



راهنمای دستگاه خیز تیرهای متقارن (SDB-50)

شرکت طراحی مهندسی سنتام

تهیه و تنظیم: واحد پشتیبانی

پاییز ۱۳۹۴

www.santamco.com

معرفی شرکت

شرکت سنتام ، عرضه کننده دستگاه خیز تیرهای متقارن، یکی از معتبرترین شرکت های فنی و مهندسی در سطح ایران و عرصه ملی است که تولیدات خود را به بازارهای معتبر جهانی نیز عرضه نموده است. این شرکت پس از جوابگویی کامل به نیاز صنایع مادر در ایران، از جمله صنایع لاستیک ، پلاستیک و متالورژی و چرم و همچنین صنایع ترکیبی مانند خودروسازی، صنایع بسته بندی و کابل سازی و تجهیز مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی درصدد برآوردن احتیاجات فنی آزمایشگاهی و تحقیقاتی دیگر کشورهای متقاضی نیز می باشد .

خط مشی شرکت سنتام، طراحی و تولید دستگاه های مربوط به تست خواص مکانیکی مواد می باشد که در کنار آن نسبت به طراحی و عرضه دیگر دستگاه های مورد نیاز در لابراتورها و آزمایشگاه های فنی و کارخانجات و دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی همواره پیشرو بوده و هست .

از مهمترین تولیدات شرکت سنتام که کلیه مراحل تحقیقاتی ، طراحی و ساخت آن در ایران و توسط متخصصین و کادر ورزیده و مجرب این شرکت انجام گرفته می توان به دستگاه های ذیل اشاره نمود:

۱. تست کشش و فشار (Tensile & Compression) با تناژهای مختلف از ۵۰۰ کیلوگرم تا ۲۰۰

تن (دارای انواع مختلف سروو الکتریکال و هیدرولیک)

۲. رئومتر (Rheometer) برابر با استاندارد های ASTM و قابل قیاس با نتایج ODR 2000

مونسانتو ALHPHA 2000

۳. تست جهندگی (Resilience)

۴. تست خستگی (Fatigue)

۵. تست پیچش و تابندگی (Torsion & Twist)

۶. تست چسبندگی یا ویسکوزیته (Viscometer)

۷. تست خزش و رهایش (Creep & Relaxation)

۸. تست ضربه (Impact)

۹. تست سایش (Abrasion)

۱۰. تست اندیس جریان مذاب (MFI)

۱۱. سختی سنج (Hardness)

۱۲. دستگاه های تجهیز آزمایشگاه مقاومت مصالح

و تعداد زیادی تولیدات دیگر در زمینه بررسی و اثبات قوانین فیزیک دینامیک جهت دانشگاهها و مراکز آموزشی.

فهرست

فصل اول

- (۱-۱) شرح کلی دستگاه..... ۴
- (۲-۱) اجزای دستگاه ۵
- (۳-۱) نکاتی که باید در این آزمایش ها رعایت گردند..... ۶

فصل دوم

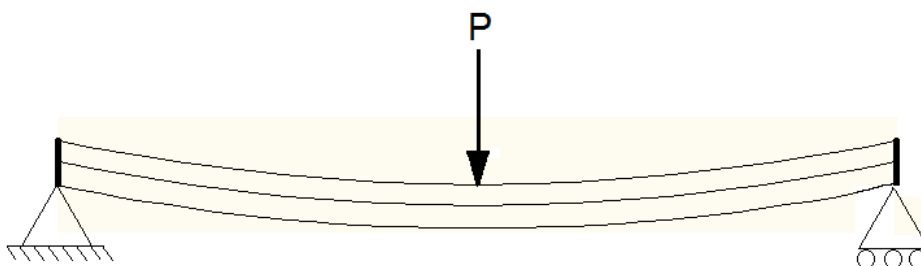
- (۱-۲) آزمایش ۱..... ۸
- (۱-۱-۲) هدف آزمایش ۸
- (۲-۱-۲) تئوری آزمایش ۸
- (۳-۱-۲) روش آزمایش ۸
- (۲-۲) آزمایش ۲ ۹
- (۱-۲-۲) هدف آزمایش ۹
- (۲-۲-۲) تئوری آزمایش ۹
- (۳-۲-۲) روش آزمایش ۱۰
- (۳-۲) آزمایش ۳..... ۱۱
- (۱-۳-۲) هدف آزمایش ۱۱
- (۲-۳-۲) تئوری آزمایش ۱۱
- (۳-۳-۲) روش آزمایش ۱۲
- (۴-۲) آزمایش ۴..... ۱۳
- (۱-۴-۲) هدف آزمایش ۱۳
- (۲-۴-۲) شرح آزمایش ۱۳
- (۳-۴-۲) روش آزمایش ۱۴
- (۵-۲) آزمایش ۵..... ۱۵
- (۱-۵-۲) هدف آزمایش ۱۵
- (۲-۵-۲) تئوری آزمایش ۱۶
- (۳-۵-۲) روش آزمایش ۱۷

فصل اول

(۱-۱) شرح کلی دستگاه :

این دستگاه شامل یک اسکلت فلزی است که در آن یک تیر افقی جهت نصب تکیه گاه ها و یک خط کش افقی در بالای آن جهت نصب ساعت های اندازه گیری و تعیین فاصله آنها تعبیه شده است . تکیه گاه ها دو نوع هستند.

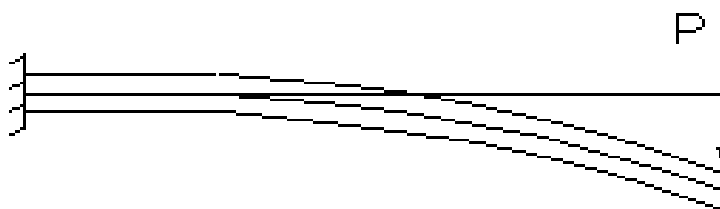
۱- تکیه گاه ساده:



شکل ۱ : تکیه گاه ساده

یک نوع بصورت نیرو سنجی است که نیروی وارده بر تکیه گاه ها را به صورت دیجیتالی نمایش می دهد و در صورت لزوم می توان با تنظیم پیچ روی آن ، تکیه گاه ها را از حالت فنری خارج نموده و بصورت یک تکیه گاه کاملاً ثابت در آورد (تکیه گاه ثابت نوع دوم) . البته تیغه تکیه گاه ها را نیز می توان توسط پیچ تنظیم آن (زیر تیغه) در ارتفاع مورد نظر تنظیم نمود .

۲- تکیه گاه یک سر گیردار :



شکل ۲ : تکیه گاه یک سر گیردار

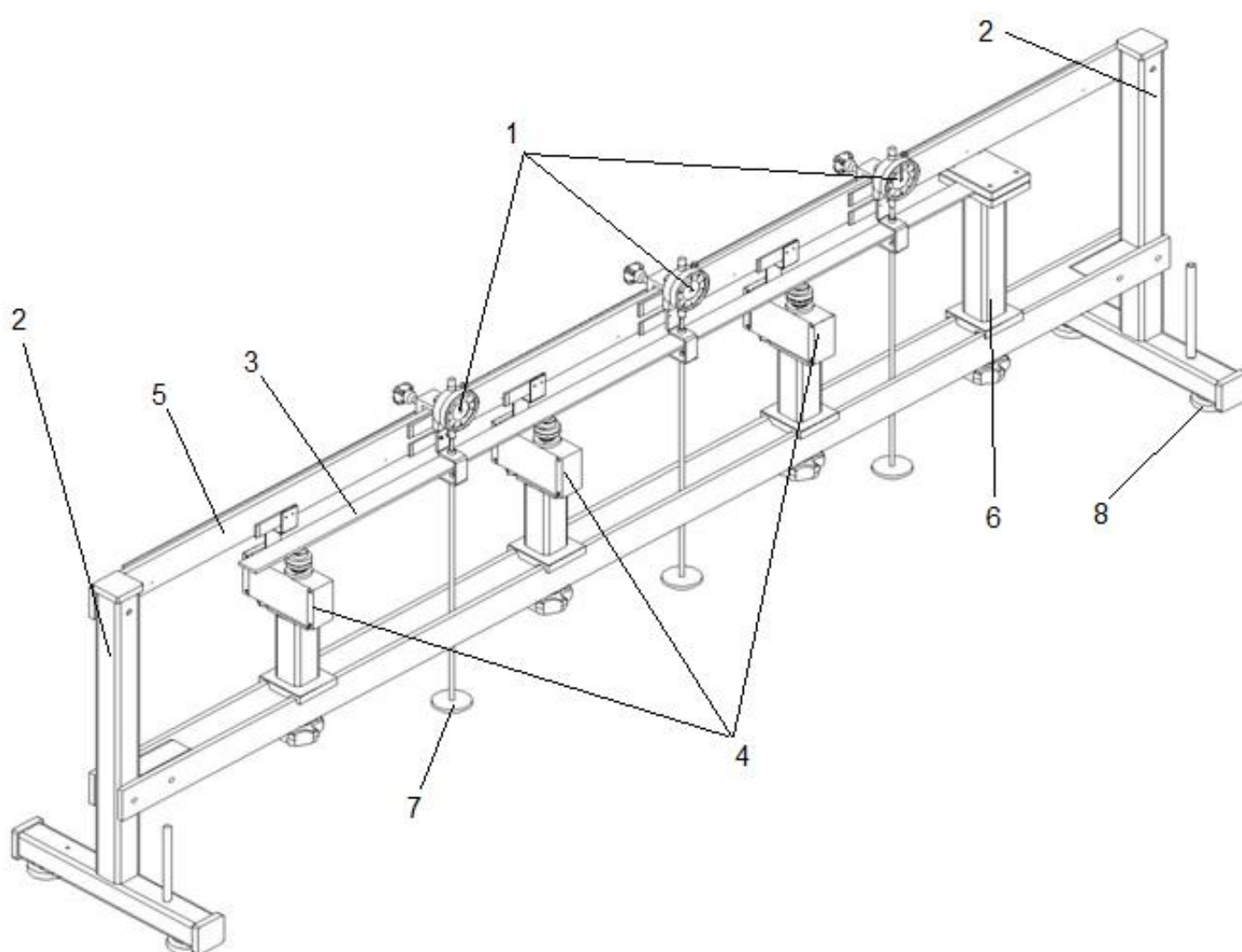
تکیه گاه ثابتی است که برای آزمایش تیر طره از آن استفاده می شود . این تکیه گاه انتهای تیر را از هر جهت ثابت نموده و با محکم کردن چهار عدد پیچ آلن، تیر در حالت مورد نظر ثابت می شود (شیب تیر برابر صفر می شود) .

در این آزمایش ها برای اعمال نیرو از آویزهایی استفاده می نمائیم که توسط یک پیچ کوچک نیرو را در وسط تیر اعمال می نماید و نیروی مورد نظر توسط وزنه هایی در انتهای آویز قرار داده می شود .

دقت نمایید که نشانه های تعبیه شده در روی کلیه لوازم مثل ساعت های اندازه گیری، تکیه گاه ها و آویزها همگی ۵ سانتیمتر از نقطه اثر آن ها فاصله دارند .

(۲-۱) اجزای دستگاه

در ادامه به معرفی اجزای تشکیل دهنده دستگاه می پردازیم:



شکل ۳: نمای کلی از دستگاه آزمایش خیز تیر مقارن SDB-5

۱. دایل گیج
۲. پایه های دستگاه
۳. تیر مقارن تحت آزمایش
۴. لودسل
۵. محل نصب دایل گیج ها
۶. تکیه گاه یک سر گیر دار
۷. محل قرار گیری وزنه های اعمال بار
۸. پیچ های تنظیم کننده ارتفاع دستگاه

(۳-۱) نکاتی که باید در این آزمایش ها رعایت گردند

دقت کنید که قبل از شروع آزمایش ها به نکات زیر توجه شود .

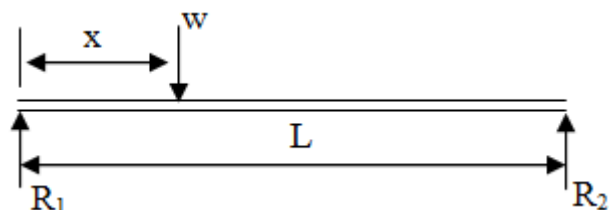
۱. دستگاه دارای سه نمایشگر دیجیتال بوده که نیروی اعمالی بر روی نیروسنج ها را نمایش می دهد . (اگر نیرو سنج های دیجیتالی ۱۲۰ ثانیه بدون تغییر باقی بماند به طور اتوماتیک خاموش میگردد)
۲. در زمان قرار دادن تیر بر روی تیغه های نیروسنج ها و همچنین قراردادن آویزها بر روی تیر و حرکت دادن آنها روی تیر و همچنین قراردادن وزنه ها بر روی آویزها حتماً دقت نمائید که تیر و همچنین آویزها در جای خود قرار داشته باشند زیرا در غیر اینصورت از روی دستگاه به زمین افتاده و علاوه بر آسیب رساندن به دستگاه تلق های متصل به آن نیز صدمه خواهند دید .
۳. در زمان حرکت دادن ساعتها در روی ریل و خط کش بالای دستگاه و همچنین حرکت دادن نیروسنج ها بر روی ریل های زیر دستگاه علاوه بر شل کردن پیچ های محکم کننده آنها دقت کنید که آنها را به آرامی حرکت داده تا از صدمه زدن به تلق های متصل به آنها و همچنین صدمه زدن به رنگ دستگاه اجتناب شود .

فصل دوم

(۱-۲) آزمایش ۱ :

(۱-۱-۲) هدف آزمایش : مقایسه تئوری مقادیر عکس العمل تکیه گاه های تیر نسبت به تغییر فاصله بارگذاری با نتایج عملی آزمایش .

(۲-۱-۲) تئوری آزمایش : معادلات مورد بحث به قرار زیر می باشند :



شکل ۴ : نیروهای وارد به نمونه مورد آزمایش

در ادامه نیروهای وارد به تکیه گاه ها را محاسبه می نمایم.

$$R_1 = \frac{w(L - x)}{L}$$
$$R_2 = \frac{wx}{L}$$

سوال ۱- روابط فوق را اثبات نمایید .

(۳-۱-۲) روش آزمایش :

۱. ابتدا یکی از تیرهای فولادی را بین دو تکیه گاه قرار دهید و فاصله دو تکیه گاه را به دلخواه انتخاب نمایید. (مثلاً حدوداً ۱۰۰ سانتی متر)
۲. برای اینکه تیر بطور افقی قرار بگیرد ساعت اندازه گیری را روی یکی از تکیه گاه ها قرار داده و صفر کنید سپس ساعت اندازه گیری را به تکیه گاه دوم منتقل کرده و پیچ تنظیم ارتفاع تکیه گاه دوم را بچرخانید تا ساعت مجدداً صفر گردد، بدین ترتیب مطمئن گردید که تیر افقی است .
۳. یکی از آویزها را درست در وسط تیر قرار دهید .
۴. بوسیله دکمه تنظیم صفر نمایشگر نیرو، به ترتیب هر دو نیروسنج تکیه گاه های تیر را بر روی صفر تنظیم نمایید. (از وزن آویز صرف نظر کنید)

۵. یک بار مشخص بر روی آویز قرار دهید و عکس العمل تکیه گاه ها را بوسیله نیروسنج ها مشاهده کنید. مجموع نیروهای روی نمایشگر باید با وزنه برابر باشد.
۶. فاصله بین دو تیر را به چندین فاصله ی مساوی تقسیم کرده (مثلاً ۱۰ قسمت) و با قرار دادن یک بار مشخص بوسیله وزنه ها در اولین نقطه عکس العمل ها را در هر دو تکیه گاه به وسیله نیرو سنج ها مشاهده نموده و یادداشت نمائید.
۷. (قبل از جابجا نمودن آویزها بهتر است صفر بودن نیروسنج ها را کنترل نمائید).
۸. این عمل را برای تمام فواصل تکرار نمائید.
۹. منحنی عکس العمل های تکیه گاه ها نسبت به تغییر فاصله را رسم نموده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید.

سوال ۲ - آیا بین منحنی بدست آمده و مقادیر تئوری اختلاف وجود دارد؟ در صورت وجود اختلاف علل خطا را توضیح دهید.

(۲-۲) آزمایش ۲:

(۱-۲-۲) هدف آزمایش: مقایسه تئوری خیز تیرها با نتایج عملی، برای تیرهایی با بار، ضخامت و جنس مختلف

(۲-۲-۲) تئوری آزمایش: معادلات مورد بحث به قرار زیر می باشند. (روش بارگذاری مانند آزمایش ۱ می باشد) (شکل ۴).

$$\frac{M}{I} = \frac{E}{R}$$

$$\frac{M}{EI} = \frac{1}{R} = \frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$y = a \frac{wL^3}{EI}$$

R شعاع انحنا و a ضریب ثابت که بستگی به نوع بارگذاری و تکیه گاه ها دارد.
اگر بارگذاری در وسط تیر اعمال شود آنگاه برای معادله خیز خواهیم داشت:

$$y = \frac{1}{48} \frac{w L^3}{EI}$$

سوال ۳- روابط فوق را اثبات کنید ؟

سوال ۴- مهمترین فرضی که برای بدست آوردن روابط فوق می نمائیم، چیست ؟

(۳-۲-۲) روش آزمایش :

- ۱- ابتدا یکی از تیرهای موجود را روی دو تکیه گاه قرار داده و تکیه گاه ها را قفل نمائید. سپس یک آویز درست در وسط فاصله دو تکیه گاه قرار داده و ساعت اندازه گیری را روی آن قرار دهید و آنرا صفر کنید. (دقت کنید تیر افقی قرار بگیرد)
- ۲- آویز را در وسط تیر قرار دهید .
- ۳- ساعت اندازه گیری را دقیقاً روی نقطه اثر نیرو قرار داده و آنرا صفر کنید .
- ۴- به آویز وزنه اضافه نموده و خیز تیر را ملاحظه کنید . بتدریج بار را اضافه نموده و خیز تیر را یادداشت نمائید . (برای ۵ بار مختلف)
- ۵- بارها را به ترتیبی که اضافه نموده اید، بردارید و خیز تیر را یادداشت کنید .
- ۶- این آزمایش را برای تمام تیرها انجام دهید . (در صورت نبودن تیر همان یک عدد تیر کافی است)

سوال ۵- چرا مقادیر خیز برای یک بار مشخص در زمان بارگذاری و باربرداری قرینه نمی باشند ؟

سوال ۶- برای هر تیر منحنی خیز در مقابل نیرو را رسم نمائید. شیب هر خط منحنی را بدست آورید.

سوال ۷- مقدار E را برای هر تیر به دست آورید .

سوال ۸- برای تیر آزمایش شده منحنی شیب بدست آمده در مقابل $\frac{1}{E}$ را رسم نمائید .

سوال ۹- تحلیل کنید که چرا منحنی خیز در مقابل نیروی اعمال شده خطی است ؟

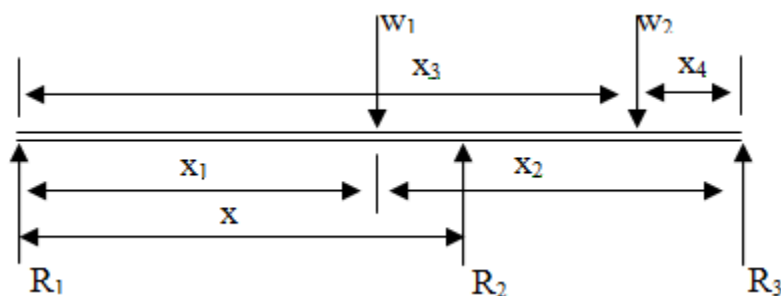
N	بار	خیز Z(mm)		
		نمونه فولادی 5(mm)	نمونه فولادی 6(mm)	نمونه آلومینیومی 6(mm)

جدول ۱: اطلاعات آزمایش ۲

(۳-۲) آزمایش ۳:

(۱-۳-۲) هدف آزمایش: مقایسه تئوری جمع آثار (Super Position) در بدست آوردن عکس العمل تیرهایی که از نظر استاتیکی نامعین هستند با نتایج عملی آزمایش .

(۲-۳-۲) تئوری آزمایش: می دانیم که هر گاه یک تیر دارای سه تکیه گاه باشد از لحاظ استاتیکی نامعین بوده و بدست آوردن عکس العمل ها از طریق استاتیکی میسر نمی باشد. در این حالت عکس العمل ها را با روش جمع آثار بدست می آوریم .



شکل ۵: قرار دادن نمونه بر روی سه تکیه گاه

برای وقتی که نیرو w_1 و w_2 وجود ندارند، مقادیر خیز در نقطه x بر اثر R_2 خواهد بود:

$$y(x) = \frac{R_2 x^2 (L - x)^2}{3EI L}$$

اگر w_1 وجود داشته باشد و R_2 و w_2 در نظر گرفته نشود، مقدار خیز در نقطه x بر اثر w_1 برابر است با:

$$y_1(x) = \frac{w_1 x_1}{6EI L} [(L - x)^3 - (L^2 - x_1^2)(L - x)]$$

اگر R_2 و w_1 در نظر گرفته نشود و نیروی w_2 بر تیر اثر کند، مقدار خیز در نقطه x بر اثر w_2 برابر است با:

$$y_2(x) = \frac{w_2 x_4}{6EI L} [x^3 - (L^2 - x_4^2)x]$$

به دلیل اینکه در نقطه x جابجایی نداریم، می توانیم نتیجه بگیریم که:

$$y(x) = y_1(x) + y_2(x)$$

علاوه بر رابطه بدست آمده می توان رابطه تعادل نیروها در راستای عمودی و همچنین رابطه تعادل گشتاورها را نیز در نظر بگیریم که نهایتاً سه معادله خواهیم داشت که می توان با حل همزمان آن ها سه نیروی مجهول R_1 ، R_2 و R_3 را بدست آورد.

سوال ۱۰ - روابط فوق را اثبات نمائید؟

(۳-۳-۲) روش آزمایش:

۱- ابتدا سه نیروسنج را به فاصله های نامساوی نسبت به یکدیگر (مثلاً به فاصله ۵۰ سانتیمتر و ۳۰ سانتیمتر از یکدیگر) قرار داده و تیر را روی آنها قرار دهید.

۲- سپس دو آویز ما بین سه نیروسنج بصورت دلخواه قرار داده و فاصله ها را یادداشت نمائید.

۳- بوسیله دکمه تنظیم صفر نمایشگر نیرو را بر روی صفر تنظیم نمائید .

۴- بر روی آویزها وزنه قرار داده و در هر حالت مقدار وزنه ها و مقدار نیروی تکیه گاه ها را توسط نیروسنج ها بدست آورده و یادداشت نمائید .

۵- حداقل برای ۵ بار مختلف این عمل را انجام دهید .

سوال ۱۱ - با استفاده از تئوری نیز مقادیر تکیه گاه ها را در هر حالت بدست آورید و با نتایج عملی آن مقایسه نمایید.

سوال ۱۲ - منحنی عکس العمل هر یک از تکیه گاه ها را نسبت به بارهای مختلف رسم نمائید و با تئوری مقایسه کنید .

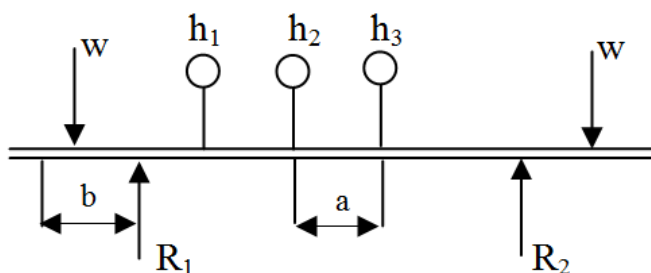
سوال ۱۳ - مهمترین فرضی که در این آزمایش می نمائیم چیست؟ (از چه عاملی صرف نظر می شود)

سوال ۱۴- در صورت وجود خطا بین نتایج بدست آمده از تئوری و نتایج عملی آزمایش علل وجود خطا را ذکر نمائید.

(۴-۲) آزمایش ۴:

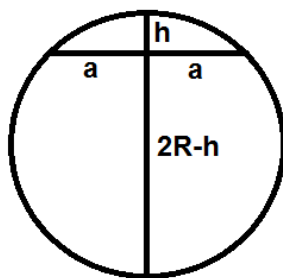
(۱-۴-۲) هدف آزمایش: تحقیق در روابط خمش

(۲-۴-۲) شرح آزمایش: با استفاده از سه ساعت اندازه گیری می خواهیم شعاع انحنای تیر را در اثر اعمال نیرو به صورت نشان داده شده در زیر بدست آوریم .



شکل ۶: روش بارگذاری متقارن جهت خمش

همانطور که می دانیم در دایره ای مطابق شکل ۷ رابطه ای به شرح زیر برقرار است:



شکل ۷

$$h(2R - h) = a^2 \rightarrow 2hR - h^2 = a^2 \rightarrow \frac{1}{R} = \frac{2h}{a^2}$$

چون معمولاً h^2 بسیار کوچک است برابر صفر فرض می شود.

$$\frac{1}{R} = \frac{2h}{a^2} = \frac{M}{EI}$$

سوال ۱۵ - آیا رابطه فوق برای میله گرد (با طول زیاد و سطح مقطع کم) صادق است ؟ چرا ؟

(۳-۴-۲) روش آزمایش :

- ۱- مطابق آزمایش (۶) تیر را تراز نموده و هر دو تکیه گاه را قفل نمائید .
- ۲- در دو انتهای تیر به فاصله مساوی از تکیه گاهها دو آویز قرار دهید .
- ۳- یک ساعت اندازه گیری در وسط تکیه گاهها قرارداده و دو ساعت دیگر را متساوی الفاصله در دو طرف ساعت اول قرار دهید و هر سه ساعت را صفر کنید.
- ۴- نیروهای مساوی به هر دو آویز اعمال نمائید .
- ۵- حرکت مختصری به وسط تیر داده و پس از استقرار دستگاه ساعتها را بخوانید .
- ۶- بارها را تغییر داده و برای ۵ بار مختلف شعاع انحناء را بدست آورید .

با تکمیل جدول زیر به سوالات پاسخ دهید .

	W_{kg}	b	a	h_1	h_2	h_3	y	h
Test 1	2							
	4							
	6							
	8							
	10							
Test 2	2							
	4							
	6							
	8							
	10							
$h = h_2 - y$ $y = \frac{1}{2}(h_1 + h_3)$								

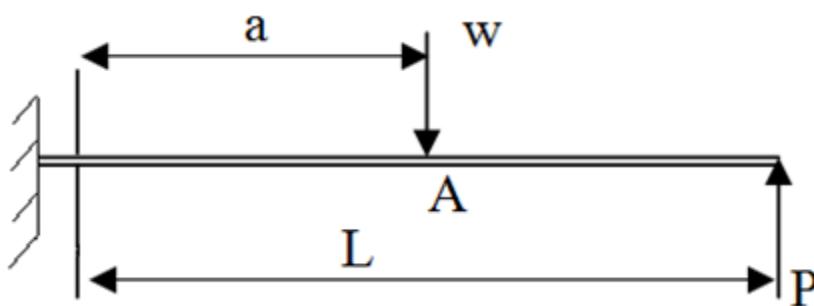
جدول ۲: اطلاعات آزمایش ۴

سوال ۱۶- منحنی h در مقابل w را برای هر آزمایش رسم کنید و ثابت کنید که خطی است .

سوال ۱۷- با توجه به ضریب زاویه خطوط فوق و گشتاور اینرسی سطح مقطع تیر (که محاسبه می کنید) مقدار E را محاسبه کنید .

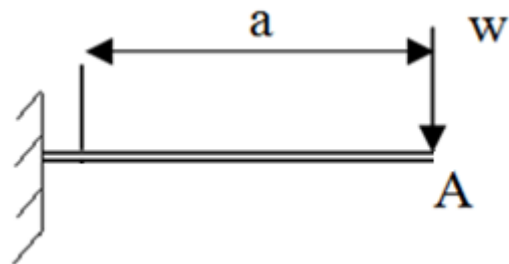
(۵-۲) آزمایش ۵:

(۱-۵-۲) هدف آزمایش: بررسی تیر طره با تکیه گاه در قسمت آزاد



شکل ۸: تیر یک سر گیردار

(۲-۵-۲) تئوری آزمایش : اگر تیری مطابق شکل ۹ بارگذاری شود مقدار خیز در انتهای آزاد برابر است با :



شکل ۹ : بارگذاری تیر با انتهای آزاد

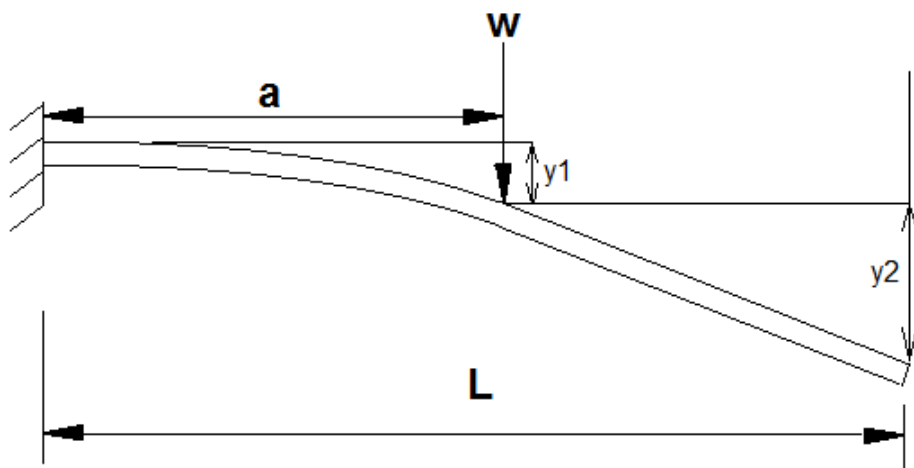
$$y = \frac{w L^3}{3EI}$$

و اگر در سمت آزاد، تکیه گاه باشد مقدار نیروی عکس العمل تکیه گاه بصورت زیر محاسبه می گردد.

$$y_P = \frac{PL^3}{3EI}$$

جابجایی انتهای تیر ناشی از نیروی P

و جابجایی انتهای تیر ناشی از نیروی W به صورت زیر محاسبه می شود:



شکل ۱۰ : نمایش جابجایی انتهای تیر ناشی از بارگذاری میانی

منحنی میانه سمت راست تیر به صورت خطی است که دارای شیب $\frac{w(\frac{L}{2})^2}{2EI}$ می باشد ، لذا علاوه بر جابجایی نقطه میانی باید جابجایی ناشی از شیب را نیز حساب نماییم.

$$y_w = y_1 + y_2 = \frac{P(a)^3}{3EI} + \frac{\left(\frac{wa^2}{2EI}\right)(L-a)}{\sqrt{1 + \left(\frac{wa^2}{2EI}\right)^2}}$$

خیز ناشی از نیروی P برابر با خیز ناشی از نیروی w است که در نهایت جابجایی انتهایی صفر می شود. بنابراین داریم:

$$y_P = y_w \rightarrow \frac{PL^3}{3EI} = \frac{w(a)^3}{3EI} + \frac{\left(\frac{wa^2}{2EI}\right)(L-a)}{\sqrt{1 + \left(\frac{wa^2}{2EI}\right)^2}} \xrightarrow{\left(\frac{wa^2}{2EI}\right)^2=0} P = w\left(\frac{a}{L}\right)^3 + \frac{3}{2}w\left(\frac{a}{L}\right)^2\left(1 - \frac{a}{L}\right)$$

$$\text{if: } c = \frac{a}{L} \rightarrow P = w(c)^3 + \frac{3}{2}w(c)^2(1 - c) = \frac{wc^2}{2}(3 - c)$$

$$P = \frac{wc^2}{2}(3 - c)$$

سوال ۱۸- روابط فوق را اثبات نمائید .

سوال ۱۹- چرا دو مقدار خیز در روابط فوق مساوی هستند ؟ از چه اصلی استفاده شده است ؟

(۲-۵-۳) روش آزمایش :

- ۱- تکیه گاه ثابت (گیر دار) را در جایی قرار دهید که طول تیر ۱۰۰ سانتی متر شود .
- ۲- یک تکیه گاه دیگر در نقطه مقابل قرار داده و آنرا قفل نمائید و تیر را روی این دو تکیه گاه قرار دهید به طوری که تیر افقی گردد .
- ۳- پس از تنظیم طول تیر ، پیچ های تکیه گاه ثابت را محکم نمائید .
- ۴- ساعت اندازه گیری را در محل تکیه گاه ثابت قرار داده و صفر نمائید .
- ۵- ساعت اندازه گیری را روی تکیه گاه قرارداده و پس از خارج کردن تکیه گاه از حالت قفل و تنظیم تیغه تکیه گاه تا حالت تراز شدن تیر تکیه گاه ها را صفر نمائید .

۶- یک آویز در وسط تیر قرار داده و با تنظیم ارتفاع تیغه تکیه گاه تا حد تراز عکس العمل تکیه گاه را بخوانید و نیرو سنج را صفر نمائید .

۷- وزنه هایی به آویز اضافه نموده و مرحله فوق را ۵ بار تکرار کنید و با قرائت w و P جدول مربوطه را تکمیل نمائید .

۸- سپس نیروی w را در طول میله به فاصله $0/2$ ، $0/3$ ، $0/4$ ، $0/5$ ، $0/6$ ، $0/8$ دهانه از طرف تکیه گاه ثابت قرار دهید و جدول آن را تکمیل کنید .

تیر بطول ۱۰۰ سانتیمتر

w					
Δw					
P					
ΔP					

جدول ۳: اطلاعات آزمایش ۵

مقادیر P در جدول زیر از رابطه بدست آمده محاسبه می شود و درصد خطا برای P واقعی با P محاسبه شده می باشد .

C	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
w						
$c^2/2$						
$3 - c$						
P						
$error$						

جدول ۴: اطلاعات آزمایش ۵ برای فواصل متفاوت بارگذاری

سوال ۲۰- از روی نتایج جدول (۱) مقادیر متوسط $\frac{\Delta P}{\Delta w}$ را بدست آورید.

سوال ۲۱- از نتایج جدول (۲) مقدار P را با مقدار واقعی آن مقایسه کنید و علت اختلاف را بیان نمائید.

شرایط نگهداری دستگاه :

درجه حرارت مناسب (15°C تا 40°C)

رطوبت 90° تا 10° بدون تقطیر

حتماً در جای مسقف قرار گیرد و از بارش باران و برف محافظت شده باشد .

عدم وجود گرد و غبار

عدم تابش مستقیم نور خورشید

عدم رطوبت زیاد و محیط خورنده

عدم وجود باد