

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

آزمایشگاه مقاومت مصالح

آزمایش شماره ۴

عنوان: خط تاثیر

هدف:

رسم خط تاثیر تنش برای خرپا

استاد: دکتر عزیزی

اعضای گروه:

محسن مروتی

علی پارسی

میلاذ روان

محمد ورمزیاری

محمد رحیمی نژاد

جواد زارعی

تاریخ انجام آزمایش: ۱۳۹۳/۱/۲۳ و ساعت: ۱۳:۳۰

تئوری آزمایش:

مقایسه تنش های به دست آمده با تنش های تئوری در این آزمایش هدف اصلی ما در کار با خرپای مذکور است ، نیرویی را که لینک های خرپا تحمل میکنند از دو نوع فشاری و کششی هستند و محل اعمال نیرو در این خرپا که از وزن اعضا صرف نظر کرده ایم تکیه گاه ها یا هر جای دیگر از مفصل های خرپا میباشد که بعد از اعمال بار این نیرو توسط لینک ها دفع و ما بین خود تقسیم میکنند و بعد به تکیه گاه وارد میکنند و بعد از آن تکیه گاه آن را به زمین اعمال میکند ، در تئوری خرپاها برای به دست آوردن نیروی داخلی هر کدام از لینک ها نیروها را در راستاهای مورد نظر و تعیین شده ، برآیند آنها را برابر صفر قرار خواهیم داد و مقدار نیروی داخلی هر کدام را به دست خواهیم آورد وبعد از مشخص شدن نیروها وجهت آنها ، کششی یا فشاری بودن آنها را مشخص شده و از رابطه زیر میتوان مقدار کرنش مورد نظر آنها را بدست آورد واز این طریق مقدار تغییر اندازه را بدست آورد :

$$\varepsilon = \frac{P}{A} \rightarrow \begin{cases} P: \text{مقدار نیرو داخلی بدست آمده} \\ A: \text{مساحت سطح مقطع لینک} \end{cases} \rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \rightarrow \begin{cases} \Delta L: \text{اختلاف} \\ L: \text{طول} \end{cases} \quad (1-4)$$

البته در تحلیلی ریاضی خرپاها نیروهای صفر نیرویی بدست خواهند آمد اما در هندسه شکل نیز میتوان بر اساس قواعدی این اعضا را مشخص کرد و البته از طریق هندسه نیز میتوان نوع کششی یا فشاری بودن لینک ها را نیز مشخص کرد.

در حالت تجربی نیز با کمک دستگاه های کرنش سنج به راحتی میزان کرنش در هر کدام از اعضا را محاسبه کرد و با حالت تئوری مقایسه کرد، محل نصب کرنش سنج های مورد بررسی براساس شکل زیر است: (خرپا دارای تقارن است)

در خرپای نشان داده شده باتوجه

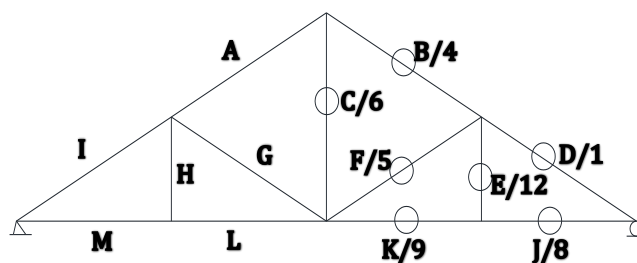
به تقارن سازه و کرنش سنج ها از

رسم مابقی آنها صرف نظر کردیم

و لینک ها را با استفاده حروف

نامگذاری کردیم و کرنش سنج

ها را به عدد.



شرح آزمایش:

در انجام آزمایش مورد نظر وسایل زیر مورد نیاز است:

- ۱- خرپای مورد نظر نصب بر روی تکیه گاه به گونه ای که در هنگام اعمال بار خرپا دچار شکستگی نشود
- ۲- دستگاه کرنش سنج
- ۳- وزنه هایی با وزن مشخص برای اعمال بار به خرپا
- ۴- کولیس برای اندازه گیری طول لینک ها و تعیین قطر مقطع

نمونه تئوری خرپا در پایان متن قابل مشاهده است ، در این آزمایش به شرح زیر عمل میکنیم که با توجه به کرنش سنج ها نصب شده بر روی خرپا و داشتن تقارن هندسی خرپا به بررسی یک قسمت از خرپا خواهیم پرداخت و برای باقی اعضا براساس تقارن عمل کرده و همه همان مقدار کرنش که در قسمت دیگر خرپا اتفاق افتاده در قسمت بعدی یعنی مقارن قسمت مورد بررسی اتفاق خواهد افتاد.

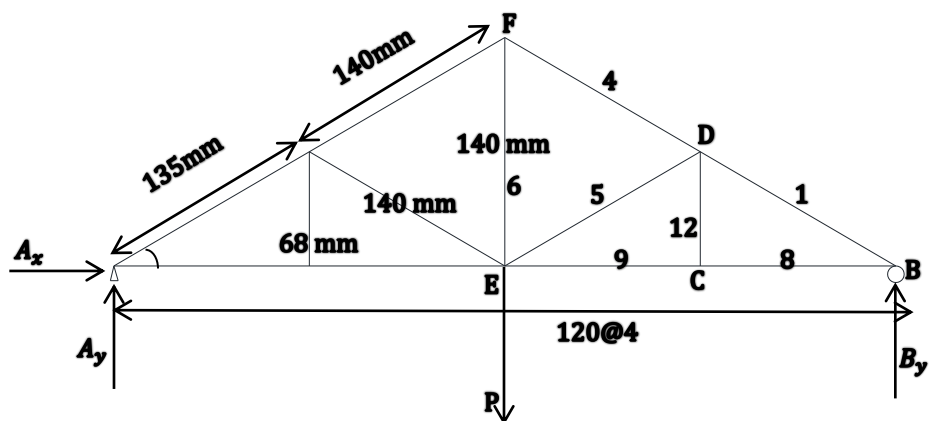
برای بررسی هرکدام از لینک های خرپاها و تعیین میزان کرنش ، دستگاه بر روی شماره کرنش سنج مورد نظر روی لینک مورد نظر تنظیم کرده و به ترتیب نیروهای ۱۰ ، ۲۰ ، ۳۰ و ۴۰ نیوتنی را بر خرپا در قسمت مرکزی آن یا E وارد میکنیم و مقدار کرنش اتفاق افتاده در هر بار اعمال نیرو را ثبت میکنیم و این عمل را برای تمام اعضای که قرار بررسی باشد انجام خواهیم داد.

قسمت فوق برای هر کدام اعضا مقدار کرنش را اندازه میگیرفیم و محل اعمال بار هم ثابت بود ، در مرحله دوم آزمایش میزان تغییرات کرنش یکی از اعضا را مورد بررسی قرار میدهیم البته با این تفاوت که مقدا بار ثابت است ولی محل اعمال بار در حال تغییر است و به همین صورت مقدار تنش لینک مورد نظر را سه بازه زمانی در سه محل متفاوت محل اعمال نیرو خرپا به دست می آوریم.

تحلیل خرپای مورد نظر :

هدف از تحلیل خرپا بدست آوردن نیروهای داخلی و تحلیل جز به جز اعضا است برای به دست آوردن تنش ها و نیروهای تکیه گاهی و اعضای صفر نیروی ، خرپای مورد بررسی به شکل زیر است که به تحلیل آنها خواهیم پرداخت:

(تحلیل خرپا گره به گره انجام میشود)

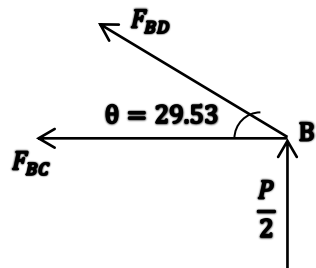


$$\sum F_x = 0 \rightarrow A_x = 0$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow A_y * 4 * 120 - P * 2 * 120 = 0 \rightarrow A_y = \frac{P}{2}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y = B_y = \frac{P}{2}$$

گره B را برای شروع باز میکنیم:



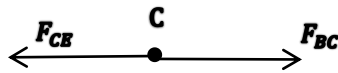
$$\sum F_y = 0 \rightarrow \frac{P}{2} + F_{BD} \sin 29.53 = 0 \rightarrow F_{BD} = \frac{-P}{2 \sin 29.53}$$

لینک مورد نظر کششی است یعنی در لینک شماره ۱

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{BC} - F_{BD} \cos 29.53 = 0 \rightarrow F_{BD} = \frac{P}{2} \cot 29.53$$

لینک مورد نظر فشاری است یعنی لینک شماره ۸

گره C را باز میکنیم:



$$F_{CE} = F_{BC} = \frac{P}{2} \cot 29 \rightarrow \text{شماره 9}$$

گره D:

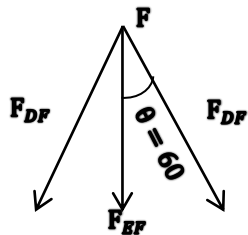
با توجه به شکل خریا و داده ها لینک های شماره ۵ و ۱۲ صفر نیرویی بوده و کرنش سنج های آنها تغییرات کرنش را نمایش نخواهد نداد

و

$$F_{DF} = F_{BD} = \frac{-P}{2 \sin 29.53} \rightarrow \text{شماره 4}$$

گره F:

با توجه به تقارن کرنش سنج های A و B یک مقدار را نمایش میدهند و مقدار نیروی داخلی موجود در هر کدام نیز باهم برابر است.



$$\sum F_y = 0 \rightarrow -F_{DF} \cos 60 - F_{DF} \cos 60 - F_{EF} = 0 \rightarrow F_{EF} = -2F_{DF} \cos 60 \rightarrow F_{DF} = \frac{-P}{2 \sin 29.53}$$

$$\rightarrow F_{EF} = \frac{P \cos 60}{\sin 29.53} \rightarrow \text{شماره 6}$$

ثبت داده ها:

نیروهای مورد استفاده با نام F در این قسمت همان نیروهای بدست آمده در قسمت تحلیلی خریا است.

قطر تمام اعضا برابر ۶ میلی متر است.

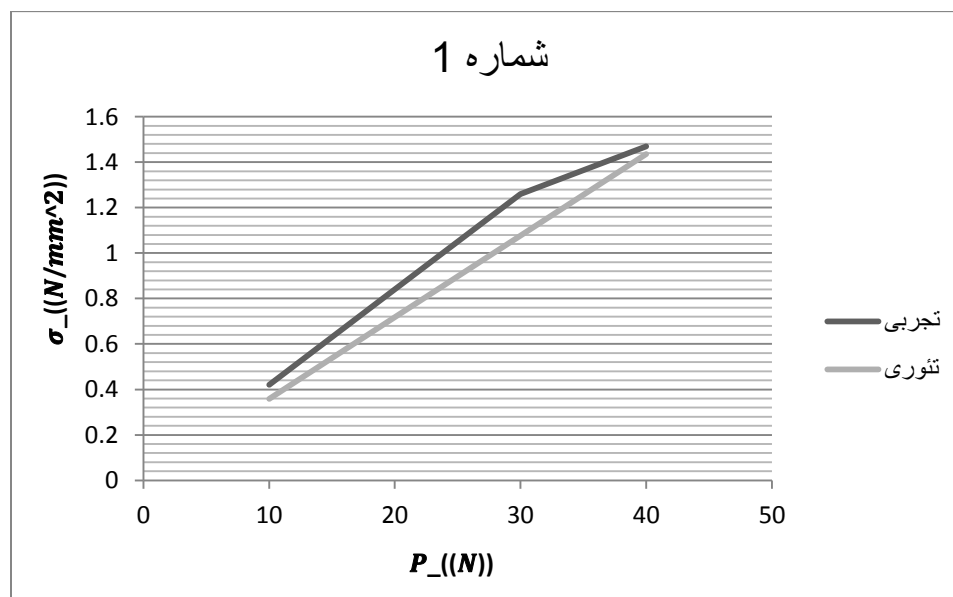
- لینک D دارای کرنش سنج 1:

$$E = 210Gpa = 21 * 10^4 N/mm^2$$

$$F_{BD} = \frac{-P}{2 \sin 29.53} \rightarrow \sigma_{\text{تنوری}} = \frac{F}{A}$$

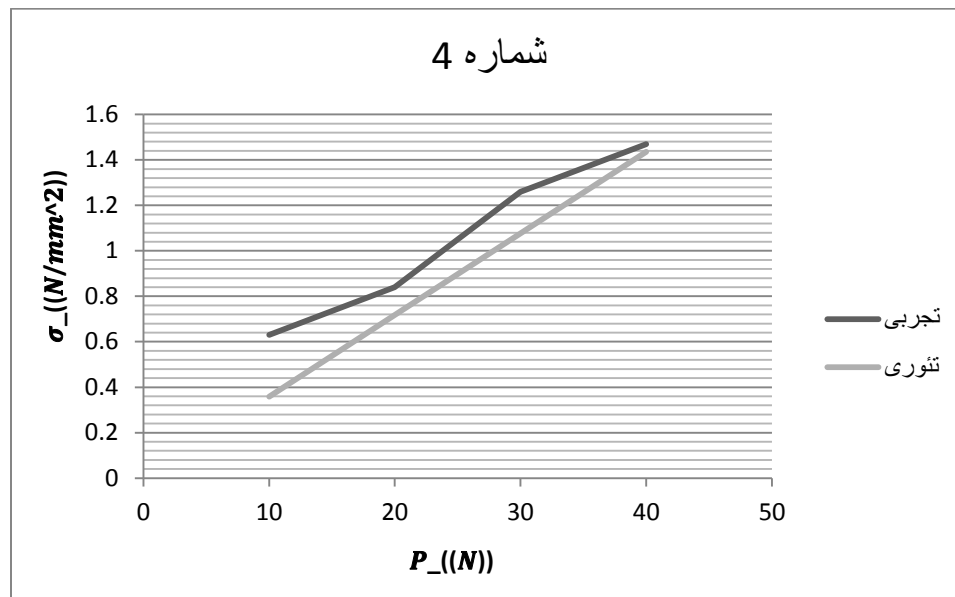
$$A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = 6mm \rightarrow A = 28.2743mm^2$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تنوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	-82	-	-	-
10	-84	-2	$-42 * 10^{-2}$	0.3587
20	-86	-4	$-84 * 10^{-2}$	0.7175
30	-88	-6	$-126 * 10^{-2}$	1.0763
40	-89	-7	$-147 * 10^{-2}$	1.4351



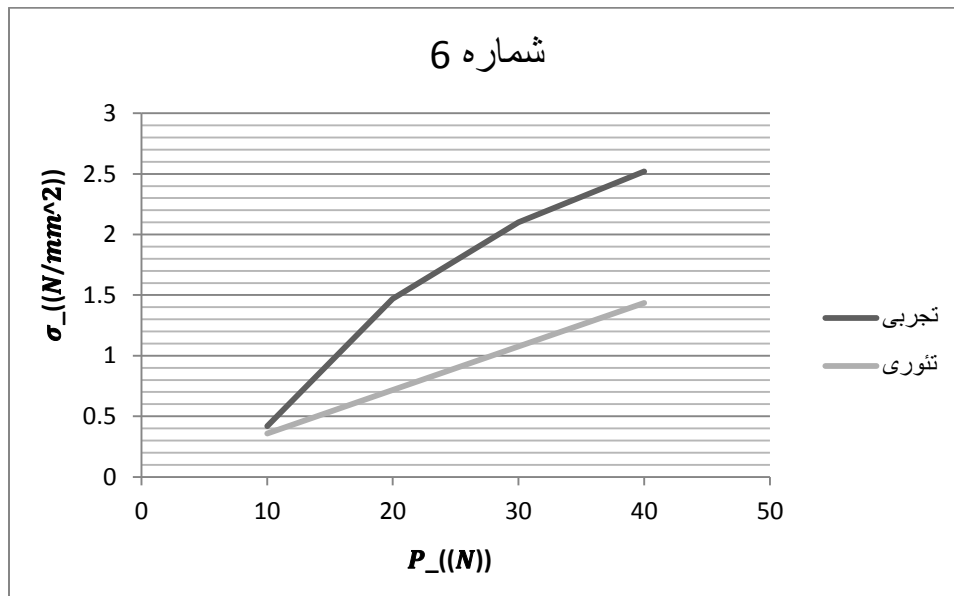
$$F_{DF} = \frac{-P}{2\sin 29.53}$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	7	-	-	-
10	4	-3	$-63 * 10^{-2}$	0.3587
20	3	-4	$-84 * 10^{-2}$	0.7175
30	1	-6	$-126 * 10^{-2}$	1.0763
40	-1	-8	$-147 * 10^{-2}$	1.4351



$$F_{EF} = \frac{P \cos 60}{\sin 29.53}$$

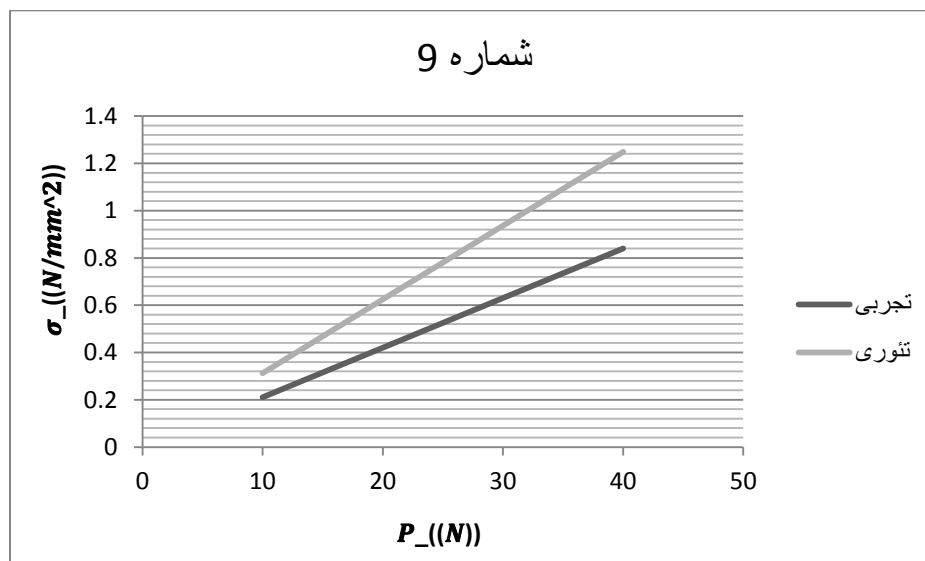
$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	66	-	-	-
10	68	2	$42 * 10^{-2}$	0.3587
20	73	7	$147 * 10^{-2}$	0.7175
30	76	10	$210 * 10^{-2}$	1.0763
40	78	12	$252 * 10^{-2}$	1.4351



- لینک k و کرنش سنج شماره ۹ :

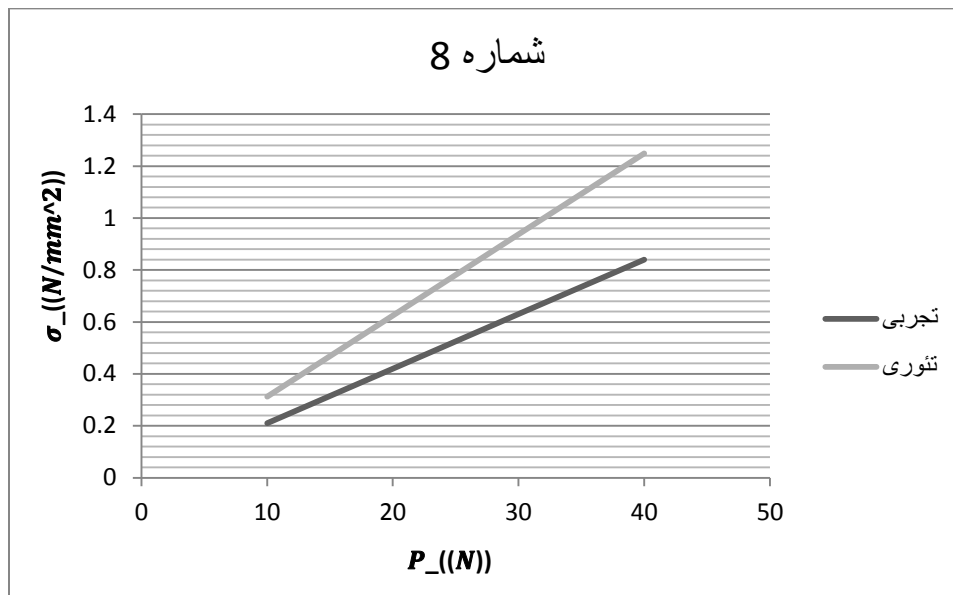
$$F_{CE} = \frac{P}{2} \cot 29.53$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	407	-	-	-
10	408	0	$21 * 10^{-2}$	0.3121
20	409	1	$42 * 10^{-2}$	0.6243
30	410	2	$63 * 10^{-2}$	0.9365
40	411	3	$84 * 10^{-2}$	1.2487



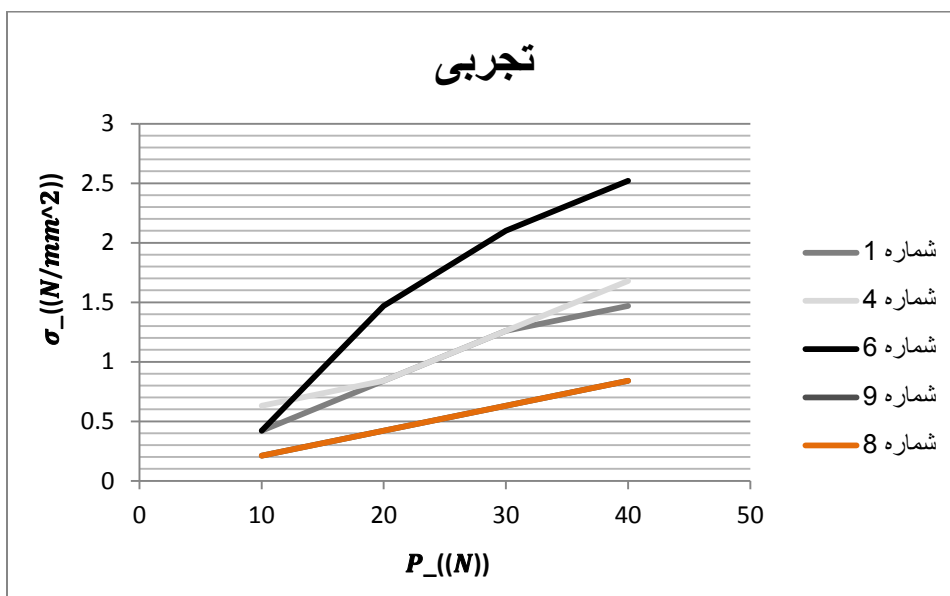
$$F_{BC} = \frac{P}{2} \cot 29.53$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	-15	-	-	-
10	-14	1	$21 * 10^{-2}$	0.3121
20	-13	2	$42 * 10^{-2}$	0.6243
30	-12	3	$63 * 10^{-2}$	0.9365
40	-11	4	$84 * 10^{-2}$	1.2487



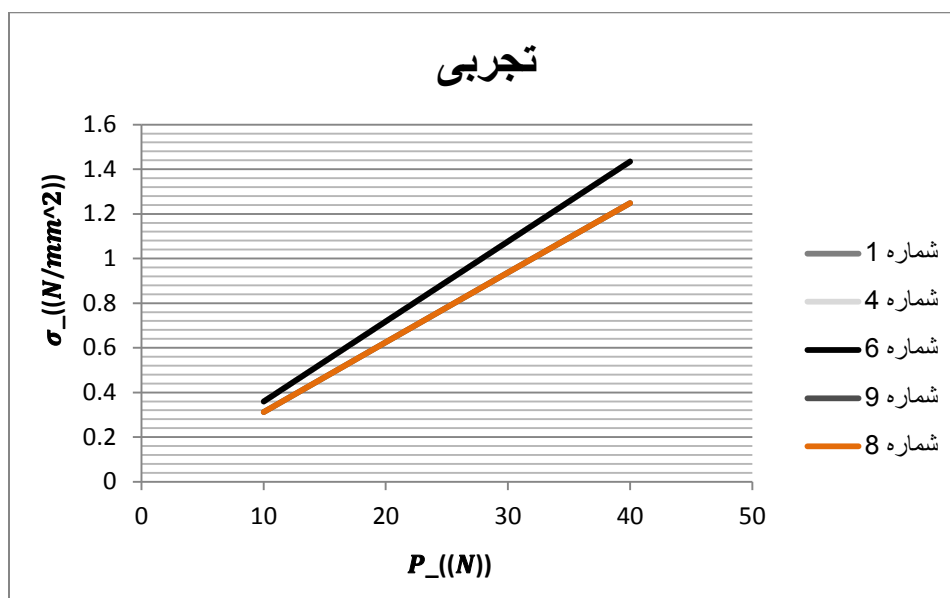
✓ دونمودار ترسیمی در قسمت بعدی شامل تنش تجربی همه لینک های بررسی شده و تنش تئوری بدست آمده در تمام لینک های محاسبه شده است:

نمودار تنش تجربی کرنش
سنج های شماره ۹ و ۸ بر
هم منطبق هستند



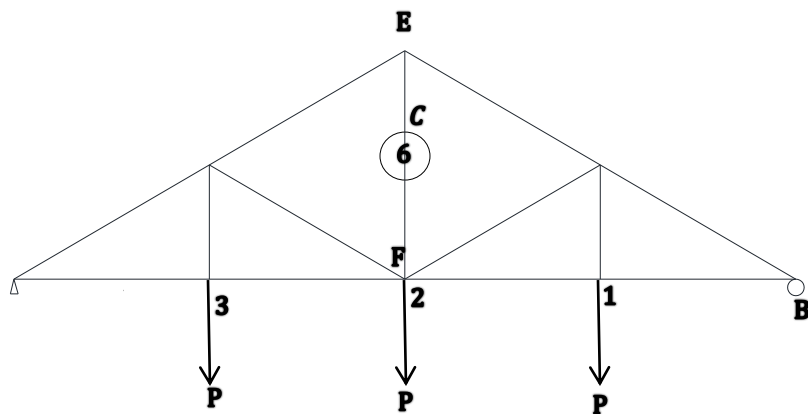
برای حالات تئوری:

نمودار تنش تئوری کرنش
سنج های شماره ۹ و ۸ بر
هم منطبق برای کرنش
سنج های شماره ۱ و ۴ و ۶
میز منطبق بودن برقرار
است



مرحله دوم آزمایش:

همانطور که در قسمت شرح آزمایش توضیحات داده شد این بار ، بار ثابت P را به میزان ۴۰ نیوتن در سه قسمت از خرپا قرار میدهیم و تغییرات یک لینک مورد نظر را بررسی میکنیم مطابق شکل زیر بار را در نقاط ۱ و ۲ و ۳ قرار میدهیم و تغییرات لینک C یعنی کرنش سنج شماره ۶ را مورد تحلیل قرار میدهیم:



در موقعیت ۱ با فاصله ۱۲۰ میلیمتری تکیه گاه B، با تحلیل مجدد سازه و بار داخلی لینک C یعنی F_{EF} یا به عبارت

$$F_{EF} = \frac{P \cos 60}{2 \sin 29.53}$$

دیگر محل کرنش سنج شماره ۶ به دست آمده است:

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	77	—	—	-
40	80	3	$63 * 10^{-2}$	0.7275

در موقعیت ۲ با فاصله ۲۴۰ میلیمتری از تکیه گاه B، نیروی داخلی تکیه گاه به صورت زیر و همچون مراحل قبلی است:

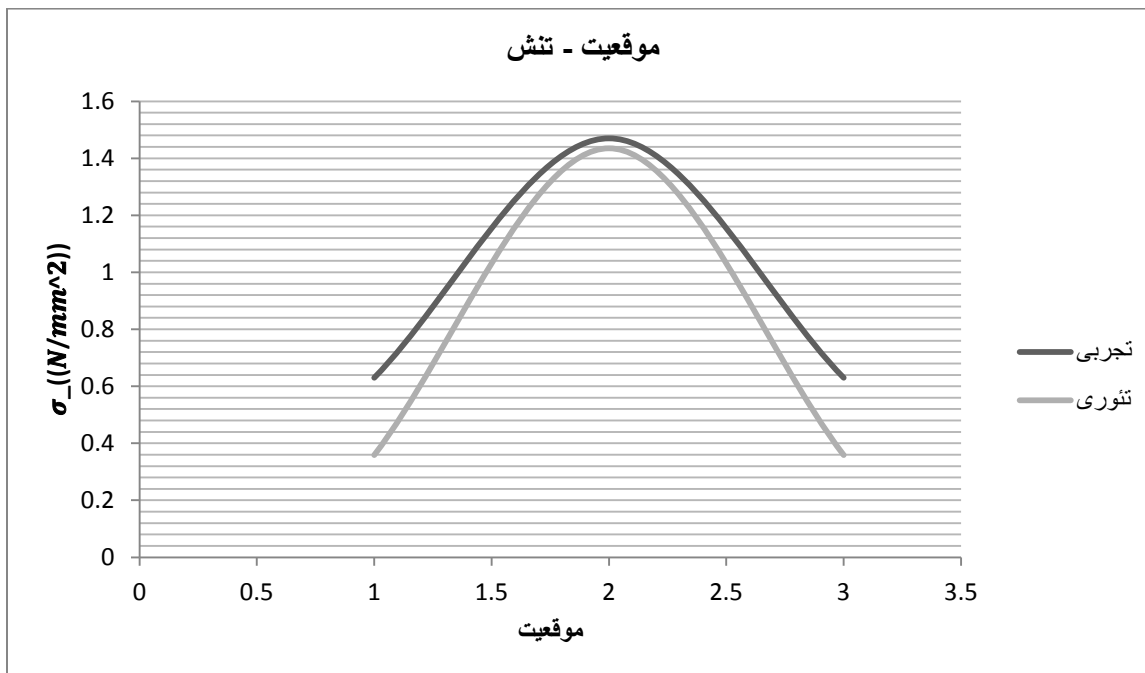
$$F_{EF} = \frac{P \cos 60}{\sin 29.53}$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	77	—	—	-
40	84	7	$147 * 10^{-2}$	1.4351

با توجه به وجود تقارن در خرپا مقدار تغییر یافته کرنش و تنش تجربی و تئوری در موقعیت ۳ با فاصله ۳۶۰ میلیمتری با تکیه گاه B ، دقیقا همچون موقعیت اول است و ما همان جدول را برای آن مینویسیم :

$P_{(N)}$	$\varepsilon * 10^6 \text{ mm}$	$\Delta\varepsilon * 10^{-6} \text{ mm}$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ N/mm^2	$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{F}{A}$ N/mm^2
0	77	—	—	-
40	80	3	$63 * 10^{-2}$	0.7275

نمودار موقعیت - تنش برای حالات تجربی و تئوری مرحله دوم آزمایش به گونه زیر است:



جمع بندی و نتیجه گیری:

در پایان به نتایج به دست آمده از این آزمایش خواهیم پرداخت که مقدار تنش های به وجود آمده در اعضای کششی باهم برابرند و در اعضای فشاری نیز باهم برابرند و در مرحله دوم آزمایش نتیجه شد که اعضای که مزدیک اعمال بار P بودند بیشتر دچار کرنش یا تغییر شکل شدند و نیرو در مابقی اعضا تقسیم شد و از همه مهمتر نتیجه شد که چگونگی تقسیم بار در اعضا همچون جریان آب در لوله اتفاق می افتد که جریان بیشتر در محل اصلی ورد آب است و پیوسته در انشعابات دیگر با جریان کمتری تقسیم میشود .

باتوجه به استفاده از دستگاه در انجام آزمایش تنها خطای ممکن که احتمالا توسط ما اتفاق افتاده اندازه گیری ها بوده است و اگر خواهیم خطای دستگاه را ذکر کنیم در نظر نگرفتن قضیه پواسن است که از تغییر مقطع صرف نظر کرده .