الجمهوريـــــــــــة الجزائريـــــــة الديمقراطيـــــة الشعبيـــة

وزارة التعليـــــم العـــــالي و البحـــــث العلـــمي

جامعة وهران للعلوم والتكنولوجيا محمد بوضياف

كلية الهندسة المعمارية والمدنية

قسم الهندسة المدنية

مطبـــوعـــة بيـداغـوجيـــة

مقيـــاس مقـــاومـــة المـــواد

أعمـــال تطبيقيـــة

موجهة للسنة الثانية ليسانس هندسة مدنية

اعـداد: الاستـاذ وادي ابراهيـــم أستـاذ محاضر قسـم "ب"

2022

الفهـــرس:

مقدمة عامــة.....ص03

الهدف العـام.....ص04

اعـداد التجهيزات واجراءات السلامة.....ص04

تعليمات متعلقة بسير العمل التطبيقي، إعـداد "التقرير" وكذا معايير التقييـم.....ص05

العمل التطبيقي رقـم 01: الانحناء البسيط/ العوارض الناتئة.....ص07

العمل التطبيقي رقـم 02: الانحناء البسيط / عارضة ثنائية المسنـد.....ص13

العمل التطبيقي رقـم 03: دراســة قــوى القــص في العارضة.....ص19

العمل التطبيقي رقـم 04: عـزم الانحنــاء في العارضـــة.....ص24

العمل التطبيقي رقـم 05: الالتــواء ومركــز القــص.....ص29

العمل التطبيقي رقـم 06: انحرفـات الإطار وردود الفعـل.....ص36

المراجع:..... .....ص46

مقدمــة عامـــة:

الهندسة المدنية هي مجموع العلوم التي تهتم بدراسة وتصميم مختلف المشاريع الهندسية والمباني والبنى التحتية التي نذكر منها الجسور، الانفاق، الموانئ، الطرقات، شبكات المياه والسكك الحديدية، الهياكل المعدنية وغيرها....، وهي تعتمد اساسا على دراسة خصائص مواد البناء وسلوكها ومدى مقاومتها لمختلف التأثيرات الخارجية، وبالتالي فهي تُساعد في تصميم الهياكل واختيار المواد المناسبة لأعمال البناء وكذا في حساب تصميم الهياكل والمنشئات.

فمقياس مقاومة المواد يعني بدراسة سلوك و هيئة العناصر والانشاءات تحت تأثير القوى الخارجية في حالة توازن اعتمادا على الميكانيك الساكنة كما يعني هذا الاختصاص بدراسة المقاومة و الصلابة و المرونة و الاستقرار للأجسام الصلبة القابلة للتشوه.

والهدف من دراسة مقاومة المواد هو: ابراز المميزات الداخلية و شروط الواجب توفرها في مختلف العناصر حتى تستطيع تحمل و مقاومة الحمولات المطبقة عليها دون حدوث انهيار أو تشوه في العنصر.

ولمقاومة المواد عدّة فرضيات نذكر منها:

1- فرضية الحالة الابتدائية: ليس للجسم أي قوة ابتدائية قبل تطبيق أي قوى.

2- مبدأ حصر التأثيرات: التأثيرات الناتجة عن القوى المطبقة تتناقص بشكل ملحوظ كلما ابتعدنا عن نقاط تأثير القوة.

3- مبدأ تطابق القوى: اذا اثرت مجموعة من القوى على جسم معين فان التأثير الكلي الناتج عن كل القوى مجتمعة يساوي مجموع التأثيرات الناتجة عن مفعول كل قوة على حدى و بأي ترتيب كان.

كما أن هناك فرضيات حول الأجسام وهي: تجانس المادة ، أحادية الخواص وفرضية المرونة.

كما أن جميع التأثيرات التي تؤثر على الانشاءات أو على أجزاء منها (قوى أو عزوم خارجية) تسمى **بالأفعــال** والتأثيرات المعاكسة لهذه الافعال من المنشأ تسمى **برد الفعــل**

وتصنف ردود الافعال حسب طبيعتها الى:
- قوى دائمة وهي التي لا تتغير في القيمة أو المكان مثل وزن الجسم الذاتي .
- قوى متغيرة وهي التي تتغير في القيمة أو المكان مثل الاشخاص، هبوب الرياح، الثلوج...
كما تصنف حسب توزيعها الى: قوة مركزة ، قوة موزعة بانتظام وقوة غير منتظمة بالإضافة الى الجهود الداخلية.

كما ستمكن هذه المطبوعة من الاضطلاع على مختلف الاختبارات والتجارب التي تخص مقاومة المواد، قصد الاضطلاع على الخصائص المادية والتحقق من أن النموذج النظري يفسر بشكل صحيح النموذج التجريبي وهل تم احترام الفرضيات بالإضافة الى تبرير وتفسير أي تناقضات بين النتائج النظرية والتجريبية.

الهـدف العــام:

تأتي هذه المطبوعة من أجل الدعـم العملي للدروس النظرية التي يتلقاها الطالب من خلال البرنامج التكويني المسطر واكتساب المعارف العملية التي تخص مختلف المفاهيم الأساسية لمقاومة المواد، وكذا الفرضيات، والتعرف على القوى الداخلية، والخصائص الهندسية لمختلف المقاطع والاجسام الصلبة، وقانون سلوك المواد، ومفهوم الضغوط المسموح بها، وأبعاد الأجزاء تحت ضغوط بسيطة، مختلف أنواع التحميل، وصلات (دعامات أو مساند ، التضمينات، المفاصل)، المبدأ العام للتوازن - معادلات التوازن، مفهوم طريقة المقاطع بالإضافة الى القوى الداخلية: القوة العادية N ، قوة القص T ، عزم الانحناء M ، مختلف التعريفات، المصطلحات، الاشارات وكذا الوحدات.

كما تتيح هذه المطبوعة معرفة كيفية استخدام مختلف المعارف النظرية المكتسبة وتوضح طريقة اعداد مختلف الاجهزة وإجراء تجارب على سلوك انحراف العوارض، وغيرها من المبادئ والمفاهيـم.

اعـداد التجهيـزات واجراءات السلامة:

عند تركيب إطار الاختبار، يكون الوزن المشترك لإطار الاختبار ومعدات التجربة حوالي 16 كلغ. وعليه يجب الحذر واستخدام الإجراءات الصحيحة للتعامل مع هذا الوزن عند تحريك الجهاز.

1. ضع إطار اختبار مُجمَّع (راجع التعليمات المفصّلة المرفقة بإطار الاختبار إذا لزم الأمر) على طاولة العمل، وتأكد من سهولة الوصول إلى "نافذة" إطار الاختبار.

2. تأكد من وجود صامولات التأمين في كل من الأجزاء العلوية والسفلية.

3. ضع القطع العلوية والسفلية على الإطار كما هو موضح في الإرشادات المرفقة، وقم بتثبيتها باستخدام البراغي اللولبية.

قبل استخدام الجهاز دائماً:

• افحص بصريًا جميع الأجزاء (بما في ذلك الأسلاك الكهربائية) بحثًا عن التلف أو التآكل، استبدل الاجزاء حسب الضرورة.

• تأكد من أن التوصيلات الكهربائية صحيحة وآمنة، يجب على الشخص المختص والمسؤول إجراء الصيانة الدورية دائما.

• تحقق من أن جميع المكونات مؤمنة بشكل صحيح وأن أدوات التثبيت محكمة الإحكام بشكل كافٍ.

• ضع إطار الاختبار بأمان، وتأكد من أنه على سطح صلب ومستوٍ وثابت ويسهل الوصول إليه.

• تأكد من عدم تطبيق أحمال زائدة على أي جزء من الجهاز.

• إذا تم تجميع جميع المعدات بالفعل ، فانتقل مباشرة إلى التجارب.

تعليمات متعلقة بسير العمل التطبيقي، إعداد "التقرير" وكذا معايير التقييم:

- يجب على كل طالب إعداد العمل التطبيقي من مختلف جوانبه بشكل إلزامي قبل الحصة من خلال (الكتب و/ أو إنترنت). هذا الإعداد الأولي يؤدي إلى صياغة جيدة للتقرير، وطرح مختلف الاشكالات التي تصادفه.
- احترام معايير السلامة ومختلف الإجراءات الأمنية داخل المختبر.
- يجب تكرار القياسات 3 مرات إن امكن ذلك من اجل تقليل الاخطاء التجريبية.
- فيما يلي بعض النقاط التي يجب احترامها في سياق كتابة التقرير:

1. يجب أن يتضمن التقرير كل من: الجانب النظري ، العملي وكذا النتائج مع تحليلها، تفسيرها والاستنتاج العـام.
2. اهداف كل عمل تجريبي وعرض مختلف القوانين والنظريات المستخدمة.
3. حساب مختلف الاخطاء التجريبية وكذا المراجع المعتمدة في اعداده.
4. مختلف الرسوم التخطيطية لكل تجربة مع عناوينها.
5. يجب رسم مختلف المنحنيات على ورقة ملليمتر مع ذكر العنوان، المتغيرات على المحاور، السلـم المعتمد.
6. يجب ذكر الوحدات الكميات الفيزيائية.
7. ملأ الجداول ان وجدت مع الحد الادنى من التفسير والملاحظات على النتائج.

معاييـــر التقييـــم:

- السلوكيات ومدى احترام التعليمات وكذا نشاط الطالب داخل المختبر.
- منهجية العمل التطبيقي وجودة القياسات.
- التفكير العلمي المنطقي ودقة الملاحظات والاستنتاجات الصحيحة.

سلـم التنقيـط كما يلي:

1. التحضير للعمل التطبيقي: 20٪ (04 نقاط).
2. التقرير 40٪ (08 نقاط).
3. اختبار في نهاية الفصل الدراسي على جميع الأعمال التطبيقية 40٪ (08 نقاط).

العمـــل التطبيقـــي رقـــم 01

الانحنـاء البسيـط/ العوارض الناتئـة (الكابولي)

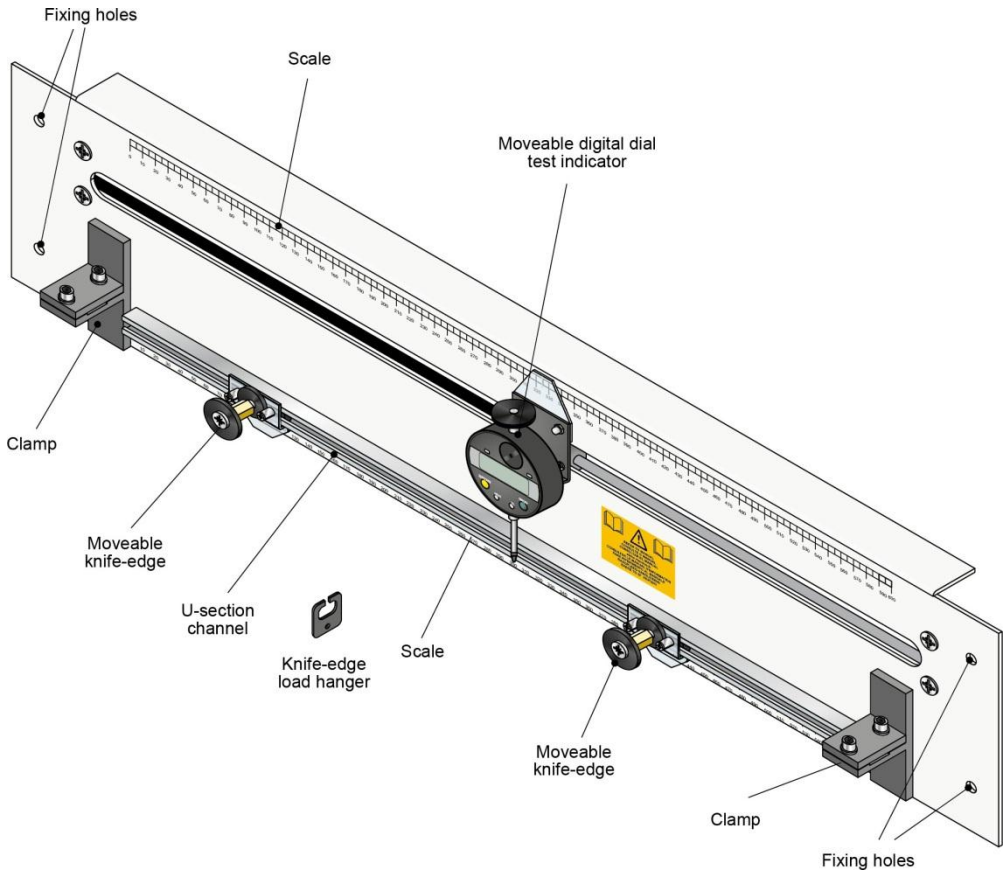
مقدمة:

في هذه التجربة يتم تحديد انحراف عارضة الكابولي. توجد عوارض الكابولي على نطاق واسع في البناء ، ولا سيما في الجسور والرافعات والأرفف والشرفات وغيرها، يعتبر جسر فورث في اسكتلندا مثالاً على جسر ناتئ. ومن الاستخدامات الأخرى تصميم الطائرات ذات الأجنحة الثابتة. لذلك العارضة الناتئة تستخدم على نطاق واسع في مختلف مجالات الحياة.

في جميع التطبيقات الهندسية، عندما نستخدم المكونات المختلفة، عادة ما نشغلها ضمن حدود معينة، أي القيود المفروضة على الأداء وسلوك المكونات حتى لا تتعرض للانهيار والتشوه أو الانحراف.

فالانحراف في مصطلحات الهندسة الإنشائية، يشير إلى حركة العارضة أو العقدة من موقعها الأصلي بسبب القوى والأحمال التي يتم تطبيقها على العنصر. يُعرف أيضًا باسم الإزاحة ويمكن أن يحدث من الأحمال المطبقة خارجيًا أو من وزن الهيكل نفسه نتيجة الجاذبية التي تنطبق عليه. يمكن أن يحدث الانحراف في العوارض، والأعمدة ، والإطارات ، وأي هيكل آخر بشكل أساسي.

الشكل 01. انحراف العوارض وتجربة الكابولي



الشكل 2. مكونات جهاز انحراف العوارض وتجربة الكابولي

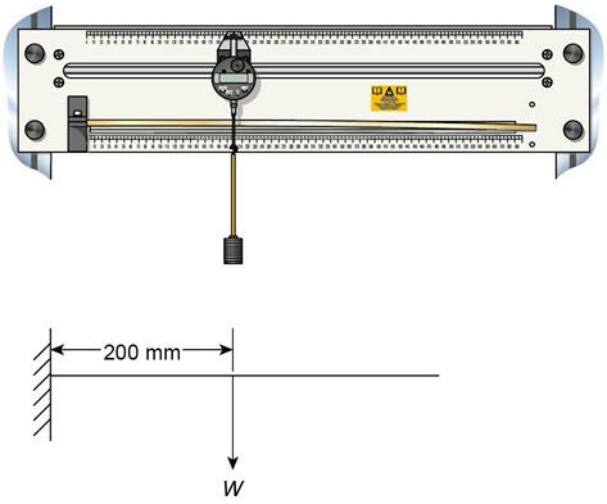
وصف الجهاز:

يوضح الشكل 2 جهاز دراسة انحراف العوارض وتجربة الكابولي، وهو يتكون من لوحة خلفية مع مؤشر قياس رقمي مثبت على عمود افقي منزلق يسمح له بالانتقال بدقة إلى أي موضع على طول عارضة الاختبار، يتم تثبيت مشبكين على اللوحة الخلفية حيث يمكنهما تثبيت العارضة في أي موضع، وكذا تثبيت اثنين من المساند المتنقلة أيضًا في أي مكان على طول العارضة. تسمح القياسات والاطوال المبينة على اللوحة الخلفية بتحديد الموضع الدقيق لمؤشر القياس الرقمي، موضع المساند وكذا موضع الأحمال.

يمكنك الاستعانة بالمعلومات المرجعية الموجودة على اللوحة الخلفية لاستكمال مختلف الحسابات الضرورية.

الإنحـراف النـاتـئ:

في هذا العمل التطبيقي سيتم دراسة الانحراف الناتئ وذلك بتعرض العارضة لأحمال متزايدة في نفس النقطة، سوف نكرر هذه التجربة لثلاث مواد مختلفة لمعرفة فيما إذا كانت خصائص انحرافها تختلف أم متشابهة.



شكل 3. رسم تخطيطي لتجربة الانحراف الناتئ

بالإضافة إلى المعلومات الواردة على اللوحة الخلفية ، أنت بحاجة إلى الصيغة التالية:

الانحراف الاقصى (مقدار الانحناء) هو:

$$Y=WL^3/3EI$$

بحيث:

W: التحميل (نيوتن)

L : المسافة من موضع الشد وموضع التحميل (م)

E : معامل المرونة (يونغ) لمختلف مواد العوارض (نيوتن .م$^{-2}$)

I : عزم العطالة لمقطع العارضة (م^4).

$$I=bh^3/12$$

منهجية العمل:

- باستخدام القدم القنوية، قم بقياس عرض وسمك عوارض الاختبار لكل من: الألومنيوم، النحاس والفولاذ. سجل القيم في جدول النتائج لكل مادة واستخدمها لحساب عزم العطالة لكل عارضة (I).
- قم بإعداد التجربة وضبط التجهيز كما هو موضح في الشكل 3.
- حرك مؤشر القياس الرقمي إلى الموضع الموجود على العارضة، وقم بتثبيته بإحكام باستخدام الصمولة الخلفية. حرك حامل الكتل إلى الموضع الموضح في الشكل 3 .
- اضغط على الإطار برفق وصفّر مؤشر القياس الرقمي باستخدام " زر التصفير".
- قم بتعليق الكتل في حامل الكتل بالزيادات الموضحة في الجدول 2. مع الضغط على الإطار برفق في كل مرة يتم فيها تغيير الكتل. سجل قراءة مؤشر القياس الرقمي لكل كتلة.
- كرر هذه الإجراءات لبقية المادتين الأخريين واملأ جدولًا جديدًا لكل منهما.
- من الضروري تحويل الكتل المستخدمة في التجارب إلى أحمال .

المـــادة	
***E*:** Nm^{-2}	***b*:** mm
***I*:** m^4	***h*:** mm

الكتل (g)	الحمل (N)	الانحراف التطبيقي (mm)	الانحراف النظري (mm)
0			
100			
200			
300			
400			
500			

الجدول 1. نتائج التجربة 1 (العارضة 1)

المــادة	
***E*:** Nm^{-2}	***b:*** mm
I: m^4	***h:*** mm

الكتل (g)	الحمل (N)	الانحراف التطبيقي (mm)	الانحراف النظري (mm)
0			
100			
200			
300			
400			
500			

الجدول 2 . نتائج التجربة 2 (العارضة 2)

المــادة	
***E*:** Nm^{-2}	***b:*** mm
I: m^4	***h:*** mm

الكتل (g)	الحمل (N)	الانحراف التطبيقي (mm)	الانحراف النظري (mm)
0			
100			
200			
300			
400			
500			

الجدول 3. نتائج التجربة 3 (العارضة 3)

المطلوب:

1- احسب الانحراف النظري لكل عارضة واملاء النتائج في الجداول. هل تتنبأ المعادلة بدقة بسلوك العارضة؟

2- في نفس المعلم (XY)، ارسم رسمًا بيانيًا لكل من الانحراف النظري والتطبيقي بدلالة الكتل لجميع العوارض الثلاثة. علق على العلاقة بين الكتلة وانحراف العارضة. ماهي علاقة بين ميل المنحنى لكل رسم بياني ومعامل المرونة (يونغ) لكل مادة؟

3- لماذا يُعد النقر على الإطار فكرة جيدة في كل مرة يتم فيها أخذ قراءة من مؤشر القياس الرقمي؟

4- ماهي خلاصتك واستنتاجاتك؟

5- قم بتسمية ثلاثة تطبيقات عملية على الأقل لهيكل ناتئ.

العمـل التطبيقـي رقـم 02

الانحنـاء البسيـط / عارضـة ثنائية المسنـد

مقدمة:

سيتم دراسة انحراف العارضة ثنائية المسند البسيط التي تتعرض لحمل مركزي نقطي متزايد. يعتمد انحراف العارضة على طولها وشكل مقطعها والمادة المتكونة منها ونقطة تطبيق القوة وموضع ونوع المساند. وعلى سبيل المثال نجد هذا الشكل من التحميل في عديد النماذج الحياتية منها نموذج عربة القطار أو هيكل السيارة وغيرها...، والتي تعتمد على توزيع الوزن الإجمالي على كل محور من المحاور.

وغالبا ما نستخدم المواد المتجانسة والمرنة خطيًا في جميع الدراسات، فالانحراف عند أي نقطة على محور العارضة هو المسافة بين موضعها الاصلي قبل التحميل وبعده.

في هذا العمل التطبيقي سيتم دراسة انحراف العارضة ثنائية المسند التي تتعرض لحمل موضعي متزايد مع تغير المسافة بين المسندين وهذا لإيجاد العلاقة بين الانحراف و المسافة بين المسندين.

بالإضافة إلى المعلومات الواردة على اللوحة الخلفية ، ستكون بحاجة إلى الصيغة التالية:

الانحراف الاقصى في هذه الحالة هو:

$$Y_{MAX} = WL^3/48EI$$

حيث:

W: التحميل (نيوتن)

L : المسافة بين المسندين (م)

E : معامل المرونة (معامل يونغ) لمختلف مواد العوارض (نيوتن .متر $^{-2}$)

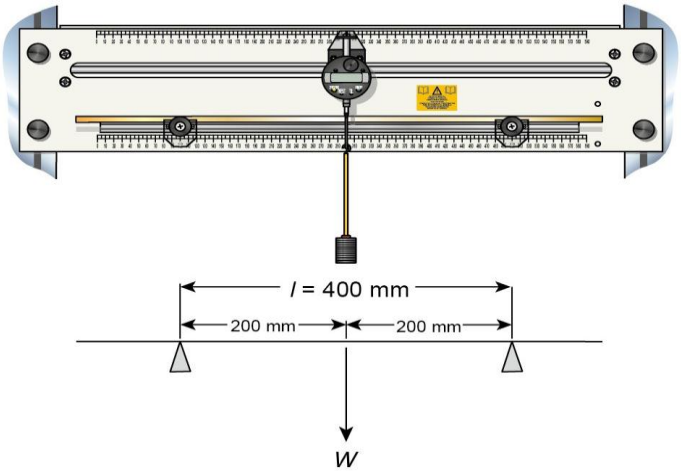
I : عزم العطالة لمقطع العارضة (م^4).

$$I=bh^3/12$$

المرحلة الأولى:

باستخدام القدم القنوية، قم بقياس عرض وسمك عارضة اختبار الألومنيوم. سجل القيم في جدول النتائج واستخدمها لحساب عزم العطالة (I) الخاص بها.

قم بضبط المسافة بين المسندين 400 مم، و بإعداد العارضة كما هو موضح في الشكل 1.



الشكل 1. رسم تخطيطي لتجربة الانحناء البسيط لعارضة ثنائية المسند (مسافة ثابتة مع حمولة متغيرة)

منهجية العمل:

- قم بتحريك مؤشر القياس الرقمي حسب الموضع الموجود على العارضة، وثبته بإحكام باستخدام العجلة الخلفية. حرك حامل الكتل إلى الوسط حسب الموضع الموضح في الشكل 1
- اضغط على الإطار برفق وصفّر مؤشر القياس الرقمي باستخدام " زر التصفير".
- قم بتعليق الكتل في حامل الكتل بالزيادات الموضحة في الجدول 1. مع الضغط على الإطار برفق في كل مرة يتم فيها تغيير الكتل. سجل نتائج قراءة مؤشر القياس الرقمي لكل كتلة.
- من الضروري تحويل الكتل المستخدمة في التجارب إلى أحمال .

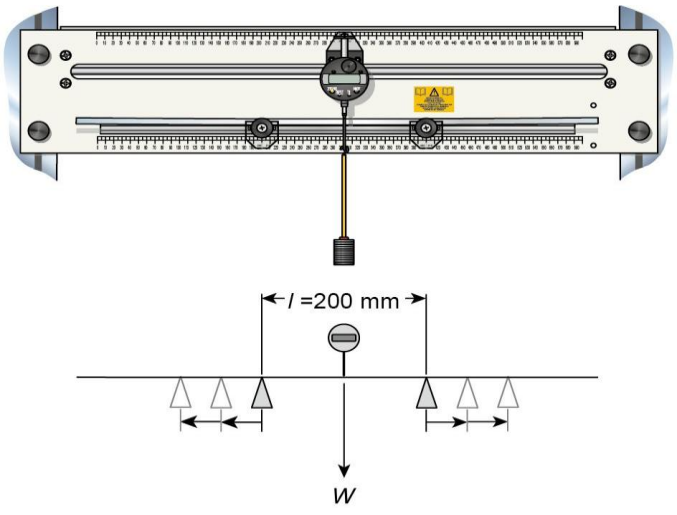
المـــادة			
***E*:**	Nm^{-2}	***b*:**	mm
***I*:**	m^4	***h*:**	mm

الكتل (g)	الحمل (N)	الانحراف التطبيقي (mm)	الانحراف النظري (mm)
0			
100			
200			
300			
400			
500			

جدول 1. نتائج تجربة المرحلة الاولى (مسافة ثابتة مع حمولة متغيرة)

المرحلة الثانية:

قم بإعداد عارضة الاختبار بطول 200 مم، ثم تأكد أن مؤشر القياس الرقمي وحامل الكتل لا يزالان في المركز، كما هو موضح في الشكل 2.



الشكل 2. رسم تخطيطي يوضح إعداد العارضة (حمولة ثابتة وطول متغير)

- اضغط برفق على الإطار وصفر مؤشر القياس الرقمي باستخدام " زر التصفير". ضع كتلة 500 غ وسجل مقدار الانحراف في الجدول 2. كرر هذه الإجراءات لكل زيادة في طول العارضة (بين المسندين).

الطول **(mm)**	؟	الانحراف **(mm)**
200		
260		
320		
380		
440		
500		
560		

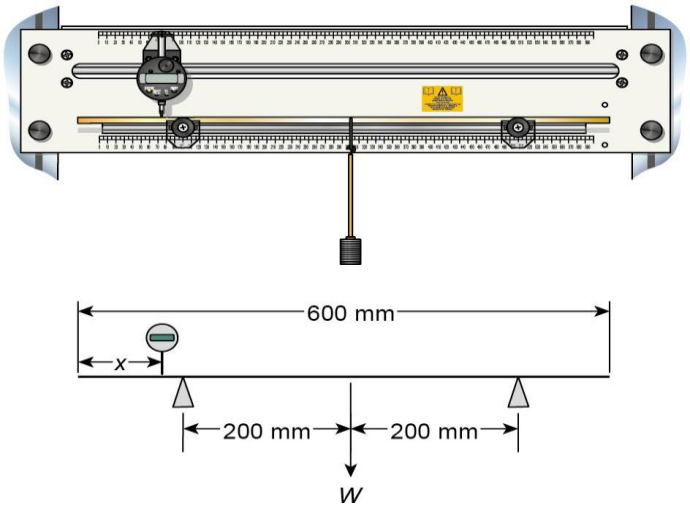
الجدول 2. نتائج تجربة المرحلة الثانية (حمولة ثابتة وطول متغير)

المطلوب:

- من الجدول 1 ، ارسم رسمًا بيانيًا للإنحراف النظري والتطبيقي بدلالة الكتلة المطبقة على العارضة ثنائية المسند. علق على الرسم البياني. أوجد معادلتهم؟
- افحص المعادلة المتحكمة في انحراف العارضة. ما هي العلاقة بين الانحراف وطول العارضة؟ اختبر هذا الفرضية بملء العمود الفارغ من الجدول 2 بالمتغير المناسب. ارسم رسمًا بيانيًا مناسبا وعلق عليه.
- أذكر مثال واحد على الأقل يكون فيه هذا النوع من الانحناء مرغوبًا فيه وآخر غير مرغوب فيه.
- ماهي خلاصتك؟.

المرحلة الثالثة: شكل العارضة اثناء الانحراف

توضح هذه التجربة كيف يختلف انحراف العارضة المحملة باختلاف الامتداد الطولي.



الشكل 3. يمثل رسم تخطيطي لعارضة اثناء الانحراف البسيط

منهجية العمل:

- قم بإعداد التجهيزات وعارضة الاختبار كما هو موضح في الشكل 3.
- مرر مؤشر القياس الرقمي إلى الموضع الصفري على عارضة الاختبار، وباستخدام الزر "±" ، اضبطه بحيث تصبح الحركة باتجاه الاسفل (الهبوطية) سالبة. حرك حامل الكتل إلى الموضع الصحيح على العارضة.
- اضغط على الإطار برفق. قم بتصفير مؤشر القياس الرقمي باستخدام " زر التصفير". وسجل قيم القياس المرجعية عند كل موضع اثناء تحريك مؤشر القياس الرقمي بحذر إلى المواضع الموضحة في في الجدول 3. تذكر أن تنقر على الإطار في كل مرة يتم فيها أخذ القراءة.
- ضع كتلة 500 غ في حامل الكتل وصفّر مؤشر القياس الرقمي. تأكد من أن موضع مؤشر القياس الرقمي عند حامل الكتل بالضبط.
- مرّر مؤشر القياس الرقمي على طول عارضة الاختبار المحملة من اجل تسجيل الانحرافات.

موضع مؤشر القياس من اليسار **(mm)**	القراءة المرجعية **(mm)**	القراءة عند التحميل **(mm)**	الانحراف **(mm)**
0			
20			
40			
60			
80			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
400			
450			
500			
550			
600			

الجدول 3. نتائج تجربة المرحلة الثالثة

المطلوب:

- احسب الانحراف الحقيقي عند المساند وكذا عند موضع التحميل. ما أهمية أخذ قيم الانحراف عند المساند في هذه التجربة؟
- ارسم مخططًا للانحراف بدلالة موضع مؤشر القياس على طول العارضة. ما هو الشكل الذي يتخذه الانحراف خارج حدود المساند؟ لماذا هذا؟
- باستخدام الطريقة (النظرية) المناسبة، احسب الانحراف الحقيقي للعارضة (ضمن حدود المساند) وأضف البيانات إلى الرسم البياني. هل النظرية المستخدمة تتنبأ بدقة بشكل العارضة المنحرفة؟

العمـل التطبيقـي رقـم 03

دراســة قــوى القـــص في العارضـة

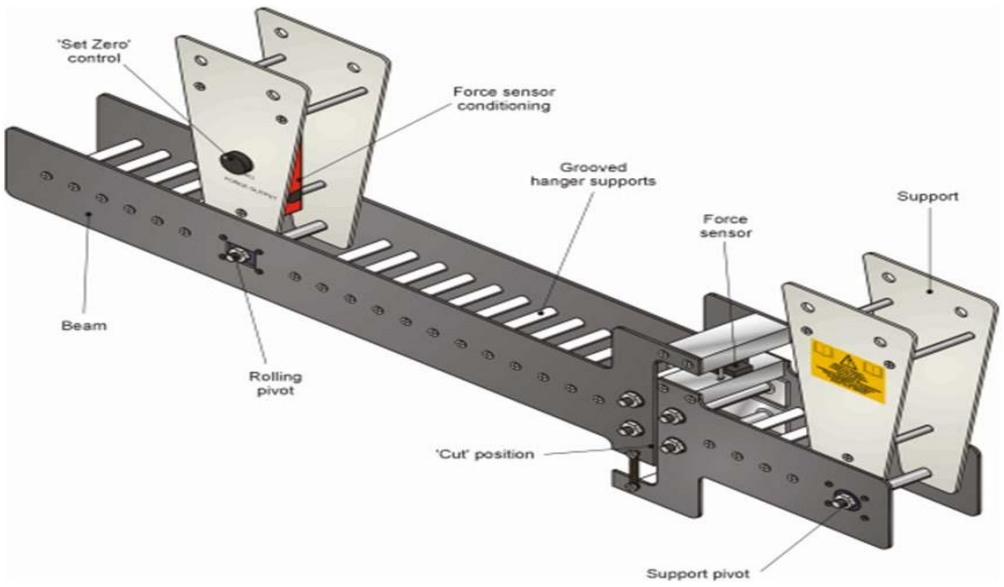
مقدمـة:

يستخدم مفهوم القص في عدة مجالات، فيقال إن العارضة تخضع لإجهاد القص البسيط عندما تتعرض لاثنين من قوى متساوية ومتعاكسة في الاتجاه بشكل مباشر لهما حامل في نفس المستوى عمودي على الخط الأوسط. تحت تأثير هاتين القوتين ، تميل الحزمة إلى الانفصال الى قسمان "أ" و "ب" ينزلقان بالنسبة لبعضهما البعض في مستوى المقطع العرضي. والقص يزداد كلما اقتربنا من الخطوط المحايدة، فيتم تطبيق القوى الخارجية بالتوازي مع المقطع، أي عموديًا على المنحنى المتوسط في حالة القص البسيط.

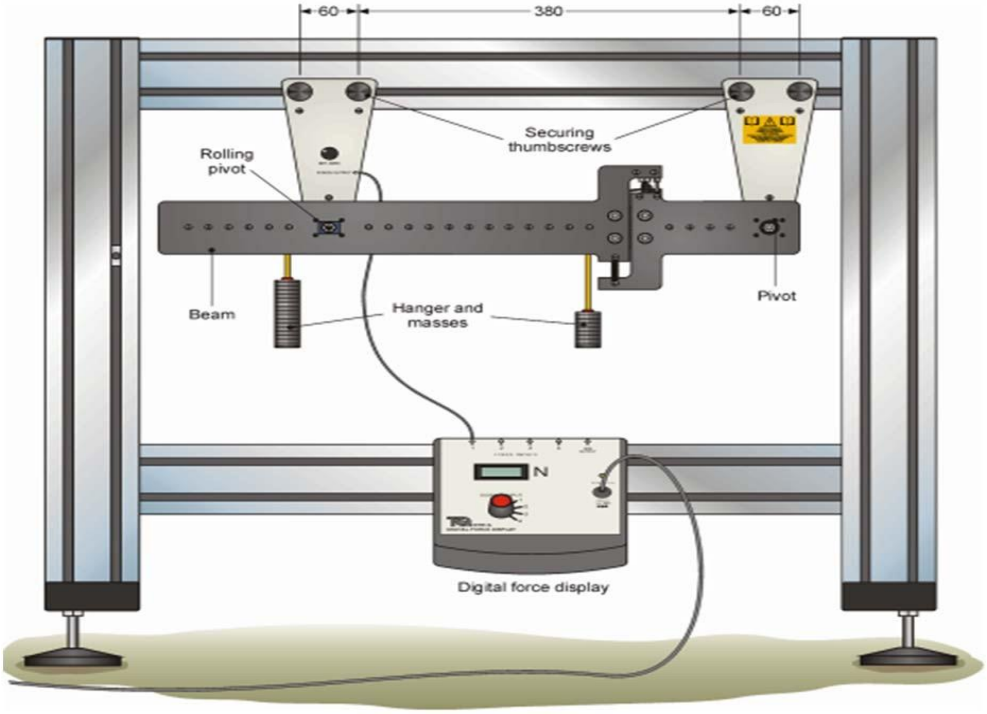
هذا العمل التطبيقي عبارة عن عرض توضيحي لأداء التجارب المتعلقة بتحديد قوة القص في العارضة.

وصف الجهـاز:

يتكون الجهاز من عارضة مقطوعة إلى جزأين ، العارضة معلقة باستخدام دعامتين في الاطار الهيكلي، حيث يتيح مستشعر القوة المثبت في العارضة قياس قوة القص وعرضها على الشاشة الرقمية، على عارضة الاختبار هناك مواضع (شق) لحامل الأوزان كل 20 مم، وهو موضح في الشكل1.



الشكل1. جهاز لدراسة قـوة القـص في العارضة.



الشكل 2. جهاز لدراسة قوة القص مركب على الإطار.

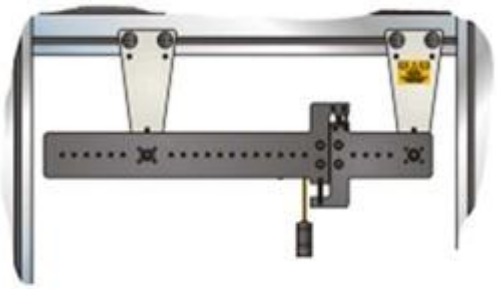
تحضير الجهاز:

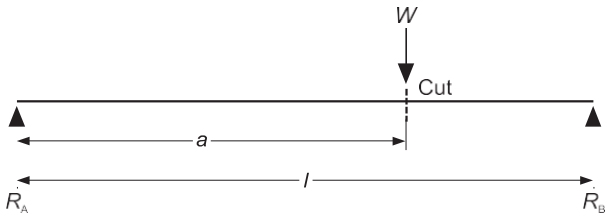
- تحقق من أن شاشة عرض القوة الرقمية في وضع "التشغيل"، ثم قم بتوصيل السلك الواصل الكهربائي DIN الصغير بإدخال "Force Input 1" للشاشة في المقبس الذي يحمل علامة"Force Output" على الدعامة اليسرى للعارضة.
- تأكد من أن السلك الواصل الكهربائي لا يلمس العارضة.
- اضبط الصفر باستخدام الزر الموجود على الجانب الأيسر من العارضة.
- اضغط برفق بإصبعك على منتصف العارضة ثم اتركها (حررها).
- أعد التصفير إذا لزم الأمر، كرر العملية للتأكد من أن قيمة القياس تعود إلى الصفر.

ملحوظة: إذا كان القياس يظهر فقط + - 0.1 N، فإضغط برفق على الهيكل (قد يكون هناك خلل طفيف وهذا من شأنه ازالته).

المرحلة الاولى: دراسة تغيّر قوة القص بتغير التحميل عند نقطة ثابتة.

تتيح هذه التجربة دراسة تغير قوة القص بدلالة التحميل المطبق في نفس النقطة.





الشكل 3. رسم تخطيطي لطريقة تحميل العارضة.

منهجية العمل:

- تحقق من أن شاشة عرض القوة الرقمية تظهر صفرًا بدون تحميل.
- ضع كتلة وزنها 100غ على يسار نقطة القطع للعارضة وسجل قيمة القوة المعروضة على الشاشة.
- كرر الإجراء باستخدام الكتل: 200غ، 300غ، 400غ و 500غ.
- سجل قيم المتحصل عليها في الجدول 2.

الكتلة (g)	الحمولة (N)	قوة القص التجريبية (N)	قوة القص النظرية (N)
0			
100			
200			
300			
400			
500			

الجدول 2. نتائج تجربة المرحلة الاولى.

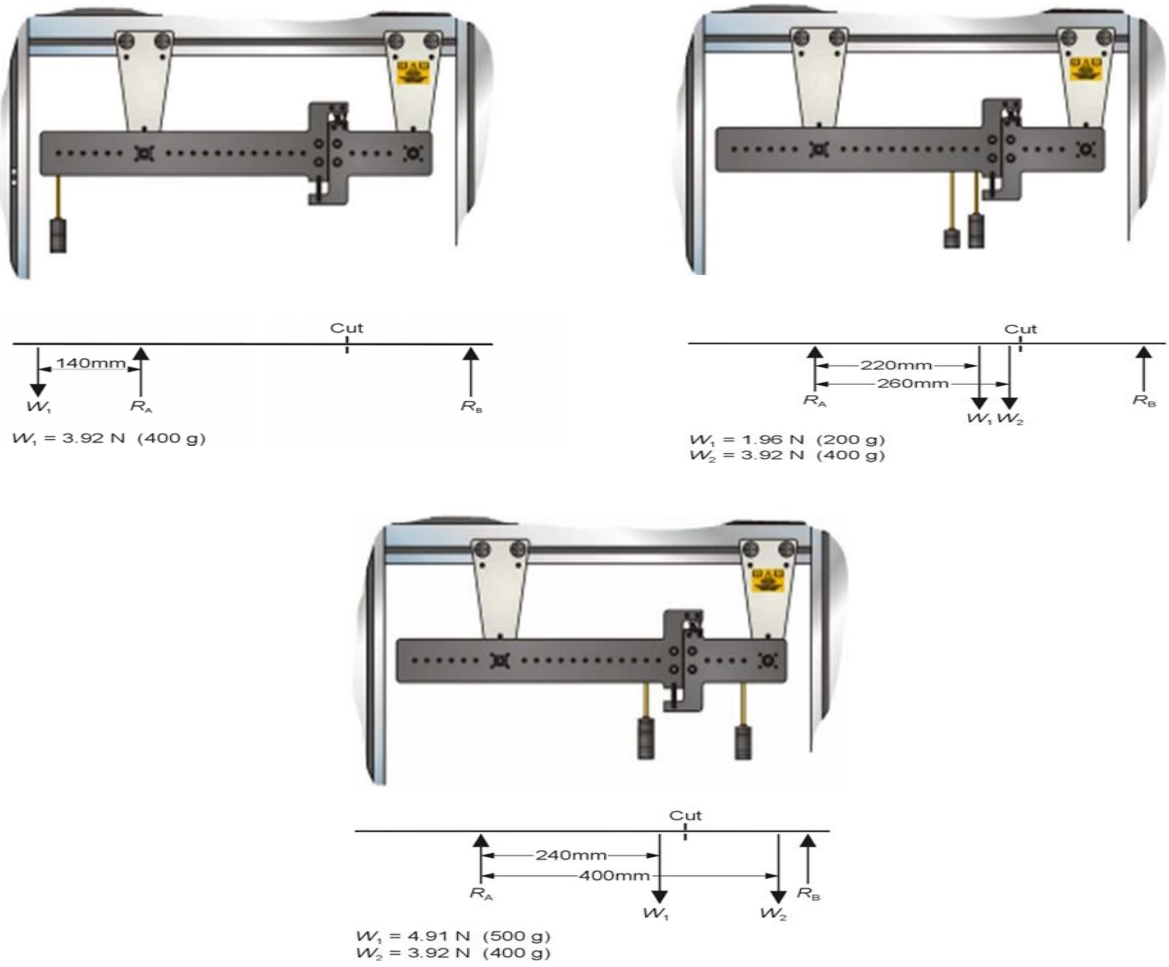
المطلــوب:

1. احسب قـوة القص النظرية واملأ الجدول رقـم 02.
2. هل قـوة القص النظرية تتوافق مع قـوة القص التجريبية؟.
3. ارسم على نفس المعلـم المنحنى النظري والتجريبي لقوة القص بدلالة التحميل.
4. علق على شكل المنحنى الذي تـم الحصـول عليه وماهي استنتاجاتك؟.

المرحلة الثانية:

دراسة تغير قوة القص بتغير نقاط التحميل المختلفة.

توضح الأشكال الموالية نماذج لتحميل العارضة بطرق المختلفة.



الشكل4. رسم تخطيطي لمختلف مواضع تحميل العارضة.

منهجيــة العمــل:

- تحقق من أن شاشة عرض القوة الرقمية تشير إلى الصفر بدون تحميل.
- قم بتحميل العارضة تدريجيًا (قيم الحمل موضحة في الجدول03).
- سجل النتائج التي تم الحصول عليها من شاشة العرض.
- كرر نفس الشيء مع المجموعتين الأخريين.

الشكل	W_1 (N)	W_2 (N)	(N) قوة القص التجريبية	R_A(N)	R_B(N)	(N) قوة القص النظرية
4	3.92	/				
5	1.96	3.92				
6	4.91	3.92				

الجدول 3. نتـائج تجربة المرحلة الثانية.

ملاحظة: قوة القص في المقطع عند موضع "القطع" تساوي المجموع الجبري للقوى الموجود على يسار القطع أو يمينه.

المطلــوب:

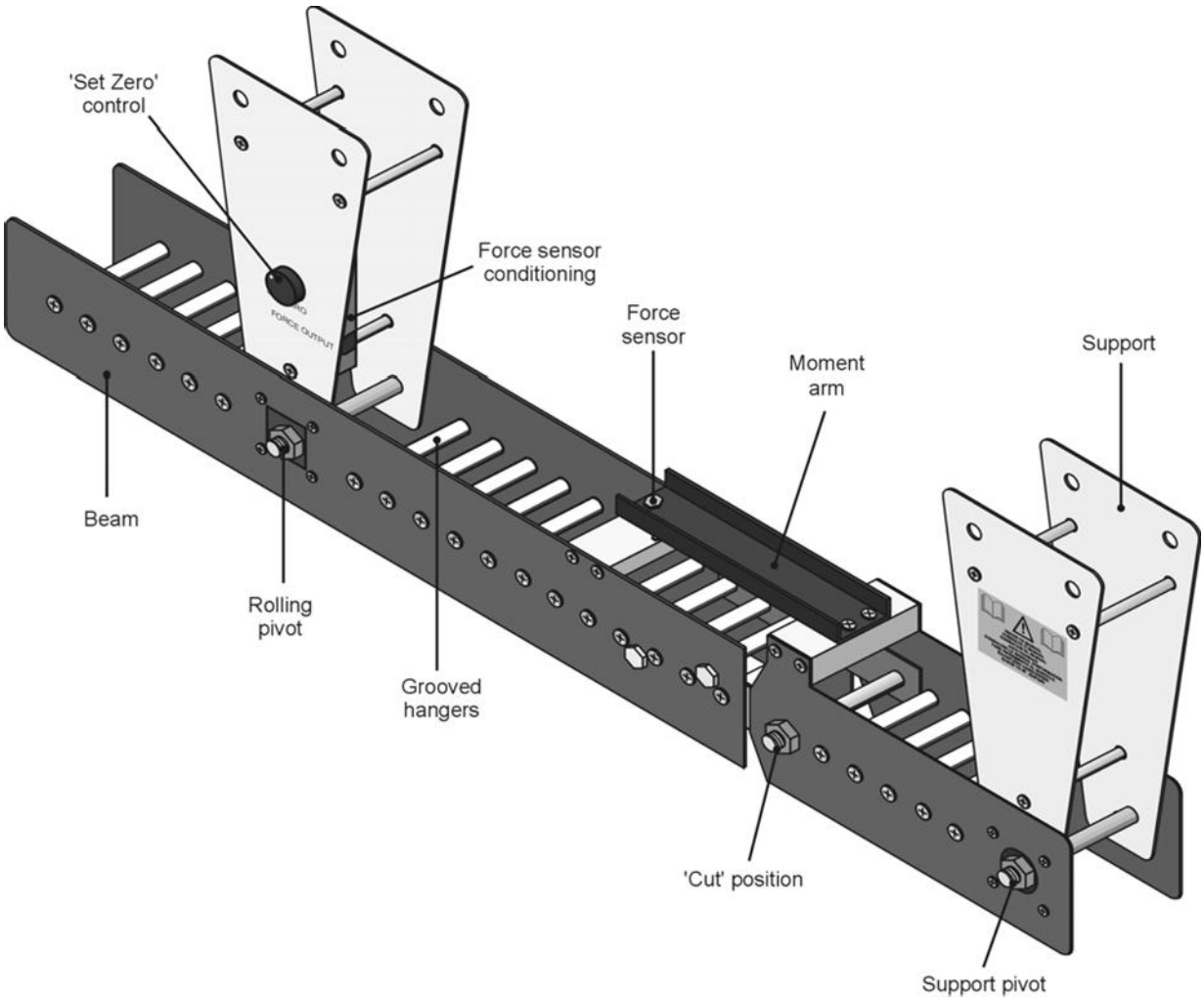
1. أحسب قيم ردود الافعال R_A و R_B في الحالات الثلاث.
2. استنتج قوة القص النظرية عند المقطع لكل حالة.
3. املأ الجدول 3 كاملا.
4. قارن بين القيم النظرية والتجريبية وماذا تستنتج؟.

العمـل التطبيقـي رقـم 04

عـزم الانحنـاء في العارضـة

مقدمـة:

عزم الانحناء هو عبارة عن قوة تقاس عادة بالقوة × الطول (على سبيل المثال N.m). يحدث عزم الانحناء عندما يتم تطبيق قوة على مسافة معينة بعيدًا عن النقطة المرجعية (مركز الثقل) مما يسبب في تأثير الانحناء. إذا لم يكن الجسم مقيدًا جيدًا، فإن قوة الانحناء ستؤدي إلى تدوير العنصر أو الجسم. ولحساب عزم الانحناء بالنسبة لنقطة مرجعية، فإننا نأخذ مقدار القوة ونضربها في المسافة بين نقطة تطبيق القوة والنقطة المرجعية. يجب أن تكون القوة عمودية على الخط الفاصل بين النقطة التي يتم فيها تطبيق القوة والنقطة المرجعية.

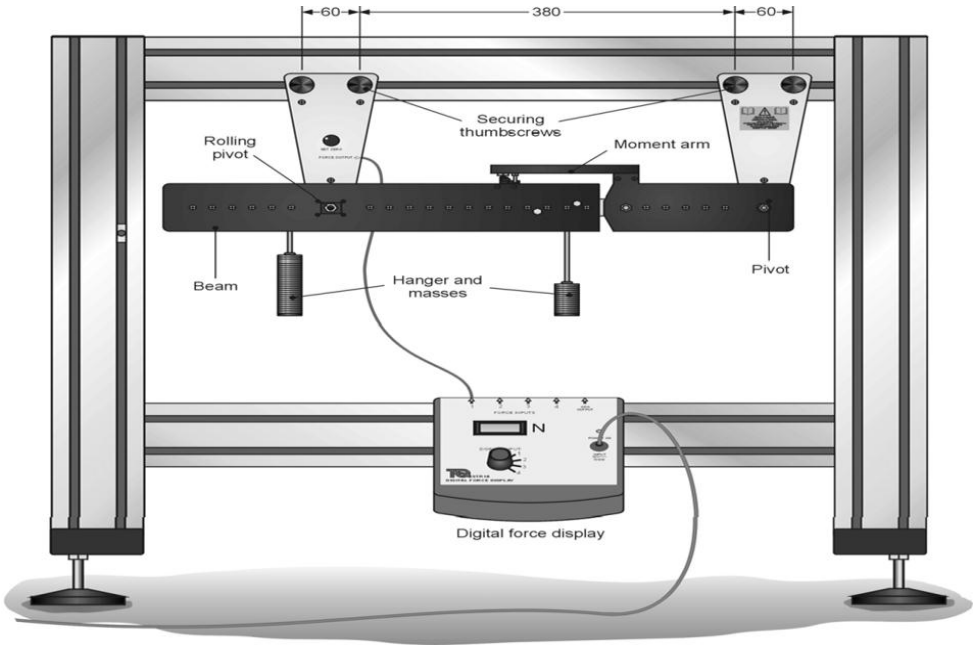


الشكل 1. يوضح جهاز دراسة عزم الانحناء في العارضة.

وصف الجهاز:

يوضح الشكل 1 عزم الانحناء في العارضة (تجربة). يتكون من عارضة "مقطوعة" ومربوطة في نفس الوقت بواسطة محور لمنع العارضة من السقوط، يوجد في الذراع حسّاس خاص لقياس قوة التحميل التي تفتعل الانحناء. تعرض الشاشة الرقمية القوة المطبقة للتحميل.

يوضح الرسم البياني على العارضة اليسرى هندسة العارضة ومواضع التعليق. كل مواضع التعليق متباعدة بـ 20 مم عن بعضها البعض ولها أخاديد مركزية تعلق بها الكتل. يبلغ طول ذراع العزم 125 ملم.



الشكل 2. عزم الانحناء في العارضة كجزء من الهيكل.

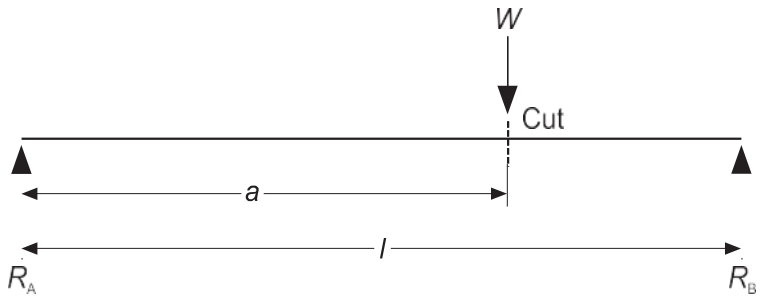
المرحلة الاولى:

صفر بعناية جهاز قياس القوة المطبقة باستخدام القفل المخصص لذلك. ضع حمولة صغيرة برفق بإصبع واحد في مركز العارضة ثم اسحبها. أعد ضبط العداد (تصفيره) إذا لزم الأمر. كرر العملية للتأكد من أن العداد يعود إلى الصفر.

ملحوظة: إذا كان العداد $\pm$ N0.1 فقط ، فاضغط على الإطار برفق (قد يكون هناك القليل من الاحتكاك وهذا يجب تصحيحه والتغلب عليه).

التجربة 1: تغيير عزم الانحناء عند نفس نقطة التحميل

تدرس هذه التجربة في كيفية اختلاف عزم الانحناء عند نقطة التحميل. حسب ماهو موضح في الشكل3 .



الشكل 3. مخطط تمثيل القوى المطبقة على العارضة.

المعادلة التي تستخدم للحساب في هذه التجربة هي:

$$M_{f\ (\text{عند القطع})} = W.a\,\frac{(l-a)}{l}$$

منهجية العمل:

- تحقق من أن مقياس القوة الرقمي يقرأ الصفر بدون تحميل.
- ضع كتلة 100 غ عند "القطع" بالضبط. سجل قراءة جهاز القياس الرقمي للقوة في الجدول1.
- كرر باستخدام الكتل 200 غ و 300 غ و 400 غ و 500 غ.
- قم بتحويل الكتل إلى أحمال (من غ الى نيوتن) وقراءة القوة (N) . وحساب عزم الانحناء (Nm).

تذكير: عزم الانحناء عند القطع (نيوتن متر) = القوة المعروضة * 0.125.

احسب عزم الانحناء النظري عند القطع وأكمل الجدول1.

الكتلة (g)	الحمل (N)	القوة (N)	عزم الانحناء التجريبي (Nm)	عزم الانحناء النظري (Nm)
0				
100				
200				
300				
400				
500				

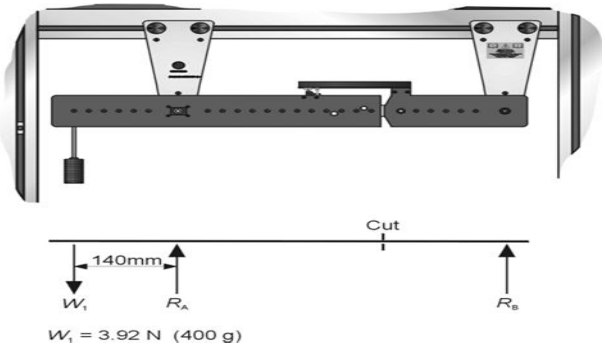
الجدول 1. نتائج التجربة1.

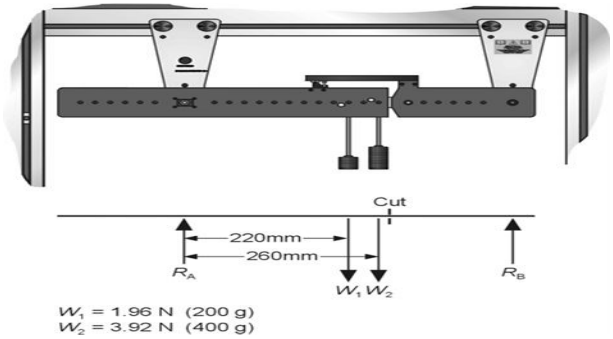
المطلـوب:

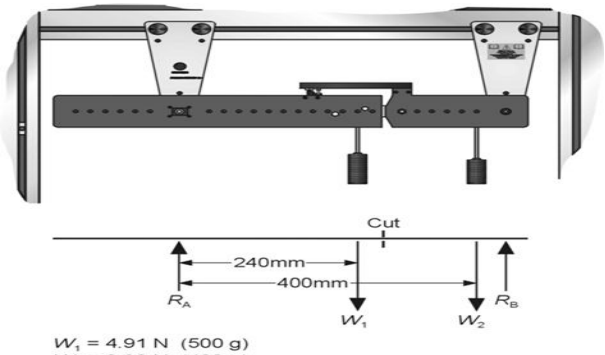
- ارسم رسمًا بيانيًا يقارن نتائجك التجريبية بتلك النظرية التي قمت بحسابها.
- علق على الرسم البياني. أوجد معادلتهم . ماذا يخبرنا عن تباين عزم الانحناء عند نقطة التحميل؟
- هل المعادلة التي استخدمتها تتنبأ بدقة بسلوك العارضة؟

التجربة 2: تغيير عزم الانحناء بعيدًا عن نقطة القطـع.

تبين هذه التجربة اختلاف عزم الانحناء خارج موضع قطع العارضة لمختلف مواضع التحميل المختلفة. توضح الأشكال 4 و 5 و 6 التالية مخططات موضع تطبيق القوى.







سوف نستخدم النظرية التالية:

"عزم الانحناء عند القطع " يساوي " المجموع الجبري للعزوم التي تسببها القوى المؤثرة على يسار أو يمين القطع".

تحقق من أن مقياس القوة الرقمي يقرأ الصفر بدون تحميل.

قم بتحميل العارضة بحذر حسب المواضع الموضحة في الأشكال 4، 5، 6 السابقة الذكر ، باستخدام الأحمال الموضحة في الجدول2. سجل قراءة جهاز عرض القوة الرقمية في نفس الجدول 2.

تذكير: عزم الانحناء عند القطع (نيوتن. متر) = القوة المعروضة * 0.125.

الشكل	W_1 **(N)**	W_2 **(N)**	القوة **(N)**	عزم الانحناء التجريبي **(Nm)**	R_A **(N)**	R_B **(N)**	عزم الانحناء النظري **(Nm)**
4	3.92						
5	1.96	3.92					
6	4.91	3.92					

الجدول 2. نتائج التجربة 2.

المطلـوب:

- احسب قيـم ردود افعال المساند (R_A و R_B). وعزم الانحناء النظري عند القطع.
- قارن النتائج التجريبية والنظرية المحسوبة وعلـق عليها.
- ماهي استنتاجاتك؟

العمـل التطبيقــي رقــم 05

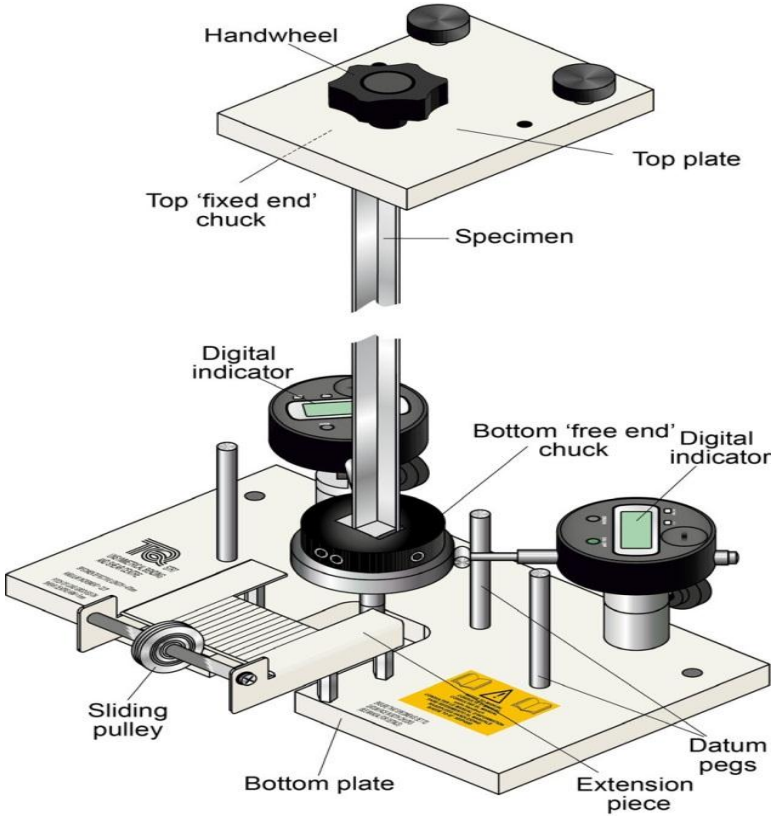
الالتــواء ومركــز القــص

مقدمة:

الالتواء عبارة عن ضغوط خارجية على مكونات الهيكل. يمكن أن تؤدي هذه الضغوط و الاجهادات حتما الى تشوهات. هذه الاخيرة تتأثر بعدة عوامل مثل: نوع المادة، المقطع، الطول، نوع المساند، تأثير القوة على استقرار الهيكل. فهذا النوع من الضغط شائع جدًا في الهياكل الميكانيكية. تتعرض هياكل الهندسة المدنية للالتواء بشكل مستمر وهذا يستلزم أن القوى الخارجية يجب أن تنتمي بالضرورة إلى مستوى عمودي على ذلك العنصر، ويتم أخذ ذلك في الاعتبار فقط عند تحليل الهياكل ثلاثية الأبعاد، مثل تركيب أنابيب لنظام تبريد لمحطة طاقة نووية. فأثناء تطبيق الضغط لعزم الالتواء، تلتف القضبان حول محورها. يتم وصف الإجهاد الالتوائي أيضًا بزاوية الالتواء. وفقًا لقانون هوك، فإن زاوية الالتواء تتناسب مع عزم الدوران الخارجي، ومن خلاله يمكن ايضا تحديد موضع مركز القص.

يبين هذا العمل التطبيقي كيفية إعداد وإجراء التجارب المتعلقة بالالتواء وتحديد مركز القص للعوارض.

الشكل 1. جهاز دراسة الالتواء ومركـز القــص

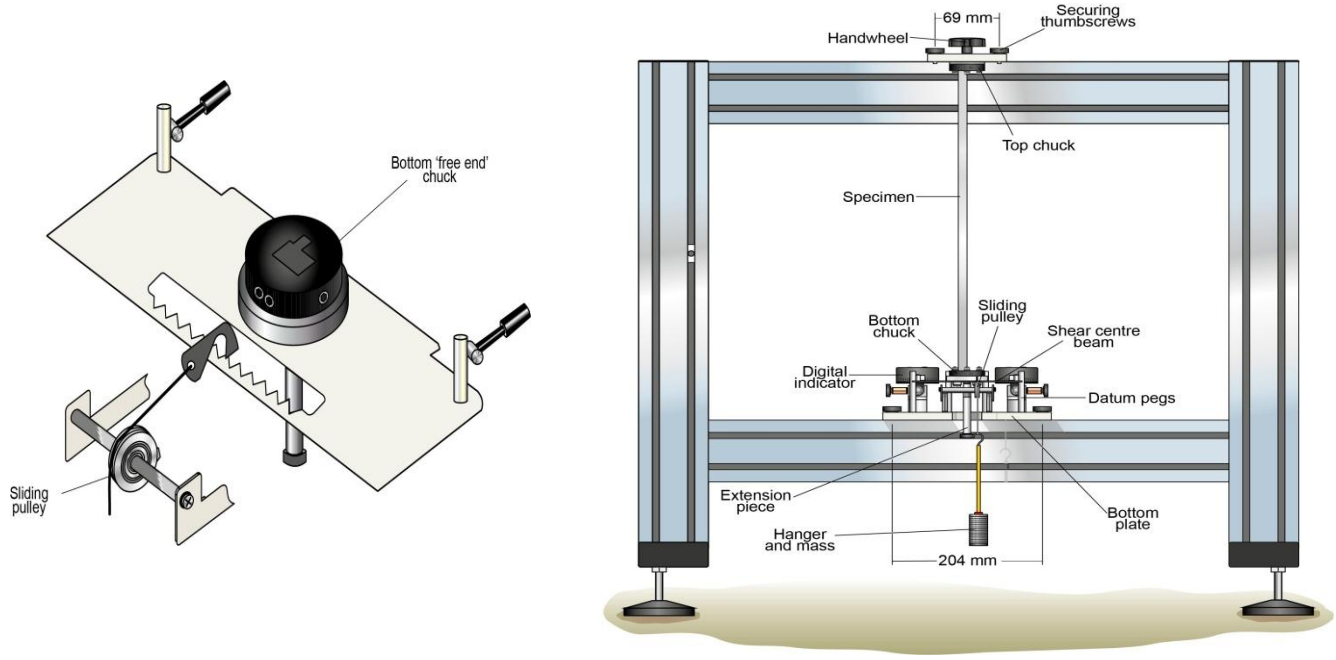


الشكل 2. تجربة الالتـواء ومركـز القـص

وصف الجهاز:

يوضح الشكل 2 جهاز تجربة الالتواء ومركز القص. ويتكون من لوحة علوية وبرغي مثبت، ولوحة سفلية بمؤشرين قياس رقميين ، ومثبت سفلي حر "طرف حر" بالاضافة الى عينات الاختبار (عوارض). يتم تثبيت اللوحة العلوية بالمثبت العلوي في إطار الاختبار ، واللوحة السفلية بالمثبت السفلي.

يتم تثبيت العينة (عارضة الاختبار على شكل U) في اللوحة العلوية. تحتوي اللوحة السفلية على مؤشرين رقميين يمكن ترتيبهما بالتوازي مع بعضهما البعض في تجربة مركز القص. يؤمن المثبت السفلي بالنهاية "الحرة" للعينة ويتصل بالمؤشرين. يسمح هذا الترتيب بقياس الانحراف النهائي للعينة في الاتجاهين. يتم تطبيق القوة على الوتد الموجود على المثبت السفلي.



الشكل 3. تجربة الالتواء ومركز القص في إطار الهيكل

منهجية العمـل:

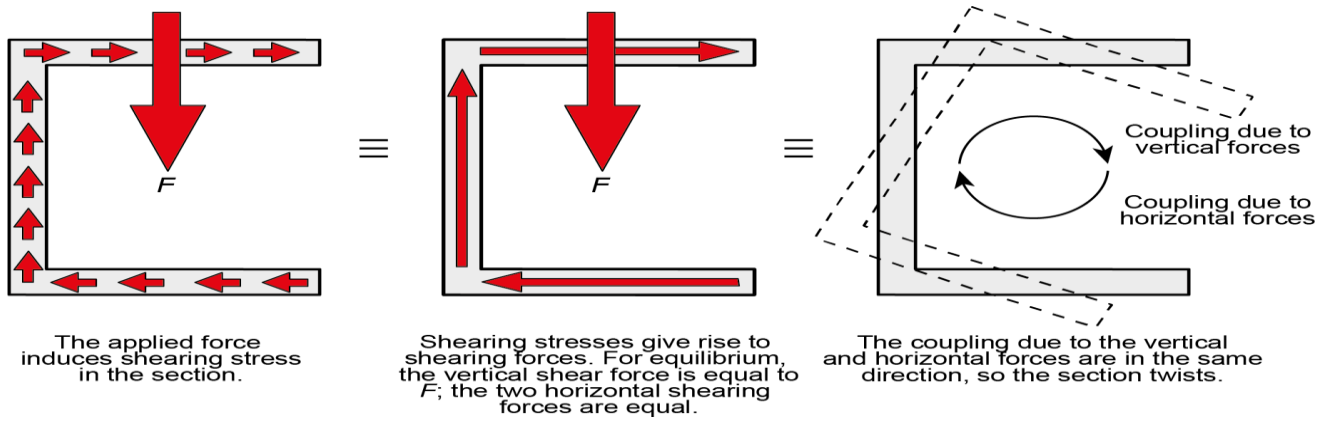
- تأكد من إعداد الجهاز على النحو الموجود في الشكل 3. قم بفك البراغي اللولبية الموجهة للخلف على رؤوس المؤشر ، وقم بضبط المؤشرات لتلامس مسامير الإسناد الخارجية واقفل البراغي الإبهامية . هذا يجعل المؤشرين متوازيين.
- ضع عارضة الاختبار ذات الشكل "U" في الجزء السفلي من الحامل في الموضع الصحيح. قم بملاءمة الجزء العلوي من العينة في الحامل العلوي في نفس الموضع مما يضمن أن العينة مضبوطة بشكل دقيق وأن جميع البراغي مشدودة باحكام وكذلك عجلة اليد العلوية.
- تأكد من أن المؤشرات لها حركة متساوية تقريبًا للأمام وللخلف على أوتاد ذراع القص. إذا لم يكن الأمر كذلك ، فقم بفك المسمار العلوي للمؤشر ، وحرك المؤشر إلى الموضع الصحيح وشد البرغي .
- في هذه التجربة، سنقوم عن قصد بتحميل عارضة الاختبار "U" بشكل عشوائي في مواضع مختلفة من كل جنب من جوانب مركز القص وقياس مقدار حركة الالتواء باستخدام مؤشرات القياس. يمكننا بعد ذلك ايجاد والتأكد من موضع مركز القص، لأنه هو نفسه النقطة الصفرية (أي عندما تكون قراءات المؤشرين متطابقة).

- اضغط على الإطار برفق لتقليل تأثير الاحتكاك وصفر المؤشرات. ضع حمولة مقدارها 500 غ على الشق الأيسر عند العلامة 25 مم). مع وجود الحبل فوق البكرة، تأكد من أن البكرة والحبل يظلان موازيين للخطوط الموجودة على اللوحة أدناه.
- سجل قراءات المؤشرين الأيسر والأيمن الناتجة في الجدول1. كرر نفس الحمل في مواضع الشق الأخرى مع ضمان بقاء الخيط متوازيًا في جميع الأوقات.

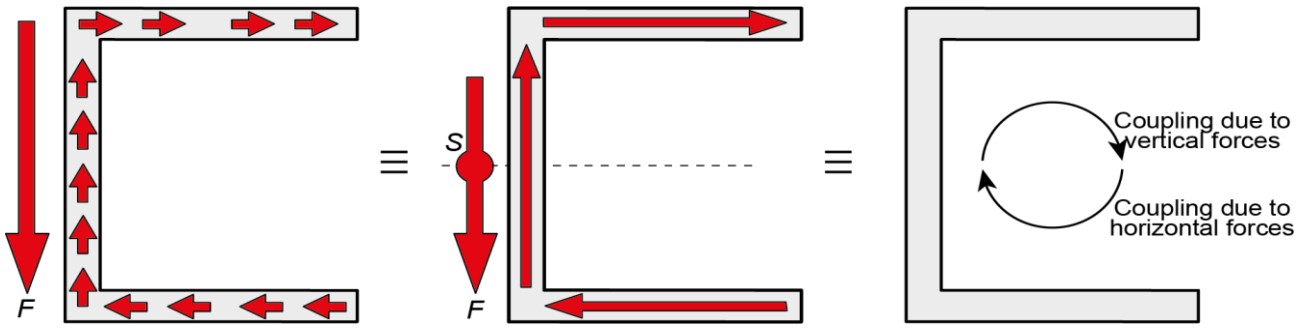
التحليل الفيزيائي للظاهرة:

سوف تلتوي العارضة دائمًا عند تحميلها ما لم يتم تطبيق الحمل في موضع يُعرف باسم مركز القص، فسيكون الانحناء مصحوبًا بإجراء التواء. يوضح الشكل 4 عارضة الاختبار في الشكل "U" محملة بقوة F (على جانبها). يقوم الحمل بإفتعال ضغوط القص على كامل مساحة المقطع الناتج عن قوة القص. لتحقيق التوازن يجب أن توازن القوة الرأسية الحمل المطبق ويجب أن تكون قوتا القص الأفقيتان متساويتين ومتعاكستين. تشكل القوتان الأفقيتان عزم دوران ، تجتمعان من اجل التواء العارضة.

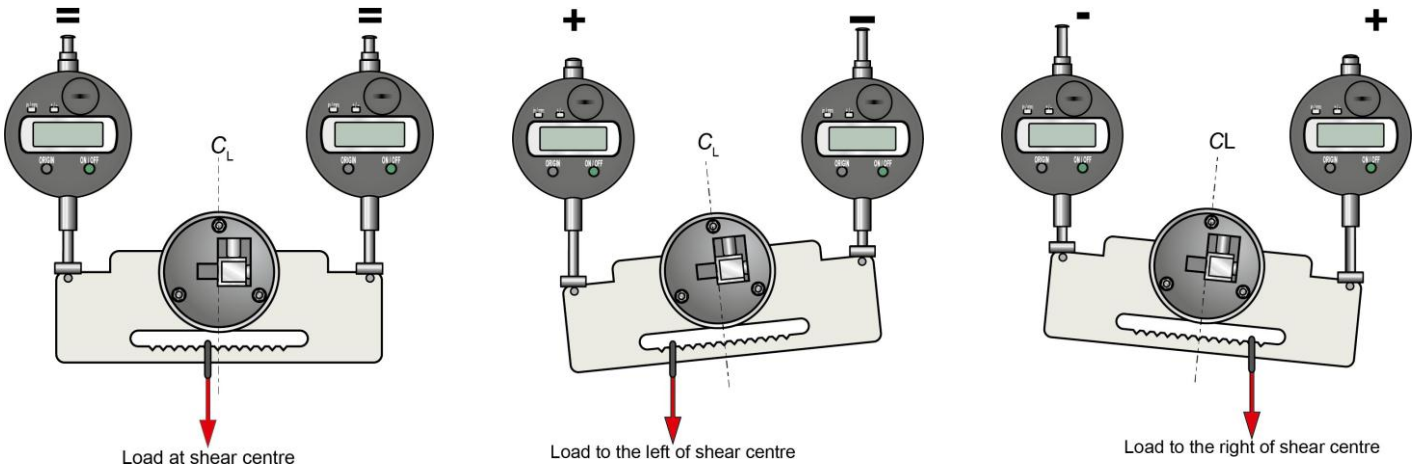
ومع ذلك، إذا تم تحميل العارضة في مركز القص S كما هو موضح في الشكل 5، فإن مجموع القوى يعدم. تنحني العارضة لكنها لا تلتوي.



الشكل 4. توزيع قوى القص، والتواء العارضة "U" تحت الحمل.



الشكل 5. العارضة "U" تحت الحمل في موضع مركز القص الخاص بها

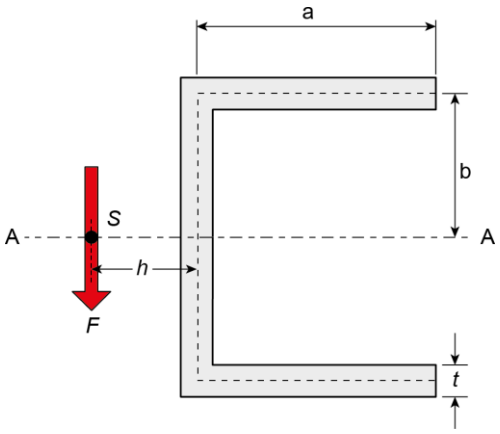


الشكل 6. تحميل العارضة بشكل غير مركزي وقياس قيمة حركة الالتواء بالمؤشرين.

لا مركزية الحمل (mm)	قراءة المؤشر الأيسر (mm)	قراءة المؤشر الأيمن (mm)
-25		
-20		
-15		
-10		
-5		
0		
5		
10		
15		
20		
25		

الجدول 1. نتائج تجربة الالتواء ومركز القص.

يتم إعطاء مركز القص النظري من خلال:



$$h = \frac{b^2 a^2 t}{I_A}$$

الشكل 7 . الترميز الخاص لحساب موضع مركز القص

المطلـوب:

اوجـد ما يلـي:

- احداثيات مركز الثقل $G\ (X_G\ ,\ Y_G)$ للشكل 7 ؟

- عزم العطالة I_A لمقطع الشكل 7 ؟

- عزم الالتواء $M_{torsion}$ ؟

- أرسم رسمًا بيانيًا لقراءات المؤشرين بالملم (المحور Y) بدلالة الانحراف اللامركزي للحمل بالملم (المحور X). عند نقطة تقاطع الخطان هو موضع مركز القص التجريبي. يجب اجراء اسقاط عمودي لموضع مركز القص على المحور X على الرسم البياني لأخذ القيمة بشكل دقيق.

- موضع مركز القص نظريا وعمليا (تطبيقيا) وقارن بين النتائج مع التعليق على دقة النتائج.

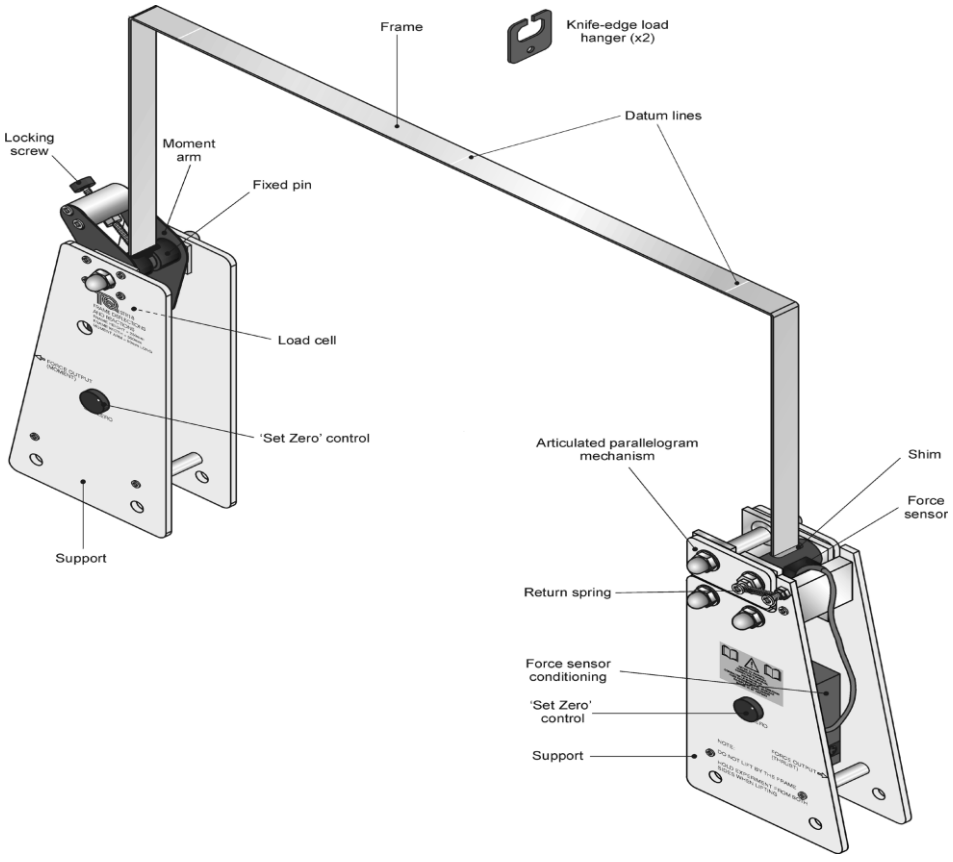
- ماهي استنتاجاتك؟

العمـل التطبيقـي رقـم 06

انحرافـات الإطـار وردود الفعـل

مقدمة:

يركز هذا العمل التطبيقي على دراسة الإطارات وكل ما يمكن أن تخضع له من اجهادات. يشهد البناء المقوى أو الإجهاد على الاحتمالات الواسعة للخرسانة لتلبية هذا المبدأ الهيكلي. الاطار هو عنصر بناء صلب، ويتألف من عمودين وعارضة قد يكون من الخشب أو الحديد الصلب أو الخرسانة المسلحة. وتتمثل وظيفته الهيكلية في حمل الأحمال التي تطبق عليها التي توجهها بدورها الى أسساتها.

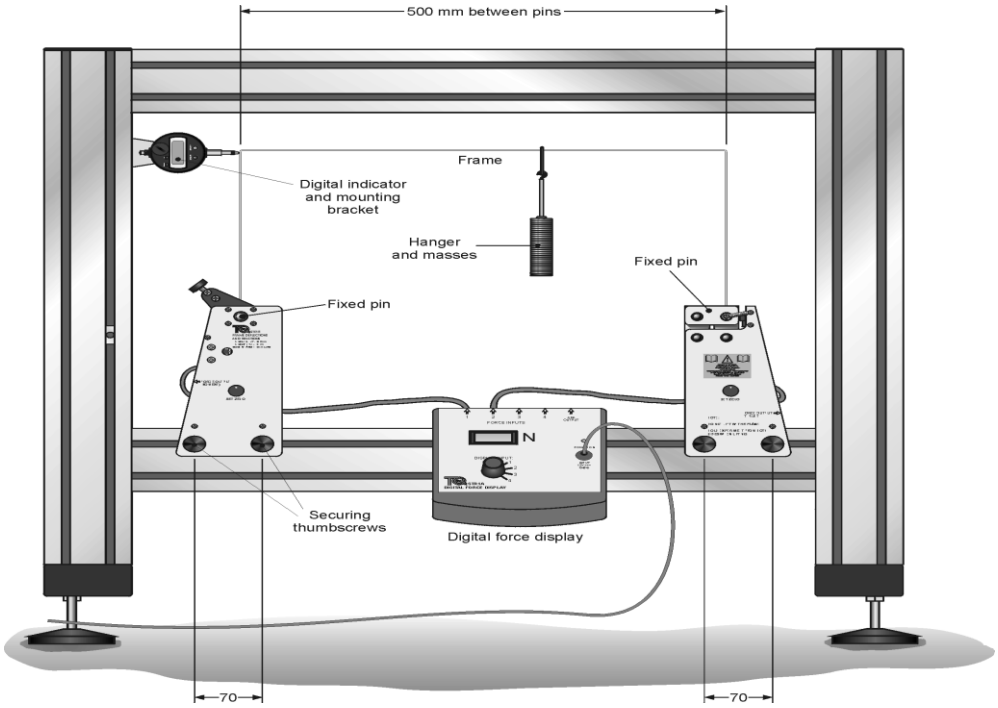


الشكل 1. جهاز تجربة انحرافـات الإطار وردود فعـله.

وصف الجهاز:

يتكون من دعامتين أو حاملين وحامل متنظم أو غير منتظم كما يوضحه الشكل1 هيكل أو إطار من سبائك الألومنيوم. يتم تثبيت الجانب الأيسر من الاطار على دعامته ويُمنع من الاستدارة بذراع العزم. يتلامس ذراع العزم مع خلية التحميل، وبالتالي يقيس عزم الوثاقة. يتم توصيل الجانب الأيمن من الاطار بآلية تمنع الدوران ولكنها تسمح بالحركة في الاتجاه الأفقي مقابل خلية التحميل الثانية. تستجيب خلية التحميل وبالتالي تقيس رد الفعل الأفقي الناتج عن الهيكل. يقيس المؤشر الرقمي الموجود في الزاوية العلوية للهيكل التأرجح (التأثير) (الحركة الأفقية).

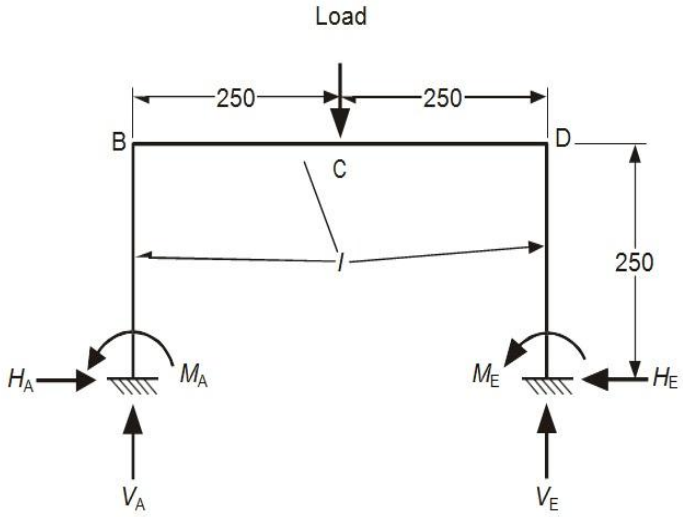
يتم تطبيق الأحمال الرأسية على الهيكل باستخدام حاملات خاصة بالأحمال.
سنستخدم في التجارب القيم المقاسة والمحسوبة للعزوم وردود الفعل والتأرجح (الانسحاب) لدراسة السلوك المرن الخطي للهيكل على وجه الخصوص ، وتأرجح الإطار بسبب عدم التناسق أو موضع التحميل.
تدمج تجربة انحرافات الإطار وردود الفعل في إطار الاختبار كما يوضحه الشكل 2 تجربة انحرافات الإطار وردود الفعل في إطار اختبار الهياكل.



الشكل 2. تجربة انحرافات الإطار وردود الفعل في إطار الهيكل

المرحلة الأولى: دراسة حالة الإطار بـدون تأرجـح

في هذه التجربة، سنطبق حملًا رأسيًا (شقوليا، عموديا) متزايدًا على مركز إطار الهيكل المنتظم وندرس كيفية تأثير ذلك على ردود الفعل الأفقية وعزوم الوثاقة (الدوران).



الشكل3. رسم تخطيطي للشكل التجريبي والترميز

منهجيـة العمـل:

قـم بفك البرغي الموجود في الجزء الخلفي للمؤشر الرقمي وقـم بتدويره 90 درجة في اتجاه عقارب الساعة حتى لا يلامس الموصل الإطار (هذا ليس ضروريًا لهذه التجربة).

ضع حامل الكتـل في وسط الجزء المتقاطع للإطار. ضع خط يشير إلى المركز. تأكد من أن قراءة مقياس القـوة هي صفر، ثم ضع كتلة ثقيلة 100غ على حامل الكتل (العلاقة). سجل قراءات مقياس القوة الناتجة لكل من "العزم" و "رد الفعل". زيادة الكتلة بزيادات 100غ. سجل قراءات مقياس القـوة لكل زيادة في الجدول 2.

باستخدام القدم القنوية المتوفرة ، قم بقياس المقطع العرضي للإطار بدقة وحساب العزم الثاني لمنطقة المقطع العرضي. سجل هذه القيمة.

الكتلة (g)	رد الفعل الافقي H_E (N)	القوة اللحظية (N)	عزم الوثاقة (التثبيت) M_A (Nm)
0	0	0	0
100			
200			
300			
400			
500			

الجدول2. نتائج التجربة الاولى للمرحلة الاولى

المطلوب:

- احسب عزوم القوة بضربها في طول ذراع العزم (0.05 م) واملأ الجدول 2.
- ارسم المنحنيات البيانية للعزم ورد الفعل الأفقي بدلالة الحمل المطبق (قم بتحويل الكتلة إلى حمل بالنيوتن).
- حدد طبيعة العلاقة بين العزم ورد الفعل الأفقي والحمل.
- اقرأ قيم الحمولة البالغة 4.9 نيوتن بالضبط. ارسم الشكل المنحرف للإطار.
- استخدم معادلات التوازن الثابت وتماثل الإطار لحساب قيم ردود الفعل العمودية (الرأسية)، V_A و V_E. احسب أيضًا رد الفعل والعزم "المعاكس" للقيم المقاسة ، H_A و M_E ، لحمولة 4.9 N. من هذه ايضا، احسب قيم عزم الانحناء عند النقاط B و C و D.
- قم بإنشاء مخطط عزم الانحناء للإطار.
- تحقق من نتائجك باستخدام طريقة يدوية مثل طريقة توزيع العزوم أو الصلابة أو المرونة. أو باستخدام برنامج تحليل الحوسبة المرنة الخطية للتحقق من إجاباتك التجريبية.
- هل تتوافق نتائجك بشكل إيجابي مع الإجابات النظرية؟ علّق على أي تناقضات.

المرحلة الثانية: دراسة إطــار بوجـود التأرجح

ركزت التجربة السابقة على حالة بسيطة ذات حمل مركزي حيث يكون التأرجح صفرًا. سندرس الآن العلاقة بين التأرجح والحمل وعـدم تناسق وانتظام الإطار.

منـهجية العمــل:

ضع حامل الكتل على الخط الموحود على يسار الإطار. صفّر مقياس القوة ، ثم ضع كتلة قدرها 100غ في حامل الكتل. سجل رد الفعل الأفقي H_E ، وعزم الوثاقة (التثبيت)M_A. قم بزيادة الكتلة بزيادات 100غ ، مع تسجيل قراءات مقياس القوة في الجدول 2.

تسمح لنا المعدات فقط بقياس العزم في أحد الطرفين ورد الفعل الأفقي في الطرف الآخر. في التجربة الاولى ، تمكنا من استخدام التناظر للحصول على قيم للقراءات العكسية لتلك المأخوذة:

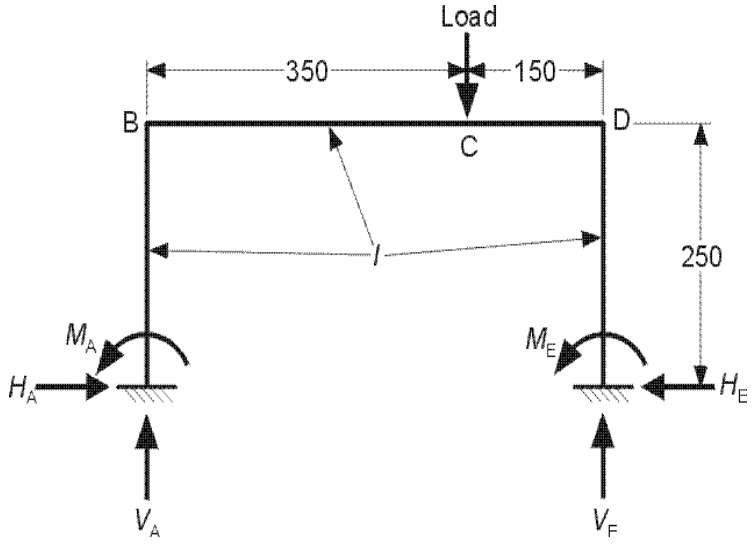
$H_A = H_E$ و $M_A = -M_E$

ومع ذلك، في هذه الحالة، لا يكون الحمل مركزيًا ولن تكون العزوم متساوية. هناك طريقة للتغلب على هذا وهي وضع الحمل في الموضع المعاكس للإطار، أي على الخط الموجود على يسار الإطار، وعكس اشارة القراءة للعزم. هذا يعطينا قياسات العزم "المعاكسة" ورد الفعل ، لذلك نحتاج إلى عكس إشارة العزوم لأن القراءات في الواقع هي في الاتجاه المعاكس.

إذا لم تكن مقتنعًا، انظر إلى الإطار من الخلف مع الحمل في موضعه الجديد. سجل الآن قيم H_A و M_E لكـل حمـل.

المطلـوب:

- ارسم المنحنيات البيانية لـ M_A و M_E بدلالة الحمل و H_A وH_E بدلالة عكـس الحمل.
- اقرأ القيم عند الحمولة 4.9 نيوتن.
- هل قيمتي H_A و H_E متساويتان ومتعاكستان؟ لماذا؟
- قم بإنشاء مخطط لعزم الانحناء للإختبار. استخدم اصطلاحا الإجهاد الموجب عند الجوانب.



الشكل 4. المخطط التجريبي لتحميل غير مركزي (منزاح)

الكتلة (g)	رد الفعل الافقي H_E (N)	القوة اللحظية عند النقطةA (N)	عزم الوثاقة (M_A (التثبيت) (Nm)	رد الفعل الافقي H_A (N)	القوة اللحظية عند النقطة E (N)	عزم الوثاقة (M_E (التثبيت) (Nm)
0	0	0	0	0	0	0
100						
200						
300						
400						
500						

الجدول 2. نتائج المرحلة الثانية (إطار منتظم، حمل غير مركزي)

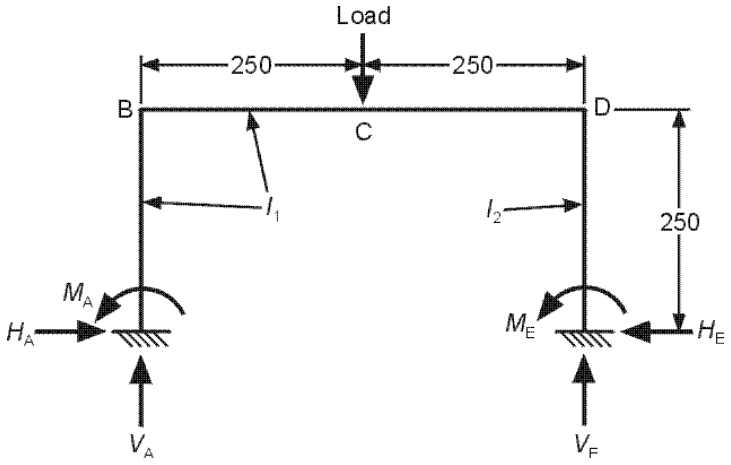
المرحلة الثالثة الجزء الاول: إطار منتظم، تحميل غير مركزي

قم بإزالة أي حمل من الإطار وقم بتدوير المؤشر في مكانه. تأكد من أنه يحتوي على مسافة 3 مم على الأقل من الحركة في كل اتجاه، وأن المؤشر مضبوط بحيث تعطي الحركة إلى اليسار قراءة إيجابية. اضغط لأسفل على إطار الاختبار بيدك (لتقليل تأثيرات الاحتكاك في المؤشر) وصفّر المؤشر. قم بتحميل الإطار عموديا في الموضع الأيمن بزيادات 100غ ، مع النقر على الإطار في كل مرة. أكمل الجدول 3 بالنتائج المتحصل عليها.

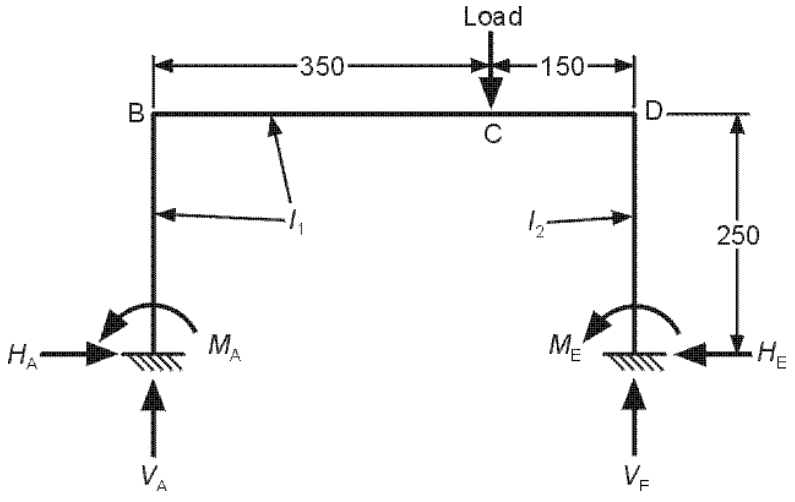
- ارسم منحنى بياني للنتائج واقرأ القيمة عند التحميل الاقصى 4.9 نيوتن.

الكتلة (g)	قيمة التأرجح (التمايل) (mm)
0	0
100	
200	
300	
400	
500	

الجدول 3. نتائج الجزء الاول من المرحلة الثالثة (إطار منتظم، تحميل غير مركزي)



الشكل 5. مخطط تجريبي لإطار غير منتظم وحمل مركزي



الشكل 6. مخطط تجريبي لإطار غير منتظم وحمل غير مركزي

قم بإزالة الإطار المنتظم من الدعامات (المساند) عن طريق فك البراغي اللولبية من كل جانب. قم بتركيب الإطار غير المنتظم وضعه بعناية باستخدام البراغي في كل موضع تثبيت والإشارة إلى الشكل 5 من أجل التوجيه الصحيح. كرر جميع الاختبارات للإطار غير المنتظم بحمل مركزي وغير مركزي. نظرًا لأنك أخذت بالتناظر الخطي للردود الافعال والعزوم ، فأنت تحتاج فقط إلى أخذ القيم التي تتناسب مع الحمل الأقصى البالغ 500غ (4.9 نيوتن).

أدخل النتائج في الجدول 4 و 5 وقم بإنشاء مخططات عزوم الانحناء لكل حالة. للحصول على قيم كل عزم ورد الفعل الأفقي، قم بتغيير موضع الحمل وقلب الإطار عند مواضع التثبيت وفقًا لذلك. تذكر عكس اشارات القراءة للعزوم عند عكس الحمل والإطار.

قم بقياس الاطوال لمقطع الإطار وحساب العزم الثاني للجزء الرئيسي من الإطار من المقطع، وكذا الدعامة (الأعمدة) الرفيعة. سجل هذه القيم، حيث ستحتاجها في حساباتك.

تحقق من النتائج المتحصل عليها لكل إطار وحالة التحميل. استخدم طريقة يدوية تقليدية مثل طريقة توزيع العزوم، أو الصلابة أو المرونة للإطار غير المنتظم على الأقل في حالة التحميل غير المنتظمة. يمكن فحص الحالتين الأخريين باستخدام نظرية تحليل الكمبيوتر المرنة الخطية.

يوضح الشكل 7 والشكل 8 والشكل 9 اتجاهات القص وعزوم الانحناء في أعمدة الاطار عند تعرضها لحمل عمودي (رأسي). يوضح الشكل 7 عدم وجود شروط للتأرجح ، والشكل 8 والشكل 9 عندما يتعرض الإطار للتأرجح (الميلان) إما إلى اليسار أو اليمين على التوالي.

الكتلة (g)	رد الفعل الافقي H_E (N)	القوة اللحظية عند A (N)	عزم الوثاقة M_A (Nm)	رد الفعل الافقي H_A (N)	القوة اللحظية عند E (N)	عزم الوثاقة M_E (Nm)	التأرجح (mm)
500 (4.9 N)							

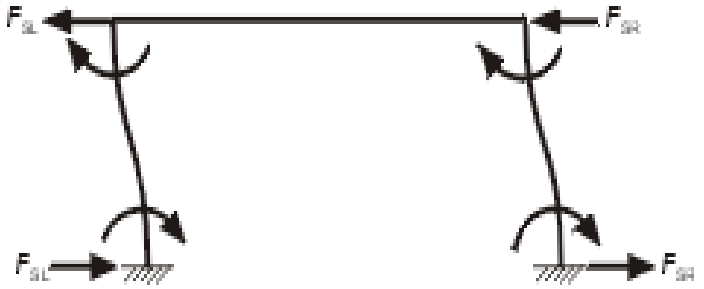
جدول 4. نتائج الجزء الثاني (إطار غير منتظم، تحميل مركزي)

الكتلة (g)	رد الفعل الافقي H_E (N)	القوة اللحظية عند A (N)	عزم الوثاقة M_A (Nm)	رد الفعل الافقي H_A (N)	القوة اللحظية عند E (N)	عزم الوثاقة M_E (Nm)	التأرجح (mm)
500 (4.9 N)							

الجدول 5. نتائج الجزء الثاني (إطار غير منتظم، تحميل غير مركزي)

<u>في حالة عدم التأرجح:</u> إذا كان $F_L > F_R$ إذن ، عندما يُسمح للإطار بالتأرجح ، يجب أن يتم ذلك إلى اليسار ، كما هو موضح في الشكل 8. وهذا يضمن إمكانية تحقيق التوازن الأفقي. وفي حالة عدم وجود حمل أفقي، يجب أن يوازن القص الكلي الذي على اليسار ($F_L + F_{SL}$) القص الكلي الذي على اليمين ($F_R - F_{SR}$).

الشكل 7. العزوم والقص عند عدم التأرجح



الشكل 8. العزوم والقص عند التأرجح الأيسر.

الشكل 9. العزوم والقص عند التأرجح الأيمن .

وبالمثل ، إذا كان في حالة عدم التأرجح ، $F_R < F_L$ ، وعند السماح للإطار بالتأرجح ، يجب أن يتم ذلك باتجاه اليمين كما هو موضح في الشكل 9 ، بحيث يوازن القص الكلي الأيسر القص الكلي الأيمن.

بشكل عام ، سيتأرجح الإطار في الاتجاه الذي يتحمل أصغر قوة قص في حالة عدم التأرجح.

المطلوب:

- بأخذ هذه الفكرة بعين الاعتبار، ودون الرجوع إلى النتائج المحصل عليها أو إجراء أي حسابات حاول أن تتنبأ باتجاه تأثير كل حالة من الحالات الثلاث غير المتماثلة (المنتظمة).
- هل يمكن استخدام هذه الفكرة بنجاح للتنبؤ دون حساب اتجاه التأرجح للاختبارات الثلاثة غير المتماثلة ؟
- علق على تأرجح الإطار غير المنتظم واختبار حمل الإزاحة (غير المركزي).

المراجـــــع:

[1].TecQuipment Ltd, «Global sales partners. England», www.tecquipment.com

[2]. https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/polycopie_Hadjazi_Khamis.pdf

[3]. https://www.universalis.fr/encyclopedie/resistance-des-materiaux/#i_40744

[4]. https://skyciv.com/docs/tutorials/beam-tutorials/what-is-bending-moment/

[5]. William et Nash, Résistance des matériaux, cours et problème, série Schaum, 1983.

[6]. P. Stepine, Résistance des matériaux, Editions MIR ; Moscou, 1986.

[7]. L. Aleinik& J. Durler, "Résistance des matériaux", Ed. Spes, Dunod.