

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารชิ้นส่วนสำเร็จรูป

โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

THE STUDY OF FORCING ABILITY OF JOINT IN
THE PREFABRICATION OF BAN UER-ATORN PROJECT;
NATIONAL HOUSING AUTHORITY



โดย
นายณัฐพล วัฒนมั่นคง
นายสุชาติ ว่องวีรวุฒิ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 62734

วัน,เดือน,ปี..... 21 ส.ค. 2549

b..... ๖๒๗๓๔
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE STUDY OF FORCING ABILITY OF JOINT IN
THE PREFABRICATION OF BAN UER-ATORN PROJECT;
NATIONAL HOUSING AUTHORITY**



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

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป
โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

นักศึกษา นายณัฐพล วัฒนมั่นคง รหัสประจำตัว 45010390
นายสุชาติ ว่องวีรวุฒิ รหัสประจำตัว 45010846

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกุล ห่อวโนทยาน

คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	
รศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ	
อ. ศิลป์ชัย งานสุวรรณ	
ผศ.ดร.สกุล ห่อวโนทยาน	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้
ในทางอื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 31 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

หัวข้อโครงการพิเศษ	ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกรอยต่อ โครงสร้างอาคารชิ้นส่วนสำเร็จรูป โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ THE STUDY OF FORCING ABILITY OF JOINT IN THE PREFABRICATION OF BAN UER-ATORN PROJECT; NATIONAL HOUSING AUTHORITY
นักศึกษา	นายณัฐพล วัฒนมั่นคง นายสุชาติ ว่องวิรุฒิ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกล ห่อวโนทยาน
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2548

บทคัดย่อ

การเคหะแห่งชาติได้นำเทคโนโลยีการก่อสร้างระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้
ในการดำเนินการก่อสร้างโครงการบ้านเอื้ออาทร ซึ่งจุกรอยต่อเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการก่อสร้าง
ระบบนี้ การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมและประสิทธิภาพการรับแรงของจุกรอยต่อในการ
ก่อสร้างของจุกรอยต่อระบบแบบเปียก

ในการศึกษางานวิจัยประกอบด้วย ขนาดของจุกรอยต่อ และ วัสดุประสาน โดยจะทำการ
การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของแบบท่อที่จุกรอยต่อและทำการทดสอบ
คุณสมบัติของวัสดุประสาน 2 ชนิด คือ ซีเมนต์เพสต์และซีเมนต์มอร์ต้ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของ
สาร nonshrink ผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระยะเวลาในการถอดแบบที่จุกรอยต่อเป็นเวลา $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง
2. จุกรอยต่อควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม.
3. วัสดุประสานที่มีความเหมาะสมในการนำไปเกร้าที่จุกรอยต่อ คือ ซีเมนต์มอร์ต้า
ด้าโดยวิธีผสม double mixing (ผสมซ้ำ) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : THE STUDY OF FORCING ABILITY OF JOINT IN
THE PREFABRICATION OF BAN UER-ATORN PROJECT;
NATIONAL HOUSING AUTHORITY

Name : MR.NUTTAPON WATTANAMONKONG
MR.SUCHART WONGVEERAWUT

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : ASSISTANT PROFESSOR DR. SAKUL HORVANOTAYAN

ABSTRACT

The National Housing Authority (NHA) choose a prefabricated concrete system for constructing Ban Uer-atom Project. The joint of a prefabricated concrete system is very important. This research project was carried out to the study appropriate joint which require suitability and efficiency in construction as the wet joint.

The study consist of grout tube and grouting materials. The diameter and depth of grout tube were varied. And the test of two materials, cement mortar and cement paste, compare with nonshrink cement mortar. The results were concluded as follows :

1. The setting time of grout tube is two and half hour.
2. The grout tube should be 40 mm. as diameter.
3. The appropriate grouting material is the cement mortar from double mixing method using water cement ratio 44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จะสำเร็จมิได้โดยหากขาดบุคคลผู้หนึ่งผู้ใดที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกฤต ห่อวโนทยาน ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาโครงการพิเศษให้เกิดประโยชน์ สามารถนำโครงการพิเศษไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขอขอบคุณ ดร. คมสัน มาลีสี ที่ได้สละเวลาในการให้คำปรึกษาและได้ให้คำชี้แนะและคำสั่งสอนที่มีประโยชน์อย่างมากมายในทุกๆ เรื่อง และ ขอขอบคุณ คณะอาจารย์สถาปัตยกรรมศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลทางสถาปัตยกรรม

ขอขอบคุณ นายทัศนัย เชาวลิตประพันธ์ นายจรัญ รักพันธ์ นายบัญชา อุกทธารักษ์ และเพื่อนๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านแรงงานในช่วงของการหล่อตัวอย่างทดสอบ และทดสอบตัวอย่างทดสอบ

สุดท้ายนี้จะขาดเสียมิได้สำหรับคำขอบพระคุณแด่บุพการีของผู้จัดทำโครงการ ตั้งแต่การสั่งสอน การเลี้ยงดู ทำให้มีทุกวันนี้ได้ จนถึงความช่วยเหลือที่ท่านมีในระหว่างทำโครงการทั้งเป็นกำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ รวมทั้งความรักที่มีให้แก่บุตรเสมอมา

นายณัฐพล วัฒนมั่นคง

นายสุชาติ ว่องวิรุฒิ

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน(ภาษาไทย)	ก
	ปกใน(ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฐ
	สารบัญรูป	ค
1	บทนำ	1
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ที่มาของการศึกษา	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
	1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3
	1.5 วิธีการศึกษา	3
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2	วรรณกรรมปริทัศน์	6
	2.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป	6
	2.2 สรุปวิวัฒนาการความเป็นมาของการก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	6
	2.3 ระบบชิ้นส่วนประกอบอาคารสำเร็จรูป	8
	2.4 การพิจารณารูปแบบจตุรรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ เรื่อง	หน้า
3.2.1.1.1 ทดสอบหาปริมาณความชื้นของมวลรวม	29
3.2.1.1.2 ทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ	30
3.2.1.1.3 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการคูดซึ่ม ของมวลรวม	33
3.2.1.1.3.1 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการคูดซึ่ม ของมวลรวมละเอียด	33
3.2.1.1.3.2 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการคูดซึ่ม ของมวลรวมหยาบ	34
3.2.1.1.4 ทดสอบหาส่วนขนาดกะของมวลรวมละเอียด	36
3.2.1.2 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	37
3.2.1.3 ทดสอบการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต	38
3.2.2 ทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของจุกรอยต่อ	40
3.2.3 ทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อ	41
3.2.4 ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อ	42
3.2.4.1 ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อ แบบแรงกระทำสองจุด	43
3.2.4.2 ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อ แบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง	44
3.2.5 ทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจุกรอยต่อ	46
4 ผลการทดสอบ	48
4.1 การทดสอบวัสดุประสานของจุกรอยต่อ	48
4.1.1 ซีเมนต์เพสต์	48
4.1.1.1 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีsingle mixing(ผสมครั้งเดียว) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ เรื่อง	หน้า
4.1.1.2 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีsingle mixing(ผสมครั้งเดียว) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	49
4.1.1.3 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีdouble mixing(ผสมซ้ำ) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	51
4.1.1.4 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีdouble mixing(ผสมซ้ำ) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	52
4.1.2 ซีเมนต์มอร์ต้า	54
4.1.2.1 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีsingle mixing(ผสมครั้งเดียว) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	54
4.1.2.2 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีsingle mixing(ผสมครั้งเดียว) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	56
4.1.2.3 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีdouble mixing(ผสมซ้ำ) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	57
4.1.2.4 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีdouble mixing(ผสมซ้ำ) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	59
4.1.3 สารที่ไม่หาคั่ว	60
4.1.3.1 สารที่ไม่หาคั่ว โดยวิธีsingle mixing(ผสมครั้งเดียว) ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	60
4.2 ความแข็งแรงที่จู่ครอยต่อ โครงสร้าง	61
4.2.1 ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	61
4.2.1.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	61
4.2.1.2 การทดสอบระยะการก่อตัวของจู่ครอยต่อ	62
4.2.2 ความแข็งแรงที่จู่ครอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อเสา	67
4.2.2.1 การทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของจู่ครอยต่อ	67
4.2.2.2 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจู่ครอยต่อ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.2.2.3 การทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ค้คของจตุรรอยต่อ แบบแรงกระทำสองจุด	68
	4.2.3 ความแข็งแรงที่จตุรรอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อคาน	71
	4.2.3.1 การทดสอบกำลังรับแรงบีบเหนือขวของจตุรรอยต่อ	71
	4.2.4 ความแข็งแรงที่จตุรรอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อคานค่อเสา	72
	4.2.4.1 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจตุรรอยต่อ	72
	4.2.4.2 การทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ค้คของจตุรรอยต่อ แบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง	73
5	วิเคราะห์ผลการทดสอบ	76
	5.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุประสานของจตุรรอยต่อ	76
	5.1.1 วิเคราะห์คุณสมบัติซีเมนต์เพสต์	76
	5.1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติซีเมนต์มอร์ต้า	78
	5.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุประสานที่นำมาใช้ที่จตุรรอยต่อ	80
	5.2 วิเคราะห์ความแข็งแรงของจตุรรอยต่อ โครงสร้าง	82
	5.2.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต	82
	5.2.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบระยะการก่อตัวของจตุรรอยต่อ	83
	5.2.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งแรงที่จตุรรอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อเสา	83
	5.2.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งแรงที่จตุรรอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อคาน	85
	5.2.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งแรงที่จตุรรอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อคานค่อเสา	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ เรื่อง	หน้า
6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	89
6.1 สรุปผลการศึกษา	89
6.2 ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติมวลรวม และ ตารางแสดงผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีต	ผก1
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงผลการทดสอบวัสดุประสาน	ผข1
ภาคผนวก ค. ตารางแสดงผลการทดสอบการรับแรงของจุกรอยต่อ	ผค1
ภาคผนวก ง. รูปแสดงการทดสอบ	ผง1
ภาคผนวก จ. รูปแสดงผลการคำนวณด้วยโปรแกรม	ผจ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของอายุด้วย่างทดสอบที่ย้อมให้	23
3.2	แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ	31
3.3	แสดงค่าแฟกเตอร์ปรับแก้ชิ้นส่วนทดสอบ	40
3.4	แสดงประเภทการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อแบบเสาค่อเสา	42
3.5	แสดงประเภทการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อแบบเสาค่อคาน	42
ผ.ก.1.	แสดงผลการทดสอบการหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด	ผก2
ผ.ก.2.	แสดงผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวมละเอียด	ผก3
ผ.ก.3.	แสดงผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวมหยาบ	ผก4
ผ.ก.4.	แสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้นของมวลรวมละเอียด	ผก5
ผ.ก.5.	แสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้นของมวลรวมหยาบ	ผก6
ผ.ก.6.	แสดงผลการทดสอบหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ	ผก7
ผ.ก.7.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต	ผก8
ผ.ข.1.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข2
ผ.ข.2.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข3
ผ.ข.3.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข4
ผ.ข.4.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข5
ผ.ข.5.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข6
ผ.ข.6.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.7.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข8
ผ.ข.8.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข9
ผ.ข.9.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของสารที่ไม่หดรตัว โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข10
ผ.ข.10.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข11
ผ.ข.11.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข12
ผ.ข.12.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข13
ผ.ข.13.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข14
ผ.ข.14.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข15
ผ.ข.15.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข16
ผ.ข.16.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข17
ผ.ข.17.	แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข18
ผ.ข.18.	แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.19.	แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข20
ผ.ข.20.	แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข21
ผ.ข.21.	แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข22
ผ.ข.22.	แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข23
ผ.ข.23.	แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์มอร์ต้า โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผข24
ผ.ข.24.	แสดงผลการทดสอบการไหลของสารที่ไม่หดรัดตัว โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%	ผข25
ผ.ค.1.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 200 mm.	ผค2
ผ.ค.2.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 30 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 200 mm.	ผค3
ผ.ค.3.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 16 mm. ยาว 200 mm.	ผค4
ผ.ค.4.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 300 mm.	ผค5
ผ.ค.5.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 30 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 300 mm.	ผค6
ผ.ค.6.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 16 mm. ยาว 300 mm.	ผค7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ค.7.	แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของ ขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 250 mm.	ผค8
ผ.ค.8.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังโมเมนต์ค้ด แบบแรงกระทำสองจุด	ผค9
ผ.ค.9.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังโมเมนต์ค้ด แบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง	ผค10
ผ.ค.10.	แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงเฉือนของ shear key	ผค11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1	แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย	5
2.1	แสดงรูปแบบการติดตั้งชิ้นส่วนมาตรฐานค่อม่อ คาน และเสาชั้นล่าง	8
2.2	แสดงรูปแบบการติดตั้งชิ้นส่วนมาตรฐานเสาชั้นล่าง คาน และเสาชั้นบน	9
2.3	แสดงรูปแบบการติดตั้งชิ้นส่วนมาตรฐานพื้นห้องน้ำ	9
2.4	แสดงรูปแบบโครงสร้างแบบเสา-คาน บ้านเดี่ยว 2 ชั้น	10
2.5	แสดงเสาต้นรับแรงเอียงศูนย์	14
2.6	แสดงFrame without sidesway	15
2.7	แสดงFrame sidesway	15
2.8	แสดงหน่วยแรงเค้นดึง	16
2.9	แสดงหน่วยแรงเค้นอัด	17
2.10	แสดงหน่วยแรงเฉือน	18
3.1	แสดงแบบหล่อลูกบาศก์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม. ³	20
3.2	แสดงการวัดค่าBleeding ของน้ำที่ผิวหน้าของชิ้นส่วน	27
3.3	แสดงอุปกรณ์การทดสอบ JSCE-F 531- 199	28
3.4	แสดงรายละเอียดแรงกระทำสองจุดตรงตามตำแหน่ง	43
3.5	แสดงรายละเอียดแรงกระทำที่จุดกึ่งกลางตรงตามตำแหน่ง	45
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement paste single mixing w/c 0.40	48
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement paste single mixing w/c 0.40	49
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement paste single mixing w/c 0.44	50
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement paste single mixing w/c 0.44	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement paste double mixing w/c 0.40	51
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement paste double mixing w/c 0.40	52
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement paste double mixing w/c 0.44	53
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement paste double mixing w/c 0.44	53
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement mortar single mixing w/c 0.40	54
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement mortar single mixing w/c 0.40	55
4.11	แสดงการทดสอบการไหลของ cement mortar single mixing w/c 0.40	55
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement mortar single mixing w/c 0.44	56
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement mortar single mixing w/c 0.44	57
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement mortar double mixing w/c 0.40	58
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement mortar double mixing w/c 0.40	58
4.16	แสดงการทดสอบการไหลของ cement mortar double mixing w/c 0.40	59
4.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ของ cement mortar double mixing w/c 0.44	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ ชื่อรูป	หน้า
4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา ของ cement mortar double mixing w/c 0.44	60
4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับเวลา ของ nonshrink single mixing w/c 0.40	61
4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของคอนกรีต	62
4.21 แสดงรอยต่อแบบเป็ยอกของระบบบ้านสำเร็จรูป	62
4.22 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั้งแบบออกที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง	63
4.23 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั้งแบบออกที่ระยะเวลา $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	63
4.24 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั้งแบบ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	64
4.25 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั้งแบบออกที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง	64
4.26 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั้งแบบ 2 ชั่วโมง	65
4.27 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั้งแบบออกที่ระยะเวลา $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	65
4.28 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั้งแบบ $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	66
4.29 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั้งแบบออกที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง	66
4.30 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั้งแบบ 3 ชั่วโมง	66
4.31 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-เสา เมื่อวัสตุประสานมีอายุ 1 วัน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ ชื่อรูป	หน้า
4.32 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 3 วัน	70
4.33 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram การทดสอบเสา-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 28 วัน	71
4.34 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-คาน-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 1 วัน	73
4.35 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-คาน-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 3 วัน	74
4.36 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-คาน-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 28 วัน	75
5.1 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับ เวลาของซีเมนต์เพสต์	76
5.2 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับ เวลาของซีเมนต์เพสต์	77
5.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาการไหลตัวของซีเมนต์เพสต์	77
5.4 แสดงการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างๆ	78
5.5 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับ เวลาของซีเมนต์มอร์ต้า	79
5.6 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับ เวลาของซีเมนต์มอร์ต้า	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.7	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มอร์ต้า	80
5.8	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของวัสดุประสาน	81
5.9	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลาของวัสดุประสาน	81
5.10	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาการไหลตัวของวัสดุประสาน	82
5.11	แสดงการวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต	83
5.12	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการรับกำลังแรงดึงของจุกรอยต่อแบบเสาต่อเสา	84
5.13	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการรับกำลังแรงดึงของจุกรอยต่อแบบเสาต่อกาน	86
5.14	แสดงลักษณะจุกรอยต่อของ โครงสร้าง	87
5.15	แสดงลักษณะของกานพาดเดี่ยว	88
ผ.ง.1.	แสดงการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของวัสดุประสาน	ผง2
ผ.ง.2.	แสดงการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์ด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผง2
ผ.ง.3.	แสดงการทดสอบการไหลของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%	ผง3
ผ.ง.4.	แสดงแท่งชิ้นส่วนคอนกรีต	ผง3
ผ.ง.5.	แสดงการการวิบัติของคอนกรีตหลังการทดสอบกำลังรับแรงอัด	ผง4
ผ.ง.6.	แสดงการหล่อชิ้นส่วนของการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว	ผง4
ผ.ง.7.	แสดงการบ่มชิ้นส่วนของการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว	ผง5
ผ.ง.8.	แสดงการเตรียมชิ้นส่วนเพื่อที่จะทดสอบวัสดุประสานของการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว	ผง5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ง.9.	แสดงการเทสาร ซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%ขนาดท่อ 40มม.	ผง6
ผ.ง.10.	แสดงการเทสาร ซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%ขนาดท่อ 30มม.	ผง6
ผ.ง.11.	แสดงการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว	ผง7
ผ.ง.12.	แสดงการวิบัติของจุกรอยต่อหลังการทดสอบ หน่วยแรงยึดเหนี่ยวของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%ขนาดท่อ 30มม. DB12 มม. ยาว 200 มม.	ผง7
ผ.ง.13.	แสดงการวิบัติของจุกรอยต่อหลังการทดสอบ หน่วยแรงยึดเหนี่ยวของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%ขนาดท่อ 40มม. DB12 มม. ยาว 200 มม.	ผง8
ผ.ง.14.	แสดงแบบหล่อของเสาสำเร็จรูป	ผง8
ผ.ง.15.	แสดงชิ้นส่วนของเสาสำเร็จรูป	ผง9
ผ.ง.16.	แสดงการทดสอบโมเมนต์ดัดแบบแรงกระทำสองจุดของโครงสร้างแบบเสาคือเสา	ผง9
ผ.ง.17.	แสดงแบบหล่อของคานสำเร็จรูป	ผง10
ผ.ง.18.	แสดงชิ้นส่วนของคานสำเร็จรูป	ผง10
ผ.ง.19.	แสดงการทดสอบโมเมนต์ดัดแบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลางของโครงสร้างแบบเสาคือคานคือเสา	ผง11
ผ.ง.20.	แสดงแบบหล่อของคานสำเร็จรูป	ผง11
ผ.ง.21.	แสดงการทดสอบการรับแรงเฉือนแบบ double shear ของ shear key	ผง12
ผ.ง.22.	แสดงการวิบัติของการทดสอบการรับแรงเฉือนแบบ double shear ของ shear key	ผง12

ผ.ง.1. แสดงโครงสร้างหลังจากประกอบได้ 1 วัน ผง3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ ชื่อรูป	หน้า
ผ.จ.2. แสดง Bending Diagram ของ โครงสร้าง เสาค่อเสา หลังจากประกอบได้ 1 วัน	ผจ4
ผ.จ.3. แสดง Bending Diagram ของ โครงสร้าง เสาค่อคานต่อเสา หลังจากประกอบได้ 1 วัน	ผจ4
ผ.จ.4. แสดง Load Diagram ของ โครงสร้าง หลังจากประกอบได้ 3 วัน	ผจ5
ผ.จ.5. แสดง Bending Moment Diagram ของ โครงสร้าง เสาค่อเสา หลังจากประกอบได้ 3 วัน	ผจ6
ผ.จ.6. แสดง Bending Moment Diagram ของ โครงสร้าง เสาค่อคานต่อเสา หลังจากประกอบได้ 3 วัน	ผจ6
ผ.จ.7. แสดง Load Diagram ของ โครงสร้าง หลังจากประกอบได้ 28 วัน	ผจ7
ผ.จ.8. แสดง Bending Moment Diagram ของ โครงสร้าง เสาค่อเสา หลังจากประกอบได้ 28 วัน	ผจ8
ผ.จ.9. แสดง Bending Moment Diagram ของ โครงสร้าง เสาค่อคานต่อเสา หลังจากประกอบได้ 28 วัน	ผจ8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ระบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไประบบที่เป็นที่คุ้นเคยและได้รับความนิยม คือการก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างเสาและคาน (Skeleton Structure) หรือระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing Structure) วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ อิฐ หิน ปูน เพราะเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เทคนิควิธีการก่อสร้างไม่ยุ่งยาก และมีเวลาในการก่อสร้างไม่จำกัด ต่อมาเมื่อมีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในด้านต่างๆ รวมทั้งทางด้านการก่อสร้าง มีการพัฒนาวัสดุขึ้นมาใหม่ มีการใช้เหล็กและคอนกรีต แทนไม้ และวัสดุดั้งเดิม หากพิจารณาบทบาทจนถึงสภาวะการณปัจจุบัน ระบบการก่อสร้างบ้านพักอาศัยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบหลัก ตามสถานการณ์และกรรมวิธีในการก่อสร้าง คือ

1) ระบบการก่อสร้างแบบหล่อในที่ (Site-Built, Conventional System)

เป็นระบบการก่อสร้างอาคารที่ทำกันมาแต่ดั้งเดิม เป็นการก่อสร้างในหน่วยงานก่อสร้างหรือพื้นที่โครงการ (On-Site) ตั้งแต่งานฐานราก งาน ไม้แบบ งานเทคอนกรีต งานก่อผนัง งาน ไม้ และงานหลังคา โดยจะมีการผลิตส่วนต่างๆของอาคารในสถานที่ก่อสร้างนั้นเลย ทำให้สามารถสร้างสรรค์รูปแบบที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวได้ แต่เมื่อมีความต้องการก่อสร้างจำนวนมากขึ้น การก่อสร้างก็มีแนวโน้มที่จะปรับตัวเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรม

2) ระบบการก่อสร้างหรือผลิตเชิงอุตสาหกรรม (Factory-Built, Industrialization Building System)

เป็นระบบการก่อสร้างอาคารหรือผลิตชิ้นส่วนในเชิงอุตสาหกรรม โดยมีการนำเทคโนโลยีและกรรมวิธีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองกระบวนการก่อสร้าง สอดคล้องกับความต้องการครอบคลุมขั้นตอนตั้งแต่การออกแบบการผลิตและการก่อสร้าง โดยเป็นการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication) ที่เป็นส่วนประกอบต่างๆของอาคารจากโรงงานอุตสาหกรรม และนำมาประกอบหรือติดตั้งในหน่วยงานก่อสร้าง โดยสรุปแล้วหลักเกณฑ์ที่สำคัญสำหรับระบบนี้คือ เป็นกระบวนการผลิตคราวละมากๆ โดยมีมาตรฐานของผลผลิตในขั้นตอนสุดท้าย ใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิต สามารถควบคุมมาตรฐานในการดำเนินงานทุกขั้นตอนได้ตั้งแต่การออกแบบ การตลาด การจัดซื้อ จนถึงการผลิต และใช้แรงงานที่มีความชำนาญเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ที่มาของการศึกษา

ด้วยนโยบายแห่งรัฐในการแก้ไขปัญหาความยากจน และสนับสนุนให้ผู้ด้อยโอกาสและผู้มีรายได้น้อยทั่วประเทศ มีที่อยู่อาศัยเป็นของตนเอง เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงในการอยู่อาศัยและยกระดับคุณภาพชีวิต รัฐบาลได้มอบหมายให้การเคหะแห่งชาติดำเนินโครงการบ้านเอื้ออาทรโดยการจัดสร้างที่อยู่อาศัยที่ได้มาตรฐานในชุมชนที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม พร้อมระบบสาธารณูปโภคที่จำเป็นในระดับราคาที่สามารถรับภาระได้ โดยการเช่าซื้อที่อยู่อาศัยเป็นของตนเอง ซึ่งการจัดทำโครงการมีระยะเวลาก่อสร้างตั้งแต่ ปี 2546 – 2550 รวมทั้งสิ้น 5 ปี และมีเป้าหมายในการก่อสร้างประมาณ 601,727 หน่วย ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 293,932,460 ล้านบาท เนื่องจากการดำเนินงานโครงการดังกล่าว จำเป็นต้องดำเนินการก่อสร้างให้แล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด จึงทำให้ผู้รับจ้างเลือกใช้การก่อสร้างอาคารด้วยระบบอุตสาหกรรม (ระบบขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป) เป็นส่วนใหญ่ เพื่อสอดคล้องกับสภาวะความต้องการของการเคหะแห่งชาติ และเนื่องจากการเคหะแห่งชาติยังไม่มีแบบมาตรฐานอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องมีงานวิจัยโครงการจัดทำแบบอาคารมาตรฐาน 2 ชั้น ก่อสร้างด้วยระบบขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป หรือระบบสำเร็จรูปอื่นๆ ที่เหมาะสม โดยนำผลจากการศึกษาประเมินผลการก่อสร้าง โครงการฯ เอื้ออาทรปี 2547 มาร่วมเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมสำหรับโครงการก่อสร้างของการเคหะแห่งชาติเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ อีกทั้งเพื่อให้ผู้รับจ้างนำไปใช้เป็นต้นแบบในการทำงาน และเพื่อใช้เป็นแบบมาตรฐานในการคิดคำนวณราคาต้นทุน และราคากลางของการเคหะชาติต่อไป

จากการศึกษาข้อมูลจากแบบมาตรฐานอาคาร 2 ชั้นของโครงการบ้านเอื้ออาทร ของการจัดทำแบบมาตรฐานในระบบขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โครงการบ้านเอื้ออาทรได้ดำเนินการก่อสร้างมาแล้วตั้งแต่ต้นปี 2546 ซึ่งโครงการวิจัยเพื่อจัดทำแบบมาตรฐาน ระบบขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปได้ดำเนินการขึ้นภายหลังจากโครงการ ได้ดำเนินการทางสัญญาเกี่ยวกับลูกค้ำและผู้รับเหมาบางรายไปแล้ว ทำให้การปรับแก้ไขขนาดของตัวอาคาร หรือระยะต่างๆ ตลอดจนรายละเอียดในส่วนหลักของอาคารกระทำได้อย่าง

จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ทางผู้วิจัยจึงได้เน้นการศึกษาวิจัยแบบมาตรฐาน ภายได้ข้อกำหนดในด้านขนาด วัสดุ ให้เป็นไปตามหลักการเดิมมากที่สุด โดยแนวคิดที่จะนำเข้ามาใช้ในการจัดทำแบบมาตรฐานในครั้งนี้จะเน้นไปที่ระบบขึ้นส่วนประกอบ (Components) ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของข้อกำหนดในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความสะดวกในการก่อสร้างในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยที่ไม่มีเทคโนโลยีขั้นสูงและแรงงานที่มีคุณภาพในการก่อสร้าง รวมทั้งการจัดหาวัสดุในการก่อสร้าง การขนส่ง และความแข็งแรงของอาคาร เป็นต้น โดยระบบขึ้นส่วนประกอบจะเน้นไปที่โครงสร้างหลักของอาคาร เช่น เสา คาน พื้น ผังภายนอก เป็นต้น เพราะเมื่อพิจารณาจากต้นทุนในการก่อสร้างในระบบเดิมที่เป็นแบบปกติทั่วไปในปัจจุบัน (Conventional เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุมัติ) ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Construction System) ต้นทุนในการก่อสร้างในส่วนองค์ประกอบหลักของอาคารที่กล่าวมาแล้วสูงถึง 40-50% และเป็นส่วนที่ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างมากถึง 2 ใน 3 ของระยะเวลาการก่อสร้างทั้งหมด ในการดำเนินการในระบบสำเร็จรูป และเป็นการสร้างงานให้กับแรงงานในท้องถิ่นที่โครงการได้ทำการดำเนินการอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ระบบก่อสร้างของโครงการในภาพรวมเน้นการทำงานโดยหันไปพึ่งพา ระบบอุตสาหกรรมทั้งหมด ซึ่งเป็นการจำกัด โอกาสให้กับผู้รับเหมารายย่อยหรือช่างฝีมือแรงงาน จุคมุ่งหมายที่สำคัญที่ต้องการให้เกิดขึ้นคือการรักษาดุลยภาพระหว่างเทคโนโลยีการก่อสร้างที่เน้นการใช้ แรงงานกับการใช้ระบบอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพการณ์ใน การพัฒนาประเทศ และมีความเป็นไปได้ในการนำเข้าสู่กระบวนการทำงานที่ได้คุณภาพ สร้างมาตรฐาน ให้กับงานก่อสร้างให้กับภาคเอกชนแห่งชาติ สะท้อนต่อการควบคุมคุณภาพไม่ว่าจะดำเนินการ โดย ผู้รับเหมารายใด หรือก่อสร้าง ณ ที่แห่งใดก็ตาม

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานที่นำมาเกร้าท์ (Grout)
- 1.3.2 ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระทำชนิดต่างๆที่จตุรรอยต่อ (Joint)

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษาจตุรรอยต่อของส่วนประกอบโครงสร้างอาคารระบบขึ้นส่วนสำเร็จรูป 2 ชั้น
- 1.4.2 ทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก (Load Test) เพื่อประเมินความแข็งแรงของจตุรรอยต่อ

1.5 วิธีการศึกษา

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

- 1.5.1 ศึกษาแบบก่อสร้างของการแบบมาตรฐาน โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ อาคาร บ้านเดี่ยว 2 ชั้น
- 1.5.2 ศึกษาทบทวน ผลงาน งานวิจัย เอกสาร บทความ มาตรฐานการทดสอบและแนวความคิดต่างๆ ของผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้
- 1.5.3 ศึกษาเทคนิคในการดำเนินการก่อสร้าง เช่น
 - 1) การผลิตขึ้นส่วนสำเร็จรูป
 - 2) การติดตั้งขึ้นส่วนสำเร็จรูป
 - 3) การประกอบจตุรรอยต่อขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป
- 1.5.4 ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุประสานที่นำมาเกร้าท์โดยวิธีการทดสอบ ได้แก่

1) กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อัตราการคายน้ำ (Bleeding)

3) คุณสมบัติการไหลตัว

1.5.5 ทำการทดสอบพฤติกรรมการรับแรงต่างๆ ณ จุดรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยวิธีการทดสอบ ได้แก่

1) แรงยึดเหนี่ยว (Bonding Strength)

2) โมเมนต์ดัด (Moment)

3) แรงเฉือน (Shearing Strength)

1.5.6 รวบรวมผลการทดสอบ

1.5.7 นำผลมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบการออกแบบจุดรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

1.5.8 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

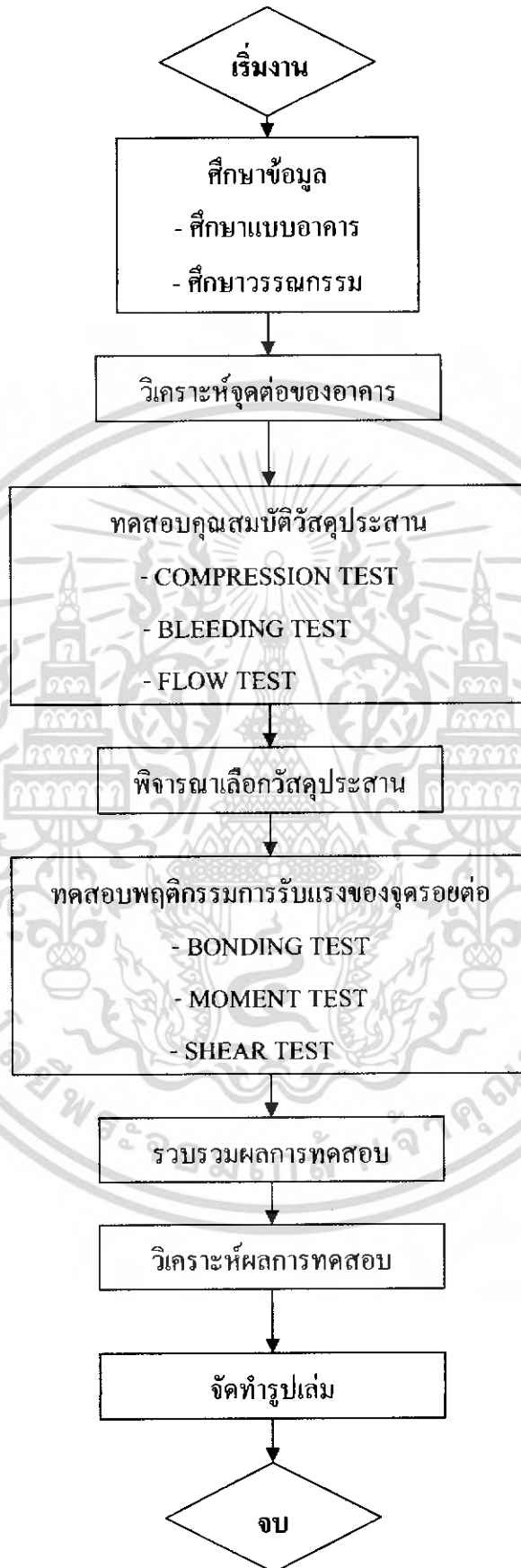
1.6.1 ส่งเสริมและพัฒนากระบวนการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป ให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการก่อสร้างอาคาร

1.6.2 ส่งเสริมและพัฒนากระบวนการก่อสร้างอุตสาหกรรมที่อยู่อาศัยระดับผู้มีรายได้น้อยให้เป็นนวัตกรรมการผลิตที่เกิดขึ้นในประเทศได้เอง ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานและข้อจำกัดที่เกิดขึ้น ซึ่งมีการควบคุมด้านคุณภาพ และด้านความมั่นคงแข็งแรง

1.6.3 ได้รูปแบบ (Model) การวางแผนงานการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการทำงานของเจ้าของโครงการ ผู้บริหารโครงการ ผู้รับเหมาก่อสร้าง และผู้เกี่ยวข้อง

1.6.4 ทำให้ทราบถึงปัญหา อุปสรรค และข้อดีข้อเสีย ของระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป การแก้ปัญหาและอุปสรรคของโครงการที่ทำการศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์กับผู้ที่จะนำระบบสำเร็จรูปไปใช้ในการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

“พรีคาสต์คอนกรีต (Precast Concrete)” คือการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในสถานที่ใดๆ (เช่น โรงงาน บริเวณที่ก่อสร้าง) ก่อนแล้วนำไปประกอบกันเป็นโครงสร้าง (Sheppard David . A, and William R. Phillips, 1989)

“พรีแฟบบริเคชัน (Prefabrication)” คืออุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตส่วนประกอบจำนวนมาก (Mass Produced Components) เพื่อก่อสร้างโดยอาศัย เครื่องมือ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ยก สำหรับปฏิบัติงาน (GmbH, Bauverlag, Wiesbaden and Berlin, 1968)

“ระบบก่อสร้างแบบหล่อในที่ (Site-Built, Conventional System)” คือ ระบบการก่อสร้างอาคารที่ทำกันมาแต่ดั้งเดิม เป็นการก่อสร้างในหน่วยงานก่อสร้างหรือพื้นที่โครงการ (On-Site) ตั้งแต่งานฐานราก งานไม้แบบ งานเทคอนกรีต งานก่อผนัง งานไม้ และงานหลังคา โดยจะมีการผลิตส่วนต่างๆของอาคารในสถานที่ก่อสร้างนั้นเลย ทำให้สามารถสร้างสรรค์รูปแบบที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวได้

2.2 สรุปวิวัฒนาการความเป็นมาของการก่อสร้างอาคารด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

การก่อสร้างอาคารคอนกรีตระบบสำเร็จรูป ได้เริ่มจากการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในการสร้างของอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่และพัฒนาเป็นระบบอุตสาหกรรม โดยสามารถสรุปย่อลำดับความเป็นมาได้ ดังนี้

ในปี ค.ศ.1891 ได้เริ่มมีการใช้คานคอนกรีตสำเร็จรูปกับอาคารคาสีโน ที่ Biarritz ประเทศฝรั่งเศส โดยบริษัท Ed. Coignet, Paris จำกัด เป็นครั้งแรก

ในปี ค.ศ.1900 ที่นิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำพื้นหลังคาคอนกรีตสำเร็จรูป ขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 5.10 เมตร และหนา 5 เซนติเมตร ติดตั้งบนคานเหล็กที่สานกันเป็นตาราง (Lattice Steel Framework)

ในปี ค.ศ.1905 ที่เพนซิลวาเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ก่อสร้างอาคาร 4 ชั้น โดยใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ในปี ค.ศ.1906 บริษัท Waycss & Freytag จำกัด ประเทศเยอรมัน ได้ก่อตั้งโรงงานผลิตเสาเข็มคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ.1907 บริษัท Edison Portland Cement จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ก่อตั้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของอาคารและในปีเดียวกันก็ได้มีวิวัฒนาการการก่อสร้างที่เรียกว่า “Tilt-up” เกิดขึ้น

ในปี ค.ศ.1912 มีการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปหลายชั้น โดยใช้เสา ผนัง และพื้นสำเร็จรูป และถือเป็นลิขสิทธิ์ระบบการก่อสร้างของ John E. Conzelman

ในปี ค.ศ.1942 บริษัท Philipp Holzman AG จำกัด ได้ก่อสร้างอาคารคอนกรีตชั้นเดียวที่มีช่วงคานยาว 7.00 เมตร และ 9.00 เมตร โดยใช้คานและเสาคอนกรีตสำเร็จรูป และจุกรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปใช้ Bolt & Nut

สำหรับในทวีปยุโรป การก่อสร้างอาคารโดยใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ได้เริ่มขึ้นหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 1

สำหรับในทวีปอเมริกา การก่อสร้างอาคารโดยใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ได้ประสบความสำเร็จอย่างแพร่หลายประมาณปี ค.ศ.1919

สำหรับในประเทศไทย ระบบการก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ได้มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลาประมาณ 40 ปี แต่ปริมาณงานยังน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณงานก่อสร้างทั้งหมด ระบบการก่อสร้างนี้ เริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศไทยมากขึ้น ตั้งแต่ที่บริษัทซีคอน จำกัด นำคานและพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร และเมื่อประมาณ 10 กว่าปีที่ผ่านมา บริษัทบางกอกแลนด์ จำกัด ได้นำระบบการก่อสร้างนี้มาใช้กับคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรม ในโครงการเมืองทองธานี ถนนแจ้งวัฒนะ และเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นเมื่อโครงการบ้านสวนชนได้นำระบบการก่อสร้างนี้มาใช้สร้างคอนโดมิเนียม จนกระทั่งในปี พ.ศ.2547 รัฐบาลมีโครงการบ้านเอื้ออาทร ดำเนินการโดยการเคหะแห่งชาติ (กคช.) ซึ่งเป็นโครงการจัดหาที่อยู่อาศัยราคาถูกให้กับประชาชน ในโครงการนี้ บริษัทอิตาเลียนไทย ดีเวลลอปเม้นต์ (มหาชน) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างรายใหญ่ ได้นำระบบการก่อสร้างนี้มาใช้ในโครงการที่ประมูลได้ โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นโครงการประเภทอาคารชุด 5 ชั้น นอกจากนี้ ยังมีโครงการของบริษัท พฤกษา เรียลเอสเตท จำกัด ก็ได้นำเทคโนโลยีนี้เข้ามาใช้กับการก่อสร้างบ้านแถว (ทาวเฮาส์) และบ้านเดี่ยวในโครงการ และมีการตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปขึ้นที่จังหวัดปทุมธานีด้วย ซึ่งนับไว้ว่าเป็นก้าวใหม่ของวงการอุตสาหกรรมก่อสร้างสำหรับประเทศไทยที่มีการสร้างโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ทันสมัยตามมาตรฐานสากลโดยเป็นการนำเข้าเทคโนโลยีจากประเทศเยอรมนีมาประยุกต์ใช้กับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

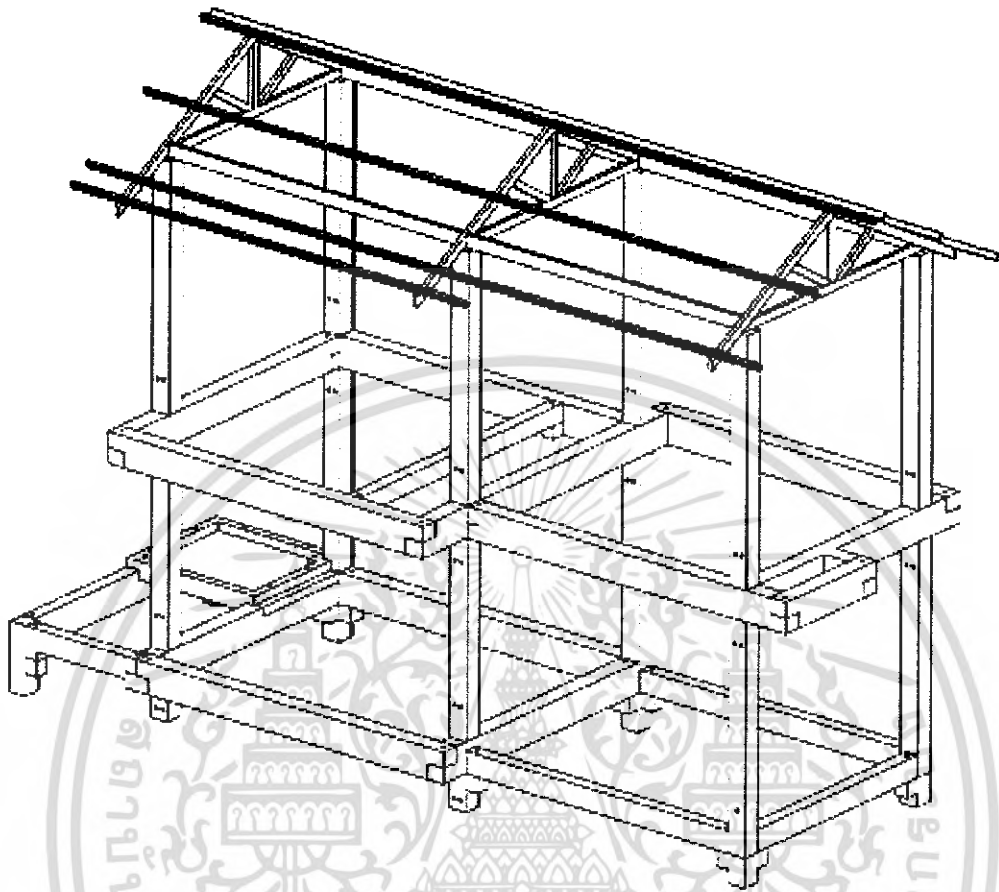
2.3 ระบบชิ้นส่วนประกอบอาคารสำเร็จรูป (Prefabrication Building Component)

การศึกษากระบวนวิธีของงานคอนกรีตสำเร็จรูป จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รูปแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป และการเชื่อมต่อ โดยที่รูปแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะหมายถึงองค์ประกอบต่างๆ ของอาคารที่ผลิตขึ้นเป็นวัสดุสำเร็จรูป อาทิ เสา คาน พื้น ผนัง และการเชื่อมต่อจะหมายถึงลักษณะการเชื่อมต่อของแต่ละชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการนำมาประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบการติดตั้งชิ้นส่วนมาตรฐานคานต่อม่อ คาน และเสาชั้นล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบโครงสร้างแบบเสา-คาน บ้านเดี่ยว 2 ชั้น

2.4 การพิจารณารูปแบบจตุรรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

จตุรรอยต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีความสำคัญมากต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง รูปแบบจตุรรอยต่อที่ได้พิจารณานำมาใช้ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1) จตุรรอยต่อแบบเปียก (Wet Joint)

จตุรรอยต่อแบบเปียก เป็นจตุรรอยต่อที่เกิดจากการเกร้าท์ (Grout) จตุรรอยต่อแบบนี้จะไม่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที ต้องรอนกว่าวัสดุมีความแข็งแรงตามข้อกำหนด จตุรรอยต่อแบบนี้ได้แก่ จตุรรอยต่อแบบการใช้เหล็ก โดเวล (Dowel) เกร้าท์

2) จตุรรอยต่อแบบแห้ง (Dry Joint)

จตุรรอยต่อแบบแห้ง เป็นจตุรรอยต่อที่เกิดจากการเชื่อมต่อวัสดุที่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที จตุรรอยต่อแบบนี้ได้แก่ จตุรรอยต่อแบบการใช้โบลท์ (Bolting), แบบการเชื่อม (Welding) จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อแบบนี้ หลังจากทำงานเสร็จแล้ว จะทำการปิดจอร์รอยต่อด้วยมอร์ต้า (Mortar) อีพอกซี (Epoxy) วัสดุกันซึม วัสดุกันสนิม อย่างใดอย่างหนึ่ง ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

2.5 หลักเกณฑ์การพิจารณาการออกแบบอาคารสำเร็จรูป

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบและการเลือกรูปแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป มีข้อกำหนดในการออกแบบ¹ ดังนี้

น้ำหนักบรรทุก ต้องพิจารณาและกำหนดให้ชัดเจนว่า การออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องรับแรงกระทำชนิดต่างๆ เท่าใด โดยน้ำหนักและแรงกระทำที่จะต้องคำนึงถึงได้แก่

- 1) น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) ซึ่งมีน้ำหนักของชิ้นส่วนคอนกรีตเอง และน้ำหนักโครงสร้างอื่นๆ ที่ชิ้นส่วนนั้นรองรับอยู่
- 2) น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เกิดจากใช้งาน
- 3) แรงอันเนื่องมาจากลม (Wind Load) ซึ่งมีทั้งในรูปแบบแรงกระทำในแนวราบและแนวตั้ง นอกจากนี้ลมอาจจะทำให้เกิดการสั่น การแกว่งหรือการโยกตัวของโครงสร้างอาคาร ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่มีชั้นความสูงมากๆ
- 4) แรงอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหว (Earthquake) ปัจจุบันสถาปนิกและวิศวกรไทยส่วนมากยังไม่คำนึงถึงแรงจากแผ่นดินไหว แต่ในอนาคตอันใกล้จะมีกฎกระทรวงบังคับให้อาคารสามารถรับแรงจากแผ่นดินไหวด้วย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยง ได้แก่จังหวัด กาญจนบุรี เชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พะเยา ลำพูน ด่านช้าง แพร่ ลำปาง
- 5) แรงจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากอุบัติเหตุ หรือแรงจากสิ่งที่ไม่คาดคิด (Vibration, Accident, Unforseen) ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปควรออกแบบให้มีส่วนเพื่อเหลือเพื่อรับแรงที่ไม่คาดคิด หรือแรงจากอุบัติเหตุทั้งขณะก่อสร้างและภายหลังการก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น แก๊สระเบิด รถชนชั้นล่างของอาคาร เครื่องบินชนอาคาร เป็นต้น

2.6 หลักเกณฑ์การพิจารณาความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร

- 1) รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร² ความแข็งแรงและความปลอดภัยเป็นเรื่องสำคัญมากในการออกแบบอาคารสำหรับการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป ดังนั้น

¹ จีรวัฒน์ ดำริอนันต์. 2536. การประยุกต์ใช้ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสำหรับอาคารสูงในกรุงเทพฯ (วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). หน้า 59-63

² ไม้วากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบอาคารคอนกรีตสำเร็จรูปให้แข็งแรงปลอดภัย ลักษณะสำคัญขึ้นอยู่กับ
กับการออกแบบบริเวณจุดรอยต่อของแต่ละชิ้นส่วน การทำจุดรอยต่อของแต่ละ
ชิ้นส่วนหลังจากก่อสร้างเสร็จแล้ว จะต้องมีความสมบัติแบบเดียวกันกับโครงสร้าง
ที่ก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ (จุดรอยต่อระบบสำเร็จรูปต้องมีความแข็งแรงไม่
น้อยกว่าจุดรอยต่อของระบบหล่อในที่) รูปแบบความมั่นคงแข็งแรงของอาคารที่
นำมาใช้ในการออกแบบ มีดังนี้

- 2) โครงสร้างเสารับ โมเมนต์ (Columns Fixed to the Foundations) ความมั่นคงแข็งแรง
ของโครงสร้างทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับเสาที่ยึดติดกับฐานราก คานที่ยึดติดกับเสาจะมี
ลักษณะเป็นจุดหมุน (Hinge)
- 3) โครงสร้างเฟรมรับ โมเมนต์ (Frames with Moment Connections) ความมั่นคง
แข็งแรงของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของจุดต่อของเสาและคาน ซึ่งมี
ความสามารถรับ โมเมนต์ด้วย ข้อเสียคือ มีความซับซ้อนในการผลิตและขนส่ง
และการติดตั้งกระทำได้ยาก
- 4) โครงสร้างผนังและคอร์รับแรง (Shear Walls and Cores) ความมั่นคงแข็งแรงของ
ระบบนี้จะมีคอร์หรือแผ่นผนังเป็นค้ำที่ทำให้ระบบนี้มีความมั่นคงแข็งแรง ซึ่ง
สามารถใช้กับอาคารสูงได้ระดับหนึ่ง จุดรอยต่อระหว่าง คาน-คาน เสา-เสา และ
คาน-เสา การออกแบบจะเป็นจุดรอยต่อแบบหมุน (Hinge) หลักการออกแบบ
ก่อสร้างสำหรับอาคารลักษณะนี้ ส่วนคอร์มักจะดำเนินการหล่อในที่ ส่วน คาน,
เสา และพื้น หรือพื้นและผนัง จะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- 5) โครงสร้างผนังรับแรงรอบอาคาร (Load Bearing Facades and Façade Tube) ความ
มั่นคงแข็งแรงขึ้นอยู่กับประสานกันเป็นกล่อของโครงสร้าง โดยให้แรงใน
แนวตั้งมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าแรงในแนวนอน
- 6) โครงสร้างผนังรับแรง (Bearing Wall Structures) ความมั่นคงแข็งแรงของ
โครงสร้างขึ้นอยู่กับน้ำหนักของโครงสร้าง โดยให้โครงสร้างรับน้ำหนักใน
แนวตั้งอย่างเดียว ไม่รับแรงดึงในแนวนอน
- 7) โคอะแกรมพื้นและหลังคา (Floor and Roof Diagrams) เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลาย
ในประเทศไทย โดยการใช้พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น ระบบพื้นแพลิ่งค์ (Plank)
ระบบพื้นฮอลโลว์ คอร์ (Hollow Core) การใช้โครงสร้างระบบนี้จะสามารถสร้าง
พื้นได้อย่างรวดเร็ว

² จาตุรงค์ วัฒนผาสุ. 2548. รายงานการวิจัยเรื่องอาคารในประเทศ : ระบบการก่อสร้างโดยวิธี Prefabrication ใน กทม.. คณะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 84-88.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8) โครงสร้างแบบเซลล์ (Cell Structures) เป็นการออกแบบโครงสร้างผนังและพื้นรวมกันเป็นห้องแล้วนำมาประกอบติดตั้ง โครงสร้างแบบเซลล์อาจเป็นการทำงานสถาปัตยกรรมที่รวมการติดตั้งระบบไฟฟ้าและประปามาเรียบร้อยแล้ว ความมั่นคงแข็งแรงจะอยู่ในรูปของระบบ Shear Wall ลักษณะของ Cell Structures ที่ทำการผลิต ได้แก่ ระฆังแบบคว่ำ (Bell Type) แบบตัวยู (U Type) แบบตัวซี (C Type)

2.7 ทฤษฎี

2.7.1. หน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยต่อหน่วยความยาวของเหล็กเสริม

กำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) เกิดจากการยึดติด (Adhesion) และแรงเสียดทาน (Friction) ของเหล็กเสริมกับวัสดุประสานที่แข็งตัวแล้ว แต่มีความยากในการวัดค่าที่แท้จริง ทั้งนี้ เพราะมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่น ขณะที่คอนกรีตได้รับการบ่มและแข็งตัว จะเกิดการหดตัว ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตลดลง ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวลดลง ถ้าคอนกรีตมีการแตกร้าวหรือน้ำซึมผ่านได้ง่ายจะทำให้เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมภายใน ซึ่งจะส่งผลต่อแรงยึดเหนี่ยวเช่นกัน นอกจากคุณสมบัติของเนื้อคอนกรีตเองแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย คือ ขนาดของเหล็กเสริม ชนิดของเหล็กเสริม ตำแหน่งของเหล็กเสริมในคอนกรีต (ทำหน้าที่รับแรงดึง แรงอัด หรือแรงดัด) การกระจายบริเวณเหล็กเสริม ช่องว่างอากาศใต้เหล็กเสริมที่เกิดจากการเข้มน คอนกรีตต้องอยู่ในสภาวะเปียกและแห้งสลับกันหรือไม่ และคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่จุดเยือกแข็งหรือไม่

$$U = u \cdot \sum O \quad (2.1)$$

โดยที่

U = แรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยต่อหน่วยความยาวของเหล็กเสริม หน่วยเป็น กก./ซม.

u = หน่วยแรงยึดเหนี่ยว หน่วยเป็น กก./ซม.²

$\sum O$ = เป็นผลรวมของเส้นรอบรูปของเหล็กเสริม หน่วยเป็น ซม.

2.7.2 โมเมนต์ดัด

หากพิจารณาเสาที่มีหูช้าง หรือแรงกระทำเอียงศูนย์กลาง ซึ่งล้วนทำให้เสามีพฤติกรรมคล้ายกันคือ ต้องรับโมเมนต์ดัด ดังรูปที่ 2.5 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{Pey}{I} \quad (2.2)$$

โดยที่

σ = ความเค้น หน่วยเป็น กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร

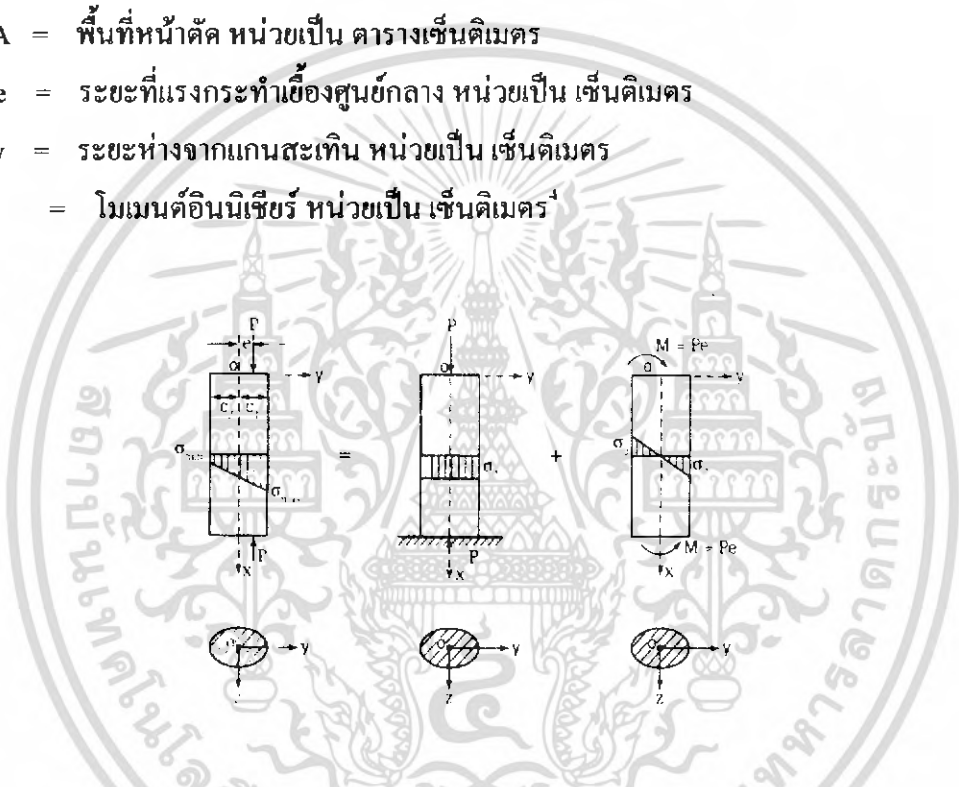
P = แรงที่มากระทำ หน่วยเป็น กิโลกรัม

A = พื้นที่หน้าตัด หน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร

e = ระยะที่แรงกระทำเยื้องศูนย์กลาง หน่วยเป็น เซนติเมตร

y = ระยะห่างจากแกนสะเทิน หน่วยเป็น เซนติเมตร

I = โมเมนต์อินเนอร์เซีย หน่วยเป็น เซนติเมตร⁴



รูปที่ 2.5 แสดงเสาสันรับแรงเยื้องศูนย์กลาง

2.7.3 โครงสร้างที่ไม่มีการเซ

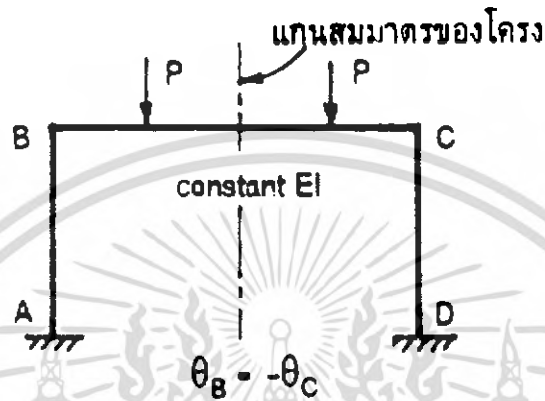
เมื่อ Frames มีค้ำยันที่ เพียงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกทุก Frame ก็จะไม่เกิดการเซหรือเอียงเทไปข้างใดข้างหนึ่ง เพราะฉะนั้น การสมมติของ Frame จะไม่มีการบิดหรือหดตัวตามแนวแกนของชิ้นส่วน ดังนั้นการวิเคราะห์ โครงสร้างจะวิเคราะห์โดยวิธี Slope Deflection Equation ซึ่งจะมีเพียงที่รอยต่อ (joint) ที่เกิดการหมุนที่เป็นตัวมีรูค่า และสามารถหาสมการสมดุลทาง โมเมนต์ที่เรียกว่า Joint Equation

$$M_{AB} = \frac{2EI}{L} \left(2\theta_A + \theta_B - \frac{3\Delta}{L} \right) + FEM_{AB} \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L} \left(2\theta_B + \theta_A - \frac{3\Delta}{L} \right) + FEM_{BA} \quad (2.4)$$

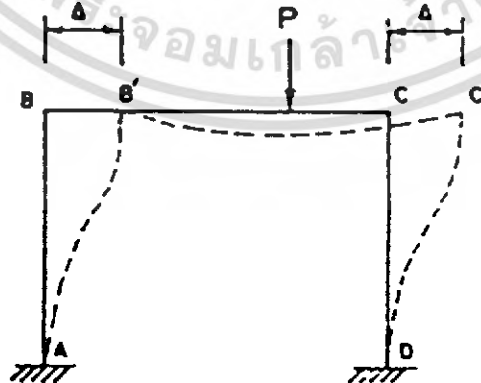
Fig. $\frac{3\Delta}{L} = 0$



รูปที่ 2.6 แสดง Frame without sidesway

2.7.4 โครงสร้างที่มีการเซ

โครงข้อแข็งไม่มีการขยับทางด้านข้างไว้เพียงพอ หรือมีน้ำหนักบรรทุกกระทำต่อโครงสร้างไม่สมมาตร ซึ่งทำให้เกิดการเซในแนวราบ ซึ่งค่าโมเมนต์คัตที่จุดต่อหาได้จากสมการที่ 2.3 และ 2.4 โดยที่ $\frac{3\Delta}{L} \neq 0$



รูปที่ 2.7 แสดง Frame sidesway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงผลการเซไปด้านข้างด้านขวา แสดงด้วยเส้นโค้งฮิสเทรีติก จะเห็นการเคลื่อนจาก B และ C เป็น B' และ C' เป็นระยะ Δ ในแนวราบ การเซดังกล่าว ถ้าอยู่ในช่วงฮิสเทรีติกถือว่ามีค่าน้อยมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความยาวจากแรงตามแกนก็จะมีค่าน้อยมากเช่นกัน ฉะนั้น ทำการเซของจุด B และ C เท่ากัน และการเคลื่อนที่ของจุดทั้งสองในแนวตั้งมิได้เกิดขึ้น เพราะฉะนั้น สมการ Slope Deflection ที่กล่าวข้างต้นก็สามารถนำมาวิเคราะห์ ได้เป็นอย่างดีเช่นกัน

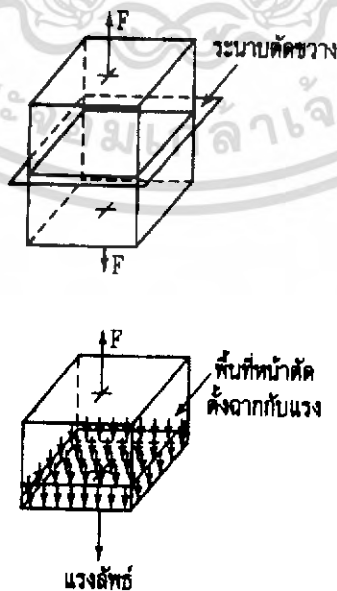
2.7.5 หน่วยแรงเค้น (stress)

แรงภายนอกกระทำผ่านแนวแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัด วัตถุประสงค์การกระจายของแรงภายในที่ด้านแรงภายนอกก็จะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่หน้าตัด เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดที่มีแรงเค้นเกิดขึ้นมีทิศทางตั้งฉากกับแรงภายนอก จึงเรียกแรงเค้นตั้งฉาก (normal stress) ดังรูปที่ 2.8 และ 2.9

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.5)$$

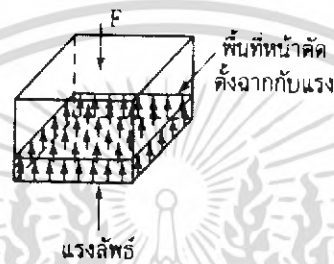
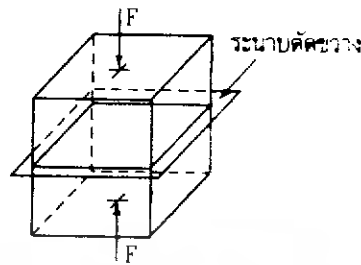
โดยที่

- σ = หน่วยแรงเค้น หน่วยเป็น กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร
- P = แรงที่มากระทำ หน่วยเป็น กิโลกรัม
- A = พื้นที่หน้าตัดตั้งฉากกับแนวแรง หน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 2.8 แสดงหน่วยแรงเค้นตั้งฉาก
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการวิจัย ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำหนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 แสดงหน่วยแรงเค้นอัด

2.7.6 หน่วยแรงเฉือน (shear stress)

เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ โดยพยายามให้วัสดุขาดออกจากกันตามแนวระนาบที่ขนานทิศทางของแรง จะเกิดแรงภายในต้านทานแรงภายนอกบนระนาบนั้น เราเรียกแรงนี้ว่าแรงเฉือน (shear force) ถ้าแรงเฉือนหารพื้นที่หน้าตัด เรียกว่า ความเค้นเฉือน (shear stress) ดังรูปที่ 2.10

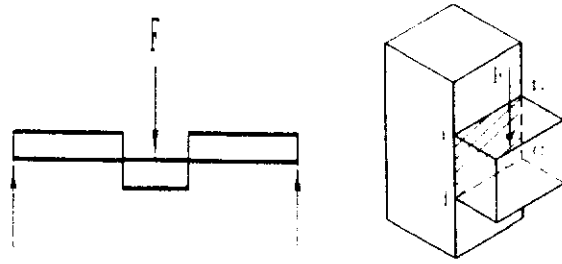
$$\tau = \frac{P}{A} \quad (2.6)$$

โดยที่

- τ = หน่วยแรงเฉือน หน่วยเป็น กิโลกรัม ต่อ ตารางเซ็นติเมตร
- P = แรงที่มากระทำ หน่วยเป็น กิโลกรัม
- A = พื้นที่หน้าตัดขนานกับแนวแรง หน่วยเป็น ตารางเซ็นติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62734



รูปที่ 2.10 แสดงหน่วยแรงเดือน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดสอบความแข็งแรงของจุกรอยต่อโครงสร้าง ซึ่งในระบบโครงสร้างอาคารระบบขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ความแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นอยู่กับจุกรอยต่อที่ทำหน้าที่เสมือนจุกรอยต่อโครงสร้างระบบหล่อในที่

3.1 วิธีการทดสอบวัสดุประสาน (Test for Grouting Materials)

การทดสอบวัสดุประสาน จะทำการทดสอบ 3 ประเด็นหลัก คือ

- 1) ทดสอบกำลังรับแรงอัด
- 2) ทดสอบอัตราการคายน้ำ
- 3) ทดสอบคุณสมบัติการไหล

3.1.1 ทดสอบหากล้างรับแรงอัดของวัสดุประสาน (Test for Compressive Strength of Cement Materials)

3.1.1.1 ทดสอบหากล้างรับแรงอัดของวัสดุประสานของซีเมนต์มอร์ต้า (Test for Compressive Strength of Cement Mortar)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบหากล้างรับแรงอัดของวัสดุประสาน โดยการหล่อก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ เปรียบเทียบความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น หรือที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณของน้ำผสม วิธีการผสม และระยะเวลาของการบ่ม
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 109-92
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) ปูนซีเมนต์
 - (2) น้ำ
 - (3) ทราย
 - (4) เครื่องชั่งแบบ Electronic Balance
 - (5) ที่ตัก (Scoop)
 - (6) เครื่องผสม (Mixer)
 - (7) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (8) แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม.¹
- (9) น้ำมันทาแบบหล่อ
- (10) เกรียงปาด (Trowel)
- (11) ไม้กระทุ้ง
- (12) เครื่องทดสอบกำลังอัด Universal Testing Machine (UTM)



รูปที่ 3.1 แสดงแบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 ซม.³

4) วิธีการทดสอบ

- (1) ตรวจสอบการเรียงขนาดของเม็ดทราย โดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาด คือ เบอร์ 100 , 50 , 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้ำบนตะแกรง ประมาณ 98±2 , 75±5, 2±2 และ 0 ตามลำดับ หลังจากนั้นให้นำตัวอย่างมาทำการแบ่งสี่ (Quartering) เพื่อให้ได้ตัวอย่างตามต้องการ
- (2) การเตรียมอัตราส่วนของซีเมนต์และทรายมาตรฐาน โดยใช้อัตราส่วน 1 : 1 และ ใช้ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% และ 44 % การหาน้ำหนักทรายมาตรฐานที่จะนำมาทำการผสมมีอยู่ 2 แบบ คือ
 - นำทรายที่มีการอิมตัวแล้วมาผสม
 - นำทรายขึ้นมาคำนวณให้เป็นทรายอิมตัวก่อน

สูตรการคำนวณ

$$(1-A) \times W_1 = W_2 \quad (3.1)$$

$$(A-B) \times W_2 = W_3 \quad (3.2)$$

$$W-W_3 = W_4 \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

A=ความชื้นของทราย

B=ค่าการดูดซับ

W=ปริมาณน้ำที่ได้จากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c)

W₁=น้ำหนักของทราย

W₂=น้ำหนักของทรายแห้ง

W₃=ปริมาณน้ำส่วนเกิน

W₄=ปริมาณน้ำที่ใช้ (สุทธิ)

(3) ผสมซีเมนต์มอร์ต้าด้วยเครื่องผสม โดยมีวิธีการผสม 2 แบบ คือ

(3.1) วิธีการผสมครั้งเดียว (Single Mixing)

(3.1.1) เทน้ำทั้งหมดลงในหม้อผสม

(3.1.2) เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิทช์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ (140±5 rpm) เป็นเวลา 30 วินาที

(3.1.3) เติมทรายที่เตรียมไว้ลงไป ในหม้อผสมช้าๆ โดยที่ยังคงเดินเครื่องด้วยความเร็วเท่าเดิม เททรายให้ภายใน 30 วินาที

(3.1.4) หยุดเครื่อง และเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง (285±10rpm) เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที

(3.1.5) หยุดเครื่องอีก เพื่อพักมอร์ต้าไว้ 90 วินาที โดยที่ภายใน 15 วินาทีแรกให้รีบปาดส่วนที่เกาะข้างๆหม้อ ผสมลงให้หมด แล้วปิดฝา

(3.1.6) เมื่อครบเวลาพัก จึงเดินเครื่องต่อด้วยความเร็วปานกลางเท่าเดิมต่อไปอีก 30 วินาที เป็นอันจบกระบวนการผสมมอร์ต้า

(3.2) วิธีการผสมซ้ำ (Double Mixing)

(3.2.1) เทน้ำส่วนที่หนึ่งลงในหม้อผสม

(3.2.2) เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิทช์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ (140±5 rpm) เป็นเวลา 30 วินาที

(3.2.3) เทน้ำส่วนที่เหลือลงในหม้อผสม

(3.2.4) เปิดสวิทช์เดินเครื่องด้วยความเร็วปานกลาง (285±10rpm) เป็นเวลา 60 วินาที

(3.2.5) เติมทรายที่เตรียมไว้ลงไป ในหม้อผสมช้าๆ โดยที่ยังคงเดินเครื่องความเร็วเท่าเดิม เททรายให้ภายใน 120 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (3.2.6) หยุดเครื่อง และเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง ($285 \pm 10 \text{rpm}$) เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที
- (3.2.7) หยุดเครื่องอีก เพื่อพักมอร์ดำไว้ 90 วินาที โดยที่ภายใน 15 วินาทีแรกให้รีบปาดส่วนที่เลอะข้างๆหม้อผสมลงให้หมด แล้วปิดฝา
- (3.2.8) เมื่อครบเวลาพัก จึงเดินเครื่องต่อด้วยความเร็วปานกลางเท่าเดิมต่อไปอีก 30 วินาที เป็นอันจบกระบวนการผสมมอร์ดำ
- (4) เสร็จแล้วนำซีเมนต์มอร์ดำบรรจุในแบบหล่อ หลังจากชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่วแล้วจึงใส่ซีเมนต์ลงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแบบหล่อ (1°) ระยะเวลาเสร็จสิ้นถึงจุดนี้ ควรใช้เวลาไม่เกิน $2 \frac{1}{2}$ นาที แล้วใช้แท่งกระทุ้งมาตรฐาน กระทุ้งให้ได้ 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ
- (5) จากนั้นใส่ซีเมนต์มอร์ดำลงในแบบที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้ผ้าชุบน้ำพอหมาดๆคลุม และตั้งทิ้งไว้เฉยๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$
- (6) ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 24 ชม., 3 วัน, 7 วัน และ 28 วัน ตามลำดับการนำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำ หากนำมาก่อนเวลาทดสอบ 24 ชม. ให้คลุมด้วยผ้าหมาดไว้จนถึงเวลาทดสอบ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ก่อนนำตัวอย่างเข้าทดสอบให้วัดขนาดหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อน แล้วบันทึกไว้
- (7) การทดสอบแท่งตัวอย่าง ให้เดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงอัดอย่างสม่ำเสมอกระทั่งแท่งตัวอย่างแตก เวลาที่นับจากการเริ่มให้แรงอัดแท่งตัวอย่างจนกระทั่งแตกจะต้องอยู่ในช่วงเวลา 20 – 80 วินาที
- (8) การนำตัวอย่างเข้าทำการทดสอบตามข้อ (7) ตัวอย่างทดสอบจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนของอายุที่ยอมให้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของอายุตัวอย่างทดสอบที่ยอมรับ

อายุตัวอย่างทดสอบ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ
1 วัน	± 1/2 ชั่วโมง
3 วัน	± 1 ชั่วโมง
7 วัน	± 3 ชั่วโมง
28 วัน	± 12 ชั่วโมง

ที่มา : ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ หน้า 59

(9) ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ซีเมนต์มอร์ต้าหาได้จากสมการ

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (3.4)$$

โดยที่

f_c = กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย มีหน่วยเป็น กก./ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว.

P = แรงอัด มีหน่วยเป็น กก.หรือปอนด์

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ตร.ซม.หรือ ตร.นิ้ว

โดยให้คิดจากขนาดเดิมคือ 5 × 5 ซม. แต่หากหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบจริงคลาดเคลื่อนเกินกว่า 1.5% ให้ใช้พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างทดสอบ

3.1.1.2 ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุประสานของซีเมนต์เพสต์ (Test for Compressive Strength of Cement Paste)

- 1) วัสดุประสาน: เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุประสานโดยการหล่อก้อนคอนกรีตทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 5×5×5 ซม.³ เปรียบเทียบความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นหรือที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณของน้ำผสม วิธีการผสม และระยะเวลาของการบ่ม
- 2) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) ปูนซีเมนต์
 - (2) น้ำ
 - (3) เครื่องชั่งแบบ Electronic Balance
 - (4) ที่ตัก (Scoop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (5) เครื่องผสม (Mixer)
- (6) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)
- (7) แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม.³
- (8) น้ำมันทาแบบหล่อ
- (9) เกรียงปาด (Trowel)
- (10) ไม้กระทุ้ง
- (11) เครื่องทดสอบกำลังอัด Universal Testing Machine (UTM)

3) วิธีการทดสอบ

- (1) ผสมซีเมนต์เพสต์ด้วยเครื่องผสมใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% และ 44 % โดยมี

วิธีการผสม 2 แบบ คือ

(1.1) วิธีการผสมครั้งเดียว (Single Mixing)

(1.1.1) เทน้ำทั้งหมดลงในหม้อผสม

(1.1.2) เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิทช์ด้วยความเร็วต่ำ (140 ± 5 rpm) เป็นเวลา 30 วินาที

(1.1.3) หยุดเครื่อง และเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง (285 ± 10 rpm) เดินเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที 30 วินาที

(1.2) วิธีการผสมซ้ำ (Double Mixing)

(1.2.1) เทน้ำส่วนที่หนึ่งลงในหม้อผสม

(1.2.2) เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิทช์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ (140 ± 5 rpm) เป็นเวลา 30 วินาที

(1.2.3) เทน้ำส่วนที่เหลือลงในหม้อผสม

(1.2.4) เปิดสวิทช์เดินเครื่องด้วยความเร็วปานกลาง (285 ± 10 rpm) เป็นเวลา 60 วินาที

(1.2.5) หยุดเครื่องและเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง (285 ± 10 rpm) เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที

(1.2.6) หยุดเครื่องอีก เพื่อพักซีเมนต์เพสต์ไว้ 90 วินาที โดยที่ภายใน 15 วินาทีแรกให้รีบปาดส่วนที่เลอะข้างๆหม้อผสมลงให้หมด แล้วปิดฝา

(1.2.7) เมื่อครบเวลาพัก จึงเดินเครื่องต่อด้วยความเร็วปานกลางเท่าเดิมต่อไปอีก 30 วินาที เป็นอันจบกระบวนการผสมซีเมนต์เพสต์

- (2) เสร็จแล้วนำซีเมนต์เพสต์บรรจุในแบบหล่อ หลังจากชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่ว

แล้วจึงใส่ซีเมนต์ลงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแบบหล่อ (1) ระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสร็จสิ้นถึงจุดนี้ ควรใช้เวลาไม่เกิน $2\frac{1}{2}$ นาที แล้วใช้แท่งกระทุ้งมาตรฐาน กระทุ้ง

ให้ได้ 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ

- (3) จากนั้นใส่ซีเมนต์เพสต์ลงในแบบที่เหลือนจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้ผ้าชุบน้ำพอหมาดๆคลุม และตั้งทิ้งไว้เฉยๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ $23\pm 1.7^{\circ}\text{C}$
- (4) ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 24 ชม. , 3 วัน, 7 วัน และ 28 วัน ตามลำดับการนำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำ หากนำมาก่อนเวลาทดสอบ 24 ชม. ให้คลุมด้วยผ้าหมาดไว้จนถึงเวลาทดสอบ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ก่อนนำตัวอย่างเข้าทดสอบให้วัดขนาดหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อน แล้วบันทึกไว้
- (5) การทดสอบแท่งตัวอย่าง ให้เดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงอัดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งแท่งตัวอย่างแตก เวลาที่นับจากการเริ่มให้แรงอัดแท่งตัวอย่างจนกระทั่งแตกจะต้องอยู่ในช่วงเวลา 20 – 80 วินาที
- (6) การนำตัวอย่างเข้าทำการทดสอบตามข้อ(5)ตัวอย่างทดสอบจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนของอายุที่ยอมให้
- (7) ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ซีเมนต์เพสต์ หาได้จากสมการที่ 3.4

3.1.1.3 ทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของวัสดุประสานของสารไม่หดตัว (Test for Compressive Strength of Nonshrink)

- 1) วัสดุประสมค์ : เพื่อทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของวัสดุประสาน โดยการหล่อก้อนคอนกรีตทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด $5\times 5\times 5\text{ ซม.}^3$ เปรียบเทียบความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นหรือที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณของน้ำผสม วิธีการผสม และระยะเวลาของการบ่ม
- 2) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) สาร Nonshrink
 - (2) น้ำ
 - (3) เครื่องชั่งแบบ Electronic Balance)
 - (4) ที่ตัก (Scoop)
 - (5) เครื่องผสม (Mixer)
 - (6) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)
 - (7) แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด $5\times 5\times 5\text{ ซม.}^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสาร (8) นำมันทำแบบหล่อใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(9) เครื่องปาด (Trowel)

(10) ไม้กระทุ้ง

(11) เครื่องทดสอบกำลังอัด Universal Testing Machine (UTM)

3) วิธีการทดสอบ

(1) ผสมสารไม่หดรตัว ด้วยเครื่องผสมโดยวิธีการผสมครั้งเดียว (Single Mixing) ใช้ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

(1.1) เทน้ำทั้งหมดลงในหม้อผสม

(1.2) เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิตซ์ด้วยความเร็วต่ำ (140 ± 5 rpm) เป็นเวลา 30 วินาที

(1.3) หยุดเครื่อง และเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง (285 ± 10 rpm) เดินเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที 30 วินาที

(2) เสร็จแล้วนำสารไม่หดรตัว บรรจุในแบบหล่อ หลังจากชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่วแล้วจึงใส่สารไม่หดรตัวลงประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแบบหล่อ(1) ระยะเวลาเสร็จสิ้นถึงจุดนี้ควรใช้เวลาไม่เกิน $2 \frac{1}{2}$ นาที แล้วใช้แท่งกระทุ้งมาตรฐาน กระทุ้งให้ได้ 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ

(3) จากนั้นใส่สารไม่หดรตัว ลงในแบบที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้ผ้าชุบน้ำพอหมาดๆคลุม และตั้งทิ้งไว้เฉยๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไป บ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$

(4) ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 24 ชม. , 3 วัน, 7 วัน และ 28 วัน ตามลำดับการ นำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำ หากนำมาก่อนเวลาทดสอบ 24 ชม. ให้คลุมด้วยผ้าหมาดไว้ จนถึงเวลาทดสอบ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ก่อนนำตัวอย่างเข้าทดสอบให้วัดขนาดหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อน แล้วบันทึกไว้

(5) การทดสอบแท่งตัวอย่าง ให้เดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงอัดอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่ง แท่งตัวอย่างแตก เวลาที่นับจากการเริ่มให้แรงอัดแท่งตัวอย่างจนกระทั่งแตก จะต้องอยู่ในช่วงเวลา 20 - 80 วินาที

(6) การนำตัวอย่างเข้าทำการทดสอบตามข้อ(5)ตัวอย่างทดสอบจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนของอายุที่ยอมรับ

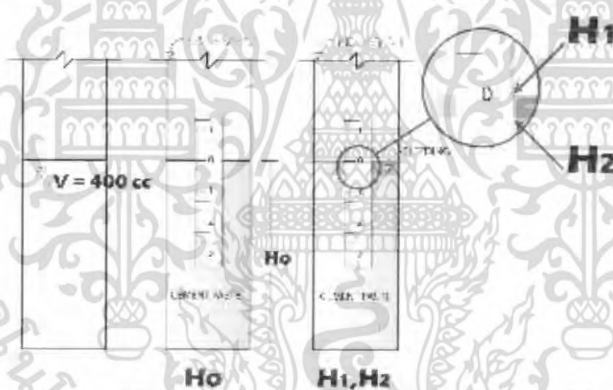
(7) ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) สารไม่หดรตัว หาได้จากสมการที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ทดสอบหาอัตราการคายน้ำของวัสดุประสาน (Test for Bleeding of Material)

- 1) วัสดุประสังค์: เพื่อทดสอบอัตราการคายน้ำของวัสดุประสาน
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM : C 323-92
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) วัสดุประสานที่เตรียมไว้
 - (2) ถูพลาสติกทรงกระบอกที่มีเส้นบอกระดับ
 - (3) เชือกมัดสำหรับแขวนถูพลาสติก
 - (4) Beaker สำหรับเทวัสดุประสานใส่ถูพลาสติก
 - (5) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)
- 4) วิธีการทดสอบ

นำตัวอย่างที่เตรียมตามวิธีการข้างต้น ทำการเทลงในชุดทดสอบการ Bleeding ที่ได้เตรียมไว้ ดังในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการวัดค่า Bleeding ของน้ำที่ผิวหน้าของชิ้นส่วน

ในขั้นตอนการเตรียมจะทำเครื่องหมายไว้ที่ชุดทดสอบ ซึ่งระยะที่ทำเครื่องหมายในชุดทดสอบ Bleeding จะอยู่ที่ระดับปริมาตรของวัสดุประสานประมาณ 400 มล. หลังจากเทเสร็จให้นำแผ่น Scale ที่มีความละเอียดถึง 1 มม. ติดที่ผิวภายนอกของชุดทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยให้ค่า 0 อยู่ที่ผิวบนของซีเมนต์ หลังจากนั้นทำการแขวนชุดทดสอบ bleeding ทิ้งไว้ แล้วทำการจดบันทึกค่าทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งไม่มีการเี่ยมของน้ำเพิ่มขึ้น หรือเวลาผ่านไปอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ซึ่งในการบันทึกค่าให้อ่านค่าระดับ 2 ตำแหน่ง คือที่ระดับบนของผิวหน้าที่เี่ยมและที่ระดับผิวหน้าของวัสดุประสานแล้วจึงบันทึกค่าให้เป็น H_1 และ H_2 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่จดบันทึกได้ จะนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิด bleeding ดังสมการข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Bleeding (\%)} = \frac{H_1 - H_2}{H_0} \times 100 \quad (3.5)$$

โดยที่

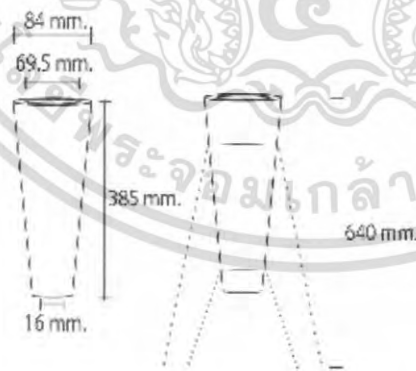
H_0 = ความสูงของวัสดุประสานที่ปริมาตร 400 มล.

H_1 = ความสูงที่ระดับผิวน้ำของตัวอย่างทดสอบ

H_2 = ความสูงที่ระดับผิวของวัสดุประสาน

3.1.3. ทดสอบหาคคุณสมบัติการไหลของวัสดุประสาน (Test for Flow of Material)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบหาคคุณสมบัติการไหลของวัสดุประสาน
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : JSCE-F 531-199
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) วัสดุประสานที่เตรียมไว้
 - (2) ชุดทดสอบการไหลเป็นกรวยเหล็กสูง 385 มม.
 - (3) เกรียงปาด (Trowel)
 - (4) Beaker สำหรับเทวัสดุประสานใส่สูงพลาสติก
 - (5) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch)



รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์การทดลอง JSCE-F 531-199

4) วิธีการทดสอบ

(1) เตรียมสารตัวอย่าง ซีเมนต์เพสต์, ซีเมนต์มอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (2) ดัดตั้งเครื่องมือ Flow Cone ให้ได้ระดับ แล้วทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด
- (3) เริ่มทดสอบโดยนำมืออุดรูด้านล่างของ Flow Cone เทสารตัวอย่างจนเต็ม Flow Cone แล้วปาดหน้าให้เรียบ
- (4) ทำการจับเวลาการไหลของสาร ตั้งแต่เริ่มปล่อยมือ จนสารไหลออกมาจนหมด(ลักษณะออกมาเป็นสายจนกระทั่งขาดคอน)
- (5) บันทึกเวลา แล้วทำเช่นซ้ำอีก 2-3 ครั้ง

3.2 วิธีการทดสอบความแข็งแรงของจุกรอยต่อโครงสร้าง

การทดสอบความแข็งแรงของจุกรอยต่อโครงสร้าง จะทำการทดสอบ 5 ประเด็นหลัก คือ

- 1) ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสำเร็จรูป (Test for Compressive Strength)
- 2) ทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของจุกรอยต่อ (Test for Setting Time of Joint)
- 3) ทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อ (Test for Bonding Strength of Joint)
- 4) ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อ (Test for Flexural Strength of Joint)
- 5) ทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจุกรอยต่อ (Test for Shear Strength of Joint)

3.2.1 ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสำเร็จรูป (Test for Compressive Strength)

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสำเร็จรูปจะต้องทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตซึ่งการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมที่จะนำมาคำนวณหาอัตราส่วนผสมของคอนกรีต

3.2.1.1 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

3.2.1.1.1 ทดสอบหาปริมาณความชื้นของมวลรวม (Test for Total Moisture Content of Aggregate by Drying)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบหาอัตราของความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในมวลรวม โดยการทำให้มวลรวมแห้งด้วยการเผา ซึ่งจะทำได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมสำหรับชั่งผสมคอนกรีต
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 566 – 89
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) มวลรวม ใช้ประมาณ 2-6 กก. สำหรับมวลรวมหยาบ และประมาณ 0.5-1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับมวลรวมละเอียดศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (2) คาชั่ง ที่วัดละเอียดถึง 0.1 %
- (3) ตู้อบ
- (4) ภาชนะบรรจุตัวอย่าง เช่น ปี๊ป
- (5) แท่งเหล็กสำหรับคนมวลรวม

4) วิธีการทดสอบ

- (1) ชั่งน้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมชิ้นที่จะนำมาทดสอบ แล้วตวงภาชนะวางบนเตาเผา ใช้แท่งเหล็กคนให้ทั่ว
- (2) เมื่อมวลรวมแห้งสนิทแล้ว นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
- (3) ปริมาณความชื้นที่อยู่ในมวลรวมจะหาได้จากสูตร

$$P = \frac{100(W - D)}{D} \quad (3.6)$$

โดยที่
 P = ปริมาณความชื้น
 W = น้ำหนักมวลรวมก่อนเผา
 D = น้ำหนักมวลรวมหลังเผา

3.2.1.1.2 ทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ(Test for Unit Weight and Voids in Coarse Aggregate)

- 1) วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบหาน้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร ทั้งในสภาพที่อัดตัวแน่นและหลวมตัวไม่ว่าจะเป็นทราย หิน หรือมวลรวมผสมก็ตาม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 29M – 91a
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) มวลรวม เตรียมไว้ประมาณ 125 - 200% ของจำนวนที่ต้องการนำไปอบเตาอบภายใต้อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
 - (2) คาชั่ง ความละเอียด 0.1%
 - (3) เหล็กกระทง เป็นเหล็กกลม ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาวประมาณ 60 ซม. มีปลายกระทงมนเป็นลักษณะครึ่งวงกลม
 - (4) ภาชนะสำหรับวัดหน่วยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 4) วิธีการทดสอบ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1) การหาหน่วยน้ำหนักของน้ำ

- (1) เตรียมน้ำใส่ภาชนะให้เต็มและทำให้ไม่มีฟองอากาศอยู่เลย พร้อมปิดฝาด้วยแผ่นกระจกใส
- (2) วัดอุณหภูมิของน้ำเพื่อนำไปคำนวณหาหน่วยน้ำหนักโดยเทียบจากตารางที่ 3.2
- (3) หาค่าแฟคเตอร์ (ความจุ) ของภาชนะ โดยการหารหน่วยน้ำหนักของน้ำในภาชนะด้วยหน่วยน้ำหนักน้ำ

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิ		กก./ลบ.ม.	ปอนด์/ลบ.ฟ.
°F	°C		
60.0	15.6	99.01	62.366
65.0	18.3	998.53	62.336
70.0	21.1	997.97	62.301
73.4	23.0	997.53	62.274
75.0	23.9	997.32	62.261
80.0	26.7	996.60	62.216
85.0	29.4	995.80	62.166

ที่มา : ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ หน้าที่ 91

4.2) การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักเมื่อมวลรวมอัดตัวแน่น

- (1) โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง (Rodding procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโคสคูไม่เกิน 37.5 มม. (1 1/2")
 - (1.1) เทมวลรวมที่จะทดสอบลงในภาชนะที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ให้แต่ละส่วนหนาประมาณ 1/3 ของความสูงของภาชนะ เกลี่ยผิวหน้าให้เรียบและใช้เหล็กกระทุ้งๆ ให้เกือบถึงด้านล่าง โดยแผ่กระจายให้ทั่วผิวหน้ารวม 25 ครั้ง จากนั้นเติมมวลรวมลงไปอีกเป็นชั้นที่สอง ทำการกระทุ้งเช่นเดียวกันและเติมลงไปอีกเป็นชั้นสุดท้าย กระทุ้งอีก 25 ครั้ง เสร็จแล้วให้ปาดผิวหน้าของมวลรวมให้เรียบเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้กับเนวอบบ่นของภาชนะอย่าให้บุ่มหรือโปนเป็นอันขาด ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.2) ชั่งน้ำหนักภาชนะที่บรรจุมวลรวมดังกล่าว เพื่อคำนวณหาน้ำหนักเฉพาะของมวลรวมโดยแท้ โดยชั่งให้ได้ความละเอียดถึง 0.1 % แล้วคูณด้วยแฟกเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก) จะได้ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวแน่น

(2) โดยวิธีการกระแทกภาชนะ (Jigging procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโคเกินกว่า 37.5 มม. แต่ไม่เกิน 150 มม. (6")

(2.1) แบ่งเทมวลรวมใส่ภาชนะเป็น 3 ชั้น เช่นเดียวกับวิธีใช้เหล็กกระทุ้งแต่วิธีนี้ภาชนะควรถูกนำมาวางบนพื้นที่แข็ง เช่น พื้นคอนกรีต เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเมื่อเทมวลรวมแต่ละชั้นแล้วเอียงภาชนะ เพื่อให้ด้านตรงข้ามสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 50 มม. และปล่อยให้ตกลงกระแทกพื้น เป็นจำนวน 25 ครั้ง เสร็จแล้วเอียงกลับมาอีกด้านหนึ่งเพื่อให้ด้านที่ติดพื้นตอนแรกนั้นยกลอยขึ้นมา 50 มม.บ้าง และปล่อยให้ตกกระทบพื้นอีก 25 ครั้ง เช่นเดียวกัน ทำเช่นนี้ทั้ง 3 ชั้น จึงปาดผิวหน้ามวลรวมให้เรียบไม่ให้ฟูหรือบวมแล้วนำไปชั่ง

(2.2) เมื่อได้น้ำหนักที่แท้ของมวลรวมแล้ว คูณด้วยแฟกเตอร์ที่หาได้ในข้อ 4.1) ก็จะได้ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวแน่นเช่นเดียวกัน

4.3) การหาค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

(1) แฟกเตอร์หรือความจุของภาชนะ หาได้จากสมการ

$$V = \frac{W_w}{R_w} \quad (3.7)$$

โดยที่

V = ความจุภาชนะ, ลบ.ม.

W_w = น้ำหนักของน้ำในภาชนะ, กก./ลบ.ม.

R_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน, กก./ลบ.ม.

(2) หน่วยน้ำหนักของมวลรวม หาได้จากสมการ

$$R_a = \frac{W_a}{V} \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

R_a = หนักน้ำหนักของมวลรวม, กก./ลบ.ม.

W_w = หนักน้ำหนักสุดท้ายของมวลรวม, กก.

V = ความจุของภาชนะ, ลบ.ม.

4.4) การหาค่าปริมาณช่องว่าง (Void Content) โดยอาศัยค่าหนักน้ำหนักของมวลรวมที่คำนวณได้จากข้อ 4.3) และนำมาหาค่าปริมาณช่องว่างได้จากสมการ

$$\%voidcontent = \frac{100[(S \times R_w) - R_a]}{(S \times R_w)} \quad (3.9)$$

โดยที่

S = ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม (ขณะวัสดุแห้งสนิท)

R_w = หนักน้ำหนักของน้ำที่อุณหภูมิ 18.3 °C

= 998 กก./ลบ.ม.

R_a = หนักน้ำหนักของมวลรวม, กก./ลบ.ม.

3.2.1.1.3 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวม (Test for Specific Gravity and Absorbtion of Aggregate)

3.2.1.1.3.1 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด (Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggregate)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมละเอียด เช่น ทราย ภายใต้สภาวะอิ่มตัวแห้ง
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 127 – 93
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) ทรายที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัว
 - (2) พิก โนมิเตอร์
 - (3) ดาซิ่ง ที่วัดละเอียดถึง 0.1 %
 - (4) เครื่องวัดอุณหภูมิ

(5) เตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) โดแก้วกันความชื้น

4) วิธีการทดสอบ

(1) แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆกัน ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า แทนด้วย B

(2) นำทรายอีกส่วนหนึ่งเข้าเตาอบให้แห้งสนิทประมาณ 1 ชม. แล้วใส่โดแก้วกันความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า แทนด้วย A

(3) เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิลงขวดพิคโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ $\frac{1}{4}$ ของขวด นำทรายส่วน B ลงไป คนให้ทั่วจากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็ม แล้วจึงปิดฝา ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า แทนด้วย W

(4) จากนั้นจึงนำค่าต่างๆ มาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท)} = \frac{A}{W_c + B - W} \quad (3.10)$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวแห้ง)} = \frac{B}{W_c + B - W} \quad (3.11)$$

$$\text{อัตราการดูดซึม} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (3.12)$$

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวแห้ง

W_c = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

3.2.1.1.3.2 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ(Test for

Specific Gravity and Absorbtion of Coarse Aggregate)

1) วัตถุประสงค์: เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมหยาบ เพื่อใช้

ออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต วิธีนี้ เรียกว่า Suspension Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 127 – 93

3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

(1) ทรายที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัว

(2) ตะกร้าลวดตาข่าย เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. สูงประมาณ 60 ซม.

(3) คาชั่ง ขนาดใหญ่

(4) ถังบรรจุน้ำสะอาด

(5) เตายอบ

(6) โถแก้วกันความชื้น

4) วิธีการทดสอบ

(1) เตรียมวัสดุที่จะนำมาทำการทดสอบ ด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหลุดออกจนหมด และนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ $110 \pm 5^\circ$

(2) จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาประมาณ 24 ± 4 ชั่วโมง

(3) นำวัสดุขึ้นจากน้ำ เติลงบนผ้าผืนใหญ่ที่คูดน้ำได้เพื่อให้ผ้าซับน้ำจนสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็นที่ผิววัสดุ

(4) วัสดุที่จับชั้นตอนที่ 3 นี้เรียกว่าอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface dry) ให้นำตัวอย่างวัสดุนี้ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้ แทนด้วย B แล้วรีบใส่ลงตะกร้าลวดและทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันทีบันทึกค่า แทนด้วย C

(5) หลังจากนั้นนำวัสดุเข้าเตายอบด้วยอุณหภูมิประมาณ $110 \pm 5^\circ$ ประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้นอีก 1-3 ชม. ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า แทนด้วย A

(6) จากนั้นให้นำค่าต่าง ๆ มาคำนวณหาความวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุสภาวะแห้ง)} = \frac{A}{B - C} \quad (3.13)$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)} = \frac{B}{B - C} \quad (3.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{อัตราการดูดซึม} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (3.16)$$

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

C = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

3.2.1.1.4 ทดสอบหาส่วนขนาดละเอียดของมวลรวมละเอียด (Test for Sieve Analysis of Fine Aggregate)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบหาขนาดของมวลรวมละเอียด โดยใช้ตะแกรงมาตรฐานสำหรับหาค่าพิสัยความละเอียด (Fineness modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิกิริยาโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิสัยความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 136 – 93
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) มวลรวมละเอียด (ควรเป็นน้ำหนักของทรายแห้ง) ปริมาณมวลรวมละเอียดที่ใช้ในการทดลอง
 - (1.1) ทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 มากกว่า 95% จำนวน 100 กรัม
 - (1.2) ทรายที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่า 85% และค้างบนตะแกรงเบอร์ 8 ไม่น้อยกว่า 5% จำนวน 500 กรัม
 - (2) ตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 4 หรือ 3/16", 8", 16", 30, 50 และ 100 สำหรับทราย
 - (3) เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์ สำหรับหินหรือทราย
 - (4) คาชั่งขนาดใหญ่ วัดได้ละเอียดถึง 0.1%
 - (5) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
- 4) วิธีการทดสอบ
 - (1) เตรียมทรายสำหรับทดสอบตรวจสอบก่อนว่าชื้นหรือไม่ ปรกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน
 - (2) เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่องชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (3) ค่อยๆเททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่า จับเวลาประมาณ 10 นาที
- (4) ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆ จะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกัน ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งและจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่ง แล้วคำนวณหาค่าที่กักความละเอียด

$$(Sand)F.M. = \frac{Cumulative\%retained}{100} \quad (3.17)$$

3.2.1.2 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต(Concrete Mixed Design)

จากการที่งานสำเร็จรูปของโครงการบ้านเอื้ออาทร ได้ออกแบบโครงสร้างกำลังอัดประลัย 210 กก./ตร.ซม. ดังนั้นจึงต้องออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้ได้กำลังอัดประลัย 210 กก./ตร.ซม. เพื่อที่จะเวลาหล่อขึ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ที่จะนำไปทดสอบวัสดุประสาน โดยวิธี LOAD TEST จะได้พฤติกรรมการวิบัติของรอยต่อขึ้นส่วน โครงสร้างให้ใกล้เคียงกับหน้างานมากที่สุด

ขั้นตอนการออกแบบ

- 1) กำลังอัดประลัย 210 กก./ตร.ซม.
- 2) ค่าการยุบตัว 8-10 ซม.
- 3) มวลรวมหยาบ
 - 3.1) หน่วยน้ำหนัก 1640 กก./ม.³
 - 3.2) ขนาดโตสุด $\frac{3}{4}$ นิ้ว
 - 3.3) ความถ่วงจำเพาะ 2.75 และ อัตราการดูดซึม 0.63
 - 3.4) ความชื้น 0.33 %
- 4) มวลรวมละเอียด
 - 4.1) Fineness Modulus เท่ากับ 3.00
 - 4.2) ความถ่วงจำเพาะ 2.67 และ อัตราการดูดซึม 1.67
 - 4.3) ความชื้น 3.76 %
- 5) กำลังอัดประลัย 210 กก./ตร.ซม.และค่าการยุบตัว 8-10 ซม.จะได้ปริมาณน้ำ 200 กก./ม.³
- 6) ค่า WCR จากกำลังอัดประลัย 210 กก./ตร.ซม. เท่ากับ 0.684
- 7) จากค่าในขั้นตอนที่ 3 และ ขั้นตอนที่ 4 จะได้ปริมาณซีเมนต์ $\frac{200}{0.684} = 292.40$ กก./ม.³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ปริมาณมวลรวมหยาบ จากตารางที่ 4 สำหรับมวลรวมละเอียดมีค่า F.M. 3.00 และขนาดโตสุด $\frac{3}{4}$ นิ้ว ของมวลรวมหยาบ จะได้ค่า 0.60 ม.³ ดังนั้น น้ำหนักมวลรวมหยาบ $0.60 \times 1640 = 984 \text{ กก./ม.}^3$

9) ปริมาณมวลรวมละเอียด โดยวิธีน้ำหนัก น้ำหนักของคอนกรีต 2355 กก.

น้ำหนัก น้ำ(สุทธิ)	200.00 กก. / ม. ³
น้ำหนัก ซีเมนต์	292.40 กก. / ม. ³
น้ำหนัก มวลรวมหยาบ	984.00 กก. / ม. ³
น้ำหนัก รวม	1476.40 กก. / ม. ³
ดังนั้น น้ำหนักทราย	$2355 - 1476.40 = 878.60 \text{ กก./ม.}^3$

10) ปรับแก้ความชื้น

$$\text{มวลรวมหยาบ (ชื้น)} \quad 984.00 \times (1.0033) = 987.25 \text{ กก./ม.}^3$$

$$\text{มวลรวมละเอียด (ชื้น)} \quad 878.60 \times (1.0376) = 911.64 \text{ กก./ม.}^3$$

ปรับแก้อัตราการดูดซึม

$$\text{น้ำ (ที่ต้องใส่)} \quad 200 - (878.60 \times (0.0209)) - (984.00 \times (-0.003)) = 184.60 \text{ กก./ม.}^3$$

11) สรุป

น้ำหนัก น้ำ(ที่ต้องใส่)	184.60 กก. / ม. ³
น้ำหนัก ซีเมนต์	292.40 กก. / ม. ³
น้ำหนัก มวลรวมหยาบ	987.25 กก. / ม. ³
น้ำหนัก มวลรวมละเอียด	911.64 กก. / ม. ³

3.2.1.3 ทดสอบการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต (Test for Compressive tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens)

1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุต่างกัน โดยการใส่แรงอัด

โดยตรงกับแบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM

2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 39 – 93a

3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

(1) คอนกรีตรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6" และสูง 12"

(2) เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (UTM)

(3) เครื่องชั่งขนาดใหญ่

(4) เครื่องมือวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง

(5) เครื่องหล่อหมวก (Capped) หัวท้ายของแท่งคอนกรีตด้วยอย่างหนึ่งไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วิธีการทดสอบ

4.1) การเตรียมแบบหล่อ

- (1) ทำความสะอาดแบบ ทาน้ำมันด้านผิวในที่คอนกรีตสัมผัสกับแบบให้ทั่ว
- (2) ตรวจสอบสกรูสำหรับรัดแบบทุกตัวให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ด้วยการประกอบแบบให้แน่น ทั้งนี้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกหรือแบบหลุด ขณะเทคอนกรีตหรือ กระทุ้งให้คอนกรีตแน่น

4.2) การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

- (1) สำหรับคอนกรีตที่ใช้เครื่องผสม พยายามเลือกเอาคอนกรีตที่อยู่ตอนกลางที่เทออกมา จากเครื่องผสมใหม่ๆ
- (2) เทคอนกรีตดังกล่าวลงในแบบส่วนหนึ่ง ให้สูง 1 ใน 3 ของแบบ และใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง จากนั้นกระทำเช่นเดียวกันอีก 2 ชั้น เมื่อคอนกรีตเต็มจึงปาดผิวให้เรียบ
- (3) ทิ้งแบบที่บรรจุคอนกรีตแล้ว ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก นำแท่งคอนกรีตไป บ่มแช่น้ำจนถึงอายุที่ต้องการทดสอบ และควรทดสอบก่อนตัวอย่างจะแห้งสนิท ตัวอย่างคอนกรีตที่จะนำมาทดสอบ 1 ชุด ควรมีอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

4.3) การทดสอบกำลังอัด

การทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตให้ทดสอบโดยเร็วที่สุด หลังจากนำขึ้นจากน้ำเมื่อครบอายุ ก่อนการทดสอบควรตรวจสอบระนาบหัวท้ายของแท่งคอนกรีตว่าแบนราบหรือไม่ระนาบ ดังกล่าวไม่ควรเอียงมากกว่า 0.5° (หรือประมาณ 3 มม. ใน 300 มม. หากไม่อยู่ภายในขอบเขตดังกล่าว ให้ทำการหล่อหว่านหัวท้ายเสียก่อน โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน ASTM C 617-84 สำหรับระยะเส้นผ่านศูนย์กลางที่จะนำมาใช้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดให้ใช้ค่าเฉลี่ย จากการวัดสองแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน ที่ ตำแหน่งกึ่งกลางแท่งทดสอบ

4.4) การคำนวณกำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีต จะหาได้จากสูตร

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (3.18)$$

โดยที่

f_c = กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีต, กก./ซม².

P = แรงกระทำสูงสุดต่อแท่งตัวอย่าง, กก.

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่วัดตั้งฉากกับแรงกระทำ

$$= \frac{\pi D^2}{4}, \text{ ซม.}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากปรากฏว่าอัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของค้ำอย่างทดสอบต่ำกว่า 1.8 ค่าที่ได้จากการทดสอบจะต้องคูณแฟกเตอร์แก้ไขค้ำให้ถูกต้องเสียก่อน จากตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าแฟกเตอร์ปรับแก้ชิ้นส่วนทดสอบ

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
แฟกเตอร์แก้ไขค้ำ	0.98	0.96	0.93	0.87

ที่มา : ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ หน้าที่ 144

3.2.2 ทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของจุกรอยต่อ (Test Setting Time of Joint)

- 1) วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบการก่อตัวของรูคอนกรีตของจุกรอยต่อให้ได้ขนาด
- 2) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) คอนกรีต
 - (2) แบบหล่อและขนาดท่อขนาด 40 มม. , ๕0 มม.
 - (3) เหล็กกระทุ้ง
 - (4) นาฬิกาจับเวลา
- 3) วิธีการทดสอบ
 - (1) เตรียมแบบและวัดขนาดของรูคอนกรีตที่จะทำเป็นจุกรอยต่อ
 - (2) ทำการผสมคอนกรีต เทคอนกรีตลงแบบหนึ่งประมาณให้ได้ความสูง 1 ใน 3 ของแบบ และใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง จากนั้นกระทำเช่นเดียวกันอีก 2 ชั้น เมื่อคอนกรีตเต็มแบบแล้วจึงปาดผิวหน้าให้เรียบ
 - (3) ทำการหาค่าการก่อตัวของจุกรอยต่อโดยการทำการดึงรูคอนกรีตคั้นแบบออก ที่เวลา 1 ชม., 1 $\frac{1}{2}$ ชม., 2 ชม, 2 $\frac{1}{2}$ ชม. และ 3 ชม.
 - (4) รอยนคอนกรีตแห้งแล้วทำการวัดขนาดของรูคอนกรีตที่จุกรอยต่อ แล้วทำการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อ (Test for Bonding Strength of Joint)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดของเหล็กเสริมชนิดกลมและชนิดข้ออ้อยที่ฝังในก้อนคอนกรีตตัวอย่างด้วยวิธีการดึง (Pull-out Test) ทั้งนี้เพราะ โครงสร้างคอนกรีตทั่วไปส่วนใหญ่จะมีการเสริมเหล็กเพื่อช่วยในการรับแรง ไม่ว่าจะเป็นการเสริมเหล็กธรรมดาหรือลวดเหล็กก็ตาม ดังนั้นกำลังในการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่เพียงพอจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถรับแรงได้เต็มประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้
- 2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM C 234 (Standard Test Method for Comparing Concrete on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel)
- 3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) Dial Gauges
 - (2) เครื่องมือทดสอบกำลังอัด(UTM)
 - (3) แท่งคอนกรีตทรงกระบอกมีเหล็กเสียบยึดด้วยวัสดุประสาน
- 4) วิธีการทดสอบ
 - (1) หล่อก้อนคอนกรีตตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม.³ แล้วฝังเหล็กข้ออ้อยหรือเหล็กกลมที่ต้องการทดสอบลงไป เมื่อก่อนตัวอย่างแข็งตัวแล้วในระยะเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบและบ่มภายในห้องบ่ม เพื่อระยะเวลาการทดสอบที่ 1, 3 และ 28 วันต่อไป
 - (2) วัดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม โดย Micrometer และระยะที่ฝังเหล็กลงไปนในก้อนตัวอย่างคอนกรีตด้วยไม้บรรทัดเหล็ก
 - (3) ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเข้ากับก้อนคอนกรีตตัวอย่าง
 - (4) ติดตั้งก้อนคอนกรีตตัวอย่างเข้ากับหัวจับเครื่องทดสอบกำลังดึง และ Dial Micrometer เพื่อวัดระยะเลื่อนของเหล็กเสริม
 - (5) เปิดเครื่องเพื่อดึงเหล็กเสริม โดยควบคุมแรงดึงให้ไม่เกิน 5.78 กก./ตร.ซม./วินาที
 - (6) บันทึกแรงดึงและระยะเลื่อนของเหล็กเสริมทุก 1.00 มม.
 - (7) ทำการทดสอบจนกว่าแรงที่ใช้ดึงเหล็กเสริมถึงจุดสูงสุด หรือเมื่อคอนกรีตเริ่มชำรุดแยกออกจากกันหรือระยะเลื่อนมีค่ามากกว่า 2.5 มม.
 - (8) เขียนกราฟระหว่างแรงยึดเหนี่ยวกับระยะเลื่อน โกลและคำนวณหาลำลังยึดเหนี่ยวสูงสุด (Maximum Bond Stress)

$$\text{หน่วยแรงเหนี่ยวสูงสุด} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด}}{\text{พื้นที่เหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต}} \quad (3.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(9) ทำการทดสอบเปรียบเทียบผลระหว่างเหล็กข้ออ้อยขนาดต่างๆ

(10) ตัวอย่างการทดสอบ ได้แก่

(10.1) ตัวอย่างจุกรอยต่อระหว่างเสา-เสา ประกอบด้วย

ตารางที่ 3.4 แสดงประเภทการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อแบบเสาคต่อเสา

เหล็กข้ออ้อย.	ความยาว (mm.)	เส้นผ่าศูนย์กลางช่องท่อ (Grout Tube) (mm.)
DB 12 mm.	300	40
DB 12 mm	250	40
DB 12 mm	300	30
DB 16 mm	300	40

(10.2) ตัวอย่างจุกรอยต่อระหว่างเสา-คาน ประกอบด้วย

ตารางที่ 3.5 แสดงประเภทการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อแบบเสาคต่อคาน

เหล็กข้ออ้อย.	ความยาว (mm.)	เส้นผ่าศูนย์กลางช่องท่อ (Grout Tube) (mm.)
DB 12 mm.	200	40
DB 12 mm	200	30
DB 12 mm	250	40
DB 16 mm	200	40

3.2.4 ทดสอบกำลังรับโมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อ (Test for Flexural Strength of Joint)

ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ

- 1) ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อแบบแรงกระทำสองจุด(Test for Flexural Strength of Joint ; Using Simple Beam with Third – Point Loading)
- 2) ทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ดัดของจุกรอยต่อแบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง(Test for Flexural Strength of Joint ; Using Simple Beam with Center – Point Loading)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.1 ทดสอบกำลังรับโมเมนต์ค้ดของจรอยต่อแบบแรงกระทำสองจุด(Test for Flexural Strength of Joint ; Using Simple Beam with Third – Point Loading)

1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ค้ดของรอยต่อของ โครงสร้างแบบเสาต่อเนื่อง สำหรับหาค่า โมดูลัสแตกร้าว ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งของการหาลำดั้ดงของคอนกรีต โดย อ้อม

2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 78 – 94

3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

(1) แท้ดงคอนกรีตทรงกระบอกมีเหลี่ยมี้ดด้วยวัสดุประสาน ขนาด $0.2 \times 0.2 \times 0.5$ ม.³ จำนวน 2 ท่อน

(2) เครื่องมือทดสอบกำลังอัด(UTM)

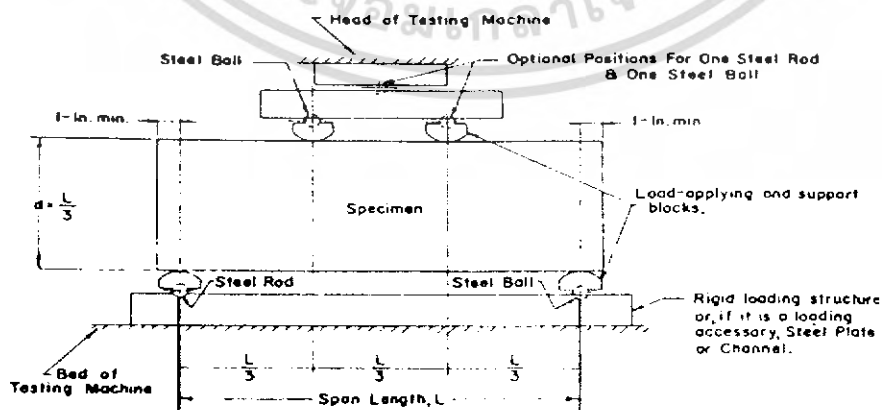
(3) แบบหล่อแท้ดงคอนกรีต

(4) อุปกรณ์ทดสอบโมเมนต์ค้ดประกอบด้วย แท้ดงยาวที่มีฐานรองแท้ดงคอนกรีต ทดสอบ พร้อมหัวค้ดมาตรฐาน

4) วิธีการทดสอบ

(1) เตรียมแบบหล่อ และเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

(2) การทดสอบกำลังรับ โมเมนต์ค้ด ให้จัดตัวอย่างคานที่จะทดสอบ วางบนจุดที่รองรับ และแรงกระทำผ่านบล็อกสองจุดตรงตามตำแหน่ง ดังแสดงในรูป 3.4 จากนั้นจึง เดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงกระทำบนคานอย่างสม่ำเสมอภายในช่วง 0.86 ถึง 1.21 MPa/min จนกระทั่งคานทดสอบหัก โดยขนาดของบล็อกสำหรับรองรับและ ถ้ายทอดแรงจะมีความหนาไม่เก้ด $2 \frac{1}{2}$ โดยวัดจากขอบสัมผัสถึงแกนบล็อก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.4 แสดงรายละเอียดแรงกระทำสองจุดตรงตามตำแหน่ง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) การวัดหน้าตัด ให้คิดเฉลี่ยจากการวัดสามค่า คือที่ปลายทั้งสองและที่กึ่งกลางของแท่งคานทดสอบ

(4) การคำนวณ

(4.1) ถ้าจุดเริ่มรอยหักที่ผิวรับแรงดึง เกิดภายในช่วงกลางคาน (Middle Third) ซึ่งเป็นช่วงที่เกิด การคดงอ (Pure Bending) จะได้ค่าโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture) ดังนี้

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (3.20)$$

(4.2) ถ้ารอยหักที่ผิวรับแรงดึงเกิดอยู่นอกช่วงกลางคานแต่ไม่เบี่ยงเบนไปเกินกว่า 5 % ของความยาวช่วงคาน จะหาค่าโมดูลัสแตกร้าวได้จาก

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad (3.21)$$

โดยที่

R = โมดูลัสแตกร้าว ; กก./ ตร.ซม.

P = แรงกดสูงสุด; กก.

L = ความยาวช่วงของคานระหว่างที่รองรับ ; ซม.

a = ระยะเฉลี่ยของรอยหักที่วัดตรงผิวรับแรงดึงถึงจุดรองรับด้านใกล้ ; ซม.

b = ความยาวเฉลี่ยของคานที่จุดแตกหัก ; ซม.

d = ความลึกเฉลี่ยของคานที่จุดแตกหัก ; ซม.

3.2.4.2 ทดสอบกำลังรับโมเมนต์คดของจอยต่อแบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง (Test for Flexural Strength of Joint ; Using Simple Beam with Center – Point Loading)

1) วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบกำลังรับโมเมนต์คดของรอยต่อของโครงสร้างแบบเสาต่อคานต่อเสา สำหรับหาค่าโมดูลัสแตกร้าว ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งของการหาลำดับค้ำของคอนกรีตโดยอ้อม

2) มาตรฐานที่ใช้ : ASTM: C 293 – 94

3) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) แท่งคอนกรีตทรงกระบอกมีเหล็กเสริมยึดด้วยวัสดุประสาน ขนาด $0.2 \times 0.2 \times 0.5$ ม.³
จำนวน 2 ท่อน และ $0.2 \times 0.35 \times 0.5$ ม.³ จำนวน 1 ท่อน

(2) เครื่องมือทดสอบกำลังอัด(UTM)

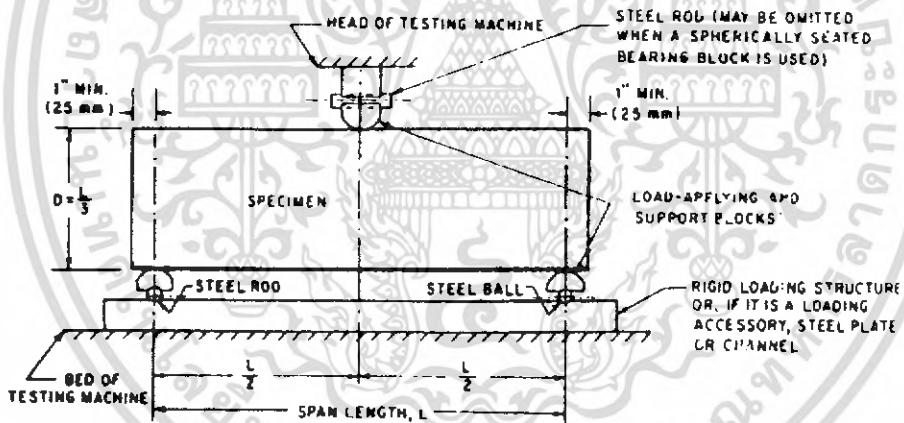
(3) แบบหล่อแท่งคอนกรีต

(4) อุปกรณ์ทดสอบโมเมนต์ค้ำประกอบด้วย แท่นยาวที่มีฐานรองแท่งคอนกรีต
ทดสอบ พร้อมหัวกดมาตรฐาน

4) วิธีการทดสอบ

(1) เตรียมแบบหล่อ และเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

(2) การทดสอบกำลังรับโมเมนต์ค้ำ ให้จัดตัวอย่างคานที่จะทดสอบ วางบนจุดที่รองรับ
และแรงกระทำที่กึ่งกลาง ดังแสดงในรูป 3.5 จากนั้นจึงเดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรง
กระทำบนคานอย่างสม่ำเสมอภายในช่วง 0.86 ถึง 1.21 MPa/min จนกระทั่งคาน
ทดสอบหัก



รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดแรงกระทำที่จุดกึ่งกลางตรงตามตำแหน่ง

(3) การวัดหน้าตัดให้คิดเฉลี่ยจากการวัดสามค่า คือที่ปลายทั้งสองและที่กึ่งกลางของ
แท่งคานทดสอบ

(4) กำลังค้ำของคาน หาได้ในรูปโมดูลัสแตกกร้าวได้จาก

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

R = โมเมนต์เสแควร์ ; กก./ ตร.ซม.

P = แรงกดสูงสุด; กก.

L = ความยาวช่วงของคานระหว่างที่รองรับ ; ซม.

b = ความยาวเฉลี่ยของคานที่จุดแตกหัก ; ซม.

d = ความลึกเฉลี่ยของคานที่จุดแตกหัก ; ซม.

3.2.5 ทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจูดรอยต่อ (Test for Shear Strength of Joint)

- 1) วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของ Shear Key
- 2) วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ
 - (1) อุปกรณ์สำหรับทดสอบกำลังค้ำ ซึ่งประกอบด้วยแท่นยาวที่มีฐานรองรับคานทดสอบพร้อมหัวกดมาตรฐาน
 - (2) เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (UTM)
 - (3) แท่งคอนกรีตหล่อขนาด 0.20 x 0.20 x 0.30 ม.³ จำนวน 3 ท่อน
- 3) วิธีการทดสอบ
 - (1) เตรียมแบบหล่อ และเตรียมตัวอย่างคอนกรีต
 - (2) การทดสอบกำลังรับแรงเฉือน ให้จัดตัวอย่างคานที่จะทดสอบ วางบนจุดที่รองรับ และแรงกระทำผ่านแผ่นเหล็กตรงตามตำแหน่ง จากนั้นจึงเดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงกระทำบนคานอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งคานทดสอบวิบัติ
 - (3) สูตรการคำนวณ
 - (3.1) Single Shear

$$f_h = \frac{P}{A_s} \quad (3.22)$$

(3.2) Double Shear

$$f_h = \frac{P}{2A_s} \quad (3.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

f_s = หน่วยแรงเดือนประลัย มีหน่วยเป็น กก. /ตร.ซม.

P = แรงฮัด มีหน่วยเป็น กก.

A_s = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่ขนานกับแรง มีหน่วยเป็น ตร.ซม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ การทดสอบวัสดุประสานของจากรอยต่อ และ การทดสอบความแข็งแรงของจากรอยต่อโครงสร้าง

4.1 การทดสอบวัสดุประสานของจากรอยต่อ

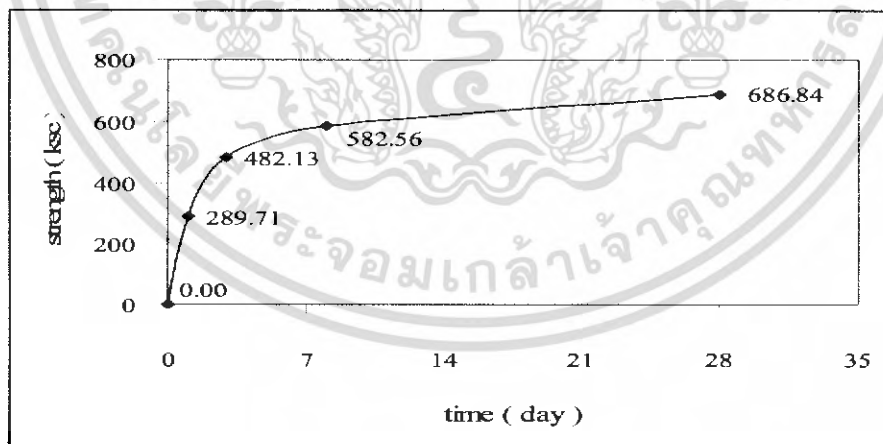
สำหรับผลการทดสอบวัสดุประสานของจากรอยต่อสามารถแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

4.1.1 ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

4.1.1.1 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% (Cement Paste Single Mixing w/c 0.40)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% ซึ่งมีขนาดชิ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 289.71, 482.13, 582.56, 686.84 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 8, 28 วัน ตามลำดับ

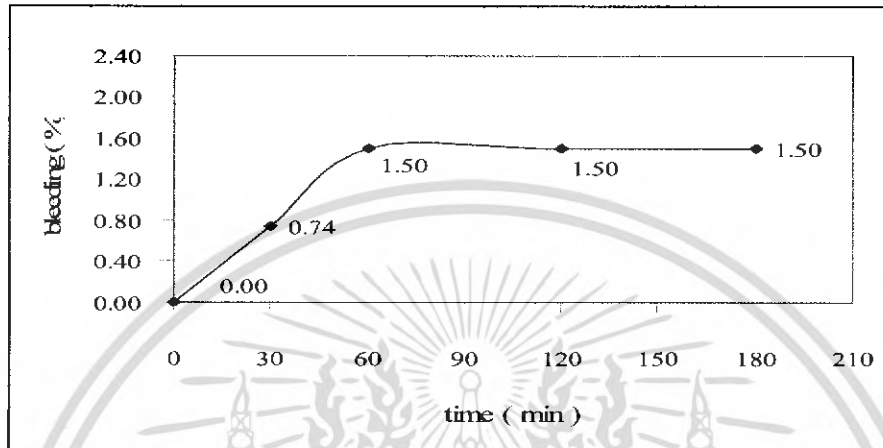


รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา
ของ cement paste single mixing w/c 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ (Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.74 , 1.50, 1.50, 1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาทีตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 29 °C



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement paste single mixing w/c 0.40

3) การทดสอบการไหลตัว (Test for Flow)

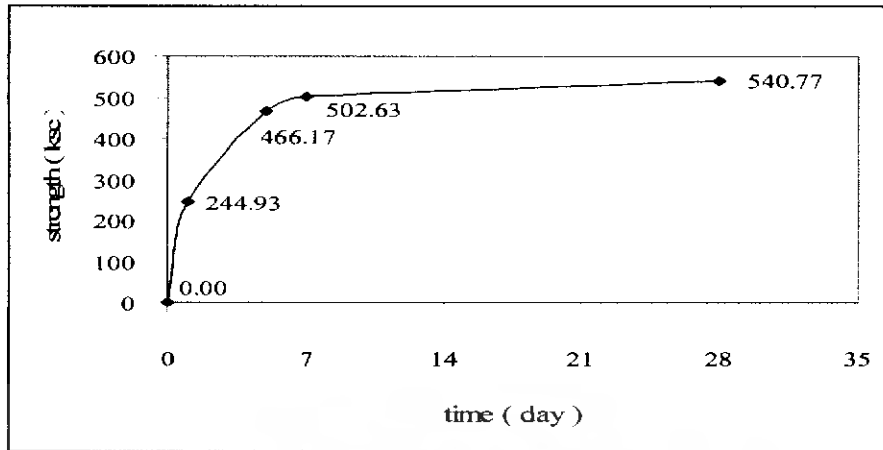
ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.06 วินาที

4.1.1.2 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% (Cement Paste Single Mixing w/c 0.44)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ซึ่งมีขนาดชิ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 244.93, 466.17, 502.63, 540.77 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 5, 7, 28 วัน ตามลำดับ

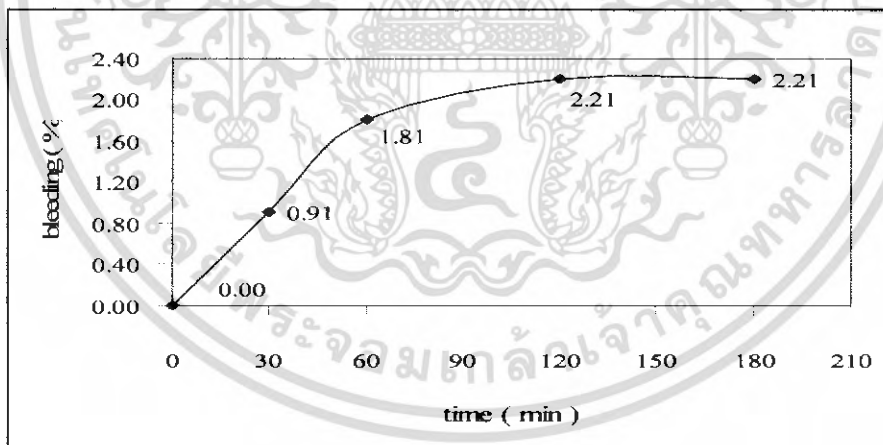
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา
ของ cement paste single mixing w/c 0.44

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ (Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.91 , 1.81, 2.21, 2.21 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาทีตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 22 °C



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement paste single mixing w/c 0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบการไหลตัว(Test for Flow)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์44% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 วินาที

4.1.1.3 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% (Cement Paste Double Mixing w/c 0.40)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด(Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์40%ซึ่งมีขนาดหินทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 312.13, 343.66, 642.69, 770.80 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 10, 28 วัน ตามลำดับ

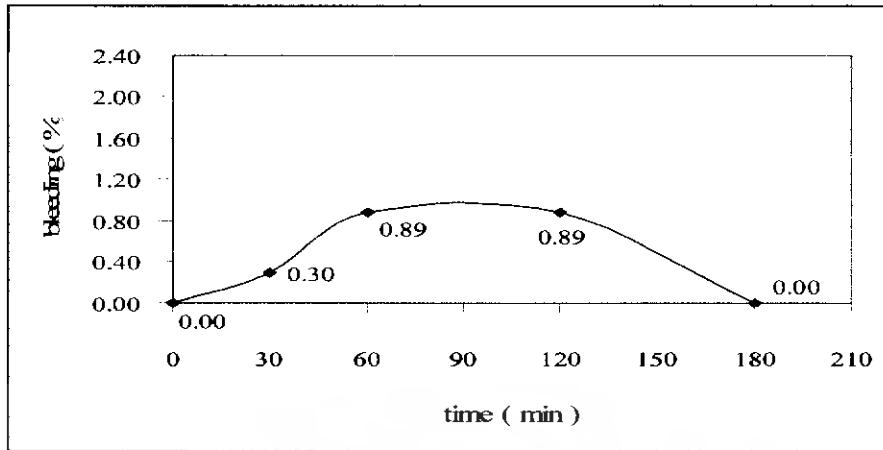


รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา
ของ cement paste double mixing w/c 0.40

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ(Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์40%สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.30 , 0.89, 0.89, 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาที ตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 30.50 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement paste double mixing w/c 0.40

3) การทดสอบการไหลตัว (Test for Flow)

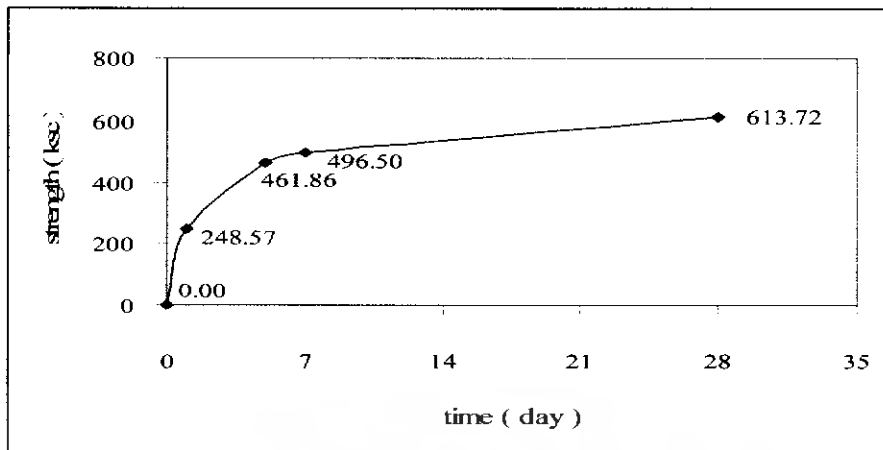
ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมน้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 วินาที

4.1.1.4 ซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมน้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% (Cement Paste Double - Mixing w/c 0.44)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมน้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ซึ่งมีขนาดชิ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 248.57, 461.86, 496.50, 613.72 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 5, 7, 28 วัน ตามลำดับ

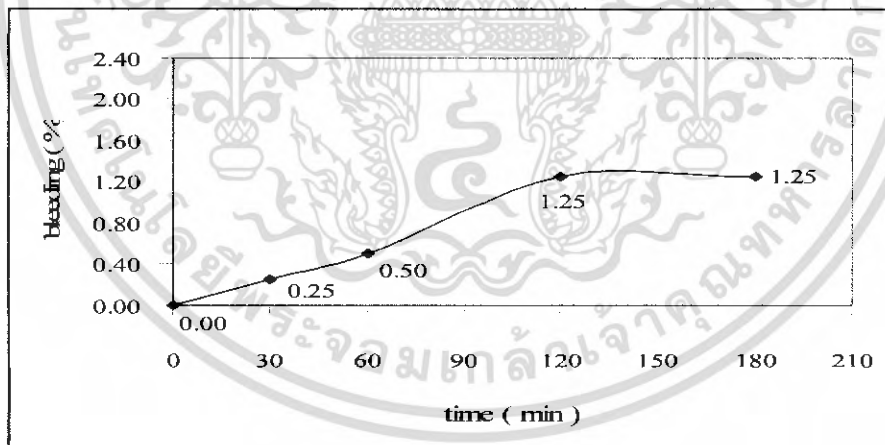
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา
ของ cement paste double mixing w/c 0.44

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ (Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.25 , 0.50, 1.25, 1.25 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาที ตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 22 °C



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement paste double mixing w/c 0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบการไหลตัว(Test for Flow)

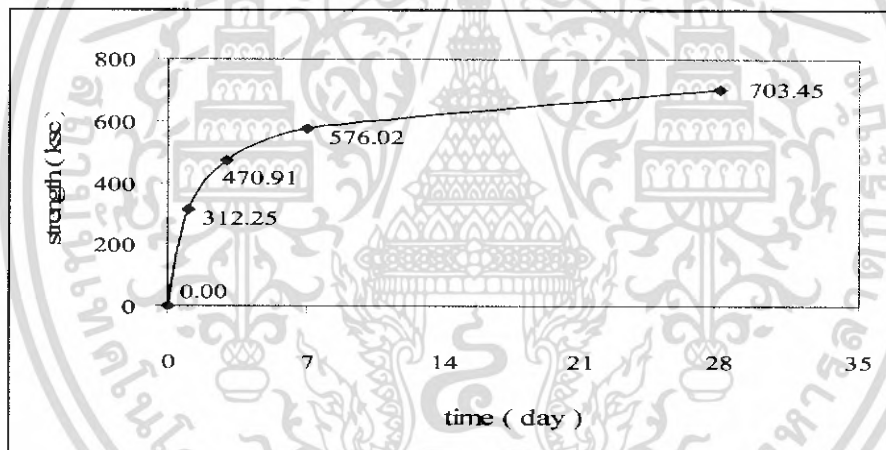
ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42 วินาที

4.1.2 ซีเมนต์มอร์ต้า (Cement Mortar)

4.1.2.1 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% (Cement Mortar Single Mixing w/c 0.40)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด(Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% ซึ่งมีขนาดขึ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 312.25, 470.91, 576.02, 703.45 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 7, 28 วัน ตามลำดับ

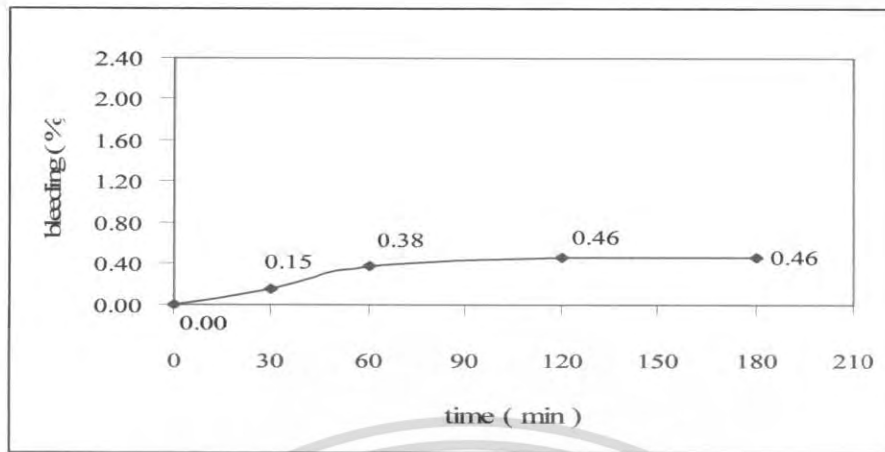


รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของ cement mortar single mixing w/c 0.40

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ(Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.15 , 0.38, 0.46, 0.46 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาทีตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 29 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement mortar single mixing w/c 0.40

3) การทดสอบการไหลตัว (Test for Flow)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์ที่โดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

ไม่เกิดการไหลตัว



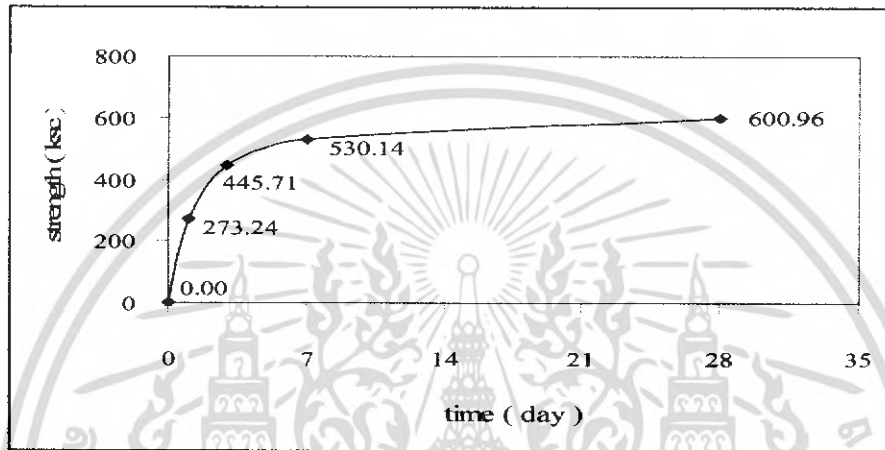
รูปที่ 4.11 แสดงการทดสอบการไหลของ cement mortar single mixing w/c 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%(Cement Mortar Single Mixing w/c 0.44)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด(Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ซึ่งมีขนาดชิ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม. สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 273.24, 445.71, 530.14, 600.96 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 7, 28 วัน ตามลำดับ

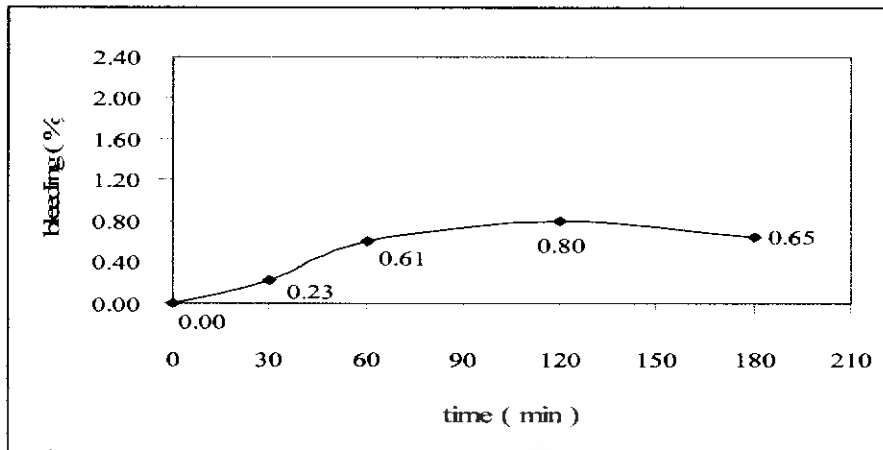


รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา
ของ cement mortar single mixing w/c 0.44

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ(Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.23 , 0.61, 0.80, 0.65 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาทีตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 29.50 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement mortar single mixing w/c 0.44

3) การทดสอบการไหลคัว (Test for Flow)

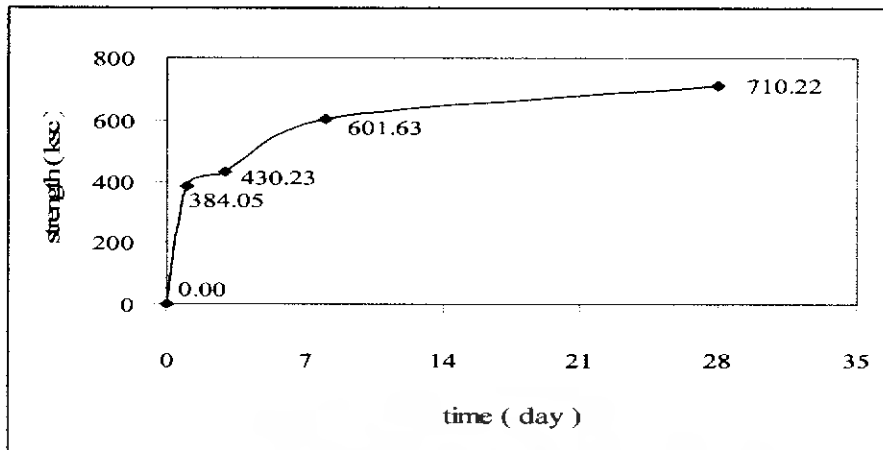
ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีการผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลคัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.15 วินาที

4.1.2.3 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% (Cement Mortar Double Mixing w/c 0.40)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% ซึ่งมีขนาดชิ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม.³ สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 384.05, 430.23, 601.693, 710.22 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 8, 28 วัน ตามลำดับ

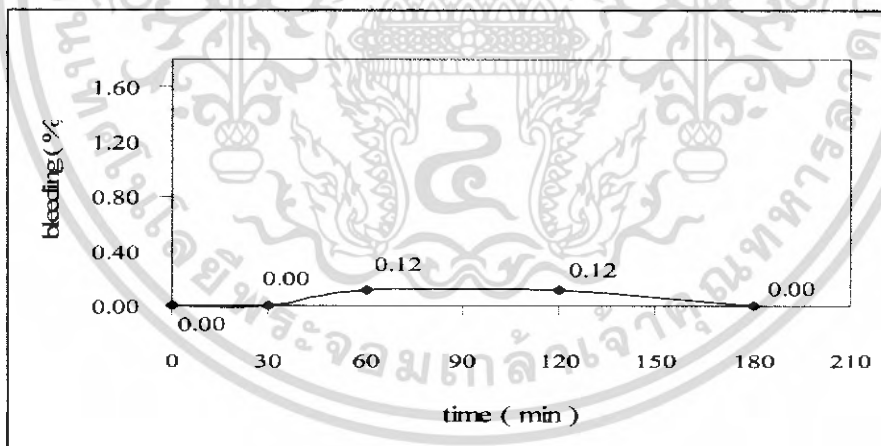
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา
ของ cement mortar double mixing w/c 0.40

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ (Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมน้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.00 , 0.12, 0.12, 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาที ตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 30.50 °C



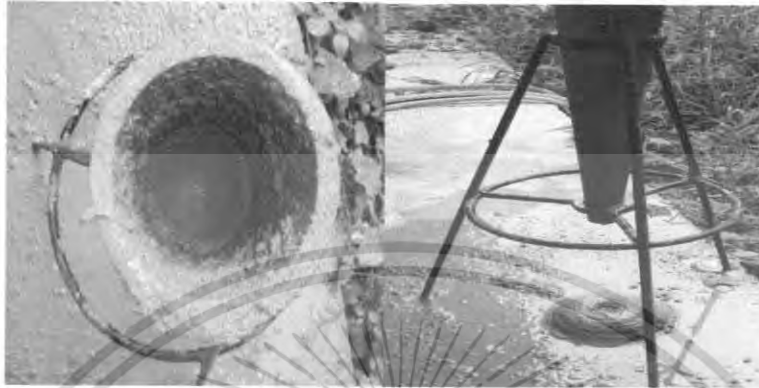
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลา
ของ cement mortar double mixing w/c 0.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบการไหลตัว (Test for Flow)

ผลการทดสอบซีเมนต์เพสต์โดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% ไม่เกิดการ

ไหลตัว

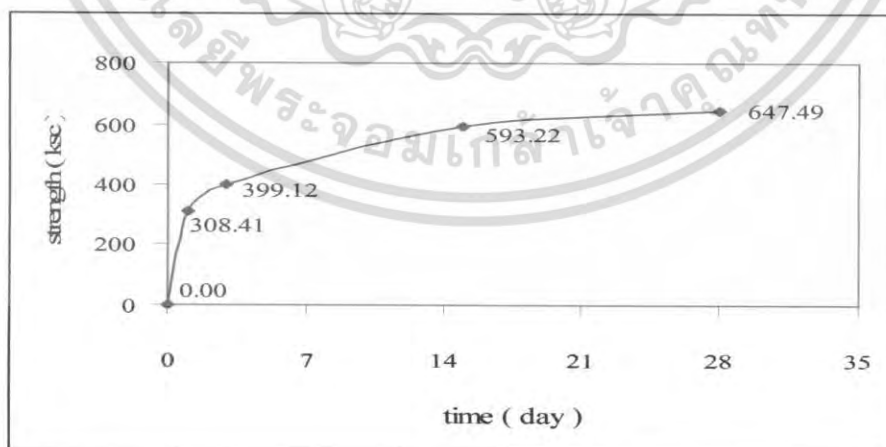


รูปที่ 4.16 แสดงการทดสอบการไหลของ cement mortar double mixing w/c 0.40

4.1.2.4 ซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% (Cement Mortar Double Mixing w/c 0.44)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ซึ่งมีขนาดขึ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม. สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 308.41, 399.12, 593.22, 647.49 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 15, 28 วัน ตามลำดับ



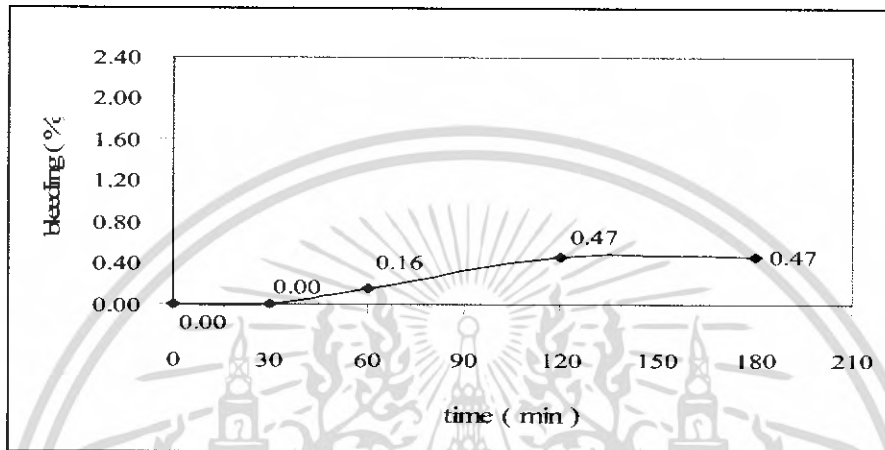
รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา

ของ cement mortar double mixing w/c 0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดสอบอัตราการคายน้ำ (Test for Bleeding)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ตาร์ด้วยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้เกิดอัตราการคายน้ำเฉลี่ย 0.00, 0.16, 0.47, 0.47 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลา 30, 60, 120, 180 นาที ตามลำดับ ในสภาวะอุณหภูมิ 29 °C



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลาของ cement mortar double mixing w/c 0.44

3) การทดสอบการไหลตัว (Test for Flow)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ตาร์ด้วยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.75 วินาที

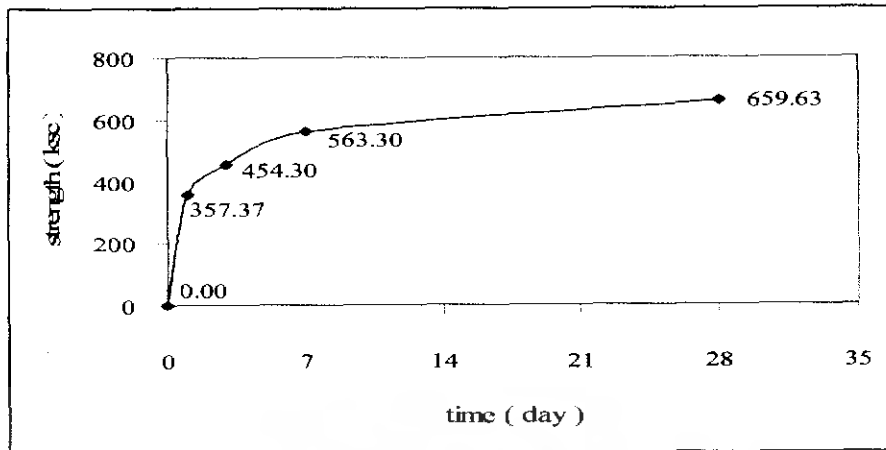
4.1.3 สารที่ไม่หดตัว (Nonshrink)

4.1.3.1 สารที่ไม่หดตัวโดยวิธีผสมครั้งเดียวด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% (Nonshrink Single Mixing w/c 0.40)

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Test for Compressive Strength)

ผลการทดสอบสารที่ไม่หดตัวโดยวิธีการผสมครั้งเดียวส่วนด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% ซึ่งมีขนาดชิ้นทดสอบ $5 \times 5 \times 5$ ซม. สามารถรับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 357.37, 454.30, 563.30, 659.63 กก./ตร.ซม. ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 3, 7, 28 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับเวลา
ของ nonshrink single mixing w/c 0.40

2) การทดสอบการไหลตัว (Test for Flow)

ผลการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าโดยวิธีผสมซ้ำด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% สามารถทำให้ระยะเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 วินาที

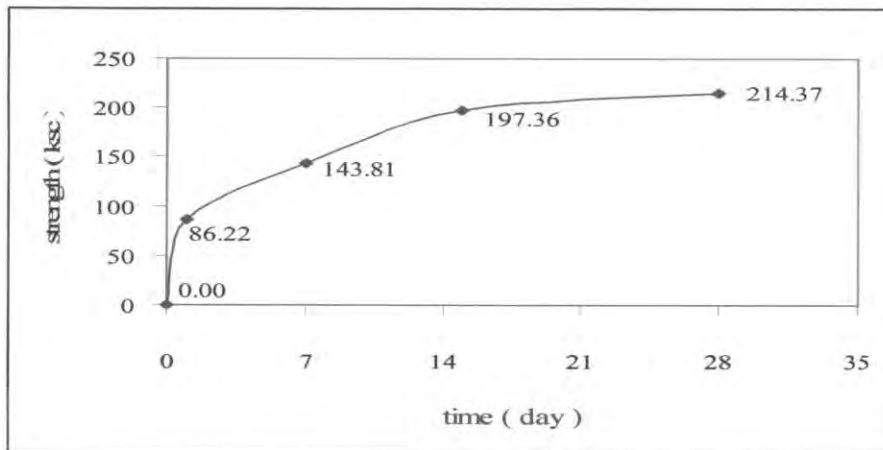
4.2 ความแข็งแรงที่จู่ครอยต่อโครงสร้าง

4.2.1 ชั้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

4.2.1.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (Test for Compressive Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens)

ผลการทดสอบการรับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถรับแรงเฉลี่ยเท่ากับ 86.22, 143.81, 197.36, 214.37 กก./ตร.ซม.ตามระยะเวลาการบ่มที่ 1, 7, 15, 28 วัน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของคอนกรีต

4.2.1.2 การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของจตุรรอยต่อ (Test for Setting Time of Joint)

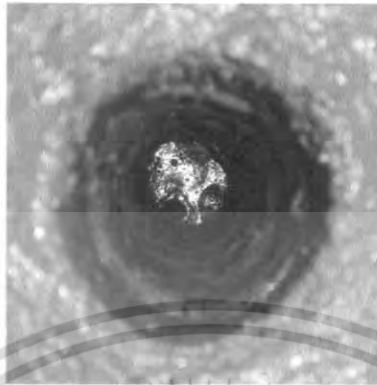
เนื่องจากรอยต่อของระบบบ้านสำเร็จรูปเป็นระบบแบบเปียก ซึ่งจำเป็นต้องมีรูคอนกรีตของรอยต่อ และจะต้องทำการดึงแบบออกให้มีลักษณะเป็นรูปรอยต่อ ดังแสดงในรูปที่ 4.21 และจะต้องไม่ทำให้รอยต่อมีการเสียรูปแบบจึงจำเป็นต้องมีการหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่คอนกรีตมีการก่อตัว ซึ่งจากการทดสอบสามารถสรุปผลตามระยะเวลาต่างๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 4.21 แสดงรอยต่อแบบเปียกของระบบบ้านสำเร็จรูป

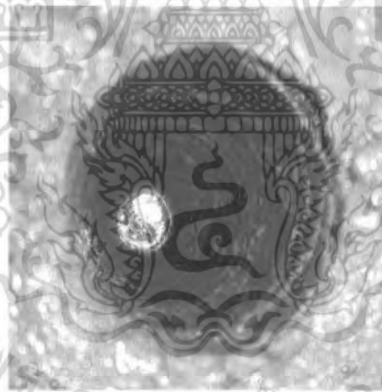
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะเห็นว่าจะมีลักษณะของรอยต่อที่มีการเสีรูปค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.22



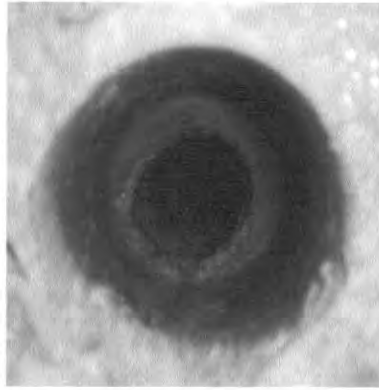
รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคิงแบบออกที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

- 2) ระยะเวลา $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง จะมีลักษณะของรอยต่อที่มีการเสีรูปอยู่บ้าง แต่เมื่อมีการแข็งตัวแล้วรอยต่อจะเสีรูปอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคิงแบบออกที่ระยะเวลา $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



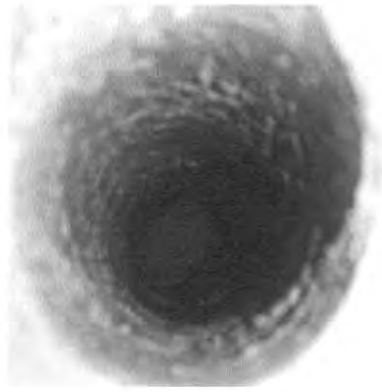
รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั่งแบบ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

3) ระยะเวลา 2 ชั่วโมง จะมีลักษณะของรอยต่อสภาพที่ดี แต่ที่กันจะมีการเข้มน้ำทำให้ระยะความลึกจะไม่ได้ตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั่งแบบออกที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



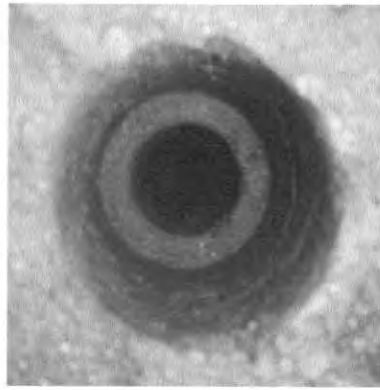
รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาดึงแบบ 2 ชั่วโมง

- 4) ระยะเวลา $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง จะมีลักษณะของรอยต่อสภาพที่ดี และไม่มีการเข้มน้ำ และเมื่อมีการแข็งตัวระยะความลึกจะได้ตามที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28



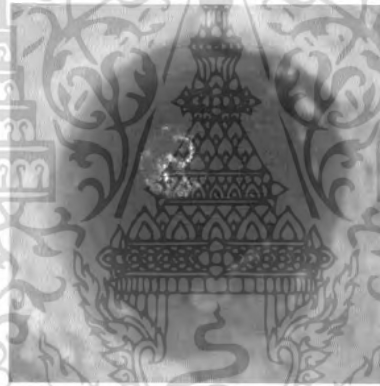
รูปที่ 4.27 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อดึงแบบออกที่ระยะเวลา $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

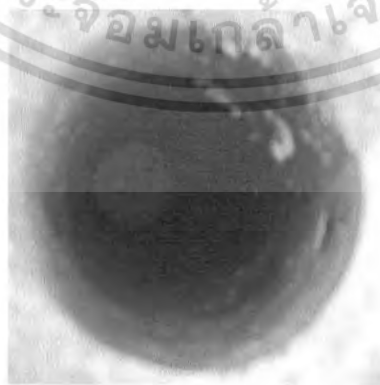


รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั่งแบบ $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

5) ระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะมีลักษณะเหมือนกับระยะเวลา $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคั่งแบบออกที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง



รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะของรอยต่อ เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง ที่ระยะเวลาคั่งแบบ 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ความแข็งแรงที่จุกรอยต่อโครงสร้างแบบเสาต่อเสา

4.2.2.1 การทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของจุกรอยต่อ (Test for Bonding of Joint)

1) ขนาดท่อ(Grout Tube) \varnothing 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 300 mm.

ผลการทดสอบโดยการใส่เหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม. ยาว 300 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 5897.50, 6157.33, 6414.00 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 54.40, 54.44, 56.71 กก./ตร.ซม. ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

2) ขนาดท่อ(Grout Tube) \varnothing 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 250 mm.

ผลการทดสอบโดยการใส่เหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม. ยาว 250 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 5534.00, 5507.33, 5797.00 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 61.57, 59.83, 64.52 กก./ตร.ซม. ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

3) ขนาดท่อ(Grout Tube) \varnothing 30 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 300 mm.

ผลการทดสอบโดยการใส่เหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม. ยาว 300 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 4541.00, 4634.33, 4810.50 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 41.52, 40.97, 42.54 กก./ตร.ซม. ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

4) ขนาดท่อ(Grout Tube) \varnothing 40 mm Dowel Bar 16 mm ยาว 300 mm.

ผลการทดสอบโดยการใส่เหล็กข้ออ้อย ขนาด 16 มม. ยาว 300 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 7459.67, 8262.00, 9901.00 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 52.68, 54.78, 65.65 กก./ตร.ซม. ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

4.2.2.2 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจุกรอยต่อ (Test for Shear of Joint)

การทดสอบเพื่อศึกษาความต้านทานแรงเฉือนของวัสดุประสาน โดยใช้แบบจำลองมาตราส่วน 1:1 ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 10×10 ซม.² โดยทำการทดสอบด้วยวิธี double shear เพื่อที่จะได้ค่ากำลังรับแรงเฉือนของจุกรอยต่อที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM สามารถรับแรงกระทำเฉลี่ยเท่ากับ 2239.43, 2990.37, 4243.70 กก. คิดเป็นกำลังรับแรงเฉือนเฉลี่ยเท่ากับ 11.19, 14.95, 21.22 กก./ตร.ซม. ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

4.2.2.3 การทดสอบกำลังรับโมเมนต์คดของจตุรรอยต่อ(โดยการทดสอบแรงกระทำสองจุด) (Test for Flexural Strength of Concrete Using Simple Beam with Third-Point Loading)

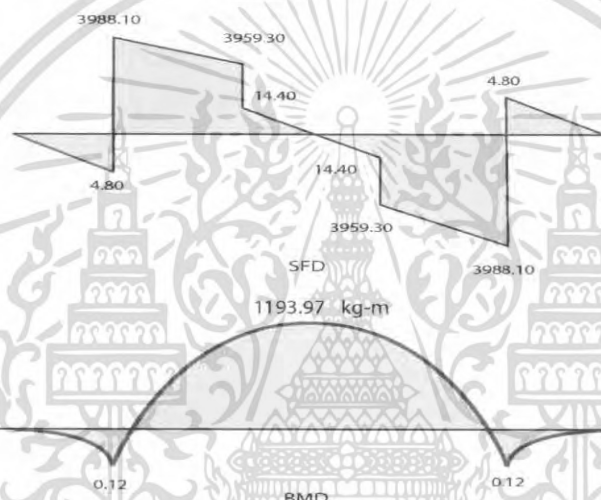
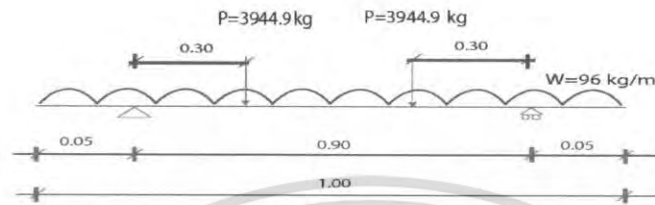
การทดสอบกำลังรับโมเมนต์คดของจตุรรอยต่อที่ใช้ Dowel Bar 4 DB 12 mm โดยใช้แบบจำลองมาตราส่วน 1:1 โดยศึกษาเสมือนพฤติกรรมของโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก รับแรงกระทำด้านข้าง และแรงเฉือนศูนย์ ผลทดสอบสรุปได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) อายุวัสดุประสาน 1 วัน

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM ซึ่งแรงกระทำตั้งฉากกับชิ้นงาน สามารถรับแรงกระทำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 7889.77กก.และสามารถรับกำลัง โมเมนต์ค้ดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1193.07กก.-ม.

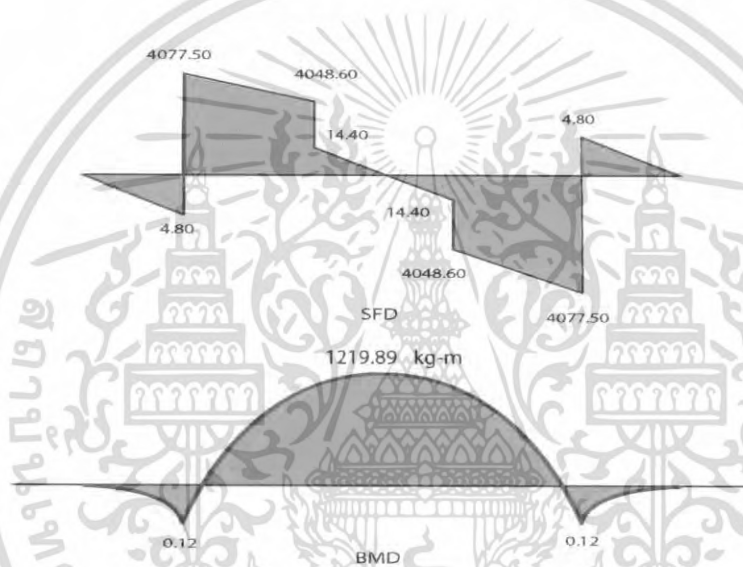
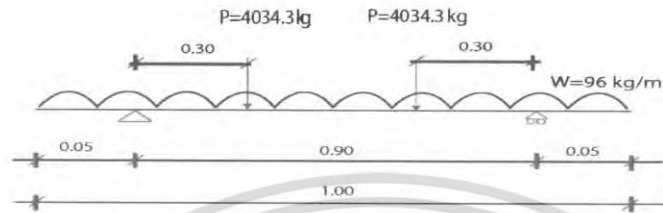


รูปที่ 4.31 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อายุวัสดุประสาน 3 วัน

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM ซึ่งแรงกระทำตั้งฉากกับชิ้นงาน สามารถรับแรงกระทำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 8068.60กก.และสามารถรับกำลัง โมเมนต์ค้ดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1219.89กก.-ม.

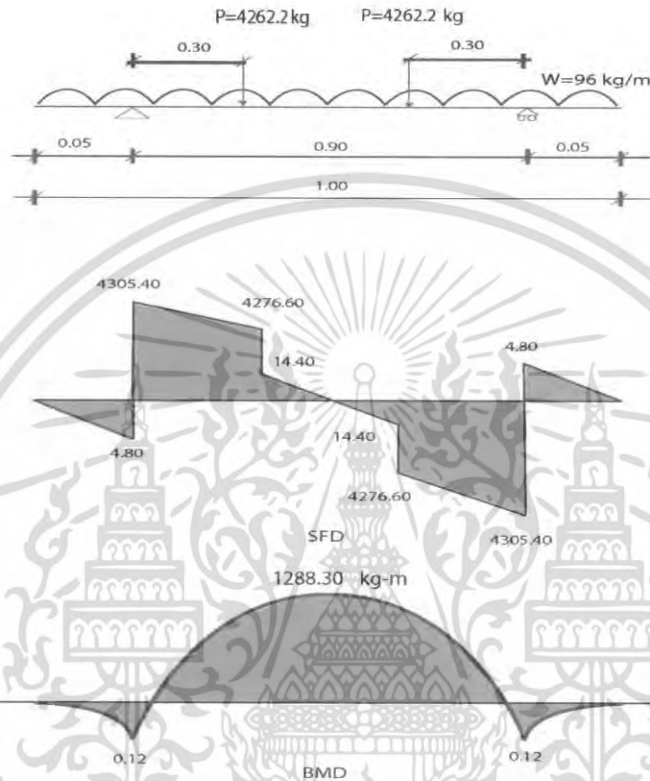


รูปที่ 4.32 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) อายุวัสดุประสาน 28 วัน

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM ซึ่งแรงกระทำตั้งฉากกับชิ้นงาน สามารถรับแรงกระทำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 8524.33กก.และสามารถรับกำลัง โมเมนต์ค้ดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1288.30กก.-ม.



รูปที่ 4.33 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 28 วัน

4.2.3 ความแข็งแรงที่จู่รรอยต่อโครงสร้างแบบเสาต่อคาน

4.2.3.1 การทดสอบกำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของจู่รรอยต่อ(Test for Bonding of Joint)

1) ขนาดท่อ(Grout Tube) ϕ 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 200 mm.

ผลการทดสอบโดยการใช้เหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม. ยาว 200 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 3761.00, 4451.00, 5085.33 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 56.88, 65.71, 75.52 กก./ตร.ซม.² ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

2) ขนาดท่อ(Grout Tube) ϕ 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 250 mm.

ผลการทดสอบโดยใช้เหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม. ยาว 250 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 5534.00, 5507.33, 5797.00 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 61.57, 59.83, 64.52 กก./ตร.ซม.² ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

3) ขนาดท่อ(Grout Tube) ϕ 30 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 200 mm.

ผลการทดสอบโดยใช้เหล็กข้ออ้อย ขนาด 12 มม. ยาว 200 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 2953.50, 3522.50, 4049.33 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 41.22, 50.07, 66.95 กก./ตร.ซม.² ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

4) ขนาดท่อ(Grout Tube) ϕ 40 mm Dowel Bar 16 mm ยาว 200 mm.

ผลการทดสอบโดยใช้เหล็กข้ออ้อย ขนาด 16 มม. ยาว 200 มม. ใส่ลงในท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม. แล้วอุดด้วยวัสดุประสาน ผลจากการทดสอบโดยเครื่อง UTM มีความสามารถรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 6013.33, 7186.50, 7693.67 กก. คิดเป็นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 61.49, 74.04, 82.58 กก./ตร.ซม.² ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

4.2.4 ความแข็งแรงที่จุดรอยต่อโครงสร้างแบบเสาคอนกรีตค้ำเสา

4.2.4.1 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของจุดรอยต่อ (Test for Shear of Joint)

การทดสอบเพื่อศึกษาความต้านทานแรงเฉือนของวัสดุประสาน โดยใช้แบบจำลองมาตราส่วน 1:1 ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 10×10 ซม.² โดยทำการทดสอบด้วยวิธี double shear เพื่อที่จะได้ค่ากำลังรับแรงเฉือนของจุดรอยต่อที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM สามารถรับแรงกระทำเฉลี่ยเท่ากับ 2239.43, 2990.37, 4243.70 กก. คิดเป็นกำลังรับแรงเฉือนเฉลี่ยเท่ากับ 11.19, 14.95, 21.22 กก./ตร.ซม. ที่อายุวัสดุประสาน 1, 3, 28 วัน ตามลำดับ

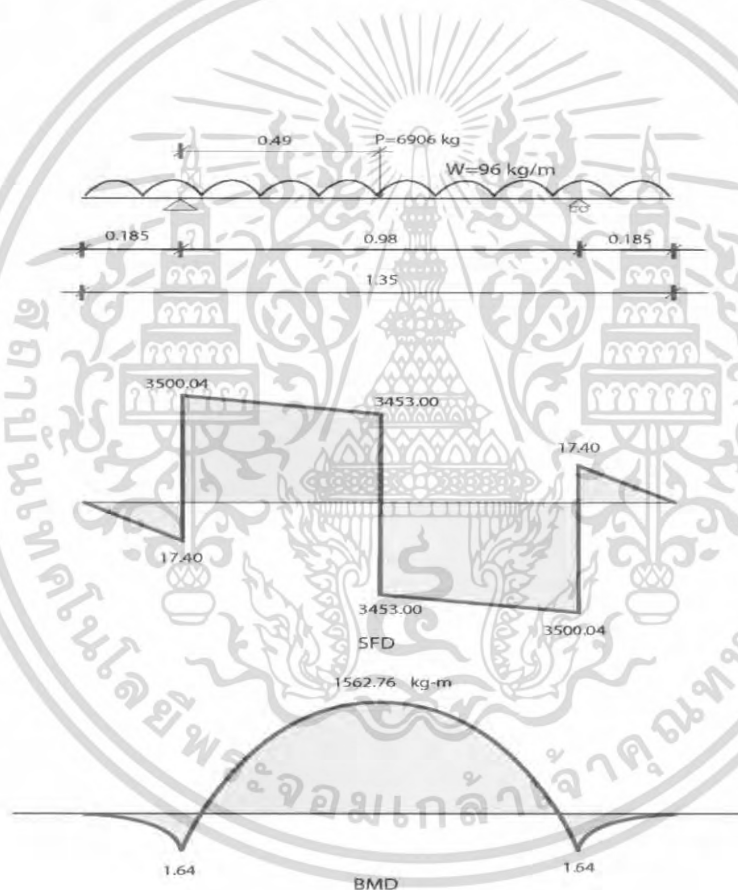
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 การทดสอบกำลังรับโมเมนต์ดัดของจตุรรอยต่อ(โดยการทดสอบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง) (Test for Flexural Strength of Concrete Using Simple Beam with Center-Point Loading)

การทดสอบกำลังรับโมเมนต์ดัดของจตุรรอยต่อที่ใส่ Dowel Bar 4 DB 12 mm โดยใช้แบบจำลองมาตราส่วน 1:1 โดยศึกษาสมิอนพฤติกรรมของโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก รับแรงกระทำด้านข้าง แรงกระทำเนื่องจากคานยื่น และแรงเอียงศูนย์ ผลทดสอบสรุปได้ดังนี้

1) อายุวัสดุประสาน 1 วัน

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM ซึ่งแรงกระทำตั้งฉากกับชิ้นงานสามารถรับแรงกระทำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 6855.60กก.และสามารถรับกำลังโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1562.76กก.-ม.

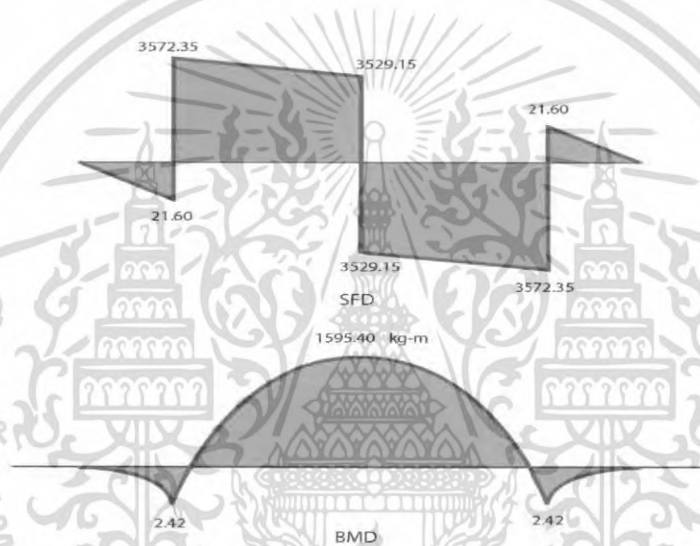
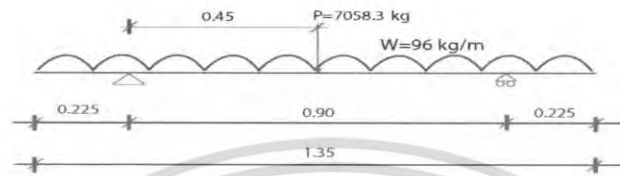


รูปที่ 4.34 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-คาน-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อายุวัสดุประสาน 3 วัน

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM ซึ่งแรงกระทำตั้งฉากกับชิ้นงาน สามารถรับแรงกระทำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 7029.50กก.และสามารถรับกำลัง โมเมนต์ค้ดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1595.40กก.-ม.

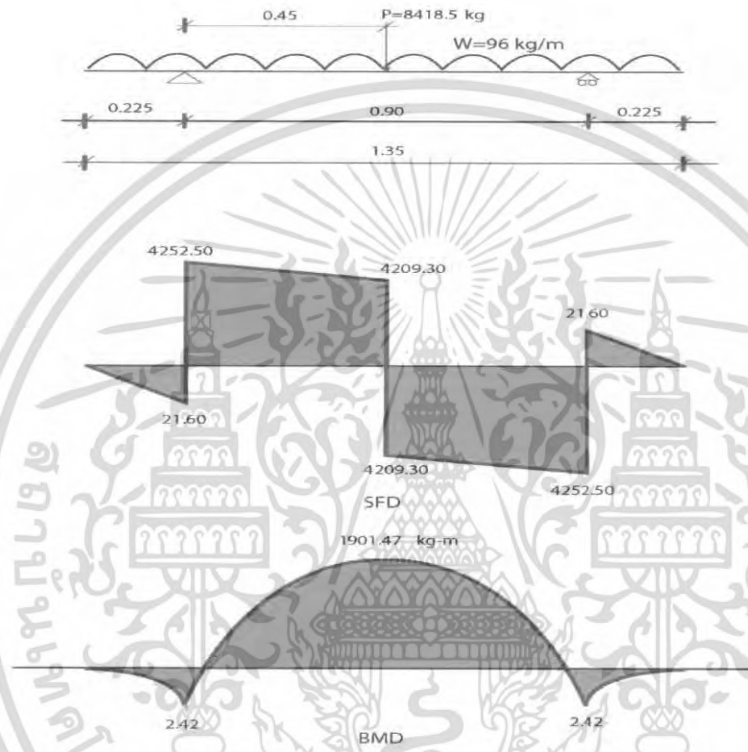


รูปที่ 4.35 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-คาน-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) อายุวัสดุประสาน 28 วัน

ผลการทดสอบโดยเครื่อง UTM ซึ่งแรงกระทำตั้งฉากกับชิ้นงาน สามารถรับแรงกระทำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 8368.15 กก. และสามารถรับกำลังโมเมนต์คดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 1901.47 กก.-ม.



รูปที่ 4.36 แสดง Load Diagram, Shear Force Diagram และ Bending Moment Diagram ของการทดสอบเสา-คาน-เสา เมื่อวัสดุประสานมีอายุ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

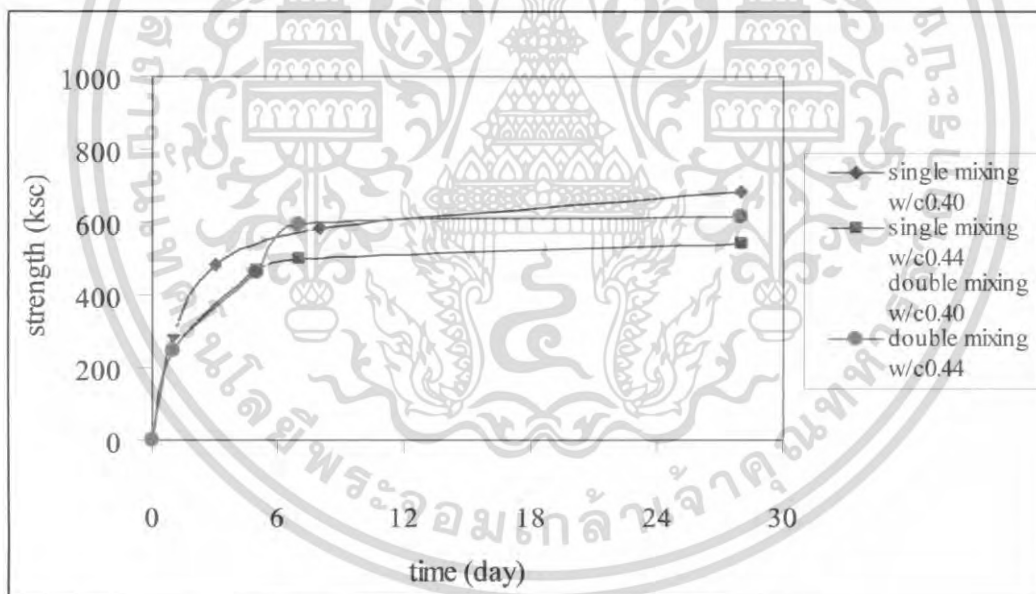
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุประสานของจตุรรอยต่อ

5.1.1 วิเคราะห์คุณสมบัติซีเมนต์เพสต์

จากผลการทดสอบโดยวิธีผสม single mixing (ครั้งเดียว) และวิธี double mixing (ผสมซ้ำ) โดยการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% และ 44%

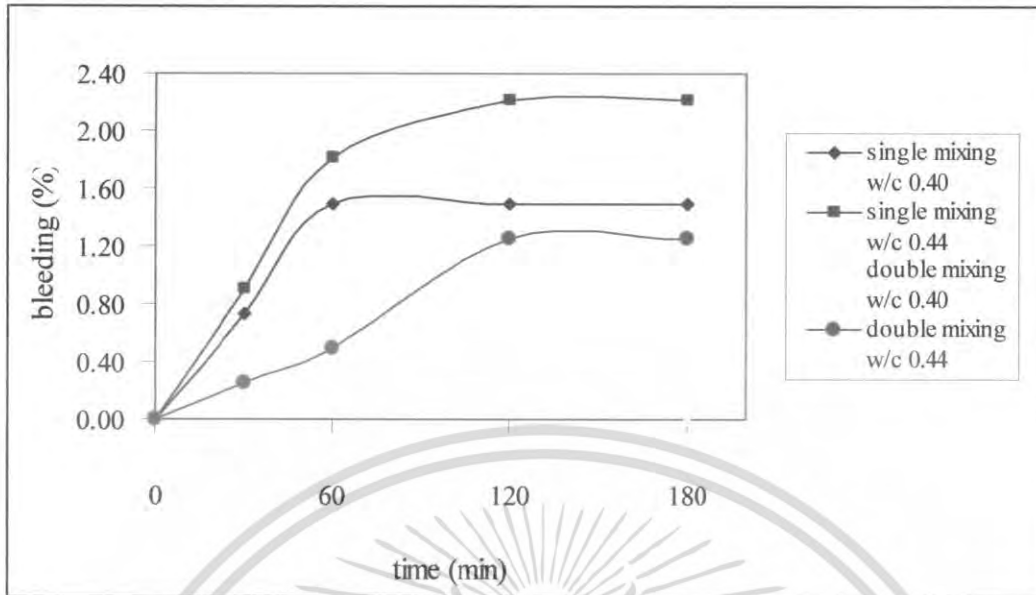
- 1) การรับกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ ที่มีค่าสูงสุดคือ double mixing w/c 0.40 รองลงมา คือ single mixing w/c 0.40 ; double mixing w/c 0.44 ; single mixing w/c 0.44 ตามลำดับ



รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของซีเมนต์เพสต์

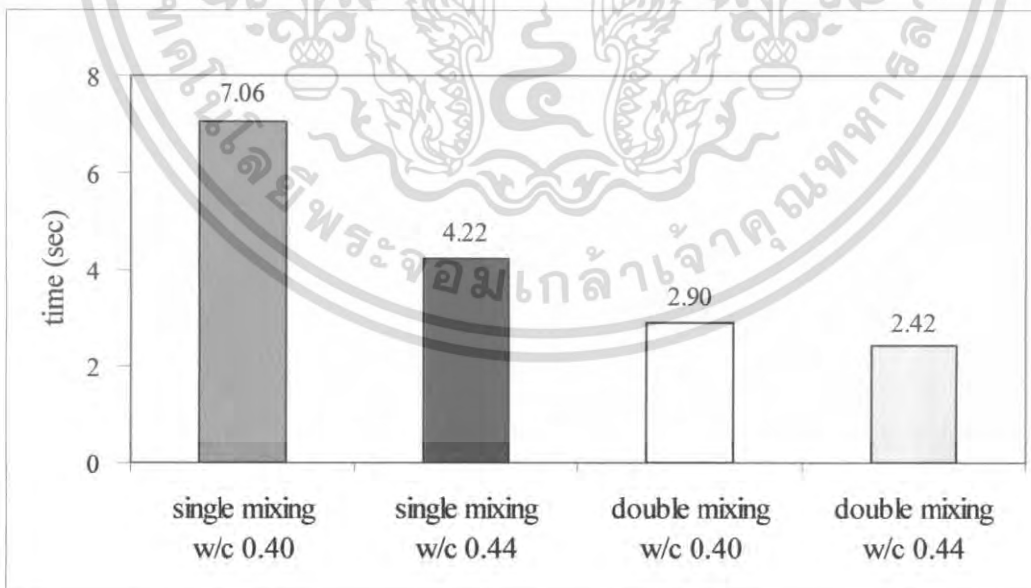
- 2) อัตราการคายน้ำของซีเมนต์เพสต์ ที่ให้ค่าน้อยที่สุดคือ double mixing w/c 0.40 รองลงมาคือ double mixing w/c 0.44 ; single mixing w/c 0.40 ; single mixing w/c 0.44 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลาของซีเมนต์เฟสท์

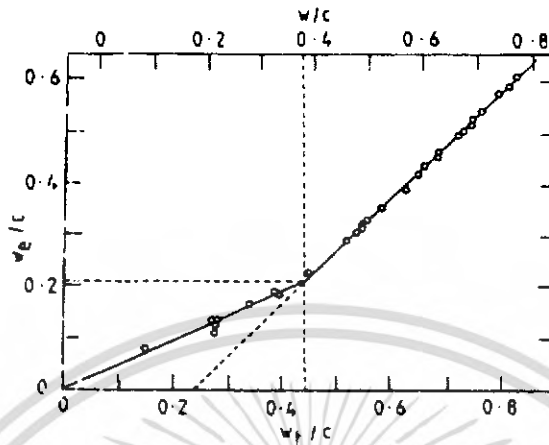
3) การไหลของซีเมนต์เฟสท์ ที่มีระยะเวลาสั้นที่สุดคือ double mixing w/c 0.44 รองลงมาคือ double mixing w/c 0.40 ; single mixing w/c 0.44 ; single mixing w/c 0.40 ตามลำดับ



รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาการไหลตัวของซีเมนต์เฟสท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชันได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างๆ

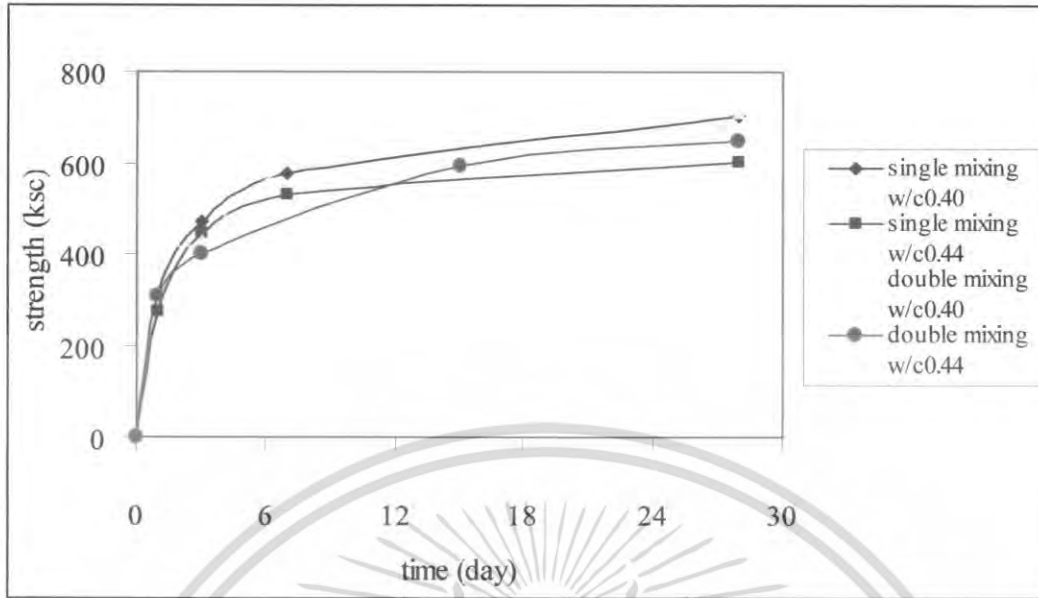
จากผลการวิเคราะห์ ข้อ 1) ถึง ข้อ 3) ซีเมนต์เพชรที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ การผสมโดยวิธี double mixing w/c 0.40 รองลงมาคือ double mixing w/c 0.44 ซึ่งจากข้อ 4) การทำปฏิกิริยาไฮเดรชันที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% เพราะฉะนั้นวัสดุประสานซีเมนต์เพชรที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ cement paste double mixing w/c 0.44

5.1.2 วิเคราะห์คุณสมบัติซีเมนต์มอร์ต้า

จากผลการทดสอบอัตราส่วนปูนซีเมนต์กับทรายคือ 1:1 โดยวิธี single mixing (ครึ่งเดียว) และวิธี double mixing (ผสมซ้ำ) โดยการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40% และ 44%

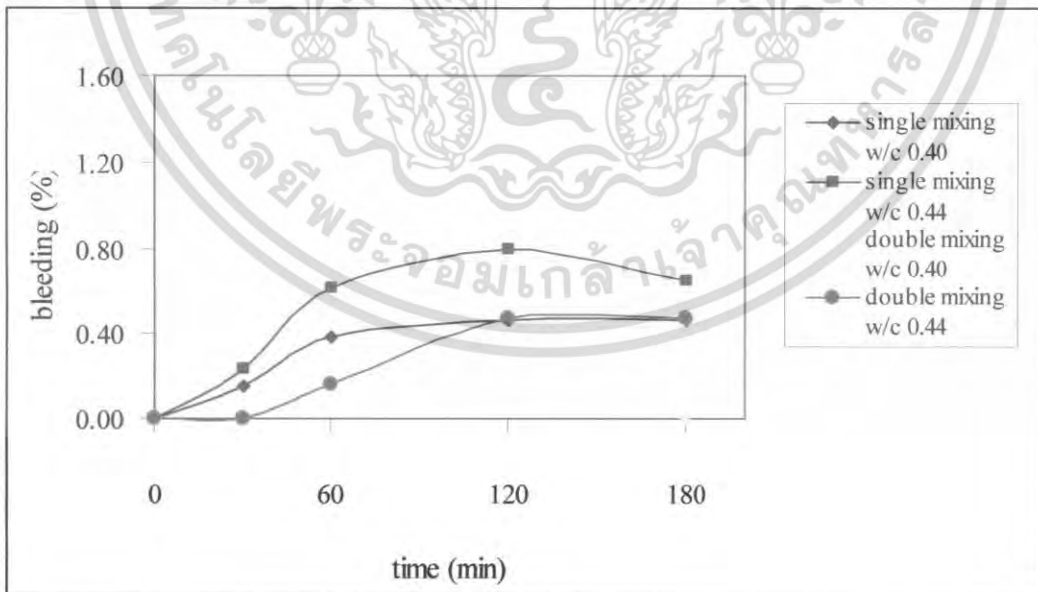
- 1) การรับกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า ที่มีค่าสูงสุดคือ double mixing w/c 0.40 รองลงมาคือ single mixing w/c 0.40 ; double mixing w/c 0.44 ; single mixing w/c 0.44 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของซีเมนต์มอร์ต้า

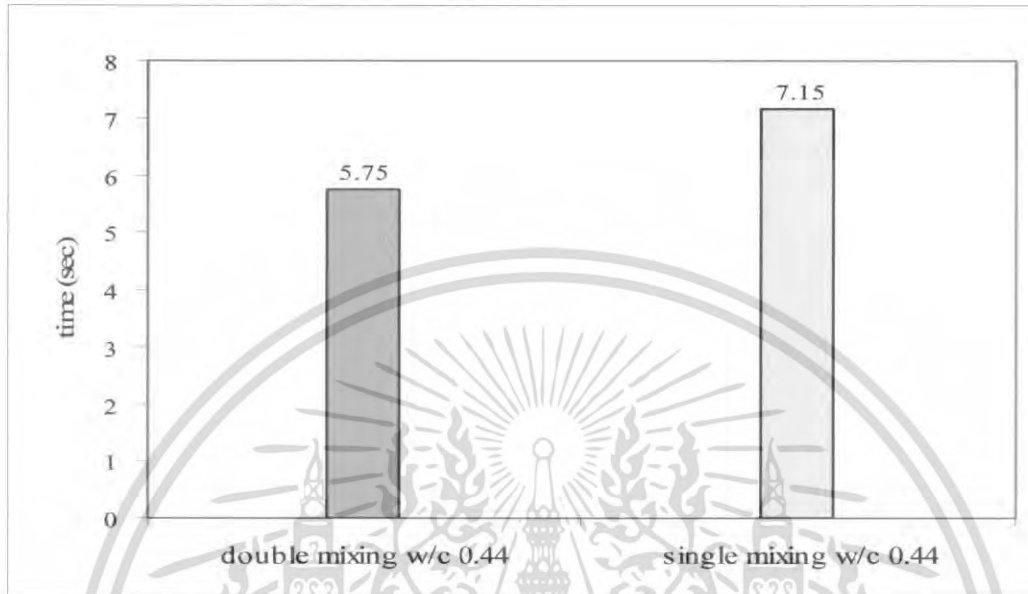
2) อัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ต้า ที่ให้ค่าน้อยที่สุดคือ double mixing w/c 0.40 รองลงมาคือ single mixing w/c 0.40 ; double mixing w/c 0.44 ; single mixing w/c 0.44 ตามลำดับ



รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลาของซีเมนต์มอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) การไหลของซีเมนต์มอร์ต้า ที่มีระยเวลาน้อยที่สุดคือ double mixing w/c 0.44 รองลงมา คือ double mixing w/c 0.40 ตามลำดับ



รูปที่ 5.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาการไหลตัวของซีเมนต์มอร์ต้า

- 4) ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชันได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 5.4

จากผลการวิเคราะห์ ข้อ 1) ถึง ข้อ 4) ซีเมนต์มอร์ต้าที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ การผสม โดยวิธี double mixing w/c 0.44 รองลงมาคือ double mixing w/c 0.40 เพราะฉะนั้น วัสดุประสานซีเมนต์มอร์ต้าที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ cement mortar double mixing w/c 0.44

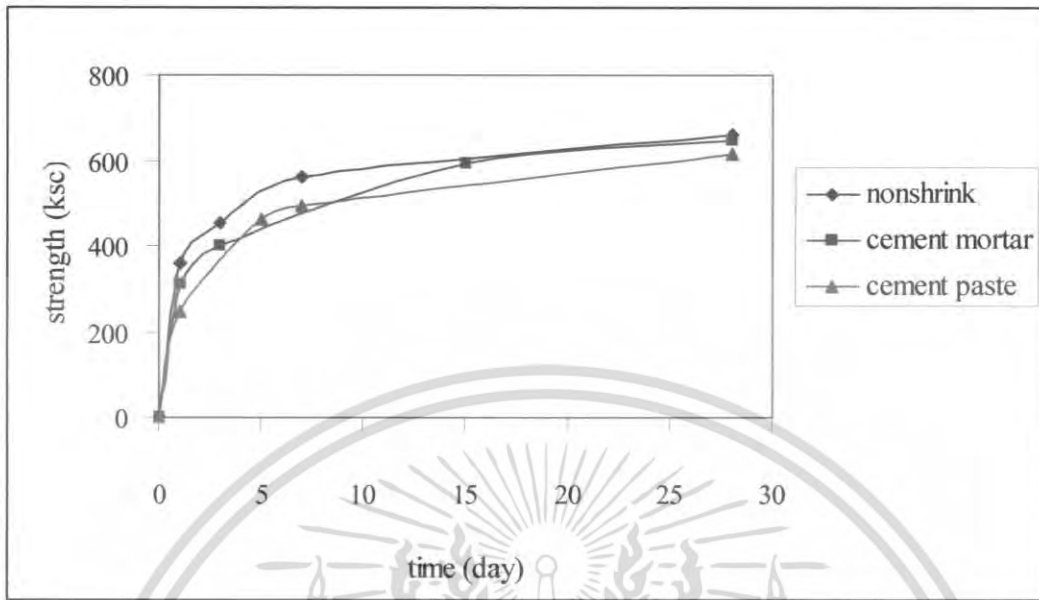
5.1.3 วิเคราะห์คุณสมบัติวัสดุประสานที่นำมาใช้ที่จูดรอยต่อ

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติซีเมนต์เพสต์และคุณสมบัติซีเมนต์มอร์ต้า ซึ่งได้ค่าคุณสมบัติวัสดุประสานที่เหมาะสม คือ cement paste double mixing w/c 0.44 และ cement mortar double mixing w/c 0.44 มาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติสารที่ไม่หดตัว (nonshrink) ดังนี้

- 1) จากการเปรียบเทียบสารที่มีคุณสมบัติการรับกำลังแรงอัดที่ระยะเวลา 1 วัน โครงสร้างจะรับน้ำหนักของตัวเอง ที่ระยะเวลา 3 วัน โครงสร้างจะรับน้ำหนักของแผ่นพื้น และที่ระยะเวลา 28 วัน โครงสร้างจะรับน้ำหนักทั้งหมด คุณสมบัติของวัสดุประสานทั้ง 2 ชนิดที่ใกล้เคียงกับสาร nonshrink มากที่สุด คือ cement mortar double mixing -

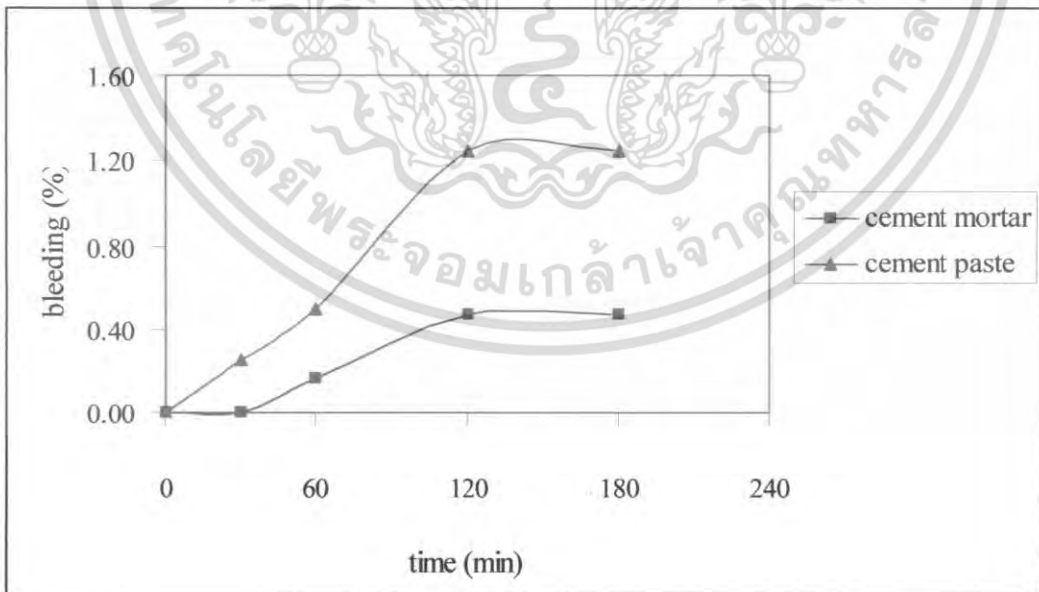
w/c 0.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาของวัสดุประสาน

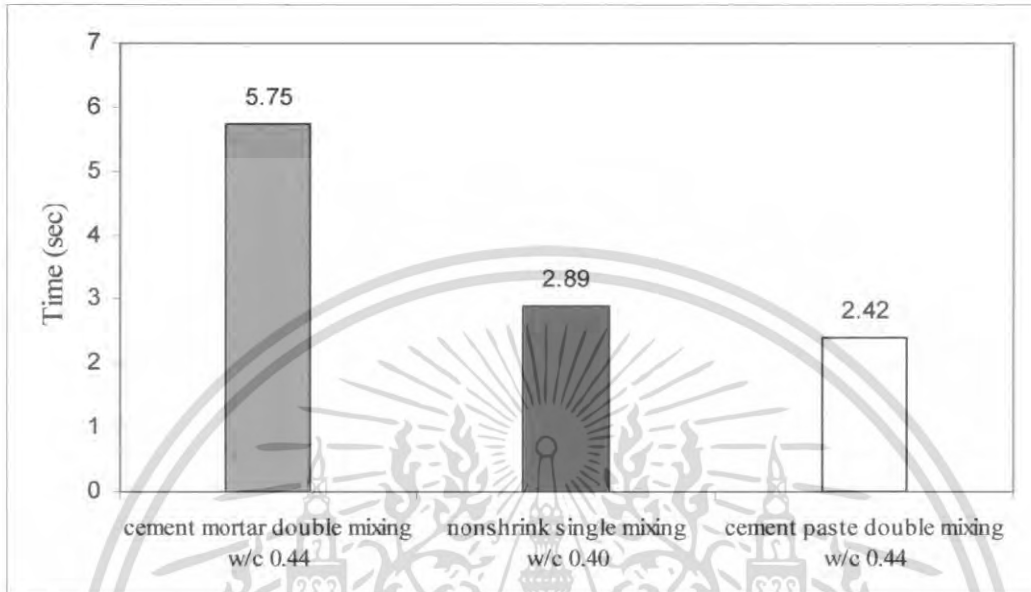
2) จากการเปรียบเทียบสารที่มีคุณสมบัติอัตราการคายน้ำน้อยที่สุดคือ cement mortar double mixing w/c 0.44



รูปที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการคายน้ำกับเวลาของวัสดุประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จากการเปรียบเทียบสารที่มีคุณสมบัติการไหลที่ดีที่สุดคือ cement paste double mixing w/c 0.44



รูปที่ 5.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบเวลาการไหลตัวของวัสดุประสาน

4) นอกจากการเปรียบเทียบสารคุณสมบัติของวัสดุประสานแล้ว ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งคือ ต้นทุนการผลิต ซึ่งวัสดุประสานที่มีต้นทุนน้อยที่สุดคือ cement mortar double mixing w/c 0.44

จากผลการวิเคราะห์ข้อ 1) ถึง ข้อ 4) วัสดุประสานที่จะนำมาใช้เกร้าที่ที่จตุรรอยต่อ คือ cement mortar double mixing w/c 0.44

5.2 วิเคราะห์ความแข็งแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้าง

5.2.1 วิเคราะห์ผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต

เนื่องจากผู้ออกแบบโครงสร้าง ได้ออกแบบค่ากำลังรับแรงอัดประลัย (f_c') เท่ากับ 210 กก./ ตร.ซม. และ ค่าการยุบตัว (slump) เท่ากับ 8-10 ซม. ผู้ทดสอบจำเป็นต้องออกแบบส่วนผสมคอนกรีต(Concrete Mixed Design) ให้ได้ตามที่กำหนดเพราะว่าค่ากำลังรับแรงอัดประลัย (f_c') จะมีผลต่อการทดสอบความแข็งแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มีค่าเท่ากับ 214.37 กก./ตร.ซม.ที่อายุ 28 วัน และได้ค่า slump เท่ากับ 9.5 ซม. ดังรูป ซึ่งได้ค่าตามที่ยู่ออกแบบโครงสร้างกำหนด



รูปที่ 5.11 แสดงการวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต

5.2.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบระยะการก่อตัวของจุกรอยต่อ

จากผลการทดสอบในช่วงระยะเวลาการถอดแบบที่ทำให้จุกรอยต่อของโครงสร้างไม่เกิดการเสียรูปและได้ขนาดตามที่ต้องการ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการถอดแบบคือ $2\frac{1}{2}$ - 3 ชั่วโมง

5.2.3 วิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งแรงที่จุกรอยต่อโครงสร้างแบบเสาต่อเสา

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงที่จุกรอยต่อ โครงสร้างแบบเสาต่อเสาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การพิจารณาขนาดท่อ (Grout Tube) ขนาดเหล็ก ความลึก ของจุกรอยต่อที่เหมาะสม และการพิจารณาพฤติกรรม โครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก

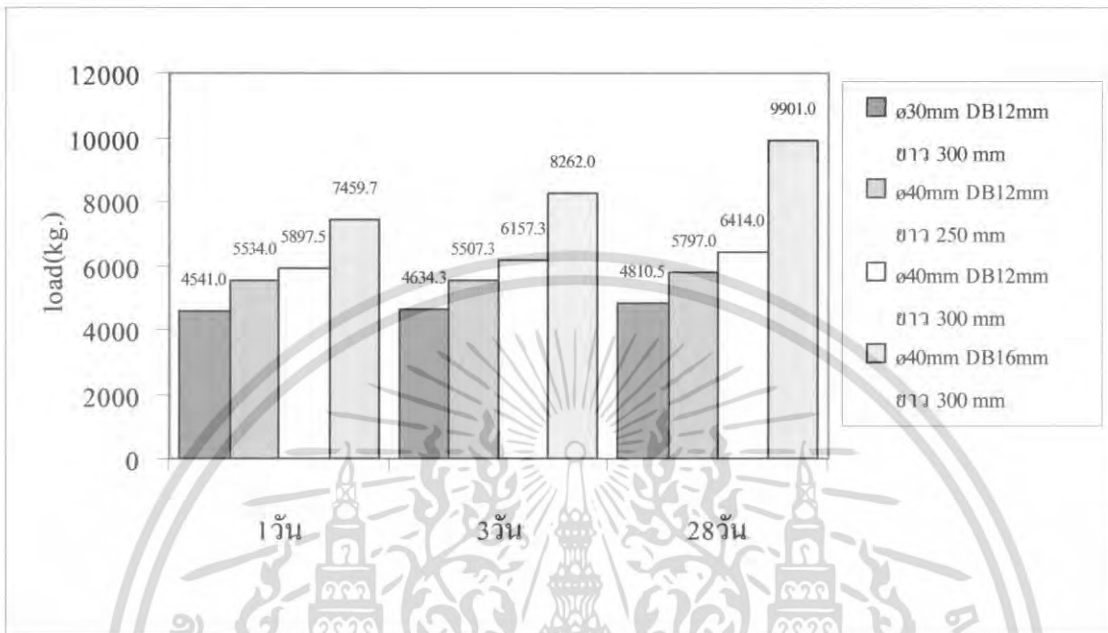
1) การพิจารณาขนาดท่อ (Grout Tube) ขนาดเหล็ก ความลึก ของจุกรอยต่อที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว การรับแรงกระทำที่มีค่าสูงสุดคือ ϕ 40 mm Dowel Bar 16 mm ยาว 300 mm. รองลงมา ϕ 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 300 mm.; ϕ 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 250 mm.; ϕ 30 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 300 mm. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าขนาดท่อ ขนาดเหล็ก ความลึก มีผลต่อการรับกำลังของจุกรอยต่อทั้งหมด

การพิจารณาขนาดท่อ (Grout Tube) ขนาดเหล็ก ความลึก ของจุกรอยต่อที่เหมาะสม จะพิจารณาการรับแรงกระทำ และการดำเนินการก่อสร้าง โดยในด้านการก่อสร้างเหล็กที่เสริมคอนกรีต ในคาน และ เสา ใช้เหล็กขนาด Dowel Bar 12 mm. เพียงอย่างเดียว จึงพิจารณาเลือกขนาดท่อ (Grout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tube) ϕ 40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 300 mm. ในการทดสอบพฤติกรรมโครงสร้าง และ สะดวกในการดำเนินการก่อสร้าง



รูปที่ 5.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการรับกำลังแรงดึงของจตุรรอยต่อแบบเสาต่อเสา

2) การพิจารณาพฤติกรรมโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก

การวิเคราะห์โครงสร้างที่จตุรรอยต่อแบบเสาต่อเสา จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้โปรแกรม STAAD.PRO, 2004 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำ โดยจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างตามระยะเวลาดังนี้

2.1) อายุวัสดุประสาน 1 วัน

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือน้ำหนักบรรทุกที่ของโครงสร้างคาน หลังจากการถอดการค้ำยันที่ 1 วัน โมเมนต์คัตสูงสุดที่กระทำเท่ากับ 99.77 กก.-ม. ซึ่งจากผลการทดสอบโมเมนต์คัตสูงสุดเท่ากับ 1193.07 กก.-ม.

2.2) อายุวัสดุประสาน 3 วัน

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือน้ำหนักบรรทุกที่ของโครงสร้างคาน และแผ่นสำเร็จรูปหลังจากประกอบโครงสร้างได้ 3 วัน โมเมนต์คัตสูงสุดที่กระทำเท่ากับ 305.45 กก.-ม. ซึ่งจากผลการทดสอบโมเมนต์คัตสูงสุดเท่ากับ 1193.07 กก.-ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) อายุวัสดุประสาน 28 วัน

โครงสร้างประกอบได้ระยะเวลา 28 วัน โดยโครงสร้างได้ดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างคือ น้ำหนักของโครงสร้าง (น้ำหนักบรรทุกคงที่) และมีการทำกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย(น้ำหนักบรรทุกจร) โมเมนต์ค้ดสูงสุดที่กระทำ เท่ากับ 494.10 กก.-ม. ซึ่งจากผลการทดสอบ โมเมนต์ค้ดสูงสุดเท่ากับ 1288.30 กก.-ม.

5.2.4 วิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งแรงที่จุกรอยต่อโครงสร้างแบบเสาต่อคาน

เกณฑ์ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงที่จุกรอยต่อโครงสร้างแบบเสาต่อคานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การพิจารณาพฤติกรรมโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกและการพิจารณาขนาดท่อ (Grout Tube) ขนาดเหล็ก ความลึก ของจุกรอยต่อที่เหมาะสม

1) การพิจารณาพฤติกรรมโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก

โครงสร้างแบบเสาต่อคาน ที่จุกรอยต่อระหว่างคานกับเสาเป็นลักษณะ คานพาดเดี่ยว (Simple Beam) ซึ่งพฤติกรรมของโครงสร้างจะต้องรับแรงดึงหรือแรงถอนที่จุกรอยต่อ การวิเคราะห์โครงสร้างจะทำการหาค่าการโก่งตัวที่จุกรอยต่อ เพื่อที่จะหาแรงดึงสูงสุดที่กระทำต่อจุกรอยต่อ

1.1) อายุวัสดุประสาน 1 วัน

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่ของโครงสร้างคาน หลังจากโครงสร้างประกอบได้ระยะเวลา 1 วัน การโก่งตัวที่จุกรอยต่อเท่ากับ 0.013 มม. แรงดึงกระทำสูงสุดที่จุกรอยต่อเท่ากับ 25.20 กก.

1.2) อายุวัสดุประสาน 3 วัน

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่ของโครงสร้างคาน หลังจากโครงสร้างประกอบได้ระยะเวลา 3 วัน การโก่งตัวที่จุกรอยต่อเท่ากับ 0.042 มม. แรงดึงกระทำสูงสุดที่จุกรอยต่อเท่ากับ 80.60 กก.

1.3) อายุวัสดุประสาน 28 วัน

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือ น้ำหนักของโครงสร้างทั้งหมด(น้ำหนักบรรทุกคงที่)และมีการทำกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย(น้ำหนักบรรทุกจร)หลังจากโครงสร้างประกอบได้ระยะเวลา 28 วัน การโก่งตัวที่จุกรอยต่อเท่ากับ 0.078 มม. แรงดึงกระทำสูงสุดที่จุกรอยต่อเท่ากับ 150.43 กก.

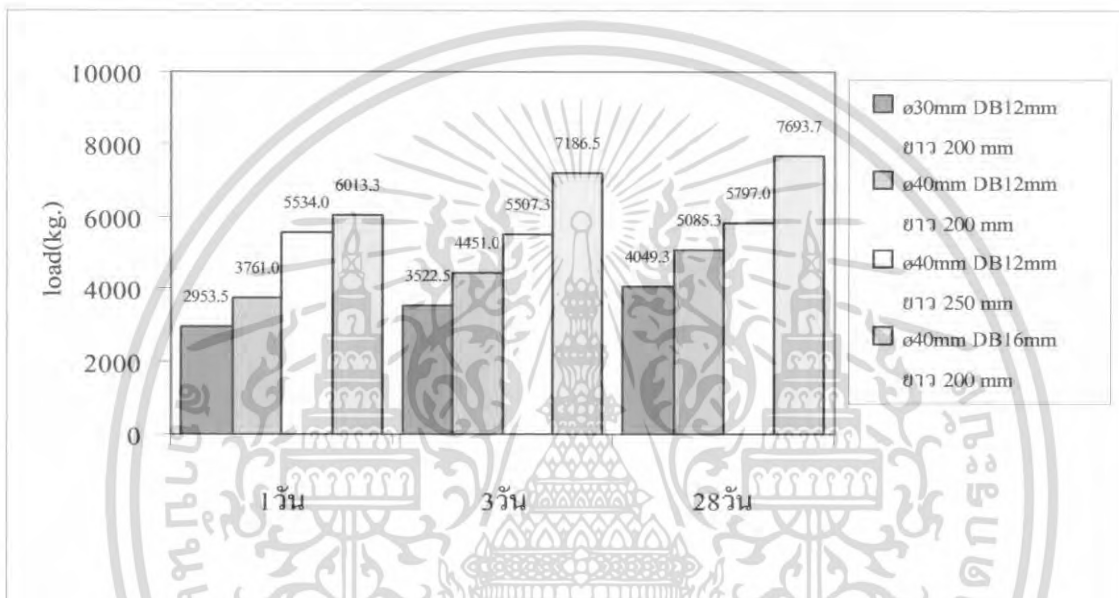
2) การพิจารณาขนาดท่อ (Grout Tube) ขนาดเหล็ก ความลึก ของจุกรอยต่อที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว การรับแรงกระทำที่มีค่าสูงสุดคือ \varnothing 40 mm Dowel Bar 16 mm ยาว 200 mm. รองลงมา \varnothing 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 250 mm.; \varnothing 40 mm Dowel Bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 mm ยาว 200 mm.; ϕ 30 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 200 mm. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าขนาดท่อ ขนาดเหล็ก ความลึก มีผลต่อการรับกำลังของจตุรรอยต่อทั้งหมด

หลังจากทำการวิเคราะห์โครงสร้างการรับน้ำหนักบรรทุกที่อายุวัสดุประสาน 1 ,3 , 28 วัน แรงดึงที่กระทำต่อจตุรรอยต่อมีค่าน้อยมาก ซึ่งผลการทดสอบมีค่ามากทำให้การพิจารณาขนาดท่อ (Grout Tube) ขนาดเหล็ก ความลึก ที่เหมาะสม คือ ϕ 40 mm Dowel Bar 12 mm ยาว 200 mm. เพราะว่า ขนาดท่อ ϕ 30 mm. มีขนาดเล็กเกินไปจึงไม่เหมาะสมในการทำงาน



รูปที่ 5.13 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบการรับกำลังแรงดึงของจตุรรอยต่อแบบเสาต่อคาน

5.2.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบความแข็งแรงที่จตุรรอยต่อโครงสร้างแบบเสาต่อคานต่อเสา

การพิจารณาพฤติกรรม โครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุก การวิเคราะห์โครงสร้างที่จตุรรอยต่อแบบเสาต่อคานต่อเสา จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้โปรแกรม STAAD.PRO.2004 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และ แม่นยำ โดยจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างตามระยะเวลาดังนี้

1) อายุวัสดุประสาน 1 วัน

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือน้ำหนักบรรทุกที่ของ โครงสร้างคาน หลังจาก การถอดการค้ำยันที่ 1 วัน โมเมนต์ค้ดสูงสุดที่กระทำ เท่ากับ 70.31 กก.-ม. ซึ่งจากผลการทดสอบ โมเมนต์ค้ดสูงสุดเท่ากับ 1562.76 กก.-ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อายุวัสดุประสาน 3 วัน

นำหน้าทับรทุกที่กระทำต่อโครงสร้าง คือนำหน้าทับรทุกที่ของโครงสร้างตาม และแผ่นพื้นสำเร็จรูปหลังจากประกอบโครงสร้างได้ 3 วัน โมเมนต์ค้ดสูงสุดที่กระทำ เท่ากับ 263.61 กก.-ม. ซึ่งจากผลการทดสอบ โมเมนต์ค้ดสูงสุดเท่ากับ1595.70 กก.-ม.

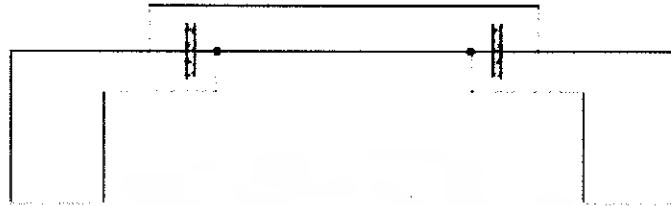
3) อายุวัสดุประสาน 28 วัน

โครงสร้างประกอบได้ระยะเวลา 28วัน โดยโครงสร้างได้ดำเนินการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วนำหน้าทับรทุกที่กระทำต่อ โครงสร้างคือนำหน้าทับของโครงสร้าง (นำหน้าทับรทุกคท)และมีการทำกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย (นำหน้าทับรทุกจร) โมเมนต์ค้ดสูงสุดที่กระทำ เท่ากับ 393.53 กก.-ม. ซึ่งจากผลการทดสอบ โมเมนต์ค้ดสูงสุดเท่ากับ 1901.47 กก.-ม.



รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะจตุรอยต่อของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 แสดงลักษณะของคานพาดเดียว (Simple Beam)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสาน ได้แก่ ซีเมนต์เพสต์ และ ซีเมนต์มอร์ต้า โดยพิจารณาวัสดุประสานที่เหมาะสมแต่ละประเภท โดยมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการผสมคือ single mixing และ double mixing และเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์คือ 40 % และ 44 % ซึ่งจะได้วัสดุประสานที่เหมาะสมแต่ละประเภทคือ cement paste double mixing w/c 0.44 และ cement mortar double mixing w/c 0.44

หลังจากนั้นนำวัสดุประสานทั้ง 2 ชนิดมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของ nonshrink single mixing w/c 0.40 ซึ่งจะได้ว่าความสามารถในการรับกำลังแรงอัดใกล้เคียงกัน ความสามารถในการไหลของวัสดุประสานไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ราคาต้นทุนของวัสดุประสานของซีเมนต์มอร์ต้า มีราคาถูกกว่า ซีเมนต์เพสต์ และ nonshrink จึงทำให้ได้วัสดุประสานที่มีความเหมาะสมคือ cement mortar double mixing w/c 0.44

เมื่อนำวัสดุประสานคือ cement mortar double mixing w/c 0.44 มาเกร้าที่จุกรอยต่อของโครงสร้างเพื่อนำมาทดสอบพฤติกรรมของจุกรอยต่อโครงสร้าง ได้แก่ หน่วยแรงยึดเหนี่ยว โมเมนต์คัต หน่วยแรงเฉือน โดยวิธี Load Test จากผลการทดสอบของจุกรอยต่อสามารถรับกำลังได้

จึงสรุปได้ว่าการใช้ cement mortar double mixing w/c 0.44 มาเกร้าที่จุกรอยต่อซึ่งโครงสร้างมีลักษณะเป็นระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยลักษณะจุกรอยต่อเป็นแบบเปียก สามารถนำไปดำเนินการก่อสร้างได้อย่างปลอดภัย

6.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ในการทดสอบพฤติกรรม โครงสร้างที่จุกรอยต่อจะนำเพียงแค่สาร เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจจะนำวัสดุประสานชนิดอื่นมาทดสอบพฤติกรรมของโครงสร้างเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน
- 2) แรงที่กระทำของโครงสร้างนอกจาก ยังมีโมเมนต์บิดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในโครงสร้าง ซึ่งเนื่องจากเครื่องทดสอบอยู่ซ่อมบำรุงทำให้ต้องยกเลิกในขณะทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กิตติพงษ์ หมั่นราช และคณะ , 2543. การศึกษาและเปรียบเทียบระบบก่อสร้างบ้านคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย. ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ. 2539 . วิเคราะห์โครงสร้าง . พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ เอส.เอส. บุ๊คส์เฮ้าส์.
3. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ. 2542 . ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี .1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ เอส.เอส. บุ๊คส์เฮ้าส์.
4. สิริศักดิ์ ปโยชรสิริ. 2544. กลศาสตร์วัสดุ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ว. เพ็ชรสกุล.
5. อภิชาติ หวังคุณธรรม และคณะ . 2538. ข้อต่อระหว่างคานและเสาคอนกรีตสำเร็จรูป. ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต , มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
6. วินิต ช่อวิเชียร , 2544. ทฤษฎีโครงสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ป. สัมพันธ์พาณิชย์.
7. Ei-ichi Tazawa and Tetsuro Kasai, 1989. "Double Mixing Effects of Fresh Cement Paste", Concrete Library of No.JSCE 13.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติมวลรวม และ
ตารางแสดงผลการทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.1. แสดงผลการทดสอบการหาส่วนขนาดละเอียดของมวลรวมละเอียด

 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG						
SIEVE ANALYSIS						
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป						
โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ						
TYPE : Concrete						
SAMPLE : Strength 210 ksc.						
SIEVE NO.	WT.SIEVE (g.)	WT.SIEVE SAMPLE (g.)	WT.SIEVE+ RETAINED (g.)	PERCENT RETAINED	CUMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINER OF PASSING
1 1/2"	-	-	-	-	-	-
1"	-	-	-	-	-	-
3/4"	-	-	-	-	-	-
1/2"	-	-	-	-	-	-
3/8"	-	-	-	-	-	-
No.4	458.07	471.71	13.64	1.37	1.37	98.63
No.8	699.66	806.27	106.61	10.68	12.05	87.95
No.16	655.58	874.87	219.29	21.97	34.02	65.98
No.30	601.81	935.44	333.63	33.43	67.45	32.55
No.50	540.11	779.6	239.49	23.99	91.44	8.56
No.100	523.09	593.58	70.49	7.06	98.5	1.5
Pan	378.32	393.28	14.96	1.5	-	-


ERROR (ORIGINAL WT.- TOTAL WT. RETAINED) = 1.89 g.

PERCENT ERROR = 0.19%

FINENESS MODULUS = 3.00


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.2. แสดงผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวมละเอียด

 <p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>		
SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE		
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ		
TYPE : Concrete		
SAMPLE : Strength 210 ksc.		
น้ำหนักอิมตัวผิวแห้ง (B)	g.	495.20
น้ำหนักในน้ำ (W _c)	g.	690.70
น้ำหนักอบแห้ง (A)	g.	490.00
น้ำหนักทราย+ขวดชมพู+น้ำ (W)	g.	997.20
น้ำหนักขวดชมพู	g.	187.70
ถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง $A / (W_c + B - W)$		2.60
ถ่วงจำเพาะอิมตัวผิวแห้ง $B / (W_c + B - W)$		2.62
ถ่วงจำเพาะแท้จริง $A / (W_c + A - B)$		2.67
อัตราดูดซึ่ม	%	1.67


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.3. แสดงผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ

 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE		
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ TYPE : Concrete SAMPLE : Strength 210 ksc.		
น้ำหนักอิมตัวผิวแห้ง (B)	g.	2726.00
น้ำหนักในน้ำ (C)	g.	1725.00
น้ำหนักอบแห้ง (A)	g.	2709.00
ถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง A / (B-C)		2.71
ถ่วงจำเพาะอิมตัวผิวแห้ง B / (B-C)		2.72
ถ่วงจำเพาะแท้จริง A / (A-C)		2.75
อัตราดูดซึมน้ำ	%	0.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.4. แสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้นของมวลรวมละเอียด

 <p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>			
MOISTURE CONTENT OF FINE AGGREGATE			
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป			
โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ			
TYPE : Concrete			
SAMPLE : Strength 210 ksc.			
TRAIL NO.	1	2	3
W _t . OF SAMPLE BEFORE DRYING (g.)	109.33	110.89	114.27
W _t . OF SAMPLE AFTER DRYING (g.)	106.07	107.05	109.23
MOISTURE CONTENT %	3.07	3.59	4.61
AVERAGE MOISTURE CONTENT %	3.76		


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.5. แสดงผลการทดสอบปริมาณความชื้นของมวลรวมหยาบ

 <p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>			
MOISTURE CONTENT OF COARSE AGGREGATE			
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป			
โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ			
TYPE : Concrete			
SAMPLE : Strength 210 ksc.			
TRAIL NO.	1	2	3
W _c OF SAMPLE BEFORE DRYING (g.)	133.05	139.44	178.99
W _c OF SAMPLE AFTER DRYING (g.)	132.70	138.84	178.42
MOISTURE CONTENT %	0.26	0.42	0.32
AVERAGE MOISTURE CONTENT %	0.33		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.6. แสดงผลการทดสอบหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ

 <p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>			
UNIT WEIGHT OF COARSE AGGREGATE			
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูป			
โครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ			
TYPE : Concrete			
SAMPLE : Strength 210 ksc.			
TRAIL NO.	1	2	RMKS
VOLUME OF CONTAINER (m. ³) , V	0.003	0.003	
W _t OF SAMPLE + CONTAINER (kg.)	7.738	7.896	
W _t OF CONTAINER (kg.)	2.899	2.899	
W _s OF SAMPLE (kg.) , W _s	4.839	4.997	
UNIT WEIGHT (kg./m. ³) , R _s	1613.00	1665.67	
AVERAGE UNIT WEIGHT (kg./m. ³)	1640		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.7. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG COMPRESSIVE											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของชุดรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของกรมทะเลแห่งชาติ											
TYPE : Concrete											
SAMPLE : Strength 210 ksc.											
SIZE : Cylinder											
No.	DIAMETER cm.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	14.775	171.45	30.00	12.32	7/11/2005	7/12/2005	1	145.00	86.21		
2	14.772	171.38	30.01	12.18	7/11/2005	7/12/2005	1	131.60	78.28	86.22	
3	14.772	171.38	30.00	12.25	7/11/2005	7/12/2005	1	158.30	94.16		
4	14.750	170.87	29.80	12.22	7/11/2005	18/7/2005	7	244.60	145.92		
5	14.782	171.62	29.70	12.17	7/11/2005	18/7/2005	7	215.30	127.88	143.81	
6	14.830	172.73	29.60	12.31	7/11/2005	18/7/2005	7	267.20	157.64		
7	14.758	171.05	29.10	12.29	7/11/2005	26/7/2005	15	307.90	183.49		
8	14.770	171.34	30.01	12.39	7/11/2005	26/7/2005	15	343.90	204.60	197.36	
9	14.802	172.09	29.50	12.33	7/11/2005	26/7/2005	15	344.40	204.00		
10	14.818	172.44	29.00	12.56	7/11/2005	8/8/2005	28	350.50	207.20		
11	14.835	172.85	29.00	12.51	7/11/2005	8/8/2005	28	366.40	216.08	214.37	
12	14.885	174.02	30.00	12.83	7/11/2005	8/8/2005	28	360.20	211.00		slump 9.5 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการทดสอบวัสดุประสาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1.แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์พิเศษที่โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG COMPRESSIVE											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
SAMPLE : cement paste single mixing w/c 0.40											
SIZE : cube 5×5×5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	5.08×5.14	5.11	0.250	22/7/2005	23/7/2005	1	77.00	300.60			
2	5.08×5.08	5.01	0.240	22/7/2005	23/7/2005	1	70.90	280.06	289.71		
3	5.05×5.08	5.05	0.250	22/7/2005	23/7/2005	1	72.60	288.48			
4	5.00×5.06	5.05	0.252	22/7/2005	25/7/2005	3	120.20	484.30			
5	5.02×5.00	5.05	0.252	22/7/2005	25/7/2005	3	98.90	401.66	482.13		
6	5.04×5.04	4.99	0.248	22/7/2005	25/7/2005	3	119.60	479.96			
7	5.09×5.02	5.03	0.251	22/7/2005	29/7/2005	7	118.50	472.75			
8	5.07×5.05	4.99	0.255	22/7/2005	29/7/2005	7	129.90	517.18	562.56		
9	5.11×5.10	5.00	0.253	22/7/2005	29/7/2005	7	152.70	607.95			
10	5.11×4.77	5.07	0.265	22/7/2005	19/8/2005	28	136.80	572.11			
11	5.07×5.04	5.08	0.260	22/7/2005	19/8/2005	28	172.90	689.74	686.84		
12	5.01×5.05	4.99	0.262	22/7/2005	19/8/2005	28	170.50	686.95			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์ที่ผลิตโดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
COMPRESSIVE											
PROJECT : ศึกษาดูกิจกรรมการรับแรงของจุดรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างที่รูปไปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
SAMPLE : cement paste single mixing w/c 0.44											
SIZE : cube 5 x 5 x 5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	5.02 x 4.96	5.00	0.237	8/8/2005	9/8/2005	1	70.50	288.63			
2	5.02 x 4.96	4.98	0.232	8/8/2005	9/8/2005	1	53.50	219.03	244.93		
3	5.04 x 4.96	4.98	0.232	8/8/2005	9/8/2005	1	55.70	227.13			
4	5.03 x 4.99	5.01	0.242	8/8/2005	13/8/2005	5	110.20	447.65			
5	5.00 x 4.93	5.02	0.235	8/8/2005	13/8/2005	5	103.30	427.06	466.17		
6	5.01 x 4.95	5.00	0.244	8/8/2005	13/8/2005	5	127.40	523.80			
7	4.99 x 4.94	5.00	0.239	8/8/2005	15/8/2005	7	107.10	443.03			
8	4.81 x 5.01	5.01	0.236	8/8/2005	15/8/2005	7	122.30	517.51	502.63		
9	4.95 x 5.01	4.97	0.240	8/8/2005	15/8/2005	7	118.70	487.75			
10	5.03 x 4.95	4.96	0.242	8/8/2005	5/9/2005	28	125.10	512.17			
11	4.97 x 5.00	4.99	0.239	8/8/2005	5/9/2005	28	138.80	569.37	540.77		
12	5.05 x 4.96	5.04	0.244	8/8/2005	5/9/2005	28	117.30	477.37			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของครอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ TYPE : Grout SAMPLE : cement paste double mixing w/c 0.40 SIZE : cube 5 x 5 x 5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	5.03×5.07	5.01	0.250	12/7/2005	13/7/2005	1	80.70	322.57			
2	5.03×5.01	5.09	0.250	12/7/2005	13/7/2005	1	76.30	308.64	312.13		
3	5.10×5.03	5.03	0.250	12/7/2005	13/7/2005	1	76.80	305.18			
4	5.04×5.07	5.10	0.255	12/7/2005	15/7/2005	3	70.80	282.89			
5	5.04×5.04	5.14	0.252	12/7/2005	15/7/2005	3	80.80	324.12	343.66		
6	5.03×5.08	5.10	0.259	12/7/2005	15/7/2005	3	90.80	363.20			
7	5.03×5.00	5.00	0.245	22/7/2005	1/8/2005	10	153.80	623.38			
8	5.04×5.05	5.03	0.249	22/7/2005	1/8/2005	10	153.10	613.17	642.69		
9	5.03×4.90	5.03	0.246	22/7/2005	1/8/2005	10	167.20	691.52			
10	5.03×5.01	5.02	0.255	22/7/2005	19/8/2005	28	198.40	802.54			
11	5.02×5.01	5.00	0.255	22/7/2005	19/8/2005	28	184.10	746.18	770.80		
12	4.92×5.00	5.09	0.255	22/7/2005	19/8/2005	28	184.30	763.69			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.4. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์พิเศษที่โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
COMPRESSIVE											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของครอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
SAMPLE : cement paste double mixing w/c 0.44											
SIZE : cube 5 × 5 × 5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	4.96 × 5.05	5.04	0.240	14/7/2005	14/7/2005	1	61.20	249.06			
2	5.03 × 5.03	5.03	0.240	14/7/2005	14/7/2005	1	58.40	235.29	248.57		
3	4.86 × 5.04	5.02	0.230	14/7/2005	14/7/2005	1	62.80	261.35			
4	4.90 × 5.02	4.98	0.234	14/7/2005	18/7/2005	5	109.20	452.54			
5	5.00 × 5.01	5.04	0.243	14/7/2005	18/7/2005	5	114.80	467.16	461.86		
6	5.01 × 5.04	5.03	0.237	14/7/2005	18/7/2005	5	115.40	465.87			
7	4.94 × 5.05	5.03	0.240	22/7/2005	29/7/2005	7	121.80	497.69			
8	4.90 × 5.05	5.08	0.240	22/7/2005	29/7/2005	7	117.60	444.82	496.50		
9	4.84 × 5.06	5.04	0.241	22/7/2005	29/7/2005	7	119.00	495.32			
10	4.60 × 5.04	5.17	0.230	22/7/2005	19/8/2005	28	101.70	447.16			
11	5.05 × 5.07	5.04	0.245	22/7/2005	19/8/2005	28	155.80	620.30	613.72		
12	4.85 × 5.03	5.13	0.245	22/7/2005	19/8/2005	28	145.30	607.14			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.บ.5. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์อร์ตา โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
COMPRESSIVE											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของครอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
SAMPLE : cement mortar single mixing w/c 0.40											
SIZE : cube 5 x 5 x 5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	5.13x5.15	5.00	0.283	25/7/2005	26/7/2005	1	81.30	313.69			
2	5.15x5.18	5.03	0.288	25/7/2005	26/7/2005	1	85.00	324.80			
3	5.09x5.15	5.14	0.283	25/7/2005	26/7/2005	1	76.70	298.26			
4	5.14x5.15	5.03	0.284	25/7/2005	28/7/2005	3	119.70	460.95			
5	5.07x5.08	5.04	0.279	25/7/2005	28/7/2005	3	123.60	489.19	470.91		
6	5.10x5.12	5.08	0.285	25/7/2005	28/7/2005	3	118.50	462.60			
7	5.10x5.17	5.13	0.293	25/7/2005	1/8/2005	7	155.10	599.63			
8	5.04x5.12	5.16	0.293	25/7/2005	1/8/2005	7	137.50	543.17	576.02		
9	5.05x5.17	5.13	0.288	25/7/2005	1/8/2005	7	149.90	585.26			
10	5.09x5.13	5.01	0.289	25/7/2005	22/8/2005	28	192.40	751.11			
11	5.10x5.16	5.03	0.289	25/7/2005	22/8/2005	28	183.40	710.41	703.45		
12	5.02x5.02	5.03	0.281	25/7/2005	22/8/2005	28	160.40	648.83			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ช.6. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
PROJECT : ศึกษากิจกรรมการรับแรงของจุกครอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปไปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout SAMPLE : cement mortar single mixing w/c 0.44 SIZE : cube 5×5×5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	5.01×5.06	5.00	0.265	8/8/2005	9/8/2005	1	66.60	267.80			
2	5.01×5.04	4.98	0.263	8/8/2005	9/8/2005	1	68.40	276.13	273.24		
3	4.96×5.00	5.06	0.261	8/8/2005	9/8/2005	1	67.10	275.80			
4	5.06×5.16	5.01	0.278	25/8/2005	28/7/2005	3	113.20	441.95			
5	5.12×5.04	5.03	0.276	25/8/2005	28/7/2005	3	117.60	464.56	445.71		
6	5.18×5.10	5.14	0.284	25/8/2005	28/7/2005	3	111.60	430.62			
7	5.06×5.14	5.08	0.282	25/8/2005	1/8/2005	7	141.10	553.02			
8	5.16×5.05	5.00	0.274	25/8/2005	1/8/2005	7	136.80	535.15	530.14		
9	5.06×5.07	5.07	0.282	25/8/2005	1/8/2005	7	126.40	502.25			
10	5.06×5.04	5.00	0.271	8/8/2005	5/9/2005	28	111.90	447.28			
11	5.02×5.04	5.00	0.269	8/8/2005	5/9/2005	28	153.00	616.44	600.96		
12	4.99×5.00	5.00	0.268	8/8/2005	5/9/2005	28	143.30	585.47			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ง.7. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์รต้ำโดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์40%



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MON GKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

COMPRESSIVE

PROJECT : ศึกษานวัตกรรมรับแรงของครอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปสี่เหลี่ยมของอาคารเคหะแห่งชาติ

TYPE : Grout

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.40

SIZE : cube 5×5×5 cm.³

No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	5.14×5.08	5.06	0.284	24/7/2005	25/7/2005	1	97.50	380.64		
2	5.22×5.02	5.05	0.284	24/7/2005	25/7/2005	1	95.80	372.67	384.05	
3	5.01×5.02	5.01	0.276	24/7/2005	25/7/2005	1	98.40	398.83		
4	5.06×5.26	5.02	0.285	24/7/2005	27/7/2005	3	104.20	399.08		
5	5.02×5.04	5.06	0.285	24/7/2005	27/7/2005	3	108.20	435.94	430.23	
6	5.03×5.11	5.09	0.283	24/7/2005	27/7/2005	3	114.90	455.68		
7	5.12×5.03	5.01	0.285	24/7/2005	1/8/2005	8	146.90	581.45		
8	5.03×5.07	5.04	0.284	24/7/2005	1/8/2005	8	163.80	654.74	601.63	
9	5.04×5.10	5.12	0.288	24/7/2005	1/8/2005	8	143.40	568.70		
10	5.04×5.05	5.03	0.286	24/7/2005	21/8/2005	28	183.80	736.13		
11	5.14×5.00	5.04	0.289	24/7/2005	21/8/2005	28	169.60	672.70	710.22	
12	5.09×5.03	5.01	0.286	24/7/2005	21/8/2005	28	181.30	721.84		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.จ.8. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจตุรหอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44 SIZE : cube 5 x 5 x 5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEIGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS	
1	5.08 x 5.12	5.02	0.278	24/7/2005	25/7/2005	1	79.90	313.14			
2	5.03 x 5.16	5.00	0.275	24/7/2005	25/7/2005	1	79.30	311.45	308.41		
3	5.03 x 5.17	5.07	0.28	24/7/2005	25/7/2005	1	76.70	300.65			
4	5.04 x 5.09	5.04	0.284	24/7/2005	27/7/2005	3	99.80	396.56			
5	5.07 x 5.10	5.01	0.279	24/7/2005	27/7/2005	3	98.60	388.71	399.12		
6	5.04 x 5.07	5.04	0.277	24/7/2005	27/7/2005	3	103.30	412.09			
7	5.10 x 5.22	5.12	0.293	24/7/2005	8/8/2005	15	152.60	584.31			
8	5.14 x 5.04	5.04	0.285	24/7/2005	8/8/2005	15	144.00	566.63	593.22		
9	5.12 x 5.13	5.00	0.283	24/7/2005	8/8/2005	15	162.00	628.72			
10	5.09 x 5.00	4.99	0.282	24/7/2005	21/8/2005	28	165.00	660.89			
11	5.03 x 5.27	5.05	0.286	24/7/2005	21/8/2005	28	168.70	648.74	647.49		
12	5.12 x 5.15	5.09	0.285	24/7/2005	21/8/2005	28	163.70	632.85			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนวิชาสหการช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.๑.๑. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของสารที่ไม่หดตัว โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG											
COMPRESSIVE											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
SAMPLE : nonshrink single mixing w/c 0.40											
SIZE : cube 5 x 5 x 5 cm. ³											
No.	CROSS SEC AREA cm. ²	HIEGHT cm.	WEIGHT kg.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD KN.	STRENGTH ksc.	AVFG. ksc.	REMARKS	
1	5.11 x 5.03	5.02	0.276	8/8/2005	9/8/2005	1	93.20	369.33			
2	5.07 x 5.11	5.14	0.273	8/8/2005	9/8/2005	1	89.80	353.33	357.37		
3	5.00 x 5.00	5.11	0.275	8/8/2005	9/8/2005	1	85.70	349.44			
4	5.01 x 5.09	5.09	0.282	25/8/2005	28/7/2005	3	114.60	458.10			
5	5.09 x 5.09	5.09	0.283	25/8/2005	28/7/2005	3	114.50	450.51	454.3		
6	5.05 x 5.11	5.11	0.283	25/8/2005	28/7/2005	3	104.00	410.82			
7	5.02 x 5.04	5.05	0.284	25/8/2005	1/8/2005	7	137.70	554.79			
8	5.07 x 5.09	5.01	0.281	25/8/2005	1/8/2005	7	154.50	610.29	563.27		
9	5.00 x 5.01	5.07	0.283	25/8/2005	1/8/2005	7	140.50	571.74			
10	5.00 x 5.00	5.2	0.282	8/8/2005	5/9/2005	28	154.60	630.38			
11	5.00 x 5.04	5.03	0.285	8/8/2005	5/9/2005	28	164.30	664.61	659.63		
12	5.00 x 5.02	5.06	0.279	8/8/2005	5/9/2005	28	168.40	683.91			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ช.10. แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์พิเศษที่ได้วิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG BLEEDING OF FRESH CEMENT PASTE TEST											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกกรดยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ TYPE : Grout TEMPERATURE : 29.0 °C DATA : Type of mixing water : SM W/C Ratio(%) : 40 W ₁ of Cement(g.) : 2000 W ₁ of Water, W(g.) : 800 Mixing Time(min.) : 4 V _w (cc.) : 400											
Time	1			2			3			% AVEG.	
	V _c =	V ₀ =	%	V _c =	V ₀ =	%	V _c =	V ₀ =	%		
30	835	840	1.49	830	830	0.00	830	830	0.00	0.74	
60	835	840	1.49	825	830	1.51	830	830	1.51	1.50	
120	835	840	1.49	825	830	1.51	830	830	1.51	1.50	
180	835	840	1.49	825	830	1.51	830	830	1.51	1.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวณวิศวกรรมเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.12. แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์เฟสที่โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING												
FACULTY OF ENGINEERING												
KING MONCKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG												
BLEEDING OF FRESH CEMENT PASTE TEST												
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ												
TYPE : Grout												
TEMPERATURE : 30.5 °C												
DATA :												
Type of mixing water(SM or DM) : DM												
W/C Ratio(%) : 40												
W ₁ /C Ratio(%) : 25												
W ₁ of Cement(g.) : 2000												
W ₁ of Water, W ₁ (g.) : 500												
Time	1			2			3			% AVEG.		
	V _c =	V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V _c =	V ₀ =	%	
	V ₁	V ₂	V ₂ -V ₁	%	V ₁	V ₂	V ₂ -V ₁	%	V ₁	V ₂	V ₂ -V ₁	%
30	842	842	0	0.00	838	840	2	0.60	-	-	-	0.30
60	840	842	2	0.59	836	840	4	1.19	-	-	-	0.89
120	840	842	2	0.59	836	840	4	1.19	-	-	-	0.89
180	840	840	0	0.00	838	838	0	0.00	-	-	-	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังหน่วยงานราชการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.13. แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์ที่พบที่โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG											
BLEEDING OF FRESH CEMENT PASTE TEST											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของกรมการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
TEMPERATURE : 22.0 °C											
DATA :											
Type of mixing water(SM or DM) : DM											
W/C Ratio(%) : 44											
W ₁ /C Ratio(%) : 25											
W ₁ of Cement(g.) : 1500											
W ₁ of Water, W ₁ (g.) : 375											
Mixing Time(min.) : 4											
t ₁ (min.) : 1.5											
t ₂ (min.) : 2											
V _w (cc.) : 400											
Time	1			2			3			% AVEG.	
	V _c = V ₁	V ₀ = V ₂ -V ₁	V _c = %	V _c = V ₁	V ₀ = V ₂ -V ₁	V _c = %	V _c = V ₁	V ₀ = V ₂ -V ₁	V _c = %	V ₀ = V ₂ -V ₁	%
30	800	799	0.25	800	799	0.25	-	-	-	-	0.25
60	800	798	0.50	800	798	0.50	-	-	-	-	0.50
120	800	795	1.25	800	795	1.25	-	-	-	-	1.25
180	800	795	1.25	800	795	1.25	-	-	-	-	1.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.14. แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ตาร์ทำโดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG											
BLEEDING OF FRESH CEMENT MORTAR TEST											
PROJECT : ศึกษาดูปฏิบัติการรับแรงของจุกครอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นล่างรูปโครงสร้างบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
TEMPERATURE : 29.0 °C											
DATA :											
Type of mixing water : SM											
W/C Ratio(%) : 40											
W _i of Cement(g.) : 2000											
W _i of Water, W(g.) : 800											
Mixing Time(min.) : 4											
V _w (cc.) : 400											
Time	1			2			3			% AVEG.	
	V _c =	V ₀ =	V _c - V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V _c - V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V _c - V ₀ =	V ₀ =	%
30	836	835	1	831	830	1	830	830	0	0.00	0.15
60	837	835	2	837	835	2	831	830	1	0.23	0.38
120	837	835	2	837	835	2	837	835	2	0.46	0.46
180	837	835	2	842	840	2	837	835	2	0.46	0.46


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.จ.15. แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์มอร์ตาร์ทำ โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING											
FACULTY OF ENGINEERING											
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG											
BLEEDING OF FRESH CEMENT MORTAR TEST											
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจุกครอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ											
TYPE : Grout											
TEMPERATURE : 29.5 °C											
DATA :											
Type of mixing water : SM											
W/C Ratio(%) : 44											
W ₁ of Cement(g.) : 1500											
W ₁ of Water, W(g.) : 660											
Mixing Time(min.) : 4											
V _w (cc.) : 400											
Time	1			2			3			% AVEG.	
	V _c = V ₁	V ₀ = V ₂	V _c = V ₂ -V ₁	V _c = V ₁	V ₀ = V ₂	V _c = V ₂ -V ₁	V _c = V ₁	V ₀ = V ₂	V _c = V ₂ -V ₁	V ₀ = V ₂ -V ₁	%
30	866	888	2	856	858	2	858	860	2	0.23	0.23
60	880	888	8	854	858	4	856	860	4	0.47	0.61
120	880	890	10	852	858	6	855	860	5	0.58	0.80
180	880	886	6	850	855	5	852	858	6	0.70	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ

ตารางที่ ผ.ข.16. แสดงผลการทดสอบอัตราคายน้ำของซีเมนต์มอร์ตาร์ทำโดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG BLEEDING OF FRESH CEMENT MORTAR TEST												
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจตุรคอดยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ TYPE : Grout TEMPERATURE : 30.5 °C DATA : Type of mixing water(SM or DM) : DM W/C Ratio(%) : 40 W ₁ /C Ratio(%) : 25 W ₁ of Cement(g.) : 2000 W ₁ of Water, W ₁ (g.) : 500 Mixing Time(min.) : 4 t ₁ (min.) : 1.5 t ₂ (min.) : 2 V _w (cc.) : 400 SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.40												
Time	1			2			3			% AVEG.		
	V _c =	V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V _c =	V ₀ =	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂	V ₀ =	
	V ₁	V ₂	%	V ₁	V ₂	%	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂	V ₀ =	%
30	835	835	0.00	838	838	0.00	838	838	0	0.00	-	-
60	835.5	835	0.12	838.5	838	0.12	836.5	836	0.5	0.12	-	0.00
120	835.5	835	0.12	836.5	836	0.12	836.5	836	0.5	0.12	-	0.12
180	834	834	0.00	836	836	0.00	836	836	0	0.00	-	0.00


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.17. แสดงผลการทดสอบอัตราการคายน้ำของซีเมนต์ทำโดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING												
FACULTY OF ENGINEERING												
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG												
BLEEDING OF FRESH CEMENT MORTAR TEST												
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจตุรคอกต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ												
TYPE : Grout												
TEMPERATURE : 29.5 °C												
DATA :												
Type of mixing water(SM or DM) : DM												
W/C Ratio(%) : 44												
W ₁ /C Ratio(%) : 25												
W ₁ of Cement(g.) : 1500												
W ₁ of Water, W ₁ (g.) : 375												
Mixing Time(min.) : 4												
t ₁ (min.) : 1.5												
t ₂ (min.) : 2												
V _w (cc.) : 400												
Time	1			2			3			% AVEG.		
	V _c =	V ₀ =	%	V _c =	V ₀ =	%	V _c =	V ₀ =	%	V _c =	V ₀ =	%
30	858	858	0.00	862	862	0.00	854	854	0.00	854	0	0.00
60	854	856	0.23	860	861	0.12	851	852	0.12	852	1	0.12
120	854	858	0.47	860	862	0.23	852	856	0.23	856	4	0.47
180	854	856	0.23	859	861	0.23	850	854	0.23	854	4	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ข้อมูลใดๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.18. แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

 <p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>				
<p>FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD) JSCE - F331 - 1993</p>				
<p>PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงสร้างอาคารทะเลแห้งชาติ</p>				
<p>TYPE : Grout</p>				
<p>SAMPLE : cement paste single mixing w/c 0.40</p>				
Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	J14-Funnel Flow time (second)	REMARKS
1	0.40	0	7.09	
2	0.40	0	7.11	
3	0.40	0	6.99	
			7.06	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.19. แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)
JSCE - F331 - 1993

PROJECT : ศึกษาดูโครงการรับแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงสร้างการเคหะแห่งชาติ

TYPE : Grout

SAMPLE : cement paste single mixing w/c 0.44

Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	J14-Funnel Flow time (second)	REMARKS
1	0.44	0	3.95	
2	0.44	0	4.02	
3	0.44	0	4.68	
			4.22	

ตารางที่ ผ.ข.20. แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG


FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)
JSCE - F331 - 1993

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารหินส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ
TYPE : Grout
SAMPLE : cement paste double mixing w/c 0.40

Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	J14-Funnel Flow time (second)	REMARKS
1	0.40	0	2.82	
2	0.40	0	2.98	
3	0.40	0	2.89	
			2.90	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.จ.22. แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์มอร์ตาร์ด้วยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

 <p>DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG</p>				
<p>FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD) JSCE - F331 - 1993</p>				
<p>PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ</p>				
<p>TYPE : Grout</p>				
<p>SAMPLE : cement mortar single mixing w/c 0.44</p>				
Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	J14-Funnel Flow time (second)	REMARKS
1	0.44	0	6.49	
2	0.44	0	7.58	
3	0.44	0	7.37	
			7.15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้น กรุณาแจ้งให้ทราบก่อนนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.23. แสดงผลการทดสอบการไหลของซีเมนต์มอร์ตาร์โดยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
 FACULTY OF ENGINEERING
 KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD)
 JSCE - F531 - 1993

PROJECT : ศึกษาดูโครงการรับแรงของครอยต่อโครงสร้างอาคารหินส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ


TYPE : Grout

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	J14-Funnel Flow time (second)	REMARKS
1	0.44	0	5.62	
2	0.44	0	6.32	
3	0.44	0	5.32	
			5.75	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ง.24. แสดงผลการทดสอบการไหลของสารที่ไม่หดตัว โดยวิธี single mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40%

 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG			
FLOW OF GROUT (FLOW CONE METHOD) JSCE - F531 - 1993			
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมแรงของจุดรอยต่อโครงสร้างอาคารต้นสำโรงรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ			
TYPE : Grout SAMPLE : nonshrink single mixing w/c 0.40			
Test No.	W/C Ratio	Observed Time (minutes)	J14-Funnel Flow time (second)
1	0.40	0	2.81
2	0.40	0	2.95
3	0.40	0	2.92
			2.89
			REMARKS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตารางแสดงผลการทดสอบการรับแรงของจตุรรอยต่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.1. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ๑40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 200 mm.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

BONDING

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุดรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงสร้างการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - คาน

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : DB 12 mm. ๑40 mm.

NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	195	49	23/9/2005	24/9/2005	1	5653	76.87		
2	180	14	23/9/2005	24/9/2005	1	3821	56.29	56.88	
3	180	9	23/9/2005	24/9/2005	1	3901	57.47		
4	190	30	23/9/2005	26/9/2005	3	5088	71.03		
5	150	10	23/9/2005	26/9/2005	3	3730	65.95	65.71	
6	200	20	23/9/2005	26/9/2005	3	4535	60.15		
7	180	44	23/9/2005	21/10/2005	28	5191	76.5		
8	175	54	23/9/2005	21/10/2005	28	5435	77.83	75.52	
9	170	33	23/9/2005	21/10/2005	28	4630	72.24		

ตารางที่ ผ.ค.2. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ๑30 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 200 mm.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG									
BONDING									
PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของชุดรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำหรับโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ									
TYPE : JOINT เสา - คาน									
SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44									
SIZE : DB 12 mm. ๑ 30 mm.									
NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	200	15	23/9/2005	24/9/2005	1	4692	62.21		
2	190	5	23/9/2005	24/9/2005	1	2859	39.90	41.22	
3	190	5	23/9/2005	24/9/2005	1	3048	42.54		
4	195	6	23/9/2005	26/9/2005	3	3244	44.13		
5	180	5	23/9/2005	26/9/2005	3	3801	56.01	50.07	
6	170	3	23/9/2005	26/9/2005	3	1809	28.22		
7	170	78	23/9/2005	21/10/2005	28	4634	72.30		
8	150	74	23/9/2005	21/10/2005	28	3607	63.78	66.95	
9	160	13	23/9/2005	21/10/2005	28	3907	64.77		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นใบเซอร์เวอชิ่งด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.3. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 16 mm. ยาว 200 mm.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

BONDING

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของชุดรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - คาน

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : DB 16 mm. ϕ 40 mm.

NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	193	9	26/9/2005	27/9/2005	1	4916	50.67		
2	210	10	26/9/2005	27/9/2005	1	6615	62.66	61.49	
3	182	8	26/9/2005	27/9/2005	1	6509	71.14		
4	135	8	26/9/2005	29/9/2005	3	2510	36.99		
5	185	11	26/9/2005	29/9/2005	3	6335	79.95	74.04	
6	200	20	26/9/2005	29/9/2005	3	8038	62.66		
7	194	9	26/9/2005	24/10/2005	28	6111	62.66		
8	180	10	26/9/2005	24/10/2005	28	8775	96.97	82.58	
9	185	9	26/9/2005	24/10/2005	28	8195	88.12		

ตารางที่ ผ.ค.4. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ๑40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 300 mm.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

BONDING

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของชุดรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - เสา

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : DB 12 mm. ๑40 mm.

NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	280	28	23/10/2005	24/10/2005	1	4782	45.30		
2	285	32	23/10/2005	24/10/2005	1	5878	54.71	54.40	
3	290	36	23/10/2005	24/10/2005	1	5917	54.12		
4	300	47	12/4/2005	12/7/2006	3	6123	54.14		
5	300	48	12/4/2005	12/7/2006	3	6148	54.36	54.44	
6	300	50	12/4/2005	12/7/2006	3	6201	54.83		
7	300	64	12/4/2005	1/1/2006	28	6481	57.30		
8	300	61	12/4/2005	1/1/2006	28	6417	56.74	56.71	
9	300	58	12/4/2005	1/1/2006	28	6344	56.09		

ตารางที่ ผ.ค.5. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ϕ 30 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 300 มม.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

BONDING

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างที่นำไปโครงการบ้านเอื้ออภของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - เสา

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : DB 12 mm. ϕ 30 mm.

NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	295	23	23/10/2005	24/10/2005	1	4528	41.40		
2	290	22	23/10/2005	24/10/2005	1	4554	41.64	41.52	
3	295	32	23/10/2005	24/10/2005	1	5096	46.60		
4	300	36	12/4/2005	12/7/2006	3	4805	42.48		
5	300	20	12/4/2005	12/7/2006	3	4521	39.97	40.97	
6	300	21	12/4/2005	12/7/2006	3	4577	40.47		
7	300	29	12/4/2005	1/1/2006	28	4770	42.18		
8	300	7	12/4/2005	1/1/2006	28	1130	9.99	42.54	
9	300	37	12/4/2005	1/1/2006	28	4851	42.89		

ตารางที่ ผ.ค.๘. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ๑40 mm. Dowel Bar 16 mm. ยาว 300 mm.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

BONDING

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจุดรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโปรแกรกร้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - เสา

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : DB 16 mm. ๑40 mm.

NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	285	7	23/9/2005	24/9/2005	1	7517	52.47		
2	280	7	23/9/2005	24/9/2005	1	7645	54.31	52.68	
3	280	6	23/9/2005	24/9/2005	1	7217	51.27		
4	300	15	12/4/2005	12/7/2006	3	9544	63.28		
5	300	17	12/4/2005	12/7/2006	3	7017	46.53	54.78	
6	300	14	12/4/2005	12/7/2006	3	8225	54.54		
7	300	30	12/4/2005	1/1/2006	28	9185	60.90		
8	300	34	12/4/2005	1/1/2006	28	9727	64.50	65.65	
9	300	47	12/4/2005	1/1/2006	28	10791	71.55		

ตารางที่ ผ.ต.7. แสดงผลการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของขนาดท่อ ϕ 40 mm. Dowel Bar 12 mm. ยาว 250 mm.



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

BONDING

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของตอม่อต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - เสา ; เสา - คาน

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : DB 12 mm. ϕ 40 mm.

NO.	LENGTH mm.	GAUGES mm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	BONDING ksc.	A VEG. ksc.	REMARKS
1	245	52	23/9/2005	24/9/2005	1	5739	62.13		
2	240	46	23/9/2005	24/9/2005	1	5586	61.73	61.57	
3	230	33	23/9/2005	24/9/2005	1	5277	60.85		
4	230	35	23/9/2005	26/9/2005	3	5367	61.89		
5	250	62	23/9/2005	26/9/2005	3	5375	57.03	59.83	
6	250	78	23/9/2005	26/9/2005	3	5780	60.56		
7	240	83	23/9/2005	21/10/2005	28	5798	64.08		
8	235	68	23/9/2005	21/10/2005	28	5806	65.53	64.52	
9	240	82	23/9/2005	21/10/2005	28	5787	63.96		

ตารางที่ ผ.ค.8. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังโมเมนต์คดแบบแรงกระทำสองจุด



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MON GKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

MOMENT

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงของจตุรหอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นส่วนล่างรูปโครงสร้างบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - เสา

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : 4DB 12 mm. ๑ 40 mm.

NO.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	AVEG. kg.	MOMENT kg-m	REMARKS
1	1/7/2006	1/8/2006	1	7852.5			
2	1/7/2006	1/8/2006	1	7999.1	7889.77	1193.07	
3	1/7/2006	1/8/2006	1	7817.7			
4	2/1/2005	2/4/2006	3	7507.9			
5	2/1/2005	2/4/2006	3	8551.1	8068.60	1219.89	
6	2/1/2005	2/4/2006	3	8146.8			
7	12/12/2005	1/9/2006	28	8082.9			
8	12/12/2005	1/9/2006	28	8842.5	8524.33	1288.3	
9	12/12/2005	1/9/2006	28	8647.6			

ตารางที่ ผ.ค.9. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังโมเมนต์ตัดแบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
 FACULTY OF ENGINEERING
 KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

MOMENT

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจุกรอยต่อโครงสร้างอาคารชั้นส่วนสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา -คาน- เสา

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

SIZE : 4DB 12 mm. ø 40 mm.

NO.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	AVEG. kg.	MOMENT kg-m	REMARKS
1	23/10/2005	24/10/2005	1	6813.8	6855.60	1562.76	
2	23/10/2005	24/10/2005	1	6897.4			
3	2/01/2006	2/4/2006	3	7053.7	7029.50	1595.4	
4	2/01/2006	2/4/2006	3	7005.3			
5	12/12/2005	1/9/2006	28	8695.9	8368.15	1901.47	
6	12/12/2005	1/9/2006	28	8040.4			

ตารางที่ ผ.ค.10. แสดงผลการทดสอบการรับกำลังแรงเฉือนของ shear key



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKLABANG

SHEAR

PROJECT : ศึกษาพฤติกรรมรับแรงของจุดรอยต่อ โครงสร้างอาคารชั้นล่างสำเร็จรูปโครงการบ้านเอื้ออาทรของการเคหะแห่งชาติ

TYPE : JOINT เสา - เสา

SAMPLE : cement mortar double mixing w/c 0.44

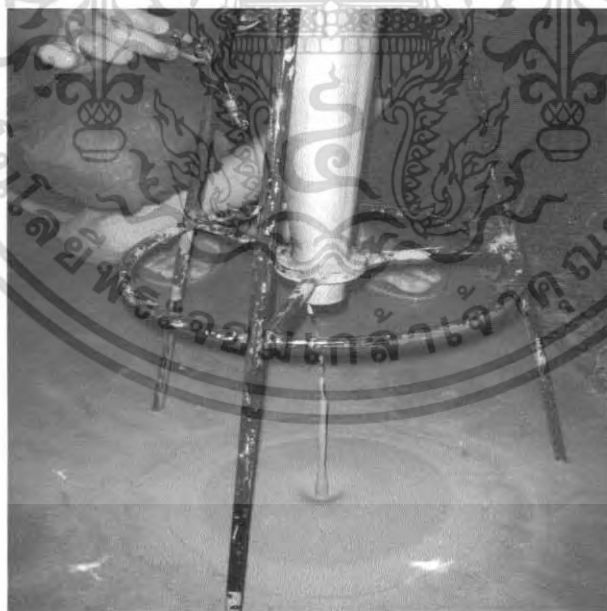
NO.	AREA cm. x cm.	CASTING date	TESTING date	AGES day	LOAD kg.	SHEAR ksc.	AVEG. ksc.	REMARKS
1	10×10	20/10/2005	21/10/2005	1	1863.8	9.32		
2	10×10	20/10/2005	21/10/2005	1	2314.7	11.57	11.19	
3	10×10	20/10/2005	21/10/2005	1	2536.8	12.68		
4	10×10	21/1/2006	2/4/2006	3	3330.0	16.65		
5	10×10	21/1/2006	2/4/2006	3	2789.4	13.95	14.95	
6	10×10	21/1/2006	2/4/2006	3	2851.7	14.26		
7	10×10	12/12/2005	1/9/2006	28	1872.5	9.36		
8	10×10	12/12/2005	1/9/2006	28	4215.0	21.08	21.22	
9	10×10	12/12/2005	1/9/2006	28	4272.4	21.36		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.1. แสดงการทดสอบการรับกำลังแรงอัดของวัสดุประสาน



รูปที่ ผ.ง.2. แสดงการทดสอบการไหลของซีเมนต์เพสต์ด้วยวิธี double mixing
ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.3. แสดงการทดสอบการไหลของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44%

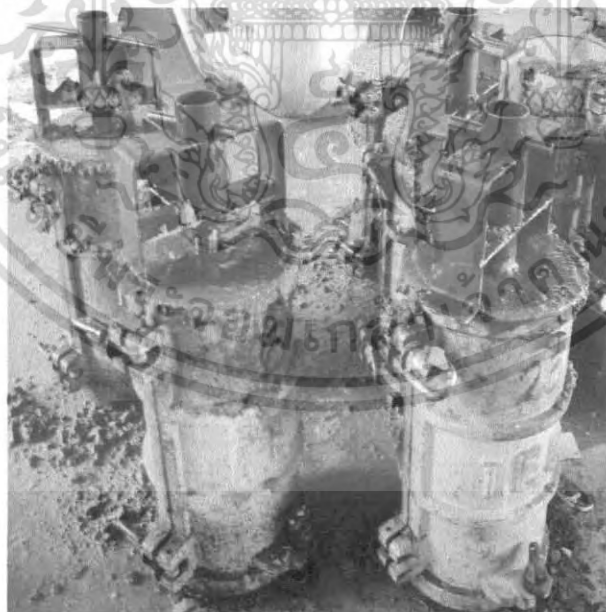


รูปที่ ผ.ง.4. แสดงแท่งขึ้นส่วนคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

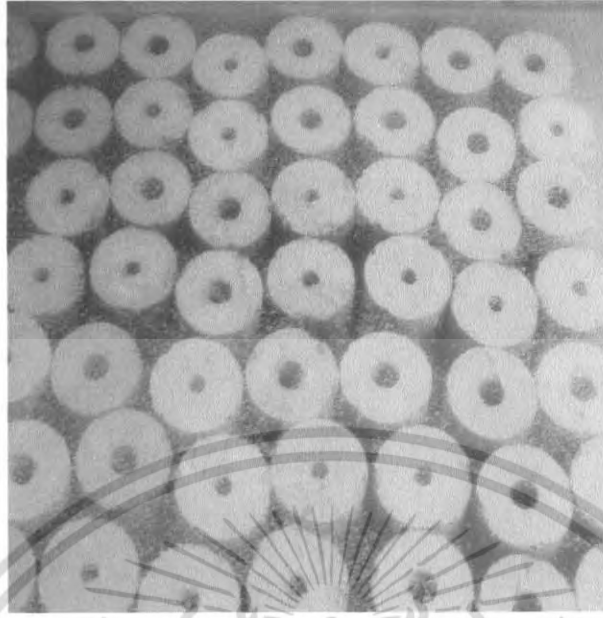


รูปที่ ผ.ง.5. แสดงการการวิบัติของคอนกรีตหลังการทดสอบกำลังรับแรงอัด

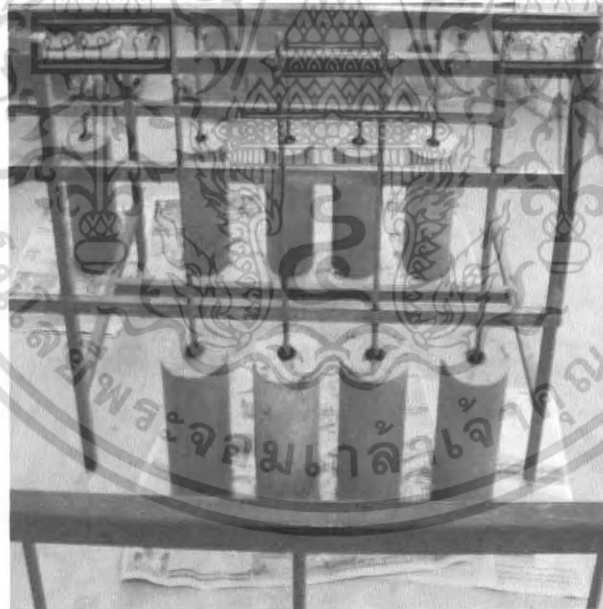


รูปที่ ผ.ง.6. แสดงการหลุดชิ้นส่วนของการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.7. แสดงการบ่มขึ้นส่วนของ การทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว



รูปที่ ผ.ง.8. แสดงการเตรียมขึ้นส่วนเพื่อที่จะทดสอบคุณสมบัติของ การทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

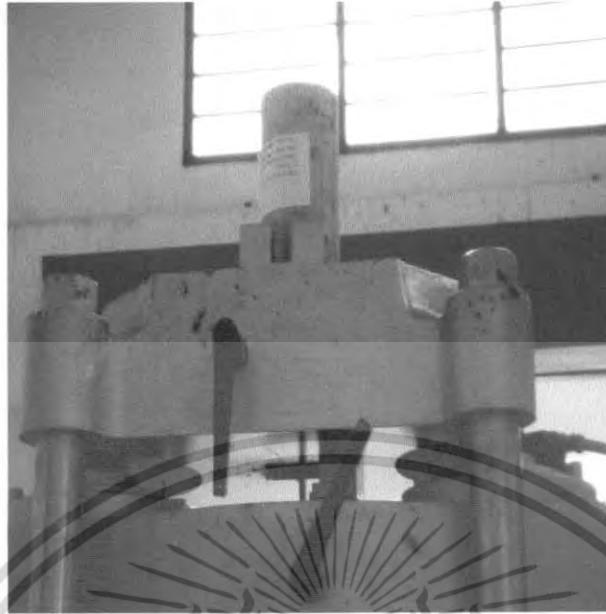


รูปที่ ผ.ง.9. แสดงการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing
ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ขนาดท่อ 40 มม.



รูปที่ ผ.ง.10. แสดงการทดสอบซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing
ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ขนาดท่อ 30 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

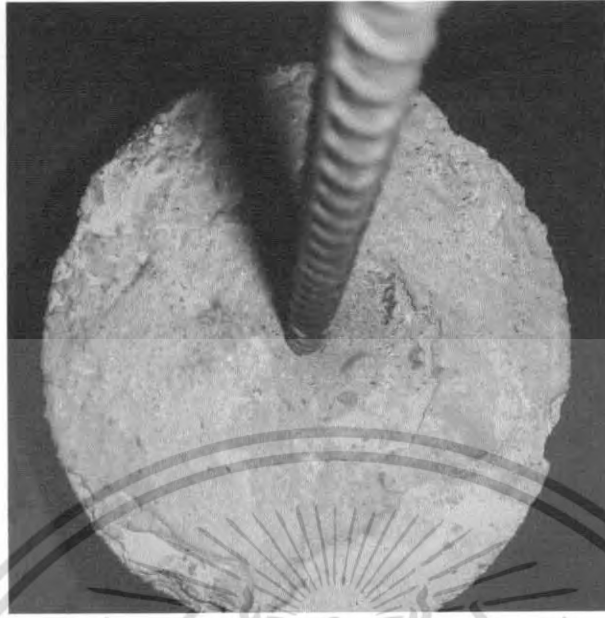


รูปที่ ผ.ง.11. แสดงการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว



รูปที่ ผ.ง.12. แสดงการวิบัติของจุกรอยต่อหลังการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ขนาดท่อ 30 มม. DB12 มม. ยาว 200 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

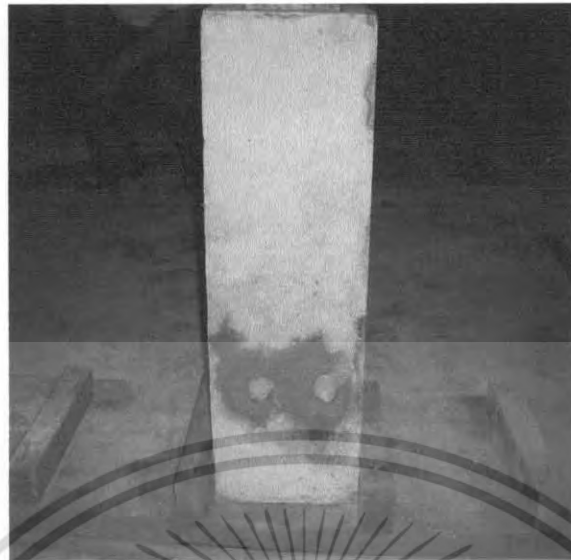


รูปที่ ผ.ง.13. แสดงการวิบัติของจุกรอยต่อหลังการทดสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธี double mixing ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 44% ขนาดท่อ 40 มม. DB12 มม. ยาว 200 มม.



รูปที่ ผ.ง.14. แสดงแบบหล่อของเสาสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

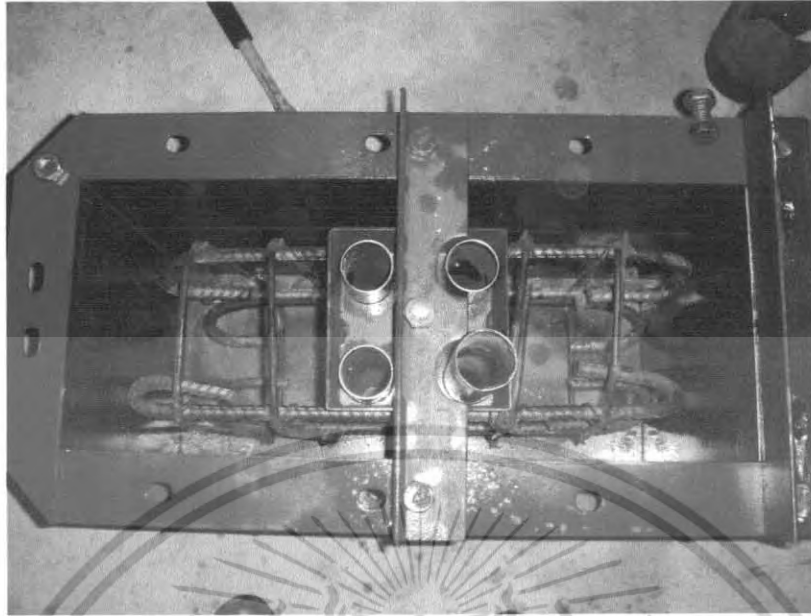


รูปที่ ผ.ง.15. แสดงชิ้นส่วนของเสาสำเร็จรูป



รูปที่ ผ.ง.16. แสดงการทดสอบ โมเมนต์คัตแบบแรงกระทำสองจุดของ โครงสร้างแบบเสาต่อเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.17. แสดงแบบหล่อของคานสำเร็จรูป



รูปที่ ผ.ง.18. แสดงชิ้นส่วนของคานสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

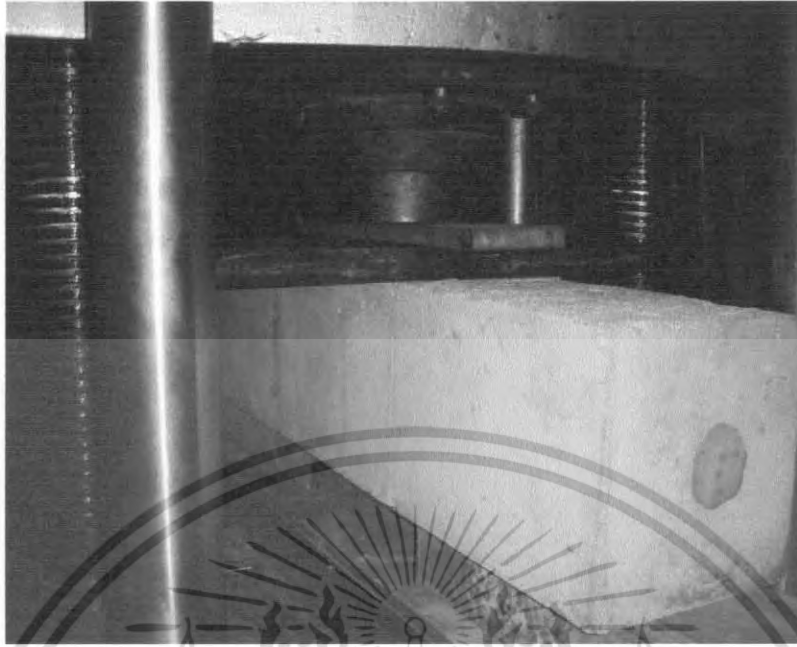


รูปที่ ผ.ง.19. แสดงการทดสอบ โมเมนต์ค้ดแบบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลาง
ของ โครงสร้างแบบเสาต่อกันต่อเสา



รูปที่ ผ.ง.20. แสดงแบบหล่อของคานสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ง.21. แสดงการทดสอบการรับแรงเฉือนแบบ double shear ของ shear key



รูปที่ ผ.ง.22. แสดงการวิบัติของการทดสอบการรับแรงเฉือนแบบ double shear ของ shear key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รูปแสดงผลการคำนวณด้วยโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดหน่วยน้ำหนัก

คอนกรีต	2400 กก./ม. ³
เหล็ก	7850 กก./ม. ³
ผนังอิฐฉาบ	800 กก./ม. ³
น้ำหนักจรทั่วไป	150 กก./ม. ²
น้ำหนักจรหลังคา	50 กก./ม. ²

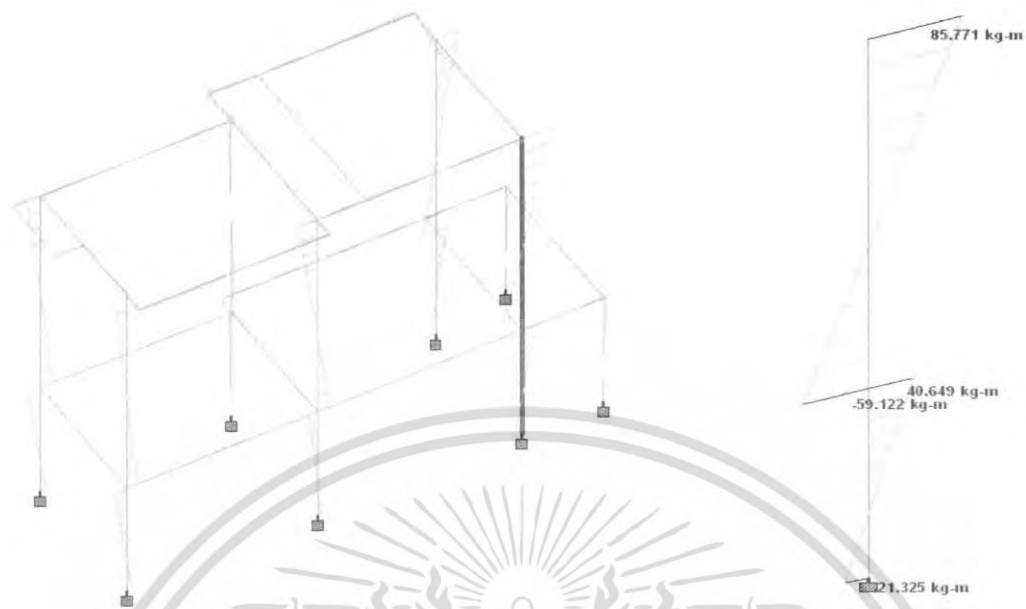


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

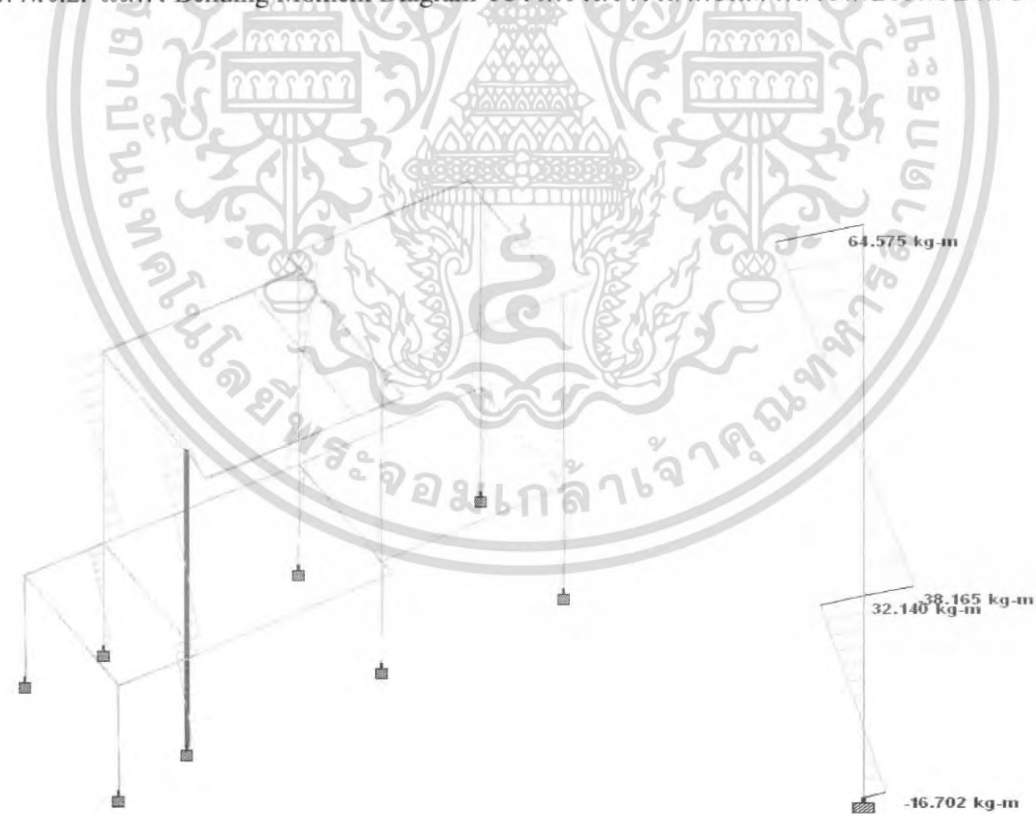


รูปที่ ผ.จ.1. แสดงโครงสร้างหลังจากประกอบได้ 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.2. แสดง Bending Moment Diagram ของโครงสร้าง เสาต่อเสา หลังจากประกอบได้ 1 วัน



รูปที่ ผ.จ.3. แสดง Bending Moment Diagram ของโครงสร้าง

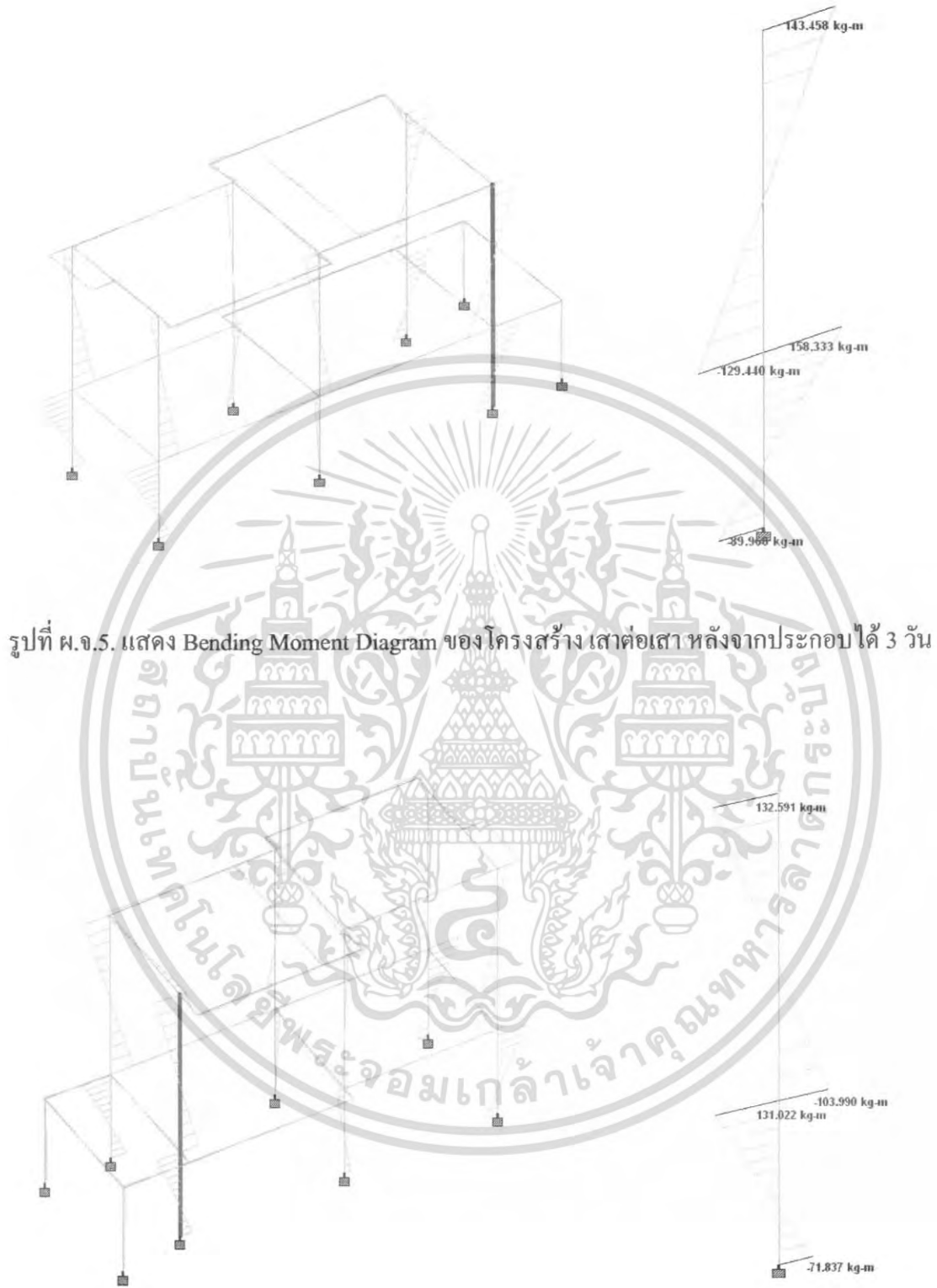
เสาต่อกันต่อเสา หลังจากประกอบได้ 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.4. แสดง Load Diagram ของโครงสร้าง หลังจากประกอบได้ 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.5. แสดง Bending Moment Diagram ของโครงสร้าง เสาต่อเสา หลังจากประกอบได้ 3 วัน

รูปที่ ผ.จ.6. แสดง Bending Moment Diagram ของ โครงสร้าง
เสาต่อดานต่อเสา หลังจากประกอบได้ 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.7. แสดง Load Diagram ของโครงสร้าง หลังจากประกอบได้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.จ.8. แสดง Bending Moment Diagram ของโครงสร้าง เสาต่อเสา หลังจากประกอบได้ 28 วัน

รูปที่ ผ.จ.9. แสดง Bending Moment Diagram ของโครงสร้าง
เสาต่อกันต่อเสา หลังจากประกอบได้ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้