

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการแตกร้าวที่มุมของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

A CASE STUDY ON CORNER CRACKS IN RECTANGULAR REINFORCED
CONCRETE SLABS



อรรษณูพงษ์ พรหมงาม
ATSANUPONG PROMNGAM

จพ.
๑๓๖๗ ก
๒๕๕๑

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 87873
วัน,เดือน,ปี..... 19 ส.ค. 2552

b. 120๙๒๖๒
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-EN-M-093-190 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A CASE STUDY ON CORNER CRACKS IN RECTANGULAR REINFORCED
CONCRETE SLABS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

KMITL-2008-EN-M-093-190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2008

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาการแตกร้าวที่มุมของแผ่นพื้นคอนกรีต
เสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

นักศึกษา

นายอรรถนุพงษ์ พรหมงาม

รหัสนักศึกษา

49061514

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

พ.ศ.

2551

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.ศริกฤษ หิรัญมาศ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.ศักดิ์ชัย สกานพงษ์

บทคัดย่อ

ในการตรวจสอบเพื่อการอนุมัติใช้งานของอาคารสำนักงานสูงห้าชั้นแห่งหนึ่งหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ ได้พบรอยแตกร้าวในระบบแผ่นพื้นของอาคารเกิดขึ้นที่บริเวณรอบเสาภายในซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นพื้นต่อเนื่องสี่ด้าน แทนที่จะเป็นตำแหน่งซึ่งมักจะเกิดในอาคารทั่วไป ซึ่งได้แก่บริเวณรอบเสาเสริมหรือเสามุมของอาคารซึ่งแผ่นพื้นไม่มีความต่อเนื่อง โดยรอยแตกร้าวมีแนวทแยงยื่นออกมาจากมุมเสาทั้งสี่มุม รอยแตกร้าวนี้เกิดขึ้นรอบเสาภายในแทบทุกต้นและเกิดขึ้นแทบทุกชั้นของอาคาร รอยแตกร้าวเหล่านี้เป็นสิ่งที่ไม่ควรจะเกิดขึ้น ถ้าการออกแบบและการก่อสร้างเป็นไปตามมาตรฐาน งานวิจัยนี้จะศึกษาหาสาเหตุของการแตกร้าว โดยทำการวิเคราะห์หาหน่วยแรงภายในที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นด้วยโปรแกรม Finite Element ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานและภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง นำหน่วยแรงเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับหน่วยแรงตามทฤษฎีที่จะทำให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีต และสร้างข้อสรุปถึงเหตุของการแตกร้าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหานี้ต่อไปในอนาคต

Thesis Title	A CASE STUDY ON CORNER CRACKS IN RECTANGULAR REINFORCED CONCRETE SLAB
Student	Mr.Atsanupong Promngam
Student ID.	49061514
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Sikrit Hiranmas
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Sakchai Skanupong

ABSTRACT

During a routine structural integrity check for the issuance of the building use permit on a five-storey office building, several cracks were found in the concrete floor surrounding internal columns. This is a rather unusual location for floor crack since the common location for floor crack, if there is any, is either around the edge column or corner column where there is discontinuity in the floor slab. These cracks initiated from all four corners of the internal columns. They occurred in most of the internal columns and almost on every floor. These cracks can be avoided if the design and the construction procedure strictly follow the standard practice. This study aims to find the cause of the cracks. The floor system was analyzed utilizing a commercially available finite element program. Maximum internal stresses were found both under the service load and loads that may occur during the construction. These stresses were then compared to the theoretical cracking stresses in the concrete leading to the conclusion of the cause of the crack. The results of this study can be used for future reference and hopefully can be used to prevent future problems of this nature.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์, ผศ.ศักดิ์ชัย สกานูพงษ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสองท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อรรษณูพงษ์ พรหมงาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย.....	3
2.1 หน่วยแรงบิดแตกร้า.....	3
2.2 หน่วยแรงคัตแตกร้า.....	5
การหาค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุด.....	7
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	10
3.1 ศึกษาแบบก่อสร้างจริงที่ใช้ในการก่อสร้าง.....	10
3.2 แบบจำลอง.....	11
3.3 คุณสมบัติของวัสดุ.....	15
3.4 น้ำหนักที่กระทำบนแผ่นพื้น.....	15
3.5 การเปรียบเทียบหน่วยแรง.....	16
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....	17
4.1 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม.....	17
4.2 การวิเคราะห์ผล.....	24
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญต่อ

	หน้า
บรรณานุกรม.....	34
ภาคผนวก.....	35
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	35
ประวัติผู้เขียน.....	38



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงบิด.....	3
2.2 ท่อผนังบางภายใต้แรงบิด.....	4
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง โมดูลัสแตกร้า f_r กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต f'_c	6
2.4 สภาวะและทิศทางของหน่วยแรงสำหรับการวิเคราะห์ stress และ strain ในแบบ 3 มิติ.....	7
2.5 สภาวะและทิศทางของหน่วยแรงบน Finite Element.....	9
2.6 สภาวะและทิศทางของหน่วยแรงหลักบน Finite Element	9
3.1 แปลน เสา คาน พื้น.....	10
3.2 การสร้างแบบจำลองของเหล็กเสริมและคอนกรีต.....	11
3.3 การสร้างแบบจำลองโหนดในแบบละเอียด.....	12
3.4 การสร้างแบบจำลอง Solid ในแบบละเอียด.....	13
3.5 การสร้างแบบจำลองของคอนกรีตในแบบละเอียด.....	13
3.6 การสร้างแบบจำลองของเหล็กเสริมในแบบละเอียด.....	14
3.7 การสร้างแบบจำลองของเหล็กเสริมและคอนกรีตในแบบละเอียด.....	14
3.8 ลักษณะค้ำยันที่ใช้ในการก่อสร้าง.....	15
3.9 หมายเลขของแนวแสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรง.....	16
4.1 หน่วยแรงตามแนวแกน X (แบบหยาบ).....	17
4.2 หน่วยแรงตามแนวแกน Y (แบบหยาบ).....	18
4.3 หน่วยแรงตามแนวแกน Z (แบบหยาบ).....	18
4.4 หน่วยแรงเฉือนในระนาบ XY (แบบหยาบ).....	19
4.5 หน่วยแรงเฉือนในระนาบ YZ (แบบหยาบ).....	19
4.6 หน่วยแรงเฉือนในระนาบ ZX (แบบหยาบ).....	20
4.7 หน่วยแรงหลัก (แบบหยาบ).....	20
4.8 หน่วยแรงตามแนวแกน X (แบบละเอียด).....	21
4.9 หน่วยแรงตามแนวแกน Y (แบบละเอียด).....	21
4.10 หน่วยแรงตามแนวแกน Z (แบบละเอียด).....	22
4.11 หน่วยแรงเฉือนในระนาบ XY (แบบละเอียด).....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 หน่วยแรงเฉือนในระนาบ YZ (แบบละเอียด).....	23
4.13 หน่วยแรงเฉือนในระนาบ ZX (แบบละเอียด).....	23
4.14 หน่วยแรงหลัก (แบบละเอียด).....	24
4.15 หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน X (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	25
4.16 หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Y (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	26
4.17 หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Z (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	26
4.18 หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ XY (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	27
4.19 หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ YZ (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	27
4.20 หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ ZX (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	28
4.21 หน่วยแรงหลักที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้น (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	28
4.22 หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน X (ในสภาวะการใช้งาน).....	29
4.23 หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Y (ในสภาวะการใช้งาน).....	29
4.24 หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Z (ในสภาวะการใช้งาน).....	30
4.25 หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ XY (ในสภาวะการใช้งาน).....	30
4.26 หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ YZ (ในสภาวะการใช้งาน).....	31
4.27 หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ ZX (ในสภาวะการใช้งาน).....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.28 หน่วยแรงหลักที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้น (ในสภาวะการใช้งาน).....	32
4.29 หน่วยแรงเฉือนสูงสุด (ในสภาวะระหว่างการก่อสร้าง).....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในระบบแผ่นพื้นสองทางหล่อในที่รองรับด้วยคานซึ่งผ่านการออกแบบและก่อสร้างตามมาตรฐาน ถ้าจะเกิดการแตกร้าวก็มักจะเกิดหลังจากรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานเต็มที่แล้ว และเกิดที่บริเวณเสาหรือเสาขอบอาคาร ถ้าไม่มีการเสริมเหล็กเพิ่มพิเศษในบริเวณดังกล่าวเนื่องจากเป็นบริเวณที่แผ่นพื้นไม่มีความต่อเนื่อง และแรงบิดค่อนข้างจะสูง แต่ในอาคารที่ใช้ในการศึกษานี้ รอยแตกร้าวในแผ่นพื้นเกิดขึ้นรอบเสาภายในและเกิดก่อนการใช้งานของอาคาร รอยแตกร้าวเริ่มที่ทงมุมของเสาและขยายเป็นแนวทแยง 45 องศา ยาวประมาณ 1 เมตร เข้ามาในแผ่นพื้น จึงเห็นความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นครั้งนี้เลยได้ทำการศึกษาวิจัยหาสาเหตุที่ทำให้แผ่นพื้นเกิดการแตกร้าว

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาหาสาเหตุของการแตกร้าวในระบบแผ่นพื้นสองทางของอาคารซึ่งเกิดขึ้นรอบเสาภายในที่ล้อมรอบด้วยแผ่นพื้นต่อเนื่องสี่ด้าน ของอาคารสำนักงานสูงห้าชั้นแห่งหนึ่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหานี้ต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาหาสาเหตุของการแตกร้าวในแผ่นพื้นสองทางบริเวณมุมเสาภายในทั้งสี่มุม โดยเลือกโปรแกรม StaadPro มาใช้วิเคราะห์หาหน่วยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้น ภายใต้สภาวะใช้งานและระหว่างก่อสร้าง นำหน่วยแรงสูงสุดไปเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงคอนกรีตรับได้ก่อนการแตกร้าว เพื่อหาข้อสรุปถึงสาเหตุของการแตกร้าว

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนของการศึกษาเป็นดังนี้

- ศึกษาแบบโครงสร้างอาคารที่จะทำการวิจัย โดยดูลักษณะการแตกร้าวที่เกิดขึ้นกับแผ่นพื้น และขั้นตอนในการก่อสร้างของโครงสร้างอาคารนี้ที่มีผลต่อการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นที่จะนำไปสู่การเสียหายได้
- ศึกษาโปรแกรม StaadPro เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาหน่วยแรงภายในต่างๆของแผ่นพื้น โดยการจำลองระบบแผ่นพื้น กานและเสา ที่ประกอบด้วยเหล็กเสริมและคอนกรีตตามแบบก่อสร้างทุกประการ รวมทั้งน้ำหนักที่กระทำบนแผ่นพื้นเปรียบเทียบกับระหว่างภายใต้สภาวะใช้งานและระหว่างก่อสร้าง
- นำค่าของหน่วยแรงภายในต่างๆที่เกิดขึ้นกับแผ่นพื้นเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงที่คอนกรีตสามารถรับได้ก่อนการแตกร้าวเพื่อหาข้อสรุปว่าหน่วยแรงใดที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

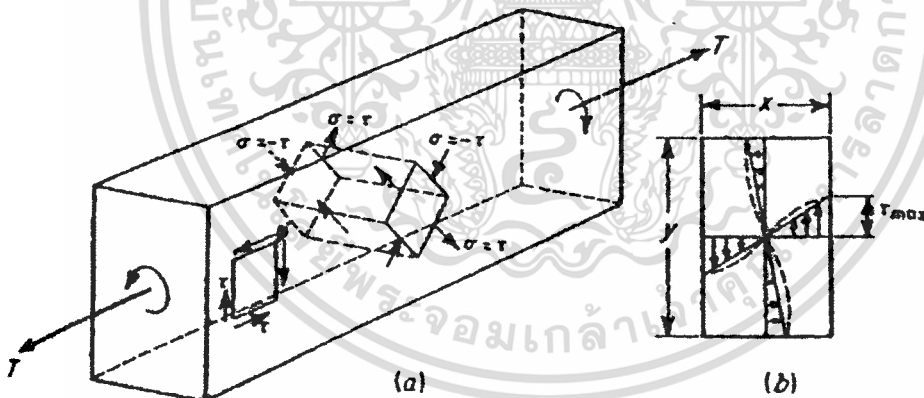
บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว ประกอบไปด้วย 3 ทฤษฎีหลักด้วยกัน คือ หน่วยแรงบิดแตกร้าว หน่วยแรงคดแตกร้าวและหน่วยแรงเฉือนทะลุ แต่เนื่องจากผลที่ได้จากโปรแกรมนั้นค่าหน่วยแรงเฉือนมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยแรงอื่นๆ จึงได้พิจารณาหน่วยแรงซึ่งอาจจะทำให้เกิดการแตกร้าวในแผ่นพื้นประกอบด้วย 2 หน่วยแรงด้วยกัน คือ หน่วยแรงบิดแตกร้าวและหน่วยแรงคดแตกร้าว ดังต่อไปนี้

2.1 หน่วยแรงบิดแตกร้าว

จากรูปที่ 2.1 แสดงส่วนขององค์อาคารหน้าตัดคงที่มีแรงบิด T ขนานกันและทิศทางตรงกันข้ามกระทำที่ปลายทั้งสองข้าง ถ้าวัสดุขององค์อาคารนี้มีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้น ทฤษฎีแรงบิดของ *St. Venant* ระบุว่า จะเกิดหน่วยแรงเฉือนกระทำทั้งหน้าตัด ดังในรูปที่ 2.1(b) หน่วยแรงเฉือนสูงสุดจะเกิดที่กึ่งกลางของคานยาว และถ้าวัสดุมีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น เช่น ในคอนกรีต การกระจายของหน่วยแรงจะเป็นไปตามแนวเส้นประ



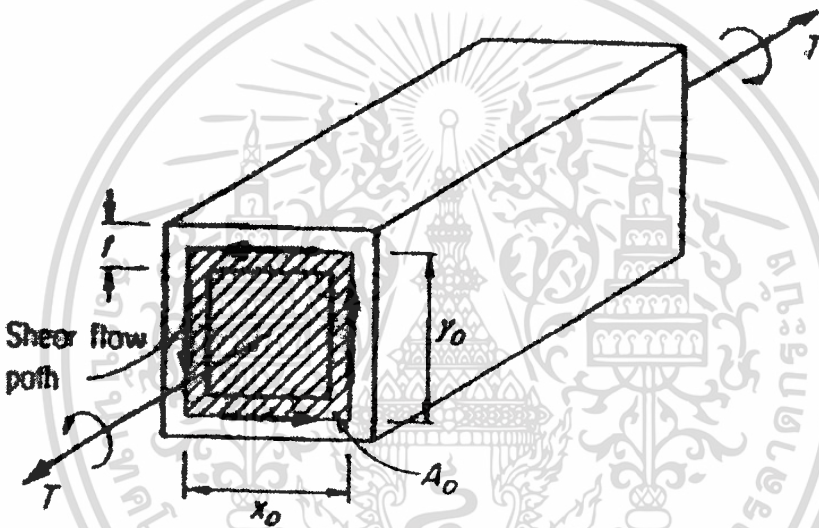
รูปที่ 2.1 – หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบิด

หน่วยแรงเฉือนจะกระทำเป็นคู่บนชิ้นส่วนที่เหล็มนเล็กน้อยบนผิวของคานด้านยาว ตามรูปที่ 2.1(a) จากทฤษฎีกำลึงของวัสดุระบุว่า ถ้าหมุนชิ้นส่วนที่เหล็มนนี้เป็นมุม 45 องศา หน่วยแรงเฉือนจะกลายเป็นหน่วยแรงดึงและหน่วยแรงอัด ซึ่งมีค่าเท่ากัน หน่วยแรงดึงตามแนวทแยงนี้เป็นชนิดเดียวกับหน่วยแรงดึงที่เกิดจากแรงเฉือนโดยตรง แต่ในกรณีของแรงบิด หน่วยแรงเฉือนจะมีทิศทางตรงกันข้ามเมื่ออยู่คนละด้านขององค์อาคาร [รูปที่ 2.1(b)] ทำให้หน่วยแรงดึงหลักมีทิศทางตั้งฉากกันเมื่ออยู่คนละด้านขององค์อาคาร [รูปที่ 2.1(a)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหน่วยแรงดึงตามแนวทแยงสูงกว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีต จะเกิดรอยแตกร้าวขึ้นยังตำแหน่งที่เปราะที่สุด และขยายไปทั่วทั้งอาคาร จะเรียกแรงบิดที่ทำให้เริ่มเกิดรอยแตกร้าวนี้ว่า “แรงบิดแตกร้าว T_{cr} ”

มีวิธีหลายวิธีที่ใช้การวิเคราะห์หองค์อาคารภายใต้แรงบิด แต่เนื่องจากคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้นของคอนกรีต ดังจะเห็นได้จากการกระจายหน่วยแรงตามเส้นประในรูปที่ 2.1(b) ทำให้วิธีที่เหมาะสมที่สุดคือ “วิธีท่อผิวนางและโครงถักเสมือน (thin-walled tube, space truss analogy)” ในวิธีนี้ จะถือว่าหน่วยแรงเฉือนมีค่าคงที่บนความกว้าง t รอบเส้นรอบรูปขององค์อาคาร ทำให้สามารถที่จะแทนหน้าตัดคานได้ด้วยท่อเทียบเท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 – ท่อผนังบางภายใต้แรงบิด

ภายในผนังของท่อนี้ จะมีกระแสแรงเฉือน (Shear flow, q หน่วยเป็นแรงต่อความยาว) ด้านการบิด จะถือว่า q มีค่าคงที่ตลอดเส้นรอบรูปของท่อ และกระทำบนความยาว y_0 ของผนังในแนวตั้ง และบนความยาว x_0 ของผนังในแนวนอน โดยที่ x_0 และ y_0 วัดจากกึ่งกลางของผนัง

เมื่อรวม โมเมนต์รอบแกนขององค์อาคารจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแรงเฉือนและแรงบิดกระทำดังต่อไปนี้

$$T = \frac{2qx_0y_0}{2} + \frac{2qy_0x_0}{2} = 2qx_0y_0$$

ผลคูณ x_0y_0 ก็คือพื้นที่ล้อมรอบด้วยแนวของกระแสแรงเฉือน A_0 ดังนั้น จะได้

$$T = 2qA_0$$

และ
$$q = \frac{T}{2A_0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับท่อซึ่งมีความหนาเท่ากับ t จะได้หน่วยแรงเฉือนกระทำบนผนังของท่อเป็น

$$\tau = \frac{q}{t} = \frac{T}{2A_0 t} \quad (2.1)$$

จากรูปที่ 2.1(a) จะเห็นว่า หน่วยแรงดึงหลัก $\sigma = \tau$ ดังนั้นคอนกรีตจะแตกร้าวก็ต่อเมื่อ $\tau = \sigma = f'_t$ (กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต) เนื่องจากคอนกรีตอยู่ภายใต้แรงสองแกน (แรงดึงและแรงอัดในแนวตั้งฉากกัน) จะถือว่า f'_t มีค่าเท่ากับ $1.1\sqrt{f'_c}$ น้อยกว่าค่าของโมดูลัสแตกร้าวที่นิยมใช้สำหรับคอนกรีตน้ำหนักธรรมดาเท่ากับ $2\sqrt{f'_c}$

แทนค่า $\tau = \tau_{cr} = 1.1\sqrt{f'_c}$ ลงในสมการ(2.1) จะได้ค่าของแรงบิดที่ทำให้เกิดการแตกร้าว

$$T_{cr} = 1.1\sqrt{f'_c} (2A_0 t) \quad (2.2)$$

เนื่องจาก A_0 เป็นพื้นที่ล้อมรอบด้วยแนวของกระแสแรงเฉือน ซึ่งจะต้องน้อยกว่าพื้นที่ทั้งหมดของหน้าตัด A_{cp} และพอจะประมาณค่า t ความหนาของผนังได้ว่า จะต้องขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ A_{cp}/P_{cp} โดยที่ P_{cp} เป็นเส้นรอบรูปของหน้าตัด สำหรับหน้าตัดคี่ด้านรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า t จะมีค่าระหว่างหนึ่งในหกถึงหนึ่งในสี่ของด้านกว้าง ถ้าใช้ค่าหนึ่งในสี่ในองค์อาคารซึ่งมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเป็น 0.5 จะได้ค่า A_0 โดยประมาณเท่ากับ $2/3 A_{cp}$ และ $t = (3/4)A_{cp}/P_{cp}$ แทนค่านี้ลงในสมการที่ (2.2) จะได้

$$T_{cr} = 1.1\sqrt{f'_c} \left[\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right] \quad (2.3)$$

โดยที่ได้มีการพิสูจน์แล้วว่า ค่าจากสมการที่ (2.3) ให้ค่าโดยประมาณที่ใกล้เคียงกับแรงบิดแตกร้าวสำหรับองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ว่าจะรูปร่างหน้าตัดอย่างไรก็ตาม

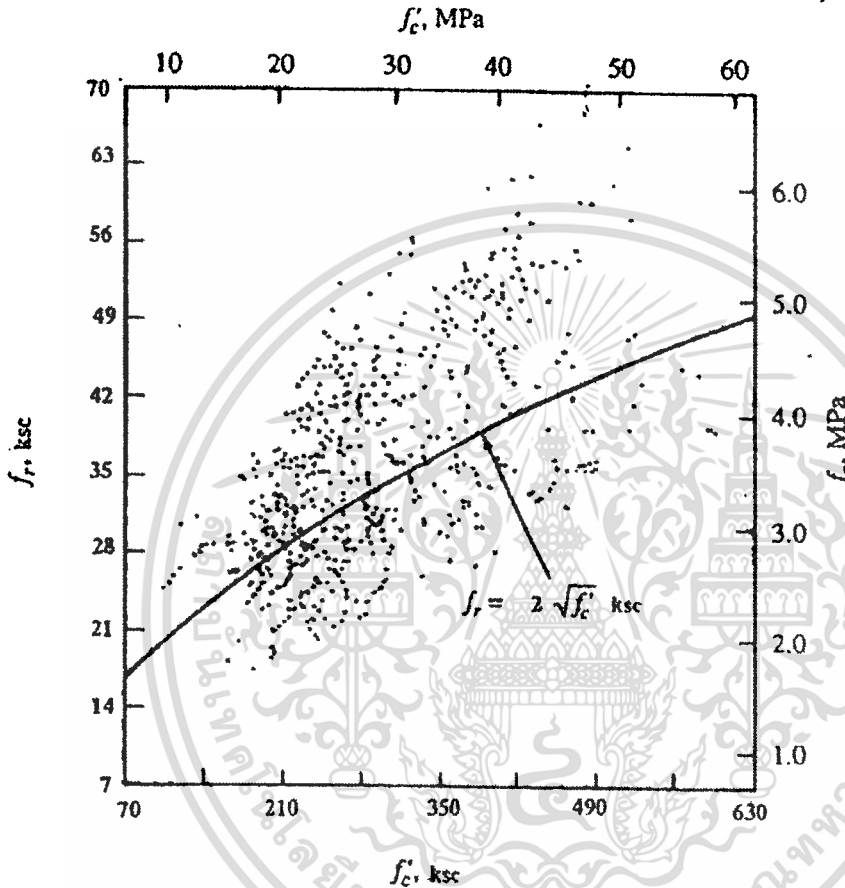
2.2 หน่วยแรงตัดแตกร้าว

กำลังรับแรงดึง

ผลจากห้องปฏิบัติการแสดงว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตมีค่าแปรเปลี่ยนมาก อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 8 ถึง 15 ของกำลังรับแรงอัด ความแตกต่างอันมากมายระหว่างกำลังรับแรงดึงและกำลังรับแรงอัด เป็นผลมาจากรอยแตกร้าวเล็กๆที่มีอยู่ทั่วไปในเนื้อคอนกรีตที่หน่วยแรงไม่มากนักรอยแตกร้าวจะไม่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เนื่องจากแรงอัดจะบีบรอยแตกร้าวเข้าหากันและถ่ายแรงผ่านรอยแตก ดังนั้นเมื่อคอนกรีตทั้งส่วนที่มีรอยแตกและไม่มีก็จะช่วยกันส่งถ่ายแรงอัด ภายใต้แรงดึง การกระจายหน่วยแรงผ่านหน้าตัดจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากแรงดึงไม่สามารถถ่ายผ่านรอยแตก จะถ่ายผ่านเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีรอยแตกในหน้าตัดเท่านั้น ทำให้พื้นที่ประสิทธิผลในการส่งผ่านแรงดึงมีน้อยกว่าพื้นที่ทั้งหมดของหน้าตัด หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงจะมีค่าสูงกว่าหน่วยแรงเฉลี่ย เมื่อหน่วยแรงดึงถ่ายผ่านรอยแตกร้าวและรู

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พูนภายใน จะเกิดความเข้มข้นของหน่วยแรง (Stress Concentration) รอบขอบของรูพูนและที่ปลายของรอยแตกร้าว ทำให้รอยแตกร้าวขยายตัวลดพื้นที่ที่ไม่มีรอยแตก ทำให้หน่วยแรงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นำไปสู่การวิบัติของหน้าตัด เนื่องจากขนาดและตำแหน่งของรอยแตกร้าวเหล่านี้เป็นสิ่งที่ไม่สามารถระบุแน่ชัดได้ กำลังรับแรงดึงจึงมีค่าแปรเปลี่ยนมาก ตามที่แสดงในรูปที่ 2.3



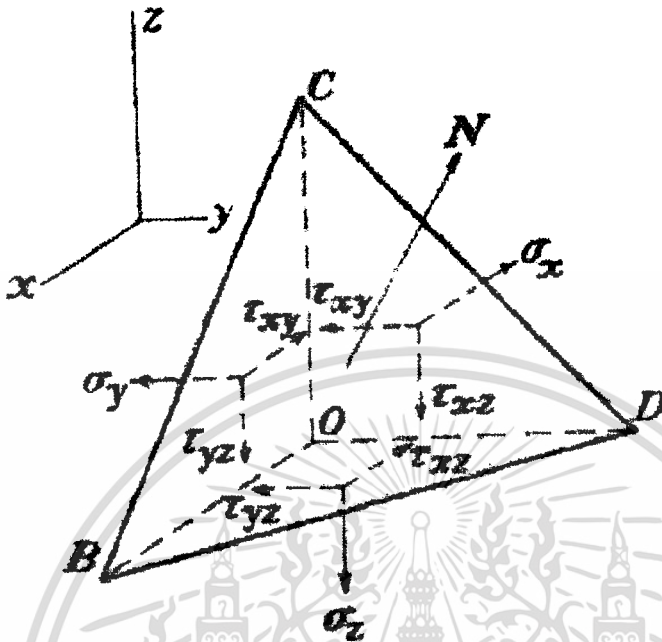
รูปที่ 2.3 – ความสัมพันธ์ระหว่าง โมดูลัสแตกร้าว f_r กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต f_c'

แรงดึงประลัยในคอนกรีตภายใต้แรงดัดหรือที่เรียกว่า โมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture) มีค่าประมาณร้อยละ 8 ถึง 15 ของแรงอัดประลัยที่คอนกรีตรับได้ สำหรับคอนกรีตน้ำหนักปกติจะใช้ค่าเท่ากับ $2\sqrt{f_c'}$ สำหรับองค์อาคารที่มีเหล็กเสริมในปริมาณปานกลาง การหาค่ากำลังของหน้าตัดภายใต้แรงดัดโดยถือว่าคอนกรีตไม่สามารถรับแรงดึงได้ จะได้ผลใกล้เคียงกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ดังนั้นหน่วยแรงบิดที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว $\tau_{cr} = 1.1\sqrt{f_c'}$ มีค่า 18.4 ksc. และหน่วยแรงดัดที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว $f_r = 2\sqrt{f_c'}$ มีค่า 33.5 ksc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุด



รูปที่ 2.4 - สถานะและทิศทางของหน่วยแรงสำหรับการวิเคราะห์ stress และ strain ในแบบ 3 มิติ

ให้ x, y, z เป็นแกน principal ดังนั้น $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ เป็น principal stresses และ

ให้ l, m, n เป็นทิศทาง cosines สำหรับระนาบที่กำหนดให้

ดังนั้น จากสมการของ stress-direction surface $X = \sigma_x l, Y = \sigma_y m, Z = \sigma_z n$

ค่ากำลังสองของหน่วยแรงทั้งหมดในระนาบเป็นดังนี้

$$S^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 = \sigma_x^2 l^2 + \sigma_y^2 m^2 + \sigma_z^2 n^2$$

ค่ากำลังสองของหน่วยแรงทั่วไปบนระนาบเดียวกัน คือ

$$\sigma_n^2 = (\sigma_x l^2 + \sigma_y m^2 + \sigma_z n^2)^2 \quad (a)$$

ดังนั้น ค่ากำลังสองของหน่วยแรงเฉือนบนระนาบเดียวกัน จะต้องเป็น

$$\tau^2 = S^2 - \sigma_n^2 = \sigma_x^2 l^2 + \sigma_y^2 m^2 + \sigma_z^2 n^2 - (\sigma_x l^2 + \sigma_y m^2 + \sigma_z n^2)^2 \quad (b)$$

เราควรจะจัดทิศทาง cosines ออกไปค่าหนึ่ง คือ n จากสมการนี้โดยใช้ความสัมพันธ์

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1$$

และหาค่า l และ m โดยที่ทำให้ค่า τ มีค่ามากที่สุด จากนั้นนำ $n^2 = 1 - l^2 - m^2$ ไปแทนใน

สมการ (b) คำนวณแก้ไขโดยค่านึงถึงค่าของ l และ m และทำให้ค่าของสมการนี้กลายเป็นศูนย์

โดยได้ค่าตามสมการเพื่อคำนวณหาค่า cosines ตามแกนของระนาบสำหรับค่า τ เป็นค่ามากที่สุด

หรือน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$l[(\sigma_x - \sigma_z)l^2 + (\sigma_y - \sigma_z)m^2 - \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_z)] = 0 \quad (c)$$

$$m[(\sigma_x - \sigma_z)l^2 + (\sigma_y - \sigma_z)m^2 - \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_z)] = 0$$

หนึ่งในวิธีแก้ปัญหามาจากสมการที่ได้โดยใส่ค่า $l = m = 0$ เราสามารถแก้สมการต่างๆ ด้วยศูนย์ ตัวอย่างเช่น $l = 0$ มาจากสมการที่สองของ(c) เช่นนั้นจะได้ $m = \pm\sqrt{\frac{1}{2}}$ และ $n = 0$

มาจากสมการแรกของ(c) จะได้ $l = \pm\sqrt{\frac{1}{2}}$ ทั้งหมดนั้นในปกติทั่วไปไม่ใช่การแก้ปัญหามาจากสมการ(c) ในกรณีที่แตกต่างกันของ l และ m ทั้งสองจากศูนย์ สำหรับกรณีนี้แสดงในตารางไม่สามารถทำให้สองสมการหายไป

แก้สมการซ้ำจากข้างบน โดยกำจัดจากที่แสดงในสมการ(b) m และ l ได้ค่าสุดท้ายของ cosines ในตาราง ที่ทำให้ค่า τ เป็นค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุด

Direct Cosines for Planes of τ_{\max} and τ_{\min}

$l =$	0	0	± 1	0	$\pm\sqrt{1/2}$	$\pm\sqrt{1/2}$
$m =$	0	± 1	0	$\pm\sqrt{1/2}$	0	$\pm\sqrt{1/2}$
$n =$	± 1	0	0	$\pm\sqrt{1/2}$	$\pm\sqrt{1/2}$	0

สามคอลัมน์แรกแสดงเป็นทิศทางของระนาบของพิกัด ทับกันสนิท ซึ่งสมมติให้เป็นจุดเริ่มต้น โดยระนาบ principal สำหรับระนาบนี้หน่วยแรงเฉือนมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือแสดงในสมการ (b) เป็นค่าน้อยที่สุด สามคอลัมน์ที่เหลือแสดงตลอดทั้งระนาบแต่ละอันของแกน principal แบ่งออกเป็นสองส่วนทำมุมระหว่างสองแกน principal อื่นๆ แทนค่าทิศทาง cosines ของสามระนาบนี้ลงในสมการ (b) หาค่าของหน่วยแรงเฉือนบนสามระนาบนี้

$$\tau = \pm \frac{1}{2}(\sigma_y - \sigma_z), \tau = \pm \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_z), \tau = \pm \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_y)$$

ที่แสดงนี้เป็นค่าแรงเฉือนมากที่สุดที่กระทำบนระนาบสองส่วนทำมุมระหว่างเล็กที่สุดและใหญ่ที่สุดของ principal stresses และเท่ากับครึ่งหนึ่งระหว่าง principal stresses ทั้งสองที่แตกต่างกัน

ถ้า แกน x, y, z ในรูปข้างบน แสดงทิศทางของ principal stress และถ้า $OB=OC=OD$ ดังนั้นค่าทั่วไปของ N ที่ตรงพื้นผิวเฉียงของทั้งสี่มุมในทิศทาง cosines $l = m = n = \frac{1}{3}$ ค่า

normal stress บนพื้นผิวนี้กำหนดโดย

ไม่ว่ากร $\sigma_n = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี (d) นำไปใช้

เรียกค่านี้ว่า “หน่วยแรงเฉื่อย” ค่าหน่วยแรงเฉือนบนพื้นผิวแสดงโดยสมการ (b) ตามนี้

$$\tau^2 = \frac{1}{3}(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2) - \frac{1}{9}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)^2$$

เขียนใหม่ได้ดังนี้

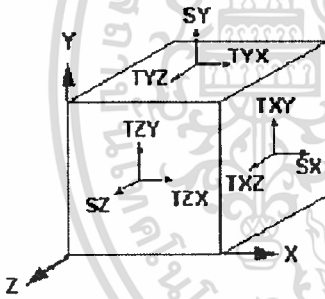
$$\tau^2 = \frac{1}{9}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2]$$

และเช่นกัน โดยใช้สมการ (d) ตามนี้

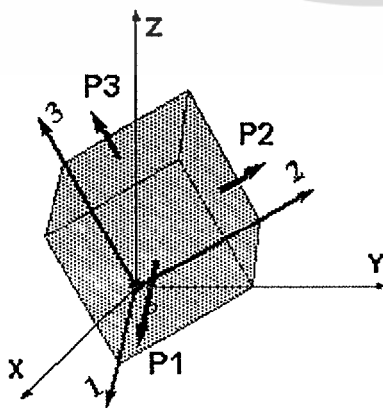
$$\tau^2 = \frac{1}{3}[(\sigma_x - \sigma_n)^2 + (\sigma_y - \sigma_n)^2 + (\sigma_z - \sigma_n)^2]$$

เรียกหน่วยแรงเฉือนนี้ว่า “octahedral shear stress” เพราะพื้นผิวบนนั้นกระทำกับหนึ่งพื้นผิวของแปดด้านที่สม่ำเสมอในแนวตั้งฉากบนแกน

ระบบแผ่นพื้นวางอยู่ในระนาบ xz รองรับน้ำหนักบรรทุกทุกซึ่งกระทำตั้งฉากกับระนาบของแผ่นพื้น ตามแกน y รูปที่ 2.1 แสดงนิยามและทิศทางของหน่วยแรง และรูปที่ 2.2 แสดงนิยามและทิศทางของหน่วยแรงหลัก



รูปที่ 2.5 – สภาวะและทิศทางของหน่วยแรงบน Finite Element



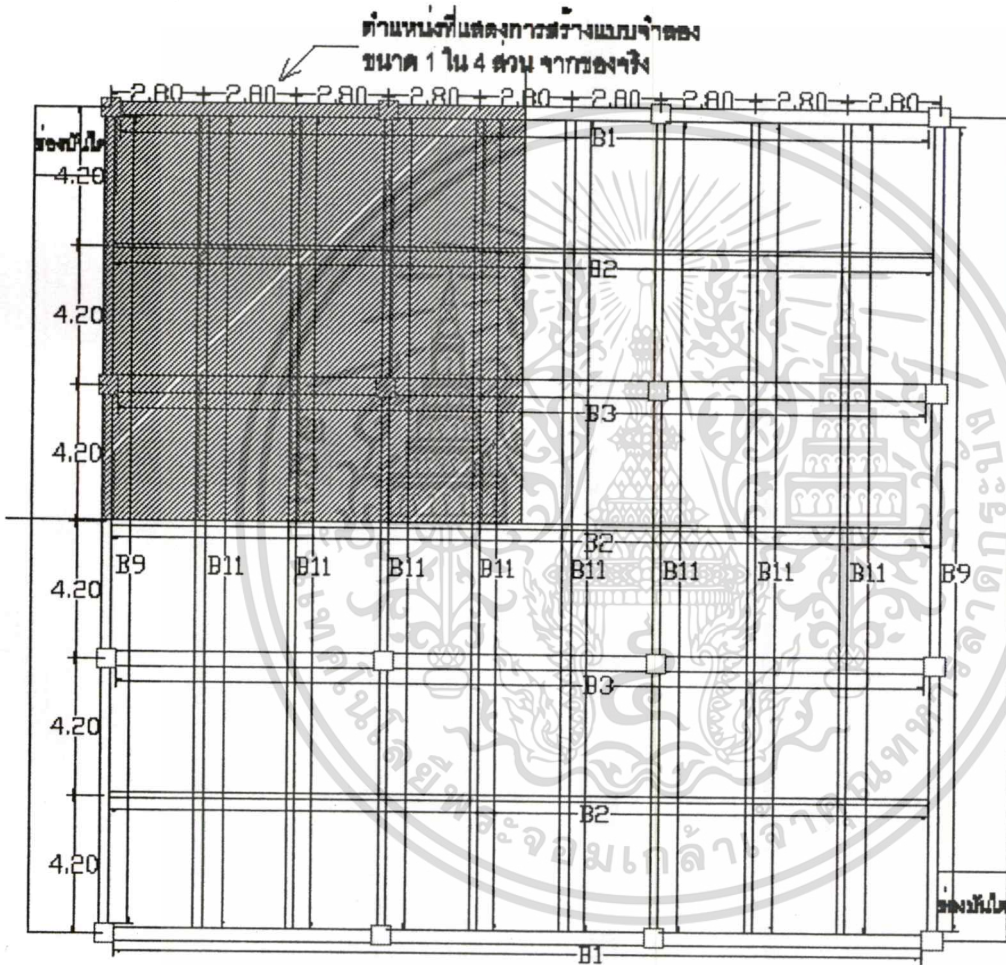
รูปที่ 2.6 – สภาวะและทิศทางของหน่วยแรงหลักบน Finite Element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ศึกษาแบบก่อสร้างจริงที่ใช้ในการก่อสร้าง



รูปที่ 3.1 - แพลนเสา คาน พื้น

แบบอาคารจริงเป็นอาคารสำนักงานห้าชั้น มีช่วงเสาทั้งสองด้านยาว 8.4 ม. มีคานหลักในทุกแนวเสา และคานรอง 2 คาน ในแนวเหนือ – ใต้ห่างกัน 2.8 ม. และคานรอง 1 ตัวกลางช่วงในแนวตะวันออก – ตะวันตก ทำให้ได้แผ่นพื้นแต่ละแผ่นมีอัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาว = $2.8 : 4.2 = 2 : 3$ จัดเป็นระบบแผ่นพื้นสองทาง โดยแผ่นพื้นมีความหนาคงที่ = 12.5 ซม.

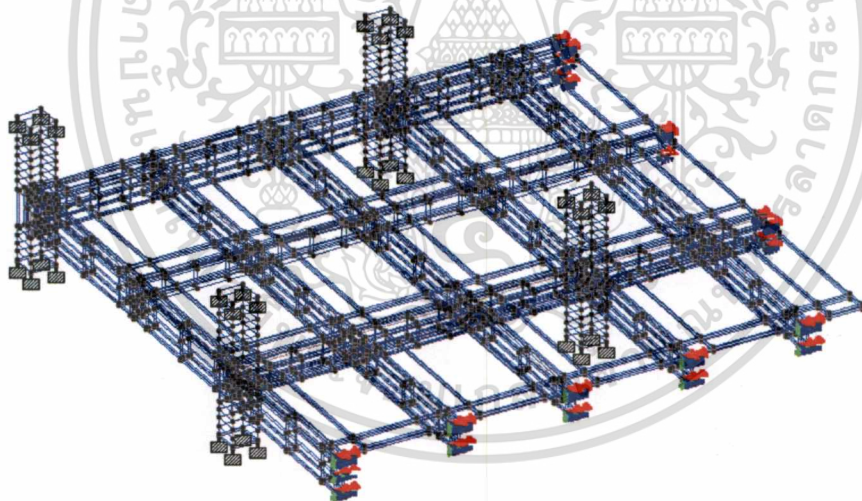
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างแบบจำลอง

เนื่องจากความสมมาตรของแบบก่อสร้างจึงได้สร้างแบบจำลองเพียง $\frac{1}{4}$ ของอาคารจริงตามพื้นที่แรเงาที่แสดงในรูปที่ 3.1 แบบจำลองประกอบด้วยแผ่นพื้น/คานคอนกรีตและการเสริมเหล็กตามแบบก่อสร้างจริงทุกประการ

ในการสร้างแบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 ชั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองหยาบ เพียง $\frac{1}{4}$ ส่วนของอาคารจริง มีขนาดของเสา คาน พื้น คอนกรีตเท่ากับของจริงทุกประการ ในส่วนของเหล็กเสริมนั้นขนาดของพื้นที่หน้าตัดเทียบอัตราส่วนที่เท่ากับของจริงดังรูปที่ 3.2 เพื่อให้การประมวลผลของโปรแกรมไม่ติดขัดเนื่องจากรายละเอียดของเหล็กเสริมที่มีปริมาณมากทำให้ความละเอียดของข้อมูลมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วยแต่จะลงรายละเอียดให้ครบถ้วนถูกต้องต่อไปในแบบจำลองละเอียด หลังจากที่ได้ประมวลผลโปรแกรมของแบบจำลองหยาบแล้วจะนำค่าของการแอนตัว ณ บริเวณรอบเสาภายในเป็นเงื่อนไขของ Support ของแบบจำลองแบบละเอียดว่ามีค่าการแอนตัวที่ตำแหน่งเดียวกันเกิดขึ้น



Load 2

รูปที่ 3.2 - การสร้างแบบจำลองแบบหยาบของเหล็กและคอนกรีต

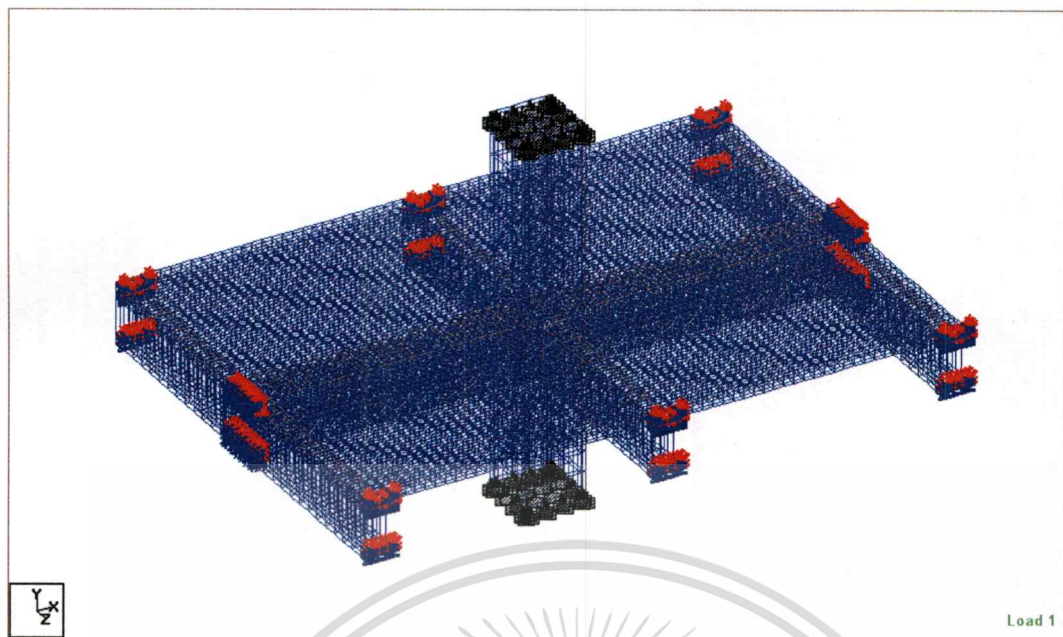
2. การสร้างแบบจำลองละเอียด เป็นการจำลองแบบของคาน แผ่นพื้น และเสาช่วงใน ซึ่งได้นำมาวิเคราะห์เฉพาะในส่วนนี้เนื่องจากค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นมากที่สุดจากแบบจำลองหยาบนั้นเกิดขึ้นในบริเวณแผ่นพื้นรอบเสาช่วงใน โดยมีรายละเอียดของ เสา คาน พื้น และเหล็กเสริมเท่ากับแบบก่อสร้างจริง และมีการนำค่าการแอนตัวของคาน ณ ตำแหน่งเดียวกันจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงวิชาการ
วิเคราะห์แบบจำลองหยาบจากรูปที่ 3.2 มาวิเคราะห์เพิ่มเข้าไปในเงื่อนไขของแบบจำลองละเอียด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย ในการจำลองโมเดลนั้นประกอบด้วย 2 คุณสมบัติหลัก คือ คอนกรีตและเหล็ก ซึ่งคอนกรีตจะจำลองแบบเป็น Solid 8 Node แบ่งระยะของ Solid ตามรายละเอียดของเหล็กเสริม โดยมีแบบจำลองแสดงดังในรูปที่ 3.3 ถึง 3.5 ส่วนเหล็กเสริมนั้นการจำลองจะให้ขนาดพื้นที่หน้าตัด ความยาว ระยะห่าง ของเหล็กปลอกและเหล็กเสริมหลักเทียบเท่ากับแบบก่อสร้างจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และสุดท้ายเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์แบบคือเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.3 - การสร้างแบบจำลอง NODE ในแบบละเอียด

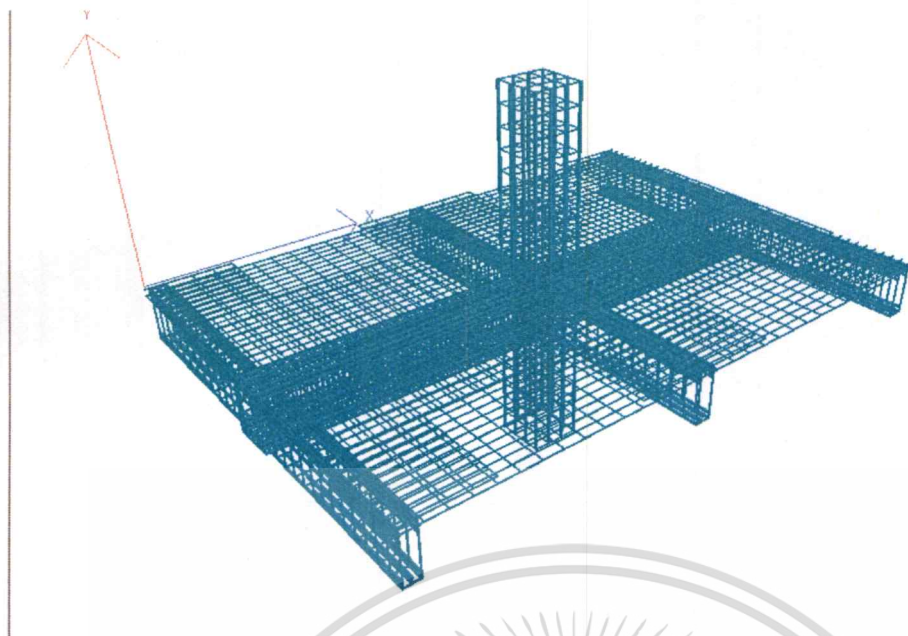


รูปที่ 3.4 - การสร้างแบบจำลอง SOLID ในแบบละเอียด

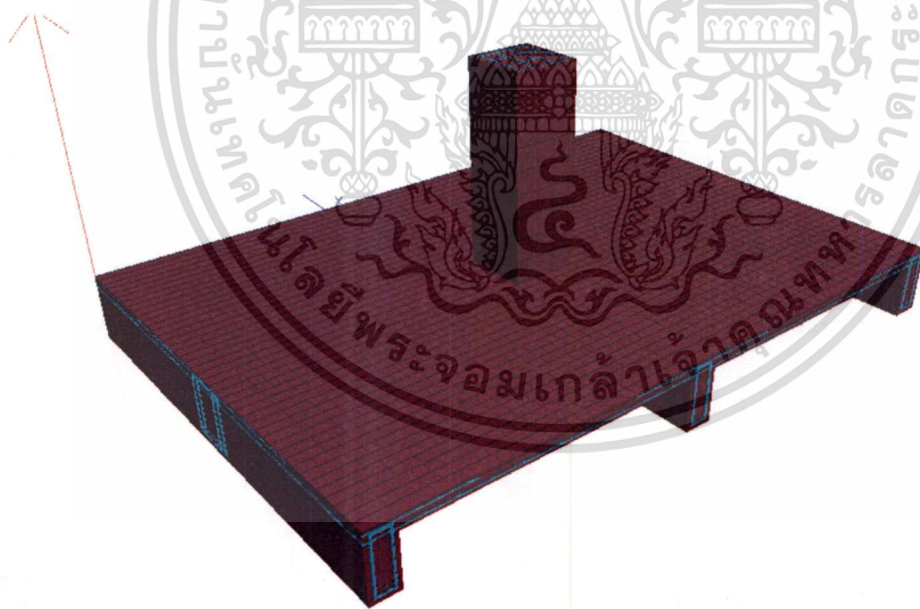


รูปที่ 3.5 - การสร้างแบบจำลองของคอนกรีตในแบบละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 - การสร้างแบบจำลองของเหล็กในแบบละเอียด



รูปที่ 3.7 - การสร้างแบบจำลองของเหล็กและคอนกรีตในแบบละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

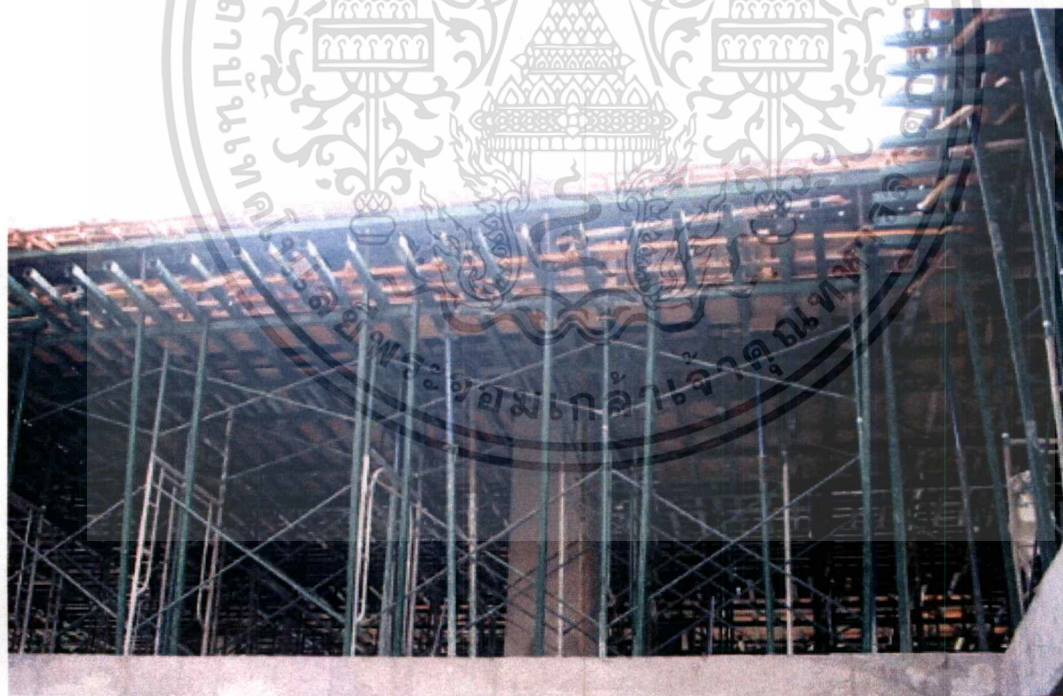
3.3 คุณสมบัติของวัสดุ

ประกอบไปด้วยคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็กเสริม ได้แก่

1. ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (f_c') เท่ากับ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
2. ค่ากำลังรับแรงดึงถึงจุดคดของเหล็กเสริม (f_y) เท่ากับ 3000 และ 2400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3.4 น้ำหนักที่กระทำบนแผ่นพื้น

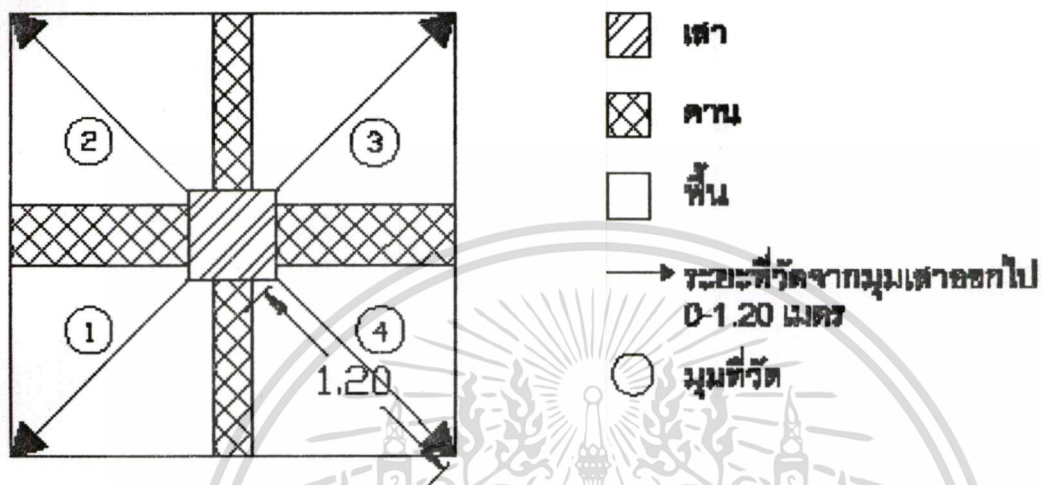
- ภายใต้สภาวะใช้งาน ประกอบด้วยน้ำหนักของแผ่นพื้นหนา 12.5 เซนติเมตร (300 กก./ม.²) และน้ำหนักบรรทุกจร(300 กก./ม.²)
- ระหว่างก่อสร้าง พื้นชั้นที่เทคอนกรีตแล้วจะถูกใช้เป็นที่รองรับค้ำยันเพื่อใช้ก่อสร้างพื้นชั้นต่อไป ในขณะที่ค้ำยันซึ่งรองรับพื้นชั้นนี้ในระหว่างเทคอนกรีต ก็ถูกถอดออกไปบางส่วนเพื่อใช้ในชั้นต่อไป ดังนั้นจะถือว่า น้ำหนักที่ถ่ายลงประกอบด้วยน้ำหนักของพื้นชั้นต่อไป (300 กก./ม.²) และน้ำหนักของค้ำยันและไม้แบบ ในการวิเคราะห์จะกำหนดให้เป็นน้ำหนักแผ่กระจายคงที่ตลอดทั้งแผ่นพื้น (50 กก./ม.²)



รูปที่ 3.8 - ลักษณะค้ำยันที่ใช้ในการก่อสร้าง

3.5 การเปรียบเทียบหน่วยแรง

แนวตั้งสี่ที่แสดงในแผนภาพขยายความมีแสดงอยู่ในรูปที่ 3.9 โดยเริ่มแนวแรกจากมุมด้านซ้ายล่างของเสาและหมุนตามเข็มนาฬิกาไปจนถึงแนวสุดท้ายที่มุมด้านขวาล่างจะแสดงค่าที่ตำแหน่งผิวบน (และผิวล่างในบางรูป) ของแผ่นพื้นจากมุมเสาออกไปในแนวทแยงเป็นระยะทาง 0 – 1.20 ม. แสดงค่าทุกระยะ 0.20 ม.



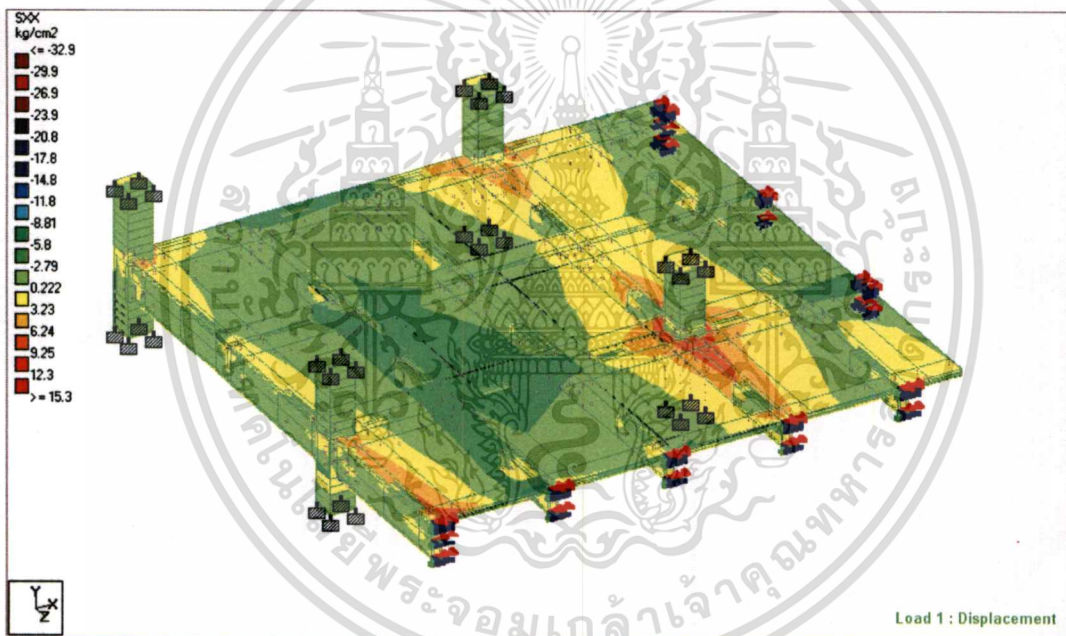
รูปที่ 3.9 - หมายเลขของแนวแสดงการเปรียบเทียบหน่วยแรง

หลังจากที่ทำการวัดค่าเปรียบเทียบหน่วยแรงจากการประมวลผลโปรแกรมของแบบจำลองละเอียดแล้ว จะนำค่าไปวิเคราะห์ผลหาสาเหตุของการแตกร้าวของแผ่นพื้นบริเวณมุมเสาในบทต่อไป

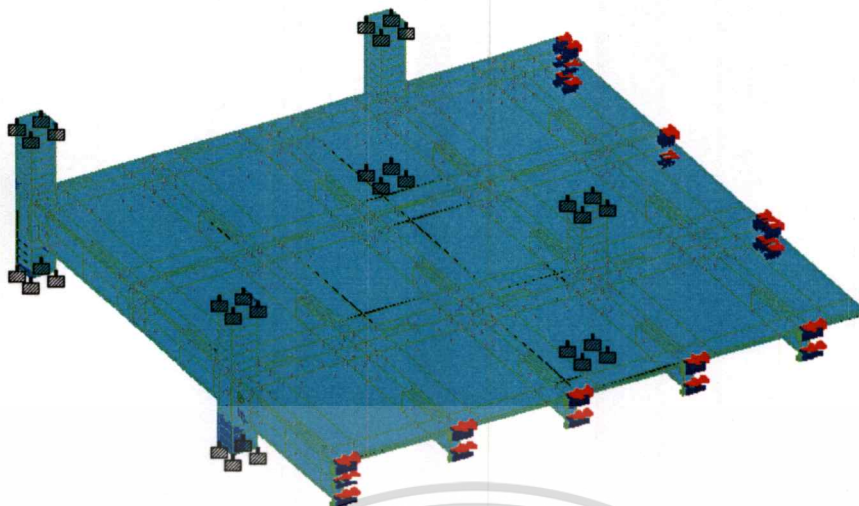
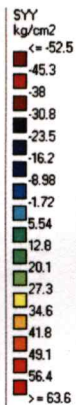
ผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม

หน่วยแรงตามแกน y ในแนวตั้งฉากกับระนาบของแผ่นพื้น เปรียบได้เสมือนกับเป็นหน่วยแรงเฉือนในแผ่นพื้น หน่วยแรงตามแกน x และ z เป็นหน่วยแรงในระนาบของแผ่นพื้น ถึงแม้ว่าแผ่นพื้นจะเป็นระบบสองทาง แต่การเน้นวางเหล็กเสริมหลักในด้านสั้น ส่งผลให้หน่วยแรงในแนวยาวของแผ่นพื้น (แนว z) มีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยแรงในแนวสั้นของแผ่นพื้น (แนว x) มีพฤติกรรมเสมือนกับเป็นแผ่นพื้นทางเดียว

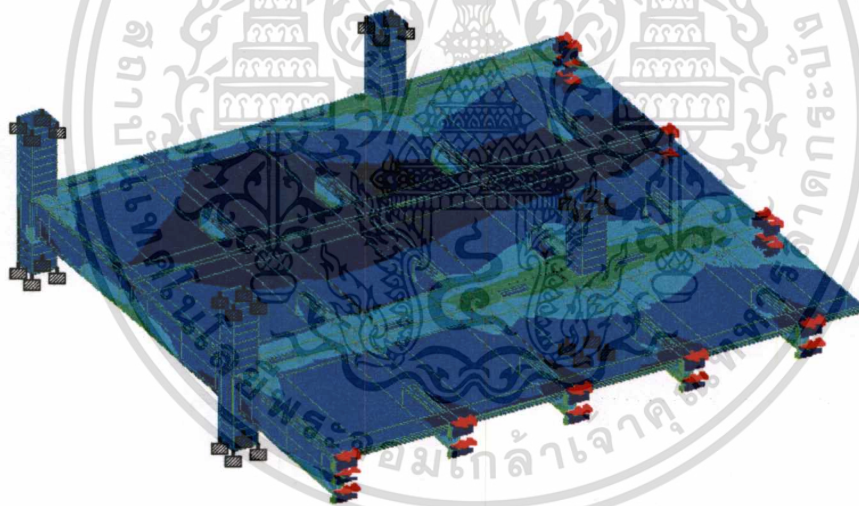
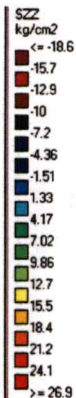


รูปที่ 4.1 - หน่วยแรงตามแนวแกน X (แบบหยาบ)



Load 1 : Displacement

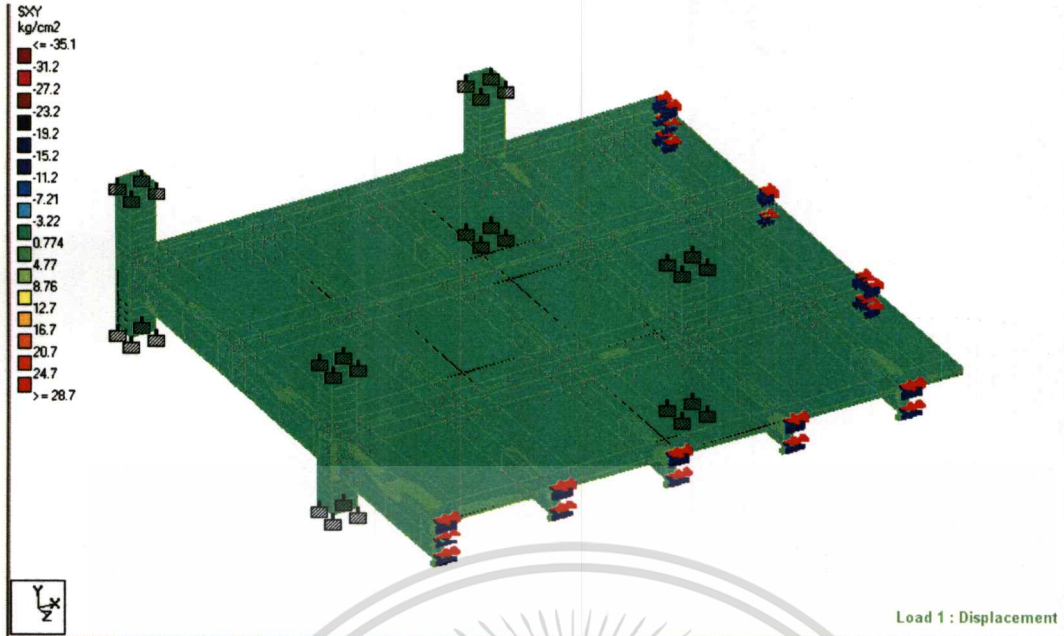
รูปที่ 4.2 - หน่วยแรงตามแนวแกน Y (แบบหยาบ)



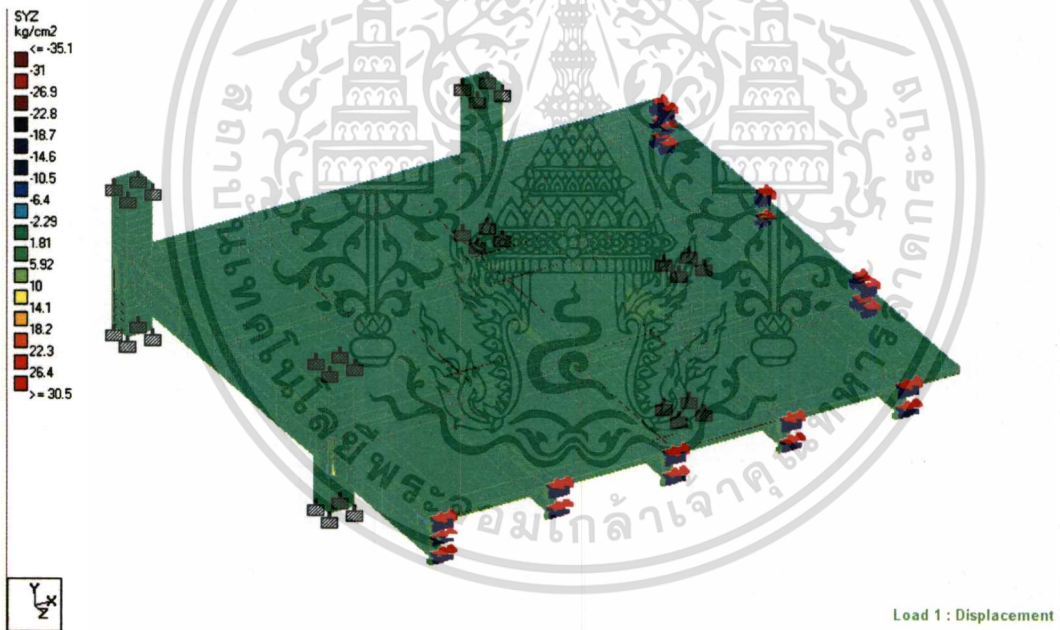
Load 1 : Displacement

รูปที่ 4.3 - หน่วยแรงตามแนวแกน Z (แบบหยาบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

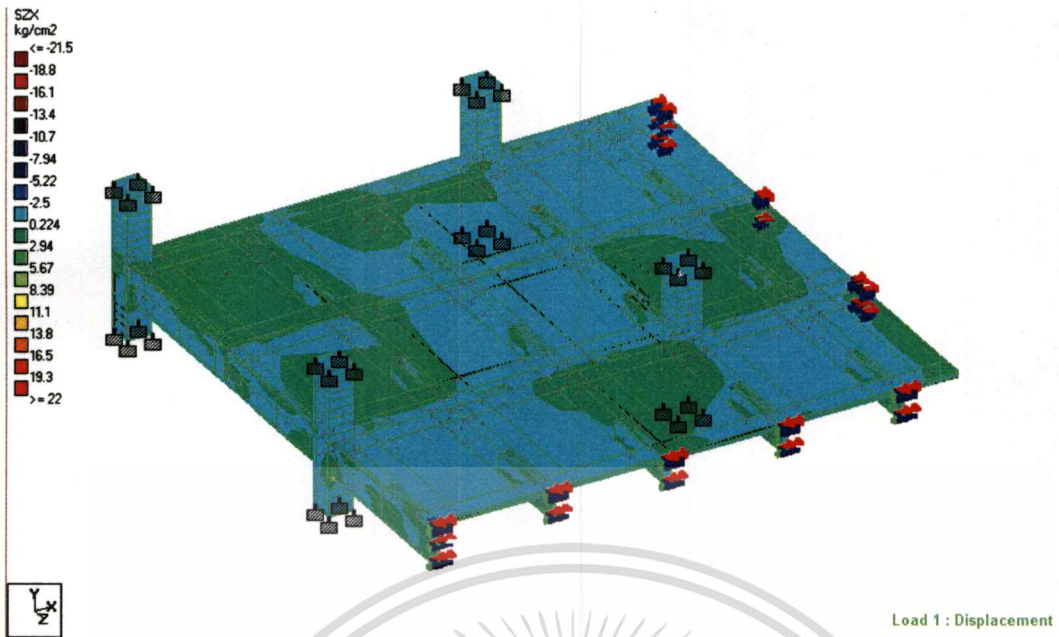


รูปที่ 4.4 - หน่วยแรงเค้นในระนาบ XY (แบบหยาบ)



รูปที่ 4.5 - หน่วยแรงเค้นในระนาบ YZ (แบบหยาบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

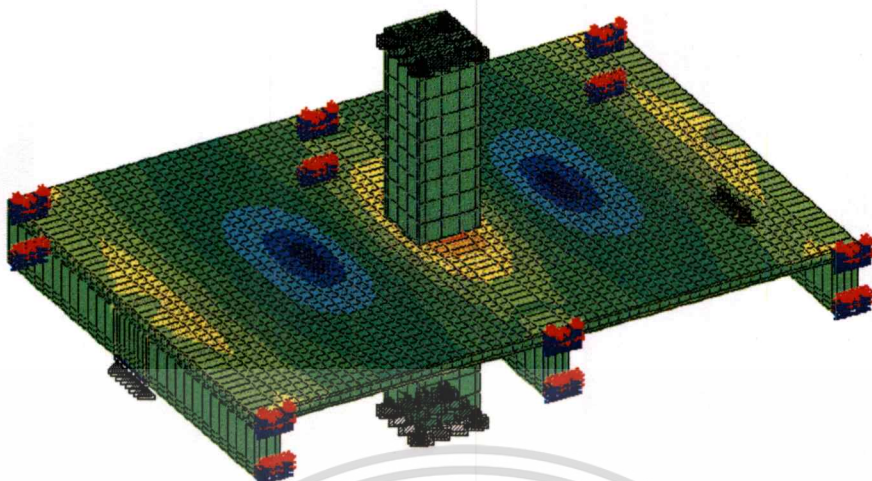
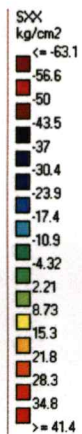


รูปที่ 4.6 - หน่วยแรงเคลื่อนในระนาบ ZX (แบบหยาบ)



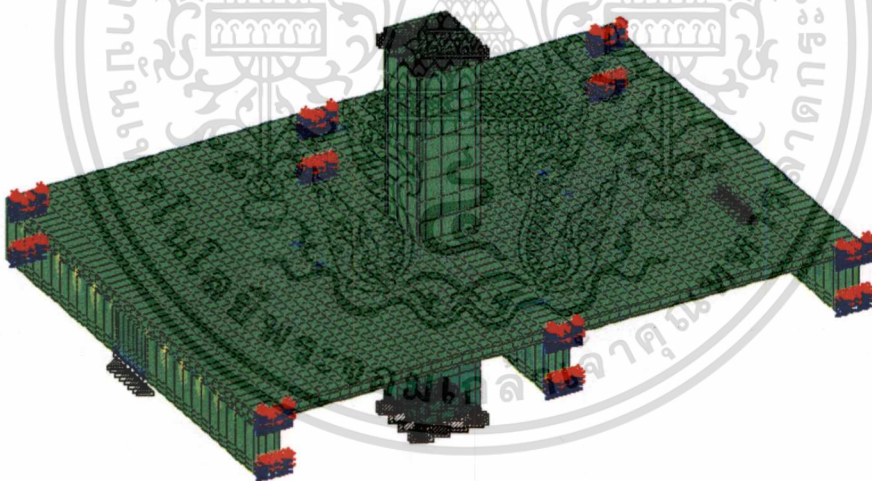
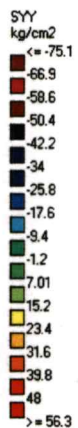
รูปที่ 4.7 - หน่วยแรงหลัก (แบบหยาบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Load 3

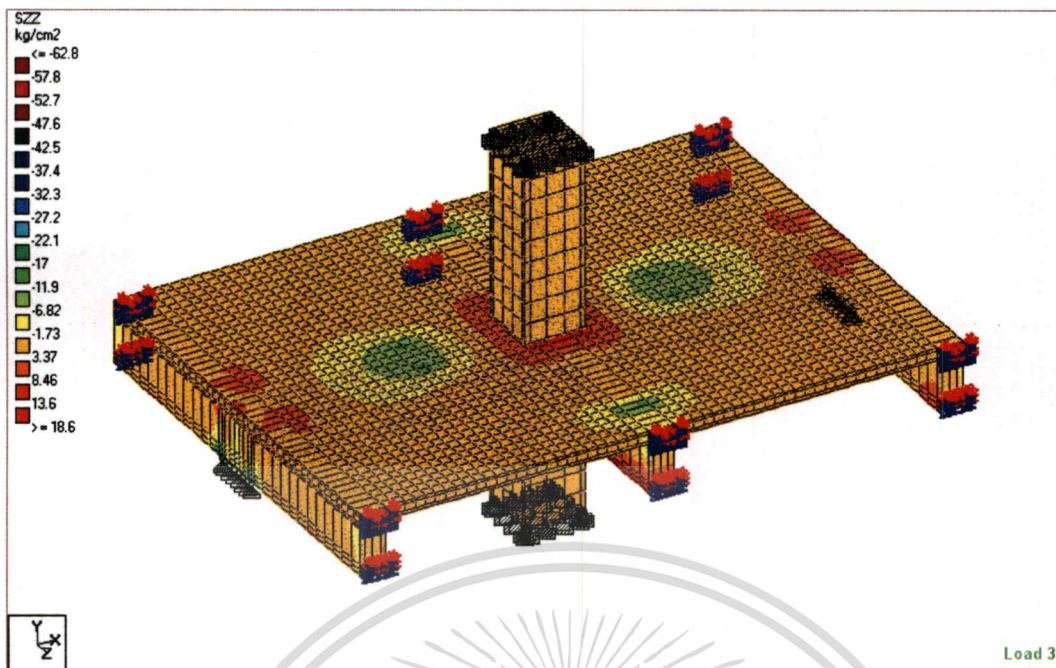
รูปที่ 4.8 - หน่วยแรงตามแนวแกน X (แบบละเอียด)



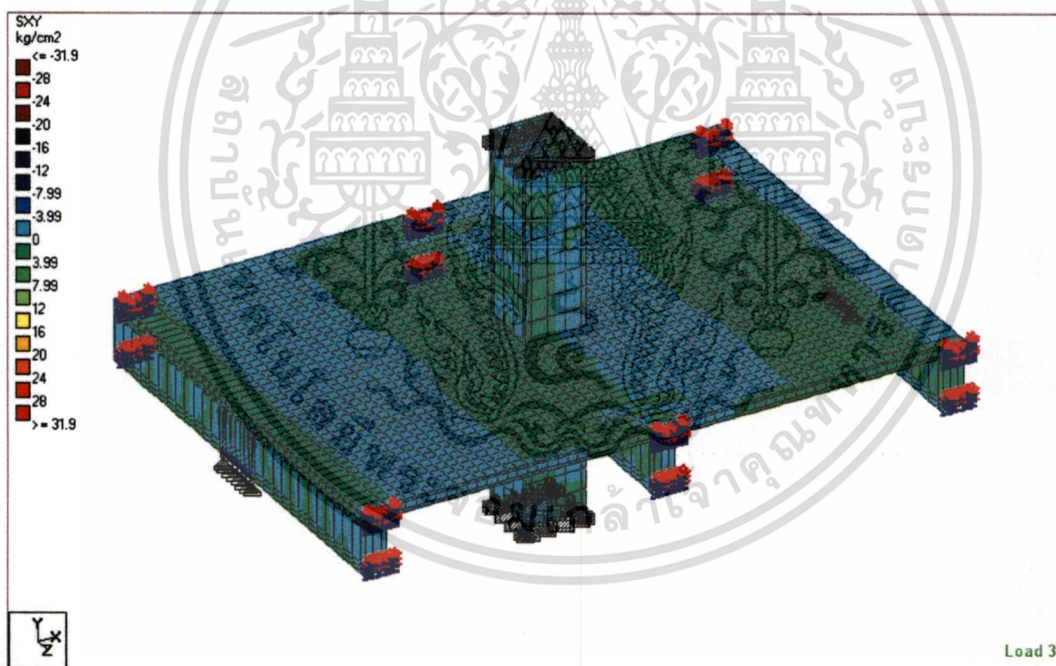
Load 3

รูปที่ 4.9 - หน่วยแรงตามแนวแกน Y (แบบละเอียด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

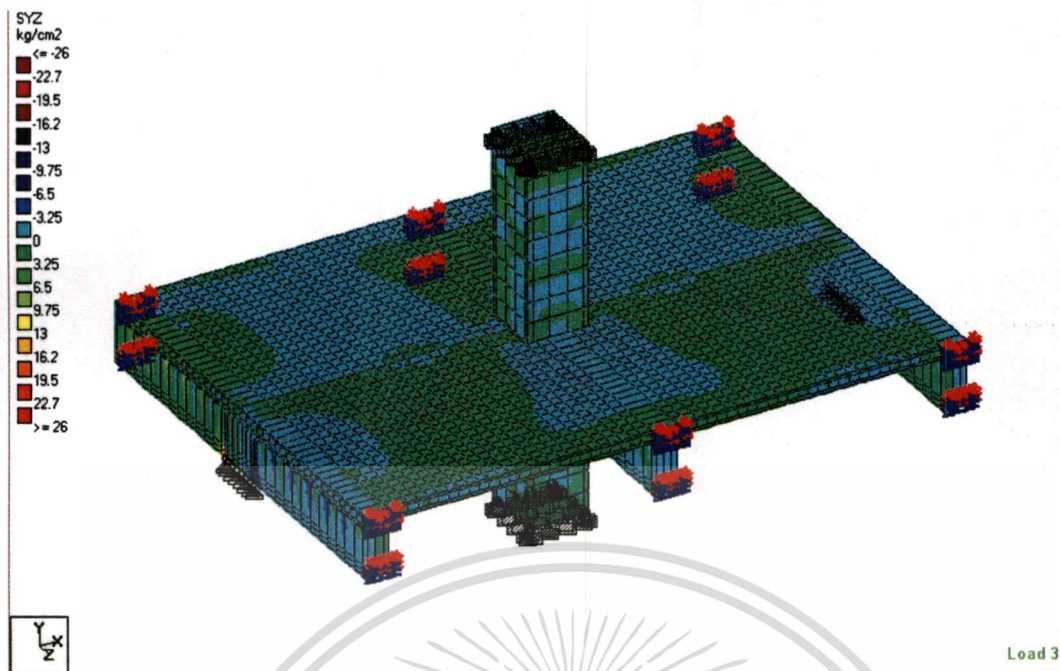


รูปที่ 4.10 - หน่วยแรงตามแนวแกน Z (แบบละเอียด)

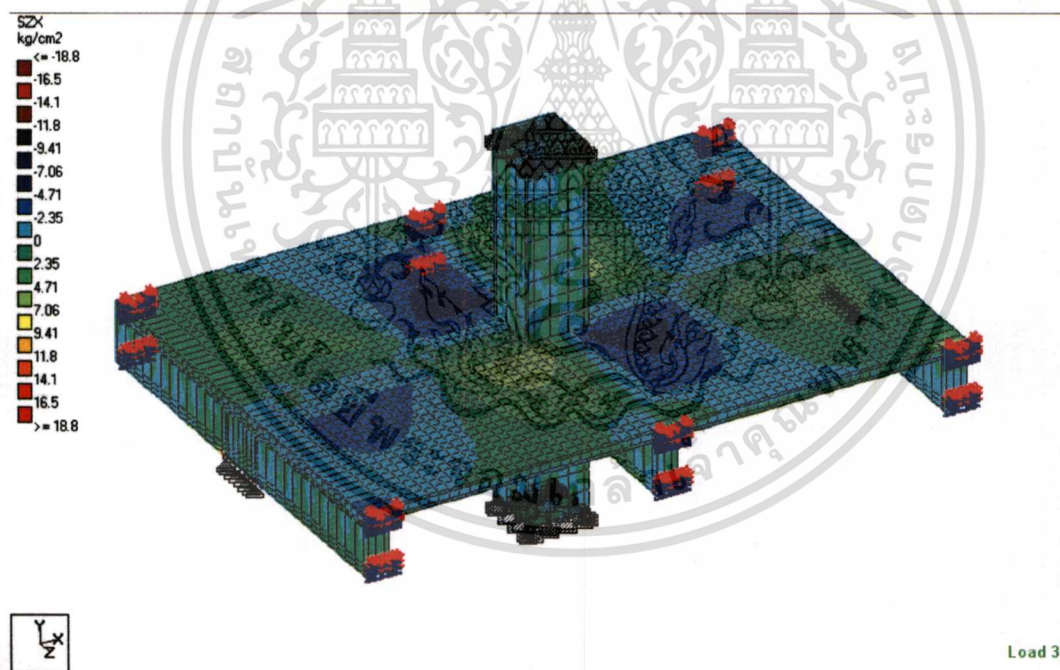


รูปที่ 4.11 - หน่วยแรงเฉือนในระนาบ XY (แบบละเอียด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

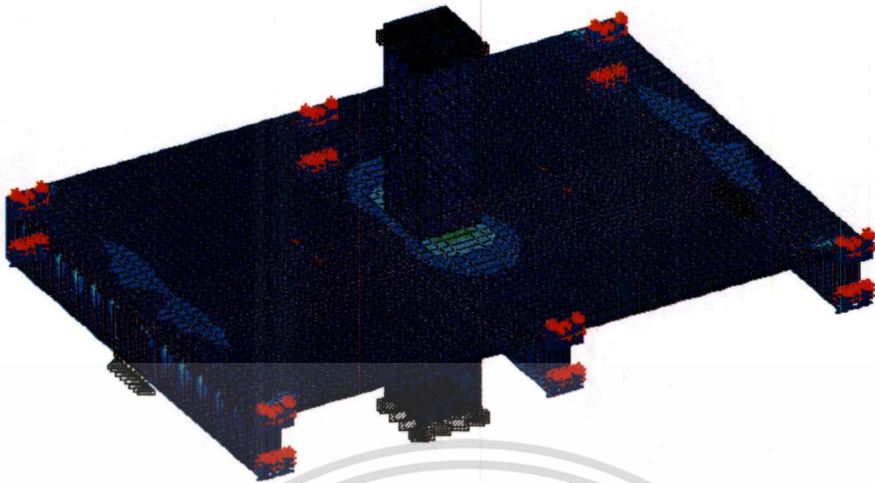


รูปที่ 4.12 - หน่วยแรงเฉือนในระนาบ YZ (แบบละเอียด)



รูปที่ 4.13 - หน่วยแรงเฉือนในระนาบ ZX (แบบละเอียด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Load 3

รูปที่ 4.14 - หน่วยแรงหลัก (แบบละเอียด)

4.2 การวิเคราะห์ผล

การสำรวจความคลาดเคลื่อนและระดับของแผ่นพื้นในแต่ละชั้น พบว่าอยู่ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าไม่มีความเสียหายเนื่องจากการทรุดตัวของค้ำยันเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นการแตกร้าวน่าจะเกิดจากการที่หน่วยแรงในคอนกรีตสูงกว่าหน่วยแรงที่ใช้ในการออกแบบเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกที่ไม่ได้คำนึงถึงมาก่อน

แผนภาพของการแปรเปลี่ยนของหน่วยแรงตามแกนหลักสามแกนในรูปที่ 4.1 ถึง 4.3 (แบบ ¼ ส่วน) รูปที่ 4.8 ถึง 4.10 (แบบละเอียด) และหน่วยแรงหลักในรูปที่ 4.7 (แบบ ¼ ส่วน) รูปที่ 4.14 (แบบละเอียด) แสดงให้เห็นชัดเจนว่า หน่วยแรงสูงสุดเกิดที่เสาภายในซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดการแตกร้าว ดังนั้นจะนำแผนภาพเหล่านั้นมาขยายความเพื่อหาสาเหตุของการแตกร้าว โดยการเปรียบเทียบหน่วยแรงที่เกิดขึ้นตามแนวของการแตกร้าวจากมุมทั้งสี่ของเสาภายใน กับหน่วยแรงสูงสุดที่คอนกรีตรับได้ก่อนเกิดการแตกร้าว

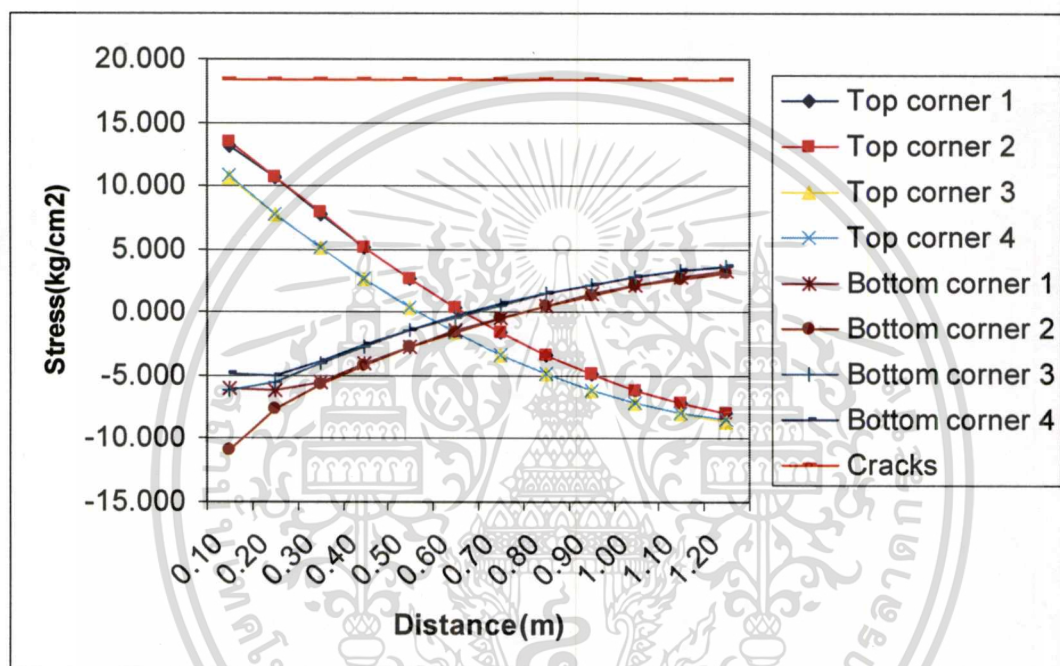
หน่วยแรงซึ่งอาจจะทำให้เกิดการแตกร้าวในแผ่นพื้นประกอบด้วย หน่วยแรงดัด และหน่วยแรงบิด โดยที่หน่วยแรงดัดแตกร้าว f_r มีค่าเท่ากับ $2\sqrt{f'_c}$ และหน่วยแรงบิดแตกร้าว τ_{cr} มีค่าเท่ากับ $1.1\sqrt{f'_c}$ โดยหน่วยแรงดัดสูงสุดในแผ่นพื้นจะเกิดขึ้นที่กลางช่วงหรือเหนือคานที่รองรับ ในระหว่างที่หน่วยแรงบิดสูงสุดในแผ่นพื้นจะเกิดขึ้นที่มุมของแผ่นพื้น ผลของการวิเคราะห์แสดงว่าหน่วยแรงสูงสุดเกิดขึ้นที่มุมของแผ่นพื้น ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดได้จากทั้งแรงดัดและแรงบิด แต่เมื่อพิจารณาถึงการที่หน่วยแรงบิดแตกร้าวมีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงดัดแตกร้าว (18.4 กก./ซม.² ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

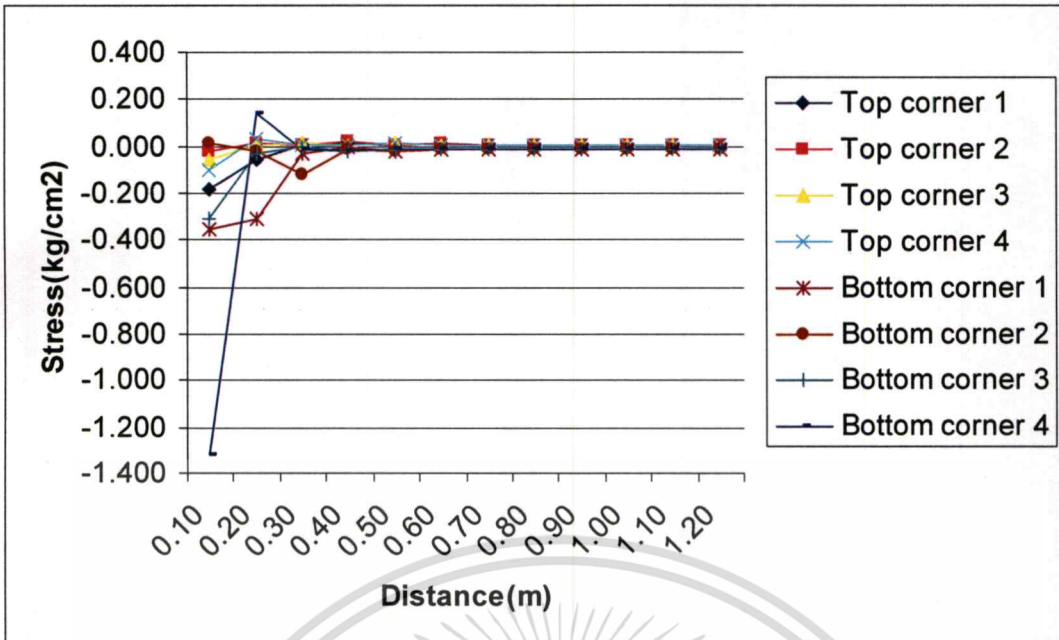
33.5 กก./ซม.² เมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน) จึงมีแนวโน้มสูงกว่า การแตกร้าวจะเกิดจากแรงบิดและเกิดในระหว่างการก่อสร้าง

ส่วนหน่วยแรงเฉือนสูงสุดนั้น(รูปที่ 4.29) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าหน่วยแรงหลักแล้ว (รูปที่ 4.21) จะเห็นได้ชัดเจนว่ามีค่าน้อยกว่ามากอย่างเห็นได้ชัดเจน แสดงว่าค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุดไม่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวอย่างแน่นอนในกรณีนี้

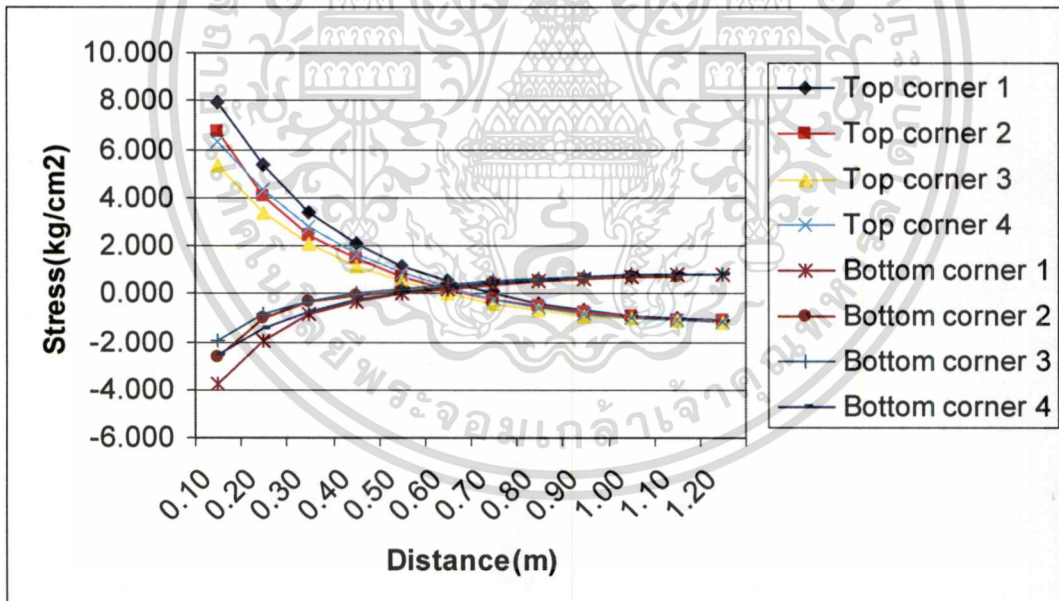
รูปข้างล่างแสดงการกระจายหน่วยแรงตามระยะในแนวทแยงจากมุมเสา หน่วยแรงใดที่ใกล้จะถึงหน่วยแรงบิดแตกร้าว จะมีเส้นแสดงหน่วยแรงบิดแตกร้าวเปรียบเทียบไว้ในรูปด้วย



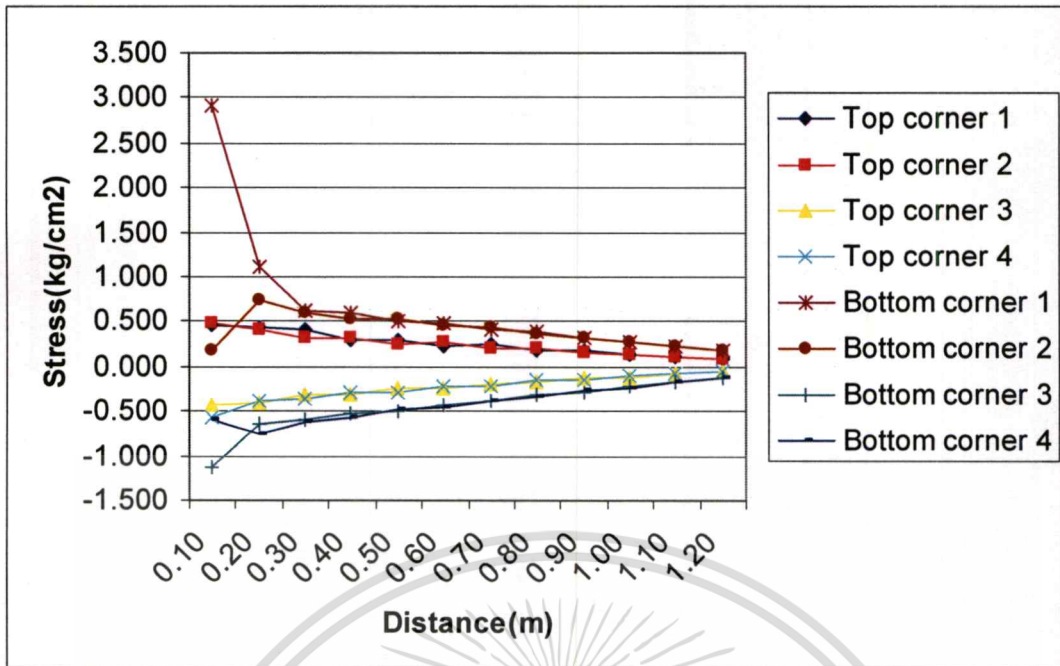
รูปที่ 4.15 - หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน X (สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)



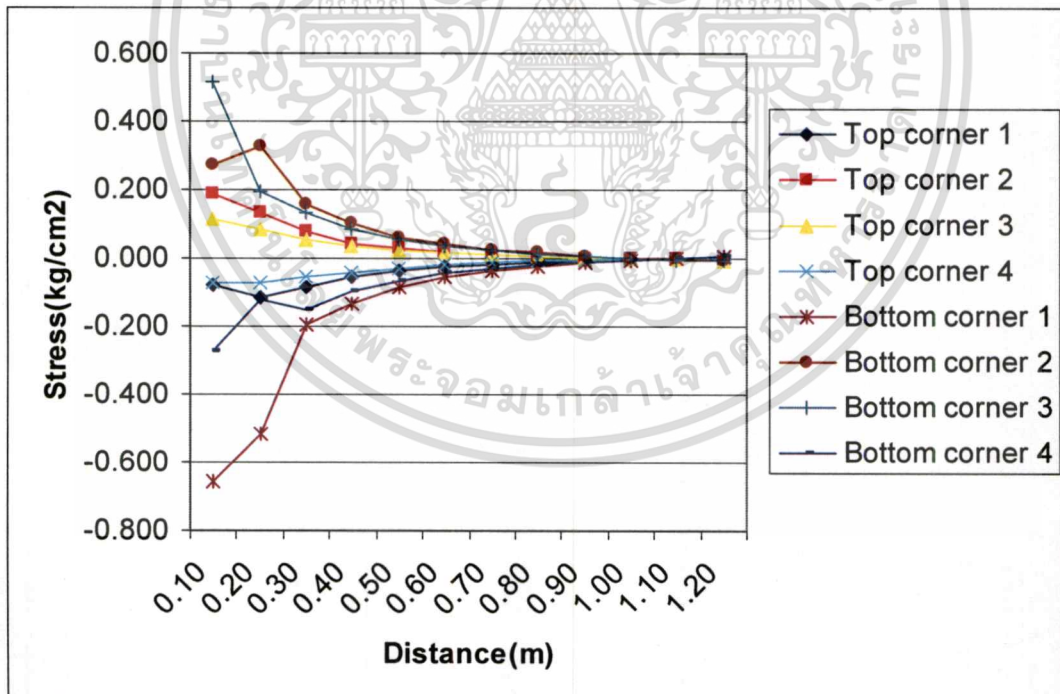
รูปที่ 4.16 - หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Y
(สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)



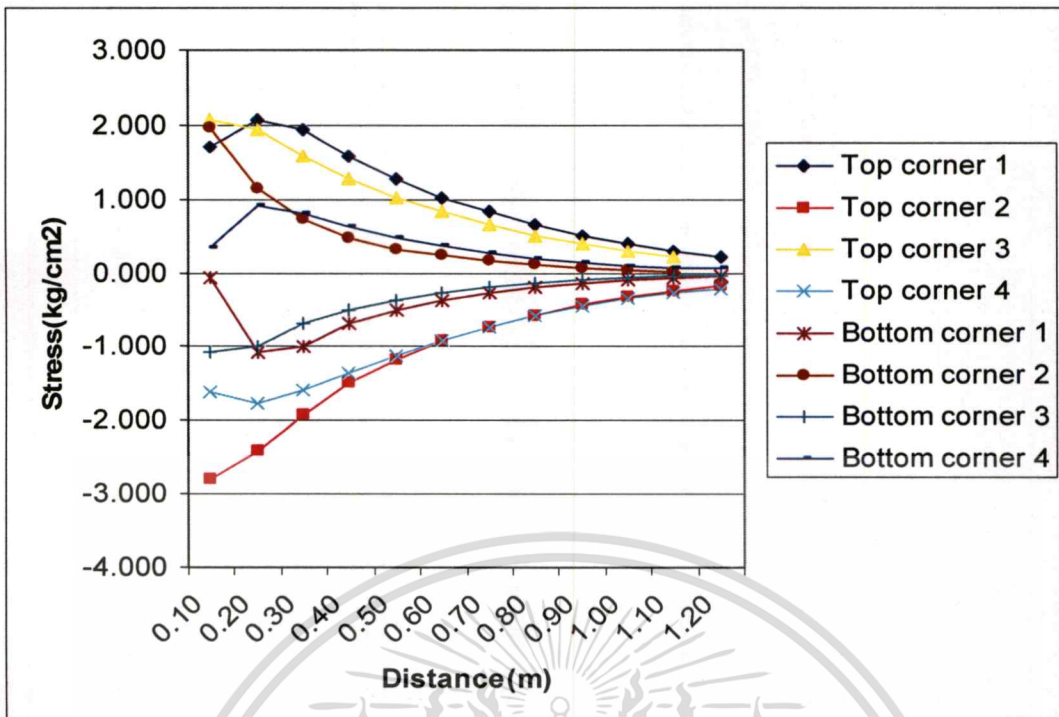
รูปที่ 4.17 - หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Z
(สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)



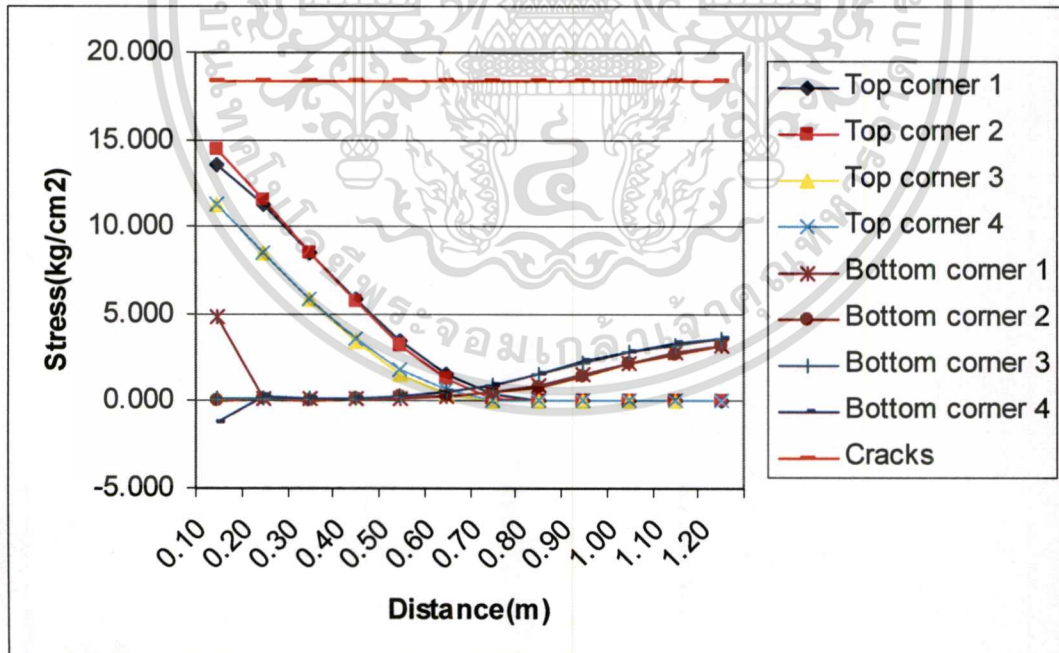
รูปที่ 4.18 - หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ X Y (สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)



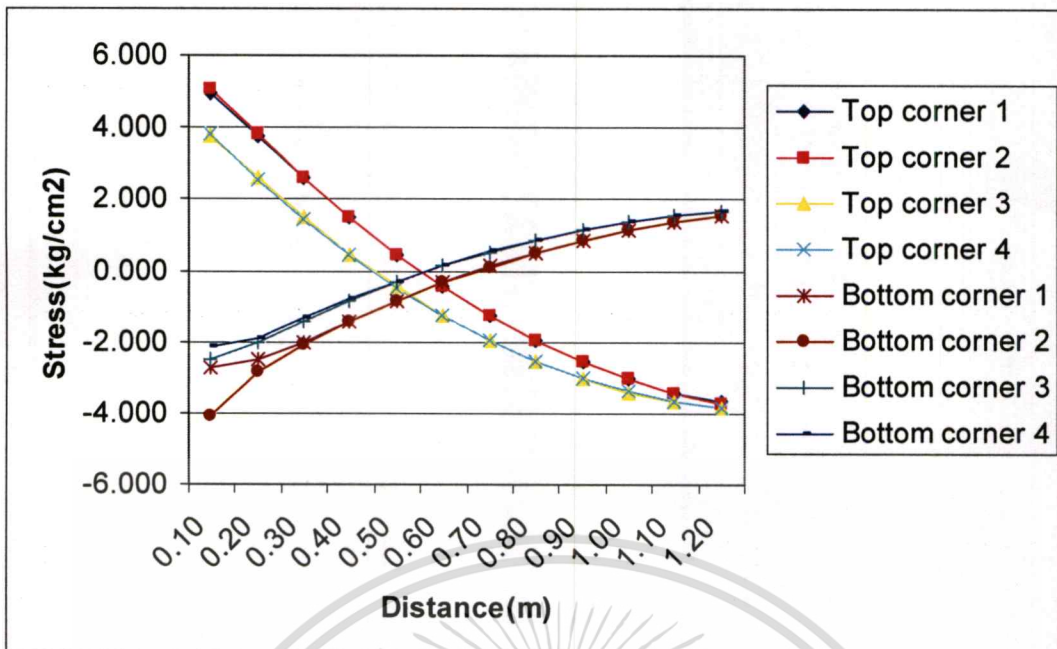
รูปที่ 4.19 - หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ YZ (สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)



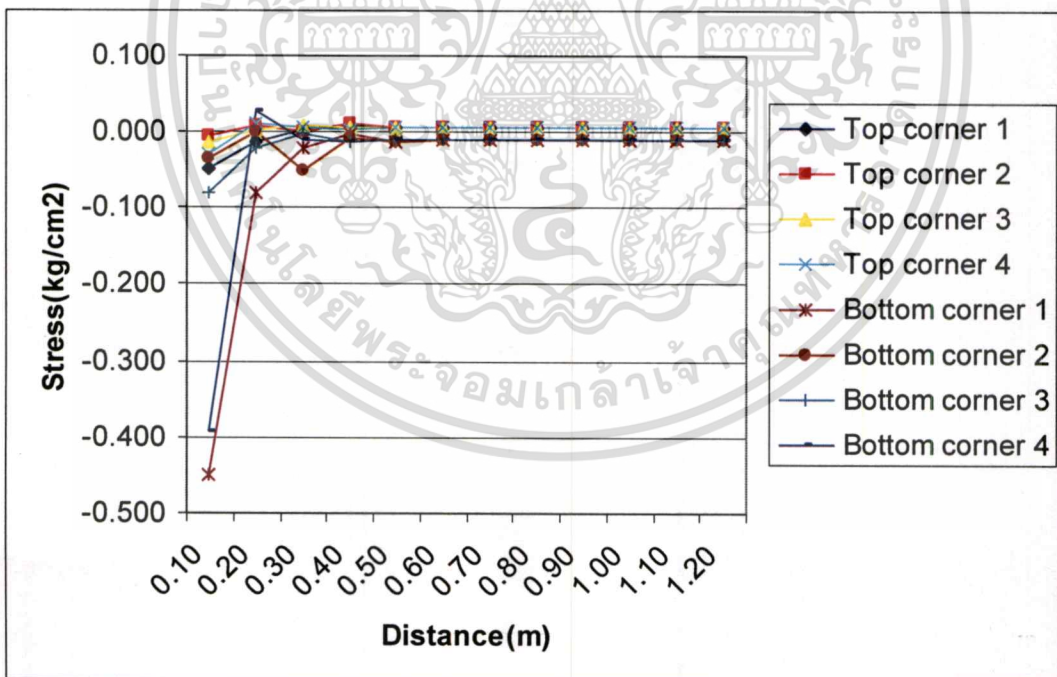
รูปที่ 4.20 - หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ ZX
(สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)



รูปที่ 4.21 - หน่วยแรงหลักที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้น
(สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)

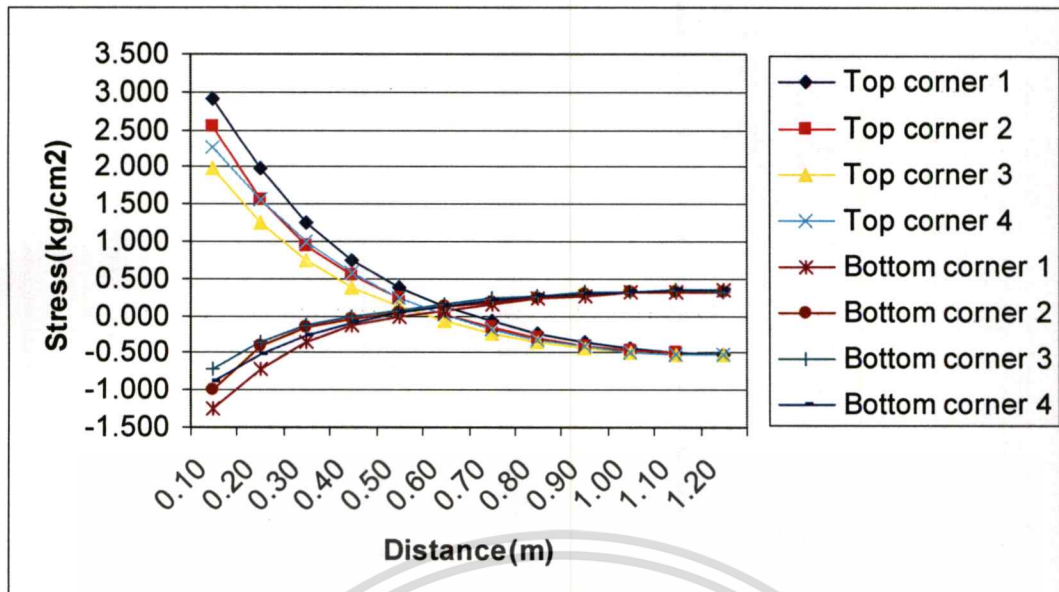


รูปที่ 4.22 - หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน X (สภาวะใช้งาน)

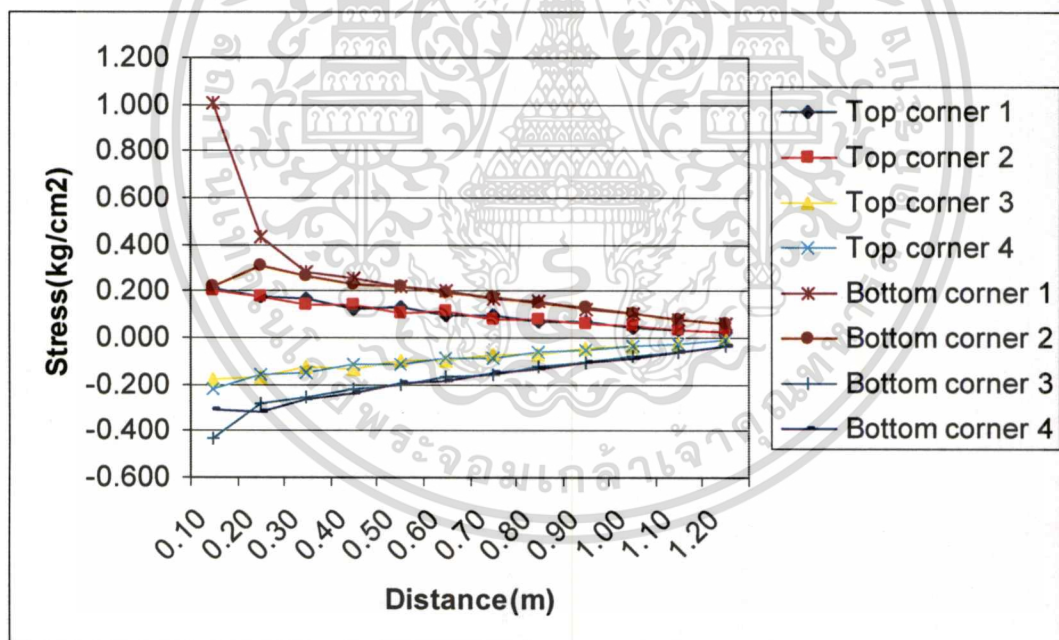


รูปที่ 4.23 - หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Y (สภาวะใช้งาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

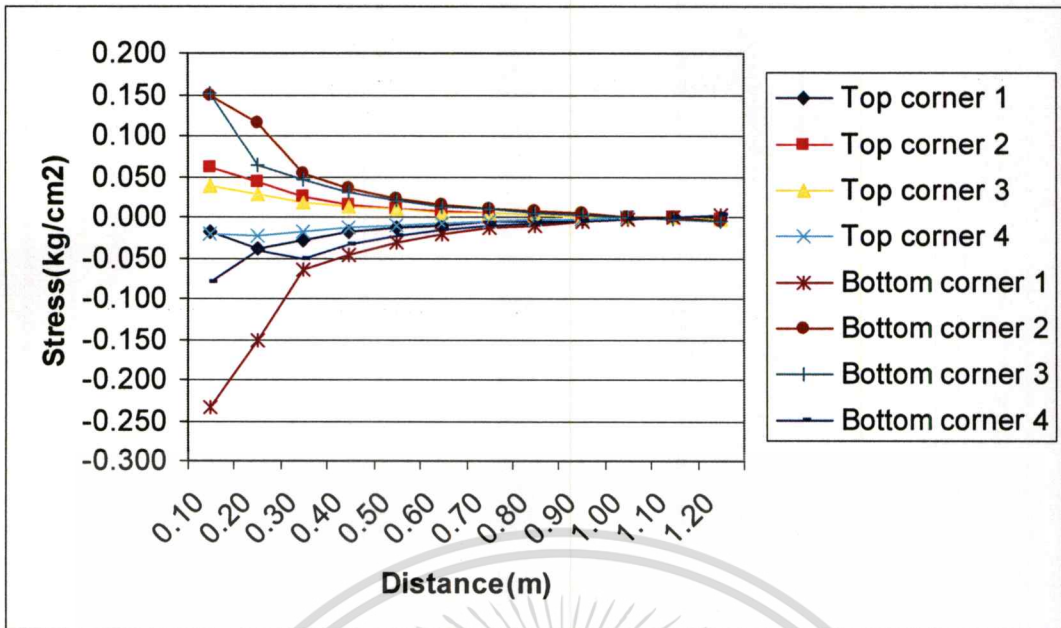


รูปที่ 4.24 - หน่วยแรงที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในแนวแกน Z (สภาวะใช้งาน)

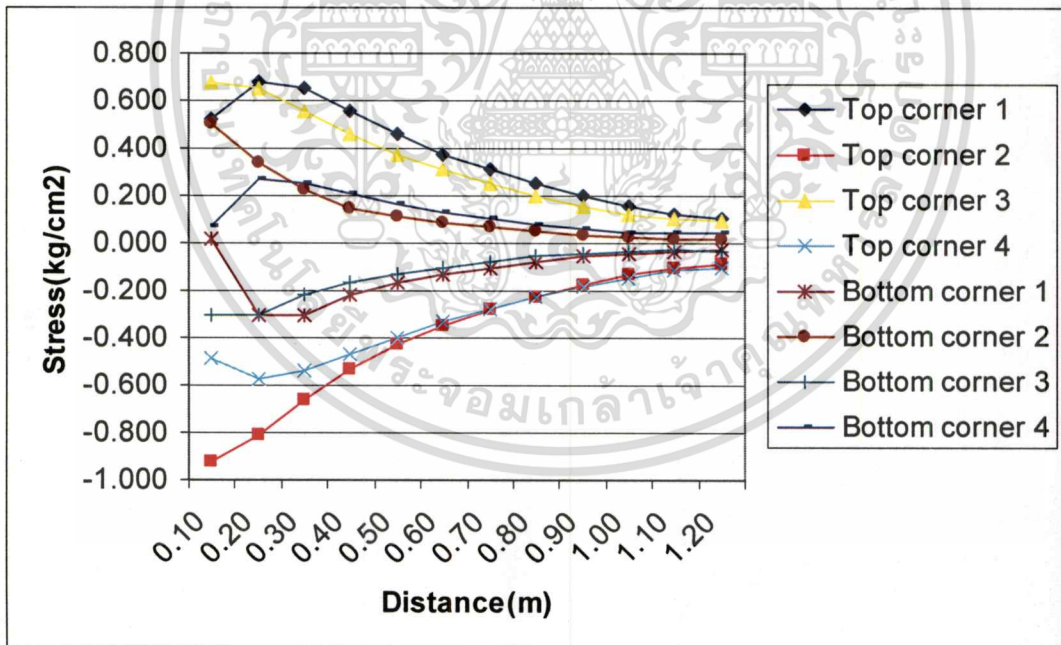


รูปที่ 4.25 - หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ XY (สภาวะใช้งาน)

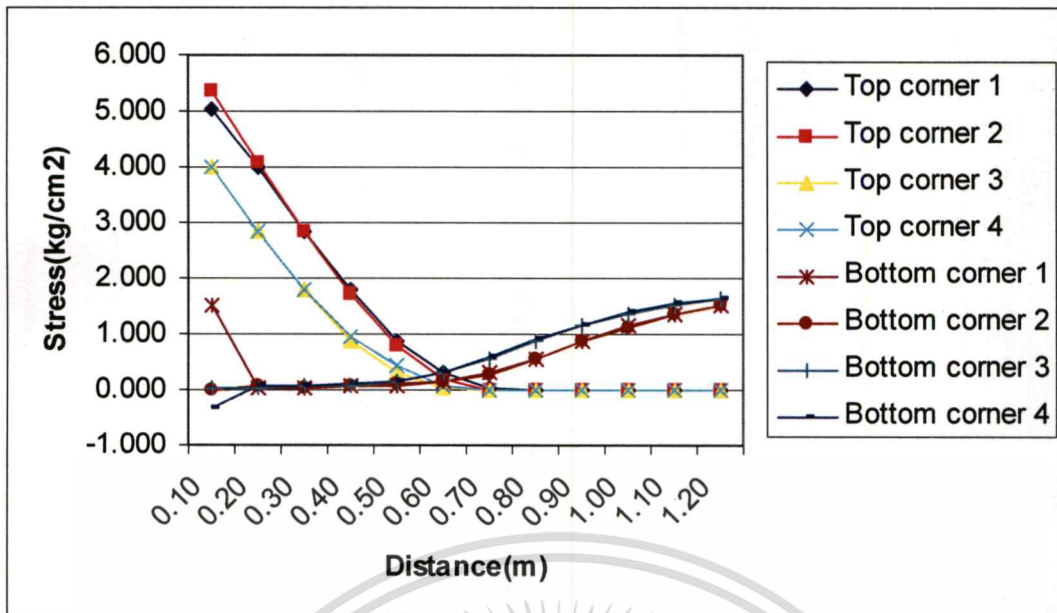
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



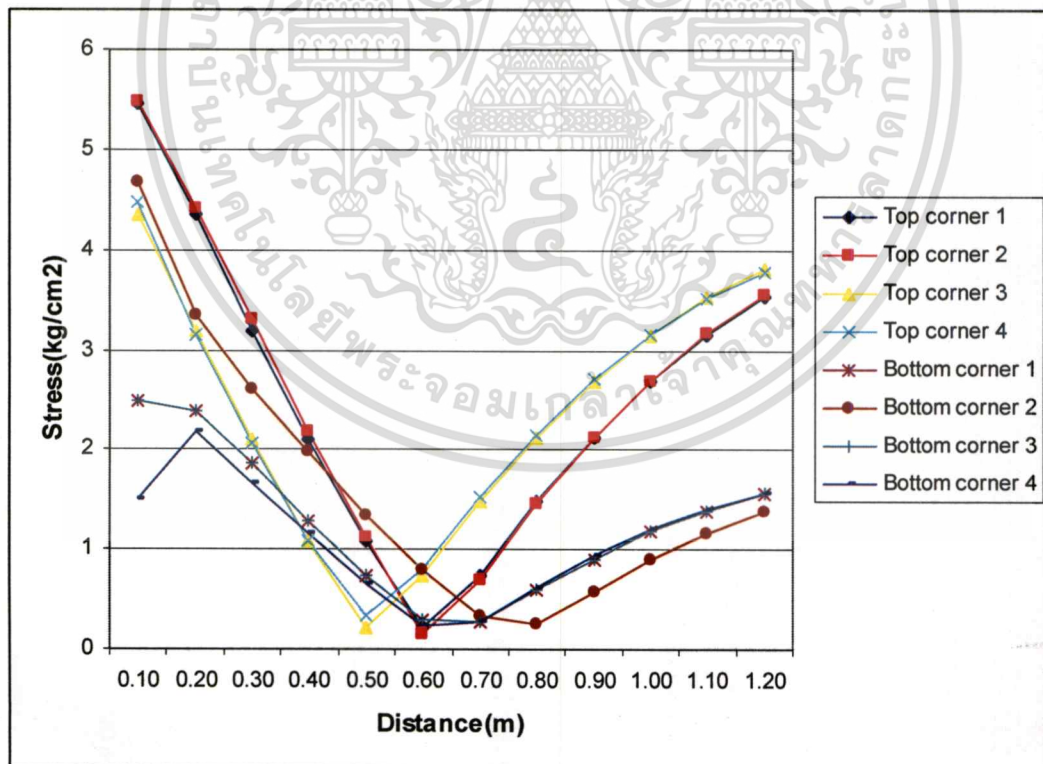
รูปที่ 4.26 - หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ YZ
(สภาวะใช้งาน)



รูปที่ 4.27 - หน่วยแรงเฉือนที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นในระนาบ ZX
(สภาวะใช้งาน)



รูปที่ 4.28 - หน่วยแรงหลักที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้น (สภาวะใช้งาน)



รูปที่ 4.29 - หน่วยแรงเฉือนสูงสุด (สภาวะระหว่างการก่อสร้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ในหัวข้อที่แล้ว ระบุว่า การแตกร้าวของแผ่นพื้นช่วงในที่มีความต่อเนื่องกัน บริเวณมุมเสา เกิดจากแรงบิดและเป็น ผลมาจากน้ำหนักบรรทุกซึ่งแผ่นพื้นจะต้องรับในการก่อสร้างพื้นชั้นถัดขึ้นไป

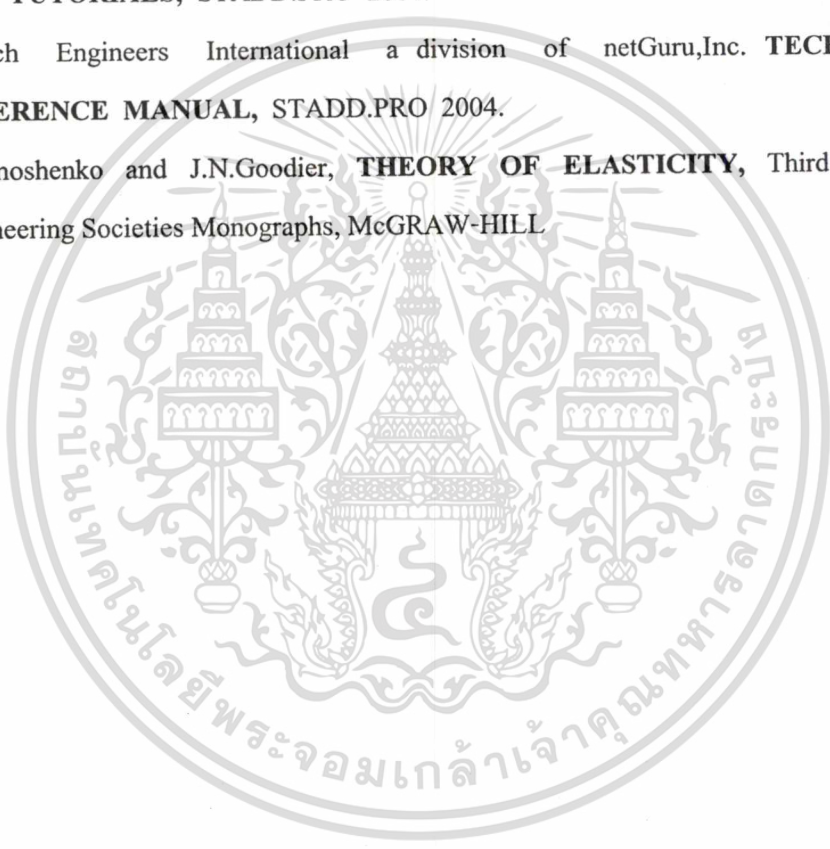
ถึงแม้ว่าในการก่อสร้างทั่วไปจะถอดไม้แบบและค้ำยันบางส่วนออกจากแผ่นพื้นหลังจากการเทคอนกรีตแล้วประมาณ 7 วัน โดยถือว่า ณ เวลานั้นคอนกรีตจะมีกำลังประมาณร้อยละ 80 ของกำลังที่ 28 วัน จึงพอจะรับน้ำหนักบรรทุกบางส่วนได้

ในอาคารที่ใช้ในการศึกษานี้ รอยแตกร้าวเกิดขึ้นเกือบทุกตำแหน่งในเสาภายในและเกิดขึ้นเกือบทุกชั้น ในการออกแบบโดยทั่วไปเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัดในแผ่นพื้นภายในน่าจะพอเพียงสำหรับการต้านแรงบิด ดังนั้นการแตกร้าวควรจะเกิดจากความผิดพลาดของขั้นตอนในการก่อสร้าง ได้แก่ การถอดแบบก่อนเวลา และการถอดค้ำยันออกในปริมาณที่มากจนทำให้แผ่นพื้นต้องรับน้ำหนักบรรทุกก่อนเวลาอันสมควร

บทเรียนจากอาคารนี้ คงจะทำให้ผู้รับเหมาและวิศวกรที่ปรึกษาควบคุมงาน ต้องเน้นการตรวจสอบตั้งแต่เริ่ม โครงการ เมื่อพบข้อผิดพลาด จะได้แก้ไขปรับปรุงขั้นตอนในการก่อสร้างได้ทันการ

บรรณานุกรม

- [1] Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon and Jose A. Pincheira, 2007. **REINFORCED CONCRETE DESIGN**, 7ed., John Willey & Sons, Inc.
- [2] ศรีกริช หิรัญมาศ, 2002. **คอนกรีตเสริมเหล็ก**, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [3] Research Engineers International a division of netGuru, Inc. **GETTING STARTED AND TUTORIALS**, STADD.PRO 2004.
- [4] Research Engineers International a division of netGuru, Inc. **TECHNICAL REFERENCE MANUAL**, STADD.PRO 2004.
- [5] S.P.Timoshenko and J.N.Goodier, **THEORY OF ELASTICITY**, Third edition, Engineering Societies Monographs, McGRAW-HILL.



ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. Atsanupong Promngam, Sikrit Hiranmas, Sakchai Skanupong, "A Case Study On Corner Craks In Rectangular Reinforced Concrete Slab," The 13th National Convention On Civil Engineering, pp. 369, Pattaya, Thailand, May 14-16, 2008.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13

THE 13th NATIONAL CONVENTION ON CIVIL ENGINEERING

วิศวกรรมโยธากายใต้ปรัชญา

เศรษฐกิจพอเพียง

14-16 พฤษภาคม 2551

ณ โรงแรม จอมเทียน งาม สิบ พักยา

ร่วมจัดโดย

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
และภาคีวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม



วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ในพระบรมราชูปถัมภ์



มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการแตกร้าวที่มุมของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
A CASE STUDY ON CORNER CRACKS IN RECTANGULAR REINFORCED
CONCRETE SLABS

อรรถนุพงษ์ พรหมงาม (Atsanupong Promngam)¹

ศรักริช หิรัญมาศ (Sikrit Hiranmas)²

ศักดิ์ชัย สกานพงษ์ (Sakchai Skanupong)³

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์ E-mail : tin_convers@hotmail.com

²รองศาสตราจารย์ E-mail : sikrit@hotmail.com

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ E-mail : kssakcha@kmitl.ac.th

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ : ในการตรวจสอบเพื่อการอนุมัติใช้งานของอาคารสำนักงานสูงห้าชั้นแห่งหนึ่งหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ ได้พบรอยแตกร้าวในระบบแผ่นพื้นของอาคารเกิดขึ้นที่บริเวณรอบเสาภายในซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นพื้นต่อเนื่องสี่ด้าน แทนที่จะเป็นตำแหน่งซึ่งมักจะเกิดในอาคารทั่วไป ซึ่งได้แก่ บริเวณรอบเสาหรือเสามุมของอาคารซึ่งแผ่นพื้นไม่มีความต่อเนื่อง โดยรอยแตกร้าวมีแนวทแยงยื่นออกมาจากมุมเสาทั้งสี่มุม รอยแตกร้าวนี้เกิดขึ้นรอบเสาภายในแทบทุกด้านและเกิดขึ้นแทบทุกชั้นของอาคาร รอยแตกร้าวเหล่านี้เป็นสิ่งที่ไม่ควรจะเกิดขึ้น ถ้าการออกแบบและการก่อสร้างเป็นไปตามมาตรฐาน งานวิจัยนี้จะศึกษาสาเหตุของการแตกร้าว โดยทำการวิเคราะห์หาหน่วยแรงภายในที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นด้วยโปรแกรม Finite Element ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งานและภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง นำหน่วยแรงเหล่านี้มาเปรียบเทียบกับหน่วยแรงคดงอที่อนุญาตที่จะทำให้เกิดการแตกร้าวในคอนกรีต และสร้างข้อสรุปถึงเหตุของการแตกร้าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาที่ต่อไปในอนาคต

ABSTRACT: During a routine structural integrity check for the issuance of the building use permit on a five-storey office building, several cracks were found in the concrete floor surrounding internal columns. This is a rather unusual location for floor crack since the common location for floor crack, if there is any, is either around the edge column or corner column where there is discontinuity in the floor slab. These cracks initiated from all four corners of the internal columns. They occurred in most of the internal columns and almost on every floor. These cracks can be avoided if the design and the construction procedure strictly follow the standard practice. This study aims to find the cause of the cracks. The floor system was analyzed utilizing a commercially available finite element program. Maximum internal stresses were found both under the service load and loads that may occur during the construction. These stresses were then compared to the theoretical cracking stresses in the concrete leading to the conclusion of the cause of the crack. The results of this study can be used for future reference and hopefully can be used to prevent future problems of this nature.

KEYWORDS : Floor Crack, Finite Element.

ประวัติผู้เขียน

นายอรรษนุพงษ์ พรหมงาม เกิดเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ.2526 ที่จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จ การศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม โยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 โดยในปี พ.ศ. 2550 ได้ทำงานในตำแหน่งวิศวกรโครงการ ของ บริษัทเอกชนแห่งหนึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้