

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

آزمایشگاه مقاومت مصالح

آزمایش شماره ۳

عنوان: تحلیل تجربی تنش

هدف:

اندازه گیری تنش به کمک کرنش سنج

استاد: دکتر عزیزی

اعضای گروه:

محسن مروتی

علی پارسی

میلاد روان

محمد ورمزیاری

محمد رحیمی نژاد

جواد زارعی

تاریخ انجام آزمایش: ۱۳۹۳/۱/۱۶ و ساعت: ۱۳:۳۰

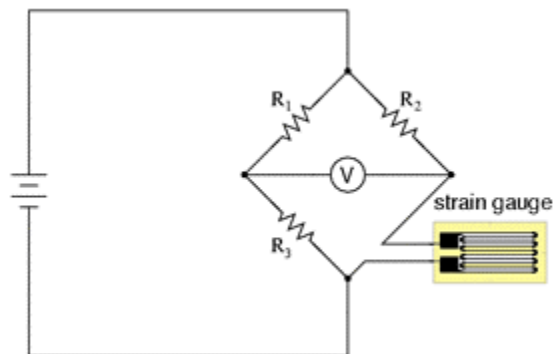
## تئوری آزمایش:

کرنش سنج ها ( استرین گیج ها ) تغییرات مقاومت الکتریکی در اثر تغییرات طول سیمی است که به عنوان مقاومت الکتریکی استفاده میشود ، همان طور که از اسم آنها مشخص است تغییرات ابعادی جسم مورد نظر را بر اساس ویژگی هایی که در ذیل گفته میشود اندازه گیری میکند.

تغییرات طول سیم باعث تغییرات مقاومت الکتریکی آن میشود که مقاومت را با  $R$  نمایش میدهند:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1 - 3) \quad \text{مقاومت مخصوص الکتریکی } \rho: \text{ مساحت سطح مقطع } A: \text{ طول سیم } L:$$

این نوع کرنش سنج ها سیم های بسیار طویل و نازکی هستند که به صورت مارپیچی به جسم متصل میشوند و قابل ذکر است که سطح مقطع آنها بدر مقایسه با طول آنها بسیار کوچک است و از تغییرات آن صرف نظر میکنیم شکل کلی کرنش سنج به صورت زیر است:



بر اساس اعمال نیرو بر سازه مورد نظر سیم های نازک که به میله متصل است دچار تغییر میشوند که تغییرات طول سیم ها موجب تغییرات مقاومت میشود ، مدار مقابل را مدار وتسون می نامند که برای اختلاف مقاومت استرین گیج نشان داده شده در حالت نرمال و اعمال بار استفاده می شود و بدین شرح است که : ابتدا مقاومت اولیه و بدون اعمال بار استرین گیج را به صورت زیر به دست می آوریم:

$$R_3 * R_4 = R_2 * R_1 \quad \text{مقاومت کرنش سنج را با } R_4 \text{ نمایش میدهم و مقاومت آن برابر است با:}$$

این عبارت این موضوع را نتیجه میدهد که اختلاف دوسر ولت سنج برابر صفر است و برای اینکه اختلاف پتانسیل دو سر ولت سنج صفر شود و بخواهیم مقاومت مورد نظرم را بدست آوریم بایستی مکان سه مقاومت را جابجا کنیم که مقاومت چهارمی که کرنش سنج است را به دست آوریم ، بعد از آنکه مقاومت آن در این حالت بدست آمد بعد از اعمال بار همین کار را برای بدست آوردن مقاومت کرنش سنج در حالت اعمال بار انجام میدهم که مقاومت ثانوی را ه دست خواهیم آورد یعنی  $R'_1$  را بدست خواهیم آورد بعد به صورت زیر عمل میکنیم:

$$\Delta R = R'_1 - R_2 \quad (2 - 3) \quad \text{از آنجایی که در محیط آزمایش جنس و دما ثابت است ، مقاومت ویژه نیز ثابت}$$

می ماند و از تغییر سطح مقطع هم صرف نظر میکنیم و :

$$\Delta R = \rho \frac{\Delta L}{A} \quad (3 - 3)$$

و از این رابطه تغییرات طول بدست خواهد آمد و بعد از به دست آمده تغییرات طول:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} (4 - 3),$$

بعد از کرنش به دست آمده آن را در معادله زیر قرار خواهیم داد و تنش را در مقطع و مکان مورد نظر بدست خواهیم آورد و البته با مطلع بودن از جنس میله تحت آزمایش ، مدول یانگ را بدست می آوریم :

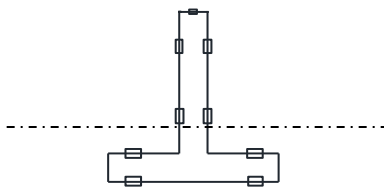
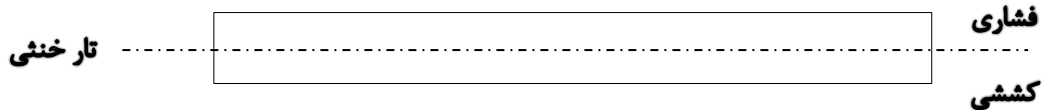
$$\sigma = E\varepsilon (5 - 3)$$

تنش مورد نظر بدست می آید و برای مقایسه آن در حالت تئوری از عبارت زیر استفاده میکنیم :

$$\sigma = \frac{MC}{I} (6 - 3)$$

که در آن  $M$  گشتاور ایجاد شده در محل مورد نظر است و  $C$  فاصله مکان مورد نظر تا تار خنثی و  $I$  ممان اینرسی.

میله مورد نظر به شکل زیر است:



(7-3)

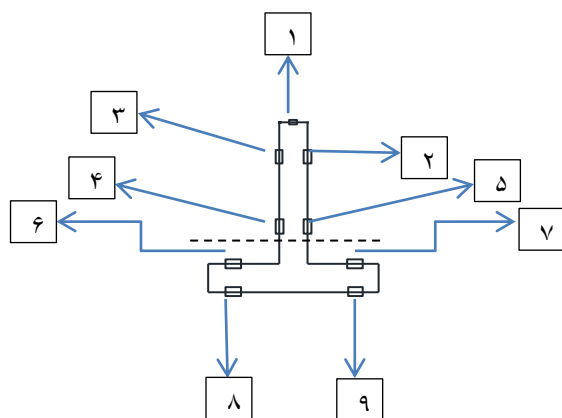
## شرح آزمایش:

در انجام آزمایش از وسایل زیر استفاده شده است :

- ۱- میله آلومینیومی با ابعاد مشخص که بر روی آن کرنش سنج هایی با فواصل مشخص نصب شده است
- ۲- دستگاه کرنش سنج ، به وسیله آن مقدار تغییرات ابعادی نمایش داده میشوند

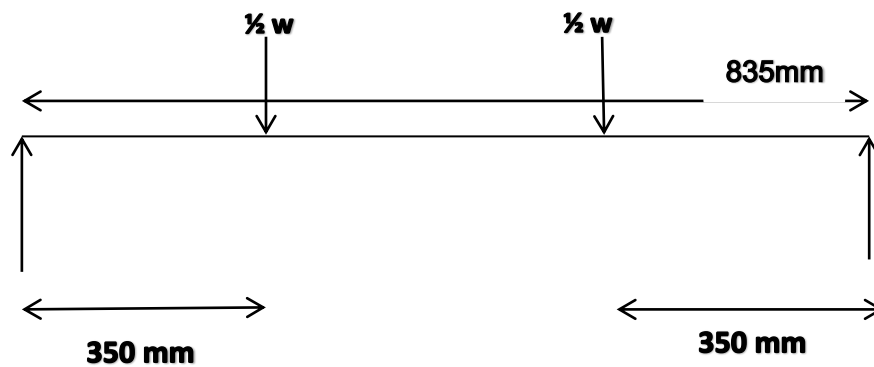
میله مورد آزمایش دارای ۹ کرنش سنج تعبیه شده بر روی بدنه است که دارای ۹ کابل اتصال است و بعد از مشخص کردن هر کدام آنها را بر اساس ترتیب شماره به دستگاه کرنش سنج وصل میکنیم بر روی دستگاه کرنش سنج صفحه ای مقدار تغییرات کرنش هر کدام از کرنش سنج های وصل شده بر روی میله ها را بر اساس میزان بار وارده نمایش میدهد.

موقعیت کرنش سنج های الحاقی به میله به صورت زیر است:



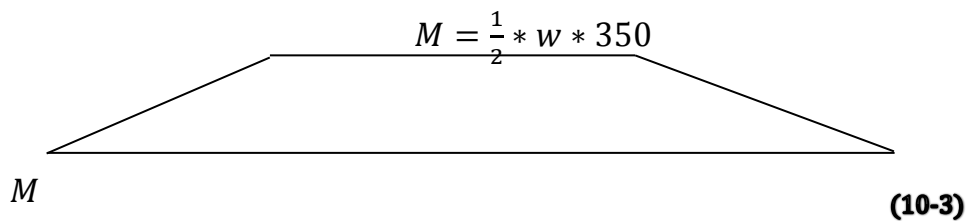
(8-3)

شکل میله بر اساس نیروهای وارده بر آن:



(9-3)

دیگرام خمش به صورت زیر است:



(10-3)

در شکل شماره (3-8)، میله T شکل ابعاد مورد نظر بدین شرح است ، البته خط چین نشان داده شده تارخنی میله است و مبدا مختصات نیز در آن نمایش داده شده است:

فاصله کرنش سنج شماره ۱ تا تار خنثی: 26.2484 mm

فاصله کرنش سنج شماره ۲ و ۳ تا تار خنثی: 18.2484 mm

فاصله کرنش سنج شماره ۴ و ۵ تا تار خنثی: 3.2484 mm

فاصله کرنش سنج شماره ۶ و ۷ تا تار خنثی: 5.4516 mm

فاصله کرنش سنج های ۸ و ۹ تا تار خنثی: 11.8576 mm

## ثبت داده ها و محاسبات:

از داده هایی که بر روی میله مورد آزمایش از قبل به ما ارائه شده است به محاسبه تاریخته میپردازیم ، محاسبه موقعیت تاریخته به جهت استفاده از آن برای بدست آوردن تنش تئوری و مقایسه آن با تنش تجربی به دست آمده است .

ابعاد میله مورد آزمایش که در قسمت شرح بیان شد مرکز سطح زیر را موجب میشود:

$$\bar{y} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} = \frac{31.7 * 6.4 * \left(6.4 * \frac{31.7}{2}\right) + 38.1 * 6.4 * \left(\frac{6.4}{2}\right)}{31.7 * 6.4 + 38.1 * 6.4} = 11.8516 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12} * 6.4 * (31.7)^3 + 6.4 * 31.7 * (22.25 - 11.8516)^2 + \frac{1}{12} * 38.1 * 6.4^3 + 38.1 * 6.4 * (11.8516 - 3.2)^2 = 58009.86546 \text{ mm}^4$$

از نیروهای اعمالی به میله مورد نظر در هر بار اعمال نیرو در هر کدام از کرنش سنج ها ، یک میزان خاص به ثبت رسیده است که به صورت جدول های زیر نشان داده میشود:

- کرنش سنج شماره ۱ :

$$E_{al} = 70 \text{ Gpa} = 70 * 10^3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma = E\varepsilon \rightarrow \text{محاسبه تنش در حالت تجربی}$$

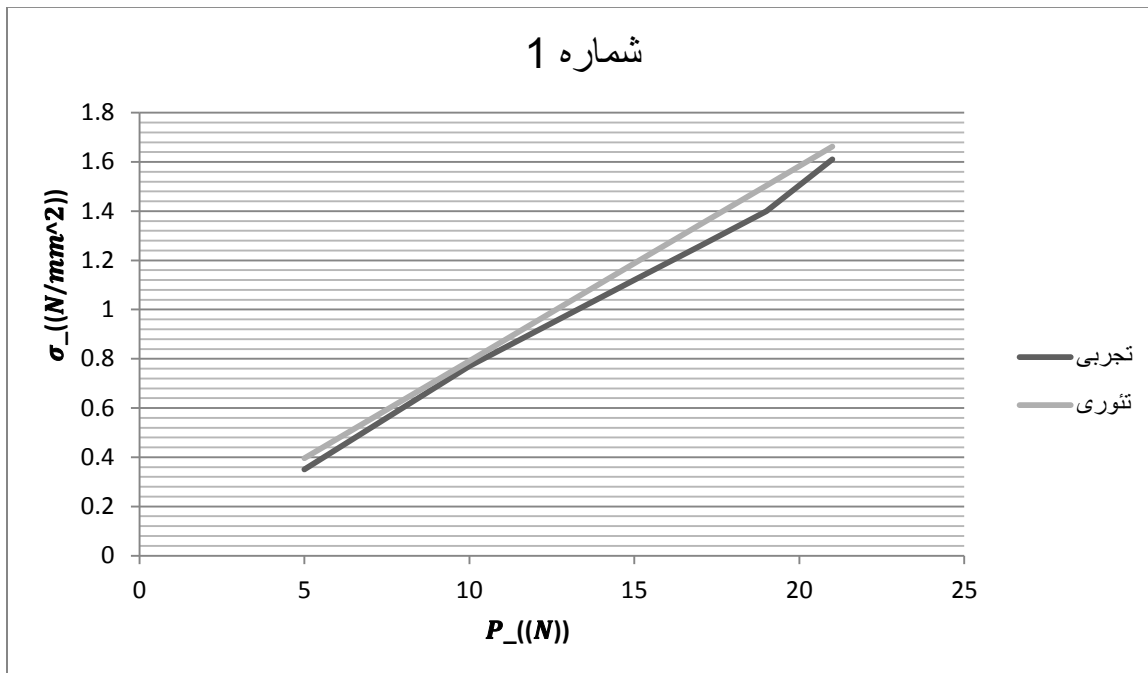
$$\sigma = \frac{MC}{I} \rightarrow M : \text{گشتاور محل} , C : \text{فاصله کرنش سنج تا تاریخته} , I = \text{ممان اینرسی}$$

$$\sigma = \frac{\frac{P}{2} * 350 * 26.2484}{I} \rightarrow \text{نمونه محاسبه تئوری تنش برای کرنش سنج شماره 1}$$

$$M = \frac{P}{2} * 350 \text{ N.mm} , C = 26.2484 \text{ mm} \text{ طبق شکل ترسیمی در شرح آزمایش}$$

چون در بالای تاریخته قرار دارد و بر اساس نیروی وارد شده ، و تیر در این قسمت فشاری است و اعداد تغییرات کرنش منفی است

$P_{(N)}$	$\varepsilon$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ $N/mm^2$	$\sigma_{\text{تئوری}}$ $N/mm^2$
5	$-5 * 10^{-6}$	$-35 * 10^{-2}$	0.3959
10	$-11 * 10^{-6}$	$-77 * 10^{-2}$	0.7918
15	$-16 * 10^{-6}$	$-112 * 10^{-2}$	1.1877
17	$-18 * 10^{-6}$	$-126 * 10^{-2}$	1.3461
19	$-20 * 10^{-6}$	$-140 * 10^{-2}$	1.5045
21	$-23 * 10^{-6}$	$-161 * 10^{-2}$	1.6628

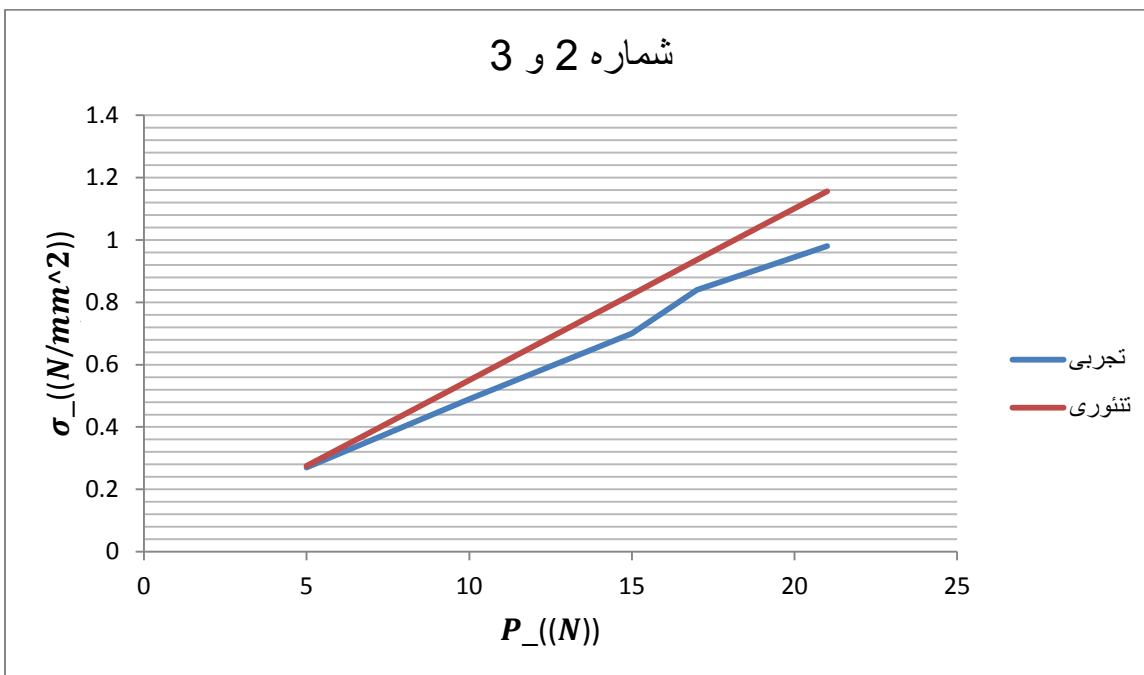


- کرنش سنج شماره ۲ و ۳:

$$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{P}{2} * \frac{350 * 18.2484}{I}, C = 18.2484 \text{ mm}$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ $N/mm^2$	$\sigma_{\text{تئوری}}$ $N/mm^2$
5	$-3 * 10^{-6}$	$-21 * 10^{-2}$	0.2752
10	$-7 * 10^{-6}$	$-49 * 10^{-2}$	0.5505
15	$-10 * 10^{-6}$	$-70 * 10^{-2}$	0.8257
17	$-12 * 10^{-6}$	$-84 * 10^{-2}$	0.9358
19	$-13 * 10^{-6}$	$-91 * 10^{-2}$	1.0459
21	$-14 * 10^{-6}$	$-98 * 10^{-2}$	1.1560

### شماره 2 و 3

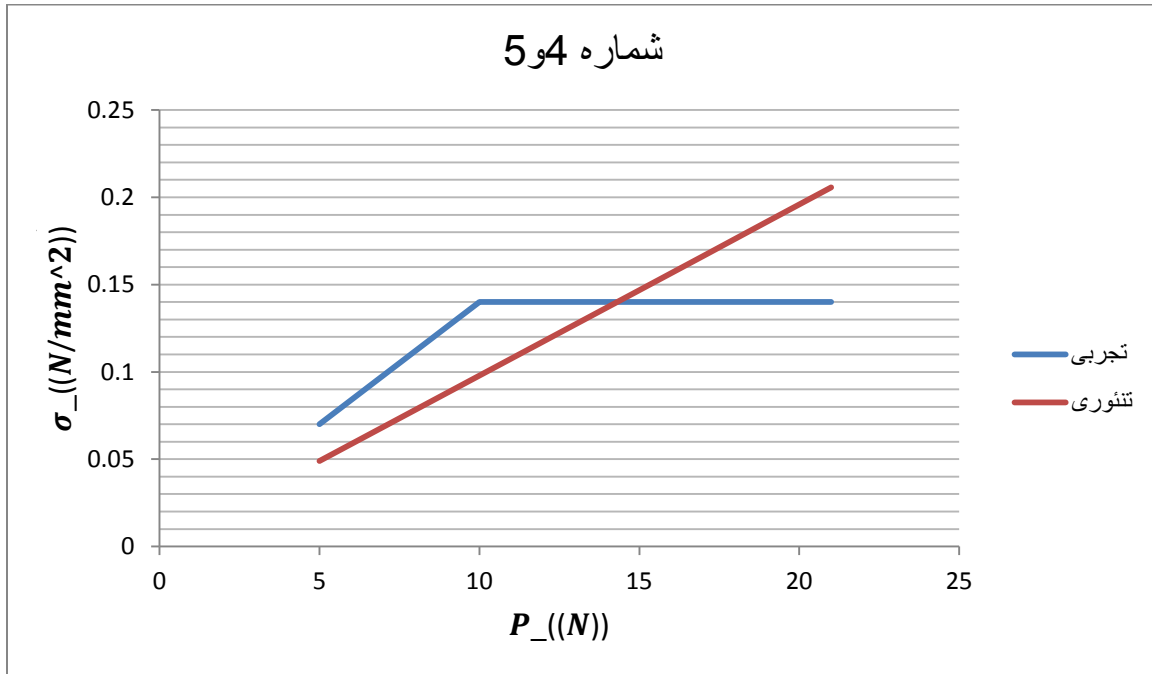


- برای کرنش سنج شماره ۵ و ۶:

$$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{P}{2} * 350 * 3.2484 \quad , C = 3.2484 \text{ mm}$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ $N/mm^2$	$\sigma_{\text{تئوری}}$ $N/mm^2$
5	$-1 * 10^{-6}$	$-7 * 10^{-2}$	0.0489
10	$-2 * 10^{-6}$	$-14 * 10^{-2}$	0.0979
15	$-2 * 10^{-6}$	$-14 * 10^{-2}$	0.1469
17	$-2 * 10^{-6}$	$-14 * 10^{-2}$	0.1665
19	$-2 * 10^{-6}$	$-14 * 10^{-2}$	0.1861
21	$-2 * 10^{-6}$	$-14 * 10^{-2}$	0.2057





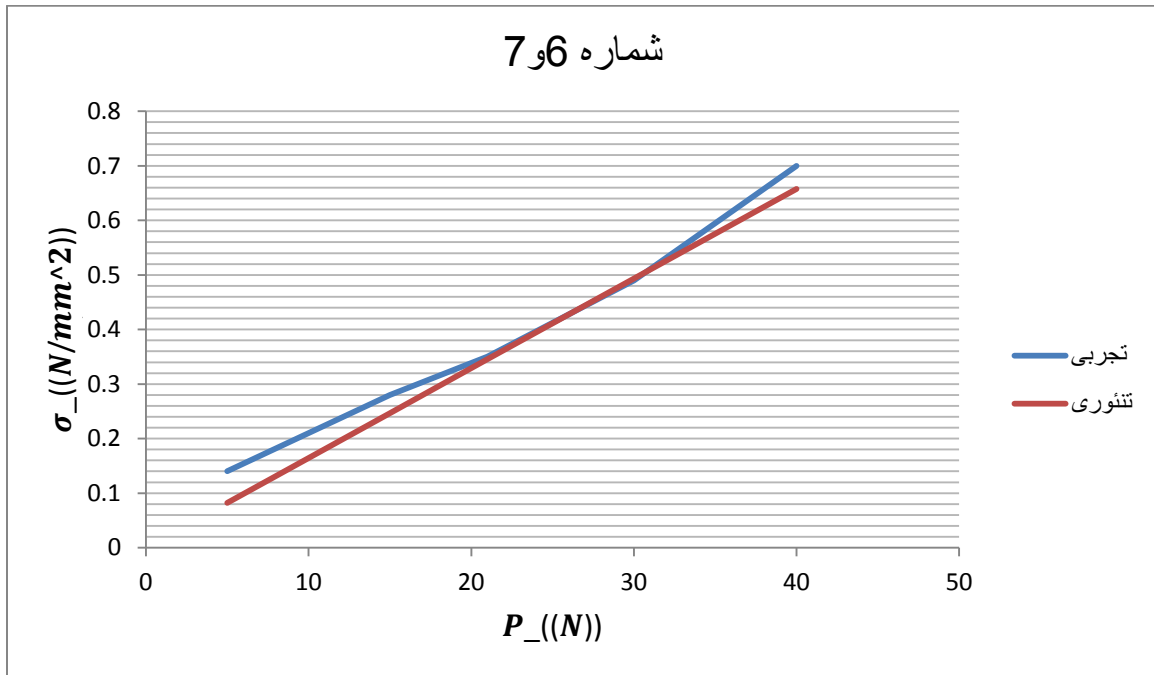
به دلیلی نزدیکی به تار خنثی تغییرات کرنش بسیار کم است که از نمودار بالا هویدا است

- کرنش سنج شماره ۷و۶ :

$$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{P}{2} * \frac{350 * 5.4516}{I}, C = 5.4516 \text{ mm}$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ $N/mm^2$	$\sigma_{\text{تئوری}}$ $N/mm^2$
5	$2 * 10^{-6}$	$14 * 10^{-2}$	0.0822
10	$3 * 10^{-6}$	$21 * 10^{-2}$	0.1644
15	$4 * 10^{-6}$	$28 * 10^{-2}$	0.2466
21	$5 * 10^{-6}$	$35 * 10^{-2}$	0.3453
30	$7 * 10^{-6}$	$49 * 10^{-2}$	0.4933
40	$10 * 10^{-6}$	$98 * 10^{-2}$	0.6578

### شماره 6 و 7

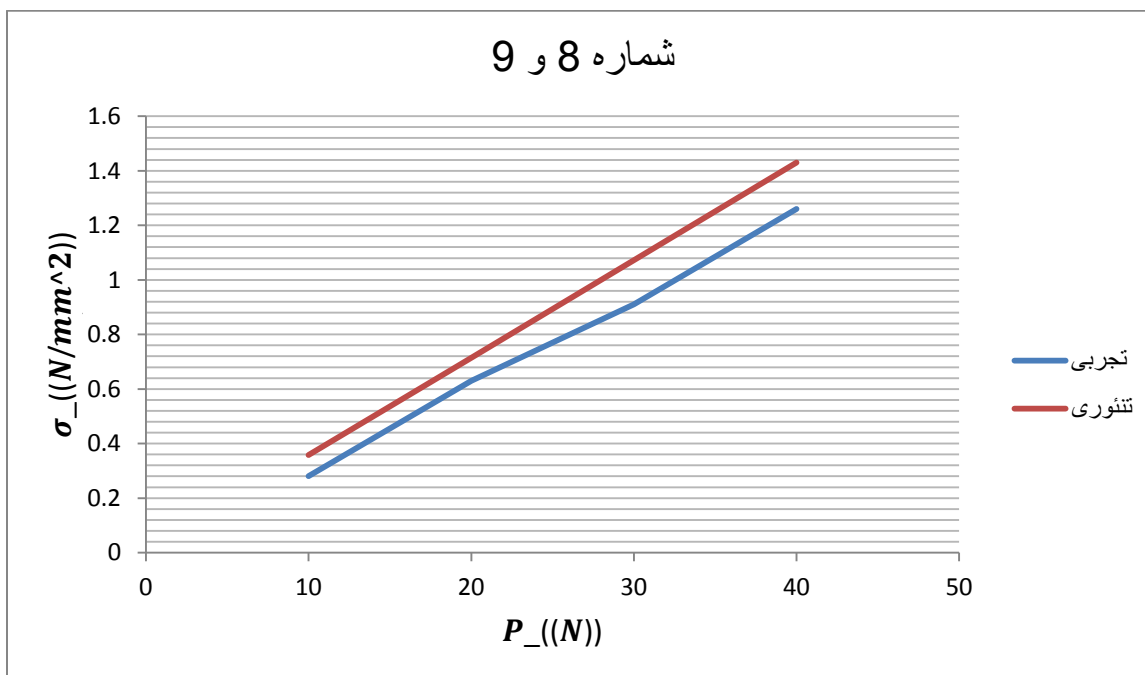


- کرنش سنج شماره ۸ و ۹ :

$$\sigma_{\text{تئوری}} = \frac{P}{2} * \frac{350 * 11.8516}{I}, C = 11.8516 \text{ mm}$$

$P_{(N)}$	$\varepsilon$	$\sigma_{\text{تجربی}} = E\varepsilon$ $N/mm^2$	$\sigma_{\text{تئوری}}$ $N/mm^2$
10	$4 * 10^{-6}$	$28 * 10^{-2}$	0.3575
20	$9 * 10^{-6}$	$63 * 10^{-2}$	0.7150
30	$13 * 10^{-6}$	$91 * 10^{-2}$	1.0725
40	$18 * 10^{-6}$	$126 * 10^{-2}$	1.4301

## شماره 8 و 9



### جمع بندی و نتیجه گیری:

در میله مورد نظر آلومینیومی به این نتیجه گیری میرسیم که کرنش سنج های متصل بر میله در نزدیکی تار خنثی دارای کرنش های بسیار کم میباشند و هر چند به تار خنثی نزدیک شویم مقدار کرنش ها کاهش میابد و تنش ها افزایش که ما فقط در حالت تئوری با آن مواجه شده بودیم ، این آزمایش به ما نکاتی را القاء کرد که از جمله آنها توانایی انجام محاسباتی برای به دست آوردن کرنش ها و تنش های بحرانی در محیط و سازه هایی که در آینده با آنها مواجه خواهیم شد .

با توجه به نمودار های ترسیمی و نزدیک بودن حالات تئوری و تجربی بر اساس نمودار میتوان گفت که خطاهای احتمالی در آزمایش بسیار کمتر از آزمایش های دیگری بوده اند و در کل میتوان گفت اگر خطای وجود داشته است خطای دستگاه های اندازه گیری بوده است که یکی از این موارد در نظر نگرفتن تغییرات سطح مقطع سیمی است که تحت بار ، تغییرات طول داشته است و آزمایش کننده خطایی مرتکب نشده است مگر در خواندن اعداد نمایش داده شده توسط دستگاه .