การวิเคราะห์ผลกระทบของคานต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง

นายวินัย อวยพรประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-563-004-6

013399

i 17358164

ANALYSIS OF BEAM EFFECTS ON REINFORCED CONCRETE COLUMN STRENGTH UNDER SUSTAINED LOAD

Mr. Winai Ouypornprasert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

ISBN 974-563-004-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ผลกระทบของคานต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง
โดย	นายวินัย อวยพรประเสริฐ
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ผลกระทบของคานต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง

ชื่อนิสิต นายวินัย อวยพรประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2528

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ผลกระทบของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีต่อกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในโครงอาคารที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกเป็นระยะเวลานานได้ใช้กระบวนการทางไฟไนท์เอลลิเมนต์แบบวิธีการเปลี่ยนตำแหน่ง เพื่อทำนายพฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก การวิเคราะห์พิจารณาถึงผลของการตอบสนองแบบไม่เป็นเชิงเส้นตรงของวัสดุ และเรขาคณิตของโครงสร้าง

วิธีการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์การสมดุลย์ของหน้าตัดคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งแสดงผลได้ในรูปของความสัมพันธ์น้ำหนักบรรทุก-โมเมนต์-ความโค้ง-เวลา และการวิเคราะห์ชิ้นส่วนในการหาเมตริกซ์สติฟเนสของชิ้นส่วน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของแรงกับการเปลี่ยนตำแหน่ง ในการพิจารณาพฤติกรรมของการรับน้ำหนักบรรทุกค้างได้อาศัยไดอะแกรมระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดซึ่งขึ้นกับเวลาสำหรับคอนกรีต โดยดัดแปลงมาจากไดอะแกรมระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดสำหรับคอนกรีตที่เสนอโดย Hognestad และข้อมูลที่รายงานโดยนักวิจัยหลายกลุ่ม แล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการที่เสนอกับการทดลองซึ่งรายงานโดยนักวิจัยที่มีชื่อเสียงหลายกลุ่ม

โครงอาคารที่ได้ทำการศึกษามีจำนวนทั้งสิ้น 504 โครง เป็นโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง ซึ่งเสาโก่งแบบโค้งเดียวจำนวน 252 โครง และโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างซึ่งรับแรงเฉือนทางด้านข้างจำนวน 252 โครง โครงเหล่านี้ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามอัตราส่วนความชะลูดของเสา อัตราส่วนสติฟเนสสัมพัทธ์ของเสาต่อคาน และระดับน้ำหนักบรรทุกค้างแต่ละกลุ่มประกอบด้วยคานที่มีปริมาณเหล็กเสริม และอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกทั้งหมด ต่าง ๆ กัน แต่ให้ค่าสติฟเนสของหน้าตัดโดยวิธีหน้าตัดแปลงเท่ากัน

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า กำลังรับน้ำหนักของเสาจะลดลงเมื่ออัตราส่วนความชะลูดของเสา อัตราส่วนสติฟเนสสัมพัทธ์ของเสาต่อคาน ค่าความเฉศูนย์ที่ระบุ และระดับน้ำหนักบรรทุกค้างมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่ากำลังรับน้ำหนักของเสาในโครงอาคารที่ประกอบด้วยสติฟเนสของคานเท่ากัน จะขึ้นอยู่กับความต้านทานโมเมนต์ของคานนั้น ปริมาณเหล็กเสริมในคาน และอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของคานไม่มีผลกระทบต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาถ้าคานในโครงอาคารมีความต้านทานโมเมนต์มากพอที่จะทำให้การวิบัติเกิดขึ้นในเสาก่อน แต่กำลังรับน้ำหนักของเสาจะขึ้นอยู่กับปริมาณเหล็กเสริมในคาน และอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของคาน ถ้าคานในโครงอาคารมีความต้านทานโมเมนต์น้อย ซึ่งการวิบัติของโครงจะเกิดขึ้นในคานก่อน

การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีการออกแบบโดยวิธีโมเมนต์ขยาย ที่เสนอโดยมาตรฐานการออกแบบอาคาร ACI ปี 1983 แสดงให้เห็นข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวว่า ต้องพิจารณาให้คานมีความสามารถต้านทานโมเมนต์มากพอจึงจะทำให้เสามีความสามารถรับน้ำหนักตามที่ต้องการได้

Thesis Title	Analysis of Beam Effects on Reinforced Concrete Column Strength Under Sustained Load
Name	Mr.Winai Ouypornprasert
Thesis Advisor	Professor Vinit Chovichien ; Ph.D
Department	Civil Engineering
Acadamic Year	1985

ABSTRACT

The purpose of this research is to study the effects of reinforced concrete beams on reinforced concrete column strength in frameworks subjected to sustained load. Finite element analysis using the displacement method was developed to predict the behavior and capacity of reinforced concrete columns. Nonlinearity of material and geometry was taken into account in this analysis.

The method of analysis was divided into two parts : the equilibrium analysis on a reinforced concrete cross section to develop the load-moment-curuature-time relationships, and the member analysis to develop the member stiffness matrix that was related to force and displacement components of member. The behavior under sustained load was predicted by using the time-dependent stress-strain diagram for concrete modified from Hognestad's stress-strain diagram for concrete and dates reported by many investigators. The method of analysis has been verified by comparision with the test results reported by a number of investigators.

A total of 504 frames have been analyzed in this study. 252 frames were braced against sidesway and contained columns loaded in

single curvature, and another 252 unbraced frames contained columns subjected to lateral shearing loading. These frames were classified into groups by the slenderness ratios of column, the relative stiffness of column to beam and the level of sustained loadings. Each group contained beams of different percentages of reinforcement and width per total depth ratios with the same flexural stiffness based on the transformed section method.

The results of analysis showed that the column strength decreased as the slenderness ratio of columns, the relative stiffness of column to beam, nominal eccentricities of columns and the level of sustained load increased. It also indicated that the capacity of columns in the frames containing beams of equal stiffness depended on the moment capacity of the connecting beams. If the moment capacity of the beams was large enough to make the failure occur first in the column, the column strength was not affected by the percentages of reinforcement and width to depth ratios of that beams. Otherwise the column strength depended on the percentages of reinforcement and width to depth ratios of the beams which resulted in that the failure of frames occured first in the beams.

Comparision between the analytical results and the design method given by the 1983 ACI Building Code showed the limits of the applicability of the design method that the beam sections should have sufficient moment capacity to restrain columns up to failure loads.

กิตติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่าง ๆ อันมีค่าอย่างยิ่ง อีกทั้งกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนจบ ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ และ รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์ ที่กรุณาตรวจสอบพร้อมทั้งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผศ.ดร.เริงเดชา รัชตโพธิ์ ดร.พิเชษฐ อาริยวัฒน์ และคุณอภิชาต ยุกตานนท์ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์อย่างมาก ขอขอบคุณ บริษัทเงินทุน-หลักทรัพย์กรุงศรีอยุธยาจำกัด และมูลนิธินิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการศึกษา ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณศรันพร สมสิริกาญจนคุณ ที่ได้กรุณาช่วยพิมพ์ต้นฉบับและตรวจทานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความอุตสาหะยิ่ง ขอขอบคุณ อาจารย์ รุ่นพี่ เพื่อน น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ซึ่งได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจอันเป็นพลังสำคัญยิ่งที่ผลักดันให้การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนปรารถนาที่จะแสดงความรำลึกถึงพระคุณของบิดาและมารดา บุคคลในครอบครัว และอาจารย์ที่ประสิทธิประสาทความรู้ให้ทุกท่าน เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้สำเร็จการศึกษาระดับนี้

วินัย อวยพรประเสริฐ

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการรูปประกอบ ..... ฎ

สัญญลักษณ์ ..... ฌ

นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้ภาษาเทคนิค ..... ธ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ที่มาของปัญหา 1

1.2 ผลงานที่เกี่ยวข้อง 1

1.3 จุดประสงค์และขอบเขตของการศึกษา 9

2. วิธีการวิเคราะห์ 10

2.1 บทนำ 10

2.2 สมมติฐานในการวิเคราะห์ 10

2.3 การวิเคราะห์หน้าตัด 11

2.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-โมเมนต์-ความโค้ง-เวลา ..11

2.3.2 การพิจารณาความต้านทานทางการดัด 16

2.4 การวิเคราะห์ชิ้นส่วน 17

2.4.1 บทนำ 17

2.4.2 ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ 17

2.4.3 การหาเมตริกซ์สติฟเนสของชิ้นส่วนย่อย 18

2.4.4 การแปลงสมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเปลี่ยน
ตำแหน่งในชิ้นส่วนย่อยไปสู่พิกัดระบบ 23

2.4.5 เมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง 25

บทที่

3. การวิเคราะห์แบบไม่เป็นเชิงเส้นตรง 28
3.1 บทนำ 28
3.2 รูปแบบของการวิเคราะห์โครงสร้าง 29
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ 31
4. การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์กับการทดลอง 33
4.1 บทนำ 33
4.2 การทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง
โดย Washa และ Fluck 33
4.3 การทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง
โดย Corley และ Sozen 34
4.4 การทดสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้างโดย
Green และ Breen 35
4.5 การทดสอบเสาซะลูดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบปลายยึดหมุนภายใต้น้ำหนัก
บรรทุกค้าง โดย Goyal และ Jackson 36
4.6 การทดสอบโครงคอนกรีตเสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าภายใต้น้ำหนัก
บรรทุกค้างโดย Furlong และ Ferguson 37
4.7 สรุป 38
5. การศึกษาโครง 39
5.1 บทนำ 39
5.2 ขอบเขตของการศึกษา 39
5.3 การเรียกชื่อโครง 40
5.4 รายละเอียดหน้าตัดเสาและคานที่ใช้ในการวิเคราะห์ 41
5.5 การวิเคราะห์เสาคอนกรีตเสริมเหล็กในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซ
ทางด้านข้าง 42
5.5.1 รายละเอียดโครง 42
5.5.2 ผลการวิเคราะห์ 43

บทที่

5.5.2.1 พฤติกรรมระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับโมเมนต์ 43
5.5.2.1.1 พฤติกรรมภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น ..44
5.5.2.1.2 พฤติกรรมภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 46
5.5.2.2 พฤติกรรมระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการเปลี่ยนรูป ...48
5.5.2.3 ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุก 48
5.5.2.3.1 ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 48
5.5.2.3.2 ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 51
5.6 การวิเคราะห์เสาคอนกรีตเสริมเหล็กในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 54
5.6.1 รายละเอียดโครง 55
5.6.2 ผลการวิเคราะห์ 55
5.6.2.1 พฤติกรรมระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับโมเมนต์.....55
5.6.2.1.1 พฤติกรรมภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น...56
5.6.2.1.2 พฤติกรรมภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 57
5.6.2.2 พฤติกรรมระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการเปลี่ยนรูป ...59
5.6.2.3 ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุก 59
5.6.2.3.1 ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 59
5.6.2.3.2 ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 61
5.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับมาตรฐานการออกแบบอาคาร ACI 318-83 64
5.7.1 เสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 70
5.7.2 เสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 70
5.8 สรุปผลการวิเคราะห์ 71

บทที่

6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 75

เอกสารอ้างอิง 77

ภาคผนวก 238

ก. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 238

ก.1 โปรแกรมหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก-โมเมนต์-ความโค้ง-เวลา 239

ก.2 โปรแกรมจุดข้อมูลโมเมนต์และความโค้งสำหรับวิเคราะห์โครงสร้าง.....267

ก.3 โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง 272

ข. ผลการวิเคราะห์ 309

ข.1. โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 310

ข.1.1 ภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 310

ข.1.2 ภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 366

ข.2 โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 439

ข.2.1 ภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 440

ข.2.2 ภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 494

ประวัติผู้เขียน 567

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

2.1 สรุปความสัมพันธ์สำหรับคอนกรีตช่วงต่าง ๆ 81

2.2 สรุปความสัมพันธ์สำหรับเหล็กเสริมช่วงต่าง ๆ 82

4.1 รายละเอียดของคานทดสอบโดย Washa & Fluck 85

4.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับคานที่ทดสอบโดย Washa & Fluck 86

4.3 รายละเอียดของคานทดสอบโดย Corley & Sozen 87

4.4 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับคานทดสอบโดย Corley & Sozen 87

4.5 รายละเอียดของเสาทดสอบโดย Green 88

4.6 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับเสาที่ทดสอบโดย Green 89

4.7 รายละเอียดของเสาที่ทดสอบโดย Goyal & Jackson 90

5.1 สรุปค่าความสามารถต้านทานโมเมนต์และสติฟเนสของหน้าตัดเสาที่ระดับน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ เมื่อเสารับน้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น และระยะเวลานาน 91

5.2 รายละเอียดหน้าตัดคานในการวิเคราะห์ 93

5.3 คุณสมบัติของโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 95

5.4 น้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 96

5.5 น้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น และภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (25 ปี) 97

5.6 คุณสมบัติของโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 98

5.7 น้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 99

5.8 น้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง ภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น และภายใต้น้ำหหนักบรรทุกค้าง (25 ปี) 100

5.9 ความสามารถต้านทานโมเมนต์ต่ำสุดของหน้าตัดคานในการทำให้โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างเกิดการวิบัติในเสา 101

ตารางที่ หน้า

5.10 ความสามารถต้านทานโมเมนต์ต่ำสุดของหน้าตัดคานในการทำให้โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างเกิดการวิบัติในเสา 102

รายการรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

1.1 ผลของความเข้มของน้ำหนักบรรทุกและเวลาต่อกำลังรับน้ำหนักประลัยของคอนกรีต . 103

1.2 ความเครียดคืบทั้งหมดภายหลังเวลา 10,30,60,100 และ 160 วัน เมื่อเป็นฟังก์ชั่นของอัตราส่วนหน่วยแรงเฉพาะ(σ/f_c') สำหรับแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด 3×10 นิ้ว ; ส่วนผสม 1:2:5 ชุดที่ 3 103

1.3 เส้นโค้งหน่วยแรง-ความเครียดสำหรับคอนกรีตเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนและมีอัตราการเกิดความเครียดต่าง ๆ กัน 104

1.4 การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดเมื่อรับแรงดัด (ไม่ใช่สัดส่วนจริง)-(ซ้าย) เส้นโค้งหน่วยแรง-ความเครียดสำหรับหน่วยแรงอัดตามแนวแกนและมีอัตราการเกิดความเครียดต่าง ๆ กัน -(ขวา) ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดสำหรับหน่วยแรงอัดเยื้องศูนย์ ภายหลังรับน้ำหนัก 1 ชั่วโมง 104

1.5 เส้นโค้งหน่วยแรง-ความเครียด สำหรับคอนกรีต เมื่อรับแรงอัดเป็นช่วงเวลาต่าง ๆ กัน (Rüsch) 105

2.1 ไดอะแกรมหน่วยแรง-ความเครียดสำหรับคอนกรีต 106

2.2 ไดอะแกรมหน่วยแรง-ความเครียดสำหรับเหล็กเสริม 106

2.3 แสดงรายละเอียดสัญญลักษณ์ในการวิเคราะห์หน้าตัดคอนกรีตเสริมเหล็ก (ก) หน้าตัดขวาง (ข) การกระจายความเครียดบนหน้าตัด (ค) การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัด 107

2.4 การกระจายของหน่วยแรงและความเครียดบนหน้าตัดคอนกรีตที่คอนกรีตช่วงต่าง ๆ กัน 108

2.5 เส้นโค้งน้ำหนักบรรทุก-โมเมนต์-ความโค้ง-เวลา 110

2.6 ทิศทางบวกของแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งในชิ้นส่วนย่อยชนิดคาน-เสา 110

2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและการเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นส่วนย่อยชนิดคาน-เสา 111

2.8 การเปลี่ยนตำแหน่งในพิกัดเฉพาะที่และพิกัดระบบ 111

3.1 ผังงานแสดงลำดับการวิเคราะห์โครงสร้างและโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา 112

รูปที่ หน้า

4.1 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับคาน ($A_s' = 0$) ทดสอบโดย Washa & Fluck (ระยะเวลาในการทดสอบ 2.5 ปี) 113

4.2 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับคาน ($A_s' = 0.5A_s$) ทดสอบโดย Washa & Fluck (ระยะเวลาในการทดสอบ 2.5 ปี).....114

4.3 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับคาน ($A_s' = A_s$) ทดสอบโดย Washa & Fluck (ระยะเวลาในการทดสอบ 2.5 ปี).....115

4.4 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับคานทดสอบโดย Corley & Sozen (ระยะเวลาในการทดสอบ 23 เดือน).....116

4.5 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับเสา S_1,S_2,S_3, S_7,S_8& S_{10} ทดสอบโดย Green (ระยะเวลาในการทดสอบ 9 เดือน).....117

4.6 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับเสา S_4,S_5 & S_6 ทดสอบโดย Green.....118

4.7 เปรียบเทียบการวิเคราะห์กับเสา H,G & R ทดสอบโดย Goyal & Jackson (ระยะเวลาในการทดสอบ 6 เดือน) 119

4.8 เส้นโค้งระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการโก่งตัวของเสา P ทดสอบโดย Goyal & Jackson 120

4.9 รายละเอียดของโครง F7 ทดสอบโดย Furlong & Ferguson.....121

4.10 เส้นโค้งระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการโก่งตัวของโครง F7 ทดสอบโดย Goyal & Jackson 122

5.1 รายละเอียดหน้าตัดเสาและคานที่ใช้ในการวิเคราะห์ 123

5.2 โครงอาคารซึ่งเสาโก่งแบบโค้งเดียว (ก) รูปแบบการจัดน้ำหนักบรรทุกจร (ข) แบบจำลองที่ใช้แทนโครงอาคารจริง 124

5.3 แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง 125

5.4 การแบ่งชิ้นส่วนย่อยในการวิเคราะห์โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง ...125

5.5 - 5.16 เส้นโค้งระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับโมเมนต์แสดงพฤติกรรมของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น 126

5.17 - 5.40 เส้นโค้งระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับโมเมนต์แสดงพฤติกรรมของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 138

รูปที่ หน้า

5.41 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าโก่งตัวทางด้านข้างที่กึ่งกลางเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง เมื่อเสามีอัตราส่วนความชะลูดต่าง ๆ กัน (ก) γ′= 1 (ข) γ′ =2 (ค) γ′ = 3 162

5.42 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับค่าโก่งตัวทางด้านข้างที่กึ่งกลางเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง เมื่อโครงมีอัตราส่วนสติฟเนสสัมพัทธ์ของเสาต่อคานต่าง ๆ กัน (ก) h/T = 10 (ข) h/T = 20 (ค) h/T = 30 (ง) h/T = 40 165

5.43 ผลกระทบของคานที่มีต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น (ก) โครง BFXX-B1XX-SL (ข) โครง BFXX-B2XX-SL (ค) โครง BFXX-B3XX-SL (ง) โครง BFXX-B5XX-SL 169

5.44 ผลกระทบของคาน B1XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก) โครง BF10-B1XX-XX (ข) โครง BF20-B1XX-XX (ค) โครง BF30-B1XX-XX (ง) โครง BF40-B1XX-XX 171

5.45 ผลกระทบของคาน B2XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก) โครง BF10-B2XX-XX (ข) โครง BF20-B2XX-XX (ค) โครง BF30-B2XX-XX 173

5.46 ผลกระทบของคาน B3XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก) โครง BF10-B3XX-XX (ข) โครง BF20-B3XX-XX (ค) โครง BF40-B3XX-XX 175

5.47 ผลกระทบของคาน B5XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก) โครง BF30-B5XX-XX (ข) โครง BF40-B5XX-XX 177

5.48 โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง เมื่อรับแรงกระทำทางด้านข้าง...178

5.49 แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง...178

5.50 การแบ่งชิ้นส่วนย่อยในการวิเคราะห์โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง179

รูปที่ หน้า

5.51-5.62 เส้นโค้งระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับโมเมนต์ แสดงพฤติกรรมของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น.....180

5.63 - 5.86 เส้นโค้งระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับโมเมนต์ แสดงภฤติกรรมของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง 192

5.87 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการหมุนที่ข้อต่อในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง เมื่อเสามีอัตราส่วนความชะลูดต่าง ๆ กัน (ก) $\gamma' = 1$ (ข) $\gamma' = 2$ (ค) $\gamma' = 3$ 216

5.88 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการหมุนที่ข้อต่อในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง เมื่อโครงมีอัตราส่วนสติฟเนสสัมพัทธ์ของเสาต่อคานต่าง ๆ กัน (ก) h/T=10 (ข) h/T = 20 (ค) h/T = 30 (ง) h/T = 40 219

5.89 ผลกระทบของคานที่มีต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น (ก) โครง UFXX-B1XX-SL (ข) โครง UFXX-B2XX-SL (ค) โครง UFXX-B3XX-SL (ง) โครง UFXX-B5XX-SL 223

5.90 ผลกระทบของคาน B1XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก) โครง UF10-B1XX-XX (ข)โครง UF20-B1XX-XX (ค) โครง UF30-B1XX-XX (ง) โครง UF40-B1XX-XX 225

5.91 ผลกระทบของคาน B2XX ที่มีผลต่อกำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง ภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก)โครง UF10-B2XX-XX (ข)โครง UF20-B2XX-XX (ค) โครง UF20-B2XX-XX227

5.92 ผลกระทบของคาน B3XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก) โครง UF10-B3XX-XX (ข) โครง UF20-B3XX-XX (ค) โครง UF40-B3XX-XX 229

5.93 ผลกระทบของคาน B5XX ที่มีผลต่อค่าน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาในโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง (ก)โครง UF30-B5XX-XX (ข)โครง UF40-B5XX-XX 231

รูปที่ หน้า

5.94 เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ในคานกับความสามารถต้านทานโมเมนต์ของหน้าตัดคานแสดงผลกระทบของคานต่อกำลังรับน้ำหนักบรรทุกวิบัติของโครง 232

5.95 ความสามารถต้านทานโมเมนต์ต่ำสุดที่ต้องการเพื่อที่จะทำให้โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างวิบัติในเสา (น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น) 233

5.96 ความสามารถต้านทานต่ำสุดที่ต้องการ เพื่อที่จะให้โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้างเกิดการวิบัติในเสา (น้ำหนักบรรทุกระยะเวลาสั้น) 234

5.97 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าจากวิธีจากวิธีวิเคราะห์ที่เสนอกับวิธีโมเมนต์ขยายที่เสนอโดย ACI 318-83 235

5.98 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติของเสาจากวิธีวิเคราะห์ที่เสนอ กับวิธีโมเมนต์ขยายที่เสนอโดย ACI 318-83 (โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง).....236

5.99 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักบรรทุกวิบัติของเสาจากวิธีวิเคราะห์ที่เสนอกับวิธีโมเมนต์ขยายที่เสนอโดย ACI 318-83(โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง).....237

สัญญลักษณ์

A	พื้นที่ทั้งหมดของหน้าตัด
A_s	พื้นที่เหล็กเสริมรับแรงดึงทั้งหมด
A_s'	พื้นที่เหล็กเสริมรับแรงอัดทั้งหมด
$[A]$	เมตริกซ์ของการแปลงค่าแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งในพิกัดเฉพาะที่ไปเป็นค่าในพิกัดระบบ
a_o, a_1	สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนตำแหน่ง
b	ความกว้างของหน้าตัดคอนกรีตเสริมเหล็ก
b_6, b_1, b_2, b_3	สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนตำแหน่ง
C_c	แรงลัพท์ของหน่วยแรงของคอนกรีต
C_m	ตัวประกอบโยงความเกี่ยวพันแผนภาพโมเมนต์จริงไปยังแผนภาพโมเมนต์สม่ำเสมอที่เทียบเท่ากัน
C_s	แรงลัพท์ในเหล็กเสริมรับแรงดึง
C_s'	แรงลัพท์ในเหล็กเสริมรับแรงอัด
C_1	$\cos \alpha$
C_2	$\cos 2\alpha$
D	ระยะจากผิวคอนกรีตไปยังศูนย์ถ่วงเหล็กของเสริมรับแรงดึง
D'	ระยะจากผิวคอนกรีตไปยังศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริมรับแรงอัด
$[D]$	เมตริกซ์ของระบบการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ
d	ความลึกประสิทธิผลของเหล็กเสริมรับแรงดึง
d'	ความลึกประสิทธิผลของเหล็กเสริมรับแรงอัด
E_c	โมดูลัสยืดหยุ่นสำหรับคอนกรีต
E_s	โมดูลัสยืดหยุ่นสำหรับเหล็กเสริม
EI	ความต้านทานทางการดัด, สติฟเนสของหน้าตัด
e	ระยะเฉศูนย์
e_{min}	ระยะเฉศูนย์ต่ำสุด

F_1, F_2, F_3	แรงที่กระทำ
$[F]$	เมตริกซ์แรงกระทำภายนอก
f'_c	กำลังรับแรงอัดสำหรับแท่งคอนกรีตมาตรฐาน
$f_c(t)$	หน่วยแรงอัดในคอนกรีต
$f_{c_{max}}(t)$	หน่วยแรงอัดสูงสุดสำหรับคอนกรีตที่เวลา
f_s	หน่วยแรงในเหล็กเสริม
f_y	หน่วยแรงคลากสำหรับเหล็กเสริม
G	โมดูลัสเฉือน
h	ความสูงของเสา
$\bar{h}$	ระยะจากผิวรับแรงอัดไปยังจุดศูนย์ถ่วงพลาสติก
I_g	โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดทั้งหมดรอบแกนศูนย์ถ่วงโดยไม่คิดเหล็กเสริม
I_{se}	โมเมนต์อินเนอร์เชียของเหล็กเสริมรอบแกนศูนย์ถ่วงหน้าตัดขององค์อาคาร
$[K]$	เมตริกซ์สติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดเฉพาะที่
$[\bar{K}]$	เมตริกซ์สติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดระบบ
$[K_E]$	เมตริกซ์สติฟเนสเชิงอีลาสติก
$[K_g^1], [K_g^2]$	เมตริกซ์สติฟเนสเชิงเรขาคณิต
K	ตัวประกอบความยาวประสิทธิผลสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด
L	ความยาวช่วงคาน
L'	ระยะทางระหว่างแรงที่กระทำในคาน
L_i	ความยาวของชิ้นส่วนย่อยที่ i
l_u	ความยาวอิสระขององค์อาคารรับแรงอัด
M	โมเมนต์ลัพท์ทั้งหมด
M_{1b}	ค่าที่เล็กกว่าของโมเมนต์ที่ปลายองค์อาคารรับแรงอัดที่เพิ่มส่วนปลอดภัย อันเกิดจากน้ำหนักบรรทุกที่ไม่ทำให้เกิดการเซทางด้านข้าง คำนวณโดยการวิเคราะห์โครงยืดหยุ่นแบบธรรมดา มีค่าเป็นบวกถ้าโครงอาคารโก่งแบบโค้งเดียวมีค่าเป็นลบเมื่อโก่งแบบสองโค้ง

M_{2b}	ค่าที่ใหญ่กว่าของโมเมนต์ที่ปลายองค์อาคารรับแรงอัดที่เพิ่มส่วนปลอดภัย อันเกิดจากน้ำหนักบรรทุกที่ไม่ทำให้เกิดการเซทางด้านข้าง คำนวณโดยการวิเคราะห์โครงยืดหยุ่นแบบธรรมดา มีค่าเป็นบวกเสมอ
M_{2s}	ค่าที่ใหญ่กว่าของโมเมนต์ที่ปลายองค์อาคารรับแรงอัดที่เพิ่มส่วนปลอดภัย อันเกิดจากน้ำหนักบรรทุกที่ทำให้เกิดการเซมากพอประมาณ คำนวณโดยการวิเคราะห์โครงยืดหยุ่นแบบธรรมดา
M_c	โมเมนต์ลัพท์ต้านทานโดยคอนกรีต, โมเมนต์ซึ่งเพิ่มส่วนปลอดภัยสำหรับใช้ออกแบบองค์อาคารรับแรงอัด
M_s	โมเมนต์ลัพท์ต้านทานโดยเหล็กเสริมรับแรงดึง
$M_{s'}$	โมเมนต์ลัพท์ต้านทานโดยเหล็กเสริมรับแรงอัด
NG	จำนวนแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งทั่วไป
P	แรงลัพท์ตามแนวแกนทั้งหมด
$P_1, P_2, \ldots P_6$	แรงในชิ้นส่วนย่อยในระบบเฉพาะที่
[P]	เมตริกซ์ของแรงในชิ้นส่วนย่อยในพิกัดเฉพาะที่
$[\bar{P}]$	เมตริกซ์ของแรงในชิ้นส่วนย่อยในพิกัดระบบ
P_b	แรงที่กระทำในคาน
P_c	แรงกระทำที่เสา, น้ำหนักบรรทุกวิกฤตสำหรับเสา
P_L	แรงกระทำทางด้านข้าง
P_s	แรงลัพท์ต้านทานโดยเหล็กเสริม
P_u	แรงตามแนวแกนสำหรับการออกแบบ
[S]	เมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้างทั้งระบบ
S_1	sin α
S_2	sin 2 α
T	ความลึกทั้งหมดของหน้าตัดคอนกรีตเสริมเหล็ก
[T]	เมตริกซ์ของการแปลงแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งจากพิกัดระบบไปยังพิกัดเฉพาะที่
$[T]^T$	ทรานโพสของ [T]

t	ระยะเวลาภายใต้น้ำหนักบรรทุกค้าง
U	พลังงานความเครียด
U_{xx}	พลังงานความเครียดในทิศทาง xx
U_{xy}	พลังงานความเครียดในทิศทาง xy
u	การเปลี่ยนตำแหน่งในทิศทาง xx
$[u]$	เมตริกซ์การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดเฉพาะที่
$[\bar{u}]$	เมตริกซ์การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดระบบ
$u_1, u_2 \ldots, u_6$	การเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อของชิ้นส่วนย่อย
v	การเปลี่ยนตำแหน่งในทิศทาง yy
y	ระยะจากผิวรับแรงอัดไปยังตำแหน่งของแรงลัพท์ต้านทานโดยคอนกรีต
α	มุมที่ชิ้นส่วนย่อยหมุนไปจากตำแหน่งเริ่มแรก
β_d	อัตราส่วนของโมเมนต์สูงสุดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ซึ่งเพิ่มส่วนปลอดภัยต่อโมเมนต์สูงสุดจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดซึ่งเพิ่มส่วนปลอดภัย มีค่าเป็นบวกเสมอ
γ'	อัตราส่วนสติฟเนสสัมพัทธ์ของเสาต่อคาน
δ_b	ตัวประกอบโมเมนต์ขยายสำหรับโครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง แสดงถึงผลกระทบของค่าความโค้งระหว่างปลายทั้งสองข้างขององค์อาคารรับแรงอัด
δ_s	ตัวประกอบโมเมนต์ขยายสำหรับโครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง แสดงถึงผลของการเลื่อนทางด้านข้าง อันเนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกทางด้านข้าง และน้ำหนักบรรทุกตามแนวโน้มถ่วง
$\varepsilon_0(t)$	ความเครียดของคอนกรีตที่สมนัยกับหน่วยแรงอัดสูงสุด
$\varepsilon_1(t)$	ความเครียดที่ผิวรับแรงดึงของหน้าตัด
$\varepsilon_2(t)$	ความเครียดที่ตำแหน่งศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริมรับแรงดึง
$\varepsilon_3(t)$	ความเครียดที่ตำแหน่งศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริมรับแรงอัด
$\varepsilon_4(t)$	ความเครียดที่ผิวรับแรงอัด
$\varepsilon_c(t)$	ความเครียดในคอนกรีต
$\varepsilon_u(t)$	ความเครียดประลัยในคอนกรีต
ε_s	ความเครียดของเหล็กเสริม

ϵ^0_{xx}	ความเครียดเริ่มแรกในทิศทาง xx
ϵ^0_{xy}	ความเครียดเริ่มแรกในทิศทาง xy
ϵ_{xx}	ความเครียดในทิศทาง xx
ϵ_{xy}	ความเครียดในทิศทาง xy
θ	มุมหมุนที่จุดต่อ
ϕ	ความโค้ง , ตัวประกอบลดกำลัง
$\phi(t)$	ความโค้งที่สมนัยกับโมเมนต์ภายใต้การรับน้ำหนักบรรทุกเป็นเวลา t
ρ	เปอร์เซนต์เหล็กเสริมรับแรงดึง
ρ'	เปอร์เซนต์เหล็กเสริมรับแรงอัด
ρ_b	เปอร์เซนต์เหล็กเสริมรับแรงดึงสมดุลย์
ρ_H, ρ_M, ρ_L	เปอร์เซนต์เหล็กรับแรงดึงในคานซึ่งมีปริมาณสูง, ปานกลาง และต่ำตามลำดับ

นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้ภาษาเทคนิค

กฎการวิบัติของวัสดุ	Constitutive failure law
การกระทำซ้ำ	Iteration
การคืบ	Creep
การตอบสนอง	Response
การทดสอบ	Test
การบ่ม	Curing
การประมาณตามลำดับขั้น	Successive approximation
การประยุกต์	Application
การยึดเหนี่ยว	Bond
การวิบัติ	Failure
การสมมาตร	Symmetry
การหดตัว	Shrinkage
การหมุนที่ข้อต่อ	Joint rotation
การอินทิเกรตเชิงตัวเลข	Numberical integration
การเปลี่ยนรูป	Deformation
การโก่งเดาะ	Buckling
การโก่งตัว	Deflection
การโก่งตัวทางด้านข้าง	Lateral deflection
กำลังรับน้ำหนัก	Strength
กำลังรับน้ำหนักประลัย	Ultimate strength
กำลังรับน้ำหนักแตกหัก	Crushing strength
กำลังรับแรงอัด	Compressive strength
แกน	Axis
แกนสะเทิน	Neutral axis
ข้อจำกัด	Limitation

โครงสร้างทั้งระบบ	Complete structure
โครง, โครงอาคาร	Frame
โครงที่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง	Braced frame
โครงที่ไม่มีการยึดป้องกันการเซทางด้านข้าง	Unbraced frame
งานเสมือน	Virtual
จุดคลาก	Yield point
จุดต่อ	Node
จุดศูนย์ถ่วง	Centroid Work
จุดศูนย์ถ่วงพลาสติก	Plastic centroid
ช่วง	Region
ชั้น	Storey, Story
ชิ้นส่วน	Member
ชิ้นส่วนย่อย	Element
ชิ้นส่วนย่อยชนิดคาน-เสา	Beam-column element
ดีกรีแห่งความอิสระ	Degree of freedom
ไดอะแกรม	Diagram
ตัวคูณ, ตัวประกอบ	Factor
ตัวแปร	Variable
น้ำหนักบรรทุก	Load
น้ำหนักบรรทุกคงที่	Dead load
น้ำหนักบรรทุกค้าง	Sustained load
น้ำหนักบรรทุกจร	Live load, Imposed load
น้ำหนักบรรทุกประลัย	Ultimate load
น้ำหนักบรรทุกตามแนวแกน	Axial load
น้ำหนักบรรทุกเยื้องศูนย์	Eccentric load
แบบจำลอง	Model
แบบจำลองเชิงกล	Mechanical model

พ่อสนุกสาย สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อต่อ	Joint
ขอบเขต	Boundary
คลาก	Yield
คอนกรีต	Concrete
คอนกรีตเสริมเหล็ก	Reinforced concrete
ความต้านทานทางการดัด	Flexural rigidity
ความผิดพลาดที่ยอมให้	Allowable error
ความลึกทั้งหมด	Total depth
ความลึกประสิทธิผล	Effective depth
ความยาวช่วง	Span length
ความสมดุลย์	Equilibrium
ความสามารถต้านทานโมเมนต์	Moment capacity
ความเข้ม	Intensity
ความเข้ากันได้	Compatibility
ความเครียด	Strain
ความเครียดคืบ	Creep strain
ความเครียดระนาบ	Plane strain
ความเครียดเริ่มแรก	Initial strain
ความเฉศูนย์	Eccentricity
ความเฉศูนย์ที่ระบุ	Nominal eccentricity
ความโค้ง	Curvature
คาน	Beam
ค่าโก่งตัว	Deflection
ค่าโก่งตัวทางด้านข้าง	Lateral deflection
คุณสมบัติ	Property
คุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง	Nonlinear property
โครงสร้าง	Structure

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์	Mathematical model
แบบเพิ่มทีละขั้น	Incremental approach
พิกัดระบบ	System coordinate
พิกัดเฉพาะที่	Local coordinate
ผลกระทบ	Effect
ผังงาน	Flow chart
พลังงาน	Energy
พลังงานความเครียด	Strain energy
พื้นที่	Area
โพลิโนเมียล	Polinomial
ฟังก์ชั่น	Function
ฟังก์ชั่นการกะประมาณการเปลี่ยนตำแหน่ง	Displacement interpolation function
ไฟเบอร์	Fiber
ไฟไนท์เอลลิเมนต์	Finite element
เมตริกซ์	Matrix
เมตริกซ์สติฟเนส	Stiffness matrix
โมดูลัส	Modulus
โมดูลัสยืดหยุ่น	Modulus of elasticity
โมดูลัสเฉือน	Shear modulus
โมดูลัสแตกร้าว	Modulus of rupture
โมเมนต์	Moment
โมเมนต์อินเนอร์เชีย	Moment of inertia
ยึดรั้ง	Restrained
ยึดหมุน	Hinged
แยกส่วน	Discrete
ลู่	Converge
ระดับ	Level

ระดับน้ำหนักบรรทุกค้าง	Level of sustained load
ระนาบ	Plane
ระยะเฉศูนย์	Eccentric
แรง	Force
แรงลัพท์	Resultant force
วีสโคอีลาสติก	Viscoelastic
สมนัย	Corresponding
สมมติฐาน	Assumption
ส่วนปลอดภัย	Safety factor
สัมประสิทธิ์	Coefficient
เส้นโค้ง	Curve
เส้นโค้งปฏิกิริยา	Interaction curve
เสา	Column
เสาชะลูด	Slender column
เสายาว	Long column
เสาสั้น	Short column
หน่วยแรง	Stress
หน่วยแรงคลาก	Yield stress
หน่วยแรงอัด	Compressive stress
หน้าตัด	Section
หน้าตัดแปลง	Transformed section
เหล็กเสริม	Reinforcement
เหล็กเสริมรับแรงดึง	Tension reinforcement
เหล็กเสริมรับแรงอัด	Compression reinforcement
องค์อาคาร	Member
องค์อาคารรับแรงอัด	Compression member
อัตราส่วน	Ratio
อัตราส่วนความชะลูด	Slenderness ratio

อัตราส่วนโมดูลาร์	Modular ratio
อาคาร	Building
อินเวอร์ส	Inverse