การศึกษาท่อเชื่อมแบบหักมุม ๙๐ องศาที่มีความดันภายในและถูกกด ด้วยแรงในระนาบเดียวกันที่ปลายทั้งสองของท่อ

นายฐิติพงษ์ ถาวรวิศิษฐพร

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. ๒๕๑๙

000739

I15552391

A Study of Single Mitered Pipe Bend under Combined Pressure and In-plane Bending Load

Mr. Thitipongse Tavornvisitporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1976

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Engineering.

Kirid Prachuabmoh ....

Dean of the Graduate School

Thesis Committee U. Chalil Khan .....Chairman

I. Pan-ngum .....

P. Sukhawarn .....

Thesis Supervisor : Dr. Pinai Sukhawarn

Date April 23, 1976.....

บทคัดย่อ

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาท่อเชื่อมแบบหักมุม ๙๐ องศาที่มีความดันภายในและถูกกด
ด้วยแรงในระนาบเดียวกันที่ปลายทั้งสองของท่อ

ชื่อ นายฐิติพงษ์ ถาววิศิษฐพร

แผนกวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา ๒๕๑๘

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองท่อที่ต่อเชื่อมทำมุมกันเก้าสิบองศาที่มีความดันภายในและมีแรงในระนาบเดียวกันกดที่ปลายทั้งสองข้างของท่อด้วย ท่อตัวอย่างที่ใช้ทดลองมีทั้งชนิดที่มีแผ่นเหล็กแทรกระหว่างรอยเชื่อม กับชนิดที่ไม่มีแผ่นเหล็กแทรก

การทดลองแบ่งออกเป็น ๓ ส่วน คือ

<u>ส่วนแรก</u> เป็นการทดลองหาความยืดหยุ่นของท่อเมื่อมีแรงในระนาบเดียวกันกดที่ปลายทั้งสองเท่านั้น โดยหารัศมีความโค้งของท่อซึ่งโค้งเป็นอย่างสม่ำเสมอที่มีความยืดหยุ่นเท่ากับท่อที่ต่อเชื่อมหักมุมเก้าสิบองศา ผลที่ได้ปรากฏว่าท่อที่เชื่อมต่อโดยมีแผ่นเหล็กแทรกระหว่างรอยเชื่อมได้ค่ารัศมีความโค้งเป็น ๖ เท่าของรัศมีเฉลี่ยของตัวท่อ ส่วนท่อที่เชื่อมต่อโดยไม่มีแผ่นเหล็กแทรก ได้ค่ารัศมีความโค้งเป็น ๗ เท่าของรัศมีเฉลี่ยของตัวท่อ

<u>ส่วนที่ ๒</u> เป็นการทดลองต่อจากส่วนแรก โดยหาความยืดหยุ่นของท่อเมื่อมีความดันภายในและมีแรงในระนาบเดียวกันกดที่ปลายทั้งสองข้างของท่อด้วย ผลการทดลองปรากฏว่าได้ค่าใกล้เคียงกับทฤษฎี และได้ข้อสังเกตอีกว่าท่อที่ไม่มีแผ่นเหล็กแทรกกลางจะลดความยืดหยุ่นลงเมื่อมีความดันภายใน ส่วนท่อที่มีแผ่นเหล็กแทรกกลางนั้น ถ้าเป็นท่อขนาดเล็ก ความดันภายในแทบจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นของท่อได้เลย ต่อเมื่อขนาดของท่อใหญ่ขึ้นเท่านั้น ความดันภายในจึงจะมีผลในการลดความยืดหยุ่นของท่อลงได้บ้าง

ส่วนที่ ๓ เป็นการทดลองหาความเค้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนภาคตัดเดียวกันของท่อที่มีแผ่นเหล็กแทรกระหว่างรอยเชื่อมเมื่อมีความดันภายใน และถูกกดด้วยแรงในระนาบเดียวกันที่ปลายทั้งสองข้าง ภาคตัดที่ได้ศึกษาหาความเค้นนี้อยู่ห่างจากรอยเชื่อมประมาณ ๒๐ ซม.
ผลการศึกษาปรากฏว่าให้ผลใกล้เคียงกับทางทฤษฎี แม้ว่าทฤษฎีนี้จะใช้สำหรับหาค่าความเค้นของท่อซึ่งโค้งเบนอย่างสม่ำเสมอก็ตาม ก็อาจจะใช้ได้ผลเพื่อหาความเค้นของท่อเชื่อมแบบหักมุมตามตำแหน่งต่าง ๆ บนภาคตัดเดียวกันซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับรอยเชื่อมได้

ABSTRACT

Title of Thesis A Study of Single Mitered Pipe Bend Under Combined Pressure and In-plane Bending Load

Name Mr. Thitipongse Tavornvisitporn

Department Mechanical Engineering

Academic Year 1975

In this study the experiment is conducted on single mitered pipe bend under combined pressure and in-plane bending load. The specimens include the single mitered pipe bend with reinforcement and unreinforcement. The experimental study is divided into 3 parts, viz:-

Part 1 The flexibilities of both reinforced and unreinforced single mitered pipe bend under in-plane bending are investigated by finding the most suitable bend equivalent radius of smooth pipe bend which gives the same flexibility factor as the single mitered pipe bend. Flexibility factor is defined as the ratio of the flexibility of the bend to that of a cylinder having the same second moment of area. The results indicate that the bend equivalent radius for reinforced single mitered pipe bend is six times the pipe mean radius. For unreinforced single mitered pipe bend the proper bend equivalent radius is seven times the pipe mean radius.

Part 2 The experiment in this part is continued from part one. The flexibilities of single mitered pipe bend under combined pressure and in-plane bending load are observed. The obtained experimental values are closed to the theory. For unreinforced pipe bend, the flexibility decreases with internal pressure. For reinforced pipe bend of small radius the effect of internal pressure on flexibility is small. As the pipe diameter increases this effect is more significant.

Part 3 The stresses around the cross-sectional area of an reinforced single mitered pipe bend subjected to combined pressure and in-plane bending load are investigated. The test section is 20 cm. from the welded joint. The experiment yields the values closed to the theory. Though the theory is analyzed to find the stresses of smooth pipe bend, it can be used to find the variation of stresses around the cross-section of single mitered pipe bend in the vicinity of mitered joint.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express his deep gratitude to his advisor, Assistant Professor Dr. Pinai Sukhawarn, for his valuable assistance, encouragement, suggestions and guidance throughout the course of this thesis.

Sincere thanks are also due to Professor Dr. Vikoon Chalitbhandhu for the step and helpful direction of this work and also a large amount of interesting comments.

He is deep grateful to Assistant Professor Dr.Ittiphol Pan-ngum for a thorough supervision, a useful discussion and a precious criticism.

He wholeheartedly feels the kindness of Professor Chana Kasipar, for the brilliant idea, conclusion and also the completion of this thesis.

He is indebted to Mr.Prateep Poonthrigpun, Sub-manager of Thai Steel Pipe Industry Co;Ltd. for the supply of twelve pieces of single mitered pipe bend complete with mechanical and chemical properties of the materials.

CONTENTS

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Title Page	i
	Thesis Approval.....	iii
	Abstract	iv
	Acknowledgements	viii
	Contents	ix
	List of Figures	xi
	List of Tables	xiii
	List of Symbols	xiv
1	INTRODUCTION	1
	1. General Background	1
	2. Application of Mitered Bends	3
	3. Review of Previous Works ...	5
2	EXPERIMENTAL INVESTIGATION	13
	1. Objectives	15
	2. Test Specimens	16
	3. Apparatus and Measuring Equipments	19
	4. Calibration of Pressure Gage and Testing Machine	25
	5. Experimental Work	29
3	RESULTS	33

CHAPTER	TITLE	PAGE
4	DISCUSSION	64
	1. Flexibility Factor of The Single Mitered Pipe Bend under Pure In-plane Bending	64
	2. Flexibility Factor of The Single Mitered Pipe Bend under Combined Pressure and In-plane Bending Load	65
	3. Stresses in The Bend Due to [illegible] Combined Loading	67
5	CONCLUSIONS	72
6	SUGGESTION FOR FURTHER WORK	75
	APPENDIX I	76
	APPENDIX II	85
	FIGURES	89
	REFERENCES	111
	VITA	114

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
1.	Mitered Pipe Bends	3
2.	Mitered Pipe Bend and Equivalent Smooth Bend	9
3.	Reinforced Single Mitered Pipe Bend ...	16
4.	Unreinforced Single Mitered Pipe Bend .	17
5.	Proving Ring	27
I-1.	Details of The Analysis	77
A1-A4.	Comparison Between Theoretical and Experimental Longitudinal and Circumferential Stress-intensification Factor	89-92
A5-A8.	Variation of Longitudinal and Circumferential Stresses around The Pipe Cross-section under Various Types of Load	93-96
A9.	Calibration Curve of Proving Ring No. 56180	97
A10.	Calibration Curve of Amsler Testing Machine No. 060355 AK	98
A11.	Strain Gage Bridge Connections for Two Arm Bridge	99
A12.	Strain Gage Bridge Diagram	100
A13.	Schematic Diagram of Strain Measurement	101

FIGURE PAGE

A14. Single Mitered Pipe Bend 102

A15. Amsler Universal Testing Machine 103

A16. Hand Pump 103

A17. Strain Gage and Cement, Pressure Gage ... 104

A18. Reducers and Flexible Pipe 104

A19. Strain Gage Bridge 105

A20. Selector Switch and Dummy Gage 105

A21. Dial Gage with Magnetic Holder 106

A22. Calibration of Pressure Gage 106

A23. Flexibility under Pure In-plane Bending . 107

A24. Flexibility under Combined Pressure and In-plane Bending Load 108

A25. Pipe Specimen with Completely Attached Strain Gages 109

A26. Strains of The Pipe Subjected to In-plane Bending 110

A27. Strains of The Pipe Subjected to Combined Load 110

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
3-1.	Deflections of Single Mitered Pipe Bend	34
3-2.	The Comparison of Calculated to Von Karman's, American Standard Code and Kellogg's Flexibility Factors at Various Equivalent Radius	45
3-3.	The Comparison Between Experimental and Theoretical Flexibility Factor With Internal Pressure	53
3-4.	Variation of Strains and Stresses around The Pipe Cross-section under In-plane Bending Load	54
3-5.	Variation of Strains and Stresses around The Pipe Cross-section under Internal Pressure	56
3-6.	Variation of Strains and Stresses around The Pipe Cross-section under Combined Internal Pressure and In-plane Bending Load	58
3-7.	Comparison Between Theoretical and Experimental Stress Intensification Factor, i_p (Both Longitudinal and Circumferential) for Single Mitered Pipe Bend	62

LIST OF SYMBOLS

SYMBOL	QUANTITY	UNIT
A	Pipe cross-sectional area	$cm.^2$
a	Reinforced single mitered pipe bend	-
B	Span length	cm.
b	Unreinforced single mitered pipe bend	-
C	Length of equal tangent pipe to smooth bend	cm.
	A constant	-
D	Pipe outside diameter	cm.
d	Diameter of drill for pressure hole	cm.
E	Modulus of elasticity	ksc.
e	Unit strain (e_l, longitudinal; e_c, circumferential)	cm./cm.
F	Applied end load	kg.
	Gage factor	-
h	Karman's pipe factor, tR/r^2	-
I	Moment of inertia of pipe cross-section, $\pi r^3 t$	$cm.^4$
i	Stress-intensification factor	-
i_p	Stress-intensification factor with internal pressure	-
K	Flexibility factor	-
K_p	Flexibility factor with internal pressure	-

SYMBOL	QUANTITY	UNIT
L	Length of pipe	cm.
M	Applied bending moment	kg-cm.
N	Number of revolution	rpm.
P	Average force caused by internal pressure, pA	kg.
p	Applied internal pressure	ksc.
R	Radius of an equivalent smooth bend	cm.
	Gage resistance	ohms.
r	Mean radius of the pipe	cm.
S	Stresses in the pipe (S_l, longitudinal; S_c circumferential)	ksc.
	Stresses due to internal pressure	ksc.
t	Pipe-wall thickness	cm.
U	Energy per unit length of center line of curved pipe	kg.
X_k	Function of r/t and $R/r = 6(r/t)^{4/3}(R/r)^{1/3}$	-
X_i	Function of r/t and $R/r = 3.25(r/t)^{3/2}(R/r)^{2/3}$	-
Y	Deflection of pipe bend	cm.
ν	Poisson's ratio	-
α	Pipe bend arc	radians
ϕ	Circumferential location angle	degrees
	Mitered angle	degrees

SYMBOL	QUANTITY	PAGE
w	Displacement of pipe wall (w_r, radial; w_t, tangential)	cm.
η	$\Delta\alpha/\alpha$ for in-plane bending	-
λ	Flexibility characteristic, $h/\sqrt{1-\nu 2}$	-
ψ	Parameter related to pressure, pR^2/Ert	-
γ	r/R	-
ρ	Resistivity	ohms/cm.