر سطحی پیدا می‌کند اگر به تدریجش بایستیم dx و آن dx

$d\theta = \frac{dx}{\rho}$ $\theta = \frac{dy}{dx}$ $\frac{d\theta}{dx} = \frac{M}{EI} = \frac{d^2 y}{dx^2}$
 $\theta_B - \theta_A = \theta_{A/B} = \int_A^B \frac{M}{EI} dx$ $\theta_B - \theta_A = \theta_{A/B}$
 نزدیک اندازه A و B می‌باشد!

از ضرب لایه B به A می‌رویم $(\theta_{B/A})$ سطح زیر بخش بار الاستیک از نقطه A تا B

قانون اول نگر سطح: اختلاف ضرب لایه B نسبت به A برابر است با سطح زیر بخش بار

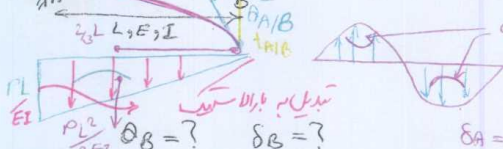
$$\theta_B - \theta_A = \theta_{A/B} = \int_A^B \frac{M}{EI} dx$$

$$t_{A/B} = \int_A^B (x_B - x) d\theta = (x_B - x) \frac{M}{EI} dx$$

$$t_{A/B} = \int_A^B dx = \int_A^B (x_B - x) \frac{M}{EI} dx$$

$$t_{A/B} = \int_A^B (x_B - x) \frac{M}{EI} dx$$

مثال) معادلات θ و $y(x)$ را بنویسید. (I ثابت) و P در انتهای راست



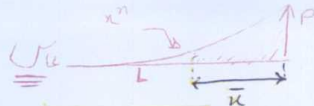
شکل تغییر مکان را همیشه می‌کنیم $\delta_A = 0, \theta_A = 0$

$$\theta_{A/B} = \theta_B - \theta_A = -\frac{PL}{EI} \cdot \frac{L}{2} = -\frac{PL^2}{2EI} \rightarrow \theta_B = -\frac{PL^2}{2EI}$$

$$t_{A/B} = -\frac{PL^2}{2EI} \left(\frac{2L}{3} \right) = -\frac{PL^3}{3EI} = \delta_B \rightarrow \delta_B = -\frac{PL^3}{3EI}$$

در دایره هندسی این جوری عمل می‌کنیم (تدریجاً) و از این جایی که می‌خواهیم حرکت را از فلش می‌کنیم



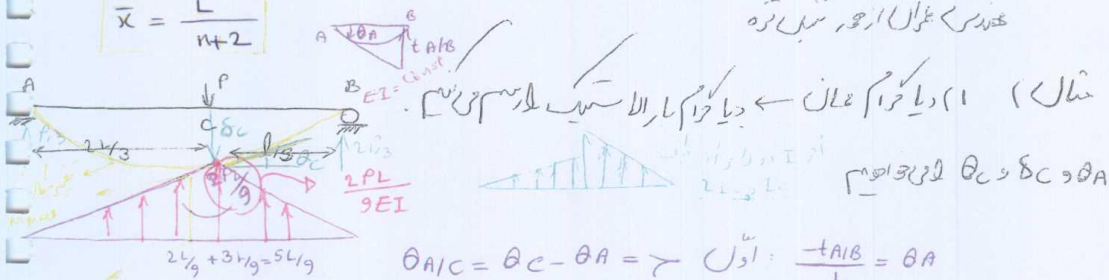


$$A = \frac{PL}{n+1}$$

$$\bar{x} = \frac{L}{n+2}$$

(الگوی بارشکل A) : معادلت زیر بنویسید

مقدارهای θ و δ از هر سمتی که

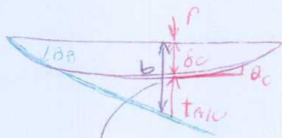


$$\theta_{A/C} = \theta_C - \theta_A = \gamma \quad \text{آنها:} \quad \frac{-t_{A/B}}{L} = \theta_A$$

$$\theta_A = \frac{-t_{A/B}}{L} \Rightarrow t_{A/B} = \frac{2PL}{9EI} \left(\frac{L}{3} \times \frac{5L}{9} \right) + \frac{2PL}{9EI} \left(\frac{L}{6} \times \frac{2L}{9} \right) = \frac{4}{81} \cdot \frac{PL^3}{EI}$$

$$\theta_A = \frac{-4}{81} \cdot \frac{PL^2}{EI} \quad \theta_C = \theta_{A/C} + \theta_A \quad ; \quad \theta_{A/C} = \frac{2PL}{9EI} \cdot \frac{L}{3} = \frac{2PL^2}{27EI}$$

$$\rightarrow \theta_C = \frac{6PL^2}{81EI} - \frac{4PL^2}{81EI} = \frac{2PL^2}{81EI}$$



حالا δ_C و θ_C چقدر می باشد؟ δ_C و θ_C چقدر می باشد؟

$$t_{A/C} = \frac{2PL}{9EI} \times \frac{L}{3} \times \frac{2L}{9} = \frac{4PL^3}{243EI}$$

$$\theta_A \cdot \frac{2L}{3} = \frac{4PL^2}{81EI} \cdot \frac{2L}{3} = \frac{8PL^3}{243EI} \quad \delta_C = \left| \frac{8PL^3}{243EI} - \frac{4PL^3}{243EI} \right| = \frac{4PL^3}{243EI} \downarrow$$

۱) دیاگرام گمان ← دیاگرام بارالاستیک (رسم می کنیم)

۲) شکل تغییر شکل ← رسم می کنیم

۳) روابط مورد نیاز را به دست می آوریم (محدس) می دهیم یعنی موارد مهم می دهیم؛ خوبی ← انداز می دهیم

آخری نت x_{max} و δ_{max} به دست آوریم (چون خارجی کشید) ۱) بدانیم چه است یا لاستیک (اینجا)

$$\checkmark \quad x_{max} \quad \delta_{max} \quad \theta_{A/max} = \theta_{max} - \theta_A \quad \leftarrow \quad \theta_{max} = 0 \quad \delta_{max} = 0$$

$$\frac{x_{max}}{2L/3} = \frac{M_{max}}{\frac{2PL}{9EI}} \quad \rightarrow \quad M_{max} = f(x_{max}) \quad \checkmark$$

۱) نسبت $\frac{L}{81}$ به خاطر بارشکل و تغییر شکل خارجی به دست می آوریم.

۲) x_{max} و δ_{max} به دست می آوریم (وقتی نسبت $\frac{L}{81}$ می دهیم).



91

Conjugate Beam Method

روش تیر مزدوج

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

$$\theta = \frac{dy}{dx} = \int \frac{M}{EI} dx$$

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = w$$

برحقیقی

$$y = \int \theta dx = \iint \frac{M}{EI} dx dx$$

$$v = \int w dx = \frac{dM}{dx}$$

$$M = \int v dx = \iint w dx dx$$

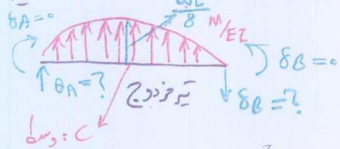
تیر مزدوج: بارگذاری روش بارالاستیک $(\frac{M}{EI})$ است. روش تیر مزدوج همان ضریب بلاستیک

روش تیر مزدوج = ضریب بلاستیک برحقیقی

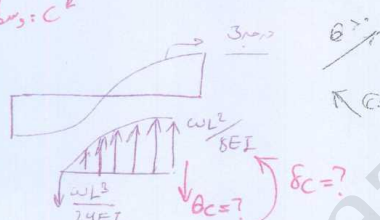
حقیقی است -

همان در تیر مزدوج = ضریب بلاستیک برحقیقی

بارالاستیک روی تیر که شرایط مرزی برقرار ارضا نکند. ضریب بلاستیک در ابتدای تیر $\delta_A = 0$



پس روش تیر مزدوج در ابتدای تیر مزدوج مجهول است.



$$\sum M_B = 0 \rightarrow L\theta_A + \frac{2}{3} \frac{wL^2}{8EI} \times L \times \frac{L}{2} = 0$$

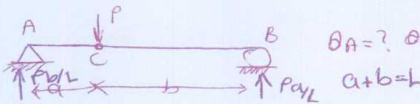
$$\theta_A = -\frac{wL^3}{24EI}$$

$$\theta_B = \frac{wL^3}{24EI}$$

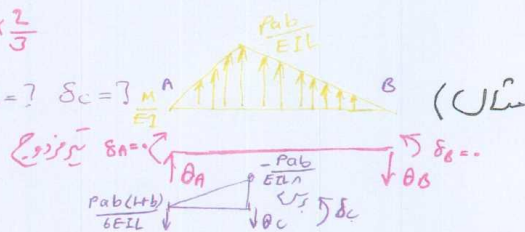
$$\sum F_y = 0 \rightarrow -\frac{wL^3}{24EI} + \frac{wL^2}{8EI} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{2}{3} - \theta_C = 0 \rightarrow \theta_C = 0$$

$$\sum M_C = 0$$

$$\theta_C = \frac{wL^2}{8EI} \times \frac{L}{2} \times \frac{2}{3}$$

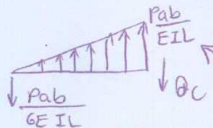


$$\theta_A = ? \quad \theta_B = ? \quad \theta_C = ? \quad \delta_C = ?$$



$$\sum M_B = 0 \rightarrow L\theta_A + \frac{Pab}{EIL} \times \frac{a}{2} \times (b + \frac{a}{3}) + \frac{Pab}{EIL} \times \frac{b}{2} \times (\frac{2}{3}a) = 0 \rightarrow \theta_A = -\frac{Pab(L+b)}{6EIL}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow \theta_A + \frac{Pab}{EIL} \frac{L}{2} - \theta_B = 0 \rightarrow \theta_B = \frac{Pab(L+a)}{6EIL}$$

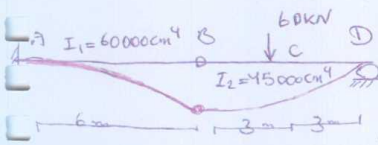


$$\sum F_y = 0 \rightarrow \frac{Pab(L+b)}{6EIL} + \theta_C - \frac{Pab}{EIL} \frac{a}{2} = 0 \rightarrow \theta_C = -\frac{Pab(b-a)}{3EIL}$$

$$\sum M_C = 0 \rightarrow \theta_C + \frac{Pab(L+b)}{6EIL} a - \frac{Pab}{EIL} \frac{a}{2} \times \frac{a}{3} = 0 \rightarrow \delta_C = -\frac{Pa^2b^2}{3EIL}$$

برای این تیرخوردج نسبت به یک سطح ثابت برای محاسبه کرنش و تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف کرنش هم نداریم به طریقی که در این صورت پیش می‌رود.

به خورده سطح را در بر می‌آورد.

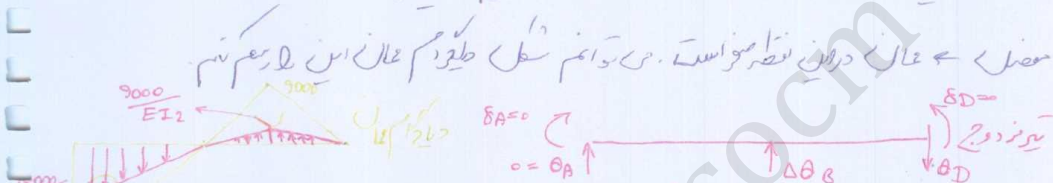


$$\theta_B^+ = \theta_B^- = \theta_B \quad \theta_D = 0$$

$$E = 20000 \text{ KN/cm}^2$$

(سوال)

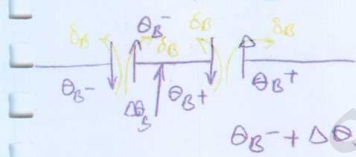
سازه معین است و تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم.



در این تیر داریم چون به خاطر بارهای مختلف در این تیر و تغییرات درجه انحراف و تغییرات طول داریم.

پس باید در این تیر تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم. اگر تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم.

آزمون میانگین سازه (I) ۲۳، ۲۲، ۲۱ (۲۳ اردیبهشت به پنجشنبه)



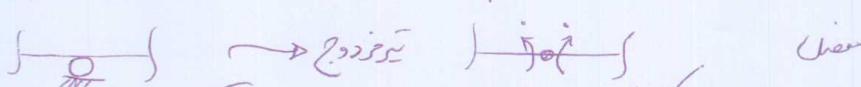
$$\theta_B^- + \Delta \theta_B - \theta_B^+ = 0 \rightarrow \Delta \theta_B = \theta_B^+ - \theta_B^-$$

به پرده بار (تکوا بار) داریم. به جای تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف.

تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم. تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم.

$$\delta_B^- - \Delta \delta - \delta_B^+ = 0 \rightarrow \Delta \delta = \delta_B^- - \delta_B^+$$

به جای تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم. تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم.



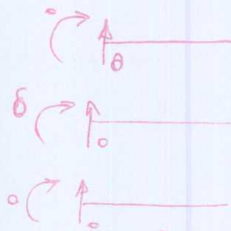
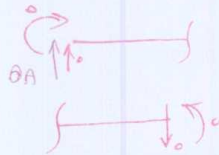
اگر تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم. تغییرات طول و تغییرات درجه انحراف را داریم.



19



تیر خرد و ج


 θ_A = زاویه چرخش در نقطه A

 θ_A = زاویه چرخش در نقطه A

 θ_A = زاویه چرخش در نقطه A

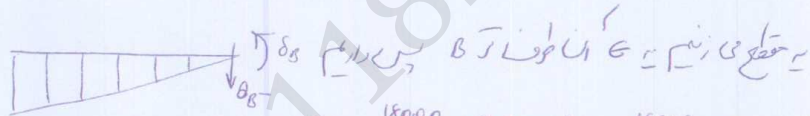
 θ_A = زاویه چرخش در نقطه A

 θ_A = زاویه چرخش در نقطه A

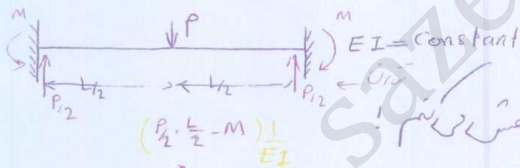
$$\sum M_B = 0 \rightarrow \frac{18000}{EI_1} \times 300 \times 400 + \frac{9000}{EI_2} \times 300 \times 300 - 600 \times \theta_D = 0$$

$$\theta_D = \frac{18000 \times 300 \times 400 + 9000 \times 300 \times 300}{600 EI_1}$$

(درجه چرخش در نقطه D)



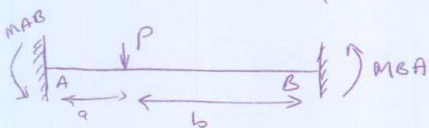
$$\theta_B = \frac{18000}{EI_1} \times 300 \quad \delta_B = -\frac{18000}{EI_1} \times 300 \times 400$$


 θ_B = زاویه چرخش در نقطه B

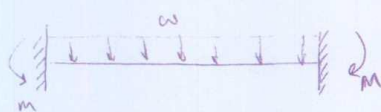
 θ_B = زاویه چرخش در نقطه B

 θ_B = زاویه چرخش در نقطه B

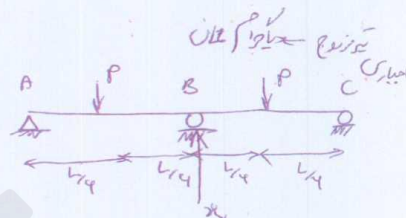
$$\sum F_y = 0 \rightarrow M = \frac{PL}{8} \quad \frac{PL}{4} - M = M \rightarrow M = \frac{PL}{8}$$

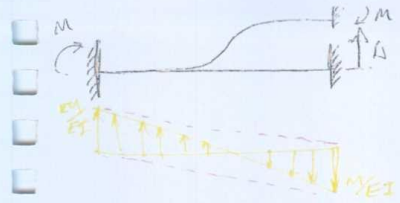
 θ_B = زاویه چرخش در نقطه B


$$M_{AB} = \frac{Pa b^2}{L^2} \quad M_{BA} = -\frac{Pa^2 b}{L^2}$$



$$M = \frac{wL^2}{12}$$

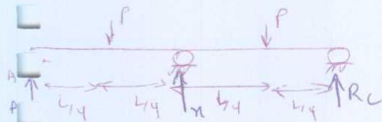




تیر زوج Δ

$$\sum M_B = 0 \quad \Delta = \frac{M}{EI} \left(\frac{L}{2} \cdot \frac{L}{3} - \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{3} \right) = \frac{ML^2}{6EI}$$

$$M = \frac{6EI}{L^2} \Delta$$



$$R_A = R_C$$

$$2R_A + \chi = 2P \Rightarrow \chi = 2P - 2R_A$$

(سؤال)

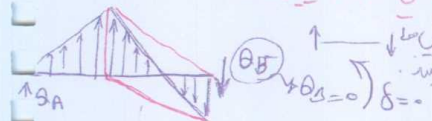
$$\text{or } R_A = P - \frac{\chi}{2}$$

این را در انتهای معادله قرار دهیم



تیر زوج

* چون نیروی مجهول تغییر مکان متناظرش معلوم درعکس و چون نیروی معلوم تغییر مکان متناظرش مجهول (حدوداً با هم معلوم یا مجهول نیستند)

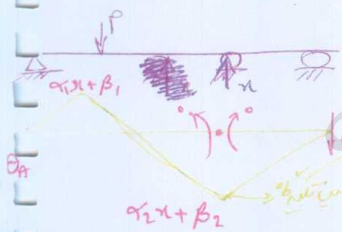


$$\theta_B^+ = \theta_B^- = \theta_B$$

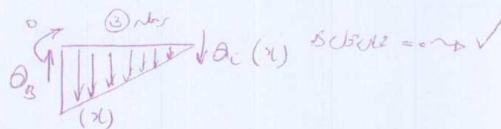
در راستی $\theta_B^+ = \theta_B^- = \theta_B$ (در حالت تعادل) در این مسئله $\theta_B^+ = 0$

$$\frac{L}{2} - \frac{L}{12} = \frac{6L - L}{12} = \frac{5L}{12}$$

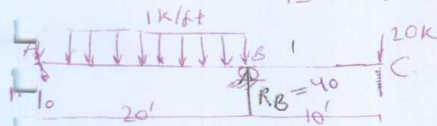
$$\sum M_A = 0 \rightarrow \left(P - \frac{\chi}{2} \right) \frac{L}{4} \times \frac{L}{4} \times \frac{L}{4} - \left[\left(P - \frac{\chi}{2} \right) \frac{L}{2} - \frac{PL}{4} \right] \times \frac{L}{8} \times \frac{5L}{12} = 0 \rightarrow \chi = P$$



(سؤال) اگر انتهای راستی هم چقدر

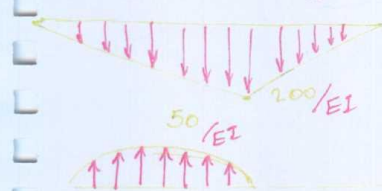


θ_B چقدر است داخلی است : چقدر است بزرگ من نیست (س) مجهول هم (اما فرقی ندارد)



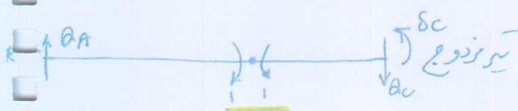
$$E = 30,000 \text{ ksi} \quad I = 864 \text{ in}^4 \quad \Delta_B = 1 \text{ in} \quad (\text{سؤال})$$

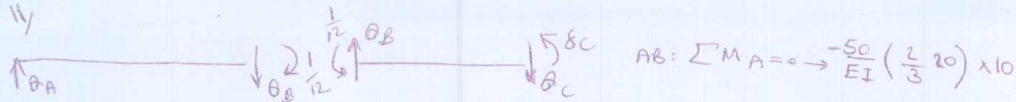
چقدر است ؟ $\delta_C = ?$ $\theta_C = ?$ استاتیکی را محاسبه کنید!



$$\sum M_A = 0 \rightarrow 1 \times 20 \times 10 + 20 \times 30 - 20 R_B = 0 \rightarrow R_B = 40$$

رایجاً همان لا مقصد مقصد می کشیم ! (این سادگی است)





$$\theta_B = \frac{1}{240} + \frac{1000}{EI}$$

$$+ \frac{200}{EI} (10 \times \frac{40}{3}) + \frac{1}{12} + 2.0 \theta_B = 0$$

$$EI = 30000 \frac{k}{in^2} \times 864 in^4 \times (\frac{1 ft}{12 in})^2 = \frac{30000 \times 864}{144} = 180000 k \cdot ft^2$$

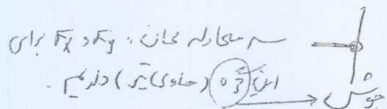
$$\rightarrow \theta_B = 0.00972 \text{ Rad} \curvearrowright$$

$$\sum F_y \quad \delta_C = -0.01528 \text{ Rad} \curvearrowright \quad \delta_C = -0.217 ft \downarrow$$

۱- از روش تیر خرد درج تمام مسائل قابل حل اند.

۲- به مطلب قبلی حواله ($M+R=2N$ ← معادلات استاتیکی برای معین استاتیکی یا از معین استاتیکی برای)

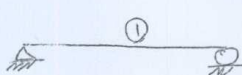
اثبات حال از کجا می آید که معین اند یا غیر معین. روشی خواهیم یافت که قابل گسترش است. حتماً به یاد داشته باشید.



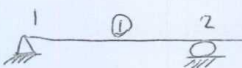
مان برش (دریختگی دوری در ده) .

قاب استند (جوش استند) ← به معنای

گوشه آویخته بود ← ۲ سازه چون که همان دوران معین می شود.



$$R=3 \quad M=1 \rightarrow R+3M=6 \quad N=2 \rightarrow 3N=6$$

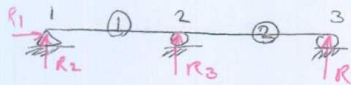


$$N=3 \quad M=2 \quad R=3 \rightarrow 3M+R=9=3N$$

معین و ثابت بر تیر شکل می آید چه در صفحه و چه در فضا پس برای توانایی معین برای حوض و غیره

بیشتر داریم R : مجهولات گنجه حاضر $M+R$: معادلات $3N$: $N \rightarrow 3N$ معادلات

(ماحصله) برای دو معین $3N=M+R$ معین $3N=M+R$: توانایی معین



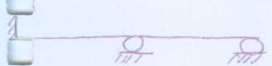
$$3M+R=3 \times 2 + 4 = 10 \quad N=3 \rightarrow 3N=9 \quad n=1$$

حوض و گنجه لایه توانیم بگیریم؟ خیر. اگر R_1 بگیریم از مجموع نیروها در آنجا مساوی می شود.

دری که می آید پس به محلولی که باید بگیریم که اگر حذف کنیم سازه ناپایدار می شود. یا اگر

بگیریم سازه اگر شود معین. به معنی این است که سازه خنثی است. سازه مان سازه معین پایداری

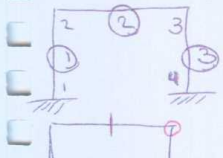




$$M=2 \quad N=3 \quad R=5 \quad 3M+R=6+5=11 \quad 3N=9 \quad n=2$$

2 درجه نامعین دارد. اگر چنانچه بدوین؟ روتا کنیم تا به دوین داشته باشیم سازه ای که معین

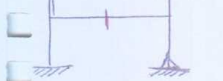
(در پایداری) ← 2 درجه نامعین سازه حول! این را به نظر بیاوریم و به دوین هم می رسد!



$$M=3 \quad N=4 \quad R=6 \quad 3M+R=15 \quad n=3$$

$$3N=12 \rightarrow n=3$$

معین نیست چون استاده (در قیاس جوش) داریم

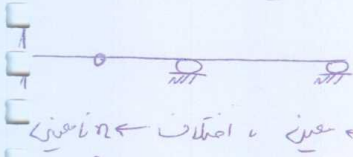


$$N=6 \quad M=6 \quad R=5 \quad 3M+R=18+5=23$$

$$3N=18 \quad n=5$$

و از این دو معیار قطع کنیم چون یک از سازه ها باید از معین اند ← تا آنجا که جدول حذف کرده ایم

اگر جدول هم اضافی زد ایم ← پس 5 تا جدول داریم ← 5 درجه نامعین

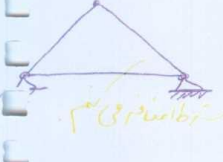


معین ← به شرط استاتیکی اما معین نیست پس دو معیار را اصلاح می کنیم

(شرایط را خودم اضافه کردم) Condition
کتر ← ناپایدار

$$3M+R=3N+C$$

معین ، اختلاف ← n نامعین

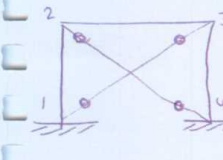


معین درجه تعداد اعضا - 1 ← C ← به همان نحوه ← C ← فصل اضافه کنیم

خواب (قاب گیرش) $C=3$ $M=3$ $N=3$ $R=4$

$$3M+R=9+4=13 \quad 3N+C=12 \rightarrow n=1$$

خواب تا به بهر چه ها چون به معیار $n=1$

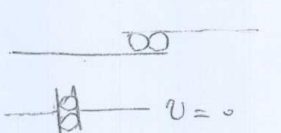


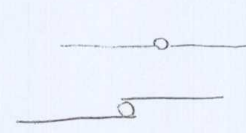
$$M=5 \quad N=4 \quad R=6 \quad C=4$$

$$3M+R=21 \quad 3N+C=16 \quad n=5$$

سازه های مرتبط با هم متعلق می شود.

که اگر جزو سازه های دیگر است



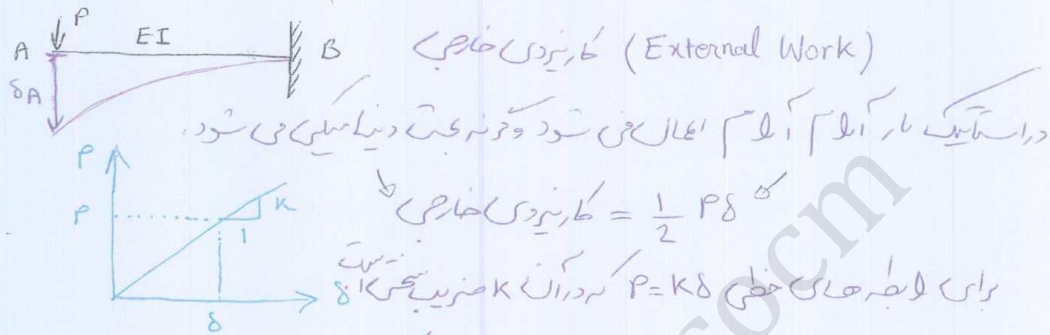
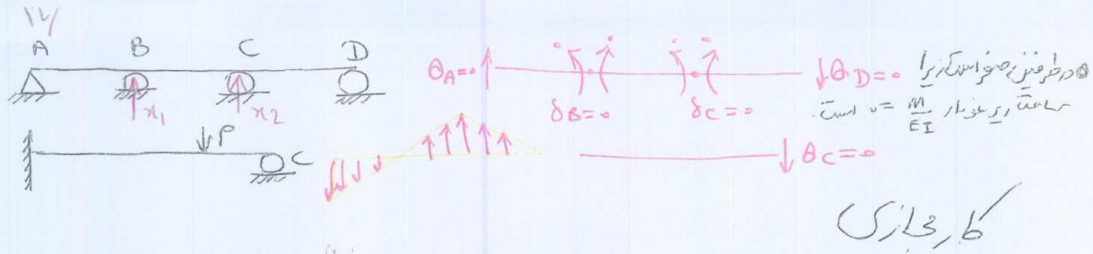
$$F=0 \quad M=0$$


$$M, F=0$$

کتاب سازه ها

(بسیار مهم) * تیر مزدوج بر روی تیرهای معین و نامعین به طریقی برود.





این کار در سه صورت بتأثیر از تغییرات ذخیره می شود که در دو نقطه داخلی نیز به صورت

$$\text{Internal Work} = \frac{1}{2} \int_0^l M(x) d\theta \rightarrow \text{میان مثلث ها اكلام اكلام}$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} = \frac{d}{dx} \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{d\theta}{dx} \rightarrow d\theta = \frac{M(x)}{EI} dx$$

$$\text{Internal work} = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M^2(x)}{EI} dx \xrightarrow{M(x) = -Px} = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{P^2 x^2}{EI} dx = \frac{P^2}{2EI} \frac{l^3}{3}$$

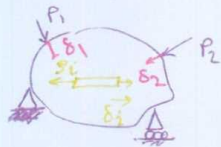
$$\text{Internal work} = \text{External work} \rightarrow \frac{P \delta_A}{2} = \frac{P^2}{2EI} \frac{l^3}{3} \rightarrow \delta_A = \frac{P l^3}{3EI}$$

$$\text{External work} = \frac{1}{2} P \delta \quad \text{Internal work} = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M(x)}{EI} dx$$

* در تیرها بیشترین انرژی به صورت θ و در پلها به صورت δ ذخیره می شود

$$W_I = \frac{1}{2} \int M(x) dx$$

روش به کار رفته تنها برای بار اعمال شده در پل ها همان نظر بکار می رود



$$EW = \frac{1}{2} P_1 \delta_1 + \frac{1}{2} P_2 \delta_2$$

مغزو فایده ای فرض شود

$$IW = \sum \frac{1}{2} s_i \delta_i$$

$$IW = \frac{1}{2} \int \frac{M^2}{EI} dx$$

$$EW = \frac{1}{2} \times 1 \times 8u$$

$$I\omega = \sum \frac{1}{2} u_i \delta u_i$$

Vertex Displacement:

1- در حال متوازن است یعنی در حالت تعادل است
2- در حالت متوازن است یعنی در حالت تعادل است
3- در حالت متوازن است یعنی در حالت تعادل است

پیش از آغاز کار، داده‌های زیر را (در صورت لزوم) P_1 و P_2 به سبب P_1 یا P_2 خواهم داشت

$$E_w = \frac{1}{2} \times 1 \times \delta + \frac{1}{2} \times 19 \delta_1 + \frac{1}{2} \times 19 \delta_2 + 1 \times \delta$$

$$I\omega = \sum \frac{1}{2} u_i \delta u_i^{(2)} + \sum \frac{1}{2} s_i \delta s_i^{(1)} + \sum u_i \delta i^{(3)}$$

جملاتی که صورتی را ندارند یعنی از قبل وجود داشته اند.

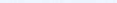
* حواطه درین نقطه از جسم تغییر مکان را بخوانیم در نقطه‌ای حد و درین بار مجازی واحد می‌ناریم و بعد نیروهای خارجی را اعمال می‌کنیم.

کاربرد های داخلی = کاربرد های مجازی خارجی نامی از بار مجازی واحد

$\delta = \sum_i \bar{u}_i \times \delta_i \rightarrow$ مجموع حقیقی دامنه vertical

۱- در نظر P_1 و P_2
 تغییرات حقیقی P_1 از P_2 و P_1
 (اختاری)

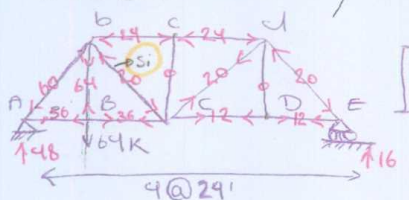
در عضو اخروده شده و در ط (سازۀ غلافه).


 $\bar{m} = -1$


$I_{x(A)} = \int_0^L \bar{m} \frac{A}{EI} dx$

$$\Rightarrow \theta_p = \int_0^L - \left(\frac{-Px}{EI} \right) dx = \frac{P}{EI} \int_0^L x dx = \frac{PL^2}{2EI}$$

Truss Deflection



find ΔB_V ?

vertical

$$\frac{L(ft)}{A(in)^2} = 1 - E = 30000 \text{ k/in}^2$$

$$\Delta B = ? \downarrow$$



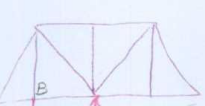
$$\Delta B = \sum \frac{S_i L_i}{EA_i} = \frac{1}{E} \sum \frac{S_i L_i}{A_i}$$

$$T \times \Delta B = \sum \bar{u}_i S_i L_i = \frac{1}{E} \sum \bar{u}_i S_i L_i$$

$$\Delta B = \frac{1}{64E} \sum S_i L_i = \frac{202}{E} = 0.00673 \text{ ft}$$

$$1 \times \Delta B_H = 1 \times \frac{36 \times 1}{36000}$$

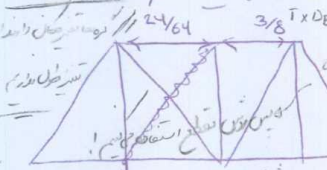
Deflection ΔB_H is the horizontal deflection at node B.



$$1 \times \Delta C_H = 1 \times \frac{80}{24E} = \frac{1}{4000} \text{ rad}$$

$$\Delta B_C = \frac{\Delta C_H \times 24}{24} = \frac{80}{24E}$$

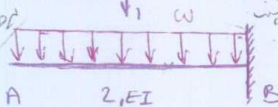
$$\Delta = 6.5 \times 10^{-6}$$



$$\Delta B_C = \Delta C_H \times \frac{24}{24} = 6.5 \times 10^{-6} \times 24 \times 50 = 0.0078$$

$$1 \times \Delta B = \sum \bar{u}_i S_i L_i = 0.0078$$

$$\Delta B_V = 2 \left(-\frac{3}{8} \right) (0.0078) = -0.00585 \text{ ft}$$



$$\Delta B = \frac{M(x)}{EI}$$

$$M(x) = -\frac{wx^2}{2}$$

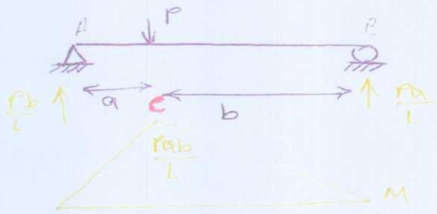
$$T \Delta B = \int_0^L \bar{m} \frac{M}{EI} dx = \int_0^L (-x) \frac{-wx^2}{2EI} dx$$

$$= \frac{w}{2EI} \int_0^L x^3 dx = \frac{wL^4}{8EI}$$

$$m = -1$$

Deflection ΔB is the vertical deflection at node B.

$$\theta_A = ? \quad \Delta C = \int_0^L (-1) \frac{-\omega x^2}{2EI} dx = \frac{\omega}{2EI} \int_0^L x^2 dx = \frac{\omega L^3}{6EI}$$

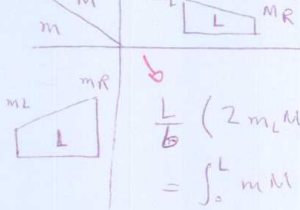


$$a+b=L \quad \theta_A = ? \quad \theta_C = ? \quad \Delta C = ?$$

$$P \Delta C = \int_0^L \frac{M^2}{EI} dx$$

$$\Delta C = \int_0^L \frac{M m}{EI} dx = \frac{1}{EI} \int_0^L m M dx$$

$$\rightarrow \Delta C = \frac{1}{EI} \left(\int_0^a m M dx + \int_a^L m M dx \right)$$



$$\frac{L}{6} (2m_L M_L + 2m_R M_R + m_L M_R + m_R M_L) = \int_0^L m M dx$$

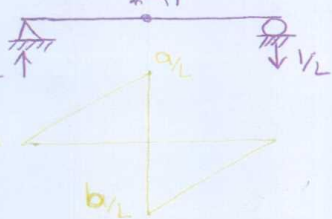
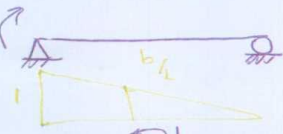
$$EI \Delta C = \frac{a}{6} \left[2 \frac{Pa^2 b^2}{L^2} \right] + \frac{b}{6} \left[2 \frac{Pa^2 b^2}{L^2} \right] = \frac{Pa^2 b^2}{3L^2} (a+b) = \frac{Pa^2 b^2}{3L}$$

$$\rightarrow \Delta C = \frac{Pa^2 b^2}{3EIL}$$



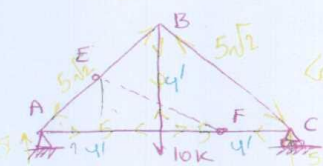
$$\frac{L}{6} [m_L (2M_C + M_L) + m_R (2M_C + M_R)]$$

$$EI \theta_A = \int m \frac{M}{EI} dx = \frac{a}{6} \left[2 \times \frac{b}{L} \times \frac{Pab}{L} + \frac{Pab}{L} \right] + \frac{b}{6} \left[2 \times \frac{b}{L} \times \frac{Pab}{L} \right]$$



$$EI \Delta C = \frac{a}{6} \left[2 \times \frac{a}{L} \times \frac{Pab}{L} \right] - \frac{b}{6} \left[2 \times \frac{b}{L} \times \frac{Pab}{L} \right] = \frac{Pab}{3L^2} [a^2 - b^2] = \frac{Pab(a-b)}{3L}$$

$$\begin{cases} \text{if } a < b \rightarrow \Delta C < 0 \\ \text{if } a > b \rightarrow \Delta C > 0 \end{cases}$$

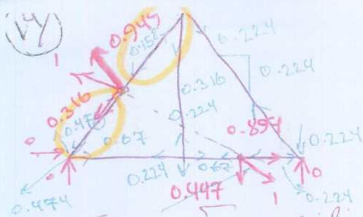


معمولی

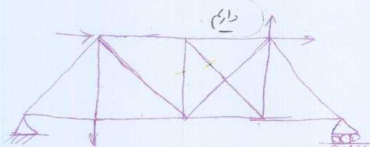
(استار) دو قطبی E و F نسبت به هم حرکت

نزدیک می شوند؟ $\Delta EF = ?$
 $EA = 30000K$





چون وسیله تصویر مانی بیرون نمانیم علی توانید خود داشته باشد آن نیرو را هم محسوس نمی‌کند



(میان) L و L (برای L) (برای L)



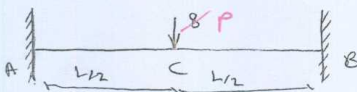
$$N=4 \quad M=5 \quad R=3 \quad M+R=8 \quad 2N=8$$

$$N=6 \quad M=8 \quad R=3 \quad M+R=9+3=12 \quad 211=12$$

* نیروی قائم در مقابل کار انجام می دهد و در جهت اعضا کار انجام می دهد پس می توانیم بگوییم

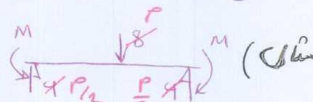
مفاصل کے آٹا نیروں کے اعصاب کے الگ، الگ ایک ہی دھڑ

4. در رانهای ناحیه پیرامونی اعضا لا حشف می کشیم و یک نوار لایحه حشف می کشیم تا سینه و بازو
محسوس شود ← تغییر طول عضله حشف شده را از روش مثال قبلی بدست می آوریم.

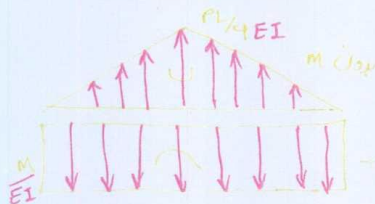


$$\Sigma A = \text{Constant}$$

$\delta c = ?$



سازہ عمر ۲۷ عین (نور کار شائستہ)

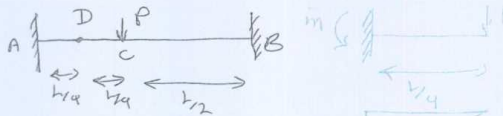


$$\sum F_y = 0 \rightarrow \frac{PL}{4EI} \times \frac{L}{2} - \frac{M}{EI} \times L = 0 \rightarrow M = \frac{PL}{8}$$

توضیح: این شکل نشان می‌دهد که یک بار یکنواخت w بر روی یک تیر اعمال می‌شود.

$$\overline{u} \times \Delta = \sum \overline{u} \frac{SL}{EA} \quad \text{or} \quad f \int_0^L \frac{M}{EI} dx \quad \omega^2$$

$\rightarrow \int \delta c = \int \frac{M}{EI} dx \rightarrow \rho \times \delta c = \int \frac{M^2}{EI} dx = 4 \times \frac{L/4}{6} \left[2 \left(\frac{\rho L}{8} \right)^2 \right] = \frac{\rho^3 L^3}{8 \times 24 EI}$



مثال δ_D در مثال قبل

$$1 \times \delta_D = \int_0^{L/4} \frac{m}{EI} M dx$$

طول از مثال به سیم یک معادل معادل بارهای خارجی هستند.

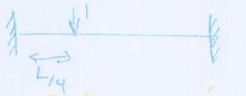
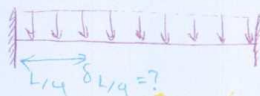
$$\delta_D = \frac{L/4}{6EI} \left[2 \times \frac{L}{4} + \frac{PL}{8} \right] = \frac{2PL^3}{48 \times 96EI}$$

$$\rightarrow \delta_D = \frac{PL^3}{9 \times 96EI}$$

حواشی بارهای معادل برای من قابل قبوله و لازم نیست بر روی همان



$$1 \times \delta_D = \int_0^L \frac{m}{EI} M dx$$



* چون در این حالت انتخاب کنیم درستی که قانون استفاده شود را باید در نظر بگیریم.

کارهای به هم وصل داریم. درهای جفتی خارجی + تغییر مثال معادل خارجی = درهای جفتی

* تغییر مثال خارجی داخلی: این درهای جفتی هم به هم وصل می شوند و تغییر مثال معادل هم به هم وصل می شوند.

$$1 \times \delta = \int M \frac{m}{EI} dx$$

تغییر مثال می رانند

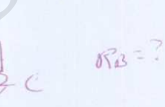
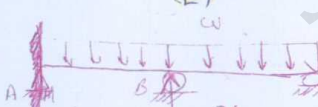
دو = 0

$$R_A \times 1 - 1 \times \left(\frac{b}{L} \right) + 0 = 0$$

حرکت: حرکت

$$R_A = \frac{b}{L}$$

$$R_B = \frac{a}{L}$$



$$\delta_B R_B + \delta_B M_B = \int \frac{m}{EI} M(x) dx$$

$$\delta_B R_B + \delta_B M_B = \int \frac{m}{EI} M(x) dx$$

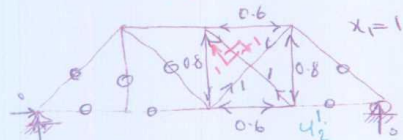
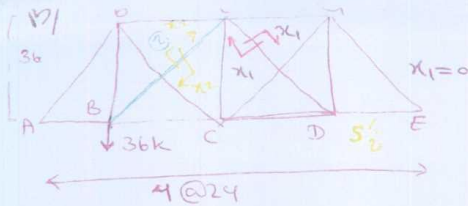
$$\rightarrow \text{انرژی خارجی} = \int \frac{4LS}{EA} = \int u \frac{SL}{EI} + \int u(x) \left(\frac{3u}{EA(x)} \right)$$

$$+ \text{انرژی داخلی} = \int m \frac{M}{EI} dx$$

$$\rightarrow \text{انرژی داخلی} = \int u \frac{U}{E} A dx$$

$$\text{انرژی داخلی} = \int t \frac{T}{GJ} dx$$





Δ_1 : فاصطوری نیروی خارجی
تأثیر بارگذاری خارجی

مثال (تک‌درجی) $(n=1)$
معمولی که حذف می‌شود بارها معین و بیابانده!

$x_1=0 \rightarrow$ primary structure اولیه

تغییر مکان در ساختار x_1 (از اولیه) تحت تأثیر بار خارجی Δ_1

تغییر مکان در ساختار x_1 تحت اثر بار واحد $x_1=1$

$$\Delta_1' = \sum_{i=1}^M u_{ij} \frac{S_{ij} L_{ij}}{E_i A_{ij}}$$

$$\delta_{11} = \sum_{i=1}^M \frac{u_{ij}^2 L_{ij}}{E_i A_{ij}}$$

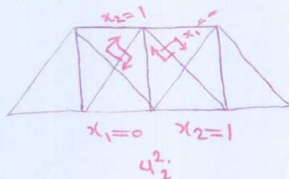
$$\delta_{11} x_1 + \Delta_1' = \Delta_1 = 0$$

« معادله الاستیک »

Consistent Displacement Method روش تغییر مکان سازگار

② به ۲ معادله الاستیک لازم داریم. سازدهن باید با حذف نیرو و عضو مورد معین و بیابانده.

مثلاً با حذفش به حذف می‌کنیم. ۱) $x_1=x_2=0$ 2) $x_1=0, x_2=1$ 3) $x_1=1, x_2=0$



$$\begin{cases} \delta_{11} x_1 + \delta_{12} x_2 + \Delta_1' = \Delta_1 \\ \delta_{21} x_1 + \delta_{22} x_2 + \Delta_2' = \Delta_2 \end{cases}$$

Δ_i : تغییر مکان در ساختار x_i تحت اثر بار واحد $x_i=1$
 δ_{ij} : تغییر مکان در ساختار x_i تحت اثر بار واحد $x_j=1$

$$\delta_{11} = \sum \left(u_{i1}^2 \right) \left(\frac{L}{EA} \right)_i$$

displacement @ D.O.F. i due to unit load @ D.O.F. j

$$\delta_{22} = \sum u_{i2}^2 \left(\frac{L}{EA} \right)_i$$

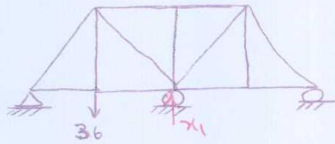
$$\delta_{12} = \delta_{21} = \sum u_{i1} u_{i2} \left(\frac{L}{EA} \right)_i$$

$$\sum_i \delta_{ji} x_i + \Delta_j' = \Delta_j \quad j=1, n$$

$$\delta_{ij} = \delta_{ji}$$

معادله الاستیک





$$\delta U_{x1} + \delta U_{\theta} = \delta W$$

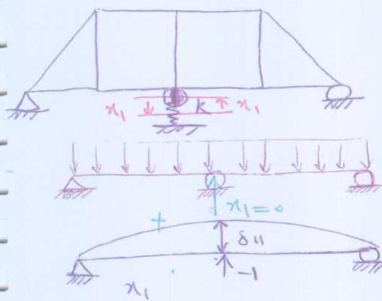
(شکل)

اگر تغییرات کوچک باشد، تغییرات در انرژی پتانسیل را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$\delta U_{x1} + \delta U_{\theta} = \delta W$$

$\Delta_1 =$ تغییر طول ناشی از تغییر دما

اگر عضو انتخاب شده تغییر دما نداشته باشد



$$\Delta_1 = -\frac{x_1}{k}$$

(شکل)



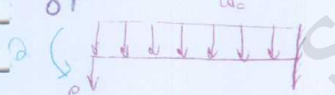
استاندارد نرم و سختی به ۱۰ درصد تغییرات در طول

تغییرات در سختی و نرمی (بر حالت درجه اول، با تغییرات در طول)

Castigliano

$$\frac{\partial W}{\partial P} = \delta P$$

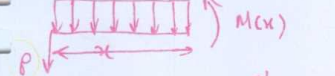
اگر انرژی سیستم را داشته باشیم، انرژی داخلی = $W(P, w, E, I) = ?$



$$\frac{\partial W}{\partial P} = ?$$

$$W = \int_0^L \frac{1}{2} M(x) d\theta = \int_0^L \frac{1}{2} M(x) \left(\frac{M(x)}{EI} dx \right) = \frac{1}{2} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = W$$

$$\frac{\partial W}{\partial P} = \frac{1}{2} \int_0^L 2 \frac{\partial M}{\partial P} \frac{M(x)}{EI} dx = \int_0^L \left(\frac{\partial M}{\partial P} \frac{M}{EI} \right) dx = \delta P = \frac{PL^2}{8EI}$$



$$M(x) = -Px - w \frac{x^2}{2}$$

پلاستیک نداشته ایم

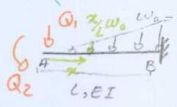
$$\delta P = \int_0^L (-x) \left(-\frac{Px + w \frac{x^2}{2}}{EI} \right) dx = \int_0^L x \frac{w \frac{x^2}{2}}{EI} dx$$

$$\rightarrow \delta P = \frac{w}{2EI} \int_0^L x^3 dx = \frac{wL^4}{8EI}$$

$$\frac{\partial M}{\partial P} = m$$

(+ یعنی در جهت مثبت P)

$$M(P, Q, w, x) \rightarrow \delta Q = \int_0^L \frac{\partial M}{\partial Q} \left(\frac{M}{EI} dx \right)$$

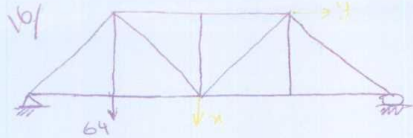


$L = 5m$
 $E = 20,000 \text{ kN/cm}^2$
 $I = 12,000 \text{ cm}^4$
Find $\delta A, \theta A$?

$$\delta A = \frac{\partial W}{\partial Q_1} = \int_0^L \frac{\partial M}{\partial Q_1} \frac{M}{EI} dx$$

$$\delta \theta = \frac{\partial W}{\partial Q_2} = \int_0^L \frac{\partial M}{\partial Q_2} \frac{M}{EI} dx$$

$$M(x) = -Q_1 x - Q_2 x^2 - w \frac{x^2}{2}$$

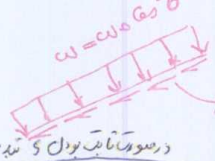
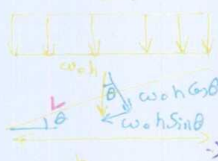


$$w = \sum_i \frac{1}{2} (S)_i \left(\frac{SL}{EA} \right)_i \quad (\text{مثال})$$

$$\delta x = \frac{\partial w}{\partial x} \sum_i \frac{1}{2} x^2 \frac{\partial S}{\partial x} \frac{\partial L}{\partial x} \quad \text{طول کلاری بود}$$

حقیقت اینست که هر بار که می‌خواهیم یک بار را از یک سیستم (در اینجا) حذف کنیم

* نیروی داخلی در قوس به $y=1$ با θ و تغییر نیروها متغیر است :



$$\frac{w_0 h \cos \theta}{L} = \frac{w_0 L \cos^2 \theta}{L} = w_0 \cos^2 \theta$$

$$\frac{w_0 h \sin \theta}{L} = \frac{w_0 L \cos \theta \sin \theta}{L} = w_0 \sin \theta \cos \theta$$

در صورتی که یک بار را حذف می‌کنیم

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \int_0^L \frac{\partial S}{\partial x} \left(\frac{SL}{EA} \right) dx = \frac{\partial S}{\partial x} \frac{SL}{EA}$$

$$w = \int_0^L \frac{M^2}{2EI} dx + \frac{1}{2} \int_0^L \frac{S^2}{EA} dx + \frac{1}{2} \int_0^L \frac{V^2}{GA'} dx + \frac{1}{2} \int_0^L \frac{T^2}{GJ} dx$$

اینکه در اینجا به صورت کلی می‌توانیم بگوییم که هر بار که می‌خواهیم یک بار را از یک سیستم (در اینجا) حذف کنیم

$$\frac{\partial w}{\partial P} = \int \frac{\partial M}{\partial P} \frac{M}{EI} dx + \int \frac{\partial S}{\partial P} \frac{S}{EA} dx + \int \frac{\partial V}{\partial P} \frac{V}{GA'} dx + \int \frac{\partial T}{\partial P} \frac{T}{GJ} dx$$



$$\frac{V}{A} = \frac{V}{A'}$$

K: Form factor

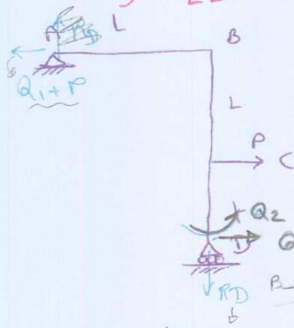
$$K = \frac{5}{6}$$

$$K = \frac{9}{10}$$

$$A' = KA$$

$$\int \frac{M}{EI} dx + \int \frac{S}{EA} dx + \int \frac{V}{GA'} dx + \int \frac{T}{GJ} dx \rightarrow \text{SAP}$$

در اینجا در قوس تغییرات داخلی در قوس



$$2LQ_1 + PL + Q_2 - R_D L = 0 \quad \delta Q_1 = \frac{\partial w}{\partial Q_1}$$

$$R_D = 2Q_1 + P + Q_2/L$$

$$M = (2Q_1 + P + Q_2/L) x$$

$$S = Q_1 + P$$

$$V = 2Q_1 + P + Q_2/L$$

$$\frac{\partial M}{\partial Q_1} = 2x \quad \frac{\partial M}{\partial Q_2} = \frac{x}{L}$$

$$\frac{\partial S}{\partial Q_1} = 1 \quad \frac{\partial S}{\partial Q_2} = 0$$

$$\frac{\partial V}{\partial Q_1} = 2 \quad \frac{\partial V}{\partial Q_2} = \frac{1}{L}$$

$$DC: \quad \begin{cases} S = P + 2Q_1 + Q_2/L \\ V = Q_1 - Q_2/L - Q_2 \end{cases}$$

$$\frac{\partial M}{\partial Q_1} = -x, \quad \frac{\partial M}{\partial Q_2} = -1$$

$$\frac{\partial V}{\partial Q_1} = 1, \quad \frac{\partial V}{\partial Q_2} = 0$$

BC: $x \downarrow$ $M(x) = (2Q_1 + P)L + Q_2 - (Q_1 + P)x \leftarrow ? \checkmark$

$$\frac{\partial M}{\partial Q_1} = 2L - x \quad \frac{\partial M}{\partial Q_2} = 1$$

$$S = 2Q_1 + P + \frac{Q_2}{L} \quad \frac{\partial S}{\partial Q_1} = 2 \quad \frac{\partial S}{\partial Q_2} = \frac{1}{L}$$

$$V = -Q_1 - P \quad \frac{\partial V}{\partial Q_1} = -1 \quad \frac{\partial V}{\partial Q_2} = 0$$

DC: $M(x) = -Q_2 - xQ_1 \quad \frac{\partial M}{\partial Q_1} = -x \quad \frac{\partial M}{\partial Q_2} = -1$

$$S = 2Q_1 + P + Q_2/L \quad \frac{\partial S}{\partial Q_1} = 2 \quad \frac{\partial S}{\partial Q_2} = \frac{1}{L}$$

$$V = -Q_1 \quad \frac{\partial V}{\partial Q_1} = -1 \quad \frac{\partial V}{\partial Q_2} = 0$$

$$\delta D = \int_0^L (px)(2x) dx, \quad \theta_D = \int_0^L (px)(x/L) dx$$

$$\delta Q_1 = \frac{\partial W}{\partial Q_1} = \sum \int \frac{\partial M}{\partial Q_1} \frac{M}{EI} dx = \int_0^L \frac{2x(Px)}{EI} dx + \dots$$

$$\rightarrow EI \delta Q_1 = \int_0^L (2x)(Px) dx + \int_0^L (2L-x)(L-x)P dx + \int_0^L 0(-)(-) dx$$

$$\rightarrow EI \delta Q_1 = \frac{2PL^3}{3} + \dots \rightarrow \delta Q_1 = \frac{3}{2} \frac{PL^3}{EI} \checkmark$$

$$\delta Q_2 = \frac{\partial W}{\partial Q_2} = \sum \int \frac{\partial V}{\partial Q_2} \frac{V}{GA'} dx \rightarrow GA' \delta Q_2 = \sum \int \frac{\partial V}{\partial Q_2} V dx$$

$$\rightarrow GA' \delta Q_2 = \frac{1}{L} \times PL \times L + 0 + 0 = P \rightarrow \delta Q_2 = \frac{P}{GA'} \checkmark$$

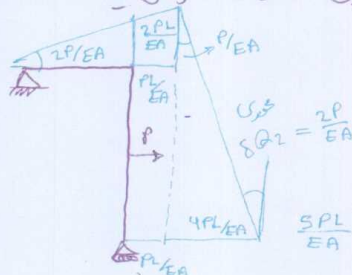
$$GA' \delta Q_1 = 2PL + PL + 0 \rightarrow \delta Q_1 = \frac{3PL}{GA'} \checkmark$$

$$EA \delta Q_1 = PL + 2PL + 2PL = 5PL \rightarrow \delta Q_1 = \frac{5PL}{EA} \checkmark$$

$$\delta Q_1 = \frac{5PL}{EA} + \frac{3PL}{GA'} + \frac{3}{2} \frac{PL^3}{EI} \checkmark$$

از باب دعامه بار و دشت کا سطاب نو!

کا سطاب نو ← نسبت دیکه دشت و تغییرات و تغییرات اصول در دشت (بر) ← خوردن است.

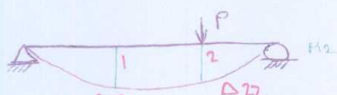
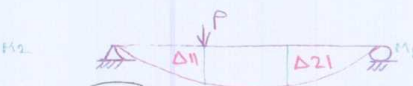
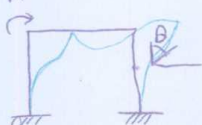


Pure axial

از دشت کا سطاب نو ← نسبت دیکه دشت و تغییرات و تغییرات اصول در دشت (بر) ← خوردن است.

تغییرات در دشت کا سطاب نو ← نسبت دیکه دشت و تغییرات و تغییرات اصول در دشت (بر) ← خوردن است.

قانون مالکوں


$$\Delta_{ij} = \text{displ. @ } i \text{ due to (load } P @ j)$$


$$\Delta_{12} = \Delta_{21}$$

قانون السور

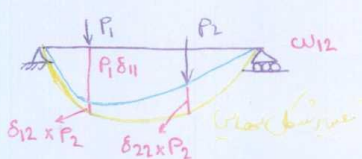
unit load $\rightarrow \delta_{ij}$

26

وَمِنْ ذَلِكَ أَنْ يَكُونَ الْإِنْسَانُ كَالْأَنْعَامِ

$$a = M, \quad \theta = \Theta!$$

ماتوں سے

 ω_{12}

جواب: P_2 اور P_1 کے درمیان میں



چون مسئله خطی است هر دو تغییر سطح بهای موارد در تغییر انرژی 21

زمینه داده در دو سیستم در انتهای کار با هم قرار اند

w_{12} = external work done by P_1 when P_2 is applied

$\therefore$ work done by force P_1 already on system during displacement caused
 w_{21} = external work done by P_2 when P_1 is applied by P_2

قانون سہی $\rightarrow \omega_{12} = \omega_{21}$

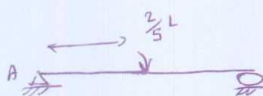
$$\omega_{12} = P_1 (\delta_{12} P_2)$$

$$\omega_{21} = P_2(\delta_{21} P_1) \rightarrow \text{if } \delta_{12} = \delta_{21}$$

$$\mu \delta_{12} = \delta_{21}$$

« قانون سے قانون ماسپر »

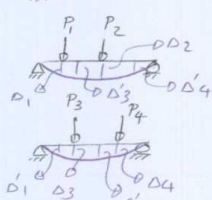
211



B (مفاد و مفاد)

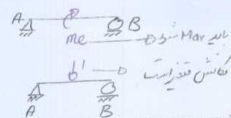


فازیم و برای صفای $\frac{2}{5}$ صفای، است و ب



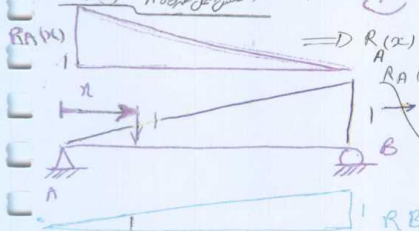
$$\rightarrow D(P_1 \Delta'_1 + P_2 \Delta'_2) = (P_3 \Delta'_3 + P_4 \Delta'_4)$$

از جمله ۵۰۰ هزار نفر



امتحان میانترم ۱۹، ۲۱، ۳۰ آمار و احتمال ۹ صبح

امتحان پایانترم ۱۰ اردیبهشت ۱۹



خط تأثیر برای سازه‌های عین

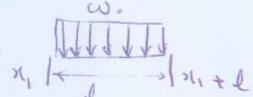
عین الفل فقط می شود $(x=?)$

$$RA(x) \cdot x - (1-x) \cdot 1 = 0 \Rightarrow RB(x) = 1 - x/L$$

عین الفل فقط B فقط می شود بار واحد در نقطه x و ابعاد x و $L-x$

$$RB(1) + 1 \cdot (-x/L) = 0 \Rightarrow RB(x) = x/L$$

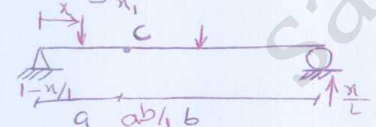
خط تأثیر سازه است (برای نقطه B و در A برای A)



$$RB = \int_{x_1}^{x_2} RB(x) \cdot w \cdot dx$$

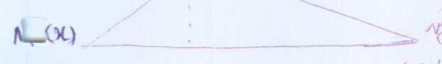
حاصل ضرب B در خط تأثیر B

$$RB = \int_{x_1}^{x_2} RB(x) \cdot P(x) \cdot dx$$



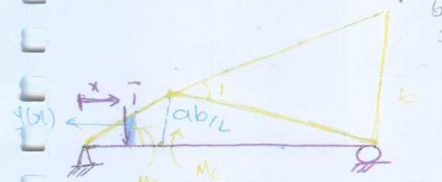
خط تأثیر در نقطه C از سمت C و از سمت C

$$x \leq a \quad M(x) = \frac{bx}{L} \quad x > a \quad M(x) = (1 - \frac{x}{L}) \cdot a$$



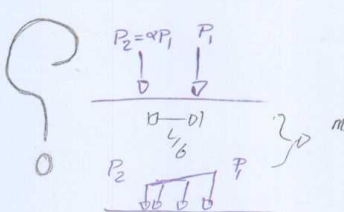
خط تأثیر MC و VC بار واحد در نقطه x

C از سمت C می بینیم C از سمت C می بینیم

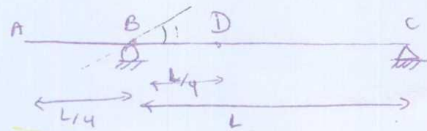
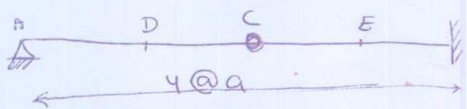


$$MC(1) + VC(\frac{ab}{L} - \frac{ab}{L}) - 1 \cdot y(x) = 0 \quad (ب)$$

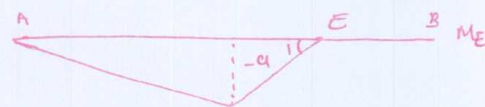
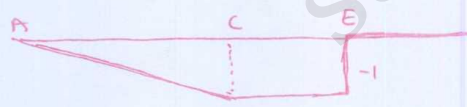
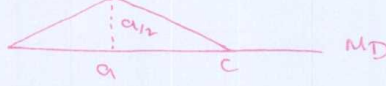
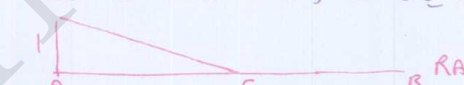
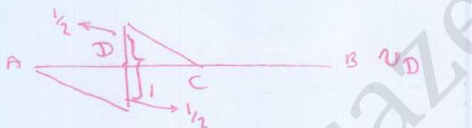
$$\rightarrow y(x) = MC$$



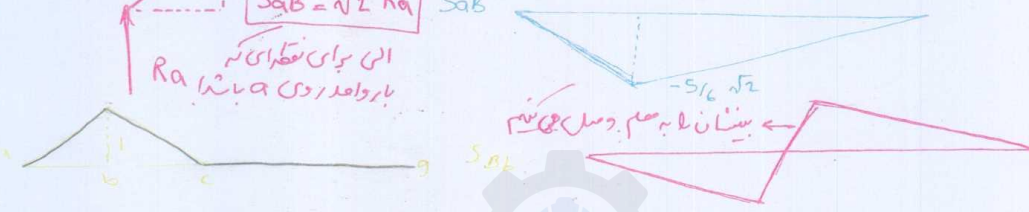
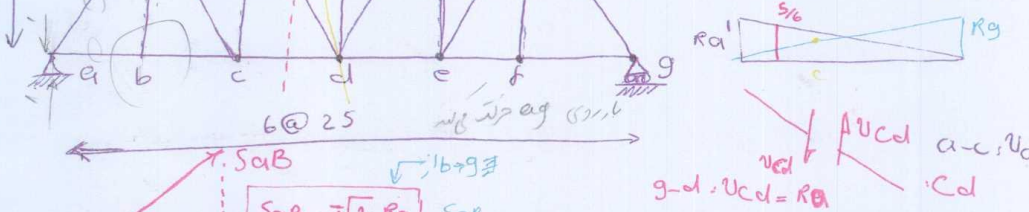
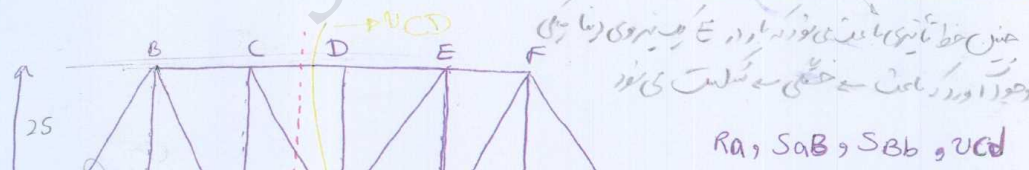
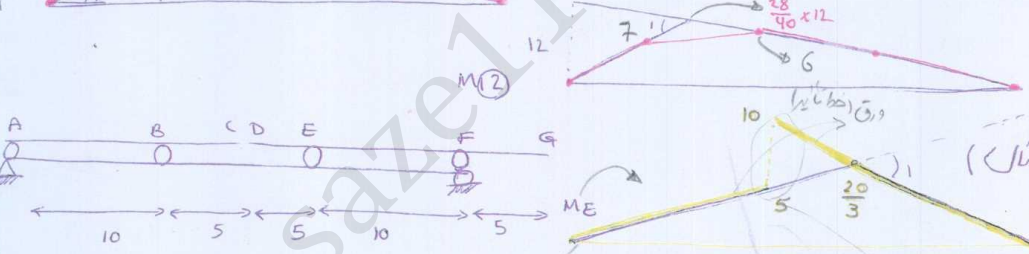
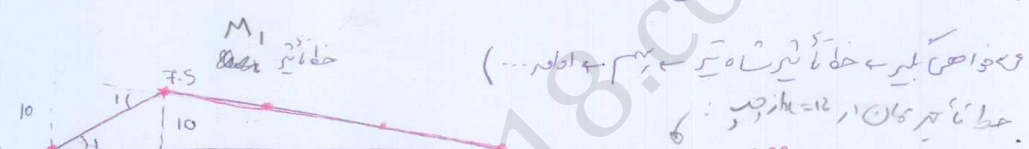
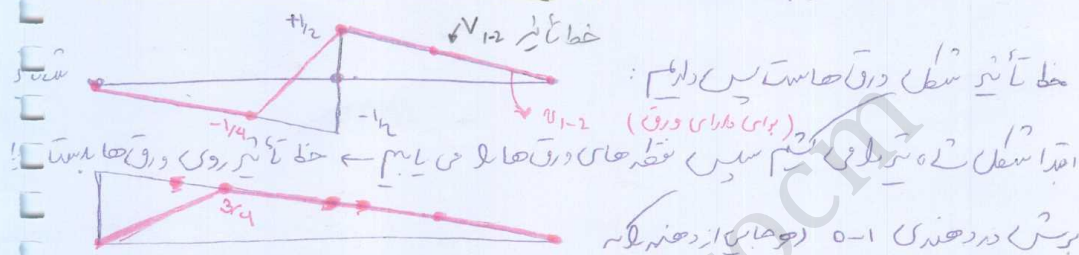
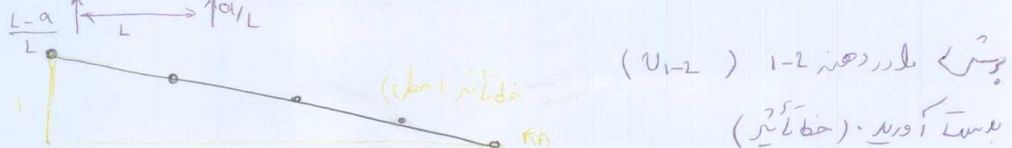
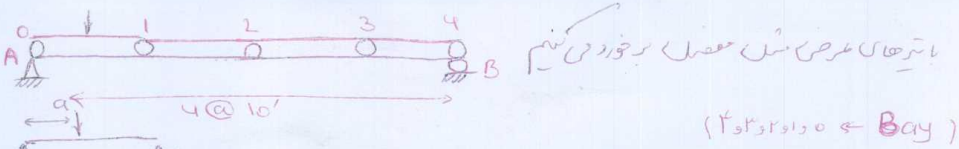
$$M_c(x) = \int_{x_1}^{x_2} w(x) \cdot M_c(x) \cdot dx$$

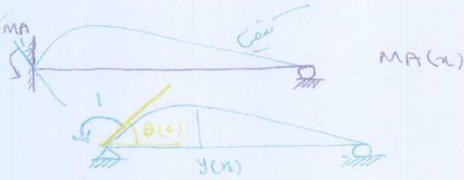
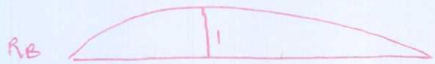
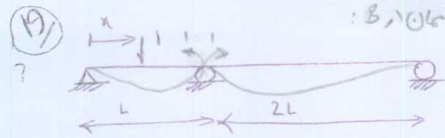

$$R_B, R_C, U_B^-, U_B^+, M_B, M_D = ?$$


VE, MD, ND, RA, ME $\log_{10} 6.6$ (dec)

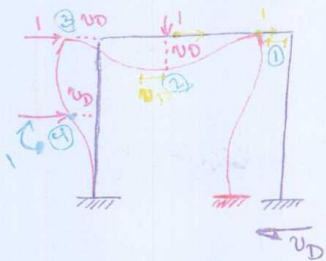


باید طراح، طوری باشد که چنانچه چهره حسن برای عیان نداشته باشد مثل شال و کلاه مخفی
شده که بدترین نوع طراحی است زیرا حتی آفاق می افتد به می کند + بار دیناسی می شود ایجاد
می شود که طاعت زود شکسته شدن و باین آسان بازده و می شود و کلاه سازه می شود.





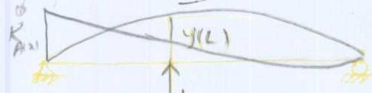
$y(x) = \dots$ (محل) $\theta(x) = \frac{dy}{dx}(x)$



$(L) = (2) = (3)$

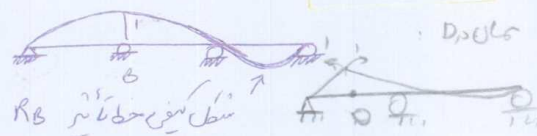


خط آیرسازهاک نامعین



$y(x) = \dots$ $y(L) = \dots$

$R_B(x) = \frac{y(x)}{y(L)}$

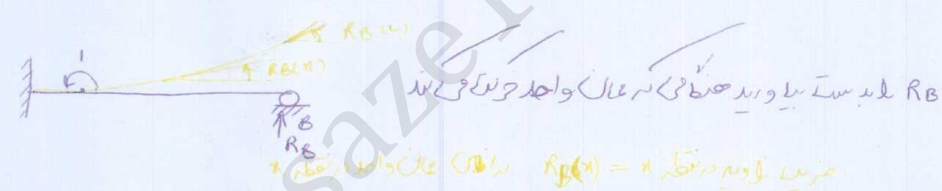


$MA(x) = \frac{y(x)}{\theta(0)}$ $MA(x) = 1 \times y(x)$

سطح که از تغییر حالت در دست می آید

دقیقاً همان خط آیرسازهاک است

$-1 \times \theta + v_D(x) = 0 \rightarrow \theta(x) = v_D(x)$



Conjugate Structure

سازه ک مزدوج (از دست انگاری)

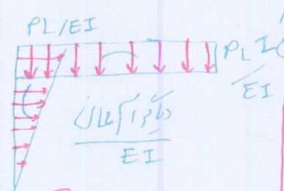
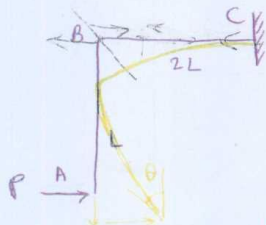
سازه حقیقی	سازه مزدوج
θ_2	v_2
δy	M_y
δx	M_x

$\delta y = \theta$
 $\delta x = y$

بارها سبک و درجه بی چغانم ← عدد بر صغیر

(با قانون دست لاستیک چغانم)

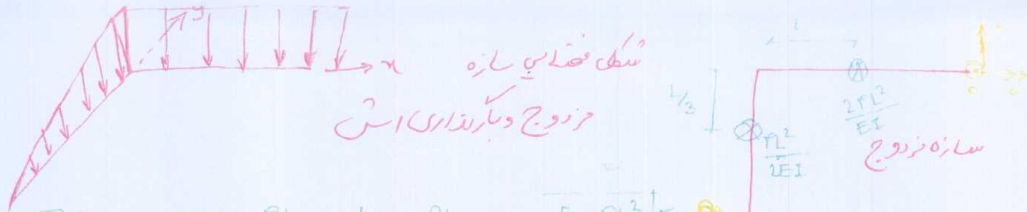
$Const = EI$ ← از تغییر حالت های برشی و دوری صرف نظر



$\theta_A, \delta y_A, \delta x_A$

سازه مزدوج

الآن: دست لای زارم روی A ← مشتق = محاسبه مشتق
دست
آنها

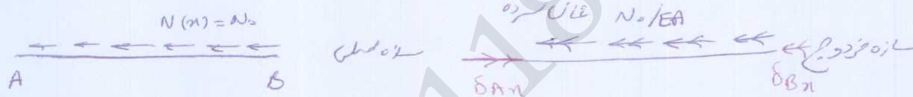
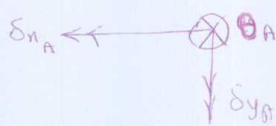


$$\sum F_z = 0 \rightarrow \theta_A = \frac{PL}{EI} \times \frac{L}{2} + \frac{PL}{EI} \times 2L = \frac{5}{2} \frac{PL^2}{EI}$$

$$(b) A: \sum M_A = 0 \rightarrow \delta_{xA} - \frac{PL^2}{2EI} \times \frac{2L}{3} - \frac{2PL^2}{EI} \times L = 0 \rightarrow \delta_{xA} = \frac{8}{3} \frac{PL^3}{EI}$$

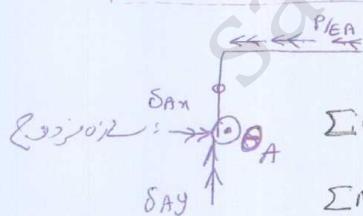
$$\sum M_{yA} = 0 \rightarrow \delta_{yA} + \frac{2PL^2}{EI} \times L \rightarrow \delta_{yA} = -\frac{2PL^3}{EI}$$

و در اینجا $N = 0$ و در اینجا $N = 0$ و در اینجا $N = 0$



$$\delta_{Ax} - N_0 L / EA - \delta_{Bx} = 0$$

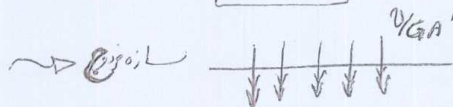
$$\delta_{Ax} - \delta_{Bx} = \frac{N_0 L}{EA}$$



$$\sum F_z = 0 \rightarrow \theta_A = 0$$

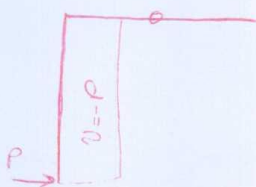
$$\sum M_A = 0 \rightarrow \delta_{Ax} - \frac{P}{EA} \times 2L = 0 \rightarrow \delta_{Ax} = \frac{2PL}{EA}$$

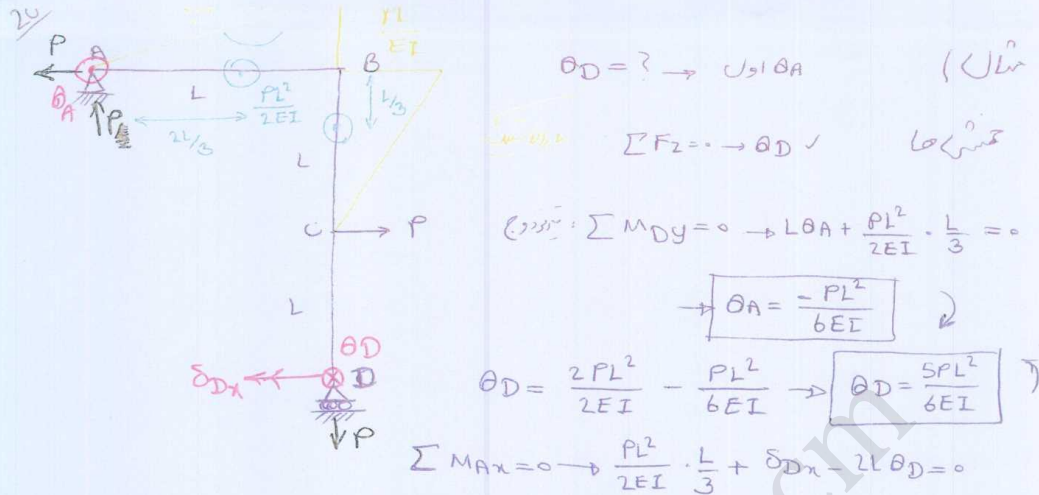
$$\sum M_y = 0 \rightarrow \delta_{Ay} = 0$$



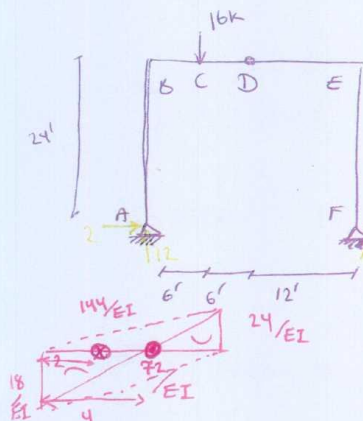
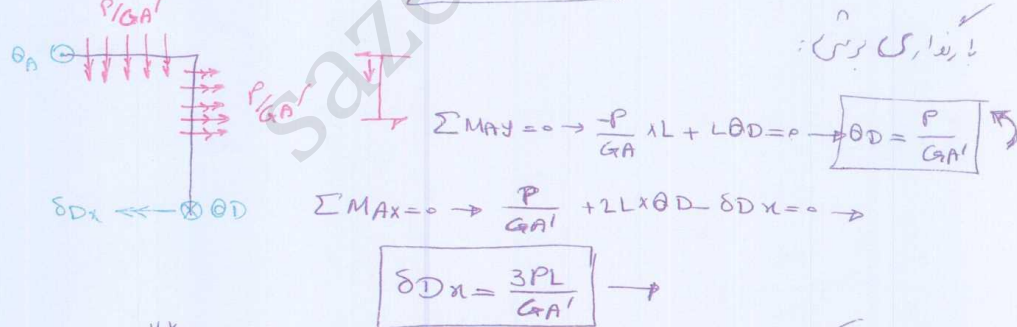
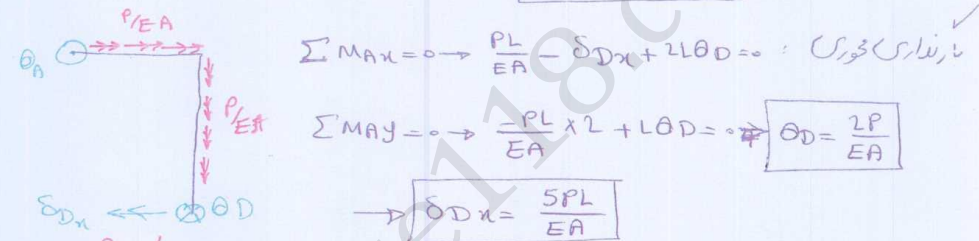
$$\delta_{Ay} = \theta_A = 0$$

$$\delta_{Ax} = \frac{P}{GA'} L$$





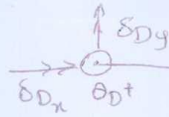
$\rightarrow \frac{PL^3}{6EI} + \delta_{Dx} - \frac{5PL^3}{3EI} = 0 \rightarrow \delta_{Dx} = \frac{3PL^3}{2EI} \rightarrow$



همه کارهای حل شد.

$\delta_{Dy} = ? \quad \delta_{Ex} = ? \quad \theta_A = ? \quad \theta_F = ?$





اگر B بر حسب برعکس باشد

برای θ_A و θ_F ابتدا حول نقطه A و حول نقطه F

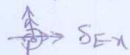
مانع می شود ← دو معادله و دو مجهول ← θ_F و θ_A

$$\sum M_A = 0 \rightarrow 2 \times 16 \times \frac{576}{EI} + 2 \times \frac{144}{EI} \times 24 - 2 \times \frac{72}{EI} \times 24 = 24 \Delta \theta_D$$

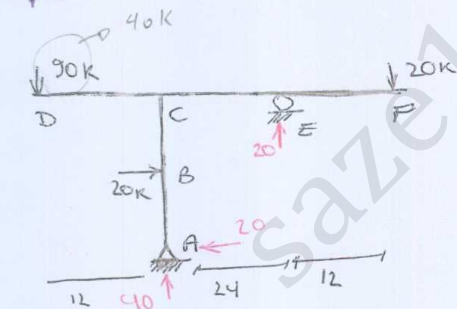
$$\rightarrow \Delta \theta_D = \frac{1056}{EI} \rightarrow \sum M_{EF} = 0 \rightarrow \theta_A$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow \theta_F \quad \sum M_{AB} = 0 \rightarrow \theta_F$$

$$\rightarrow \textcircled{1} : \sum M_{Dx} = 0 \rightarrow \delta D_x \quad \sum M_{Dy} = 0 \rightarrow \delta D_y$$



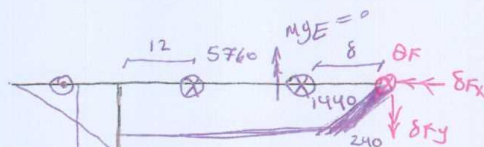
$$\sum M_{Ex} = 0 \rightarrow \delta E_x$$



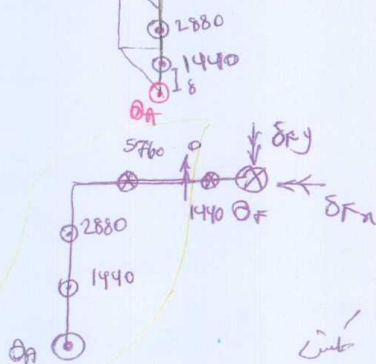
$$E = 29000 \text{ ksi} \quad A = 1 \text{ in}^2$$

$$I = 1440 \text{ in}^4 \quad \delta F_x \quad \delta F_y \quad \delta D_y$$

$$\delta_{xF} = ? \quad \delta_{yD} = ? \quad \delta_{yF} = ?$$



سازم فرج



(3) سازم فرج

$$\sum M_{Ey} = 0 \rightarrow 24(\theta_A + 1440 + 2880) - 12 \times 5760 = 0$$

$$\rightarrow \theta_A = -1440/EI$$

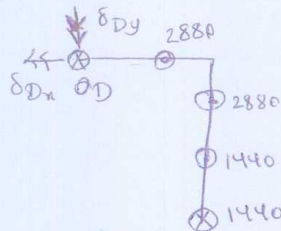
$$\sum M_F = 0 \rightarrow \delta F_y + 36(1440 - 1440 - 2880 + 24 \times 5760 + 8 \times 1440) = 0$$

۷۷

$$\rightarrow \delta F_y = \frac{-46080}{EI} = -1.843 \text{ in} \downarrow$$

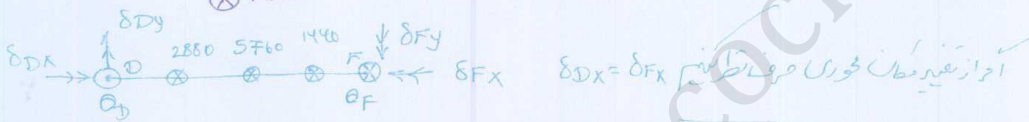
$$\sum M_{F_x} = 0 \rightarrow EI \delta F_x + 24 \times (-1) (1440) + 1440 \times 16 + 2880 \times 6 = 0$$

$$\rightarrow \delta F_x = \frac{-5760}{EI} = -0.230 \text{ in} \leftarrow$$



$$\sum M_{D_y} = 0 \rightarrow \delta D_y \cdot EI + 2880 \times 8 + 12(2880 + 1440 + 1440) = 0$$

$$\rightarrow \delta D_y = \frac{-57600}{EI} = -2.304 \text{ in} \downarrow$$



$$\sum M_{D_x} = 0 \rightarrow \delta D_x - \delta F_x = 0 \rightarrow \delta D_x = \delta F_x \checkmark$$

از این نقطه شروع می کنیم به نقطه های (انتهازی) داریم می رسم دایره های به بقیه سازه نداریم (به سازه خطی)

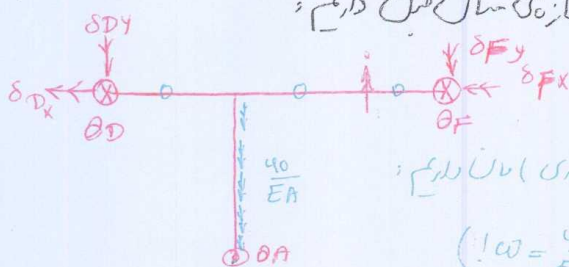
داریم! $\leftarrow \rightarrow$ عرض واحد! $\leftarrow \rightarrow$ عرض واحد! $\leftarrow \rightarrow$ عرض واحد!

سازه شروع برای تغییر مکان خوری (انتهازی) $\leftarrow \rightarrow$ عرض واحد!

در همان تیر در حالتی که سازه به مقدار lin به طرف راست می کشیم؟

تغییر مکانی که می کنیم $\delta E_y = 0$ نداریم $\delta E_y = \frac{1}{12} \delta F_y$

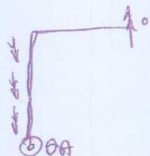
* برای تغییر مکان خورای همان در همان سازه همان تیر داریم:

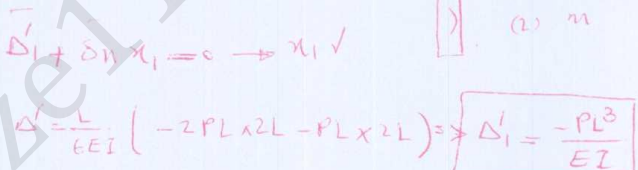
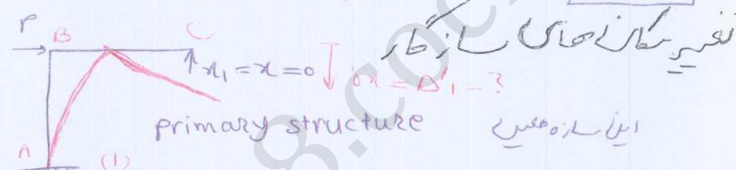
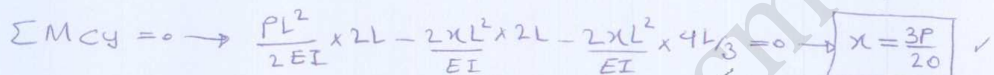


برای تغییر مکان خورای (انتهازی) همان داریم:

$$(\delta = \frac{40}{EI} \text{ به میزان})$$

$$0.8 \times 24 - \frac{40}{EI} \times 24 = 0 \rightarrow \delta = \frac{40}{EI} \checkmark$$

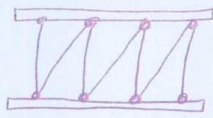




$$\rightarrow x_1 = \frac{3P}{20} \quad \checkmark$$

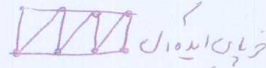
دولتوں پر دھماکے، خربوں، ولایتیں غیر ملکیوں کو۔

1



خوابش غلطی

در محل چنین چیزی داریم



حل ترین تحلیل سازه

خوابش ایده آل

حدائق سه مولفه ای علیه ما هم غیر هم رس برای تعادل خارجی خوابش لازم داریم.

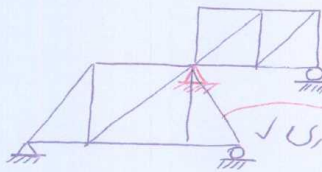
درجه بندی نامعینی 1 سازه

$$2j = m + r \quad (\text{درجه نامعینی})$$

$$m = \text{تعداد اعضا یا ردی مجهول}$$

$$j = \text{joint (مفاصل) (تعدادش)}$$

$$r = \text{علی المثل صای علیه ما هم}$$



بررسی پایداری

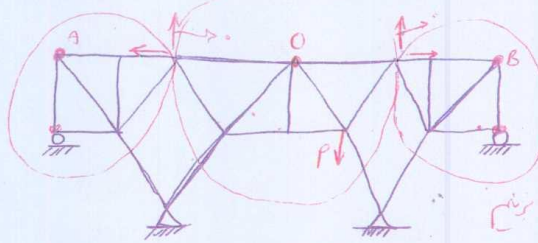
(۱) بررسی چسبکی

(۲) اطمینان از ردی سازه برای بررسی پایداری



نسبت به محور بخش عمود می بینیم

نسبت به محور بخش عمود می بینیم



حالا باید بارها را نگاه کنیم تا ببینیم

پایداره یا نه؟ این سازه پایداره!

آخر حول این علیه ما هم صای علیه ما هم

و بعد حول A و B همان لرم علی المثل عمود مفاصل = ۰ می شود ← سازه پایداره

(۳) ادس (مارضو)

بعد از این خواهد شد در کتاب دیگر ماده توضیح داده شده است!



سؤال (میان ترم دو سال پیش حل شده)

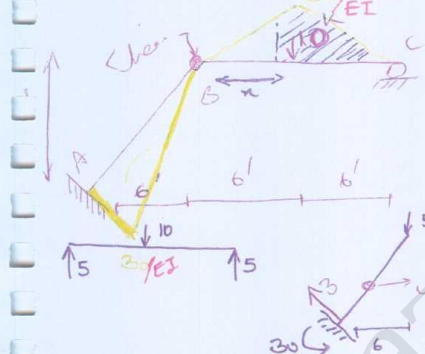
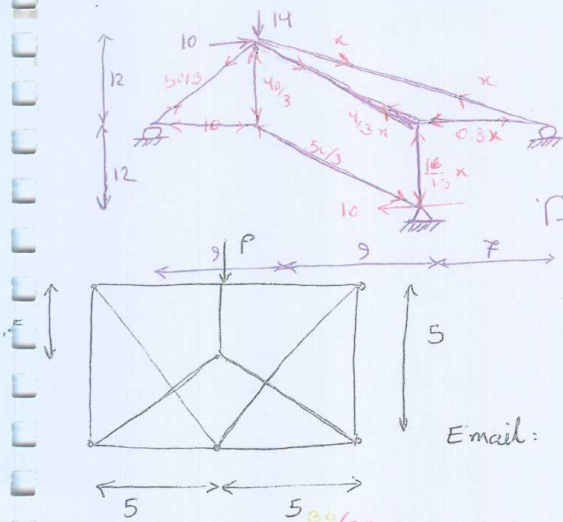
برای از استاندارد لایه رجواه λ می توانیم

تغییر توانی قدری صاف کنیم تا برای λ متادل می توانیم

برای $\lambda = 30$ $\rightarrow$ λ درست می آید

سؤال (تقریبی محاسباتی)

Email: andalib.reza@yahoo.com



سؤال (احتمالی) جوابها برای EI است

از تغییر مکان خوری صرف نظر کنید تغییر مکان Δ_{max}

تغییر مکان Δ_{max} در BC و محل آن از گره B باشد

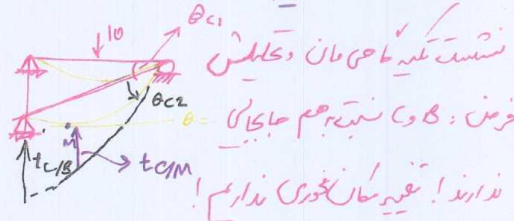
از تغییر مکان خوری صرف نظر می کنیم (محل تغییر مکان)

تغییر مکان خوری در BC و محل آن از گره B باشد

EI = Δ_{max} = Δ_{BC} = Δ_{max}

حالا باید شکل تغییر مکان این ساده لا بکنیم. از این جایی که شیب این مرکز برای هم وجود دارد و معلوم است

چون تغییر مکان خوری نداریم $\rightarrow$ غور بکنیم (مثل دولان) حرکت می کند



$$\theta_{C1} = \frac{\Delta_{BV}}{12}$$

$$\theta_{C2} = \frac{t_{C/B}}{12}$$

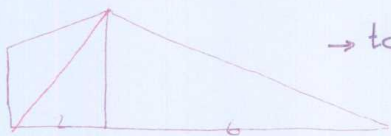
$$\theta_C = \theta_{C1} + \theta_{C2} = \frac{\Delta_{BV} + t_{C/B}}{12}$$

$$\theta_{MIC} = \theta_C - \theta_M = \theta_C \quad \Delta_{BV} = t_{A/B} = \frac{30 \cdot 10}{EI} \cdot \frac{20}{3} \quad \Delta_{BH} = 0.8 \Delta_{BV} = \frac{800}{EI} \quad \Delta_{BV} = 0.6 \Delta_{BV} = \frac{600}{EI}$$

$$\Delta_{BV} = \frac{1000}{EI} \rightarrow \Delta_{BH} = 0.8 \Delta_{BV} = \frac{800}{EI} \quad \Delta_{BV} = 0.6 \Delta_{BV} = \frac{600}{EI}$$

$$t_{C/B} = \frac{30}{EI} \times 6 \times 6 = \frac{1080}{EI}$$

$$\theta_C = \frac{1080 + 600}{EI} \times \frac{1}{12} = \frac{140}{EI}$$

$$\theta_{MIC} = \frac{30}{EI} \times 6 - \frac{5x^2}{2EI} \rightarrow 180 - \frac{5}{2}x^2 = 140 \rightarrow x = 4 \text{ , حيث } x \text{ هي المسافة من } A \text{ إلى } C$$


$$\rightarrow t_{C/M} = \frac{413.3}{E_I}$$

$$\delta_M = \frac{140}{EI} - \frac{413.3}{EI} = \frac{706.7}{EI} \quad \downarrow$$



saze118.com

شماره: 26, 27

شماره: (2, 3) Castiglione

شماره: (2, 5) Castiglione

شماره: (3) Castiglione

شماره: (4) Castiglione

شماره: (5) Castiglione

