สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว

A STUDY OF CONCRETE BEHAVIOR AT VARIOUS DEPTHS FROM SURFACE LEVEL

โดย

นายปิยะ แสงไฟ

นายสุรพันธ์ พรสุวรรณ

นายอนันต์ วิริยะกิจชัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45834
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF CONCRETE BEHAVIOR AT VARIOUS DEPTHS FROM SURFACE LEVEL

MR.PIYA SANGFAI

MR.SURAPHAN PHORNSUWAN

MR.ANAN WIRIYAKITCHAI

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

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว		
นักศึกษา	นายปิยะ แสงไฟ	รหัสประจำตัว	41014681
	นายสุรพันธ์ พรสุวรรณ	รหัสประจำตัว	41014789
	นายอนันต์ วิริยะกิจชัย	รหัสประจำตัว	41014796
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ อาจารย์เกษม อมันตกุล อาจารย์ถนอม ศรีวรษา	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว A STUDY OF CONCRETE BEHAVIOR AT VARIOUS DEPTHS FROM SURFACE LEVEL
นักศึกษา	นายปิยะ แสงไฟ นายสุรพันธ์ พรสุวรรณ นายอนันต์ วิริยะกิจชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆ ในเรื่องกำลังรับแรงอัด, ปริมาณความชื้น, หน่วยน้ำหนัก และสัดส่วนของหินในคอนกรีต โดยทำการหล่อคอนกรีตขนาด 110x110x30 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) จำนวน 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างหนึ่งทำการบ่มด้วยวิธีขังน้ำ อีกตัวอย่างบ่มโดยใช้พลาสติกคลุม แล้วทำการสุ่มเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร จากคอนกรีตที่บ่มไว้ประเภทการบ่มละ 20 ตัวอย่าง ที่ระยะเวลา 28 วันนับจากวันเทคอนกรีตโดยแบ่งตัวอย่างคอนกรีต 15 ตัวอย่างไปทดสอบหากำลังรับแรงอัด, ปริมาณความชื้น, หน่วยน้ำหนัก และปริมาณหิน ส่วนอีก 5 ตัวอย่างนำไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก ซึ่งจากผลการทดลองปรากฏว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแปรผันตรงกับหน่วยน้ำหนัก และสัดส่วนของหินในคอนกรีต แต่จะแปรผกผันกับปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และความพรุนของคอนกรีต และพบว่าการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีขังน้ำมีผลต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตในช่วง 15 เซนติเมตรจากผิวบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	A STUDY OF CONCRETE BEHAVIOR AT VARIOUS DEPTHS FROM SURFACE LEVEL
Name	:	MR.PIYA SANGFAI
		MR.SURAPHAN PHORNSUWAN
		MR.ANAN WIRIYAKITCHAI
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASST.PROF.SAKCHAI SCARNUPONG

ABSTRACT

This special project was aimed to study on concrete behavior in terms of compressive strength, moisture content, unit weight and proportion of coarse aggregate. In this study, two (110x110x30 cm^3) specimens were prepared for testing. One was cured by *ponding method*. The other was cured by covering with plastic film. Next ,at 28 day curing, twenty concrete samples with 5 centimetre diameter at 30 centimetre depth were cored from each specimens. For each specimen, fifteen samples were testd for determining compressive strength, moisture content, unit weight and proportion of coarse aggregate. The remaining five samples were tested for finding absorption and unit weight. It was found that compressive strength varies to unit weight and to proportion of coarse aggregate. Whereas compressive strength reversely varies to absorption and to porosity. In addition, it can be concluded that concrete cured by *ponding method* influences the development of concrete strength within the range of fifteen-centimetre depth from surface.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว ฉบับนี้สำเร็จด้วยดีด้วยการอนุเคราะห์หลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณผู้มีอุปการคุณซึ่งมีรายชื่อดังนี้

1. อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ สำหรับความเมตตา ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ ซึ่งทำให้โครงงานพิเศษครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี
2. อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ, อาจารย์เกษม อมันตกุล และอาจารย์ณนอม ศรีวรษา คณะกรรมการโครงงานพิเศษที่ได้แนะนำข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ต่อโครงงานนี้
3. คุณปัญญา แต่งสิงห์ตรง กรรมการผู้จัดการฝ่ายการตลาดบริษัท ที พี ไอ คอนกรีต จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คอนกรีตสำเร็จรูป ในการทำโครงงานพิเศษนี้
4. คุณวรพงษ์ พนาวสุ ผู้จัดการบริการทางเทคนิคฝ่ายวิศวกรรมและเทคนิค และคุณพิศาล พีรสิทธิกุล วิศวกร บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด เครือปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อความสะดวกในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้

และสุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาทุกคนที่มีส่วนทำให้โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พอมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านอยู่บ้าง ขอยกคุณความดีนี้ให้แก่บิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ให้การศึกษาและความหวังดีตลอดมา

นายปิยะ แสงไฟ
นายสุรพันธ์ พรสุวรรณ
นายอนันต์ วิริยะกิจชัย
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. ขอบเขตของกรศึกษา	2
	1.5. ขั้นตอนการศึกษา	2
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. กล่าวนำ	3
	2.2. การบ่มคอนกรีต	3
	2.2.1. อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต	3
	2.2.2. ระยะเวลาบ่มคอนกรีต	4
	2.2.3. วิธีการบ่มคอนกรีต	5
	2.2.3.1. วิธีการบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต	5
	2.2.3.2. วิธีการบ่มโดยป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.3. การเยิ้ม	8
	2.3.1. ความหมายของการเยิ้ม	8
	2.3.2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเยิ้ม	9
	2.4. ความสามารถซึมผ่านได้	9
	2.5. การผันแปรของกำลังอัดในโครงสร้าง	11
	2.5.1. ความผันแปรเนื่องจากเนื้อคอนกรีต	11
	2.5.2. ความผันแปรเนื่องจากผู้ผลิตคอนกรีต	13
	2.5.3. ความผันแปรเนื่องจากฝีมือแรงงาน	14
	2.6. การทดสอบหาความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ	15
3	**ขั้นตอนดำเนินการทดลอง**	
	3.1. กล่าวนำ	16
	3.1.1. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง	16
	3.1.2. การทดสอบหากำลังรับแรงอัด, หน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน	17
	3.1.3. การทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก	18
4	**ผลการทดลอง**	
	4.1. กล่าวนำ	19
5	**วิเคราะห์ผลการทดลอง**	
	5.1. กล่าวนำ	29
	5.2. ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต	29
	5.3. ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณหิน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	5.4. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีต	31
	5.4.1. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต	32
	5.4.2. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตกับหน่วยน้ำหนักและปริมาณหิน	33
	5.4.3. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตกับปริมาณความชื้นในคอนกรีต	33
6	**สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ**	
	6.1. สรุปผลการทดลอง	36
	6.2. ข้อเสนอแนะ 36	
	รายการอ้างอิง	38
	บรรณานุกรม	39
	ภาคผนวก ก. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ACI	ผก1
	ภาคผนวก ข. การทดสอบคอนกรีตสด และคอนกรีตที่แข็งตัว	ผข1
	ภาคผนวก ค. รูปวิธีการทดลอง	ผค1
	ภาคผนวก ง. รูปวิธีการทดลอง	ผง1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	แสดงระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต	5
4.1.	แสดงผลการทดลองปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยวิธีขังน้ำ	19
4.2.	แสดงผลการทดลองปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยพลาสติก	19
4.3.	แสดงผลการทดลองหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น, ปริมาณหิน และค่ากำลังอัดของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยวิธีขังน้ำ	20
4.4.	แสดงผลการทดลองหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น และค่ากำลังอัดของตัวอย่างประเภท บ่มด้วยพลาสติก	20
ผ.ก.1.	ค่าคงที่ k และร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า f_c'	ผก4
ผ.ก.2.	ตัวคูณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 30 ค่า	ผก5
ผ.ก.3.	ส่วนเผื่อเมื่อไม่มีผลทดสอบกำลังอัด	ผก5
ผ.ก.4.	ค่ายุบตัวสำหรับงานประเภทต่างๆ	ผก12
ผ.ก.5.	ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ	ผก12
ผ.ก.6.	ปริมาณน้ำผสมคอนกรีต	ผก13
ผ.ก.7.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังคอนกรีตกับอัตราส่วนของน้ำ – ซีเมนต์	ผก14
ผ.ก.8.	ปริมาตรของหินต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร	ผก14
ผ.ก.9.	น้ำหนักคอนกรีตสด	ผก15
ผ.ข.1.	แสดงผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ต่อกำลังอัด	ผข10
ผ.ง.1.	แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ	ผง2
ผ.ง.2.	แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก	ผง10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ง.3.	แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ	ผง18
ผ.ง.4.	แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก	ผง20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	แสดงผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต	4
2.2.	แสดงการหาค่าการเยิ้มของคอนกรีต	8
2.3.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ กับความพรุนของคอนกรีต	10
2.4.	แสดงการจมตัวของหินทรายปูนซีเมนต์เป็นผลให้เกิดการเยิ้ม	12
2.5.	แสดงโพรงอากาศใต้มวลรวมและช่องทางที่น้ำไหลขึ้นสู่ด้านบน ซึ่งส่งผลให้กำลังของคอนกรีตผันแปรไป	13
2.6.	แสดงความผันแปรของคุณภาพคอนกรีต	15
4.1.	กราฟแสดงค่า Compressive Strength (ksc) ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A01-A15 และ B01-B15	21
4.2.	กราฟแสดงค่าความหนาแน่น ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A01-A15 และ B01-B15	22
4.3.	กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%) ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A01-A15 และ B01-B15	23
4.4.	กราฟแสดงค่าความหนาแน่น ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A16-A20 และ B16-B20	24
4.5.	กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%) ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A16-A20 และ B16-B20	25
4.6.	กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	26
4.6.	กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่น กับเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำ	27
4.7.	กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่น กับ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน	28
ผ.ก.1.	แผนภาพออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกา	ผก7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ค.1.	แสดงขั้นตอนการทำไม้แบบหล่อคอนกรีต	ผค2
ผ.ค.2.	แสดงการปูแผ่นพลาสติกก่อนการเทคอนกรีต	ผค2
ผ.ค.3.	แสดงการเทคอนกรีตโดยแบ่งเทเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 10 เซนติเมตร	ผค3
ผ.ค.4.	แสดงการจี้คอนกรีตเป็นชั้นๆ	ผค3
ผ.ค.5.	แสดงการวางแท่นคอนกรีตต้องอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน	ผค4
ผ.ค.6.	แสดงการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสำหรับทดสอบกำลังอัด	ผค4
ผ.ค.7.	แสดงการบ่มตัวอย่างคอนกรีตสำหรับทดสอบกำลังอัด	ผค5
ผ.ค.8.	แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีขังน้ำ	ผค5
ผ.ค.9.	แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยพลาสติก	ผค6
ผ.ค.10.	แสดงเครื่องเจาะคอนกรีต	ผค6
ผ.ค.11.	แสดงการเจาะคอนกรีต	ผค7
ผ.ค.12.	แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ	ผค8
ผ.ค.13.	แสดงการแบ่งชั้นของตัวอย่างคอนกรีตเป็น 5 ชั้น	ผค8
ผ.ค.14.	แสดงก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการตัดเรียบร้อยแล้ว	ผค9
ผ.ค.15.	แสดงการหาปริมาตรคอนกรีตโดยการแทนที่น้ำ	ผค9
ผ.ค.16.	แสดงตัวอย่างที่ผ่านการหล่อฝา (Capping)	ผค10
ผ.ค.17.	แสดงการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่าง	ผค11
ผ.ค.18.	แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการกดจนประลัยแล้ว	ผค11
ผ.ค.19.	แสดงการอบตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการกดแล้ว	ผค12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในการก่อสร้างปัจจุบัน คอนกรีตเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในการก่อสร้าง การเทคอนกรีตที่มีความหนามากๆ จะต้องมีการรักษาคุณภาพของคอนกรีตให้มีการกระจายของมวลรวมอย่างสม่ำเสมอ โดยมีการควบคุมการลำเลียง, การเท, การเขย่าจี้คอนกรีตที่ถูกต้อง ตลอดจนการบ่มเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทานตามที่ต้องการ, ป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด โดยวิธีการบ่มสามารถแบ่งได้เป็น การบ่มที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งประกอบด้วยการเพิ่มความชื้นแก่คอนกรีตและการป้องกันการสูญเสียความชื้นของคอนกรีต ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือการบ่มที่อุณหภูมิสูง

1.2. ที่มาของปัญหา

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของพื้นคอนกรีตโดยวิธีการเจาะสำรวจของทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดที่ผิวล่างของคอนกรีตส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำที่สุด และจากปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต เรื่องการศึกษากำลังอัดของพื้นคอนกรีตที่ระดับความลึกต่างๆเนื่องจากการบ่มที่ผิวบนของแผ่นพื้น ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2543 ได้ผลว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ระดับล่างจะมีค่าสูงเนื่องจากชั้นระดับล่างๆมีค่าความหนาแน่นมาก ระดับบนจะมีค่ากำลังอัดประลัยสูงเนื่องจากการบ่ม และระดับชั้นกลางจะมีค่ากำลังอัดประลัยต่ำที่สุด แต่เนื่องจากการทดลองดังกล่าวมีข้อมูลบางประการที่ยังไม่ครบถ้วน ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่อง สัดส่วนของความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ, ขั้นตอนการหาปริมาณความชื้นในคอนกรีต, ความหนาแน่นของคอนกรีต, ปริมาณหินในคอนกรีตแต่ละชั้น และการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต ในแต่ละระดับความลึกของคอนกรีต จึงเป็นที่มาของการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษานี้เพื่อต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมจากการศึกษากำลังอัดของพื้นคอนกรีตที่ระดับความลึกต่างๆเนื่องจากการบ่มที่ผิวบนของแผ่นพื้นว่า ที่ระดับความลึกต่างๆความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น, การบ่ม, การเยิ้มของคอนกรีต,ปริมาณหินในคอนกรีต และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมีผลต่อกำลังรับแรงอัดหรือไม่อย่างไร

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

สำหรับการศึกษาความแตกต่างของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่ระดับความลึกต่างๆ ว่ามีผลเนื่องจากความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น, ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และการบ่มหรือไม่ ซึ่งจะทำการศึกษาโดยการหล่อคอนกรีต 2 ประเภท ประเภทแรกจะบ่มด้วยวิธีขังน้ำ ส่วนประเภทที่สองบ่มด้วยวิธีใช้แผ่นพลาสติกคลุม และทำการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดที่ชั้นเดียวกันของคอนกรีตทั้ง 2 ประเภท ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

1.5. ขั้นตอนการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ระดับความลึกต่างๆว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งคุณสมบัติที่ทำการทดสอบมีดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต
2. การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก
3. การทดสอบหาปริมาณความชื้น
4. การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต
5. การทดสอบหาปริมาณหินในคอนกรีต

โดยการทดสอบจะต้องมีตัวอย่างคอนกรีตสองประเภทคือ ประเภทที่ได้รับการบ่มโดยวิธีขังน้ำ และประเภทที่บ่มด้วยวิธีใช้แผ่นพลาสติกคลุม ซึ่งตัวอย่างที่นำมาทดสอบได้มาจากการเจาะตัวอย่างขึ้นมาแล้วแบ่งเป็นชั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงประเด็น แนวคิด ระเบียบวิธีของงานวิจัยหรือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ผ่านมา ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การศึกษานี้ เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.2. การบ่มคอนกรีต

การบ่มหรือบำรุงคอนกรีต (Curing) เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำที่เหลือจากปฏิกิริยากับซีเมนต์ ระเหยออกจากคอนกรีตที่เทลงแบบหล่อและแข็งตัวแล้วเร็วเกินไป เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามต้องการ

หลังจากเทคอนกรีต และทิ้งไว้จนผิวหน้าคอนกรีตหมาดแข็งปราศจากรอยแล้วจะต้องทำการบ่มทันที โดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมิให้ถูกรบกวนหรือสะเทือนโดยเฉพาะภายใน 24 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและมีคุณสมบัติตามต้องการ อีกทั้งเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำจากคอนกรีตที่เทใหม่ๆ มิฉะนั้นคอนกรีตจะเกิดการหดตัวเร็ว ทำให้เกิดแรงดึงที่ผิวที่กำลังจะแห้ง เป็นผลให้เกิดรอยร้าวที่ผิวคอนกรีต ช่วงระยะเวลาที่ป้องกันและรักษาความชื้นนี้ไว้หลังจากเทคอนกรีตลงแบบหล่อแล้ว เรียกว่าระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต (Curing period)

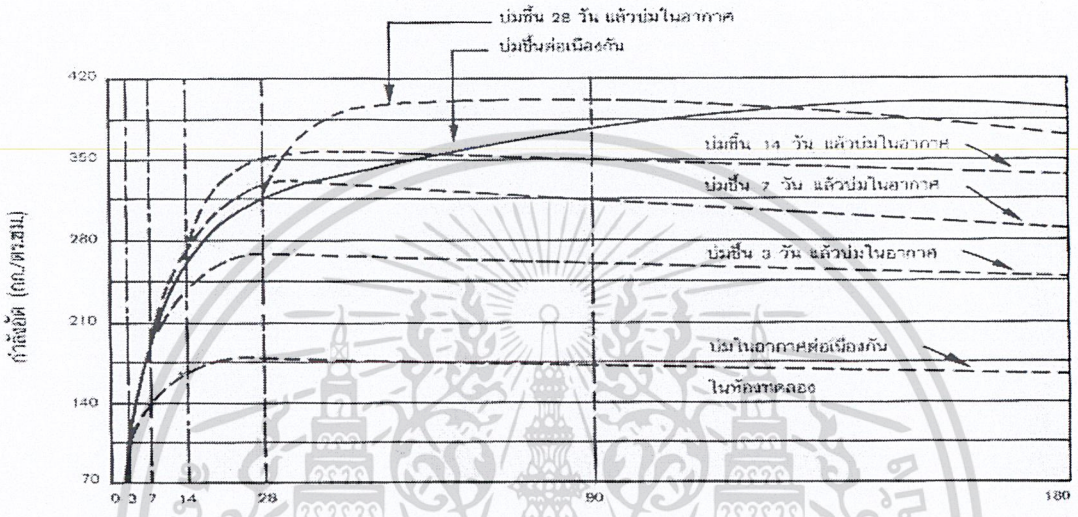
กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ต่อไปอีก กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มสูงขึ้นรวดเร็วในระยะแรก และค่อยๆช้าลงในเวลาต่อมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นและอุณหภูมิที่พอเหมาะ

2.2.1. อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต

อุณหภูมิที่ใช้บ่มคอนกรีตสำหรับคอนกรีตทั่วๆไป ควรอยู่ระหว่าง 15-39 องศาเซลเซียส สำหรับงานคอนกรีตหลาควรใช้อุณหภูมิให้ต่ำลง เพราะปฏิกิริยาของน้ำกับปูนซีเมนต์นั้นให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนออกมาเป็นจำนวนมากอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามไม่ควรบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพราะคอนกรีตจะแข็งตัวช้ามาก เมื่อบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงมากและอากาศแห้งจะทำให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตอย่างรวดเร็ว กำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำ และอาจเกิดรอยแตกร้าวได้ง่าย



รูปที่ 2.1. แสดงผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

2.2.2. ระยะเวลาบ่มคอนกรีต

ระยะเวลาการบ่มคอนกรีตขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ ส่วนผสมของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ขนาดและรูปร่างของโครงสร้างคอนกรีต อุณหภูมิและความชื้นขณะทำการบ่ม ระยะเวลาการบ่มให้นับจากวันที่หล่อคอนกรีตเสร็จแล้ว 24 ชั่วโมงเป็นต้นไป โดยทั่วไปผิวคอนกรีตที่เปิดเผยและใช้ปูนซีเมนต์ธรรมดา ควรได้รับการบ่มชื้นติดต่อกันอย่างน้อย 7 ถึง 14 วัน ปูนซีเมนต์ชนิดให้ความสูงเร็วต้องการเวลาน้อยกว่า (ประมาณครึ่งหนึ่ง) และปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวช้าต้องการเวลาบ่มมากกว่าปูนซีเมนต์ธรรมดา ส่วนระยะเวลาของการบ่มคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ซึ่งผลิตขึ้นในประเทศไทย สามารถแสดงดังตารางที่ 2.1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1. แสดงระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ประเภทของงาน	คอนกรีตที่ใช้		
	ปูนซีเมนต์ผสม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3
งานธรรมดา			
เสา คาน และกำแพง	7 วัน	7 วัน	4 วัน
พื้นบ้าน พื้นถนนในบ้าน	8 วัน	8 วัน	4 วัน
ถนนชั้นหนึ่ง ลานจอดรถหรือทางวิ่งของเครื่องบิน	-	14 วัน	7 วัน
เสาเข็มสำหรับจะนำไปตอกเป็นฐานราก	21 วัน	14 วัน	7 วัน
งานพิเศษ			
แผ่นพื้นบางๆ	14 วัน	14 วัน	7 วัน
รูปหล่อที่เล็กบางซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ผสมมาก	-	21 วัน	7 วัน

2.2.3. วิธีการบ่มคอนกรีต

วิธีการบ่มคอนกรีตขึ้นอยู่กับสภาพการโดยเฉพาะของคอนกรีตที่จะสร้างขึ้น อย่างไรก็ดีควรคำนึงถึงวิธีการที่ประหยัดที่สุดและให้ผลดีที่สุดสำหรับงานนั้นๆเป็นสำคัญ

การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิปกติสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. วิธีการบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต (Replacing)
2. วิธีการบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต (Preventing Loss of Moisture)

2.2.3.1. วิธีการบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต (Replacing)

เป็นการให้ความชื้นแก่ผิวคอนกรีตโดยตรง ในระยะแรกที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีตซึ่งทำได้หลายวิธีคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การขังหรือหล่อน้ำ (Ponding)**

การขังหรือหล่อน้ำจะใช้วิธีทำทำนบด้วยดินเหนียวหรือก่ออิฐกั้นก็ได้ ใช้ได้ดีกับงานบนพื้นราบ เช่น แผ่นพื้น ดาดฟ้า พื้นถนน และทางเท้า แต่ไม่เหมาะสำหรับแผ่นพื้นที่จะมีการก่อสร้างต่อขึ้นไป เพราะจะลำบากในการทำงานต่อไป ข้อควรระวังคือ ต้องคอยตรวจสอบไม่ให้ทำนบที่กั้นไว้พัง ซึ่งจะทำให้น้ำรั่วออกและแห้งเป็นเหตุให้การบ่มขาดตอนไป และอย่าให้น้ำที่ใช้บ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10 องศาเซลเซียส เพราะอาจจะทำให้ผิวคอนกรีตแตกร้าวได้ ข้อเสียของวิธีนี้คือ ต้องมีภาระในการเก็บล้างเมื่อเสร็จงาน อาจต้องขัดฟอกให้คอนกรีตหายสกปรก

- **การฉีดพ่นน้ำหรือลดน้ำ (Spinkling)**

จะต้องคอยฉีดหรือรดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกชุ่มทั่วกันตลอดเวลา ไม่ใช่ทำเป็นระยะๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกร้าวเนื่องจากผิวคอนกรีตแห้งและเปียกสลับกันบ่อยครั้ง วิธีนี้ใช้ได้กับคอนกรีตทุกชนิดทั้งในแนวราบหรือเอียง แต่จะเปลืองน้ำ จึงไม่เหมาะสมกับบริเวณที่ขาดแคลนน้ำ หรือบนชั้นสูงๆ ที่น้ำไหลค่อย ข้อควรระวังคือ น้ำอาจไปชะเอาผิวคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดี สึกกร่อนเสียหายได้

- **การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม (Wet Covering)**

อาจใช้ผ้าใบ กระสอบป่าน หรือวัสดุอุมน้ำอื่น คลุมให้ทั่ว แล้วราดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ ข้อสำคัญคือ การคลุมต้องคลุมเหลื่อมกันให้มากและต้องราดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่เสมอ ควรคลุมทันทีที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้ได้ผลดีมากถ้าคอยตรวจให้ชุ่มน้ำอยู่เสมอ ราคาถูก คลุมได้ทั้งแนวดิ่งและแนวราบ

สำหรับงานสร้างถนนและทางเท้า ซึ่งมักจะถูกแดดและลมโดยตรง จะทำให้ผิวหน้าเกิดการแตกร้าวเนื่องจากแห้งเร็วเกินไป อาจใช้ดินที่ไม่มีหินปน ฟางข้าว ขี้เลื่อย ทราย หรือแกลบ ถมคลุมไว้ทันทีที่ผิวหน้าแห้งพอ ให้หนาประมาณ 5-15 เซนติเมตร แล้วฉีดน้ำให้ชุ่มจะช่วยได้เป็นอย่างดี ข้อควรระวังคือ สิ่งที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารซึ่งเป็นอันตรายต่อปูนซีเมนต์ หรือทำให้ผิวคอนกรีตด่าง

2.2.3.2. วิธีการบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต (Preventing Loss of Moisture)

เป็นวิธีที่ใช้การผนึกผิวคอนกรีตให้ทั่ว ป้องกันมิให้ความชื้นจากเนื้อคอนกรีตเล็ดลอดออกไปได้ ซึ่งมีวิธีการและวัสดุที่ใช้ในการบ่มแบบนี้ต่างๆกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การใช้กระดาษกันน้ำซึม (Waterproof Papers)**

ลักษณะเป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยกาวพวกยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว จะยืดหดตัวไม่มากนักเมื่อเปียกและแห้ง สีกระดาษที่ใช้มีสีอ่อนและใช้ปิดผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลา 72 ชั่วโมง มักนิยมใช้กับพื้นราบ ข้อควรระวังคือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นต่อแผ่นของกระดาษต้องผนึกติดแน่นด้วยกาว เทป หรือทรายก็ได้ และกระดาษต้องไม่ชำรุด

- **การใช้แผ่นผ้าพลาสติกปิดคลุม (Plastic Film)**

มีวิธีการคล้ายกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่มีข้อดีคือ เนื่องจากผ้าพลาสติกเบามาก จึงสามารถใช้ได้กับโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวังคือ เนื่องจากผ้าพลาสติกนี้บางและเบามากจึงเกิดการชำรุดได้ง่าย ต้องคอยปะรอยฉีกขาด และต้องหาของหนักทับเพื่อป้องกันไม่ให้ลมพัดปลิว

- **การบ่มโดยใช้ไม้แบบ (Forms)**

ไม้แบบที่เปียกและแบบโลหะจะช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี ถ้าหากผิวคอนกรีตส่วนบนที่เปิดเผยนั้นยังคงเปียกอยู่ โดยมีน้ำไหลซึมลงมาระหว่างคอนกรีตกับแบบได้ ในสภาพเช่นนี้เท่านั้นที่อาจจะทิ้งแบบหล่อให้ติดกับคอนกรีตให้นานเท่าที่ต้องการ เมื่อถอดแบบแล้วจึงบ่มด้วยวิธีอื่นต่อไป

- **การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต (Sealing Compound)**

โดยการพ่นสารเคมีบนผิวคอนกรีตซึ่งจะกลายเป็นเยื่อบางๆคลุมผิวไว้ ป้องกันการระเหยของน้ำได้อย่างดี การบ่มวิธีนี้เหมาะกับงานที่ลำบากในการใช้วิธีอื่น เช่น ลานบิน หลังคากว้างๆ ถนน หลังคาเปลือกบาง ทั้งนี้เพราะสิ้นเปลืองมากกว่าวิธีอื่น

การพ่นต้องทำทันทีขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ จะพ่นครั้งเดียวหรือสองครั้งก็ได้โดยต้องพ่นให้ทั่วถึงตลอด ข้อควรระวังคือ สารเคมีนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะทำการเทใหม่เสียไป บางชนิดอาจทำให้ฉาบปูนไม่ติด จึงไม่ควรใช้ในส่วนที่ต้องการต่อเติมหรือฉาบปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. การเยิ้ม

2.3.1. ความหมายของการเยิ้ม

การเยิ้ม (Bleeding) คือ การคายน้ำจากส่วนผสมคอนกรีตสด ซึ่งเกิดหลังจากการจี้เขย่าคอนกรีตเข้าแบบ แล้วลักษณะสำคัญคือจะมีน้ำบางส่วนที่ลอยตัวขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้าของคอนกรีตสด เนื่องจากองค์ประกอบที่เป็นของแข็งในส่วนผสมจมตัวลง และดันน้ำที่เป็นองค์ประกอบที่เบาที่สุดให้ลอยตัวขึ้น การหาค่าการเยิ้มสามารถแสดงออกมาเป็นปริมาณซึ่งได้จากอัตราส่วนค่ายุบตัวต่อหน่วยความสูงของคอนกรีตดังแสดงในตัวอย่าง

รูปที่ 2.2. แสดงการหาค่าการเยิ้มของคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

$$\text{ค่าการเยิ้ม} = \frac{0.1}{10.0} \times 100 = 1\ \%$$

การเยิ้มจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพคอนกรีตใน 2 ลักษณะคือ

1. ผิวด้านบนของคอนกรีตมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดหรือมีกำลังอัดต่ำที่สุด เมื่อคอนกรีตแข็งตัวมีแนวโน้มที่จะเกิดการเป็นฝุ่นที่ผิว และถ้าต้องเทคอนกรีตทับบนผิวนี้ เช่นการเทคอนกรีตฐานรากขนาดใหญ่ จะเกิดชั้นที่อ่อนแอและเป็นรูพรุน ทำให้โครงสร้างนี้ขาดความทนทาน
2. นอกจากน้ำที่ลอยตัวขึ้นมาแล้ว น้ำบางส่วนจะถูกกักไว้ใต้มวลรวมหยาบหรือเหล็กเสริม ก่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ต้าและมวลรวมหรือเหล็กเสริมลดลงอย่างมาก และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะเกิดช่องว่างเรียงตัวในทิศทางเดียว การซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น การเยิ้มนี้จะพบได้บ่อยในงานเทคอนกรีตพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น พื้นถนน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเยิ้ม

1. ปริมาณน้ำในส่วนผสม การลดน้ำจะลดการเยิ้ม
2. คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ การเยิ้มจะลดลงเมื่อใช้ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้น
3. องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ซีเมนต์ที่เป็นด่างมากหรือที่มี C_3A มากจะมีการเยิ้มน้อย
4. อุณหภูมิ
5. สัดส่วนคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปริมาณมากมีแนวโน้มจะเกิดการเยิ้มน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์น้อย
6. สารกักกระจายฟองอากาศจะลดการเยิ้ม

2.4. ความสามารถซึมผ่านได้ (Permeability)

ความสามารถซึมผ่านได้ของน้ำ คือ ความสะดวกหรือง่าย ซึ่งของเหลวหรือก๊าซสามารถซึมผ่านคอนกรีต คุณสมบัตินี้จะเป็นตัวชี้บ่งว่าคอนกรีตในโครงสร้างนั้นๆจะทนทานมากน้อยเพียงใด

ถึงแม้ว่าจะไม่มีการกำหนดวิธีการทดสอบ แต่ความสามารถซึมผ่านของน้ำ สามารถวัดได้โดยใช้น้ำที่มีความดัน ดันผ่านคอนกรีตเมื่อถึงสภาพที่คอนกรีตอิ่มตัว น้ำจะซึมผ่านคอนกรีตนั้นออกมา ทำการวัดปริมาณน้ำนี้ในช่วงเวลาหนึ่ง รวมทั้งวัดความหนาของคอนกรีต โดยความสามารถซึมผ่านของน้ำ จะถูกแสดงออกมาในรูปของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ ตามสมการของ Darcy ดังแสดงในสมการที่ 2.1.

$$\frac{dq}{dt} = \frac{k\Delta hA}{L} \qquad (2.1.)$$

$\frac{dq}{dt}$ คือ อัตราการไหลของน้ำ

A คือ ขนาดหน้าตัดของตัวอย่าง

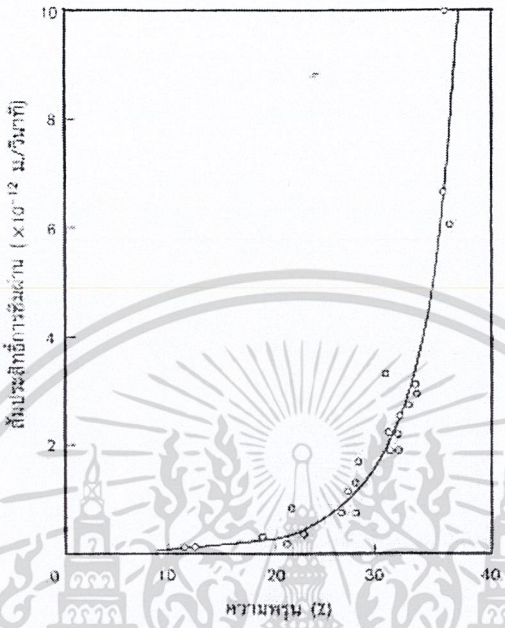
Δh คือ การลดลงของ Hydraulic Head

L คือ ความหนาของก้อนตัวอย่าง

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ มีหน่วยเป็น ม./วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ และความพรุนภายในเนื้อคอนกรีต



รูปที่ 2.3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ กับความพรุนของคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

สำหรับคอนกรีตที่ใช้หินทั่วๆไป ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ จะถูกควบคุมโดยความพรุนของซีเมนต์เพสต์ โดยความพรุนจะมากน้อยขึ้นกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ณ. ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาที่กำหนดความสามารถซึมผ่านได้จะต่ำ สำหรับเพสต์ที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ W/C ต่ำกว่า 0.60 ซึ่งช่องทางไหลของน้ำจะถูกแบ่งหรือทำให้แยกออกไม่ต่อเนื่องกัน ในส่วนผสมที่กำหนด W/C ให้ความสามารถซึมผ่านจะลดลงถ้าปูนซีเมนต์มีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอย่างต่อเนื่อง

ความสามารถซึมผ่านได้ของน้ำไม่ใช่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความพรุนของเนื้อคอนกรีต จะเห็นได้ว่าเฉพาะ Capillary Pore ที่เชื่อมกันจะก่อให้เกิดการซึมผ่านของน้ำสูงในขณะที่ความพรุนเท่ากัน

เมื่อพิจารณาในเรื่องความทนทานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้คอนกรีตเกิดความสามารถซึมผ่านของน้ำที่ต่ำในเวลาที่เร็วที่สุด นั่นคือ ควรเลือกใช้คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ.ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์แล้วการทำให้คอนกรีตอัดแน่น และการบ่มยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก ที่จะทำให้การซึมผ่านของน้ำต่ำ ช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานสูงขึ้น

ขบวนการที่ทำให้คอนกรีตเสียหาย หรือขาดความทนทานส่วนใหญ่มาจากการที่น้ำ ความชื้น หรืออากาศ ซึมผ่านช่องว่างที่ต่อเนื่อง หรือรอยแตกร้าวของคอนกรีต โดยทั้งน้ำและอากาศที่ซึมผ่านนี้ จะนำพาสารที่เป็นอันตรายเข้าไปในเนื้อคอนกรีต เมื่อมีปริมาณที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความเสียหาย

2.5. การผันแปรของกำลังอัดในโครงสร้าง

คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของคอนกรีต คือ ความสามารถต้านต่อแรงอัด หรือกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีความผันแปรตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะนำคอนกรีตชุดเดียวกันที่ผสมเรียบร้อยมาทำก้อนตัวอย่าง และนำมาทดสอบที่อายุเดียวกัน ด้วยวิธีการที่เหมือนกันทั้งหมด จะพบว่ากำลังอัดของก้อนตัวอย่างที่ได้นี้ จะมีค่าแตกต่างกัน ไม่มีผลทดสอบใดที่ได้ค่าเท่ากันพอดีเลย รวมทั้งถ้าเราแบ่งก้อนตัวอย่างออกเป็นส่วนย่อยๆ กำลังอัดในแต่ละส่วนก็จะมีค่าแตกต่างกันไปด้วย

ความผันแปรของกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างที่เกิดขึ้น อาจเนื่องจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง หรืออาจเป็นการผสมกันของหลายๆสาเหตุ ซึ่งความสามารถแยกรายละเอียดได้คร่าวๆ ดังนี้

1. ความผันแปรเนื่องจากเนื้อคอนกรีต
2. ความผันแปรเนื่องจากผู้ผลิตคอนกรีต
3. ความผันแปรเนื่องจากฝีมือแรงงาน

2.5.1. ความแปรผันเนื่องจากเนื้อคอนกรีต

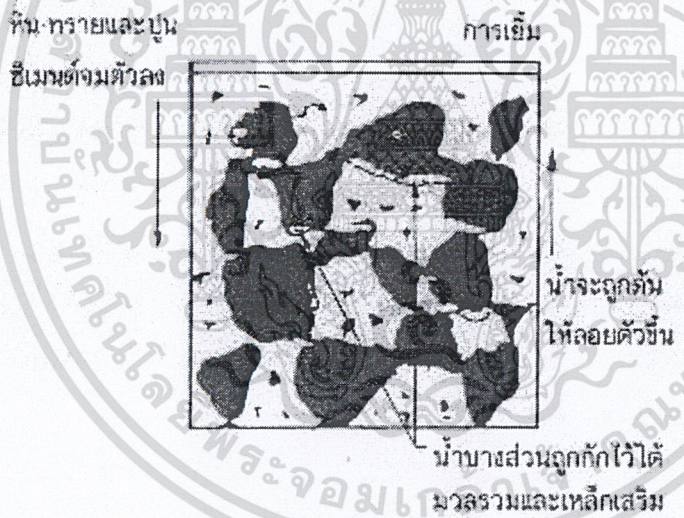
ความแปรผันเนื่องจากเนื้อคอนกรีต มีสาเหตุหลัก 2 ประการคือ

1. เนื่องจากการเยิ้ม
2. เนื่องจากการแยกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

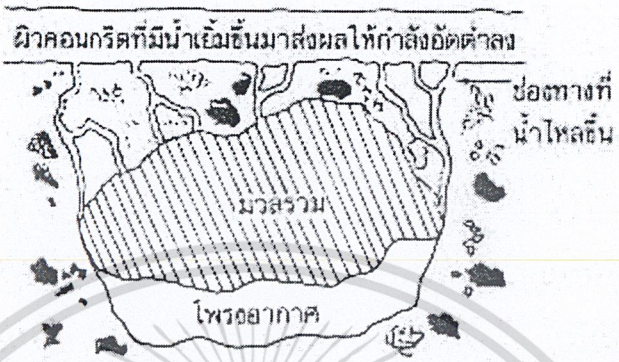
คอนกรีตเป็นวัสดุเนื้อผสมที่เกิดจากการนำปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยามาผสมกัน ในสภาพคอนกรีตสด หินที่อยู่ในส่วนผสมนั้นจะถูกพยุงไม่ให้เกิดการแยกตัวด้วยมอร์ต้า แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากแรงดึงดูดของโลก ไม่เพียงแต่ส่งผลให้หินทรายจมตัวลง แต่รวมไปถึงเม็ดปูนซีเมนต์ด้วย

หิน ทราย และเม็ดปูนซีเมนต์ จะจมตัวลงในเนื้อคอนกรีตสด จนกระทั่งแรงต้านทานการจมตัวมากกว่าน้ำหนักของหิน ทราย หรือเม็ดปูนซีเมนต์ หรืออนุภาคของหินทรายจมมาสัมผัสกันจนเป็นเครือข่าย ผลก็คือ น้ำซึ่งเบาที่สุด จะถูกดันขึ้นมาด้านบนเกิดการเยิ้ม (Bleeding) และน้ำบางส่วนจะถูกกักไว้ใต้มวลรวมหรือเหล็กเสริม เมื่อคอนกรีตแข็งตัว บริเวณเหล่านี้จะเกิดเป็นโพรงอากาศ (Air Pocket) และโพรงอากาศจะมากยิ่งขึ้น ถ้าคอนกรีตที่ใช้เกิดการแยกตัว (Segregation) ส่งผลให้ความพรุนในเนื้อคอนกรีตมีมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4. และรูปที่ 2.5.



รูปที่ 2.4. แสดงการจมตัวของหินทรายปูนซีเมนต์เป็นผลให้เกิดการเยิ้ม (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5. แสดงโพรงอากาศใต้มวลรวมและช่องทางที่น้ำไหลขึ้นสู่ด้านบนซึ่งส่งผลให้กำลังของคอนกรีตผันแปรไป (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ผลจากการเคลื่อนตัวของน้ำขึ้นสู่ผิวบนนี้ ทำให้เกิดความผันแปรในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของส่วนผสม โดยด้านล่างของโครงสร้างจะมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำสุด และจะสูงสุดส่วนบน นั่นคือ เกิดความไม่สม่ำเสมอในกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้าง

2.5.2. ความผันแปรเนื่องจากผู้ผลิตคอนกรีต

ความผันแปรเนื่องจากผู้ผลิตคอนกรีตมีสาเหตุหลัก 2 ประการคือ

1. เนื่องจากวัสดุผสม
2. เนื่องจากการชั่งตวง

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าวัสดุผสมคอนกรีตส่วนใหญ่มาจากธรรมชาติ ดังนั้นจึงเกิดความผันแปรในคุณสมบัติอยู่ตลอดเวลา เช่น ทรายผสมคอนกรีต จะมีขนาดคละและความละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่ง , กรรมวิธี และ ช่วงเวลาที่ดูดขึ้นมาใช้เป็นต้น นอกจากวัสดุผสมแล้ว คอนกรีตในโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างอาจจะผันแปรเนื่องจากการชั่งตวง ซึ่งอาจจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการควบคุมการผลิต รวมทั้งเทคนิคการขนส่ง และการลำเลียงคอนกรีตลงแบบ

ความผันแปรนี้จะไม่มีความสัมพันธ์กับชนิดของโครงสร้างและโดยทั่วไปความผันแปรนี้จะถูกสมมติว่าการกระจายไปทั่วทั้งโครงสร้าง เป็นการยากที่จะวัดค่านี้เพราะเราไม่สามารถแยกความผันแปรนี้ออกจากความผันแปรเนื่องจากวิธีการทำงาน ณ หน่วยงาน อันได้แก่การจี้เขย่าและการบ่ม แต่ก็สามารถวัดค่าได้โดยการพิจารณาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดสอบก้อนตัวอย่าง

2.5.3. ความผันแปรเนื่องจากฝีมือแรงงาน

ความผันแปรนี้สืบเนื่องจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือการจี้เขย่าและการบ่มคอนกรีต

1. การจี้เขย่าคอนกรีตเข้าข้างแบบ

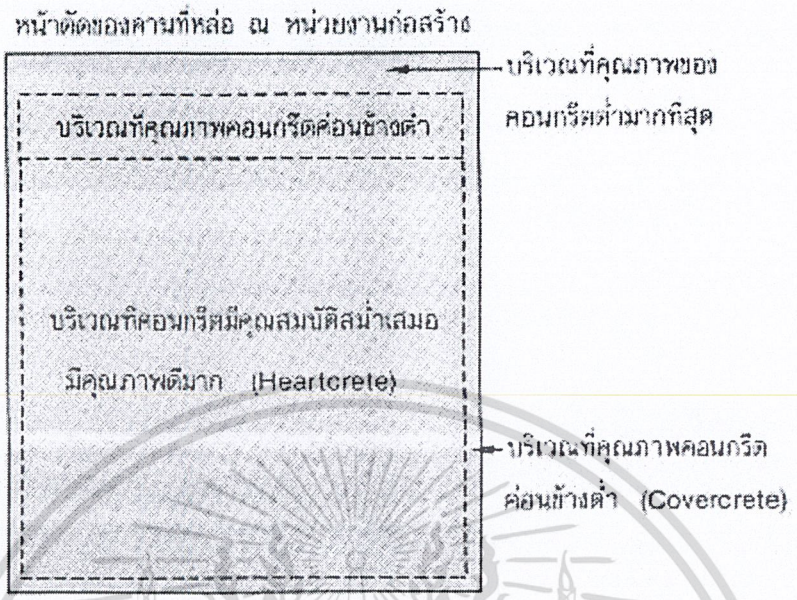
วัตถุประสงค์ของการจี้เขย่า เพื่อทำให้คอนกรีตอัดแน่นและลดปริมาณฟองอากาศ แต่การจี้เขย่าคอนกรีตที่ไม่ถูกวิธี หรือ บริเวณขอบ มุม ใกล้ๆช่องเปิด หรือระหว่างเหล็กเสริม กับผิวคอนกรีตจะทำให้เนื้อคอนกรีตในโครงสร้างเกิดความผันแปร รวมทั้งในการจี้เขย่า มวลรวมมีแนวโน้มจะจมตัวลงดันน้ำให้ลอยขึ้น ส่วนล่างหรือฐานของโครงสร้างจะถูกอัดแน่นเนื่องจากผลของ Hydrostatic ซึ่งสัมพันธ์กับความลึกของชิ้นส่วนโครงสร้าง ก่อให้เกิดความผันแปรของกำลังอัด ตั้งแต่ฐานถึงส่วนบนของโครงสร้าง

2. การบ่ม

การบ่ม คือการป้องกันน้ำในคอนกรีตไม่ให้ระเหยออกไปเพื่อให้มั่นใจว่าจะมีปริมาณน้ำเพียงพอ เพื่อให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ โดยทั่วไปน้ำและความชื้นจากผิวคอนกรีตจะเริ่มระเหยทันทีทันใด หลังจากการเทคอนกรีต และจะดำเนินต่อไปอีกหลายวัน ถ้าไม่มีการบ่มคอนกรีตที่เพียงพอ ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเกิดไม่สมบูรณ์ ผลที่ตามมาคือ การพัฒนากำลังอัดจะไม่ดี

ผลจากการจี้เขย่าและการบ่มคอนกรีตส่งผลให้เกิดความผันแปรของกำลังอัดระหว่างผิวและด้านในของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6. แสดงความผันแปรของคุณภาพคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

2.6. การทดสอบหาความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ (Core Boring Test)

ในกรณีที่สงสัยคุณภาพของคอนกรีต อาจจำเป็นต้องเจาะพื้นหรือโครงอาคารคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว โดยใช้สว่านกากเพชร เพื่อเอาแท่งตัวอย่างมาทดสอบ ปกติคอนกรีตควรมีอายุอย่างน้อย 14 วัน ซึ่งแข็งพอที่จะเอาออกได้โดยไม่กระทบกระเทือนการยึดเกาะมอร์ตาและวัสดุผสมหยาบ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่เจาะนั้นไม่ควรต่ำกว่า 10 เซนติเมตร และความสูงควรจะเป็น 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณ ควรเจาะในแนวซึ่งตั้งได้ฉากกับพื้นหรือในทิศทางที่รับน้ำหนัก แท่งตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบควรนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 ถึง 48 ชั่วโมง ก่อน เพื่อให้ได้คอนกรีตในสภาพที่ชื้น ต้องมีการแต่งด้านบนและด้านล่างที่จะรับน้ำหนักกดอัดให้เรียบ ในบางกรณีอาจจะต้องหล่อฝา (Capping) ด้านที่รับน้ำหนักให้เรียบ เพื่อให้น้ำหนักที่กดแท่งตัวอย่างคอนกรีตนั้นแผ่กระจายโดยสม่ำเสมอ และต้องตั้งให้รับน้ำหนักในสภาพและทิศทางเดียวกับที่โครงสร้างอาคารนั้นรับอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.1. กล่าวนำ

ขั้นตอนในการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง
2. การทดสอบหากำลังรับแรงอัด, หน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น, การดูดซึมน้ำของคอนกรีต และการหาปริมาณหินในคอนกรีต

3.1.1. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง

1. จัดเตรียมสถานที่ที่จะทำการทดลอง เป็นที่โล่งแจ้ง เพื่อให้สภาพแวดล้อมเหมือนสภาพการก่อสร้างจริง และจะต้องเป็นที่สะดวกต่อการทำงาน เช่นใกล้กับก๊อกน้ำเพราะจะต้องใช้น้ำจำนวนมากในการทดลอง
2. ทำแบบหล่อคอนกรีตขนาดกว้าง 1.10 เมตร ยาว 1.10 เมตร ลึก 0.30 เมตร จำนวน 2 แบบหล่อ โดยตัวแบบคอนกรีตยกสูงจากพื้นประมาณ 0.30 เมตร เพราะว่าจะต้องทำการถอดแบบหล่อใต้พื้น ภายหลังจากการหล่อคอนกรีตแล้ว 7 วัน
3. ทำการปูแผ่นพลาสติกให้เต็มแบบหล่อก่อนที่จะเทคอนกรีต เพื่อกันน้ำปูนไม่ให้ซึมออกมา และยังช่วยป้องกันไม่ให้น้ำที่จะใช้บ่มคอนกรีตไหลซึมออกจากแบบหล่อ
4. เทคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วลงในแบบหล่อคอนกรีตที่เตรียมไว้ แบ่งเทเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 10 เซนติเมตร โดยค่อยๆเทให้เป็นชั้นที่สม่ำเสมอ และทำการจี้เขย่าคอนกรีตโดยจี้เป็นชั้น แต่ละชั้นจะถูกจี้เขย่าให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อๆไป จุดประสงค์ในการจี้เขย่าเพื่อลดช่องว่างอากาศในคอนกรีตทำให้คอนกรีตมีความแน่นตัว เนื่องจากช่องว่างทุกๆ 1% จะทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง 5-6% คอนกรีตที่อัดแน่นจะมีความแข็งแรง ทนทาน
5. ทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดโดยการทดสอบหาค่าการยุบตัว เพื่อหาความสามารถไหลได้ตามมาตรฐาน ASTM C 143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

6. ทำการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างรูปทรงกระบอก โดยขั้นแรกต้องทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C 192 ต่อจากนั้นทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C 39
7. ภายหลังจากการหล่อคอนกรีตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการบ่มแผ่นคอนกรีตหนาด้วยวิธีขังน้ำที่ผิวบนคอยเติมน้ำให้น้ำขังอยู่ตลอดเวลาจนเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ส่วนแผ่นคอนกรีตหนาอีกแผ่นหนึ่งบ่มด้วยวิธีแผ่นพลาสติกคลุม
8. ทำการวัดอุณหภูมิในการบ่มที่เวลาเช้า, กลางวัน และ เย็น เป็นประจำทุกวัน
9. เมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน ทำการถอดแบบรองพื้นข้างล่างออกทั้งนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานการถอดแบบหล่อคอนกรีต
10. เมื่อคอนกรีตที่หล่อไว้มีอายุครบ 28 วัน ทำการเจาะคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำ และวิธีแผ่นพลาสติกคลุม ด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต ขนาดหัวเจาะคอนกรีต 2 นิ้ว ประเภทละ 20 หลุม จะได้คอนกรีตรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร
11. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแท่งคอนกรีต ไม่ให้มีรอยแตกร้าวในเนื้อคอนกรีต หรือหัก
12. แบ่งตัวอย่างแท่งคอนกรีต 15 แท่ง สำหรับทดสอบหา กำลังรับแรงอัด, หน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น และน้ำหนักหิน ส่วนแท่งคอนกรีต 5 แท่ง สำหรับทดสอบหา ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก
13. นำแท่งทรงกระบอกคอนกรีตที่เจาะได้แล้วมาตัดเป็น 5 ชั้น ชั้นละประมาณ 6 เซนติเมตร

3.1.2. การทดสอบหากำลังรับแรงอัด, หน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน

1. วัดขนาดความสูง, เส้นผ่านศูนย์กลาง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการตัดแบ่งเป็นชั้นเรียบร้อยแล้ว
2. นำก้อนตัวอย่างไปหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำโดยใช้เวลาให้น้อยที่สุด และบันทึกผล
3. ทำการหล่อฝา (Capping) ก้อนตัวอย่างทั้ง 2 ด้าน นำไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล
4. นำก้อนตัวอย่างที่หล่อฝา (Capping) ทั้งสองด้านแล้วคลุมด้วยถุงพลาสติก เพื่อป้องกันการสูญหายของเศษคอนกรีตที่แตก ก่อนนำไปทดสอบหากำลังรับแรงอัดด้วยเครื่องมือทดสอบกำลังอัด (Universal Testing Machine) และบันทึกผลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต
5. นำก้อนตัวอย่างที่อัดแล้วไปอบที่อุณหภูมิอย่างต่ำ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน เพื่อให้น้ำภายในก้อนตัวอย่างระเหยออกให้หมด
6. นำก้อนตัวอย่างที่อบแล้วไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45834

7. ทำการหาปริมาณน้ำที่สูญหายไปในแต่ละระดับชั้น จะทำให้ทราบว่าคอนกรีตแต่ละชั้นมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในคอนกรีต (Moisture Content) เท่าไร
8. นำตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดลองข้อที่ 7 ไปทุบหาปริมาณหินในก้อนคอนกรีตตัวอย่าง

3.1.3. การทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก

1. วัดขนาดความสูง, เส้นผ่านศูนย์กลาง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการตัดแบ่งเป็นชั้นเรียบร้อยแล้ว
2. นำก้อนตัวอย่างไปหาปริมาตรโดยการแทนที่น้ำโดยใช้เวลาให้น้อยที่สุด และบันทึกผล
3. นำก้อนตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิอย่างต่ำ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน เพื่อให้น้ำภายในก้อนตัวอย่างระเหยออกให้หมด
4. นำก้อนตัวอย่างที่อบแล้วไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล
5. นำก้อนตัวอย่างแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้ก้อนคอนกรีตดูดซึมน้ำจนอิ่มตัว
6. นำก้อนตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ไม่ให้ถูกแสงแดด และลมโดยตรง เพื่อให้ก้อนคอนกรีตมีสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง
7. นำก้อนตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล โดยน้ำหนักที่ต่างกับค่าที่ได้จากข้อ 4 จะเป็นปริมาณความชื้นที่คอนกรีตดูดซึมเข้าไปจนอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตที่ระดับชั้นต่างๆ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1. แสดงผลการทดลองปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยวิธีขังน้ำ

ตำแหน่งชั้น	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีต (%)
ชั้นที่ 1 (0-6 ซม.จากผิวบน)	2130.29	4.68
ชั้นที่ 2 (6-12 ซม.จากผิวบน)	2169.44	4.63
ชั้นที่ 3 (12-18 ซม.จากผิวบน)	2180.96	4.26
ชั้นที่ 4 (18-24 ซม.จากผิวบน)	2174.55	4.02
ชั้นที่ 5 (24-30 ซม.จากผิวบน)	2212.46	3.56

ตารางที่ 4.2. แสดงผลการทดลองปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยพลาสติก

ตำแหน่งชั้น	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีต (%)
ชั้นที่ 1 (0-6 ซม.จากผิวบน)	2143.89	4.68
ชั้นที่ 2 (6-12 ซม.จากผิวบน)	2167.36	4.41
ชั้นที่ 3 (12-18 ซม.จากผิวบน)	2191.18	4.15
ชั้นที่ 4 (18-24 ซม.จากผิวบน)	2189.74	4.15
ชั้นที่ 5 (24-30 ซม.จากผิวบน)	2201.46	3.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

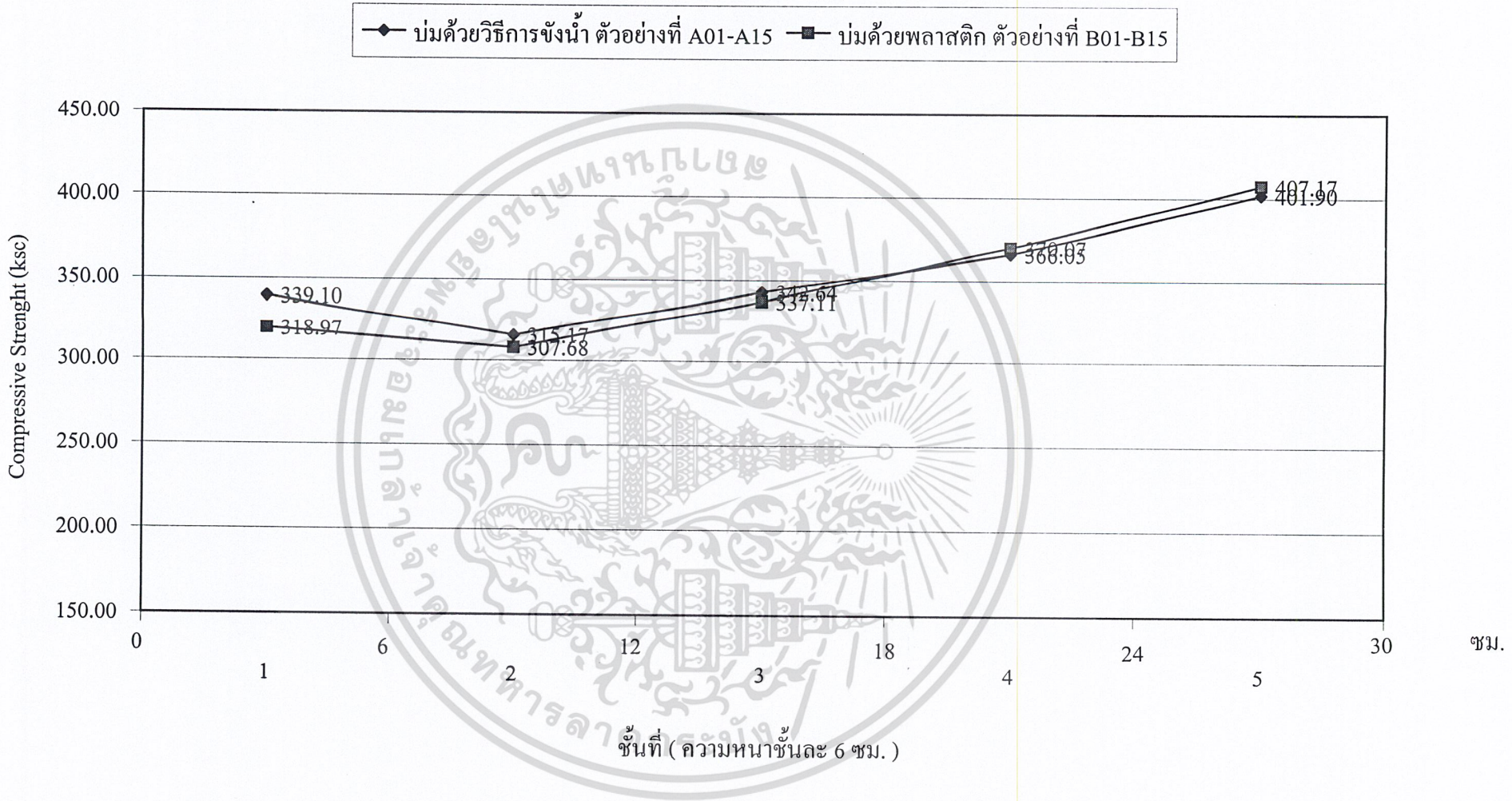
ตารางที่ 4.3. แสดงผลการทดลองหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น, ปริมาณหิน และค่ากำลังอัดของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยวิธีขังน้ำ

ตำแหน่งชั้น	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)	ปริมาณหิน (%)	ปริมาณความชื้น (%)	ค่ากำลังอัดของคอนกรีต (ksc.)
ชั้นที่ 1 (0-6 ซม.จากผิวบน)	2141.92	37.79	4.91	339.10
ชั้นที่ 2 (6-12 ซม.จากผิวบน)	2171.15	40.38	4.87	315.17
ชั้นที่ 3 (12-18 ซม.จากผิวบน)	2196.82	43.12	4.36	342.64
ชั้นที่ 4 (18-24 ซม.จากผิวบน)	2201.80	44.00	4.54	366.05
ชั้นที่ 5 (24-30 ซม.จากผิวบน)	2224.90	46.97	4.06	401.90

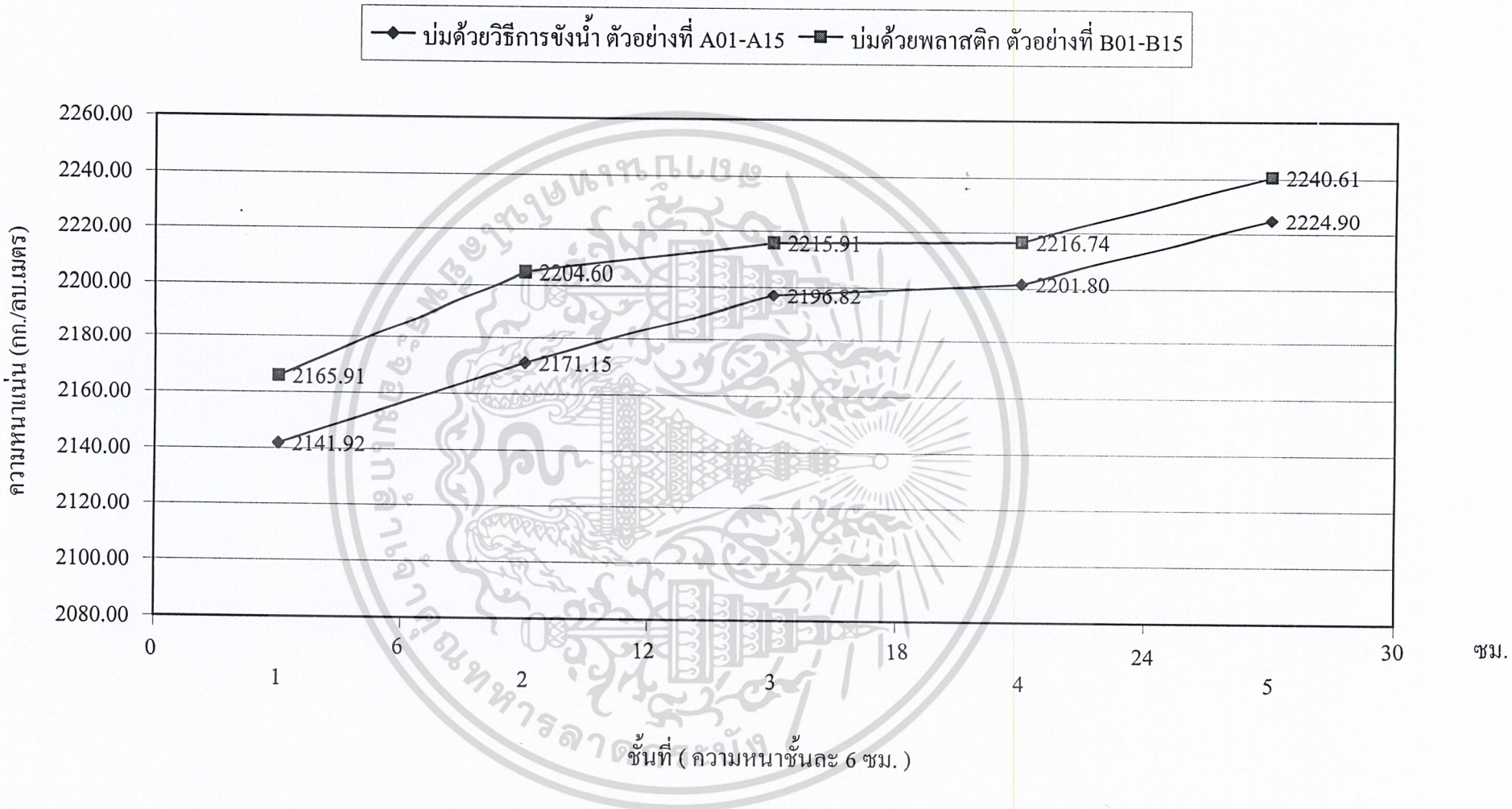
ตารางที่ 4.4. แสดงผลการทดลองหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น และค่ากำลังอัดของตัวอย่างประเภทบ่มด้วยพลาสติก

ตำแหน่งชั้น	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)	ปริมาณความชื้น (%)	ค่ากำลังอัดของคอนกรีต (ksc.)
ชั้นที่ 1 (0-6 ซม.จากผิวบน)	2165.91	4.58	318.97
ชั้นที่ 2 (6-12 ซม.จากผิวบน)	2204.60	4.35	307.68
ชั้นที่ 3 (12-18 ซม.จากผิวบน)	2215.91	4.37	337.11
ชั้นที่ 4 (18-24 ซม.จากผิวบน)	2216.74	4.45	370.07
ชั้นที่ 5 (24-30 ซม.จากผิวบน)	2240.61	4.22	407.17

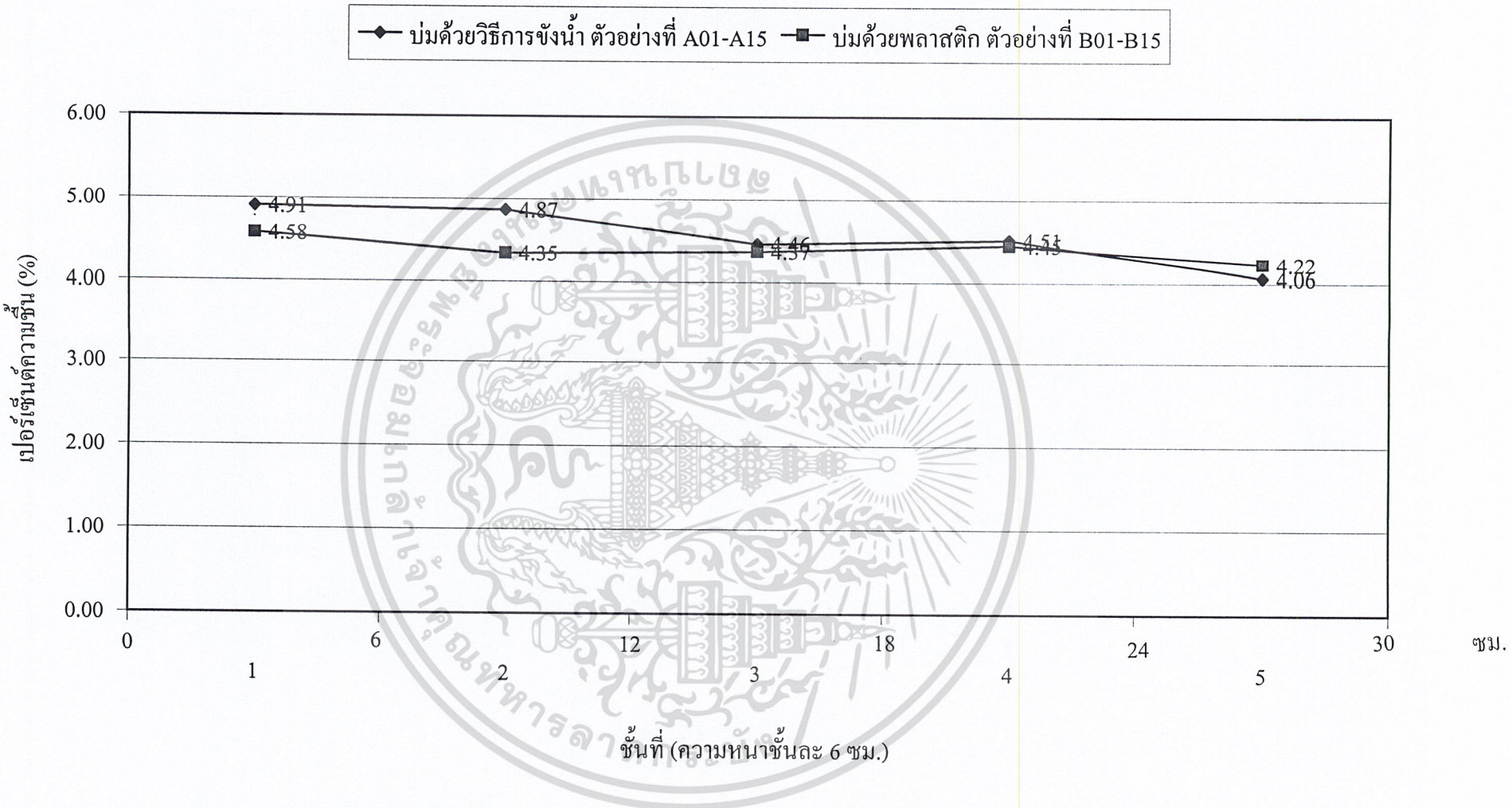
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



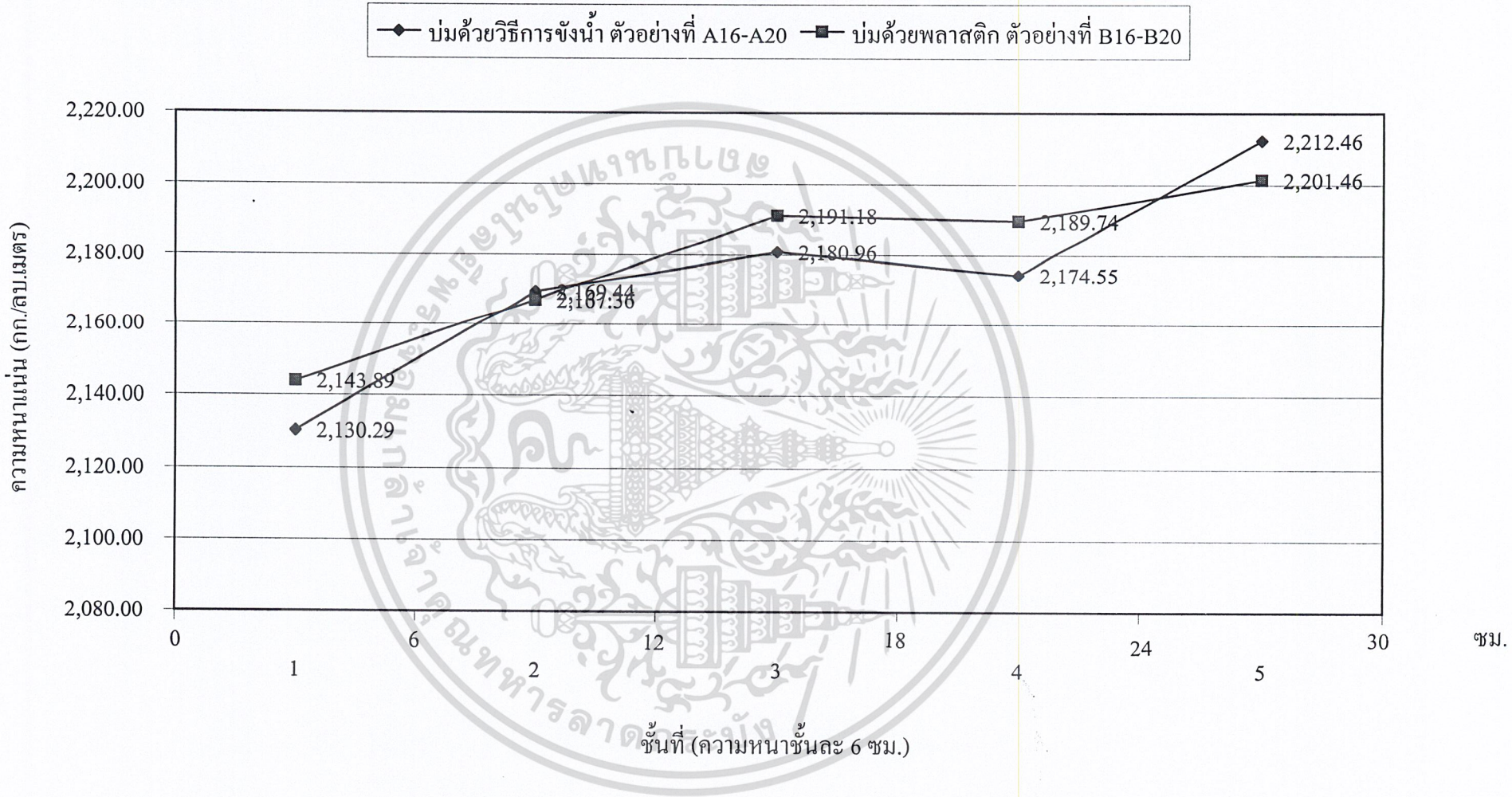
รูปที่ 4.1. กราฟแสดงค่า Compressive Strength (ksc) ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A01-A15 และ B01-B15



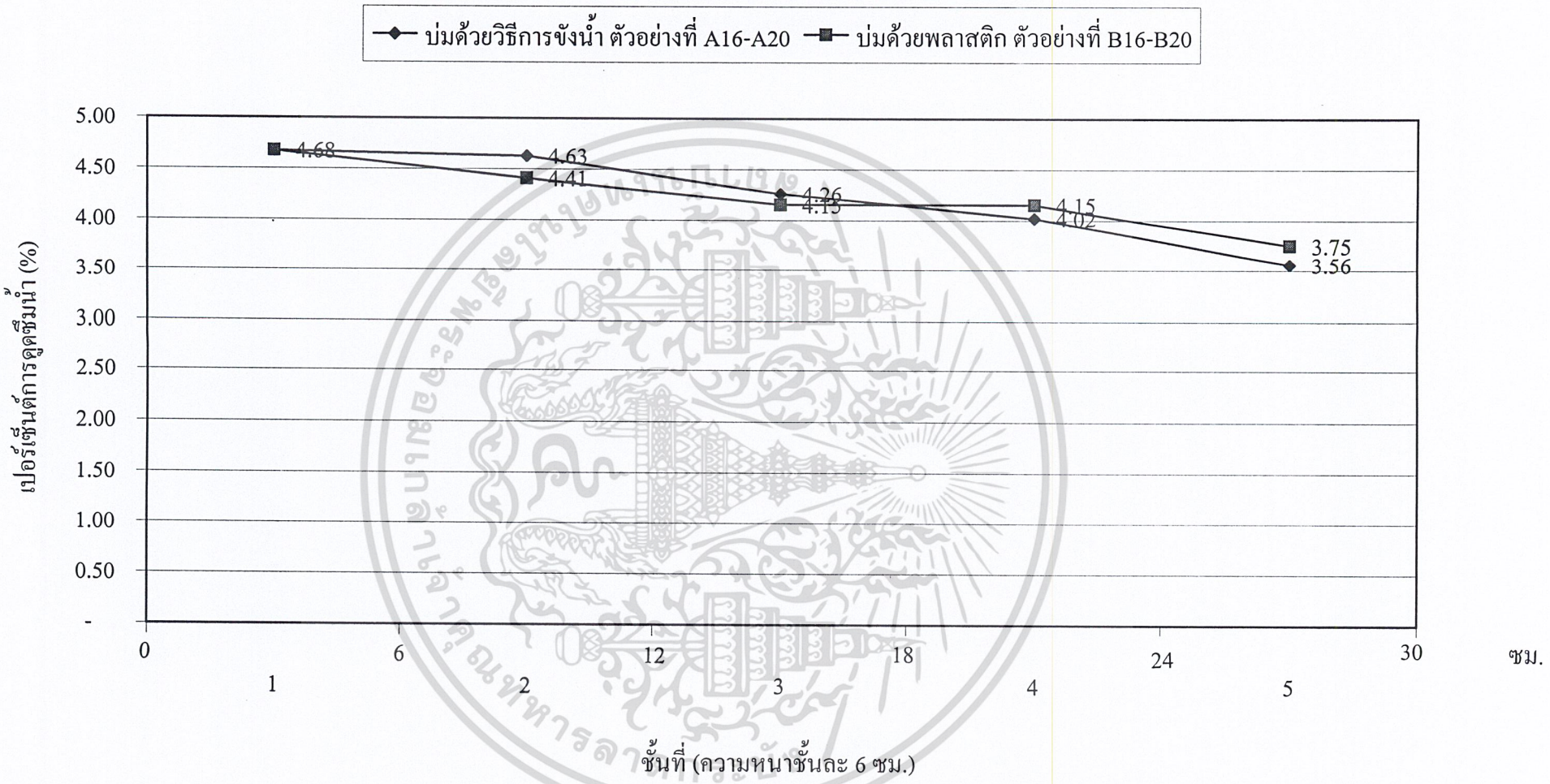
รูปที่ 4.2. กราฟแสดงค่าความหนาแน่น ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A01-A15 และ B01-B15



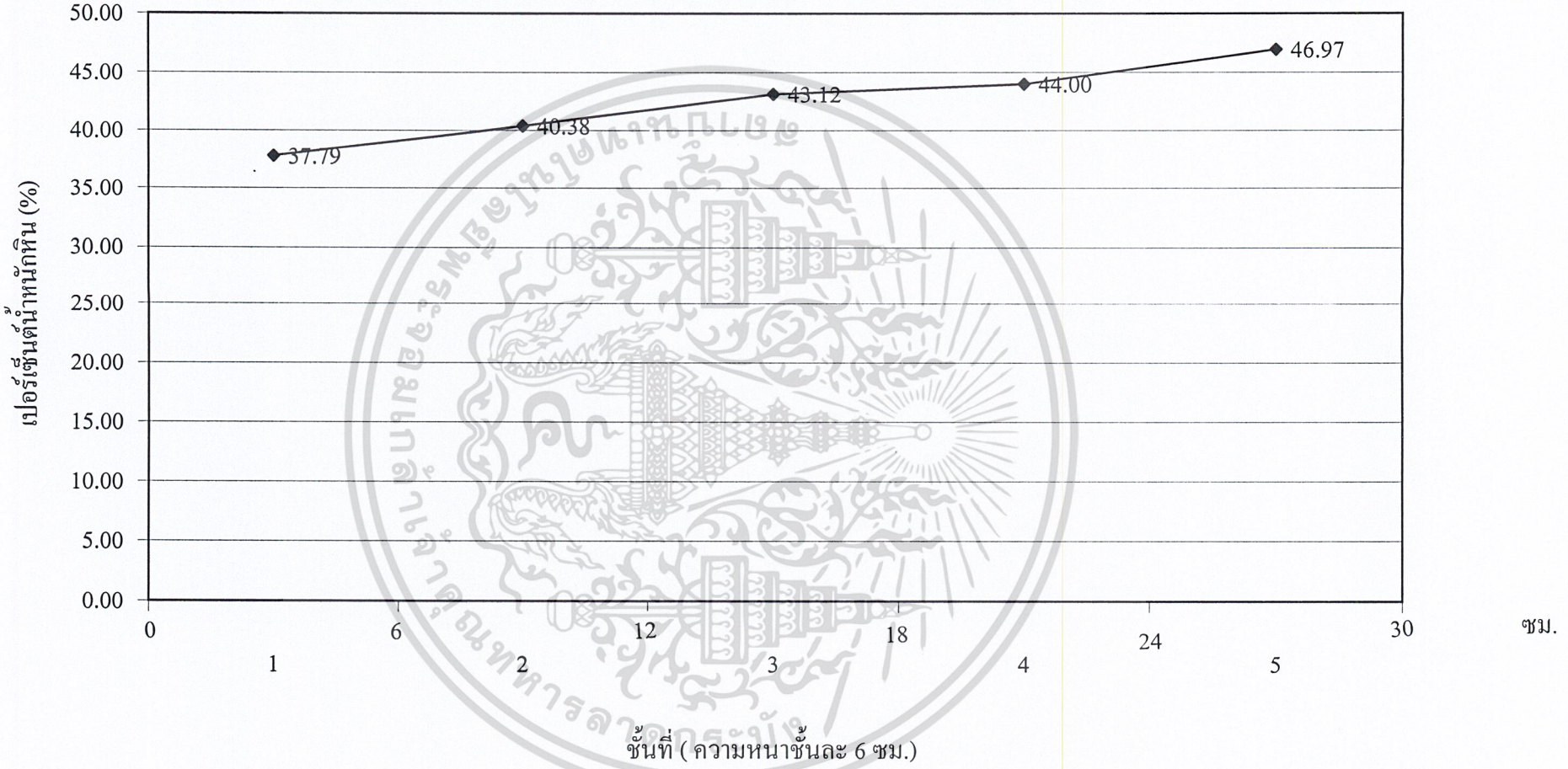
รูปที่ 4.3. กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%) ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A01-A15 และ B01-B15



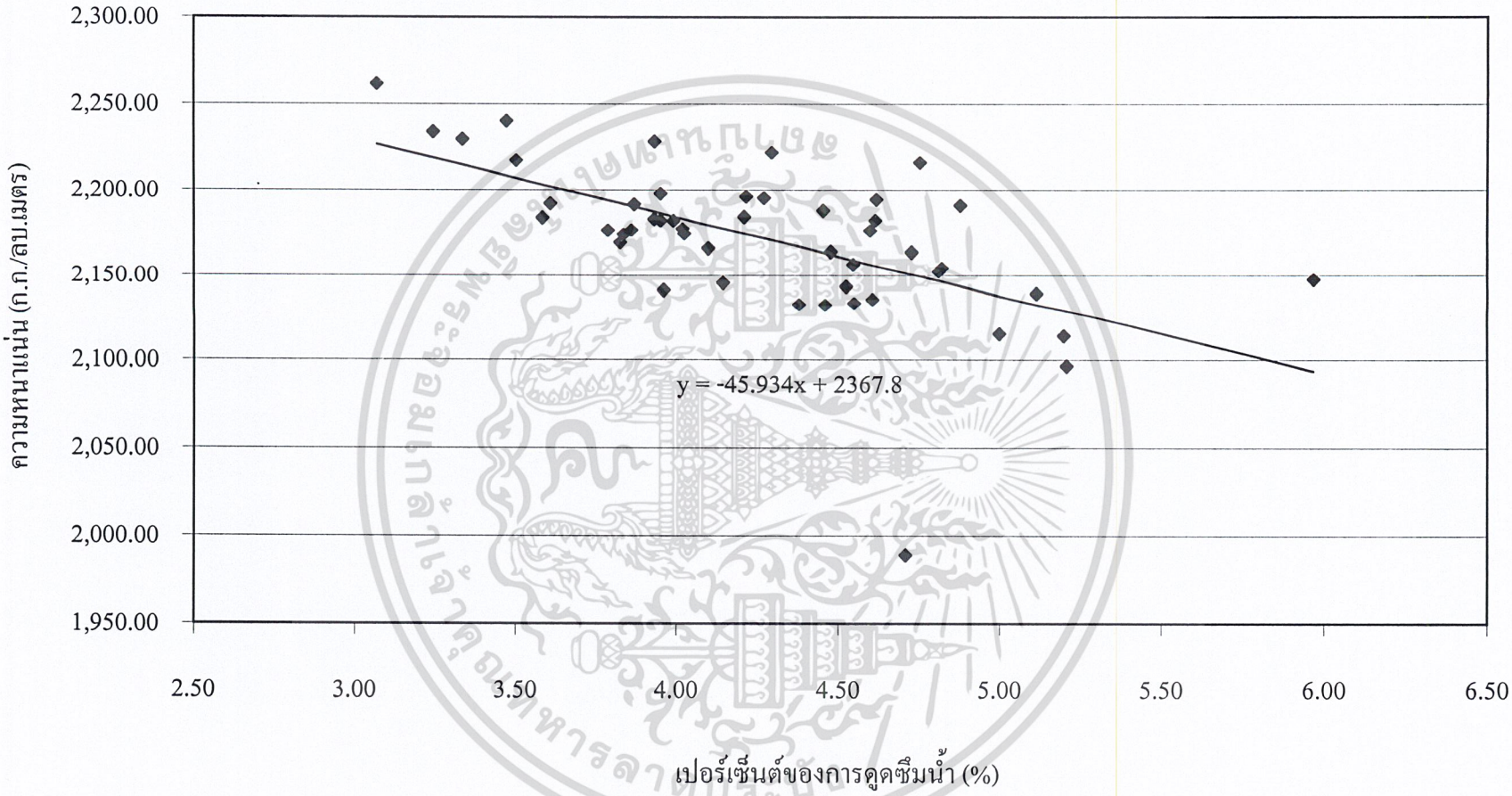
รูปที่ 4.4. กราฟแสดงค่าความหนาแน่น ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A16-A20 และ B16-B20



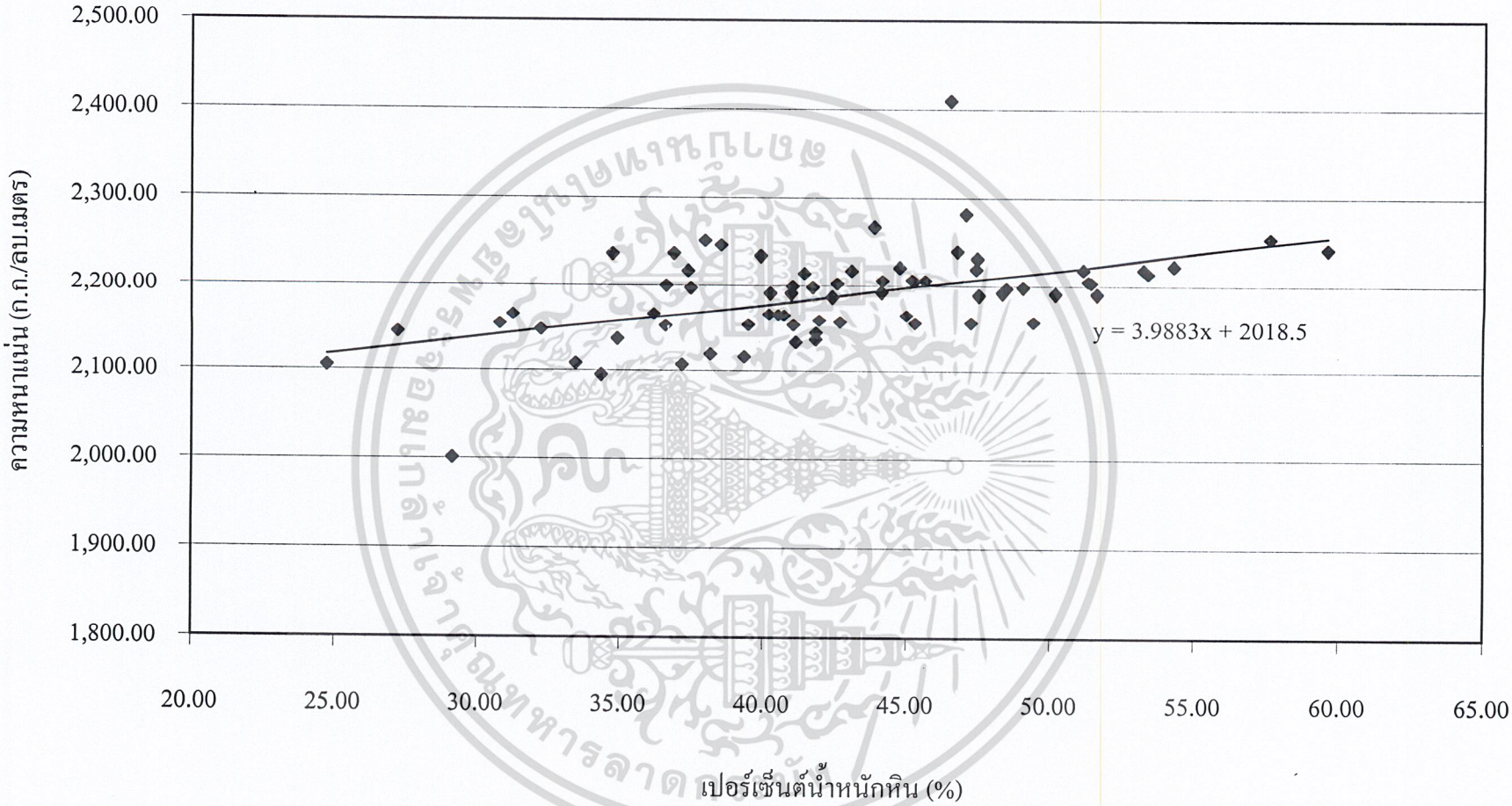
รูปที่ 4.5. กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%) ของค่าเฉลี่ยตัวอย่างที่ A16-A20 และ B16-B20



รูปที่ 4.6. กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)



รูปที่ 4.7. กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่น กับเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 4.8. กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่น กับ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1. กล่าวนำ

ในการศึกษานี้เพื่อต้องการทราบข้อมูลว่า ที่ระดับความลึกต่างๆ ความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น, การบ่ม, การเยิ้มของคอนกรีต, ปริมาณหินในคอนกรีต และการดูดซึมน้ำของคอนกรีต มีผลต่อกำลังรับแรงอัดอย่างไร และจากผลการทดลองได้ค่าต่างๆดังนี้

1. กำลังรับแรงอัดมีค่าอยู่ระหว่าง 305 kg/cm^2 ถึง 410 kg/cm^2
2. ค่าหน่วยน้ำหนักประมาณ 2100 kg/m^3 ถึง 2300 kg/m^3
3. ปริมาณหินในคอนกรีตมีค่าอยู่ระหว่าง 35-50%
4. ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมีค่าอยู่ระหว่าง 3.5-5.0%
5. ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-5.0%

โดยค่าที่ได้จากการทดลองข้างต้นสามารถนำมาแสดงความสัมพันธ์ต่างๆดังนี้

5.2. ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

จากการทดลองได้แบ่งคอนกรีตในการทดลองเป็น 2 ประเภทคือ ประเภทบ่มด้วยวิธีขังน้ำ และประเภทบ่มด้วยพลาสติก ซึ่งปัจจัยที่สำคัญสำหรับการบ่มด้วยวิธีขังน้ำคือ การดูดซึมน้ำจากผิวบนของคอนกรีต ในขณะที่การบ่มด้วยพลาสติกปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลต่อการบ่ม ซึ่งโดยปกติเมื่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น ความพรุนของคอนกรีตจะลดลง และปริมาณการดูดซึมน้ำจะลดลง

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำ ได้ค่าหน่วยน้ำหนักจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 2130.29, 2169.40, 2180.96, 2174.55 และ 2212.46 kg/m^3 ตามลำดับ และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 4.68%, 4.63%, 4.26%, 4.02% และ 3.56% ตามลำดับ พบว่าหน่วยน้ำหนักของแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่วนค่าปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามระดับความลึกจากชั้นบนลงชั้นล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยพลาสติก ได้ค่าหน่วยน้ำหนักจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 2143.89, 2167.36, 2191.18, 2189.74 และ 2201.46 kg/m^3 ตามลำดับ และค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 4.68%, 4.41%, 4.15%, 4.15% และ 3.76% ตามลำดับ พบว่าหน่วยน้ำหนักของแบบบ่มด้วยพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่วนค่าปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามระดับความลึกจากชั้นบนลงชั้นล่าง

ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองของตัวอย่างการบ่มทั้งสองประเภทสอดคล้องกับเกณฑ์โดยทั่วไปดังได้กล่าวข้างต้น คือเมื่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น ความพรุนของคอนกรีตจะลดลง และปริมาณการดูดซึมน้ำจะลดลง

ในการทดลองหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต ค่าที่ได้จากการทดลองจะแสดงถึงความพรุนของเนื้อคอนกรีต เนื่องจากในการทดลองช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตจะถูกแทนที่ด้วยน้ำจนเต็มช่องว่าง ดังนั้นถ้าคอนกรีตมีความพรุนสูง คอนกรีตจะสามารถดูดซึมน้ำได้มากเช่นกัน และจากผลการทดลองได้ว่า

1. คอนกรีตชั้นบนสุดจะมีความพรุนมาก และลดลงเรื่อยๆ ในขณะที่คอนกรีตชั้นล่างสุดมีความพรุนต่ำ เนื่องจากในการเทคอนกรีตจะมีน้ำส่วนหนึ่งเยิ้มขึ้นมาด้านบนของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตเกิดการแข็งตัวช่องทางน้ำเหล่านี้จะเกิดเป็นช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต
2. เมื่อนำค่าหน่วยน้ำหนักมาเปรียบเทียบกับปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตพบว่าถ้าคอนกรีตมีหน่วยน้ำหนักมากจะมีค่าปริมาณการดูดซึมน้ำต่ำ และคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักต่ำจะมีค่าปริมาณการดูดซึมน้ำสูง เนื่องจากเมื่อน้ำในคอนกรีตเกิดการเยิ้มทำให้เกิดช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต โดยด้านบนจะมีช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตหรือความพรุนสูง ดังนั้นจึงทำให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับชั้นล่างๆถัดลงมา

5.3. ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักและปริมาณหิน

ในคอนกรีตปกติหินซึ่งเป็นมวลที่หนักสุดของมวลรวม ดังนั้นถ้าคอนกรีตมีปริมาณหินมาก หน่วยน้ำหนักในคอนกรีตนั้นก็จะมากตามไปด้วย แสดงว่าปริมาณหินแปรผันตรงกับหน่วยน้ำหนัก

จากการทดลองได้ค่าหน่วยน้ำหนักจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 2141.92, 2171.15, 2196.82, 2201.80 และ 2224.90 kg/m^3 ตามลำดับ และมีปริมาณหินจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 37.79%,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40.38%, 43.12%, 44.00% และ 46.97% ตามลำดับ พบว่าปริมาณหินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากชั้นบนลงชั้นล่าง และหน่วยน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากชั้นบนลงชั้นล่างเช่นกัน ซึ่งจะสอดคล้องกับความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น คือปริมาณหินแปรผันตรงกับหน่วยน้ำหนัก และจากผลการทดลองจะได้ว่าคอนกรีตชั้นบนสุดจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหินน้อยกว่าชั้นล่างสุด 9.18% ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมากแสดงว่าปริมาณหินในแต่ละชั้นที่ต่างกันย่อมมีสาเหตุมาจาก

1. เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากบนลงล่าง เป็นผลมาจากว่า สภาพคอนกรีตสดหินที่อยู่ในส่วนผสมจะถูกพยุงไม่ให้เกิดการแยกตัวด้วยมอร์ต้า แต่อย่างไรก็ตามผลจากแรงดึงดูดของโลกและการจี้เขย่าเข้าแบบ ไม่เพียงแต่ส่งผลให้หินจมตัวลง แต่รวมไปถึงทรายและเม็ดปูนซีเมนต์ด้วย โดยหิน, ทราย และเม็ดปูนซีเมนต์ จะจมตัวลงในเนื้อคอนกรีตสด จนกระทั่งแรงต้านทานการจมตัวมากกว่าน้ำหนักของหิน, ทรายหรือเม็ดปูนซีเมนต์ จึงทำให้หิน, ทราย และเม็ดปูนซีเมนต์จมตัวลงในเนื้อคอนกรีตสด ทำให้ชั้นล่างๆมีปริมาณหินมากกว่าชั้นบน
2. เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหินไปเปรียบเทียบกับค่าหน่วยน้ำหนัก พบว่าถ้าคอนกรีตมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหินน้อย จะมีค่าหน่วยน้ำหนักน้อย และคอนกรีตที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหินมากจะมีค่าหน่วยน้ำหนักมาก เนื่องจากเมื่อหินจมลงชั้นล่างๆ หินที่จมลงไปจะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่มีปริมาตรเท่ากัน เนื่องจากหินมีความหนาแน่น 2400-3000 kg/m^3 ส่วนคอนกรีตปกติมีความหนาแน่น 2300-2400 kg/m^3 โดยความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหินกับค่าหน่วยน้ำหนักดังแสดงในรูปที่ 4.8.

5.4. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีต

แม้ว่าคอนกรีตชุดเดียวกันที่ผสมเหมือนกัน แล้วเก็บตัวอย่างมาทดสอบที่อายุเดียวกัน วิธีการเก็บรักษาและทดสอบเหมือนกันทุกประการ จะพบได้ว่าไม่มีคอนกรีตก้อนใดเลยที่ให้ค่าที่เหมือนกันทุกประการ รวมทั้งในการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ชั้นต่างๆของแท่งคอนกรีตเดียวกัน กำลังรับแรงอัดก็มีค่าต่างกันด้วย แสดงว่าค่าที่ต่างกันของกำลังอัดคอนกรีตย่อมมีผลเนื่องมาจากสาเหตุ หรือปัจจัยต่างๆ

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำ ได้ค่ากำลังรับแรงอัดจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 339.10, 315.17, 342.64, 366.05 และ 401.90 kg/cm^2 ตามลำดับ ค่ากำลังอัดคอนกรีตของแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระดับความลึกจากชั้นบนลงชั้นล่าง แต่ชั้นที่ 2 จากผิวบนมีค่ากำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับแรงอัดต่ำที่สุด โดยชั้นบนสุดมีค่ากำลังอัดคอนกรีตต่างกับชั้นล่างสุด 18.52% และมีค่ากำลังอัดคอนกรีตต่างกันมากที่สุด 31.70%

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีพลาสติก ได้ค่ากำลังรับแรงอัดจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 318.97, 307.68, 337.11, 370.07 และ 407.17 kg/cm^2 ตามลำดับ ค่ากำลังอัดคอนกรีตของแบบบ่มด้วยพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระดับความลึกจากชั้นบนลงชั้นล่าง แต่ชั้นที่ 2 จากผิวบนมีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำที่สุด โดยชั้นบนสุดมีค่ากำลังอัดคอนกรีตต่างกับชั้นล่างสุด 27.65% และค่ากำลังอัดคอนกรีตต่างกันมากที่สุด 32.34%

เมื่อสังเกตค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ระดับชั้นต่างๆของการบ่มทั้ง 2 ประเภท พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก ดังนั้นความแตกต่างของกำลังอัดคอนกรีตมีสาเหตุเนื่องจากปัจจัยดังต่อไปนี้

5.4.1. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำ ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 4.68%, 4.63%, 4.26%, 4.02% และ 3.56% ตามลำดับ และจากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีพลาสติก ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 4.68%, 4.41%, 4.15%, 4.15% และ 3.76% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตพบว่าค่าปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตามระดับความลึกจากชั้นบนลงชั้นล่าง

เมื่อคอนกรีตมีค่าการดูดซึมน้ำมาก แสดงว่าภายในเนื้อคอนกรีตมีช่องว่างมากหรือคอนกรีตมีความพรุนมาก โดยช่องว่างภายในคอนกรีตนี้มีสาเหตุมาจากการเยิ้มของคอนกรีต เนื่องจากในการเทคอนกรีตจะมีน้ำส่วนหนึ่งเยิ้มขึ้นมาด้านบนของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตเกิดการแข็งตัวช่องทางน้ำเหล่านี้จะเกิดเป็นช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต โดยช่องว่างดังกล่าวจะเป็นตัวลดกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ถ้าช่องว่างในคอนกรีตมีมากจะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยดังกล่าวจะได้ว่าค่ากำลังอัดมีแนวโน้มแปรผกผันกับปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต กล่าวคือเมื่อปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตเพิ่มขึ้น กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลง

5.4.2. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตกับหน่วยน้ำหนัก และปริมาณหิน

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำ หน่วยน้ำหนักจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 2141.92, 2171.15, 2196.82, 2201.80 และ 2224.90 kg/m^3 ตามลำดับ และจากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีพลาสติก หน่วยน้ำหนักจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 2141.92, 2171.15, 2196.82, 2201.80 และ 2224.90 kg/m^3 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระดับชั้นจากบนลงล่าง เนื่องจากในสภาพคอนกรีตสดหินที่อยู่ในส่วนผสมจะถูกพยุงไม่ให้เกิดการแยกตัวด้วยมอร์ต้า แต่อย่างไรก็ตามผลจากแรงดึงดูดของโลกและการจี้เขย่าเข้าแบบ ไม่เพียงแต่ส่งผลให้หินจมตัวลง แต่รวมไปถึงทรายและเม็ดปูนซีเมนต์ด้วย โดยหิน, ทราย และเม็ดปูนซีเมนต์ จะจมตัวลงในเนื้อคอนกรีตสด จนกระทั่งแรงต้านทานการจมตัวมากกว่าน้ำหนักของหิน, ทรายหรือเม็ดปูนซีเมนต์ จึงทำให้หิน, ทราย และเม็ดปูนซีเมนต์จมตัวลงในเนื้อคอนกรีตสด ทำให้ชั้นล่างๆมีหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณหินมากกว่าชั้นบน เมื่อปริมาณปูนซีเมนต์, หิน และทรายจมตัวลงชั้นล่างจะทำให้ชั้นล่างๆมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยลง เมื่อคอนกรีตมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำ คอนกรีตจะมีกำลังรับแรงอัดสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยดังกล่าวจะได้ว่าค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มสอดคล้องกับหน่วยน้ำหนักและปริมาณหิน กล่าวคือเมื่อหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณหินของคอนกรีตเพิ่มขึ้น กำลังอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น

5.4.3. ความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตกับปริมาณความชื้นในคอนกรีต

การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิปกติมีการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ การบ่มโดยเพิ่มปริมาณความชื้นให้คอนกรีต และการบ่มโดยรักษาความชื้นในคอนกรีต ในการทดลองแบ่งตัวอย่างคอนกรีตเป็น 2 ประเภทคือ การบ่มด้วยวิธีขังน้ำ ซึ่งเป็นตัวอย่างการการบ่มโดยเพิ่มปริมาณความชื้นให้คอนกรีต และการบ่มด้วยพลาสติก ซึ่งเป็นตัวอย่างการบ่มโดยรักษาความชื้นในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีขังน้ำ ค่าปริมาณความชื้นจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 4.91%, 4.87%, 4.36%, 4.54% และ 4.06% ตามลำดับ และจากการทดลองตัวอย่างแบบบ่มด้วยวิธีพลาสติก ค่าปริมาณความชื้นจากชั้นบนลงล่างเท่ากับ 4.58%, 4.35%, 4.37%, 4.45% และ 4.22% ตามลำดับ

จากการทดลองตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำ ชั้นบนสุดจะมีปริมาณความชื้นมากที่สุด และลดลงเรื่อยๆ ชั้นที่ 3 และ 4 จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนชั้นล่างสุดจะมีค่าปริมาณความชื้นต่ำสุด โดยค่าปริมาณความชื้นของชั้นบนสุดต่างกับชั้นล่างสุด 0.85% หรือเท่ากับ 21.92% เมื่อเทียบกับค่าปริมาณความชื้นชั้นล่างสุด และจากการทดลองตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีพลาสติก จะมีลักษณะชั้นบนสุด จะมีปริมาณความชื้นมากที่สุด และลดลงเรื่อยๆ ชั้นที่ 2,3 และ 4 จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนชั้นล่างสุดจะมีค่าปริมาณความชื้นต่ำสุด โดยค่าปริมาณความชื้นของชั้นบนสุดต่างกับชั้นล่างสุด 0.36% หรือเท่ากับ 8.53% เมื่อเทียบกับค่าปริมาณความชื้นชั้นล่างสุด จะได้ว่า

1. ค่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างคอนกรีตมีค่าประมาณ 4-5%
2. สำหรับค่าปริมาณความชื้นของคอนกรีตที่บ่มด้วยพลาสติก จะเป็นปริมาณความชื้นในคอนกรีตที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยา Hydration เนื่องจากการบ่มด้วยพลาสติกเป็นการบ่มที่รักษาปริมาณความชื้นในคอนกรีต ต่างจากการบ่มด้วยวิธีขังน้ำที่เป็นการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต
3. สำหรับค่าปริมาณความชื้นของคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำ เมื่อเทียบกับค่าปริมาณความชื้นของคอนกรีตที่บ่มด้วยพลาสติกพบว่า ใน 2 ชั้นแรก (ระดับความลึก 0-12 เซนติเมตร) ปริมาณความชื้นของที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำจะสูงกว่าคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีพลาสติก เนื่องจากใน 2 ชั้นแรกน้ำจากการบ่มด้วยวิธีขังน้ำมีผลต่อปริมาณความชื้นของคอนกรีต ส่วนใน 3 ชั้นถัดมา (ระดับความลึก 12-30 เซนติเมตร) การบ่มด้วยการขังน้ำที่ผิวบนมีผลต่อปริมาณความชื้นในคอนกรีตน้อยมาก แสดงว่าน้ำที่ซึมมาถึงระดับชั้นดังกล่าวมีน้อยมาก
4. สำหรับค่าปริมาณความชื้นของคอนกรีตที่บ่มด้วยพลาสติกที่ชั้นบนสุด (ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร) มีค่าสูงกว่าระดับชั้นอื่นเล็กน้อย (ประมาณ 0.20%) เนื่องจากในช่วงบ่มของการทดลองจะพบว่ามีไอน้ำมาเกาะที่ผิวของพลาสติกที่คลุมคอนกรีตตลอดเวลา ดังนั้นในชั้นบนสุดจะได้รับปริมาณความชื้นจากไอน้ำส่วนนี้ทำให้คอนกรีตมีปริมาณความชื้น มากกว่าชั้นอื่นเล็กน้อย ส่วนคอนกรีตชั้นล่างสุดมีค่าปริมาณความชื้นลดลงจากชั้นอื่นเล็กน้อย (ประมาณ 0.10%) เนื่องจากในการทดลองได้มีการถอดแบบหล่อที่ 7 วัน ซึ่งคอนกรีตด้านล่างจะเปิดโล่ง และสัมผัสกับอากาศโดยตรง ทำให้ปริมาณความชื้นของคอนกรีตลดลงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวข้างต้นคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำและบ่มด้วยพลาสติก ชั้นบนจะได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจากปกติ เมื่อคอนกรีตได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยา Hydration สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงทำให้คอนกรีตชั้นบนสุดมีกำลังรับแรงอัดสูงขึ้น ซึ่งตรงกับผลการทดลองที่ชั้นบนสุดมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าชั้นถัดมา

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตของการบ่มทั้ง 2 วิธีพบว่าค่าแตกต่างของกำลังอัดคอนกรีตที่ระดับชั้นเดียวกัน จากชั้นบนสุดไปยังชั้นล่างสุดเท่ากับ 6.31%, 2.43%, 1.60%, 1.10% และ 1.31% ตามลำดับ และสังเกตได้ว่าที่ชั้นบนสุดมีค่ากำลังอัดของคอนกรีตของวิธีบ่มด้วยขังน้ำมีค่ามากกว่าวิธีบ่มด้วยพลาสติก ส่วนในชั้นที่ 3,4 และ 5 มีค่ากำลังอัดใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบค่า หน่วยน้ำหนัก และปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตของทั้ง 2 วิธีการบ่มมีค่าใกล้เคียงกัน มีเพียงค่าปริมาณความชื้นที่ 2 ชั้นแรกต่างกันส่วนชั้นที่เหลือมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าค่ากำลังอัดที่ต่างกันของ 2 ชั้นแรกมีผลมาจากการบ่ม โดยการบ่มด้วยวิธีขังน้ำคอนกรีตจะได้รับปริมาณความชื้นดีกว่าบ่มด้วยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

6.1. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ระดับที่แตกต่างกันโดยมีการศึกษาเกี่ยวกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต, หน่วยน้ำหนัก, ปริมาณความชื้น, ปริมาณการดูดซึมน้ำ, ปริมาณหิน และผลเนื่องจากการบ่ม ปรากฏว่า

1. ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตชั้นบนสุดมีค่าน้อยกว่าชั้นล่างสุด 18.52% สำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำ และต่างกันประมาณ 27.65% สำหรับตัวอย่างที่บ่มด้วยวิธีพลาสติก , หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตชั้นบนสุดมีค่าน้อยกว่าชั้นล่างสุดประมาณ 3%, ป ริมาณหินชั้นบนสุดมีค่าน้อยกว่าชั้นล่างสุดประมาณ 10%, ปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตชั้นบนสุดมีค่ามากกว่าชั้นล่างสุดประมาณ 30%, ปริมาณความชื้นของคอนกรีตชั้นบนสุดมีค่ามากกว่าชั้นล่างสุดประมาณ 20%
2. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแปรผันโดยตรงกับหน่วยน้ำหนัก และปริมาณหิน แต่จะแปรผกผันกับปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และความพรุนของคอนกรีต โดยคอนกรีตที่ชั้นล่างจะมีค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสูงเนื่องจากที่ชั้นล่างมีหน่วยน้ำหนัก, ปริมาณหินสูง
3. การบ่มคอนกรีตด้วยวิธีขังน้ำมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตประมาณ 10 เซนติเมตรจากผิวบน ถ้าคอนกรีตมีความหนามากกว่านี้ น้ำที่ขังผิวบนจะซึมไปยังความลึกดังกล่าวได้น้อย

6.2. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว ทางคณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาดังต่อไปนี้

1. จากการทดลองกำลังคอนกรีตออกแบบไว้คือ 320 kg/cm^2 และในการทดลองพบว่าชั้นบนมีค่ากำลังอัดใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบ ชั้นที่ 2 จากผิวบนมีค่าลดลงเล็กน้อย ส่วนชั้นอื่นๆมีค่ามากกว่าที่ออกแบบ เมื่อดูการรับแรงของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของพื้นและคาน ที่กลางช่วงคอนกรีตด้านบนจะรับแรงอัดซึ่งมีขนาดตามที่ออกแบบ ส่วนชั้นถัดมาคอนกรีตจะรับกำลังอัดน้อยลงจนกระทั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตรับแรงอัดเท่ากับศูนย์ ส่วนแรงด้านล่างของโครงสร้างจะเป็นแรงดึงซึ่งรับโดยเหล็กรับแรงดึง ที่หัวเสาคอนกรีตด้านล่างจะเป็นส่วนรับแรงอัดซึ่งจากการทดลองค่ากำลังรับแรงอัดที่คอนกรีตรับได้จะมีค่ามากกว่าที่ออกแบบ

2. ในการทดลองคุณสมบัติการรับแรงของตัวอย่างคอนกรีตที่มีลักษณะไม่ตรงกับขนาดมาตรฐาน (ASTM C192, BS 1881:PART 3) ควรศึกษาค่าปรับแก้กำลังรับแรงอัดเนื่องจาก อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง, ค่าปรับแก้เนื่องจากขนาดและลักษณะของก้อนตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างนั้นๆ โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตัวอย่างคอนกรีตขนาดมาตรฐาน
3. ในการก่อสร้างบ่อคอนกรีตสำหรับเก็บกักน้ำควรมีความหนาอย่างน้อย 15 เซนติเมตร เนื่องจากน้ำจะซึมผ่านระดับความลึกดังกล่าวได้ค่อนข้างน้อย
4. ควรศึกษาเพิ่มเติมเรื่องคุณสมบัติในการรับแรงของตัวอย่างคอนกรีตที่เจาะจากโครงสร้างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน
5. ควรศึกษาเพิ่มเติมเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และค่าซึมผ่านน้ำของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์เดอะ พริ้นท์ อินเตอร์เนชั่นแนล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์เดอะ พริ้นท์ อินเตอร์เนชั่นแนล.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2542. หนังสือคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 7. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้างจำกัด.
- ทศพนธ์ เติมสุขนิรันดร, ธนัช รุ้งวงศ์ศรี, สิริชัย ประสิทธิ์แสงอารีย์, 2543. การศึกษากำลังอัดของพื้นคอนกรีตที่ระดับความลึกต่างๆเนื่องจากการบ่มที่ผิวบนของแผ่นพื้น. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต โครงงานพิเศษสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วินิต ช่อวิเชียร, 2539. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพ : ป. สัมพันธ์พาณิชย์.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2524. คู่มือการตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกัน.
- เมธี บุญเลี้ยงอุปถัมภ์, ฉัตรชัย ชูพานิช, 2541. คู่มือการทดสอบหิน ทราย และคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด
- ศิริวัฒน์ ไชยชนะ, 2542. ปฏิบัติการทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี. 1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ : บริษัท เอส.เอส.บุ๊คเฮ้าส์ จำกัด,
- A.C.I. Manual of Concrete Inspection (American Concrete Institute) 1967, 5th Edition
- A.C.I. Manual of Concrete Inspection (American Concrete Institute) 1992
- A.C.I. Manual of Concrete Inspection (American Concrete Institute) 2001
- D.F. Orchard, Concrete Technology , Volume 1,2,3, Applied Science Publishers Ltd, London
- Richard D. Barksdale, The Aggregate Handbook, National Stone Association , Washington USA. 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐาน ACI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขอบเขต

วิธีและหลักการคำนวณอัตราส่วนผสมคอนกรีตที่จะได้กล่าวถึงต่อไปนี้ ใช้กับคอนกรีตปรกติทั่วไปที่ใช้ในโครงสร้างอาคาร และใช้สำหรับกำหนดให้คอนกรีตมีความสามารถในการทำงานได้เหมาะสมกับสภาพการเทหรือหล่อในที่ (Cast-in-place construction)

อย่างไรก็ตาม ถือว่าเป็นเพียงการประมาณอัตราส่วนในชั้นแรกเท่านั้น จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบผลของอัตราส่วนนี้ จากห้องทดลองปฏิบัติการหรือในสนาม และมีการปรับปรุงตามความจำเป็นและเหมาะสมกับคุณสมบัติของคอนกรีตตามต้องการ

2. กล่าวนำ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าคอนกรีตนั้น คือวัสดุผสมซึ่งมีวัสดุที่เป็นหลักอยู่ 3 ชนิดคือ ซีเมนต์มวลรวมคละ (หยาบและละเอียด) และน้ำ นอกจากนี้ยังอาจมีสิ่งอื่นเพิ่มเติมเข้ามาอีกได้ แล้วแต่ความต้องการ อาจจะเป็นการกระจายกักฟองอากาศหรือสารผสมเพิ่ม (Admixtures) ต่างๆ

สำหรับการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะนั้น มีข้อควรคำนึงอยู่ 2 ข้อ ที่มีความสำคัญเท่าๆกัน ข้อแรกคือ การประหยัดวัสดุที่สมเหตุสมผล อีกข้อหนึ่งคือความต้องการในการสามารถที่จะรับแรง ความสามารถในการทำงาน ตลอดจนความคงทน เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ขั้นมูลฐาน

จากที่ได้กล่าวนำไปแล้ว ว่าการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสมนั้น ข้อที่ควรคำนึงอีกประการหนึ่งนอกจากการประหยัดแล้ว ก็คือ ความสามารถในการทำงาน กำลัง ความคงทน สิ่งต่างๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน พอจะสรุปได้ย่อๆ ดังนี้

3.1. ความสามารถในการทำงาน

คำนี้ดูเหมือนจะให้คำจำกัดความลงไปอย่างแน่ชัดไม่ได้ โดยทั่วไปเรามุ่งถึงคอนกรีตที่สามารถจะทำได้ง่ายสำหรับการผสม การขนส่ง การเทลงในแบบหล่อ การอัดแน่น การตกแต่ง ตลอดจนความแข็งแรงของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. ความข้นเหนียว

กล่าวง่ายๆ คือ ความเหลวหรือความเปียกของคอนกรีตสดนั่นเอง ความเหลวหรือความเปียกนี้สามารถตรวจสอบได้จากการยุบตัว คอนกรีตที่มีความยุบตัวสูงก็จะมีความเหลวมาก ความเหลวในที่นี้ไม่เกี่ยวกับคุณสมบัติความสามารถในการทำงานของคอนกรีต ในการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นสิ่งสำคัญซึ่งขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์หลายประการ

3.3. ความคงทน

คอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถในการคงทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ในขณะที่อยู่ในสภาวะกำลังใช้งาน อาจจะเป็นอากาศหนาวจัด ร้อนจัด ฝนตกหรือแดดออก หรือผลจากสารเคมี ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ควรมีการใช้สารผสมเพิ่ม เพื่อให้คอนกรีตเกิดความคงทนภายใต้สภาวะดังกล่าว ให้กำหนดค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (WCR) ต่ำๆ อาจมีส่วนช่วยยืดอายุคอนกรีตให้คงทนขึ้นได้มาก

3.4. ความหนาแน่น

คอนกรีตบางชนิดอาจมีความจำเป็นที่ต้องใช้คุณสมบัติจากน้ำหนักของตัวมันเอง ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุหรือความหนาแน่นก็ควรจะให้เป็นไปตามความต้องการ

4. มาตรฐานการออกแบบคอนกรีต

ดังที่ได้ทราบแล้วว่ากำลังอัดของคอนกรีตมีความผันแปรเนื่องจากองค์ประกอบอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตจะต้องทำการทดสอบหาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ เก็บรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์และใช้หลักวิชาสถิติมาช่วยในการออกแบบ โดยจะต้องออกแบบคอนกรีตให้มีกำลังอัดสูงกว่าที่ข้อกำหนดของงานกำหนดไว้ ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$f_{cr} = f_c' + ks \qquad \text{(ผ.ก.1.)}$$

f_{cr} Target Mean Strength หรือกำลังอัดเฉลี่ยที่ผู้ผลิตต้องผลิต

f_c' กำลังอัดที่กำหนดไว้ในแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k คือ ค่าคงที่

s คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังอัด จากก้อนตัวอย่าง 30 ค่า หรือมากกว่า

ค่า k ในสมการนี้ได้มาจากหลักวิชาสถิติในเรื่องเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่มาตรฐาน โดยค่า k จะเพิ่มขึ้นถ้าต้องการให้กำลังอัดต่ำกว่าที่ต้องการลดลง ดังแสดงค่าในตารางที่ ผ.ก.1.

ตารางที่ ผ.ก.1. ค่าคงที่ k และร้อยละของกำลังอัดที่ต่ำกว่า f_c' (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ค่าร้อยละของกำลังที่ต่ำกว่า f_c'	ค่า k
20	0.842
10	1.282
5	1.645
2.5	1.960
2	2.054
1	2.326
0	3.000

จากตาราง จะพบว่า ถ้ากำหนดให้ค่าร้อยละของกำลังอัดของก้อนตัวอย่างที่ผลิตต่ำกว่า f_c' น้อยลงเรื่อยๆ ผู้ผลิตต้องออกแบบให้มี “ส่วนเผื่อ” เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ตามมาตรฐานทั่วไป ที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผู้ผลิตจะต้องออกแบบให้โอกาสที่กำลังอัดเฉลี่ยต่ำกว่ากำลังอัดที่ออกแบบไว้ไม่เกิน 5%

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจำเป็นต้องหาจากก้อนตัวอย่าง อย่างน้อย 30 ตัวอย่าง จึงจะให้ความเชื่อถือทางสถิติได้เพียงพอ แต่หากการทดสอบน้อยกว่าจำนวนนี้ก็อนุโลมให้ใช้ตัวคูณได้ตามที่กำหนดในตารางที่ ผ.ก.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.2. ตัวคูณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 30 ค่า
(ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

จำนวนตัวอย่าง	ตัวคูณสำหรับค่าเบี่ยงเบนตามมาตรฐาน
น้อยกว่า 15	ใช้ตารางที่ ผ.ข.3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 หรือมากกว่า	1.00

ในกรณีที่ไม่มีผลการทดลองด้านกำลังอัด หรือมีผลน้อยกว่า 15 ค่า กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตที่ต้องผลิตจะต้องสูงกว่าค่ากำลังอัดที่กำหนด (f_c') เป็นจำนวนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่ากำลังอัดที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ ผ.ก.3.

ตารางที่ ผ.ก.3. ส่วนเผื่อเมื่อไม่มีผลทดสอบกำลังอัด (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ค่ากำลังอัดที่กำหนด f_c'	กำลังอัดที่ต้องเพิ่ม
น้อยกว่า 210	70
210 – 350	85
350 หรือ มากกว่า	100

การออกแบบตามมาตรฐานอเมริกา ในการหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตธรรมดา ตามมาตรฐานอเมริกานี้จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบต้องทราบคุณสมบัติต่างๆ กล่าวคือ

ปูนซีเมนต์

- ความถ่วงจำเพาะทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 188 แต่สามารถใช้ค่า 3.15 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่วๆไป

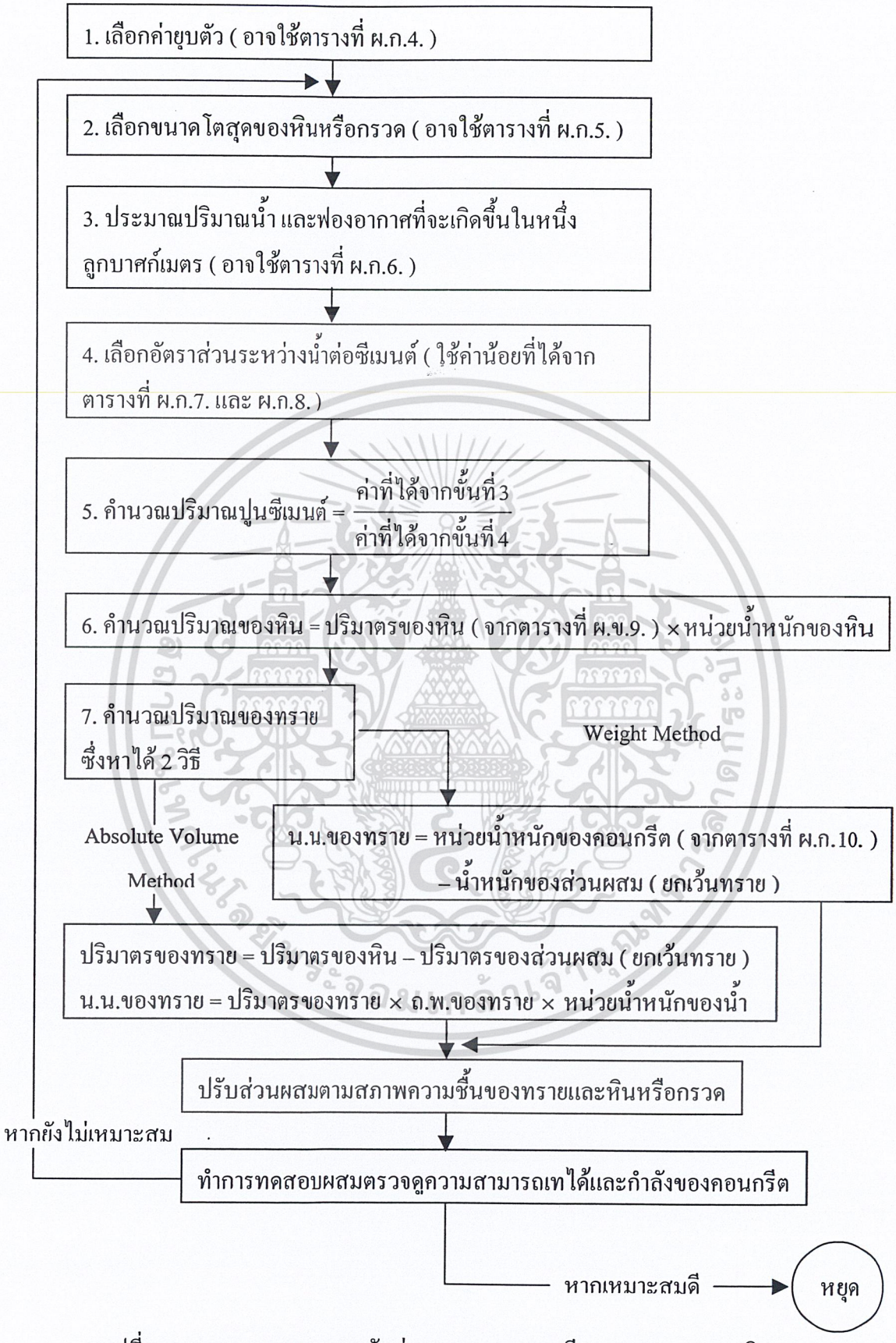
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวลรวม

- ขนาดคละควรมีส่วนคละตามมาตรฐาน ASTM C 33
- ความถ่วงจำเพาะ ทรายทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 128 หินทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 127
- ความชื้น ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 70 และ ASTM C 566
- ความละเอียดของทราย ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 125
- หน่วยน้ำหนักของมวลรวม ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 29

เมื่อทราบคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าวแล้ว จึงจัดหาส่วนผสมของคอนกรีต ตามขั้นตอนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.1. แผนภาพออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกา

(ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร , 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการคำนวณ

ขั้นตอนสำหรับการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีต ในที่นี้ควรกระทำไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดตามรูปที่ ผ.ก.1. ซึ่งข้อมูลสำหรับความจำเป็นเบื้องต้นเหล่านี้ มีหลักและวิธีการปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การกำหนดค่ายุบตัว หากค่ายุบตัวไม่ได้กำหนดไว้ให้ในความต้องการของงาน อาจใช้ตารางที่ ผ.ก.4. ช่วยในการกำหนดได้ ค่ายุบตัวต่างๆ ที่กำหนดไว้ในตารางนี้ เป็นค่ายุบตัวสำหรับการเทคอนกรีตที่ใช้เครื่องจี้สั่นสะเทือนให้คอนกรีตแน่น และเป็นส่วนผสมที่มีความข้นเหนียวเหมาะสมแก่สภาพงานอย่างยิ่ง
2. การกำหนดขนาดโตสุดของมวลรวม มวลรวมคละที่มีขนาดเรียงประกอบด้วยขนาดใหญ่ที่มีจำนวนมาก ย่อมจะเกิดช่องว่างน้อยกว่ามวลรวมคละที่มีขนาดเรียงเม็ดเล็กๆ ทั้งนี้เพราะเมื่อคิดปริมาณคอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรแล้ว มวลรวมคละที่มีขนาดใหญ่ต้องการเนื้อปูนหรือมอร์ต้าน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม มีข้อกำหนดไว้ว่าขนาดของมวลรวมใหญ่สุดไม่เกิน 0.2 เท่า ของขนาดโครงสร้างที่แคบที่สุดหรือ 0.33 เท่าของความหนาแผ่นพื้นหรือ 0.75 เท่าของระยะต่ำสุดของเหล็กเสริมที่อยู่ในแนวเดียวกัน
3. การกำหนดปริมาณน้ำผสมและปริมาณอากาศ ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในหนึ่งหน่วยปริมาตรที่จะทำให้เกิดค่ายุบตัวตามกำหนดในขั้นตอนแรกนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดโตสุด รูปทรงและขนาดเรียงของมวลรวมคละ และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณฟองอากาศอีกด้วยในตารางที่ ผ.ก.6. เป็นตารางที่ช่วยในการประมาณการของจำนวนน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตสำหรับมวลรวมคละขนาดต่างๆ ทั้งที่เป็นคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตกักฟองอากาศ เนื่องจากขนาดและรูปร่างของมวลรวมที่อาจวัดได้ไม่แน่นอน อาจทำให้ค่าในตารางที่ให้ไว้ผิดพลาดไปบ้างเล็กน้อย แต่ก็คิดว่าจะยังคงถูกต้องเพียงพอสำหรับใช้ในการประมาณขั้นแรกนี้ และจำนวนน้ำที่แตกต่างกัน จากความที่น่าจะเป็นจริงเพียงเล็กน้อยนี้ ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของคอนกรีตเลย ทั้งนี้เพราะยังมีแฟคเตอร์อื่นๆ อีกมากมายนักที่เกี่ยวข้อง
4. การเลือกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (WCR) ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต้องการในการผสมคอนกรีตนั้น มิใช่เพียงเพื่อให้คอนกรีตเกิดกำลังตามต้องการเท่านั้น แต่ยังเพื่อช่วยให้เกิดความคงทนและสามารถที่จะตกแต่งได้อีกด้วย จะเห็นว่าค่า WCR เดียวกันนี้อาจจะทำให้คอนกรีตกำลังแตกต่างกันได้ ถ้าใช้มวลรวมคละหรือประเภทของซีเมนต์ที่แตกต่างกัน สิ่งเหล่านี้ควรจะได้ก่อให้เกิดการปรับปรุงหรือแก้ไขค่า WCR ให้สอดคล้องกันกับวัสดุที่นำมาใช้งานจริงๆ สำหรับงานคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 โดยต้องการให้กำลังคอนกรีตเกิดที่ระดับต่างๆ นั้นจะดูได้จากตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ผ.ก.7. ค่าในตารางเป็นค่าโดยประมาณของ WCR และกำลังคอนกรีตที่ระดับต่างๆ คิดจากคอนกรีตที่ได้รับการบ่มอย่างดีในห้องปฏิบัติการครบรอบ 28 วัน ซึ่งจากข้อคามนี้แน่นอนเมื่อต้องการจะเลือกใช้ค่า WCR ในการทำงานจริงๆ ควรเลือกใช้ค่า WCR ของกำลังคอนกรีตที่สูงกว่าต้องการไว้บ้าง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ค่ากำลังเฉลี่ยในงานจริงต่ำกว่ากำหนด

5. การคำนวณปริมาณซีเมนต์ ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรนั้น ขึ้นอยู่กับค่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 และ 4 ที่ผ่านมา โดยที่จำนวนซีเมนต์นี้จะเท่ากับจำนวนน้ำที่ใช้ผสม (ขั้นตอนที่ 3) หารด้วยค่า WCR (ขั้นตอนที่ 4)
6. การประมาณปริมาณมวลรวมหยาบ ปริมาณมวลรวมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต หาได้จากตารางที่ ผ.ก.8. คูณด้วยค่าหน่วยน้ำหนักแห้ง ของมวลรวมซึ่งมีหน่วยเป็น kg/m^3 จะเห็นว่าสำหรับคอนกรีตที่มีความสามารถในการทำงานที่เท่ากันนั้น ปริมาณของมวลรวมหยาบขึ้นอยู่กับขนาดของมวลรวมหยาบและค่าของมวลรวมละเอียดเท่านั้น
7. การประมาณปริมาณมวลรวมละเอียด การประมาณปริมาณมวลรวมละเอียดนั้นสามารถกระทำได้สองวิธีคือ วิธีน้ำหนัก และวิธีปริมาตร

ก. วิธีน้ำหนัก

เริ่มต้นจากน้ำหนักของคอนกรีตจะต้องถูกสมมุติขึ้นก่อน โดยอาจประมาณเอาจากประสบการณ์ จากนั้นน้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่ต้องการก็จะหาได้ง่าย จากการเอาน้ำหนักคอนกรีตสดหักออกจากน้ำหนักของวัสดุผสมต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม อาจใช้ตารางที่ ผ.ก.9. ช่วยในการประมาณน้ำหนักของคอนกรีตก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงขึ้น

สำหรับน้ำหนักคอนกรีตสด ถ้าต้องการจะคำนวณให้ได้ค่าถูกต้องจริงๆ จะหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$U_m = 10G_a(100 - A) + C_m(1 - \frac{G_a}{G_c}) - W_m(G_a - 1) \qquad \text{(ผ.ก.2)}$$

ซึ่ง U_m = น้ำหนักคอนกรีตสด kg/m

G_a = ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของมวลรวมคละ (หยาบ + ละเอียด)

G_c = ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ (ทั่วไปเท่ากับ 3.15)

A = ปริมาณอากาศ, %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_m = ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับผสมคอนกรีต, kg/m

และ C_m = ปริมาณซีเมนต์, kg/m

ข. สำหรับวิธีปริมาตร

เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการหาปริมาณของมวลรวมละเอียดที่ได้ค่าแน่นอนซึ่งย่อมเกี่ยวข้องกับปริมาตรส่วนผสมต่างๆ ที่อยู่ในคอนกรีต ในที่นี้คือ น้ำ, อากาศ, ซีเมนต์และมวลรวมหยาบ นำปริมาตรเหล่านี้ไปหักออกจากปริมาตรของคอนกรีต ก็จะได้เป็นปริมาตรของมวลรวมละเอียด ปริมาตรของวัสดุต่างๆ ที่อยู่ในคอนกรีต อาจหาได้โดยเอาน้ำหนักหารด้วยความหนาแน่นของตัวมันเอง

8. การปรับค่าสำหรับความชื้นในมวลรวมคละ ปริมาณของมวลรวมคละที่ได้จากการชั่งน้ำหนักนั้นจะต้องอยู่ในขอบข่ายของความชื้นที่ยอมให้มีได้ในมวลรวมคละ โดยทั่วไปมวลรวมคละจะต้องมีความชื้น โดยจะมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ถูกซึมและเคลือบผิวอยู่ ดังนั้น ปริมาณน้ำที่จะใส่เข้าไปผสมจะต้องลดลงตามจำนวนของความชื้นในมวลรวมคละ

6. ตัวอย่างการคำนวณอัตราส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกา

จงหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับงานเทเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยต้องการกำลังอัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 250 ksc โดยให้โอกาสที่ก้อนตัวอย่างก้อนต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ได้ไม่เกิน 5% (k = 1.645X และค่า s = 30 กก./ตร.ซม. กำหนดให้ใช้ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีความถ่วงจำเพาะ 3.15 มวลรวมหยาบขนาดใหญ่สุด 20 มม. (¾ นิ้ว) มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 ค่าการดูดซึม 0.5% และมีหน่วยน้ำหนัก (แห้งและอัดแน่น) เป็น 1600 กก./ลบ.เมตร มวลรวมละเอียดมีความถ่วงจำเพาะ 2.6 ค่าการดูดซึม 0.7% และมีโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.8

วิธีทำ ทำตามลำดับขั้นดังนี้

1. กำลังที่ต้องผลิต = $f_c' + ks = 250 + (1.645 \times 30) = 300$ กก./ตร.ซม.
2. จากข้อมูลในตารางที่ ผ.ก.4. และแนวทางปฏิบัติทั่วๆ ไปเห็นว่าควรใช้ค่ายุบตัว 8-10 ซม.
3. ข้อกำหนดให้ใช้ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม.
4. จากตารางที่ ผ.ก.6. เมื่อค่ายุบตัวเป็น 8-10 ซม. ไม่ใช้สารกักกระจายฟองอากาศจะได้ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ = 200 ลิตร/ลบ.เมตรของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากตารางที่ ผ.ก.7. สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลัง 300 กก./ตร.ซม. จะได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ = 0.55

6. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ = $\frac{200}{0.55}$ = 364 กก.

7. หาปริมาณของวัสดุผสมหยาบ จากตารางที่ ผ.ก.8. เมื่อค่าโมดูลัสความละเอียดของวัสดุผสมละเอียดเท่ากับ 2.8 และขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม. จะได้ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น = 0.62 ลบ.เมตร/ลบ.เมตรของคอนกรีต หน่วยน้ำหนักของหิน = 1600 กก./ลบ.เมตร ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่ใช้ = 0.62 × 1600 = 992 กก./ลบ.เมตรของคอนกรีต

8. หาปริมาณของวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสม :

ปริมาตรของน้ำ	= $\frac{200}{1000}$	= 0.200 ม.^{3}
ปริมาตรของซีเมนต์	= $\frac{364}{3.15\times1000}$	= 0.116 ม.^{3}
ปริมาตรมวลรวมหยาบ	= $\frac{992}{2.70\times1000}$	= 0.367 ม.^{3}
ปริมาตรของฟองอากาศ	= 0.02 × 1.0	= 0.020 ม.^{3}
ดังนั้น ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย		= 0.703 ม.^{3}
ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้	= 1 – 0.703	= 0.297 ม.^{3}
น้ำหนักของทรายแห้ง	= 0.297 × 2.60 × 1000	= 772 กก.

ฉะนั้นคอนกรีต 1 ลบ.เมตร ต้องใช้

ซีเมนต์	= 364 กก.
น้ำ	= 200 กก.
วัสดุผสมหยาบ	= 992 กก.
วัสดุผสมละเอียด	= 772 กก.
รวมน้ำหนักทั้งหมด	= 2328 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.4. ค่ายุบตัวสำหรับงานประเภทต่างๆ (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ประเภทงาน	ค่ายุบตัว. Cm	
	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก ค.ส.ล.	5	2
ฐานรากคอนกรีตล้วน, เตซองและผนังกันดิน	6	2
คอนและกำแพง ค.ส.ล.	10	2
เสา ค.ส.ล.	10	2
แผ่นพื้นและถนน	6	2
คอนกรีตขนาดใหญ่	6	2

อาจเพิ่มค่ายุบตัวได้อีก 3 ซม. หากใช้กรรมวิธีอื่นทำให้คอนกรีตแน่น นอกจากวิธีตามปกติ

ตารางที่ ผ.ก.5. ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่างๆ (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ความหนาของโครงสร้าง (ซม.)	ขนาดโตสุดของวัสดุผสม							
	คาน ผนัง และเสา ค.ส.ล.		ผนังคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก		พื้น ถนน ค.ส.ล. รับน้ำหนักมาก		พื้นคอนกรีต รับน้ำหนักน้อย	
	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
5.0-15.0	½ - ¾	12.5-20	¾	20	¾ -1	20-25	¾ -1 ½	20-40
15.0-30.0	¾ -1 ½	20-40	1 ½	40	1 ½	40	1 ½ -3	40-75
30.0-75.0	1 ½ -3	40-75	3	75	1 ½ -3	40-70	3	75
มากกว่า 75.0	1 ½ -3	40-75	6	150	1 ½ -3	40-75	3-6	75-150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.6. ปริมาณน้ำผสมคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ค่ายุบตัวของคอนกรีต (cm.)	ปริมาณน้ำ, กก./ลบ.ม. สำหรับคอนกรีตที่มีมวลรวมคละขนาดโตสุดเป็น (mm.)							
	10	12.5	20	25	40	50	70	150
คอนกรีตธรรมดา								
3 ถึง 5	205	200	185	180	150	155	145	125
8 ถึง 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 ถึง 18	240	230	210	205	185	180	170	-
ปริมาณอากาศที่เกิดในคอนกรีตธรรมดา, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
คอนกรีตกระจายกักฟองอากาศ								
3 ถึง 5	180	175	165	150	145	140	135	120
8 ถึง 10	200	190	180	175	160	153	150	135
15 ถึง 18	215	205	190	185	170	165	160	-
ปริมาณอากาศที่ควรให้มี, %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

กำลังคอนกรีต คิดจากตัวอย่างทรงกระบอกขนาด ϕ 15 × 30 cm. บ่มชื้นจนได้อายุ 28 วัน ที่อุณหภูมิ $23 \pm 1.7^{\circ}$ C ถ้าเทียบกับตัวอย่างลูกบาศก์ค่าจะสูงกว่าประมาณ 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.7. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังคอนกรีตกับอัตราส่วนของน้ำ – ซีเมนต์

(ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

กำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน , กก./ตร.ซม.*	อัตราส่วนน้ำ – ซีเมนต์โดยน้ำหนัก	
	คอนกรีตธรรมดา	คอนกรีตกระจายฟองอากาศ
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.48
250	0.62	0.55
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

ตารางที่ ผ.ก.8. ปริมาตรของหินต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

หินขนาดโตสุด mm.	ปริมาตรของหินต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายที่มีค่าแห่งความละเอียดแตกต่างกัน			
	2.40	2.50	2.80	3.00
10	0.30	0.48	0.45	0.48
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.66	0.62	0.60
25	0.71	0.68	0.68	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.78	0.74	0.72
70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

ค่าแห่งความละเอียดของทราย = ผลรวมของสัดส่วนสะสมที่ค้างบนตะแกรงขนาด 0.149, 0.297, 0.593, 1.78, 2.38 และ 4.76 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.9. น้ำหนักคอนกรีตสด (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

ขนาดโตสุดของหินที่ใช้	น้ำหนักคอนกรีตสด , กก./ลบ.เมตร	
mm.	คอนกรีตธรรมดา	คอนกรีตกระจายฟองอากาศ
10	2285	2180
12.5	2318	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2485	2400
150	2506	2435

7. การออกแบบ ส่วนผสมคอนกรีต

หาสัดส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับงานเทเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยต้องการกำลังอัดประลัยเฉลี่ยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 250 ksc โดยให้โอกาสที่ก้อนตัวอย่างก้อนต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ได้ไม่เกิน 5 % (k = 1.645) และค่า s = 30 กก./ตร.ซม. กำหนดให้ใช้ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีความถ่วงจำเพาะ 3.15 มวลรวมหยาบขนาดใหญ่สุด 20 มม. (¾ นิ้ว) มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 ค่าการดูดซึม 0.5 % และมีหน่วยน้ำหนัก (แห้งและอัดแน่น) เป็น 1600 กก./ลบ.เมตร มวลรวมละเอียดมีความถ่วงจำเพาะ 2.6 ค่าการดูดซึม 0.7 % และมีโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.8

วิธีทำ ทำตามลำดับขั้นดังนี้

1. กำลังที่ต้องผลิต = $f_c' + ks = 210 + (1.645 \times 35) = 267$ กก./ตร.ซม.
2. จากข้อมูลในตารางที่ ผ.ก.4. และแนวทางปฏิบัติทั่วๆ ไปเห็นว่าควรใช้ค่าความยุบตัว 8-10 ซม.
3. ข้อกำหนดให้ใช้ขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม.
4. จากตารางที่ ผ.ก.6. เมื่อขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบเป็น 8-10 ซม. ไม่ต้องใช้สารกักกระจายฟองอากาศจะได้ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ = 180 ลิตร/ลบ.เมตรของคอนกรีต
5. จากตารางที่ ผ.ก.7. สำหรับคอนกรีตที่ต้องการกำลัง 267 กก./ตร.ซม. จะได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนักที่ต้องใช้ = 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการ = $\frac{180}{0.6}$ = 300 กก.
7. หาปริมาณของวัสดุผสมหยาบจากตารางที่ ผ.ก.8. เมื่อค่าโมดูลัสความละเอียดของวัสดุผสมละเอียดเท่ากับ 2.8 และขนาดโตสุดของวัสดุผสมหยาบเป็น 20 มม. จะได้ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่น = 0.64 ลบ.เมตร/ลบ.เมตรของคอนกรีต หน่วยน้ำหนักของหิน = 1600 กก./ลบ.เมตร ดังนั้นน้ำหนักของวัสดุผสมหยาบที่ใช้ = 0.64 × 1600 = 1024 กก./ลบ.เมตรของคอนกรีต
8. หาปริมาณของวัสดุผสมละเอียด

ปริมาตรเนื้อแท้ของส่วนผสม :

ปริมาตรของน้ำ	$= \frac{180}{1000}$	$= 0.180$ ม.^{3}
ปริมาตรของซีเมนต์	$= \frac{300}{3.15 \times 1000}$	$= 0.095$ ม.^{3}
ปริมาตรมวลรวมหยาบ	$= \frac{1024}{2.70 \times 1000}$	$= 0.379$ ม.^{3}
ปริมาตรของฟองอากาศ	$= 0.02 \times 1.0$	$= 0.020$ ม.^{3}
ดังนั้น ปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย		$= 0.674$ ม.^{3}
ปริมาตรของทรายที่ต้องใช้	$= 1 - 0.674$	$= 0.326$ ม.^{3}
น้ำหนักของทรายแห้ง	$= 0.326 \times 2.60 \times 1000$	$= 848$ กก.

ฉะนั้นคอนกรีต 1 ลบ.เมตร ต้องใช้

ซีเมนต์	= 300	กก.
น้ำ	= 180	กก.
วัสดุผสมหยาบ	= 1024	กก.
วัสดุผสมละเอียด= 848		กก.
รวมน้ำหนักทั้งหมด	= 2382	กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONCRETE MIX DESIGN

PROJECT : งานวิจัยปริญญานิพนธ์ KMITL

CUSTOMER :

CONTRACTOR :

DATE : 12/11/01

MIX CODE : 53812

DESIGN CRITERIA

Design Compressive Strength :	380	kgf/cm^2 (cube)	or 320	kgf/cm^2 (cylinder) at 28th day
Specified Workability : slump	5.0 - 10.0	cm		
Maximum Size of Aggregate	20	mm		
Water-Cementitious Materials Ratio	0.45			
PFA-Cementitious Materials Ratio :	0.00			
Chemical Admixture Type D :	220.0	ml/100 kg of Cementitious Materials		
Type G :	0.0	ml/100 kg of Cementitious Materials		

NORMAL WEIGHT CONCRETE DESIGN

Water Content			=	180	lt/m^3			
Cementitious Materials Content			=	180	/ 0.45	=	400	kg/m^3
Volume of Cementitious Materials			=	400	/ 3.15	=	127	lt/m^3
Volume of Fine Portion (Cementitious Materials and Sand)			=	418	lt/m^3			
Volume of Fine Aggregate			=	418	- 127	=	291	lt/m^3
Volume of Coarse Aggregate	= 1,000	- 180	- 127	- 291		=	409	lt/m^3

MIX PROPORTION (SSD CONDITION) FOR 1 CUBIC METER OF CONCRETE

Ordinary Portland Cement	Type I	400	kg	=	400	/ 3.15	=	127	lt.
Pulverized Fuel Ash	(Fly Ash)	0	kg	=	0	/ 2.24	=	0	lt
Water		180	kg	=	180	/ 1.00	=	180	lt
Fine Aggregate Sand		770	kg	=	770	/ 2.55	=	29	lt
Coarse Aggregate . Rock		1,105	kg	=	1,105	/ 2.70	=	409	lt
Chemical Admixture	Type D	1.09	kg	=	1.09	/ 1.24	=	0.88	lt
	Type G	0.00	kg	=	0.00	/ 1.20	=	0.00	lt
Workability : Slump		5.0 - 10.0	cm						
Total Weight of Raw Materials		2,456	kg	or Volumetric Proportion of Concrete is				1.000	m

(Nopal NIFATSAT)

Concrete Laboratory Engineer

บริษัท ทีพีไอ คอนกรีต จำกัด

TPI CONCRETE COMPANY LIMITED

26/56 ถนนจันทน์ตัดใหม่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120 โทร. 678-5350-74 โทรสาร. (662) 678-5375-6
26/56 Chan Tat Mai Rd., Thungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120 THAILAND Tel 678-5350-74 Fax : (662) 678-5375-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท ทีพีไอ คอนกรีต จำกัด
TPI CONCRETE COMPANY LIMITED

ใบเสนอส่วนผสมคอนก
PROPOSED MIX

PROJECT : งานวิจัยปรีมพานิพนธ์ KMITL DATE : 12/11/2001 NO. : 2001/1832

CUSTOMER : _____ CONTRACTOR : _____

ITEM NO	MIX CODE	COMPRESSIVE STRENGTH AT 28 DAYS. (kgf/cm²)		MIX PROPORTION PER 1 m³ (kg)							ADMIXTURE (ml) D	WATER/ BINDER RATIO	SLUMP (cm)	REMARK
		CUBE 15x15x15 cm	CYLINDER 15x30 cm	CEMENT	WATER	SAND	ROCK 3/4"-#1							
1	53812	380	320	400	180	770	1105	--	--	--	880.00	0.45	7.5+/- 2.5	

Note :

MATERIALS

CEMENT : PORTLAND CEMENT COMPLYING WITH TIS. 15-2532

SAND : NATURAL SAND COMPLYING WITH ASTM C 33 AND BS 882

ROCK : CRUSHED ROCK COMPLYING WITH ASTM C 33 AND BS 882

ADMIXTURE : ADMIXTURE COMPLYING WITH ASTM C 404 AND BS 5075

ลงชื่อ : _____

(_____)

วิศวกรผู้รับรองส่วนผสม กว. : _____

วันที่ : 12 พ.ย. 44

บริษัทสงวนสิทธิ์ที่จะปรับปรุงหรือดัดแปลงส่วนผสมเมื่อคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้เปลี่ยนแปลง และการออกแบบส่วนผสมนี้รับรองเฉพาะคอนกรีตทีพีไอ เท่านั้น

The company reserves the right to improve or modify mix proportion when the properties of materials vary and mix designs guarantee for TPI concrete only.

ใบอนุญาตนี้ใช้ได้เฉพาะสถานที่ที่ได้ขออนุญาตไว้เท่านั้น ห้ามมิให้ใช้ในสถานที่อื่น ผู้ใดฝ่าฝืนต้องระวางโทษปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท

ภาคผนวก ข

การทดสอบคอนกรีตสด และคอนกรีตที่แข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

(Test for Slump of Fresh Concrete)

ASTM: C 143 – 90 a

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาความสามารถในการไหลและในการเทลงแบบของคอนกรีตสด ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตนั้น หากมากไปหรือน้อยเกินไป จะมีผลต่อการเทและจี้เขย่าให้แน่นอาจเป็นเหตุให้คอนกรีตเสียกำลังเมื่อแข็งตัวเต็มที่

วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ ด้วยอัตราปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน ตามที่ได้ออกแบบไว้
2. แบบทดสอบมาตรฐานที่ทำด้วยโลหะซึ่งซีเมนต์ไม่ยึดเกาะผิว ลักษณะเป็นแบบรูปกรวยกลมปลายเปิดทั้งสองด้าน โดยปลายส่วนที่เป็นฐานสำหรับวางสัมผัสพื้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) และรูปกรวยจะสอบเล็กลงจนเหลือเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายด้านบน 102 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) แบบมีความสูง 305 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) แผ่นโลหะที่นำมาทำเป็นแบบดังกล่าว ต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.61 มิลลิเมตร (0.06 นิ้ว) และมีที่สำหรับเท้าเหยียบและมือจับอยู่ตรงข้ามกันทั้งสองด้าน
3. เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (5/8 นิ้ว) และมีความยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร ปลายด้านกระทุ้งจะเป็นมนโค้งครึ่งวงกลม
4. เกรียงเหล็ก
5. ไม้บรรทัดเหล็ก
6. ที่ตัดคอนกรีต
7. ถาดหรือแผ่นเหล็ก

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เตรียมพื้นที่สำหรับวางกรวย ควรเป็นพื้นที่แข็ง ราบเรียบและไม่ดูดซึมน้ำ เมื่อวางกรวยเรียบร้อยแล้วใช้เท้าทั้งสองข้างเหยียบกดลงบนที่สำหรับเท้าเหยียบให้แน่น
2. นำคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆ เทใส่ลงในกรวย โดยเทแบ่งเป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นมีปริมาตรเฉลี่ยเท่าๆ กัน และแต่ละชั้นให้ใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง การกระทุ้งชั้นล่างสุด ให้พยายามกระทุ้งด้วยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งท่อนเหล็กให้ตรงขณะกระทุ้งบริเวณรอบศูนย์กลางกรวย และเอียงเหล็กตามขอบกรวยเมื่อกระทุ้งแถวขอบกรวย การกระทุ้งชั้นบนสุดให้พยายามเติมคอนกรีตให้เต็มแบบตลอดเวลาที่กระทุ้ง เสร็จแล้วปาดผิวบนให้เรียบ

3. ค่อยๆ ยกกรวยขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็วสม่ำเสมอ อย่าให้กรวยเอียงหรือก่อให้เกิดการบิดใดๆ ในคอนกรีตเป็นอันขาด ยกกรวยให้พ้นภายใน 5–10 วินาที และเวลาตั้งแต่เริ่มเทคอนกรีตลงในกรวยจนถึงขั้นสุดท้ายนี้ไม่ควรเกิน 2 ½ นาที
4. ให้วัดระยะการยุบตัวของคอนกรีตทันที โดยนำกรวยที่ยกออกแล้วมาวางข้างๆ เอาเหล็กกระทุ้งวางพาดขอบกรวย ให้ปลายเหล็กยื่นเข้ามาเหนือตัวอย่างคอนกรีตที่ยุบตัว แล้วใช้ไม้บรรทัดเหล็กวัดระยะ

หมายเหตุ	ระยะยุบตัวของคอนกรีตสดที่ค่าต่างๆ เหมาะสมสำหรับงานประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
ระยะยุบตัว	0 – 25 ซม. เหมาะสำหรับงานถนน หรืองานคอนกรีตที่ใช้อุปกรณ์เครื่องกลเขย่าให้แน่น
ระยะยุบตัว	2.5 – 5.0 ซม. เหมาะสำหรับงานถนน หรืองานคอนกรีตมวลใหญ่ที่ใช้อุปกรณ์เครื่องกลขนาดเล็กเขย่าให้แน่น
ระยะยุบตัว	5.0 – 10 ซม. สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปที่ใช้เทคาน พื้น ที่มีอุปกรณ์เครื่องกลเขย่าให้แน่น
ระยะยุบตัว	10 – 17.5 ซม. สำหรับงานคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมแน่น หรือพื้นที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เครื่องเขย่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

(Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimen)

ASTM: C 39 – 93a

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุต่างๆกัน โดยการใส่แรงอัดโดยตรงกับแบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM

วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. คอนกรีตตัวอย่างสำหรับทดสอบ
2. เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (Universal Testing Machine)
3. แบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอก ทำด้วยโลหะที่ซีเมนต์ไม่เกาะติดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6” และสูง 12”
4. เครื่องชั่งขนาดใหญ่
5. เครื่องมือวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง
6. เครื่องหล่อหมวก (Capped) หัวท้ายของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง

ขั้นตอนการทดสอบ

ก) การเตรียมแบบหล่อ

1. ทำความสะอาดแบบ อย่าให้มีฝุ่นหรือเศษปูนเก่าติดอยู่ ทาน้ำมันด้านผิวในที่คอนกรีตจะสัมผัสกับแบบให้ทั่ว
2. ตรวจสอบสกรูสำหรับรับแบบทุกตัวให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ด้วยการประกอบและแล้วขันหรือรัดให้แน่น ทั้งนี้เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกหรือแบบหลุด ขณะเทคอนกรีตหรือกระทุ้งเพื่อให้คอนกรีตแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

1. สำหรับคอนกรีตที่ใช้เครื่องผสม พยายามเลือกเอาคอนกรีตที่อยู่ตอนกลางที่เทออกมาจากเครื่องผสมใหม่ ๆ
2. เทคอนกรีตดังกล่าวลงในแบบส่วนหนึ่ง ประมาณให้ได้ความสูง 1 ใน 3 ของแบบ และใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่ว 25 ครั้ง จากนั้นกระทำเช่นเดียวกันอีก 2 ชั้น เมื่อคอนกรีตเต็มแบบแล้วจึงปาดผิวหน้าให้เรียบ
3. ทิ้งแบบที่บรรจุคอนกรีตเรียบร้อยแล้วไว้ในร่มเฉยๆ ประมาณ 24 ชม. จึงถอดแบบออก นำแท่งคอนกรีตไปบ่มโดยแช่ในถังบ่อจนถึงอายุที่ต้องการทดสอบก่อนตัวอย่างจะแห้งสนิท ตัวอย่างคอนกรีตที่จะนำมาทดสอบ 1 ชุด ควรมีอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

ค) การทดสอบกำลังอัด

การทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตให้ทดสอบโดยเร็วที่สุด หลังจากนำขึ้นจากน้ำเมื่อครบอายุ ก่อนการทดสอบควรตรวจสอบระนาบหัว–ท้าย ของแท่งคอนกรีตว่าแบนราบหรือไม่ ระนาบดังกล่าวไม่ควรเอียงมากกว่า 0.5° (หรือประมาณ 3 มิลลิเมตร ใน 300 มิลลิเมตร) หากไม่อยู่ภายในขอบเขตดังกล่าวให้ทำการหล่อหมวกหัว–ท้ายเสียก่อน โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน ASTM C 617 – 84 l สำหรับระยะเส้นผ่านศูนย์กลางที่จะนำมาใช้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดให้ใช้ค่าเฉลี่ย จากการวัดสองแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน ที่ตำแหน่งกึ่งกลางแท่งทดสอบ

ง) การคำนวณ

ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีต จะหาได้จาสูตร

$$f_c = P/A \qquad \text{(ผ.ข.1.)}$$

โดยที่

f_c = กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีต, กก. / ซม.^{2}

P = แรงกระทำสูงสุดต่อแท่งตัวอย่าง, กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างที่วัดตั้งฉากกับแรงกระทำ

หากปรากฏว่าอัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบต่ำกว่า 1.8 ค่าที่ได้จากการทดสอบจะต้องคูณด้วยแฟคเตอร์เผื่อแก้ค่าให้ถูกต้องก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

ASTM: C642-90

วัตถุประสงค์

การทดลองนี้สามารถใช้เพื่อหาแบบเฉพาะของคอนกรีต, ก ารดูดซึมน้ำของคอนกรีต และแสดงแนวโน้มความผันแปรภายใต้ มวลของคอนกรีตได้

วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. เครื่องชั่ง ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 0.025%
2. ตู้อบ
3. อ่างหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการแช่คอนกรีต

ข้อกำหนดในการทดสอบ

ชิ้นตัวอย่างที่ต้องทดสอบของคอนกรีต ไม่ว่าจะมีรูปร่างหรือขนาดอย่างไรต้องมีปริมาตรไม่เกิน 350 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ประมาณ 840 กรัม) และตัวอย่างแต่ละชิ้นต้องไม่มีรอยแตกร้าว

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำชิ้นตัวอย่างเข้าอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100-110°C ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
2. นำตัวอย่างออกจากตู้อบทิ้งให้แห้งในอากาศ นำไปชั่งแล้วบันทึกน้ำหนัก
3. นำชิ้นตัวอย่างแช่ในน้ำ(อุณหภูมิประมาณ 21 องศาเซลเซียส) ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ในอากาศ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ผิวแห้ง และนำชิ้นตัวอย่างไปชั่งแล้วบันทึกน้ำหนัก

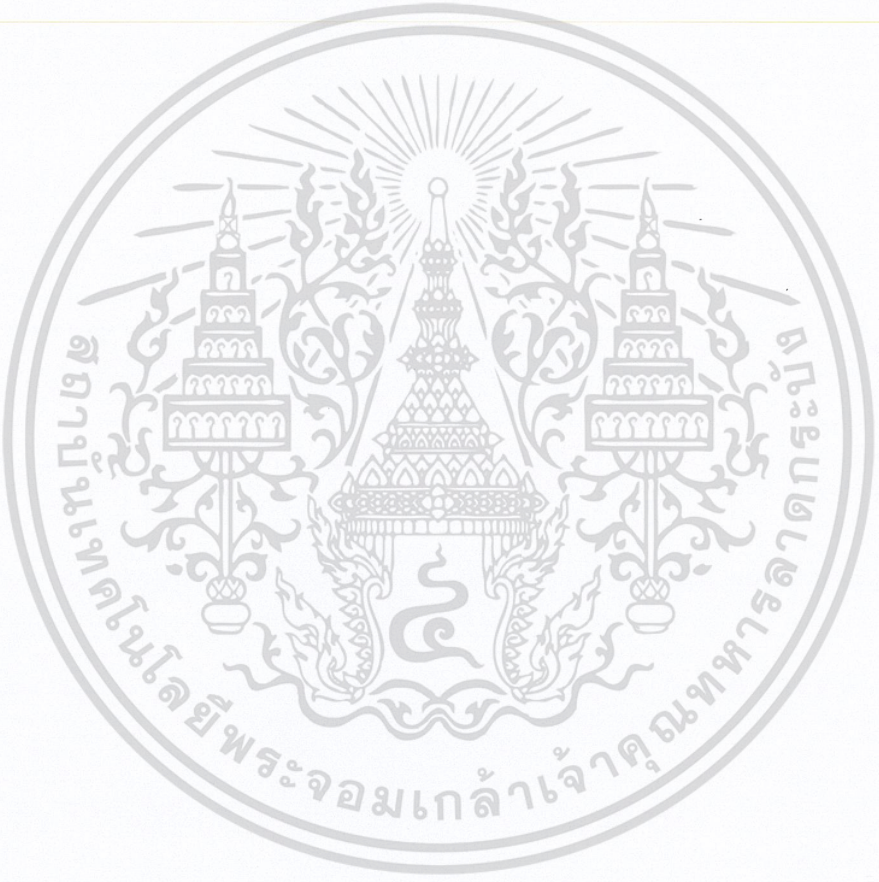
การคำนวณ

ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับ = $(B - A)/A \times 100$ (ผ.ข. 2.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนดให้ A แทน น้ำหนักแห้งของแท่งคอนกรีต

B แทน น้ำหนักอิ่มตัวของแท่งคอนกรีต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานการเจาะคอนกรีต

ASTM: C42/C42M-99

วัตถุประสงค์

วิธีการทดลองนี้ครอบคลุม ในการเตรียมและการทดสอบตัวอย่าง ในการเจาะคอนกรีต เพื่อทดสอบหากำลังอัด เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต บริเวณที่เจาะมาทำการทดสอบ และชิ้นตัวอย่างที่เจาะมาทดสอบต้องไม่มีรอยร้าวและตำหนิ โดยทั่วไปการทดสอบชิ้นตัวอย่างจะเป็นการทดสอบ เมื่อเกิดความสงสัยในการรับกำลังของคอนกรีต อาจจะเนื่องมาจากคุณภาพของคอนกรีต หรือโครงสร้างที่เก่ามากแล้ว

วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร

การเตรียมตัวอย่าง

1. ตัวอย่างของคอนกรีตหนา ที่จะใช้ในการเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของแท่งตัวอย่าง จะต้องไม่ถูกการเคลื่อนย้ายจนกว่าคอนกรีตจะแข็งตัวเพียงพอ เพราะจะเป็นการรบกวนการเซตตัวในการยึดตัวระหว่าง มอร์ต้ากับมวลรวมหยาบ เมื่อการเตรียมตัวอย่างมีการเคลื่อนย้ายและถูกทำลายในช่วงการเตรียมนี้ คอนกรีตไม่สามารถที่จะใช้ได้
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเจาะในการทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 3.75 นิ้ว (94 มิลลิเมตร) หากเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเจาะน้อยกว่า 3.75 นิ้ว (94 มิลลิเมตร) อนุญาตให้ใช้ได้ โดยแท่งคอนกรีตจะต้องมีอัตราส่วน $L/D \geq 1$ สำหรับขนาดหัวเจาะต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับ 3 เท่าของมวลรวมโตสุด
3. ชิ้นตัวอย่างที่จะนำมากดทดสอบหากำลังอัดหน้าตัดควรจะเรียบ โดยหน้าตัดไม่ควรเอียงเกิน 0.5° เส้นผ่านศูนย์กลางตรงปลายแท่ง ไม่ควรต่างกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากกว่า 0.1 นิ้ว (2.5 มิลลิเมตร)
4. หลังจากการเจาะ แท่งตัวอย่างจะถูกปล่อยให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิ 16-27 °C ที่ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 50% ในเวลา 12-24 ชั่วโมง จากนั้นนำแท่งตัวอย่างไปแต่งผิวหน้าหรือแคปหัว และกดทดสอบภายใน 48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในการวัดค่าความยาวของแท่งคอนกรีต ควรวัดค่าความยาวของตัวอย่างหลังการ แคปหัวเสร็จแล้ว (ความหนาที่แคปหัว ให้หนามีค่าใกล้กับ 2.0 มิลลิเมตร)
6. การคำนวณค่ากำลังรับแรงอัด คำนวณจากค่าน้ำหนักที่ใช้กดต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง การคำนวณค่ากำลังรับแรงอัดที่ถูกต้อง จะต้องคูณค่าน้ำหนักที่ใช้กดต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างกับค่า Factor ที่เหมาะสมตามอัตราส่วน L/D ดังแสดงในตารางที่ ผ.ข.1.

ตารางที่ ผ.ข.1. แสดงผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ต่อกำลังอัด (ACI2001)

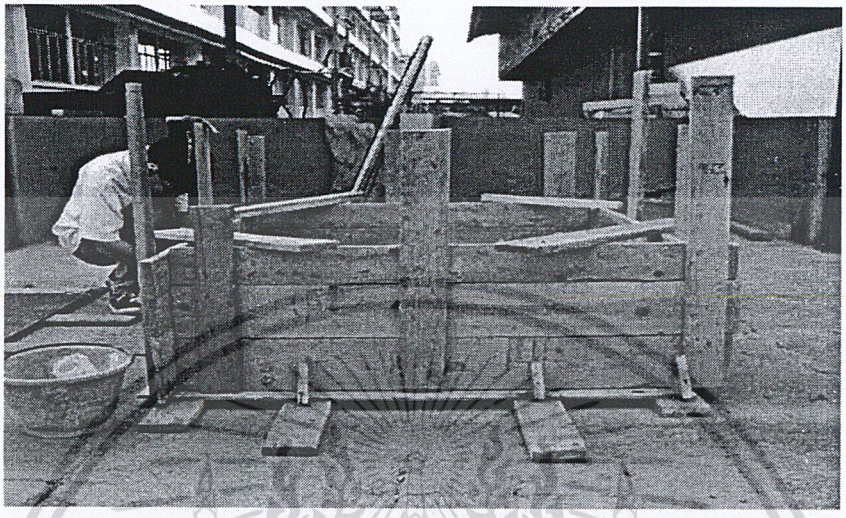
สัดส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง	ค่าปรับแก้ของกำลัง
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รูปวิธีการทดลอง

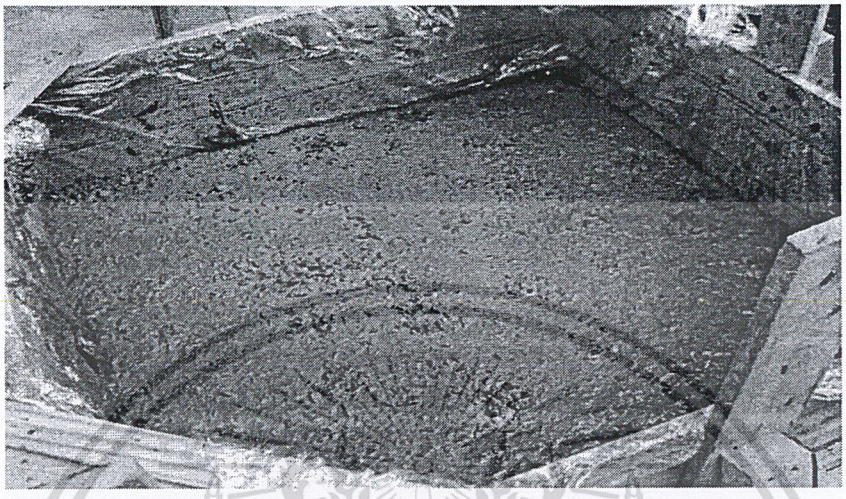
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.1. แสดงขั้นตอนการทำไม้แบบหล่อคอนกรีต

รูปที่ ผ.ค.2. แสดงการปูแผ่นพลาสติกก่อนการเทคอนกรีต

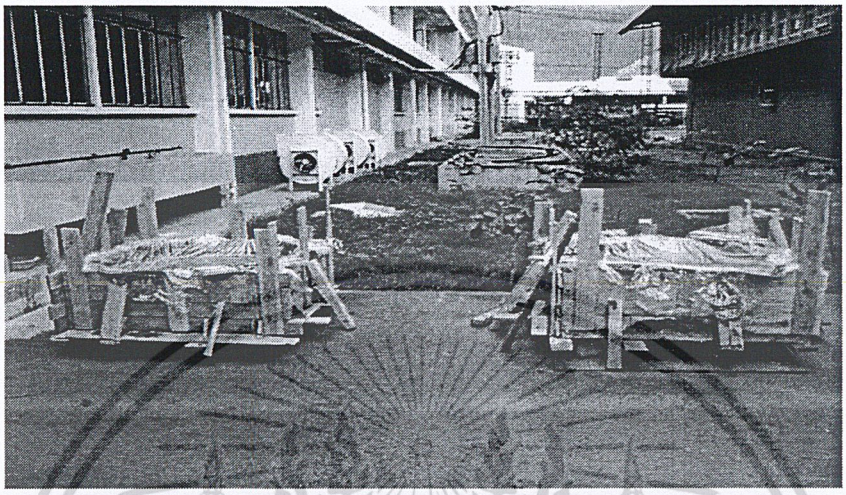
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



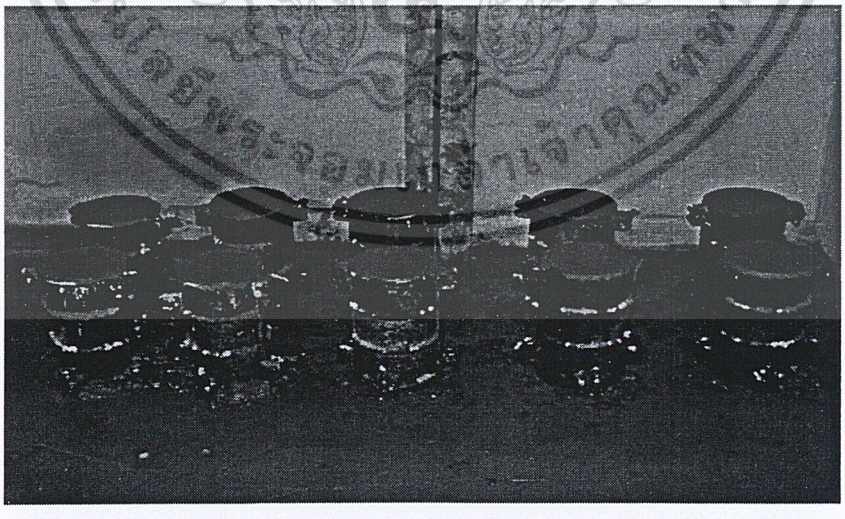
รูปที่ ผ.ค.3. แสดงการเทคอนกรีตโดยแบ่งเทเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 10 เซนติเมตร

รูปที่ ผ.ค.4. แสดงการจี้คอนกรีตเป็นชั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

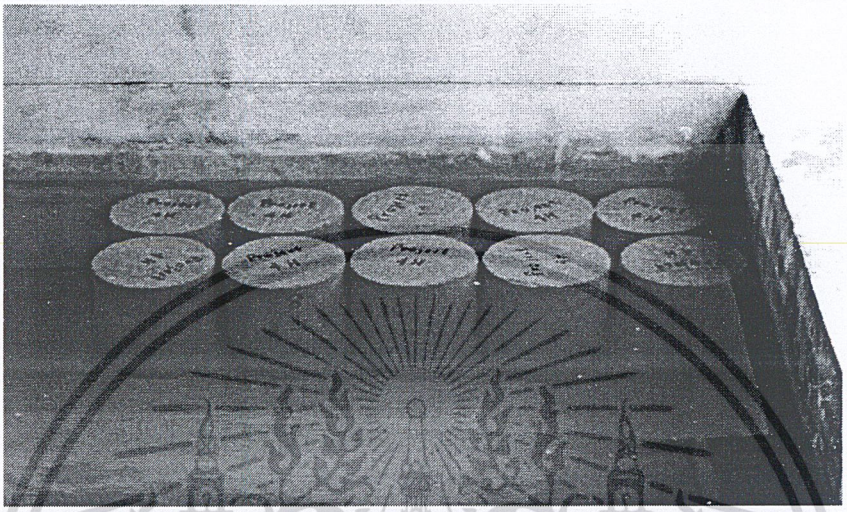


รูปที่ ผ.ค.5. แสดงการวางแท่นคอนกรีตต้องอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน

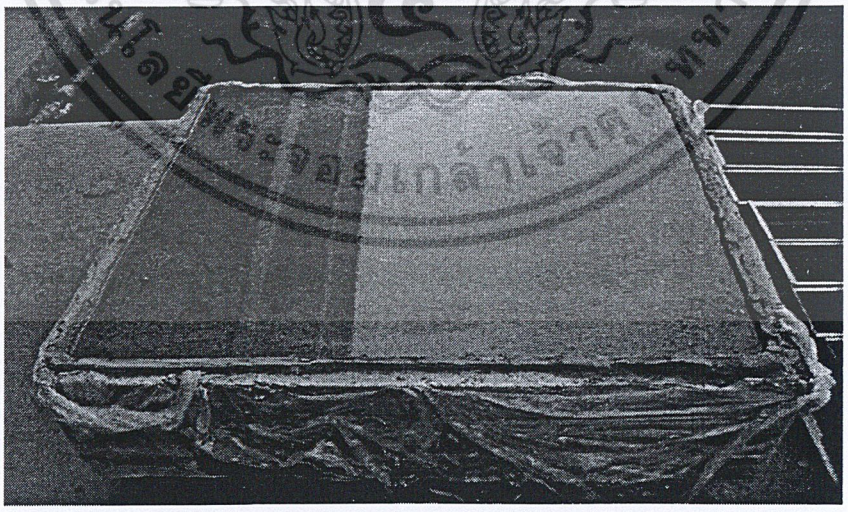


รูปที่ ผ.ค.6. แสดงการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสำหรับทดสอบกำลังอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

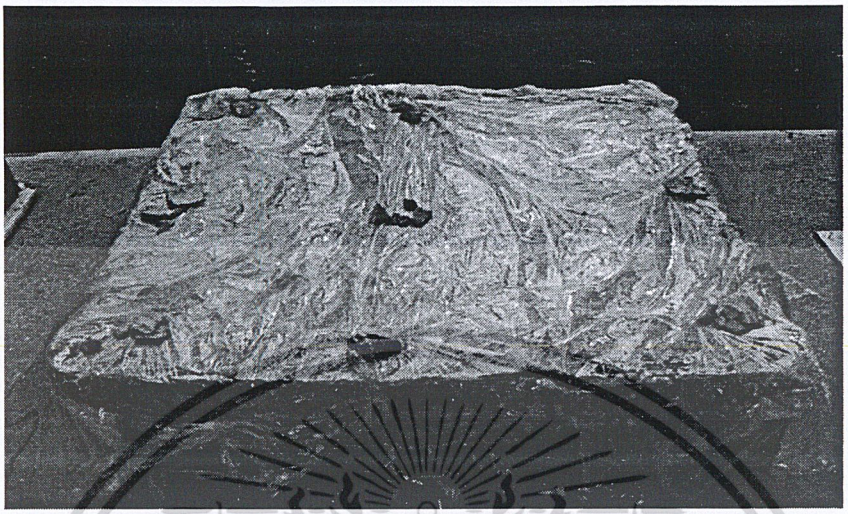


รูปที่ ผ.ค.7. แสดงการบ่มตัวอย่างคอนกรีตสำหรับทดสอบกำลังอัด

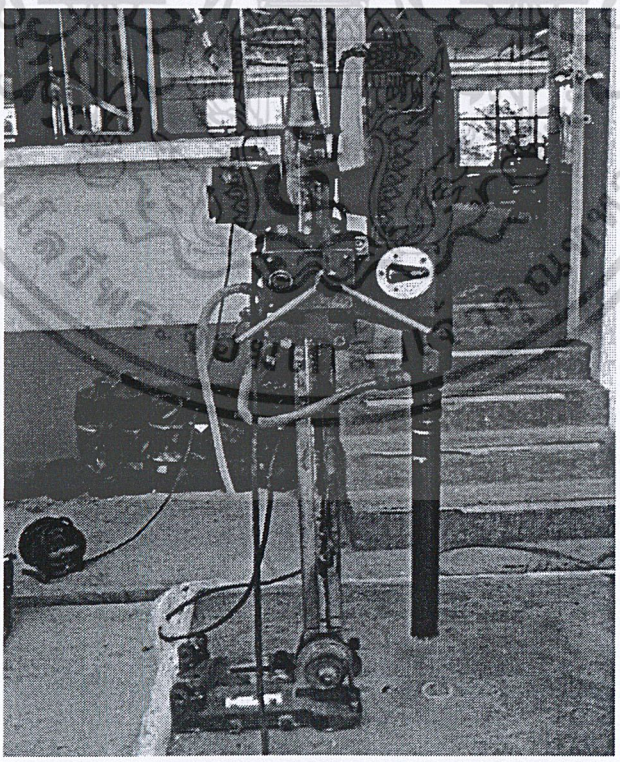


รูปที่ ผ.ค.8. แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยวิธีขังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

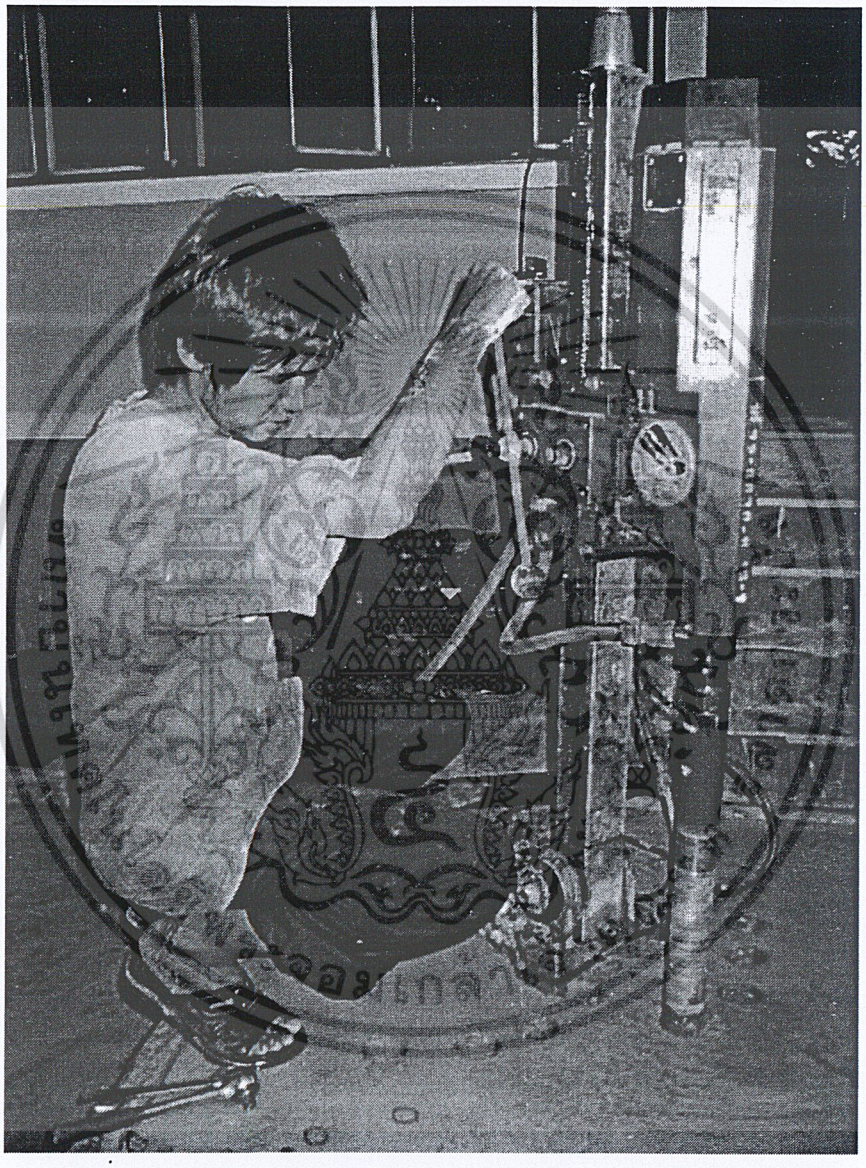


รูปที่ ผ.ค.9. แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยพลาสติก



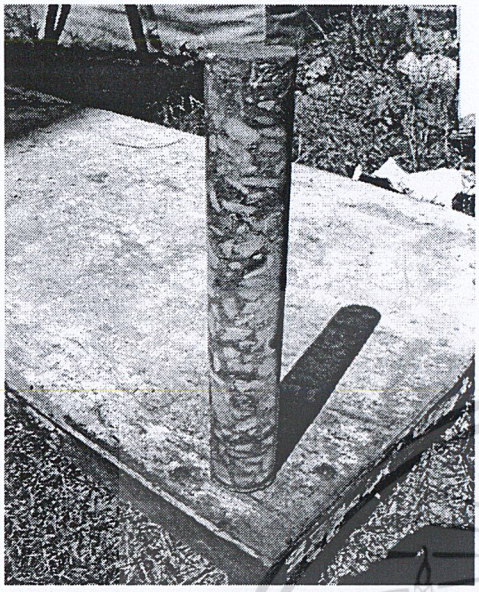
รูปที่ ผ.ค.10. แสดงเครื่องเจาะคอนกรีต

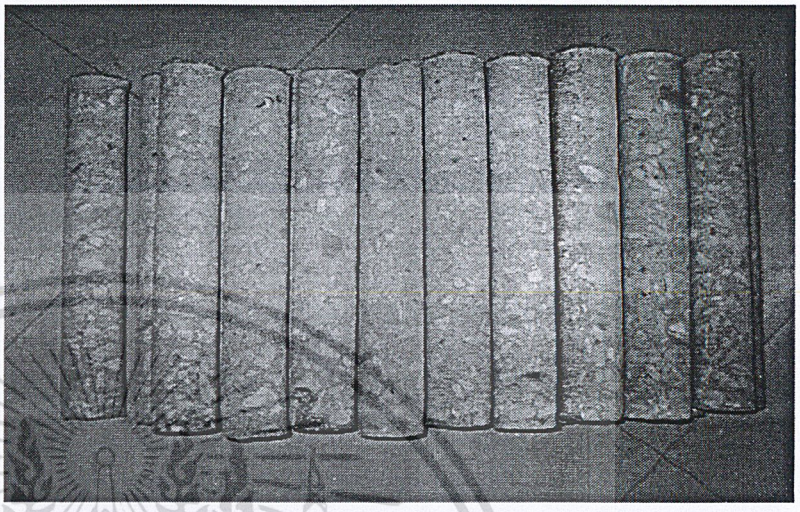
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.11. แสดงการเจาะคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

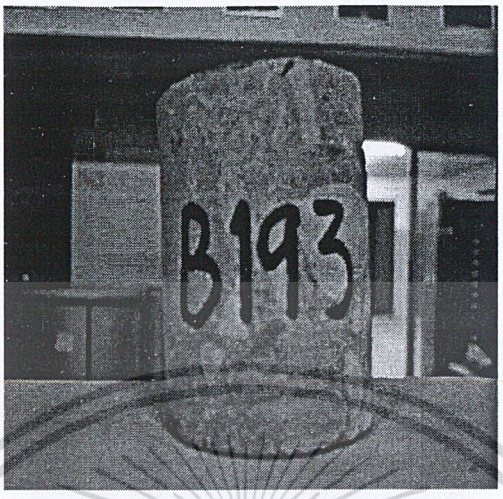




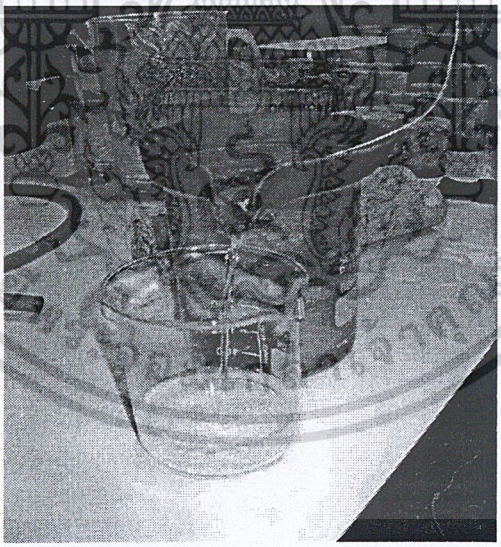
รูปที่ ผ.ค.12. แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ

รูปที่ ผ.ค.13. แสดงการแบ่งชั้นของตัวอย่างคอนกรีตเป็น 5 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

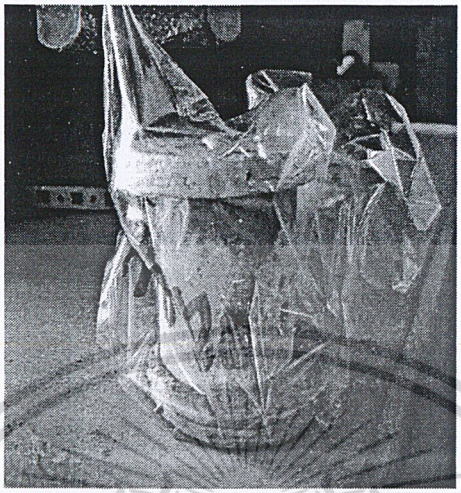


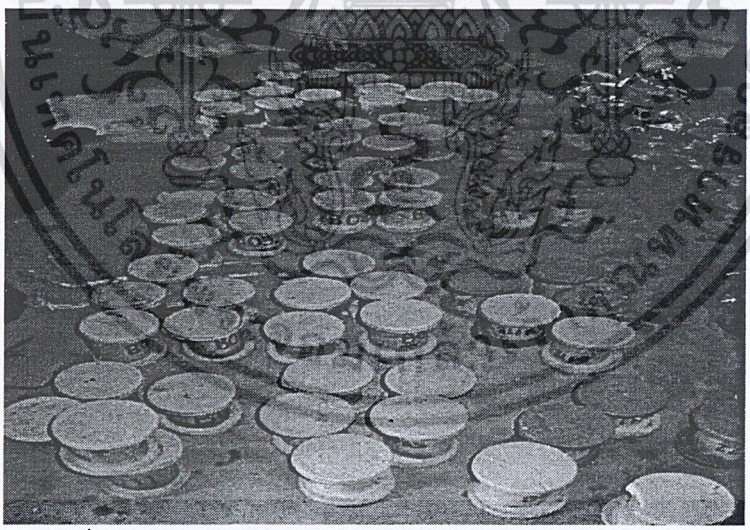
รูปที่ ผ.ค.14. แสดงก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการตัดเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ ผ.ค.15. แสดงการหาปริมาตรคอนกรีตโดยการแทนที่น้ำ

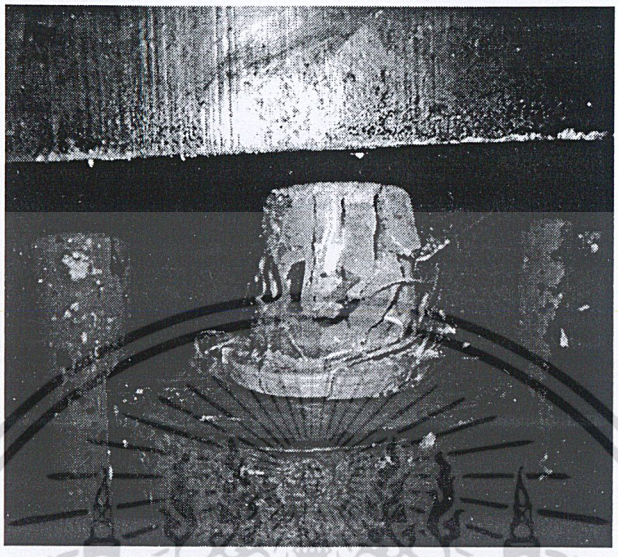
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ ผ.ค.16. แสดงตัวอย่างที่ผ่านการหล่อฝา (Capping)

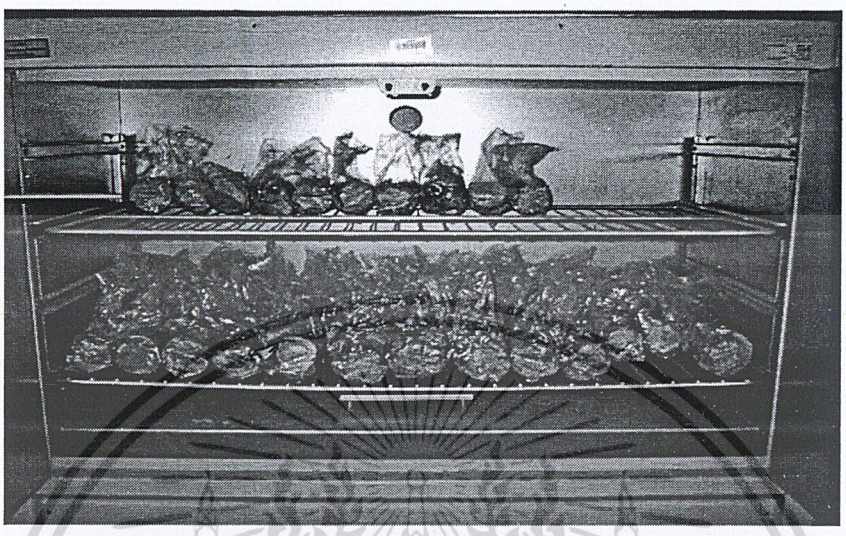
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.17. แสดงการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตัวอย่าง

รูปที่ ผ.ค.18. แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการกดจนประลัยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.19. แสดงการอบตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการกดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ

ตัวอย่างที่	A011	A012	A013	A014	A015	A021	A022	A023	A024	A025
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.80	5.52	6.44	5.66	6.02	5.90	5.91	6.11	6.35	6.25
น้ำหนัก (กรัม)	213.02	205.97	220.10	211.51	224.41	214.95	215.99	223.41	233.14	229.85
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	94.31	89.75	104.71	92.03	97.88	95.93	96.09	99.35	103.25	101.62
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	203.08	196.68	209.51	202.46	215.06	204.95	206.03	212.29	221.73	218.85
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,153.41	2,191.33	2,000.81	2,199.94	2,197.10	2,136.40	2,144.03	2,136.86	2,147.52	2,153.54
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.94	9.29	10.59	9.05	9.35	10.00	9.96	11.12	11.41	11.00
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.89	4.72	5.05	4.47	4.35	4.88	4.83	5.24	5.15	5.03
Ultimate Load (ตัน)	2.30	3.10	2.60	1.80	2.50	1.50	2.60	2.50	3.00	3.10
Compressive Strength (ksc)	292.73	373.09	325.13	215.75	316.27	190.40	329.92	315.50	376.08	389.69
น้ำหนักหิน (กรัม)	83.35	79.13	61.03	74.12	80.58	85.72	56.06	74.12	71.48	86.40
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	41.04	40.23	29.13	36.61	37.47	41.82	27.21	34.91	32.24	39.48

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่ายในรูปแบบใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นลายลักษณ์อักษร

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A031	A032	A033	A034	A035	A041	A042	A043	A044	A045
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.01	5.54	5.86	5.80	5.50	6.14	5.75	5.45	5.84	6.45
น้ำหนัก (กรัม)	227.26	201.09	219.70	218.09	209.37	229.02	213.12	205.19	218.55	238.42
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	97.72	90.08	95.28	94.31	89.43	99.83	93.49	88.62	94.96	104.88
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	216.75	190.90	210.24	208.05	201.62	219.57	202.62	196.75	209.43	229.43
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,218.05	2,119.26	2,206.51	2,206.11	2,254.54	2,199.34	2,167.21	2,220.27	2,205.53	2,187.65
ปริมาณความชื้น (กรัม)	10.51	10.19	9.46	10.04	7.75	9.45	10.50	8.44	9.12	8.99
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.85	5.34	4.50	4.83	3.84	4.30	5.18	4.29	4.35	3.92
Ultimate Load (ตัน)	2.20	2.10	2.30	3.50	3.80	2.10	2.60	3.30	3.00	2.40
Compressive Strength (ksc)	278.39	252.58	292.24	445.46	457.57	264.80	331.36	397.95	381.39	300.05
น้ำหนักหิน (กรัม)	93.34	72.85	95.91	91.83	116.17	90.06	73.31	93.27	94.73	97.25
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	43.06	38.16	45.62	44.14	57.62	41.02	36.18	47.41	45.23	42.39

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A051	A052	A053	A054	A055	A061	A062	A063	A064	A065
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.06	6.04	5.60	6.30	5.72	6.50	5.50	5.60	5.70	6.40
น้ำหนัก (กรัม)	-	-	-	-	-	238.00	203.39	212.70	217.16	247.88
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	98.53	98.21	91.05	102.44	93.01	105.69	89.43	91.05	92.68	104.06
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	-	-	-	-	-	222.80	193.80	203.59	207.53	237.42
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	-	-	-	-	-	2,108.09	2,167.10	2,235.92	2,239.20	2,281.52
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.19	9.18	8.40	9.40	8.45	15.20	9.59	9.11	9.63	10.46
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	-	-	-	-	-	6.82	4.95	4.47	4.64	4.41
Ultimate Load (ตัน)	3.40	2.60	2.40	3.40	2.40	3.00	2.30	2.40	2.70	4.00
Compressive Strength (ksc)	429.65	328.75	288.17	426.82	306.13	374.52	276.96	288.17	344.58	500.76
น้ำหนักหิน (กรัม)	88.65	92.15	68.65	95.43	112.86	74.53	77.90	70.71	97.00	111.67
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	-	-	-	-	-	33.45	40.20	34.73	46.74	47.03

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A071	A072	A073	A074	A075	A081	A082	A083	A084	A085
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.05	6.12	5.60	5.71	6.35	6.25	5.65	5.73	6.07	5.72
น้ำหนัก (กรัม)	217.74	224.48	209.89	213.02	238.09	227.33	208.80	213.52	223.55	211.96
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	98.37	99.51	91.05	92.84	103.25	101.62	91.87	93.17	98.70	93.01
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	208.16	214.68	201.71	204.76	229.20	216.78	199.01	204.00	212.90	203.84
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,116.07	2,157.38	2,215.27	2,205.45	2,219.87	2,133.18	2,166.28	2,189.59	2,157.12	2,191.70
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.58	9.80	8.18	8.26	8.89	10.55	9.79	9.52	10.65	8.12
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.60	4.56	4.06	4.03	3.88	4.87	4.92	4.67	5.00	3.98
Ultimate Load (ตัน)	2.70	2.60	3.70	2.30	4.40	3.20	2.40	4.50	3.60	3.60
Compressive Strength (ksc)	341.29	328.02	444.26	293.44	551.61	402.28	287.74	573.82	454.81	459.18
น้ำหนักหิน (กรัม)	81.89	106.07	107.69	105.06	121.99	89.17	80.62	96.89	90.84	102.26
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	39.34	49.41	53.39	51.31	53.22	41.13	40.51	47.50	42.67	50.17

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A091	A092	A093	A094	A095	A101	A102	A103	A104	A105
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.90	5.62	5.70	5.76	6.13	6.06	6.13	5.93	6.01	5.73
น้ำหนัก (กรัม)	220.65	209.55	213.05	215.21	231.35	218.38	223.31	214.94	221.04	214.64
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	95.93	91.38	92.68	93.66	99.67	98.53	99.67	96.42	97.72	93.17
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	211.30	200.24	204.56	205.87	222.40	207.59	213.70	207.90	211.65	206.80
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,202.60	2,191.30	2,207.16	2,198.15	2,231.32	2,106.79	2,144.03	2,156.19	2,165.86	2,219.64
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.35	9.31	8.49	9.34	8.95	10.79	9.61	7.04	9.39	7.84
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.42	4.65	4.15	4.54	4.02	5.20	4.50	3.39	4.44	3.79
Ultimate Load (ตัน)	3.60	2.40	2.60	2.60	3.70	2.50	2.80	2.40	2.50	2.60
Compressive Strength (ksc)	456.93	288.00	331.81	331.27	466.67	315.93	353.16	304.37	316.36	331.55
น้ำหนักหิน (กรัม)	89.93	82.03	92.40	85.88	105.50	77.17	89.40	98.21	95.18	105.74
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	42.56	40.97	45.17	41.72	47.44	37.17	41.83	47.24	44.97	51.13

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A111	A112	A113	A114	A115	A121	A122	A123	A124	A125
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.27	5.80	5.85	5.90	6.04	5.74	5.66	5.51	5.80	6.20
น้ำหนัก (กรัม)	223.82	212.77	218.15	219.20	224.29	210.63	212.03	204.98	219.63	233.63
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	101.95	94.31	95.12	95.93	98.21	93.33	92.03	89.59	94.31	100.81
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	213.60	203.33	209.12	210.35	215.78	201.52	202.84	196.31	211.44	224.22
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,095.18	2,156.06	2,198.50	2,192.69	2,197.16	2,159.20	2,204.07	2,191.18	2,242.06	2,224.18
ปริมาณความชื้น (กรัม)	10.22	9.44	9.03	8.85	8.51	9.11	9.19	8.67	8.19	9.41
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.78	4.64	4.32	4.21	3.94	4.52	4.53	4.42	3.87	4.20
Ultimate Load (ตัน)	2.90	2.90	2.10	2.60	2.80	2.50	2.80	3.00	3.10	3.10
Compressive Strength (ksc)	364.36	369.09	266.90	330.01	354.02	318.71	335.62	361.15	394.55	390.25
น้ำหนักหิน (กรัม)	73.38	92.06	102.54	101.64	104.56	84.52	104.27	101.32	126.03	121.70
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	34.35	45.28	49.03	48.32	48.46	41.94	51.41	51.61	59.61	54.28

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A131	A132	A133	A134	A135	A141	A142	A143	A144	A145
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.67	5.58	5.54	6.05	5.80	6.10	5.71	5.64	5.70	6.25
น้ำหนัก (กรัม)	205.12	206.53	210.83	227.75	219.73	223.89	221.12	208.04	212.59	255.16
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	92.19	90.73	90.08	98.37	94.31	99.18	92.84	91.70	92.68	101.62
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	194.06	196.59	201.23	217.89	211.83	213.48	209.04	198.60	203.24	244.87
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,104.94	2,166.78	2,233.93	2,214.98	2,246.19	2,152.36	2,251.54	2,165.65	2,192.91	2,409.59
ปริมาณความชื้น (กรัม)	11.06	9.94	9.60	9.86	7.90	10.41	12.08	9.44	9.35	10.29
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	5.70	5.06	4.77	4.53	3.73	4.88	5.78	4.75	4.60	4.20
Ultimate Load (ตัน)	2.80	2.40	2.50	2.90	3.40	3.00	2.50	3.40	3.00	2.80
Compressive Strength (ksc)	335.51	288.34	300.69	366.58	432.73	378.69	318.97	407.76	382.87	351.99
น้ำหนักหิน (กรัม)	47.98	61.43	80.30	90.24	81.60	78.12	79.35	80.85	89.64	113.83
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	24.72	31.25	39.90	41.42	38.52	36.59	37.96	40.71	44.11	46.49

ตารางที่ ผ.ง.1. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น และปริมาณหิน ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A151	A152	A153	A154	A155
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.16	5.75	5.77	5.62	6.15
น้ำหนัก (กรัม)	227.95	218.52	218.66	214.32	236.44
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	100.16	93.49	93.82	91.38	100.00
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	215.78	207.72	208.08	204.36	226.72
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,154.36	2,221.76	2,217.90	2,236.39	2,267.26
ปริมาณความชื้น (กรัม)	12.17	10.80	10.58	9.96	9.72
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	5.64	5.20	5.08	4.87	4.29
Ultimate Load (ตัน)	2.60	2.00	3.50	2.90	2.80
Compressive Strength (ksc)	327.66	254.90	445.83	348.01	352.97
น้ำหนักหิน (กรัม)	66.44	92.93	77.77	75.37	99.42
เปอร์เซ็นต์น้ำหนักหิน (%)	30.79	44.74	37.38	36.88	43.85

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก

ตัวอย่างที่	B011	B012	B013	B014	B015	B021	B022	B023	B024	B025
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.32	6.08	5.73	5.96	5.94	6.10	5.76	5.74	6.05	5.73
น้ำหนัก (กรัม)	229.62	206.72	215.31	226.35	228.21	222.79	212.80	212.34	226.65	216.15
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	102.76	98.86	93.17	96.91	96.58	99.18	93.66	93.33	98.37	93.17
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	220.87	196.37	205.32	216.76	219.83	213.41	204.86	203.10	210.83	208.45
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,149.35	1,986.36	2,203.76	2,236.76	2,276.08	2,151.65	2,187.37	2,176.13	2,143.21	2,237.35
ปริมาณความชื้น (กรัม)	8.75	10.35	9.99	9.59	8.38	9.38	7.94	9.24	15.82	7.70
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	3.96	5.27	4.87	4.42	3.81	4.40	3.88	4.55	7.50	3.69
Ultimate Load (ตัน)	2.30	2.60	2.50	3.00	3.60	2.50	2.40	2.90	3.00	3.00
Compressive Strength (ksc)	288.58	328.38	318.80	380.15	456.44	315.59	305.78	369.69	379.21	382.55

หน้า 110

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B031	B032	B033	B034	B035	B041	B042	B043	B044	B045
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.08	5.50	5.84	5.20	6.00	5.97	5.86	5.62	6.04	6.55
น้ำหนัก (กรัม)	222.81	207.88	219.78	197.92	228.70	221.37	221.54	210.60	226.32	248.01
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	98.86	89.43	94.96	84.55	97.56	97.07	95.28	91.38	98.21	106.50
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	213.31	199.55	211.51	190.27	219.06	211.56	213.02	201.83	216.16	237.68
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,157.72	2,231.39	2,227.44	2,250.37	2,245.43	2,179.45	2,235.68	2,208.70	2,201.03	2,231.71
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.50	8.33	8.27	7.65	9.64	9.81	8.52	8.77	10.16	10.33
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.45	4.17	3.91	4.02	4.40	4.64	4.00	4.35	4.70	4.35
Ultimate Load (ตัน)	3.00	2.60	3.00	2.50	3.50	1.60	3.10	2.70	3.10	3.10
Compressive Strength (ksc)	378.91	313.08	381.39	303.64	443.02	202.70	393.89	324.00	391.96	386.48

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B051	B052	B053	B054	B055	B061	B062	B063	B064	B065
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.78	6.07	6.05	5.82	6.80	6.16	6.05	5.90	5.94	6.95
น้ำหนัก (กรัม)	214.41	227.80	226.54	218.40	256.87	225.83	215.84	218.71	222.01	260.43
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	93.98	98.70	98.37	94.63	110.57	100.16	98.37	95.93	96.58	113.00
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	205.38	218.08	216.31	210.21	246.42	215.92	206.29	209.07	211.21	251.00
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,185.33	2,209.60	2,198.92	2,221.35	2,228.71	2,155.76	2,097.06	2,179.35	2,186.83	2,221.14
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.03	9.72	10.23	8.19	10.45	9.91	9.55	9.64	10.80	9.43
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.40	4.46	4.73	3.90	4.24	4.59	4.63	4.61	5.11	3.76
Ultimate Load (ตัน)	2.00	2.60	3.20	2.60	2.60	3.00	2.80	2.30	2.70	3.70
Compressive Strength (ksc)	254.68	328.47	404.50	330.74	321.88	378.07	353.93	291.94	342.31	476.69

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B071	B072	B073	B074	B075	B081	B082	B083	B084	B085
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.33	5.67	6.05	5.70	6.40	6.00	5.73	5.70	5.43	6.15
น้ำหนัก (กรัม)	236.70	212.10	227.49	213.12	243.56	222.38	219.71	215.91	203.89	232.34
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	102.92	92.19	98.37	92.68	104.06	97.56	93.17	92.68	88.29	100.00
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	227.29	203.21	218.44	203.66	232.37	212.36	211.24	207.06	194.12	222.28
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,208.33	2,204.19	2,220.57	2,197.45	2,232.99	2,176.75	2,267.30	2,234.13	2,198.66	2,222.86
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.41	8.89	9.05	9.46	11.19	10.02	8.47	8.85	9.77	10.06
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.14	4.37	4.14	4.64	4.82	4.72	4.01	4.27	5.03	4.53
Ultimate Load (ตัน)	2.70	2.80	2.60	2.80	4.90	3.10	1.80	3.00	2.50	2.30
Compressive Strength (ksc)	338.68	335.51	328.66	357.34	613.43	392.39	229.54	382.87	301.65	289.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B091	B092	B093	B094	B095	B101	B102	B103	B104	B105
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.96	5.97	5.90	5.96	6.59	5.98	5.65	6.15	5.97	6.50
น้ำหนัก (กรัม)	219.31	221.51	220.75	225.44	249.58	219.88	209.93	233.97	224.33	247.04
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	96.91	97.07	95.93	96.91	107.15	97.23	91.87	100.00	97.07	105.69
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	208.71	212.40	211.44	216.02	239.62	209.42	201.29	224.45	215.07	237.03
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,153.70	2,188.10	2,204.06	2,229.13	2,236.27	2,153.79	2,191.09	2,244.56	2,215.61	2,242.73
ปริมาณความชื้น (กรัม)	10.60	9.11	9.31	9.42	9.96	10.46	8.64	9.52	9.26	10.01
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	5.08	4.29	4.40	4.36	4.16	4.99	4.29	4.24	4.31	4.22
Ultimate Load (กก.)	2.40	2.60	2.50	3.50	2.30	1.90	2.00	2.60	4.40	4.00
Compressive Strength (ksc)	304.12	329.37	317.32	443.52	286.42	240.62	239.79	327.74	557.41	499.37

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B111	B112	B113	B114	B115	B121	B122	B123	B124	B125
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.23	5.80	5.90	5.83	5.74	6.18	5.94	5.60	5.85	6.46
น้ำหนัก (กรัม)	227.83	217.84	221.47	217.45	222.03	226.80	220.28	211.65	220.58	243.95
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	101.30	94.31	95.93	94.79	93.33	100.48	96.58	91.05	95.12	105.04
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	218.25	208.77	212.63	209.89	211.87	216.36	210.68	202.36	210.64	234.04
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,154.53	2,213.74	2,216.46	2,214.17	2,270.10	2,153.16	2,181.34	2,222.41	2,214.48	2,228.15
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.58	9.07	8.84	7.56	10.16	10.44	9.60	9.29	9.94	9.91
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.39	4.34	4.16	3.60	4.80	4.83	4.56	4.59	4.72	4.23
Ultimate Load (ตัน)	2.40	2.30	2.30	2.50	2.00	2.00	2.50	2.60	3.90	4.10
Compressive Strength (ksc)	301.87	292.73	291.94	317.92	254.96	251.90	316.96	312.18	495.69	512.42

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B131	B132	B133	B134	B135	B141	B142	B143	B144	B145
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.98	5.33	5.69	6.00	6.15	6.20	5.92	6.20	5.82	6.57
น้ำหนัก (กรัม)	220.10	200.20	216.02	230.09	236.71	231.40	221.58	231.75	218.70	248.53
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	97.23	86.66	92.52	97.56	100.00	100.81	96.26	100.81	94.63	106.83
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	210.68	192.15	207.45	221.13	227.52	220.91	211.85	221.41	209.57	238.07
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,166.75	2,217.18	2,242.27	2,266.65	2,275.26	2,191.35	2,200.87	2,196.31	2,214.59	2,228.57
ปริมาณความชื้น (กรัม)	9.42	8.05	8.57	8.96	9.19	10.49	9.73	10.34	9.13	10.46
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.47	4.19	4.13	4.05	4.04	4.75	4.59	4.67	4.36	4.39
Ultimate Load (ตัน)	2.40	2.50	2.60	3.40	3.00	3.40	2.00	2.50	2.80	4.00
Compressive Strength (ksc)	303.94	302.51	331.89	430.38	378.18	428.00	253.72	314.71	356.16	498.41

ผ.ง.16

ตารางที่ ผ.ง.2. แสดงผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด , หน่วยน้ำหนัก , ปริมาณความชื้น ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B151	B152	B153	B154	B155
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.40	5.38	5.80	5.70	6.12
น้ำหนัก (กรัม)	238.51	203.51	222.71	216.79	234.54
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตรแทนที่น้ำ (ซม.^{3})	104.06	87.48	94.31	92.68	99.51
น้ำหนักหลังอบแห้ง (กรัม)	227.70	194.70	214.09	207.69	225.36
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,188.12	2,225.72	2,270.16	2,240.93	2,264.71
ปริมาณความชื้น (กรัม)	10.81	8.81	8.62	9.10	9.18
เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	4.75	4.52	4.03	4.38	4.07
Ultimate Load (ตัน)	3.40	2.30	3.00	2.80	3.30
Compressive Strength (ksc)	425.65	277.92	381.82	357.34	416.34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ ผ.ง.3. แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ

ตัวอย่างที่	A161	A162	A163	A164	A165	A171	A172	A173	A174	A175
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	-	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.91	5.65	5.82	5.90	-	5.90	5.72	5.76	5.78	5.86
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	-	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตร (ซม.^{3})	96.09	91.87	94.63	95.93	-	95.93	93.01	93.66	93.98	95.28
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	204.95	200.47	207.74	208.55	-	204.63	203.49	205.25	209.96	215.48
น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	214.09	209.72	216.61	216.55	-	213.59	212.55	213.19	216.77	222.09
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,132.79	2,182.17	2,195.25	2,173.93	-	2,133.07	2,187.93	2,191.53	2,234.07	2,261.50
ปริมาณการดูดซึมน้ำ (กรัม)	9.14	9.25	8.87	8.00	-	8.96	9.06	7.94	6.81	6.61
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	4.46	4.61	4.27	3.84	-	4.38	4.45	3.87	3.24	3.07

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตารางที่ ผ.ง.3. แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A181	A182	A183	A184	A185	A191	A192	A193	A194	A195
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	-	4.55
สูง (ซม.)	5.74	5.56	5.57	5.70	6.12	6.20	5.77	5.88	-	6.08
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	-	16.26
ปริมาตร (ซม.^{3})	93.33	90.40	90.57	92.68	99.51	100.81	93.82	95.61	-	98.86
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	195.68	193.42	195.94	201.71	216.58	215.88	204.81	210.13	-	220.43
น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	205.87	203.31	205.20	209.35	224.94	224.43	212.86	218.43	-	227.78
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,096.63	2,139.51	2,163.49	2,176.41	2,176.48	2,141.45	2,183.04	2,197.85	-	2,229.74
ปริมาณการดูดซึมน้ำ (กรัม)	10.19	9.89	9.26	7.64	8.36	8.55	8.05	8.30	-	7.35
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	5.21	5.11	4.73	3.79	3.86	3.96	3.93	3.95	-	3.33

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีพ.ศ. 2559

ตารางที่ ผ.ง.3. แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่างที่	A201	A202	A203	A204	A205
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	5.98	5.62	5.69	6.00	6.35
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตร (ซม.^{3})	97.23	91.38	92.52	97.56	103.25
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	208.81	196.88	199.53	206.22	225.30
น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	221.27	206.37	208.60	216.94	234.29
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,147.52	2,154.53	2,156.67	2,113.81	2,182.10
ปริมาณการดูดซึมน้ำ (กรัม)	12.46	9.49	9.07	10.72	8.99
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	5.97	4.82	4.55	5.20	3.99

ตารางที่ ผ.ง.4. แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก

ตัวอย่างที่	B161	B162	B163	B164	B165	B171	B172	B173	B174	B175
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.31	5.20	5.98	5.93	6.50	6.13	5.95	5.86	5.98	6.64
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตร (ซม.^{3})	102.60	84.55	97.23	96.42	105.69	99.67	96.75	95.28	97.23	107.96
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	219.92	182.95	212.39	214.25	236.76	218.37	210.54	209.25	213.14	240.60
น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	229.87	191.14	221.33	223.45	244.98	229.02	220.22	218.07	220.83	250.06
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,143.50	2,163.80	2,184.34	2,222.05	2,240.18	2,190.89	2,176.23	2,196.12	2,192.05	2,228.51
ปริมาณการดูดซึมน้ำ (กรัม)	9.95	8.19	8.94	9.20	8.22	10.65	9.68	8.82	7.69	9.46
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	4.52	4.48	4.21	4.29	3.47	4.88	4.60	4.22	3.61	3.93

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ตารางที่ ผ.ง.4. แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B181	B182	B183	B184	B185	B191	B192	B193	B194	B195
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.17	5.63	6.10	5.76	6.38	6.27	5.95	5.63	5.89	6.36
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตร (ซม.^{3})	100.32	91.54	99.18	93.66	103.74	101.95	96.75	91.54	95.77	103.41
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	214.31	196.41	216.44	205.51	223.28	215.62	192.43	202.85	208.25	229.29
น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	224.18	204.55	224.99	215.00	234.02	226.40	201.49	212.49	216.63	237.32
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,136.21	2,145.57	2,182.20	2,194.31	2,152.37	2,114.99	1,989.04	2,215.92	2,174.49	2,217.25
ปริมาณการดูดซึมน้ำ (กรัม)	9.87	8.14	8.55	9.49	10.74	10.78	9.06	9.64	8.38	8.03
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	4.61	4.14	3.95	4.62	4.81	5.00	4.71	4.75	4.02	3.50

ตารางที่ ผ.ง.4. แสดงผลการทดสอบหาปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีต และหน่วยน้ำหนัก
ของตัวอย่างที่ทำการบ่มด้วยพลาสติก (ต่อ)

ตัวอย่างที่	B201	B202	B203	B204	B205
เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55
สูง (ซม.)	6.12	5.80	5.94	6.00	5.87
พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
ปริมาตร (ซม.^{3})	99.51	94.31	96.58	97.56	95.44
น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	212.34	205.95	210.29	211.29	207.02
น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	222.00	213.33	218.74	219.95	214.94
ความหนาแน่น (กก./เมตร^3)	2,133.87	2,183.84	2,177.31	2,165.78	2,169.01
ปริมาณการดูดซึมน้ำ (กรัม)	9.66	7.38	8.45	8.66	7.92
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	4.55	3.58	4.02	4.10	3.83

คำอธิบายสัญลักษณ์แทนตัวอย่างคอนกรีต

สัญลักษณ์ตัวแรก A แทนตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มด้วยวิธีขังน้ำ B แทนตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มด้วยพลาสติก

สัญลักษณ์ตัวที่ 2 และ 3 แสดงถึงหมายเลขของแท่งคอนกรีตทดสอบ (01-20)

สัญลักษณ์ตัวที่ 4 แสดงถึงระดับชั้นของคอนกรีตจากผิวบน เช่น 1 แทนตัวอย่างคอนกรีตที่ระดับ 0-6 ซม.จากผิวบน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ