

संरचनात्मक अभियांत्रिकी प्रायोगिक पुस्तिका
सिविल इंजीनियरिंग विभाग
मैनिट, भोपाल

Structural Engineering Lab Manual
Department of Civil Engineering
MANIT, Bhopal

संरचनात्मक अभियांत्रिकी प्रयोगशाला

STRUCTURAL ENGINEERING LAB

उपकरणों की सूची

LIST OF APPARATUS

- 1) कतरनी बल उपकरण
Shear Force Apparatus
- 2) नमन घूर्ण उपकरण
Bending Moment Apparatus
- 3) सरल समर्थित बीम उपकरण
Simply Supported Beam Apparatus
- 4) तीन-हिंजित सममित डाट उपकरण
Three-hinged arch Apparatus
- 5) पोर्टल फ्रेम उपकरण
Portal Frame Apparatus
- 6) घुमावदार रिंग बीम उपकरण
Curved Beam Apparatus
- 7) कैंटिलीवर बीम के असममित मोड़ का उपकरण
Unsymmetrical Bending Apparatus
- 8) स्तंभ बकलिंग उपकरण
Column Buckling Apparatus
- 9) दो हिंजित सममित चाप उपकरण
Two-hinged arch Apparatus

संरचनात्मक अभियांत्रिकी प्रयोगशाला
STRUCTURAL ENGINEERING LAB

प्रयोगों की सूची

LIST OF EXPERIMENTS

- 1) प्रयोगात्मक रूप से सरल समर्थित बीम में कतरनी बल निर्धारित करना और सैद्धांतिक मूल्य के साथ तुलना करना।
To determine the shear force in simply supported beam experimentally and compare it with the theoretical value.
- 2) प्रयोगात्मक रूप से सरल समर्थित बीम में नमन घुर्ण को निर्धारित करना और सैद्धांतिक मूल्य के साथ तुलना करना।
To experimentally determine the bending moment in a simply supported beam and compare it with the theoretical value.
- 3) सरल समर्थित बीम के लिए विक्षेपण का मान ज्ञात करना।
To find the value of deflection on a simply supported beam.
- 4) विभिन्न प्रकार के स्ट्रट्स के व्यवहार का अध्ययन करना और प्रत्येक के लिए यूलर बकलिंग लोड की गणना करना।
To study the behavior of different types of struts and to calculate the Euler's Buckling load for each case.
- 5) माइल्ड स्टील बीम के माध्यम से क्लार्क मैक्सवेल प्रमेय को सत्यापित करना।
To verify Clark Maxwell's theorem by means of a mild steel beam.
- 6) माइल्ड स्टील बीम के माध्यम से बेट्टी प्रमेय सत्यापित करना।
To verify Betti's theorem by means of a mild steel beam.
- 7) प्रयोगात्मक रूप से भार की दी गई प्रणाली के लिए तीन-हिंजित सममित चाप में क्षैतिज प्रणोद ज्ञात करना और सैद्धांतिक मूल्य के साथ इसे सत्यापित करना।
To experimentally determine the horizontal thrust in a three-hinged arch for a given system of loads and verify the same with calculated values.
- 8) प्रयोगात्मक रूप से तीन-हिंजित सममित चाप में क्षैतिज प्रणोद के लिए प्रभाव रेखा आरेख बनाना और गणना मूल्यों के साथ इसे सत्यापित करना।

To obtain an influence line diagram for the horizontal thrust in a three hinged arch experimentally and verify the same with calculated values.

- 9) विभिन्न एंड कन्डीशन्स में पोर्टल फ्रेम के व्यवहार का अध्ययन करना।

To study the behaviour of a portal frame under different end conditions.

- 10) कैस्टिग्लिआनो प्रमेय का उपयोग करके घुमावदार रिंग बीम में विक्षेपण को सत्यापित करना।

To verify deflection in curved ring beam using Castigliano's Theorem

- 11) कैंटिलीवर बीम के असममित मोड़ के लिए विक्षेपण का प्रायोगिक और विश्लेषणात्मक अध्ययन।

Experimental and analytical study of deflections for unsymmetrical bending of a Cantilever beam

- 12) प्रयोगात्मक रूप से भार की दी गई प्रणाली के लिए दो हिंजित सममित चाप में क्षैतिज प्रणोद ज्ञात करना और सैद्धांतिक मूल्य के साथ इसे सत्यापित करना।

To experimentally determine the horizontal thrust in a two-hinged arch for a given system of loads and verify the same with calculated values

- 13) प्रयोगात्मक रूप से दो हिंजित सममित चाप में क्षैतिज प्रणोद के लिए प्रभाव रेखा आरेख बनाना और गणना मूल्यों के साथ इसे सत्यापित करना।

To obtain an influence line diagram for the horizontal thrust in a two hinged arch experimentally and verify the same with calculated values.

प्रयोग क्रमांक- 01

परिचय

ट्रांसवर्स लोड के अधीन किसी भी संरचनात्मक सदस्य के लिए (यानी बीम के लिए) "कतरनी बल" की स्पष्ट समझ आवश्यक है। हालाँकि अवधारणाएँ सरल हैं, यह सलाह दी जाएगी, विशेष रूप से प्रारंभिक चरणों के दौरान, छात्र को इन बुनियादी अवधारणाओं को आत्मसात करने के दृष्टिकोण से जितना संभव हो उतना अभ्यास दिया जाए।

परिभाषा

a) स्पैन: यह दो आधारों के बीच केंद्र से केंद्र की दूरी है।

b) लोड स्थिति (X): यह बाएं हाथ के छोर पर समर्थन से लोड की दूरी है।

c) प्रतिक्रिया (R): यह भार का वह भाग है जो किसी न किसी सहारे द्वारा उठाया जाता है

d) कतरनी बल (F): यह सदस्य में अनुभाग के एक तरफ कार्य करने वाले भार और प्रतिक्रियाओं द्वारा निर्मित असंतुलित बल है।

चित्र (1) एक संकेंद्रित भार के साथ सरल समर्थित बीम को दर्शाता है

बिंदु A के सापेक्ष घूर्ण लेने पर

$$W \times X = R_B \times L \quad \therefore R_B = W \times X / L$$

इसी तरह.

$$R_A = W (L - X) / L$$

A से C तक कतरनी बल F एक दिशा में RA के बराबर होगा और C से B तक कतरनी बल विपरीत दिशा में और Re के बराबर होगा।

विवरण

T.W. बीम के लंबे और छोटे खंड एक हिंज द्वारा जुड़े हुए हैं और दिए गए स्पिरिट लेवल की सहायता से समतल किए जाएंगे।

समायोजन पेंच (adjusting screw) के साथ एक स्प्रिंग बैलेंस को हिंज के केंद्र से ठीक 20 सेमी की दूरी पर लगाया जाता है। लोडिंग के पश्चात, समायोजन पेंच को कस कर बीम को उसकी मूल स्तर की स्थिति में लौटा दिया जाता है। स्प्रिंग बैलेंस रीडिंग में अंतर को स्प्रिंग के अक्ष से हिंज की दूरी से गुणा करने पर हिंज पर नमन घूर्ण प्राप्त होता है।

मॉडल आयाम

i) स्पैन: स्पैन समायोज्य (adjustable) है, अधिकतम 90 सेमी हो सकती है।

ii) हिंज के केंद्र से स्प्रिंग बैलेंस असेंबली की दूरी 20 सेमी है। i.e. $h = 20$.

प्रायोगिक विधि

कतरनी बल के लिए

- 1) लेवलिंग स्कू की सहायता से यूनिवर्सल फ्रेम को समतल करें।
- 2) फ्रेम पर सपोर्ट माउंट करें।
- 3) बीम-असेंबली को सपोर्ट पर रखें।
- 4) बीम असेंबली लगाने से पहले बीम के दोनों हिस्सों पर कुछ लोडिंग लिंक को थ्रेड-इन करना न भूलें।
- 5) बीम के दोनों खंडों को निम्नलिखित का उपयोग करके सटीक रूप से समतल करें -
 - i) स्तर की बोतल, समर्थन, और/या
 - ii) एडजस्टिंग - स्कू कम स्प्रिंग - बैलेंस असेंबली।
- (6) दोनों बीम भागों के स्तर की जाँच करें। यदि आवश्यक हो तो इसे समतल करें।

क्रम संख्या	भार W (किग्रा में)	भार की स्थिति 'X' सेमी में	बीम को समतल करने के लिए प्रायोगिक कतरनी बल की आवश्यकता होती है				सैद्धांतिक S.F	प्रतिशत त्रु	टिप्पणी
			पैन असेंबली लोड करके	I.R	F.R.	अंतर $D=(F.R-I.R)$			
1	2	3	4			5	6	7	8

कतरनी बल के प्रभाव रेखा आरेख के लिए:

भार के मान को स्थिर रखते हुए और स्पैन पर उसकी स्थिति को बदलते हुए कतरनी की प्रक्रिया को दोहराया जाना चाहिए।

अवलोकन तालिका -

i) स्पैन -----सेमी

ii) बाएं हाथ के सहारे से हिंज तक की दूरी 'Y' = -----सेमी.

iii) लोड लागू 'डब्ल्यू' सेमी

क्रम संख्या	भार W (किग्रा में)	किग्रा में प्रायोगिक लोडिंग असंबली पैन	स्प्रिंग बैलेंस द्वारा कतरनी बल			इकाई भार के लिए कतरनी बल = F/N	टिप्पणी
			आरंभिक रीडिंग I.R. (किग्रा में)	अंतिम रीडिंग F.R. (किग्रा में)	अंतर $D=(F.R-I.R)$		

अब बीम के अनुदिश कतरनी बल की प्रभाव रेखा के लिए ग्राफ f-X आरेखित करें।

EXPERIMENT NO-1

OBJECTIVE:

To determine the shear force in simply supported beam experimentally and compare it with the theoretical value.

INTRODUCTION

For any structural member subjected to Transvers loads (i.e. for beams) clear understanding of the "Bending Moment" and "Shear Force" is necessary. Although the two concepts are simple, it would be advisable, particularly during the initial stages, to give the student as much drill as possible from the point of view of imbibing these basic concepts.

DEFINITION

- a) Span: It is the centre-to-centre distance between two supports.
- b) Load Position (X): It is the distance of the load from the support at the left-hand end.
- c) Reaction (R): It is the portion of the load which is taken up by one or the other support
- d) Shear Force (F): It is the unbalanced force created by loads and reactions acting on one side of section in the member.

Fig. (1) indicates a simply supported beam with a concentrated load. Taking moments about the point A

$$W \times X = R_B \times L$$

$$\therefore R_B = W \times X / L$$

$$\text{Similarly, } \dots \dots \dots R_A = W (L - X) / L$$

The shear force F from A to C shall be equal to R_A in one direction and the shear force from C to B shall be in the opposite direction and equal to R_B .

DESCRIPTION

The long and short sections of the T.W. beam are connected by a hinge and will be leveled with the help of spirit level provided. A spring balance with an adjusting screw is mounted exactly at a distance of 20 cms from the centre of the hinge. After loading, the beam is returned to its original level position by tightening the adjusting screw. Difference in spring balance reading multiplied by distance of hinge from the axis of spring is the bending moment at hinge.

MODEL DIMENSIONS

- i) SPAN - The span is adjustable, maximum being 90 cms.
- ii) The distance of spring balance assembly from the centre of the hinge is 20 cms. i.e. $h = 20$.

EXPERIMENTAL PROCEDURE

FOR SHEAR FORCE .

- 1) Level the universal frame with the help of the leveling screws.
- 2) Mount the supports on the frame.
- 3) Put the beam — assembly on the support.
- 4) Before putting the beam assembly do not forget to thread-in a few loading links on either sections of the beam.
- 5) Level both sections of the beam accurately by using —
The level' bottle, support, and/or
The adjusting — screw cum spring — balance assembly.
- 6) Check the level of both beam portions. If necessary level it.
- 7) Connect the loading pan assembly at the hinge between the two sections or use spring balance. (Ref. Fig. No.3).
- 8) Apply load (W) at some position (X). Both portions of the beam will be disturbed from the original level position.
- 9) Return the beam to its original level position by applying suitable wts in the loading pan assembly or tightening the spring balance screw.
- 10) Record the wts. applied in the loading pan assembly or measure difference in initial & final reading on spring balance. This is the required shear force at the section.
- 11) Repeat the procedure for other loads and load-position.

OBSERVATION TABLE - (C)

i) Span 'L'cms .

ii) Distance from left hand support to the hinge 'Y' = cms.

S. N.	Load in kg	Load position in cms	Experimental Shear Force require to level the beam				Theoretical S.F.	Percent Error	Remark
			By loading pan assembly	I.B	F.R.	By Spring Balance Diff. (H.R. ml.R.)			
1	2	3	4			5	6	7	8

FOR INFLUENCE LINE FOR SHEAR FORCE

The procedure for shear should be repeated by keeping the value of the load constant and varying its position on the span.

OBSERVATION TABLE - (D):

- i) Span l = cms
- ii) Distance from left hand support to the hinge Y' = cms
- iii) Load applied ' W 'cms

Now plot the graph f X for influence line of shear force along the beam.

S.N.	Load Position ' X '	Experimental loading pan assembly in kg	Shear Force by spring balance			Shear Force For unit load = $\frac{F}{N}$	Remark
			I.R	F.R	Diff. (F.R – I.R)		

प्रयोग क्रमांक- 02

परिचय

ट्रांसवर्स लोड के अधीन किसी भी संरचनात्मक सदस्य के लिए (यानी बीम के लिए) " नमन घूर्ण " की स्पष्ट समझ आवश्यक है। हालाँकि दोनों अवधारणाएँ सरल हैं, यह सलाह दी जाएगी, विशेष रूप से प्रारंभिक चरणों के दौरान, छात्र को इन बुनियादी अवधारणाओं को आत्मसात करने के दृष्टिकोण से जितना संभव हो उतना अभ्यास दिया जाए।

परिभाषा

- a) स्पैन: यह दो आधारों के बीच केंद्र से केंद्र की दूरी है।
- b) लोड स्थिति (X): यह बाएं हाथ के छोर पर समर्थन से लोड की दूरी है।
- c) प्रतिक्रिया (R): यह भार का वह भाग है जो किसी न किसी सहारे द्वारा उठाया जाता है
- d) कतरनी बल (F): यह सदस्य में अनुभाग के एक तरफ कार्य करने वाले भार और प्रतिक्रियाओं द्वारा निर्मित असंतुलित बल है
- e) नमन घूर्ण (M) यह सदस्य में अनुभाग के एक तरफ कार्य करने वाले भार और प्रतिक्रियाओं द्वारा निर्मित असंतुलित घूर्ण है।

चित्र (1) एक संकेद्रित भार के साथ सरल समर्थित बीम को दर्शाता है

बिंदु A के सापेक्ष घूर्ण लेने पर

$$W \times X = R_B \times L \quad \therefore R_B = W \times X / L$$

इसी तरह.

$$R_A = W (L - X) / L$$

A से C तक कतरनी बल F एक दिशा में R_A के बराबर होगा और C से B तक कतरनी बल विपरीत दिशा में और R_B के बराबर होगा।

अब किसी भी बिंदु D पर (जो कि बाएं हाथ के समर्थन से y दूरी पर है) नमन घूर्ण लेने पर –

$$M_B = R_A \times Y = \frac{W(l-X \times Y)}{L}$$

विवरण

T.W. बीम के लंबे और छोटे खंड एक हिंज द्वारा जुड़े हुए हैं और दिए गए स्पिरिट लेवल की सहायता से समतल किए जाएंगे।

समायोजन पेंच (adjusting screw) के साथ एक स्प्रिंग बैलेंस को हिंज के केंद्र से ठीक 20 सेमी की दूरी पर लगाया जाता है। लोडिंग के पश्चात, समायोजन पेंच को कस कर बीम को उसकी मूल स्तर की स्थिति में लौटा दिया जाता है। स्प्रिंग बैलेंस रीडिंग में अंतर को स्प्रिंग के अक्ष से हिंज की दूरी से गुणा करने पर हिंज पर नमन घूर्ण प्राप्त होता है।

मॉडल आयाम

- i) स्पैन: स्पैन समायोज्य (adjustable) है, अधिकतम 90 सेमी हो सकती है।
- ii) हिंज के केंद्र से स्प्रिंग बैलेंस असेंबली की दूरी 20 सेमी है। i.e. $h = 20$.

प्रायोगिक विधि

A) नमन घूर्ण के लिए : (चित्र संख्या 2 देखें)

- 1) लेवलिंग स्कू की सहायता से यूनिवर्सल फ्रेम को समतल करें।
- 2) फ्रेम पर सपोर्ट माउंट करें।
- 3) बीम-असेंबली को सपोर्ट पर रखें।
- 4) बीम असेंबली लगाने से पहले बीम के दोनों हिस्सों पर कुछ लोडिंग लिंक को थ्रेड-इन करना न भूलें।
- 5) बीम के दोनों खंडों को निम्नलिखित का उपयोग करके सटीक रूप से समतल करें -
 - i) स्तर की बोतल, समर्थन, और/या

ii) एडजस्टिंग - स्क्रू कम स्प्रिंग - बैलेंस असेंबली।

6) आश्वस्त करें कि कतरनी बल के लिए स्प्रिंग असेंबली काट दी गई है।

7) शून्य लोड स्थिति के लिए प्रारंभिक स्प्रिंग-बैलेंस रीडिंग रिकॉर्ड करें।

8) किसी स्थिति (X) पर लोड (W) लगाएं, बीम के दोनों हिस्से विक्षेपित हो जाएंगे और स्तर की स्थिति गड़बड़ा जाएगी।

9) अब स्क्रू कम स्प्रिंग बैलेंस को समायोजित करके बीम को उसकी मूल/स्तर की स्थिति में लाएं। बीम की क्षैतिज स्थिति के लिए लेवल बोटल का उपयोग करें।

10) अंतिम रीडिंग या स्प्रिंग-बैलेंस रिकॉर्ड करें।

11) अन्य भार और भार स्थितियों के लिए प्रक्रिया को दोहराएं।

1. स्पैन् -----सेमी.

2. बाएं हाथ के सहारे से हिंज तक की दूरी 'Y' = -----सेमी.

3. स्प्रिंग बैलेंस असेंबली से हिंज के केंद्र तक की दूरी "h" =----- सेमी.

अवलोकन तालिका A

क्रम संख्या	भार W (किग्रा में)	भार की स्थिति 'X' सेमी में	कमानीदार तराजू		अंतर $D = (F.R. - I.R.)$	नमन घूर्ण (बेंडिंग मोमेंट)		प्रतिशत त्रुटि	टिप्पणी
			आरंभिक रीडिंग I.R. (किग्रा में)	अंतिम रीडिंग F.R. (किग्रा में)		प्रायोगिक = $D \times h$ (किग्रा-सेमी में)	सैद्धान्तिक (किग्रा-सेमी में)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

नमन घूर्ण (सैधांतिक) MD= $\frac{W(l-X) \times Y}{}$ किग्रा-सेमी में

(B) नमन घूर्ण के प्रभाव रेखा आरेख के लिए:

भार के मान को स्थिर रखते हुए और स्पैन पर उसकी स्थिति को बदलते हुए नमन घूर्ण की प्रक्रिया को दोहराया जाना चाहिए।

अवलोकन तालिका B :

i) स्पैन् ----- सेमी

ii) बाएं हाथ के सहारे से हिंज तक की दूरी 'Y' = -----सेमी.

iii) स्प्रिंग बैलेंस असेंबली से हिंज के केंद्र तक की दूरी "h" =----- सेमी.

क्रम संख्या	भार स्थिति सेमी में	की 'X' कमानादार तराजू		अंतर $D = (F.R - I.R)$	नमन घूर्ण (बैंडिंग मोमेंट)		टिप्पणी
		आरंभिक रीडिंग I.R. (किग्रा में)	अंतिम रीडिंग F.R. (किग्रा में)		प्रायोगिक = $D \times h$ (किग्रा-सेमी में)	यूनिट लोड m/W के लिए 'M'	
1	2	3	4	5	6	7	8

m-X का एक ग्राफ बनाएं, यह नमून घूर्णन 'M' के लिए प्रभाव रेखा आरेख देगा।

EXPERIMENT NO-2

OBJECTIVE:

To experimentally determine the bending moment in a simply supported beam and compare it with the theoretical value.

INTRODUCTION

For any structural member subjected to-Transvers loads (i.e. for beams) clear understanding of the "Bending Moment" and "Shear Force" is necessary. Although the two concepts are simple, it would be advisable, particularly during the initial stages, to give the student as much drill as possible from the point of view of imbibing these basic concepts.

DEFINITION

- e) Span: It is the centre-to-centre distance between two supports.
- f) Load Position (X): It is the distance of the load from the support at the left-hand end.
- g) Reaction (R): It is the portion of the load which is taken up by one or the other support
- h) Shear Force (F): It is the unbalanced force created by loads and reactions acting on one side of section in the member.
- i) Bending Moment (M): It is the unbalanced moment .
created by loads and reactions acting on one side of section in the member.

indicates a simply supported beam with a concentrated load. Taking moments about the point A

$$W \times X = R_B \times L$$

$$\therefore R_B = W \times X / L$$

Similarly. $R_A = W (l - X) / L$

The shear force F from A to C shall be equal to R_A in one direction and the shear force from C to B shall be in the opposite direction and equal to R_B .

Now the bending moment at any point D , & at a distance Y from the left hand support is —



$$M_B = R_A \times Y = \frac{W(l-X) \times Y}{L}$$

DESCRIPTION

The long and short sections of the T.W. beam are connected by a hinge and will be leveled with the help of spirit level provided.

A spring balance with an adjusting screw is mounted exactly at a distance of 20 cms from the centre of the hinge. After loading, the beam is returned to its original level position by tightening the adjusting screw. Difference in spring balance reading multiplied by distance of hinge from the axis of spring is the bending moment at hinge.

MODEL DIMENSIONS

- iii) SPAN - The span is adjustable, maximum being 90 cms.
- iv) The distance of spring balance assembly from the centre of the hinge is 20 cms. i.e. $h = 20$.

EXPERIMENTAL PROCEDURE

A) For Bending Moment

- 1) Level the universal frame with the help of the leveling screws.
- 2) Mount the supports on the frame.
- 3) Put the beam — assembly on the support.
- 4) Before putting the beam assembly do not forget to thread-in a few loading links on either section of the beam.
- 5) Level both sections of the beam accurately by using —
The level' bottle, support, and/or
The adjusting — screw cum spring — balance assembly.

- ## OBSERVATION TABLE

- | S.N. | Load
W
in
Kg | Position load
'X' in
cms | Spring
Balance | | Difference

D=(FR-
IR)

= (R.NO.5
- R.NO.4) | Bending Moment | | Percent
error | Remarks |
|------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------|------------------|---------|
| | | | Initial
reading IR in
kg | Final
reading FR in
kg | | Experimental = Dxh in
kg. cms | Theoretical * in kg.
cms. | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

(B) FOR INFLUENCE LINE FOR BENDING MOMENT:

OBSERVATION TABLE (B) :

- I. Span()cms
- II. Distance from left-hand support to the high 'Y'
- III. Distance of spring balance assembly from the centre of the hinge
= 'h' =

[illegible]

Plot a graph of $m - X$, It will give the influence line for bending moment,

प्रयोग क्रमांक- 03

उद्देश्य: किसी सरल समर्थित बीम के विक्षेपण को ज्ञात करना जब इसे केंद्रीय रूप से भार किया जाता है।

उपकरण: विक्षेपण सरल समर्थित बीम उपकरण , हैंगर और बाट, मीटर रॉड, डायल इंडिकेटर, वर्नियर उपकरण में एक एम.एस. बीम होता है

प्रस्तावना और सिद्धांत: जब भी किसी बीम पर भार डाला जाता है, तो वह अपनी मूल स्थिति से विक्षेपित हो जाती है। बीम के विक्षेपण की मात्रा उसके क्रॉस सेक्शन और नमन घूर्ण पर निर्भर करती है। आधुनिक डिजाइन कार्यालयों में बीम के लिए दो डिजाइन मापदंड हैं।

(a) सामर्थ्य (b) कठोरता

बीम डिजाइन के सामर्थ्य की मापदंड के अनुसार यह नमन घूर्ण और कतरनी बल का विरोध करने के लिए पर्याप्त मजबूत होना चाहिए। लेकिन बीम डिजाइन के कठोरता मानदंड के अनुसार यह बीम के विक्षेपण का विरोध करने के लिए पर्याप्त कठोर होना चाहिए।

लंबाई 1m के AB समर्थित बीम पर विचार करें और चित्र की ज्यामिति से बीम c के केंद्र में लोड W ले जाएं । हम पाते हैं कि a पर प्रतिक्रिया,

$$R_A = R_B = W/2$$

B से x दूरी पर एक खंड X पर विचार करें। हम जानते हैं कि नमन घूर्ण इस अनुभाग पर

$$M_X = R_B \cdot x = (W/2) \cdot x$$

$$EI \cdot d^2y/dx^2 = (W/2) \cdot x \quad (i)$$

जहां E बीम का यंग मापांक है और I बीम का जड़त्व आघूर्ण है।

उपरोक्त समीकरण को समाकलित करते हुए,

$$EI \, dy/dx = Wx^2/4 + C_1 \quad (ii)$$

जहां C_1 समाकलन का पहला स्थिरांक है। हम जानते हैं कि $x=1/2$ पर $dy/dx=0$ होता है। इन मानों को समीकरण (ii) में प्रतिस्थापित करते हैं, तो हमें $C_1 = -wl^2/16$ मिलता है।

C_1 को समीकरण (ii) में प्रतिस्थापित करने पर,

$$EI \frac{dy}{dx} = \frac{Wx^2}{4} - \frac{WL^2}{16} \quad (iii)$$

समीकरण (iii) को एक बार फिर से समाकलित करना,

$$EI.y = \frac{Wx^3}{12} - \left(\frac{WL^2}{16}\right).x + C_2 \quad (iv)$$

जहां C_2 समाकलन का दूसरा स्थिरांक है। हम जानते हैं कि जब $X=0$, $Y=0$ इन मानों को समीकरण (iv) में प्रतिस्थापित करते हैं, तो हमें $C_2 = 0$ मिलता है।

$$EI.y = \frac{Wx^3}{12} - \left(\frac{WL^2}{16}\right).x \quad (v)$$

यह किसी भी खंड पर विक्षेपण के लिए आवश्यक समीकरण है, जिसके द्वारा हम बीम पर किसी भी बिंदु पर विक्षेपण प्राप्त कर सकते हैं। थोड़ा विचार करने से पता चलेगा कि अधिकतम विक्षेपण मध्यबिंदु C पर होता है। इस प्रकार अधिकतम विक्षेपण के लिए $X=L/2$ को समीकरण(v) में प्रतिस्थापित किया जाता है।

$$EI.y_c = \frac{W}{2} \left(\frac{L}{2}\right)^3 - \frac{WL^2}{16} \left(\frac{L}{2}\right)$$

$$\frac{WL^3}{96} - \frac{WL^3}{32} = -\frac{WL^3}{48}$$

Or $Y_c = -\frac{WL^3}{48EI}$ (ऋण चिह्न का अर्थ है कि विक्षेपण नीचे की ओर है)

प्रायोगिक विधि:

1. दो सपोर्ट के बीच की दूरी L मापें।
2. अंशांकित मापनी (ग्रेज्यूएटिड स्केल) की प्रारंभिक रीडिंग पर ध्यान दें।
3. भार W को बीम के केंद्र पर रखें। अब R_a & R_b की गणना करें।
4. डायल गेज से विक्षेपण y की रीडिंग नोट करें।
5. सूत्र से Y की गणना करें।
6. विक्षेपण वैसा ही होना चाहिए जैसा विश्लेषणात्मक एवं प्रयोगात्मक रूप से प्राप्त किया गया हो % त्रुटि की गणना करें।
7. W के विभिन्न मान लेकर प्रयोग को दोहराएं।

अवलोकन और गणना:

बीम की सामग्री = मृदु स्पात

धरन की लम्बाई , L cm =

धरन की ऊंचाई , t cm =

धरन की चौड़ाई , b cm =

बीम का जड़त्व आघूर्ण, I = $bt^3/12$

बीम का यंग मापांक , E = $2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

क्र.सं.	बीम पर भार (W)	विक्षेपण देखा गया(y)	विक्षेपण की गणना(yc)	% गलती

परिणाम:

सावधानियां:

- झटके के बिना भार लगाए।
- प्रयोग को कंपन और अन्य विघ्नों से दूर रखें।

EXPERIMENT NO-3

OBJECTIVE:

To determine the deflection of a simply supported beam when it is centrally loaded.

EQUIPMENT:

Apparatus consist of a M.S beam which is supported on two supports Apparatus is centrally loaded Actual deflection can be measured by the help of a dial gauge at the point of loading Apparatus is supplied complete with weights and supporting stand.

INTRODUCTION AND THEORY:

Whenever a beam is loaded, it deflects from its original position. The amount, by which a beam deflects, depends upon its cross section and bending moment.in modern design offices there are two design criteria for a beam (a) strength (b) stiffness.

As per the strength criterion of the beam design it should be strong enough to resist the bending moment and shear force. But as per the stiffness criterion of the beam design it should be stiff enough to resist the deflection of the beam.

Consider a simply supported beam AB of length 1 and carrying a load W at the centre of the beam C. From the geometry of the fig. we find that the reaction at A,

$$R_A = R_B = \frac{W}{2}$$

Consider a section X at a distance x from B. we know that the bending moment at this section

$$M_X = R_B \cdot x = \frac{W}{2} \cdot x$$

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = W/2 \cdot x \quad (i)$$

Where E is the modulus of the elasticity of the beam material and I is the moment of inertia of the beam section.

Integrating the above equation,

$$EI \frac{dy}{dx} = Wx^2/4 + C_1 \quad (ii)$$

Where C_1 is the first constant of integration. We know when $x=1/2$ $dy/dx=0$

Substituting these values in equation (ii),

$$EI \frac{dy}{dx} = Wx^2/4 - WL^2/16 \quad (iii)$$

Integrating the equation (iii) once again,

$$EI.y Wx^3/12 - (WL^2/16).x + C_2 \quad (iv)$$

Where C_2 is the second constant of integration. We know that when $X=0$, $Y=0$ Substituting these values in equation (iv) , we get $C_2 = 0$.

$$EI.y = Wx^3/12 - (WL^2/16).x \quad (v)$$

This is required equation for deflection, at any section ,by which we can get the deflection at any point on the beam .A little consideration will show , that the maximum deflection occurs at the midpoint C. Thus for maximum deflection substituting $X=L/2$ in eq.(v)

$$EI.y_c = W/2 (L/2)^3 - WL^2/16(L/2)$$

$$WL^3/96 - WL^3/32 = -WL^3/48$$

$$y_{rc} = -WL^3/48EI \text{ (minus sign means that the deflection is downwards)}$$

$$= WL^3/48EI$$

EXPERIMENTAL PROCEDURE:

1. Measure the distance L between the two supports.
2. Note the initial reading of graduated scale
3. Put Load W on the centre of the beam. Now find R_a & R_b
4. Note Readings of deflection y from the dial gauge.
5. Calculate $y_{\text{calculated}}$ from the formulae.
6. Deflection should be same as obtained analytically and experimentally.
Calculate % error
7. Repeat the experiment by taking different values of W .

OBSERVATIONS AND COMPUTATION SHEET:

Material of the beam is	= Mild Steel
Length of the beam, L cm	=
Thickness of beam , t cm	=
Breadth of the beam , b cm	=
Moment of inertia of beam I	= $bt^3/12$
Modulus of elasticity of beam material E	= $2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

SI. NO.	Weight on beam W	Deflection observed y	Deflection Calculated y_c	% Error

RESULT:

PRECAUTIONS:

- Apply the loads without jerk.
- Perform the experimental away from vibration and other disturbances

प्रयोग क्रमांक- 04

उद्देश्य: विभिन्न प्रकार की सपोर्ट परिस्थितियों में कॉलम के व्यवहार का अध्ययन करना और प्रत्येक परिस्थिति के लिए यूलर के व्यांकुचन (बकलिंग) भार की गणना करना।

सिद्धांत: यदि किसी कॉलम पर संपीडन भार लगाया जाता है, तो वह व्यांकुचन (बकलिंग) के कारण विफल हो सकता है। व्यांकुचन (बकलिंग) भार कॉलम के पदार्थ, क्रॉस सेक्शन और लंबाई के आधार पर निर्धारित होता है। यदि अवयव अपने पार्श्व आयामों की तुलना में काफी लंबा है तो यह व्यांकुचन (बकलिंग) से विफल हो जाएगा। यदि कोई अवयव बकलिंग का संकेत दिखाता है तो भार में थोड़ी वृद्धि के साथ अवयव विफल हो जाता है। वह भार जिस पर अवयव बस व्यांकुचित होता है, बकलिंग या क्रिटिकल भार कहलाता है। एक पतले स्तंभ के लिए, बकलिंग भार क्रशिंग भार से कम होता है। यूलर द्वारा दिए गए बकलिंग भार को निम्नलिखित समीकरण का उपयोग करके प्राप्त किया जा सकता है:

$$P = \pi^2 EI / l_e^2$$

जहां पर,

$$E = \text{यंग मापांक} = \text{स्टील के लिए } 2 \times 10^5 \text{ न्यूटन/मिमी}^2$$

I = स्तंभ काट का न्यूनतम जड़त्व आघूर्ण

$L_{\text{eff.}}$ = स्तंभ की प्रभावी लंबाई

सपोर्ट स्थिति के आधार पर चार परिस्थितियां संभव हैं। जिनमें से प्रत्येक के लिए प्रभावी लंबाई इस प्रकार दी गई है:

1. दोनों सिरे आबद्ध हैं

$$L_{\text{eff.}} = L/2$$

2. एक सिरा आबद्ध है और दूसरा पिन किया हुआ है

$$L_{\text{eff.}} = L/\sqrt{2}$$

3. दोनों सिरों को पिन किया गया, $L_{\text{eff.}} = L$

4. एक सिरा आबद्ध है और दूसरा मुक्त है

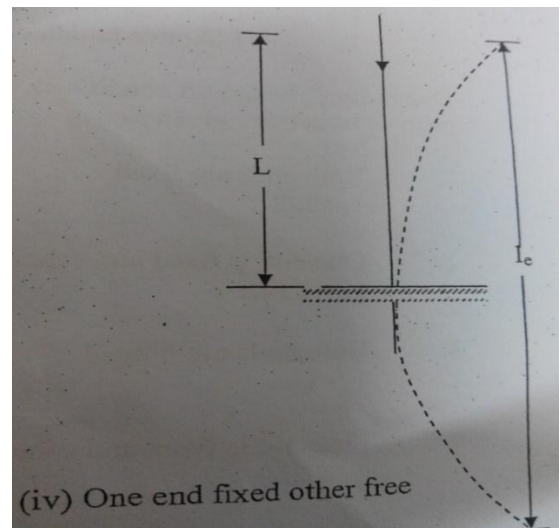
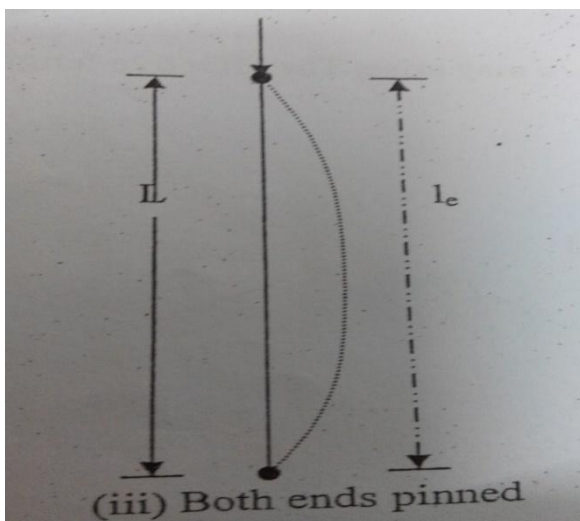
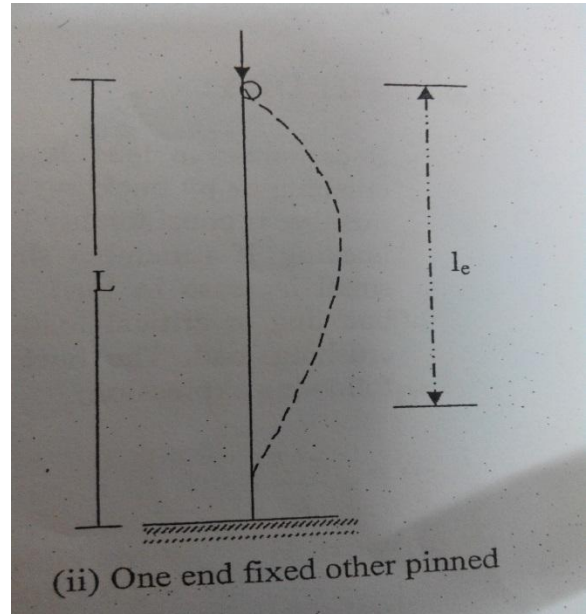
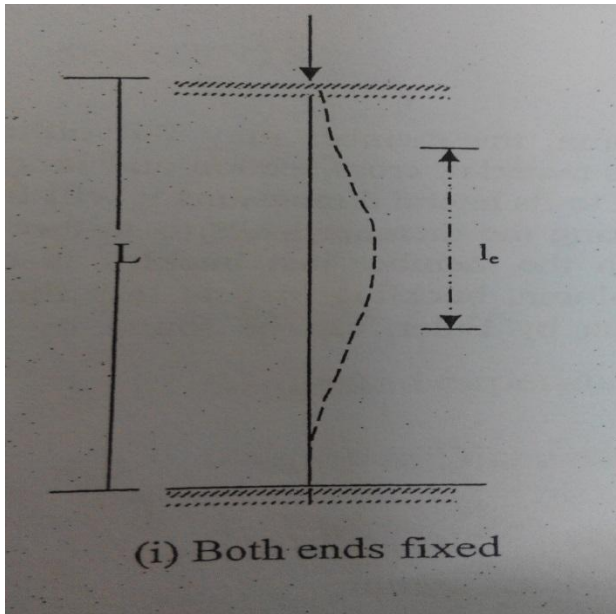
$$L_{\text{eff.}} = 2L$$

जहां, L अवयव की कुल लंबाई है।

उपकरण:

उपकरण में चार स्टील कॉलम होते हैं, जिन्हें एक ऊर्ध्वाधर लकड़ी के बोर्ड के साथ रखा जाता है। इन चार स्तंभों की अलग-अलग अंतिम स्थितियाँ नीचे दी गई हैं:

1. दोनों सिरों को पिन किया गया
2. दोनों सिरे आबद्ध हो
3. एक सिरे को पिन किया गया और दूसरे को आबद्ध किया गया।
4. एक छोर आबद्ध और दूसरा छोर मुक्त।



प्रायोगिक विधि:

चरण 1: कॉलम के पीछे लकड़ी के बोर्ड पर एक ग्राफ़ पेपर पिन करें।

चरण 2: धीरे-धीरे बढ़ते हुए क्रम में स्तंभ के शीर्ष पर भार लगाएं। एक स्थिति ऐसी आती है जब स्तंभ असामान्य विक्षेपण दिखाता है और यह भार व्यांकुचन भार कहलाता है।

चरण 3: चारों स्तंभों के लिए व्यांकुचन भार (बकलिंग भार) नोट करें।

चरण 4: कागज पर स्तंभों की विक्षेपित आकृति को चित्रित करें। वक्रों की वक्रता में परिवर्तन के बिंदुओं को चिह्नित करें और प्रत्येक स्थिति के लिए प्रभावी और समतुल्य लंबाई को मापें।

चरण 5: ऊपर दिए गए समीकरण द्वारा सैद्धांतिक प्रभावी लंबाई और इस प्रकार बकलिंग भार की भी गणना करें और अवलोकित मानों के साथ उनकी तुलना करें।

अवलोकन तालिका:

पट्टी की चौड़ाई (मिमी) $b =$

पट्टी की मोटाई (मिमी) $t =$

पट्टी की लंबाई (मिमी) $L =$

न्यूनतम जड़त्व आघूर्ण $I = bt^3/12$

क्र. सं.	अंतिम स्थितियाँ	यूलर का बकलिंग भार		प्रभावी लंबाई (मिमी)	
		सैद्धांतिक	अवलोकित	सैद्धांतिक	अवलोकित

परिणाम और व्याख्या:

सैद्धांतिक प्रभावी लंबाई की भी गणना करें और इस प्रकार ऊपर दिए गए समीकरण से बकलिंग भार की गणना करें और अवलोकित मानों के साथ उनकी तुलना करें।

EXPERIMENT NO-4

OBJECTIVE:

To study the behaviour of different types of strut and to calculate the Euler's buckling load for each case.

THEORY:

If compressive load is applied on a column, the member may fail either by crushing or by buckling depending upon its material, cross section and length. If member is considerably long in comparison to its lateral dimensions it will fail by buckling. If a member shows sign of buckling the member leads to failure with small increase in load. The load at which the member just buckles is called buckling or critical load. For a slender column, buckling load is less than the crushing load. The buckling load, as given by Euler, can be found by using following expression:

$$P = \pi^2 EI / l_e^2$$

Where,

E = Modulus of elasticity = 2×10^5 N/mm² for steel

I =

Least moment of inertia of column section.
of column

L_e = Effective length

Depending upon support conditions, four cases may arise. The effective length for each of which are given as:

5. Both ends are fixed

$$L_e = L/2$$

6. One end Fixed and other is pinned

$$L_e = L/\sqrt{2}$$

7. Both ends pinned

$$L_e = L$$

8. One end is fixed and other is free

$$L_e = 2L$$

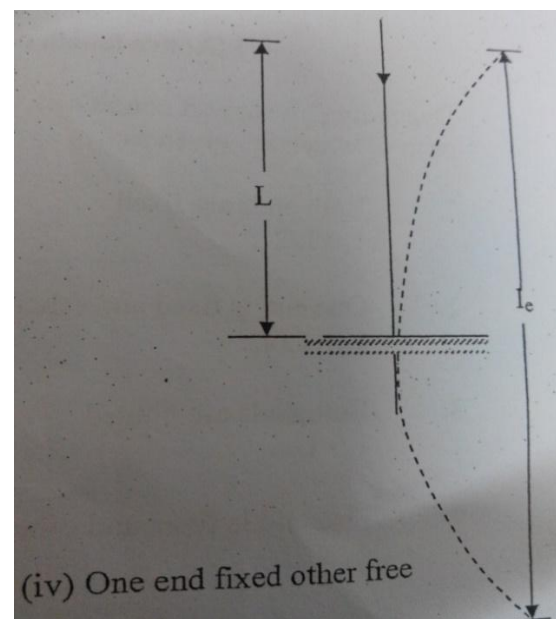
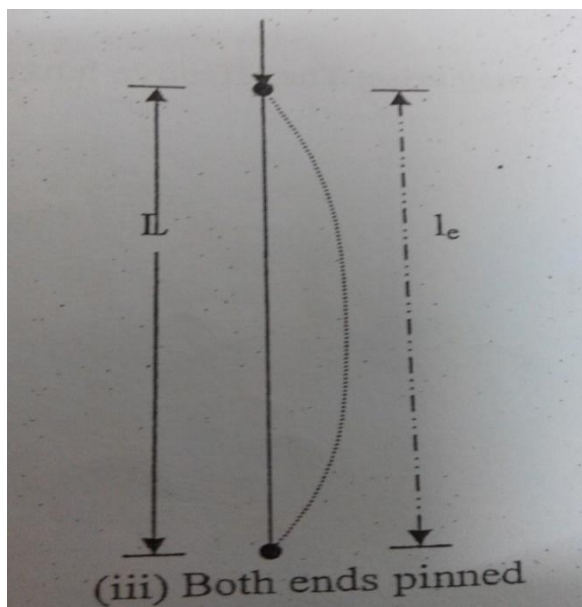
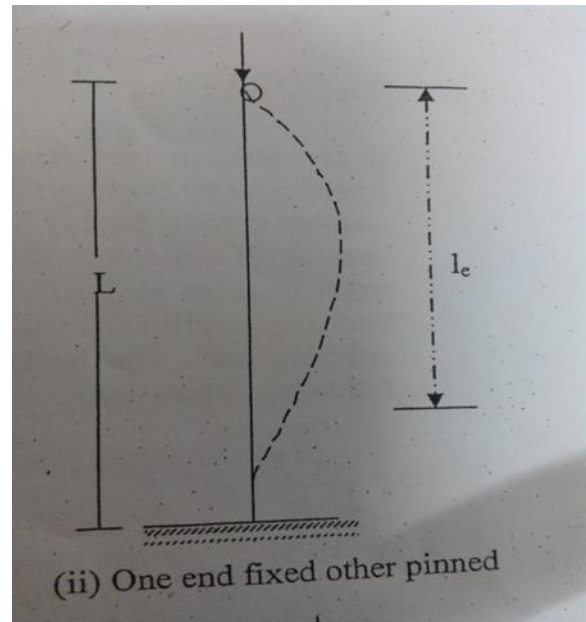
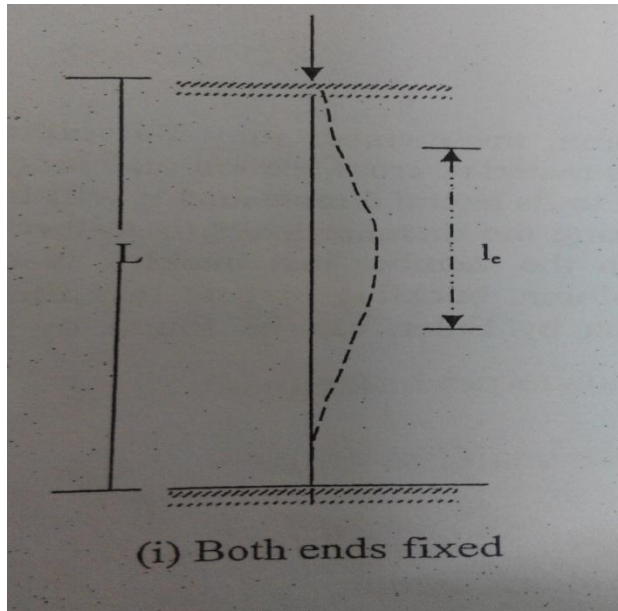
Where, L is distance between points of fixity at top and bottom i.e. unsupported length

APPARATUS:

Apparatus consists of four spring steel columns, which are put along a vertical wooden board. These four columns has different end conditions as given below:

- 1 Both ends pinned
- 2 Both Ends fixed
- 3 One end pinned and other fixed.

4 One end fixed and other end free.



SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

Step1: Pin a graph paper on a wooden board behind the column.

Step 2:

Apply the load at the top of the columns increasing gradually. At certain stage of loading the columns show abnormal deflections and give the buckling load.

Step 3: Note the buckling load for each of the four columns.

Step 4:

Trace the deflected shape of columns over the paper. Mark the points of change of curvature of the curves and measure the effective and equivalent length for each case separately.
Step 5: Also calculate the theoretical effective lengths and thus buckling load by the

Sl. No.	End conditions	Euler's Buckling Load		Effective Length(mm)	
		Theoretical	Observed	Theoretical	Observed

expression given above and compare them with the observed values.

RESULT AND DISCUSSIONS:

1. Calculate the Euler buckling load for each case.
2. Also calculate the theoretical effective lengths and thus buckling load by the expressions given above and compare them with the observed values.

SAMPLE DATA SHEET:

Width of strip (mm) $b =$

Thickness of strip (mm) $t =$

Length of strip (mm) $L =$

Least moment of inertia $I = bt^3/12$

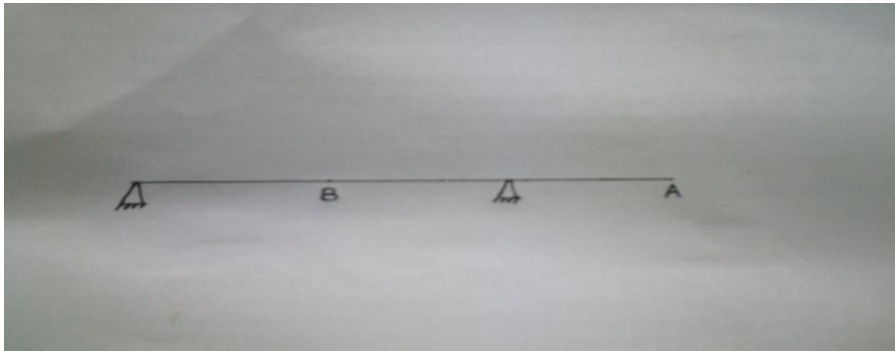
प्रयोग क्रमांक- 05

वस्तु: हल्के स्टील बीम के माध्यम से क्लार्क मैक्सवेल के प्रमेय को सत्यापित करना।

उपकरण: माइल्ड स्टील ओवरहैंग बीम, डायल गेज, वज़न।

सिद्धांत: क्लार्क मैक्सवेल का प्रमेय अपने सरलतम रूप में बताता है कि किसी भी लोचदार संरचना के किसी बिंदु A पर लगाए हुए भार के कारण बिंदु B पर विक्षेपण बिंदु B पर लगाए हुए भार के कारण बिंदु A पर विक्षेपण के समान रहेगा।

इसलिए, यह आसानी से निकाला जा सकता है कि किसी भी बिंदु पर यूनिट भार के तहत बीम का विक्षेपण वक्र उस बिंदु के लिए विक्षेपण की प्रभाव रेखा के समान होता है जब यूनिट भार बीम के साथ चलता है। इस प्रकार बीम पर प्रमेय के अनुप्रयोग को सत्यापित किया जा सकता है। इस प्रयोग द्वारा किसी भी बिंदु के लिए दोनों वक्र आलेखित करके।



प्रक्रिया:

1. 1 किलोग्राम का भार या तो सरल समर्थित स्पैन के केंद्र में या कैंटिलीवर के मुक्त छोर पर रखा जाता है ताकि विक्षेपण सराहनीय हो सके।
2. भार करने से पहले और बाद में डायल गेज के माध्यम से 10 सेमी के अंतराल पर बीम के ऊपरी किनारे की ऊंचाई को मापें और प्रत्येक बिंदु पर भार करने से पहले और बाद में 10 सेमी के अंतराल पर विक्षेपण को अलग से निर्धारित करें। इसे डायल गेज को एक बिंदु से दूसरे बिंदु तक ले जाकर और प्रत्येक बिंदु पर भार करने से पहले और बाद में ऊंचाई लेकर मापा जाएगा।
3. अब 1 किलोग्राम भार को बीम के समांतर 10 सेमी के अंतराल पर ले जाएं और भार की प्रत्येक स्थिति के लिए, उस बिंदु का विक्षेपण ज्ञात करें जहां उपरोक्त चरण 1 में भार लागू किया गया

था। इस विक्षेपण को लोडिंग से पहले और बाद में ऐसे प्रत्येक बिंदु पर अलग-अलग मापा जाना चाहिए।

4. भुज पर बिंदु की स्थिति के बीच ग्राफ बनाएं और चरण 2 और चरण 4 में खींचे गए ग्राफ के लिए प्लॉट की तुलना करें। ये बीम के विक्षेपण के लिए प्रभाव रेखा निर्देशांक हैं।
5. सरल समर्थित बीम पर केंद्रीय भार या कैंटिलीवर के मुक्त सिरे पर भार के लिए चरण 1 से 4 को दोहराया जाना चाहिए।

अवलोकन और गणना

पिन किए गए सिरे से दूरी ()	केंद्रीय बिंदु/कैंटिलीवर सिरे पर भार करें		विभिन्न बिंदुओं का विक्षेपण (मिमी) (2)-(3)	बीम के अनुदिश गतिमान भार		विभिन्न बिंदुओं का विक्षेपण (मिमी) (5)-(6)
	बिना भरित बीम के लिए डायल गेज का मापन (मिमी)	भरित बीम के लिए डायल गेज का माप(मिमी)		बिना भरित बीम के लिए डायल गेज का मापन (मिमी)	भरित बीम के लिए डायल गेज का माप (मिमी)	
1	2	3	4	5	6	7
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						

परिणाम

कॉलम 4 और कॉलम 7 की तुलना और प्लॉट किए गए कर्व समान दिखाई देते हैं। अतः बीम का विक्षेपण उसके प्रभावी रेखा आरेख को दर्शाता है ।

Experiment No-5

OBJECT:

To verify Clark Maxwell's theorem by means of a mild steel beam.

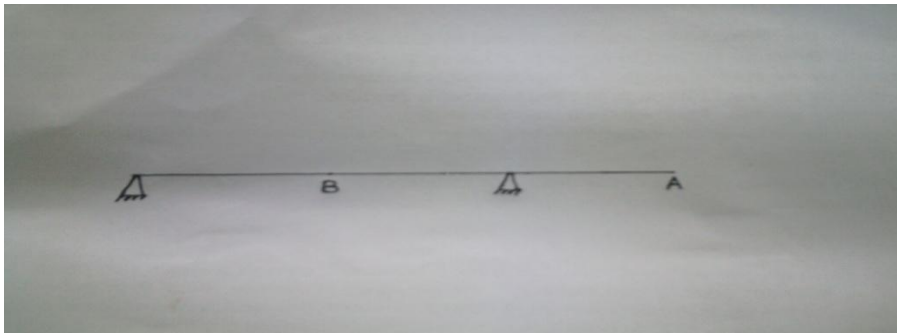
APPARATUS:

Mild steel overhang beam, dial gauges, weights.

THEORY:

Clark Maxwell's theorem in its simplest form states that the deflection of any point A of any elastic structure due to a load P at any other point B is the same as the deflection of B due to the same load P applied at point A.

It is, therefore easily derived that the deflection curve of a beam under unit load at any point is the same as the influence line of deflection for that point when a unit load moves along the beam. Thus application of the theorem to a beam can be verified. By this experiment by plotting both the curves for any point.



PROCEDURE:

6. A load of 1 Kg is placed either at the centre of the simply supported span or at the free end of the cantilever so that the deflection may be appreciable.
7. Measure the heights of the upper edge of beam at the interval of 10 cms by means of a dial gauge before and after loading and determine the deflection at 10 cms interval before and after loading at each point separately. This shall be measured by moving the dial gauge from one point to another and taking the heights before and after loading at each point.
8. Now move a 1 Kg load along the beam at 10 cms interval and for each position of the load, find the deflection of the point where the load was applied in step1, above. This deflection should be measured at each such point before and after the loading, separately.

9. Plot the graph between deflection as ordinate and position of point on abscissa and compare the plot for graph drawn in step 2 and step 4. These are the influence line ordinates for deflection of the beam.
10. The step 1 to 4 should be repeated for central load on simply supported beam or load at free end of the cantilever.

OBSERVATION and CALCULATION

Distance from the pinned end (cms)	Load at central point/cantilever end		Deflection of various points (mm) (2)-(3)	Load moving along the beam		Deflection of various points (mm) (5)-(6)
	Beam unloaded dial gauge reading (mm)	Beam loaded dial gauge reading (mm)		Beam unloaded dial gauge reading (mm)	Beam loaded dial gauge reading (mm)	
1	2	3	4	5	6	7
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						

RESULTS

Comparison of column 4 and 7 and the plot of the two curves seem to be identical. Hence they show the influence line curve for the deflection of the beam.

प्रयोग क्रमांक- 06

उद्देश्य : मृदु स्पात बीम के उपयोग से बेट्टी (Betti's) के प्रमेय को सत्यापित करना ।

बेट्टी का प्रमेय:

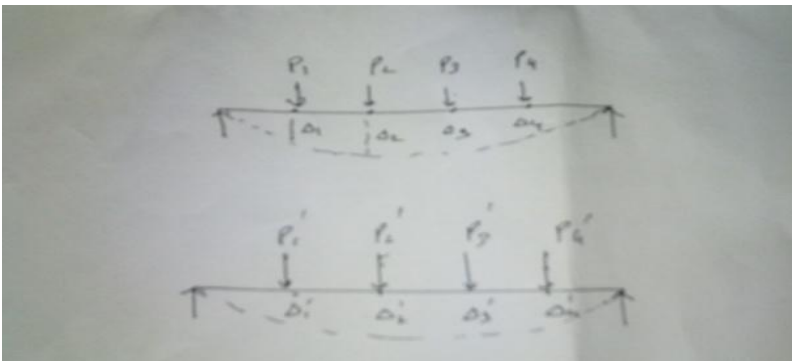
बेट्टी का प्रमेय, 1872 में एनरिको बेट्टी द्वारा खोजा गया था, जिसमें कहा गया है कि एक रैखिक लोचदार संरचना के लिए बलों के दो सेट $\{P_i\}$ $i=1, \dots, n$ और $\{Q_j\}$, $j=1, 2, \dots, n$, समुच्चय P द्वारा समुच्चय Q द्वारा उत्पन्न विस्थापन के माध्यम से किया गया कार्य समुच्चय Q द्वारा समुच्चय P द्वारा उत्पन्न विस्थापन के माध्यम से किया गया कार्य के बराबर है। यह प्रमेय संरचनात्मक इंजीनियरिंग में इसके अनुप्रयोग हैं जहां इसका उपयोग प्रभावरेखाओं को परिभाषित करने और सीमा तत्व विधि प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

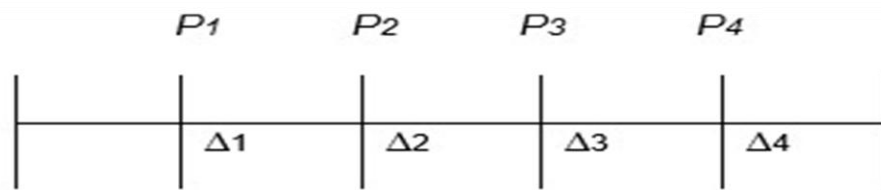
बेट्टी के प्रमेय का उपयोग टोपोलॉजी अनुकूलन दृष्टिकोण द्वारा अनुरूप तंत्र के डिजाइन में किया जाता है।

उदाहरण

एक सरल अक्षर $m=1$ और $n=1$ के लिए। एक क्षैतिज बीम पर विचार करें जिस पर दो बिंदु परिभाषित किए गए हैं: बिंदु 1 और बिंदु 2। सबसे पहले हम बिंदु 1 पर एक ऊर्ध्वाधर बल (वर्टिकल फोर्स) P लागू करते हैं और बिंदु 2 के ऊर्ध्वाधर विस्थापन (वर्टिकल डिस्प्लेसमेंट) को मापते हैं, जिसे ΔP_2 दर्शाया जाता है। इसके बाद हम बल P हटाते हैं और बिंदु 2 पर एक ऊर्ध्वाधर बल $7Q$ लगाते हैं, जो ΔQ_1 के बिंदु 1 पर ऊर्ध्वाधर विस्थापन (वर्टिकल डिस्प्लेसमेंट) उत्पन्न करता है। बेट्टी की पारस्परिकता प्रमेय में कहा गया है कि:

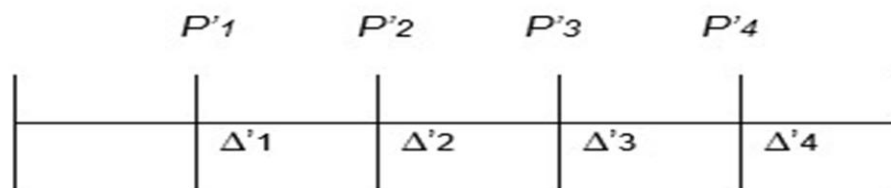
$$P \Delta Q_1 = Q \Delta P_2$$





$$P_1, P_3, \quad P_2 = P_4 = 0$$

$$\Delta_2, \Delta_4$$



$$P'_2, P'_4 \quad P'_1 = P'_3 = 0$$

$$\Delta'_1, \Delta'_3$$

$$P_1 \Delta'_1 + P_2 \Delta'_2 + P_3 \Delta'_3 + P_4 \Delta'_4 = P'_1 \Delta_1 + P'_2 \Delta_2 + P'_3 \Delta_3 + P'_4 \Delta_4$$

$$\sum P \Delta' = \sum P' \Delta$$

EXPERIMENT NO-6

OBJECTIVE:

To verify Betti's theorem by means of mild steel beam.

Betti's theorem

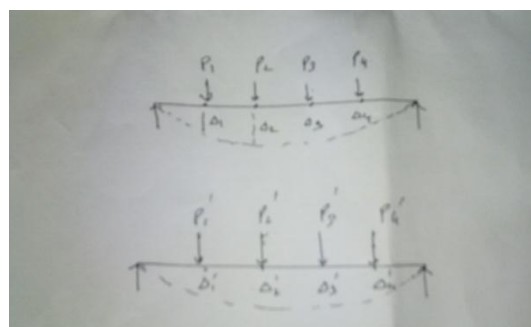
Betti's theorem, which was discovered by Enrico Betti in 1872, states that for a linear elastic structure subject to two sets of forces $\{P_i\}$ $i=1,\dots,m$ and $\{Q_j\}$, $j=1,2,\dots,n$, the work done by the set P through the displacements produced by the set Q is equal to the work done by the set Q through the displacements produced by the set P. This result is also known as the Maxwell-Betti reciprocal work (or reciprocity) theorem, and has applications in structural engineering where it is used to derive the Boundary element method.

Betti's theorem is used in the design of compliant mechanisms by topology optimization approach.

Example

For a simplelet $m=1$ and $n=1$. Consider a horizontal beam on which two points have been defined: point 1 and point 2. First we apply a vertical force P at point 1 and measure the vertical displacement of point 2, denoted Δ_{P2} . Next we remove force P and apply a vertical force Q at point 2, which produces the vertical displacement at point 1 of Δ_{Q1} . Betti's reciprocity theorem states that:

$$P \Delta_{Q1} = Q \Delta_{P2}$$



P_1	P_2	P_3	P_4
	Δ_1	Δ_2	Δ_3
		Δ_3	Δ_4

$$P_1, P_3, \quad P_2 = P_4 = 0$$

$$\Delta_2,\Delta_4$$

$$P'_1 \qquad P'_2 \qquad P'_3 \qquad P'_4$$

	Δ'_1	Δ'_2	Δ'_3	Δ'_4
--	-------------	-------------	-------------	-------------

$$P'_2,P'_4 \quad P'_1=P'_3=0$$

$$\Delta'_1,\Delta'_3$$

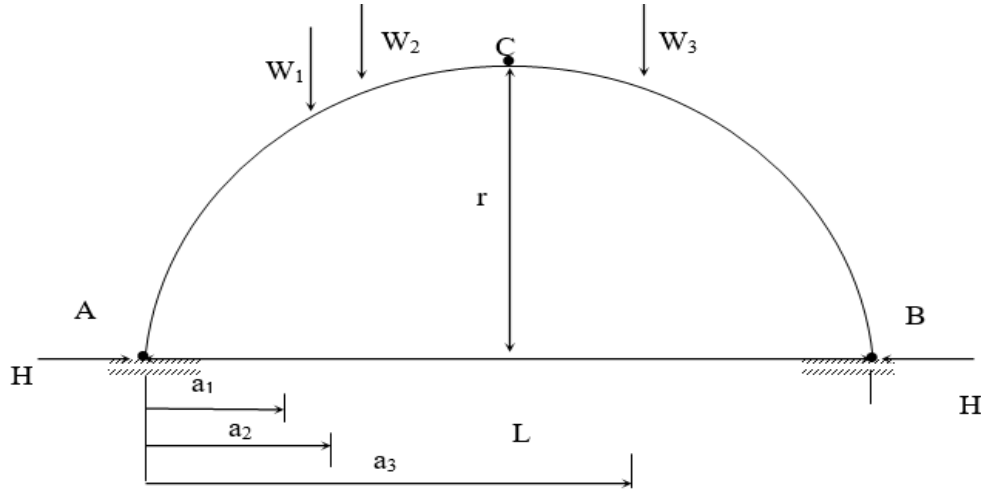
$$P_1\Delta'_1+P_2\Delta'_2+P_3\Delta'_3+P_4\Delta'_4 =P'_1\Delta_1+P'_2\Delta_2+P'_3\Delta_3+P'_4\Delta_4$$

$$\sum P\,\Delta'=\sum P'\Delta$$

प्रयोग क्रमांक- 07

उद्देश्य: प्रयोगात्मक रूप से तीन हिंज वाले आर्क में होराइजेंटल थ्रस्ट ज्ञात करना और संख्यात्मक मूल्यों के साथ इसकी तुलना करना।

सिद्धांत: तीन हिंज आर्च एक स्थिर रूप से निर्धारित संरचना है जिसमें एकवियल थ्रस्ट लागू होता है और जो स्थिरता बनाए रखने में सहायता करता है। कई भारों के लिए आर्च में होराइजेंटल थ्रस्ट H निम्नानुसार प्राप्त किया जा सकता है:



अक्ष A के अपेक्ष आघूर्ण लेते हुए

$$R_B \times L = W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3$$

$$R_B = \frac{W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3}{L}$$

अक्ष B के अपेक्ष आघूर्ण लेते हुए एवम C पर लागू सभी बलों द्वारा उत्पन्न घूर्ण को लेते हुए

$$R_A = \frac{W_1 (L - a_1) + W_2 (L - a_2) + W_3 (L - a_3)}{L}$$

$$H \times r + W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) + W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) = R_A \times \frac{L}{2}$$

$$H = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{2} [W_1 (L - a_1) + W_2 (L - a_2) + W_3 (L - a_3)] - W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) - W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) \right]$$

$$H = \frac{1}{r} \left(\frac{R_B L}{2} - W_3 \left(a_3 - \frac{L}{2} \right) \right) \quad (1)$$

क्षैतिज प्रतिक्रिया के मूल्य का मूल्यांकन इक्वेशन (1) किया जा सकता है

(2)

उपकरण:

मॉडल का विस्तार 100 सेमी और ऊंचाई 25 सेमी है, जो समर्थन और क्राउन पर हिंज्ड है। इसका एक सिरा रोलर्स पर टिका होता है। आर्च के होराइजेंटल स्पेन के साथ-साथ भार के अनुप्रयोग के लिए समान दूरी पर विभिन्न बिंदुओं को चिह्नित किया गया है। उपकरण के साथ चुंबकीय आधार वाला एक डायल गेज दिया गया है।

सुझाया गया प्रायोगिक कार्य:

1. आर्च के रोलर सिरे पर चिकनाई वाले तेल का उपयोग करें ताकि रोलर सिरे की मुक्त गति हो सके। सर्वोत्तम साम्यावस्था प्राप्त होने तक क्षैतिज जोर के लिए हैंगर पर भार रखकर आर्च के स्व-वजन को संतुलित करें। इस स्थिति में, मेज़ को थपथपाने पर आर्च का रोलर सिरा अंदर की ओर खिसकने की प्रवृत्ति रखता है। भार को किलोग्राम में नोट करें।
2. किसी भी चुनी हुई स्थिति में आर्च पर कुछ भार रखें। होराइजेंटल थ्रस्ट के लिए हैंगर पर अतिरिक्त भार रखकर इन्हें संतुलित करें। थ्रस्ट हैंगर पर अतिरिक्त भार क्षैतिज थ्रस्ट का प्रायोगिक मूल्य देते हैं।

नतीजे और चर्चाएं:

1. प्रयोगात्मक और सैद्धांतिक रूप से दिए गए भार के सेट के लिए होराइजेंटल थ्रस्ट ज्ञात करें।
2. प्रभाव रेखा निर्देशांक के देखे गए और परिकल्पित मानों को एक ही ग्राफ़ पर प्लॉट करें और दोनों मामलों में प्राप्त सटीकता पर टिप्पणी करें।

नमूना डेटा शीट:

स्पेन का विस्तार, L =

केंद्रीय उदय, H =

संतुलन के लिए थ्रस्ट हैंगर पर प्रारंभिक भार, (किग्रा) =

तालिका नंबर एक-

आर्क के स्वयं के वजन को संतुलित करने के लिए थ्रस्ट हेंगर पर प्रारंभिक भार = किग्रा

Sl. No.	रोलर एंड से हेंगर पर लोड		थ्रस्ट हेंगर पर कुल भार (किग्रा)	बाएं सपोर्ट से दूरी (सेमी)	थ्रस्ट हेंगर पर अतिरिक्त भार अर्थात H (किग्रा)	H (किग्रा) का मान
	सेट नं.	लोड (किग्रा)				
सेट नं. 1	W_1			$a_1 =$		
	W_2			$a_2 =$		
	W_3			$a_3 =$		

सावधानियां:

1. वजन को बिना किसी झटके के बहुत धीरे से थ्रस्ट हेंगर में डालें।
2. बाएं हाथ के समर्थन से भार किए गए बिंदुओं की दूरी को सटीक रूप से मापें।
3. प्रयोग को कंपन और अन्य विघ्नों से दूर रखें।

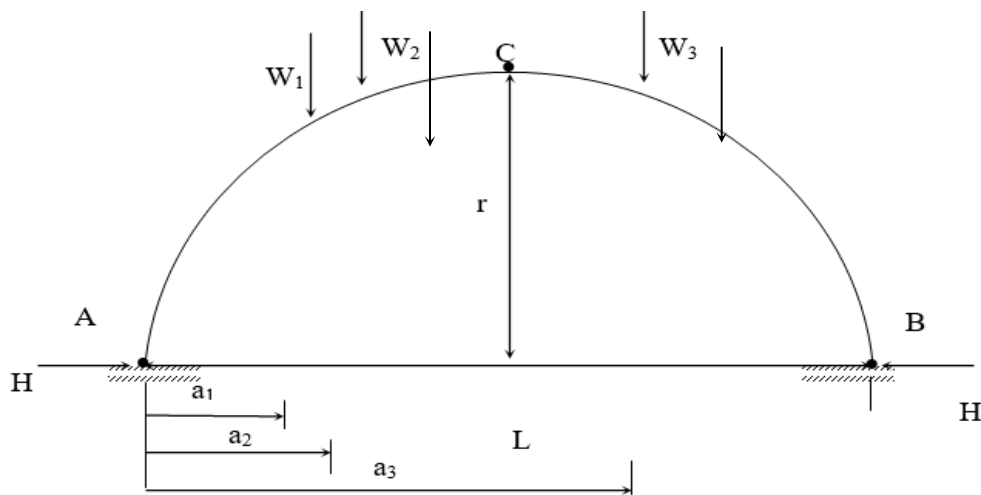
EXPERIMENT NO-7

OBJECTIVE:

To determine the horizontal thrust in a three hinged arch for a given system of loads experimentally and verify the same with calculated values.

THEORY:

A three hinged arch is a statically determinate structure with the axial thrust assisting in maintaining the stability. The horizontal thrust H in the arch for a number of loads can be obtained as follows:



Taking moment about A

$$R_B \times L = W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3$$

$$R_B = \frac{W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3}{L}$$

Taking moment about B

$$R_A = \frac{W_1 (L - a_1) + W_2 (L - a_2) + W_3 (L - a_3)}{L}$$

Taking the moment of all the forces on left hand side about C, we get

$$H \times r + W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) + W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) = R_A \times \frac{L}{2}$$

$$H = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{2} [W_1 (L - a_1) + W_2 (L - a_2) + W_3 (L - a_3)] - W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) - W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) \right]$$

$$H = \frac{1}{r} \left(\frac{R_B L}{2} - W_3 \left(a_3 - \frac{L}{2} \right) \right) \quad (1)$$

The value of horizontal reaction can be evaluated by Eq. (1).

APPARATUS:

The model has a span of 100cm and rise 25cm, with hinges at supports and crown. One of the end rests on rollers. Along the horizontal span of the arch various points are marked at equidistant for the application of load. A dial gauge with magnetic base is supplied with the apparatus.

SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

1. Use lubricating oil at the roller end of the arch so as to have a free movement of the roller end. Balance the self-weight of the arch by placing load on the hanger for horizontal thrust until the best equilibrium conditions are obtained. Under this condition, the roller end of the arch has a tendency to move inside on tapping the table. Note down the load in kgs.
2. Place a few loads on the arch in any chosen positions. Balance these by placing additional weights on the hanger for horizontal thrust. The additional weights on the thrust hanger give the experimental value of the horizontal thrust.

RESULTS AND DISCUSSIONS:

1. Find the horizontal thrust for a given set of load experimentally and theoretically.
2. Plot the observed and calculated values of influence line ordinates on the same graph and comment on the accuracy obtained in the two cases.

SAMPLE DATA SHEET:

Span of the arch, L =

Central rise, h =

Initial load on the thrust hanger for balancing, kg =

Table-1

Sl. No.	Load on hanger member from roller end		Total load on thrust hanger (kg)	Distance from left hand support (cm)	Additional load on thrust hanger i.e.H (kg)	Calculated value of H (kg)
	Set No.	Load (kg)				
Set I	W ₁			a ₁ =		
	W ₂			a ₂ =		
	W ₃			a ₃ =		

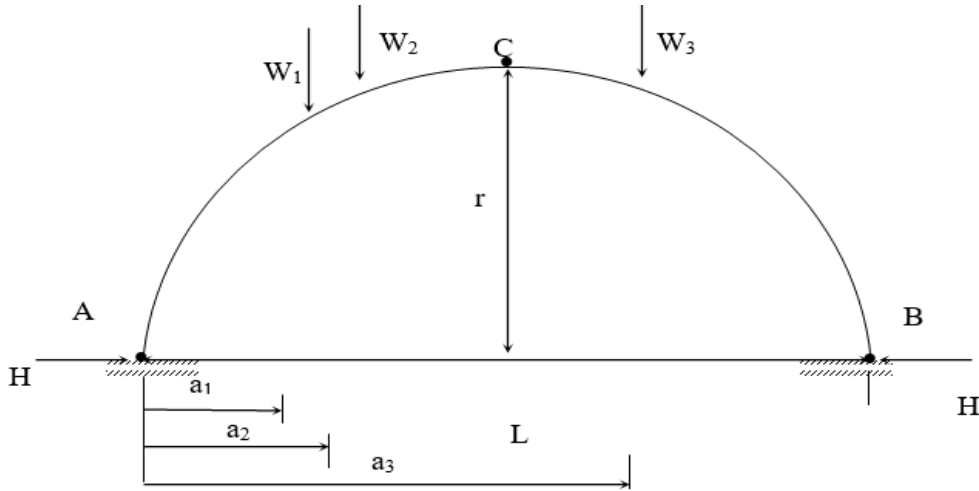
PRECAUTIONS:

- Put the weights in thrust hanger very gently without a jerk.
- Measure the distance of loaded points from left hand support accurately.
- Perform the experiment away from vibration and other disturbances.

प्रयोग क्रमांक- 08

उद्देश्य: प्रयोगात्मक रूप से तीन हिंज वाले आर्क में होराइजेंटल थ्रस्ट के लिए प्रभाव रेखा आरेख प्राप्त करना और संख्यात्मक मूल्यों के साथ इसकी तुलना करना।

सिद्धांत: तीन हिंज आर्च एक स्थिर रूप से निर्धारित संरचना है जिसमें एक्शियल थ्रस्ट लागू होता है और जो स्थिरता बनाए रखने में सहायता करता है। कई भारों के लिए आर्च में होराइजेंटल थ्रस्ट H निम्नानुसार प्राप्त किया जा सकता है:



अक्ष A के अपेक्ष आघूर्ण लेते हुए

$$R_B \times L = W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3$$

$$R_B = \frac{W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3}{L}$$

अक्ष B के अपेक्ष आघूर्ण लेते हुए एवम C पर लागू सभी बलों द्वारा उत्पन्न घूर्ण को लेते हुए

$$R_A = \frac{W_1(L - a_1) + W_2(L - a_2) + W_3(L - a_3)}{L}$$

$$H \times r + W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) + W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) = R_A \times \frac{L}{2}$$

$$H = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{2} [W_1(L - a_1) + W_2(L - a_2) + W_3(L - a_3)] - W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) - W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) \right]$$

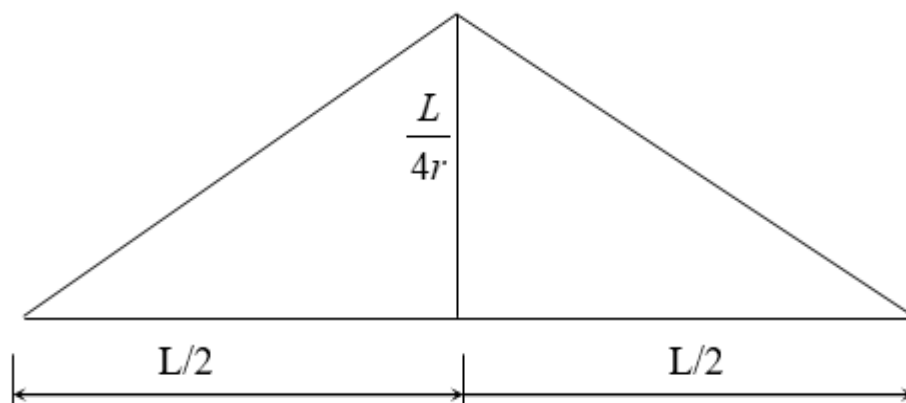
$$H = \frac{1}{r} \left(\frac{R_B L}{2} - W_3 \left(a_3 - \frac{L}{2} \right) \right) \quad (1)$$

क्षैतिज प्रतिक्रिया के मूल्य का मूल्यांकन इक्वेशन (1) किया जा सकता है

किसी बिंदु पर किसी भी प्रतिक्रिया की प्रभाव रेखा एक ग्राफ है जो इकाई गतिशील भार की विभिन्न स्थितियों के लिए एक बिंदु पर प्रतिक्रियाओं, अघूर्णों, कतरनी बलों, तनाव या विक्षेपण जैसे कार्यों की भिन्नता को दर्शाती है। इसलिए, एच के लिए प्रभाव रेखा खींचने के लिए, 1 किलो का एक इकाई भार दोनों में से किसी भी समर्थन से अलग-अलग दूरी x पर रखा गया है।

माना 1 किग्रा का भार A से x दूरी पर रखा गया है।

$R_B = \frac{x}{L}$ फिर, हमारे पास C के RHS पर मौजूद सभी बलों के लिए C के बारे में घूर्ण लेते हुए



$$\frac{x}{L} \cdot \frac{L}{2} - H \cdot r = 0$$

(2)

$$\therefore H = \frac{x}{2r}$$

इस प्रकार, समीकरण. (2) एक सीधी रेखा का समीकरण है और क्षैतिज प्रतिक्रिया H के लिए प्रभाव रेखा आरेख देता है।

उपकरण:

मॉडल का विस्तार 100 सेमी और ऊंचाई 25 सेमी है, जो समर्थन और क्राउन पर हिंज्ड है। इसका एक सिरा रोलर्स पर टिका होता है। आर्च के होराइजंटल स्पेन के साथ-साथ भार के अनुप्रयोग के लिए समान दूरी पर विभिन्न बिंदुओं को चिह्नित किया गया है। उपकरण के साथ चुंबकीय आधार वाला एक डायल गेज दिया गया है।

प्रायोगिक कार्य:

1. आर्च के रोलर सिरे पर चिकनाई वाले तेल का उपयोग करें ताकि रोलर सिरे की मुक्त गति हो सके। सर्वोत्तम साम्यावस्था प्राप्त होने तक क्षैतिज जोर के लिए हैंगर पर भार रखकर आर्च के स्व-वजन को संतुलित करें। इस स्थिति में, मेज़ को थपथपाने पर आर्च का रोलर सिरा अंदर की ओर खिसकने की प्रवृत्ति रखता है। भार को किलोग्राम में नोट करें।
2. किसी भी चुनी हुई स्थिति में आर्च पर कुछ भार रखें। होराइजेंटल थ्रस्ट के लिए हैंगर पर अतिरिक्त भार रखकर इन्हें संतुलित करें। थ्रस्ट हैंगर पर अतिरिक्त भार क्षैतिज थ्रस्ट का प्रायोगिक मूल्य देते हैं।
3. एच के लिए प्रभाव रेखा प्राप्त करने के लिए, प्रत्येक हैंगर पर एक-एक करके 2 किलोग्राम का भार रखें और थ्रस्ट हैंगर पर आवश्यक संतुलन भार ज्ञात करें।
4. प्रतिनिधित्व करने वाले कोटि को आलेखित करने के लिए संतुलित भार के $\frac{1}{2}$ को आधार के रूप में रखें। यह क्षैतिज जोर के लिए प्रभाव रेखा आरेख देता है।

नतीजे और चर्चाएं:

1. प्रयोगात्मक और सैद्धांतिक रूप से दिए गए भार के सेट के लिए होराइजेंटल थ्रस्ट ज्ञात करें।
2. प्रभाव रेखा निर्देशांक के देखे गए और परिकल्पित मानों को एक ही ग्राफ़ पर प्लॉट करें और दोनों मामलों में प्राप्त सटीकता पर टिप्पणी करें।

नमूना डेटा शीट:

स्पेन का विस्तार, L =

केंद्रीय उदय, H =

संतुलन के लिए थ्रस्ट हैंगर पर प्रारंभिक भार, (किग्रा) =

तालिका नंबर एक-

आर्क के स्वयं के वजन को संतुलित करने के लिए थ्रस्ट हैंगर पर प्रारंभिक भार = किग्रा

प्रत्येक हैंगर पर 2 किलोग्राम भार	1	2	3	4	5	6	7	8	9
वजन संतुलित करना थ्रस्ट हैंगर पर (किग्रा)									
कुल वजन (किग्रा)									
प्रभाव रेखा कोटि (कुल भार/2) देखी गई									
प्रभाव रेखा कोटि का परिकलित मान									

सावधानियां:

1. वजन को बिना किसी झटके के बहुत धीरे से थ्रस्ट हैंगर में डालें।
2. बाएं हाथ के समर्थन से भार किए गए बिंदुओं की दूरी को सटीक रूप से मापें।
3. प्रयोग को कंपन और अन्य विघ्नों से दूर रखें।

EXPERIMENT NO-8

OBJECTIVE:

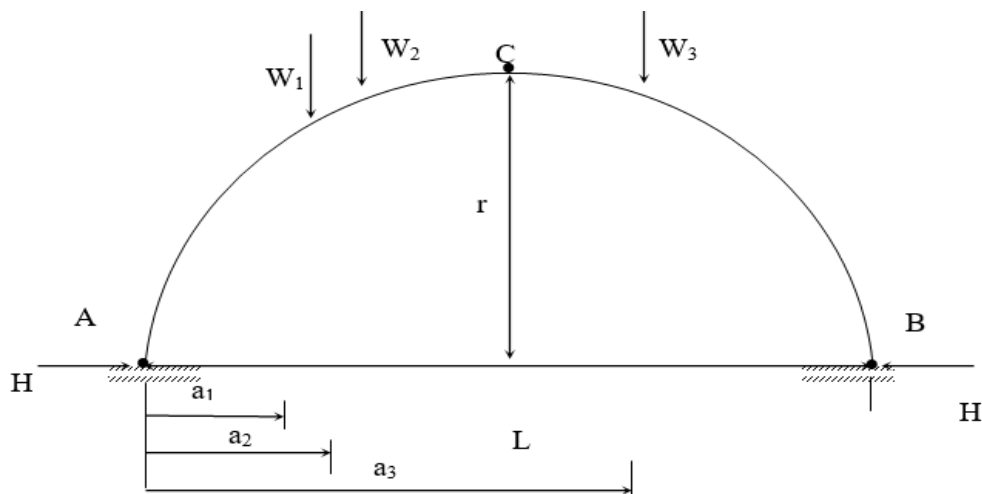
To obtain influence line diagram for horizontal thrust in a three hinged arch experimentally and to compare it with the calculated values.

APPARATUS:

The model has a span of 100cm and rise 25cm, with hinges at supports and crown. One of the end rests on rollers. Along the horizontal span of the arch various points are marked at equidistant for the application of load. A dial gauge with magnetic base is supplied with the apparatus.

THEORY:

A three hinged arch is a statically determinate structure with the axial thrust assisting in maintaining the stability. The horizontal thrust H in the arch for a number of loads can be obtained as follows:



Taking moment about A

$$R_B \times L = W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3$$

$$R_B = \frac{W_1 a_1 + W_2 a_2 + W_3 a_3}{L}$$

Taking moment about B

$$R_A = \frac{W_1(L - a_1) + W_2(L - a_2) + W_3(L - a_3)}{L}$$

Taking the moment of all the forces on left hand side about C, we get

$$H \times r + W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) + W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) = R_A \times \frac{L}{2}$$

$$H = \frac{1}{r} \left[\frac{1}{2} [W_1(L - a_1) + W_2(L - a_2) + W_3(L - a_3)] - W_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) - W_2 \left(\frac{L}{2} - a_2 \right) \right]$$

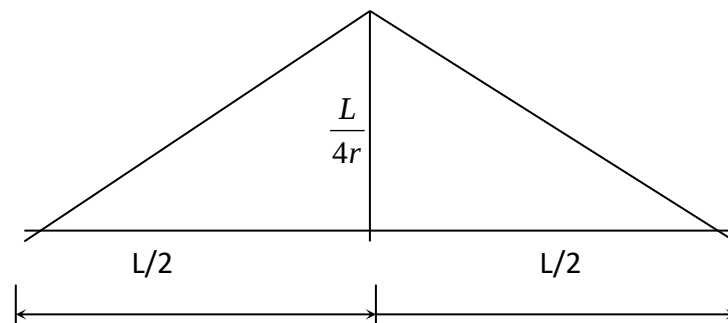
$$H = \frac{1}{r} \left(\frac{R_B L}{2} - W_3 \left(a_3 - \frac{L}{2} \right) \right) \quad (1)$$

The value of horizontal reaction can be evaluated by Eq. (1).

The influence line of any reaction at a point is a graph showing the variation of a functions like reactions, moments, shear forces, stress or deflections at a point for various positions of unit moving load. Therefore, to draw the influence line for H, a unit load of 1kg is placed at varying distance x from either of the supports.

Let a load of 1kg be placed at a distance x from A.

$R_B = \frac{x}{L}$ then, taking moment about C for all the forces on R.H.S. of C we have



$$\frac{x}{L} \cdot \frac{L}{2} - H \cdot r = 0 \quad (2)$$

$$\therefore H = \frac{x}{2r}$$

Thus, the Eq. (2) is the equation of a straight line and gives the influence line diagram for the horizontal reaction H

SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

- a. Use lubricating oil at the roller end of the arch so as to have a free movement of the roller end. Balance the self-weight of the arch by placing load on the hanger for horizontal thrust until the best equilibrium conditions are obtained. Under this condition, the roller end of the arch has a tendency to move inside on tapping the table. Note down the load in kgs.
- b. Place a few loads on the arch in any chosen positions. Balance these by placing additional weights on the hanger for horizontal thrust. The additional weights on the thrust hanger give the experimental value of the horizontal thrust.
- c. To obtain the influence line for H, place a load of 2kg in turn on each hanger one by one and find the balancing weight required on the thrust hanger.
- d. Plot the ordinate representing $\frac{1}{2}$ of the balancing weights on the load positions as base. This gives the influence line diagram for horizontal thrust.

RESULTS AND DISCUSSIONS:

1. Find the horizontal thrust for a given set of load experimentally and theoretically.
2. Plot the observed and calculated values of influence line ordinates on the same graph and comment on the accuracy obtained in the two cases.

SAMPLE DATA SHEET:

Span of the arch, L =

Central rise, h =

Initial load on the thrust hanger for balancing, kg =

Table-1

Initial load on the thrust hanger to balance self weight of arch =kgs

2kgs load at hanger number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Balancing wt. on thrust hanger (kg)									
Net weights (kg)									
Influence line ordinate (net wt./2) observed									
Calculated value of influence line ordinate									

PRECAUTIONS:

- Put the weights in thrust hanger very gently without a jerk.
- Measure the distance of loaded points from left hand support accurately.
- Perform the experiment away from vibration and other disturbances.

प्रयोग क्रमांक- 09

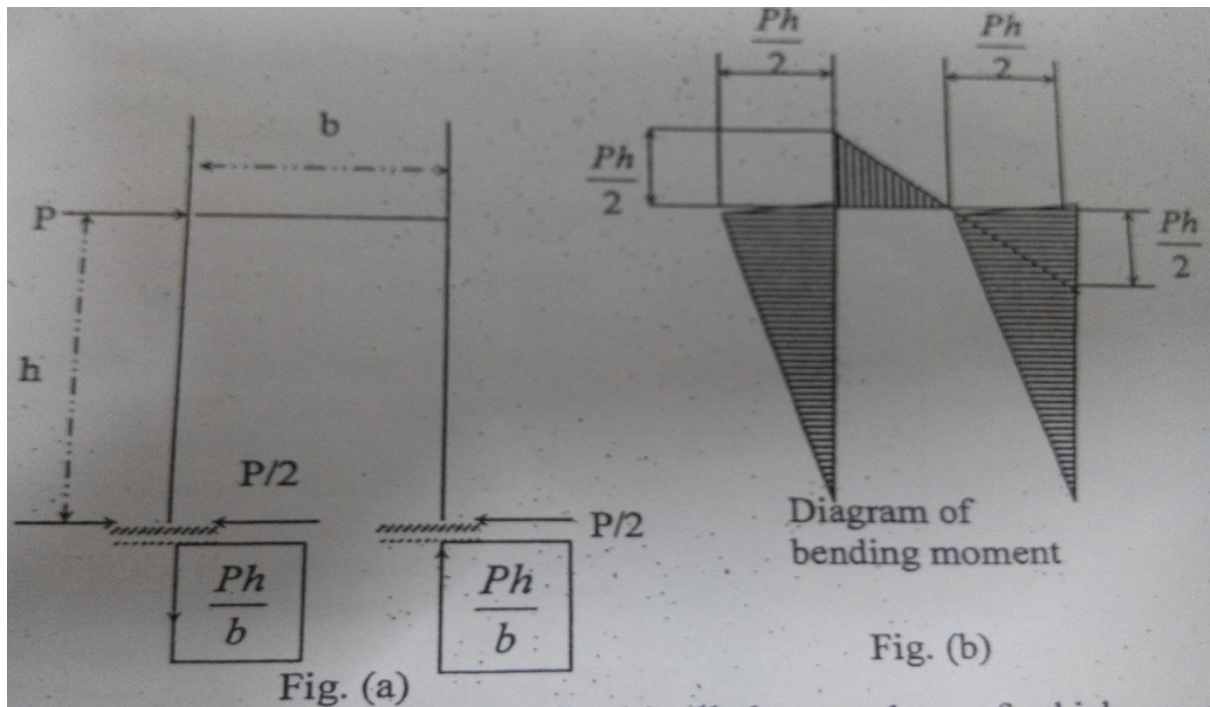
उद्देश्य: विभिन्न अंतिम परिस्थितियों (एंड कंडीशन) में पोर्टल फ्रेम के व्यवहार का अध्ययन करना।

लिखित:

संरचनाओं को स्थैतिक रूप से डिटरमिनेट (स्टैटिकली डिटरमिनेट) या स्थैतिक रूप से इनडिटरमिनेट (स्टैटिकली इनडिटरमिनेट) के रूप में वर्गीकृत किया गया है। स्टैटिकली डिटरमिनेट का विश्लेषण संतुलन की स्थितियों का उपयोग करके किया जा सकता है जबकि स्टैटिकली अनडिटरमिनेट को हल करने के लिए अतिरिक्त शर्तों की आवश्यकता होती है, पोर्टल फ्रेम अंतिम स्थितियों के आधार पर कई डिग्री की अनिश्चितता के लिए एक अनिश्चित संरचना है।

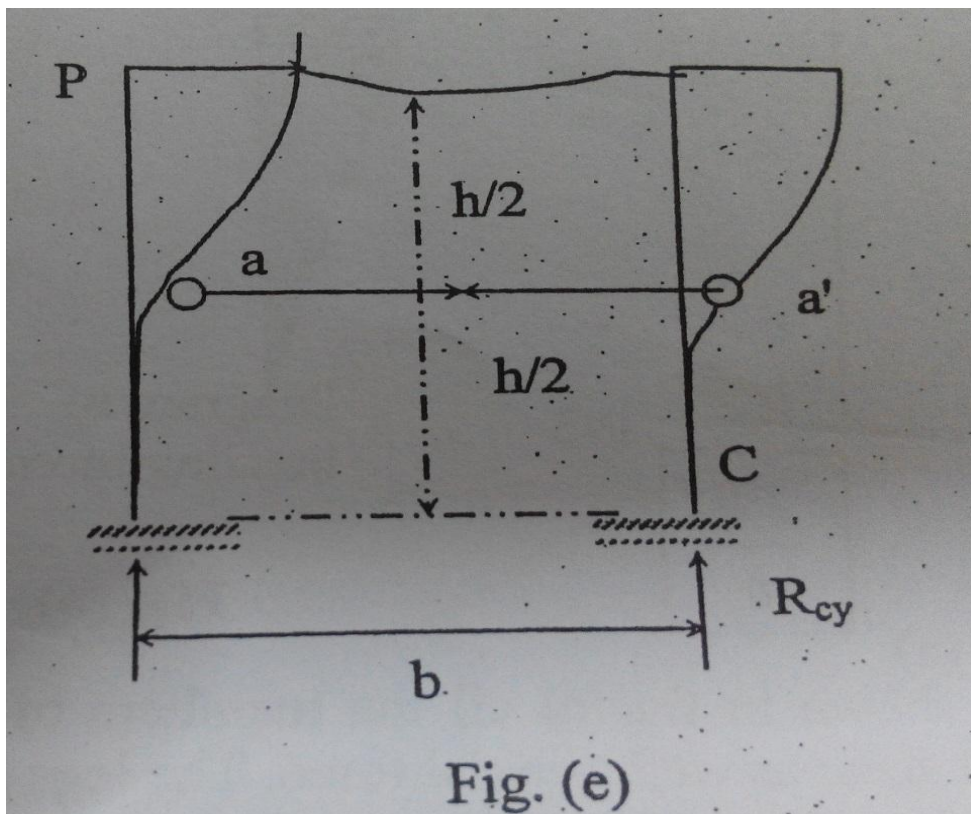
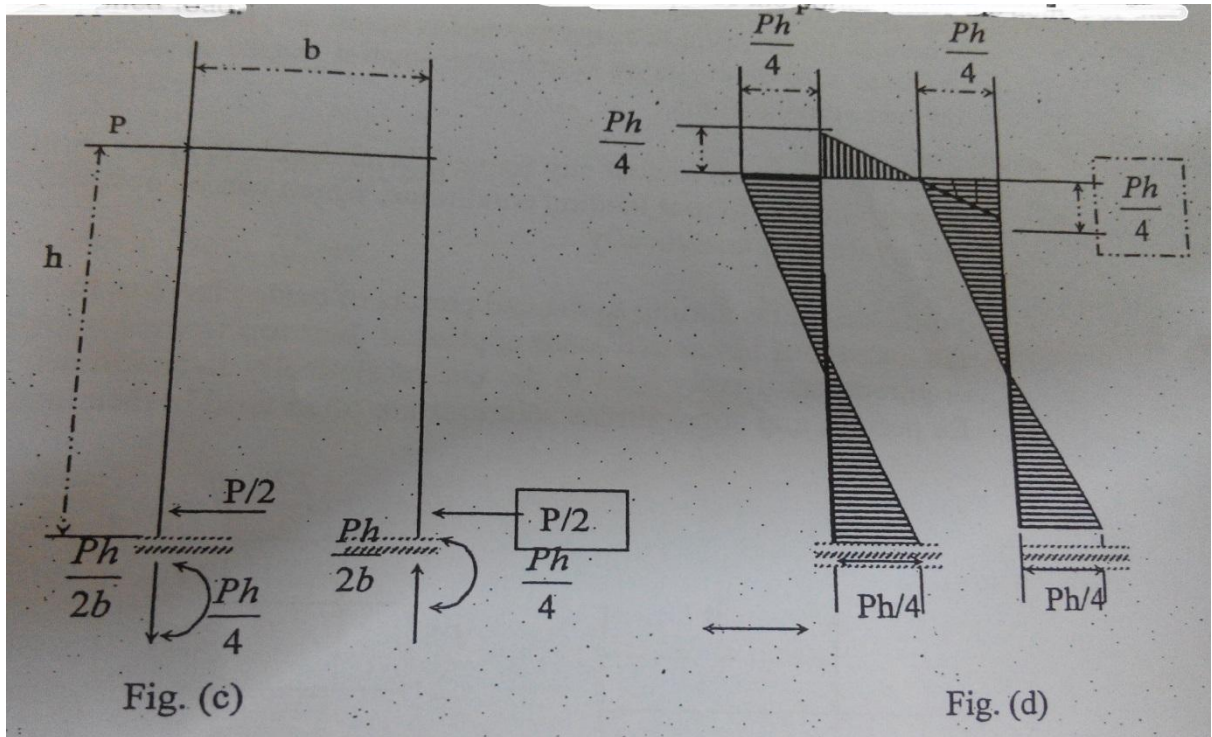
किसी भी फ्रेम के व्यवहार को जानने के लिए अलग-अलग लोडिंग स्थितियों के तहत इसके अलग-अलग विक्षेपित आकार को जानना उचित है, जिसे ऊर्ध्वाधर कार्य ऊर्जा विधि द्वारा विश्लेषणात्मक रूप से काम किया जा सकता है।

पुल के अंतिम पोर्टलों के समान पोर्टल संरचनाओं का प्राथमिक उद्देश्य उनके शीर्ष पर लागू क्षैतिज भार (हॉरिजॉन्टल लोड्स)को उनकी नींव निकासी आवश्यकताओं में स्थानांतरित करना होता है, जो आमतौर पर पोर्टलों के लिए सांख्यिकीय रूप से अनिश्चित संरचनात्मक लेआउट का कारण बनता है और उनके विश्लेषण में अनुमानित समाधान का उपयोग किया जाता है।



चित्र (a) में दिखाए गए पोर्टल पर विचार करें जिसके सभी सदस्य झुकने और कतरनी (शियर) के साथ-साथ अक्षीय बल ले जाने में सक्षम हैं। पैरों को उनके आधार पर टिकाया (हिन्ज्द) गया है और शीर्ष पर क्रॉस गर्डर से मजबूती(फिक्स्ड) से जोड़ा गया है, यह संरचना पहली डिग्री तक स्टैटिकली इन्डिटरमिनेट है। लोचदार स्थिति (इलास्टिक कंडीशन) के आधार पर इस प्रकार की संरचना के समाधान से पता चलता है कि पोर्टल पर कुल क्षैतिज कतरनी (हॉरिजॉन्टल शियर) को दोनों पैरों के बीच लगभग समान रूप से विभाजित किया जाएगा; इसलिए यह माना जाएगा कि दोनों पैरों के लिए क्षैतिज (हॉरिजॉन्टल) प्रतिक्रिया एक दूसरे के बराबर है और इसलिए $P/2$ के बराबर है।

विश्लेषण का शेष भाग अब स्टैटिक्स द्वारा किया जा सकता है, दाहिने पैर पर ऊर्ध्वाधर प्रतिक्रिया (वर्टिकल रिएक्शन) बाएं पैर के आधार पर काज (हिन्ज) के बारे में अघूर्ण (मोमेंट) लेकर प्राप्त की जा सकती है, बाएं पैर पर ऊर्ध्वाधर प्रतिक्रिया (वर्टिकल रिएक्शन) फिर $\sum f_y = 0$ लागू करके पाई जा सकती है। संपूर्ण संरचना के लिए एक बार जब प्रतिक्रिया ज्ञात हो जाती है तो झुकाने वाले अघूर्ण (बेन्डिंग मोमेंट) और कतरनी(शियर) के आरेख (डायग्राम) की आसानी से गणना की जाती है, जिससे झुकने वाले अघूर्ण (बेन्डिंग मोमेंट) के मान प्राप्त होते हैं जैसा कि चित्र (b) में दिया गया है। यह लागू भार की कार्रवाई के तहत पोर्टल के विकृत आकार (डीफोर्मेटेड शेप) की अच्छी तरह से कल्पना करता है।



अब कुछ मायनों में चित्र (a) के समान पोर्टल पर विचार करें, लेकिन पैरों के आधार स्थिर (फिक्स्ड) हैं, जैसा कि चित्र (c) में दिखाया गया है। यह संरचना स्थिर रूप से तीसरी डिग्री के लिए अनिश्चित है, (स्टैटिकली इन्डिटरमिनेट 3 डिग्री) इसलिए तीन धारणाएं बनाई जानी चाहिए। जैसे कि कब पैरों को उनके आधार पर टिकाया गया था, फिर से यह माना जाएगा कि दोनों पैरों के लिए क्षैतिज प्रतिक्रियाएँ (हॉरिजॉन्टल रिएक्शन) बराबर हैं और इसलिए $P/2$ के बराबर हैं। यह ध्यान दिया जाएगा कि प्रत्येक पैर के केंद्र के पास वक्रता (कर्वचर) का उलटा बिंदु है। ये विभक्ति (इन्फ्लेक्सन) के बिंदु हैं, जहां झुकने का अघूर्ण (बेन्डिंग मोमेंट) संकेत बदल रहा है और इसलिए इसका मान शून्य है। इसलिए यह माना जाएगा कि प्रत्येक पैर के केंद्र में एक विभक्ति बिंदु है; यह संरचनात्मक रूप से यह मानने के बराबर है कि बिंदु a और a' पर टिका (हिंज) मौजूद है, जैसा कि चित्र (e) में दिखाया गया है। इस पोर्टल पर ऊर्ध्वाधर प्रतिक्रियाएं (वर्टिकल रिएक्शन) पोर्टल पैरों में अक्षीय बलों (एक्सियल फोर्स) के बराबर होती हैं और इसे a और a' के बारे में क्रमिक रूप से अघूर्ण लेकर निर्धारित किया जा सकता है। a और a' के ऊपर संरचना के उस हिस्से पर कार्य करने वाली सभी ताकतों का। उदाहरण के लिए, मोमेंट अबाउट a।

$$+P(h/2) - R_{cy}b = 0 \quad R_{cy} = +Ph/2$$

प्रत्येक पैर के आधार पर अघूर्ण प्रतिक्रिया, (बेन्डिंग रिएक्शन) पैर में विभक्ति बिंदु पर कतरनी (शियर) के बराबर होती है, जो विभक्ति बिंदु (इन्फ्लेक्सन पॉइंट) से पैर के आधार तक की दूरी से गुणा होती है और इसलिए $(P/2)(h/2) = Ph/4$ के बराबर होती है। एक बार प्रतिक्रिया ज्ञात हो जाने पर, पोर्टल के सदस्य के लिए कतरनी और झुकने के अघूर्ण के आरेख (बेन्डिंग मोमेंट डायग्राम) आसानी से स्थैतिक द्वारा निर्धारित किए जाते हैं। इस संरचना और लोडिंग के लिए झुकाने वाले अघूर्ण का आरेख चित्र (d) में दिया गया है। चित्र (e) लागू भार की कार्रवाई के तहत पोर्टल के विकृत आकार (डीफोर्मड शेप) को दर्शाता है।

उपरोक्त दो अलग-अलग स्थितियों के अलावा, दो अलग-अलग स्थितियों को भी उपरोक्त पोर्टल पर देखा जा सकता है

- एक सिरा स्थिर, दूसरा टिका हुआ
- एक सिरा स्थिर, दूसरे को रोलर के सहारे टिकाया हुआ।

सुझाया गया प्रायोगिक कार्य:

- 1.पोर्टल फ्रेम की अंतिम स्थितियों (एंड कंडीशन) का चयन करें.
- 2.उस बिंदु का चयन करें जहां लोडिंग लागू की जानी है (पहले क्षैतिज फिर ऊर्ध्वाधर को अलग अलग ले)
- 3.फ्रेम के विक्षेपित आकार (डीफ्लेक्टेड शेप) को प्राप्त करने के लिए पैरों और बीम पर विभिन्न बिंदुओं पर विक्षेपण (डीफ्लेक्सन्)को नीचे दिए गए विवरण के अनुसार अलग-अलग मापें। डायल गेज को ठीक करें और उन्हें विभिन्न बिंदुओं पर एक पैर पर शून्य पर समायोजित करें और इनके अंत से ऊर्ध्वाधर दूरी को मापें। अंक. अब लोडिंग के लिए चयनित बिंदु पर भार लागू करें। डायल गेज रीडिंग नोट करें
- 4.फ्रेम को उतारें और डायल गेज को दूसरे पैर पर शिफ्ट करें और उपरोक्त (4), (5),(6) को दोहराएं।
- 5.फ्रेम को फिर से उतारें और डायल गेज को फ्रेम के बीम पर शिफ्ट करें और दोहराएं (4) (5) (6)
- 6.प्रेक्षित रीडिंग (ओब्जर्वड)को सारणीबद्ध करें और ग्राफ़ शीट पर पोर्टल फ्रेम के लिए विक्षेपित आकृति को स्केच करें।
- 7.विक्षेपित आकार प्राप्त करने के लिए विभिन्न सिरों की स्थितियों और लोडिंग स्थितियों के लिए उपरोक्त चरण (1) से (9) को दोहराएं।

AC पर अंक	C से बिंदु की दूरी	डायल गेज रीडिंग		विक्षेपण(मिमी)
		प्रारंभिक	अंतिम	

AB पर अंक	A से दूरी बिंदु	डायल गेज रीडिंग		विक्षेपण(मिमी)
		प्रारंभिक	अंतिम	

--	--	--	--	--

BD पर अंक	D से दूरी बिंदु	डायल गेज रीडिंग		विक्षेपण(मिमी)
		प्रारंभिक	अंतिम	

टिप्पणियाँ:

EXPERIMENT NO- 9

OBJECTIVE:

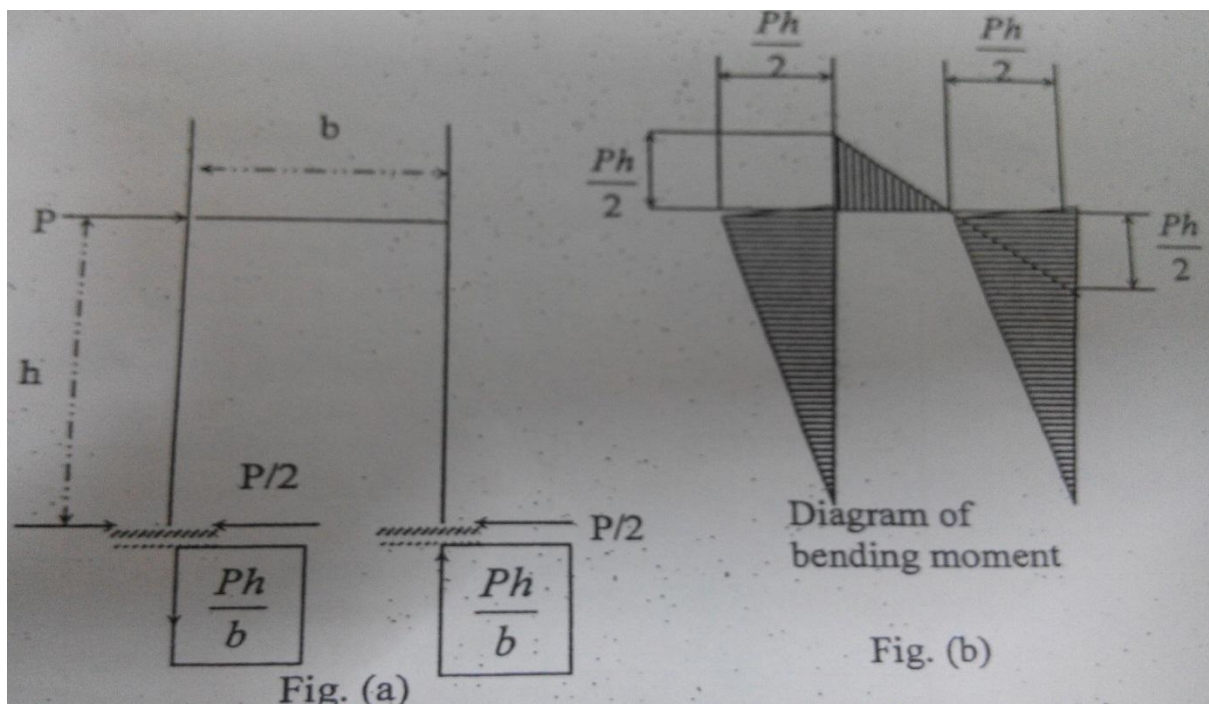
To study the behaviour of portal frame under different end conditions.

THEORY:

Structures are categorised as statically determinate or as statically indeterminate. Determinate structures can be analysed by using the conditions of equilibrium whereas indeterminate structures need additional conditions to solve the portal frame is an indeterminate structure to several degree of indeterminacy depending on the end conditions.

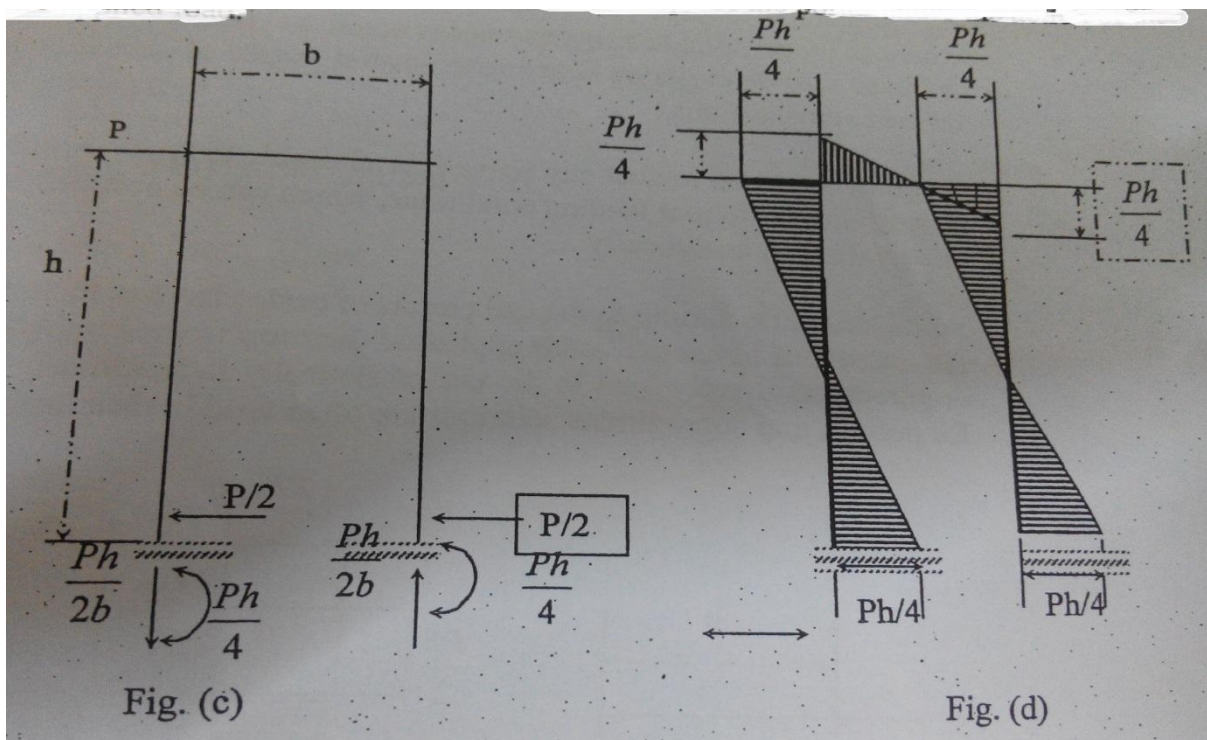
To know the behaviour of any frame it is advisable to know its different deflected shapes under different loading conditions which can be worked by vertical work energy method analytically.

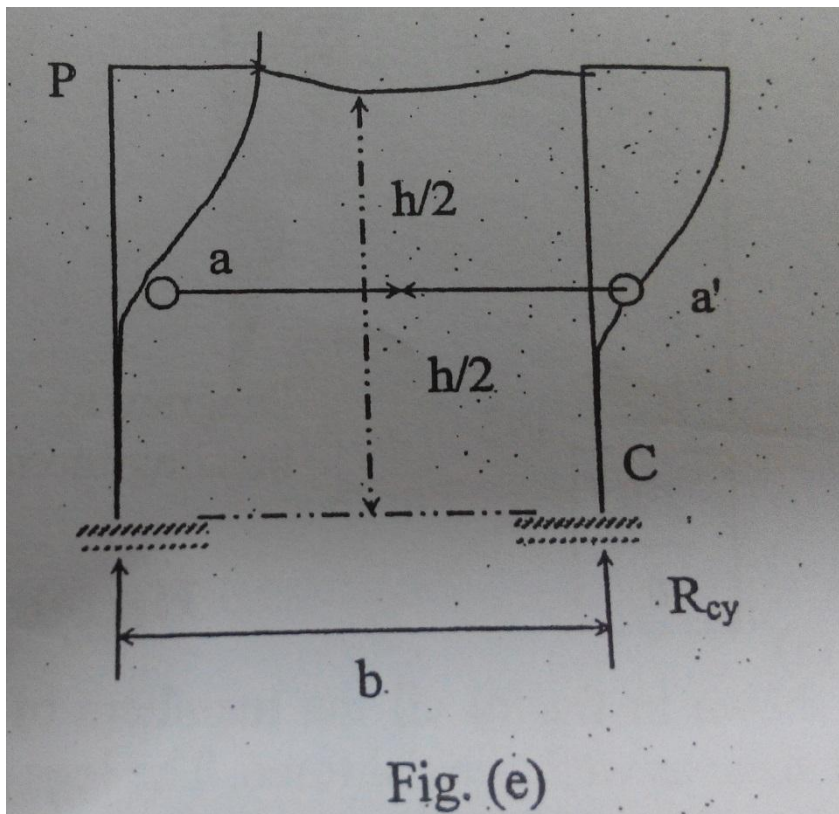
Portal structures similar to the end portals of bridge have as their primary purpose the transfer of horizontal loads applied at their top to their foundation clearance requirements usually lead to the statically indeterminate structural layout for portals and approximate solutions are used in their analysis.



Consider the portal shown in fig (a) all the members of which are capable of carrying bending and shear as well as axial force. The legs are hinged at their base and rigidly connected

to the cross girder at the top this structure is statically indeterminate to the first degree and hence one assumption must be made. Solutions of this type of structure based on elastic condition show that the total horizontal shear on the portal will be divided almost equally between the two legs ; it will therefore be assumed that the horizontal reaction for the two legs are equal to each other and therefore equal to $P/2$. the remainder of the analysis can now be carried out by statics , the vertical reaction on the right leg can be obtained by taking moments about the hinge at the base of the left leg the vertical reaction on the left leg can then be found by applying $\sum F_y = 0$ to the entire structure. Once the reaction is known the diagram of the bending moment and shear are easily computed, leading to the values of the bending moment as given in fig (b). It is well visualise the deformed shape of the portal under the action of the applied load.





Consider now portal similar in some ways to that of fig (a) but with the bases of the legs fixed, as shown in fig(c) .this structure is statically indeterminate to the third degree so that three assumptions must be made .As when the legs were hinged at their base, it will again be assumed that the horizontal reactions for the two legs be equal and hence equal to $P/2$. It will be noted that near the centre of each leg there is a point of reversal of curvature. These are points of inflection, where the bending moment is changing sign and hence has zero value. It will therefore be assumed that there is a point of inflection at the centre of each leg; this is structurally equivalent to assume that hinges exist at point a and a', as shown in fig (e).The vertical reactions on this portal equals the axial forces in the portal legs and can be determined by successively taking moment about a and a' of all the forces acting on that portion of the structure above a and a' . For example, taking moment about a gives

$$+P(h/2) - R_{cy}b = 0 \quad R_{cy} = +Ph/2$$

The moment reaction at the base of each leg equals the shear at the point of inflection in the leg multiplied by the distance from the point of inflection to the base of the leg and therefore equals $(P/2)(h/2) = Ph/4$. Once the reaction are known, the diagrams for shear and bending moment for the member of the portal are easily determined by static. The diagram for bending moment for this structure and loading are given in fig(d) .Fig(e) shows the deformed shape of the portal under the action of the applied load.

Beside above two different conditions, two different conditions can also be visualised on the above portal namely

- One end fixed, other hinged
- One end fixed other on roller support.

SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

1. Select the end conditions of the portal frame.
2. Select the point where loading is to be applied (first horizontal than vertical separately)
3. To obtain the deflected shape of the frame measure the deflection at various points at legs and the beam separately as detailed below. Fix the Dial gauge and adjust them to zero on one of the leg at various points and measure the vertical distance from end of these points. Now apply the load at the point selected for loading. Note down the dial gauge reading
4. unload the frame and shift the dial gauge to another leg and repeat the above (4), (5), (6)
5. Again unload the frame and shift the dial gauge to the beam of the frame and repeat (4) (5) (6)
6. Tabulate the observed reading and sketch the deflected shape for the portal frame on the graph sheet.
7. Repeat the above Steps (1) to (9) for various ends conditions and loading conditions to obtain the deflected shape.

Points On AC	Distance of point from C	Dial gauge reading		Deflections(mm)
		Initial	Final	

Points on AB		Dial gauge reading	Deflections(mm)

	Distance point from A	Initial	Final	

Points on BD	Distance point from D	Dial gauge reading		Deflections(mm)
		Initial	Final	

COMMENTS:

1.

प्रयोग क्रमांक- 10

उद्देश्य: कैस्टिग्लिआनो प्रमेय का उपयोग करके घुमावदार रिंग बीम में ऊर्ध्वाधर विक्षेपण को सत्यापित करना।

आवश्यकताएं:

घुमावदार रिंग बीम उपकरण में एक चौथाई, आधा और पूरा रिंग एक साथ रखा जाता है और एक ही शाफ्ट पर लगाया जाता है और स्ट्रक्चर को कठोरता प्रदान करने के लिए आधार से जोड़ा जाता है। प्रत्येक रिंग में वजन रखने के लिए उसके शीर्ष पर एक पैन लगा होता है। भार के नीचे ऊर्ध्वाधर विक्षेपण को मापने के लिए डायल गेज शाफ्ट के केंद्र में लगाया जाता है। यदि किसी भी बिंदु पर रीडायल विक्षेपण को मापना हो तो शाफ्ट को किसी भी वांछित कोण से घुमाया जा सकता है।

लिखित:

W_1, W_2, W_3 आदि के अधीन एक लोचदार प्रणाली की कुल तनाव ऊर्जा 'U' है। फिर इनमें से किसी भी बल के संबंध में संग्रहीत कुल तनाव ऊर्जा का पहला आंशिक व्युत्पन्न बल की दिशा में बिंदु का वास्तविक विस्थापन देता है। इसे कैस्टिग्लिआनो प्रमेय के नाम से जाना जाता है।

घुमावदार रिंग बीम के मामले में, यदि लंबाई 'ds' के एक छोटे तत्व पर झुकने का क्षण 'M' है तो रिंग बीम की तनाव ऊर्जा इस प्रकार दी गई है।

$$U = \int \frac{M^2}{2EI} ds$$

जहां, E लोच का यंग मापांक है और I घुमावदार रिंग बीम के क्रॉस-सेक्शन की जड़ता का घूर्ण है। समाकलन बीम की संपूर्ण घुमावदार लंबाई पर किया जाना है। कैस्टिग्लिआनो के प्रमेय के अनुसार एक विशेष भार की दिशा में विक्षेपण है:

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W}$$

केस 1: क्वार्टर घुमावदार रिंग बीम मुक्त छोर पर बिंदु भार डब्ल्यू के अधीन है (चित्र-1)

भार 'W' से 'x' दूरी पर किसी भी सामान्य क्रॉस-सेक्शन पर बंकन आघूर्ण (M)

$$M = W \times R \sin\theta$$

क्वार्टर रिंग बीम में संग्रहीत कुल तनाव ऊर्जा, $U = \int \frac{M^2}{2EI} ds$ और समाकलन की सीमा 0 से $\frac{\pi}{2}$ है

$$U = \int \frac{W^2 R^2 \sin^2\theta}{2EI} R d\theta$$

$$U = \frac{\pi W^2 R^3}{8EI}$$

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W} = \frac{\pi W R^3}{4 E I}$$

केस 2: मुक्त सिरे पर बिंदु भार W के अधीन आधा घुमावदार रिंग बीम (चित्र-2)

एक्सप्रेसन स्थिति 1 के समान प्राप्त की जा सकती है लेकिन समकलन की सीमा 0 से π है

$$U = \int \frac{W^2 R^2 \sin^2 \theta}{2 E I} R d\theta$$

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W} = \frac{\pi W R^3}{2 E I}$$

केस 3: पूर्ण घुमावदार रिंग बीम मुक्त सिरे पर बिंदु भार W के अधीन है (चित्र-3)

एक्सप्रेसन स्थिति 2 की तरह प्राप्त की जा सकती है (समाकलन की सीमा 0 से 2π है)

$$M = W R \left[\frac{1}{\pi} - \frac{\sin \theta}{2} \right]$$

$$U = 2 \int \frac{W^2 R^2 \left[\frac{1}{\pi} - \frac{\sin \theta}{2} \right]^2}{2 E I} R d\theta$$

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W} = \frac{0.148 W R^3}{E I}$$

प्रक्रिया:

1. एक धागे की सहायता से रिंग बीम के बाहरी और भीतरी व्यास को मापें और माध्य त्रिज्या की गणना करें।
2. कम से कम तीन अलग-अलग स्थानों पर वर्नियर कैलीपर्स का उपयोग करके रिंग बीम की चौड़ाई और गहराई को मापें और औसत मान ज्ञात करें।
3. डायल गेज को क्वार्टर रिंग बीम के ऊर्ध्वाधर पैन के नीचे रखें और इसे शून्य मान पर सेट करें।
4. तब पर वजन रखें और डायल गेज की अंतिम रीडिंग नोट कर लें। डायल गेज की प्रारंभिक (शून्य) और अंतिम रीडिंग के बीच का अंतर रिंग बीम के मुक्त छोर पर भार के तहत विक्षेपण देता है।
5. आधे और पूरे रिंग बीम के लिए यही प्रक्रिया दोहराएं
6. केस-1 से केस-3 के लिए दिए गए सूत्रों का उपयोग करके सैद्धांतिक विक्षेपण की गणना करें

माप:

रिंग बीम की माध्य त्रिज्या (R) = मिमी

रिंग बीम की औसत चौड़ाई (बी) = मिमी

रिंग बीम की औसत गहराई (डी) = मिमी

टिप्पणियाँ:

केस 1: क्वार्टर घुमावदार रिंग बीम मुक्त छोर पर बिंदु भार के अधीन है

क्र. सं.	भार (न्यूटन)	विक्षेपण माप के लिए डायल गेज रीडिंग अर्थात विक्षेपण (δ) मिमी प्रायोगिक तौर पर			सैद्धांतिक विक्षेपण (मिमी)	% त्रुटि
		प्रारंभिक रीडिंग (IR)	अंतिम रीडिंग (FR)	$\delta=FR-IR$		
1						
2						
3						
4						
5						

केस 2: आधा घुमावदार रिंग बीम मुक्त सिरे पर बिंदु भार के अधीन है

क्र. सं.	भार (न्यूटन)	विक्षेपण माप के लिए डायल गेज रीडिंग अर्थात विक्षेपण (δ) मिमी प्रायोगिक तौर पर			सैद्धांतिक विक्षेपण (मिमी)	% त्रुटि
		प्रारंभिक रीडिंग (IR)	अंतिम रीडिंग (FR)	$\delta=FR-IR$		
1						
2						
3						
4						
5						

केस 3: पूर्ण घुमावदार रिंग बीम मुक्त सिरे पर बिंदु भार के अधीन है

क्र. सं.	भार (न्यूटन)	विक्षेपण माप के लिए डायल गेज रीडिंग अर्थात विक्षेपण (δ) मिमी प्रायोगिक तौर पर			सैद्धांतिक विक्षेपण (मिमी)	% त्रुटि
		प्रारंभिक रीडिंग (IR)	अंतिम रीडिंग (FR)	$\delta=FR-IR$		
1						
2						
3						
4						
5						

% त्रुटि = (सैद्धांतिक मूल्य-प्रायोगिक मूल्य) x 100

सैद्धांतिक मूल्य

नमूना गणना (प्रत्येक मामले के लिए एक):

केस 1:

केस 2:

केस 3:

परिणाम:

प्रश्न:

1. कैस्टिग्लियानो प्रमेय की उपयोगिता क्या है?
2. उपरोक्त प्रयोग में त्रुटियों के स्रोत क्या हैं?
3. मुक्त सिरे पर क्षैतिज भार के अधीन होने पर क्वार्टर रिंग के मामले में क्षैतिज विक्षेपण के मूल्यांकन के लिए अभिव्यक्ति स्थापित करें।
4. काल्पनिक भार क्या है? इस भार का क्या उपयोग है?
5. कैस्टिग्लियानो के प्रमेय का उपयोग करके मुक्त छोर पर बिंदु भार 'डब्ल्यू' के अधीन कैंटिलीवर बीम के मुक्त छोर पर विक्षेपण का मूल्यांकन करने के लिए अभिव्यक्ति ढूंढें।

EXPERIMENT NO. 10

Objective:

To verify vertical deflection in curved ring beam using Castigaliano's Theorem

Requirements:

The curved ring beam apparatus consists of a quarter, half and full ring placed side by side and mounted on the same shaft and fixed to the base to impart rigidity to the structures. Each ring carries a pan fixed at its top for keeping the weight. The dial gauge is fixed at the centre over the shaft to measure vertical deflection under the load. The shaft can be rotated through any desired angle in case the radial deflection is to be measured at any point.

Theory:

If the total strain energy 'U' of an elastic system subjected to statically applied forces $W_1, W_2, W_3, \dots$ etc. then the first partial derivative of the total strain energy stored with respect to any of these forces gives the actual displacement of the point in the direction of the force. This is known as Castigaliano's theorem.

In case of a curved ring beam, if the bending moment at a small element of length 'ds' be 'M' then the strain energy of the ring beam is given as.

$$U = \int \frac{M^2}{2EI} ds$$

Where, E is the Young's modulus of elasticity and I is Moment of inertia of cross-section of curved ring beam about neutral axis.

The integration is to be carried out over the entire curved length of the beam. The deflection in the direction of a particular load according to Castigilaneo's theorem is:

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W}$$

Case 1: Quarter curved ring beam subjected to point load W at free end (Figure-1)

The bending moment (M) at any general cross-section at a distance 'x' from load 'W'

$$M = W \times R \sin \theta$$

The total strain energy stored in the quarter ring beam is $U = \int \frac{M^2}{2EI} dS$ with limit of integration is 0 to $\pi/2$

$$U = \int \frac{W^2 R^2 \sin^2 \theta}{2EI} R d\theta$$

$$U = \frac{\pi W^2 R^3}{8EI}$$

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W} = \frac{\pi W R^3}{4EI}$$

Case 2: Half curved ring beam subjected to point load W at free end (Figure-2)

The similar expression can be obtained as in case 1 but limit of integration is 0 to π

$$U = \int \frac{W^2 R^2 \sin^2 \theta}{2 E I} R d\theta$$

$$\delta = \frac{\delta U}{\delta W} = \frac{\pi W R^3}{2 E I}$$

Case 3: Full curved ring beam subjected to point load W at free end (Figure-3)

The similar expression can be obtained as in case 2 (limit of integration is 0 to 2π)

$$M = W R \left[\frac{1}{\pi} - \frac{\sin \theta}{2} \right]$$

$$U = 2 \int \frac{W^2 R^2 \left[\frac{1}{\pi} - \frac{\sin \theta}{2} \right]^2}{2 E I} R d\theta$$

Procedure:

1. Measure the outer and inner diameter of the ring beam with the help of a thread and calculate the mean radius.
2. Measure the breadth and depth of the ring beam using vernier caliper at least at three different locations and find the mean value.
3. Place the dial gauge under the vertical part of the quarter ring beam and set it to zero value.
4. Place weight over the pan and note down the final reading of dial gauge. The difference between initial (zero) and final reading of dial gauge gives the deflection under the load at the free end of the ring beam.
5. Repeat the same procedure for half and full ring beams
6. Calculate theoretical deflections using formulae provided for case-1 to case-3

Measurements:

Mean radius of ring beam (R) = mm

Mean breadth of the ring beam (b) = mm

Mean depth of the ring beam (d) = mm

Observations:

Case 1: Quarter curved ring beam subjected to point load at the free end

S	Load (Newton)	Dial gauge reading for deflection measurement i.e. Deflection (δ) mm Experimentally			Theoretical Deflection (mm)	% Error
		Initial reading (IR)	Final Reading (FR)	$\delta = FR - IR$		
1						
2						
3						
4						
5						

Case 2: Half curved ring beam subjected to point load at the free end

S	Load (Newton)	Dial gauge reading for deflection measurement i.e. Deflection (δ) mm Experimentally			Theoretical Deflection (mm)	% Error
		Initial reading (IR)	Final Reading (FR)	$\delta = FR - IR$		
1						
2						
3						
4						
5						

Case 3: Full curved ring beam subjected to point load at the free end

S	Load (Newton)	Dial gauge reading for deflection measurement i.e. Deflection (δ) mm Experimentally			Theoretical Deflection (mm)	% Error
		Initial reading (IR)	Final Reading (FR)	$\delta = FR - IR$		
1						
2						
3						
4						
5						

$$\% \text{ Error} = \frac{(\text{Theoretical value} - \text{Experimental value})}{\text{Theoretical value}} \times 100$$

Sample calculation (one for each case):

Case 1:

Case 2:

Case 3:

Result:

Questions:

2. What is the utility of Castigaliano's theorem?
3. What are the sources of errors in above experiment?
4. Establish expression for evaluating horizontal deflection in case of quarter ring when subjected to horizontal load at the free end.
5. What is fictitious load? What is the use of this load?
6. Find the expression for evaluating deflection at the free end of a cantilever beam subjected to point load 'W' at the free end using Castigaliano's theorem.

प्रयोग क्रमांक- 11

उद्देश्य: कैंटिलीवर बीम के सममित तथा असममित झुकाव का प्रायोगिक और विश्लेषणात्मक अध्ययन।

उपकरण: उपकरण में 1" x 1" x 1/8" आकार का कोण होता है या 80 सेमी लंबाई की समतुल्य मीट्रिक इकाइयों को एक कैंटिलीवर बीम के रूप में बांधा जाता है। बीम को एक छोर पर इस प्रकार से आबद्ध किया जाता है कि 45° अंतराल का घुमाव दिया जा सके और इसे क्लैप किया जाता है ताकि इसके क्रॉस-सेक्शन की मुख्य अक्ष, क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर तलों के सापेक्ष किसी भी कोण पर झुक सके। कैंटिलीवर के मुक्त सिरे पर ऊर्ध्वाधर भार लगाने और मुक्त सिरे के क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर विक्षेपण को मापने की व्यवस्था भी प्रदान की गई है। उपकरण के साथ चुंबकीय आधार वाला एक डायल गेज दिया गया है।

सिद्धांत:

एक अवयव को नमन घूर्ण के अधीन किया जा सकता है, जो मुख्य अक्ष पर झुके हुए तल पर कार्य करता है। इस प्रकार का झुकाव अनुप्रस्थ काट के सममिति तल में नहीं होता है, इसे असममित झुकाव कहा जाता है। चूँकि सामान्य तौर पर लचीलेपन से संबंधित समस्या सममित झुकने से भिन्न होती है, इसलिए इसे तिरछा झुकना कहा जा सकता है।

फ्लेक्सुरल फॉर्मूला ($f = \frac{MY}{I}$) प्राप्त करने में बुनियादी धारणाओं में से एक यह है कि भार का तल उदासीन अक्ष के लंबवत है। प्रत्येक अनुप्रस्थ काट में जड़त्व के दो परस्पर लंबवत मुख्य अक्ष होते हैं, जिनमें से एक के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण अधिकतम होता है और दूसरे के सापेक्ष न्यूनतम होता है। यह दिखाया जा सकता है कि क्रॉस-सेक्शन का एक सममित अक्ष मुख्य अक्षों में से एक है और उसी के समकोण पर एक अन्य मुख्य अक्ष होगा।

कोण (L) या चैनल (I) अनुभाग जैसे असममित क्रॉस-सेक्शन वाले बीम के लिए, यदि लोडिंग का तल मुख्य अक्ष में से किसी एक के साथ मेल नहीं खाता या समानांतर नहीं है, तो बेंडिंग सरल नहीं है। उस स्थिति में इसे असममित या गैर-एकतलीय नमन कहा जाता है।

एक कोण अनुभाग के कैंटिलीवर बीम के लिए वर्तमान प्रयोग में, लोडिंग के तल को हमेशा ऊर्ध्वाधर रखा जाता है और लोहे के कोण कैंटिलीवर बीम को 45° कोण के चरणों में घुमाया जाता है।

लोहे के कोणीय अनुभाग की स्थिति को ध्यान में रखते हुए जिसमें लोडिंग का तल अनुभाग के V-V अक्ष के साथ एक कोण ϕ बनाता है, जो अनुभाग के प्रमुख अक्षों में से एक है। V-V और U-U अक्ष के अनुदिश ऊर्ध्वाधर भार P के घटक क्रमशः $P \cos \phi$ और $P \sin \phi$ हैं।

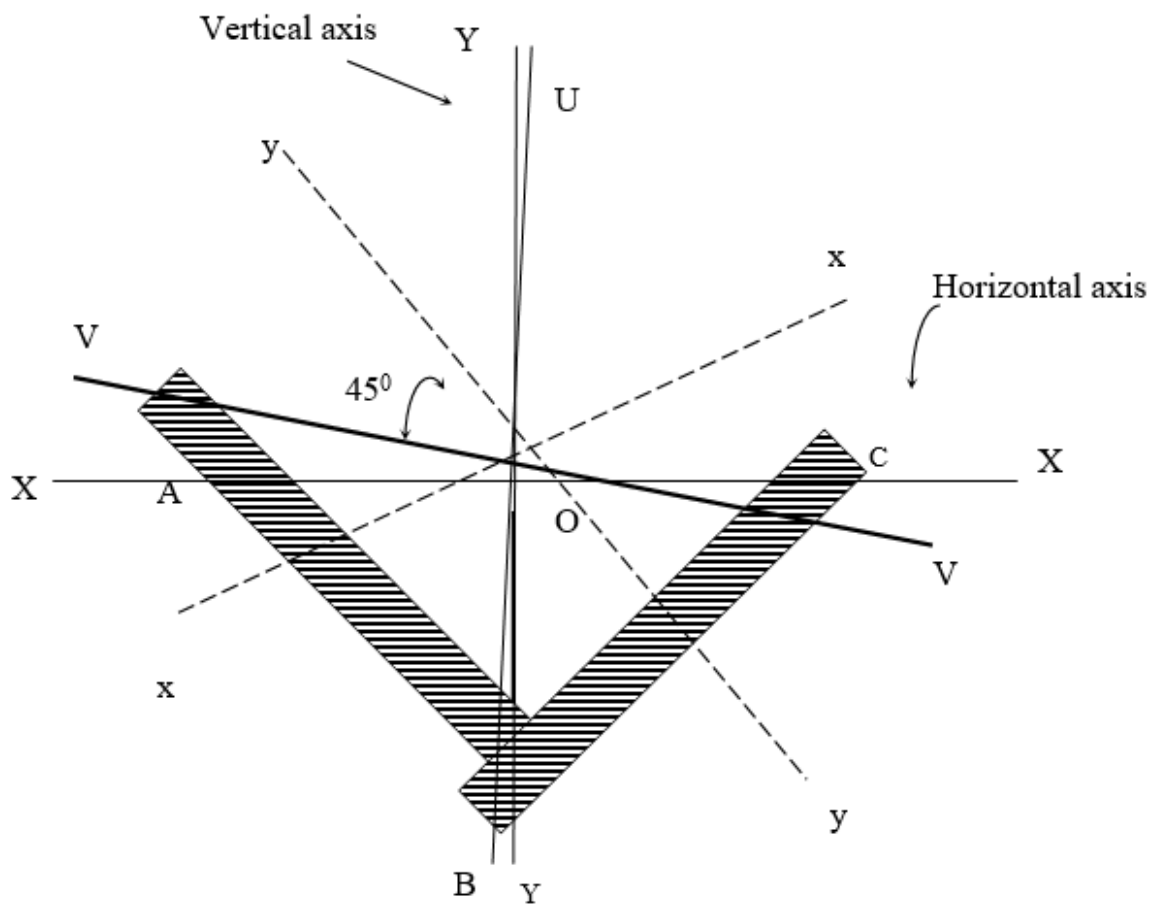
U-U और V-V अक्ष के साथ विक्षेपण क्रमशः ΔU और ΔV निम्नवत् दिए गए हैं

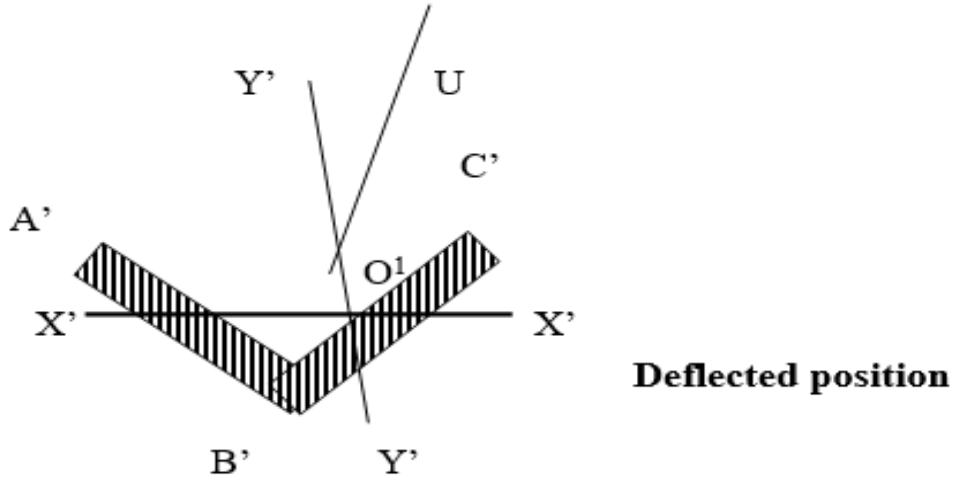
$$\Delta U = \frac{P \sin \phi \cdot L^3}{3EI_{VV}} \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{P \cos \phi \cdot L^3}{3EI_{UU}} \quad (2)$$

और परिणामी विक्षेपण Δ_{00} , का परिमाण निम्नवत् समीकरण द्वारा दिया गया है

$$\Delta = \sqrt{(\Delta U)^2 + (\Delta V)^2} \quad (3)$$





और इसकी दिशा दी जाती है

$$\beta = \tan^{-1} \frac{\Delta V}{\Delta U} \quad (4)$$

जहां β , U-U अक्ष के साथ परिणामी विक्षेपण का झुकाव है। यह परिणामी विस्थापन तटस्थ (उदासीन) अक्ष n-n के लंबवत है लेकिन भार P के तल में नहीं है।

$$OO' = \Delta$$

$$O'P = \Delta V$$

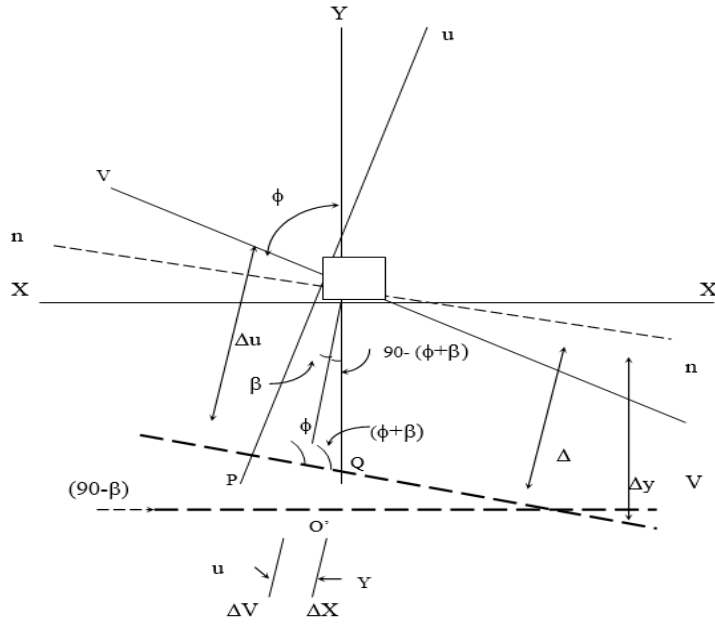
$$O'Q = \Delta X$$

$$OP = \Delta U$$

$$OQ = \Delta Y$$

$$\begin{aligned} \tan \beta &= \frac{\Delta V}{\Delta U} = \frac{O'P}{OP} = \frac{\frac{P \cos \phi \cdot L^3}{3EI_{UU}}}{\frac{P \sin \phi \cdot L^3}{3EI_{VV}}} \\ &= \frac{I_{VV}}{I_{UU}} \cot \phi \end{aligned} \quad (5)$$

वर्तमान प्रयोग में प्रयुक्त कोणीय अनुभाग के लिए I_{uu} और I_{vv} के मानों को भारतीय मानक ब्यूरो की हैंडबुक की तालिकाओं से जाना जा सकता है। इसलिए किसी दिए गए कोण ϕ के लिए, कोण β का परिमाण ज्ञात किया जा सकता है।



विक्षेपण के क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर घटकों की गणना उपलब्ध ज्यामिति के आधार पर की जा सकती है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। वह देखा जा सकता है:

$$\begin{aligned}\Delta X &= \Delta \cos (\phi + \beta) \\ \Delta Y &= \Delta \sin (\phi + \beta)\end{aligned}\quad (6)$$

इसी प्रकार,

$$\begin{aligned}\Delta X &= \Delta U \cos \phi - \Delta V \sin \beta \\ \Delta Y &= \Delta U \sin \phi + \Delta V \cos \beta\end{aligned}\quad (7)$$

इसलिए, विक्षेपण की गणना करने की प्रक्रिया होगी

समीकरण (1) और (2) का उपयोग करके ΔU और ΔV की गणना करें।

समीकरण (3) का उपयोग करके Δ की गणना करें।

समीकरण (4) का उपयोग करके β की गणना करें और समीकरण (5) का उपयोग करके मानों की जांच करें

समीकरण (5) और (6) का अलग-अलग उपयोग करके ΔX और ΔY के आवश्यक मानों की गणना करें।

सुझाया गया प्रायोगिक कार्य:

1. बीम को शून्य स्थिति पर जकड़ें और हेंगर पर 500 ग्राम (5N) का वजन रखें और सदस्य को सक्रिय करने के लिए बीम पर शून्य लोडिंग लें।
2. बीम के मुक्त सिरे पर ऊर्ध्वाधर और क्षैतिज विस्थापन को मापने के लिए डायल गेज को शून्य रीडिंग पर सेट करें।
3. बीम को 1 किग्रा (10N) से 4 किग्रा तक के चरणों में भार करें और हर बार ऊर्ध्वाधर और क्षैतिज विक्षेपण नोट करें।
4. बीम को 45° अंतरालों में घुमाने के चरण (1) से (3) को दोहराएं। असममित झुकाव की समस्या केवल उन मामलों में उत्पन्न होगी जहां कोण अनुभाग के पैर क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर स्थिति में हैं। उन मामलों में ऊर्ध्वाधर और क्षैतिज दोनों विक्षेपों को मापने की आवश्यकता होती है।

नतीजे और चर्चाएं: सैद्धांतिक विक्षेपों की गणना करें और प्रयोगात्मक रूप से मापे गए विक्षेपों से तुलना करें।

नमूना डेटा शीट:

बीम की सामग्री =

सामग्री का यंग मापांक (E) =

कैंटीलीवर बीम की लंबाई (L) =

अनुभागीय गुण =

आकार=

$I_{xx} =$ सेमी⁴

$I_{yy} =$ सेमी⁴

$I_{uu} =$ सेमी⁴

$I_{vv} =$ सेमी⁴

क्षेत्रफल = सेमी²

क्र. सं.	कोण (डिग्री)	भार (kg)(N)	प्रेक्षित विक्षेपण Observed deflection(mm)		मापा विक्षेपण Measured deflections(mm)	
			ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1.	0					
2.	45 ⁰					
3.	90 ⁰					
4.	135 ⁰					
5.	180 ⁰					
6.	225 ⁰					
7.	270 ⁰					
8.	315 ⁰					

सावधानियां:

- इस बात का ध्यान रखें कि आप कैंटिलीवर बीम के मुक्त सिरे पर बल न लगाएं।
- बिना किसी झटके के धीरे-धीरे हेंगर पर भार डालें।
- परीक्षण ऐसे स्थान पर करें, जो कंपन से मुक्त हो।

EXPERIMENT NO-11

OBJECTIVE:

To study the behavior of a cantilever beam under symmetrical and unsymmetrical bending.

APPARATUS:

Apparatus consist of an angle of size 1" x 1" x 1/8" or in equivalent metric units of length 80cm is tied as a cantilever beam. The beam is fixed at one end such that the rotation of 45° intervals can be given and clamped such that the principal axis of its cross-section may be inclined at any angle with the horizontal and vertical planes. Also arrangement is provided to apply vertical load at the free end of the cantilever and to measure horizontal and vertical deflection of the free end. A dial gauge with magnetic base is supplied with the apparatus.

THEORY

A member may be subjected to a bending moment, which acts on a plane inclined to the principal axis (say). This type of bending does not occur in a plane of symmetry of the cross section, it is called unsymmetrical bending. Since the problem related to flexure in general differs from symmetrical bending, it may be termed as skew bending.

One of the basic assumptions in deriving the flexural formula $f = \frac{MY}{I}$ is that the plane of the load is perpendicular to the neutral axis. Every cross-section has got two mutually perpendicular principal axis of inertia, about one of which the moment of inertia is the maximum and about the other a minimum. It can be shown that a symmetric axis of cross-section is one of the principal axis and one at right angles to the same will be the other principal axis.

For beams having unsymmetrical cross-section such as angle (L) or channel (I) sections, if the plane of loading is not coincident with or parallel to one of the principal axis, the bending is not simple. In that case it is said to be unsymmetrical or non-uniplanar bending.

In the present experiment for a cantilever beam of an angle section, the plane of loading is always kept vertical and the angle iron cantilever beam itself is rotated through angles in steps of 45°.

Considering the position of angle iron wherein the plane of loading makes an angle ϕ with V-V axis of the section, which is one of the principal axes of the section. The components of the vertical load P along V-V and U-U axis are $P\cos\phi$ and $P\sin\phi$ respectively.

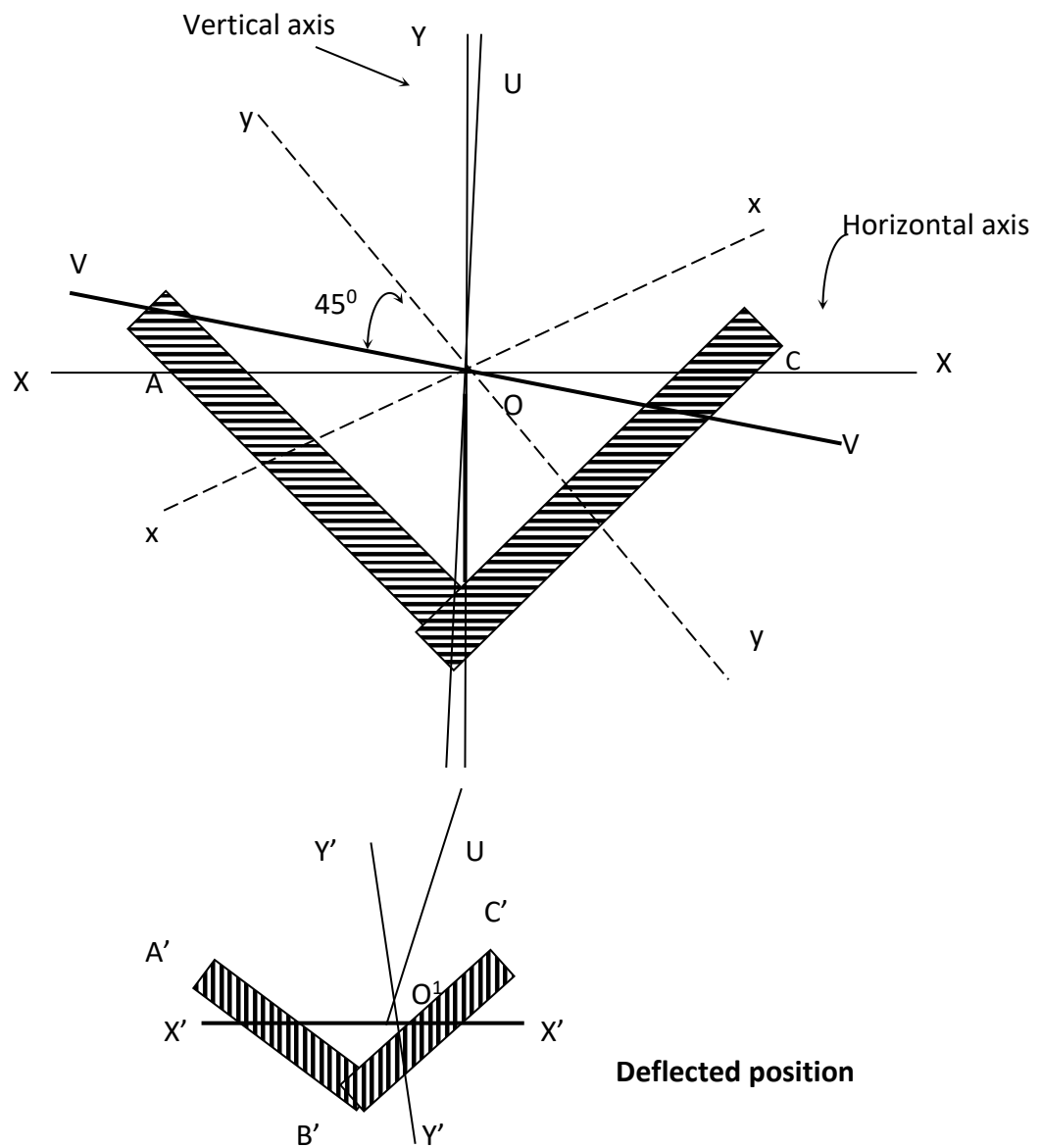
The deflection ΔU and ΔV along U-U and V-V axis respectively are given by

$$\Delta U = \frac{P \sin \phi. L^3}{3EI_{VV}} \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{P \cos \phi. L^3}{3EI_{UU}} \quad (2)$$

and the magnitude of resultant deflection Δ_{oo} , is given by

$$\Delta = \sqrt{(\Delta U)^2 + (\Delta V)^2} \quad (3)$$



and its direction is given by

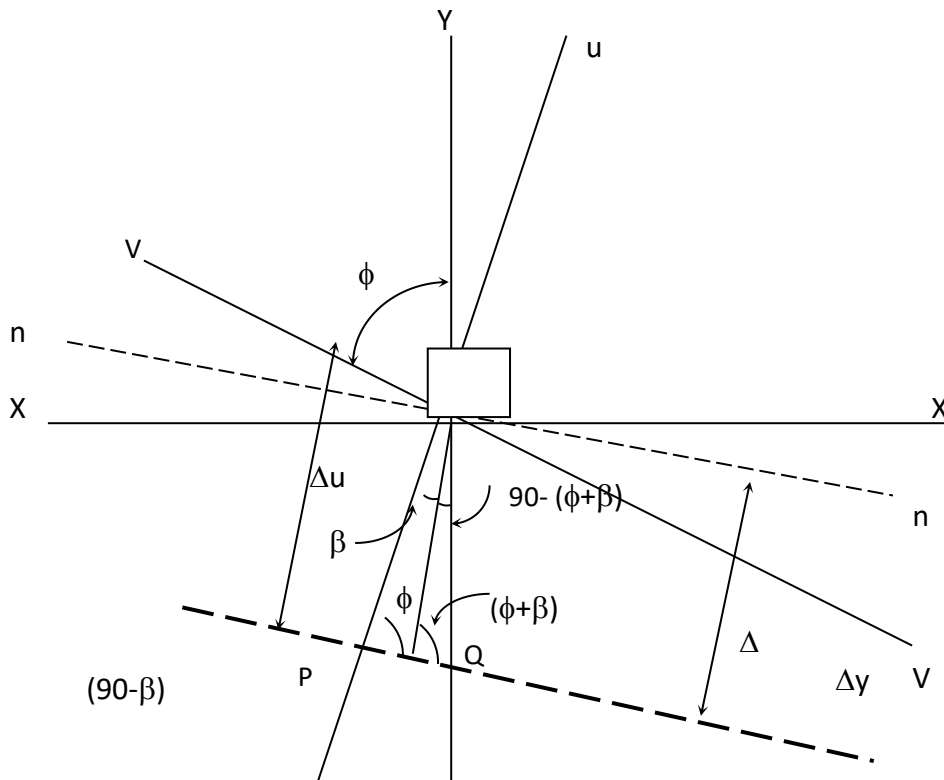
$$\beta = \tan^{-1} \frac{\Delta V}{\Delta U} \quad (4)$$

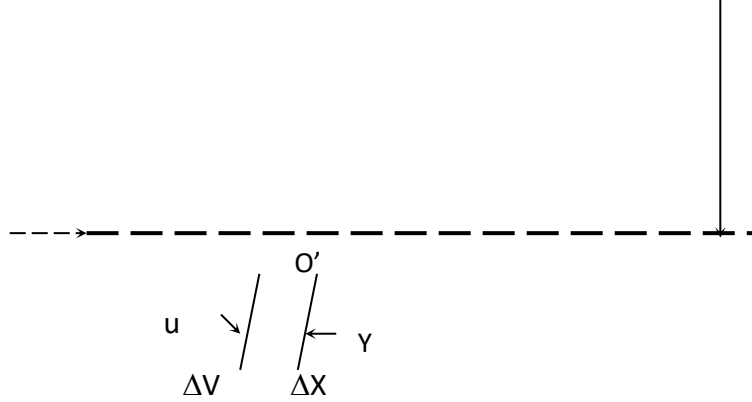
where, β is the inclination of the resultant deflection with the U-U axes. This resultant displacement is perpendicular to the neutral axis n-n but not in the plane of the load P.

$$\begin{aligned} OO' &= \Delta \\ O'P &= \Delta V \\ O'Q &= \Delta X \\ OP &= \Delta U \\ OQ &= \Delta Y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tan \beta &= \frac{\Delta V}{\Delta U} = \frac{O'P}{OP} = \frac{\frac{P \cos \phi \cdot L^3}{3EI_{UU}}}{\frac{P \sin \phi \cdot L^3}{3EI_{VV}}} \\ &= \frac{I_{VV}}{I_{UU}} \cot \phi \end{aligned} \quad (5)$$

For the angle section used in the present experiment I_{UU} and I_{VV} can be known from the tables of Bureau of Indian Standards hand book, for properties of standard sections. Therefore for a given angle ϕ , the magnitude of angle β can be found out.





The horizontal and vertical components of the deflection can be calculated on the basis of the geometry available as shown in fig. It can be seen:

$$\begin{aligned}\Delta X &= \Delta \cos (\phi + \beta) \\ \Delta Y &= \Delta \sin (\phi + \beta)\end{aligned}\quad (6)$$

Similarly,

$$\begin{aligned}\Delta X &= \Delta U \cos \phi - \Delta V \sin \beta \\ \Delta Y &= \Delta U \sin \phi + \Delta V \cos \beta\end{aligned}\quad (7)$$

Therefore, the procedure of calculating the deflections would be

Calculate ΔU and ΔV using equations (1) and (2).

Compute Δ using equations (3).

Compute β using equations (4) and to check the values by using the equation (5)

Calculate the required values of ΔX and ΔY using equations (5) and (6) separately.

SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

1. Clamp the beam at zero position and put a weight of 500gms (5N) on the hanger and take the zero loading on the beam to activate the member.
2. Set the dial gauges to zero reading to measure vertical and horizontal displacement at the free end of the beam.
3. Load the beam in steps of 1kg (10N) up to 4kg and note the vertical and horizontal deflections each time.
4. Repeat the steps (1) to (3) turning the beam through 45° intervals. Problem of unsymmetrical bending will arise only in those cases where the legs of the angle section are in horizontal and vertical positions. In those cases both vertical and horizontal deflections need to measure.

RESULTS AND DISCUSSIONS:

Compute the theoretical deflections and compare with those measured experimentally.

SAMPLE DATA SHEET:

Material of beam =
Young's modulus of the material (E) =
Span of cantilever beam (L) =
Sectional properties
Size =
 I_{xx} = cm^4
 I_{yy} = cm^4
 I_{uu} = cm^4
 I_{vv} = cm^4
Area = cm^2

Sl. No.	Angle (degree)	Load (kg)(N)	Observed deflection (mm)		Measured deflections (mm)	
			ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1.	0					
2.	45 ⁰					
3.	90 ⁰					
4.	135 ⁰					
5.	180 ⁰					
6.	225 ⁰					
7.	270 ⁰					
8.	315 ⁰					

PRECAUTIONS:

- Take care to see that you do not exert force on the free end of the cantilever beam.
- Put the load on the hanger gradually without any jerk.
- Perform the test at a location, which is free from vibration.

प्रयोग क्रमांक- 12

दो हिंज आर्च उपकरण

1.0 उद्देश्य:

प्रयोगात्मक रूप से भार की दी गई प्रणाली के लिए दो हिंजित सममित चाप में क्षैतिज प्रणोद ज्ञात करना और सैद्धांतिक मूल्य के साथ इसे सत्यापित करना।

2.0 उपकरण:

मॉडल का लंबाई 100 सेमी और ऊँचाई 25 सेमी है। दोनों छोर हिंज है, लेकिन एकछोर लंबाई की दिशा में घूमने के लिए भी स्वतंत्र है। क्षैतिज प्रणोद को मापने के लिए ज्ञात क्षैतिज बल के अनुप्रयोग के लिए इस छोर पर एक लीवर व्यवस्था फिट की गई है। आर्च की लंबाई की दिशा में लोड के अनुप्रयोग के लिए समान दूरी पर विभिन्न बिंदु चिह्नित किए गए हैं। यह पहली डिग्री की स्थिर रूप से अनिश्चित संरचना है। उपकरण के साथ चुंबकीय आधार वाला एक डायल गेज दिया गया है।

3.0 सिद्धांत:

दो हिंज आर्च उपकरण पहली डिग्री की एक स्थिर रूप से अनिश्चित संरचना है। क्षैतिज प्रणोद अनिश्चित प्रतिक्रिया है और स्ट्रेन एनर्जी के उपयोग से प्राप्त किया जाता है।

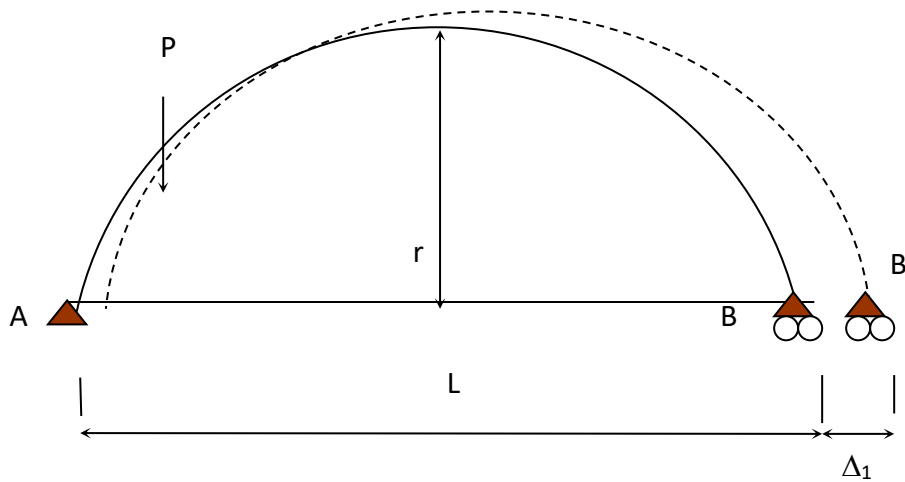
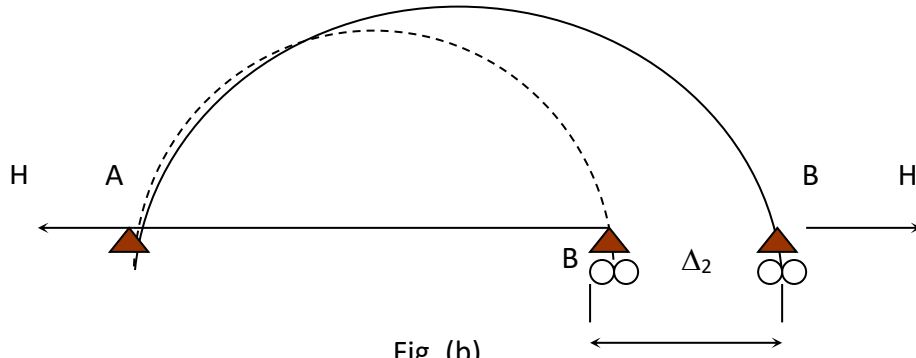


Fig (a)



दो हिंज आर्च इसे एक सरल समर्थित आर्च बीम और क्षैतिज थ्रस्ट को एक अनिश्चित प्रतिक्रिया के रूप में मानकर निर्धारित किया जाता है। आर्च बाहरी बल के तहत फैलता है जैसा कि चित्र (ए) में दिखाया गया है। इसके परिणामस्वरूप समर्थन बी का क्षैतिज विस्थापन Δ_1 होता है। यहाँ, केवल फ्लेक्सचर के कारण विक्षेपण पर विचार किया गया है। चूँकि सपोर्ट कंडीशन यह निर्धारित करती हैं कि सपोर्ट बी पर अंतिम विस्थापन शून्य होना चाहिए, इसलिए क्षैतिज प्रतिक्रिया H ऐसी होनी चाहिए कि H के कारण होने वाला विस्थापन Δ_2 शर्त को पूरा करे।

$$\therefore \Delta_1 + \Delta_2 = 0$$

$$\Delta_1 + f \times H = 0$$

जहाँ, f, H की दिशा में लगाए गए बल के कारण होने वाला विस्थापन है।

$$\therefore H = -\frac{\Delta_1}{f} \quad (1)$$

इसलिए, बाह्य भार के साथ-साथ इकाई क्षैतिज बल के कारण आर्च में क्षैतिज विस्थापन की गणना करना आवश्यक है।

किसी वक्रीय संरचना में क्षैतिज विस्थापन कास्टिग्लानो के द्वितीय प्रमेय या इकाई भार विधि द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

$$\begin{aligned}
\therefore H &= \int_A^B M \frac{\partial M}{\partial H} \frac{ds}{EI} \\
&= \int_A^B Mm \frac{ds}{EI} \\
\text{similarly } f &= \int_A^B m^2 \frac{ds}{EI} \\
\text{therefore, } H &= \frac{\int \frac{Mm ds}{EI}}{\int \frac{m^2 ds}{EI}} \quad (2)
\end{aligned}$$

जहाँ, M = दिए गए भार के कारण आर्च पर किसी बिंदु पर बेंडिंग मोमेंट।

$m = H$ की दिशा में B पर लगाए गए एकांक क्षैतिज बल के कारण आर्च के किसी बिंदु पर आघूर्ण।

समीकरण (2) द्वारा दी गई अभिव्यक्ति सरल हो जाएगी, बशर्ते कि आर्क अक्ष का वक्र परवलयिक हो और किसी भी भाग पर वक्र का जड़त्व आघूर्ण $I = I_0 \sec\theta$ के रूप में परिवर्तित हो, θ उस विशेष बिंदु पर आर्क अक्ष के क्षैतिज और स्पर्शरेखा के बीच का कोण है।

I_0 = शीर्ष पर जड़त्व आघूर्ण

I = किसी अन्य भाग पर जड़त्व आघूर्ण

$m = y$, $ds = \sec\theta \, dx$

यह ध्यान दिया जा सकता है कि एकीकरण 0 से L तक किया जाना है तो समीकरण (2) बन जाएगा

$$H = - \frac{\int_0^L My dx}{\int_0^L y^2 dx} \quad (3)$$

$$\text{और } \Delta_1 = \text{क्षैतिज विस्थापन} = \int_0^L \frac{mydx}{EI_0}$$

शीर्ष पर संकेन्द्रित भार W के लिए यह पाया गया कि

$$\text{क्षैतिज विस्थापन } \Delta_1 = \frac{5}{48} \frac{WL^2r}{EI_0} \quad (4)$$

जहाँ, Lआर्च का फैलाव है और r ऊँचाई है।

$$\begin{aligned} \int_0^L My dx &= \int_0^z \frac{Wx}{L} (L-z) 4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) dx + \int_z^L \frac{Wz(L-x)}{L} 4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) dx \\ &= \frac{W_z(L-z)(L^2 + Lz - z^2)}{3L^2} \\ \int_0^L y^2 dx &= \int_0^L \left[4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) \right]^2 dx \\ &= \frac{8}{15} Lr^2 \\ \therefore H &= \frac{5}{8} \frac{Wa}{rL^3} (L-a)(L^2 + La - a^2) \end{aligned}$$

4.0 सुझाया गया प्रायोगिक कार्य:

चरण 1 :मॉडल के रोलर सिरे की गति को मापने के लिए डायल गेज को स्थिर करें और लीवर को संपर्क से बाहर रखें।

चरण 2: किसी भी स्लेकनेस को दूर करने के लिए आर्च के केंद्रीय हैंगर पर 0.5 किलोग्राम का भार रखें और इसे प्रारंभिक स्थिति के रूप में लेते हुए, डायल गेज पर रीडिंग को शून्य पर सेट करें।

चरण 3: अब हैंगर में 1 किलो वजन डालें और 1 किलो के चरणों में लोड में वृद्धि के साथ रोलर के अंत की क्षैतिज गति को सारणीबद्ध करें। 5 किलो लोड तक रीडिंग लें।

चरण 4: भार और विस्थापन (सैद्धांतिक और प्रायोगिक) तुलना के बीच एक ग्राफ बनाएँ। सैद्धांतिक मानों की गणना समीकरण (4) द्वारा की जानी चाहिए।

5.0 अवलोकन तालिका

तालिका नंबर एक

क्षैतिज विस्थापन

क्रम सं.	केंद्रीय भार (किलोग्राम)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	प्रेक्षित क्षैतिज विस्थापन (मिमी)						
	गणना की गई क्षैतिज विस्थापन समीकरण (4)						
	आर्च से विस्थापन हटाने के लिए लीवर के द्वारा लगाया गया भार						

6.0 सावधानियां:

- भार को बिना झटके के लागू करें।
- प्रयोग को कंपन और अन्य गड़बड़ी से दूर रखें।

EXPERIMENT NO-12

TWO HINGED ARCH APPARATUS

1.0 OBJECTIVE:

To experimentally determine the horizontal thrust in a two- hinged arch for a given system of loads and verify the same with calculated values

2.0 APPARATUS:

The model has a span of 100cm and rise 25cm. Both ends are hinged but one of the end is also free to move longitudinally. A lever arrangement is fitted at this end for the application of known horizontal inward force for measuring the horizontal thrust. Along the horizontal span of the arch various points are marked at equidistant for the application of load. This being a statically indeterminate structure of the first degree. A dial gauge with magnetic base is supplied with the apparatus.

3.0 THEORY:

The two hinged arch is a statically indeterminate structure of the first degree. The horizontal thrust is the redundant reaction and is obtained by the use of strain energy methods.

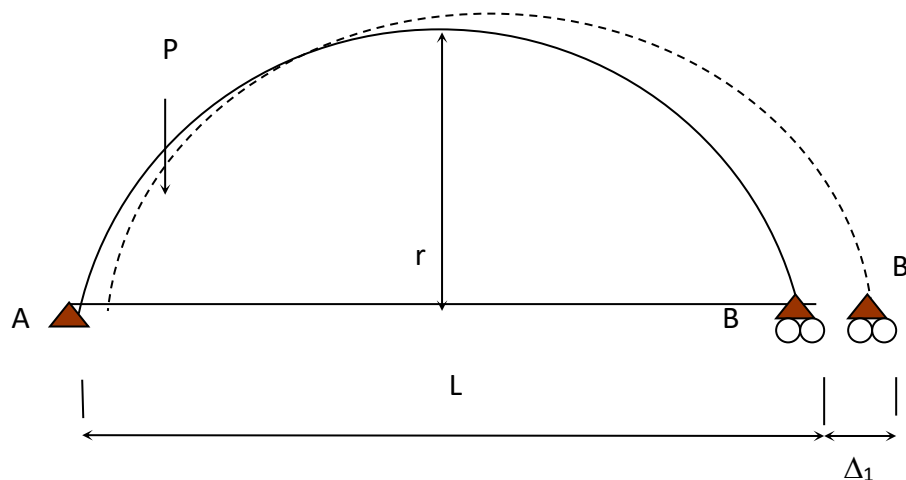


Fig (a)

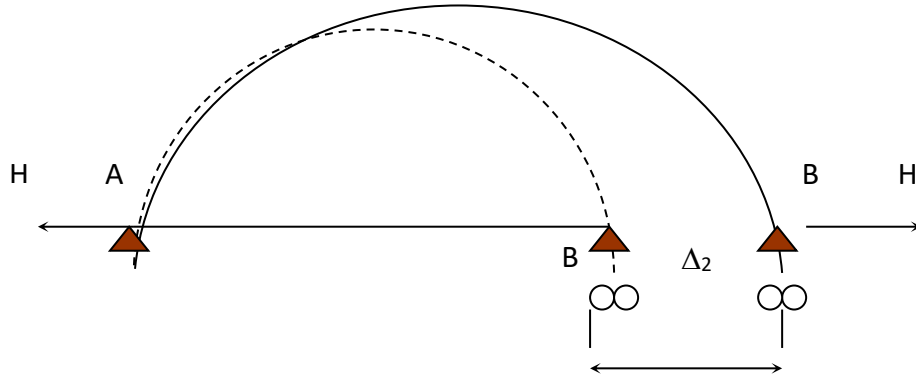


Fig. (b)

Two hinged arch is made determinate by treating it as a simply supported curved beam and horizontal thrust as a redundant reaction. The arch spreads out under external load as shown in fig. (a). This results in a horizontal displacement of support B by Δ_1 . Here, deflection due to flexure only has been considered. Since the support conditions dictate that the final displacement at support B should be zero, horizontal reaction H should be such that displacement Δ_2 caused by H must satisfy the condition.

$$\begin{aligned}\therefore \Delta_1 + \Delta_2 &= 0 \\ \Delta_1 + f \times H &= 0\end{aligned}$$

Where, f is the displacement caused by a unit force applied in the direction of H.

$$\therefore H = -\frac{\Delta_1}{f} \quad (1)$$

Therefore, it is required to calculate the horizontal displacement in arch caused by external load as well as unit horizontal force.

The horizontal displacement in a curved member can be found by either Castiglano's second theorem or the unit load method.

$$\begin{aligned}
\therefore H &= \int_A^B M \frac{\partial M}{\partial H} \frac{ds}{EI} \\
&= \int_A^B Mm \frac{ds}{EI} \\
\text{similarly } f &= \int_A^B m^2 \frac{ds}{EI} \\
\text{therefore, } H &= \frac{\int \frac{Mm ds}{EI}}{\int \frac{m^2 ds}{EI}} \quad (2)
\end{aligned}$$

Where, M = Bending moment on any point on the arch due to given loading.

m = moment on any point on the arch due to a unit horizontal force applied at B in the direction of H.

The expression given by Eq. (2) will become simpler provided the curve of the arch axis is parabolic and moment of inertia of curve at any section varies as $I = I_0 \sec \theta$ where θ is angle between the horizontal and tangent to the arch axis at that particular point.

I_0 = moment of inertia at the crown

I = moment of inertia at any other section

m = y , $ds = \sec \theta dx$

it may be noted that the integration is to be carried out from 0 to L then Eq. (2) will become

$$H = - \frac{\int_0^L My dx}{\int_0^L y^2 dx} \quad (3)$$

$$\text{and } \Delta_1 = \text{horizontal displacement} = \int_0^L \frac{my dx}{EI_0}$$

For a concentrated load W at the crown it is found that

$$\text{Horizontal displacement } \Delta_1 = \frac{5}{48} \frac{WL^2 r}{EI_0} \quad (4)$$

Where, L is the span of the arch and r is the rise.

4.0 SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

Step1: Fix the dial gauge to measure the movement of the roller end of the model and keep the lever out of contact.

Step2: Place a load of 0.5kg on the central hanger of the arch to remove any slackness and taking this as the initial position, set the reading on the dial gauge to zero.

Step3: Now add 1kg weights to the hanger and tabulated the horizontal movement of the roller end with increase in the load in steps of 1kg. Take the reading up to 5kg load.

Step4: Plot a graph between the load and displacement (theoretical and experimental) compare. Theoretical values should be computed by Eq. (4).

5.0 SAMPLE DATA SHEET:

Table-1

Horizontal displacement

Sl. No.	Central load (kg)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	Observed horizontal displacement (mm)						
	Calculated horizontal displacement Eq.(4)						
	Weight w kg required on the lever to balance load						

6.0 PRECAUTIONS:

- Apply the loads without jerk.
- Perform the experiment away from vibration and other disturbances.

Fig. (c)

aL पर H के लिए प्रभाव रेखा का निर्देशांक निम्न प्रकार से प्राप्त किया जा सकता है:

$$M = \frac{Wx}{L}(L - z) \text{ for } 0 < x < z$$

$$M = \frac{Wz}{L}(L - x) \text{ for } z < x < L$$

अब H का मूल्यांकन समीकरण (3) का उपयोग करके किया जा सकता है $H = -\frac{\int_0^L My dx}{\int_0^L y^2 dx}$

$$\begin{aligned} \int_0^L My dx &= \int_0^z \frac{Wx}{L}(L - z) 4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) dx + \int_z^L \frac{Wz}{L}(L - x) 4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) dx \\ &= \frac{W_z(L - z)(L^2 + Lz - z^2)}{3L^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^L y^2 dx &= \int_0^L \left[4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) \right]^2 dx \\ &= \frac{8}{15} Lr^2 \end{aligned}$$

$$\therefore H = \frac{5}{8} \frac{Wa}{rL^3} (L - a)(L^2 + La - a^2)$$

'a' बाएं या दाएं हिंज से लगाए गए भार 'W' की दूरी है।

W=1 किग्रा लेते हुए ,

प्रभाव रेखा निर्देशांक निम्न प्रकार से दिए गए हैं

$$ILO = \frac{5}{8} \frac{a}{rL^3} (L - a)(L^2 + La - a^2)$$

4.0 सुझाया गया प्रायोगिक कार्य:

चरण 1: अब लीवर को पहले हैंगर पर 1 किलोग्राम भार के साथ अनुपात 4/1 स्थिति पर हैंगर के संपर्क में लाएं और डायल गेज की प्रारंभिक रीडिंग को शून्य पर सेट करें।

चरण 2: पहले हैंगर पर बिना झटका दिए अतिरिक्त 1 किलोग्राम भार रखें और डायल गेज रीडिंग देखें।

चरण 3:लीवर हैंगर पर भार जोड़कर डायल गेज रीडिंग को शून्य पर पुनः स्थापित करें, मान लें कि भार w किलोग्राम है।

चरण 4:प्रथम हैंगर स्थिति पर प्रभाव रेखा कोटि का प्रायोगिक मान $4w$ होगा।

चरण 5:अन्य सभी हैंगर लोडिंग स्थितियों के लिए चरण 5 से 8 को दोहराएं और सारणीबद्ध करें।

5.0 :अवलोकन तालिका

प्रभाव रेखा निर्देशांक

क्रम सं.	हैंगर नंबर पर 1 किलो का भार लगाया गया	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 किलोग्राम भार को संतुलित करने के लिए लीवर पर आवश्यक भार (किलोग्राम)									
2	प्रभाव रेखा कोटि = $4w$									

6.0 सावधानियां:

- भार को बिना झटके के लागू करें।
- प्रयोग को कंपन और अन्य गड़बड़ी से दूर रखें।

EXPERIMENT NO-13

TWO HINGED ARCH APPARATUS

1.0 OBJECTIVE:

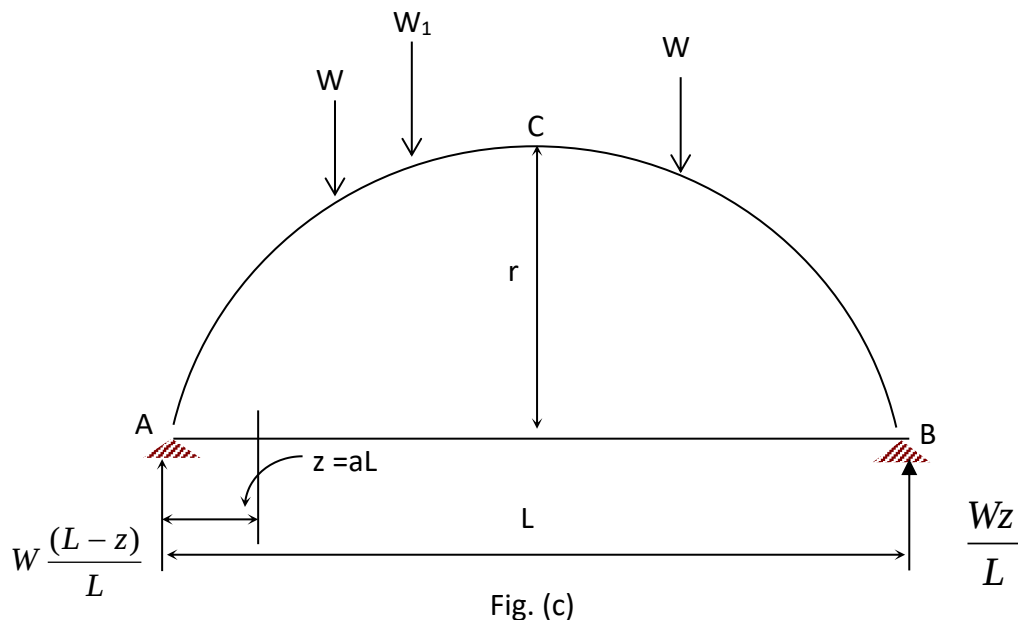
To obtain an influence line diagram for the horizontal thrust in a two hinged arch experimentally and verify the same with calculated values

2.0 APPARATUS:

The model has a span of 100cm and rise 25cm. Both ends are hinged but one of the end is also free to move longitudinally. A lever arrangement is fitted at this end for the application of known horizontal inward force for measuring the horizontal thrust. Along the horizontal span of the arch various points are marked at equidistant for the application of load. This being a statically indeterminate structure of the first degree. A dial gauge with magnetic base is supplied with the apparatus.

3.0 THEORY:

The horizontal movement of the roller end can be found by this method for any position of the load on the arch.



The ordinate for the influence line diagram for H at any distance $z = aL$ from L.H.S. can be obtained as follows:

$$M = \frac{Wx}{L}(L - z) \text{ for } 0 < x < z$$

$$M = \frac{Wz}{L}(L - x) \text{ for } z < x < L$$

Now H can be evaluated using Eq. (3) $H = -\frac{\int_0^L My dx}{\int_0^L y^2 dx}$

$$\begin{aligned} \int_0^L My dx &= \int_0^z \frac{Wx}{L}(L - z) 4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) dx + \int_z^L \frac{Wz}{L}(L - x) 4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) dx \\ &= \frac{W_z(L - z)(L^2 + Lz - z^2)}{3L^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \int_0^L y^2 dx &= \int_0^L \left[4r \left(\frac{x}{L} - \frac{x^2}{L^2} \right) \right]^2 dx \\ &= \frac{8}{15} Lr^2 \end{aligned}$$

$$\therefore H = \frac{5}{8} \frac{Wa}{rL^3} (L - a)(L^2 + La - a^2)$$

‘a’ is the distance of the applied load ‘W’ from the left or right hinge.

Taking W=1kg,

Influence line ordinate are given by

$$ILO = \frac{5}{8} \frac{a}{rL^3} (L - a)(L^2 + La - a^2)$$

4.0 SUGGESTED EXPERIMENTAL WORK:

Step1: Now move the lever in contact with hanger on ratio 4/1 position with a 1 kg load on the first hanger & Set the initial reading of the dial gauge to zero.

Step2: Place additional 1 kg load on the first hanger without shock and observe the dial gauge reading.

Step3: Restore the dial gauge reading to zero by adding loads to the lever hanger, say the load is w kg.

Step4: The experimental value of the influence line ordinate at the first hanger position shall be $4w$.

Step5: Repeat the steps 5 to 8 for all other hanger loading positions and tabulate.

7.0 SAMPLE DATA SHEET:

Influence Line Ordinate

Sl. No.	Load of 1 kg applied to hanger number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Weight w kg required on the lever to balance 1 kg load									
	Influence line ordinate $= 4w$									

8.0 PRECAUTIONS:

- Apply the loads without jerk.
- Perform the experiment away from vibration and other disturbances.