

مهندس اهرآنیچم یک دانشجو مهندس لازم دارد

دانلود رایگان : کتاب، جزوه، مقاله، پروژه، گزارشکار و ...

[WWW.MOHANDES.ORG](http://WWW.MOHANDES.ORG)



مؤسسه آموزش عالی جباوید

غیردولتی - غیرانتفاعی

# گزارش کار آزمایشگاه مقاومت مصالح 2

تهیه کننده: کاوه افتخاری

استاد: مهندس احمدامیری

پاییز 1391

## فهرست مطالب

3.....	آزمایش کشش.....
10.....	آزمایش ضربه شاریپی.....
14.....	آزمایش برینل.....
18.....	آزمایش خمش.....
32.....	آزمایش پیچش.....
36.....	آزمایش کمانش.....

## آزمایش کشش

### 1- تئوری آزمایش :

هدف در این اینست که با اعمال کشش بر روی میلگرد و به دست آوردن تنش وارده در هر لحظه و همچنین بدست آوردن کرنش ایجاد شده ناشی از افزایش طول میلگرد نمودار تنش کرنش را ترسیم کرده و نقاط مهم بر روی آن مانند نقطه تسلیم ( $f_y$ ) و نقطه گسیختگی ( $f_u$ ) را ترسیم کرد.

دیدن این آزمایش از نزدیک خود به تنهایی دارای ارزش و اهمیت زیادی است زیرا همانطور که استاد فرمودند ممکن است حتی در طول عمر فرصت مجدد روئیت این آزمایش از نزدیک را نداشته باشیم.

وقتی قطعه ای مانند یک میلگرد تحت کشش قرار می گیرد ابتدا به نسبت نیروی اعمال شده بر سطح مقطع جسم ، قطعه افزایش طول دارد.

این مرحله را مرحله خطی در نمودار تنش کرنش گویند. زیرا شیب خط نمودار به صورت تقریباً خطی است. انتهای این مرحله ، ابتدای مرحله تسلیم است ، مرحله ای که قطعه بدون اعمال بار بیشتر شروع به افزایش طول میکند ، این مرحله را اصطلاحاً مرحله پلاستیک هم گویند. پس از آن قطعه وارد مرحله سخت شدگی مجدد می شود ، اوج منحنی این مرحله ماکزیمم تنشی است که می توان به این قطعه وارد نمود زیرا پس از آن قطعه گسیخته می شود و با شیب 45 درجه بریده می شود .

برش 45 درجه ای میلگرد هنگام گسیختگی بیان گر آنیست که برش در صفحه ای از ایلمام قطعه صورت می پذیرد که در آن ایلمان تنش برشی به حداکثر خود برسد این مورد در صفحات بعدی تشریح می گردد. اگرما در هر لحظه از آزمایش ، مقدار نیروی اعمال شده ( $P$ ) و مقدار افزایش طول ( $\Delta l$ ) را بدانیم و با توجه به این مقطع قطعه را هم از قبل می دانیم ، می توانیم نمودار تنش – کرنش را با توجه به روابط زیر ترسیم نماییم.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad , \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0}$$

$\sigma$	تنش کششی		$\varepsilon$	کرنش طولی
$P$	نیرو		$\Delta l$	افزایش طول
$A$	مقطع جسم		$L_0$	طول اولیه

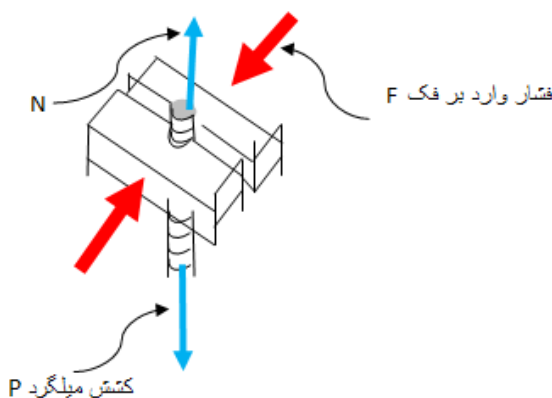
دستگاه کشش با نام تجاری BASMAK ساخت کشور آلمان و مونتاژ ترکیه هست که با سیستم هیدرولیک نیروی لازم را تولید می کند. میلگرد مورد آزمایش توسط فکهای بالا و پایین دستگاه مهار می شود، سپس با ثابت ماندن فک بالا و حرکت بسیار کند فک پایین ناشی از فشار هیدرولیک، میلگرد کشیده می شود.

دستگاه آزمایش از طریق رابط الکترونیکی به رایانه متصل است تا اطلاعات آزمایش را برای تحلیل و ترسیم نمودار تنش و کرنش به رایانه منقل نماید.

مقادیر نیرو اعمال شده به میلگرد و کشش انجام پذیرفته را می توان در هر لحظه توسط نمایشگر رایانه متصل شده به دستگاه پی گیری کرد.

علاوه بر نمایش دیجیتالی اطلاعات می توان به صورت چشمی و با درصد خطا مقدار کشش را مشاهده کرد. برای این کار در کنار بازوی سمت راست دستگاه با یک نشانگر مکانیکی و صفحه و درج خط کش ماندنی هست که می توان از طریق آن مقدار کشش انجام شده را دید.

نقطه جالب در مورد شیوه نگهداری میلگرد در هنگام آزمایش توسط این دستگاه، مقدار فشاری است که دستگاه برای در نرفتن میلگرد به آن وارد می کند. مقدر فشار باید طوری باشد که با توجه به ضریب اصطحاکاک بین میلگرد و فک نگه دارنده میلگرد در جای خود محفوظ بماند. می دانیم که نیروی کشش میلگرد باید توسط نیروی عکس العمل فک ها کنترل و خنثی گردد و این نیروی عکس العمل برابر است با ضرب نیروی فشاری فک ها در ضریب اصطحاکاک بین فک و میلگرد.



$$\sum f_y = 0 \rightarrow N = P$$

$$N = \mu \times F \rightarrow F = \frac{P}{\mu}$$

با توجه به فرمول فوق و این که همواره ضریب اصطحاکاک  $\mu$  از یک کوچک تر است، می توان نتیجه گرفت که نیروی افقی وارد بر فک ها از نیروی کشش میلگرد بیشتر است. مثلا اگر  $\mu$  برابر 2% باشد نیروی فک ها پنج برابر نیروی کشش میلگرد است.

## 2-شرح آزمایش :

در این آزمایش یک قطعه میلگرد 16 آجدار از نوع AII به طول اولیه 80 سانتیمتر انتخاب شده این میلگرد در درون دستگاه کشش قرار گرفته و توسط فک های بالا و پایین مهار شد.

عدد نشانگر مکانیکی افزایش طول مقدار اولیه 51 را نشان میداد ، مه آنرا تثبیت کردیم. مقدار خود این عدد مهم نیست بلکه مقدار تغییرات آن اهمیت دارد که نشانگر افزایش طول میلگرد یا همان  $\Delta l$  هست.

آزمایش را شروع کردیم. در هر لحظه شاهد تغییرات منحنی تنش - کرنش بر روی نمایشگر رایانه بودیم. می توان این تغییرات را به 4 مرحله تقسیم کرد :

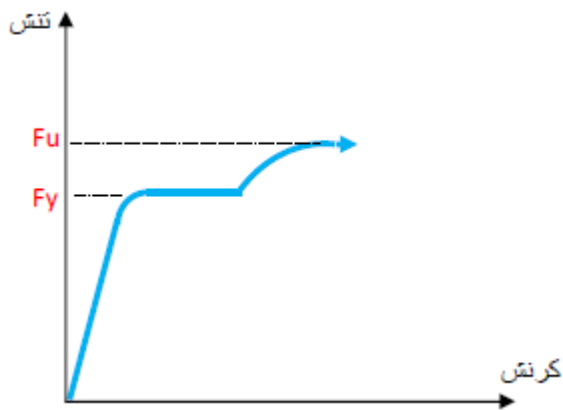
الف) در این مرحله نسبت کرنش به تنش یک نسبت تقریباً ثابت و منحنی آن به صورت تقریباً خطی است. این مرحله را الاستیک گویند. زیرا فولاد در منطقه ارتجاعی است و با برداشتن بار به شکل اولیه خود باز می گردد.



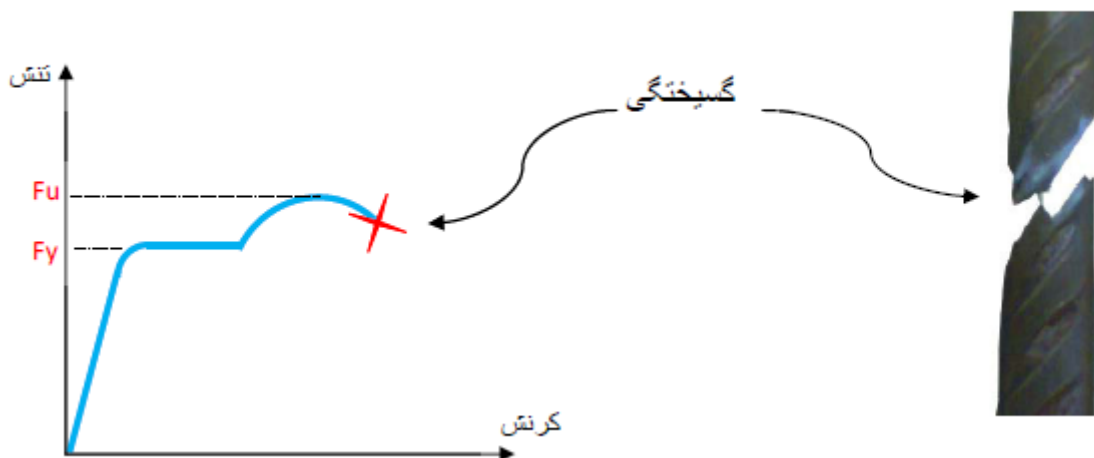
ب) در این مرحله فولاد به نقطه تسلیم ( $F_y$ ) رسیده و وارد منطقه الاستیک می شود. اگر در این مرحله بار برداری شود فولاد کمی افزایش طول بدست آورده را از دست می دهد اما هرگز به حالت اولیه خود بر نمی گردد. در این مرحله بدون افزایش تنش شاهد افزایش کرنش هستیم. (قطعه تسلیم شده)



ج) پس از مرحله دوم یا مرحله پلاستیک، قطعه مجدداً شروع به مقاومت می‌کند به این مرحله، مرحله سخت‌شدگی مجدد می‌گویند. در واقع فولاد آخرین مقاومت‌هایش را برای عدم گسیختگی در این مرحله انجام می‌دهد، به طوری که حداکثر مقاومتی فولاد را در این مرحله شاهد هستیم ( $F_u$ )



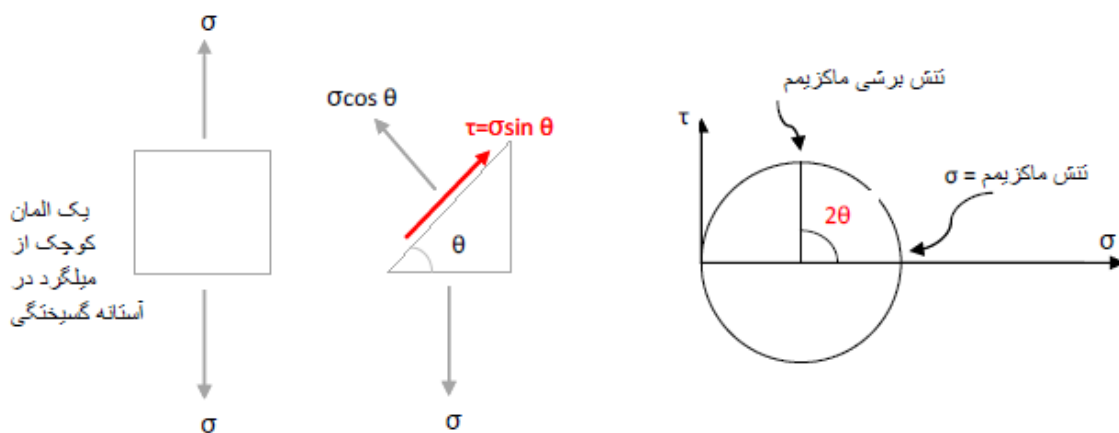
د) قطعه پس از عبور از نقطه مقاومت نهایی خود ( $F_u$ ) وارد مرحله گسیختگی می‌شود. در این مرحله ابتدا ما شاهد افزایش کرنش حتی با کاهش تنش هستیم (یعنی فولاد شروع به وا رفتن می‌کند) و عمل گسیختگی به صورت ناگهانی رخ می‌دهد. و اصلاحاً فولاد می‌ترکد.



هنگام گسیختگی، قطعه فولادی مورد آزمایش تحت زاویه 45 درجه گسسته شد. وضوح این امر را می توان در تصویر زیر مشاهده کرد.



چرایی گسیختگی در زاویه 45 درجه به خاطر این است که نیروهای برشی سبب گسیخته شدن فولاد می گردد و این نیروها در وضعیتی که ما فقط دارای نیروی کششی هستیم در زاویه 45 به ماکزیمم خود می رسد به بیان دیگر اگر یک المان کوچک از فولاد تحت کشش را جدا کرده و بررسی نمایم و یا نمودار دایره موهر آنرا ترسیم کنیم مشاهده می کنیم که تحت زاویه 45 بیشترین مقدار تنش برشی وجود دارد.



$$2\theta = 90 \rightarrow \theta = 45^\circ$$

پس در زاویه 45 درجه بیشترین تنش برشی حاصل می شود و در همان زاویه قطعه گسیخته می شود.



**3- نتیجه آزمایش :**

قطعه مورد آزمایش میلگرد آجدار نمره 16 و از جنس All بوده . طول اولیه آن 80 سانتیمتر و عدد نشانگر مکانیکی دستگاه مقدار 51 نشان می داد. پس از آزمایش این مقدار 63 رش نشان می داد یعنی  $\Delta l$  برابر تقریباً 12 سانتیمتر خواهد بود.

سطح مقطع میلگرد 16 طبق جدول اشتعال برابر است با 2 سانتیمتر مربع.

در طول آزمایش ، نمایشگر پیوسته در حال ترسیم نموده از منحنی تنش – کرنش بود و در نهایت با شکست فولاد آزمایش به انجام رسید. در این لحظه نیروی کششی برابر 12/5 تن بود. و مقدار دقیق  $\Delta l$  برابر 122/37 میلیمتر در نتیجه مقادیر تنش و کرنش در لحظه گسختگی در برابر زیر است.

$$\delta_{max} = \frac{P}{A} \rightarrow \delta = \frac{12500 \text{ kg}}{2 \text{ cm}^2} = 6250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{max} = \frac{6250 \times \sin 45}{2 \times \sin 45} = \frac{6250}{2} = 3125 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varepsilon_{max} = \frac{\Delta l}{L} = \frac{12.237}{80} = 0.1529 \text{ بدون واحد}$$

## دستگاه تست کشش یونیورسال



## آزمایش ضربه شاری

**هدف از انجام آزمایش ضربه، ارزیابی میزان انرژی جذب شده توسط فلزات است.**

### 1. مقدمه

مصالح عموماً برای ساخت سازه های برابر به کار می روند. یک مهندس طراح بایستی بداند که آیا مصالح در شرایط مختلفی که سازه تحت بهره برداری قرار می گیرد دوام آورده و سالم می مانند. عوامل مهمی بر طاقت (قابلیت جذب انرژی) یک سازه اثر منفی می گذارند. این عوامل عبارتند از: دمای پایین محیط، بارگذاری اضافی و آهنگ سریع کرنش که به واسطه فشار بیش از حد، ضربه و تمرکز تنش در شکافها و ترکها بوجود می آید. تمامی این عوامل منجر به شکست می شوند. برهم کنش این عوامل می تواند تا حدودی بوسیله تئوری شکست لحاظ شود. پیش از ارائه این تئوری آزمایشاتی همچون آزمایش ضربه بوجود آمد. این آزمایش روشی برای ارزیابی طاقت نسبی مصالح مهندسی است و معمولاً برای بررسی فلزات بکار می رود. امروزه نیز این آزمایش به عنوان یک روش اقتصادی کنترل کیفیت بکار می رود. آزمایشات مشابهی نیز برای مواد پلیمری، سرامیک ها و آلیاژها استفاده می شود. در آزمایش ضربه میزان انرژی جذب شده توسط یک قطعه شکافدار استاندارد در اثر ضربه اندازه گیری می شود.

### 2. وسایل آزمایش

#### 1. دستگاه آزمایش ضربه شاری

#### 2. گیره

#### 3. اره

#### 4. سوهان

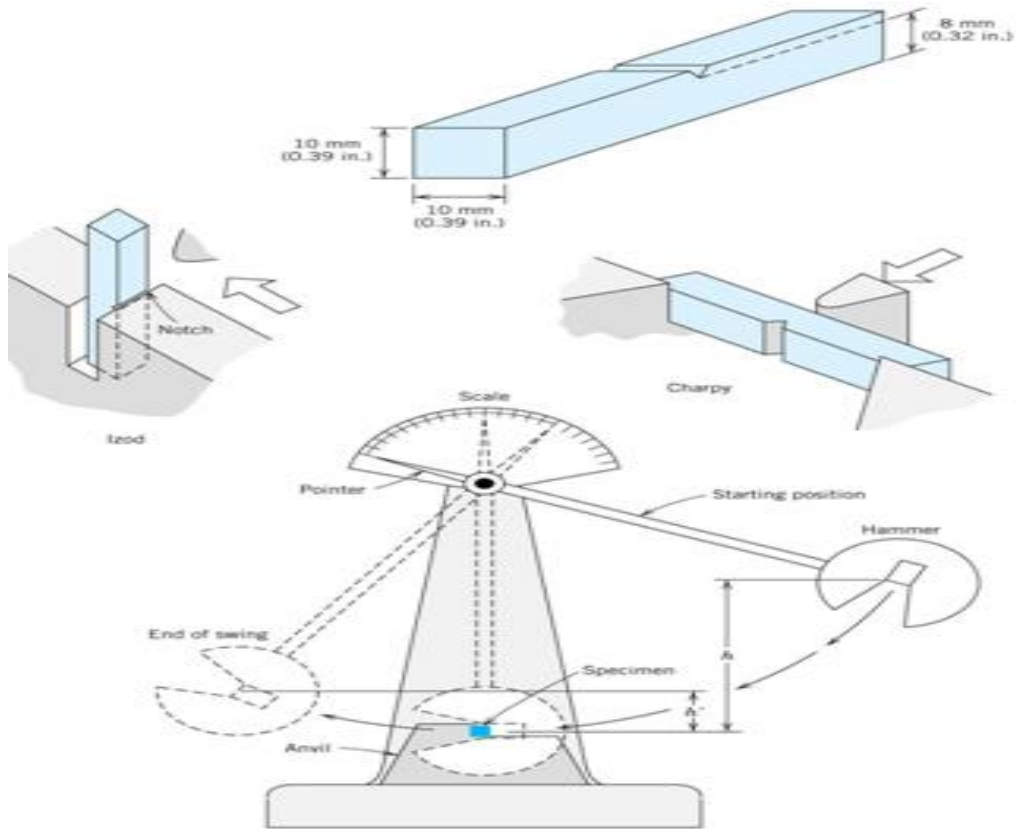
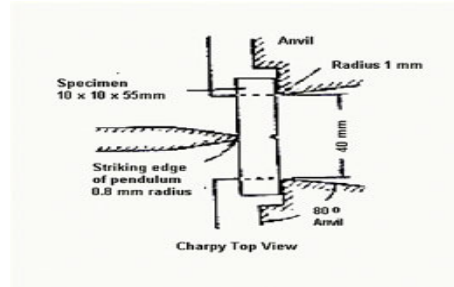
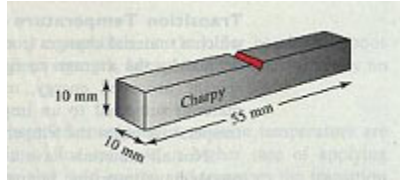
### 3. روش انجام آزمایش

نمونه ای راکه دارای یک شکاف در میانه آن است بر روی دو تکیه گاه سندان دستگاه قرار می دهیم. نمونه به گونه ای قرار داده می شود که وجه شکاف خورده پشت به محل ضربه باشد. نمونه توسط چکش یک پاندول سنگین که از یک ارتفاع ثابت سقوط میکند شکسته می شود. مصالح سخت انرژی بیشتری جذب می کنند و مصالح ترد انرژی کمتری جذب می کنند.

ابعاد نمونه آزمایش بایستی  $10 \times 10 \times 55 \text{ mm}$  بوده و عمق شیار ایجاد شده بایستی  $2 \text{ mm}$  باشد. در اشکال صفحه بعد ابعاد نمونه و نحوه قرارگیری صحیح آن و چگونگی برخورد چکش نشان داده شده است.

نحوه قرارگیری نمونه

ابعاد نمونه



در تصویر فوق تمام جزئیات آزمایش و مکانیسم شکست نشان داده شده است. طول بازوی پاندول  $82\text{cm}$  و وزن چکش آن  $19.5\text{kg}$  می باشد. پاندول با زاویه  $\alpha = 156^\circ$  نسبت به خط قائم بالا برده می شود.

#### 4. محاسبات

میزان انرژی جذب شده  $= G.R.(\cos \beta - \cos \alpha)$

$$\begin{cases} G = 19.5\text{kg} \\ R = 82\text{cm} \\ \alpha = 156^\circ \end{cases}$$

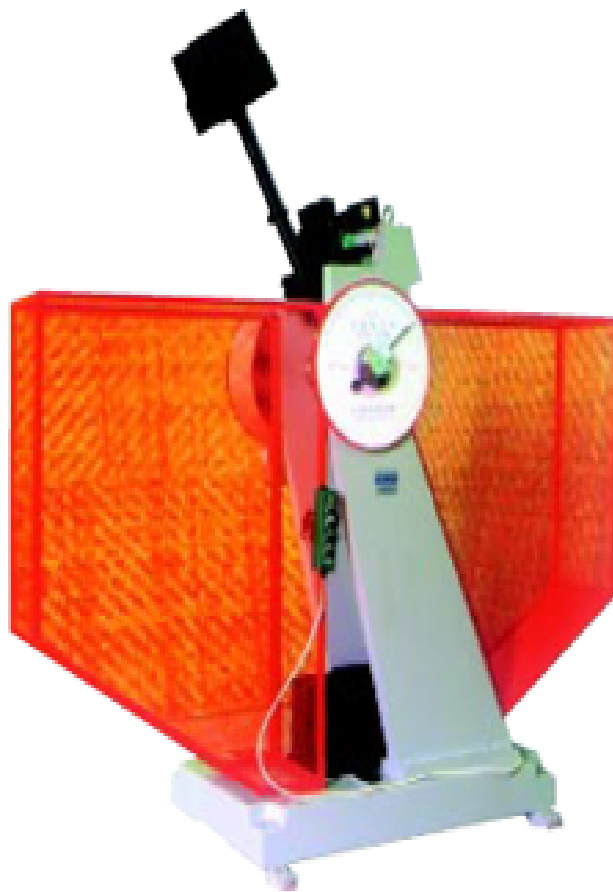
مقاومت ضربه  $= \frac{G.R.(\cos \beta - \cos \alpha)}{A}$

$$A = \text{سطح مقطع نمونه در محل شیار} = 0.8\text{cm}^2 = 8 \times 10^{-5}\text{m}^2$$

مقاومت ضربه $\text{kg/m}$	میزان انرژی جذب شده $(\text{kg.m})$	$\beta$	شماره نمونه
147500	11/80	100	فولاد 1
151250	12/10	99	فولاد 2
15000	1/20	147	آلومینیوم 1
15000	1/20	147	آلومینیوم 2
13125	1/05	148	برنج 1
11250	0/90	149	برنج 2

### دستگاه تست ضربه

1 تا 1 از این دستگاه ها برای سنجش میزان ضربه پذیری قطعات فلزی و غیر فلزی در ظرفیت های استفاده می گردد. همچنین این دستگاه ها شامل سیستم کنترلی کامپیوتری یا آنالوگ و گارد 1800J محافظ می باشند. با توجه به اینکه مشخصات فیزیکی نمونه در دقت نتیجه آزمایش بسیار تاثیرگذار است، شکل را جهت آماده سازی نمونه توصیه می کنیم. با توجه به V یا U استفاده از دستگاه های ایجاد شیار اینکه برخی از آزمایش های تست ضربه در دمای پائین انجام می گیرد، این شرکت ارائه دهنده انواع فریزرها نیز می باشد. این فریزرها قابلیت ایجاد سرمای تا دمای 60- درجه سانتیگراد با دقت 1 درجه سانتیگراد در کمتر از 90 دقیقه را دارند



## آزمایش برینل

**هدف** از انجام آزمایش سختی برینل، مقایسه سختی فلزات است.

### 1. مقدمه

دکتر ای-جی-برینل آزمایش برینل را در سال 1900 در سوئد ابداع کرد. قدیمی ترین روشی که امروزه نیز برای تعیین سختی استفاده می شود آزمایش برینل است. این آزمایش بارها با نیروها و ساچمه های با قطرهای مختلف انجام شده است و می تواند برای تمام فلزات بکار رود. در ایالات متحده آزمایش برینل نوعاً بر روی آهن و فولاد، با استفاده از نیروی 3000 کیلوگرمی و ساچمه ای به قطر 10 میلیمتر انجام می شود. برای آزمایش بر روی آلومینیوم و دیگر آلیاژهای نرم از نیروی 500 کیلوگرمی و ساچمه با قطر 5-10 میلیمتر استفاده می شود. بنابراین محدوده تغییرات نیرویی آزمایش در آمریکا 500-3000 کیلوگرم و قطر ساچمه ها بین 5-10 میلیمتر است. در اروپا محدوده تغییرات نیرویی و قطر ساچمه ها وسیعتر است. در اروپا معمولاً آزمایش برینل بر روی قطعات کوچک و با استفاده از نیروی 1 کیلوگرمی و ساچمه 1 میلیمتری انجام می شود. این آزمایش به آزمایش برینل کمکی معروف است (Baby Brinell Test).

روشهای انجام آزمایش برینل در استانداردهای زیر تعریف شده است:

ASTM E10-ISO 6506

### 2. وسایل آزمایش

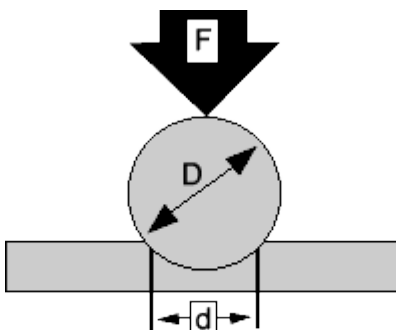
1- دستگاه آزمایش سختی برینل

2- میکروسکوپ

### 3. روش انجام آزمایش

در تمام آزمایشات برینل از یک اهرم استفاده می شود. روش انجام آزمایش به شرح زیر است:

- 1- اهرم اعمال بار با یک نیروی کنترل شده دقیق بر روی نمونه فشار می آورد.
- 2- اعمال نیرو در یک زمان مشخص -15-10 ثانیه- ادامه پیدا می کند.
- 3- پس از طی این زمان مشخص و ثابت اهرم برداشته می شود.
- 4- قطر فرورفتگی (عرقچین) بوسیله چشم مسلح و به کمک میکروسکوپ با قرائت دو عدد ابتدا و انتهای فرورفتگی تعیین می شود.
- 5- سختی برینل تابعی از نیروی آزمایش است که بر سطح عرقچین تقسیم می شود. سختی برینل برای فلزات بین 50-750 است.



$$HB = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

#### 4. شرایط آزمایش

$$\frac{1}{4}D < d < \frac{1}{2}D - 1$$

2- ضخامت نمونه مورد آزمایش حداقل ده برابر  $h$  (عمق نفوذ) باشد.

3- محل اثر ساچمه حداقل  $2.5d$  از لبه مقطع دور باشد.

4- قطر گلوله با ضخامت نمونه مورد آزمایش تناسب داشته باشد.

ضخامت نمونه (میلیمتر)	قطر ساچمه (میلیمتر)
6	10
3.....6	5 و 2/5
3	1/25 و 0/625

#### 5. محاسبات

$$B.H.N = \frac{2P}{\pi.D \left[ D - (D^2 - d^2)^{1/2} \right]}$$

سختی برینل

نیروی  $P$  معمولاً متناسب با مجذور قطر گلوله است.

$$P = X.D^2$$

X	نوع فلز
30	فولاد و چدن
10	آلیاژهای مس و آلومینیوم
5	مس و آلومینیوم خالص
1	سرب و قلع





دستگاه آزمایش سختی برینل

## تمرین

چهار قطعه باجنس مختلف به ضخامت 10 میلی‌متر

HB مربوط به هر کدام از نمونه ها را بدست آورید و با عدد برینل استاندارد داده شده مقایسه کنید

$$F=1000$$

$$D=10\text{mm}$$

D4	D3	D2	D1	نمونه
9.5mm	7.5mm	2.5mm	2mm	قطر فرورفتگی
22.7	165	248	315	عدد استاندارد برینل
9.26	18.84	199.04	318.48	HB

$$HB = \frac{1000 \times 2}{3.14 \times 10 \times (10 - \sqrt{10^2}) - 2^2} = 318.48 \text{ KLP}$$

$$HB = \frac{1000 \times 2}{3.14 \times 10 \times (10 - \sqrt{10^2}) - 2.5^2} = 199.04 \text{ KLP}$$

$$HB = \frac{1000 \times 2}{3.14 \times 10 \times (10 - \sqrt{10^2}) - 7.5} = 18.84 \text{ KLP}$$

$$HB = \frac{1000 \times 2}{3.14 \times 10 \times (10 - \sqrt{10^2}) - 9.5} = 9.26 \text{ KLP}$$

## خمش تیر (تغییر مکان)

### 1- شرح آزمایش

در این آزمایش قصد بر این است که مقدار تغییر مکان یک نقطه خاص از تیر به صورت عملی بدست آید.

برای انجام این آزمایش ابتدا وضعیت تیر مورد نظر را بر روی کاغذ می کشیم و سپس وضعیت تیر را روی دستگاه آزمایش پیاده می کنیم.

ابتدا لازم است تغییر مکان یک نقطه از تیر را به صورت تئوری و با توجه به درس مقاومت مصالح و تحلیل سازه که به یکی از چند روش زیر برای محاسبه خمش تیر وجود دارد، انجام داد. البته نرم افزار دستگاه آزمایش این کار را انجام می دهد، اما برای بالا بردن توانمندی و به فرمایش استاد، این محاسبات انجام شده و در ادامه به ضمیمه است.

1\_ روش لنگر سطح

3\_ روش انرژی

2\_ روش تیر مزدوج

4\_ روش بار واحد

5\_ .....

سپس با وارد کردن اطلاعات تیر شامل طول، ابعاد مقطع، جنس تیر، مقدار بارهای وارده، مکان بارهای وارده، وضعیت تکیه گاه ها و در نهایت نقطه مورد نظر برای بررسی تغییر مکان به نرم افزار، مقدار جابجایی نقطه مورد نظر را از لحاظ تئوری محاسبه می کند. که به آن  $\Delta$  تئوری می گوئیم. سپس با پیاده کردن وضعیت تیر مورد نظر بر روی دستگاه، مقدار عملی این تغییر مکان را محاسبه می کنیم، به این مقدار به دست آمده از انجام آزمایش  $\Delta$  عملی می گوئیم.

بدیهی است که ممکن است اختلاف کوچکی در دو مقدار  $\Delta$  تئوری و  $\Delta$  عملی وجود داشته باشد که علت آن می تواند مربوط به خطای انسانی در حین انجام آزمایش مثلا عدم دقت در محل بارگذاری ویا لرزش بار و ... باشد و همین طور ممکن است این خطا به دلیل شرایط محیطی و یا خطای دستگاهی باشد. مقدار خطا از تفاضل آنها حاصل می شود. و مقدار درصد خطا از تقسیم مقدار خطا بر  $\Delta$  تئوری بدست می آید.

پارامتر  $EI$  که بیانگر جنس (مدول الاستیسیته) تیر و ممان اینرسی مقطع تیر است در این آزمایش از اهمیت بسیار برخوردار است.

## 2\_ شرح دستگاه :

برای این آزمایش از دستگاه آزمایش TQ ساخت کشور انگلستان استفاده می کنیم .

1\_ این دستگاه دارای یک صفحه زمینه است که بر روی آن اندازه گذاری شده تا بهتر بتوان محل تکیه گاهها و بارها را تعریف و پیاده کرد . همچنین بر روی این صفحه یک گیج برای اندازه گیری یک نقطه از تیر از لحاظ خمش و تغییر مکان است .

2\_ نوع تکیه گاهها می تواند گیر دار یا مفصلی باشد و همینطور بار وارده را می توان کم یا زیاد کرد و در طول تیر جابجا کرد .

3\_ صفحه سفید رنگی حاوی اطلاعات اندازه گذاری می باشد.

4\_ گیج اندازه گیری مقدار خیز عملی تیر.

5\_ نوع تکیه گاهها بستگی به طراحی سازه دارد.

این دستگاه به وسیله گیج و یک قطعه ای الکترونیکی که در زیر دستگاه است با کامپیوتر در ارتباط است ، تا اطلاعات حاصل از انجام آزمایش را برای ارائه خروجی به نرم افزار انتقال می دهد.

بارهای وارده بر تیر به وسیله حلقه های ده گرم تامین می شود . در این آزمایش ما برای ایجاد بارهای 300 گرمی از 30 حلقه در محل اثر بار استفاده کردیم .

در این آزمایش برای این که روند آزمایش خیلی ابتدایی و ساده نباشد و از لحاظ تحلیلی دارای ارزش بیشتر شود تیر را یک درجه نامعین قرار دادیم یعنی یک سر تیر که تکیه گاه گیردار بود (سمت چپ) ، در قسمت دیگر تیر یک تکیه گاه مفصلی قرار دادیم .

## 3\_ حل تئوری تیر

این آزمایش دو در آزمایشگاه مقاومت مصالح دو بار انجام شد . که هر دو حالت با ترسیم شکل و جزئیات حل میگردد . در هر دو آزمایش تیر یک درجه نامعین است ، یک سر گیردار و دارای یک

تکیه گاه مفصلی اضافه . برای حل این تیرها و بدست آوردن  $\Delta$  تئوری در محل مورد نظر از روش لنگر سطح استفاده شده است .

دستگاه حاوی سه نوع (جنس) تیر است :

جنس تیر	مدول الاستیسیته E
برنج	۱۰۵ GPa
آلومینیوم	۶۹ GPa
فولاد	۲۰۷ GPa

در هر دو آزمایش انجام شده از تیر با جنس فولاد استفاده شد.

پس :

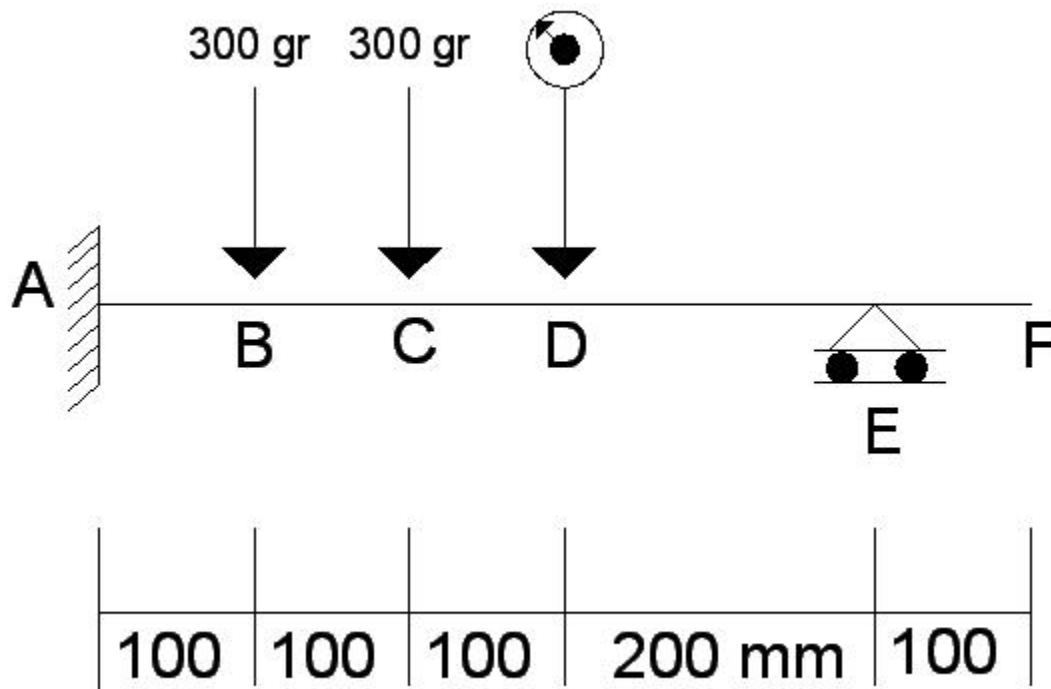
$$E = 207 \text{ GPa} = 207000 \text{ MPa} = 207000 \text{ N/mm}^2$$

سطح مقطع تیر مورد استفاده ، مربع مستطیل و دارای ابعاد 19 در 1.3 میلیمتر مربع می باشد.

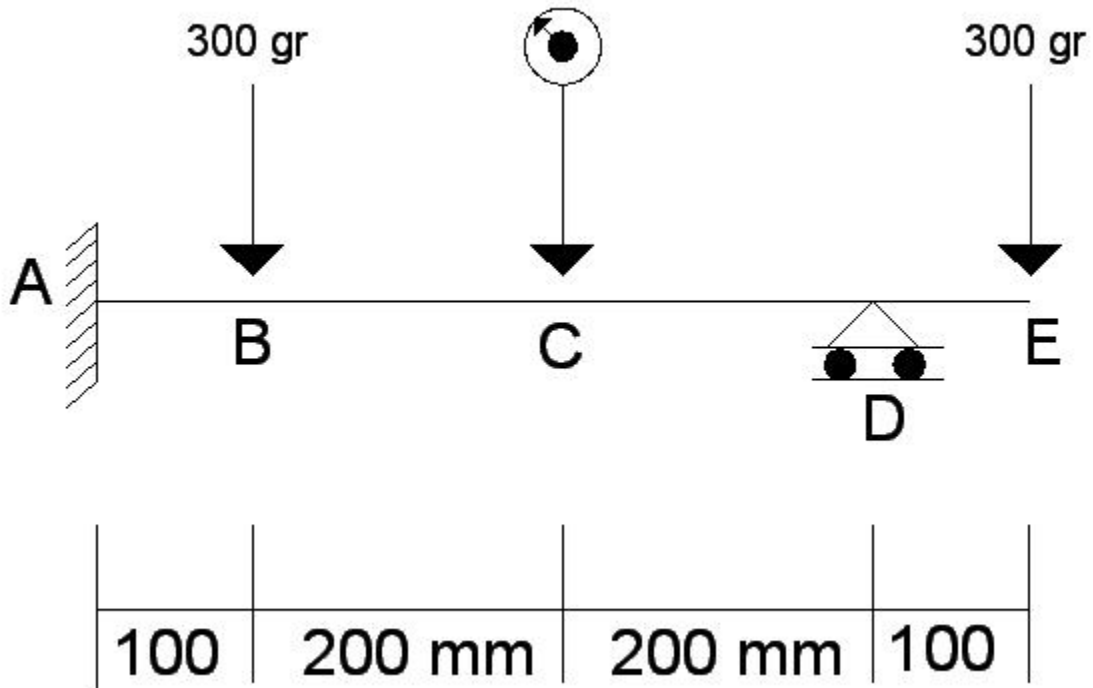
پس:

$$I = \frac{19 \times 3.1^3}{12} = 47.169 \text{ mm}^4$$

**الف:** شکل آزمایش اول بدست آوردن خیز تیر در نقطه D است .



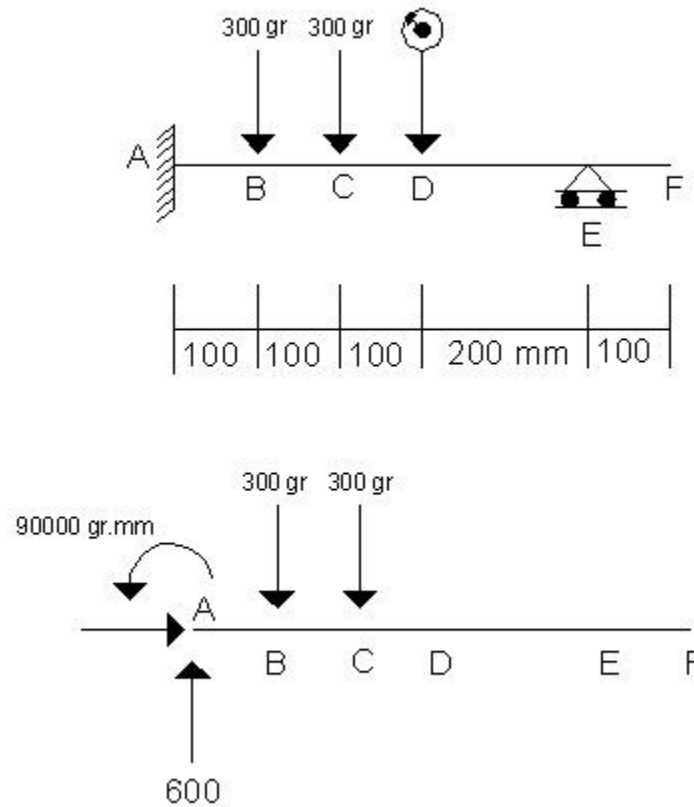
ب: شکل آزمایش دوم . هدف بدست آوردن خیز تیر در نقطه C است .



## 3\_1 حل تئوری آزمایش اول :

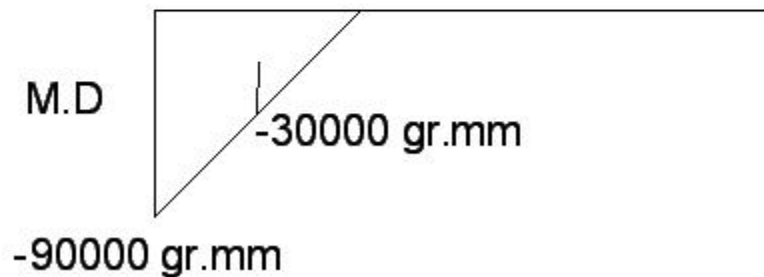
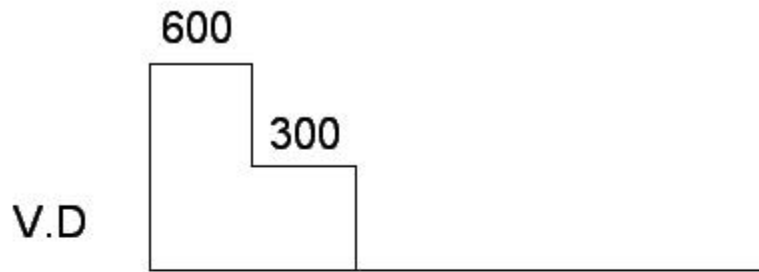
1\_ چون تیر نامعین است ، ابتدا عکس العمل E را حذف می کنیم ، تیر را تحلیل می کنیم :

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y = 600 \text{ gr} \quad \sum M_A = 0 \rightarrow M_A = 90000 \text{ gr.mm}$$





حال نمودار برش را ترسیم می کنیم و بر اساس آن نمودار خمش را هم ترسیم می کنیم .



عکس العمل تکیه گاه E از رابطه لنگر سطح داریم :

$$\delta_E - \delta_A = \delta_E - 0 = \int_A^E \frac{M \cdot dx}{EI} = A \cdot \bar{x} \delta_E = \frac{4 \times 10^9}{EI} \text{ mm}$$

از طرفی برای جبران جابجایی محل تکیه گاه داریم :

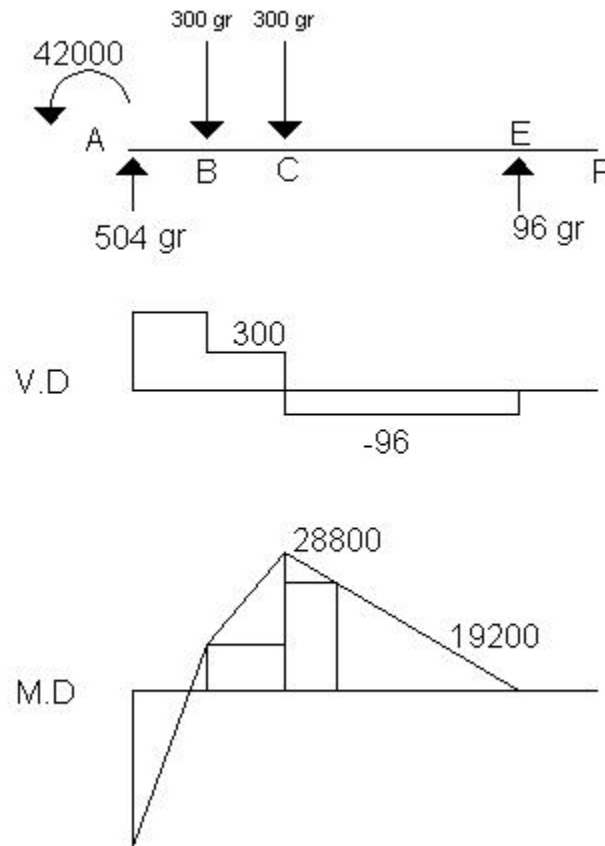
$$\Delta_E = \frac{P \times L^3}{3EI} = \frac{(500)^3 P}{3EI}$$

2\_ از مساوی قرار دادن  $\Delta$  و  $\delta$  عکس العمل تکیه گاه E بدست می آید و بر مبنای آن عکس العمل های تکیه گاه A بدست می آید .

$$\delta_E = \Delta_E \rightarrow \frac{4 \times 10^9}{EI} = \frac{P(500)^3}{3EI} \rightarrow P = RE_y = 96 \text{ gr}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow RA_y = 504, \sum MA = 0 \rightarrow MA = 42000$$

3\_ با توجه به حل تحلیل تیر و پیدا کردن عکس العمل نمودا برش را ترسیم می کنیم تا بر مبنای آن نمودار خمش را هم ترسیم کنیم .



با توجه به اینکه مقدار  $EI$  در طول تیر ثابت است می توان نتیجه گرفت که نمودار  $EI/M$  همانند نمودار خمش است با مقادیر متفاوت .

جابجایی در نقطه D (نقطه مورد نظر) برابر است با:

$$\delta_D - \delta_A = \delta_D - 0 = \int_A^D \frac{M \cdot dx}{EI} = A \cdot \bar{x}$$

$$\delta_D = \left[ \left( \frac{-42000 \times 83.33}{2EI} \right) \times \left( 216.87 + \left( \frac{83.33 \times 2}{3} \right) \right) \right] + \left[ \left( \frac{16.87 \times 8400}{2EI} \right) \times \left( 200 + \left( \frac{16.87}{3} \right) \right) \right]$$

$$+ \left( \frac{8400 \times 100 \times 150}{EI} \right) + \left[ \left( \frac{20400 \times 100}{2EI} \right) \times \left( 100 + \left( \frac{100}{3} \right) \right) \right] + \left( \frac{19200 \times 100 \times 50}{EI} \right)$$

$$+ \left[ \left( \frac{9600 \times 100}{2EI} \right) \times \left( \frac{2 \times 100}{3} \right) \right]$$

$$= \frac{(-47672176.37 + 14768453.43 + 126 \times 10^6 + 136 \times 10^6 + 96 \times 10^6 + 32 \times 10^6)}{EI}$$

$$\delta_D = \left( \frac{357096277.1 \div 1000 \times 9.81}{47.169 \times 207000} \right) = 0.358 \text{ mm}$$

صورت کسر فوق را بر 1000 تقسیم کرده تا گرم به کیلو گرم تبدیل شود و در 9/81 ضرب کرده ایم تا کیلو گرم به نیوتن تبدیل شود. حال واحد طول را میلیمتر و واحد نیرو را نیوتن داریم.

**نتیجه:** با استفاده از روش لنگر سطح جابجایی (خیز) تیر در نقطه D برابر است با: 0/358 میلیمتر. ممکن است جواب ما کمی با واقعیت متفاوت باشد که به علت گرد کردن اعداد کمتر از یک است.

مقدار تنوری خیز تیر فوق در آزمایشگاه توسط کامپیوتر 0/35 میلیمتر تشخیص داده شده بود.

### 3-2 حل تنوری تیر آزمایش دوم:

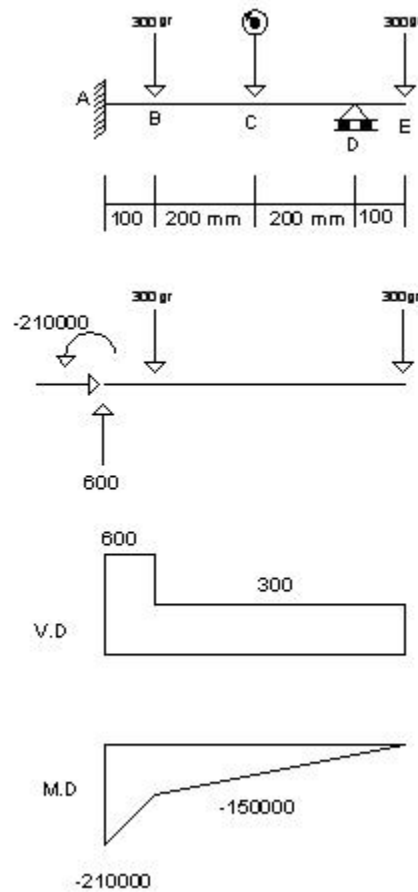
در این حالت یکی از بارها را به انتهای تیر جابجا کردیم.

1- همانند حالت قبل با حذف D عمل می کنیم:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y = 600 \text{ gr}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow M_A = 210000 \text{ gr.mm}$$

حال نمودار برش را ترسیم می کنیم و بر اساس آن نمودار خمش را هم رسم می کنیم.



عکس العمل تکیه گاه D از رابطه لنگر سطح داریم :

$$\delta_D - \delta_A = \delta_D - 0 = \int_A^D \frac{M \cdot dx}{EI} = A \cdot \bar{x}$$

$$\delta_D = \frac{1.695 \times 10^{10}}{EI} \text{ mm}$$

چون محل D تکیه گاه است و جابجایی ندارد ، برای جبران جابجایی محل تکیه گاه داریم :

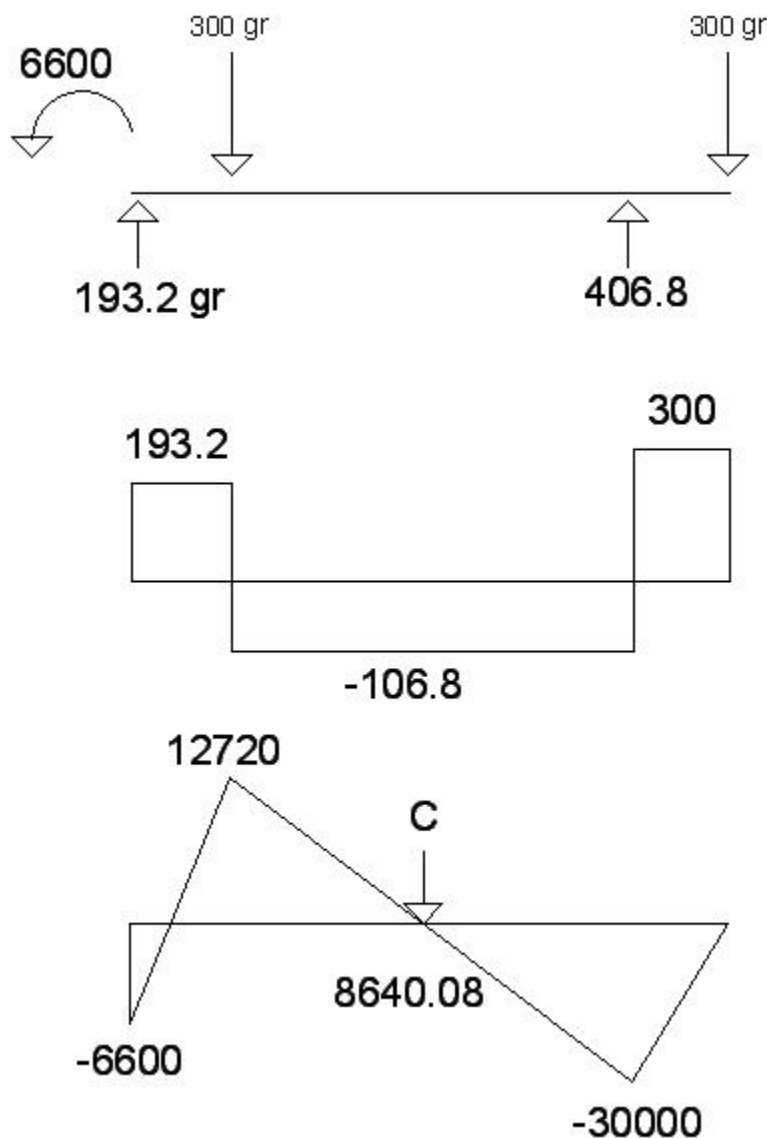
$$\Delta_D = \frac{P \times L^3}{3EI} = \frac{(500)^3 P}{3EI}$$

2- از مساوی قرار دادن  $\Delta$  و  $\delta$  عکس العمل تکیه گاه D بدست می آید و بر مبنای آن عکس العمل های تکیه گاه A بدست می آید.

$$\delta_D = \Delta_D \rightarrow \frac{1.695 \times 10^{10}}{EI} = \frac{P(500)^3}{3EI} \rightarrow P = RD_y = 406.8 \text{ gr}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow RA_y = 193.2, \sum MA = 0 \rightarrow MA = 6600$$

3\_ با توجه به حل تحلیلی تیر و پیدا کردن عکس العمل ها نمودار برش را ترسیم می کنیم تا بر مبنای آن نمودار خمش را هم ترسیم کنیم .



با توجه به اینکه مقدار EI در طول تیر ثابت است می توان نتیجه گرفت که نمودار EI/M همانند نمودار خمش است با مقادیر متفاوت.

جابجائی در نقطه C (نقطه مورد نظر) برابر است با:

$$\delta_c - \delta_A = \delta_c - 0 = \int_A^C \frac{M \cdot dx}{EI} = A \cdot \bar{x}$$

$$\begin{aligned} \delta_c = & \left[ \left( \frac{-6600 \times 34.19}{2EI} \right) \times \left( 256.84 + \left( \frac{34.19 \times 2}{3} \right) \right) \right] + \left[ \left( \frac{12720 \times 65.84}{2EI} \right) \times \left( 200 + \left( \frac{65.84}{3} \right) \right) \right] \\ & + \left[ \left( \frac{12720 \times 119.1}{2EI} \right) \times \left( 80.9 + \left( \frac{119.1 \times 2}{3} \right) \right) \right] - \left[ \left( \frac{80.9 \times 8640.08}{2EI} \right) \times \left( \frac{80.9}{3} \right) \right] \\ = & \frac{(-31550190.1 + 92938479.87 + 121423402.8 - 9424613.664)}{EI} \end{aligned}$$

$$\delta_c = \left( \frac{173387078.9 \div 1000 \times 9.81}{47.169 \times 207000} \right) = 0.174 \text{ mm}$$

همانند حل تیر شماره یک در این حل هم صورت کسر فوق را بر 1000 تقسیم کرده ایم تا گرم به کیلو گرم تبدیل شود و در 9/81 ضرب کرده ایم تا کیلو گرم به نیوتن تبدیل شود. حال واحد طول را میلیمتر و واحد نیرو را نیوتن داریم.

**نتیجه:** با استفاده از روش لنگر جابجائی (خیز) تیر در نقطه C برابر است با: 0/174 میلیمتر ممکن است جواب ما کمی با واقعیت متفاوت باشد که به علت گرد کردن اعداد کمتر از یک است.

مقدار تئوری خیز تیر فوق در آزمایشگاه توسط کامپیوتر تشخیص داده شده بود.

#### 4\_ مقایسه تغییر مکان تئوری و عملی در محاسبه خطا:

در آزمایشگاه دو آزمایش خیز تیر انجام شد، و در کدام جداگانه دستگاه آزمایش TQ یک مقدار برای اندازه جابجایی تئوریک را محاسبه کرد.

دانشجویان هم موظف به محاسبات تئوری این مقدار بودند ، که در این گزارشکار از روش لنگر سطح استفاده شد . مقادیر محاسبه شده و بدست آمده از آزمایش در جدول زیر بیان شده است .

شماره آزمایش	$\delta$ عملی	$\Delta$ تئوری رایانه	$\Delta$ تئوری محاسبه دستی
1	0/40 میلیمتر	0/35 میلیمتر	0/358 میلیمتر
2	0/17 میلیمتر	0/16 میلیمتر	0/174 میلیمتر

همانگونه که مشاهده می شود در هر دو آزمایش مقدار  $\delta$  عملی بیشتر از  $\Delta$  تئوری بدست آمده است .

به علت نزدیک بودن نتایج  $\Delta$  تئوری حاصل از محاسبه دستی به روش لنگر سطح می توان نتیجه گرفت که محاسبات دستی درست انجام شده اند . این مقدار تفاوت به علت گرد کردن اعداد کمتر از یک می باشد .

درصد اختلاف  $\Delta$  تئوری بدست آمده از رایانه و  $\Delta$  تئوری حاصل از محاسبات دستی برابر جدول زیر است .

$$\Delta \text{ تئوری حاصل از نرافزار} - \Delta \text{ تئوری حاصل از محاسبات دستی} \times 100 = \text{درصد اختلاف}$$

شماره آزمایش	$\Delta$ تئوری نرم افزار	$\Delta$ تئوری محاسبه دستی	درصد اختلاف
1	0/35	0/358	2/3 %
2	0/16	0/174	8/04 %

مقایسه بین نتایج حاصل از آزمایش به صورت عملی و نتیجه تئوری طبق فرمول زیر تعریف شده و در جدول نشان داده می شود .

$$\text{درصد اختلاف} = \frac{\Delta \text{ تئوری حاصل از نرم افزار} - \delta \text{ عملی حاصل از آزمایش}}{\delta \text{ عملی حاصل از آزمایش}} \times 100$$

شماره آزمایش	$\Delta$ تنوری نرم افزار	$\delta$ عملی حاصل از آزمایش	درصد اختلاف
1	0/35	0/40	12/5 %
2	0/16	0/17	5/88 %

## خطاهای ممکن:

- 1- خطای دستگاه الکترونیکی (رابط دستگاه و کامپیوتر)
- 2- خطای اعمال دقیق محل اعمال بار
- 3- خطای ناشی از جنس میله
- 4- خطای گنج اندازه گیری تغییر مکان
- 5- تکان خوردن آویز وزنه ها (نوسان)
- 6- خطای شرایط محیطی (احتمال خیلی کم)





## تمرین

یک میله از جنس خاص راسه مرحله با سه میزان بار مختلف 5 و 10 و 15 راتحت آزمایش خمش قرار میدهیم در هر سه مرحله طول و عرض ثابت است میانگین مدول ارتجاعی را برای این میله محاسبه نمایید طول میله 50 سانتیمتر است

باروسط	خیز(cm)	میانگین E	max
5	1.45	0.20	0.41
10	2.84	0.25	1.041
15	5.08	2.95	0.01

مشخصات مقطع طول

$$L=50\text{cm}$$

$$B=2.5\text{cm}$$

$$H=6\text{mm}$$

$$\frac{\Delta}{max} = \frac{PL^3}{48EI} \rightarrow I = \frac{BH^3}{12}$$

$$I = \frac{2.5 * 0.6}{12} = 0.045$$

$$1.45 = \frac{5 * 0.5^3}{48 * E * 0.045} = 0.199 \cong 0.20$$

$$MAX = \frac{PL}{4S} = \frac{0.5 * 0.5}{4 * 0.15} = 0.41$$

$$2.84 = \frac{10 * 0.025^3}{48 * 0.045} = 0.25$$

$$MAX = \frac{0.025 * 0.025}{4 * 0.15} = 1.041$$

$$5.08 = \frac{15 * 0.06^3}{48 * 0.045} = 2.95$$

$$MAX = \frac{0.06 * 0.06}{48 * 0.045} = 0.01$$

## تست پیچش

### عنوان : محاسبه ضریب ارتجاعي برش

اعضایي که تحت پیچش قرار می گیرند در کارهای مهندسی زیاد به چشم می خورند . در این آزمایش عضوی را که تحت پیچش قرار دارد مورد بحث و بررسی قرار می گیرد . این پیچش در اثر اعمال یک گشتاور یا کوپل روی عضو صورت می گیرد . شفت مدوری را که یک انتهایش به تکیه گاه ثابت محصل است در نظر بگیرید . اگر گشتاور (T) به انتهای دیگر این شفت یا میله اعمال می گردد . شفت پیچش خورده و انتهای آزاد آن به اندازه (P) می چرخد این زاویه را زاویه پیچش می نامند . آزمایشات و مشاهدات انجام یافته نشان می دهد که در یک محور مشخص از گشتاور (T) زاویه پیچش (P) با گشتاور متناسب است . همچنین زاویه (P) با طول شفت نیز متناسب می باشد . ( زاویه پیچش ) در ناحیه الاستیک که از رابطه :  $P = T.L/G.J$  بدست می آید .

معادله فوق ما را به یک روش راحت برای تعیین مدول صلابت یا

ضریب ارتجاعی بررشی يك ماده داده شده مجهز مي نمايد .  
 نمونه اي از اين ماده به شكل يك مفتول استوانه اي با قطر  
 و طول معلوم در يك ماشين آزمایش پیچش سوار شده و گشتاور  
 اعمال مي شود و مقادير زاویه پیچش ( $P$ ) ثبت مي شود.  
 آزمایش زیربروی قطعه ای از جنس مس با قطرهای 5mm و 10mm

صورت گرفته است

$$\tau = \frac{t \cdot c}{j} \quad \rho = \frac{t \cdot l}{j \cdot g}$$

t=گشتاور

C=شعاع

J=ممان اینرسی

ممان اینرسی دایره توپر

$$j = \frac{\pi}{2} c^4$$

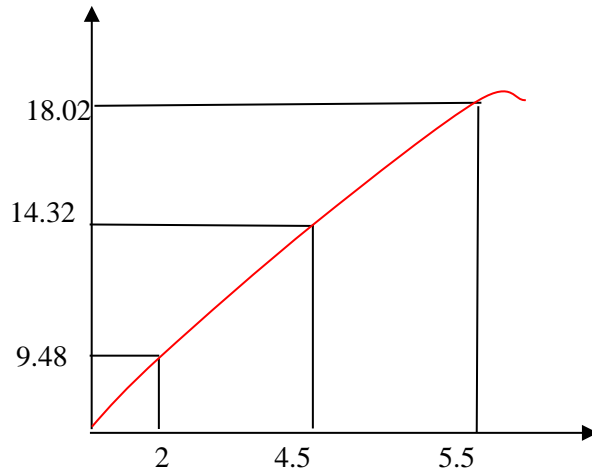
دایره خالی

$$j = \frac{\pi}{2} ( c^4 - c^4 )$$

$$\tau = \frac{1.9 \times 9.8 \times 10 \times 5 \times 10}{\frac{\pi}{2} \times 5^4} = 9.48 \text{ mpa}$$

$$\tau = \frac{1.9 \times 9.8 \times 15 \times 5 \times 10}{\frac{\pi}{2} \times 5^4} = 14.32 \text{ mpa}$$

$$\tau = \frac{1.9 \times 9.8 \times 19 \times 5 \times 10}{\frac{\pi}{2} \times 5^4} = 18.02 \text{ mpa}$$

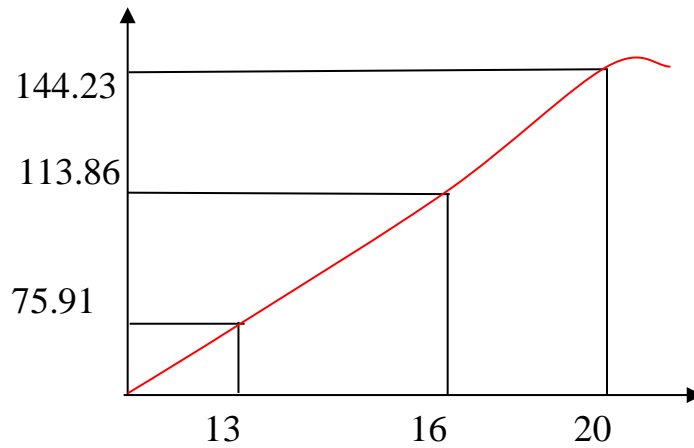


(نمودار زاویه پیچش برای مس با قطر 10mm)

$$\tau = \frac{1.9 \times 9.8 \times 10 \times 2.5 \times 10}{\frac{\pi}{2} \times 2.5^4} = 75.91 \text{ mpa}$$

$$\tau = \frac{1.9 \times 9.8 \times 15 \times 2.5 \times 10}{\frac{\pi}{2} \times 2.5^4} = 113.86 \text{ mpa}$$

$$\tau = \frac{1.9 \times 9.8 \times 19 \times 2.5 \times 10}{\frac{\pi}{2} \times 2.5^4} = 144.23 \text{ mpa}$$



نمودار زاویه پیچش برای مس با قطر 5mm



پیچش

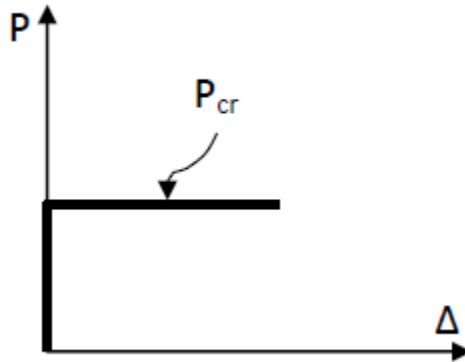
## آزمایش کمانش

1- شرح آزمایش:

هدف در این آزمایش اینست که مقدار تغییر کمانش ستون بر اثر اعمال بار وارده به صورت عملی بدست آید .

وقتی به یک ستونه ، فشاری (بار) وارد شود ، در ابتدا ستون در مقابل این بار مقاومت می کندو با افزایش بار تا شرایطی که مقدار بار اعمال شده به ستون به مقدار  $P$  برسد ناگهان ستون دچار کمانش می شود . در این موقع ستون فشار بیشتر را تحمل نمی کند و هرچه بر مقدار بار بیافزاییم ، مقدار کمانش افزوده می گردد. نمودار زیر زیر بیانگر این

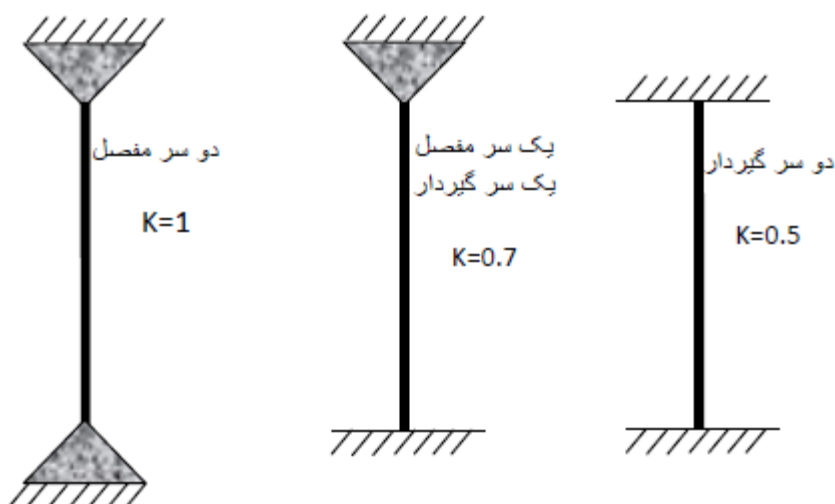
است که ستون تا ظرفیت  $P$  خود در مقابل کمانش مقاومت می کند و پس از آن افزایش بار منجر به افزایش کمانش می گردد.



بدیهی است که مقاومت ستون در برابر بارهای کمتر از مقدار  $P$  موقعی موثر است که ستون کاملاً صاف و در راستای محور خود باشد و بار هم مستقیم به محور ستون اعمال گردد. تحقق این امر در عمل این بسیار سخت و دور از ذهن است. زیرا نوع حمل و نقل قطعات فولادی، مورد استفاده در صنعت ساختمانی می گردد. همین مساله باعث بروز کمانش هنگام در سازه می شود.

نوع اتصالات ستون از الحاظ گیرداری، مفصلی و یا آزاد بودن در شعاع کمانش موثر

است، که به آن ضریب  $K$  می‌گوییم. و مقدار آن به شکل زیر است:



در این آزمایش نوع ستون، یک سر مفصل و یک سر گیردار در نظر گرفته شد.

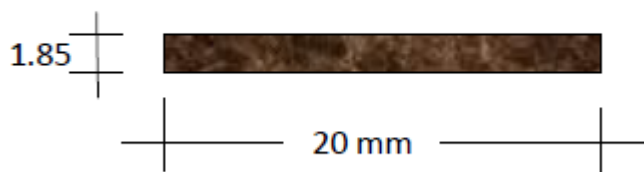
تصاویر زیر نوع تکیه گاه‌ها را نشان می‌دهد. توجه به نوع تکیه گاه، مقدار  $K$

برابر 0.7 در نظر گرفته می‌شود.

مقطع ستون مورد آزمایش مربع مستطیل بوده و ابعاد برابر 20 در 1.85 میلیمتر مربع

می‌باشد لذا ممان اینرسی مقطع در دو جهت  $X$  و  $Y$  برابر مقادیر زیر است.

سطح مقطع ستون



$$I_x = \frac{b h^3}{12} = \frac{20 \times (1.85)^3}{12} = 10.5527$$

به علت این که کمانش در جهت  $X$  از مقطع انجام می‌شود که کمتر باشد، مقدار  $I_x$  را

که کمتر است در فرمول استفاده می‌کنیم.



طول قطعه مورد آزمایش 320 میلی متر است که مقدار 20 میلی متر آن برای ایجاد اتصال گیردار مصرف شده است یعنی طول مفید و مورد نظر برای آزمایش میلیمتر شده است.

جنس ستون از آلومینیوم می باشد . و طبق اطلاعات آزمایش شماره 1 (خمش تیر) مقدار مدول الاستیسیته آن برابر 69 گیگا پاسکال معادل 69000 نیوتن بر میلیمتر مربع است.

لازم است که در تمام پارامتر ها از یک واحد یا دستگاه استفاده کنیم . پس واحد طول را میلیمتر و بار رانیوتن بر میلیمتر مربع یا مگا پاسکال در نظر می گیریم.

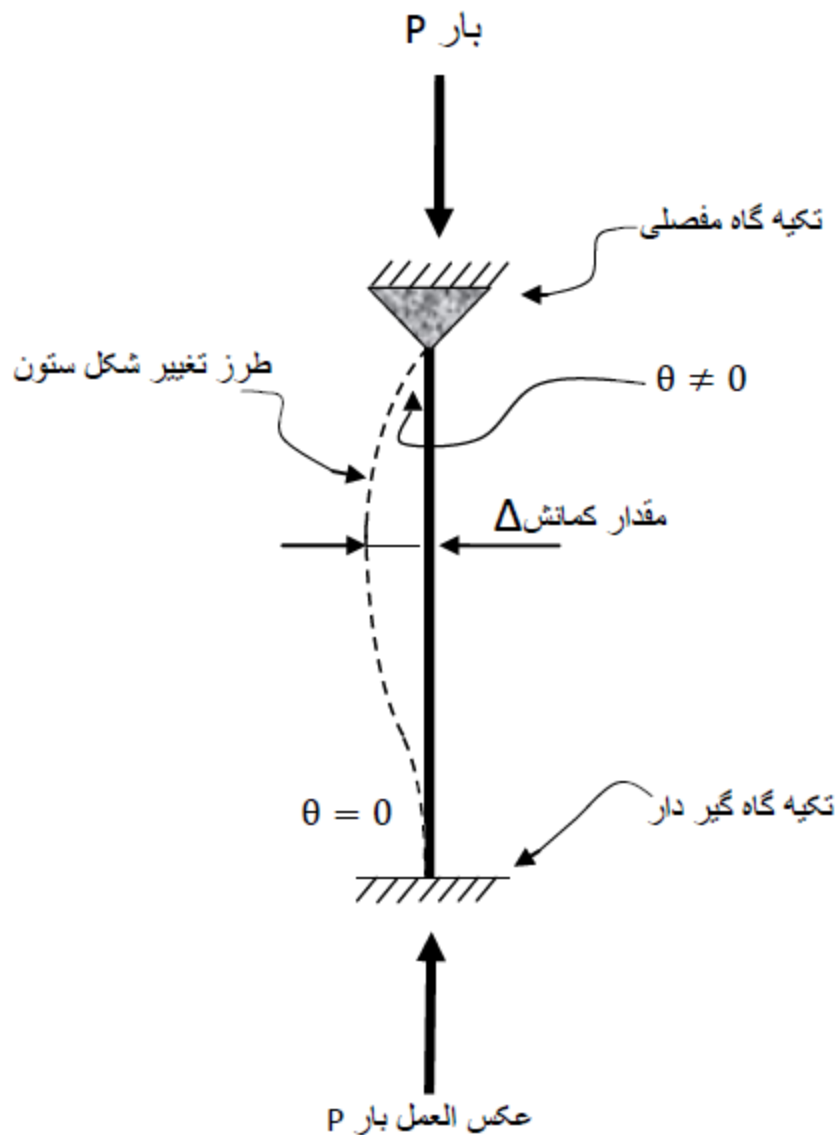
لازم است مقدار کماتش ستون را به صورت تئوری و با توجه به درس مقاومت مصالح و سازه های فولادی 2 انجام داد. البته نرم افزار دستگاه آزمایش این کار را انجام می دهد.

مقدار تئوری از رابطه زیر بدست می آید.

$$K = 0.7$$

$$P_{cr} \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{(3.14)^2 \times (69000) \times (10.5527)}{(0.7 \times 300)^2} = \frac{7182194.06}{44100} = 162.86$$

2- شکل آزمایش:



همانطور که در تصویر شماتیک بالا دیده می شود، منحنی تغییر شکل سازه متقارن نیست و در قسمت گیردار زاویه انحناء صفر نخواهد بود.

تکیه گاه ها را آن جهت مفصلی و گیردار در نظر گرفتیم که شکل سازه به این نوع تکیه گاه ها نزدیک بود.

3- شرح دستگاه:

برای این آزمایش از دستگاه آزمایش TQ ساخت کشور انگلستان استفاده می کنیم .

این دستگاه دارای یک صفحه زمینه سفید رنگ است که بر روی آن اندازه گذاری شده تا بهتر بتوان مقدار کمانش ستون را مشاهده کرد .

این دستگاه برای ارتباط با رایانه به یک وسیله الکترونیکی که در زیر آن تعبیه شده است ، متصل است . همچنین دارای نشانگر الکترونیکی مقدار بار وارده است . برای اعمال بار مورد نظر لازم است که پیچ بالای دستگاه را به مقدار مورد نیاز چرخاند تا بار به صورت مکانیکی به سازه اعمال گردد .

نرم افزار این آزمایش که توسط شرکت سازنده دستگاه ارائه شده است ، قبل از انجام عملی آزمایش و باتوجه به داده های اولیه شامل ابعاد مقطع ، طول ستون و نوع تکیه گاه ها خروجی لازم یعنی مقدار P را نمایش می دهد .

#### 4- مقایسه P تئوری و P عملی و محاسبه خطا :

در آزمایشگاه ، آزمایش کمانش ستونه انجام شد ، آزمایش TQ یک مقدار برای اندازه P مورد نظر به ما داد .

دانشجویان هم موظف به محاسبه تئوری این مقدار بودند ، که در این گزارش کار P محاسبه شده و مقدار بدست آمده از آزمایشگاه در جدول زیر بیان شده است .

شماره آزمایش	P عملی	P تئوری
1	86N	162.9N

بدیهی است که علت اختلاف در دو مقدار P تئوری و P عملی ، مربوط به خطای استفاده مکرر از سازه در حین انجام آزمایش است . مقدار خطا از تفاضل آنها حاصل می شود . و

مقدار درصد خطا از تقسیم مقدار خطا بر  $P$  تئوری بدست می آید.

## خطاهای ممکن:

1- خطای دستگاه الکترونیکی (رابط دستگاه و کامپیوتر)

2- خطای اعمال دقیق بار ، یانشانگر الکترونیکی

3- خطای ناشی از جنس میله (ناهمگنی)

4- خطای شرایط محیطی (احتمال خیلی کم)

کمانش ستون : نام دستگاه

کد دستگاه : DA-SM18



: اطلاعات فنی

قابلیت انجام آزمایش‌های عملی درباره کمانش تیرها و بررسی مسایل مربوطه

نشان دادن روش های عملی اندازمگیری جابجایی و نیرو

قابل اتصال به کامپیوتر از طریق سیستم داده برداری الکترونیکی

کم حجم، دقیق و مقاوم

با نصب سریع و آسان XP دارای نرم افزار ویژه تحت ویندوز

اجزای دستگاه :

اعمال نیروی فشاری ، مکانیزم تنظیم طول ، شاسی دستگاه با پایه های لاستیکی ، سنسور جابجایی ، مکانیزم اعمال نیروی برشی ، نمونه ، نیروسنج

طول نمونه : حداکثر ۷۰۰ میلی متر

نیروی فشاری : حداکثر ۲۰۰۰ نیوتن ، نیروی برشی : حداکثر ۲۰ نیوتن

مقدار کماتش : حداکثر ۱۰ میلی متر و کورس مکانیزم اعمال نیروی فشاری : ۱۰ میلی متر

آزمایش های قابل انجام :

درباره کماتش (Euler) تحقیق نظریه اولر

تحقیق تاثیر نوع تکیه گاه در کماتش

تحقیق تاثیر نیروی برشی در کماتش

تحقیق تاثیر جنس، طول و سطح مقطع نمونه در نیروی بحرانی

طول \* عرض \* ارتفاع :  $۱۱۵۰ \times ۴۵۰ \times ۶۰۰$  میلی متر وزن : حدوداً ۶۰ کیلوگرم : ابعاد و وزن

توضیحات :

تمام قطعاتی که تحت فشار قرار دارند در معرض خطر کماتش هستند. بنابراین زمینه های عملی فراوانی برای این دستگاه وجود دارد. دستگاه از یک شاسی فلزی، ستون های راهنما و مکانیزم اعمال نیروی فشاری تشکیل شده است

برای انجام آزمایش، نمونه بین دو فک قرار می گیرد و توسط مکانیزم اعمال نیروی فشاری تا رسیدن به بار بحرانی فشرده می شود. نیروی وارده و مقدار کماتش با استفاده از تغییر در هر لحظه آزمایش توسط نیروسنج و سنسور اندازمگیری می شود. همچنین توسط یک مکانیزم دیگر، نیروی برشی نیز به نمونه اعمال می شود. دستگاه دارای فک های مختلف جهت انجام آزمایش به سه روش دو سر بگیردار، دو سر مفصل و یک سرگیردار و یک سر مفصل است

بدین منظور سنسور های الکترونیکی نیرو و جابجایی روی دستگاه نصب شده و از طریق این دستگاه قابل اتصال به کامپیوتر است اطلاعات مربوط به نیروی وارده و مقدار کماتش به کامپیوتر انتقال می یابد. دستگاه DA-EDAS01 سیستم داده برداری الکترونیکی دارای دستور کار، گارانتی و خدمات پس از فروش می باشد