وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
هيئة المعاهد التقنية
المعهد التقني في الديوانية

التشوه في العتبات

Beam Deflection

بحث تخرج مقدم إلى قسم الميكانيك/ المعهد التقني في الديوانية وهو جزء من متطلبات نيل شهادة الدبلوم في الميكانيك

بأشراف الأستاذة
فرح كامل

إعداد الطلبة
عامر فليح عبد الحسين
عباس حمزة مهدي
علي عادل

للعام الدراسي 2008 - 2009

بسم الله الرحمن الرحيم

يامعشـــر الجـــن والإنـــس إن اســـتطعتم أن تنفذوا من أقطار السموات والأرض فأنفذوا لاتنفذون إلا بسلطان

صدق الله العلي العظيم

الإهــــــــداء

إلى من فطرني على الإسلام

(الله عز وجل)

إلى من هداني إلى نعمة الإسلام

(نبينا محمد (ص))

إلى من أضاء لي درب الإسلام

(آل بيت محمد عليهم السلام)

وكذلك إلى والدي ووالدتي اللذان أوصلاني إلى هذه المرحلة الدراسية

الفهـرس

منهجيـــة البحـــث

إن تجربة التشوه Deflection من التجارب المهمة التي يتم تناولها في مختبرات قسم الميكانيك لتطبيقاتها العملية الكثيرة والمهمة والتي سوف تتطرق إليها فيما بعد 0

في هذا البحث سنهتم بجساءة العتبات، غالبا ما يحسب تصميم العتبة من جسوءتها أكثر من مقاومتها0 فمثلا عند تصميم الأجهزة المعدنية للقيام بإعمال دقيقة 0 كالمخارط ومكائن الصقل والمطاحن 0 فان التشوهات يجب ان تكون دون التفاوت المسموح للاعمال المصنعة، وكذلك فان العتبات الارضية السائدة للسقوف المجصصه اعتياديا يحدد اودها 1/360 من طول العتبة لتجنب تشقق الجص 0 ان من اهم فوائد حساب تشوه العتبات الحصول على معادلات اذا ما ربطت بشروط التوازن الستاتيكي0 نستطيع ان نحلل العتبات غير المحددة ستاتيكيا0

لدينا طرق متعددة لحساب تشوه العتبات مع إنها تستند على نفس الاسس0 الا انها تختلف بالاسلوب وبالغرض المباشر، سنتطرق اولا لتحديث طريقة التكامل المزدوج التي توسع وتبسط تطبيقات ، الطريقة الاخرى هي طريقة المساحة والعزم التي تعتبر الطريقة المباشرة 0 خاصة عندما نريد حساب التشوه في مكان محدد، سنرى بعد مناقشة اولية (الفقرة 4-6) انها ليست بسيطة فقط بل انها سريعة للغاية عند التطبيق ، والتحول الذي سنجربه عليها في الفقرة 78 سريع ايضا وسهل التطبيق 0

وقد تم في هذا البحث عمل كراس تعريفي لتجربة قياس التشوه لكي يكون مصدر يستفاد منه الطلبة في السنين القادمة وتغنيه عن كثير من المصادر 0

الـفـصـــــل الأول

(الجزء النظري)

- طريقة التكامل المزدوج
- طريقة المساحة والعزم

* طريقة التكامل المزدوج

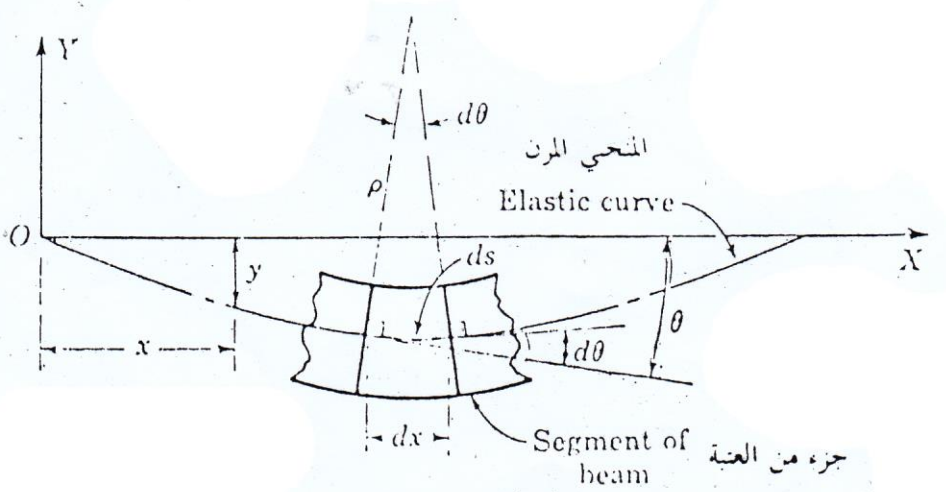
يسمى المنظر الجانبي لسطح التعادل لعتبة منحرفة بالمنحني المرن للعتبة0 وهو مبين بمبالغة كبيرة في الشكل 1 – 6 سنتعلم في هذه

الفقرة كيف نجد معادلة هذا المنحني أي كيف نحسب الانتقال الرأسي y لاي نقطة بدلالة الاحداثي × لها 0

لننتخب الطرف الايسر للعتبة اصلا لمحور × المتجة على طول الوضع الاصلي للعتبة قبل الانحراف ومحور y المتجه للاعلى موجبا نفرض ان الاود صغير بحيث لايوجد فرق يذكر بين الطول للعتبة ومسقط الطول المنحرف وعليه فان المنحني المرن مسطح جدا وميله في اية نقطة صغيرة جدا 0 لذا فان الميل tan 0 = dy / dx قد يفرض مساويا 0 بوجود خطأ صغير أي

$$\theta = \frac{dy}{dx} \qquad (a)$$

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} \qquad (b)$$



الشكل 1-6 المنحني المرن

والان لو لاحظنا تغير 0 في الطول التفاضلي ds المسبب عن الانحناء في العتبة فمن الواضح ان :

$$ds = p\, d0 \qquad (a)$$

حيث ان P نصف قطر النقوس في طول القوس ds وحيث ان المنحني المرن مسطح جدا0 فان ds تساوي dx عمليا 0 ومن المعادلتين (b) و (c) نحصل على

$$\frac{1}{p} = \frac{d0}{ds} \quad \frac{d0}{ds} \qquad Or \quad \frac{1}{p} = \frac{d^2y}{dx^2} \qquad (d)$$

عند اشتقاق معادلة الانثناء في الفقرة 2-5 0 كنا قد حصلنا في الصفحة على العلاقة 0

$$\frac{1}{P} = \frac{M}{EI} \qquad (5-1)$$

وبمساواة قيم $1/p$ من المعادلتين (d) و $(5/1)$ نحصل على

$$EI \frac{d^2s}{ds^2} = M \qquad (6\text{-}1)$$

وتسمى هذه بالمعادلة التفاضلية للمنحني المرن للعتبه 0 ويسمى المضروب EI جسوءة الانشاء " للعتبة ويكون اعتياديا ثابتا على طول العتبة "

ان التقريبات التي وضعت لا تؤثر جديا على المعادلة $(6\text{-}1)$ 0 لانه لو استعضنا عن $1/p$ بقيمته الدقيقة التي يمكن ايجادها في أي كتاب من كتب الرياضيات 0 نحصل على ما يلي من المعادلة $(5\text{-}1)$ 0

$$\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} = \frac{M}{EI}$$

وحيث ان dy/dx صغير جدا0 فان مربعة يمكن اهماله اذا ما قارناه بالوحدة ونحصل على0

$$\frac{d^2y}{dy^2} = \frac{M}{EI}$$

والذي يساوي المعادلة (6-1) 0

اذا كاملنا المعادلة (6-1) بفرض ان EI ثابت 0 نحصل على

$$EI \frac{dy}{dx} = Mdx + C_1 \qquad (6\text{-}2)$$

وهذه معادلة الميل حيث تبين الميل او dy/dx في اية نقطة 0 لاحظ هنا ان m تمثل معادلة العزم معبرا عنها بدلالة x 0 وان C_1 ثابت يمكن ايجاد قيمته من شروط التحميل المعطي ثم تكامل المعادلة (2-6) فنحصل على 0

$$EIy = \quad M\,ax \;+\; C_1x + C_2 \qquad\qquad (6\text{-}3)$$

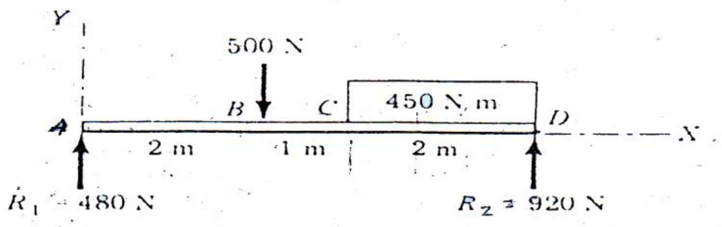
وهذه معادلة الارد المطلوبة للمنحني المرن معينة قيمة y لاي قيمة dx C^2 يمثل ثابت التكامل الذي يجب ايجاده من الظروف المعطاة للعتبة وتحميلها 0

اذا تغيرت حالة التحميل على طول العتبة 0 فان معادلة العزم تتغير توافقيا وهذا يتطلب كتابة معادلة عزم منفصلة بين كل نقطتي تغير حمل وعمل تكاملين للمعادلة (1-6) لكل من معادلتي العزم 0 قد يصبح ايجاد ثوابت التكامل متشعبا جدا 0 لحسن الحظ يمكننا كتابة معادلة عزم واحد لتجنب هذه التعقيدات بحيث تكون مستمرة لطول العتبة كلها 0 بالرغم من انقاعية (عدم استمرارية) التحميل 0

فمثلا 0 لاحظ العتبة المبينة في الشكل (2-6) نجد ان معادلات العزوم بين نقاط تغير الحمل0 باستخدام التعريف $M = (\ XM)_1$ الذي نوقش في الفقرة 2-4 هي :-

$$M_{AB} = 480x \ \mathrm{N\cdot m}$$
$$M_{BC} = \left[480x - 500(x-2)\right] \mathrm{N\cdot m}$$
$$M_{CD} = \left[480x - 500(x-2) - \frac{450}{2}(x-3)^2\right] \mathrm{N\cdot m}$$

لاحظ ان معادلة M_{CD} تصلح ايضا لكلا العزمين M_{BC} و M_{AB} شرط اهمال الحدين (x-2) و ($x-3)^2$ عندما تكون قيمة X اقل من 2و 3 على التوالي: بعبارة اخرى يكون الحدان (x-2) و ($x-3)^2$ غير موجودين لقيم X التي تجعل الحد بين القوسين سالبا 0

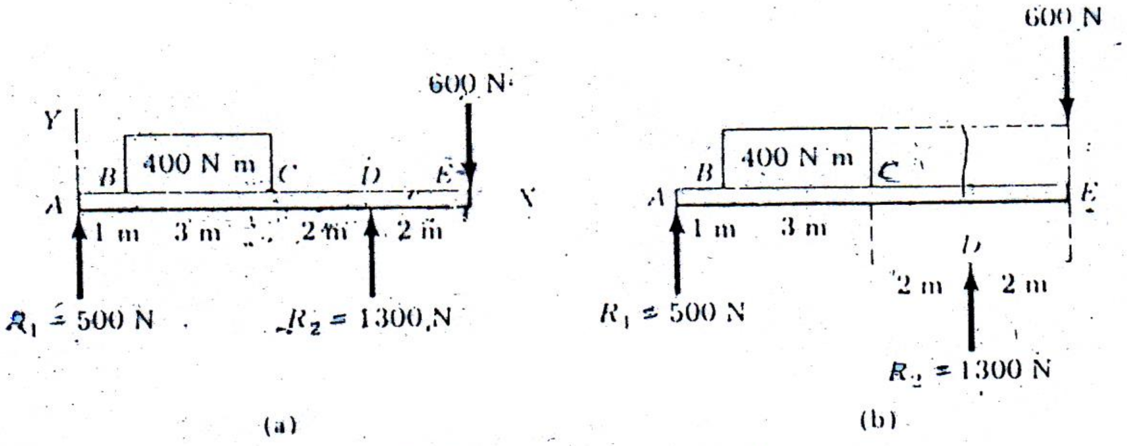


شكل 2–6

لغرض تذكر هذه التحديدات0 نتبنى مصطلحا وذلك بالاستعاضة عن الشكل الاعتيادي للاقواس بأقواس مدببة أي < > 0

لذا فاننا نحصل على معادلة عزم واحدة باستخدام هذا النوع من الاقواس

$$M = \left(480x - 500\langle x - 2\rangle - \frac{450}{2}\langle x - 3\rangle^2\right) \text{N}\cdot\text{m}$$



الشكل 3-6 اسلوب تثبيت إستمرارية التحميل .

وهي تصليح لكل العتبة اذا اشترطنا ان الحدين بين الاقواس المدببة لا وجود لهما عندما تكون قيمة القوس سالبة فيما عدا ذلك يعامل الحد اعتياديا 0

كمثال اخر 0 لاحظ العتبة في الشكل 6-3a الحمل الموزع هنا يمتد فوق BC فقط 0 يمكننا ان نستحدث الاستمرارية بفرض ان الحمل الموزع يمتد بعد النقطة C 0 واضافة حمل موزع للاعلى مساو له لحذف تأثيره بعد النقطة C كما مبين في الشكل 3b -6 تكون المعادلة العامة لعزم الجزء الاخير DE باستخدام الرمز الجديد من الاقواس المدببة 0

$$M = \left(500x - \frac{400}{2}\langle x - 1\rangle^2 + \frac{400}{2}\langle x - 4\rangle^2 + 1300\langle x - 6\rangle\right) \text{N}\cdot\text{m}$$

كما اسلفنا 0 تكون الحدود بين الاقواس المدببة لا وجود لها عندما تكون قيمتها سالبة لاحظ ان كافة الاحمال شملت تلقائيا في معادلة العزم العامة عند كتابتها للجزء الاخير من العتبة 0

مسائل توضيحية

601 0 حمل مركز 300N مسند كما في الشكل 4-6 جد معادلتي المنحني المرن بين كل نقطتي تغير الحمل 0 واكبر ارد في العتبة 0

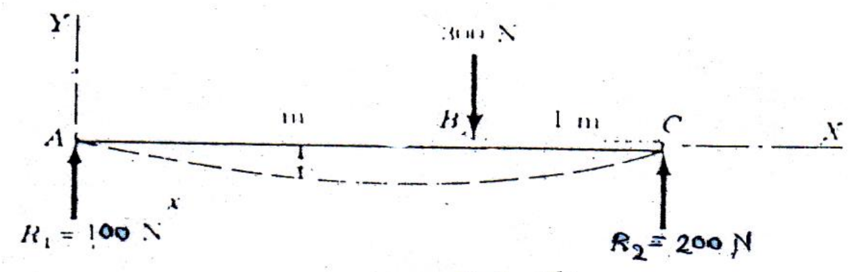
الحل :-

اذا كتبنا معادلة العزم العامة للجزء الاخير BC من العتبة 0 واستخدمنا المعادلة التفاضلية للمنحنى المرن 0وكاملنا مرتين 0فاننا نحصل على معادلتي الميل والاود الاتيتين:

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = M = (100x - 300\langle x - 2\rangle)\ N\cdot m \qquad (a)$$

$$EI\frac{dy}{dx} = (50x^2 - 150\langle x - 2\rangle^2 + C_1)\ N\cdot m^2 \qquad (b)$$

$$EIy = \left(\frac{50}{3}x^3 - 50\langle x - 2\rangle^3 + C_1x + C_2\right)\ N\cdot m^3 \qquad (c)$$



شكل 6-4

لايجاد ثـابتي التكامل اللذين يعنيان فيزيائيا الميل والاود في نقطة الاصل نستخدم الشروط الحدودية الاتية:

1- في نقطة A حيث x = 0 يكون الاود y = 0 بتعويض هاتين القيمتين في المعادلة (c) نجد ان $C_2 = 0$ تذكر ان تهمل X = 2 للقيم السالبة 0

2- في المسند الاخر حيث x = 3 يكون الاود y صفرا ايضا وبمعرفة ان $C_2 = 0$ نعوض هاتين القيمتين في معادلة الاود (c) لنحصل على

$$0 = \frac{50}{3}(3)^3 = 50\,(3-2)^2 + 3C_1 \qquad C_1 = -133\ Nm^2$$

لان للمعاداتين (b) و (c) بعد ان وجدنا ثابتي التكامل لكتابة معادلتي الصيغة التقليدية كما مبين في الجدول على الصفحة 0

لاكمال الحل 0 دعنا نفرض ان اعظم اود يحدث في الجزء AB يمكن ايجاد موقعه بتفاضل المعادلة(c) بالنسبة الى X وجعل التفاضل للصفر او نحصل على نفس النتيجة يجعل معادلة الميل (d) مساوية للصفر ثم نحل لايجاد النقطة التي ميلها صفر لنحصل على

$$50x^2 - 133 = 0 \quad \text{or} \quad x = 1.63 \text{ m}$$

الجزء $AB\ (0 < x < 2)$	
(d)	$EI\frac{dy}{dx} = (50x^2 - 133)\ N\cdot m^2$
(e)	$EIy = \left(\frac{50}{3}x - 133x\right)\ N\cdot m^3$
الجزء $BC\ (2 < x < 3)$	
(f)	$EI\frac{dy}{dx} = [50x^2 - 150(x-2)^2 \quad 133]\ N\cdot m^2$
(g)	$EIy = \left[\frac{50}{3}x^3 \quad 50(x-2)^3 \quad 133x\right]\ N\cdot m^3$

حيث ان قيمة هذه تصليح للجز AB فان فرضيتنا ان الاود الاعظم يحدث في هذه المنطقة قد تأكدت لايجاد الاود الاعظم نعوض x = 1-0-1 في المعادلة(c) لنحصل على :

Max . EA = - 145 Nm

تدل الاشارة السالبة للاود *y* ان الانحراف للاسفل من المحور *X* غالبا ما تطلب القيمة العديدية للاود دون الاهتمام بالاشارة ويرمز له(دلتا) وتستعمل0للاود الذي يزاد اتجاهه ايضا

ان وحدة المضروب EIs هي Nm وهذا ناتج من تكامل المعادلة (6-1) مرتين حيث ان وحدة M هيNm فان اول تكامل ينتج Nm كوحدة لمعادلة الميل وينتج التكامل الثاني N.m كوحدة لمعادلة الاود لغرض توحيد الوحدات يجب ان تكون وحدة Nm^2 / E ووحدة m^4/M وعليه يصبح الاود مقاسا بالمتر فمثلا لو ان$E = 10\ X10^6\ N/m^2$وان$M = 1.5\times10^6 mm^4$ والذي يساوي $1.5x\ 10^6 m^4$ فقيمة y تصبح

$$(10 \times 10^2)(1.5\times 10^6)\ y = -145$$

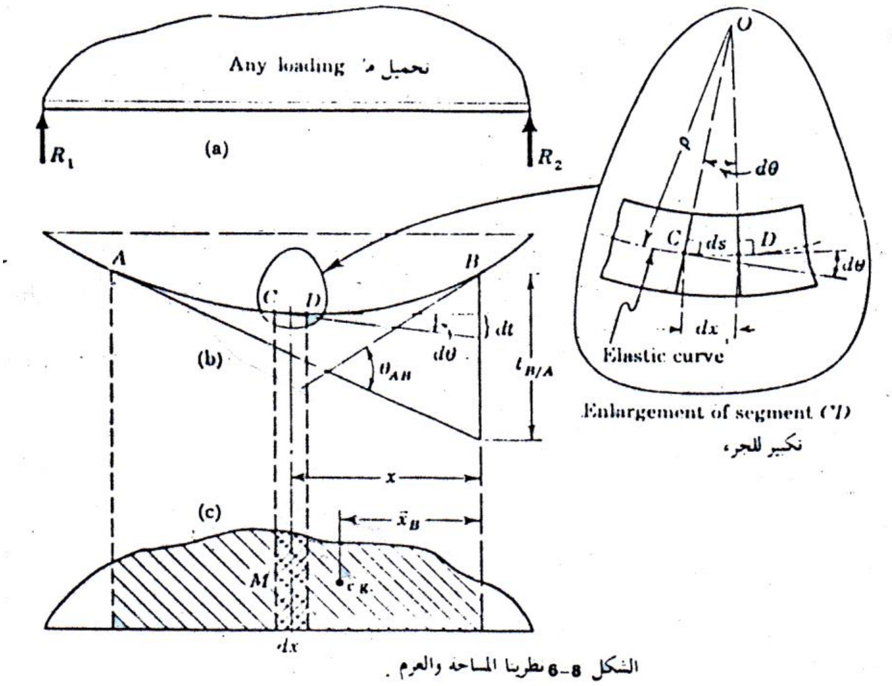
أي

$$y = -9.67 \times 10 \quad m = -9.67\ mm$$

* طريقة المساحة والعزم

هناك طريقة مفيدة وبسيطة لحساب الميل والاود في العتبات مستخدمة مساحة مخطط العزم وكذلك عزم تلك المساحة 0 هي طريقة المساخة والعزم نناقش اولا البطريتين الاساسيتين للطريقة 0 ثم بعد ان نتعلم كيف نحسب المساحة وعزم المساحة لمخطط العزم سنستخدم الطريقة لحل مسائل مختلفة الانواع 0 ان الطريقة مفيدة جدا من حيث ايجاد الميل والاود مباشرة في موقع معين حيث ان الطريقة تعتمد على الشكل الهندسي للمنحني المرن لذا قانعا تؤكد المعنى الفيزيائي للميل والاود 0

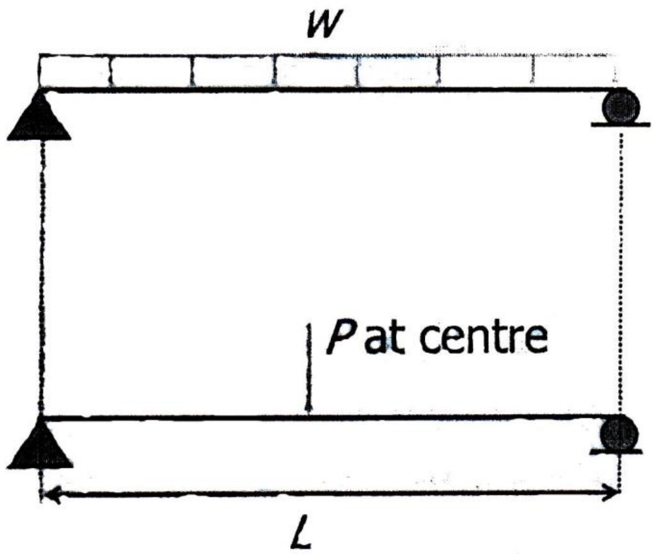
ان طريقة المساحة والعزم عرضة لنفس تحديدات طريقة التكامل المزدوج ولكن لغرض تقديمها متكاملة كطريقة مستقلة بكليتها 0 نعيد جزءا من الفقرة السابقة بين الشكل 6. 8a عينة بسيطة تسد أي نوع من التحميل المنظر الجانبي لسطح التعادل يمثل المنحنى المرن كما مبين بانحرافات مبالغ فيها حدا في الشكل 6. 8b نغرض ان مخطط العزم كما مبين في الشكل 8-6 0



الشكل 8-6 نظريتا المساحة والعزم .

كما يمكن حساب النشوة في المعادن اثنا تسليط الاحمال عليها وبأوزان مختلفة من القانون التالي:-

Simply Supporter beams



$$\Delta = \frac{5}{384}\frac{wL^4}{EI}$$

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

وان التشوه في أي معدن يعتمد على مجموعة من الخصائص والمؤثرات مثل معامل مرونة المعدن والذي يختلف من معدن الى اخر حيث ان معامل المرونة (E)

للحديد الفولاذ = 200×10^9

للخرسانة = 14×10^9

للخشب = 10×10^9

للبرونز = 83×10^9

ويعتمد اكبر تشوه على القوة المؤثرة على العتبة وعلى طول العتبة وعلى معامل القصور الذاتي لها ويتم حساب معامل القصور الذاتي عن طريق المعادلة التالية

$$I = bh^3 / 12$$

حيث ان I − معامل القصور الذاتي للمعدن

$b =$ عرض العينة

$h =$ ارتفاع العينة

اما بالنسبة الى اكبر تشوه فيمكن حسابه بواسطة المعادلة التالية

$$= PL^3 / 48EI$$

حيث ان (p) تمثل القوة المسلطة على العينة

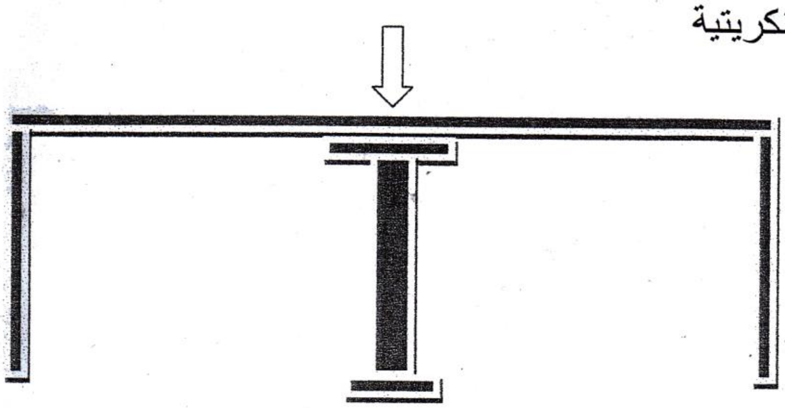
(L) تمثل طول العينة

(E) تمثل معامل المرونة للمعدن

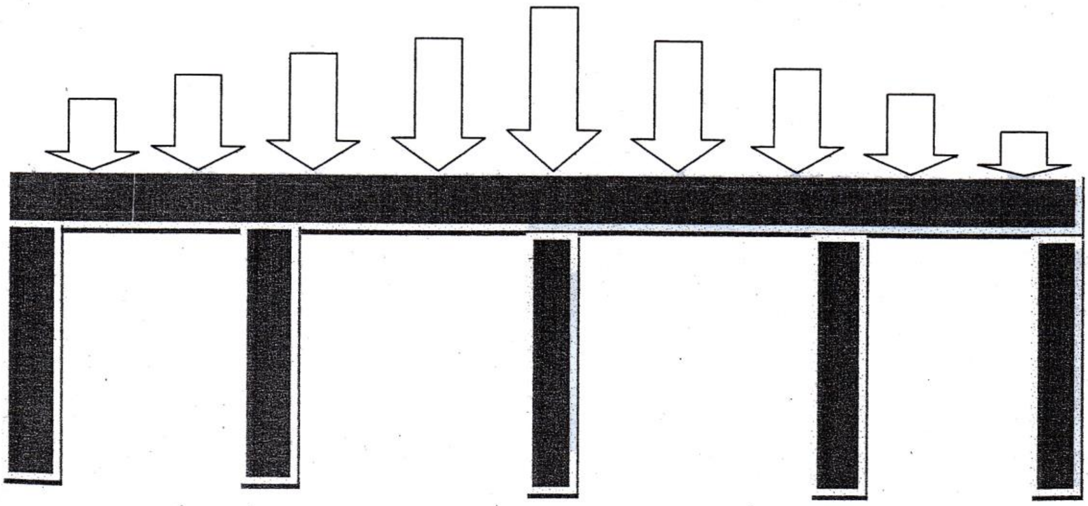
(δ) اكبر**تشوه** للمعدن

علما يكون اكبر **تشوه** للمعدن في المنتصف اي في منتصف العينة

وتجربة اختبار**التشوه** لها تطبيقات كثيرة كما اسلفنا ومن هذه التطبيقات السقوف الواسعة التي تحتاج الى اعمدة لكي لا يتغلب**التشوه** السقف على مقاومة التماسك للمادة الكونكريتية



كذلك نجد تطبيقتها في الجسور حيث نجد الاعمدة التي تقوم بأسناد الجسور لكي لا يحدث**تشوه** في المنتصف

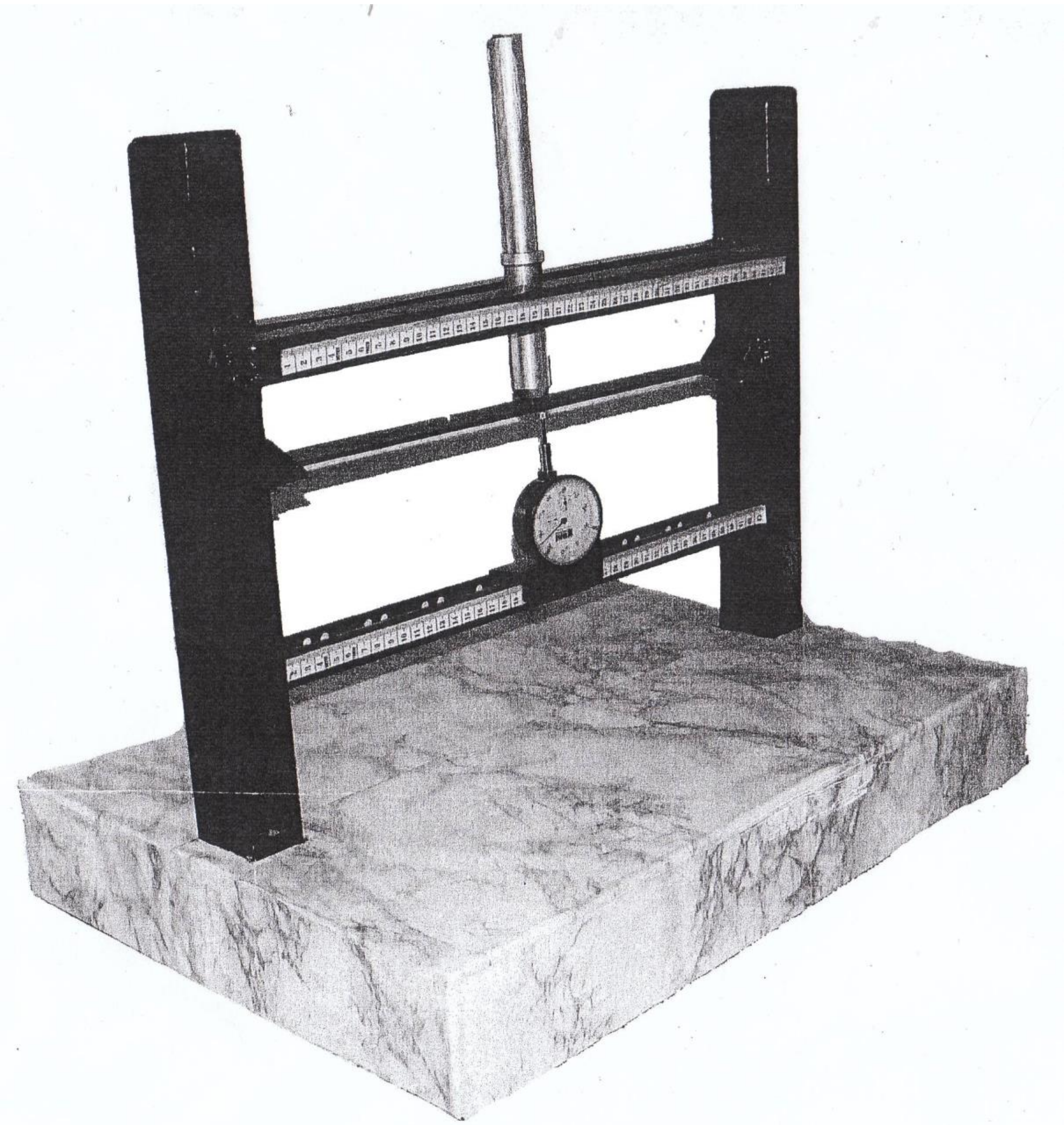


الـفـصـل الـثـانــي

(الجزء العملي)

- صورة الجهاز
- أجزاء الجهاز
- طريقة العمل

الجهاز المستخدم لقياس التشوه Deflection:-



أجزاء الجهاز المستخدم:-

إن الأجزاء الرئيسية للجهاز deflection الذي تم تصميمه في مختبر الميكانيك يتكون من الأجزاء التالية :

1- قاعدة الجهاز التي تم صنعها من الحديد

2- المساند التي تم صنعها من الحديد الغرض اسناد محامل العينة والمقياس Dail Gagael

3- محمل المقياس Dail Gagael الذي يبلغ طوله 43 سم والذي تم صنعه من الحديد ايضا حيث يكون شكل المقطع الجانبي على شكل حرف U يقوم باسناد Dail Gagael

4- معامل العينة العدد 2 التي تم صنعها من الحديد ايضا وعليها تستند العينة وتصمم بحيث يكون ارتفاعها ملامسا لذراع Dail Gagael 0

5- محمل شفت الأوزان العدد 2 الذي تم صنعه من الحديد الذي يقوم باسناد شفت الاوزان بواسطة كري تحميل ليكون قابل للحركة 0

6- Dail Gagael هو جهاز دقيق يقوم بحساب التغير بانحنائات الناتجة عن طريق تسليط الاجمال شديدة الدقة في هذا الجهاز والتي تساوي 100/1 من ملم واكبر قيمة يمكن حسابها في هذا الجهاز هي اسم 0

7- شفت الاوزان الذي تم صناعته من الالمنيوم لتفادي حدوث أي انحناء او تشوه وعليه يتم تحميل الاوزان التي تم تحديدها في هذه التجربة والاوزان هي

455 كغم و 550 كغم و 1050 كغم

<u>طريقة عمل الجهاز :-</u>

قبل كل شيء قمنا بتصفير الجهاز Dail Gagael ، حيث يتم وضع العينة المراد حساب التشوه فيها ذات القياسات (5- 2 – 25 -430) ما بين المساند وبعد ما نقوم بتسليط الأحمال المختارة التي يتم تعليقها على شفت الاوزان وبتسليط هذه الاحمال على العينة فان مقياس الدايل كيج يبدأ بحساب التشوه حالة حدوثه 0 فإذا كان هذا التشوه الذي حدث نتيجة الأحمال المسلطة عليه تشوها مرنا فان المقياس سوف يرجع إلى وضعه الأصلي (يصفر) بعد إزالة الأحمال المسلطة عليه 0

اما اذا اعدنا نفس الطريقة بتسليط الاحمال على العينة ولاحظنا القراءة لذلك التشوه بواسطة مقياس الدايل كيج وبعد زوال الحمل لم يرجع المقياس الى وضعه الاصلي (لم تحدث عملية تصفير) فهذا يعني ان العينة قد تشوهت تشوها لدنا0 ففي بعض الاعمال يعتبر نجاح العينة عندما يكون التشوه مرنا فقط 0 وهذا ما يحدث في أعمال إنشاء الجسور الحديدية لذلك يعتبر تشوه اللدن للمعدن في هذه الحالة فشل لهذا المعدن 0 لتفادي هذا الفشل هنالك طريقتين هما :-

1- ان يصمم المشروع المراد انجازه بالمعدن الذي يتم اختباره بنفس التصاميم السابقة ولكن مع تقليل للحمولة القصوى له لتفادي التشوه اللدن 0

2- زيادة سمك المعدن لتحمل اقصى حمولة من دون ان يحدث تشوها لدنا 0

الحسابات والنتائج

الحسابات النظرية :

تم حساب النتائج النظرية لعينة ذات ابعاد (5 , 2 , 25 , 430) وبتسليط ثلاثة قوى على تلك العينة الاولى (4.48 – 5.50) N 0

التشوه :

$A = PL^3 / 48\, EI$

N 4.55
5.50
N 1. 05

N 4.40
N 5.39
N 9.85

A = الانفعال

P = القوة

L = الطول   طول العينة = 43

E = معامل المرونة   (معامل المرونة للحديد = 200* 10^9) N/m^2

I = عزم القصور الذاتي للعينة

ويتم احتساب عزم القصور الذاتي للعينة عن طريق تطبيق القانون التالي

$I = bh^3 / 12$ وهذا القانون يستخدم للمقاطع المستطيلة فقط

ويكون عندئذ $1 = 25*2.5^3 /12$

$I = 32.552\ mm^4$

ولمساواة الوحدات لمعامل المرونة

$E = 200 * 10^9 N / m^2 * 10^{-6} \quad = 200*10^3 N/ mm^2$

$A = 4.46 * 430^3 / 48 * 200*10^3*32.552$

$A = 1.1318 mm$

وبأخذ القوة الثانية يكون التشوه

$A = PL^3 / 48 EI$

$A = 5.7 * 430^3 / 48*20010^3*32.552$

$A = 1.446\ mm$

وبأخذ القوة الثالثة يكون التشوه 10.16

$A = PL^3 / 48 EI$

$A = 10.16 * 430^3 / 48*200*10^3*32.552$

$A = 2.58\ mm$

المناقشـــــــــــــــة

إذا بدأنا بالعلاقة I/P= m/EL وتمت مناقشة طريقتين منفصلتين لحساب الميل والتشوه 0 الأولى هي طريقة التكامل المزدوج وهذه رياضية أساسا 0 قبل التمكن من إيجاد التشوه في نقطة معينة يجب حساب معادلتي الميل والتشوه بشكل كامل 0 وهذا سهل باستعمال مبدأ معادلة العزوم العامة المناقشة في الفقرة (2-6) يصبح ثابت التكامل صفرا اذا اخترت نقطة الاصل للمحورين في موقع يكون فيه كل من الميل والتشوه يساوي صفرا 0 كما في الطرف المثبت تماما او في مركز عتبة محملة نظريا 0

ان طريقة المساحة والعزم بصورة عامة مباشرة اكثر من طريقة التكامل المزدوج 0 وخاصة عندما تريد ايجاد التشوه في موقع معين تعتمد طريقة المساحة والعزم على شكل المنحني المرن فهي تؤكد المدلول الفيزيائي للحسابات 0

اما بالنسبة الى مناقشة طريقة عمل الجهاز فقد قمنا اولا بتصفير جهاز الدايل كيج الذي يحسب مقدار التشوه الحاصل في العينة وثم بعد ذلك قمنا باخذ عينة ذات قياسات محددة (2.5-25-430) mm ووضعناها في الجهاز التشوة الموجود في مختبر قسم الميكانيك وسلطنا ثلاث احمال مختلفة فلاحظنا هنالك حالتين للتشوه الاولى اذا كان هذا التشوه الذي حدث تشوها مرنا فان المقياس الدايل كيج سوف يرجع الى وضعه الاصلي (يصفر) واذا كان هذا التشوه تشوها لدنا فان المقياس الدايل كيج سوف لن يرجع الى وضعه الاصلي (لم يصفر) فيعتمد التشوه في هذه الحالة فشل لهذا المعدن 0

المصـــــــــادر

1− مقاومة المواد ، فرناند سنكر و اندرو بايتيل
Dr – Amlanksenguftal stressed concrete strures −2