

การศึกษาแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีที่รองรับที่มุมรับน้ำหนักบรรทุก เป็นจุด
กระทำที่ศูนย์กลางของแผ่น



นายประจต สุริยะ

001480

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

I16105151

A STUDY OF CORNER SUPPORTED EQUILATERAL TRIANGULAR PLATE
SUBJECTED TO A CONCENTRATED LOAD AT THE CENTER

Mr. Pranote Suriya

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

1979

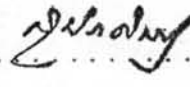
หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีที่รองรับที่มุมรับน้ำหนัก
บรรทุกเป็นจุดกระทำที่ศูนย์กลางของแผ่น

โดย : นายประมต สุริยะ


แผนกวิชา : วิศวกรรมโยธา

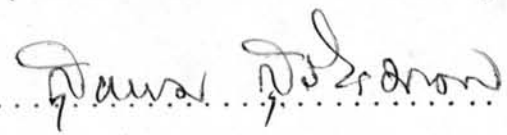
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม สุริยะมงคล

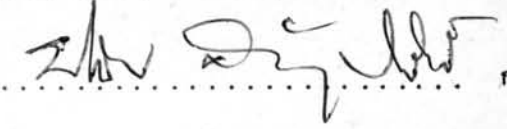
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ ชูขนาด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม สุริยะมงคล)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปนิธาน ลักขณะประสิทธิ์)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาติศรี)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การศึกษาแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีที่รองรับที่มุม
รับน้ำหนักบรรทุกทุกเป็นจุดกระทำที่ศูนย์กลางของแผ่น
ชื่อนิติ : นายประจต สุริยะ
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุธรรม สุริยะมงคล
แผนกวิชา : วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา : 2521



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการตัดของแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งเป็นวัสดุแบบอีลาสติคที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลศาสตร์เหมือนกันในทุกทิศทาง รับน้ำหนักบรรทุกทุกที่จุดศูนย์กลางโดยมีที่รองรับที่มุม ผลการวิเคราะห์ทำได้ภายใต้ข้อสมมติฐานที่ว่าผลรวมของโมเมนต์ดัดมีค่าเป็นศูนย์และ แรงเฉือนเคียร์คอฟ มีค่าเป็นศูนย์เป็นจุด ๆ ตลอดแนวขอบของแผ่นพื้น

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวได้สรุปไว้ในรูปของกราฟเพื่อจะได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบของค้ำอาคาร และในขณะเดียวกันได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์นี้กับผลการทดลอง และผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์อีกวิธีหนึ่ง นอกจากนี้ในตอนท้ายได้แสดงตัวอย่างการคำนวณเมื่อเสริม เหล็กสองทางและสามทาง เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบของค้ำอาคารดังกล่าวไว้ด้วย

Thesis Title : A Study of Corner Supported Equilateral Triangular Plate
Subjected to a Concentrated Load at the Center.
Name : Mr. Pranote Suriya
Thesis Adviser : Assistant Prof. Suthum Suriyamongkol, Ph.D.
Department : Civil Engineering
Academic Year : 1978

ABSTRACT

This study deals with the analysis of the bending of an isotropic equilateral triangular plate supported at the corners and subjected to a concentrated transverse load at the center. The proposed approximate solution is obtained under the assumptions that the total bending moment is zero, and supplemented shear vanishes at discrete points along the edges of the plate.

The results predicted by the proposed solution are presented in charts for use in the analysis and design of such structure. They are also compared with measurements taken on a steel plate model, and those from different approach. A design example with particular discussions of the use on two-way and three-way reinforcements is performed to illustrate the design of such structure.



กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม สุริยะมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาชี้แนวทางและให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่าต่อการวิจัยและงานเขียนจนกระทั่งสำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับการคำนวณผลต่าง ๆ นั้น ได้อาศัยเครื่องจักรประจำศูนย์ประมวลผลด้วยเครื่องจักรแห่งประเทศไทย สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎมณฑลซึ่งช่วยให้การวิจัยครั้งนี้ประสพผลสำเร็จและผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

อนึ่ง งานพิมพ์สำเร็จลงได้ด้วยความเร็วเรียบร้อยทั้งนี้โดยได้รับความช่วยเหลือจาก คุณวราวุธ เหล่าศิริรัตน์ และ คุณศิริรัตนา วิเศษสมิต ในการพิมพ์ต้นฉบับ ส่วนเอกสารบางเรื่องที่ไม่มีในประเทศซึ่งจะต้องใช้ประกอบในการทำวิจัยนี้ คุณสุมาลย์ เบรนเนอร์ แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้เป็นธุระจัดหาให้ นอกจากนี้ก็ยังมีเพื่อน ๆ ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ซึ่งผู้เขียนใคร่ขอระลึกถึงความปรารถนาดีและขอขอบคุณมาพร้อมนี้เช่นกัน

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนสำนึกในพระคุณบิดา มารดาและญาติ ๆ ในการสนับสนุน และให้กำลังใจอันมีส่วนช่วยให้ผู้เขียนมีความเพียรพยายามศึกษาจนกระทั่งสำเร็จ ในขณะเดียวกัน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อันเป็นสถานที่ผู้เขียนได้มีโอกาสค้นคว้า ศึกษา หาความรู้อันมีค่ายิ่ง ซึ่งผู้เขียนใคร่ขอสำนึกในวิทยาทานที่ได้รับนี้ตลอดไป.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วิธีดำเนินการวิจัย	3
2.1 สมการควบคุมและสภาพของขอบ	3
2.2 ขั้นตอนในการแก้ปัญหา	5
3. สรุปผลการวิเคราะห์และข้ออภิปราย	19
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	
ก. แผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ารองรับแบบธรรมดา	23
ข. การออกแบบเหล็กเสริมในแผ่นพื้นคอนกรีต	28
ค. ตัวอย่างการคำนวณออกแบบของค้ำอาคาร	34
ประวัติผู้เขียน	61



รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1. แผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าและระบบแกน	49
2. แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมที่มีความกว้าง a ยาวอนันต์ รองรับแบบธรรมดา ถูกกระทำด้วยระบบแรง P	49
3. ค่าระยะโก่ง โมเมนต์ดัดและ แรงเฉือนเคียร์คอฟ ของแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ารองรับแบบธรรมดา ถูกกระทำด้วยแรงเดี่ยว P เมื่อกำหนดให้ $\nu = 0.20$ และ $c/a = 0.05$	50
4ก. กราฟของอนุกรม $2\sqrt{3}\frac{\epsilon_j \nu}{a} + \frac{4}{\pi} \nu \sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j} \sin \alpha \epsilon_j \cos \alpha C_j \cos \alpha \eta$	50
4ข. กราฟแสดงลักษณะการกระจายของโมเมนต์ดัด M_x^c และ แรงเฉือนเคียร์คอฟ V_x^c ตามแนวขอบ ($x/a = -1/3$) เนื่องจาก $\nu_j = 0.20, \epsilon = 0.03a, c_j = 0.30a$)	51
5. กราฟแสดง แรงเฉือนเคียร์คอฟ V_x ตามแนวขอบ ($x/a = -1/3$) ซึ่งคลาดเคลื่อนจากสภาพของขอบที่แท้จริง ($V_x = 0$)	51
6ก. กราฟแสดงค่าระยะโก่ง w ตามแนวแกน $x/a (y/a = 0)$	52
6ข. กราฟแสดงค่าระยะโก่ง w ตามแนวขอบ ($x/a = -1/3$)	52
7ก. กราฟแสดงค่าโมเมนต์ M_x, M_y และ M_{xy} ตามแนวแกน $x/a (y/a = 0)$ กำหนดให้ $c/a = 0.05$	53
7ข. กราฟแสดงค่าโมเมนต์ M_x, M_y และ M_{xy} ตามแนวขอบ ($x/a = -1/3$)	53
8ก. กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าระยะโก่ง w ตามแนวแกน $x/a (y/a = 0)$	54
8ข. กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าระยะโก่ง w ตามแนวขอบ ($x/a = -1/3$)	54
9ก. กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ดัด M_x ตามแนวแกน $x/a (y/a = 0)$	55
9ข. กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ดัด M_y ตามแนวแกน $x/a (y/a = 0)$	55

รูปที่

หน้า

9ค. กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ดัด M_x และ M_y ตามแนวขอบ ($x/a = -1/3$)	56
10. เหล็กเสริมสามทิศทาง	56
11. การจัดเหล็กเสริมสามทางสำหรับแผ่นพื้นคอนกรีต รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีที่รองรับที่มุม	57
12. การจัดเหล็กเสริมสองทางสำหรับแผ่นพื้นคอนกรีต รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีที่รองรับที่มุม	57
13. สามเหลี่ยมของแรงสำหรับหน้าตัดสี่เหลี่ยม	58
14. รายละเอียดการเสริมเหล็กสามทางสำหรับฐานรากรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รองรับด้วยเสาเข็ม 3 ต้นที่มุม	59
15. รายละเอียดการเสริมเหล็กสองทางสำหรับฐานรากรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า รองรับด้วยเสาเข็ม 3 ต้นที่มุม	60

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีดังต่อไปนี้ :-

- a = ความสูงของแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า
 A_{Sn} = พื้นที่หน้าตัดของ เหล็กเสริมต่อความกว้างของหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทาง n
 A_t = พื้นที่หน้าตัดของ เหล็กเสริมกันความร้อน
 $A_\alpha, A_\beta, A_\gamma$ = พื้นที่หน้าตัดของ เหล็กเสริมกันความร้อนต่อความกว้างของหน้าตัดที่ตั้งได้ฉากกับทิศทาง α, β และ γ ตามลำดับ
 c = รัศมีของพื้นผิววงกลมเล็ก ๆ ภายใต้แรงกระทำ P
 c_j = $\frac{(2j-1)a}{2\sqrt{3N}}$ เมื่อ $j=1,2,3\dots N$
 C_{μ} = แรงอัดในคอนกรีตต่อหน่วยความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งได้ฉากกับทิศทาง μ
 d_{μ} = ระยะจากผิวนอกสุดที่มีแรงอัดถึงจุดศูนย์กลางของ เหล็กเสริมที่รับแรงดึง
 D = เพลกซ์รัลริจิดิตี (flexural rigidity) ของแผ่นพื้นและมีค่าเท่ากับ $\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$
 E = โมดูลัสยืดหยุ่น
 f'_c = หน่วยแรงอัดของคอนกรีต
 $f_{c\mu}$ = หน่วยแรงอัดของคอนกรีตที่ผิวนอกสุดของหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทาง μ
 f_s = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ในเหล็กเสริม
 $f_{s\mu}$ = หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมบนหน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทาง μ
 h = ความหนาของแผ่นพื้น
 j_{μ} = อัตราส่วนระหว่าง ระยะจากจุดศูนย์กลางถ่วงของแรงอัดถึงจุดศูนย์กลางถ่วงของแรงดึง ต่อ d_{μ} บนหน้าตัดที่ตั้งได้ฉากกับทิศทาง μ
 k_{μ} = อัตราส่วนระหว่าง ระยะจากผิวนอกสุดที่มีแรงอัดถึงแกนสะเทินต่อ d_{μ} บนหน้าตัดที่ตั้งได้ฉากกับทิศทาง μ

m	=	อัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต
M_n^*	=	โมเมนต์ต้านในทิศทาง n
M_x^S, M_x^S	=	โมเมนต์ตัดต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน x
M_y^S, M_y^S	=	โมเมนต์ตัดต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน y
M_{xy}^S, M_{xy}^S	=	โมเมนต์บิดต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน x
P	=	แรงกระทำต่อแผ่นพื้น
Q_x^S, Q_x^S	=	หน่วยแรงเฉือนต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน x
Q_y^S, Q_y^S	=	หน่วยแรงเฉือนต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน y
V_x^S, V_x^S	=	แรงเฉือนเคียร์คอฟ ต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน x
V_y^S, V_y^S	=	แรงเฉือนเคียร์คอฟ ต่อความยาวของหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับแกน y
w, w^S, w^C	=	ฟังก์ชันการโก่งของแผ่นพื้น
x, x', x''	=	ระบบแกน X, X', X'' ตามลำดับ
y, y', y''	=	ระบบแกน Y, Y', Y'' ตามลำดับ
α	=	$\sqrt{3m\pi}/a$
α, β, γ	=	มุมของการเสริมเหล็ก วัดในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจากแกน x
ϵ	=	$a/(2\sqrt{3}l)$
ν	=	อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio)
T_{nt}	=	หน่วยแรงเฉือนบนหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ตั้งฉากกับทิศทาง n