



การศึกษาการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

A study of static load test for building.

นาย กมลชัย สมิตินิลป์ 36014002

นาย จงสิทธิ์ สุขุมจริยพงศ์ 36014063

วัน เดือน ปี..... ๗ ต.ค ๒๕๖๑
เลขทะเบียน..... 038453
เลขเรียกหนังสือ..... T 94448 กว.๖๖

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 038453

A STUDY OF STATIC LOAD TEST FOR BUILDING

MR.KAMONCHAI SAMITISILP 36014002

MR.CHONGSIN SOOKOOMJARIYAPONG 36014063



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1996

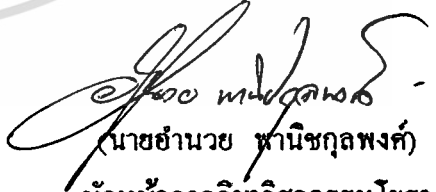
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของ โครงสร้างอาคาร
A Study of Static Load Test for Building
นักศึกษา นาย กมลชัย สมิตินิลปี รหัสประจำตัว 36014002
นาย จงศิลป์ สุขุมจริยพงศ์ รหัสประจำตัว 36014063
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศักดิ์ชัย สกานพงษ์

คณะกรรมการสอบหัวข้อ โครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ	
อาจารย์ เกษม อมันตกุล	
อาจารย์ ศักดิ์ชัย สกานพงษ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว


นายอำนวยการ พานิชกุลพงศ์
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ.

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

A study of static load test for building.

นักศึกษา นายกมลชัย สมิตีศิลป์ รหัสประจำตัว 36014002

นายจงศิลป์ สุขุมจริยพงศ์ รหัสประจำตัว 36014063

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานูพงษ์

บทคัดย่อ

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการประเมินกำลังของ โครงสร้างเดิมที่มีอยู่ ซึ่งปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทดสอบแบบ Static Load Test ที่กระทำต่อ โครงสร้างพื้น , คาน , เสาและฐานราก แล้วทำการวิเคราะห์ผลตามมาตรฐาน ACI และ ASTM สำหรับส่วนของโครงสร้างที่ไม่สามารถทดสอบด้วยวิธี Static Load Test ก็ได้ทำการเลือกวิธีประเมินกำลังของ โครงสร้างแบบอื่นๆ เช่น การทดสอบแบบใช้คลื่น Ultrasonic , การใช้เครื่องมือ Schmidt Hammer , การเจาะทดสอบ (Coring) และการดึงเหล็ก (Tensile Of Steel)

Abstract

One of strength evaluation of existing structure method is a static load test for building. This project concerns about the study of a test of static load test which effects to a basic structure , slab , beam , column and foundation the result is then analyzed referred to ACI and ASTM standard. A ultrasonic , Schmidt Hammer , Coring and Tensile of steel testing are used when a static load test is not appropriate for such structure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มิสามารถเกิดจากกลุ่มผู้เขียนเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น แต่ยังมีอีกหลายคณาจารย์อีกหลายท่านซึ่งมีส่วนช่วยเหลือให้คำแนะนำ คำปรึกษาตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดีตลอดมา จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ

อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานพวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน

ผศ.เอก ศิริพานิชกร อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ผู้จัดทำโครงการพิเศษ

นายกมลชัย สมิตินิลปี

นายจงศิลป์ สุขุมจริยพงศ์

III

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
บทที่ 2. การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของ โครงสร้างอาคาร	
2.1 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของ โครงสร้างพื้นและคาน	3
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบ	6
2.3 การหาตำแหน่งทดสอบ	7
2.4 การคำนวณหาหน้าหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบ	10
2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	12
2.6 ขั้นตอนการทดสอบ	13
2.7 การบันทึกผลการทดสอบ	16
2.8 เกณฑ์ในการสรุปผลการทดสอบ	23
บทที่ 3. การวิเคราะห์และตรวจสอบ โครงสร้างเสา	
3.1 การทดสอบความแข็งแรงของ โครงสร้างเสา	24
3.2 ลำดับขั้นตอนในการทดสอบ โครงสร้างเสา	24
3.3 การวิเคราะห์การรับน้ำหนักของเสา เนื่องจากการทดสอบ การรับน้ำหนักบรรทุกของ โครงสร้างอาคาร	41
3.4 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักที่ลงเสาคด้วยโปรแกรม Microfeap II	43
3.5 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง Dial Gauge ที่ตำแหน่งที่มี Deflection มากที่สุด ของคานด้วยโปรแกรม Microfeap II	51
บทที่ 4. การทดสอบอื่นๆ ที่ใช้หาความแข็งแรงของ โครงสร้าง	
4.1 การทดสอบหาค่าลึงด่างทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต ที่เจาะมาจากส่วนของ โครงสร้าง (Drilled Cores)	52
4.2 การทดสอบหาแรงดึงของเหล็กเสริม (Tensile of steel)	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5. สรุปการศึกษาการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

58

ภาคผนวก ก. พิกัดสูตร $w'_s = \frac{wS}{3}$

ภาคผนวก ข. พิกัดสูตร $w'_L = \frac{wS}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$

ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Microfeap II

บรรณานุกรม



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการก่อสร้างในปัจจุบันต้องการความประหยัดด้านราคาค่าก่อสร้างและด้านเวลาในการก่อสร้างซึ่งปัจจัยทั้ง 2 ข้อนี้อาจก่อให้เกิดปัญหาในการก่อสร้างโครงสร้างของอาคารได้ ตัวอย่างเช่น เร่งเทคอนกรีตโครงสร้างให้เสร็จตามกำหนด โดยอาจไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่างลูกปูนเพื่อทดสอบกำลังคอนกรีต การควบคุมงานเทคอนกรีตไม่ดีพอ ผู้รับเหมาสั่งเทคอนกรีตโครงสร้างก่อนได้รับอนุญาตจากวิศวกร ผู้ควบคุมงาน หรือ วิศวกรผู้ควบคุมงานมีความสงสัยในการรับกำลังของโครงสร้างที่ทำการก่อสร้างไปแล้ว เป็นต้น นอกจากนี้อาคารที่มีปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วข้างอาจมีอาคารเก่าที่ได้ดัดแปลงหรือซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ ซึ่งอาคารเหล่านี้อาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้หากทำการเปิดใช้งาน ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบซึ่งวิธีในการตรวจสอบวิธีหนึ่ง ได้แก่ การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกโครงสร้างอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสภาพความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคารได้อย่างปลอดภัย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาถึงขั้นตอนและวิธีการในการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร
- 1.2.3 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์แรง (น้ำหนัก) ที่จะเกิดขึ้นกับส่วนของโครงสร้างอาคารเนื่องจากการบรรทุกน้ำหนักทดสอบ

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

ในการศึกษาการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร โดยทำการศึกษาในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 การประเมินกำลังของโครงสร้างที่มีอยู่เดิม (Strength Evaluation of Existing Structure)

การประเมินกำลังของโครงสร้างที่มีอยู่เดิม โดยทำการบรรทุกน้ำหนักทดสอบบนโครงสร้างที่จะต้องการประเมินกำลัง และมีเกณฑ์ในการตรวจสอบว่าโครงสร้างนั้นมีความแข็งแรงเพียงพอในการรับน้ำหนัก

1.3.2 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design)

เนื่องจากโครงสร้างของอาคารจะประกอบด้วยส่วนของโครงสร้างต่าง ๆ เช่น พื้น คาน เสา เป็นต้น โครงสร้างเหล่านี้ต้องรับน้ำหนักเนื่องจากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก ดังนั้นต้องคำนวณเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทดสอบน้ำหนักบรรทุกกับค่าน้ำหนักที่โครงสร้างนั้นรับได้ในการออกแบบและพิจารณาหน้าตัดของ โครงสร้างที่ออกแบบไว้แล้วเพื่อหาแรงที่หน้าตัดนั้นสามารถรับได้

1.3.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Analysis)

ใช้ในการวิเคราะห์หาแรงที่ถ่ายจากคานลงเสาเพื่อวิเคราะห์แรงที่ถ่ายลงเสา

1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1.4.1 ทำการศึกษาสภาพความปลอดภัยของการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร โดยมีเกณฑ์ในการตรวจสอบและสรุปผลที่ได้จากการตรวจสอบอย่างไร

1.4.2 ทำการศึกษาโดยอ้างอิงตามมาตรฐานการทดสอบตามข้อกำหนดของ American Concrete Institute (ACI) และ มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

1.4.3 ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาแรงที่เกิดจากการบรรทุกน้ำหนักทดสอบ เพื่อพิจารณาวิเคราะห์แรงที่ลงโครงสร้างเสา และอาศัยการวิเคราะห์โครงสร้างจากโปรแกรม Microfeap I และ Microfeap II

บทที่ 2

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

2.1 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างพื้นและคาน

จากข้อกำหนดของ ACI BUILDING CODE (ACI 318) ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา กำหนดใช้สัญลักษณ์ต่าง ดังนี้

- a = ระยะแอนตัวสูงสุดภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่ทดสอบขององค์อาคาร โดยวัดเทียบจากเส้นที่เชื่อมปลายของช่วงคาน หรือของปลายอิสระของคานยื่น โดยให้วัดเทียบจากที่รองรับ (ชม.)
- D = น้ำหนักบรรทุกคงที่หรือ โมเมนต์และแรงภายในที่เกี่ยวข้อง
- h = ความหนาทั้งหมดขององค์อาคาร (ชม.)
- l_u = ช่วงขององค์อาคารภายใต้การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก (ช่วงที่สั้นกว่าของแผ่นพื้นไร้คานและของแผ่นพื้นที่มีที่รองรับทั้ง 4 ด้าน) ช่วงขององค์อาคาร ยกเว้นที่ให้ไว้ในข้อ 4(ด) คือระยะระหว่างศูนย์กลางของที่รองรับหรือระยะว่างระหว่างที่รองรับบวกความลึกขององค์อาคาร โดยให้เลือกใช้ค่าที่น้อยกว่า (ชม.)
- L = น้ำหนักบรรทุกจร หรือ โมเมนต์และแรงภายในที่เกี่ยวข้อง

1. การประเมินกำลังทั่วไป

เมื่อมีความไม่แน่ใจเกี่ยวกับความปลอดภัยของ โครงสร้างหรือองค์อาคาร และ/หรือผลการทดสอบตามข้อกำหนดข้อที่ 1 ยืนยันว่าคอนกรีตมีกำลังต่ำและการคำนวณชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกลดลงอย่างชัดเจน วิศวกรอาจสั่งให้ทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก (สำหรับการอนุมัติของระบบพิเศษของการคำนวณออกแบบ หรือการก่อสร้างให้คู่ข้อกำหนดที่ 2)

ข้อกำหนดข้อที่ 1

ถ้ากำลังอัดของแต่ละแท่งของคอนกรีตที่เจาะมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของ f_c' และค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่เจาะได้เฉลี่ยจาก 3 แท่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของ f_c' ให้ถือว่าโครงสร้างนั้นมีความแข็งแรงเพียงพอ

ข้อกำหนดข้อที่ 2

การพิจารณารับรองการคำนวณออกแบบหรือการก่อสร้างระบบพิเศษ ในการคำนวณออกแบบหรือการก่อสร้างงานคอนกรีตที่ครอบคลุมโดยมาตรฐานนี้วิศวกรมีสิทธิ์ที่จะเสนอวิเคราะห์การคำนวณออกแบบหรือการก่อสร้างที่แตกต่างจากมาตรฐานนี้ได้ แต่ต้องแสดงผลการใช้งานหรือการวิเคราะห์การทดสอบที่ได้ผลสำเร็จอย่างเพียงพอต่อคณะกรรมการซึ่งแต่งตั้งขึ้นโดยหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง. คณะกรรมการนี้ประกอบด้วยวิศวกรที่มีความชำนาญ มีอำนาจที่จะพิจารณาข้อมูลที่เสนอมาได้ มีอำนาจสั่งให้ทำการทดสอบและกำหนดกฎเกณฑ์ที่เกี่ยวกับการคำนวณออกแบบ รวมทั้งการก่อสร้างตามระบบนั้นๆ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานนี้ กฎเกณฑ์เหล่านี้เมื่อได้รับการรับรองโดยหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องดังกล่าวและพิมพ์ออกเผยแพร่แล้วให้มีผลบังคับใช้เสมือนเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน

2. การตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ทั่วไป

(ก) ถ้าการประเมินกำลังกระทำโดยการวิเคราะห์ ต้องตรวจสอบในสนามอย่างทั่วถึงเกี่ยวกับมิติและรายละเอียดขององค์อาคาร คุณสมบัติต่างๆของวัสดุ และสภาวะต่างๆ ที่ตรงกับโครงสร้างที่ก่อสร้างจริง

(ข) การวิเคราะห์ซึ่งอาศัยพื้นฐานการตรวจสอบตามข้อ 2(ก) ต้องเป็นไปตามความต้องการของวิศวกร โดยที่ตัวคุณน้าหน้ากบรทุกต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและความมุ่งหมายของมาตรฐานนี้ดูข้อ 6

3. การทดสอบการรับน้ำหนักบรทุกทั่วไป

(ก) ถ้าการประเมินกำลังกระทำโดยการทดสอบการรับน้ำหนักบรทุก ต้องมีวิศวกรที่มีคุณสมบัติ และเป็นที่ยอมรับของทางราชการหรือสถาบันที่เชื่อถือได้เป็นผู้ควบคุมการทดสอบนี้

(ข) การทดสอบการรับน้ำหนักบรทุกไม่สามารถกระทำได้นจนกว่า ส่วนของโครงสร้างที่จะรับน้ำหนักบรทุกมีอายุไม่น้อยกว่า 56 วัน (8 สัปดาห์) เว้นแต่เมื่อเจ้าของอาคาร , ผู้รับเหมา และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายเห็นพ้องต้องกันว่า ยอมให้ทำการทดสอบอาคาร ได้ก่อนกำหนด

(ค) เมื่อมีการทดสอบการรับน้ำหนักบรทุกของ โครงสร้างส่วนที่มีปัญหา ต้องทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรทุกอย่างเพียงพอในบริเวณที่สงสัยว่าจะมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ

(ง) ให้ใส่น้ำหนักบรทุกที่จะให้ผลเหมือนกับส่วนน้ำหนักบรทุกคงที่ที่ไม่ได้กระทำต่อโครงสร้างส่วนนั้น ให้ครบตามสภาพใช้งานจริง (ไม่ต้องคูณด้วยตัวคุณน้าหน้าก) ก่อนหน้าที่จะใส่น้ำหนักบรทุกทดสอบ 48 ชั่วโมง และต้องคงน้ำหนักไว้จนกว่าการทดสอบจะสิ้นสุดลง

4. การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกขององค์อาคารรับแรงคด

(ก) เมื่อมีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกขององค์อาคารรับแรงคดซึ่งรวมถึงคานและแผ่นพื้น ให้ใช้ข้อกำหนดเพิ่มเติมตามข้อ 4

(ข) ต้องอ่านค่าเริ่มแรก (ตำแหน่งที่กำหนดสำหรับการวัดค่าการแอ่นตัว) ทันทีก่อนการใส่น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

(ค) ส่วนของ โครงสร้างที่เลือกไว้สำหรับการทดสอบน้ำหนักบรรทุกต้องรับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดซึ่งรวมถึงน้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ได้กระทำอยู่แล้วเทียบเท่ากับ $0.85 (1.4D + 1.7 L)$ การหาค่า L ต้องรวมถึงการลดน้ำหนักบรรทุกจรรยาที่ยอมให้ข้อบัญญัติอาคารที่ใช้

(ง) ให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุกทดสอบไม่น้อยกว่า 4 ชั้นเท่าๆ กันโดยประมาณ โดยไม่ให้เกิดการกระแทกต่อ โครงสร้างและในลักษณะที่หลีกเลี่ยงการถ่ายน้ำหนักภายในวัสดุที่ใช้เป็นน้ำหนักบรรทุกทดสอบอันจะทำให้การกระจายของน้ำหนักบรรทุกบนองค์อาคารไม่สม่ำเสมอเนื่องจากพฤติกรรมอาร์ชจึง

(จ) หลังจากที่น้ำหนักบรรทุกทดสอบถูกทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว ให้บันทึกการแอ่นตัวเริ่มแรก

(ฉ) ให้ถอนน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกทันทีหลังจากทำบันทึกการแอ่นตัวเริ่มแรกแล้ว และให้บันทึกการแอ่นตัวสุดท้ายเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงหลังจากที่ถอนน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกหมดแล้ว

(ช) ถ้าส่วนของ โครงสร้างที่ได้ทำการทดสอบปรากฏสภาพการวิบัติให้เห็นด้วยตาเปล่า ให้ถือว่าโครงสร้างส่วนที่ทำการทดสอบนี้ไม่ผ่านการทดสอบและไม่อนุญาตให้มีการทดสอบโครงสร้างส่วนนี้ซ้ำ

(ซ) ถ้าส่วนของ โครงสร้างที่ได้ทำการทดสอบและไม่ปรากฏสภาพการวิบัติให้เห็นด้วยตาเปล่าแล้ว ให้ถือว่าโครงสร้างส่วนที่ทำการทดสอบนี้ผ่านการทดสอบ โดยต้องเป็นไปตามเกณฑ์ต่อไปนี้

1. ระยะแอ่นสูงสุดที่วัดได้ a ของคาน พื้นหรือหลังคามีน้อยกว่า $L^2/(20,000 h)$

2. ระยะแอ่นสูงสุดที่วัดได้ a ของคาน พื้นหรือหลังคามีค่ามากกว่า $L^2/(20,000 h)$ แล้วค่าการคืนตัวภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากถอนน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกหมดแล้ว อย่างน้อยที่สุดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของระยะแอ่นสูงสุด

(ฌ) ในข้อ 4(ซ)1 และข้อ 4(ซ)2 ให้ถือว่า L ขององค์อาคารอื่นมีค่าเป็น 2 เท่าของระยะจากที่รองรับไปยังปลายอื่น และต้องปรับระยะแอ่นเมื่อที่รองรับมีการเคลื่อนตัว

(ญ) องค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีค่าการคืนตัวน้อยกว่าร้อยละ 75 ของระยะแอ่น ตามที่ข้อกำหนดในข้อ 4(ซ)2 อาจทำการทดสอบซ้ำได้โดยให้ทดสอบได้ภายหลัง 72 ชั่วโมงหลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถอนน้ำนักทดสอบครั้งแรกออกหมดแล้วและให้ถือว่าโครงสร้างส่วนที่ทำการทดสอบใหม่นี้ผ่านการทดสอบถ้า

1. โครงสร้างส่วนที่ได้ทำการทดสอบนี้ไม่ปรากฏสภาพการวิบัติให้เห็นด้วยตาเปล่าในการทดสอบนี้
2. ค่าการคืนตัวเนื่องจากน้ำนักทดสอบครั้งที่ 2 อย่างน้อยที่สุดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของระยะแอ่นสูงสุดในการทดสอบครั้งที่ 2

5. องค์อาคารอื่นนอกเหนือจากองค์อาคารรับแรงค้ำ

องค์อาคารอื่นนอกเหนือจากองค์อาคารรับแรงค้ำแล้ว ควรเลือกวิธีการตรวจสอบโดยการวิเคราะห์

6. ข้อกำหนดสำหรับอัตราน้ำนักบรรทุกที่ต่ำกว่า

ถ้าโครงสร้างที่ตรวจสอบไม่เป็นไปตามเงื่อนไขหรือเกณฑ์ในข้อ 2 ข้อ4(ง) หรือข้อ4(ญ) อาจอนุญาตให้ใช้โครงสร้างที่อัตราน้ำนักบรรทุกต่ำกว่าได้ โดยอาศัยผลของการทดสอบการรับน้ำนักบรรทุกหรือการวิเคราะห์ถ้าได้รับการอนุญาตจากวิศวกร

7. ความปลอดภัย

(ก) การทดสอบการรับน้ำนักบรรทุกต้องกระทำในลักษณะที่ให้ความปลอดภัยต่อชีวิตและโครงสร้างในระหว่างการทดสอบ

(ข) มาตรการการรักษาสภาพความปลอดภัยต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อวิธีการทดสอบการรับน้ำนักแบบทุก หรือมีผลกระทบต่อการทดสอบ

2.2 ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบ

1. แบบแปลนและแบบโครงสร้างของตัวอาคาร

2. ขนาดของ โครงสร้างของตัวอาคาร

2.1 ความหนาของพื้น

2.2 ขนาดของหน้าตัดคาน

2.3 ขนาดหน้าตัดเสา

2.4 ขนาดของฐานราก และชนิดของฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาพของโครงสร้างอาคาร ณ สถานที่จริงว่า มีลักษณะเป็นอย่างไร ทำการสำรวจและจดบันทึกลักษณะต่างๆ ลงในแบบแปลน เช่น แนวกำแพงหรือสิ่งอื่นที่อาจทำการก่อสร้างเพิ่มเติม เป็นต้น

4. ประเภทของอาคาร และการแบ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคาร เช่น เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และมีชั้นจอดรถ 2 ชั้น เป็นต้น ซึ่งจะนำข้อมูลเหล่านี้ มาหาคำนำน้หนักบรรทุกของพื้นที่แต่ละพื้นที่ของอาคาร

2.8 การหาตำแหน่งทดสอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคารจะกระทำกับส่วนของโครงสร้างที่มีความเสี่ยงในความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุก ที่อาจมีสาเหตุมาจาก

- 1.คุณภาพของวัสดุของ โครงสร้างอาจตรวจพบว่าย่ำกว่ามาตรฐาน เช่น คอนกรีต , เหล็กเสริม ฯลฯ
- 2.การทำงานไปก่อนโดยพลการ ไม่ได้ได้รับความเห็นชอบจากผู้ที่เกี่ยวข้อง (วิศวกรผู้ควบคุมงาน)
- 3.มาตรฐานการทำงานต่ำจนสงสัยว่าคุณภาพงานที่ได้หรือ โครงสร้างจะไม่ได้เท่าที่ ควร ขาดการควบคุม คุณภาพและการดูแลเอาใจใส่ในการดำเนินงานก่อสร้าง
- 4.การคำนวณชี้ให้เห็นว่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของอาคารลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนจากการวิเคราะห์ และทำการพิจารณาข้อมูลที่ได้ออกมาแล้วในข้างต้น ทำให้ต้องทำการตรวจสอบและวิเคราะห์โครงสร้างของอาคารที่มีความเสี่ยงในความสามารถในการรับน้ำหนักดังนี้

4.1 ตรวจสอบสภาพของโครงสร้างอาคารดังกล่าว ณ สถานที่จริง โดยพิจารณาดังนี้

4.1.1 ลักษณะของโครงสร้าง รูปร่างเป็นอย่างไร

4.1.2 ขนาดจริงของโครงสร้าง

4.1.3สภาพของผิวโครงสร้าง เช่น มีรอยร้าวขนาดเท่าไร , มีส่วนที่เกิดความเสียหายอยู่แล้วหรือไม่ ฯลฯ

4.2 คำนวณวิเคราะห์หาคำน้หนักที่โครงสร้างจะต้องรับ โดยพิจารณาจากค่าน้หนักบรรทุกคงที่และค่าน้หนักบรรทุกจร

4.3 หากโครงสร้างที่มีปัญหาบริเวณกว้างมาก ให้ทำการวิเคราะห์หาโครงสร้างที่น่าจะเกิดความเสียหายขึ้นได้ (Critical) โดยทำการพิจารณาจากค่าน้หนักที่โครงสร้างรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหน้าตัดเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ถ่ายจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ และน้ำหนักบรรทุกจร (จากข้อ 4.2) ว่าโครงสร้างส่วนใดของบริเวณกว้างที่ทำการพิจารณานั้นจะไม่ปลอดภัยในการรับน้ำหนัก โดยจะสรุปและทำการวิเคราะห์ ดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างพื้น

1) หาค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจากสูตร

$$M = CwS^2$$

2) หาค่าโมเมนต์ที่หน้าตัดพื้นและปริมาณเหล็กเสริมในพื้นที่สามารถรับได้ จากสูตร

$$M = Rbd^2$$

3) นำค่าโมเมนต์ในข้อ 1) และ ข้อ 2) มาเปรียบเทียบกับ กัน ดังนี้ คือ พื้นช่วงใดที่มีค่าของผลต่างระหว่างโมเมนต์ในข้อ 1) และ ข้อ 2) น้อย แสดงว่า พื้นช่วงนั้นจะมีเปอร์เซ็นต์เค้นในการออกแบบน้อยกว่าพื้นช่วงอื่นๆ ดังนั้นพื้นช่วงนี้เป็นพื้นที่ที่มีความปลอดภัยน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับพื้นช่วงอื่นๆ ซึ่งควรที่จะเลือกทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกบริเวณพื้นช่วงนี้

สูตร $M = CwS^2$

สัญลักษณ์

M = โมเมนต์ค้ดในแถบกลางของแผ่นพื้น (กก.-ม.)

C = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในแต่ละทิศทาง (ช่วงสั้น, ช่วงยาว) สำหรับแผ่นพื้นแบบเสริมเหล็กสองทางซึ่งขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของแผ่นพื้น (5 กรณี) และอัตราส่วน m

m = อัตราส่วนของความยาวด้านสั้นต่อความยาวด้านยาว

w = น้ำหนักบรรทุกรวมซึ่งแผ่สม่ำเสมอบนแผ่นพื้น กก./ม² ซึ่งมีค่าเท่ากับ D+L

D = น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) (กก./ม.²) มีค่าเท่ากับความหนาพื้น x 2400

L = น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) (กก./ม.²) ค่าน้ำหนักบรรทุกจะได้มาจากข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2522ซึ่งแบ่งค่าน้ำหนักบรรทุกตามประเภทของอาคาร

S = ความยาวด้านสั้นของพื้น (ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{สูตร } M_c = Rbd^2$$

สัญลักษณ์

M_c = โมเมนต์ต้านทาน (กก.-ม.)

R = ค่าคงที่สำหรับค่า f_s และ f_c ที่กำหนดมาให้มา (กก./ชม.²)

f_s = หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม (กก./ชม.²)

f_c = หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับคอนกรีต (กก./ชม.²)

b = ความกว้างของหน้าตัดของโครงสร้างที่พิจารณา กรณีพื้นที่ใช้ค่า $b=1.00$ ม. (ม.)

d = ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดของโครงสร้าง

4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างคาน

1) หาค่าน้ำหนักแม่ที่กระทำกับคานทุกตัวของบริเวณที่พิจารณา โดยน้ำหนักแม่เกิดจากการถ่ายน้ำหนักบรรทุกรวมของพื้นเข้าคานทั้ง 4 ด้าน รอบพื้นที่ช่วงนั้น หาค่าน้ำหนักแม่จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแม่ของคานด้านสั้น (กก./ม.)} = wS/3$$

$$\text{น้ำหนักแม่ของคานด้านยาว (กก./ม.)} = wS/3 (3-m^2)/2$$

2) ทำการวิเคราะห์หาค่าโมเมนต์และค่าน้ำหนักที่ตกลงเสาพร้อมทั้งแรงเฉือนโดยโปรแกรม Microfeap I และ Microfeap II

3) ทำการพิจารณาคานช่วงที่มีค่าโมเมนต์สูงสุดโดยละเอียดหาค่าแอมพลิจูดค่าโมเมนต์สูงสุดโดยใช้โปรแกรม Microfeap วิเคราะห์หา

4) เลือกคานที่พิจารณาแล้วเป็นคานที่ทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

5) ทำการวิเคราะห์จุดที่มีค่าโมเมนต์บวกมากที่สุดว่าอยู่ที่ระยะใดเพื่อจะได้เป็นตำแหน่งที่ติดตั้ง Dial Gauge ในการวัดค่าการแอ่นตัว

4.4 ทำการวิเคราะห์เลือกจุดทดสอบพร้อมทั้งกำหนดสัญลักษณ์พื้นที่ลงบนแบบแปลนจากการวิเคราะห์หาค่าแอมพลิจูดทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างที่มีความสงสัยในความสามารถในการรับน้ำหนักเป็นหลักสำคัญ และคำนึงถึงความปลอดภัยขณะทำการทดสอบ ซึ่งจะอยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงาน

นำนักบรรณกรตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522 ได้กำหนดไว้ดังนี้

ประเภทและส่วนตงของอาคาร	หน่วยนับนักบรรณกร
1.หลังคา	30
2.กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3.ที่พักรอ รร.อนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4.ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักรอ อาคารชุดหอพัก โรงแรม และห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
5.สำนักงาน ธนาคาร	250
6.(ก) อาคารพาณิชย์ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่ออาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียนและโรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของ อาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงานและธนาคาร	300
7.(ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุด หรือห้องสมุด ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย และโรงเรียน	400
8.(ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑฯ อัญจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข)ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า ห้องประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุดและหอสมุด	500
9.ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
10.ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า	800

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงนำนักบรรณกรตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. Dial Gauge
2. เหล็กค้ำยันพื้นและนั่งร้าน
3. กล้องระดับ
4. ลูกคิ่ง
5. Staff Gauge
6. นำหนักบรรทุก
7. ไม้หมอนระดับนำหนักบรรทุก

1. Dial Gauge

Dial Gauge ที่ใช้ต้องสามารถอ่านค่าได้ละเอียด 0.01 มม. จำนวน Dial Gauge ที่ใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และการพิจารณาของวิศวกรผู้ควบคุมการทดสอบ

2. เหล็กค้ำยันพื้นติดตั้งกับนั่งร้านเหล็ก

เหล็กค้ำยันพื้นเป็นตัวที่ใช้ในการติดตั้ง Dial Gauge ซึ่งจะติดอยู่ที่ส่วนบนของค้ำยันและตัวเหล็กค้ำยันนี้จะติดตั้งไว้กับนั่งร้านอีกที

3. กล้องระดับ

กล้องระดับใช้อ่านค่าระดับจาก Staff Gauge (คำอธิบายในข้อ 4) ซึ่ง Staff Gauge จะติดไว้ที่สาย Piano Wire ซึ่งแขวนไว้ที่ตำแหน่งที่ต้องการวัดค่าระยะแน่นอนตัวโดยถ่วงน้ำหนักด้วยลูกคิ่ง

4. ลูกคิ่ง

ลูกคิ่งจะเป็นตัวถ่วงน้ำหนักสาย Piano Wire ซึ่งสาย Piano Wire จะตรึงมาจากจุดที่ต้องการวัดค่าการแอ่นตัว ทั้งคิ่งลงมาโดยที่มีลูกคิ่งถ่วงไว้

5. Staff Gauge

Staff Gauge จะใช้ในการวัดระดับการแอ่นตัวของโครงสร้างที่จะทำการทดสอบ ซึ่งจะใช้กล้องระดับอ่านค่าจาก Staff Gauge นี้

6. น้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักบรรทุกกำหนดให้ใช้วัสดุที่มีน้ำหนักตายตัว (Dead Weight) และสามารถปรับเปรียบเทียบ (Caribrate) ได้ เช่น ปูนซีเมนต์ถุง (1 ถุงหนัก 50 กิโลกรัม) , น้ำ (1 ลูกบาศก์เมตรหนัก 1000 กิโลกรัม) , ถุงทราย (ที่ดวงเทียบให้ได้น้ำหนักตามต้องการแล้ว) เป็นต้น

7. ไม้หมอนรองรับน้ำหนักบรรทุก

ไม้หมอนรองรับน้ำหนักบรรทุก ใช้รองรับน้ำหนัก Load Test เพื่อที่จะได้ทำการกองวัสดุบรรทุกได้อย่างเป็นระเบียบ และไม่ให้เกิดน้ำหนักที่กระทำเป็นจุด

2.6 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ตรวจสอบว่าโครงสร้างพื้นหรือคานที่ทำการทดสอบมีการรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ตรงตามแบบก่อสร้างหรือไม่ ตัวอย่างน้ำหนักบรรทุกคงที่เหล่านี้ได้แก่ น้ำหนักของงานระบบ น้ำหนักของงานตกแต่งสถาปัตยกรรม เป็นต้น หากพบว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ดังกล่าวยังไม่ได้กระทำกับตัวโครงสร้างพื้นหรือคานที่จะทดสอบให้คิดค่าน้ำหนักบรรทุกที่นี้เป็น กก./ม.² เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในข้อ 2. หากสภาพจริงของพื้นที่ที่จะทดสอบมีน้ำหนักคงที่ตรงตามแบบก่อสร้างไม่ต้องปฏิบัติตามข้อ 2.

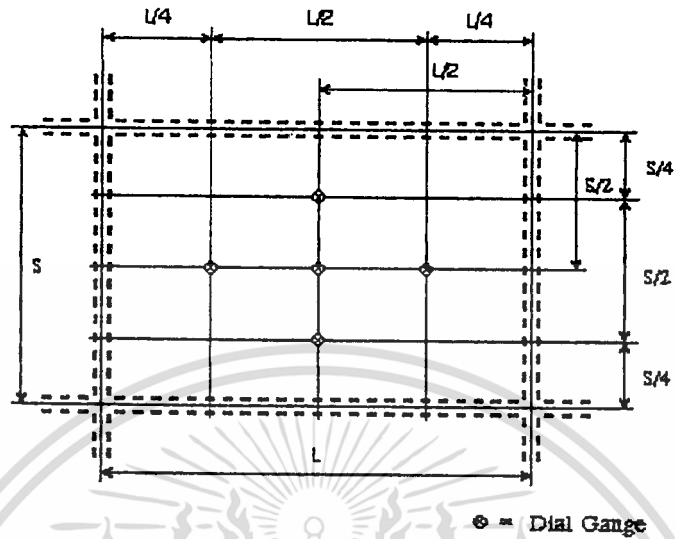
2. การทดสอบจะเริ่มต้นโดยให้ใส่น้ำหนักบรรทุกที่จะให้ผลเหมือนกับน้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ยังไม่ได้กระทำกับโครงสร้าง เช่น น้ำหนักของงานระบบ และงานสถาปัตยกรรม ค่าน้ำหนักบรรทุกนี้มาจากข้อ 1. (ค่าน้ำหนักบรรทุกนี้ไม่ต้องคูณ Load Factor) โดยบรรทุกน้ำหนักนี้ก่อนหน้าที่จะทำการทดสอบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และให้ค่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ส่วนนี้ไว้ตลอดเวลาการทดสอบ ก่อนทำการบรรทุกน้ำหนักทดสอบให้ทำการจัดสถานที่บริเวณจะทำการบรรทุกน้ำหนักให้เรียบร้อยไม่มีวัสดุอื่น ๆ อยู่ การวางน้ำหนักบรรทุกให้วางให้เป็นระเบียบ มีระยะห่างกันโดยไม่เกิดการเบียดเสียดกัน และควรมีวัสดุรองรับน้ำหนักบรรทุก เช่น ไม้หมอน ฯลฯ

3. ติดตั้ง Dial Gauge ได้ชั้นที่ทำการวางน้ำหนักบรรทุก โดยทำการพิจารณาจุดที่ติดตั้งแยกตามประเภทของโครงสร้างดังต่อไปนี้

3.1 โครงสร้างประเภทพื้น

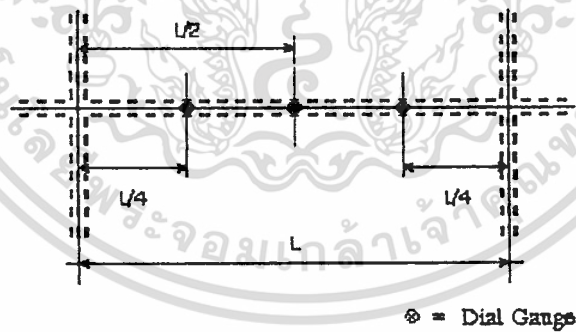
3.2 โครงสร้างประเภทคาน

3.1 โครงสร้างประเภทพื้น



รูปที่ 2.1 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้ง Dial Gauge วัดการแอ่นตัวของพื้น

3.2 โครงสร้างประเภทคาน



รูปที่ 2.2 รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้ง Dial Gauge วัดการแอ่นตัวของคาน

ทำการติดตั้ง Dial Gauge ไว้ในตำแหน่งดังรูป และติดตั้งเพิ่มอีก 1 ตัวที่ตำแหน่งที่ได้ทำการพิจารณาจาก Microfeap II ว่าเป็นจุดที่เกิดการแอ่นตัว (Deflection) สูงที่สุด

เมื่อทำการติดตั้ง Dial Gauge ตรงตามตำแหน่งดังกล่าวแล้วให้ Set ค่าของ Gauge ไว้เป็นค่าศูนย์ทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ติดตั้ง Staff Gauge ติดตั้งตรงตำแหน่งเดียวกับที่ทำการติดตั้ง Dial Gauge โดยที่ติดกับสายเอ็นที่เค็งด้วยลูกคิง

5. ตั้งกล้องระดับในบริเวณที่สามารถส่องอ่านค่าจาก Staff Gauge ได้ทุกตัว หากไม่สามารถอ่านค่าจาก Staff Gauge ได้ครบทุกตัวอาจใช้กล้องระดับ 2 ตัวเพื่อสามารถอ่านค่า Staff Gauge ได้ครบทุกตำแหน่งที่ติดตั้ง

6. จัดเตรียมวัสดุที่ใช้เป็นน้ำหนักบรรทุกไว้ให้พร้อม โดยหาว่าจะต้องใช้น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดจำนวนเท่าใด หากจากสูตร

$$\text{น้ำหนักบรรทุกทั้งหมด} = [0.85 (1.4D + 1.7L)] \times \text{จำนวนพื้นที่ที่ทำการบรรทุกน้ำหนัก}$$

7. จัดเตรียมเอกสารหรือแบบฟอร์มในการบันทึกข้อมูล หรือค่าที่ได้จากการทดสอบไว้ให้พร้อม

8. เริ่มการวางน้ำหนักบรรทุกบนพื้นบริเวณที่ทำการทดสอบ โดยการใส่น้ำหนักต้องกระจายให้ทั่วทั้งพื้นที่ โดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกไม่น้อยกว่า 4 ชั้น เท่ากัน โดยไม่คิดให้เกิดการกระแทกต่อโครงสร้าง ซึ่งก่อนการเพิ่มในแต่ละชั้นต้องทำการคองน้ำหนักเดิมไว้นาน 15 นาที และทำการอ่านค่าระยะการแอ่นตัวจาก Dial Gauge ได้ดังนี้

- อ่านค่าระยะการแอ่นตัวหลังจากที่ทำการบรรทุกน้ำหนักในแต่ละชั้นทันที และบันทึกค่าที่อ่านได้ในตาราง
- หลังจากคองน้ำหนักไว้ 15 นาที ทำการอ่านค่าระยะการแอ่นตัวและบันทึกค่าที่อ่านได้ไว้ในตาราง จากนั้นทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในขั้นต่อไป

การอ่านค่า Staff Gauge โดยกล้องระดับ ซึ่งต้องทำการอ่านค่าพร้อมกับการอ่านค่าจาก Dial Gauge แล้วทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแต่ละชั้นๆ จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าสูงสุดตามที่กำหนดไว้ ซึ่งน้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด = $0.85 (1.4D + 1.7L) - D$

9. คองน้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุดไว้อีก 24 ชั่วโมง และอ่านค่าระยะการแอ่นตัว แล้วทำการบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางบันทึกผล

10. เริ่มขนย้ายน้ำหนักบรรทุกออกจากพื้นที่ที่ทดสอบออกหมด จากนั้นปล่อยน้ำหนักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการอ่านค่าการแอ่นตัวครั้งสุดท้าย เพื่อพิจารณาผลของการคืนตัว (Rebound) ของโครงสร้าง ก็เป็นการเสร็จสิ้นการทดสอบ

2.7 การบันทึกผลการทดสอบ

ให้ทำการบันทึกค่าที่อ่านจาก Dial Gauge และค่าที่อ่านจาก Staff Gauge ลงในตารางที่กำหนดให้

คำอธิบายการบันทึกผลการทดลอง

1. บันทึกรายละเอียดของส่วนหัวกระดาษดังนี้

- 1.1 Project : ชื่อโครงการที่ได้ไปทำการทดสอบ
- 1.2 Location : สถานที่ตั้งของโครงการนี้
- 1.3 Test : ส่วนของโครงสร้างที่ทดสอบ
- 1.4 Number : ตำแหน่งของส่วนของโครงสร้างที่ทำการทดสอบ เช่น ชั้น 2 Line C5 ฯลฯ
- 1.5 Test By : ชื่อของผู้ที่ทำการทดสอบ

2. บันทึกรายละเอียดของผลการทดสอบลงในตารางดังนี้

- 2.1 Date : บันทึกวัน เดือน ปี ที่ทำการทดสอบ
- 2.2 Time : ใช้บันทึกเวลาขณะที่ทำการทดสอบโดย
 - บันทึกเวลาเริ่มต้นที่ทำการทดสอบ
 - บันทึกช่วงเวลาที่ยกน้ำหนักบรรทุกในแต่ละชั้นจนเสร็จ
 - บันทึกเวลาหลังจากยกน้ำหนักบรรทุกในแต่ละชั้นนั้น 15 นาที คือ เวลาที่ยกน้ำหนักบรรทุกเสร็จ + 15 นาที
- 2.3 Elapse Time : บันทึกจำนวนนาทีสะสมนับจากเริ่มทำการทดสอบโดยให้สอดคล้องกับข้อ 2.2
- 2.4 Gauge Reading : บันทึกค่าที่อ่านได้จาก Dial Gauge ในแต่ละตัวและแต่ละช่วงเวลาที่เป็นไปตามขั้นตอนการทดสอบ
- 2.5 Rebound : เป็นการบันทึกค่าต่างๆของการทดสอบหลังจากถอนน้ำหนักบรรทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงเทคนิคเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำค่าการแอ่นตัวมาพล็อตกราฟ

ลักษณะสเกลของกราฟมีดังนี้

- แนวนอน คือ ค่าการแอ่นตัว (Deflection) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (มม. , mm.)
- แนวตั้ง คือ ค่าน้ำหนักทดสอบ (Load) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร (กก./ม.², kg/m²)

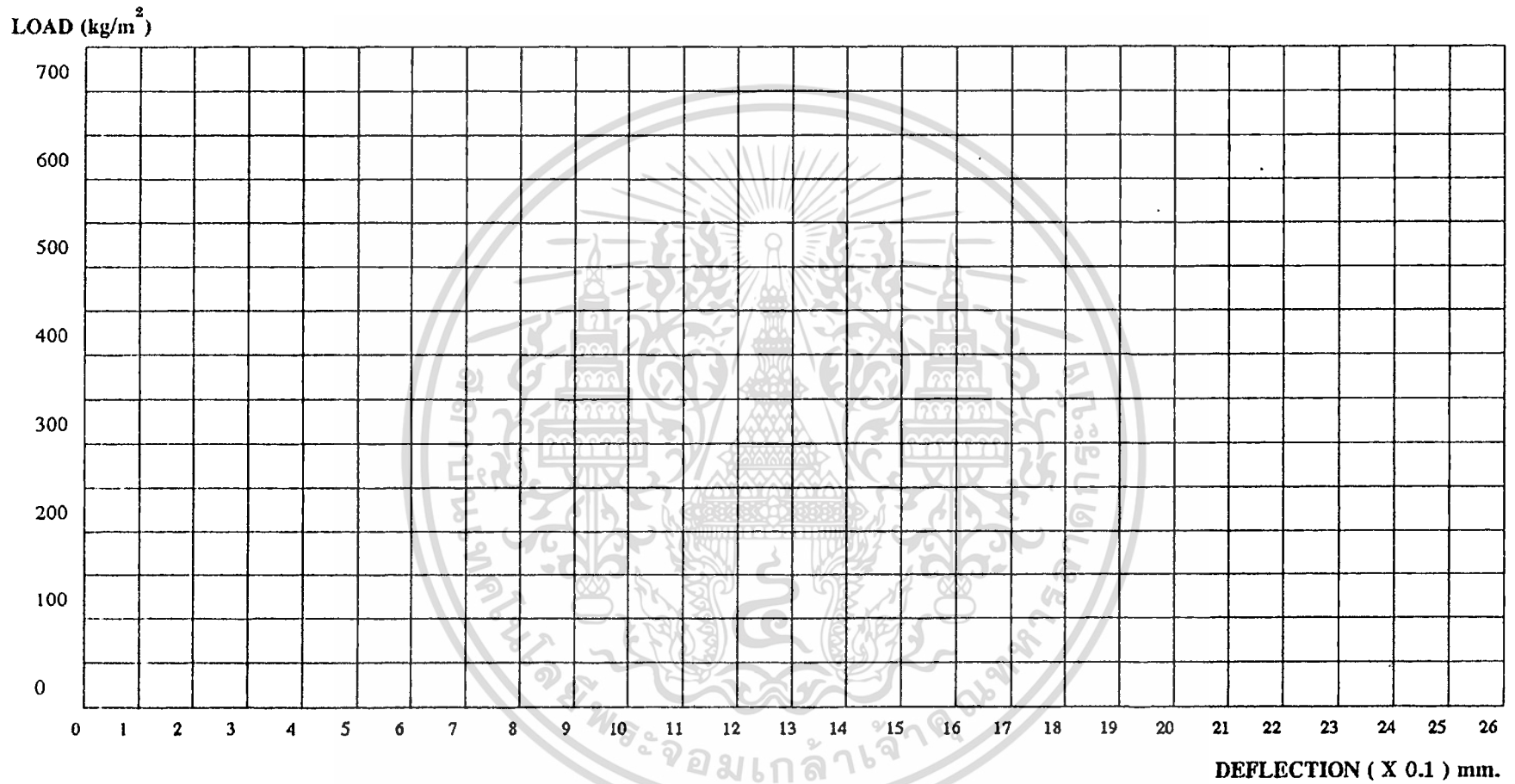
การนำค่าการแอ่นตัว (Deflection) ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบในแต่ละชั้นจะบันทึกลงในกราฟโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. บันทึกค่าเริ่มต้นที่มีคู่ลำดับ (0,0)
2. ให้บันทึกค่าการแอ่นตัวหลังจากวางน้ำหนักบรรทุกทดสอบแล้ว 15 นาที ของแต่ละชั้นลงบนกราฟ โดยค่าน้ำหนักบรรทุกทดสอบของแต่ละชั้นจะมีคู่ลำดับของค่ามันเอง (a,b)
3. ค่าการแอ่นตัวทันทีที่อ่านค่าได้จากการบรรทุกน้ำหนักทดสอบของน้ำหนักบรรทุกในแต่ละชั้นจะไม่นำมาใช้ในการบันทึกลงในกราฟ
4. ค่าการแอ่นตัวของน้ำหนักบรรทุกทดสอบชั้นสุดท้ายจะมีค่า 2 ค่า คือ ค่าแอ่นตัวเมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 15 นาทีและค่าแอ่นตัวที่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง บันทึกค่าทั้ง 2 ลงในกราฟ
5. บันทึกค่าการแอ่นตัวของการ Rebound ลงในกราฟ

ตัวอย่างของการบันทึกผลและกราฟพล็อตกราฟ

ตัวอย่างตารางที่มีตัวเลขบันทึกแล้วให้นำค่าตัวเลขคู่ลำดับของค่าในช่อง LOAD(kg.) ที่เป็นช่อง PER M² กับ ค่าในช่อง GAUGE READING (mm.) No.2 ซึ่งแสดงโดยส่วนที่แรเงา และนำคู่ลำดับนี้มาพล็อตกราฟ

รูปที่ 2.3 รูปกราฟที่เขียนขึ้นที่ค่าความสัมพัทธ์ระหว่างระยะแอนติกับค่าน้ำหนักทดสอบ (kg./cm.²)



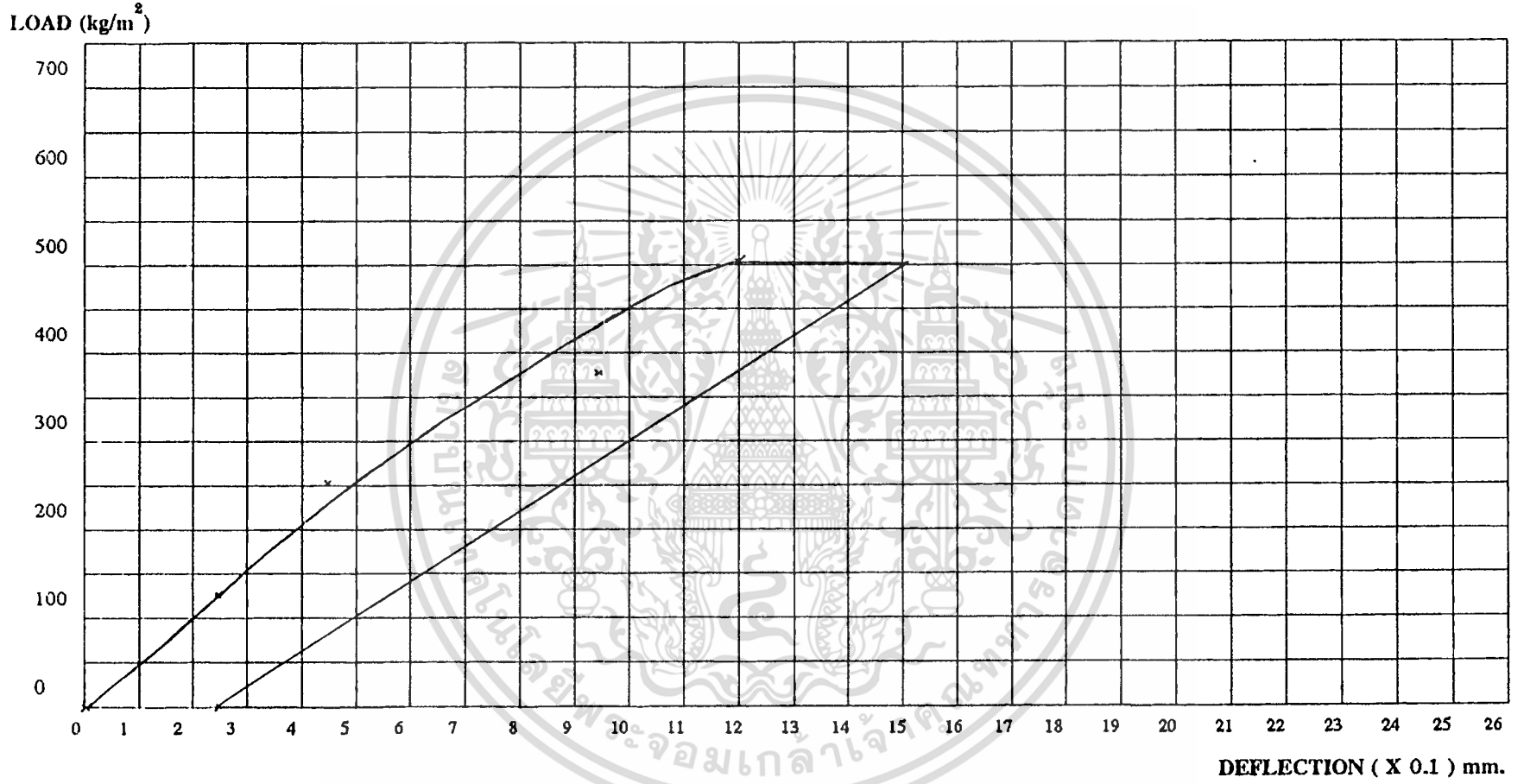
LOAD - DEFLECTION CURVE.

LOAD TEST SURVEYING DATA

PROJECT :										
LOCATION :										
TEST : NUMBER : TEST BY :										
DATA	LOAD (kg.)			TIME	BLARSE TIME (min.)	GAUGE READING				
	TOTAL	PER M ²	%			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
17-3-97	0	0	0	13:00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6024	125.5	25	13:20	20	0.05	0.25	0.04	0.03	0.03
		125.5	25	13:35	35	0.05	0.25	0.04	0.03	0.03
	12048	251.0	50	14:05	75	0.23	0.45	0.21	0.21	0.22
		251.0	50	14:20	90	0.23	0.45	0.21	0.21	0.22
	18072	376.5	75	15:10	140	0.04	0.95	0.40	0.41	0.42
		376.5	75	15:25	155	0.04	0.95	0.40	0.41	0.42
	24096	502.0	100	15:50	180	0.57	1.20	0.55	0.55	0.56
		502.0	100	16:05	195	0.57	1.20	0.55	0.55	0.56
18-3-97		502.0	100	19:50	1620	0.80	1.57	0.75	0.77	0.78
REBOUND										
19-3-97	0	0	0	19:50	3060	0.02	0.25	0.01	0.01	0.01

ตารางที่ 2.4 ตารางตัวอย่างที่บันทึกค่าที่อ่านได้จาก Dial Gauge (ค่าระยะเบี่ยงเบนตัว)

รูปที่ 2.4 รูปกราฟตัวอย่างที่มีลักษณะแอนติคัมกับค่าน้ำหนักทดสอบ (ค่าจกตารางที่ 2.4)



LOAD - DEFLECTION CURVE.

2.8 เกณฑ์ในการสรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบ มีเกณฑ์ในการวัดผลดังนี้

1. โครงสร้างที่ทำการทดสอบต้องไม่มีรอยแตกร้าวปรากฏให้เห็นได้ด้วยตาเปล่า
 2. ค่าระยะการแอ่นตัวสูงสุดของผลการทดสอบจะใช้ค่าระยะการแอ่นตัวทันทีที่เกิดจากการบรรทุกน้ำหนักสุดท้าย และจะต้องไปตามเกณฑ์ดังนี้

2.1 ระยะการแอ่นตัวสูงสุดที่วัดค่าได้ a ของคาน , พื้น หรือหลังคา ต้องมีค่าน้อยกว่า $(L^2 / 20,000h)$

2.2 ระยะการแอ่นตัวสูงสุดที่วัดค่าได้ a ของคาน , พื้น หรือหลังคา ถ้ามีค่ามากกว่า $(L^2 / 20,000h)$ แล้ว ค่าการคืนตัวภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากถอนน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกหมดแล้ว อย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 75 % ของระยะการแอ่นตัวสูงสุด

3. ถ้าค่าการคืนตัวจากข้อ 2.2 มีค่าน้อยกว่า 75 % ของระยะแอ่นตัวสูงสุด อาจให้ทดสอบน้ำหนักบรรทุกซ้ำ โดยให้ทำการทดสอบภายหลัง 72 ชั่วโมง หลังจากที่ได้ทำการถอนน้ำหนักการทดสอบครั้งแรกออกหมด และให้ถือว่าโครงสร้างที่ทำการทดสอบใหม่นี้ผ่านการทดสอบถ้า

3.1 โครงสร้างส่วนที่ได้ทำการทดสอบนี้ไม่ปรากฏสภาพการวิบัติให้เห็นได้ด้วยตาเปล่าในการทดสอบซ้ำ และ

3.2 ค่าการคืนตัวเนื่องจากน้ำหนักครั้งที่ 2 นี้ อย่างน้อยที่สุดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 80 % ของระยะแอ่นตัวสูงสุดในการทดสอบครั้งที่ 2 นี้

บทที่ 3

การวิเคราะห์และการตรวจสอบโครงสร้างเสา

3.1 การทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างเสา

การวิเคราะห์โครงสร้างเสา

เสา เป็นส่วนโครงสร้างที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของอาคาร ซึ่งต้องมีกำลังความสามารถในการรองรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นกำลังของคอนกรีตของเสาจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเสาเป็นอย่างมาก ถ้ากำลังของคอนกรีตของเสาไม่ตรงตามที่ออกแบบไว้ ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อโครงสร้างได้ เช่น อาจเกิดการแตกร้าวเสียหายต่อ โครงสร้างหรือถึงกับเกิดการพังทลายได้เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการทดสอบกำลังคอนกรีตของเสา เพื่อเป็นที่ยืนยันว่าเสามีความสามารถในการรองรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างได้อย่างปลอดภัย ส่วนวิธีที่จะทำการทดสอบนั้นก็มียุ่หลายวิธีเช่นกัน แต่ได้ทำการเลือกวิธีที่จะทดสอบมาสองวิธี ซึ่งมีความง่าย , สะดวก , รวดเร็ว , ให้ผลค่อนข้างแน่นอน ฯลฯ ก็คือ การทดสอบแบบ Rebound Test โดยใช้เครื่องมือ Schmit Hammer และ การทดสอบแบบ Ultrasound Test โดยใช้เครื่องมือ Pundit

3.2 ลำดับขั้นตอนในการทดสอบโครงสร้างเสา

3.2.1 การทดสอบกำลังอัดคอนกรีตโดยเครื่องมือ Ultrasonic ASTM C 579-83

Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete

3.2.1.1 วัตถุประสงค์และขอบเขต

1. วิธีนี้เป็นการวัดความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปในคอนกรีต โดยใช้คลื่น Ultrasonic ผ่านเข้าไปในคอนกรีต
2. ความเร็วของคลื่นจะไม่ขึ้นกับขนาดวัสดุที่จะทดสอบ และการสะท้อนของบริเวณขอบเขต การหาค่าความเร็วจะวัดค่าเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านไปโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.สามารถทำการทดสอบได้ทั้งในห้องทดสอบหรือในภาคสนาม ค่าของขนาดและรูปร่างของตัวอย่างที่ทดสอบ จะมีข้อจำกัดในการใช้ตัวคั่นกำเนิดคลื่น

หมายเหตุ ในการทดสอบตัวอย่างควรมีขนาด 50 มม. หรือ 2 นิ้ว เป็นอย่างน้อยที่สุด และยาว 15 ม.(50 ฟุต) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของ Path length นี้ขึ้นอยู่กับความถี่และความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจากตัวกำเนิดคลื่น ค่าขีดจำกัดบนของ Path length นี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสภาพผิวของคอนกรีต และสภาพภายในเนื้อคอนกรีตที่กำลังสนใจศึกษา ถ้าใช้ทรานสดิวเซอร์ขนาด 10 ถึง 20 kHz กับสภาพคอนกรีตนี้จะทำให้สัญญาณลดทอนน้อยลง เมื่อคลื่นผ่านคอนกรีตสำหรับ Path length ที่สั้นไม่จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงความสูญเสียของสัญญาณลดทอน ถ้าเลือกใช้คลื่นที่มีความถี่ 50 kHz หรือสูงกว่านี้ จะทำการวัด Transit time เวลาที่มีความแม่นยำและความไวในการวัดมากขึ้น

3.2.1.4 อุปกรณ์

1. Pulse Generator and Transmitting Transducer ตัวกำเนิดคลื่นและตัวส่ง Pulse generator จะมีส่วนประกอบที่ควบคุมความแน่นอนในการผลิต Pulse และ Pulse Voltage ทรานสดิวเซอร์จะเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นการสั่นทางกล ซึ่งจะมีความถี่ได้ในช่วง 10 ถึง 150 kHz Pulse generator จะผลิต Pulse ออกมาซ้ำ ๆ ในอัตราไม่น้อยกว่า 10 Pulse ต่อวินาที หรือ มากกว่า 150 Pulse ต่อวินาที

โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์เป็นพวก Piezoelectric magnetostrictive หรือพวกวัสดุที่มี Voltage-Sensitive มีสแตนต์เลสหุ้มอยู่ภายนอกป้องกันการกระแทก ทรานสดิวเซอร์จะมีส่วนที่เป็น coupling medium อยู่ด้านหน้าเพื่อการยึดติดกับคอนกรีต

การใช้สายเคเบิลยาวเกินไปของทรานสดิวเซอร์จะทำให้สูญเสียสัญญาณไปมากกว่า 0.5 %

หมายเหตุ ที่ระหว่างตัวทรานสดิวเซอร์กับคอนกรีตควรที่จะมีแผ่นไคอะเฟรมใช้เมื่อผิวสัมผัสค่อนข้างลื่น หรือถ้าเป็นยางหรือน้ำมันนั้นจะช่วยในกรณีที่ผิวคอนกรีตมีลักษณะไม่เรียบขรุขระ

2.Reccing Transducer and Amplifier (ตัวทรานสดิวเซอร์ที่เป็นตัวรับและภาคขยายสัญญาณ) ตัวทรานสดิวเซอร์ในภาครับจะมีลักษณะเหมือนกับตัวทรานสดิวเซอร์ในภาคส่ง

3. Time Measuring Circuit (วงจรหาค่าเวลา)

4. Display Unit (หน่วยแสดงผล)

5. Calibration Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3:2.1.5 การเลือกตำแหน่ง

การที่จะได้ผลของการวัดออกมาดีที่สุดตำแหน่งของทรานควิเซอร์ทั้งสองควรจะอยู่ในแนวเส้นตรงและอยู่คนละด้านกัน หรือบางครั้งอาจจะวางทรานควิเซอร์ทั้งสองที่มุมตรงกันข้ามของเส้นทแยงมุมของโครงสร้าง แต่จะมีสัญญาณบางส่วนที่สูญหายไปจึงทำให้ค่าของการวัดไม่แน่นอนและความไวของระบบวัดไม่ดี ในการวัดที่ทรานควิเซอร์อยู่บนด้านเดียวกันไม่ควรหลีกเลี่ยง

หมายเหตุ ความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปในเหล็กจะมีค่าเป็น 2 เท่าในคอนกรีต ความเร็วของคลื่นในคอนกรีตที่เสริมเหล็ก Rein-forcing จะมีค่าสูงกว่า Nonreinforces Concrete เมื่อส่วนประกอบของคอนกรีตเหมือนกัน

3.2.1.6 ขั้นตอน

1, Determination of Calibration Correction (ตรวจสอบการปรับเทียบมาตรฐานให้ถูกต้อง)

ตรวจเช็คความแน่นอนในการวัด Transit Time โดยใช้ Calibration device ถ้ามีความแตกต่างกันให้ทำการแก้ไข

2, Determine of Zero Correction ทำการแก้ไขค่า Zero

การแก้ไข Zero-Time ในการวัดค่า Transit times ค่าที่ในการแก้ไขจะเท่ากับค่าที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของคลื่นจากทรานควิเซอร์ทั้งสอง ในกรณีที่ไม่มีคอนกรีตมาวางกัน โดยติดตัวทรานควิเซอร์ทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยใช้สาร Coupling agent แล้วทดลองวัด Transit times หรือในบางครั้งอาจจะใช้ Reference bar เป็นตัวปรับ zero adjust ซึ่งเป็นการทราบค่า Transit time ที่แน่นอน

หมายเหตุ ถ้าเป็นเครื่องมือวัดที่เป็นดิจิทัล ขั้นตอนที่ 2 ควรทำก่อนขั้นตอนที่ 1

3. Determine of Transit time (การวัดค่าเวลา)

ติดตัวทรานควิเซอร์ทั้งสองกับคอนกรีตโดยใช้ Coupling agent ถ้าเป็นการทดสอบแบบผิว Surface ควรใช้ไคอะแพรมติดระหว่างตัวทรานควิเซอร์กับคอนกรีต เพื่อป้องกันการเกิดช่องว่าง อากาศกดตัวทรานควิเซอร์ให้ติดแน่น เมื่อดีแล้วทำการวัด Transit time และทำการวัดความยาวระยะทางที่สั้นที่สุดในแนวเส้นตรงจากจุดตรงกลางของแผ่นไคอะแพรม

หมายเหตุ ทดลองซ้ำอีก ๓ ตำแหน่งเดียวกันเพื่อลดค่าผิดพลาดจากการที่ผิวทั้งสองไม่ประกบกันดี

3.2.1.7 การคำนวณ

การคำนวณความเร็ว Pulse ใช้สูตร

$$V = L / T$$

เมื่อ V = ความเร็วของ Pulse (m/s,ft/sec)

L = ระยะทางระหว่างตัวทรานควิเซอร์ทั้งสอง

T = เวลาที่ใช้ sec (Transit time)

ถ้ามีการแก้ไขให้นำค่าเวลาที่ได้ไปลบจากเวลาที่ทำ Zero time Correction

ค่า V ที่ได้จากสูตร $V = L / T$ จะนำมาประมาณค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้จากกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเสียงกับกำลังต้านทานแรงอัด

3.2.1.8 การรายงานผล

1. ตำแหน่งในการทดสอบตัวอย่าง
2. ระยะทางระหว่างตัวทรานควิเซอร์ทั้งสองซึ่งค่าความละเอียดในการวัดเบี่ยงเบนไม่เกิน 0.5% ของระยะทาง
3. เวลา (Transit time)
4. ตำแหน่งของตัวทรานควิเซอร์
5. Effective time
6. ค่าความเร็วของ Pulse

3.2.1.9 ค่าเบี่ยงเบนและความแม่นยำ

1. ค่าที่ทำการวัดคือ ค่า Transit time ของคลื่นที่ถูกอัดในคอนกรีตดังนั้นค่าความเร็วที่หาได้จะถูกต้องแม่นยำขึ้นกับเวลาและระยะทางที่ทำการวัดจากเครื่องและจากผู้ทำการทดลอง

2. ในการทดสอบ โดยใช้เครื่องวัดทดสอบ 3 เครื่อง ใช้คนทดสอบ 5 คน สำหรับทดสอบ ตัวอย่างที่มีความยาวจาก 0.3 ถึง 6 ม. โดยใช้คลื่นผ่านเข้าไปในคอนกรีตพบว่าผู้ทดลองต่างก็ใช้ เครื่องมือเดียวกัน หรือผู้ทดลองคนเดียวแต่ใช้เครื่องมือต่างกัน โดยการทำการทดสอบซ้ำผล ทดสอบปรากฏว่าอยู่ในช่วง 2% ในการเบี่ยงเบน และได้ทดสอบถ้าใช้ตัวอย่างที่มีความยาวมากขึ้น โดยใช้คลื่นผ่านเข้าไปในคอนกรีตสัญญาณที่ได้เกิดการลดทอนค่า Transit time ที่วัดได้นานขึ้นผล ในการคำนวณความเร็วปรากฏว่าได้ค่าความแม่นยำเหมือนกัน

3. ถ้าทดสอบกับตัวอย่างคอนกรีตที่มีรอยร้าวมากแล้วเกิดสัญญาณลดทอนมากในคอนกรีต ที่มีสภาพ ไม่มี โดยใช้คนต่างกันหรือเครื่องวัดต่างกันผลจะมีความแตกต่างกันถึง 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทดสอบกำลังอัดคอนกรีตโดยเครื่องมือ Schmidt Hammer ASTM C805.85 Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete

3.2.2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องมือ Schmidt hammer ชนิด N
2. หินสำหรับขัดผิวหน้าคอนกรีต
3. สีคอนกรีต
4. ไม้บรรทัด

3.2.2.2 วิธีการทดลอง

1. เตรียมแท่งคอนกรีตที่จะใช้ทดสอบให้วางอยู่บนพื้นผิวที่เรียบสม่ำเสมอ
2. ทำการขัดผิวหน้าแท่งคอนกรีตให้เรียบไม่ขรุขระ
3. ทำการกำหนดจุดที่จะใช้ทดสอบประมาณ 10 จุด
4. ทำการ Calibrate เครื่องโดยการยิงเครื่องยิงไปที่แท่ง Calibrate เพื่อทำการหาค่า factor
5. กดเครื่อง Schmidt hammer ลงหลังจากนั้นก็ดึงเครื่องมือขึ้นมาโดยไม่ต้องกดปุ่มล็อกการทำงานเช่นนี้เป็นการเซตค่า Rebound number ให้เริ่มต้นที่ศูนย์
6. ทำการกดเครื่อง Schmidt hammer ลงบนจุดที่ต้องการจะทดสอบ ก่อนที่จะทำการดึงเครื่องมือขึ้นให้กดปุ่มล็อกเพื่อทำการล็อกค่า Rebound number ของคอนกรีตที่ทำการทดสอบในจุดนั้น
7. อ่านค่า Rebound number ที่ได้จากเครื่อง
8. ทำซ้ำข้อ 5-7 จนครบ 10 จุด
9. นำค่า Rebound number ที่ได้ทั้ง 10 จุด มาหาค่าเฉลี่ยและนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า Rebound number ที่ได้ในตอนแรก ถ้าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกัน 5 หน่วยทั้งในทางบวกและลบให้ทำการตัดค่า Rebound number ค่านั้นทิ้งไป แล้วนำค่าที่เหลือ มาหาค่าเฉลี่ยใหม่อีกครั้ง
10. นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาปรับค่าซึ่งค่าเฉลี่ยใหม่จะมีค่าเท่ากับ ค่าเฉลี่ยเดิมคูณค่า factor
11. นำค่า Rebound number ที่เฉลี่ยได้ใหม่ไปเปิดกราฟเพื่อหาค่ากำลังอัดที่คอนกรีตนั้น ๆ รับผิดชอบได้ต่อไป

3.2.2.3 รายละเอียดของเครื่องมือ Schmidt hammer

เครื่อง Schmidt hammer เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในปี 1948 และมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง เพราะว่าเครื่องมือชนิดนี้ไม่มีความซับซ้อนมากนัก การทดสอบจะทำการวัดการสะท้อนกลับของค้อนเหล็กกล้าที่กระทบกับคอนกรีตโดยอาศัยสปริง เนื่องจากไม่มีความสัมพันธ์ในทางทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนกลับของค้อนเหล็กกับความแข็งแรงของคอนกรีตจึงได้จากการทดลอง ซึ่งเครื่อง Schmidt hammer มีหลายชนิดดังแสดงในตารางที่ 3.1

ชนิดอุปกรณ์	ประเภทของคอนกรีตที่ใช้วัด	พลังงานกระแทก (kg.f.cm)	ขอบเขตการวัด (kg.f.cm ²)	หมายเหตุ
แบบ N	คอนกรีตธรรมดา	0.225	150-600	แบบอ่านจำนวนครั้ง การสะท้อนโดยตรง
แบบ NR	คอนกรีตธรรมดา	0.225	150-600	แบบบันทึกจำนวนครั้ง สะท้อนในตัว
แบบ L	คอนกรีตชนิดเบา	0.075	100-600	แบบบันทึกจำนวนครั้งสะท้อนโดยตรง
แบบ LR	คอนกรีตชนิดเบา	0.075	100-600	แบบบันทึกจำนวนครั้ง สะท้อนในตัว
แบบ P	คอนกรีตประเภทความแข็งต่ำ	0.09	50-150	แบบลูกแกว่ง
แบบ M	แมสคอนกรีต	3.00	600-1000	แบบอ่านจำนวนครั้ง สะท้อนโดยตรง

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงชนิดของ Schmidt hammer

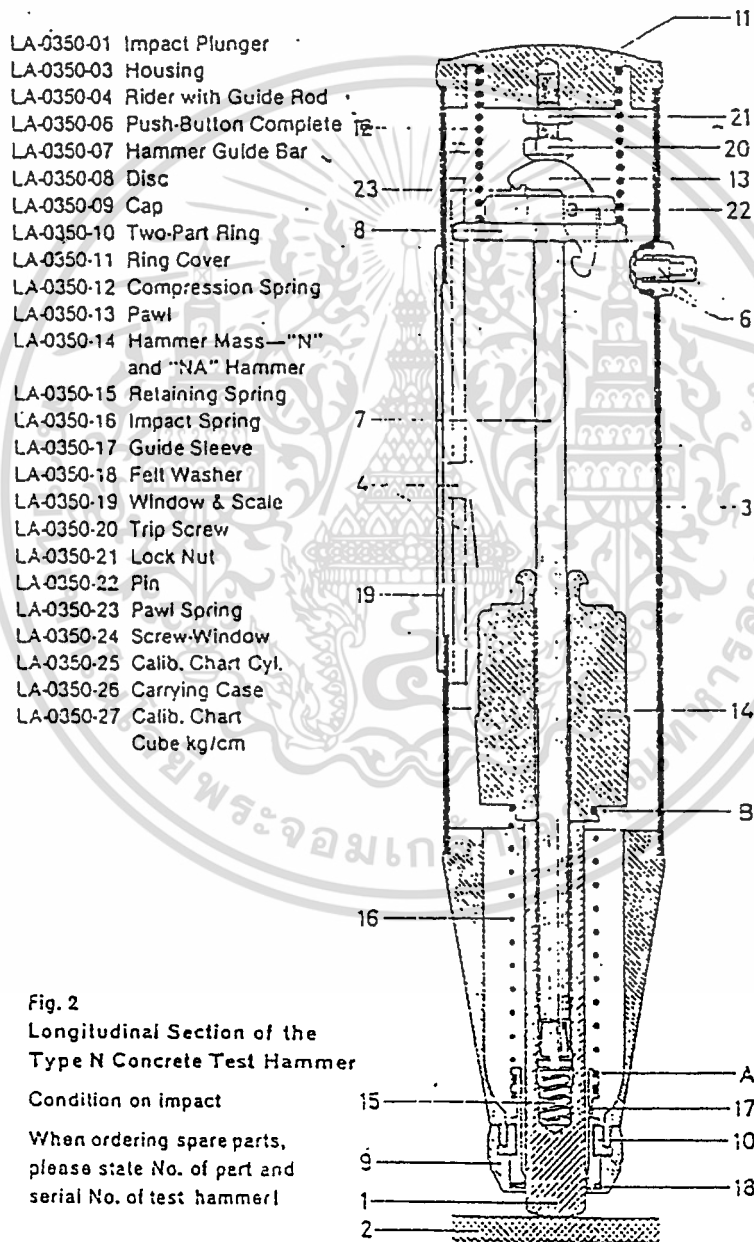
3.2.2.4 การทดสอบความแข็งแรงของคอนกรีตโดยเครื่องมือ Schmidt hammer ชนิด N

สำหรับเครื่อง Schmidt hammer ชนิด N (พลังงานการอัด = 0.225 mkg) ใช้สำหรับทดสอบคอนกรีตในอาคารและสะพานปกติทั่วไป ใช้สำหรับทดสอบคอนกรีตในโครงสร้างที่ทำการก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว โดยการทดสอบแบบไม่ทำลาย เมื่อเราทำการทดสอบนั้นจำนวนครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการสะท้อนจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของมอร์ตาร์(คอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุหยาบ) ซึ่งความแข็งแรงของมอร์ตาร์หมายถึงความแข็งแรงของคอนกรีตด้วย

ข้อดีของการทดสอบแบบนี้ คือ สามารถทำการทดสอบได้ในเวลาอันรวดเร็วและสามารถพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตได้ในส่วนของโครงสร้างที่แตกต่างกันไปโดยไม่ต้องทำลายโครงสร้าง แต่วิธีการทดสอบแบบนี้ก็ได้ผลคลาดเคลื่อนจากการทดสอบแบบทำลายโดยตรงไปบ้าง



รูปที่ 3.1 รูปแสดงส่วนประกอบของเครื่อง Schmidt hammer แบบ N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.5 การทำงานของ Schmidt hammer

1. เมื่อทำการกดเบาๆที่หัวกด plunger(1) ตัว plunger จะเคลื่อนที่ออกด้วยตัวของมันเอง จากเปลือกที่หุ้มอยู่

2. ตัว plunger จะถูกกดลงบนผิวคอนกรีต ณ จุดๆหนึ่ง เพื่อทำการทดสอบ แล้วตัว plunger ก็กดเข้าไปอยู่ให้เปลือกหุ้ม (3) ทั้งหมด ค้อนจะถูกทำให้ออกมา ซึ่งมีผลมาจากการเพิ่มความดันอย่างช้าๆให้กับเปลือกหุ้ม ในขณะที่ทำการกระแทก ค้อนจะต้องถืออยู่ในมุมที่ถูกต้อง (มุมที่ค้อนกระทำต่อพื้นที่ผิวที่ทำการกระแทก) ระวังอย่าสัมผัสกับปุ่มกด (6)

3. หลังจากทำการกระแทก ค้อนจะสะท้อนกลับขึ้นมา โดยมีจำนวนครั้งที่แน่นอนซึ่งจำนวนนั้นจะปรากฏบน scale(19) โดยเข็มวัด(4)จะเป็นตัวชี้ค่า ค่าที่อ่านได้จากตำแหน่งของเข็มวัดจะบอกถึงค่าการสะท้อนกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ของการเคลื่อนที่ของค้อน

4. เมื่อเรานำค้อนออกจากจุดที่ทำการทดสอบ หลังจากทำการทดสอบแล้ว แท่งกด(1) รวมทั้งตัวมั่งค้อน(7) และฐาน(8) จะถูกถอดตามสภาพครั้งสุดท้าย โดยปุ่มกด(6) การถอดนั้นจะกระทำหลังจากทำการกระแทกแล้ว และยังไม่ไดยกตัว plunger ขึ้นมา และที่ถอดนั้นก็มิได้สำหรับทำการถอดค่าการสะท้อนที่อ่านได้ในครั้งสุดท้าย

5. ค้อนที่ทำการทดสอบนี้จะถูกใช้ในการวัดขนาดการกระแทกในแนวนอน สำหรับการทดสอบในแนวตั้งหรือเอียง ค่าการสะท้อนที่ได้จะต้องปรับแก้ให้เหมาะสมตามตาราง

3.2.2.6 ข้อกำหนดเกี่ยวกับความแข็งแรงของคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. การเลือกตำแหน่งที่จะทำการทดสอบ สำหรับพื้นผิวของคอนกรีตที่เป็นช่วงรอยต่อของแบบและพื้นผิวที่เป็นรูปทรงแท่งจะหลีกเลี่ยง สำหรับส่วนของโครงสร้างที่แคบบาง(พื้นและผนังที่หนาน้อยกว่า 4 นิ้ว,เสาที่หนาน้อยกว่า 5 นิ้ว) ควรได้รับการปฏิบัติดูแลเป็นพิเศษ ซึ่งค่าที่ได้ อาจจะมีผิดพลาดจากความเป็นจริงไปบ้าง สำหรับคอนกรีตคุณภาพต่ำก็จะเป็นเหตุให้จำนวนครั้งการสะท้อนและความแข็งแรงของคอนกรีตลดลงจากด้านล่างสู่ด้านบน ดังนั้นเพื่อความเชื่อถือได้ จึงไม่ควรที่จะทำการทดสอบพื้นผิวด้านล่างเพียงอย่างเดียว แต่ควรจะทำทดสอบหลายๆจุดบนพื้นผิวทางแนวตั้งด้วย

2. การเตรียมตำแหน่งที่จะใช้ทดสอบ ก่อนที่จะทำการทดสอบ วัสดุที่จะใช้ฉาบหรือคลุมต่างๆควรนำออกไปเสียก่อน สำหรับพื้นผิวที่ไม่เรียบสม่ำเสมอควรจะทำให้เรียบสม่ำเสมอ ก่อน พื้นผิวด้านบนสุดของคอนกรีตเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทดสอบถ้าได้มีการนำซีเมนต์ที่ทำการฉาบออกไปแล้ว ซึ่งข้อนี้ควรจะได้รับคำแนะนำเป็นพิเศษ สำหรับคอนกรีตที่เก่า(อายุมากกว่า 6 เดือนขึ้นไปแล้ว) พื้นผิวที่แข็งมากเกินไปบางชั้นควรจะทำกรกระเทาะออกโดยมีความลึกประมาณ 5 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) โดยอาจจะใช้เครื่องขัดแบบใช้มือที่มีน้ำหนักเบาและความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กำลังโดยประมาณ 150 วัตต์,ความเร็วโดยประมาณ 600 รอบต่อนาที) โดยมี cup wheel เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว สำหรับพื้นที่ที่จะทำการทดสอบนั้นควรจะมีควมกว้างสำหรับการทดสอบ 5-10 จุด ที่จะทำการทดสอบ และจะต้องเป็นผิวมอร์ดีด้าโดยไม่กระทบกับส่วนที่เป็นส่วนผสมหยาบ ซึ่งควรมีพื้นที่ 4x4 นิ้วโดยประมาณถึงจะเพียงพอ หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลาง อย่างน้อย 6 นิ้ว(150 มิลลิเมตร) สำหรับคอนกรีตที่จะนำมาเปรียบเทียบกันควรมีอายุและสภาพความชื้นที่ใกล้เคียงกัน สำหรับคอนกรีตที่แห้งนั้นจะให้ค่าการสะท้อนกลับมากกว่าคอนกรีตที่เปียกชื้น และพื้นผิวที่เป็นชั้นของ carbonated ก็จะทำให้ค่าการสะท้อนกลับที่สูงกว่าด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงควรทำการฝั่งคอนกรีตทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงก่อนที่จะทำการทดสอบเพื่อทำให้ผิวคอนกรีตแห้ง

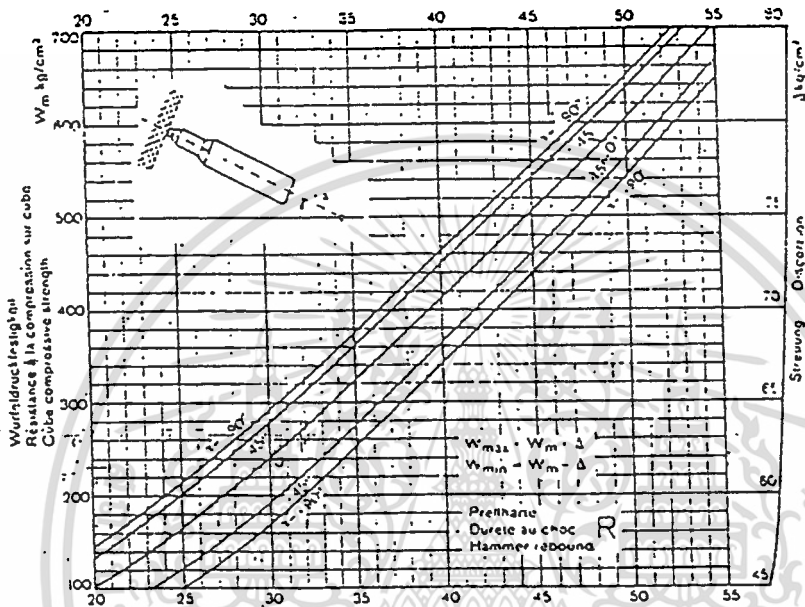
3. ทำการทดสอบพื้นที่ๆเตรียมไว้ 5-10 จุด โดยใช้ระดับระนาบแนวนอนของแกนเครื่องเป็นมาตรฐาน ในกรณีกระแทกแนวล่างปรับค่าบวก ในกรณีกระแทกแนวนบน ปรับค่าลบ (ดูตารางที่ 3.2 ประกอบ) อ่านค่า ที่ได้แต่ละครั้งที่ทำการทดสอบ นำค่าที่ได้มาอ่านจากกราฟ ถ้าค่าที่อ่านได้มีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยอื่นๆมากกว่า 5 หน่วย ก็ให้ตัดค่านั้นทิ้งและให้ใช้ค่าจากการทดสอบในครั้งต่อไปซึ่งเหตุการณ์นี้มักจะเกิดจากการที่เราทำการกระแทกไปโดนส่วนผสมหยาบเข้าหรือโดนพื้นผิวที่เป็นรูปพรุน และค่าที่ได้นี้เรียกว่า Rebound Number

4. ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด W_m และค่าที่น้อยที่สุด W_{min} ของการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแบบลูกบาศก์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 ซึ่งในตารางที่ 3.3 นี้ได้แสดงวิธีคำนวณค่า เพื่อแปลงเป็นค่า W ซึ่งมีหน่วยเป็น ksc หรือ อาจหาค่าการรับกำลังอัดได้จากรูปที่ 3.2 ก็ได้เช่นเดียวกัน

Rebound Number ($\beta\alpha$)	Correction for inclination angle α			
	upwards		downwards	
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°
10			+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมกระแทกกับค่าปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The curves apply to compact Portland cement concrete with good quality gravel/sand aggregate. Age 14 to 56 days. Smooth and dry concrete surface.

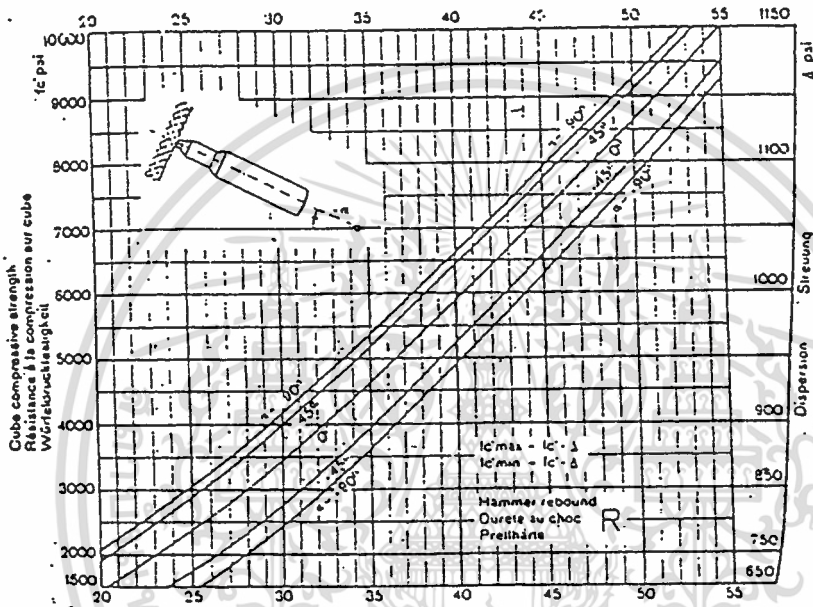
W_m = most likely value of the cube compressive strength in kg/cm^2 .

The dispersion limits W_{max} and W_{min} are so defined that they include 80 percent of all the test results.

Note under Section IV "Limits of Validity of the Calibration Curves"

รูปที่ 3.2 รูปกราฟแสดงกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ (ksc) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The curves apply to compact Portland cement with good-quality gravel/sand aggregate, Age 14 to 56 days, Smooth and dry concrete surface.

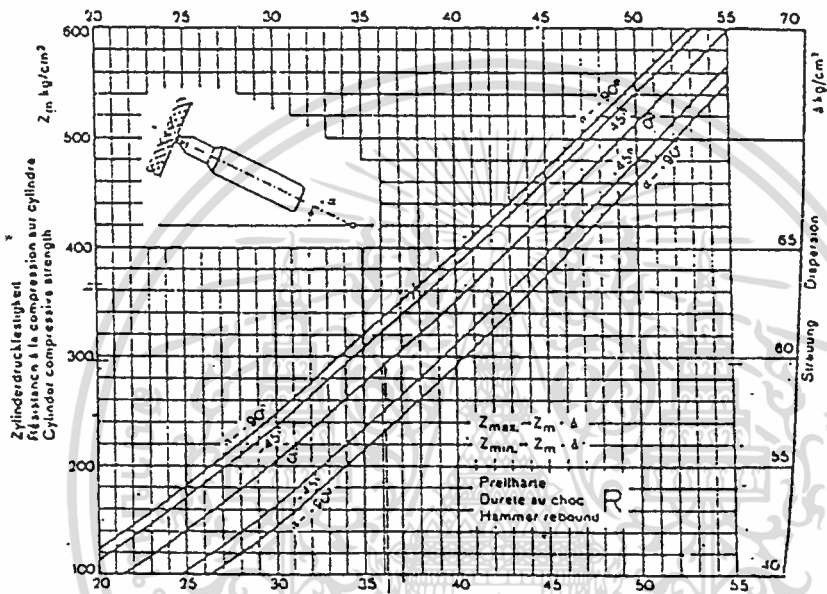
fc' = most likely value of the cube compressive strength in psi.

The dispersion limits fc'max. and fc'min. are so defined that they include 80 percent of all the test results.

Note under Section IV "Limits of Validity of the Calibration Curves"

รูปที่ 3.3 รูปกราฟแสดงกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ (psi) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The curves apply to compact Portland cement with good-quality gravel/sand aggregate. Age 14 to 56 days. Smooth and dry concrete surface.

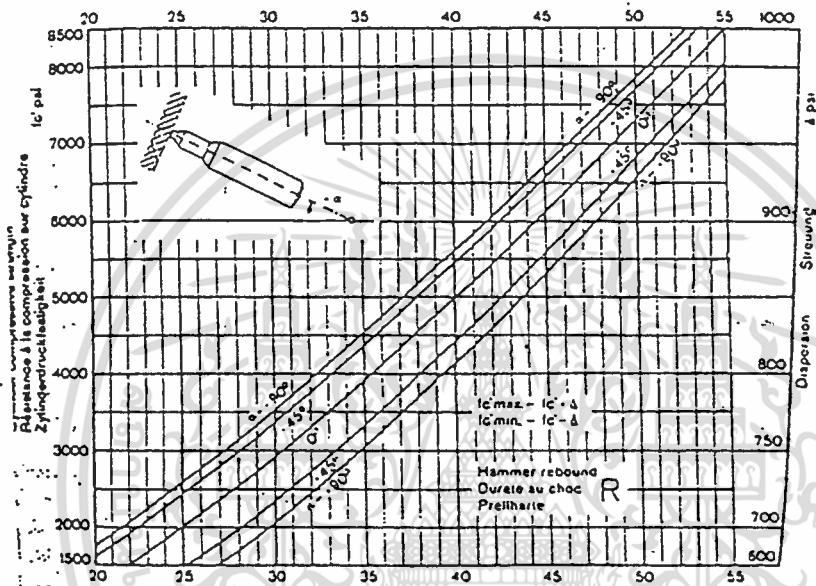
Z_m = most likely value of the cylinder compressive strength in kg/cm^2 .

The dispersion limits Z_{max} and Z_{min} are so defined that they include 80 percent of all the test results.

Note under Section IV "Limits of Validity of the Calibration Curves" I

รูปที่ 3.4 รูปกราฟแสดงกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ksc) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The curves apply to compact Portland cement with good-quality gravel/sand aggregate. Age 14 to 56 days. Smooth and dry concrete surface.

fc^T = most likely value of the cylinder compressive strength in psi.

The dispersion limits $fc'_{max.}$ and $fc'_{min.}$ are so defined that they include 80 percent of all the test results.

Note under Section IV "Limits of Validity of the Calibration Curves".

รูปที่ 3.5 รูปกราฟแสดงกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก (psi) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table II . Cube Compressive Strength W in kg/cm^2 as a Function of the Rebound Number R Type N Test Hammer .

R	Age of Concrete			
	14 to 56 days		7 days	
	W_m	$W_{min.}$	W_m	$W_{min.}$
20	101	54	121	74
21	113	64	132	83
22	126	75	145	94
23	139	86	157	104
24	152	98	169	115
25	165	110	183	127
26	180	122	196	138
27	195	135	210	150
28	210	149	225	164
29	225	163	239	177
30	241	178	254	191
31	257	193	269	205
32	274	209	285	220
33	291	225	300	234
34	307	240	315	248
35	324	256	331	263
36	342	273	348	279
37	360	290	365	295
38	377	307	381	311
39	395	324	398	327
40	413	341	416	344
41	432	359	434	361
42	450	377	451	378
43	469	395	470	396
44	488	414	488	414
45	507	432	507	432
46	526	451	526	451
47	546	470	546	470
48	565	489	565	489
49	584	508	584	508
50	604	527	604	527
51	623	546	623	546
52	643	565	643	565
53	663	584	663	584
54	683	603	683	603
55	703	622	703	622

Cylinder Compressive Strength = $0.85 \times$ Cube Compressive Strength
 $100 \text{ kg/cm}^2 \approx 1420 \text{ psi}$

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ (ksc) กับค่า Rebound Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.7 ข้อจำกัดของ Calibration Curves

Calibration Curves ของการทดสอบคอนกรีตด้วยวิธีนี้ (ตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.2) ได้จากการทดสอบลูกคอนกรีตจำนวนมากโดยวิธี Schmidt hammer ก่อนและนำไปทดสอบโดยวิธีทดสอบโดยตรง ซึ่งคอนกรีตที่นำมาทดสอบนั้นเป็นคอนกรีตที่มีคุณภาพดีซึ่งประกอบไปด้วยส่วนผสมหยาบ คือ ทราย กรวด และ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการทดสอบอย่างน้อย 10 จุด และจากประสบการณ์ที่ผ่านมา Calibration Curves นี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณซีเมนต์ที่อยู่ในคอนกรีต ส่วนผสมหยาบซึ่งได้แก่ กรวด ทราย หรืออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เลย

จากประสบการณ์ที่ผ่านมาความคลาดเคลื่อนที่ผิดไปจาก Calibration Curves โดยปกติอาจเกิดขึ้นได้จากกรณีต่อไปนี้ คือ

1. ส่วนประกอบที่สำคัญของคอนกรีตซึ่งได้แก่ หินและทราย สำหรับคอนกรีตเบาและผนังที่วางควรใช้เครื่องทดสอบชนิด L ซึ่งจะดีกว่า
2. สำหรับส่วนผสมของคอนกรีตที่เป็นหินที่ไม่แข็งแรง มีน้ำหนักเบาหรือแตกนั้น กำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำกว่าที่ได้จาก Calibration Curves ซึ่งในกรณีนี้เราก็ต้องทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการสะท้อนและกำลังคอนกรีตในวัสดุชนิดต่างๆ กันไป โดยทำการทดสอบ
3. สำหรับส่วนผสมของคอนกรีตที่มีผิวที่เรียบและลื่นนั้น จะไม่มีผลต่อการรับกำลังของคอนกรีตในกรณีทำการทดสอบแบบนี้ เพราะจำนวนครั้งของการสะท้อนนั้นขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของมอร์ต้าเท่านั้น
4. สำหรับคอนกรีตที่ทำการผสมโดยส่วนผสมต่างๆนั้น ไม่สะอาดเพียงพอก็จะทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตลดลงแต่จำนวนครั้งการสะท้อนนั้นจะไม่มีผล
5. สำหรับคอนกรีตที่เพิ่งจะทำการถอดแบบและยังเปียกชื้นอยู่หรือคอนกรีตที่บ่มอยู่ได้นานนั้นถ้านำมาทำการทดสอบขณะยังเปียกชื้นอยู่จะได้ค่าที่ต่ำกว่าความจริงมาก ฉะนั้นเมื่อจะนำคอนกรีตมาทดสอบควรทิ้งคอนกรีตไว้ให้แห้งเสียก่อน

SCHMIDT HAMMER AND ULTRASONIC

PROJECT :														LOCATION :															
DATE :														MIX DESIGN :				KSC. TEST :				NUMBER :				TEST BY :			
SCHMIDT HAMMER												ULTRASONIC																	
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Strength (KSC.)	Dispersion (KSC.)	Length (cm.)	Time (sec.)	Velocity (Km/s)	Strength (KSC.)												
Rebound Number																													
Deviation																													
Use Value																													

SCHMIDT HAMMER AND ULTRASONIC

PROJECT :														LOCATION :															
DATE :														MIX DESIGN :				KSC. TEST :				NUMBER :				TEST BY :			
SCHMIDT HAMMER												ULTRASONIC																	
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Strength (KSC.)	Dispersion (KSC.)	Length (cm.)	Time (sec.)	Velocity (Km/s)	Strength (KSC.)												
Rebound Number																													
Deviation																													
Use Value																													

8.8 การวิเคราะห์การรับน้ำหนักของเสาเนื่องจากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

เป็นการวิเคราะห์หาค่าการรับน้ำหนักของเสาจากการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นตามมาตรฐาน ACI 318-89 แล้ว น้ำหนักที่ถ่ายลงเสามีค่าเป็นอย่างไร ในการตอบคำถามดังกล่าวนี้จะได้ทำการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักที่ลงเสา โดยอาศัยโปรแกรม Microfeap II ในการวิเคราะห์นี้ได้พิจารณาเสาดันที่รับกำลังมากที่สุด โดยมีแบบแปลนของอาคาร 5 ชั้น เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์

3.3.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ (ใช้โปรแกรม Microfeap II)

1. ศึกษาแบบแปลนและแบบโครงสร้างของอาคาร
2. ถ่ายน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรของพื้น เข้าสู่ที่รองรับพื้นนั้นๆ
3. ทำการป้อนค่าต่างๆ เข้าใน โปรแกรม Microfeap II เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่า Reaction ที่เสาดันอื่นๆ
4. พิจารณาเสาดันที่รับน้ำหนักมากที่สุด
5. ทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักลงเสาเนื่องจากวางน้ำหนักบรรทุกทดสอบพื้นและคาน (Load Test) รอบเสาดันที่รับน้ำหนักมากที่สุด
6. เปรียบเทียบน้ำหนักที่ Design เสาในข้อ 4. กับน้ำหนักที่เสาได้รับเนื่องจาก Load Test ว่าเป็นอย่างไร
7. ทำการสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์

3.3.2 การใช้ Microfeap II มาทำการวิเคราะห์โครงสร้าง

1. ทำการศึกษาถึงแบบโครงสร้างและแบบสถาปัตยกรรมของอาคารที่จะทำการทดสอบให้ละเอียดก่อน ให้รู้ว่าตำแหน่ง, ขนาดและส่วนต่างๆของโครงสร้างว่าเป็นอย่างไร มีอะไรบ้าง เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ Load Test หรือการวางแผนการทดสอบ

2. ไปดูโครงสร้าง ณ สถานที่จริงและนำมาเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่มีในแบบ โดยจะตรวจดูสิ่งที่สำคัญๆ เช่น

- ขนาดของโครงสร้าง
- ตำแหน่งของโครงสร้างต่างๆ

ซึ่งปกติแล้วก็จะยึดตามคุณสมบัติของโครงสร้างจริงที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ในการทดสอบ

3. การเลือกจุดที่ต้องการมาพิจารณาของแต่ละชั้น ก็จะทำการป้อนข้อมูล DL. และ LL (ตามที่ได้กำหนดในให้ใช้ในการออกแบบก่อสร้าง) ลงใน Microfeap II แล้วดูผลที่ได้ว่าในสภาพของอาคารที่รับแรงปกติ เสาต้นใดจะเกิดแรงกระทำหรือ Reaction มากที่สุด ก็เลือกเสาต้นนั้นที่มาพิจารณา ซึ่งโดยปกติก็จะได้จุดเดียวกันแต่แรงที่กระทำอาจต่างกันได้ เช่น ชั้นคานฟ้ากับชั้นอื่นๆ ทั่วไป เนื่องจากมีค่า LL. ไม่เท่ากัน

4. จากข้อ 3. ก็จะมีส่วนประกอบของโครงสร้างที่อยู่รอบๆ เสาต้นที่เลือกเป็นจุดที่พิจารณา เช่นเดียวกัน ได้แก่ พื้นและคาน จากนั้นก็ทำการป้อนข้อมูล Load Test ให้กับโครงสร้างที่พิจารณา โดยหาค่าของแรงหรือ Reaction ที่กระทำกับเสาเมื่อเสากำลังรับ Load Test เพื่อนำเป็นค่าเปรียบเทียบดูว่า ในขณะที่เสารับ Load Test จะมีแรงที่กระทำคิดเป็นจำนวนกี่เท่าของที่เสารับในสภาพปกติ และเสาจะมีสภาพหรือคุณสมบัติเป็นอย่างไรหลังจากนำเอา Load Test ออก ซึ่งในการพิจารณา Load Test ในหัวข้อนี้ก็จะนำไปประยุกต์ใช้กับทุกชั้นของอาคารที่จะวาง Load Test

เหตุผลที่ต้องใช้ค่า Load Test ที่ใช้เป็นมาตรฐานของการทดสอบพื้นและคานมาทำการวิเคราะห์สภาพของเสา ก็เนื่องจากเมื่อได้กำหนด Load Test ที่เป็นมาตรฐานนำมาทดสอบพื้นและคานเท่านั้นแล้ว ก็ถือว่าเป็นค่าที่อนุญาตที่มากที่สุดที่ยอมให้ทำการวาง Load Test บนพื้นและคานเพื่อทำการทดสอบ ถ้าหากวาง Load Test มากกว่านี้ พื้นหรือคานก็อาจเกิดการวิบัติหรือได้รับความเสียหายได้หรือหากวางน้อยกว่านี้ก็ถือว่าไม่สมควรนัก เพราะขณะที่วาง Load Test ทดสอบพื้นกับคาน เสาก็ต้องรับน้ำหนักที่มากที่สุดเท่านี้อยู่แล้ว จึงเลือกใช้ค่านี้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของเสา

5. ในการวิเคราะห์ก็หาค่า Deflection ก็ทำเพื่อหาค่าแฉ่งที่เกิด Deflection สูงสุดมาทำการพิจารณาในการติดตั้ง Dial Gauge อีกตัวหนึ่งขณะทำการทดสอบจริง โดยจะกำหนด Node บนคานที่พิจารณาให้มีค่าห่างระหว่าง Node น้อยที่สุด (ยิ่งห่างน้อยค่าความถูกต้องก็ยิ่งมากขึ้น) และให้ค่า Boumary เป็น F F F

8.4 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักที่ลงเสาด้วยโปรแกรม Microfeap II

ข้อกำหนด

1. พื้นมีความหนา 15 ซม.
2. น้ำหนักบรรทุกคงที่ $D = 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
3. น้ำหนักบรรทุกจรชั้นคานฟ้า $L = 100 \text{ kg/m}^2$
4. น้ำหนักบรรทุกจรชั้นอื่นๆ $L = 300 \text{ kg/m}^2$

จากข้อมูลวิเคราะห์ได้ว่า

1. ค่า Design Load = $D + L$
 - ชั้นคานฟ้า Design Load = $360 + 100 = 460 \text{ kg/m}^2$
 - ชั้นอื่นๆ Design Load = $360 + 300 = 660 \text{ kg/m}^2$
2. หาค่า Load Reaction ลงเสาโดยพิจารณาต้นที่รับ Load มากที่สุด ซึ่งได้แก่เสาที่ Node 22 รูปประกอบ
 - ชั้นคานฟ้า (Design Load 460 kg/m^2) Load Reaction = 36.807 ตัน
 - ชั้นอื่นๆ (Design Load 660 kg/m^2) Load Reaction = 51.098 ตัน
3. ค่า Load Test = $0.85 (1.4D+1.7L)$
 - ชั้นคานฟ้า Load Test = $0.85[(1.4 \times 360) + (1.7 \times 100)]$
= 573 kg/m^2
 - ชั้นอื่นๆ Load Test = $0.85[(1.4 \times 360) + (1.7 \times 300)]$
= 862 kg/m^2

วิเคราะห์โดยการให้ค่า Load Test กระทำเต็มส่วนพื้นที่ที่เรเงา รูปประกอบ

4. หาค่า Load Reaction ลงเสาโดยพิจารณาที่เสาต้นเดียวกัน คือ เสาที่ Node 22 แต่ใช้ค่า Load ที่พิจารณาเป็นค่า Load Test แทนค่า Design Load จะได้ค่าดังนี้
 - ชั้นคานฟ้า (Load Test 573 kg/m^2) Load Reaction = 45.569 ตัน
 - ชั้นอื่นๆ (Load Test 862 kg/m^2) Load Reaction = 67.158 ตัน

5. สรุปได้เป็นตารางดังนี้

ส่วนที่ พิจารณา (Node 22)	Design Load		Design Test		จำนวนเท่า ของ { *** } *	จำนวนเท่า ของ { **** } **
	พิจารณาที่ค่า DL และ LL (kg/m ²) *	Load Reaction (ton) **	พิจารณาที่ค่า DL และ LL (kg/m ²) ***	Load Reaction (ton) ****		
ชั้นคาค้ำ	460	36.807	573	45.568	1.245	1.238
ชั้นอื่นๆ	660	51.918	862	67.158	1.306	1.314

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพ

6. การพิจารณาผลของข้อมูลที่ได้ว่ามีความถูกต้องหรือไม่

ส่วนที่ พิจารณา (Node 22)	Design Load.		Design Test.	
	พิจารณาค่า DL ,LL (kg/m ²)	Load Reaction (ton)	พิจารณาค่า DL ,LL (kg/m ²)	Load Reaction (ton)
ชั้นคาค้ำ	460	36.807	573	45.568
ชั้นอื่นๆ	660	51.918	862	67.158

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์เสถียรภาพ

จากตารางจะพิจารณาผลของข้อมูลได้ดังนี้

1. พิจารณา Design Load จาก 1.4D + 1.7L

เมื่อพิจารณาค่า DL , LL จะได้ $660 / 460 = 1.435$

และพิจารณาค่า Load Reaction จะได้ $[(51.918 - 3.937) / (36.807 - 3.937)] = 1.458$

2. พิจารณา Design Test จาก 0.85 (1.4D + 1.7L)

เมื่อพิจารณาค่า DL , LL จะได้ $862 / 573 = 1.504$

และพิจารณาค่า Load Reaction จะได้ $[(67.158 - 3.937) / (45.568 - 3.937)] = 1.518$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาว่าผลของข้อมูลที่ได้ถูกต้องหรือไม่

ค่า DL , LL เป็นค่าที่ Factor นำมาคูณ ดังนั้นจำนวนเท่าของผลรวมค่า Design Load แต่ละชั้นจึงต้องเท่ากับจำนวนเท่าที่เกิดจากผลของค่า Design Load หรือค่า Load Reaction ที่เกิดขึ้นนั่นเอง

แต่ค่า 3.937 ซึ่งคือค่า Reaction ที่เกิดจาก DL ของคาน และเป็นค่าคงที่ที่กระทำต่อ Node 22 ในแต่ละชั้นของอาคาร อีกทั้งยังรวมอยู่กับค่า Load Reaction ด้วย ซึ่งค่า 3.937 นี้ไม่ได้นำค่า Factor มาคูณด้วย จึงต้องนำมาลบออกจากค่า Load Reaction แล้วจึงคิดออกมาเป็นจำนวนเท่า ดังนั้นจะเห็นจำนวนเท่าที่เกิดในแต่ละชั้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก เพราะฉะนั้นสามารถสรุปได้ว่าผลของข้อมูลถูกต้อง

การวิเคราะห์ค่า Reaction ในหลายกรณีที่มีช่วง Span ต่างกัน

การวิเคราะห์ผลของค่า Reaction ที่กระทำต่อเสาต้นที่พิจารณา กับรูปแบบที่ต่างกัน จากผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Microfeap II ได้กำหนดค่าต่างๆ ที่ใช้ในการป้อนข้อมูลดังนี้

- พื้นหนา 15 cm. มีค่า Dead Load = $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$.
- ค่า Live Load ที่กำหนดให้ใช้ตามพระราชบัญญัติ = 300 kg/m^2 .
- คานค้ำยาว ยาวช่วงละ 8 m. มีขนาด = $0.2 \times 0.6 \text{ m}^2$.
- คานค้ำสั้น ยาวช่วงละ 6 m. มีขนาด = $0.2 \times 0.4 \text{ m}^2$.
- น้ำหนักที่ถ่ายลงคานค้ำสั้น = WS / 3
- น้ำหนักที่ถ่ายลงคานค้ำยาว = $\{ (WS / 3) \times [(3 - \text{m}^2) / 2] \}$

ได้ผลในการวิเคราะห์ดังนี้

1. จากแบบทดสอบ Test21 และ Test22

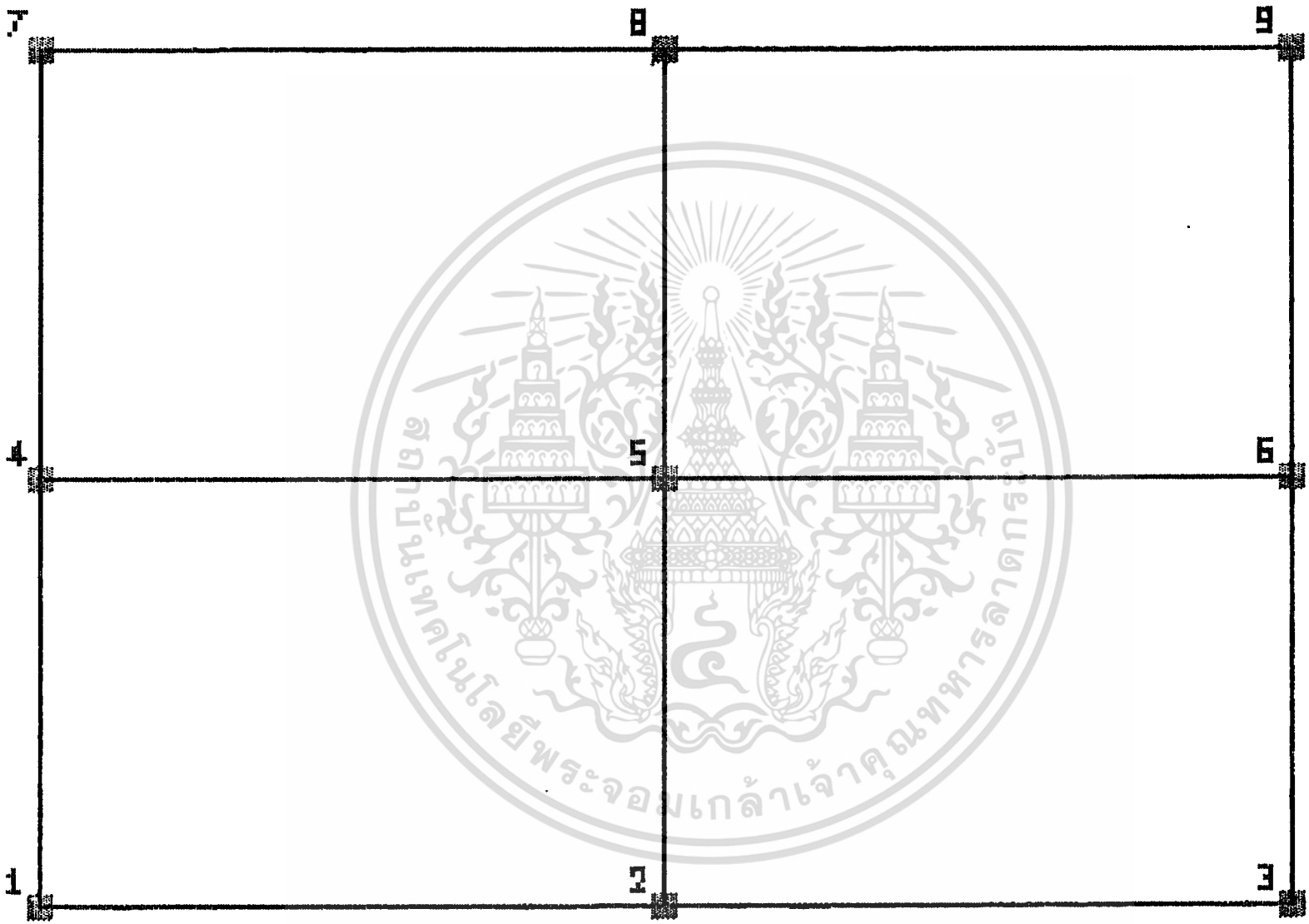
เสาต้นที่พิจารณา คือ เสา Node ที่ 5

ค่า Reaction ที่กระทำขณะอยู่ในสภาพปกติ = 55,706 kg.

ค่า Reaction ที่กระทำขณะทำการวาง Load Test = 71,430 kg.

จำนวนเท่าที่ได้ = $71,430 / 55,706 = 1.282$

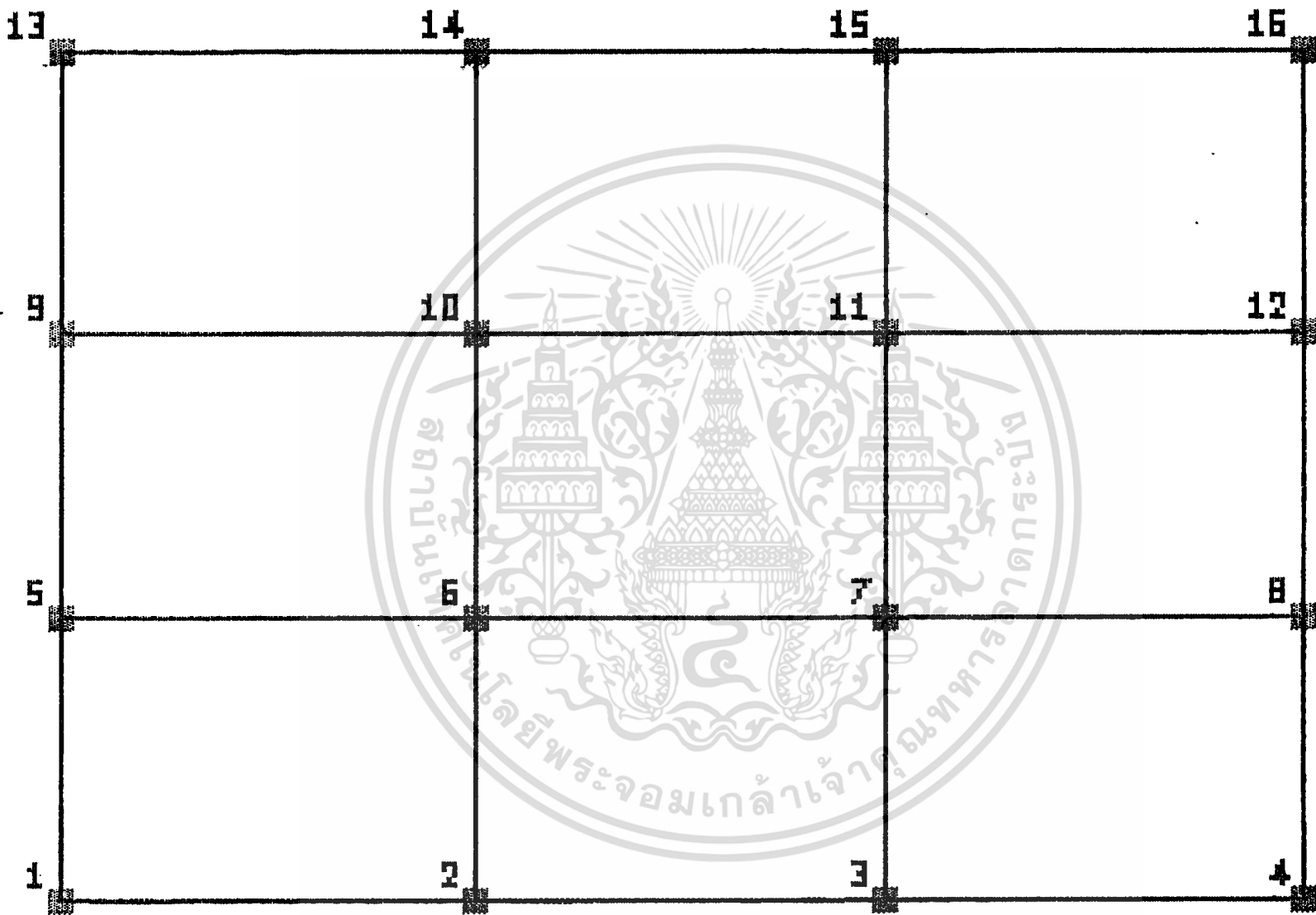
รูปที่ 3.6 รูปแบบของกริด Test 21 และ Test 22



GEOMETRY (1 = 1.06E+00)

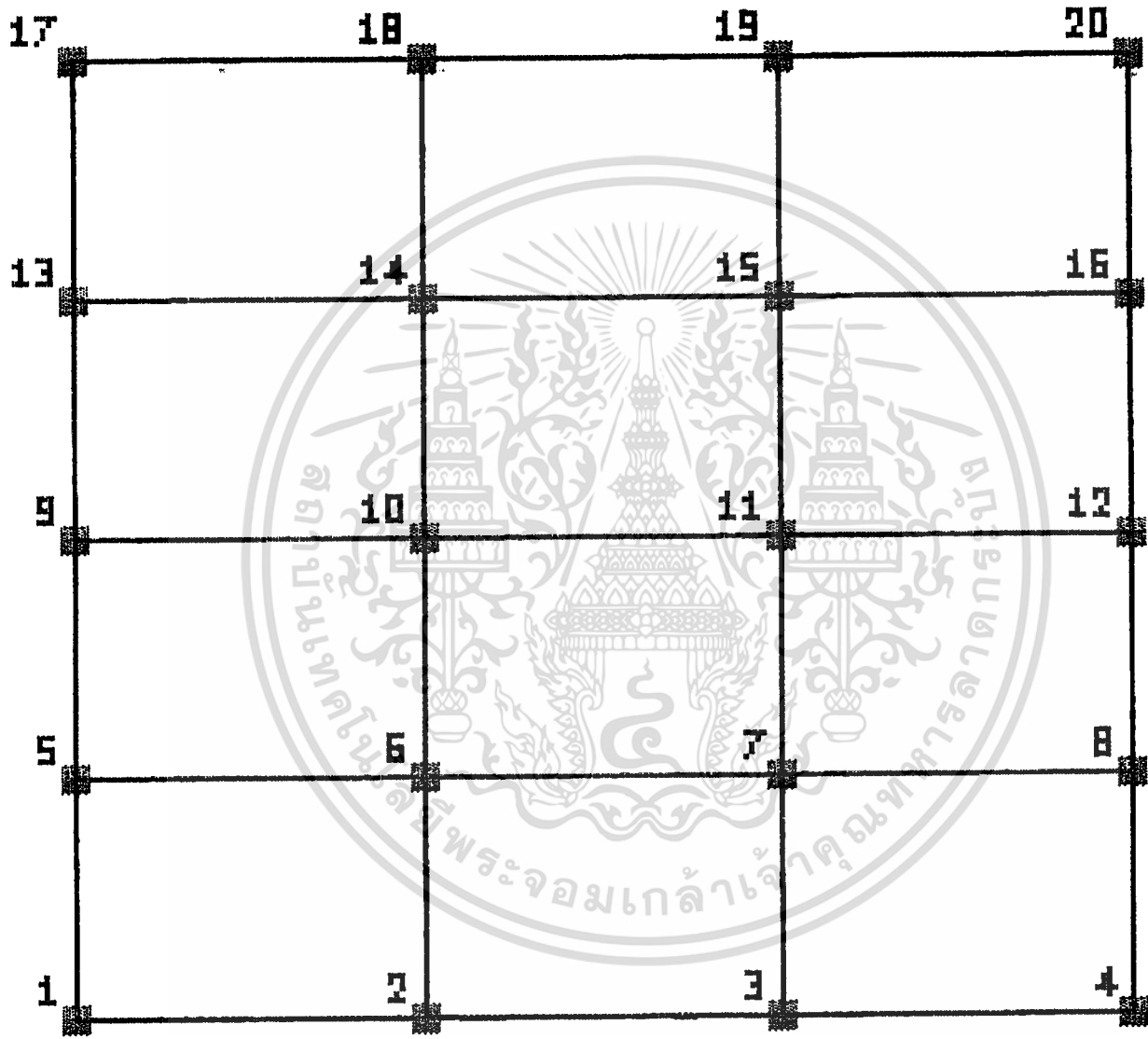


รูปที่ 3.7 รูปแปลนของกรณี Test 23 และ Test 24



GEOMETRY (1 = 1.59E+00)



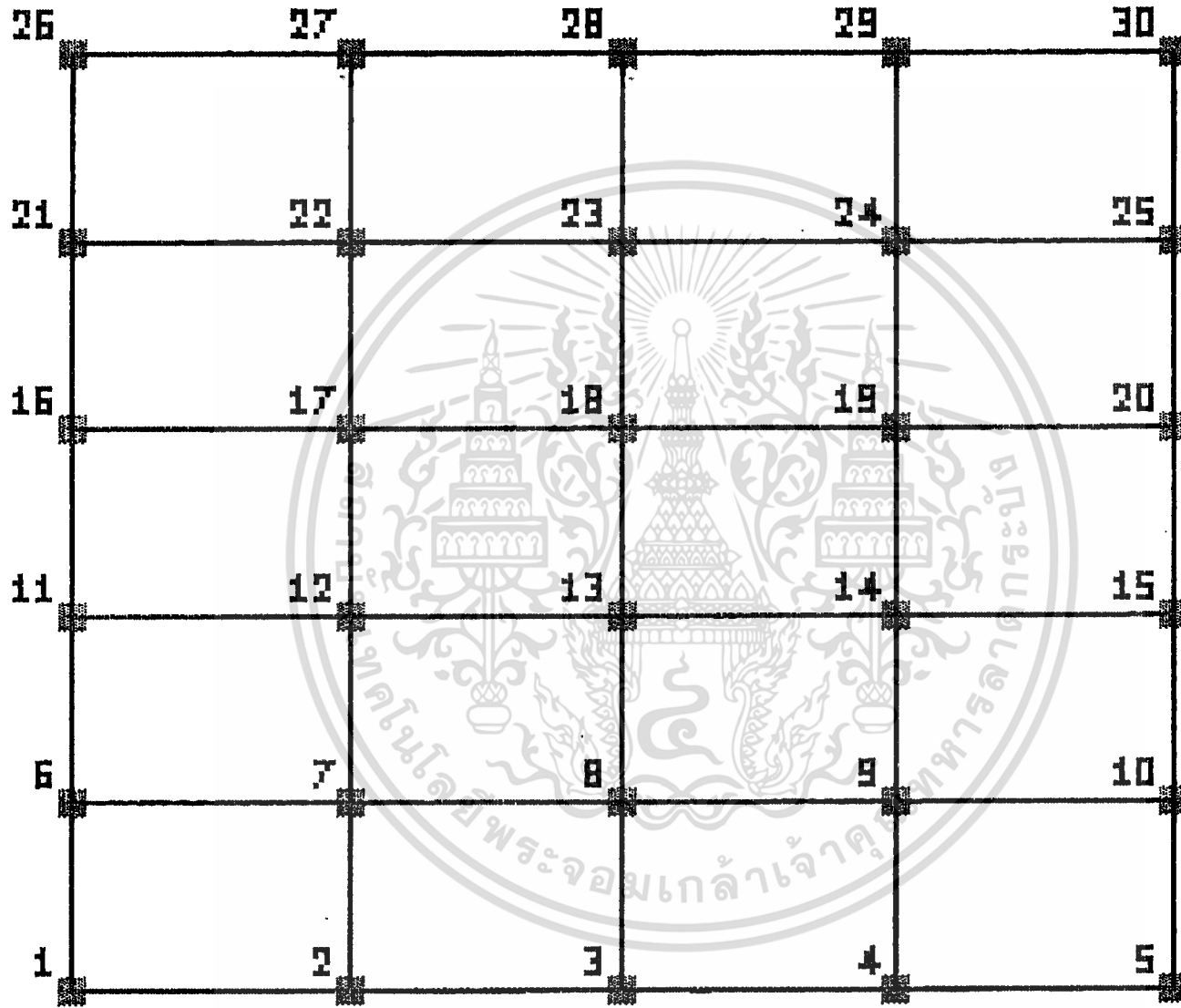


GEOMETRY ($1 = 2.12E+00$)

รูปที่ 3.8 รูปแปลนของกรณี Test 25 และ Test 26



รูปที่ 3.9 รูปแปลนของกรณี Test 11 และ Test 12



GEOMETRY ($l_1 = 2.66E+00$)



3.5 การวิเคราะห์หาค่าแห่งติดตั้ง Dial Gauge ที่ตำแหน่งที่มี Deflection มากที่สุดของคาน โดยโปรแกรม Microfeap II

เมื่อทำการวิเคราะห์ Deflection ของคานจะได้จุดที่มี Deflection มากที่สุดของคานแต่ละช่วงที่ควรทำการติดตั้ง Dial Gauge คือ

คานช่วง Node (21 22)

- Deflection มากที่สุดที่ Node 65 = 1.4373×10^{-2} ม. ห่างจาก Node 21 = 3.50 ม.
- มี Moment ที่จุดนี้ = $+2.0973 \times 10^4$ กก.-ม.
- ซึ่งค่า Moment มากที่สุดของช่วงนี้อยู่ที่ Node 262 = $+2.1282 \times 10^4$ กก.-ม.

คานช่วง Node (22 23)

- Deflection มากที่สุดที่ Node 153 = 6.9375×10^{-3} ม. ห่างจาก Node 22 = 4.40 ม.
- มี Moment ที่จุดนี้ = $+1.2868 \times 10^4$ กก.-ม.
- ซึ่งค่า Moment มากที่สุดของช่วงนี้อยู่ที่ Node 154 = $+1.2876 \times 10^4$ กก.-ม.

คานช่วง Node (17 22)

- Deflection มากที่สุดที่ Node 215 = 5.7001×10^{-3} ม. ห่างจาก Node 17 = 2.70 ม.
- มี Moment ที่จุดนี้ = $+5.6945 \times 10^3$ กก.-ม. และเป็นค่า Moment ที่มากที่สุดด้วย

คานช่วง Node (22 27)

- Deflection มากที่สุดที่ Node 281 = 1.2408×10^{-2} ม. ห่างจาก Node 22 = 3.40 ม.
- มี Moment ที่จุดนี้ = $+9.3967 \times 10^3$ กก.-ม.
- ซึ่งค่า Moment มากที่สุดของช่วงนี้อยู่ที่ Node 284 = $+9.4727 \times 10^4$ กก.-ม.

สรุป จะเห็นได้ว่า ค่า Deflection ที่มากที่สุดไม่จำเป็นต้องอยู่ ณ ตำแหน่งที่มี Moment มากที่สุดและค่า Moment มากที่สุดไม่จำเป็นต้องอยู่กึ่งกลางคาน จึงได้กำหนด Node บนคานเป็นหลายๆ Node เพื่อหาค่า Deflection และ Moment ที่มากที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาตำแหน่งที่จะติดตั้ง Dial Gauge อีกตำแหน่งหนึ่ง ในการหาค่า Deflection ให้ถูกต้องมากที่สุด

บทที่ 4

การทดสอบอื่นๆที่ใช้หาความแข็งแรงของโครงสร้าง

นอกจากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของ โครงสร้างอาคารแล้ว ยังอาจทำการทดสอบวิธีอื่นๆ เพื่อใช้ในการตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้าง ซึ่งได้แก่ การทดสอบการหักงอของแท่งคอนกรีตที่เจาะมาจากส่วนของโครงสร้าง และการทดสอบหาการรับแรงดึงของเหล็กที่ตัดออกมาจากโครงสร้าง

4.1 การทดสอบการหักงอแท่งต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีตที่เจาะมาจากส่วนของโครงสร้าง (Drilled Cores)

กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต เป็นตัวบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะค่ากำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่นเป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานต่อแรงอัดมากกว่ากำลังต้านทานแรงดึงหลายเท่า ดังนั้นในการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจึงออกแบบให้คอนกรีตรับเฉพาะแรงอัดเพียงอย่างเดียว ส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริมซึ่งหล่ออยู่ในคอนกรีตทำหน้าที่ต้านทาน

การทดสอบหาแรงอัดประลัยของคอนกรีตทำได้โดย การกดหรืออัดแท่งทดสอบมาตรฐาน รูปทรงกระบอกหรือรูปลูกบาศก์ ซึ่งบ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กำหนดหรืออาจจะเป็นแท่งทดสอบมาตรฐานที่ได้จากการเจาะจากโครงสร้างแผ่นพื้น (ซึ่ง ณ ที่นี้จะขอกกล่าวถึงการทดสอบกับแท่งทดสอบที่ได้จากการเจาะแผ่นพื้นเท่านั้น) แล้วทดสอบแท่งมาตรฐานจนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก น้ำหนักกดหรืออัตราสูงสุดที่ได้หารด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างจะเป็นค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตนั้น ค่ากำลังต้านทานของแรงอัดนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมปริมาณน้ำ อายุของแท่งทดสอบ การบ่ม เป็นต้น

4.1.1 แท่งคอนกรีตทดสอบ

แท่งคอนกรีตทดสอบนั้นเป็นคอนกรีตที่ได้จากการเจาะแท่งคอนกรีตที่เป็นส่วนของโครงสร้างที่ต้องการหาลำดับต้านทานแรงอัด

ในการเจาะชิ้นส่วนตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้น ไม่ควรเจาะตัวอย่างมาทดสอบจนกว่า

คอนกรีตจะแข็งพอที่จะเอาออกได้โดยไม่กระทบกระเทือนการเกาะยึกระหว่างมอร์ต้าและมวลรวม
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
หายาบ ปกติคอนกรีตควรมีอายุอย่างน้อย 14 วัน ในการเจาะควรทำอย่างระมัดระวังไม่ให้แท่ง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบเกิดการเสียหาย และควรแช่ชิ้นตัวอย่างทดสอบในน้ำ ณ อุณหภูมิของห้องเป็นเวลา 40 ถึง 48 ชั่วโมง ก่อนที่จะทำการทดสอบเพื่อให้ได้การทดสอบในสภาพที่ชื้น

แท่งคอนกรีต เป็นชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบกำลังควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 2 เท่า และถ้าให้ดีกว่าเป็น 3 เท่าของขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมหยาบ ความยาวของชิ้นตัวอย่างทดสอบควรจะให้ใกล้เคียง 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเท่าที่ทำได้ และแนวแกนของแท่งควรตั้งได้ฉากกับแนวของคอนกรีตที่ใดเทไว้แล้ว แท่งคอนกรีตซึ่งตั้งได้ฉากกับผิวในแนวยืนหรือแนวเอียง ควรจะนำมาจากตอนที่ใกล้ส่วนกลางของชิ้นคอนกรีตและใช้ส่วนกากเพชรเจาะ สำหรับแท่งที่ตั้งฉากกับผิวในแนวนอนใช้ส่วนสั้นๆเจาะจะได้ผลดี ส่วนเครื่องเจาะแท่งที่ไม่มีขาตั้งควรทำการยึดไว้ให้ดี

ในบางกรณี หลังจากที่ได้บ่มเพิ่มเติมแล้วจะมีการเจาะเอาชิ้นแท่งตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบดูว่าข้อบกพร่องอยู่ที่ส่วนผสมของคอนกรีตหรือการบ่ม และถ้าเป็นกรณีหลังจะเป็นไปได้หรือไม่ที่การบ่มต่อไปอีกจะช่วยแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านี้ได้ และจะเป็นการดีที่จะใช้ค้อนชมิคท์ (Schmidt Hammer) ทดลองกับส่วนที่หล่อคอนกรีตแล้ว แล้วนำเอาค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากการทดสอบกับคอนกรีตซึ่งรู้ค่ากำลังอัดแล้ว การทดสอบด้วยค้อนนี้บางทีจะช่วยลดปริมาณการเจาะแท่งได้อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีการบ่มเพิ่มเติม สำหรับองค์อาคารที่มีโครงสร้างบางอย่าง เช่น เสา ไม่อาจจะเจาะเอาแท่งออกมาโดยไม่ทำให้องค์อาคารนั้นเสี่ยงต่อการเสียหายแข็งแรงไป

ปลายของแท่งควรทำการขัดหรือฉาบเพื่อให้ได้ระนาบเรียบสำหรับรับน้ำหนักกด ความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของแท่งแท่งควรจะวัดให้ได้ละเอียดถึง 0.25 ซม. วิธีการทดสอบแรงอัดก็เหมือนกัน

4.1.2 เครื่องมือและวัสดุ

1. เครื่องมือเจาะแท่งคอนกรีต
2. เครื่องมือทดสอบแรงกดแบบมาตรฐานแบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine)
3. เวอร์เนียส คาลิเปอร์ (Vernier Caliper) อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 มม.
4. เครื่องชั่งอ่านค่าละเอียดได้ถึง 1 กรัม
5. เครื่องมือเล็กที่จำเป็น เช่น กรียง แปรง เป็นต้น
6. วัสดุเคลือบผิวแท่งคอนกรีต

4.1.3 การเตรียมแท่งที่ได้จากการเจาะ

ให้เจาะแท่งทดสอบ เมื่อคอนกรีตมีอายุไม่ต่ำกว่า 14 วัน แท่งทดสอบต้องอยู่ในสภาพที่ดี ไม่มีรอยร้าว รอยบิ่นหรือโพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การบ่มแห้งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ

ให้แช่ก้อนตัวอย่างในน้ำปูนขาวอิ่มตัวที่อุณหภูมิห้อง ไม่น้อยกว่า 40 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ จากนั้นก็นำขึ้นมาจากน้ำปูนเพื่อนำไปดำเนินการต่อไป

การส่งแห้งตัวอย่างจากสนามไปยังห้องทดลอง

ในกรณีที่มีการส่งแห้งตัวอย่าง ไปสถานที่ก่อสร้างมาทำการทดสอบในห้องทดลอง ให้บรรจุแห้งตัวอย่างในภาชนะที่แข็งแรงและให้พยายามรักษาสภาพความชื้นของแห้งตัวอย่าง โดยอาจใช้ทรายเปียกหรือจี้เปียกก็ได้ หลังจากนั้นเมื่อถึงห้องทดลองแล้วให้บ่มแห้งตัวอย่างในชั้นที่อุณหภูมิ 23 ± 1.7 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบต่อไป

4.1.5 การเคลือบผิวหน้าของแห้งทดสอบ

ในกรณีที่ผิวหน้าของแห้งทดสอบไม่เรียบ ให้เคลือบผิวหน้าของแห้งทดสอบด้วยส่วนผสมของกำมะถันกับผงแร่หรือซีเมนต์เฟสท์ (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก 27 - 30 %) ซึ่งทำการผสมไว้ก่อน 2 - 4 ชั่วโมงแล้ว

ในการเคลือบผิวนั้น อุปกรณ์จะต้องตั้งอยู่ในแนวแกนของแห้งทดสอบและผิวหน้าด้านที่จะใช้ต้องมีมุมที่ถูกค้ำ และขณะที่วัตถุที่ใช้เคลือบผิวแข็งตัวต้องป้องกันการระเหยของน้ำ เช่นการใช้ผ้าเปียกคลุมไว้

4.1.6 วิธีทำการทดสอบ

1. วัดขนาดของแห้งคอนกรีตก่อนทำการเคลือบผิวหน้า
2. ทำความสะอาดของแห้งคอนกรีตและผิวแท่นชาร (Beam Force) ทั้งบนและล่างของเครื่องทดสอบแรงกด (Universal Testing Machine)
3. วางแท่นทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักที่กด แล้วเลื่อนหรือหมุนผิวแท่นชารให้สัมผัสกับแห้งทดสอบให้สนิท
4. เปิดเครื่องทดสอบให้มีน้ำหนักกดกระทำอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่ และอยู่ในช่วงเกณฑ์ 14 -34 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ในระยะช่วงครึ่งแรกของน้ำหนักกดสูงสุดที่แห้งทดสอบจะรับได้นั้น อาจใช้อัตราการกดสูงกว่าที่กำหนดให้ ส่วนในการควบคุมเครื่องทดสอบขณะที่แห้งทดสอบถึงจุดคลาก (Yield Point) อย่างรวดเร็วทันทีก่อนถึงจุดประลัย (Ultimate) นั้นห้ามปรับอัตราการกดหรือส่วนใดๆ ของเครื่องทดสอบ
5. ให้ทำการกดจนกระทั่งแก่แห้งทดสอบถึงจุดประลัย
6. บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดที่แก่แห้งทดสอบสามารถรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.คำนวณหาค่าความต้านทานแรงอัดของแท่งทดสอบ จากสูตร

$$f = P_u / A$$

โดยที่ f = ความต้านทานแรงอัดของแท่งทดสอบ (kg / cm^2)

P_u = น้ำหนักสูงสุดที่แท่งทดสอบสามารถรับได้ (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของแท่งทดสอบ (cm^2)

หมายเหตุ ถ้าแท่งทดสอบซึ่งได้จากการเจาะมีส่วนสูงน้อยกว่า 2 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางให้แก้ไขค่าการต้านทานแรงอัด ดังนี้

อัตราส่วนความสูงต่อ เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบ	ตัวคูณสำหรับแก้ไขค่าการต้านแรงอัด
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าตัวคูณสำหรับแก้ไขค่าการต้านทานแรงอัด

4.2 การทดสอบหาแรงดึงของเหล็กเสริม (Tensile of steel)

4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นการศึกษาว่าเหล็กแท่งนั้นจะมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างหรือไม่ ตามมาตรฐาน ACI

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เหล็กเส้นกลมหรือเหล็กข้ออ้อย
2. เครื่องมือทดสอบการดึงเหล็ก (Universal Testing Machine)
3. ปากกา
4. ไม้บรรทัด
5. เวอร์เนีย

4.2.3 ขั้นตอนในการทดสอบ

1. ทำความสะอาดเหล็ก โดยทำการปัดฝุ่นออกให้หมดและทำการเลือกเหล็กที่จะนำมาทดสอบให้มีสนิมไม่มากนัก หรือไม่มีสนิมเลยก็ดี
2. ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาว ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาพื้นที่ผิวของเหล็กเส้นแต่ละเส้นที่จะนำมาทดสอบ
3. ทำเครื่องหมายไว้บนเหล็กเส้นทุกๆ เส้น โดยมีระยะห่างระหว่างเครื่องหมาย 2 ซม.
4. นำเหล็กที่จะทดสอบติดตั้งเข้ากับเครื่อง (Universal Testing Machine) เพื่อหาค่าดึงจุดคดากและค่าดึงดึงประลัย และหาค่าเปอร์เซ็นต์การยืดหดตัวของเหล็กแต่ละเส้น
5. บันทึกผลการทดลอง

บทที่ 5

สรุปการศึกษารทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคารเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการตรวจสอบความแข็งแรงของ โครงสร้างอาคารที่มีปัญหาหรือมีความสงสัยในความสามารถในการรับน้ำหนัก โดยอาจมีสาเหตุมาจาก

- 1.คุณภาพของวัสดุ เช่น คุณภาพของคอนกรีตหรือเหล็กเสริม
- 2.การทำงานไปก่อนโดยพลการไม่ได้รับความเห็นชอบจากผู้เกี่ยวข้อง
- 3.มาตรฐานของการทำงานต่ำ จนสงสัยว่าคุณภาพของ โครงสร้างจะไม่ดีเท่าที่ควร
- 4.การคำนวณชี้ให้เห็นว่าการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคารลดลงอย่างเด่นชัด

นอกจาก โครงสร้างที่มีปัญหาข้างต้นแล้วยังอาจมี โครงสร้างอาคารที่ต้องตรวจสอบซึ่งเป็น โครงสร้างของอาคารเก่าที่ได้ดัดแปลงหรือทำการซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ ทั้งนี้ไม่ว่า อาคารดังกล่าวจะมีสาเหตุเนื่องมาจากอุบัติเหตุหรือเกิดเพลิงไหม้หรือประสพภัยที่จะเปลี่ยนแปลง การใช้งาน ในลักษณะที่ต้องการรับน้ำหนักบรรทุกสูงขึ้น

ความสงสัยในปัจจัยต่างๆข้างต้นควรต้องผ่านขบวนการตรวจสอบมาเป็นระยะๆซึ่งได้แก่ การตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ระเบียบประวัติการทำงานในส่วนของ โครงสร้างนั้นวิเคราะห์ ผลที่คาดว่าจะถึงที่สุดแล้วหลีกเลี่ยง ไม่พื้นที่จะต้องทำการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก เหตุที่ต้อง เน้นว่าก่อนการตัดสินใจให้ทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกนั้น ควรต้องมีการตรวจสอบให้ละเอียด เนื่องจากว่าการทดสอบนั้นมีวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยากรวมทั้งการทดสอบในบริเวณกว้างอาจเป็นผล ให้การใช้งาน อีกทั้งตัวอาคารส่วนนั้นเสียหายได้

การตรวจสอบด้วยวิธีการอื่นๆที่ใช้ตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้าง ได้แก่ การใช้ Schmidt Hammer การใช้ Ultrasonic Pulse Technique หรือการเจาะตัวอย่าง(Specimens Coring) มาทำการทดสอบ ซึ่งวิธีเหล่านี้ใช้ในการหาลำดับอัดของคอนกรีต แต่การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกนั้นจะแสดงให้เห็นพฤติกรรมและลักษณะของ โครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ส่วนผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกนั้นจะมีเกณฑ์ในการตัดสินใจ หากผลการทดสอบ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ข้างต้นแล้ว สามารถอนุญาตให้ใช้งานได้ ในอัตราของน้ำหนักบรรทุกที่น้อยกว่า ทั้งนี้ให้พิจารณาจากผลของการทดสอบเป็นหลัก โดยค่าน้ำหนักบรรทุกจริงที่ใช้ได้นั้น ต้อง

สอดคล้องกับค่าระยะแอนท์ที่ไม่เกินเกณฑ์ข้อกำหนด และสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกนี้ ไม่ควรปฏิบัติให้สิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำนักบรรทุกของ โครงสร้างอาคาร
อันตรายอย่างเต็มที่

ต้องเป็น ไปด้วยความระมัดระวังและมีมาตรการป้องกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

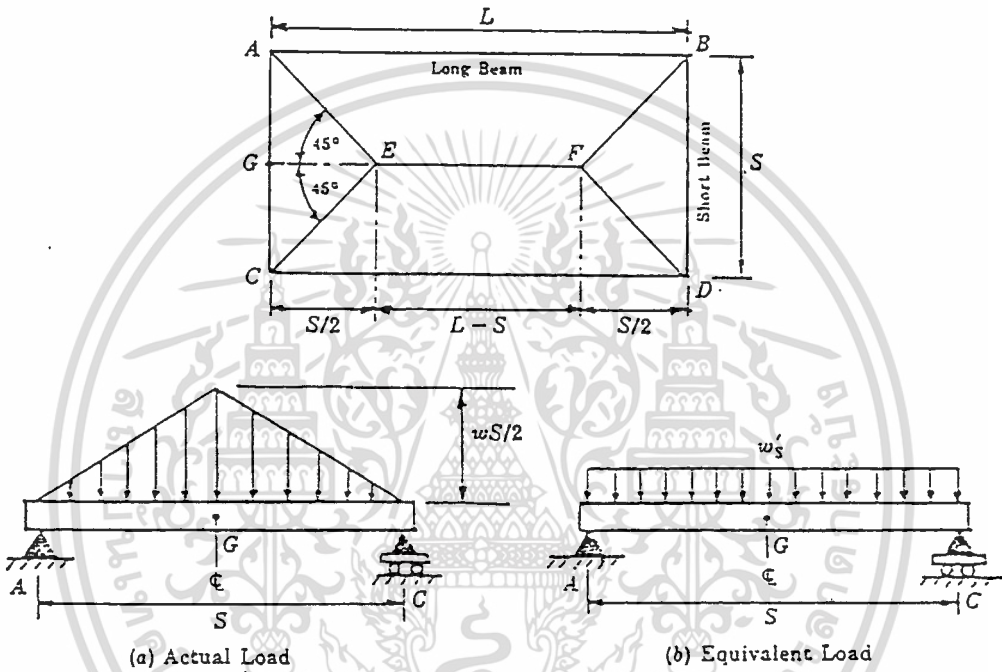
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

พิสูจน์สูตร $w'_s = \frac{wS}{3}$

เนื่องจากสมการ $w'_s = \frac{wS}{3}$ ซึ่งค่า w'_s จะเป็นค่าน้ำหนักกระจายสมมูลที่ถ่ายลงคานด้านสั้น (AC) และค่า w'_s มาจากค่าน้ำหนักกระจาย w ที่กระทำบนพื้น โดยไม่รวมน้ำหนักคาน

น้ำหนักที่กระทำกับคานด้านสั้น AC ของพื้นที่ AEC น้ำหนักมากที่สุดจะผ่านแนวเส้น EG (พิจารณาน้ำหนักเพียงด้านเดียว)



กรณีที่ใช้ค่าน้ำหนักจริง (actual load : รูป a) $R_A = \left(\frac{wS}{2}\right)\left(\frac{S}{2}\right)\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{wS^2}{8}$

และจะได้ค่าโมเมนต์ $M_G = \left(\frac{wS^2}{8}\right)\left(\frac{S}{2}\right) - \left(\frac{wS^2}{8}\right)\left(\frac{S}{6}\right) = \frac{wS^3}{24}$

กรณีที่ใช้ค่าน้ำหนักสมมูล (equivalent load : รูป b) $M_G = w'_s\left(\frac{S^2}{8}\right)$

พิจารณาค่า M_G มีค่าเท่ากันทั้ง 2 กรณี จะได้ว่า $\frac{wS^3}{24} = w'_s\left(\frac{S^2}{8}\right)$

$$w'_s = \frac{wS}{3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

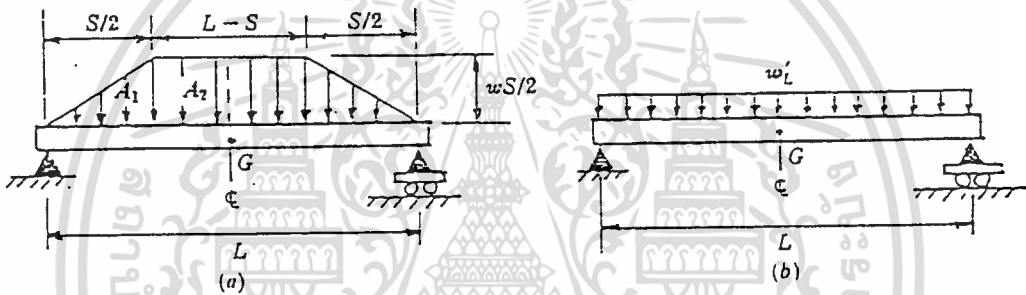
พิสูจน์สูตร $w'_L = \frac{wS}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$

เนื่องจากสมการ $w'_L = \frac{wS}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$ ซึ่งค่า w'_L จะเป็นค่าน้ำหนักกระจายสมดุลงาน

คานยาว (CD) และค่า w'_L มาจากค่าน้ำหนักกระจาย w ที่กระทำบนพื้น โดยไม่รวมน้ำหนักคาน

กรณีค่าน้ำหนักจริงแสดงดังรูป (a) และกรณีค่าน้ำหนักสมดุลงานแสดงดังรูป (b) (พิจารณาน้ำหนักเพียงคานเดียว)

ในการพิจารณาใช้หนักสมดุลงานจะสามารถหาค่า reaction ซึ่งจะนำมาหาค่า โมเมนต์ M_G ได้ดังนี้



กรณีที่ใช้ค่าน้ำหนักจริง (actual load) ได้ค่า $M_G = \left(\frac{wS^2}{8} \right) \left(\frac{S}{3} \right) + \left(\frac{wS}{2} \right) \left(\frac{L-S}{2} \right) \left(\frac{L+S}{4} \right)$

แทนค่า $m = \frac{S}{L}$ (or $S = mL$) ซึ่งจะได้อ่า $M_G = \frac{wSL^2}{48} (3-m^2)$ สมการนี้มาจากการพิสูจน์ดังนี้

$$\begin{aligned} R &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{wS}{2} \times \frac{S}{2} \right) \times \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) \times \frac{wS}{2} \right] \\ &= \frac{wS^2}{8} + \frac{wS}{2} \left(\frac{L-S}{2} \right) \\ &= A_1 + A_2 \end{aligned}$$

(สมมติ)

$$M_G = R \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{2} \right) \right] - A_1 \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{6} \right) \right] - A_2 \left(\frac{L-S}{4} \right) \quad (\text{แทนค่า } R=A_1+A_2)$$

$$M_G = (A_1 + A_2) \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{2} \right) \right] - A_1 \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{6} \right) \right] - A_2 \left(\frac{L-S}{4} \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_G = A_1 \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{2} \right) \right] + A_2 \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{2} \right) \right] - A_1 \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \left(\frac{S}{6} \right) \right] - A_2 \left(\frac{L-S}{4} \right)$$

$$M_G = A_1 \left(\frac{S}{2} - \frac{S}{6} \right) + A_2 \left[\left(\frac{L-S}{2} \right) + \frac{S}{2} - \left(\frac{L-S}{6} \right) \right]$$

$$M_G = A_1 \left(\frac{S}{3} \right) + A_2 \left[\frac{2(L-S) + 2S - (L-S)}{4} \right]$$

$$M_G = A_1 \left(\frac{S}{3} \right) + A_2 \left(\frac{L+S}{4} \right)$$

$$M_G = \frac{wS^2}{8} \left(\frac{S}{3} \right) + \frac{wS}{2} \left(\frac{L-S}{2} \right) \left(\frac{L+S}{4} \right) \quad (\text{แทนค่า } A_1 \text{ และ } A_2)$$

$$M_G = \frac{wS^2}{8} \left(\frac{S}{3} \right) + \frac{wS}{2} \left(\frac{L^2 - S^2}{8} \right)$$

$$M_G = \frac{wS^2}{8} \left(\frac{S}{3} \right) + \frac{wS}{16} (L^2 - S^2)$$

$$M_G = wS \left(\frac{S^2}{24} + \frac{L^2 - S^2}{16} \right)$$

$$M_G = wS \left(\frac{2S^2 + 3L^2 - 3S^2}{48} \right)$$

$$M_G = \frac{wS}{48} (3L^2 - S^2) \quad (\text{แทนค่า } S=mL \text{ ลงในสมการ})$$

$$M_G = \frac{wS}{48} (3L^2 - m^2 L^2)$$

$$\therefore M_G = \frac{wSL^2}{48} (3 - m^2) \dots\dots\dots(1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ใช้น้ำหนักสมมูล (equivalent load) ใค้ค่า $M_G = \frac{w'_L L^2}{8}$ (2)

ค่าโมเมนต์ M_G ของทั้ง 2 กรณีมีค่าเท่ากัน (สมการ (1) = สมการ (2))

$$\frac{wSL^2}{48}(3-m^2) = \frac{w'_L L^2}{8}$$

$$\therefore w'_L = \frac{wS}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม Microfeap II

ข้อกำหนดที่ใช้ป้อนข้อมูลในการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Microfeap II

กำหนด	พื้นหนา 0.15 m. Dead Load พื้น = 0.15 x 2400 =	360	kg/m ²
	Live Load =	300	kg/m ²
	Volume Load ของคานทุกขนาด =	2,400	kg/m ³

คานยาวที่ยาวช่วงละ 8 m. มีขนาด 0.2 x 0.6 m.

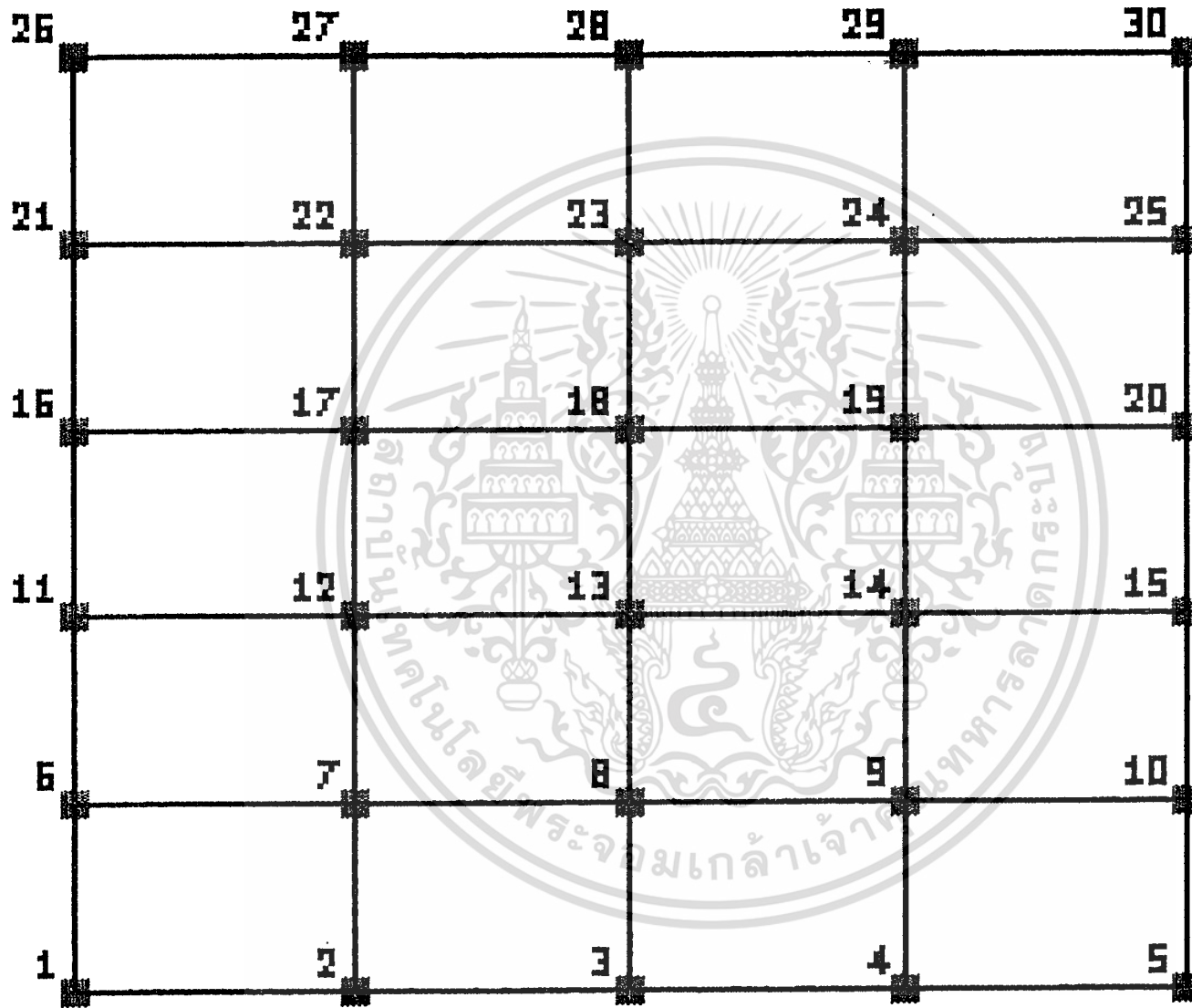
E-Modulus	=	2.1 x 10 ⁹	kg/m ²
AREA	=	0.12	m ²
INERTIA	=	3.6 X 10 ⁻³	m ⁴
G-Modulus	=	1.21 x 10 ⁹	kg/m ²
J-Torsion	=	1.26 x 10 ⁻³	m ⁴

คานยาวที่ยาวช่วงละ 6 m. มีขนาด 0.2 x 0.4 m.

E-Modulus	=	2.1 x 10 ⁹	kg/m ²
AREA	=	0.08	m ²
INERTIA	=	1.07 X 10 ⁻³	m ⁴
G-Modulus	=	1.21 x 10 ⁹	kg/m ²
J-Torsion	=	7.32 x 10 ⁻⁴	m ⁴

การถ่าย Load เข้าสู่คานแต่ละด้านอ้างอิงจากสูตร

คานค้ำยันมี Load กระทำ	=	wS/3	kg/m ²
คานค้ำยาวมี Load กระทำ	=	(wS/3) x [(3-m ²)/2]	kg/m ²



GEOMETRY ($l_1 = 2.66E+00$)

การเลือกตำแหน่งที่จะทำการทดสอบ สำหรับสภาพอาคารโดยทั่วไป

- ตำแหน่งที่ได้รับเลือกมาพิจารณา คือ เสา Node 22
- Node 22 มีค่า Reaction = 51.098 ตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-02-1997          <COMB> P.1
PROJECT :              FILENAME: test12
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

SUPPORT REACTIONS <BEAM GRIDS>
LOAD FACTOR : 1

NODE	1-REACTION (kg)	2-REACTION (kg-m)	3-REACTION (kg-m)
1	9.4052D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
2	2.4206D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
3	2.0759D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
4	2.4206D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
5	9.4052D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
6	2.1449D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
7	5.1098D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
8	4.5298D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
9	5.1098D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
10	2.1449D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
11	1.9822D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
12	4.8619D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
13	4.2595D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
14	4.8619D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
15	1.9822D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
16	1.9822D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
17	4.8619D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
18	4.2595D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
19	4.8619D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
20	1.9822D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
21	2.1449D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
22	5.1098D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
23	4.5298D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
24	5.1098D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
25	2.1449D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
26	9.4052D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
27	2.4206D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
28	2.0759D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
29	2.4206D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
30	9.4052D+03	0.0000D+00	0.0000D+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวาง Load Test ภายในอาคารรอบตำแหน่งที่พิจารณา

- ค่า Reaction ณ ตำแหน่งที่พิจารณา

Node 22 = 67.158 ตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.1
PROJECT :              FILENAME: test11
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION                    *
*                               *
*****

```

SUPPORT REACTIONS <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-REACTION (kg)	2-REACTION (kg-m)	3-REACTION (kg-m)
1	5.7323D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
2	1.4581D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
3	1.2488D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
4	1.4605D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
5	5.7482D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
6	1.2796D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
7	2.9822D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
8	2.6358D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
9	2.9669D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
10	1.2703D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
11	1.1333D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
12	2.7626D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
13	2.4349D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
14	2.8209D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
15	1.1734D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
16	1.8267D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
17	4.5603D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
18	3.2068D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
19	2.7668D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
20	1.1816D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
21	2.7601D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
22	6.7158D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
23	4.2599D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
24	2.8729D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
25	1.2889D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
26	1.1719D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
27	3.1136D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
28	1.9346D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
29	1.4010D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
30	5.8285D+03	0.0000D+00	0.0000D+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกตำแหน่งที่พิจารณาบนชั้นคาถาฟ้า ในสภาพปกติ

- ตำแหน่งที่ได้รับเลือก คือ เสา Node 22
- Node 22 มีค่า Reaction = 36.807 ตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.1
PROJECT :              FILENAME: test13
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

SUPPORT REACTIONS <BEAM GRIDS>
LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-REACTION (kg)	2-REACTION (kg-m)	3-REACTION (kg-m)
1	6.9672D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
2	1.7806D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
3	1.5254D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
4	1.7806D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
5	6.9672D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
6	1.5618D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
7	3.6807D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
8	3.2614D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
9	3.6807D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
10	1.5618D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
11	1.4429D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
12	3.5024D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
13	3.0676D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
14	3.5024D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
15	1.4429D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
16	1.4429D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
17	3.5024D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
18	3.0676D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
19	3.5024D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
20	1.4429D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
21	1.5618D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
22	3.6807D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
23	3.2614D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
24	3.6807D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
25	1.5618D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
26	6.9672D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
27	1.7806D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
28	1.5254D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
29	1.7806D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
30	6.9672D+03	0.0000D+00	0.0000D+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวาง Load Test บนชั้นคานฟ้า รอบตำแหน่งที่พิจารณา

- ค่า Reaction ณ ตำแหน่งที่พิจารณา

Node 22 = 45.569 คัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.1
PROJECT :              FILENAME: test14
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

SUPPORT REACTIONS <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-REACTION (kg)	2-REACTION (kg-m)	3-REACTION (kg-m)
1	5.7415D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
2	1.4596D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
3	1.2496D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
4	1.4606D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
5	5.7482D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
6	1.2742D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
7	2.9729D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
8	2.6309D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
9	2.9664D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
10	1.2703D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
11	1.1563D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
12	2.7971D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
13	2.4560D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
14	2.8219D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
15	1.1734D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
16	1.4505D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
17	3.5598D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
18	2.7835D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
19	2.7990D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
20	1.1768D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
21	1.9024D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
22	4.5569D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
23	3.3199D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
24	2.9266D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
25	1.2782D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
26	8.2814D+03	0.0000D+00	0.0000D+00
27	2.1619D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
28	1.5406D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
29	1.4353D+04	0.0000D+00	0.0000D+00
30	5.7823D+03	0.0000D+00	0.0000D+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า Deflection บนคาน รอบตำแหน่งที่พิจารณา

- คานระหว่าง Node 21 และ Node 22

ค่า Deflection มากที่สุด ณ Node 65 = 1.4373×10^{-2} m.

- คานระหว่าง Node 22 และ Node 23

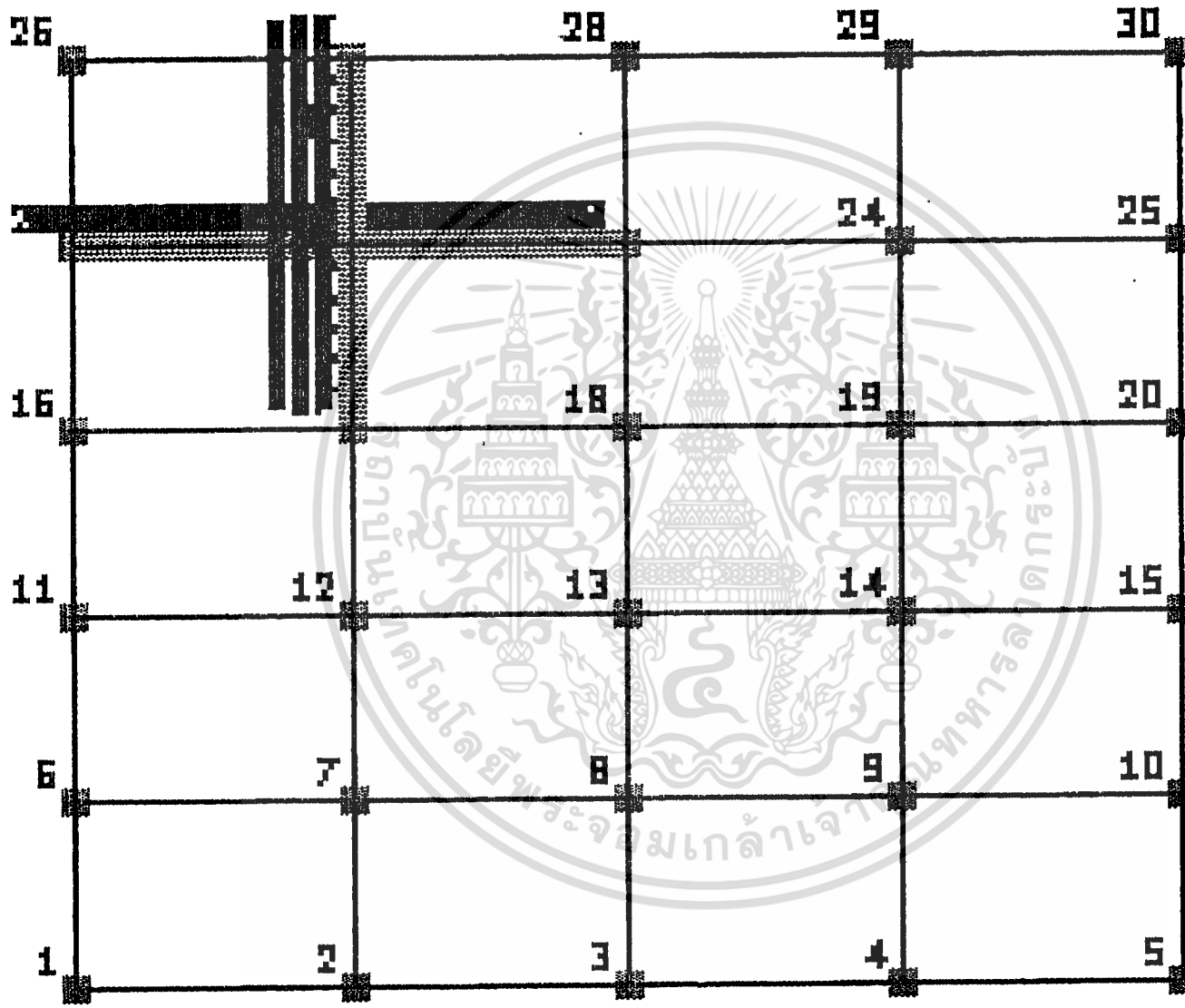
ค่า Deflection มากที่สุด ณ Node 153 = 6.9375×10^{-3} m.

- คานระหว่าง Node 17 และ Node 22

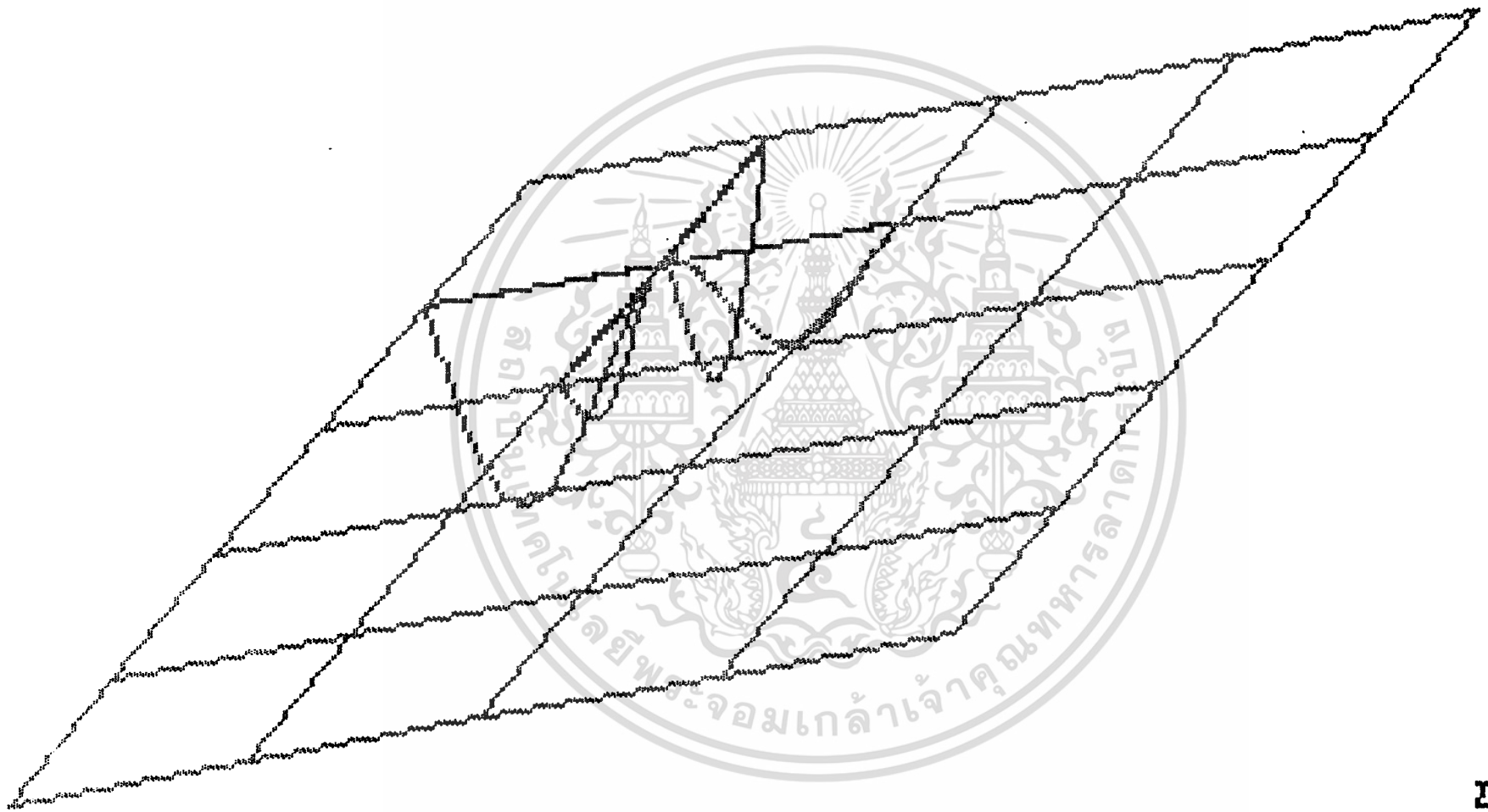
ค่า Deflection มากที่สุด ณ Node 215 = 5.7001×10^{-3} m.

- คานระหว่าง Node 22 และ Node 27

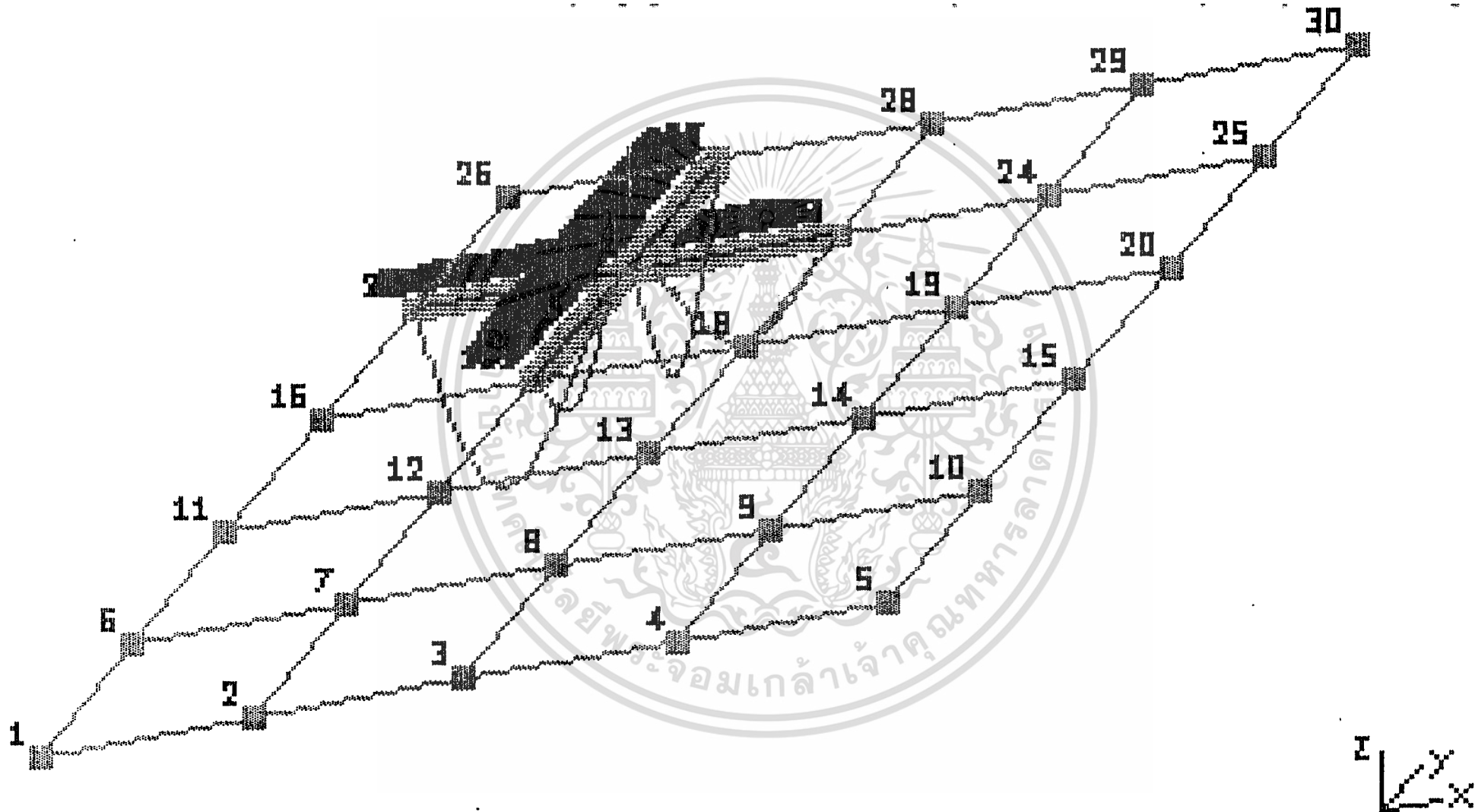
ค่า Deflection มากที่สุด ณ Node 281 = 1.2408×10^{-2} m.



GEOMETRY ($L_1 = 2.66E+00$)



DISP.COM ($\underline{1}$ = 5.22E-03)



DISP.COM (1) = 5.22E-03)

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.1
PROJECT :              FILENAME: test16
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
* COMBINATION                    *
*                               *
*****

```

SUPPORT REACTIONS <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-REACTION (kg)	2-REACTION (kg-m)	3-REACTION (kg-m)
1	5.73230+03	0.00000+00	0.00000+00
2	1.45810+04	0.00000+00	0.00000+00
3	1.24880+04	0.00000+00	0.00000+00
4	1.46050+04	0.00000+00	0.00000+00
5	5.74820+03	0.00000+00	0.00000+00
6	1.27960+04	0.00000+00	0.00000+00
7	2.98220+04	0.00000+00	0.00000+00
8	2.63580+04	0.00000+00	0.00000+00
9	2.96690+04	0.00000+00	0.00000+00
10	1.27030+04	0.00000+00	0.00000+00
11	1.13330+04	0.00000+00	0.00000+00
12	2.76260+04	0.00000+00	0.00000+00
13	2.43490+04	0.00000+00	0.00000+00
14	2.82090+04	0.00000+00	0.00000+00
15	1.17340+04	0.00000+00	0.00000+00
16	1.82670+04	0.00000+00	0.00000+00
17	4.56030+04	0.00000+00	0.00000+00
18	3.20680+04	0.00000+00	0.00000+00
19	2.76680+04	0.00000+00	0.00000+00
20	1.18160+04	0.00000+00	0.00000+00
21	2.76010+04	0.00000+00	0.00000+00
22	6.71580+04	0.00000+00	0.00000+00
23	4.25990+04	0.00000+00	0.00000+00
24	2.87290+04	0.00000+00	0.00000+00
25	1.28890+04	0.00000+00	0.00000+00
26	1.17190+04	0.00000+00	0.00000+00
27	3.11360+04	0.00000+00	0.00000+00
28	1.93460+04	0.00000+00	0.00000+00
29	1.40100+04	0.00000+00	0.00000+00
30	5.82850+03	0.00000+00	0.00000+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2                DATE: 04-07-1997                <COMB> P.1
PROJECT :                    FILENAME: test16
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH                ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
1	0.0000D+00	-2.2719D-03	1.9408D-03
2	0.0000D+00	-3.5436D-03	-4.9132D-04
3	0.0000D+00	-3.7027D-03	1.1971D-08
4	0.0000D+00	-3.5947D-03	4.9126D-04
5	0.0000D+00	-2.3160D-03	-1.9407D-03
6	0.0000D+00	5.6738D-04	3.2390D-03
7	0.0000D+00	8.3367D-04	-8.0437D-04
8	0.0000D+00	9.3674D-04	-6.4457D-08
9	0.0000D+00	9.5044D-04	8.0355D-04
10	0.0000D+00	6.5379D-04	-3.2362D-03
11	0.0000D+00	7.0138D-05	3.3677D-03
12	0.0000D+00	1.6744D-04	-8.4211D-04
13	0.0000D+00	-6.6968D-05	-1.3965D-05
14	0.0000D+00	-2.8606D-04	8.3274D-04
15	0.0000D+00	-2.2369D-04	-3.3008D-03
16	0.0000D+00	-8.2318D-04	5.1381D-03
17	0.0000D+00	-1.5878D-03	-1.0681D-03
18	0.0000D+00	-6.6497D-04	-8.6306D-04
19	0.0000D+00	2.6540D-04	1.0688D-03
20	0.0000D+00	2.2509D-04	-3.4145D-03
21	0.0000D+00	-9.9335D-04	6.7858D-03
22	0.0000D+00	-1.4294D-03	-1.2583D-03
23	0.0000D+00	-1.2926D-03	-1.6984D-03
24	0.0000D+00	-1.0225D-03	1.2763D-03
25	0.0000D+00	-6.6643D-04	-3.4644D-03
26	0.0000D+00	4.6856D-03	3.8630D-03
27	0.0000D+00	7.4513D-03	-7.5630D-04
28	0.0000D+00	5.8693D-03	-8.7704D-04
29	0.0000D+00	3.8466D-03	7.4775D-04
30	0.0000D+00	2.3500D-03	-2.0727D-03
31	-6.7872D-04	-9.9881D-04	6.7855D-03
32	-1.3565D-03	-1.0043D-03	6.7673D-03
33	-2.0316D-03	-1.0097D-03	6.7316D-03
34	-2.7023D-03	-1.0152D-03	6.6792D-03
35	-3.3669D-03	-1.0206D-03	6.6106D-03
36	-4.0239D-03	-1.0261D-03	6.5263D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.2

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
37	-4.6717D-03	-1.0315D-03	6.4271D-03
38	-5.3088D-03	-1.0370D-03	6.3135D-03
39	-5.9339D-03	-1.0424D-03	6.1860D-03
40	-6.5456D-03	-1.0479D-03	6.0453D-03
41	-7.1425D-03	-1.0533D-03	5.8919D-03
42	-7.7235D-03	-1.0588D-03	5.7265D-03
43	-8.2874D-03	-1.0642D-03	5.5497D-03
44	-8.8331D-03	-1.0697D-03	5.3620D-03
45	-9.3595D-03	-1.0751D-03	5.1641D-03
46	-9.8656D-03	-1.0806D-03	4.9565D-03
47	-1.0350D-02	-1.0860D-03	4.7398D-03
48	-1.0813D-02	-1.0915D-03	4.5146D-03
49	-1.1253D-02	-1.0969D-03	4.2816D-03
50	-1.1669D-02	-1.1024D-03	4.0412D-03
51	-1.2061D-02	-1.1078D-03	3.7942D-03
52	-1.2428D-02	-1.1133D-03	3.5410D-03
53	-1.2769D-02	-1.1187D-03	3.2824D-03
54	-1.3084D-02	-1.1242D-03	3.0188D-03
55	-1.3373D-02	-1.1296D-03	2.7510D-03
56	-1.3634D-02	-1.1351D-03	2.4794D-03
57	-1.3869D-02	-1.1405D-03	2.2046D-03
58	-1.4075D-02	-1.1460D-03	1.9273D-03
59	-1.4254D-02	-1.1514D-03	1.6481D-03
60	-1.4405D-02	-1.1569D-03	1.3675D-03
61	-1.4527D-02	-1.1623D-03	1.0862D-03
62	-1.4622D-02	-1.1678D-03	8.0471D-04
63	-1.4688D-02	-1.1732D-03	5.2364D-04
64	-1.4727D-02	-1.1787D-03	2.4360D-04
65	-1.4737D-02	-1.1841D-03	-3.4819D-05
66	-1.4720D-02	-1.1896D-03	-3.1103D-04
67	-1.4675D-02	-1.1950D-03	-5.8443D-04
68	-1.4603D-02	-1.2005D-03	-8.5443D-04
69	-1.4504D-02	-1.2059D-03	-1.1204D-03
70	-1.4379D-02	-1.2114D-03	-1.3819D-03
71	-1.4228D-02	-1.2168D-03	-1.6381D-03
72	-1.4052D-02	-1.2223D-03	-1.8886D-03
73	-1.3851D-02	-1.2277D-03	-2.1327D-03
74	-1.3625D-02	-1.2332D-03	-2.3698D-03
75	-1.3377D-02	-1.2386D-03	-2.5994D-03
76	-1.3106D-02	-1.2441D-03	-2.8208D-03
77	-1.2813D-02	-1.2495D-03	-3.0335D-03
78	-1.2499D-02	-1.2550D-03	-3.2368D-03
79	-1.2166D-02	-1.2604D-03	-3.4302D-03
80	-1.1814D-02	-1.2659D-03	-3.6131D-03
81	-1.1444D-02	-1.2714D-03	-3.7848D-03
82	-1.1057D-02	-1.2768D-03	-3.9449D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.3

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE ¹	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
83 ¹	-1.0655D-02	-1.2823D-03	-4.0926D-03
84	-1.0239D-02	-1.2877D-03	-4.2274D-03
85	-9.8102D-03	-1.2932D-03	-4.3487D-03
86	-9.3698D-03	-1.2986D-03	-4.4560D-03
87 ¹	-8.9195D-03	-1.3041D-03	-4.5485D-03
88	-8.4607D-03	-1.3095D-03	-4.6258D-03
89	-7.9949D-03	-1.3150D-03	-4.6872D-03
90	-7.5238D-03	-1.3204D-03	-4.7321D-03
91	-7.0490D-03	-1.3259D-03	-4.7600D-03
92 ¹	-6.5723D-03	-1.3313D-03	-4.7702D-03
93 ¹	-6.0956D-03	-1.3368D-03	-4.7622D-03
94 ¹	-5.6205D-03	-1.3422D-03	-4.7354D-03
95 ¹	-5.1491D-03	-1.3477D-03	-4.6890D-03
96 ¹	-4.6834D-03	-1.3531D-03	-4.6227D-03
97 ¹	-4.2253D-03	-1.3586D-03	-4.5358D-03
98 ¹	-3.7769D-03	-1.3640D-03	-4.4276D-03
99	-3.3405D-03	-1.3695D-03	-4.2976D-03
100 ¹	-2.9182D-03	-1.3749D-03	-4.1452D-03
101 ¹	-2.5122D-03	-1.3804D-03	-3.9698D-03
102 ¹	-2.1250D-03	-1.3858D-03	-3.7708D-03
103 ¹	-1.7589D-03	-1.3913D-03	-3.5477D-03
104	-1.4163D-03	-1.3967D-03	-3.2997D-03
105 ¹	-1.0998D-03	-1.4022D-03	-3.0264D-03
106 ¹	-8.1188D-04	-1.4076D-03	-2.7271D-03
107 ¹	-5.5524D-04	-1.4131D-03	-2.4012D-03
108	-3.3254D-04	-1.4185D-03	-2.0482D-03
109 ¹	-1.4653D-04	-1.4240D-03	-1.6674D-03
110 ¹	1.0516D-04	-1.4277D-03	-8.4935D-04
111	1.7073D-04	-1.4260D-03	-4.6632D-04
112 ¹	1.9927D-04	-1.4243D-03	-1.0863D-04
113	1.9328D-04	-1.4226D-03	2.2432D-04
114	1.5521D-04	-1.4209D-03	5.3311D-04
115 ¹	8.7448D-05	-1.4192D-03	8.1834D-04
116	-7.6882D-06	-1.4175D-03	1.0806D-03
117	-1.2793D-04	-1.4157D-03	1.3205D-03
118 ¹	-2.7106D-04	-1.4140D-03	1.5386D-03
119 ¹	-4.3495D-04	-1.4123D-03	1.7356D-03
120 ¹	-6.1749D-04	-1.4106D-03	1.9119D-03
121 ¹	-8.1666D-04	-1.4089D-03	2.0683D-03
122	-1.0305D-03	-1.4072D-03	2.2052D-03
123 ¹	-1.2571D-03	-1.4055D-03	2.3233D-03
124	-1.4946D-03	-1.4038D-03	2.4233D-03
125	-1.7411D-03	-1.4021D-03	2.5056D-03
126	-1.9951D-03	-1.4004D-03	2.5709D-03
127	-2.2548D-03	-1.3986D-03	2.6197D-03
128	-2.5185D-03	-1.3969D-03	2.6527D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.4

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
129	-2.7848D-03	-1.3952D-03	2.6705D-03
130	-3.0521D-03	-1.3935D-03	2.6736D-03
131	-3.3191D-03	-1.3918D-03	2.6627D-03
132	-3.5842D-03	-1.3901D-03	2.6383D-03
133	-3.8463D-03	-1.3884D-03	2.6010D-03
134	-4.1040D-03	-1.3867D-03	2.5514D-03
135	-4.3562D-03	-1.3850D-03	2.4902D-03
136	-4.6017D-03	-1.3832D-03	2.4179D-03
137	-4.8394D-03	-1.3815D-03	2.3351D-03
138	-5.0684D-03	-1.3798D-03	2.2424D-03
139	-5.2876D-03	-1.3781D-03	2.1404D-03
140	-5.4962D-03	-1.3764D-03	2.0297D-03
141	-5.6932D-03	-1.3747D-03	1.9108D-03
142	-5.8781D-03	-1.3730D-03	1.7845D-03
143	-6.0499D-03	-1.3713D-03	1.6512D-03
144	-6.2081D-03	-1.3696D-03	1.5116D-03
145	-6.3520D-03	-1.3679D-03	1.3662D-03
146	-6.4812D-03	-1.3661D-03	1.2157D-03
147	-6.5950D-03	-1.3644D-03	1.0606D-03
148	-6.6932D-03	-1.3627D-03	9.0158D-04
149	-6.7752D-03	-1.3610D-03	7.3919D-04
150	-6.8409D-03	-1.3593D-03	5.7402D-04
151	-6.8899D-03	-1.3576D-03	4.0668D-04
152	-6.9222D-03	-1.3559D-03	2.3775D-04
153	-6.9375D-03	-1.3542D-03	6.7831D-05
154	-6.9357D-03	-1.3525D-03	-1.0248D-04
155	-6.9170D-03	-1.3508D-03	-2.7260D-04
156	-6.8812D-03	-1.3490D-03	-4.4193D-04
157	-6.8286D-03	-1.3473D-03	-6.0987D-04
158	-6.7593D-03	-1.3456D-03	-7.7583D-04
159	-6.6736D-03	-1.3439D-03	-9.3921D-04
160	-6.5716D-03	-1.3422D-03	-1.0994D-03
161	-6.4538D-03	-1.3405D-03	-1.2559D-03
162	-6.3206D-03	-1.3388D-03	-1.4080D-03
163	-6.1724D-03	-1.3371D-03	-1.5552D-03
164	-6.0097D-03	-1.3354D-03	-1.6968D-03
165	-5.8332D-03	-1.3336D-03	-1.8322D-03
166	-5.6435D-03	-1.3319D-03	-1.9610D-03
167	-5.4413D-03	-1.3302D-03	-2.0824D-03
168	-5.2273D-03	-1.3285D-03	-2.1959D-03
169	-5.0024D-03	-1.3268D-03	-2.3009D-03
170	-4.7674D-03	-1.3251D-03	-2.3968D-03
171	-4.5233D-03	-1.3234D-03	-2.4830D-03
172	-4.2712D-03	-1.3217D-03	-2.5588D-03
173	-4.0119D-03	-1.3200D-03	-2.6238D-03
174	-3.7468D-03	-1.3183D-03	-2.6774D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.5

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
175	-3.4769D-03	-1.3165D-03	-2.7188D-03
176	-3.2034D-03	-1.3148D-03	-2.7476D-03
177	-2.9278D-03	-1.3131D-03	-2.7631D-03
178	-2.6513D-03	-1.3114D-03	-2.7647D-03
179	-2.3753D-03	-1.3097D-03	-2.7519D-03
180	-2.1014D-03	-1.3080D-03	-2.7241D-03
181	-1.8310D-03	-1.3063D-03	-2.6806D-03
182	-1.5658D-03	-1.3046D-03	-2.6209D-03
183	-1.3074D-03	-1.3029D-03	-2.5443D-03
184	-1.0575D-03	-1.3012D-03	-2.4504D-03
185	-8.1792D-04	-1.2994D-03	-2.3384D-03
186	-5.9046D-04	-1.2977D-03	-2.2078D-03
187	-3.7700D-04	-1.2960D-03	-2.0580D-03
188	-1.7951D-04	-1.2943D-03	-1.8884D-03
189	-1.7469D-04	-1.8988D-03	-1.0712D-03
190	-3.7836D-04	-2.1678D-03	-1.0744D-03
191	-6.0691D-04	-2.3965D-03	-1.0776D-03
192	-8.5637D-04	-2.5865D-03	-1.0807D-03
193	-1.1230D-03	-2.7394D-03	-1.0839D-03
194	-1.4031D-03	-2.8568D-03	-1.0871D-03
195	-1.6932D-03	-2.9403D-03	-1.0902D-03
196	-1.9901D-03	-2.9917D-03	-1.0934D-03
197	-2.2905D-03	-3.0124D-03	-1.0966D-03
198	-2.5916D-03	-3.0041D-03	-1.0998D-03
199	-2.8904D-03	-2.9685D-03	-1.1029D-03
200	-3.1844D-03	-2.9071D-03	-1.1061D-03
201	-3.4710D-03	-2.8216D-03	-1.1093D-03
202	-3.7480D-03	-2.7136D-03	-1.1124D-03
203	-4.0131D-03	-2.5847D-03	-1.1156D-03
204	-4.2643D-03	-2.4365D-03	-1.1188D-03
205	-4.4998D-03	-2.2706D-03	-1.1220D-03
206	-4.7179D-03	-2.0888D-03	-1.1251D-03
207	-4.9170D-03	-1.8925D-03	-1.1283D-03
208	-5.0959D-03	-1.6834D-03	-1.1315D-03
209	-5.2534D-03	-1.4632D-03	-1.1346D-03
210	-5.3883D-03	-1.2334D-03	-1.1378D-03
211	-5.4998D-03	-9.9570D-04	-1.1410D-03
212	-5.5872D-03	-7.5167D-04	-1.1442D-03
213	-5.6500D-03	-5.0295D-04	-1.1473D-03
214	-5.6877D-03	-2.5116D-04	-1.1505D-03
215	-5.7001D-03	2.0846D-06	-1.1537D-03
216	-5.6873D-03	2.5516D-04	-1.1568D-03
217	-5.6492D-03	5.0644D-04	-1.1600D-03
218	-5.5861D-03	7.5432D-04	-1.1632D-03
219	-5.4985D-03	9.9716D-04	-1.1664D-03
220	-5.3869D-03	1.2334D-03	-1.1695D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.6

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
221	-5.2521D-03	1.4613D-03	-1.1727D-03
222	-5.0950D-03	1.6793D-03	-1.1759D-03
223	-4.9166D-03	1.8859D-03	-1.1790D-03
224	-4.7182D-03	2.0793D-03	-1.1822D-03
225	-4.5012D-03	2.2579D-03	-1.1854D-03
226	-4.2672D-03	2.4202D-03	-1.1886D-03
227	-4.0178D-03	2.5645D-03	-1.1917D-03
228	-3.7549D-03	2.6892D-03	-1.1949D-03
229	-3.4807D-03	2.7927D-03	-1.1981D-03
230	-3.1972D-03	2.8733D-03	-1.2012D-03
231	-2.9068D-03	2.9294D-03	-1.2044D-03
232	-2.6122D-03	2.9595D-03	-1.2076D-03
233	-2.3159D-03	2.9618D-03	-1.2107D-03
234	-2.0208D-03	2.9348D-03	-1.2139D-03
235	-1.7299D-03	2.8769D-03	-1.2171D-03
236	-1.4465D-03	2.7864D-03	-1.2203D-03
237	-1.1738D-03	2.6618D-03	-1.2234D-03
238	-9.1531D-04	2.5013D-03	-1.2266D-03
239	-6.7476D-04	2.3033D-03	-1.2298D-03
240	-4.5594D-04	2.0664D-03	-1.2329D-03
241	-2.6284D-04	1.7888D-03	-1.2361D-03
242	-9.9603D-05	1.4688D-03	-1.2393D-03
243	2.9462D-05	1.1050D-03	-1.2425D-03
244	1.1988D-04	6.9565D-04	-1.2456D-03
245	1.6702D-04	2.3915D-04	-1.2488D-03
246	1.6609D-04	-2.6611D-04	-1.2520D-03
247	1.1212D-04	-8.2177D-04	-1.2551D-03
248	-1.7393D-04	-2.0394D-03	-1.2499D-03
249	-4.0599D-04	-2.5924D-03	-1.2416D-03
250	-6.9057D-04	-3.0901D-03	-1.2332D-03
251	-1.0222D-03	-3.5339D-03	-1.2248D-03
252	-1.3956D-03	-3.9256D-03	-1.2165D-03
253	-1.8056D-03	-4.2667D-03	-1.2081D-03
254	-2.2473D-03	-4.5589D-03	-1.1997D-03
255	-2.7158D-03	-4.8039D-03	-1.1914D-03
256	-3.2066D-03	-5.0031D-03	-1.1830D-03
257	-3.7150D-03	-5.1583D-03	-1.1746D-03
258	-4.2368D-03	-5.2711D-03	-1.1663D-03
259	-4.7679D-03	-5.3430D-03	-1.1579D-03
260	-5.3041D-03	-5.3758D-03	-1.1495D-03
261	-5.8418D-03	-5.3710D-03	-1.1412D-03
262	-6.3771D-03	-5.3302D-03	-1.1328D-03
263	-6.9067D-03	-5.2551D-03	-1.1244D-03
264	-7.4270D-03	-5.1473D-03	-1.1161D-03
265	-7.9351D-03	-5.0083D-03	-1.1077D-03
266	-8.4277D-03	-4.8399D-03	-1.0993D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.7

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

DISPLACEMENT COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

NODE	1-DISP (m)	2-DISP (Rad)	3-DISP (Rad)
267	-8.90210-03	-4.64370-03	-1.09100-03
268	-9.35560-03	-4.42120-03	-1.08260-03
269	-9.78560-03	-4.17410-03	-1.07420-03
270	-1.01900-02	-3.90400-03	-1.06590-03
271	-1.05660-02	-3.61250-03	-1.05750-03
272	-1.09110-02	-3.30130-03	-1.04910-03
273	-1.12250-02	-2.97190-03	-1.04080-03
274	-1.15050-02	-2.62600-03	-1.03240-03
275	-1.17500-02	-2.26520-03	-1.02400-03
276	-1.19580-02	-1.89120-03	-1.01570-03
277	-1.21280-02	-1.50550-03	-1.00730-03
278	-1.22590-02	-1.10970-03	-9.98940-04
279	-1.23500-02	-7.05550-04	-9.90570-04
280	-1.24000-02	-2.94590-04	-9.82200-04
281	-1.24080-02	1.21550-04	-9.73840-04
282	-1.23750-02	5.41250-04	-9.65470-04
283	-1.23000-02	9.62880-04	-9.57100-04
284	-1.21830-02	1.38480-03	-9.48740-04
285	-1.20230-02	1.80550-03	-9.40370-04
286	-1.18220-02	2.22320-03	-9.32000-04
287	-1.15790-02	2.63640-03	-9.23640-04
288	-1.12940-02	3.04340-03	-9.15270-04
289	-1.09700-02	3.44260-03	-9.06900-04
290	-1.06060-02	3.83250-03	-8.98530-04
291	-1.02040-02	4.21130-03	-8.90170-04
292	-9.76440-03	4.57750-03	-8.81800-04
293	-9.28900-03	4.92940-03	-8.73430-04
294	-8.77910-03	5.26540-03	-8.65070-04
295	-8.23650-03	5.58390-03	-8.56700-04
296	-7.66290-03	5.88330-03	-8.48330-04
297	-7.06050-03	6.16200-03	-8.39970-04
298	-6.43130-03	6.41830-03	-8.31600-04
299	-5.77760-03	6.65060-03	-8.23230-04
300	-5.10200-03	6.85730-03	-8.14860-04
301	-4.40710-03	7.03680-03	-8.06500-04
302	-3.69560-03	7.18740-03	-7.98130-04
303	-2.97060-03	7.30760-03	-7.89760-04
304	-2.23520-03	7.39570-03	-7.81400-04
305	-1.49260-03	7.45010-03	-7.73030-04
306	-7.46340-04	7.46920-03	-7.64660-04



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.1
PROJECT :              FILENAME: test16
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
1	1		0.00	-2.42360+02	3.63470+03	1.91650+02
			8.00	-2.42360+02	-5.68930+03	-8.02690+03
2	1		0.00	-3.03200+01	5.01020+03	-8.07320+03
			8.00	-3.03200+01	-4.31380+03	-5.28750+03
3	1		0.00	2.05980+01	4.31380+03	-5.28750+03
			8.00	2.05980+01	-5.01020+03	-8.07300+03
4	1		0.00	2.43680+02	5.68930+03	-8.02690+03
			8.00	2.43680+02	-3.63470+03	1.91250+02
5	1		0.00	5.07470+01	6.44640+03	-1.72650+02
			8.00	5.07470+01	-9.89760+03	-1.39770+04
6	1		0.00	1.96430+01	8.74210+03	-1.39370+04
			8.00	1.96430+01	-7.60190+03	-9.37550+03
7	1		0.00	2.61010+00	7.60250+03	-9.37750+03
			8.00	2.61010+00	-8.74150+03	-1.39330+04
8	1		0.00	-5.65330+01	9.89620+03	-1.39750+04
			8.00	-5.65330+01	-6.44780+03	-1.81720+02
9	1		0.00	1.85440+01	6.38200+03	2.42350+02
			8.00	1.85440+01	-9.96200+03	-1.40780+04
10	1		0.00	-4.46730+01	8.77870+03	-1.41060+04
			8.00	-4.46730+01	-7.56530+03	-9.25160+03
11	1		0.00	-4.17530+01	7.59170+03	-9.37490+03
			8.00	-4.17530+01	-8.75230+03	-1.40170+04
12	1		0.00	1.18860+01	9.92130+03	-1.39870+04
			8.00	1.18860+01	-6.42270+03	7.24170+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.2

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
13	1	0.00	-1.4573D+02	1.0181D+04	-1.8103D+01
		8.00	-1.4573D+02	-1.5951D+04	-2.3095D+04
14	1	0.00	1.7588D+02	1.4435D+04	-2.3090D+04
		8.00	1.7588D+02	-1.1697D+04	-1.2140D+04
15	1	0.00	1.7731D+02	8.0262D+03	-1.2138D+04
		8.00	1.7731D+02	-8.3178D+03	-1.3305D+04
16	1	0.00	-7.6811D+00	9.8345D+03	-1.3309D+04
		8.00	-7.6811D+00	-6.5095D+03	-9.4031D+00
17	1	0.00	-8.3104D+01	-2.1429D+04	-2.9850D+04
		0.10	-8.3104D+01	-2.1878D+04	-3.2015D+04
18	1	0.00	2.6076D+01	2.0056D+04	-3.1913D+04
		0.10	2.6076D+01	1.9607D+04	-2.9930D+04
19	1	0.00	5.1471D+01	8.4712D+03	-1.4904D+04
		8.00	5.1471D+01	-7.8728D+03	-1.2511D+04
20	1	0.00	6.7861D+01	9.7228D+03	-1.2619D+04
		8.00	6.7861D+01	-6.6212D+03	-2.1282D+02
21	1	0.00	5.2707D+02	7.3541D+03	4.3146D+02
		8.00	5.2707D+02	-1.1758D+04	-1.7184D+04
22	1	0.00	-3.0150D+02	1.0714D+04	-1.7258D+04
		8.00	-3.0150D+02	-8.3984D+03	-7.9967D+03
23	1	0.00	-3.8548D+02	4.7536D+03	-8.1180D+03
		8.00	-3.8548D+02	-4.5704D+03	-7.3849D+03
24	1	0.00	-2.8520D+02	5.6010D+03	-7.3069D+03
		8.00	-2.8520D+02	-3.7230D+03	2.0545D+02
25	2	0.00	1.9165D+02	2.0977D+03	2.4236D+02
		6.00	1.9165D+02	-3.3743D+03	-3.5877D+03
26	2	0.00	1.8993D+01	2.9748D+03	-3.6385D+03
		6.00	1.8993D+01	-2.4972D+03	-2.2060D+03
27	2	0.00	2.6134D+02	2.4540D+03	-2.2245D+03
		6.00	2.6134D+02	-3.0180D+03	-3.9166D+03
28	2	0.00	2.4323D+02	5.0677D+03	-3.7709D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.5

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
59	1	0.10	-8.3104D+01	9.5524D+03	1.1123D+04
60	1	0.00	-8.3104D+01	9.5524D+03	1.1123D+04
		0.10	-8.3104D+01	9.1034D+03	1.2056D+04
61	1	0.00	-8.3104D+01	9.1034D+03	1.2056D+04
		0.10	-8.3104D+01	8.6544D+03	1.2943D+04
62	1	0.00	-8.3104D+01	8.6544D+03	1.2943D+04
		0.10	-8.3104D+01	8.2054D+03	1.3786D+04
63	1	0.00	-8.3104D+01	8.2054D+03	1.3786D+04
		0.10	-8.3104D+01	7.7564D+03	1.4584D+04
64	1	0.00	-8.3104D+01	7.7564D+03	1.4584D+04
		0.10	-8.3104D+01	7.3074D+03	1.5338D+04
65	1	0.00	-8.3104D+01	7.3074D+03	1.5338D+04
		0.10	-8.3104D+01	6.8584D+03	1.6046D+04
66	1	0.00	-8.3104D+01	6.8584D+03	1.6046D+04
		0.10	-8.3104D+01	6.4094D+03	1.6709D+04
67	1	0.00	-8.3104D+01	6.4094D+03	1.6709D+04
		0.10	-8.3104D+01	5.9604D+03	1.7328D+04
68	1	0.00	-8.3104D+01	5.9604D+03	1.7328D+04
		0.10	-8.3104D+01	5.5114D+03	1.7901D+04
69	1	0.00	-8.3104D+01	5.5114D+03	1.7901D+04
		0.10	-8.3104D+01	5.0624D+03	1.8430D+04
70	1	0.00	-8.3104D+01	5.0624D+03	1.8430D+04
		0.10	-8.3104D+01	4.6134D+03	1.8914D+04
71	1	0.00	-8.3104D+01	4.6134D+03	1.8914D+04
		0.10	-8.3104D+01	4.1644D+03	1.9353D+04
72	1	0.00	-8.3104D+01	4.1644D+03	1.9353D+04
		0.10	-8.3104D+01	3.7154D+03	1.9747D+04
73	1	0.00	-8.3104D+01	3.7154D+03	1.9747D+04
		0.10	-8.3104D+01	3.2664D+03	2.0096D+04
74	1	0.00	-8.3104D+01	3.2664D+03	2.0096D+04
		0.10	-8.3104D+01	2.8174D+03	2.0400D+04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.8

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
106	1		0.00	-8.3104D+01	-1.1102D+04	7.5597D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.1551D+04	6.4271D+03
107	1		0.00	-8.3104D+01	-1.1551D+04	6.4271D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.2000D+04	5.2495D+03
108	1		0.00	-8.3104D+01	-1.2000D+04	5.2495D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.2449D+04	4.0271D+03
109	1		0.00	-8.3104D+01	-1.2449D+04	4.0271D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.2898D+04	2.7598D+03
110	1		0.00	-8.3104D+01	-1.2898D+04	2.7598D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.3347D+04	1.4476D+03
111	1		0.00	-8.3104D+01	-1.3347D+04	1.4476D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.3796D+04	9.0513D+01
112	1		0.00	-8.3104D+01	-1.3796D+04	9.0513D+01
			0.10	-8.3104D+01	-1.4245D+04	-1.3115D+03
113	1		0.00	-8.3104D+01	-1.4245D+04	-1.3115D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.4694D+04	-2.7584D+03
114	1		0.00	-8.3104D+01	-1.4694D+04	-2.7584D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.5143D+04	-4.2502D+03
115	1		0.00	-8.3104D+01	-1.5143D+04	-4.2502D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.5592D+04	-5.7869D+03
116	1		0.00	-8.3104D+01	-1.5592D+04	-5.7869D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.6041D+04	-7.3685D+03
117	1		0.00	-8.3104D+01	-1.6041D+04	-7.3685D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.6490D+04	-8.9950D+03
118	1		0.00	-8.3104D+01	-1.6490D+04	-8.9950D+03
			0.10	-8.3104D+01	-1.6939D+04	-1.0666D+04
119	1		0.00	-8.3104D+01	-1.6939D+04	-1.0666D+04
			0.10	-8.3104D+01	-1.7388D+04	-1.2383D+04
120	1		0.00	-8.3104D+01	-1.7388D+04	-1.2383D+04
			0.10	-8.3104D+01	-1.7837D+04	-1.4144D+04
121	1		0.00	-8.3104D+01	-1.7837D+04	-1.4144D+04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.9

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
121	1		0.10	-8.3104D+01	-1.8286D+04	-1.5950D+04
122	1		0.00	-8.3104D+01	-1.8286D+04	-1.5950D+04
			0.10	-8.3104D+01	-1.8735D+04	-1.7801D+04
123	1		0.00	-8.3104D+01	-1.8735D+04	-1.7801D+04
			0.10	-8.3104D+01	-1.9184D+04	-1.9697D+04
124	1		0.00	-8.3104D+01	-1.9184D+04	-1.9697D+04
			0.10	-8.3104D+01	-1.9633D+04	-2.1638D+04
125	1		0.00	-8.3104D+01	-1.9633D+04	-2.1638D+04
			0.10	-8.3104D+01	-2.0082D+04	-2.3623D+04
126	1		0.00	-8.3104D+01	-2.0082D+04	-2.3623D+04
			0.10	-8.3104D+01	-2.0531D+04	-2.5654D+04
127	1		0.00	-8.3104D+01	-2.0531D+04	-2.5654D+04
			0.10	-8.3104D+01	-2.0980D+04	-2.7730D+04
128	1		0.00	-8.3104D+01	-2.0980D+04	-2.7730D+04
			0.10	-8.3104D+01	-2.1429D+04	-2.9850D+04
129	1		0.00	2.6076D+01	1.9607D+04	-2.9930D+04
			0.10	2.6076D+01	1.9158D+04	-2.7992D+04
130	1		0.00	2.6076D+01	1.9158D+04	-2.7992D+04
			0.10	2.6076D+01	1.8709D+04	-2.6099D+04
131	1		0.00	2.6076D+01	1.8709D+04	-2.6099D+04
			0.10	2.6076D+01	1.8260D+04	-2.4250D+04
132	1		0.00	2.6076D+01	1.8260D+04	-2.4250D+04
			0.10	2.6076D+01	1.7811D+04	-2.2447D+04
133	1		0.00	2.6076D+01	1.7811D+04	-2.2447D+04
			0.10	2.6076D+01	1.7362D+04	-2.0688D+04
134	1		0.00	2.6076D+01	1.7362D+04	-2.0688D+04
			0.10	2.6076D+01	1.6913D+04	-1.8974D+04
135	1		0.00	2.6076D+01	1.6913D+04	-1.8974D+04
			0.10	2.6076D+01	1.6464D+04	-1.7305D+04
136	1		0.00	2.6076D+01	1.6464D+04	-1.7305D+04
			0.10	2.6076D+01	1.6015D+04	-1.5682D+04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.10

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
137	1		0.00	2.6076D+01	1.6015D+04	-1.5682D+04
			0.10	2.6076D+01	1.5566D+04	-1.4103D+04
138	1		0.00	2.6076D+01	1.5566D+04	-1.4103D+04
			0.10	2.6076D+01	1.5117D+04	-1.2568D+04
139	1		0.00	2.6076D+01	1.5117D+04	-1.2568D+04
			0.10	2.6076D+01	1.4668D+04	-1.1079D+04
140	1		0.00	2.6076D+01	1.4668D+04	-1.1079D+04
			0.10	2.6076D+01	1.4219D+04	-9.6349D+03
141	1		0.00	2.6076D+01	1.4219D+04	-9.6349D+03
			0.10	2.6076D+01	1.3770D+04	-8.2355D+03
142	1		0.00	2.6076D+01	1.3770D+04	-8.2355D+03
			0.10	2.6076D+01	1.3321D+04	-6.8810D+03
143	1		0.00	2.6076D+01	1.3321D+04	-6.8810D+03
			0.10	2.6076D+01	1.2872D+04	-5.5714D+03
144	1		0.00	2.6076D+01	1.2872D+04	-5.5714D+03
			0.10	2.6076D+01	1.2423D+04	-4.3067D+03
145	1		0.00	2.6076D+01	1.2423D+04	-4.3067D+03
			0.10	2.6076D+01	1.1974D+04	-3.0869D+03
146	1		0.00	2.6076D+01	1.1974D+04	-3.0869D+03
			0.10	2.6076D+01	1.1525D+04	-1.9120D+03
147	1		0.00	2.6076D+01	1.1525D+04	-1.9120D+03
			0.10	2.6076D+01	1.1076D+04	-7.8195D+02
148	1		0.00	2.6076D+01	1.1076D+04	-7.8195D+02
			0.10	2.6076D+01	1.0627D+04	3.0316D+02
149	1		0.00	2.6076D+01	1.0627D+04	3.0316D+02
			0.10	2.6076D+01	1.0178D+04	1.3434D+03
150	1		0.00	2.6076D+01	1.0178D+04	1.3434D+03
			0.10	2.6076D+01	9.7286D+03	2.3387D+03
151	1		0.00	2.6076D+01	9.7286D+03	2.3387D+03
			0.10	2.6076D+01	9.2796D+03	3.2891D+03
152	1		0.00	2.6076D+01	9.2796D+03	3.2891D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.11

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
152	1		0.10	2.6076D+01	8.8306D+03	4.1946D+03
153	1		0.00	2.6076D+01	8.8306D+03	4.1946D+03
			0.10	2.6076D+01	8.3816D+03	5.0552D+03
154	1		0.00	2.6076D+01	8.3816D+03	5.0552D+03
			0.10	2.6076D+01	7.9326D+03	5.8709D+03
155	1		0.00	2.6076D+01	7.9326D+03	5.8709D+03
			0.10	2.6076D+01	7.4836D+03	6.6417D+03
156	1		0.00	2.6076D+01	7.4836D+03	6.6417D+03
			0.10	2.6076D+01	7.0346D+03	7.3676D+03
157	1		0.00	2.6076D+01	7.0346D+03	7.3676D+03
			0.10	2.6076D+01	6.5856D+03	8.0486D+03
158	1		0.00	2.6076D+01	6.5856D+03	8.0486D+03
			0.10	2.6076D+01	6.1366D+03	8.6848D+03
159	1		0.00	2.6076D+01	6.1366D+03	8.6848D+03
			0.10	2.6076D+01	5.6876D+03	9.2760D+03
160	1		0.00	2.6076D+01	5.6876D+03	9.2760D+03
			0.10	2.6076D+01	5.2386D+03	9.8223D+03
161	1		0.00	2.6076D+01	5.2386D+03	9.8223D+03
			0.10	2.6076D+01	4.7896D+03	1.0324D+04
162	1		0.00	2.6076D+01	4.7896D+03	1.0324D+04
			0.10	2.6076D+01	4.3406D+03	1.0780D+04
163	1		0.00	2.6076D+01	4.3406D+03	1.0780D+04
			0.10	2.6076D+01	3.8916D+03	1.1192D+04
164	1		0.00	2.6076D+01	3.8916D+03	1.1192D+04
			0.10	2.6076D+01	3.4426D+03	1.1559D+04
165	1		0.00	2.6076D+01	3.4426D+03	1.1559D+04
			0.10	2.6076D+01	2.9936D+03	1.1880D+04
166	1		0.00	2.6076D+01	2.9936D+03	1.1880D+04
			0.10	2.6076D+01	2.5446D+03	1.2157D+04
167	1		0.00	2.6076D+01	2.5446D+03	1.2157D+04
			0.10	2.6076D+01	2.0956D+03	1.2389D+04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.13

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
183	1		0.10	2.6076D+01	-5.0884D+03	9.9950D+03
184	1		0.00	2.6076D+01	-5.0884D+03	9.9950D+03
			0.10	2.6076D+01	-5.5374D+03	9.4637D+03
185	1		0.00	2.6076D+01	-5.5374D+03	9.4637D+03
			0.10	2.6076D+01	-5.9864D+03	8.8875D+03
186	1		0.00	2.6076D+01	-5.9864D+03	8.8875D+03
			0.10	2.6076D+01	-6.4354D+03	8.2664D+03
187	1		0.00	2.6076D+01	-6.4354D+03	8.2664D+03
			0.10	2.6076D+01	-6.8844D+03	7.6004D+03
188	1		0.00	2.6076D+01	-6.8844D+03	7.6004D+03
			0.10	2.6076D+01	-7.3334D+03	6.8895D+03
189	1		0.00	2.6076D+01	-7.3334D+03	6.8895D+03
			0.10	2.6076D+01	-7.7824D+03	6.1338D+03
190	1		0.00	2.6076D+01	-7.7824D+03	6.1338D+03
			0.10	2.6076D+01	-8.2314D+03	5.3331D+03
191	1		0.00	2.6076D+01	-8.2314D+03	5.3331D+03
			0.10	2.6076D+01	-8.6804D+03	4.4875D+03
192	1		0.00	2.6076D+01	-8.6804D+03	4.4875D+03
			0.10	2.6076D+01	-9.1294D+03	3.5970D+03
193	1		0.00	2.6076D+01	-9.1294D+03	3.5970D+03
			0.10	2.6076D+01	-9.5784D+03	2.6616D+03
194	1		0.00	2.6076D+01	-9.5784D+03	2.6616D+03
			0.10	2.6076D+01	-1.0027D+04	1.6813D+03
195	1		0.00	2.6076D+01	-1.0027D+04	1.6813D+03
			0.10	2.6076D+01	-1.0476D+04	6.5611D+02
196	1		0.00	2.6076D+01	-1.0476D+04	6.5611D+02
			0.10	2.6076D+01	-1.0925D+04	-4.1398D+02
197	1		0.00	2.6076D+01	-1.0925D+04	-4.1398D+02
			0.10	2.6076D+01	-1.1374D+04	-1.5290D+03
198	1		0.00	2.6076D+01	-1.1374D+04	-1.5290D+03
			0.10	2.6076D+01	-1.1823D+04	-2.6889D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.15
PROJECT :              FILENAME: test16
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

```

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
214	2		0.10	-2.8087D+01	7.2420D+03	-1.5095D+03
215	2		0.00	-2.8087D+01	7.2420D+03	-1.5095D+03
			0.10	-2.8087D+01	6.8780D+03	-8.0355D+02
216	2		0.00	-2.8087D+01	6.8780D+03	-8.0355D+02
			0.10	-2.8087D+01	6.5140D+03	-1.3394D+02
217	2		0.00	-2.8087D+01	6.5140D+03	-1.3394D+02
			0.10	-2.8087D+01	6.1500D+03	4.9926D+02
218	2		0.00	-2.8087D+01	6.1500D+03	4.9926D+02
			0.10	-2.8087D+01	5.7860D+03	1.0961D+03
219	2		0.00	-2.8087D+01	5.7860D+03	1.0961D+03
			0.10	-2.8087D+01	5.4220D+03	1.6565D+03
220	2		0.00	-2.8087D+01	5.4220D+03	1.6565D+03
			0.10	-2.8087D+01	5.0580D+03	2.1805D+03
221	2		0.00	-2.8087D+01	5.0580D+03	2.1805D+03
			0.10	-2.8087D+01	4.6940D+03	2.6681D+03
222	2		0.00	-2.8087D+01	4.6940D+03	2.6681D+03
			0.10	-2.8087D+01	4.3300D+03	3.1193D+03
223	2		0.00	-2.8087D+01	4.3300D+03	3.1193D+03
			0.10	-2.8087D+01	3.9660D+03	3.5341D+03
224	2		0.00	-2.8087D+01	3.9660D+03	3.5341D+03
			0.10	-2.8087D+01	3.6020D+03	3.9125D+03
225	2		0.00	-2.8087D+01	3.6020D+03	3.9125D+03
			0.10	-2.8087D+01	3.2380D+03	4.2545D+03
226	2		0.00	-2.8087D+01	3.2380D+03	4.2545D+03
			0.10	-2.8087D+01	2.8740D+03	4.5601D+03
227	2		0.00	-2.8087D+01	2.8740D+03	4.5601D+03
			0.10	-2.8087D+01	2.5100D+03	4.8293D+03
228	2		0.00	-2.8087D+01	2.5100D+03	4.8293D+03
			0.10	-2.8087D+01	2.1460D+03	5.0621D+03
229	2		0.00	-2.8087D+01	2.1460D+03	5.0621D+03
			0.10	-2.8087D+01	1.7820D+03	5.2585D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.16

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
230	2		0.00	-2.8087D+01	1.7820D+03	5.2585D+03
			0.10	-2.8087D+01	1.4180D+03	5.4185D+03
231	2		0.00	-2.8087D+01	1.4180D+03	5.4185D+03
			0.10	-2.8087D+01	1.0540D+03	5.5421D+03
232	2		0.00	-2.8087D+01	1.0540D+03	5.5421D+03
			0.10	-2.8087D+01	6.9003D+02	5.6293D+03
233	2		0.00	-2.8087D+01	6.9003D+02	5.6293D+03
			0.10	-2.8087D+01	3.2603D+02	5.6801D+03
234	2		0.00	-2.8087D+01	3.2603D+02	5.6801D+03
			0.10	-2.8087D+01	-3.7967D+01	5.6945D+03
235	2		0.00	-2.8087D+01	-3.7967D+01	5.6945D+03
			0.10	-2.8087D+01	-4.0197D+02	5.6725D+03
236	2		0.00	-2.8087D+01	-4.0197D+02	5.6725D+03
			0.10	-2.8087D+01	-7.6597D+02	5.6141D+03
237	2		0.00	-2.8087D+01	-7.6597D+02	5.6141D+03
			0.10	-2.8087D+01	-1.1300D+03	5.5193D+03
238	2		0.00	-2.8087D+01	-1.1300D+03	5.5193D+03
			0.10	-2.8087D+01	-1.4940D+03	5.3881D+03
239	2		0.00	-2.8087D+01	-1.4940D+03	5.3881D+03
			0.10	-2.8087D+01	-1.8580D+03	5.2205D+03
240	2		0.00	-2.8087D+01	-1.8580D+03	5.2205D+03
			0.10	-2.8087D+01	-2.2220D+03	5.0165D+03
241	2		0.00	-2.8087D+01	-2.2220D+03	5.0165D+03
			0.10	-2.8087D+01	-2.5860D+03	4.7761D+03
242	2		0.00	-2.8087D+01	-2.5860D+03	4.7761D+03
			0.10	-2.8087D+01	-2.9500D+03	4.4993D+03
243	2		0.00	-2.8087D+01	-2.9500D+03	4.4993D+03
			0.10	-2.8087D+01	-3.3140D+03	4.1861D+03
244	2		0.00	-2.8087D+01	-3.3140D+03	4.1861D+03
			0.10	-2.8087D+01	-3.6780D+03	3.8365D+03
245	2		0.00	-2.8087D+01	-3.6780D+03	3.8365D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.17

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
245	2		0.10	-2.8087D+01	-4.0420D+03	3.4506D+03
246	2		0.00	-2.8087D+01	-4.0420D+03	3.4506D+03
			0.10	-2.8087D+01	-4.4060D+03	3.0282D+03
247	2		0.00	-2.8087D+01	-4.4060D+03	3.0282D+03
			0.10	-2.8087D+01	-4.7700D+03	2.5694D+03
248	2		0.00	-2.8087D+01	-4.7700D+03	2.5694D+03
			0.10	-2.8087D+01	-5.1340D+03	2.0742D+03
249	2		0.00	-2.8087D+01	-5.1340D+03	2.0742D+03
			0.10	-2.8087D+01	-5.4980D+03	1.5426D+03
250	2		0.00	-2.8087D+01	-5.4980D+03	1.5426D+03
			0.10	-2.8087D+01	-5.8620D+03	9.7457D+02
251	2		0.00	-2.8087D+01	-5.8620D+03	9.7457D+02
			0.10	-2.8087D+01	-6.2260D+03	3.7017D+02
252	2		0.00	-2.8087D+01	-6.2260D+03	3.7017D+02
			0.10	-2.8087D+01	-6.5900D+03	-2.7062D+02
253	2		0.00	-2.8087D+01	-6.5900D+03	-2.7062D+02
			0.10	-2.8087D+01	-6.9540D+03	-9.4782D+02
254	2		0.00	-2.8087D+01	-6.9540D+03	-9.4782D+02
			0.10	-2.8087D+01	-7.3180D+03	-1.6614D+03
255	2		0.00	-2.8087D+01	-7.3180D+03	-1.6614D+03
			0.10	-2.8087D+01	-7.6820D+03	-2.4114D+03
256	2		0.00	-2.8087D+01	-7.6820D+03	-2.4114D+03
			0.10	-2.8087D+01	-8.0460D+03	-3.1978D+03
257	2		0.00	-2.8087D+01	-8.0460D+03	-3.1978D+03
			0.10	-2.8087D+01	-8.4100D+03	-4.0206D+03
258	2		0.00	-2.8087D+01	-8.4100D+03	-4.0206D+03
			0.10	-2.8087D+01	-8.7740D+03	-4.8798D+03
259	2		0.00	-2.8087D+01	-8.7740D+03	-4.8798D+03
			0.10	-2.8087D+01	-9.1380D+03	-5.7754D+03
260	2		0.00	-2.8087D+01	-9.1380D+03	-5.7754D+03
			0.10	-2.8087D+01	-9.5020D+03	-6.7074D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.18

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
261	2	0.00	-2.8087D+01	-9.5020D+03	-6.7074D+03
		0.10	-2.8087D+01	-9.8660D+03	-7.6758D+03
262	2	0.00	-2.8087D+01	-9.8660D+03	-7.6758D+03
		0.10	-2.8087D+01	-1.0230D+04	-8.6806D+03
263	2	0.00	-2.8087D+01	-1.0230D+04	-8.6806D+03
		0.10	-2.8087D+01	-1.0594D+04	-9.7218D+03
264	2	0.00	-2.8087D+01	-1.0594D+04	-9.7218D+03
		0.10	-2.8087D+01	-1.0958D+04	-1.0799D+04
265	2	0.00	-2.8087D+01	-1.0958D+04	-1.0799D+04
		0.10	-2.8087D+01	-1.1322D+04	-1.1913D+04
266	2	0.00	-2.8087D+01	-1.1322D+04	-1.1913D+04
		0.10	-2.8087D+01	-1.1686D+04	-1.3064D+04
267	2	0.00	7.4108D+01	1.2811D+04	-1.3060D+04
		0.10	7.4108D+01	1.2447D+04	-1.1798D+04
268	2	0.00	7.4108D+01	1.2447D+04	-1.1798D+04
		0.10	7.4108D+01	1.2083D+04	-1.0571D+04
269	2	0.00	7.4108D+01	1.2083D+04	-1.0571D+04
		0.10	7.4108D+01	1.1719D+04	-9.3809D+03
270	2	0.00	7.4108D+01	1.1719D+04	-9.3809D+03
		0.10	7.4108D+01	1.1355D+04	-8.2272D+03
271	2	0.00	7.4108D+01	1.1355D+04	-8.2272D+03
		0.10	7.4108D+01	1.0991D+04	-7.1098D+03
272	2	0.00	7.4108D+01	1.0991D+04	-7.1098D+03
		0.10	7.4108D+01	1.0627D+04	-6.0289D+03
273	2	0.00	7.4108D+01	1.0627D+04	-6.0289D+03
		0.10	7.4108D+01	1.0263D+04	-4.9844D+03
274	2	0.00	7.4108D+01	1.0263D+04	-4.9844D+03
		0.10	7.4108D+01	9.8992D+03	-3.9763D+03
275	2	0.00	7.4108D+01	9.8992D+03	-3.9763D+03
		0.10	7.4108D+01	9.5352D+03	-3.0046D+03
276	2	0.00	7.4108D+01	9.5352D+03	-3.0046D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.19

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
276	2	0.10	7.4108D+01	9.1712D+03	-2.0692D+03
277	2	0.00	7.4108D+01	9.1712D+03	-2.0692D+03
		0.10	7.4108D+01	8.8072D+03	-1.1703D+03
278	2	0.00	7.4108D+01	8.8072D+03	-1.1703D+03
		0.10	7.4108D+01	8.4432D+03	-3.0780D+02
279	2	0.00	7.4108D+01	8.4432D+03	-3.0780D+02
		0.10	7.4108D+01	8.0792D+03	5.1832D+02
280	2	0.00	7.4108D+01	8.0792D+03	5.1832D+02
		0.10	7.4108D+01	7.7152D+03	1.3080D+03
281	2	0.00	7.4108D+01	7.7152D+03	1.3080D+03
		0.10	7.4108D+01	7.3512D+03	2.0614D+03
282	2	0.00	7.4108D+01	7.3512D+03	2.0614D+03
		0.10	7.4108D+01	6.9872D+03	2.7783D+03
283	2	0.00	7.4108D+01	6.9872D+03	2.7783D+03
		0.10	7.4108D+01	6.6232D+03	3.4588D+03
284	2	0.00	7.4108D+01	6.6232D+03	3.4588D+03
		0.10	7.4108D+01	6.2592D+03	4.1029D+03
285	2	0.00	7.4108D+01	6.2592D+03	4.1029D+03
		0.10	7.4108D+01	5.8952D+03	4.7106D+03
286	2	0.00	7.4108D+01	5.8952D+03	4.7106D+03
		0.10	7.4108D+01	5.5312D+03	5.2820D+03
287	2	0.00	7.4108D+01	5.5312D+03	5.2820D+03
		0.10	7.4108D+01	5.1672D+03	5.8169D+03
288	2	0.00	7.4108D+01	5.1672D+03	5.8169D+03
		0.10	7.4108D+01	4.8032D+03	6.3154D+03
289	2	0.00	7.4108D+01	4.8032D+03	6.3154D+03
		0.10	7.4108D+01	4.4392D+03	6.7775D+03
290	2	0.00	7.4108D+01	4.4392D+03	6.7775D+03
		0.10	7.4108D+01	4.0752D+03	7.2032D+03
291	2	0.00	7.4108D+01	4.0752D+03	7.2032D+03
		0.10	7.4108D+01	3.7112D+03	7.5926D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.20

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
292	2		0.00	7.4108D+01	3.7112D+03	7.5926D+03
			0.10	7.4108D+01	3.3472D+03	7.9455D+03
293	2		0.00	7.4108D+01	3.3472D+03	7.9455D+03
			0.10	7.4108D+01	2.9832D+03	8.2620D+03
294	2		0.00	7.4108D+01	2.9832D+03	8.2620D+03
			0.10	7.4108D+01	2.6192D+03	8.5421D+03
295	2		0.00	7.4108D+01	2.6192D+03	8.5421D+03
			0.10	7.4108D+01	2.2552D+03	8.7858D+03
296	2		0.00	7.4108D+01	2.2552D+03	8.7858D+03
			0.10	7.4108D+01	1.8912D+03	8.9932D+03
297	2		0.00	7.4108D+01	1.8912D+03	8.9932D+03
			0.10	7.4108D+01	1.5272D+03	9.1641D+03
298.	2		0.00	7.4108D+01	1.5272D+03	9.1641D+03
			0.10	7.4108D+01	1.1632D+03	9.2986D+03
299	2		0.00	7.4108D+01	1.1632D+03	9.2986D+03
			0.10	7.4108D+01	7.9920D+02	9.3967D+03
300.	2		0.00	7.4108D+01	7.9920D+02	9.3967D+03
			0.10	7.4108D+01	4.3520D+02	9.4584D+03
301.	2		0.00	7.4108D+01	4.3520D+02	9.4584D+03
			0.10	7.4108D+01	7.1198D+01	9.4838D+03
302	2		0.00	7.4108D+01	7.1198D+01	9.4838D+03
			0.10	7.4108D+01	-2.9280D+02	9.4727D+03
303	2		0.00	7.4108D+01	-2.9280D+02	9.4727D+03
			0.10	7.4108D+01	-6.5680D+02	9.4252D+03
304	2		0.00	7.4108D+01	-6.5680D+02	9.4252D+03
			0.10	7.4108D+01	-1.0208D+03	9.3413D+03
305	2		0.00	7.4108D+01	-1.0208D+03	9.3413D+03
			0.10	7.4108D+01	-1.3848D+03	9.2210D+03
306	2		0.00	7.4108D+01	-1.3848D+03	9.2210D+03
			0.10	7.4108D+01	-1.7488D+03	9.0644D+03
307	2		0.00	7.4108D+01	-1.7488D+03	9.0644D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P2          DATE: 04-07-1997          <COMB> P.21
PROJECT :              FILENAME: test16
AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH          ENGINEER:
=====

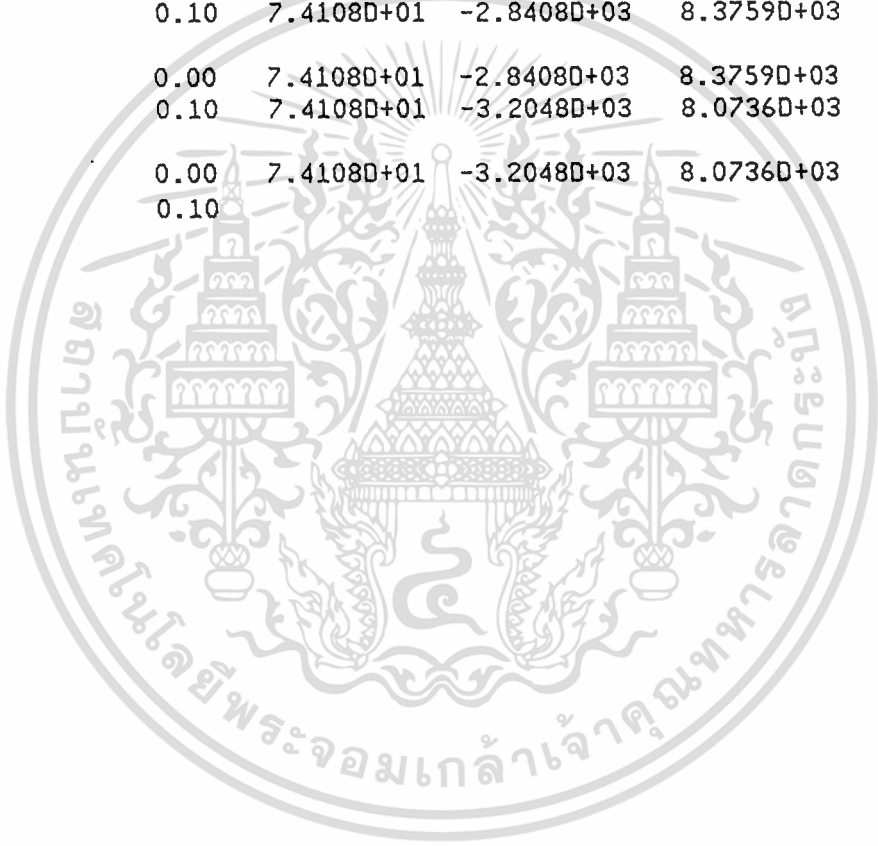
```

```

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>
LOAD FACTOR : 1/1

```

ELEM	MA	HINGE	SECTION (m)	TORSION (kg-m)	SHEAR (kg)	MOMENT (kg-m)
307	2		0.10	7.4108D+01	-2.1128D+03	8.8713D+03
308	2		0.00	7.4108D+01	-2.1128D+03	8.8713D+03
			0.10	7.4108D+01	-2.4768D+03	8.6418D+03
309	2		0.00	7.4108D+01	-2.4768D+03	8.6418D+03
			0.10	7.4108D+01	-2.8408D+03	8.3759D+03
310	2		0.00	7.4108D+01	-2.8408D+03	8.3759D+03
			0.10	7.4108D+01	-3.2048D+03	8.0736D+03
311	2		0.00	7.4108D+01	-3.2048D+03	8.0736D+03
			0.10			



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			7.4108D+01	-3.5688D+03	7.7350D+03
312	2	0.00	7.4108D+01	-3.5688D+03	7.7350D+03
		0.10	7.4108D+01	-3.9328D+03	7.3599D+03
313	2	0.00	7.4108D+01	-3.9328D+03	7.3599D+03
		0.10	7.4108D+01	-4.2968D+03	6.9484D+03
314	2	0.00	7.4108D+01	-4.2968D+03	6.9484D+03
		0.10	7.4108D+01	-4.6608D+03	6.5005D+03
315	2	0.00	7.4108D+01	-4.6608D+03	6.5005D+03
		0.10	7.4108D+01	-5.0248D+03	6.0162D+03
316	2	0.00	7.4108D+01	-5.0248D+03	6.0162D+03
		0.10	7.4108D+01	-5.3888D+03	5.4956D+03
317	2	0.00	7.4108D+01	-5.3888D+03	5.4956D+03
		0.10	7.4108D+01	-5.7528D+03	4.9385D+03
318	2	0.00	7.4108D+01	-5.7528D+03	4.9385D+03
		0.10	7.4108D+01	-6.1168D+03	4.3450D+03
319	2	0.00	7.4108D+01	-6.1168D+03	4.3450D+03
		0.10	7.4108D+01	-6.4808D+03	3.7151D+03
320	2	0.00	7.4108D+01	-6.4808D+03	3.7151D+03
		0.10	7.4108D+01	-6.8448D+03	3.0488D+03
321	2	0.00	7.4108D+01	-6.8448D+03	3.0488D+03
		0.10	7.4108D+01	-7.2088D+03	2.3462D+03
322	2	0.00	7.4108D+01	-7.2088D+03	2.3462D+03
		0.10	7.4108D+01	-7.5728D+03	1.6071D+03

=====

MICROFEAP-P2

DATE: 04-07-1997

<COMB> P.22

PROJECT :

FILENAME: test16

AUTHORITY: CHATCHAI SUPHAKAWANICH

ENGINEER:

=====

STRESS COMBINATION <BEAM GRIDS>

LOAD FACTOR : 1/1

ELEM	MA	HINGE	SECTION	TORSION	SHEAR	MOMENT
			(m)	(kg-m)	(kg)	(kg-m)

323	2		0.00	7.4108D+01	-7.5728D+03	1.6071D+03
			0.10	7.4108D+01	-7.9368D+03	8.3159D+02

324	2		0.00	7.4108D+01	-7.9368D+03	8.3159D+02
			0.10	7.4108D+01	-8.3008D+03	1.9714D+01

325	2		0.00	7.4108D+01	-8.3008D+03	1.9714D+01
-----	---	--	------	------------	-------------	------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องรับผิดชอบต่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บรรณานุกรม

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง พิมพ์ครั้งที่ 1 ธันวาคม 2538

ฟูจิอิ ซาโตะ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น) การทดสอบแบบไม่ทำลาย พิมพ์ครั้งที่ 3 พฤษภาคม 2538

Noel J. Everard, MSCE, Ph.D. and John L. Tinner III, MSCE *Theory and Problems of Reinforced Concrete Design*. Section Edition

American Concrete Institute *ACI Manual of Concrete Practice-1995* (ACI Committee 318)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้