สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าคานด้านสั้น 2 เท่า

(A behavioral study of a reinforced concrete slab cracks in the case that the length of the long beam is twice that of the short beam)

T095165

โดย

นายวรเดช กิตติประชากุล รหัสนักศึกษา 47010648 ชั้นปี 4H
นางสาวสโรชา สอนสุภา รหัสนักศึกษา 47010818 ชั้นปี 4H

เลขหมู่....................
เลขทะเบียน 95165
วัน,เดือน,ปี 21 พ.ค. 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A behavioral study of a reinforced concrete slab cracks in the case that the length of the long beam is twice that of the short beam

MR. VARADET KITTIPRACHAKUL

MISS.SAROCHA SONSUPHA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กกรณีคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าคานด้านสั้น 2 เท่า (A behavioral study of a reinforced concrete slab cracks in the case that the length of the long beam is twice that of the short beam)
นักศึกษา	นายวรเดช กิตติประชากุล รหัสนักศึกษา 47010648 ชั้นปี 4H นางสาวสโรชา สอนสุภา รหัสนักศึกษา 47010818 ชั้นปี 4H
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ ผศ.ดร.คมสัน มาลีสี	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ เดือน พ.ศ. 2551

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กกรณีคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าคานด้านสั้น 2 เท่า (A behavioral study of a reinforced concrete slab cracks in the case that the length of the long beam is twice that of the short beam)
นักศึกษา	นายวรเดช กิตติประชากุล รหัสนักศึกษา 47010648 ชั้นปี 4H นางสาวสโรชา สอนสุภา รหัสนักศึกษา 47010818 ชั้นปี 4H
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

บทคัดย่อ

แผ่นพื้นเป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในอาคาร เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร และถ่ายน้ำหนักต่อไปยังคาน เสา และฐานราก ซึ่งต้องพิจารณาออกแบบแผ่นพื้นให้เหมาะสมกับประเภทการใช้งานของอาคาร เพื่อรับน้ำหนักบรรทุกได้โดยไม่เกิดการวิบัติ พฤติกรรมการแอ่นตัวและการแตกร้าวของแผ่นพื้นนั้นเกิดจากหน่วยแรงที่กระทำลงบนแผ่นพื้นอันได้แก่ แรงบิด แรงดัด แรงเฉือน และโมเมนต์ดัด ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แผ่นพื้นในอาคารจึงเกิดการแอ่นตัวและแตกร้าว จึงต้องมีการควบคุมให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นนั้นมีไม่เกินกว่าหน่วยแรงที่ยอมให้

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กกรณีคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าคานด้านสั้น 2 เท่า ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดในแผ่นพื้นที่บริเวณมุมของแผ่นพื้น โดยทดลองทำการจำลองโมเดลให้เล็กลงขนาด 1 ต่อ 10 เพื่อศึกษาการแตกร้าวของแผ่นพื้น ของพื้นเสริมเหล็กทางเดียวและพื้นเสริมเหล็กสองทางทั้งแบบมีเหล็กเสริมมุมกับไม่มีเหล็กเสริมมุม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในการหาแนวทางปรับปรุงแผ่นพื้นในงานก่อสร้างอาคารให้เกิดความมั่นคงและแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	A behavioral study of a reinforced concrete slab cracks in the case that the length of the long beam is twice that of the short beam
Name	:	MR. VARADET KITTIPRACHAKUL
		MISS.SAROCHA SONSUPHA
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST.PROF. SAKCHAI SKANUPONG

ABSTRACT

Concrete slab is definitely one of the main elements of the building, which helps supporting the Dead load and Live load then transfer the load on to beams , columns and footing .Thus , Concrete slab has to math the structure of each building and its specific use of work , in order to avoiding problem of Deflection and Crack .Normally stress must has an effect to the concrete slab, such as Torsion ,Shear and Bending moment at all times but the Deflection and crack of the building can occur when the actual stress over allowable stress .Therefore, it is important to control the stress for the safety of the building.

The purpose of this research is to study and evaluate the behaviors of reinforced concrete slab cracks in the case that the length of the long beam is twice that of the short beam. Torsion in the corner on concrete slab is produced when experimenting with model size decreasing to scale 1:10. The model experiments use to study on cracks on the slab types: one way slab and two way slab. The outcome will lead to improve concrete slab for the stable and stronger buildings

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่จะใช้บ่งบอกถึงความกรุณา ของอาจารย์ ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ และอาจารย์ ดร. อุมา สีบุญเรือง ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ได้ ตลอดระยะเวลาของงานศึกษานี้ ท่านได้ให้คำแนะนำและสั่งสอนที่มีค่ามากมาย ท่านได้สอนให้อุทิศตนให้กับงานและปรับปรุงเกี่ยวกับการนำเสนองาน ซึ่งถือเป็นสิ่งที่มีคุณค่าที่ผู้ประพันธ์ได้จากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่ อาจารย์ ถือเป็นเกียรติอย่างยิ่งแก่ผู้ประพันธ์ ที่ได้รับคำแนะนำและข้อคิดเห็นอันกระจ่างชัดจาก รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์ และผศ.ดร.คมสัน มาลีสีในฐานะอาจารย์สอบโครงงานพิเศษ ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับความสำเร็จในงานนี้ ผู้ประพันธ์ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆมากมายจากท่าน

ท้ายที่สุดขอขอบคุณสมาชิกของครอบครัวทุกคน ที่มอบความรักความห่วงใยและการช่วยเหลือด้านต่างๆ โดยเฉพาะการเงิน ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลต่างๆอันทรงคุณค่าสำหรับการศึกษานี้

นายวรเดช กิตติประชากุล
นางสาวสโรชา สอนสุภา
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
	บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญรูป	ฐ
1	**บทนำ**	1
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
	1.4. ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.5. ขั้นตอนดำเนินงาน	2
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**ทฤษฎีการออกแบบแผ่นพื้น**	4
	2.1. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว	
	2.1.1 พฤติกรรมการรับโมเมนต์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว	4
	2.1.2 การคำนวณออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.2. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทางแบบมีคานรองรับทั้ง 4 ด้าน	9
	2.2.1. พฤติกรรมการรับโมเมนต์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	9
	2.2.2. การคำนวณออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	11
3	**ขั้นตอนการทดสอบและวิธีการดำเนินงาน**	**17**
	3.1. การทดสอบกำลังรับแรงดึงของลวดเหล็ก	17
	3.1.1.วัตถุประสงค์	17
	3.1.2. อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ	18
	3.1.3. ขั้นตอนการทดสอบ	18
	3.2. การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด	19
	3.2.1.วัตถุประสงค์	19
	3.2.2. อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ	19
	3.2.3. ขั้นตอนการทดสอบ	20
	3.3. การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า	21
	3.2.1.วัตถุประสงค์	21
	3.2.2. อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ	21
	3.2.3. ขั้นตอนการทดสอบ	22
	3.4. การหาน้ำหนักทุกทดสอบ	24
	3.4.1. ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบน้ำหนักบรรทุก	24
	3.4.2. น้ำหนักทดสอบ	25
	3.4.3. น้ำหนักทดสอบที่ใช้ในการทดลอง	25
	3.5 การทำแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	26
	3.5.1 อุปกรณ์	26
	3.5.2 ขั้นตอนการทำแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.6 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ขนาด 0.4 m x 0.8 m โดยวิธีน้ำหนักบรรทุกทดสอบ	29
	3.6.2. อุปกรณ์	29
	3.6.3. ขั้นตอนการทดสอบ	29
	3.7 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ขนาด 0.4 m x 0.8 m ต่อเนื่อง 2 ช่วง แบบไม่มีเหล็กเสริมมุมและมีเหล็กเสริมมุม โดยวิธีน้ำหนักบรรทุกทดสอบ	32
	3.7.2. อุปกรณ์	32
	3.7.3. ขั้นตอนการทดสอบ	32
4	**ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ**	**34**
	4.1. ผลการทดสอบหาค่ากำลังครากของลวดเหล็ก	34
	4.2 ผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด	36
	4.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า	37
	4.4 ผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	39
	4.5ผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นแต่ละช่วง 0.4 m x 0.8 m ทั้งมีเหล็กเสริมมุมและไม่มีเหล็กเสริมมุม	50
5	**สรุปปัญหา วิธีการแก้ไข และข้อเสนอแนะ**	**51**
	5.1 สรุปปัญหา	51
	5.2 วิธีการแก้ไข	51
	5.3 ข้อเสนอแนะ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	บรรณานุกรม	52
	ภาคผนวก	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	ความหนาต่ำสุดของคานหรือแผ่นพื้นทางเดียว h ในกรณีที่ไม่มีการคำนวณหาระยะแอ่น	6
2.2	ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์และแรงเฉือนสำหรับคานต่อเนื่อง	7
2.3	ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัด (C)	14
4.1	แสดงผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด	36
4.2	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่7 วัน	37
4.3	แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่ 28 วัน	37
4.4	แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว ที่น้ำหนักบรรทุก 10.84 kg/m^2 - 474.14 kg/m^2	40
4.5	แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว ที่น้ำหนักบรรทุก 508.01 kg/m^2 – 3125.01 kg/m^2	41
4.6	แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG2) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว ที่น้ำหนักบรรทุก 10.84 kg/m^2 - 474.14 kg/m^2	42
4.7	แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG2) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว ที่น้ำหนักบรรทุก 508.01 kg/m^2 – 3125.01 kg/m^2	43
4.8	แสดงค่าการแอ่นตัวของ Dial gage (DG) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว ที่น้ำหนักบรรทุก 0 kg/m^2 - 474.14 kg/m^2	45
4.9	แสดงค่าการแอ่นตัวของ Dial gage (DG) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว ที่น้ำหนักบรรทุก 508.01 kg/m^2 - 3125.01kg/m^2	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.10	แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG 1 - SG 5) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	51
4.11	แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG 6 - SG 10) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	52
4.12	แสดงค่าการแอ่นตัวของ Dial gage (DG) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	การแอ่นตัวของแผ่นพื้นทางเดียวภายใต้น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายคงที่	4
2.2	การออกแบบรับแรงดัดโดยคิดต่อหน่วยความกว้าง	4
2.3	การแอ่นตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง ภายใต้น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายคงที่	9
2.4	แถบกลางและแถบเสาของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	12
2.5	การแบ่งน้ำหนักบรรทุกจากแผ่นพื้นลงคานที่รองรับ	15
2.6	เหล็กเสริมพิเศษที่มุมนอกของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง	16
3.1	INSTRON TESTING MACHINE	17
3.2	การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด	19
3.3	แสดงการชั่งน้ำหนักทรายที่ค้างตะแกรง	20
3.4	The Concrete Compression Machine of COTROLS	21
3.5	แสดงผลการทดสอบเมื่อคอนกรีตวิบัติ	23
3.6	แสดงการผูกลวดแผ่นพื้น	26
3.7	แสดงการเตรียมหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab)	27
3.8	แสดงการเตรียมหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)	27
3.9	แสดงการเทซีเมนต์หล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	28
3.10	แสดงการติดตั้ง Strain gage	29
3.11	แสดงการติดตั้งกล่องเหล็กและวางโฟมกันทรายไหลออก	30
3.12	แสดงการติดตั้งDial gage	30
3.13	แสดงการใส่น้ำหนักบรรทุกทดสอบ	31
3.14	แสดงการใส่น้ำหนักบรรทุกทดสอบที่น้ำหนัก 1376.23 kg/m^2	31
3.15	แสดงการติดตั้งแผ่นพื้นก่อนทดสอบ	32
4.1	ผลการทดสอบการดึงลวดขนาดหน้าตัด 1.2 mm	34
4.2	ผลการทดสอบการดึงลวดขนาดหน้าตัด 1.98 mm	35
4.3	กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้าที่ 7 วัน	38
4.4	กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้าที่ 28 วัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.5	แสดงการวางตำแหน่งของ Strain gage ที่ท้องพื้น ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m (top view)	39
4.6	กราฟแสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1 – SG2) ที่พื้นผิวด้านล่าง ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว(One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	44
4.9	กราฟแสดงค่าการแอ่นตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab)แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	47
4.8	แสดงการแตกร้าวที่ท้องคานยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยว โดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	48
4.9	แสดงการแตกร้าวที่ท้องผิวด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยว โดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	49
4.10	แสดงการวางตำแหน่งของ Strain gage ที่ท้องพื้นผิว ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยแต่ละช่วง มีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m (top view)	50
4.11	กราฟแสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1 – SG 10) ที่ผิวพื้นด้านล่าง ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วงโดยแต่ละช่วง มีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	53
4.12	กราฟแสดงค่าการแอ่นตัวผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก Two way slabแบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยแต่ละช่วงมีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **ชื่อรูป** **หน้า**

4.13 แสดงการแตกร้าวที่ท้องคานยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นแต่ละช่วงเท่ากับ 0.4 m x 0.8 m 56

5.1 แสดงการแตกร้าวของแผ่นพื้นตามทฤษฎี 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

โครงสร้างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรของแผ่นพื้นแล้วถ่ายน้ำหนักนั้นให้กับที่รองรับ พื้นกรณีเป็นแบบเสริมเหล็กทางเดียว (One-way slab) โดยมีคานรองรับสองด้าน หรือพื้นกรณีเป็นเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) โดยมีคานรองรับทั้งสี่ด้าน และเมื่อคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าคานด้านสั้นมากๆ เมื่อมีการรับน้ำหนักบรรทุกจะทำให้คานสั้นและคานยาวเกิดการแอ่นตัวต่างกันมากทำให้เกิดการบิดและโก่งเดาะเนื่องจากโมเมนต์ ซึ่งจะทำให้พื้นคอนกรีตเกิดการแตกร้าว การที่เราทราบลักษณะการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเมื่อมีช่วงคานยาวมากกว่าช่วงคานสั้นมากๆจะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการออกแบบแผ่นพื้นต่อไป

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

คานและพื้นถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในโครงสร้างขององค์อาคารทั่วๆไป และถือว่าเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่เกิดการวิบัติได้ง่ายกว่าองค์ประกอบอื่นๆของอาคาร ในที่นี้เราจะทำการศึกษาแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กในกรณีที่คานมีการโก่งตัวต่างกันมากระหว่างด้านสั้นกับด้านยาว ซึ่งจะทำให้เรามีความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมการแตกร้าวของแผ่นพื้นคอนกรีตมากขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการออกแบบแผ่นพื้นต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กใน 2 กรณี คือ

1. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One-way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยว โดยขนาดพื้นแต่ละช่วง 4 x 8 เมตร
2. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นแต่ละช่วง 4 x 8 เมตร มีเหล็กเสริมมุมและไม่มีเหล็กเสริมมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กในกรณีที่คานมีการโก่งตัวต่างกันมากระหว่างด้านสั้นกับด้านยาว และจำลองโมเดลโดยการย่อสัดส่วนเป็น 1:10 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์มาเปรียบเทียบกับภาคทฤษฎี โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาและทดลองมีดังนี้

1. การโก่งตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. ความเครียดของแผ่นพื้นโดยการติด Electric strain gauge ทั้งผิวบนและผิวล่างของแผ่นพื้น
3. ศึกษาแนวการแตกร้าวของพื้นคอนกรีต

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

1. ศึกษาข้อมูล
   - ศึกษาเรื่องซีเมนต์มอร์ต้า
   - ศึกษาการออกแบบแผ่นพื้นและคาน
   - ศึกษาทฤษฎีแผ่นพื้น
2. หล่อซีเมนต์มอร์ต้าขนาด 5cm x 5cm x 5cm จำนวน 5 ตัวอย่างต่อค่า w/c ratio เพื่อทราบค่าที่ให้กำลังสูงสุด นำไปทดสอบหากำลังรับแรงอัด เพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงอัดประลัยของคอนกรีต (Ultimate compressive strength, f'_c) ที่จะใช้ในการออกแบบแบบจำลองพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. ทำการทดสอบกำลังรับแรงดึงของลวด เพื่อหาค่ากำลังรับแรงดึงที่จุดคราก (Yield strength, f_y) ที่จะใช้ในการออกแบบจำลองพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. คำนวณออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One-way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวขนาด 4 x 8 เมตร และพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง มีขนาดพื้นแต่ละช่วง 4 x 8 เมตร
5. วัดหาค่าการโก่งตัวของแผ่นพื้นโดยใช้ Dial gauge
6. วัดหาค่าความเค้นและความเครียดของแผ่นพื้น โดยใช้ Electric strain gauge
7. สรุปผลและทำรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กกรณีคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าด้านสั้นมาก

1. สามารถประเมินผลของโครงสร้างขนาดจำลองกับขนาดของโครงสร้างจริงว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจหรือไม่

2. ศึกษาการแตกร้าวของแผ่นพื้นคอนกรีตกรณีที่คานมีการโก่งตัวต่างกันมากระหว่างด้านสั้นกับด้านยาวเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่นักศึกษาปริญญาโทจัดทำอยู่ในปัจจุบัน

3. ทำให้ทราบลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น ทั้งพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง เพื่อเป็นประโยชน์ในการประกอบการทำงาน

4. เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ศึกษาและปรับปรุงแก้ไขโครงสร้างของพื้น เพื่อป้องกันการแตกร้าวต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

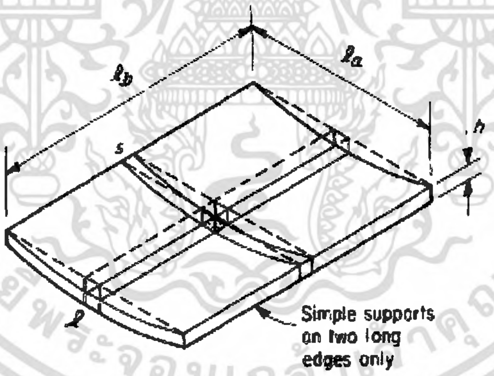
บทที่ 2
ทฤษฎีการออกแบบแผ่นพื้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งการออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวและแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง ซึ่งใช้วิธีการออกแบบโดยวิธีกำลัง

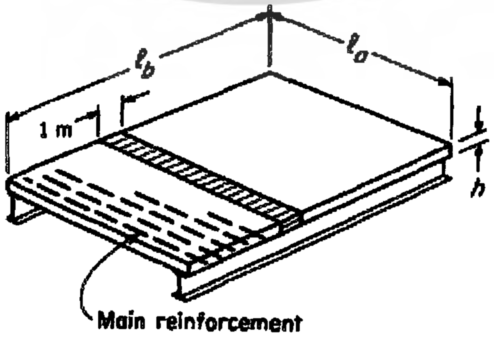
2.1 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

2.1.1 พฤติกรรมการรับโมเมนต์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

จะระบุแผ่นพื้นทางเดียวได้จากพฤติกรรมของการแอ่นตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุก รูปที่ 2.1 แสดงแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีฐานรองรับเฉพาะตามแนวยาวสองด้านของแผ่นพื้น ภายใต้น้ำหนักบรรทุกแบบแผ่กระจายคงที่ แผ่นพื้นจะแอ่นตัวตามรูปที่แสดงด้วยเส้นทึบจากแถบของแผ่นพื้นซึ่งมีความกว้าง s และวิ่งตามแนวสั้นจะเห็นว่าการแอ่นตัวเป็นเสมือนคานช่วงเดี่ยว ระยะแอ่นตัวแปรเปลี่ยนตามโมเมนต์ ที่ขอบซึ่งไม่มีการแอ่นตัวมีค่าโมเมนต์เป็นศูนย์ และที่กลางช่วงจะมีระยะแอ่นตัวและโมเมนต์สูงสุด



รูปที่ 2.1 การแอ่นตัวของแผ่นพื้นทางเดียวภายใต้น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายคงที่



รูปที่ 2.2 การออกแบบรับแรงดัดโดยคิดต่อหน่วยความกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การคำนวณออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

ถ้าเลือกแถบของแผ่นพื้นที่มีความกว้างหนึ่งหน่วยและมีความยาวช่วงในทิศทางตั้งฉากกับคานที่รองรับ ตามรูปที่ 2.2 จะวิเคราะห์และออกแบบแถบนี้ได้เสมือนกับเป็นคานสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีความกว้างหนึ่งหน่วย มีความหนา hและมีความยาวช่วงเป็น l_a น้ำหนักบรรทุกต่อหน่วยพื้นที่ของแถบนี้จะกลายเป็นน้ำหนักบรรทุกต่อหน่วยความยาวของคานที่มีความกว้างหนึ่งหน่วย และโมเมนต์ที่หาได้จะเป็นโมเมนต์ต่อหน่วยความกว้าง น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดจะถ่ายลงคานที่รองรับทั้งสองข้าง ทำให้ต้องวางเหล็กเสริมหลักทั้งหมดในแนวตั้งฉากกับคานที่รองรับ ซึ่งสรุปได้ว่า แผ่นพื้นทางเดียวจะเป็นเสมือนชุดของคานที่มีความกว้างหนึ่งหน่วยวางต่อกันตลอดความยาวของคานที่รองรับ สมมติฐานตามข้างบนได้มาจากการสมมติให้อัตราส่วนโพซองมีค่าเป็นศูนย์ เพราะในความเป็นจริงเมื่อคอนกรีตในแนว l_a อยู่ภายใต้แรงอัดเนื่องจากโมเมนต์และถ้าไม่สิ่งใดมาป้องกัน มันจะขยายตัวไปในแนว l_b แต่ในกรณีนี้สิ่งที่ป้องกันการขยายตัวก็คือคานที่มีความกว้างหนึ่งหน่วยที่วางชิดอยู่ข้าง ๆ ซึ่งคานแต่ละตัวก็พยายามที่จะขยายตัวเหมือนกัน ส่งผลให้แผ่นพื้นมีกำลังรับน้ำหนักมากขึ้น แต่ผลนี้ก็มีไม่มากจนพอที่จะมองข้ามได้การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นทางเดียว มักจะเลือกปริมาณเหล็กเสริมที่ต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้ 0.75ρ_bอย่างมาก โดยทั่วไปจะใช้อัตราส่วนเหล็กเสริมอยู่ในช่วง 0.004 ถึง 0.008 ด้วยเหตุผลหลักคือความประหยัด การใช้เหล็กเสริมในปริมาณที่น้อยร่วมกับการเพิ่มความลึกประสิทธิผล (เพิ่มความหนาของแผ่นพื้น) จะถูกกว่าการใช้แผ่นพื้นที่บางและต้องใช้เหล็กเสริมในปริมาณที่มาก เหตุผลรองลงไปก็คือ การแอ่นตัวที่ค่อนข้างมากของแผ่นพื้นที่มีความบางมาก โดยทั่วไปอาจจะเริ่มต้นด้วยการเลือกปริมาณเหล็กเสริมเท่ากับ 0.2 l_b

ความหนาของแผ่นพื้น

มาตรฐาน วสท. 1008-38 หัวข้อ 4205 “การควบคุมระยะแอ่น” กำหนดความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้นทางเดียวไว้ตามตารางข้างล่าง โดยมีข้อกำหนดว่า แผ่นพื้นนี้จะต้องไม่รองรับผนังหรือติดกับผนังหรือสิ่งก่อสร้างอื่นที่คาดว่าจะเกิดความเสียหายเนื่องจากแอ่นตัวมาก จะใช้ความหนาน้อยกว่าที่กำหนดก็ได้ ถ้ามีการวิเคราะห์ที่แสดงว่าระยะแอ่นตัวที่เกิดขึ้นไม่ทำให้เกิดผลเสียหาย ค่าในตารางใช้กับองค์อาคารคอนกรีตน้ำหนักปกติ (w_c = 2320 กก./ม.^{2}) และเหล็กชั้นคุณภาพ SD40 สำหรับเงื่อนไขอื่นต้องปรับค่าในตารางดังนี้ สำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาที่ใช้เป็นโครงสร้างซึ่งมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1500 ถึง 2000 กก./ม.^{2} ต้องคูณค่าในตารางด้วย (1.65 – 0.0003 w_c) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.09 ถ้าใช้เหล็กเสริมชั้นคุณภาพอื่น ต้องคูณค่าในตารางด้วย (0.4 + f_y/7000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์อาคาร	ช่วงเดียว	ต่อเนื่องปลายเดียว	ต่อเนื่องทั้งสองปลาย	ปลายยื่น
แผ่นพื้นตันทางเดียว	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
คานหรือพื้นระบบตง	$l/16$	$l/18.5$	$l/21$	$l/8$

ตารางที่ 2.1 ความหนาต่ำสุดของคานหรือแผ่นพื้นทางเดียว h ในกรณีที่ไม่มีการคำนวณหาระยะแอ่น

โมเมนต์ดัด

หลักเกณฑ์ที่ใช้คำนวณออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวจะเหมือนกับที่ใช้ในการคำนวณออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก รูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว โดยพิจารณาให้แผ่นพื้นทางด้านสั้นที่อยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับที่รองรับเสมือนหนึ่งเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีความกว้างเท่ากับ 1 เมตร และความหนาทั้งหมดของแผ่นพื้นคือความลึกทั้งหมดของคาน ดังนั้นเมื่อแผ่นพื้นต้องรับน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่สม่ำเสมอเป็น กก./ตร.ม. น้ำหนักแผ่ w_u ที่กระทำบนแผ่นพื้นซึ่งกว้างเท่ากับ 1 เมตร จะมีค่าเป็น กก./เมตร

พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวอาจมีทั้งแบบช่วงเดียวหรือแบบที่ต่อเนื่องหลายช่วง หรือแบบพื้นยื่น ถ้าเป็นแบบช่วงเดียวค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่แผ่นพื้นต้องรับมีค่าเท่ากับ $w_uS^2 / 8$ กก.-ม./ม. และถ้าเป็นแบบพื้นยื่นค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ $w_uS^2 / 2$ กก.-ม./ม. ในเมื่อ S เป็นความยาวทางด้านสั้นของแผ่นพื้น แต่ถ้าเป็นแผ่นพื้นแบบต่อเนื่องให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนดังตารางที่ 2.2 นั่นคือ ค่าโมเมนต์ดัดของแต่ละช่วงมีค่าเท่ากับ Cw_uS^2 กก.-ม./ม. และต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดต่อไปนี้ คือ

1. มีช่วงต่อเนื่องตั้งแต่ 2 ช่วงขึ้นไป
2. ความยาวของช่วงยาวยาวกว่าความยาวของช่วงสั้นที่อยู่ติดกันไม่เกิน 20 %
3. น้ำหนักบรรทุกกระทำแบบแผ่สม่ำเสมอ
4. น้ำหนักบรรทุกจรใช้งานมีค่าไม่มากกว่า 3 เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน

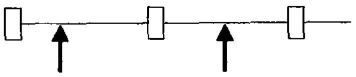
ในที่นี้ w เป็นน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่ และ l_n เป็นระยะช่วงว่างของคาน

แรงเฉือน

แรงเฉือนมักจะไม่มีผลต่อการออกแบบแผ่นพื้น กำลังเฉือนที่ใช้คำนวณออกแบบของคอนกรีตจะสูงกว่ากำลังเฉือนที่ต้องการในแทบทุกกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

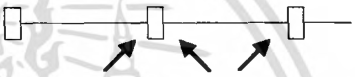
โมเมนต์บวก

	ช่วงนอก	ช่วงใน
		
- ปลายที่ไม่ต่อเนื่อง ไม่ยึดรั้งกับที่รองรับ	$1/11wl_n^2$	$1/16wl_n^2$
- ปลายที่ไม่ต่อเนื่อง หล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับที่รองรับ	$1/14wl_n^2$	$1/16wl_n^2$

โมเมนต์ลบ

ที่ขอบนอกของที่รองรับตัวในแรก:

- เมื่อมีช่วงต่อเนื่อง 2 ช่วง — $1/9wl_n^2$



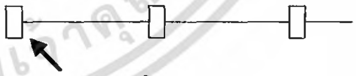
- เมื่อมีช่วงต่อเนื่องมากกว่า 2 ช่วง — $1/10wl_n^2$ — $1/11wl_n^2$

ที่ขอบรองรับทุกแห่ง :

สำหรับแผ่นพื้นที่มีช่วงยาวไม่เกิน 3.0 ม. — $1/12wl_n^2$ ที่ขอบรองรับทุกแห่ง

ที่ขอบในของที่รองรับตัวริม

เมื่อหล่อชิ้นส่วนเป็นเนื้อเดียวกันกับที่รองรับ:



- เมื่อที่รองรับเป็นคานขอบ (spandrel beam) — $1/24wl_n^2$
- เมื่อที่รองรับเป็นเสา — $1/16wl_n^2$

แรงเฉือน

- ที่ขอบของที่รองรับตัวในแรก — $1.15/2\ wl_n$
- ที่ขอบของที่รองรับตัวอื่นๆ — $1/2\ wl_n$

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์และแรงเฉือนสำหรับคานต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายน้ำหนักให้กับคานที่รองรับ

การถ่ายน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดจากแผ่นพื้นลงสู่คานที่รองรับต้องพิจารณาถึงสภาพที่รองรับ หากมีคานรองรับทางด้านยาวสองด้าน ให้คิดน้ำหนักเพียงครึ่งหนึ่งของความยาวทางด้านสั้นในแต่ละซีกของคาน นั่นคือ คานที่รองรับจะต้องรับน้ำหนักจากแผ่นพื้น ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด (กก./ม.^{2}) คูณด้วยครึ่งหนึ่งของความยาวทางด้านสั้น (ม.) ในแต่ละซีกของคาน ค่าที่ได้เป็นน้ำหนักแผ่ที่กระทำตลอดความยาวของคานที่รองรับและมีหน่วยเป็น กก./ม.

เหล็กเสริมต้านการยืดหด [ว.ส.ท. 3412]

คอนกรีตจะเกิดการหดตัว (shrinkage) ในระหว่างที่ซีเมนต์เจลเริ่มแข็งตัวจะลดการหดตัวนี้ได้ด้วยการเลือกส่วนผสมที่ใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดประกอบกับการบ่มที่ดี แต่ไม่ว่าจะป้องกันอย่างไรก็ตามการหดตัวก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ในแผ่นพื้นซึ่งวางอยู่บนที่รองรับเฉย ๆ การหดตัวจะทำให้มิติในทุกด้านลดลง แต่ถ้าแผ่นพื้นนั้นหล่อเป็นเนื้อเดียวกับที่รองรับการหดตัวจะถูกต้านโดยที่รองรับ ทำให้เกิดหน่วยแรงดึงซึ่งเรียกว่า "หน่วยแรงเนื่องจากการหดตัว" (Shrinkage stress) การที่อุณหภูมิลดต่ำลงน้อยกว่าอุณหภูมิในระหว่างเทคอนกรีตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงสร้างที่อยู่กลางแจ้ง เช่น สะพาน ก็จะเกิดผลเช่นเดียวกับการหดตัว แผ่นพื้นพยายามจะหดตัวและเมื่อถูกเหนี่ยวรั้งต้านไว้ ก็จะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้น

เนื่องจากแรงดึงเป็นจุดอ่อนของคอนกรีต หน่วยแรงที่เกิดจากการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าว รอยร้าวที่เกิดขึ้นจะไม่มีผลร้ายต่อโครงสร้างถ้าควบคุมความกว้างของรอยร้าวได้ การควบคุมความกว้างของรอยร้าวจะทำได้ด้วยการเสริมเหล็กต้านการยืดหดตัวและเพื่อกระจายรอยร้าวให้เกิดสม่ำเสมอเมื่อคอนกรีตพยายามที่จะหดตัว เหล็กเสริมเหล่านี้จะต้านไว้ทำให้เกิดแรงอัดขึ้นในเหล็กเสริม

ในแผ่นพื้นทางเดียว เหล็กเสริมหลักจะเป็นตัวต้านการหดตัวที่จะเกิดขึ้นในทิศทางของการวางเหล็กเหล่านั้นแต่เนื่องจากการหดตัวจะเกิดขึ้นในทุกทิศทาง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเหล็กเสริมต้านการยืดหดตัวในแนวตั้งฉากกับเหล็กเสริมจะเรียกเหล็กเสริมนี้ว่า"เหล็กเสริมต้านการยืดหด" (temperature/shrinkage reinforcement)

มาตรฐาน วสท. 1008-38 หัวข้อ 3412 "เหล็กเสริมต้านการยืดหด" ให้ข้อกำหนดสำหรับปริมาณเหล็กเสริมน้อยสุดในแผ่นพื้นไว้ดังนี้

1. อัตราส่วนเนื้อที่เหล็กเสริมต้านการยืดหดต่อหน้าตัดคอนกรีตทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่า ค่าที่ให้ไว้ข้างล่างนี้ และต้องไม่น้อยกว่า 0.0014

- แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กเสริมกลมชั้นคุณภาพ SR24 0.0025
- แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD30 0.0020
- แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือลวดตะแกรงเชื่อมชนิดกลมหรือมีข้อ 0.0018

- แผ่นพื้นที่ใช้เหล็กเสริมที่มีค่ากำลังครากเกินกว่า 4000 กก./ซม.^{2}

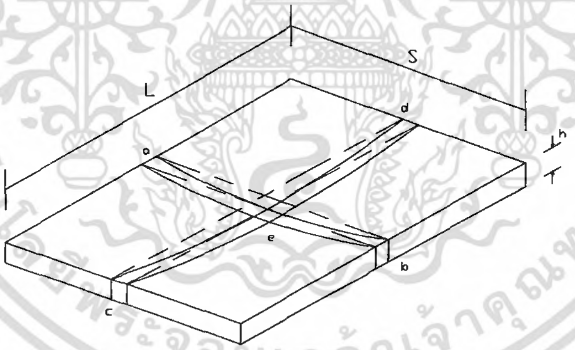
โดยวัดที่หน่วยความเครียดที่ร้อยละ 0.35 $(0.0018 \times 4000)/f_y$

2. เหล็กเสริมต้านการยืดหด ต้องวางเรียงห่างกันไม่มากกว่า 5 เท่าของความหนาแผ่นพื้นและต้องไม่มากกว่า 40 ซม.

2.2 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทางแบบมีคานรองรับทั้ง 4 ด้าน

2.2.1 พฤติกรรมการรับโมเมนต์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

พิจารณาแผ่นพื้นคอนกรีตที่มีขนาดด้านสั้นเท่ากับ S และมีด้านยาวเท่ากับ L โดยให้มีคานรองรับแผ่นพื้นทั้ง 4 ด้านในลักษณะของที่รองรับแบบธรรมดา (simple support) ถ้าสมมติว่าแผ่นพื้นคอนกรีตเป็นวัสดุยืดหยุ่น ดังนั้นเมื่อแผ่นพื้นรับน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่ w กก./เมตร^2 แผ่นพื้นจะโค้งโก่งโดยมีลักษณะคล้ายจานหรือกระชอนและที่มุมทั้ง 4 จะกระดกขึ้น ถ้าไม่มีการยึดรั้งกับขอบที่รองรับ จากลักษณะการโก่งตัวของแผ่นพื้นที่เกิดขึ้น ดังนั้นที่แต่ละจุดบนแผ่นพื้นจะมีการโค้งโก่งในสองทิศทางที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน แต่เนื่องจากความโค้งขึ้นกับโมเมนต์ดัดที่กระทำนั่นคือทุกจุดของแนวที่มีการโค้งโก่งจะต้องมีโมเมนต์ดัดกระทำเสมอ ซึ่งเป็นเหตุให้ต้องเสริมเหล็กในแผ่นพื้นทั้งสองทิศทางที่ตั้งฉากกันเพื่อต้านทานโมเมนต์ดัดที่กระทำ



รูปที่ 2.3 การแอ่นตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทางภายใต้น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจายคงที่

โมเมนต์ดัดที่กระทำในแต่ละทิศทางที่ตั้งฉากกัน เกิดจากน้ำหนักบรรทุกที่กระทำในทิศทางนั้นๆ แต่เพื่อให้การพิจารณาถึงพฤติกรรมการรับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำหรือโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแต่ละทิศทางของแผ่นพื้นง่ายขึ้น ดังนั้นจะสมมติให้แผ่นพื้นประกอบขึ้นจากแถบเล็กๆ สองแถบซึ่งอาจสมมติให้แถบนั้นมีความกว้างเท่ากับหนึ่งเมตร คือแถบ ab และแถบ cd ซึ่งเป็นแถบที่ขนานกับด้านสั้นและด้านยาวของแผ่นพื้น ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.3 เมื่อแถบทั้งสองนี้อยู่ที่กึ่งกลางของด้านยาว L และด้านสั้น S ของแผ่นพื้น ตามลำดับ โดยตัดกันที่จุด e จะเห็นว่าค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะโก่งตัวในแต่ละทิศทางที่จุดตัดนี้ต้องมีค่าเท่ากันเสมอ ซึ่งหากพิจารณาต่อไปว่าแถบทั้งสองดังกล่าวเปรียบเสมือนเป็นคานช่วงเดียว ดังนั้นระยะโก่งที่กึ่งกลางคานจะเท่ากับ 5wl / 384EI ถ้าแถบทั้งสองของแผ่นพื้นมีความหนาเท่ากัน จะได้ระยะโก่งที่กึ่งกลางของแถบ ab เท่ากับ $kw_{ab}S^4$ และระยะโก่งที่กึ่งกลางของแถบ cd เท่ากับ $kw_{cd}L^4$ ในเมื่อ w_{ab} และ w_{cd} เป็นส่วนของน้ำหนักแผ่ w ที่แบ่งไปให้กับแถบ ab และ cd ตามลำดับ หรือนั่นคือ $w = w_{ab} + w_{cd}$ ฉะนั้น เมื่อระยะโก่งที่จุดตัด e ของแถบทั้งสองมีค่าเท่ากัน จะหาได้ว่า

$$w_{ab} = wL^4 / (L^4 + S^4)$$

และ $$w_{cd} = wS^4 / (L^4 + S^4)$$

นั่นคือ โมเมนต์ดัดสูงสุดที่ขนานกับด้านสั้น $M_S = w_{ab}S^2 / 8$ กก.-ม./ม.

และ โมเมนต์ดัดสูงสุดที่ขนานกับด้านยาว $M_L = w_{cd}L^2 / 8$ กก.-ม./ม.

ค่าที่ได้ข้างต้นขึ้นกับขนาดของแผ่นพื้นที่ใช้ กล่าวคือ

ถ้าระยะ $L = 1.5S$ จะได้ $w_{ab} = 0.835w$ และ $w_{cd} = 0.165w$

ฉะนั้น $M_S = 0.1044wS^2$ กก.-ม./ม. $M_L = 0.0464wS^2$ กก.-ม./ม.

และถ้าระยะ $L = 2.0S$ จะได้ $w_{ab} = 0.941w$ และ $w_{cd} = 0.059w$

ฉะนั้น $M_S = 0.1176wS^2$ กก.-ม./ม. $M_L = 0.0295wS^2$ กก.-ม./ม.

ซึ่งแสดงว่าแถบที่ขนานกับด้านสั้นต้องรับน้ำหนักบรรทุกมากกว่าแถบที่ขนานกับด้านยาวเสมอ และเมื่ออัตราส่วนของ L/S มีค่ามากกว่า 2 แถบที่ขนานกับด้านยาวจะมีส่วนในการรับน้ำหนักบรรทุกน้อยมาก กล่าวอีกนัยหนึ่งคือน้ำหนักบรรทุกส่วนใหญ่จะอยู่ที่แถบที่ขนานกับด้านสั้น ฉะนั้นเมื่อแผ่นพื้นมีค่าอัตราส่วนของ L/S มากกว่า 2 จึงพิจารณาออกแบบให้เป็นแบบแผ่นพื้นเสริมเหล็กทางเดียว

นอกจากนี้จะเห็นว่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดบนแถบที่ขนานกับด้านสั้น (M_S) มีค่ามากกว่าค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดบนแถบที่ขนานกับด้านยาว (M_L) เสมอ โดยเฉพาะเมื่ออัตราส่วนของ L/S มีค่ามากกว่า 2 ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดบนแถบที่ขนานกับด้านยาวจะมีค่าน้อยมาก ซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ให้พิจารณาออกแบบแผ่นพื้นดังกล่าวเป็นแบบแผ่นพื้นเสริมเหล็กทางเดียว อนึ่งค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดบนแถบที่ขนานกับด้านสั้น จะอยู่ที่กึ่งกลางของแถบที่ขนานกับด้านยาวด้วย และจะมีค่าลดลงเมื่อเลื่อนแถบที่ขนานกับด้านสั้นให้มาอยู่ใกล้ขอบที่รองรับมากขึ้น จนมีค่าเป็นศูนย์ที่ขอบรองรับซึ่งสมมติในตอนแรกว่าเป็นแบบยึดหมุน ทำนองเดียวกัน ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดบนแถบที่ขนานกับด้านยาว ก็จะอยู่ที่กึ่งกลางของแถบที่ขนานกับด้านสั้นด้วย และจะมีค่าลดลงเมื่อเลื่อนแถบที่ขนานกับด้านยาวให้มาอยู่ใกล้ขอบที่รองรับมากขึ้น จนมีค่าเป็นศูนย์ที่ขอบรองรับนั้น สังเกตว่าโมเมนต์ดัดสูงสุด M_S ที่ขนานกับด้านสั้น หรือโมเมนต์ดัดสูงสุด M_L ที่ขนานกับด้านยาว สามารถพิจารณาให้อยู่ในรูปของ CwS^2 กก.ม./ม. ได้ โดยที่ C เป็นค่าสัมประสิทธิ์หนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าต่างๆของน้ำหนักบรรทุกหรือโมเมนต์ดัดที่กระทำในแต่ละทิศทางที่พิจารณาข้างต้นเป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น เพราะพฤติกรรมจริงของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน เนื่องจากแผ่นพื้นเป็นส่วนโครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนท และไม่เป็นวัสดุยืดหยุ่นตามข้อสมมติ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของแผ่นพื้น การยึดรั้งกับขอบที่รองรับ ค่าอัตราส่วนปัวซองของคอนกรีต รวมถึงการกระจายซ้ำของโมเมนต์ดัดในช่วงอินอิลาสติก ฯลฯ และเมื่อเลื่อนแถบของ ab และ cd ให้ห่างออกไปจากกึ่งกลางของแผ่นพื้นในแต่ละด้านโดยให้เลื่อนเข้ามาใกล้กับขอบที่รองรับ จะพบว่าค่าโมเมนต์ดัดที่กระทำจะลดน้อยลงกว่าที่ควรจะเป็นตามข้อสมมติข้างต้น เนื่องจากในบริเวณนั้นมีโมเมนต์บิดเกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อโมเมนต์ที่กระทำในทิศทางหนึ่งมีค่าสูงสุด แผ่นพื้นจะยังไม่วิบัติ เพราะมีการกระจายซ้ำของโมเมนต์ดัดในช่วงอินอิลาสติก จนกว่าโมเมนต์ดัดในอีกทิศทางหนึ่งมีค่าสูงสุด นั่นหมายความว่า แผ่นพื้นจะวิบัติต่อเมื่อเหล็กเสริมในสองทิศทางเกิดการครากนั่นเอง ฉะนั้นในการคำนวณออกแบบแผ่นพื้นจึงกำหนดให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ควรจะเป็น ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์และจากผลการทดลอง

2.2.2 การคำนวณออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

การทำโครงงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกวิธีการออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทางตามวิธีของ ACI 318-63 หรือ วิธีที่ 2 ของ มาตรฐาน วสท.1007-34 เป็นวิธีที่ให้สัมประสิทธิ์สำหรับโมเมนต์ที่กลางช่วงและเหนือที่รองรับ โดยมีตัวแปรสองตัวคืออัตราส่วนด้านสั้นต่อด้านยาวของแผ่นพื้น และสภาวะการต่อเนื่องที่ขอบของแผ่นพื้น ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างสะดวก รวดเร็ว และเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศ

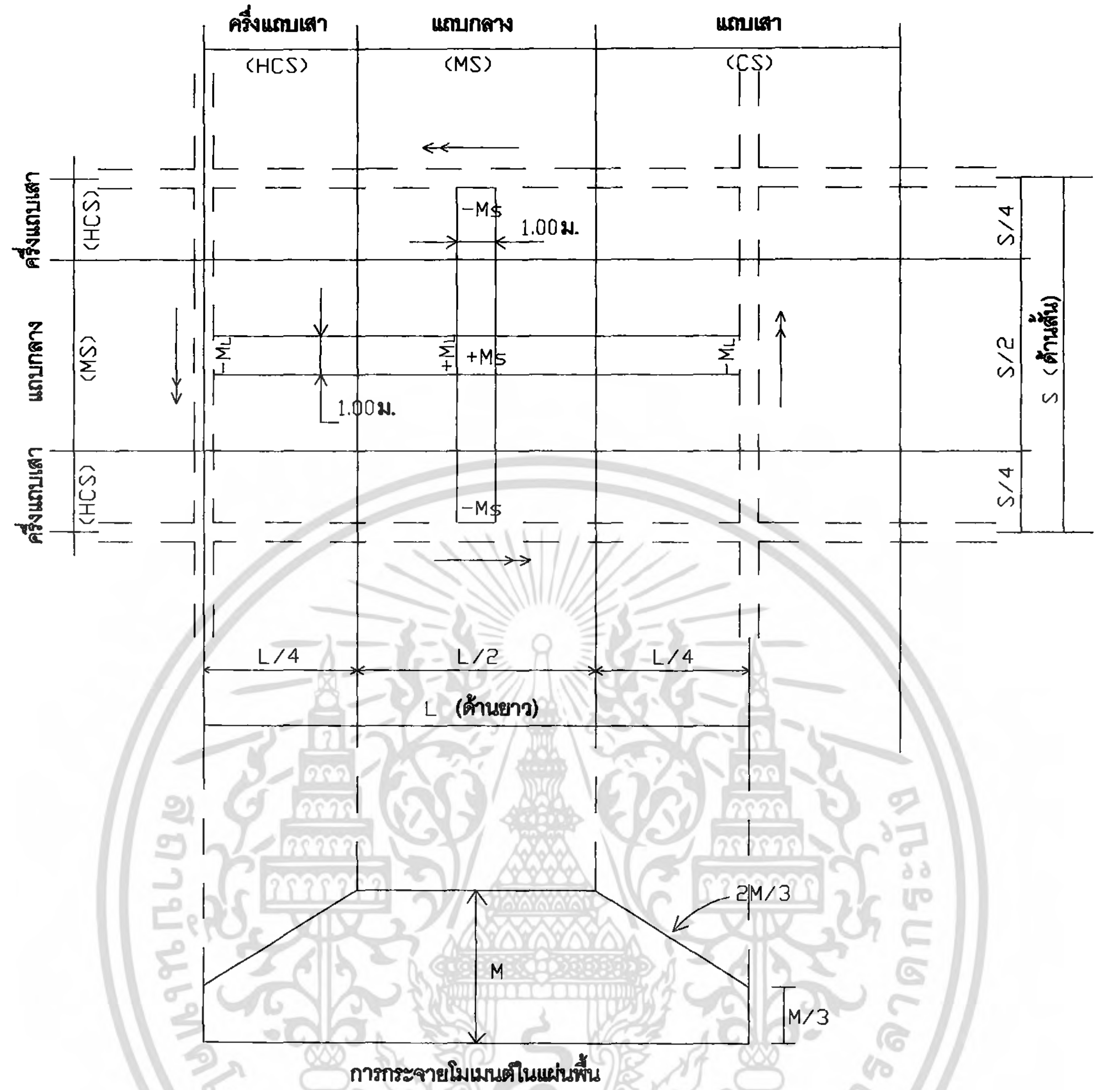
ขอบข่าย

แผ่นพื้นอาจเป็นแบบตันหรือเป็นครีบ และอาจต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง แต่ต้องมีผนังกำแพง หรือคานรองรับทั้ง 4 ด้าน ซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับแผ่นพื้นนั้น น้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนแผ่นพื้นต้องเป็นแบบแผ่สม่ำเสมอ โดยที่น้ำหนักบรรทุกจรใช้งานมีค่าไม่เกินกว่า 3 เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน

ความหนาของแผ่นพื้น

ความหนาของแผ่นพื้นต้องไม่น้อยกว่า 8 ซม. หรือ 1/180 ของเส้นรอบรูปของแผ่นพื้นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แถบกลางและแถบเสาของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

โมเมนต์ดัด

ค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นจะได้จากการพิจารณาแบ่งแผ่นพื้นขนาดกว้าง S และยาว L ให้เป็นแถบกลางและแถบเสาในแต่ละทิศทางดังรูปที่ 2.4 ซึ่งค่าของระยะ S และ L เป็นค่าน้อยสุดของระยะจากศูนย์ถึงศูนย์ระหว่างที่รองรับ หรือระยะช่วงว่างบวกกับอีก 2 เท่าของความหนาของที่รองรับ

แถบกลาง (middle strip) ให้มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น

แถบเสา (column strip) ให้มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น นั่นคือ ในแต่ละซีกของช่วงพื้นเดียวกัน แถบเสาจะมีขนาดเท่ากับพื้นที่ 1 ใน 4 ของช่วงพื้นนั้น ซึ่งเรียกว่าครึ่งแถบเสา (half column strip : HCS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ L > 2S แถบกลางที่ขนานกับด้านสั้นให้มีความกว้างเท่ากับผลต่างระหว่างด้านทั้งสอง นั่นคือ มีค่าเท่ากับ L- S ส่วนที่เหลือเป็นความกว้างของแถบเสา

ในการออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง ให้พิจารณาจากแถบพื้นซึ่งกว้างเท่ากับ 1 เมตร ทั้งทางช่วงสั้นและช่วงยาว

ถ้าให้ w_u = น้ำหนักบรรทุกรวมที่เพิ่มค่าแล้ว ซึ่งแผ่สม่ำเสมอบนแผ่นพื้น กก./ม.^{2}

C = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในแต่ละทิศทาง (ช่วงสั้น,ช่วงยาว) สำหรับแผ่นพื้นแบบเสริมเหล็ก 2 ทาง ซึ่งขึ้นกับความต่อเนื่องของแผ่นพื้น (5 กรณี) และอัตราส่วนระหว่างด้านสั้น S กับด้านยาว L ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็น m ดังที่แสดงในตารางที่ 2.3

ดังนั้น โมเมนต์ดัดในแถบกลาง ทั้งของช่วงสั้นและช่วงยาว คำนวณได้จาก

$$M_u = Cw_uS^2 \text{ กก.-เมตร/เมตร}$$

สังเกตว่า ค่าโมเมนต์ดัดในแถบกลางของแผ่นพื้นที่จะคำนวณได้จากสมการข้างบน มีทั้งโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวก โดยที่ค่าโมเมนต์ลบเป็นโมเมนต์ตรงขอบของคานที่รองรับ ส่วนค่าโมเมนต์บวกเป็นโมเมนต์ตามแนวกึ่งกลางของช่วงพื้น ดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่ง M_S เป็นโมเมนต์ในแถบกลางที่มีทิศกระทำขนานกับด้านสั้น และ M_L เป็นโมเมนต์ในแถบกลางที่มีทิศกระทำขนานกับด้านยาว

สำหรับโมเมนต์ดัดในแถบเสาจะสมมติให้มีค่าลดลงแบบเชิงเส้นจากค่าที่หาได้ในแถบกลางเหลือเพียง 1 ใน 3 ที่ขอบของคานรองรับ ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดในแถบเสามีค่าเท่ากับ 2 ใน 3 ของโมเมนต์ดัดในแถบกลาง อนึ่ง หากค่าโมเมนต์ลบที่ด้านใดของที่รองรับมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ของโมเมนต์อีกด้านหนึ่ง ให้นำค่า 2 ใน 3 ของผลต่างของโมเมนต์นั้นกระจายออกไปตามสัดส่วนของความแข็งแกร่ง (สติฟเนส) ของแผ่นพื้น

ส่วนปริมาณเหล็กเสริมเอกในแผ่นพื้นต้องไม่มากเกินกว่า $0.75\rho_b$ ทั้งนี้เพื่อควบคุมให้เกิดการวิบัติเป็นแบบแรงดึงเป็นหลัก แต่ต้องไม่น้อยกว่าอัตราส่วนของเหล็กเสริมต้านการยืดหดตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

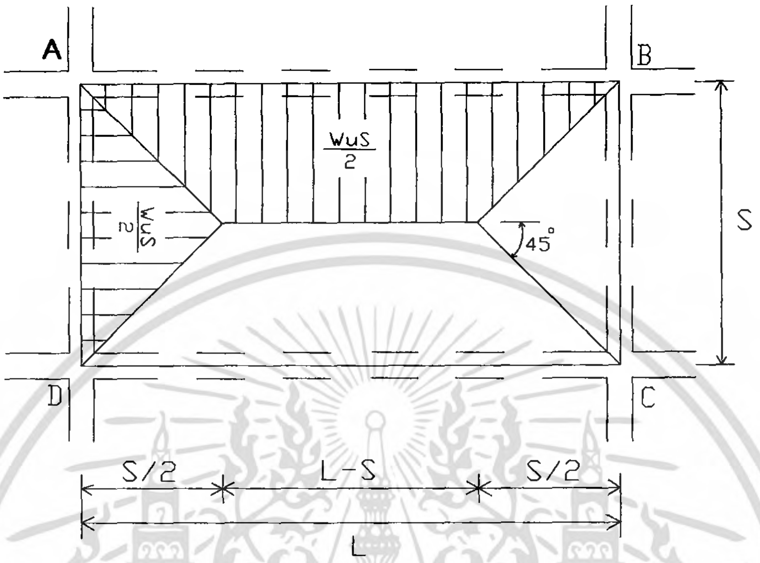
โมเมนต์	ช่วงสั้น						ช่วงยาว
	ค่าต่างๆของอัตราส่วน m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 และต่ำกว่า	สำหรับ m ทุกค่า
กรณีที่ 1 ช่วงพื้นภายใน							
โมเมนต์ลบ- ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
- ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน	-	-	-	-	-	-	-
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
กรณีที่ 2 ไม่ต่อเนื่องกันด้านเดียว							
โมเมนต์ลบ- ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
- ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
กรณีที่ 3 ไม่ต่อเนื่องกันสองด้าน							
โมเมนต์ลบ- ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
- ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037
กรณีที่ 4 ไม่ต่อเนื่องกันสามด้าน							
โมเมนต์ลบ- ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
- ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
กรณีที่ 5 ไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน							
โมเมนต์ลบ- ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน	-	-	-	-	-	-	-
- ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

ตารางที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ดัด (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเฉือน

แรงเฉือนในแผ่นพื้น คำนวณโดยสมมติว่าน้ำหนักแผ่บนแผ่นพื้น (w_u) ถูกแบ่งไปยังที่รองรับโดยอาศัยเส้นที่ลาก 45° จากมุมทั้ง 4 ตัดกับเส้นมีเดียนของช่วงพื้นที่ขนานกับด้านยาว ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การแบ่งน้ำหนักบรรทุกจากแผ่นพื้นลงคานที่รองรับ

ดังนั้น น้ำหนักทั้งหมดบนด้านสั้น AD และ BC จะประกอบด้วยน้ำหนักรูปสามเหลี่ยมซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ $w_uS / 2$ กก./ม. นั่นคือ

แรงเฉือนทั้งหมดที่กระทำบนด้านสั้น AD และ BC = $(½) \times (w_uS/2) \times (S) = w_uS^2 / 4$ กก.

ทำนองเดียวกัน น้ำหนักทั้งหมดบนด้านยาว AB และ BC จะประกอบด้วยน้ำหนักรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ $w_uS / 2$ กก./ม. ฉะนั้น

แรงเฉือนทั้งหมดที่กระทำบนด้านยาว AB และ DC = $(w_uS^2 / 4) \times (2\text{-}m / m)$ กก. ในเมื่อ $m = S/L$

การถ่ายน้ำหนักให้กับคานที่รองรับ

น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดจากแผ่นพื้นจะแบ่งไปลงบนคานที่รองรับโดยใช้ข้อสมมติเช่นเดียวกับการหาแรงเฉือนข้างต้น ซึ่งจะหาได้เป็นน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอเทียบเท่าที่กระทำบนคานด้านสั้นและด้านยาว ดังนี้

น้ำหนักแผ่สม่ำเสมอบนคานด้านสั้น AD,BC = $w_uS / 3$ กก./ม.

น้ำหนักแผ่สม่ำเสมอบนคานด้านยาว AB,DC = $(w_uS / 3) \times (3\text{-}m^2 / 2)$ กก./ม.

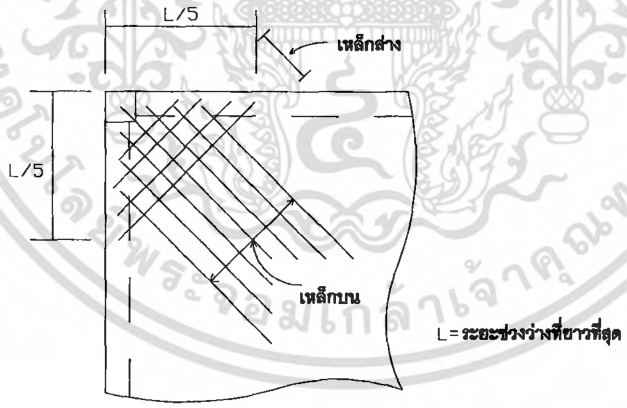
ค่าโมเมนต์ในคานที่รองรับ ให้คำนวณจากน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอข้างต้น รวมกับน้ำหนักของคานเอง และน้ำหนักบรรทุกอื่นบนคาน (ถ้ามี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสริมเหล็ก

เหล็กเสริมเอกในแต่ละแถบของแผ่นพื้นมีทั้งเหล็กบนและเหล็กล่าง เหล็กล่างจะเสริมที่บริเวณกลางช่วงของแผ่นพื้นเนื่องจากต้องรับโมเมนต์บวก ส่วนเหล็กบนจะเสริมบริเวณขอบที่รองรับของแผ่นพื้นเนื่องจากต้องรับโมเมนต์ลบ อย่างไรก็ดี ที่บริเวณกลางช่วงพื้นจะจัดเหล็กเสริมที่ขนานกับด้านสั้นให้อยู่ที่ด้านล่างสุด และตรงขอบที่รองรับจะจัดให้อยู่ด้านบนสุด เพราะต้องรับน้ำหนักหรือโมเมนต์ดัดมากกว่าเหล็กเสริมที่ขนานกับด้านยาว

ตำแหน่งที่จะหยุดหรือดัดเหล็กที่รับโมเมนต์บวกหรือโมเมนต์ลบให้พิจารณาเหมือนในคาน ซึ่งปกติจะพิจารณาดัดเหล็กล่างจำนวน 2 ใน 3 ของเหล็กที่รับโมเมนต์บวกทั้งหมดขึ้นไปเป็นเหล็กบนเพื่อรับโมเมนต์ลบแล้วปล่อยเลยเข้าไปในที่รองรับ ผ่านจุดดัดกลับของโมเมนต์ลบ แต่หากปริมาณของเหล็กที่ดัดขึ้นไปไม่เพียงพอที่จะต้านทานโมเมนต์ลบที่ต้องการ ให้ใส่เหล็กเสริมพิเศษเพิ่มขึ้น ส่วนเหล็กล่างที่เหลือ (จำนวน 1 ใน 3) ให้ปล่อยเลยเข้าไปในที่รองรับเป็นระยะไม่น้อยกว่า 15 ซม. จากขอบที่รองรับ เหล็กเสริมทั้งสองทางต้องวางเรียงห่างกันไม่เกิน 3 เท่าของความหนาของแผ่นพื้น และไม่เกิน 45 ซม. ทั้งนี้ต้องมีอัตราส่วนของเหล็กเสริมในแต่ละทิศทางไม่น้อยกว่าอัตราส่วนของเหล็กต้านการยืดหดตัว สำหรับที่มุมนอกของแผ่นพื้น (exterior corner) ต้องเสริมเหล็กพิเศษทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อกันรอยร้าวในแนวทแยงมุมที่เกิดจากโมเมนต์บิด โดยเรียงเหล็กเสริมพิเศษนี้ออกไปจากมุมในแต่ละทิศทางเป็นระยะ 1 ใน 5 ของความยาวของด้านยาว ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เหล็กเสริมพิเศษที่มุมนอกของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

ซึ่งเหล็กเสริมพิเศษที่ด้านบนจะวางเรียงขนานกับแนวทแยงจากมุมนั้น และเหล็กเสริมพิเศษที่ด้านล่างจะวางเรียงตั้งฉากกับเหล็กเสริมพิเศษที่ด้านบน และเพื่อความสะดวกในการก่อสร้างอาจเสริมเหล็กพิเศษสองทางในแนวที่ขนานกับด้านสั้นและด้านยาวของแผ่นพื้น ทั้งนี้ปริมาณของเหล็กเสริมพิเศษที่มุมนอกที่ต้องการมีค่าเท่ากับปริมาณที่ต้องการสำหรับโมเมนต์บวกสูงสุดในแผ่นพื้นช่วงนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
ขั้นตอนการทดสอบและวิธีการดำเนินงาน

คุณสมบัติเชิงกลเป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุซึ่งมีความแตกต่างกันไปในวัสดุแต่ละชนิด จุดมุ่งหมายในการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ คือหาคุณภาพและความเหมาะสมของวัสดุสำหรับใช้ในงานหล่อแผ่นพื้นทั้งแบบเสริมเหล็กทางเดียวและเสริมเหล็กสองทางต่อไป

3.1 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของลวดเหล็ก

มาตรฐาน ASTM : A615 M-79 Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement (Metric)

รูปที่ 3.1 INSTRON TESTING MACHINE

3.1.1 วัตถุประสงค์

หาค่ากำลังคราก (yield strength) ของลวดตัวอย่างที่นำมาทดสอบ เพื่อนำมาใช้ในการจำลองโมเดลแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One-way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้นที่จำลองแล้วคือ 0.4 x 0.8 เมตร และพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นที่จำลองแล้วแต่ละช่วงคือ 4 x 8 เมตร ทั้งแบบมีเหล็กเสริมมุมและไม่มีเหล็กเสริมมุม

95165
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

1. INSTRON TESTING MACHINE
2. ลวดเหล็กขนาด 1.20 มม. และ 1.98 มม. ชนิดอย่างละ 5 ตัวอย่าง
3. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

3.1.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมตัวอย่างลวดเหล็กยาวประมาณ 15 ซม. ขนาดหน้าตัด 1.20 มม. และ 1.98 มม. ขนาดละ 5 ตัวอย่าง
2. นำชิ้นตัวอย่างลวดเหล็กเข้าเครื่องทดสอบ INSTRON TESTING MACHINE ยึดปลายทั้งสองข้างของชิ้นตัวอย่างลวดเหล็กให้แน่น
3. เริ่มทดสอบโดยการเดินเครื่องจนถึงจุดที่วัสดุเกิดการวิบัติ คอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟและตารางค่าต่างๆออกมา
4. เอาชิ้นตัวอย่างลวดเหล็กออกจากเครื่องทดสอบ และทดสอบซ้ำจนครบ 5 ตัวอย่าง ของลวดเหล็กทั้ง 2 ขนาดหน้าตัด
5. นำค่ากำลังคราก (yield strength, f_y)จากกราฟของชิ้นตัวอย่างลวดเหล็กทั้ง 5 ตัวอย่าง จากทั้ง 2 ขนาดหน้าตัด มาคิดค่าเฉลี่ยและนำค่ากำลังคราก (yield strength, f_y)เฉลี่ยที่ได้ไปใช้คำนวณออกแบบแผ่นพื้นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด

มาตรฐาน ASTM : C 136-93 Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

รูปที่ 3.2 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด

3.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาขนาดของมวลรวมคละ โดยใช้ตะแกรงมาตรฐานสำหรับหาค่าพิกัดความละเอียด (Fineness modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิกัดความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้เราต้องการมวลรวมที่เป็นทรายหยาบเพื่อนำมาใช้ในการผสมซีเมนต์เพื่อทดสอบหาค่ากำลังและใช้ในการจำลองโมเดลต่อไป

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

1. มวลรวมละเอียด คือ ทราย
2. ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ No.4, 8, 16, 30, 50, 100 และ200
3. เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์
4. ตาชั่งขนาดใหญ่ วัดได้ละเอียดถึง 0.1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมทรายสำหรับทดสอบตรวจสอบดูก่อนว่าชื้นหรือไม่ ปกติควรเป็นทรายที่แห้ง
2. เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่อง ชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับพร้อมถาดรองอยู่ล่างสุด
3. ค่อยๆ เททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่า จับเวลาประมาณ 10 นาที
4. ถึงขนาดนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆ จะถูกแยกแยะ ไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆ ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่ไปชั่งน้ำหนัก และจดบันทึกไว้ แล้วคำนวณหาค่าพิกัดความละเอียด

รูปที่ 3.3 แสดงการชั่งน้ำหนักทรายที่ค้างตะแกรง

5. ค่าพิกัดความละเอียดของมวลรวมละเอียด หาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมด หารด้วย 100

$$\text{Sand F.M.} = \frac{\text{Cumulative \% retained}}{100}$$

หมายเหตุ ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียด และทรายหยาบ แต่ละชนิดมีค่าพิกัดความละเอียดแตกต่างกัน ดังนี้

ทรายละเอียดมาก	ค่า F.M. = 0.50 - 1.50
ทรายละเอียด	ค่า F.M. = 1.50 - 2.50
ทรายหยาบ	ค่า F.M. = 2.50 - 3.50

สำหรับทรายที่ใช้ในงานคอนกรีตควรมีค่าพิกัดความละเอียดอยู่ระหว่าง 2.30-3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า

มาตรฐาน ASTM : C109-92 Test for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar

รูปที่ 3.4 The Concrete Compression Machine of COTROLS

3.3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหากำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า โดยการหล่อก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม. เปรียบเทียบความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น หรือที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณของน้ำผสมและระยะเวลาของการบ่ม เพื่อนำมาตัดสินใจใช้ในการหล่อแผ่นพื้น

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

1. ซีเมนต์
2. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว (จากการทดสอบที่ 3.3)
3. กระบอกตวงน้ำ
4. แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม.
5. หลอดแก้วกระทุ้ง หรือวัสดุอื่นที่ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่สึกหรอเมื่อเสียดสีและไม่เปราะหักง่าย และหน้าตัดปลายที่ใช้กระทุ้งต้องตั้งฉากกับแกนยาวของแท่ง
6. เครื่องผสมมอร์ต้าตามมาตรฐาน ASTM C 305-91
7. เกรียงเหล็ก
8. เครื่องทดสอบกำลังอัด The Concrete Compression Machine of COTROLS
9. ตาชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมซีเมนต์มอร์ต้ามาตรฐาน อัตราส่วน 1 : 2.75 คือจากซีเมนต์ 1 ส่วนและจากทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วน และใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.40 , 0.50 , 0.55 , 0.60 และ 0.65 ปริมาณละ 5 ตัวอย่าง

2. ผสมซีเมนต์มอร์ต้าด้วยเครื่องผสมมอร์ต้ามาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

2.1 เทน้ำทั้งหมดลงในหม้อผสม

2.2 เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิชต์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ 140 ± 5 rpm เป็นเวลา 30 วินาที

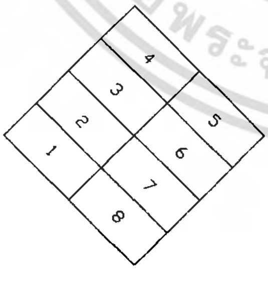
2.3 เติมทรายที่เตรียมไว้ลงไปในหม้อผสม โดยที่ยังคงเดินเครื่องด้วยความเร็วเท่าเดิม เททรายให้หมดภายในเวลา 30 วินาที

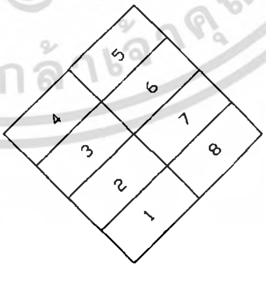
2.4 หยุดเครื่องและเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง 285 ± 10 rpm เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที

2.5 หยุดเครื่องอีก เพื่อพักมอร์ต้าไว้ 90 วินาที โดยที่ภายใน 15 วินาทีแรกให้รีบปาดส่วนที่เลอะข้างๆ หม้อผสมลงให้หมด แล้วปิดฝา

2.6 เมื่อครบเวลาพัก จึงเดินเครื่องต่อด้วยความเร็วปานกลางเท่าเดิมต่อไปอีก 30 วินาที เป็นอันจบกระบวนการผสมมอร์ต้า

3. บรรจุซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบหล่อที่ชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่วแล้ว ใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงไปประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแบบหล่อ(ประมาณ 1 นิ้ว) ระยะเวลาเสร็จสิ้นถึงจุดนี้ ควรใช้เวลาไม่เกิน 2½ นาที แล้วใช้แท่งกระทุ้งมาตรฐาน กระทุ้งให้ได้ 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ ดังแสดงในรูป





รอบที่ 1 และ 3   รอบที่ 2 และ 4

4. จากนั้นใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปิดผิวหน้าให้เรียบ ใช้ผ้าชุบน้ำพอหมาดๆคลุม และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชม. จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 23 ± 1.7 C°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ การนำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำ หากนำขึ้นมาก่อนเวลาทดสอบ 24 ชม. ให้คลุมด้วยผ้าหมาดไว้จนถึงเวลาทดสอบ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ปัดเม็ดทรายหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าออก ข้อควรระวังคือ จะต้องให้ผิวหน้าเรียบจริงๆ หากโค้งหรือไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย ให้ฝนให้เรียบร้อยด้วยกระดาษทรายน้ำละเอียด ถ้าโค้งหรือขรุขระมากเกินกว่า 0.08 มม. ให้ทิ้งไปไม่นำมาทดสอบ ก่อนนำตัวอย่างเข้าทดสอบให้วัดขนาดหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างแต่ละก้อน แล้วบันทึกไว้

6. การทดสอบแท่งตัวอย่าง ให้เดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงอัดอย่างสม่ำเสมอกระทั่งแท่งตัวอย่างแตก เวลาที่นับจากการเริ่มให้แรงอัดในแท่งตัวอย่างจนกระทั่งแตกจะต้องอยู่ภายในช่วงเวลา 20-80 วินาที นำค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มาเขียนกราฟกับค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) และดูกราฟว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c)ใดที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด แล้วจึงเลือกค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) นั้นนำไปผสมซีเมนต์มอร์ต้าที่จะใช้หล่อแผ่นพื้นจำลอง และใช้ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยในการออกแบบแผ่นพื้น

7. ค่ากำลังรับแรงอัดประลัย (Compressive Strength) ซีเมนต์มอร์ต้าหาได้จากสมการ

$$f_c = P / A$$

โดยที่ f_c = กำลังรับแรงอัดประลัย มีหน่วย กก./ตร.ม.

P = แรงอัด มีหน่วยเป็น กก.

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ตร.ซม. โดยให้คิดจากขนาดเดิมคือ 5x5 ซม. แต่หากหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบจริงคลาดเคลื่อนเกินกว่า 1.5 % ให้ใช้พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 3.5 แสดงผลการทดสอบเมื่อคอนกรีตวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาน้ำหนักทุกทดสอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างจะดำเนินการตามข้อกำหนดของ ACI BUILDING CODE (ACI 318)

3.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบน้ำหนักบรรทุก

1. ทำการติดตั้ง Dial Gauge เพื่อวัดการแอ่นตัว (Deflection) ของโครงสร้าง บริเวณจุดที่มีการแอ่นตัวมากที่สุด (บริเวณกึ่งกลางสำหรับ โครงสร้างพื้นและคาน)
2. ติดตั้ง คานอ้างอิง (Reference Beam) เพื่อใช้ติดตั้ง Dial Gauge ซึ่งการติดตั้ง คานอ้างอิง นี้จะต้องติดตั้งโดยให้คานวางอยู่บนจุดรองรับซึ่งมั่นคงแข็งแรงเพียงพอที่จะไม่มีการเปลี่ยนระดับในระหว่างทดสอบ ความลึกและความแข็งเกร็งของคานต้องเพียงพอที่จะไม่เกิดการแอ่น โก่ง หรือ ขยับตัวในขณะทดสอบ
3. ทำการปรับตั้ง Dial Gauge ทุกตัวให้อ่านค่าเริ่มต้นที่ศูนย์
4. ทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก ให้แผ่กระจายทั่วบริเวณโครงสร้างที่ทำการทดสอบ โดยทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเป็น 25%, 50%, 75% และ 100% ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบทั้งหมด หลังจากเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งให้อ่านค่าการแอ่นตัวของโครงสร้าง แล้วจึงเพิ่มน้ำหนักบรรทุกต่อไป
5. คงน้ำหนักบรรทุกที่ 100% อ่านค่าการแอ่นตัวของโครงสร้างที่ระยะเวลา เริ่มต้น, 15 นาที, 30 นาที, 60 นาที, 12 ชั่วโมง และที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงนับจากเวลาที่โครงสร้างบรรทุกน้ำหนักครบ 100%
6. ทำการเคลื่อนย้ายน้ำหนักบรรทุกทดสอบทั้งหมดทันทีหลังจากที่ได้ทำการตรวจสอบการแอ่นตัวของโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก 100 % เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. อ่านค่าระยะแอ่นตัวของโครงสร้างหลังจากเคลื่อนย้ายน้ำหนักบรรทุกออกหมดแล้ว และอ่านค่าระยะแอ่นตัวอีกครั้งที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงนับจากเวลาที่เคลื่อนย้ายน้ำหนักบรรทุกออกหมด
8. วัดขนาดสัดส่วนของโครงสร้าง ได้แก่ ความลึกคาน และความหนาพื้น เพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 น้ำหนักทดสอบ

จาก Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary ที่ออกโดย ACI Committee 318M-2005 ส่วนที่ 6 บทที่ 20 (Strength Evaluation of Exiting Structures) ข้อ 20.3.1. กำหนดให้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ทดสอบให้คำนวณจากสูตรต่อไปนี้ คือ

$$0.85(1.4D + 1.7L) \qquad (5.1)$$

โดยที่ D คือ Dead Load (น้ำหนักบรรทุกคงที่)
L คือ Live Load (น้ำหนักบรรทุกจร)

เนื่องจากอาคารที่ทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์ใช้งานอาคารเพื่อเป็นอาคารพักอาศัย ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ข้อ 15 กำหนดให้อาคารประเภทที่พักอาศัย ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า 150 กก/ม^2 ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทดสอบได้ดังนี้

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ = 0.85 x 1.7 L (5.2)

3.4.3 น้ำหนักทดสอบที่ใช้ในการทดลอง

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ = 0.85 x (1.7x300 kg/m^2)
= 433.5 kg/m^2

ในที่นี้แผ่นพื้นที่เราทำการทดสอบมีอัตราส่วนโมเดลต่อขนาดจริง 1:10 เพราะฉะนั้นเราจะใช้น้ำหนักบรรทุกทดสอบ = 43.35 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทำแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการอธิบายวิธีการหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งแบบเสริมเหล็กทางเดียวและเสริมเหล็กสองทาง

3.5.1 อุปกรณ์

1. ซีเมนต์
2. ทรายหยาบ
3. ลวด
4. ไม้แบบ

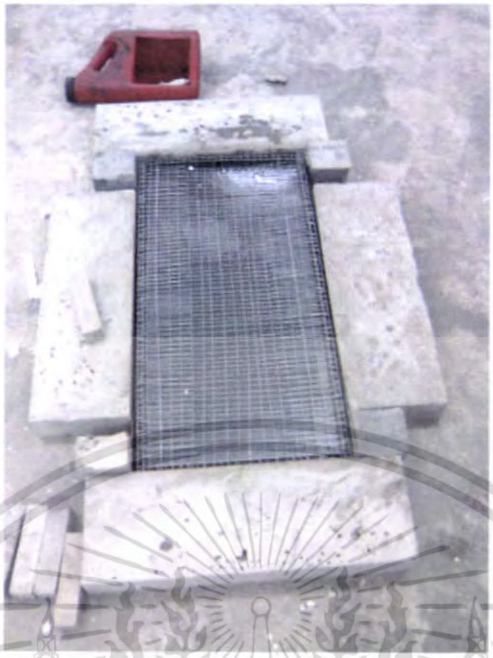
3.5.2 ขั้นตอนการทำแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. ผูกลวดตามแบบที่ได้คำนวณออกแบบเอาไว้

รูปที่ 3.6 แสดงการผูกลวดแผ่นพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมการหล่อแผ่นพื้น โดยเราได้ใช้กล่องเหล็กมาทำเป็นไม้แบบ



รูปที่ 3.7 แสดงการเตรียมหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab)

รูปที่ 3.8 แสดงการเตรียมหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผสมซีเมนต์กับทรายหยาบและน้ำโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 เพื่อทำการเทพื้นคอนกรีต

4. เทซีเมนต์มอร์ต้าหล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ปืนลมยิงซีเมนต์มอร์ต้าด้วยเพื่อให้ซีเมนต์มอร์ต้าไหลเต็มหน้าตัดไม้แบบ

รูปที่ 3.9 แสดงการเทซีเมนต์มอร์ต้าหล่อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

5. บ่มพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กไว้ที่เวลา 28 วันเพื่อนำมาทำการทดสอบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ขนาด 0.4 m x 0.8 m โดยวิธีน้ำหนักบรรทุกทดสอบ

ในการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) นั้น เราจะใช้ทรายและหินเป็นน้ำหนักบรรทุก

3.6.1 อุปกรณ์

1. Strain gauges 6 ตัว
2. Dial gauges 2 ตัว
3. Data loger 1 เครื่อง
4. Switching and Balancing box 1 เครื่อง
5. น้ำหนักบรรทุกที่จะใช้ในการทดสอบ (ในที่นี้ใช้ทรายและหิน)
6. เหล็กหล่อเป็นกล่องขนาด 0.4 m x 0.8 m x 0.5 m 1 ชิ้น

3.6.2 ขั้นตอนการทดสอบ

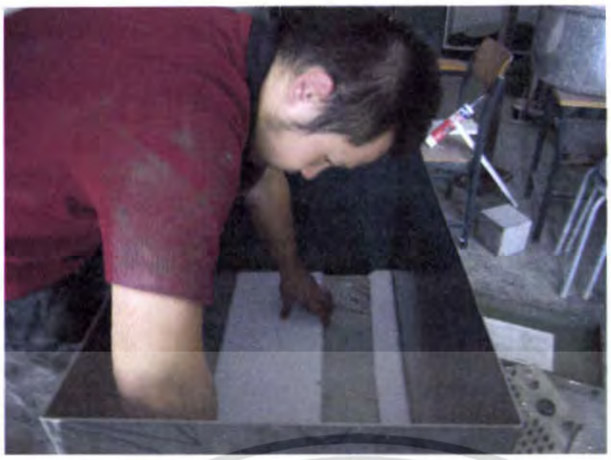
ก่อนที่เราจะเริ่มทำการทดสอบตัวอย่าง จะต้องมีการเตรียมอุปกรณ์ในการทดสอบดังนี้

1. ติดตั้ง Strain gage เพื่อวัดค่าความเครียดของแผ่นพื้น โดยติดไว้ที่พื้นผิวและท้องของแผ่นพื้น และทำการต่อสายไฟเชื่อมเข้ากับ Switching and Balancing box จากนั้นเชื่อมเข้ากับ data loger เพื่อทำการอ่านค่าความเครียด

รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้ง Strain gage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดตั้งกล่องเหล็กเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกและวางโฟมเพื่อกันทรายไหลออกตามช่องว่าง



รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งกล่องเหล็กและวางโฟมกันทรายไหลออก

3. ติดตั้ง Dial gage เพื่อวัดหาค่าการแอ่นตัวของคาน โดยติด Dial gage ไว้ที่ท้องคานทั้งคานสั้นและคานยาว

รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งDial gage

4. ทำการทดสอบน้ำหนักบรรทุกโดยเริ่มจาก 25% ของน้ำหนักบรรทุก โดยทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเป็น 50%, 75% และ 100% ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบทั้งหมด และเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเรื่อยๆจนแผ่นพื้นเกิดการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 แสดงการใส่น้ำหนักบรรทุกทดสอบ

5. ทำการบันทึกค่าความเครียดที่แสดงมาที่ Data loger และทำการจดบันทึกค่าการแอ่นตัวจาก Dial gage ในทุกๆครั้งที่มีการใส่น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น จนกว่าพื้นจะวิบัติ

รูปที่ 3.14 แสดงการใส่น้ำหนักบรรทุกทดสอบที่น้ำหนัก 1376.23 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

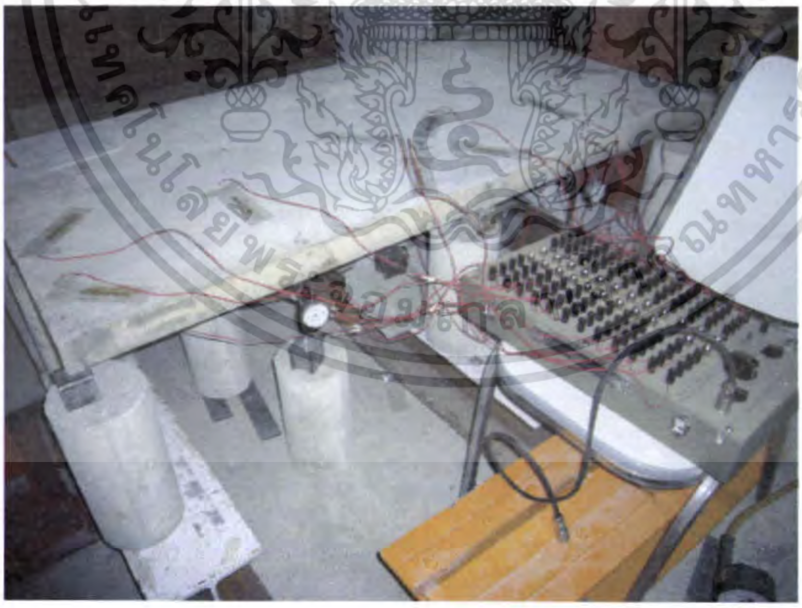
3.7 การทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ขนาด 0.4 m x 0.8 m ต่อเนื่อง 2 ช่วง แบบไม่มีเหล็กเสริมมุมและมีเหล็กเสริมมุม โดยวิธีน้ำหนักบรรทุกทดสอบ

3.7.1 อุปกรณ์

1. Strain gage	20 ตัว
2. Dial gage	6 ตัว
3. Data loger	1 เครื่อง
4. Switching and Balancing box	1 เครื่อง
5. น้ำหนักบรรทุกที่จะใช้ในการทดสอบ (ในที่นี้ใช้ทรายและหิน)	
6. เหล็กหล่อเป็นกล่องขนาด 0.8 m x 1.6 m x 0.5 m	1 ชิ้น

3.7.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้ง Strain gage เพื่อวัดค่าความเครียดของแผ่นพื้น โดยติดไว้ที่พื้นผิวและท้องของแผ่นพื้น และทำการต่อสายไฟเชื่อมเข้ากับ Switching and Balancing box จากนั้นเชื่อมเข้ากับ data loger เพื่อทำการอ่านค่าความเครียด



รูปที่ 3.15 แสดงการติดตั้งแผ่นพื้นก่อนทดสอบ

2. ติดตั้งกล่องเหล็กเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกและวางโฟมเพื่อกันทรายไหลออกตามช่องว่าง

3. ติดตั้ง Dial gage เพื่อวัดหาค่าการแอ่นตัวของคาน โดยติด Dial gage ไว้ที่ท้องคานทั้งคานสั้นและคานยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการทดสอบน้ำหนักบรรทุกโดยเริ่มจาก 25% ของน้ำหนักบรรทุก โดยทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเป็น 50%, 75% และ 100% ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบทั้งหมด และเพิ่มน้ำหนักบรรทุกเรื่อยๆจนแผ่นพื้นเกิดการวิบัติ

5. ทำการบันทึกค่าความเครียดที่แสดงมาที่ Data loger และทำการจดบันทึกค่าการแอ่นตัวจาก Dial gage ในทุกๆครั้งที่มีการใส่น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น จนกว่าพื้นจะวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

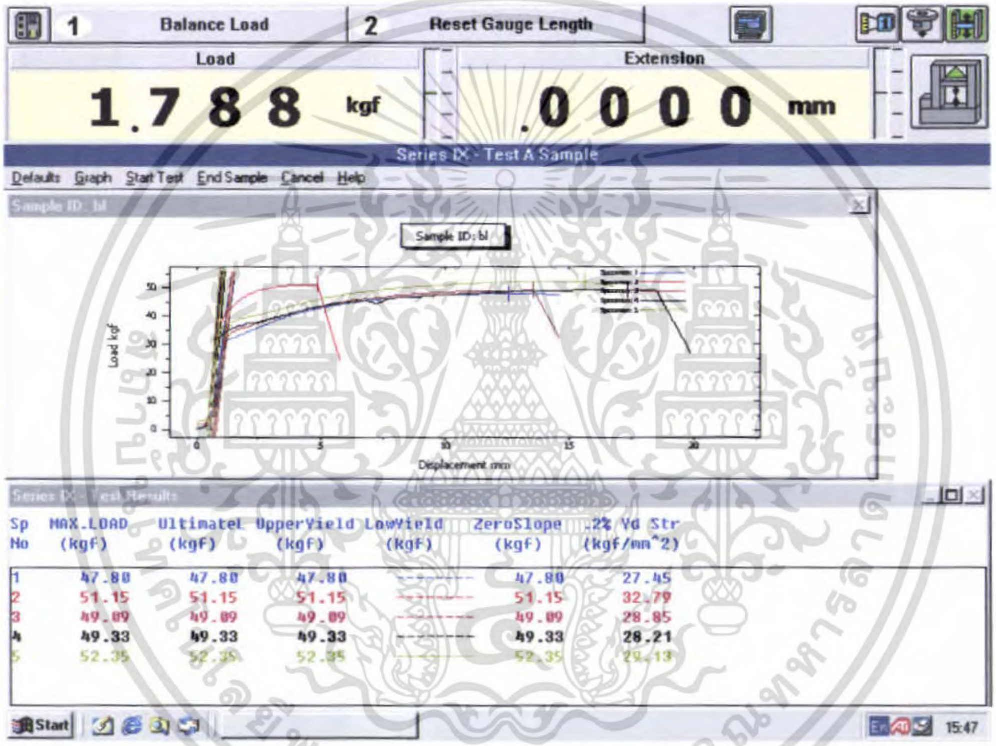
บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบหาค่ากำลังครากของลวดเหล็ก

เมื่อเราทำการดึงลวดขนาดหน้าตัด 1.2 mm และ 1.98 mm เพื่อทดสอบหาค่ากำลังครากของลวด ซึ่งจะนำมาใช้ในการจำลองโมเดลได้ผลการทดสอบ ดังนี้

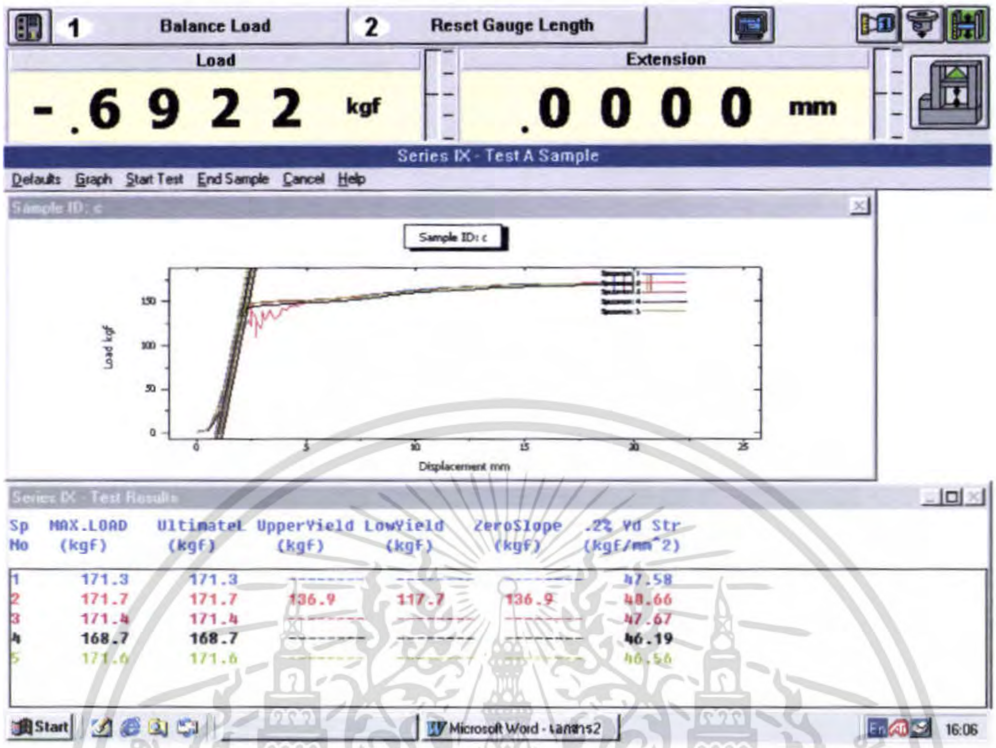
1. ลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 mm จำนวน 5 ตัวอย่าง ได้ค่ากำลังคราก (f_y)= 2928.6 ksc



รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบการดึงลวดขนาดหน้าตัด 1.2 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.98 mm จำนวน 5 ตัวอย่าง ได้ค่ากำลังคราก (f_y)= 4573.2 ksc



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการดึงลวดขนาดหน้าตัด 1.98 mm

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบการดึงลวดเหล็กหน้าตัด 1.2 mm และ 1.98 mm พบว่าเราได้ค่ากำลังครากเท่ากับ 2928.6 ksc และ 4573.2 ksc ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีค่าใกล้เคียงกับเหล็กเส้นที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ดังนั้นเราจะนำลวด 2 ชนิดนี้ไปใช้ในการออกแบบจำลองโมเดลแผ่นพื้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด

เราสามารถทำการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดได้ผลการทดลอง ดังตารางข้างล่างนี้

	Sieve Size	น้ำหนักตะแกรง (g)	น้ำหนักตะแกรง + ทรายที่ค้าง (g)	Weight Retained (g)	Amount Retained (wt.%)	Cumulative Amount Retained (%)	Cumulative Amount Passing (%)
Fine fraction	No.4	750.7	771.87	21.17	1.06	1.06	98.94
	No.8	698.4	894.90	196.50	9.82	10.88	89.12
	No.16	641.2	1124.53	483.33	24.17	35.05	64.95
	No.30	604.1	1228.28	624.18	31.21	66.26	33.74
	No.50	551.0	803.01	252.01	12.60	78.86	21.14
	No.100	515.8	874.79	358.99	17.95	96.81	3.19
	No.200	468.75	532.57	63.82	3.19	-	-
	Sample wt. = 2000 g					Σ 288.92	
	Fineness modulus = 288.92/100 = 2.89 ใช้ได้						

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างเป็นทรายหยาบ ซึ่งมีค่า Fineness modulus เท่ากับ 2.89 ซึ่งถือว่าตรงกับความต้องการที่จะใช้ในการทดลองกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและหล่อแผ่นพื้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า

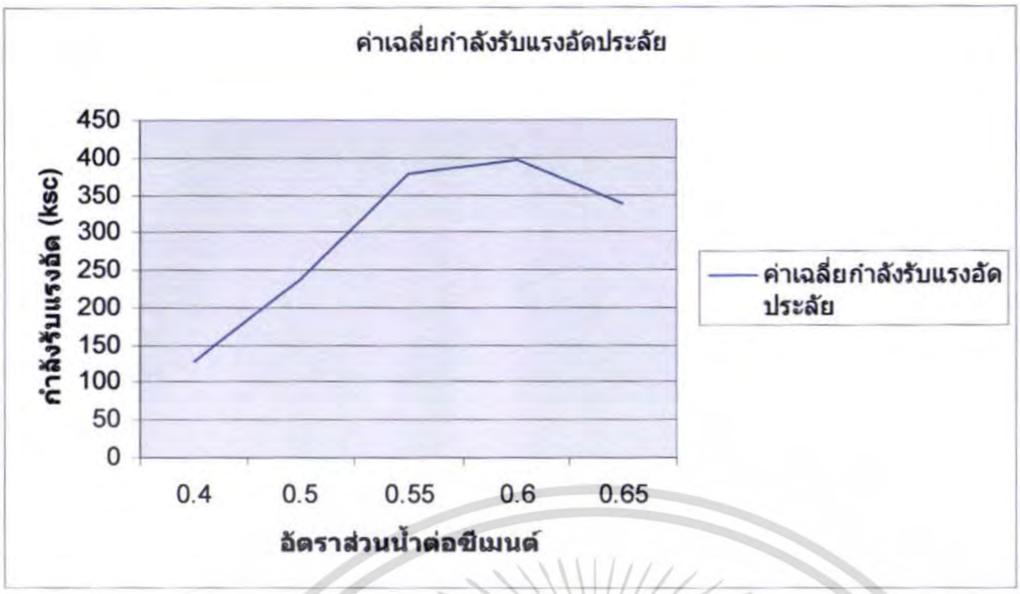
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	กำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ตัวอย่าง 4	ตัวอย่าง 5	ค่าเฉลี่ย
0.40	135.2	122	145.6	114.8	125.6	128.64
0.50	243.2	232.8	227.2	261.6	216	236.16
0.55	374.4	370.4	382.4	387.2	371.2	377.12
0.6	390	443.2	420	376.8	355.6	397.12
0.65	354.4	365.6	337.2	325.2	311.6	338.8

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่7 วัน

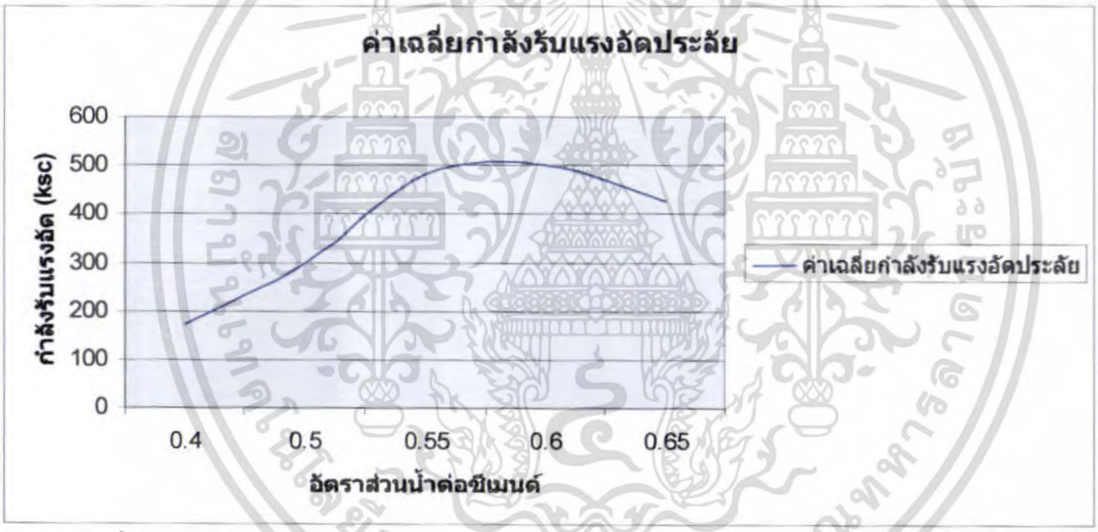
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	กำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้า					
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ตัวอย่าง 4	ตัวอย่าง 5	ค่าเฉลี่ย
0.40	171.6	193.2	156.4	163.2	180.4	172.96
0.50	314.8	241.6	300.8	317.6	311.6	297.28
0.55	484.8	476.8	502.8	491.6	461.2	483.44
0.6	498.88	483.6	509.2	493.6	523.2	501.68
0.65	434	402.4	431.6	460.4	397.6	425.2

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้าที่ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้าที่ 7 วัน



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของซีเมนต์มอร์ต้าที่ 28 วัน

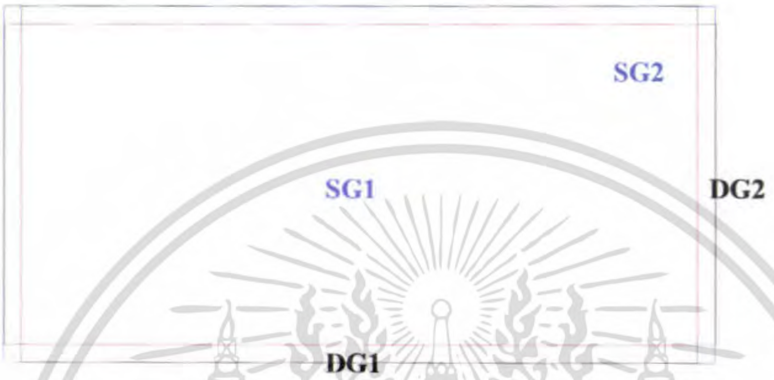
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างซีเมนต์มอร์ต้าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 มีความสามารถในการลื่นไหลที่ดี ทำให้เราเลือกใช้ซีเมนต์มอร์ต้าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.6 ในการหล่อแผ่นพื้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

ในการทดสอบนี้เราได้ทำการทดลองโดยการใช้วิธีน้ำหนักบรรทุกทดสอบเพื่อหาค่าความเครียดและการแอ่นตัวของแผ่นพื้นและแนวการแตกร้าวของแผ่นพื้น ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.5 แสดงการวางตำแหน่งของ Strain gage และ Dial gage ที่ท้องพื้นของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว(One way slab)แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยว โดยขนาดพื้น0.4 m x 0.8 m

(top view)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าจาก Strain gage		ค่าความเครียด (x10^{-6})
		ค่าเริ่มต้น (x10^{-6})	ค่าอ่านได้ (x10^{-6})	
SG1	10.84	-4871	-4891	-20
	21.67	-4871	-4891	-20
	32.51	-4871	-4891	-20
	43.35	-4871	-4894	-23
	67.66	-4871	-4896	-25
	101.60	-4871	-4897	-26
	135.47	-4871	-4898	-27
	193.83	-4871	-4899	-28
	237.07	-4871	-4900	-29
	270.94	-4871	-4901	-30
	304.81	-4871	-4900	-29
	338.67	-4871	-4900	-29
	372.54	-4871	-4900	-29
	406.41	-4871	-4901	-30
	440.27	-4871	-4900	-29
	474.14	-4871	-4899	-28

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m ที่น้ำหนักบรรทุก 10.84 kg/m^2 - 474.14 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าจาก Strain gage		ค่าความเครียด
		ค่าเริ่มต้น (x10^{-6})	ค่าอ่านได้ (x10^{-6})	(x10^{-6})
SG1	508.01	-4871	-4899	-28
	541.87	-4871	-4899	-28
	575.74	-4871	-4898	-27
	609.61	-4871	-4898	-27
	643.47	-4871	-4897	-26
	741.73	-4871	-4898	-27
	885.91	-4871	-4897	-26
	1008.16	-4871	-4895	-24
	1147.91	-4871	-4895	-24
	1266.47	-4871	-4892	-21
	1376.23	-4871	-4890	-19
	1562.50	-4871	-4890	-19
	3125.01	-4871	-4891	-20

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m ที่น้ำหนักบรรทุก 508.01 kg/m^2 – 3125.01 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าจาก Strain gage		ค่าความเครียด ($x10^{-6}$)
		ค่าเริ่มต้น ($x10^{-6}$)	ค่าอ่านได้ ($x10^{-6}$)	
SG2	10.84	-4181	-4201	-20
	21.67	-4181	-4201	-20
	32.51	-4181	-4201	-20
	43.35	-4181	-4201	-20
	67.66	-4181	-4204	-23
	101.60	-4181	-4207	-26
	135.47	-4181	-4207	-26
	193.83	-4181	-4209	-28
	237.07	-4181	-4209	-28
	270.94	-4181	-4209	-28
	304.81	-4181	-4210	-29
	338.67	-4181	-4210	-29
	372.54	-4181	-4210	-29
	406.41	-4181	-4210	-29
	440.27	-4181	-4210	-29
	474.14	-4181	-4211	-30

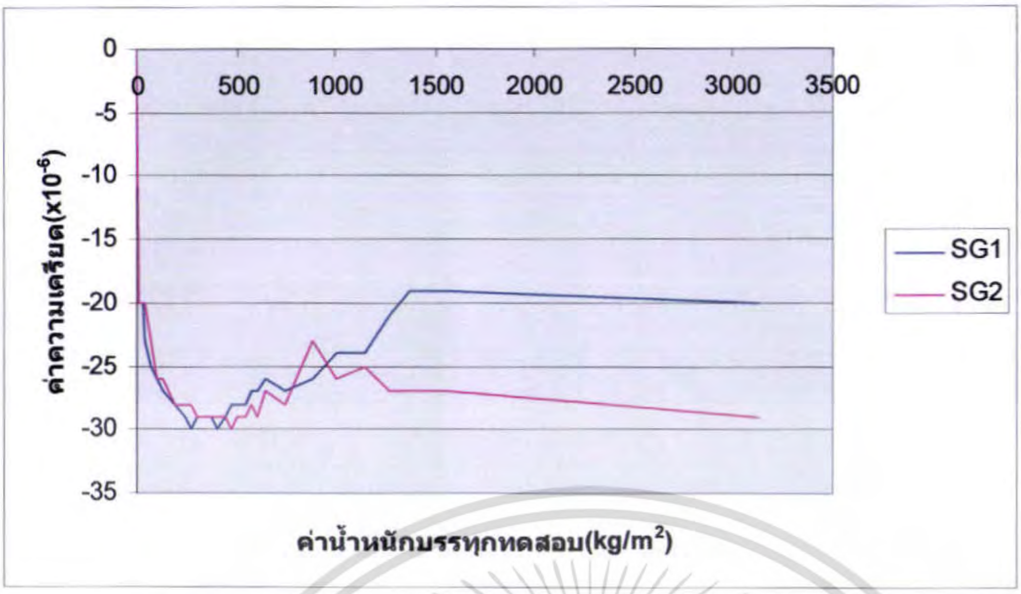
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG2) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m ที่น้ำหนักบรรทุก 10.84 kg/m^2 - 474.14 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าจาก Strain gage		ค่าความเครียด
		ค่าเริ่มต้น ($x10^{-6}$)	ค่าอ่านได้ ($x10^{-6}$)	($x10^{-6}$)
SG2	508.01	-4181	-4210	-29
	541.87	-4181	-4210	-29
	575.74	-4181	-4209	-28
	609.61	-4181	-4210	-29
	643.47	-4181	-4208	-27
	741.73	-4181	-4209	-28
	885.91	-4181	-4204	-23
	1008.16	-4181	-4207	-26
	1147.91	-4181	-4206	-25
	1266.47	-4181	-4208	-27
	1376.23	-4181	-4208	-27
	1562.50	-4181	-4208	-27
	3125.01	-4181	-4210	-29

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG2) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m ที่น้ำหนักบรรทุก 508.01 kg/m^2 – 3125.01 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1 – SG2) ที่พื้นผิวด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว(One way slab)แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยว โดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าการแอ่นตัว	
	DG1 (mm)	DG2 (mm)
0	0	0
10.84	0.01	0
21.67	0.02	0
32.51	0.05	0
43.35	0.06	0
67.66	0.06	0.01
101.60	0.08	0.02
135.47	0.10	0.03
193.83	0.15	0.05
237.07	0.18	0.06
270.94	0.19	0.07
304.81	0.22	0.09
338.67	0.24	0.1
372.54	0.26	0.11
406.41	0.28	0.12
440.27	0.30	0.12
474.14	0.32	0.13

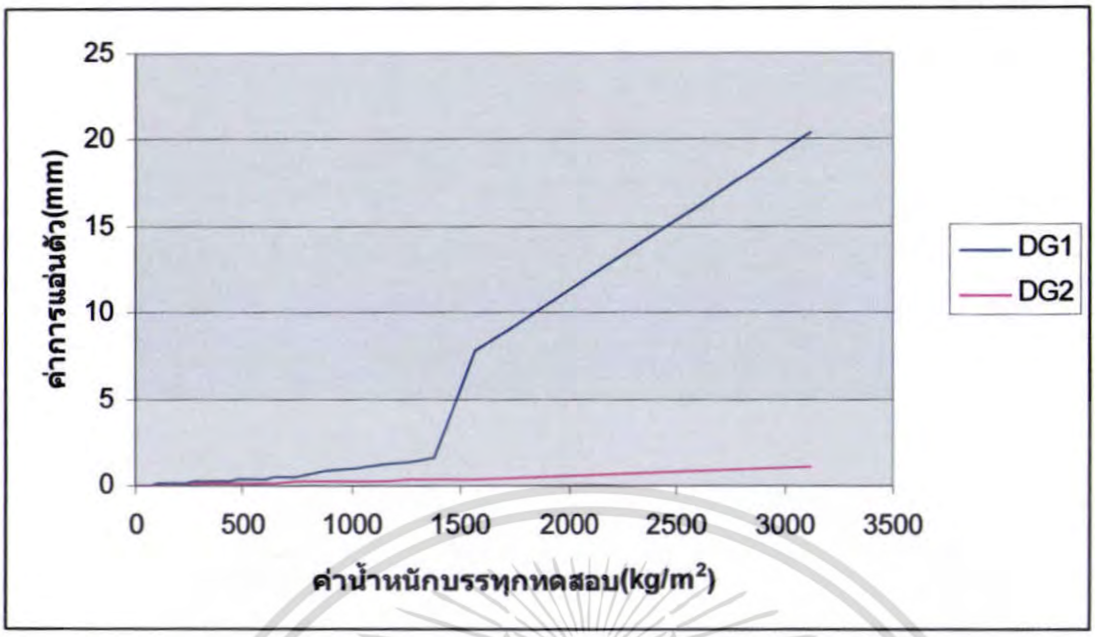
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการแอ่นตัวของ Dial gage (DG) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m ที่น้ำหนักบรรทุก 0 kg/m^2 - 474.14 kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าการแอ่นตัว	
	DG1 (mm)	DG2 (mm)
508.01	0.34	0.14
541.87	0.36	0.15
575.74	0.39	0.16
609.61	0.42	0.17
643.47	0.45	0.18
741.73	0.55	0.19
885.91	0.89	0.23
1008.16	1.05	0.26
1147.91	1.25	0.29
1266.47	1.41	0.31
1376.23	1.65	0.33
1562.50	7.81	0.34
3125.01	20.45	1.09

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการแอ่นตัวของ Dial gage (DG) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m ที่น้ำหนักบรรทุก 508.01 kg/m^2 - 3125.01kg/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าการแอ่นตัวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว(One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m พบว่าค่าการแอ่นตัวของคานด้านยาว (DG1) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าการแอ่นตัวของพื้นด้านสั้น (DG2) ประมาณ 2.5 เท่า โดยเฉพาะเมื่อพื้นใกล้เกิดการวิบัติ DG1 จะมีค่าการแอ่นตัวมากกว่า DG2 ถึง 20 เท่า ซึ่งจะส่งผลให้เกิดแรงบิดในแผ่นพื้นบริเวณหัวเสาทำให้เกิดการแตกร้าวบริเวณหัวเสา ส่วนที่ตัวแผ่นพื้นพบว่าเกิดการแตกร้าวที่ท้องผิวด้านล่างซึ่งเกิดจากการแอ่นตัวของแผ่นพื้นตามแนวคานยาว โดยรอยการแตกร้าวขนานกับความกว้างพื้นด้านสั้น ในบริเวณคานด้านยาวก็เกิดการแตกร้าวเนื่องจากการแอ่นตัวขึ้น

ในส่วนของค่าความเครียดพบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในการให้น้ำหนักบรรทุกทดสอบในครั้งแรก หลังจากนั้นพบว่าค่าความเครียดจะค่าการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างคงที่

รูปที่ 4.8 แสดงการแตกร้าวที่ท้องคานยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก(One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

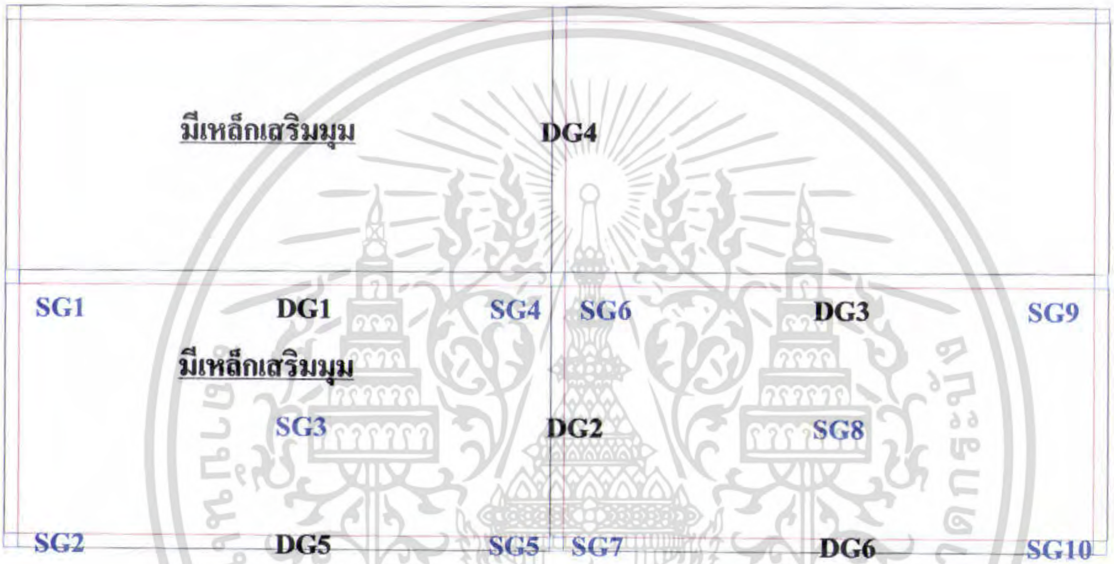
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 แสดงการแตกร้าวที่ท้องผิวด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก(One way slab) แบบมีคานรองรับ 2 ด้าน ช่วงเดี่ยวโดยขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5ผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นแต่ละช่วง 0.4 m x 0.8 m ทั้งมีเหล็กเสริมมุมและไม่มีเหล็กเสริมมุม

ในการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two-way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นแต่ละช่วง 0.4 m x 0.8 m ทั้งมีเหล็กเสริมมุมและไม่มีเหล็กเสริมมุมโดยวิธีวิธีน้ำหนักบรรทุกทดสอบเพื่อหาค่าความเครียดและการแอ่นตัวของแผ่นพื้นและคาน ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.10 แสดงการวางตำแหน่งของ Strain gage และ Dial gage ที่ท้องพื้นของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วงโดยแต่ละช่วงมีขนาด 0.4 m x 0.8 m (top view)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าจาก Strain gage		ค่าความเครียด ($x10^{-6}$)
		ค่าเริ่มต้น ($x10^{-6}$)	ค่าอ่านได้ ($x10^{-6}$)	
SG 1	29.64	-4090	-4096	-6
	54.42	-4090	-4095	-5
	835.67	-4090	-4066	24
	1226.29	-4090	-3925	165
	1616.92	-4090	-3644	446
SG 2	29.64	-4135	-4134	1
	54.42	-4135	-4136	-1
	835.67	-4135	-4114	21
	1226.29	-4135	-4121	14
	1616.92	-4135	-4138	-3
SG 3	29.64	-4193	-4254	-61
	54.42	-4193	-4254	-61
	835.67	-4193	-4257	-64
	1226.29	-4193	-4237	-44
	1616.92	-4193	-4218	-25
SG 4	29.64	-4143	-4139	4
	54.42	-4143	-4139	4
	835.67	-4143	-4178	-35
	1226.29	-4143	-4204	-61
	1616.92	-4143	-4243	-100
SG 5	29.64	-4081	-4080	1
	54.42	-4081	-4082	-1
	835.67	-4081	-4028	53
	1226.29	-4081	-4010	71
	1616.92	-4081	-3936	145

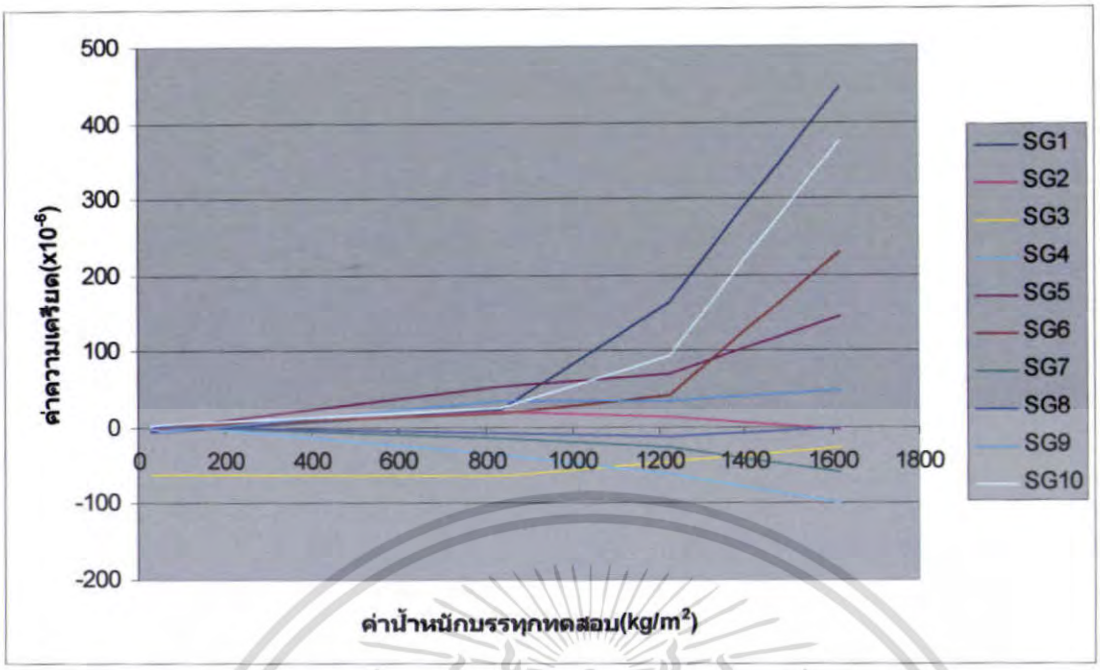
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG 1 - SG 5)
ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง(Two way slab)แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง
โดยแต่ละช่วงมีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์	น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าจาก Strain gage		ค่าความเครียด ($x10^{-6}$)
		ค่าเริ่มต้น ($x10^{-6}$)	ค่าอ่านได้ ($x10^{-6}$)	
SG 6	29.64	-4113	-4111	2
	54.42	-4113	-4112	1
	835.67	-4113	-4095	18
	1226.29	-4113	-4071	42
	1616.92	-4113	-3882	231
SG 7	29.64	-4039	-4037	2
	54.42	-4039	-4037	2
	835.67	-4039	-4053	-14
	1226.29	-4039	-4066	-27
	1616.92	-4039	-4097	-58
SG 8	29.64	-4078	-4077	1
	54.42	-4078	-4076	2
	835.67	-4078	-4085	-7
	1226.29	-4078	-4090	-12
	1616.92	-4078	-4078	0
SG 9	29.64	-4005	-4006	-1
	54.42	-4005	-4011	-6
	835.67	-4005	-3971	34
	1226.29	-4005	-3971	34
	1616.92	-4005	-3957	48
SG 10	29.64	460	463	3
	54.42	460	465	5
	835.67	460	485	25
	1226.29	460	553	93
	1616.92	460	835	375

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG 6 - SG 10) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยแต่ละช่วงมีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

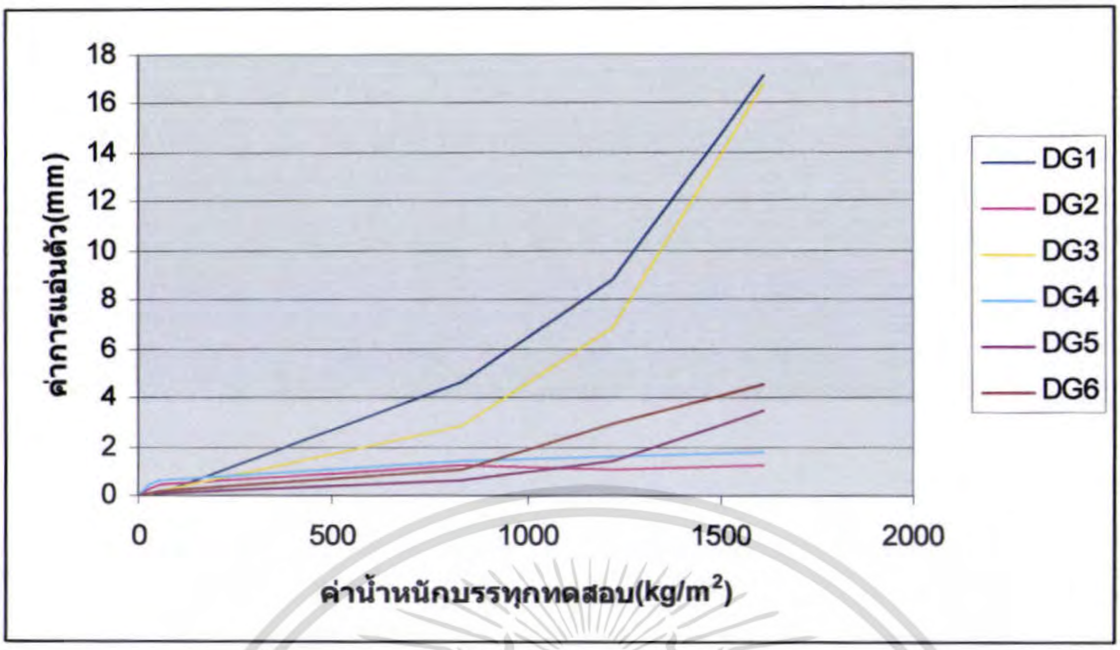


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าความเครียดของ Strain gage (SG1 – SG 10) ที่ผิวพื้นด้านล่างของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วงโดยแต่ละช่วงมีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ (kg/m^2)	ค่าการแอ่นตัว					
	DG1 (mm)	DG2 (mm)	DG3 (mm)	DG4 (mm)	DG5 (mm)	DG6 (mm)
0	0	0	0	0	0	0
29.64	0.01	0.31	0	0.45	0.06	0.11
54.42	0.07	0.43	0.17	0.66	0.08	0.16
835.67	4.65	1.23	2.81	1.45	0.59	1.06
1226.29	8.84	1.11	6.86	1.62	1.42	2.94
1616.92	17.13	1.28	16.76	1.74	3.44	4.51

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าการแอ่นตัวของ Dial gage (DG) ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วงโดยแต่ละช่วงมีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าการแอ่นตัวผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยแต่ละช่วงมีขนาดพื้น 0.4 m x 0.8 m

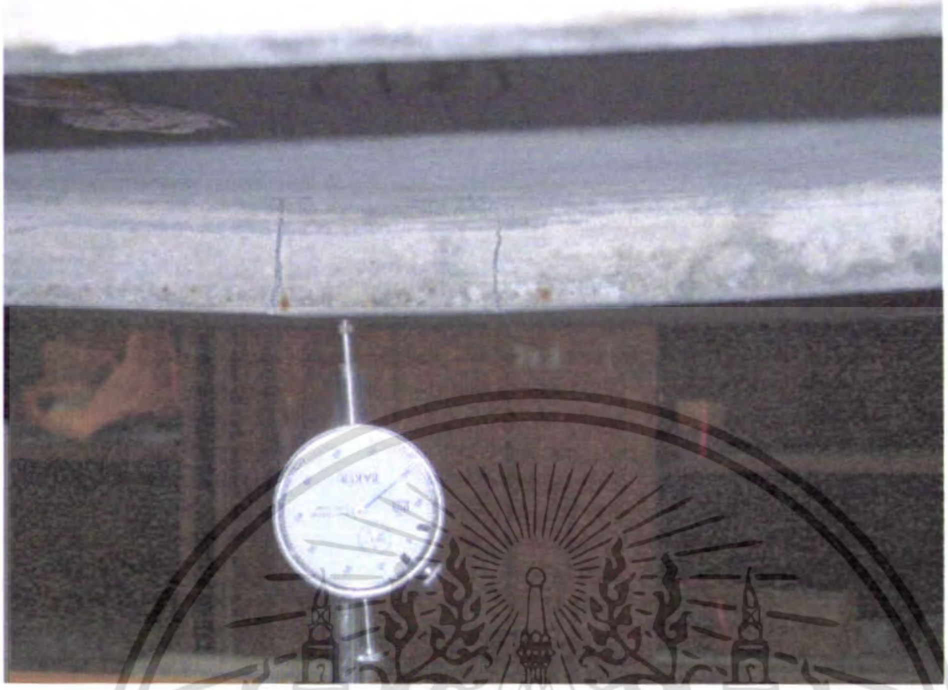
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง(Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วงโดยขนาดพื้นแต่ละช่วงเท่ากับ 0.4 m x 0.8 m พบว่าค่าการแอ่นตัวของคานด้านยาว (DG1 , DG3 , DG5 และ DG6) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าการแอ่นตัวของคานด้านสั้น (DG2 และ DG4) มาก โดยเฉพาะเมื่อพื้นใกล้เกิดการวิบัติ ที่คานด้านยาวตรงกลางแผ่นพื้น (DG1 และ DG3) จะมีค่าการแอ่นตัวที่มากที่สุด เนื่องจากอยู่ในตำแหน่งที่กึ่งกลางของคานยาวตรงกลางแผ่นพื้น ที่คานด้านยาวบริเวณขอบนอกแผ่นพื้น (DG5 และ DG6) จะมีค่าการแอ่นตัวไม่สูงมากแม้จะอยู่ในตำแหน่งของคานยาวก็ตาม แต่เนื่องจากเป็นคานยาวที่อยู่ริมแผ่นพื้นจึงรับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำน้อยกว่าส่งผลให้มีค่าการแอ่นตัวน้อยกว่า DG1 และ DG3 ถึง 8.5 เท่า ในส่วนของคานด้านสั้น (DG2 และ DG4) พบว่ามีค่าการแอ่นตัวที่ต่ำที่สุดเนื่องจากติดตั้งอยู่ในตำแหน่งคานด้านสั้น โดยที่ DG2 และ DG4 จะมีค่าการแอ่นตัวน้อยกว่า DG5 และ DG6 ถึง 2.6 เท่า และมีค่าการแอ่นตัวน้อยกว่า DG1 และ DG3 ถึง 22 เท่า ซึ่งการที่ค่าการแอ่นตัวของคานสั้นและคานยาวต่างกันมากจะส่งผลให้เกิดแรงบิดในแผ่นพื้นบริเวณหัวเสาทำให้เกิดการแตกร้าวบริเวณหัวเสา ส่วนที่ตัวแผ่นพื้นพบว่าเกิดการแตกร้าวท้องผิวด้านล่างซึ่งเกิดจากการแอ่นตัวของแผ่นพื้นตามแนวคานยาว โดยรอยการแตกร้าวขนานกับความกว้างพื้นด้านสั้น โดยจะเห็นได้ชัดเจนจาก DG1 และ DG3 ซึ่งติดตั้งอยู่ในแนวกลางของแผ่นพื้นส่งผลให้เกิดค่าการแอ่นตัวสูงสุด และที่คานยาวและคานสั้นก็เกิดแนวการแตกร้าวที่คานเนื่องจากการแอ่นตัว

ในพื้นที่บริเวณพื้นผิวท้องพื้นพบว่าค่าความเครียดมีค่าการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน และที่อุปกรณ์ SG1 และ SG10 จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน โดยมีค่าความเครียดที่พื้นเกิดการวิบัติ (ที่น้ำหนักบรรทุกทดสอบเท่ากับ 1616.92 kg/m^2) มากกว่าก่อนเริ่มเกิดการวิบัติ(ที่น้ำหนักบรรทุกทดสอบเท่ากับ 835.67 kg/m^2) ถึง 18.5 เท่า และ15 เท่าตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงการแตกร้าวที่ท้องคานยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) แบบมีคานรองรับ 4 ด้าน ต่อเนื่อง 2 ช่วง โดยขนาดพื้นแต่ละช่วงเท่ากับ 0.4 m x 0.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปปัญหา วิธีการแก้ไข และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปปัญหา

จากการศึกษาพฤติกรรมการแตกร้าวของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กกรณีคานด้านยาวมีความยาวมากกว่าคานด้านสั้น 2 เท่า สามารถสรุปปัญหาได้ ดังนี้

1. ลวดที่ใช้ในการทำแผ่นพื้นมีความคดงอมาก
2. ขั้นตอนการเทซีเมนต์มอร์ต้าหล่อแผ่นพื้น พบว่าซีเมนต์มอร์ต้าไหลไม่เต็มหน้าตัดของแบบ
3. ค่าความเครียดที่ได้จาก Strain gages ไม่เป็นไปตามทฤษฎี
4. การแตกร้าวของแผ่นพื้นไม่เป็นไปตามทฤษฎี

5.2 วิธีการแก้ไข

จากปัญหาที่ได้กล่าวมา สามารถสรุปวิธีการแก้ไขได้ ดังนี้

1. ก่อนทำการผูกลวด ควรรีดลวดให้ตึงก่อน
2. การที่ซีเมนต์มอร์ต้าไหลไม่เต็มหน้าตัดเนื่องจากลวดที่ผูกมีระยะความถี่สูงมาก ซึ่งการที่จะเทซีเมนต์มอร์ต้าให้ไหลเต็มหน้าตัดได้เราต้องใช้ปืนลมยิงซีเมนต์มอร์ต้าเข้าไปเพื่อให้ซีเมนต์มอร์ต้าไหลเต็มหน้าตัด
3. การที่ค่าความเครียดที่ได้จาก Strain gages มีความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้จากกาวที่ใช้ในการติดตั้งแผ่น Strain gages มีการหลุดลอกเนื่องจากความชื้น จึงควรมีการป้องกันเรื่องความชื้นในอากาศด้วย
4. การที่รอยแตกร้าวของแผ่นพื้นไม่เป็นไปตามทฤษฎี มีความเป็นไปได้ในหลายกรณีด้วยกัน ดังนี้

   - พื้นแข็งแรงกว่าคาน ทำให้คานเกิดการวิบัติก่อน
   - แผ่นพื้นไม่ได้ทำการหล่อยึดติดกับหัวเสาทั้งด้านล่างและด้านบน

   จึงควรมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม
5. ผู้สนใจสามารถค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากวิทยานิพนธ์ของนายอรรษนุพงศ์ พรมงาม เรื่อง การศึกษาการแตกร้าวที่มุมของคอนกรีตเสริมเหล็ก รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบที่ได้ดำเนินการพบว่าการทำการทดสอบแผ่นพื้นโดยใช้การย่อสัดส่วนนั้นไม่สามารถจำลองพฤติกรรมของแผ่นพื้นจากขนาดจริงได้ โดยที่มุมของแผ่นพื้นไม่เกิดการแตกร้าวเป็นมุม 45 องศา และไม่เกิดการแตกร้าวที่ตรงกลางแผ่นพื้นตามแนวคานยาว ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่ผู้ทำการวิจัยไม่มีประสบการณ์ จึงไม่ได้ทำการหล่อแผ่นพื้นให้ยึดติดกับหัวเสา ส่งผลให้ไม่เกิดการแตกร้าวเป็นแนวดังรูป 5.1 และแผ่นพื้นเกิดการแตกร้าวที่คานยาวก่อนเกิดการแตกร้าวที่แผ่นพื้นเพราะพื้นมีความทนทานต่อโมเมนต์ดัดมากกว่าคานจึงส่งผลให้เกิดการแตกร้าวที่คานก่อนจากนั้นการแตกร้าวของคานจึงทำให้พื้นเกิดการแตกร้าวในแนวขนานกับคานสั้น

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจหรือผู้ที่ต้องการทำการพัฒนาโครงงานต่อไปสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ทำการหล่อแผ่นพื้น โดยทำการหล่อแผ่นพื้นให้ยึดติดกับหัวเสา
2. การย่อสัดส่วนแผ่นพื้นควรคิดจากพื้นที่หน้าตัดทั้งเหล็กเสริมและซีเมนต์มอร์ต้า
3. ควรทำการออกแบบให้พื้นมีความสามารถในการรับโมเมนต์ดัดน้อยกว่าคาน

รูปที่ 5.1 แสดงการแตกร้าวของแผ่นพื้นตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- วินิต ช่อวิเชียร , 2544. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 9.
- ศิริวัฒน์ ไชยชนะ , 2542. ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2
- ศรีกริช หิรัญมาศ , 2550. เอกสารประกอบการเรียนวิชา Building design
- สมศักดิ์ คำปลิว , การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก
- G.M.Mills , 1970. The yield-line theory : a programmed text
- Edward G.NaWy , 2003 Simplified Reinforced Concrete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

รายการคำนวณ

1. การคิดน้ำหนักที่ถ่ายลงคาน

คานขนาด 0.2m x 0.6 m.

1.2.พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ช่วงเดี่ยว

DL น้ำหนักพื้น = 0.2 x 2400 = 480 kg/m^2

DL น้ำหนักพื้นถ่ายลงคาน = $\frac{480\ kg/m^2 \times 4\ m.}{2\ m.}$ = 960 kg/m

DL น้ำหนักคาน = 0.2 x 0.6 x 2400 = 288 kg/m

LL จากพื้น = $\frac{300 \times 4}{2}$ = 600 kg/m

W_u = 1.4(960+288) + 1.7(600) = 2767.2 kg/m

$M_u = \frac{W_u l^2}{8} = \frac{2767.2(8^2)}{8} = +22{,}137.6$ kg-m

$V_u = \frac{W_u l}{2} = \frac{2767.2(8)}{2} = 11068.8$ kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน

ด้านสั้น			ด้านยาว		
DL น้ำหนักพื้น = 640 kg/m DL น้ำหนักคาน = 288 kg/m LL = 400 kg/m W_u = 1.4(640+288) + 1.7(400) = 1979.2 kg/m			DL น้ำหนักพื้น = 880 kg/m DL น้ำหนักคาน = 288 kg/m LL = 550 kg/m W_u = 1.4(880+288) + 1.7(550) = 2570.2 kg/m		
ตำแหน่ง	$M_u = C_m W_u l^2$ (kg-m)	$V_u = C_v Wul / 2$ (kg)	ตำแหน่ง	$M_u = C_m W_u l^2$ (kg-m)	$V_u = C_v W_u l / 2$ (kg)
ช่วงปลาย	= 31667.2 C_m	= 3958.4 C_v	ช่วงปลาย	= 164492.8C_m	= 10280.8C_v
- นอก	31667.2 /24 = 1319.47	3958.4	- นอก	164492.8 /24 = 6853.87	10280.8
+ กลาง	31667.2 /14 = 2261.94	0	+ กลาง	164492.8 /14 = 11749.49	0
- ใน	31667.2 /10 = 3166.72	1.15(3958.4) = 4552.16	- ใน	164492.8 /10 = 16449.28	1.15(10280.8) = 11822.92
ช่วงใน			ช่วงใน		
+	31667.2 /16 = 1979.2	3958.4	+	164492.8 /16 = 10280.8	10280.8
-	31667.2 /11 = 2878.84	3958.4	-	164492.8 /11 = 14953.89	10280.8
M_u(max) = 3166.72 kg-m V_u(max) = 4552.16 kg			M_u(max) = 16449.28 kg-m V_u(max) = 11822.92 kg		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณคานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ช่วงเดี่ยว

กำหนด $f'_c = 280$ ksc

$F_y = 4500$ ksc (DB 20)

$F_y = 3000$ ksc (DB12)

หน้าตัดคาน = 0.2 m. x 0.6 m.

Covering = 0.05 m.

1. น้ำหนักกระทำ

$W_u = 2767.2$ kg/m

$M_u = 22137.6$ kg-m

$V_u = 11068.8$ kg

2. ตรวจสอบความสามารถรับโมเมนต์สูงสุด

$\beta_1 = 0.85$

$$\rho_b = \frac{0.85(f'_c)(6120)}{f_y(6120+fy)} = \frac{0.85(280)(6120)}{4500(6120+4500)} = 0.0305$$

$\rho = 0.375\rho_b = 0.0114$

$$R_n = \rho f_y(1-\frac{\rho f_y}{1.7f'_c}) = 0.0114(4500)[(1-\frac{0.0114(4500)]}{1.7(280)} = 45.77 \text{ kg/cm}^2$$

$M_R = \phi R_n bd^2 = 0.9(45.77)(20)(55^2) = 24921.765$ kg-m

$M_R > M_u$

ดังนั้น ออกแบบรับแรงดึง

3. หาปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ

$$R_n = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{22137.6(100)}{0.9(20)(55^2)} = 40.99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85(f'_c)[1-\sqrt{1-(2R_n/0.85f'_c)}]}{f_y} = \frac{0.85(280)[1-\sqrt{1-(2(40.99)/0.85(280))}]}{4500}$$

$= 0.01007 > \rho min$

$A_s = \rho bd = 0.01007(20)(55) = 11.077 \text{ cm}^2$

ใช้ 4-DB20 ให้ $A_s = 12.56 \text{ cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

$\phi V_c = 0.85[0.53\sqrt{280}(80)(55)] = 8292.14$ kg > V_b ดังนั้น เสริมเหล็กรับแรงเฉือน

$V_s = V_u - \phi V_c = 11068.8 - 8292.14 = 2776.66$ kg

$2.1\sqrt{f'_c}bd = 2.1\sqrt{280}(20)(55) = 38653.69 > V_s$ หน้าตัดขนาดพอเพียง

$1.1\sqrt{f'_c}bd = 1.1\sqrt{280}(20)(55) = 20247.17 > V_s$ แสดงว่าระยะเรียงห่างสุด = d/2

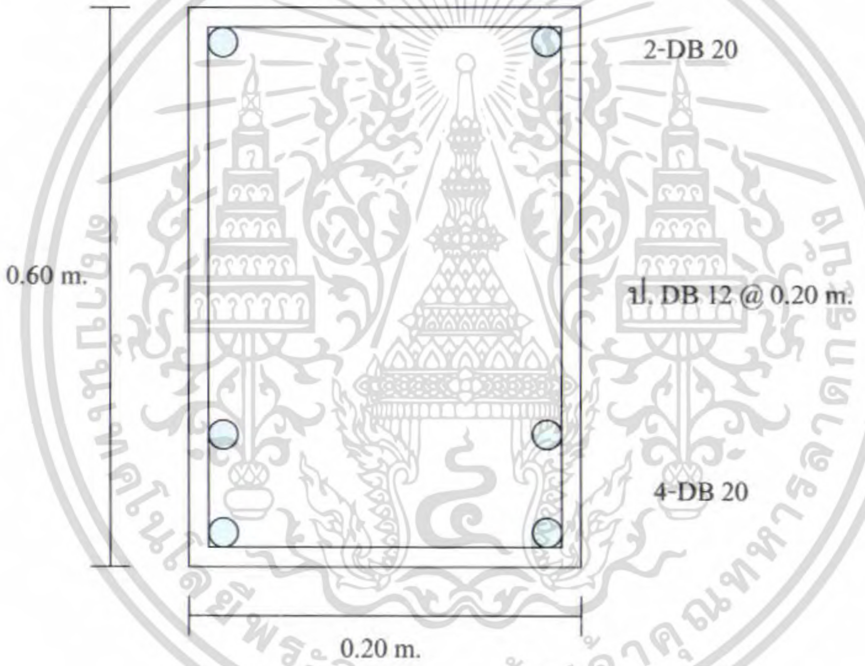
ระยะเรียงที่ต้องการใช้ DB12 $A_s = 2(1.3) = +2.26\ cm^2$

$S = A_v f_y d / V_s = 2.26(3000)(55) / 2776.66 = 134.3$ cm

แต่ระยะ d/2 = 55/2 = 27.5 cm

แต่ วสท. 3410 กำหนดระยะเรียงห่างสุดของเหล็กปลอก S < มิติเล็กสุดขององค์อาคาร

ดังนั้นใช้ DB12 @ 0.2 m.



รูปแสดงคานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ช่วงเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณคานพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน

กำหนด f'_c = 280 ksc

F_y = 4500 ksc (DB20)

= 3000 ksc (DB12)

หน้าตัดคาน = 0.2 m. x 0.6 m.

Covering = 0.05 m.

คานสั้น

1. น้ำหนักที่กระทำ

W_u = 1979.2 kg/m

M_u^+ = 2261.94 kg-m

M_u^- = 3166.72 kg-m

V_u = 4552.16 kg

2. ตรวจสอบความสามารถรับโมเมนต์สูงสุด

$\beta = 0.85 \rightarrow \rho_b = 0.0505$

$\rho = 0.375\rho_b = 0.0114$

$R_n = 45.77\ kg/cm^2$

$M_R = 24921.76\ kg\text{-}cm > M_u$ ดังนั้น ออกแบบรับแรงดึง

3. หาปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ M_u^-

$$R_n = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{3166.72(100)}{0.9(20)(55^2)} = 5.81\ kg/cm^2$$

$$\rho = \frac{0.85(f'_c)[1-\sqrt{1-(2R_n/0.85f'_c)}]}{f_y} = \frac{0.85(280)[1-\sqrt{1-(2(5.81)/0.85(280))}]}{4500} = 0.00131$$

$\rho_{min} = 14/f_y = 14/4500 = 0.00311$ ดังนั้น ใช้ ρ_{min}

$A_s = \rho bd = 0.00311(20)(55) = 3.42\ cm^2$

ใช้ 2-DB20 ให้ $A_s = 6.28\ cm^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หาปริมาณเหล็กเสริมรับ M_u^+

$M_u^+ < M_u^- \rightarrow \rho dM_u$ ดังนั้น ใช้ ρ_{min}

$A_s = \rho bd = 0.00311(20)(55) = 3.42 \ cm^2$

ใช้ 2-DB20 ให้ $A_s = 6.28 \ cm^2$

5. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

$\phi V_c = 0.85[0.53\sqrt{280}(80)(55)] = 8292.14 \ kg$

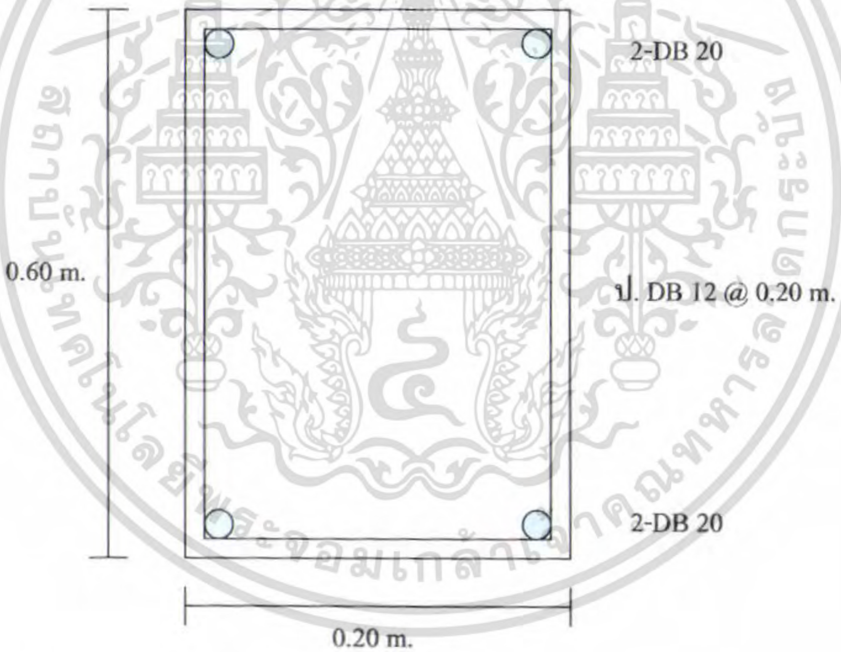
$\phi V_c > V_u$ ใช้ได้

$A_{s(min)} = V_u / \phi f_y \sin\alpha = 4552.16/0.85(3000)(1) = 1.785 \ cm^2$

$S = A_v f_y d / V_s = 2.26(3000)(55) / 2776.66 = 134.3 \ cm$

ใช้ วสท. 3410 กำหนดระยะห่างมากกว่ามิติเล็กสุดขององค์อาคาร = 0.2 m.

ดังนั้น ใช้ DB12 @ 0.2 m. ให้ $A_s = 5.65 \ cm^2$



รูปแสดงคานสั้นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)

ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คานยาว

1. น้ำหนักที่กระทำ

W_u = 2570.2 kg/m

M_u^+ = 11749.49 kg-m

M_u^- = 16449.28 kg-m

V_u = 11822.92 kg

2. ตรวจสอบความสามารถรับโมเมนต์สูงสุด

คาน 0.2 m. x 0.6 m. มี M_R = 24921.765 kg-cm > M_u ดังนั้น ออกแบบรับแรงดึง

3. หาปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ M_u^-

$$R_n = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{16449.78}{0.9(20)(55^2)} = 30.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85(f'_c)[1-\sqrt{1-(2R_n/0.85f'_c)}]}{fy} = \frac{0.85(280)[1-\sqrt{1-(2(30.21)/0.85(280))}]}{4500}$$

$= 0.0072 > \rho_{min}$

$A_s = \rho bd = 0.0072(20)(55) = 7.92 \text{ cm}^2$

ใช้ 4-DB20 ให้ $A_s = 12.56 \text{ cm}^2$

4. หาปริมาณเหล็กเสริมรับ M_u^+

$$R_n = \frac{M_u}{\phi bd^2} = \frac{11749.49}{0.9(20)(55^2)} = 21.58 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85(f'_c)[1-\sqrt{1-(2R_n/0.85f'_c)}]}{f_y} = \frac{0.85(280)[1-\sqrt{1-(2(21.58)/0.85(280))}]}{4500}$$

$= 0.00504 > \rho_{min}$

$A_s = \rho bd = 0.00504(20)(55) = 5.544 \text{ cm}^2$

ใช้ 2-DB20 ให้ $A_s = 6.28 \text{ cm}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

ϕV_c = 8292.14 kg < V_u

$V_s = V_u - \phi V_c$ 11822.92 – 8292.14 = 3530.78

$2.1\sqrt{f'_c}bd$ = 38653.69 > V_s หน้าตัดขนาดพอเพียง

$1.1\sqrt{f'_c}bd$ = 20247.17 > V_s แสดงว่าระยะเรียงห่างสุด = d/2

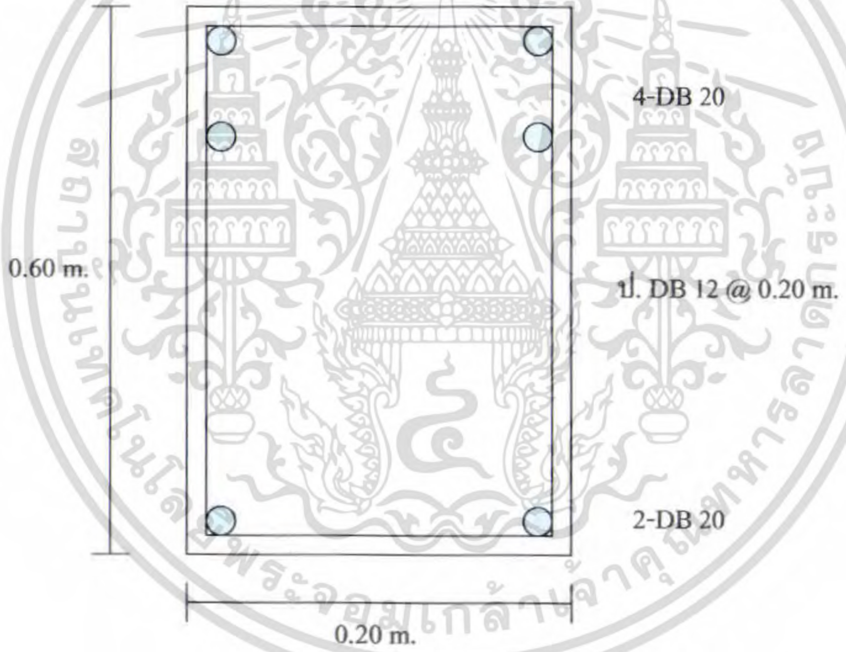
ระยะเรียงที่ต้องการใช้ DB12 A_v = 2(1.3) = +2.26 cm^2

$S = A_v f_y d / V_s$ = 2.26(3000)(55) / 3530.78 = 105.61 cm

แต่ระยะ d/2 = 55/2 = 27.5 cm

แต่ วสท. 3410 กำหนดระยะเรียงห่างสุดของเหล็กปลอก S < มิติเล็กสุดขององค์อาคาร

ดังนั้น ใช้ DB12 @ 0.2 m.



รูปแสดงคานยาวพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)

ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ช่วงเดี่ยว

กำหนด $f'_c = 280$ ksc

$f_y = 3000$ ksc (DB 12)

พื้นหนา 20 cm [covering = 0.02 m.]

1. หาน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ

น้ำหนักแผ่นพื้น $= 0.2(2400) = 480$ kg/m^2

น้ำหนักบรรทุกจร $= 300$ kg/m^2

$W_u = 1.4(480) + 1.7(300) = 1182$ kg/m^2

2. โมเมนต์ดัดที่กระทำ

$M_u = W_u l^2 / 8 = 1182(4^2) / 8 = 2364$ kg-m/ 1 m.

3. หา ρ

$\beta_1 = 0.85 - 0.05 (f'c\text{-}280 / 70) = 0.85$

$\rho_b = 0.0453$

$\rho_{max} = 0.75\rho_b = 0.034$

$d = 20 - 2 - (1.2/2) = 17.4$ cm

$R_u = M_u/bd^2 = 2364(100)/(100)(17.4^2) = 7.81$ kg/m^2

$R_u = R_u/\phi = 8.68$ kg/cm^2

$\rho = [0.85f'_c/f_y][1- \sqrt{1- (2R_n/0.85f'_c)}]$

$= [0.85(280)/3000][1-\sqrt{1-(2(8.68)/(0.85)(280))}]$

$= 0.00295$

$\rho_{min} = 14/3000 = 0.0047 > \rho$ ดังนั้นใช้ ρ_{min}

4. หาปริมาณเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบ

$A_s = \rho bd = 0.0047(100)(17.4) = 8.178$ cm^2/m

ใช้ DB 12 @ 0.12 m. ให้ $A_s = 9.425$ cm^2/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หาปริมาณเหล็กเสริมต้านการยืดหด

ρ_{min} สำหรับ SD 30 = 0.002

$A_s = \rho bt = 0.002(100)(20) = 4 \ cm^2/m$

ใช้ DB 12 @ 0.20 m. ให้ As = 5.65 cm^2/m

ตรวจสอบระยะห่าง [วสท.3412(ข)]

- 5(20) = 100
- 40 cm.

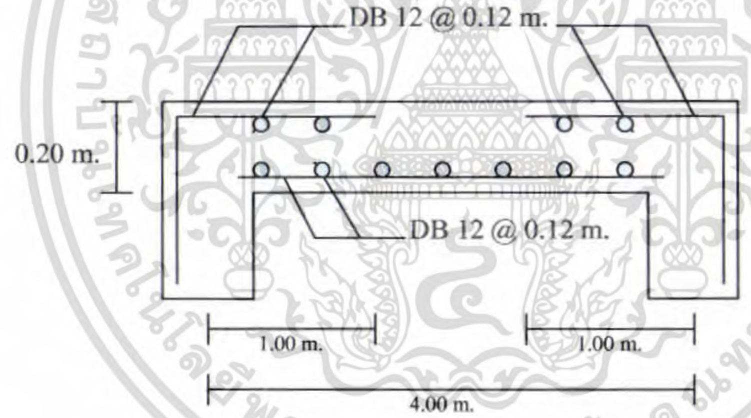
ดังนั้นใช้ DB 12 @ 0.20 m.ได้

6. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

แรงเฉือนที่เกิดขึ้น $V_u = M_u l / 2 = 1182(4)/2 = 2364$ kg/ 1 m.

แรงเฉือนที่หน้าตัดรับได้ $\phi V_c = \phi[0.53\sqrt{f'_c}bd] = 0.85[0.53(\sqrt{280})(100)(17.4)]$

13116.65 kg/ 1 m. > Vu ดังนั้นใช้ได้



รูปแสดงพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ช่วงเดี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน

กำหนด f'_c = 280 ksc

F_y = 3000 ksc (DB12)

1. หาความหนาเบื้องต้น

T = 2(S+L) / 180 = 0.13 m. ใช้ t = 20 cm.

β_1 = 0.85

ρ_b = 0.0453 → ρ_{max} = $0.75\rho_b$ = 0.034

R_n = $\rho f_y (1 - (\rho f_y / 1.7f'_c))$ = 0.034(3000)[1 – ((0.034)(3000) /(1.7)(280))]

= 80.143 kg/cm^2

d = 20 – 2 – 1.2/2 = 17.4 cm.

หน้าตัดรับโมเมนต์ได้ $M_u = \phi R_n bd^2$ = $0.9(80.143)(1 m.)(17.4^2)$ = 21837.68 kg-m

2. หาน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ

- น้ำหนักแผ่นพื้น = 0.2 x 2400 = 480 kg/m^2

LL = 300 kg/m^2

W_u = 1182 kg/m^2

M_u = CW_uS^2 = $1182(4^2)C$ = 18912 C kg-m

3. หาสัมประสิทธิ์และค่าของโมเมนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ

M = S / L = 0.5 กรณีไม่ต่อเนื่อง 2 ด้าน

	ต่อเนื่อง	กลาง	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	กลาง	ไม่ต่อเนื่อง
สัมประสิทธิ์ โมเมนต์ดัด C	0.09	0.068	0.045	0.049	0.037	0.025
M_v = 18912 C	1702.08	1286.02	851.04	926.69	699.74	472.8

$M_{v(max)}$ ด้านสั้น = 1702.08 kg-m

$M_{u(max)}$ ด้านยาว = 926.69 kg-m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หาปริมาณเหล็กเสริมด้านสั้น

M_u = 1702.08 kg-m

$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1702.08(100)}{0.9(100)(17.4^2)} = 6.25$ kg/cm^2

$\rho = \frac{0.85(f'_c)[1-\sqrt{1-(2Rn/0.85f'c)}]}{f_y} = \frac{0.85(280)[1-\sqrt{1-(2(6.25)/0.85(280))}]}{3000} = 0.00211$

$\rho_{min} = 14/f_y = 14/3000 = 0.0047 > \rho$ ดังนั้น ใช้ ρ_{min}

$A_s = \rho bd = 0.0047(100)(17.47) = 8.178$ cm^2

ใช้ DB12 @ 0.12 m. ให้ A_s = 9.425 cm^2

5. หาปริมาณเหล็กเสริมด้านยาว

M_u = 926.69 kg-m $\rightarrow$ ρdM_u ดังนั้น ใช้ ρ_{min}

$A_s = \rho bd = 0.0047(100)(17.47) = 8.178$ cm^2

ใช้ DB12 @ 0.12 m. ให้ A_s = 9.425 cm^2

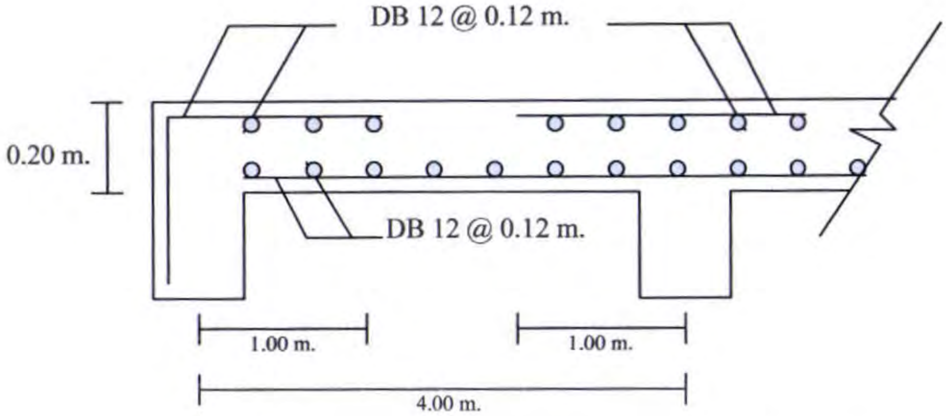
6. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

แรงเฉือนที่เกิดขึ้น $V_u = 1.15W_u l/2 = 1.15(1182)(4)/2 = 2718.6$ kg/m

แรงเฉือนที่หน้าตัดรับได้ $\phi V_c = 0.85[0.53(\sqrt{280})(100)(17.4)]$

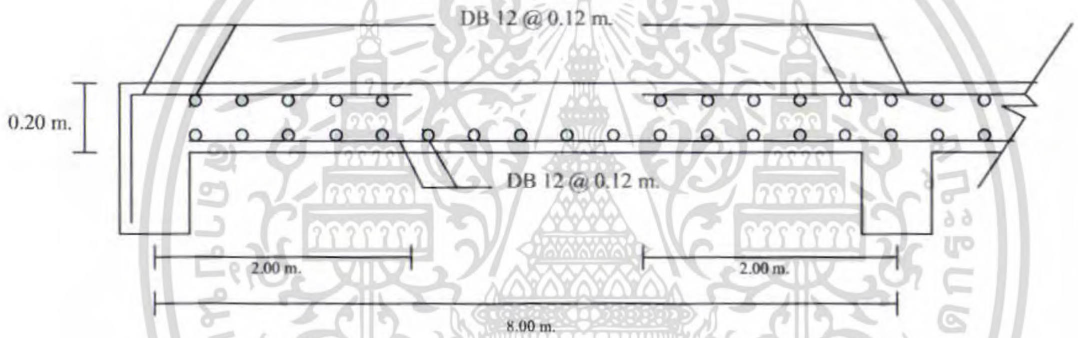
$= 13116.65$ kg/m $> V_u$ ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) ด้านกว้าง

ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน



รูปแสดงพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab) ด้านยาว

ขนาด 4 m. x 8 m. ต่อเนื่อง 2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้