

การคำนวณออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแผ่นพื้นซึ่งมีช่องเปิด  
และที่รองรับ เป็นแนวเส้นโดยวิธีแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนัก



นายชูศักดิ์ ณะกุลมาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-191-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

012795

012795

J15544722

OPTIMUM DESIGN OF FLOOR SLABS WITH OPENINGS  
AND LINE SUPPORTS BY THE STRIP METHOD



Mr. Chusak Tanakulmas

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
For the Degree of Master of Engineering  
Department of Civil Engineering

Graduate School  
Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-568-191-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การคำนวณออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแผ่นดิน ซึ่งมีช่องเปิดและที่รองรับเป็นแนวเส้นโดยวิธีแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนัก

โดย

นาย ชุศักดิ์ ณะกุลมาส

ภาควิชา


วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรืองเดช รัชตโพธิ์

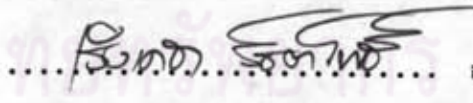


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรืองเดช รัชตโพธิ์)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม สุริยะมงคล)



หัวข้อวิทยานิพนธ์      การคำนวณออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแผ่นพื้น ซึ่งมีช่องเปิดและ  
 ที่รองรับเป็นแนวเส้นโดยวิธีแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนัก  
 ชื่อนิลิต                  นายชูศักดิ์ ธนะกุลมาศ  
 อาจารย์ที่ปรึกษา      ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงเดชา รัชตโพธิ์  
 ภาควิชา                  วิศวกรรมโยธา  
 ปีการศึกษา              25๕9



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเอาการวิเคราะห์และออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักบรรทุก (ทฤษฎีสดริป) มาประยุกต์กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยทำการวิเคราะห์และออกแบบแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ไม่มีช่องเปิดรวม 16 ชนิด แผ่นพื้นที่มีช่องเปิดอิสระรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใด ๆ วางอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ของแผ่นพื้น และมีที่รองรับเป็นแนวเส้น แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีขอบอิสระอยู่บนด้านที่เอียง และมีที่รองรับแบบยึดหมุน และแผ่นพื้นไร้คานที่มีเสาอยู่ในแนวเดียวกัน การวิเคราะห์หาแรงตัด ประลัยได้ใช้หลักการสมมูลย์ของแรงและการหาปริมาตรของแรงค้ำค้ำสุด โดยการทำแนวแบบทำซ้ำ

สภาการศึกษาใช้งานแผ่นพื้น สมมุติให้น้ำหนักแก่กระจายสม่ำเสมอกระทำบนแผ่นพื้น สำหรับแผ่นพื้นที่มีช่องเปิดอาจมีน้ำหนักแนวเส้นที่ขอบของช่องเปิดด้วย ส่วนความหนาของแผ่นพื้น ได้กำหนดให้ใช้ความมาตรฐานของการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ACI ปี ค.ศ 1983

ทฤษฎีสดริป เป็นทฤษฎีที่สามารถวิเคราะห์แผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กได้สะดวกและง่ายกว่าทฤษฎีอิลาสติก หรือวิธีที่มาตรฐาน การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ACI แนะนำให้ใช้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจำกัด ให้ใช้ได้กับแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่รับน้ำหนักแก่กระจายสม่ำเสมอเท่านั้น

จากการเปรียบเทียบค่าปริมาตรของแรงดันบนแผ่นหินสี่เหลี่ยม โดยทฤษฎีสตรีป  
 กับทฤษฎีอีลาสติก ซึ่งเป็นทฤษฎีขอบเขตล่างเช่นกัน พบว่า การใช้ทฤษฎีสตรีปให้ค่าผลลัพธ์ที่  
 ปลอดภัยกว่า 17 - 76 เปอร์เซ็นต์ขึ้นอยู่กับลักษณะและเงื่อนไขที่ขอบของแผ่นหิน สำหรับ  
 การออกแบบแผ่นหินไร้คานที่มีเสาอยู่ในแนวเดียวกันโดยวิธีสตรีป เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี  
 โครงเทียบเท่า ที่แนะนำไว้โดยมาตรฐานการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก  
 ปี ค.ศ. 1983 พบว่า การใช้ชิ้นส่วนประเภทที่ 3 ในวิธีสตรีป ง่ายต่อการออกแบบ และให้  
 ค่าผลลัพธ์ที่ปลอดภัย สำหรับแผ่นที่มีช่องเปิดที่ออกแบบโดยวิธีสตรีป เมื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี  
 ยึดไลน์ พบว่า แผ่นหินที่ออกแบบโดยวิธีสตรีปปลอดภัยกว่า



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Optimum Design of Floor Slabs with Openings and  
Line Supports by the Strip Method  
Name Mr. Chusak Tanakulmas  
Thesis Advisor Assistant Professor Roengdeja Pajatabhothi, Ph.D.  
Department Civil Engineering  
Academic Year 1986

ABSTRACT



A computational method for analysis and design of reinforced concrete slab system based on the strip method by microcomputer is presented in this research. Sixteen types of supported square and rectangular slabs without openings, rectangular slabs with free rectangular openings of any sizes and locations, skew slabs and flat plates are considered. Equilibrium equations and an iterative procedure to find the minimum moment volume are employed to solve for the ultimate moment of a given slab.

At Service condition, loading on the slab is assumed to be uniformly distributed. Loading on the slab with opening, on the other hand, is assumed to be uniformly distributed with line loads acting along sides of the free opening. The slab thickness requirements of the ACI Building Code 1983 are followed in this research.

Analysis of slabs by the strip theory is more simple and easier than the elastic theory or other method recommended in design codes. Normally, code procedures are limited to uniformly loaded rectangular slabs.

Comparisons of moment volumes in rectangular slabs by using



the strip method and the elastic method, both methods are the lower bound approach, have shown that the former method yields about 17-76 percent greater than the latter method depending on aspect ratios and boundary conditions. For flat plates with regular columns, it has been found that the use of elements of type 3 in the strip method give more simple and safer design than the equivalent frame method recommended in the ACI Building Code 1983. For rectangular slabs with openings, design by using the strip method will result to safer slabs than by the design using the yield line theory.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงเคษา รัชตโพธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์อย่างมาก อีกทั้งได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี รองศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม สุริยมงคล ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ถ้ามีประโยชน์หรือความดีอยู่บ้าง ผู้เขียนขอมอบกับผู้อ่านที่สนใจ ทุก ๆ ท่าน

นายชูศักดิ์ ธนะกุลมาส

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ .....	ช
สารบัญ .....	ฅ
รายการตารางประกอบ .....	ฉ
รายการรูปประกอบ .....	ท
สัญลักษณ์ .....	ถ
ศัพท์วิทยาการ .....	ณ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 กล่าวนำ .....	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา .....	3
1.3 งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีสตริปที่ผ่านมา โดยสังเขป .....	5
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	7
1.5 สมมุติฐานในงานวิจัย .....	7
1.6 ขอบเขตของการวิจัย .....	8
1.7 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยนี้ .....	8
2. ทฤษฎีสตริป .....	12
2.1 กล่าวนำ .....	12
2.2 สมการสมดุฉีและเงื่อนไขสมดุฉี .....	16
2.3 ทฤษฎีสตริปอย่างง่ายในพิกัดฉาก .....	21
2.4 รูปแบบของเส้นแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักและการกระจายน้ำหนักบรรทุก .....	24
2.5 อัตราส่วนของแรงดัดลมที่จุดรองรับและแรงดัดลมวกที่กลางช่วง .....	33
2.6 แถบรูปสี่ม .....	41

## สารบัญ

บทที่	หน้า
2.7	52
2.8	54
2.9	60
2.10	62
2.11	67
2.12	74
2.13	74
2.14	78
3. ชั้นตอนวิเคราะห์และออกแบบที่ใช้ในงานวิจัย	88
3.1	88
3.2	88
3.3	90
3.4	102
3.5	106
4. ตัวอย่างการออกแบบและการเปรียบเทียบ	112
4.1	112
4.2	112
4.3	112
4.4	133
4.5	134
4.6	134
4.7	135
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	138
5.1	138
5.2	139

## สารบัญ

บทที่	หน้า
เอกสารอ้างอิง .....	140
ภาคผนวก ก .....	144
ภาคผนวก ข .....	195
ภาคผนวก ค .....	249
ประวัติ .....	293



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 แรงตัดเฉื่อยของรูปที่ 2.7 ข และ 2.7 ค. ที่อัตราส่วนของ a/b มีค่าระหว่าง 1.01-2.0 .....	33
4.1 การ เปรียบเทียบปริมาตรของแรงตัดในแผ่นหินกรดีที่ 1 .....	123
4.2 การ เปรียบเทียบปริมาตรของแรงตัดในแผ่นหินกรดีที่ 2 เมื่อที่รองรับ แบบยึดแน่นอยู่ที่ด้านสั้นของแผ่นหิน .....	124
4.3 การ เปรียบเทียบปริมาตรของแรงตัดในแผ่นหินกรดี 2 เมื่อที่รองรับ ยึดแน่นอยู่บนด้านยาวของแผ่นหิน.....	125
4.4 การ เปรียบเทียบปริมาตรของแรงตัดในแผ่นหินกรดีที่ 3 เมื่อที่รองรับแบบ ยึดแน่นอยู่บนด้านสั้นของแผ่นหิน .....	126
4.5 การ เปรียบเทียบปริมาตรของแรงตัดในแผ่นหินกรดีที่ 3 เมื่อที่รองรับแบบ ยึดแน่นอยู่บนด้านยาวของแผ่นหิน .....	127
4.6 การวิเคราะห์หาแรงตัดโดยวิธีโครง เทียบ เท่า .....	130
4.7 เปรียบเทียบแรงตัดที่รองรับโดยวิธีการต่าง ๆ .....	131
4.8 การ เปรียบเทียบปริมาตรวัสดุกับวิธีอัลคัลไลน์ .....	132
ก-1 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ใช้ปริมาตรของแรงตัดค่าสุด สำหรับแผ่น หินสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 3 .....	167
ก-2 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ใช้ปริมาตรของแรงตัดค่าสุด สำหรับแผ่น หินสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 4 .....	170
ก-3 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ใช้ปริมาตรของแรงตัดค่าสุด สำหรับแผ่น หินสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 5 .....	172
ก-4 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ใช้ปริมาตรของแรงตัดค่าสุด สำหรับ แผ่นหินสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 6 .....	176
ก-5 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ใช้ปริมาตรของแรงตัดค่าสุด สำหรับ แผ่นหินสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 7 .....	179
ก-6 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ใช้ปริมาตรของแรงตัดค่าสุด สำหรับ แผ่นหินสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 8 .....	181

ตารางที่

หน้า

ก-7 การวิเคราะห์หาค่า A กับ B ที่ให้ปริมาตรของแรงค้ำค้ำสุด สำหรับ  
แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ ๑ .....

184



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจตุรัสที่ไม่มีขอบอิสระ .....	9
1.2 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าที่ไม่มีขอบอิสระ .....	10
1.3 ตัวอย่างแผ่นพื้นที่มีช่องเปิด .....	10
1.4 แผ่นพื้นที่มีรูปร่างอย่างอื่น .....	11
1.5 แผ่นพื้นไร้คานที่เสายู่ในแนว เดียวกัน .....	11
2.1 แผ่นพื้นชนิดต่าง ๆ .....	12
2.2 แรงที่กระทำกับชิ้นส่วน เล็ก ๆ ของแผ่นพื้นในระบบทึบคาน .....	17
2.3 แรงค้ำง ๆ บนขอบของที่รองรับแบบยึดหมุน .....	17
2.4 แรงที่กระทำกับชิ้นส่วน เล็ก ๆ ของแผ่นพื้นที่มีทึบคานไม่ตั้งฉากกัน .....	19
2.5 ลักษณะการแบ่งน้ำหนักบรรทุกทุกคามวิธีสตรีป .....	23
2.6 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่การกระจายน้ำหนักบรรทุกแก่กระจายสม่ำเสมอ ใน แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจตุรัส ซึ่งมีที่รองรับแบบยึดหมุน (ก) (ข) .....	25
2.6 (ค) ลักษณะการแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักแบบอื่น .....	26
2.6 (ง) ลักษณะการแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักแบบอื่น .....	27
2.7 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักบรรทุกแก่กระจายสม่ำเสมอ ในแผ่นพื้น สีเหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีที่รองรับแบบยึดหมุน (ก) (ข) .....	30
2.7 (ค) ลักษณะการแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักแบบอื่น .....	31
2.8 รูปแรงค้ำงในพื้นช่วง เดียวที่รับน้ำหนักแก่กระจาย สม่ำเสมอ ช่วงหนึ่ง .....	34
2.9 แผ่นพื้นที่มีที่รองรับด้านหนึ่งยึดแน่น ด้านหนึ่งยึดหมุนรับน้ำหนักแก่กระจาย เต็มช่วง .....	34
2.10 แผ่นพื้นที่มีที่รองรับด้านหนึ่งยึดแน่น อีกด้านหนึ่งยึดหมุนรับน้ำหนักบรรทุกทุกแก่ กระจายไม่เต็มช่วง .....	35
2.11 แผ่นพื้นที่มีที่รองรับแบบยึดแน่น ทั้ง สองปลายรับน้ำหนักแก่กระจายสม่ำเสมอ เต็มช่วง .....	35
2.12 แผ่นพื้นที่มีที่รองรับแบบยึดแน่น ทั้งสองปลายรับน้ำหนักแก่กระจายไม่ เต็มช่วง	37



2.13	แผ่นพื้นที่มีที่รองรับด้านหนึ่งยึดแน่นอีกด้านหนึ่งยึดหมุนรับน้ำหนักแผ่กระจาย เป็นช่วง ๆ .....	37
2.14	แผ่นพื้นที่มีที่รองรับแบบยึดแน่นทั้งสองด้านรับน้ำหนักแผ่กระจาย เป็นช่วง ๆ	39
2.15	แผ่นพื้นที่มีที่รองรับแบบยึดแน่นและน้ำหนักบรรทุกทุกใด ๆ บริเวณริมแผ่นพื้น	39
2.16	แผ่นพื้นสองชนิดที่มีความยาวไม่เท่ากันแต่รับน้ำหนักบรรทุกที่มีขนาดเท่ากัน ทั้งสองปลาย .....	40
2.17	แผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ที่มีที่รองรับแบบยึดหมุนอยู่ที่ปลาย .....	42
2.18	ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง $\alpha$ $f_1(\alpha)$ และ $f_2(\alpha)$ .....	45
2.19	ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายสม่ำเสมอในแผ่นพื้น สี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งมีขอบที่เอียงเป็นขอบอิสระ (ก) (ข) (ค) .....	46
2.20	ลักษณะการถ่ายน้ำหนักบรรทุกในแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีที่รองรับแบบอิสระ และแบบยึดแน่น .....	50
2.21	แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีที่รองรับเป็นแบบยึดแน่นและยึดหมุนอยู่ประชิดกัน	50
2.21	(ต่อ) รูปที่ 2.21 .....	51
2.22	แรงดัดในแผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีที่รองรับแบบยึดแน่นรับน้ำหนักแผ่ กระจายสม่ำเสมอช่วงหนึ่ง .....	53
2.23	แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขอบที่ด้านสั้นเป็นที่รองรับแบบอิสระ .....	55
2.24	แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขอบที่มีขอบที่ด้านยาว เป็นที่รองรับแบบอิสระ ..	57
2.25	แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขอบอิสระสองขอบอยู่ชิดกันและรับน้ำหนัก แผ่กระจายสม่ำเสมอ .....	58
2.26	แผ่นพื้นที่มีขอบอิสระรับน้ำหนักบรรทุกเป็นแนวเส้น .....	60
2.27	แผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมที่มีที่รองรับเป็นแบบยึดหมุน .....	63
2.28	แผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยมที่มีที่รองรับแบบยึดหมุนและถ่ายน้ำหนักบรรทุกไปยังที่ รองรับไกลที่สุด .....	63
2.29	รูปแบบการถ่ายน้ำหนักในแผ่นพื้นสามเหลี่ยมที่มีที่รองรับแบบต่าง ๆ ..	66
2.30	แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีช่องเปิดอยู่ที่มุมของแผ่นพื้นรับน้ำหนักบรรทุกแผ่ กระจายสม่ำเสมอ (ก) (ข) .....	69

รูปที่	หน้า
2.30 (ค) การถ่ายน้ำหนักบรรทุกบริเวณช่องเปิด .....	70
2.31 แผ่นพื้นซึ่งมีที่รองรับเป็นแบบยึดหมุน 2 ด้าน .....	76
2.32 แผ่นพื้นที่มีลักษณะยุ่งยากขึ้น .....	79
2.33 ชิ้นส่วนประเภทที่ 3 ของ Hillerborg .....	79
2.34 วิธีการถ่ายแรงในชิ้นส่วนประเภทที่ 3 ของ Hillerborg .....	81
2.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $M_r$ , $M_t$ และระยะ $r$ .....	82
2.36 ชิ้นส่วนประเภทที่ 3 โดย Wood และ Armer .....	85
2.37 แผ่นพื้นที่มีเสารองรับทั้งสี่มุม .....	85
3.1 ลักษณะการแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักบรรทุก .....	91
3.2 แผ่นพื้นที่มีช่องเปิดกึ่งกลางแผ่นพื้น .....	93
3.3 แผ่นพื้นรูปที่ 3.2 เมื่อคิดว่าแผ่นพื้นยังไม่มีช่องเปิด .....	94
3.4 แผ่นพื้นรูป 3.2 เมื่อคิดว่าแผ่นพื้นมีช่องเปิด .....	95
3.4 (ต่อ) แผ่นพื้นรูป 3.2 เมื่อคิดว่าแผ่นพื้นมีช่องเปิด .....	96
3.5 เปรียบเทียบค่าแรงดัดประมาณและค่าที่แท้จริง .....	99
3.6 แผนการทำงานของโปรแกรม .....	108
3.6 (ต่อ) แผนการทำงานโปรแกรม .....	109
3.7 ชนิดของแถบและน้ำหนักที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในวิธีสคริป เมื่อแผ่นพื้น มีช่องเปิด .....	111
4.1 ตัวอย่างแผ่นพื้นชนิดไม่มีช่องเปิด .....	113
4.2 (ก) (ข) การเสริมเหล็กในตัวอย่างที่ 1 .....	115
4.3 (ก) (ข) ตัวอย่างแผ่นพื้นเมื่อมีช่องเปิด .....	117
4.4 การแบ่งพื้นที่ถ่ายน้ำหนักของแผ่นพื้นตัวอย่างที่ 2 .....	118
4.4 (ต่อ) การแบ่งพื้นที่การถ่ายน้ำหนักบรรทุก .....	119
4.5 การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นตัวอย่างที่ 2 .....	120
4.5 (ต่อ) การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นตัวอย่างที่ 2 .....	121
4.6 แผ่นพื้นไร้คานที่ใช้ในการเปรียบเทียบแรงดัด .....	130
ท-1 แผ่นพื้นสี่เหลี่ยมจตุรัสชนิดที่ 1 .....	146



รูปที่	หน้า
พ-2 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 2 .....	148
พ-3 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 3 .....	150
พ-3 (ต่อ) แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 3 .....	151
พ-4 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 4 .....	153
พ-5 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 5 .....	156
พ-6 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 6 .....	158
พ-6 (ต่อ) แผ่นพื้นสี เหลี่ยมจัตุรัสชนิดที่ 6 .....	159
พ-7 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 1 .....	162
พ-8 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 2 .....	165
พ-9 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 3 .....	168
พ-10 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 4 .....	171
พ-11 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 5 .....	174
พ-12 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 6 .....	177
พ-13 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 7 .....	180
พ-14 แผ่นพื้นรูปสี่ เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 8 .....	183
พ-15 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าชนิดที่ 9 .....	186
พ-16 แผ่นพื้นที่มีขอบอิสระ 1 ด้าน .....	188
พ-16 (ต่อ) แผ่นพื้นที่มีขอบอิสระ 1 ด้าน .....	189
พ-17 แผ่นพื้นที่มีขอบอิสระ เมื่อไม่ใช้แถบแข็งแกร่ง .....	192
ค-1 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าที่ไม่มีช่องเปิด .....	251
ค-2 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้าที่มีช่องเปิด .....	254
ค-3 แผ่นพื้นสี เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อคิดว่ายังไม่มียช่องเปิด .....	254
ค-4 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกทุกบริเวณช่องเปิด .....	258
ค-5 แผ่นพื้นที่มีขอบอิสระ 1 ด้าน .....	271
ค-6 แผ่นพื้นที่มีขอบอิสระ 1 ด้าน เมื่อไม่ใช้แถบแข็งแกร่งบริเวณขอบอิสระ	276
ค-7 สีเหลี่ยมคางหมูที่มีขอบอิสระบนด้านที่เอียง .....	278



รูปที่	หน้า
ค-๘ การเตรียมเหล็กในแผ่นพื้น ค-7 (ก) .....	280
ค-๙ การเตรียมเหล็กในแผ่นพื้นรูป ค-7 (ข) .....	282
ค-10 แผ่นพื้นไร้คานที่จะออกแบบ .....	285



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สัญลักษณ์

$X, Y$	= พิกัดของแผ่นพื้น
$q$	= น้ำหนักแก่กระจายสม่ำเสมอต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
$Q$	= น้ำหนักแนว เส้นต่อความยาว 1 หน่วย
$P$	= น้ำหนักกระทำเป็นจุด
$M_x$	= แรงดัดในทิศทาง $x$ ต่อความยาวหนึ่งหน่วย
$M_y$	= แรงดัดในทิศทาง $y$ ต่อความยาวหนึ่งหน่วย
$M_{xy}$	= แรงบิดต่อความยาว 1 หน่วย
$Q_x$	= แรงเฉือนที่ขนานกับขอบ $y$
$Q_y$	= แรงเฉือนที่ขนานกับขอบ $x$
$V$	= แรงเฉือน
$R_x$	= แรงปฏิกิริยาที่ขนานกับขอบ $y$
$R_y$	= แรงปฏิกิริยาที่ขนานกับขอบ $x$
$dx, dy$	= ขนาดของชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก ๆ
$q_x, q_y$	= น้ำหนักบรรทุกที่กระจายไปในทาง $x$ และ $y$ ตามลำดับ
$M_{x1}, M_{x2}$	= แรงดัดในทิศทาง $x$ ที่หน้าตัด 1-1 และ 2-2 ตามลำดับ
$M_x, med$	= แรงดัดในทิศทาง $x$ เฉลี่ย
$M_x, max$	= แรงดัดในทิศทาง $x$ สูงสุด
$M^+$	= แรงดัดบวก
$M^-$	= แรงดัดลบ
$M_{des}$	= แรงดัดที่จะใช้การออกแบบ
$M_{kl}$	= แรงดัดแบบคานยื่นที่จุดที่ 1
$m$	= แรงดัดต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง
$L_x, L_y$	= ค้ำของแผ่นพื้น
$M_t$	= แรงดัดในทิศทางสัมผัสกับวงกลม



คู่มือวิชาทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$M_r$	= แรงดัดในทิศทางของรัศมีของวงกลม
$V_m$	= ปริมาตรของแรงดัด
$h$	= ความสูงแผ่นพื้นสามเหลี่ยม (เฉพาะหัวข้อ 2.10)
$b$	= ฐานของแผ่นพื้นรูปสามเหลี่ยม (เฉพาะหัวข้อ 2.10)
$M_{xs}$	= แรงดัดที่จุดรองรับในทิศทาง $x$ ต่อความยาว 1 หน่วย
$M_{xf}$	= แรงดัดที่กลางช่วงในทิศทาง $x$ ต่อความยาว 1 หน่วย
$k_1, k_2$	= ค่าคงที่
$f_1(\alpha), f_2(\alpha)$	= ตัวประกอบในรูปของ $\alpha$
$O_x, O_y$	= ขนาดของช่องเปิดในแผ่นพื้น
$S_{Bn}$	= ขนาดความกว้างของแถบแข็งแรงแรงที่หน้าตัด $n$
$W_u$	= น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย
$D$	= น้ำหนักบรรทุกทุกถาวร
$L$	= น้ำหนักบรรทุกทุกจร
$M_u$	= แรงดัดประลัยต่อความกว้าง 1 หน่วย
$A_s$	= เนื้อที่หน้าตัดของ เหล็กเสริมรับแรงดึงต่อหน่วยความกว้าง
$f_y$	= กำลังที่จุดคานาของ เหล็กเสริม
$f'_c$	= กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน
$d$	= ความลึกประลัยผลจากผิวรับแรงอัดถึง เหล็กเสริมรับแรงดึง
$pb$	= ปริมาณเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุลของการประลัย
$h$	= ความหนาต่ำสุดของ แผ่นพื้นตามข้อกำหนด ในมาตรฐานการออกแบบ
$l_n$	= ความยาวสุทธิของแผ่นพื้นด้านยาว
$\alpha_m$	= ค่าเฉลี่ยของ $\alpha$ ทั้งสี่ด้าน
$\beta_s$	= อัตราส่วนของด้านที่ค่อ เนื่องค่อ เส้นรอบรูปของแผ่นพื้น
$\beta$	= อัตราส่วนของด้านยาวสุทธิค่อด้านสั้นสุทธิ



$\alpha$	=	สตีฟ เนสสัมพันธ์
$E_{cs}$	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของพื้นคอนกรีต
$E_{cb}$	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของคานคอนกรีต
$I_s$	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของแผ่นพื้น
$I_b$	=	โมเมนต์อินเนอร์เซียของคาน
$\gamma$	=	ตัวลดค่ากำลังรับแรงดัด (หัวข้อ 3.4)
$\alpha, \beta, \gamma, \psi, \theta$	=	มุมหรือตัวคงที่



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศัพท์วิทยาการ

สมการเชิงอนุพันธ์	Differential Equation
น้ำหนักบรรทุกคงถาวร	Dead Load
น้ำหนักบรรทุกจร	Live Load
แรงดัด	Bending Moment
แรงบิด	Torsional Moment
การออกแบบชนิดพิสัย	Limit Design
หาผลต่างอนุพันธ์ย่อย	Partial Differentiate
เงื่อนไขที่ขอบ	Boundary Condition
ตัวประกอบภาระ	Load Factor
การคำนวณแบบซ้ำ	Iteration
แถบแข็งแกร่ง	Strong Band
โครงเทียบเท่า	Equivalent Frame
สติฟเนสสัมพัทธ์	Relative Stiffness
แถบกลาง	Middle Strip
แถบเสา	Column Strip
ขอบเขตบน	Upper Bound
ขอบเขตล่าง	Lower Bound
เหล็กเสริมปริมาณต่ำ	Under - reinforced
เส้นที่มีแรงเฉือนเป็นศูนย์	Line of Zero Shearing Force
พิกัดฉาก	Coordinate
ปริมาตรของแรงดัด	Moment Volume
เส้นแสดงความไม่ต่อเนื่อง	Discontinuity Line



ศูนย์วิทยบริการ  
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
 วิทยาลัย