รายงานการวิจัย

โครงการ

พฤติกรรมของคอนกรีตที่ถูกน้ำขณะเริ่มก่อตัว

โดย

นายสมศักดิ์	ตะพานวงศ์	เลขที่ 31.1309
นายสุเทพ	จิรนิรามัย	เลขที่ 31.1349

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT ปีการศึกษา 2534

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007720

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

....

(อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

กรรมการวัดผลโครงงาน :

..................................กรรมการ

(ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

..................................กรรมการ

(อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงศ์)

..................................กรรมการ

(อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

..................................กรรมการ

(อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล)

..................................กรรมการ

(อาจารย์ เกษม อมันตกุล)

..................................กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ)

..................................อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

..............................กรรมการ

(อาจารย์ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์)

สกุล ห่อวโนทยาน

..............................กรรมการ

(อาจารย์ สกุล ห่อวโนทยาน)

..............................กรรมการ

(อาจารย์ วิบูลย์ วพิญาณ)

แดง เหรียญสุวรรณ

..............................กรรมการ

(อาจารย์ ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

..............................กรรมการ

(อาจารย์ จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	พฤติกรรมของคอนกรีตที่ถูกน้ำขณะเริ่มก่อตัว (EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE)
โดย	นาย สมศักดิ์ ตะพานวงศ์ นาย สุเทพ จิรนิรามัย
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตถูกน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ กันภายหลังจากการผสมเสร็จ โดยเริ่มที่เวลา 0, 1/4, 1/2, 1, 2 และ 4 ชั่วโมง หลังจากการผสมเสร็จ โดยในการทดลองครั้งแรกใช้โม่ผสมคอนกรีต และใช้ตัวอย่างคอนกรีต ทำการทดสอบกำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน โดยการออกแบบส่วนผสมมีกำลังอัด 250 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้แบบหล่อรูปทรงกระบอก สำหรับในการทดลองครั้งที่สองจะใช้ Ready Mix Concrete ของบริษัทนครหลวงคอนกรีตจำกัด และใช้ตัวอย่างคอนกรีตทำการทดสอบกำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน โดยการออกแบบส่วนผสมมีกำลังอัด 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยใช้แบบหล่อรูปลูกบาศก์

ผลจากการวิจัยพบว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ถูกน้ำหลังจากที่ทิ้งไว้ที่เวลาต่าง ๆ กัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดคอนกรีตมาตรฐานหลังจากการผสมเสร็จ ไม่ทำให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเสียหายไป จากที่ได้ออกแบบกำลังไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

บริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็ด้วยการสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ทั้งการให้ความรู้ และข้อเสนอแนะ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความสนใจ เอาใจใส่และให้การเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์ นอกจากนี้ท่านยังได้ให้ความรู้และตรวจสอบแก้ไขปริญญานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณบริษัท นครหลวงคอนกรีต จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่, แบบหล่อ และข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ได้ช่วยให้ความสะดวกและคอยช่วยเหลือ ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

สมศักดิ์ ตะพานวงศ์

สุเทพ จิรนิรามัย

นักศึกษาผู้ประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
หน้าอนุมัติ		ก
บทคัดย่อ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ปัญหาที่ทำให้ต้องศึกษา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2	ทฤษฎีทั่วไปของคอนกรีต	4
	2.1 คุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีต	4
	2.2 หน้าที่ของส่วนประกอบและความเกี่ยวข้องของคอนกรีต	5
	2.3 การทำคอนกรีต	8
	2.4 ซีเมนต์	8
	2.5 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์	9
	2.6 การก่อตัวและเวลาการก่อตัว	10
	2.7 กระบวนการแข็งตัว	12
	2.8 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	14
	2.9 การบ่ม	15
	2.10 การหดตัวและการพองตัว	17
บทที่ 3	การเตรียมตัวอย่างและการดำเนินการทดสอบ ตอนที่ 1	20
	3.1 คุณสมบัติของวัสดุและสิ่งที่ต้องพิจารณา	20
	3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
	3.3 การเตรียมตัวอย่าง	21
	3.4 การดำเนินการทดสอบ	22
บทที่ 4	ตารางผลการทดลอง ตอนที่ 1 และรูปประกอบ	23
	4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตเมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ	24
	4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ	27
	4.3 รูปภาพประกอบ	29
บทที่ 5	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองตอนที่ 1	
	5.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	35
	5.2 การวิเคราะห์ผลของการซึมของน้ำสี ในเนื้อคอนกรีตขณะหล่อเสร็จ	36
	5.3 สรุปผลการทดลอง	37
บทที่ 6	การเตรียมตัวอย่างและการดำเนินการทดสอบตอนที่ 2	38
	6.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ	38
	6.2 การเตรียมตัวอย่าง	38
	6.3 การดำเนินการทดสอบ	40
บทที่ 7	ตารางผลการทดลองตอนที่ 2 และรูปประกอบ	41
	7.1 ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตเมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ	42
	7.2 กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตเมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ	50
	7.3 รูปภาพประกอบ	62
บทที่ 8	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองตอนที่ 2	69
	8.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

8.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุ 14 วัน 70

8.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุ 21 วัน 71

8.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน 72

8.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ตอนที่ 2 73

8.6 สรุปผลการทดลอง 76

ภาคผนวก 77

Mix Design ตอนที่ 1 78

Mix Design ตอนที่ 1 79

การทดสอบมวลรวมและส่วนขนาดคละ 80

บรรณานุกรม 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการก่อสร้างทั่วไปมักจะใช้โครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งนั้น ทั้งนี้เพราะมีความแข็งแรง ทนทาน และราคาค่อนข้างถูก เมื่อเทียบกับวัสดุอื่นที่ให้ความคงทนใกล้เคียงกัน โดยเหล็กก็จะทำหน้าที่รับแรงดึง ส่วนคอนกรีตจะทำหน้าที่รับแรงอัด ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของคอนกรีต

องค์ประกอบของคอนกรีตที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมีหลายประการด้วยกัน เช่น ชนิดของปูนซีเมนต์ ขนาดคละของวัสดุผสม อัตราส่วนผสมของคอนกรีตและอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ส่วนผลกระทบภายนอก ที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต ก็มีหลายประการ เช่น การควบคุมการผสม อุณหภูมิ การขนส่ง การบ่มคอนกรีต และการทำคอนกรีตให้แน่น

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการศึกษาถึงผลกระทบภายนอก เพื่อใช้ประกอบในการพิจารณาการเทคอนกรีตโครงสร้างทั่วไป ปัญหาเรื่องน้ำที่มากระทบคอนกรีตขณะก่อตัวก็เป็นผลกระทบจากภายนอกปัญหาหนึ่งที่จะต้องนำมาศึกษาเช่นกัน

1.1 ปัญหาที่ทำให้ต้องศึกษา

งานในการเทคอนกรีตในสนามจริงนั้น มักจะมีปัญหาต่าง ๆ มากมายที่เป็นอุปสรรคในการทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตที่เทไป เช่น ความล่าช้าอันเนื่องมาจากการลำเลียงคอนกรีต สภาพอากาศและอุณหภูมิขณะเทคอนกรีต ความแน่นของเหล็กเสริม และระยะเวลาในการสั่นหรือจี้คอนกรีตให้แน่น

ในงานสนามก่อสร้างจริง จะมีปัญหาหนึ่งที่เป็นข้อสงสัยกันว่าจะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างไรหรือไม่ นั่นก็คือ ผลกระทบของน้ำที่ถูกคอนกรีตภายหลังหล่อเสร็จ ซึ่งปัญหานี้จะเป็นได้ในหลายกรณี เช่น การทำตอม่อของสะพานหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะในได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างอื่น ๆ ที่อยู่กลางน้ำซึ่งถ้าแบบหล่อเกิดรั่วทำให้คอนกรีตที่เทเสร็จถูกน้ำ การเทคอนกรีตในเสาเข็มเจาะ ฝนตกภายหลังเทคอนกรีตเสร็จหรือแม้กระทั่งการเกิดน้ำท่วมฉับพลันขณะก่อสร้างฐานราก

บัญหาเหล่านี้จึงเป็นบัญหาที่ทำให้เป็นที่สงสัยกันในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญว่ากำลังของคอนกรีตจะเสียหายหรือไม่ ซึ่งในเรื่องนี้ยังไม่มีการวิจัยกันอย่างจริงจัง จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาในรายละเอียดในเรื่องนี้เพื่อใช้อ้างอิงกับงานจริงได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ ไปเปรียบเทียบกับผลข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างมาตรฐานว่ามีผลอย่างไร

1.2.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ได้ทำการถูกน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ ว่ามีผลอย่างไร

1.2.3 เพื่อนำไปวิเคราะห์คอนกรีตที่ถูกน้ำ ณ เวลาต่าง ๆ เหมาะสมที่ใช้เป็นโครงสร้างต่อไปหรือไม่

1.2.4 เพื่อประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพของคอนกรีต

1.3 ขอบเขตการศึกษา

จะทำการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ถูกน้ำ หลังจากหล่อเสร็จ ณ เวลาที่แตกต่างกัน โดยจะมีการแบ่งการทดลองเป็น 2 ครั้ง ในการทดลองครั้งแรกจะทำการศึกษากำลังอัดของคอนกรีต ที่ 250 กก/ซม^2 ตามลำดับซึ่งการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตอายุ 28 วัน จากการหล่อตัวอย่างโดยใช้แบบ Cylinder ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. โดยจะหากำลังอัดของคอนกรีตที่ถูกน้ำหลังจากหล่อเสร็จในช่วงเวลา 0, 1/4, 1/2, 1,2 และ 4 ชั่วโมง โดยในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดจะใช้แบบตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีอีก 1 ชุด ที่ใช้เป็นตัวอย่างมาตรฐานอีก 3 ตัวอย่าง รวมจะใช้ตัวอย่างการทดลองส่วนแรกทั้งหมด 21 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองครั้งที่ 2 จะทำการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ 280 กก/ซม² ตามลำดับซึ่งการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตอายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน จากการหล่อตัวอย่างโดยใช้แบบ cube ขนาดความกว้าง ยาว และสูง 15 ซม. โดยจะหากำลังอัดของคอนกรีตที่ถูกนำหลังจากหล่อเสร็จในช่วงเวลา 0, 1/4, 1/2, 1, 2 และ 4 ชั่วโมง โดยในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดจะใช้แบบตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบคอนกรีตที่มีอายุ 28 วัน อีก 1 ชุดต่อการผสมแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีทั่วไปของคอนกรีต

2.1 คุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุประกอบ (Composite material) อันประกอบด้วยมวลรวมหยาบฝังในวัสดุเชื่อมต่อ (matrix) ซึ่งอาจเป็นซีเมนต์หรือวัสดุเชื่อมโยง (binder) อื่น ๆ มวลรวมหยาบมักเป็นวัสดุใดที่หามาได้ไม่ยากนักจากธรรมชาติ เช่น หิน หรือกรวด ส่วนซีเมนต์เป็นสารประกอบเคมีหลาย ๆ ชนิดรวมกัน ซีเมนต์เป็นศัพท์รวม หมายถึงตัวเชื่อมโยงทุกชนิดวิศวกรรโยธาในปัจจุบันมักจะต้องใช้คอนกรีตปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (portland cement concrete) และคอนกรีตอีพอกซี่ (Epoxy concrete) ซึ่งมีซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement) และอีพอกซี่ (epoxy) เป็นตัวเชื่อมโยงตามลำดับ คอนกรีตเป็นศัพท์กว้าง ๆ มีความหมายดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ความนิยมใช้คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น ก็เนื่องมาจากความสามารถในการใช้งานได้อย่างกว้างขวาง สำหรับประเทศไทยซึ่งมีวัตถุดิบทุกอย่างที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์อย่างสมบูรณ์ แต่ปูนซีเมนต์ก็ยังขาดตลาด ทั้งนี้เหตุผลสำคัญอันหนึ่งก็เนื่องมาจากการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมการก่อสร้างซึ่งหันมานิยมใช้คอนกรีตมากขึ้นทุกที ข้อดีและข้อเสียของคอนกรีตมีพอสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คำนิยมของคอนกรีต

คอนกรีต	=	ตัวเติม (filler)	+	ตัวเชื่อมโยง
คอนกรีตปอร์ตแลนด์ซีเมนต์	=	มวลรวม (ละเอียดและหยาบ)	+	ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์เพสต์
มอร์ต้าร์	=	มวลรวมละเอียด	+	เพสต์
เพสต์	=	ซีเมนต์	+	น้ำ

ข้อดี	ข้อเสีย
สามารถหล่อตามรูปร่างที่ต้องการ	มีกำลังดึงต่ำ
ราคาประหยัด	มีความยืดตัวต่ำ
มีความคงทนสูง	มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร
ทนไฟได้	มีอัตรากำลังต่อน้ำหนักต่ำ
สามารถเทหล่อได้ในสถานที่ก่อสร้าง	
มีความสวยงาม	

2.2 หน้าที่ของส่วนประกอบความเกี่ยวข้องระหว่างคุณสมบัติของส่วนประกอบของคอนกรีต

2.2.1 ซีเมนต์เพสต์ (cement paste)

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์มีกว้าง ๆ ดังนี้

ก. เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตเหลว (Fresh concrete) ขณะเทหล่อคอนกรีต

ข. ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อแข็งตัวและป้องกันการซึมของน้ำ คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณภาพของซีเมนต์
- สัดส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์
- ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาเคมี การรวมตัวระหว่างน้ำและซีเมนต์ หรือที่เรียกว่า ไฮเดรชั่น (Hydration) ไฮเดรชั่นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ อุณหภูมิ และความชื้นของสภาพแวดล้อม

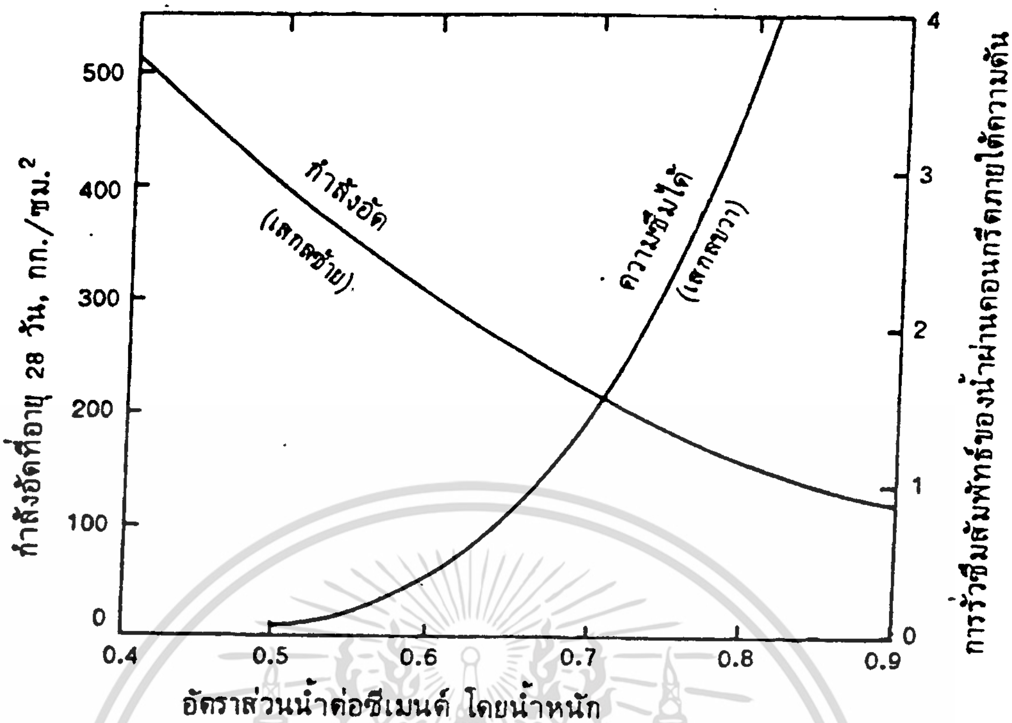
ค. องค์ประกอบของเพสท์

เนื่องจากเพสท์เป็นตัวหุ้มและกันอนุภาคของมวลรวมแต่ละเม็ดให้ออกห่างจากกัน กำลังของคอนกรีตจึงขึ้นอยู่กำลังของเพสท์นั้นเอง เพสท์จะป้องกันไม่ให้มวลรวมขัดกัน และดังนั้นจึงไม่ได้ช่วยให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีกำลังสูงขึ้นแต่อย่างใด หน่วยแรงต่าง ๆ ก็ดีน้ำที่ไหลซึมก็ดี หรือสิ่งประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับลมฟ้าอากาศก็ดีจะต้องกระทำผ่านเพสท์นี้ สารประกอบบางอย่างในเพสท์ที่แข็งตัวแล้วนี้อาจจะละลายน้ำได้ และอัตราการละลายส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเพสท์ ถ้าเพสท์ยิ่งแน่นอัตราการละลายก็ยิ่งช้าลง ฉะนั้นเพสท์จะต้องแข็งแรงและแน่น โดยเฉพาะในงานคอนกรีตที่ต้องแช่งน้ำอยู่ตลอดเวลา

กำลังและความแน่นของเพสท์ส่วนใหญ่ ขึ้นอยู่กับปริมาณแรกเริ่มของน้ำ ซึ่งบรรจุอยู่ในช่องว่างรอบเม็ดซีเมนต์ (ดูรูปที่ 2.1) และขึ้นอยู่กับขนาดของปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำ ปริมาณน้ำซึ่งบรรจุในช่องว่างนี้ปกติระบุในรูปของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และต้องกำหนดให้มีการบ่ม เพื่อเป็นหลักประกันว่าอย่างน้อยที่สุดจะต้องได้ปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับน้ำตามที่ต้องการ

อัตราส่วนซีเมนต์ต่อน้ำนี้ เดิมมักระบุเป็นปริมาตรของน้ำเป็นลิตรต่อซีเมนต์หนึ่งถุง แต่ปัจจุบันใช้วิธีที่ดีกว่าคือระบุเป็นน้ำหนักคือ กิโลกรัมของน้ำต่อซีเมนต์หนึ่งกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำจะมีกำลังมากกว่าและจะกันน้ำซึมได้ดีกว่ารูปนี้ใช้สำหรับ แสดงประกอบเพื่อให้เห็นรูปร่างของเส้นโค้งเท่านั้น ค่าต่าง ๆ จะผิดไปตามชนิดของวัสดุและสภาพของการทดสอบ

2.2.2 <u>มวลรวม</u> (Aggregate)

คุณสมบัติของมวลรวม

ก. เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ (ประมาณ 75% โดยปริมาตร) ซึ่งมีราคาถูก

ข. เป็นมวลกลุ่มก้อน ซึ่งสามารถต้านทานแรงกระทำ แรงเสียดสี และป้องกันการซึมของน้ำ

ค. มีการเปลี่ยนแปลงบริมาตรต่ำ

คุณสมบัติของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่าง ๆ ของมวลรวมดังนี้

ก. คุณสมบัติของแร่ธาตุที่ประกอบเป็นมวลนั้น ๆ ซึ่งมีอิทธิพลต่อกำลังความคงทน ความยืดหยุ่น และเสถียรภาพของปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ข. ลักษณะผิวของมวลรวม ซึ่งมีผลต่อความยากง่ายในการเท

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

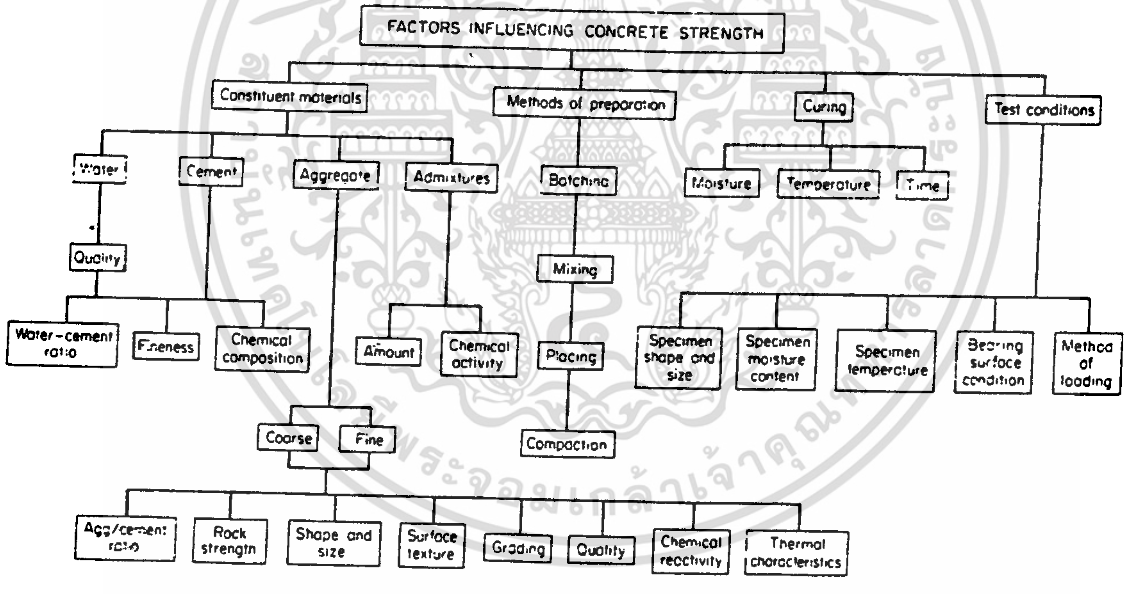
(Workability) ของคอนกรีตเหลว และกำลังการจับตัว (Bond strength) ระหว่างซีเมนต์เพสต์และมวลรวม

ค. ขนาดคละ ขนาดใหญ่ที่สุด และรูปร่างของมวลรวม ซึ่งมีผลต่อ Work-ability ความหนาแน่น และราคาของคอนกรีต

ง. ปริมาณรวมต่อปริมาตรของคอนกรีต ผลต่อราคาและการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร

2.3 การทำคอนกรีต

การทำคอนกรีตที่ดี ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ (ดังรูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 Factors affecting strength of concrete

2.4 ซีเมนต์

ข้อกำหนดมาตรฐานซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีอยู่ 5 ชนิดด้วยกัน ตามที่ได้กำหนดไว้ใน ASTM C 150 หรือมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย มอก. 15-2514 กล่าวได้โดยย่อมีดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดที่ 1 เป็นซีเมนต์อ[illegible]ทั่ว ๆ ไป และใช้ในงานส่วนมาก

ชนิดที่ 2 มีปริมาณไตรแคลเซี่ยม อลูมิเนท (C_3A) น้อยกว่าในชนิดที่ 1 และให้ความร้อนน้อยกว่าและมีความต้านทานสารพวกซัลเฟตได้สูงกว่า แต่ปริมาณ (C_3A) จะต้องไม่เกินร้อยละ 8

ชนิดที่ 3 เป็นซีเมนต์ที่ให้กำลังสูงในระยะแรก ผลิตโดยใช้การบดอย่างละเอียดและ/หรือเพิ่มปริมาณไตรแคลเซี่ยม ซิลิเคท (C_3S) และ (C_3A) ขึ้นอีก

ชนิดที่ 4 เป็นซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำ ทำขึ้นโดยใช้ C_3A) น้อย แต่ใช้ไตรแคลเซี่ยมซิลิเคท (C_3S) มาก ซีเมนต์ชนิดนี้ใช้กันมากในการก่อสร้างพวกคอนกรีตหลา เนื่องจากให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำกว่าขณะแข็งตัว

ชนิดที่ 5 เป็นชนิดที่ต้านทานซัลเฟตได้ดี เพราะมีปริมาณ C_3A น้อยมาก ปกติไม่เกินร้อยละ 5 แต่ถ้าจะให้ดีไม่ควรให้เกินร้อยละ 4

2.5 ปฏิกริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์

เมื่อผสมซีเมนต์และน้ำเข้าด้วยกัน สารประกอบจะเริ่มทำปฏิกิริยาเคมีได้สารประกอบใหม่แข็งตัวรวมกันในที่สุด เราเรียกปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบเหล่านี้และน้ำรวม ๆ กันว่า "ไฮเดรชั่น (Hydration)" และของแข็งที่เกิดขึ้นเรียกว่า Hydration prodicts ดังในตารางที่ 2.2 แสดงคุณลักษณะของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของสารประกอบแต่ละชนิดในซีเมนต์

ไฮเดรชั่นเป็นปฏิกิริยาชนิดที่ให้ความร้อน ดังนั้นจะมีความร้อนเกิดขึ้นในระหว่างที่คอนกรีตกำลังแข็งตัว ระดับอุณหภูมิภายในคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับการให้ความร้อนของปฏิกิริยาและอัตราการเย็นตัวลงของคอนกรีต อัตราความร้อนจากปฏิกิริยา เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเคมีซีเมนต์เข้าใจถึงลักษณะของปฏิกิริยาได้ดีขึ้น และป้องกันผลเสียจากการหดตัวของคอนกรีตเมื่ออุณหภูมิลดลง ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยแตกร้าวเพราะแรงดึงภายในที่เกิดขึ้นจากการหดตัวดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
007720

ตารางที่ 2.2 ลักษณะของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

ชนิดของสารประกอบ	อัตราความเร็วของปฏิกิริยา	ปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยา	ผลต่อคุณภาพของซีเมนต์	
			กำลัง	ความร้อน
C_3S	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	สูง
C_3S	ช้า	ต่ำ	ต่ำในระยะต้น สูงในระยะยาว	ต่ำ
$C_3S + CSH_2$	เร็ว	สูงมาก	ต่ำ	สูงมาก
$C_3 + CSH_2$	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง

2.6 การก่อตัวและเวลาการก่อตัว (Setting and setting time)

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมรวมกันกับน้ำจะได้ซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) มีลักษณะนุ่มเหลว ปั้นง่าย ถ้าปล่อยทิ้งไว้โดยไม่รบกวน ในไม่ช้าซีเมนต์เพสต์จะสูญเสียความไม่คืนตัว และถึงสถานะที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้โดยปราศจากการแตกหัก การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่าการก่อตัวและการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ ตามปกติการก่อตัวเป็นก้อนแข็งในเวลาสามชั่วโมง ซึ่งเกิดการแข็งตัวตามมา โดยอาจใช้เวลาเป็นเดือน หรือเป็นปี ซึ่งขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างซีเมนต์กับน้ำ

ระยะเวลาการก่อตัว (Time of setting) หมายถึง เวลาที่ส่วนผสมของปูนซีเมนต์และน้ำใช้ในการเปลี่ยนจากสภาพเหลวไม่คืนตัว (Plastic state) เป็นก้อนแข็งการทดลองการก่อตัวแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ การก่อตัวครั้งแรก(Initial set) และการก่อตัวครั้งสุดท้าย (Final set) ซึ่งทดสอบโดยการทดสอบแบบไวแคต (Vicat test) หรือแบบกิลล์มอร์ (Gillmore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

test) ซึ่งหาได้จากการจมของแข็งที่มีขนาดและน้ำหนักตามที่กำหนดในมาตรฐาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.15-2514/2517 ประเภทหนึ่งได้กำหนดไว้ว่าระยะเวลาการก่อตัวครั้งแรกจะต้องไม่น้อยกว่า 45 นาที และเวลาการก่อตัวครั้งสุดท้ายต้องไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง

โดยทั่วไปการก่อตัวจะเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำส่วนผสม และขนาดของอนุภาคของปูนซีเมนต์ ยังมีผลต่อระยะเวลาการก่อตัวอีก การผสมเปียก จะทำให้การก่อตัวช้ากว่าการผสมแห้ง ถ้าลดปริมาณยิบซั่มลง ระยะเวลาการก่อตัวจะน้อยลงอีก ปูนซีเมนต์ที่ละเอียดกว่าจะทำปฏิกิริยาทางเคมีเร็วขึ้น ทำให้การก่อตัวเร็วขึ้นด้วย

CEMENT TEST RESULTS (ASTM C 150)

CHEMICAL REQUIREMENTS		ASTM	Requirements	Test Results
Silicon dioxide	(SiO_2),	min, per cent	--	22.7
Aluminum oxide	(Al_2O_3),	max, per cent	--	3.85
Ferric oxide	(Fe_2O_3),	max, per cent	--	5.15
Magnesium oxide	(MgO),	max, per cent	5.0	0.8
Sulfur trioxide	(SO_3),	max, per cent:		
When 3 CaO. Al_2O_3 is 8 per cent or less			2.3	2.17
When 3 CaO. Al_2O_3 is more than 8 per cent			--	
Loss on ignition,		max, per cent	3.0	1.4
Insoluble residue,		max, per cent	0.75	0.45
Tricalcium silicate	(3 $CaO.SiO_2$),	max, per cent	--	--
Dicalcium silicate	(2 $CaO.SiO_2$),	max, per cent	--	--
Tricalcium aluminate	(3 $CaO.Al_2O_3$),	max, per cent	5.0	1.5
Tetracalcium aluminoferrite plus twice the tricalcium aluminate [4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 +2 (3CaO.Al_2O_3)], or solid solution (4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 + 2CaO.Fe_2O_3), as applicable,		max, per cent	20.0	19.0

PHYSICAL REQUIREMENTS	ASTM	Requirements	Test Results
Fineness, specific surface, sq cm per g:			
Air permeability test:			
Average value,	min	2800	3110
Minimum value, any one sample		2600	
Soundness:			
Autoclave expansion,	max, per cent	0.80	-0.04
Time of setting: Vicat test:			
Set, min, not less than		45	3 hr.
Air content of mortar, prepared and tested in accordance with Method C 185, max, per cent by volume, less than		12	7.1
Compressive strength:			
Mortar cubes, in accordance with Method C 109:			
1 day in moist air, 6 days in water, min, kg per sq cm		105	145
1 day in moist air, 27 days in water, min, kg per sq cm		211	271

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 กระบวนการแข็งตัว

รายละเอียดของกระบวนการก่อตัวและแข็งตัวของซีเมนต์ จะไม่กล่าวในที่นี้ตามที่รู้กันอยู่แล้วว่า ผลที่ได้จากปฏิกิริยาอันสำคัญก็คือ วัสดุที่ไม่มีรูปร่างแน่นอนอย่างหนึ่ง มีลักษณะคล้ายวุ้นที่เกิดจากน้ำและส่วนของเม็ดซีเมนต์ที่ละลาย ถ้ารักษาให้เพสท์ชื้นอยู่เสมอแล้ว กระบวนการนี้ซึ่งหมายถึงส่วนผสมของซีเมนต์และส่วนของวุ้นที่ตกตะกอนจะดำเนินต่อไปจนกระทั่งไม่มีซีเมนต์เหลืออีก หรือจนกระทั่งช่องว่างทั้งหมดในเพสท์เต็มไปด้วยสารที่เกิดจากปฏิกิริยานั้นทั้งหมดแล้วในส่วนผสมคอนกรีตธรรมดา ซีเมนต์จะเป็นตัวจำกัดขอบเขตของกระบวนการ

ถ้าไม่รักษาให้เพสท์นั้นชื้นอยู่ตลอดเวลา ปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำจะหยุดเมื่อน้ำได้ระเหยหนีออกจากเพสท์หมดแล้ว ฉะนั้น การบ่มให้เพียงพอนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก

ยังไม่มีการกำหนดปริมาณของน้ำต่อหน่วยของซีเมนต์สำหรับการแข็งตัวที่พอเหมาะของซีเมนต์เพสท์ เพียงแต่ให้เพสท์นั้นอยู่ในสภาพอิ่มตัวหรือใกล้จะอิ่มตัวอยู่เสมอก็พอแล้ว

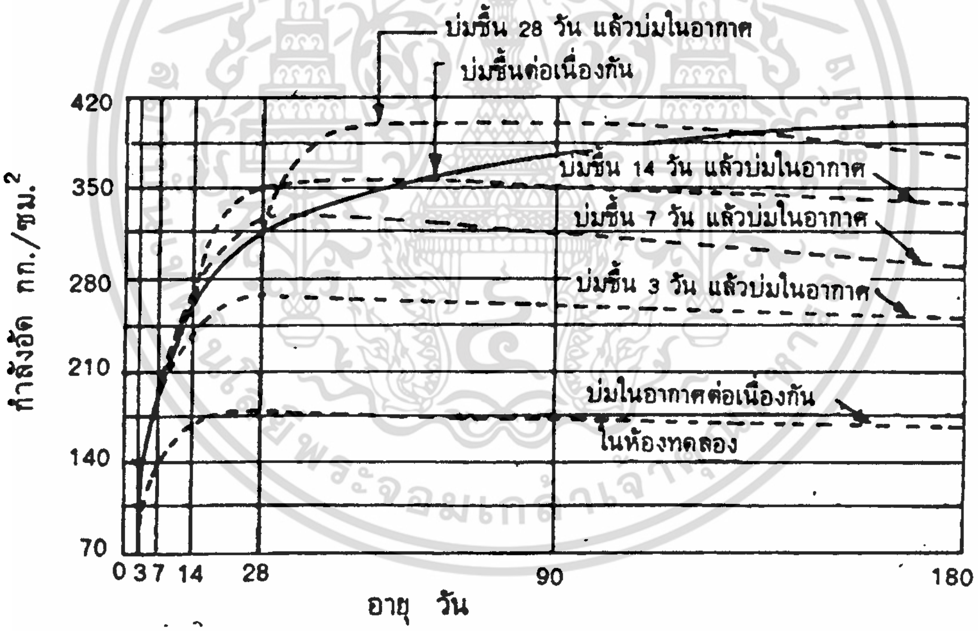
เวลาที่ต้องการสำหรับการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำอย่างสมบูรณ์นั้นขึ้นอยู่กับบริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม ชนิดของซีเมนต์และอุณหภูมิโดยรอบบริเวณและสำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต่ำกว่า 0.55 โดยน้ำหนักจะขึ้นกับการให้น้ำจากภายนอกด้วย ถ้าบ่มคอนกรีตที่ใช้กันตามธรรมดาเป็นเวลาหนึ่งเดือนโดยให้อยู่ในสภาวะมาตรฐานของห้องทดลอง จะพบว่าซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำกว่าร้อยละ 80 อย่างไรก็ดีตามสภาพในสนามคอนกรีตจะแห้งภายในไม่กี่วัน หลังจากนั้นซีเมนต์ยังคงทำปฏิกิริยากับน้ำต่อไปได้โดยอาศัยน้ำซึมมาจากใต้ดิน หรือจากความชื้นในขณะฝนตกหรือในขณะที่ความชื้นในอากาศสูง ดังนั้น ภายใต้ภาวะแวดล้อมธรรมดาการทำปฏิกิริยาของซีเมนต์กับน้ำจะยังคงมีต่อไปอีกหลายปีทีเดียว

อัตราการเพิ่มกำลังแตกต่างกับอัตราการทำปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิบกติปฏิกิริยาขั้นแรกจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงขึ้นเล็กน้อย แต่ภายใต้สภาวะมาตรฐานในห้องทดลองพบว่าสำหรับซีเมนต์ชนิดที่ 1 และที่ 2 ประมาณครึ่งหนึ่งของกำลังอัดสูงสุดจะเกิดขึ้นภายในสัปดาห์แรก และประมาณสามในสี่ภายในเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรก เนื่องจากกำลังคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นตามอัตราทำปฏิกิริยาของซีเมนต์ ดังนั้นถ้าคอนกรีตแห้งลงปฏิกิริยาของซีเมนต์ตลอดจนการเพิ่มกำลังจะหยุดทันที (ดูรูปที่ 2.3) ในฤดูหนาวความแห้งอาจกลับมีประโยชน์ เพราะว่าคอนกรีตที่อิ่มตัวมักจะได้รับการเสียหายจากการเยือกแข็ง

ถ้าอุณหภูมิโดยรอบสูงขึ้นอัตราการทำปฏิกิริยาก็จะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังมีผลต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของผลที่ได้จากปฏิกิริยานี้ด้วย อุณหภูมิโดยรอบยิ่งสูงผลก็จะมากขึ้นตาม แต่ที่อุณหภูมิธรรมดาผลที่ได้จากปฏิกิริยาของซีเมนต์จะเป็นรูปของสารคล้ายวุ้นเป็นส่วนใหญ่ เมื่อที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะกลายเป็นผลึกขนาดเล็กจำนวนมาก อุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นเท่าไร ปริมาณ "วุ้น" ต่อหน่วยซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยาแล้วจะน้อยลงเท่านั้น



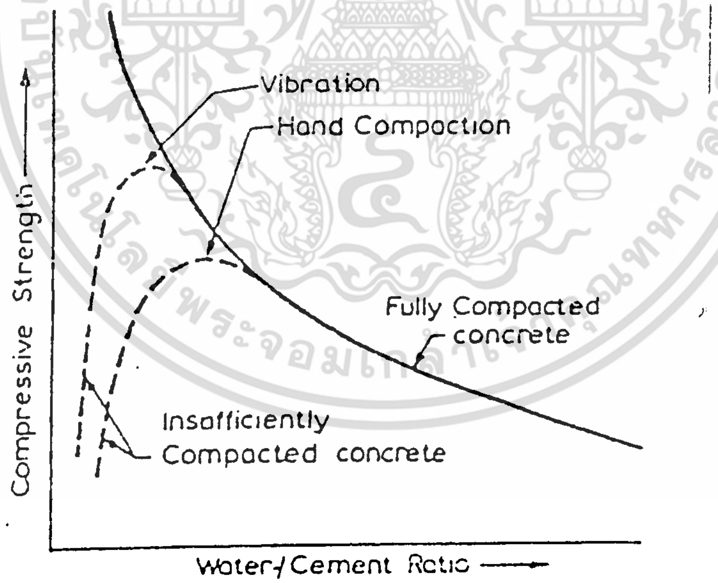
รูปที่ 2.3 ถ้าเก็บคอนกรีตไว้ให้ชื้นอยู่เสมอ จะทำให้ได้กำลังสูงขึ้นโดยเฉพาะในระยะแรก ๆ ส่วนผสมซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.50 โดยน้ำหนักมีการยุบ 9 ซม. อากาศร้อยละ 4 ทรายร้อยละ 36 และปริมาณซีเมนต์ 330 กก./ม.^{3} ชิ้นตัวอย่างได้ทำให้แห้งในห้องทดลองภายหลังจากบ่มชื้นมาแล้ว

การเปลี่ยนแปลงของวุ้นที่เกิดจากอุณหภูมิสูง จะทำให้แรงอัดสูงสุดของคอนกรีตต่ำลงนอกจากนั้นยังลดการหดตัวอันเนื่องมาจากแห้งของคอนกรีตอีกด้วย

ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water-cement ratio)

กำลังของคอนกรีตสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลง กฎของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (The water-cement ratio law) ถูกกำหนดขึ้นเป็นครั้งแรก โดยศาสตราจารย์ชาวอเมริกันผู้หนึ่ง ชื่อ Abrams เมื่อ ค.ศ.1918 ว่า "เมื่อให้วัสดุคอนกรีตและเงื่อนไขของการทดสอบ ปริมาณของน้ำจะใช้เป็นตัวกำหนดกำลังของคอนกรีต ถ้ามากจะทำให้การเทได้ง่ายแต่กำลังของคอนกรีตจะน้อย"



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดของคอนกรีตกับค่าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นว่ายิ่งอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยลง กำลังคอนกรีตจะสูงขึ้น แต่การเทคอนกรีตจะทำได้ยากขึ้นด้วย ฉะนั้นการใช้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ก็ต้องคำนึงถึงขนาดโครงสร้าง ระยะห่างของเหล็กเสริม และความสามารถเทได้ (Workability)

หน้าที่ของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต คือ

1. ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อปูนซีเมนต์จะเข้าเกาะโดยรอบ และแข็งตัวยึดให้ติดกันได้

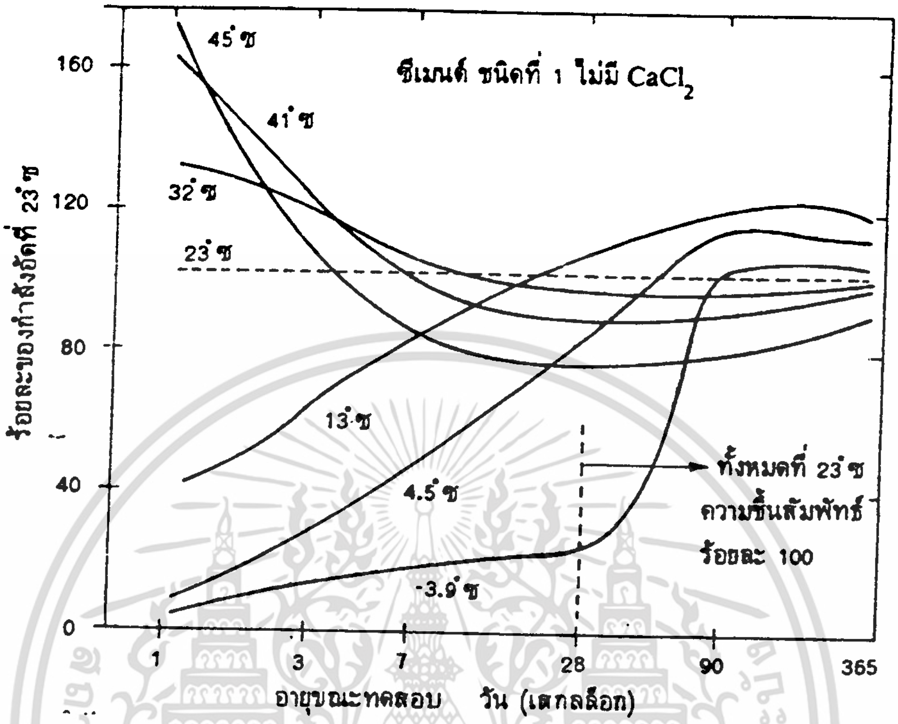
2. ทำหน้าที่หล่อลื่นในวัสดุทั้ง 3 อย่างนี้ เกิดความเหลว ความสามารถเทและกระทุ้งหรือเขย่าเข้าแบบหล่อให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้

3. ทำหน้าที่เข้าผสมกับปูนซีเมนต์ ทำปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดความร้อนที่เรียกว่า Heat of hydration ทำให้ผงซีเมนต์นั้นกลายเป็นวุ้น และเป็นซีเมนต์เหนียว ซึ่งเป็นตัวประสาทผิวระหว่างเม็ดของวัสดุผสม เกาะยึดแน่นเมื่อแข็งตัว

2.9 การบ่ม

การบ่มตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดเป็นการกระทำเพื่อป้องกันรอยร้าวที่ผิวของคอนกรีตอันเนื่องจากการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว ในขณะที่คอนกรีตยังมีลักษณะเหลวพอเทได้อยู่ และเป็นการทำให้ได้กำลังตามที่ต้องการด้วย ซีเมนต์ในคาน เสาและแผ่นพื้น ที่ไม่อยู่ติดกับดินชื้นอาจจะหยุดกระทำปฏิกิริยากับน้ำทันทีหลังจากที่หยุดบ่ม ถ้าหากองค์อาคารอยู่ในร่มไม่ถูกฝน ปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปได้ก็ต่อเมื่อมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 80 เท่านั้น ในทางตรงกันข้าม องค์อาคารที่ติดกับดิน เช่น กำแพงกันดินและแผ่นพื้นถนน ปฏิกิริยาจะดำเนินไปด้วยดีโดยไม่ต้องมีการบ่มนานนักสำหรับองค์อาคารเหล่านี้ จุดประสงค์อันสำคัญของการบ่มก็คือป้องกันการเสียน้ำเร็วเกินไป ซึ่งอาจเนื่องมาจากใต้ดินนั้นแห้งอยู่แล้วหรือโดยได้ความร้อนจากแสงอาทิตย์และลม และเพื่อให้ได้ความแข็งแรงในระยะแรกตามที่ต้องการด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ในระยะแรก ๆ อุณหภูมิขณะบ่มยิ่งสูงกำลังก็ยิ่งสูง อย่างไรก็ดีการใช้อุณหภูมิขณะบ่มสูงๆ นี้อาจจะทำให้ได้ความแข็งแรงต่ำในระยะต่อไปได้

เพื่อให้ได้อัตราการทำปฏิกิริยาเกิดสูงที่สุดในอุณหภูมิหนึ่งเพสท์ของซีเมนต์ควรจะอยู่ในสภาพอิ่มตัวที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นจึงควรให้น้ำเพื่อชดเชยส่วนที่ระเหยไปจากผิว และเพื่อจะเติมน้ำที่หายไปจากรูพรุนอันเนื่องมาจากกระบวนการทางเคมี ที่เรียกกันว่าการแห้งในตัวเอง (Self Desiccation) สำหรับส่วนผสมธรรมดาปริมาณน้ำสำหรับเติมส่วนที่ขาดไปเนื่องจากการแห้งในตัวเองนี้มีประมาณ 2 ลิตร ต่อซีเมนต์หนึ่งถุง (50 กก.) ระหว่างสัปดาห์แรก

ถ้าต้องการจะทำผิวของคอนกรีตสดให้ผนึกแน่นแล้ว จะต้องให้ผลของการแห้งในตัวเองหยุดปฏิกิริยาของเพสท์ ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำกว่า 20 ลิตรต่อซีเมนต์ 1 ถุง (0.4 โดยน้ำหนัก) ถ้าเพสท์มีปริมาณน้ำในตอนแรกสูง การแห้งในตัวเองจะไม่ถึงทำให้ปฏิกิริยาหยุดเสียทีเดียว เพียงแต่ทำให้ช้าลงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สารผนึกที่มีขายตามท้องตลาดในการบ่มนั้นจะมีข้อจำกัดเมื่อใช้กับส่วนผสมที่มีซีเมนต์มาก ๆ ยิ่งกว่านั้นสารเหล่านี้เพียงแต่ทำให้น้ำซึมช้าเท่านั้น แต่ไม่ใช่ผนึกแน่นอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ดีเมื่อใช้กับส่วนผสมที่มีอัตราส่วนธรรมดา อาจทำให้น้ำระเหยช้าลงพอที่จะทำให้คอนกรีตได้กำลังตามที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนดได้

2.10 การหดตัวและการพองตัว

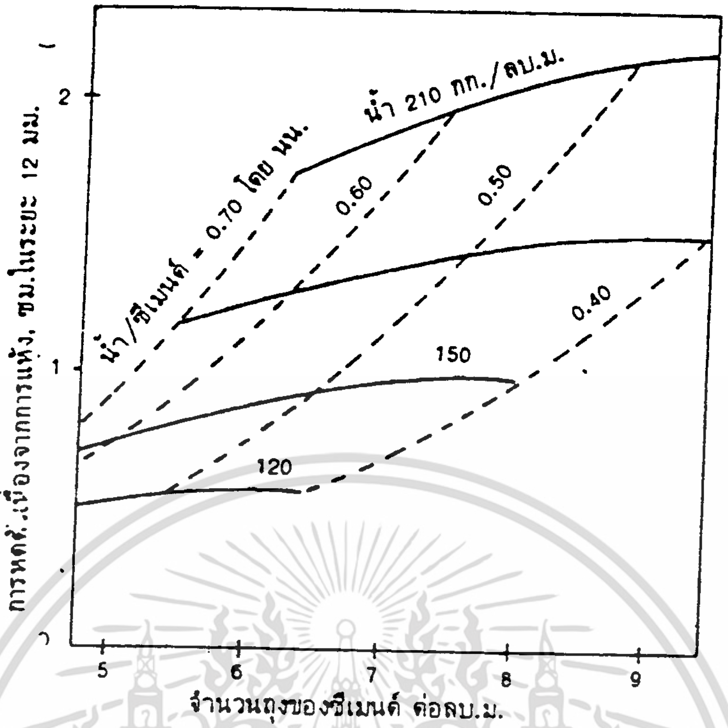
ถ้ารักษาคอนกรีตให้มีความชื้นอย่างสม่ำเสมอ คอนกรีตจะขยายตัวช้าๆ เป็นเวลาหลายปี แต่ทั้งปริมาณและอัตราการขยายตัวนี้ปกติแล้วน้อยมาก จนถือได้ว่าปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงตามธรรมดาเราไม่ได้รักษาคอนกรีตให้ชื้นอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นก็ต้องมีการเสียน้ำในตัวไปบ้าง และเพราะฉะนั้นคอนกรีตจึงมักจะหดตัวมากกว่าขยายตัว

หลังจากคอนกรีตได้แห้งลงจนกระทั่งความชื้นคงที่ภายใต้สภาพบรรยา-กาศอย่างหนึ่งแล้วถ้าความชื้นในอากาศลดลงคอนกรีตก็จะเสียน้ำไปบ้าง หรือถ้าความชื้นสูงขึ้น คอนกรีตก็จะได้น้ำเพิ่มขึ้น เพสท์ที่แข็งตัวแล้วนั้นสามารถที่จะดูดน้ำได้ดี ฉะนั้นเพสท์และคอนกรีตจะเป็นส่วนที่หดตัวหรือพองตัวเมื่อปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลง

ในการเปลี่ยนแปลงจากสถานะอิ่มตัวไปเป็นสถานะแห้ง (ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์) คอนกรีตทั่ว ๆ ไปจะหดตัวลงประมาณ 0.6 มม.ต่อ 1 เมตร หรือประมาณร้อยละ 0.06 ซึ่งเทียบเท่ากับการหดตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง 37.8 องศาเซลเซียส

ปริมาณการหดตัวของคอนกรีต ภายใต้ภาวะการทำให้แห้งที่กำหนดให้อย่างหนึ่งขึ้นอยู่กับหลายสิ่งด้วยกัน เพสท์ที่แข็งตัวยิ่งพรุนมากเท่าไร ก็ยิ่งจะหดตัวมากเท่านั้น ถ้าใช้เพสท์ชนิดเดียวกัน คอนกรีตยิ่งมีปริมาณเพสท์มากก็จะหดตัวมาก การเติมส่วนผสมที่ละเอียดเป็นผงลงในคอนกรีตปกติจะทำให้เกิดการหดตัวมากขึ้น คอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ กันย่อมจะหดตัวต่างกันด้วยเช่นเดียวกันกับกรณีที่ใช้มวลรวมชนิดต่าง ๆ กัน สำหรับผลเกี่ยวกับการบ่มยังไม่เป็นที่ทราบกันแน่ชัด

เอกสารนี้ได้รับการสงวนสิทธิ์ไว้ตามกฎหมาย ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



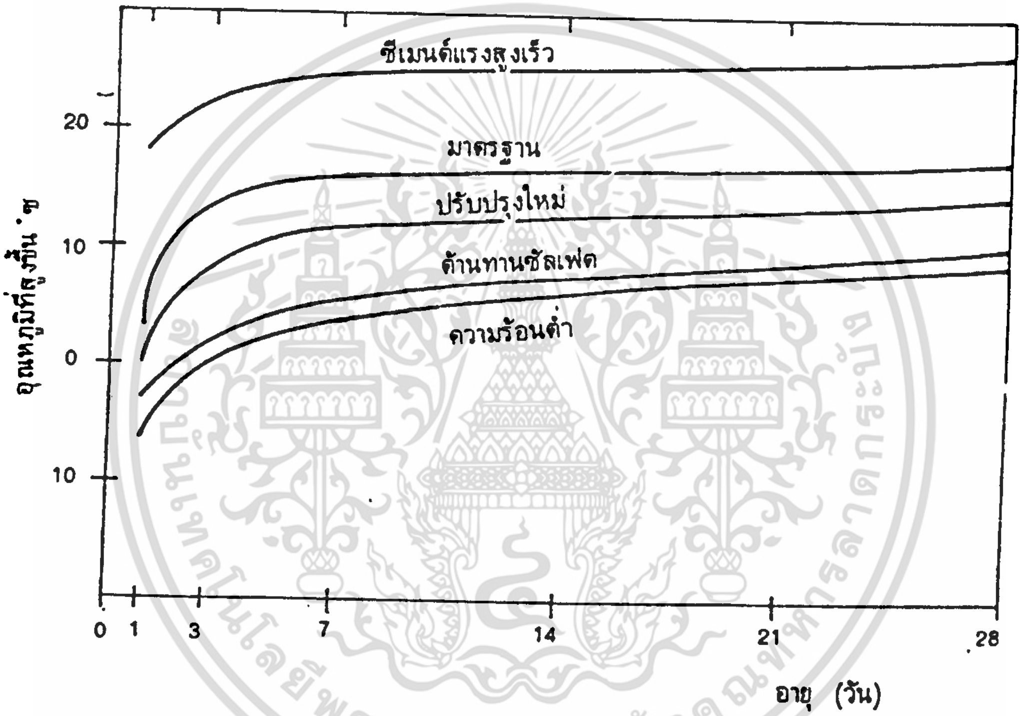
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัว ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และปริมาณน้ำในคอนกรีต ใช้สำหรับแสดงให้เห็นลักษณะของเส้นโค้งเท่านั้น ค่าจริง ๆ แตกต่างไปตามชนิดของวัสดุและภาวะการทำให้แห้งแต่

แต่โดยทั่ว ๆ ไป การบ่มให้เลยกำหนดไปสองสามวัน จะทำให้เกิดผลดีเพียงเล็กน้อยหรืออาจไม่มีผลเสียก็ได้ ในรูปที่ 2.6 ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดของคอนกรีตสดและการหดตัวของคอนกรีตซึ่งแข็งตัวแล้ว สำหรับส่วนผสมต่าง ๆ กันแต่ใช้วัสดุชนิดเดียวกันจะเห็นว่าผลอันเกิดจากปริมาณน้ำมีมากพอควร

ถ้าองค์อาคารคอนกรีตถูกยึดไว้ไม่ให้หดตัว จะโดยพื้นดินก็ดี เหล็กเสริมก็ดี หรือการยึดทางโครงสร้างกับองค์อาคารอื่น ๆ ก็ดี องค์อาคารนั้น ๆ มักจะเกิดรอยร้าวอันเป็นผลจากการหดตัวหรือผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นร่วมกัน ยิ่งกว่านั้นเมื่อผิวขององค์อาคารแห้งเร็วกว่าภายในก็จะเกิดหน่วยแรงชั่วคราวขึ้นซึ่งอาจทำให้เกิดการแตกร้าวทั่วไป ตั้งแต่ภายนอกไปจนถึงภายใน การแห้งที่ไม่เท่ากันแบบนี้จะทำให้แผ่นพื้นต่าง ๆ เช่นพื้นถนนบิดงอได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้ได้เฉพาะการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าการหดตัวเนื่องจากการแห้ง จะเป็นเหตุเบื้องต้นที่ทำให้เกิดการแตกร้าวก็ตาม สิ่งสำคัญอื่น ๆ เช่น กำลังดึง ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรง-ความเครียด-เวลา ลักษณะการกระจายความชื้นก็ควรจะได้รับการพิจารณาควบคู่ไปกับการหดตัวด้วย เพื่อไว้พิจารณาข้อแตกต่างของการแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีตชนิดต่าง ๆ กัน



รูปที่ 2.7 การเพิ่มอุณหภูมิของคอนกรีตสำหรับซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ เมื่อไม่มีการเสียความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเตรียมตัวอย่างและการดำเนินการทดสอบตอนที่ 1

3.1 คุณสมบัติของวัสดุและสิ่งที่ต้องพิจารณา

3.1.1 น้ำ น้ำที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีต จะต้องสะอาด กรณีนี้จะใช้น้ำประปาในการผสมคอนกรีต

3.1.2 ซีเมนต์ จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่หนึ่ง ในการผสมคอนกรีตใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างของ บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

3.1.3 มวลรวม มวลรวมหยาบและมวลละเอียด ได้จากการสั่งซื้อตามร้านวัสดุทั่ว ๆ ไป ต้องมีการทดสอบ มีขนาดส่วนคละได้ตามมาตรส่วน ASTM C-33 มวลหยาบจะต้องนำมาล้างน้ำให้สะอาด ปราศจากสิ่งเจือปนอื่น ๆ เช่น เศษไม้ หรือเศษอิฐ อื่น ๆ ผึ่งให้แห้ง มีความชื้นอยู่บ้าง เก็บไว้ในสถานที่ปราศ-จากปัญหาเกี่ยวกับแดด และฝน ทรายจะต้องสะอาด หรือร่อนเศษวัสดุอื่น ๆ ออกด้วย และเก็บไว้ในสถานที่ปราศจากปัญหาเรื่องแดด และฝนเช่นเดียวกัน

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 โม่ผสมคอนกรีต 1 เครื่อง

3.2.2 แบบหล่อตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASTM C-131 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. จำนวน 21 ลูก

3.2.3 บ่อน้ำที่ต้องมีความลึกกว่าความสูงของแบบหล่อพอสมควร และกว้างพอที่จะใส่แบบหล่อได้ทั้ง 21 ลูก

3.2.4 สี ผสมน้ำในบ่อ ในการทดลองนี้ใช้สีโปสเตอร์ สีแดงสด

3.2.5 อุปกรณ์ใช้ผสมคอนกรีตได้แก่ พลั่ว ถังตักน้ำ เกรียง รถเข็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 เครื่องชั่งส่วนผสมต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการชั่งได้ถึง 100 กิโลกรัม

3.2.7 ชุดเครื่องมือทดลองหาการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test)

3.2.8 เหล็กกระทุ้งคอนกรีต

3.2.9 เครื่องมือ แคป หัวลูกปูนด้วยกำมะถัน

3.2.10 เครื่องทดสอบรับกำลังอัดคอนกรีต

3.3 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.1 จัดสถานที่ เตรียมแบบหล่อ ให้เป็นหมวดหมู่ ต้องประกอบแบบให้แน่นพร้อมทาน้ำมันเครื่องที่ด้านในของแบบหล่อให้เรียบร้อย

3.2.2 จัดเตรียมส่วนผสมต่าง ๆ ให้ได้อัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้ (Mixed design)

3.3.3 ทำการผสมคอนกรีตในเครื่องผสม จะเริ่มโดยการใส่หินและซีเมนต์ผสมให้เข้ากันดี หลังจากนั้นเติมทรายลงไปและปล่อยน้ำให้ส่วนผสมเข้ากันดีใช้เวลาประมาณ 2 นาที จากนั้นเทลงในรถเข็นกะบะที่เตรียมไว้ซึ่งผิวของรถกะบะจะต้องไม่มีการดูดซึมน้ำจากส่วนผสมคอนกรีต

3.3.4 นำคอนกรีตใส่ลงในแบบ ใช้ท่อนเหล็กปลายมนแทงกระทุ้งลงแบบหล่อ ซึ่งจะต้องพยายามควบคุมให้เท่ากันทุกแบบ เท่าที่จะทำได้

3.3.5 ช่วงนำคอนกรีตลงแบบ จะแบ่งคอนกรีตไปทำการทดสอบหาการยุบตัวด้วย

3.3.6 นำตัวอย่างทั้ง 21 ลูก มาแบ่งเป็น 7 ชุด ๆ ละ 3 ตัวอย่างดังนี้

ชุดที่ 1 - ใช้เป็นตัวอย่างมาตรฐานโดยจะทิ้งในแบบ 24 ชั่วโมง แล้วจึงถอดแบบไปบ่มน้ำ

ชุดที่ 2 - ที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมงหลังจากหล่อเสร็จ จำนำไปแช่น้ำสีในบ่อ

ชุดที่ 3 - ที่ระยะเวลา 1/4 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำไปแช่น้ำสีในบ่อ

ชุดที่ 4 - ที่ระยะเวลา 1/2 ชั่วโมงหลังจากหล่อเสร็จ
จะนำไปแช่น้ำสีในบ่อ

ชุดที่ 5 - ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ
จะนำไปแช่น้ำสีในบ่อ

ชุดที่ 6 - ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ
จะนำไปแช่น้ำสีในบ่อ

ชุดที่ 7 - ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ
จะนำไปแช่น้ำสีในบ่อ

3.3.7 นำตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการถอดแบบ แล้วนำไปบ่มโดยการแช่น้ำในอ่างสำหรับบ่มคอนกรีต โดยน้ำจะต้องท่วมคอนกรีตอย่างน้อย 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 28 วัน

3.4 การดำเนินการทดสอบ

3.4.1 นำตัวอย่างที่มีอายุการบ่มครบ 28 วัน แล้วขึ้นจากอ่าง แล้วทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

3.4.2 นำตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ ไปทำการแคบหัวด้านที่ไม่เรียบ ถ้าไม่เรียบทั้งสองด้านจะต้องทำการแคบหัวทั้งสองด้าน ทิ้งเวลาไว้จนกระทั่งกำมะถันสามารถที่จะรับกำลังได้อย่างน้อยประมาณ 1 ชั่วโมง

3.4.3 นำตัวอย่างมาเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด (Compressive machine)

3.4.4 บันทึกค่าน้ำหนัก และแรงอัดประลัยของแต่ละตัวอย่างที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ตารางผลการทดลองตอนที่ 1 และรูปประกอบ

4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ

4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ

4.3 รูปภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACULTY OF ENGINEERING. KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – CIVIL ENG. KMITL.

fc' 250 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.)		WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH		AVERAGE STRENGTH KSC.
		CROSS SECTION	HEIGHT							KSC.	PSI.	
1.1	24.00	14.95	29.85	12.75	10.00	22/1/35	19/2/35	28	44400.00	252.94	–	
1.2	24.00	14.95	30.10	12.80	10.00	22/1/35	19/2/35	28	46620.00	265.58	–	264.85
1.3	24.00	15.00	30.05	12.75	10.00	22/1/35	19/2/35	28	48780.00	276.04	–	
2.1	00.00	15.00	29.95	12.65	10.00	22/1/35	19/2/35	28	36120.00	204.40	–	
2.2	00.00	14.95	29.95	12.60	10.00	22/1/35	19/2/35	28	45900.00	261.48	–	254.86
2.3	00.00	15.05	30.00	12.75	10.00	22/1/35	19/2/35	28	44160.00	248.24	–	
3.1	00.15	14.95	30.00	12.70	10.00	22/1/35	19/2/35	28	43440.00	247.47	–	
3.2	00.15	15.00	29.95	12.65	10.00	22/1/35	19/2/35	28	44340.00	250.91	–	250.67
3.3	00.15	15.00	30.00	12.80	10.00	22/1/35	19/2/35	28	44820.00	253.63	–	

TYPE OF SAMPLE ☐ CUBE ☐ CYLINDER

METHOD OF CASTED ☐ MANUAL ☐ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – CIVIL ENG. KMITL.

fc' 250 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.)		WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH		AVERAGE STRENGTH KSC.
		CROSS SECTION	HEIGHT							KSC.	PSI.	
4.1	00.30	14.95	29.95	12.65	10.00	22/1/35	19/2/35	28	50460.00	287.46	–	
4.2	00.30	14.95	30.10	12.70	10.00	22/1/35	19/2/35	28	53700.00	305.92	–	307.41
4.3	00.30	15.05	30.15	12.90	10.00	22/1/35	19/2/35	28	58500.00	328.85	–	
5.1	01.00	14.95	29.90	12.70	10.00	22/1/35	19/2/35	28	48960.00	278.91	–	
5.2	01.00	14.95	29.95	12.60	10.00	22/1/35	19/2/35	28	48480.00	276.18	–	283.85
5.3	01.00	15.05	30.05	12.85	10.00	22/1/35	19/2/35	28	52740.00	296.47	–	
6.1	02.00	15.00	30.10	12.75	10.00	22/1/35	19/2/35	28	46440.00	262.80	–	
6.2	02.00	14.95	30.20	12.85	10.00	22/1/35	19/2/35	28	54900.00	312.75	–	275.26
6.3	02.00	15.00	30.00	12.75	10.00	22/1/35	19/2/35	28	44220.00	250.23	–	

TYPE OF SAMPLE ☐ CUBE ☐ CYLINDER

METHOD OF CASTED ☐ MANUAL ☐ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK. THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – CIVIL ENG. KMITL.

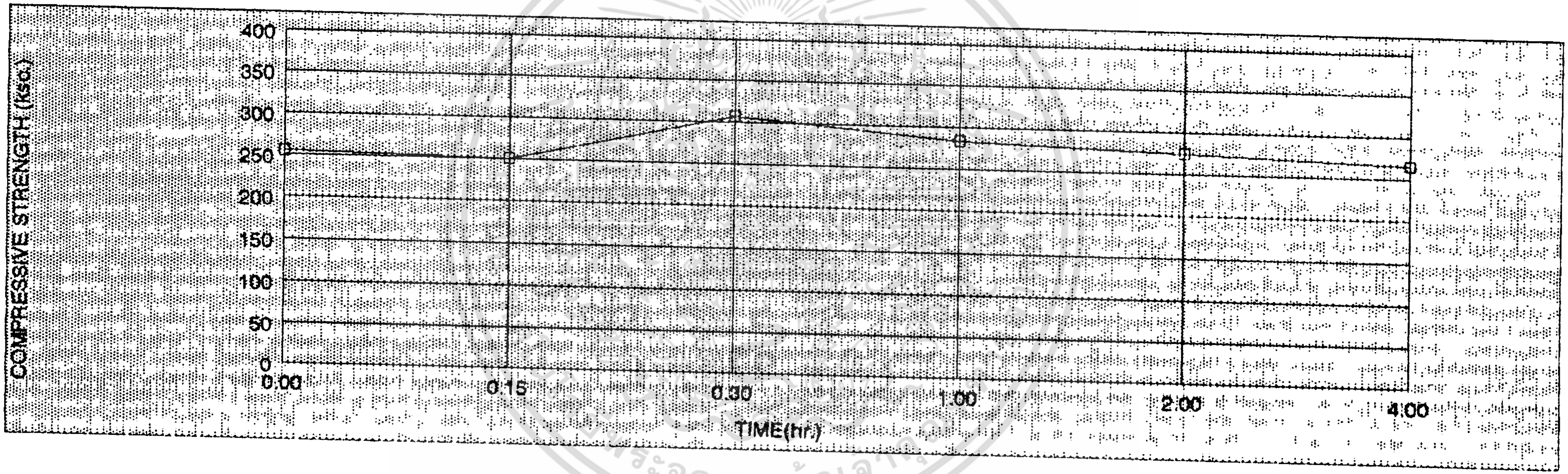
fc' 250 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.)		WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH		AVERAGE STRENGTH KSC.
		CROSS SECTION	HEIGHT							KSC.	PSI.	
7.1	04.00	15.00	30.10	12.70	10.00	22/1/35	19/2/35	28	47340.00	267.89	–	266.00
7.2	04.00	15.00	30.05	12.70	10.00	22/1/35	19/2/35	28	45660.00	258.38	–	
7.3	04.00	14.95	30.05	12.65	10.00	22/1/35	19/2/35	28	47700.00	271.74	–	

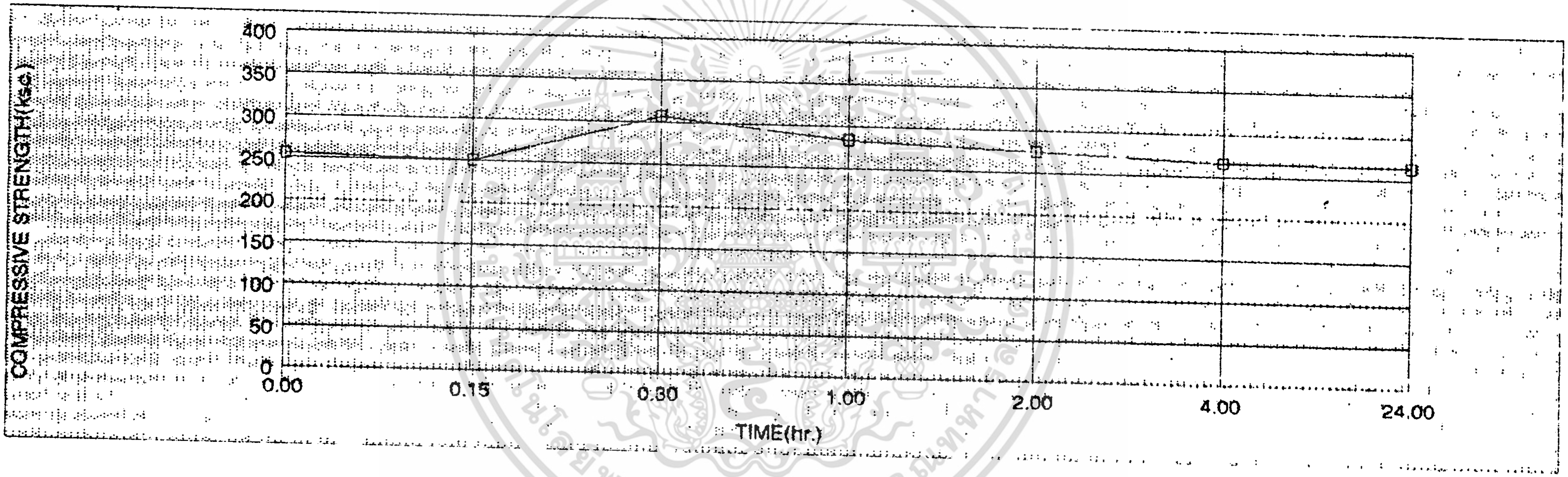
TYPE OF SAMPLE ☐ CUBE ☐ CYLINDER

METHOD OF CASTED ☐ MANUAL ☐ SPINNING

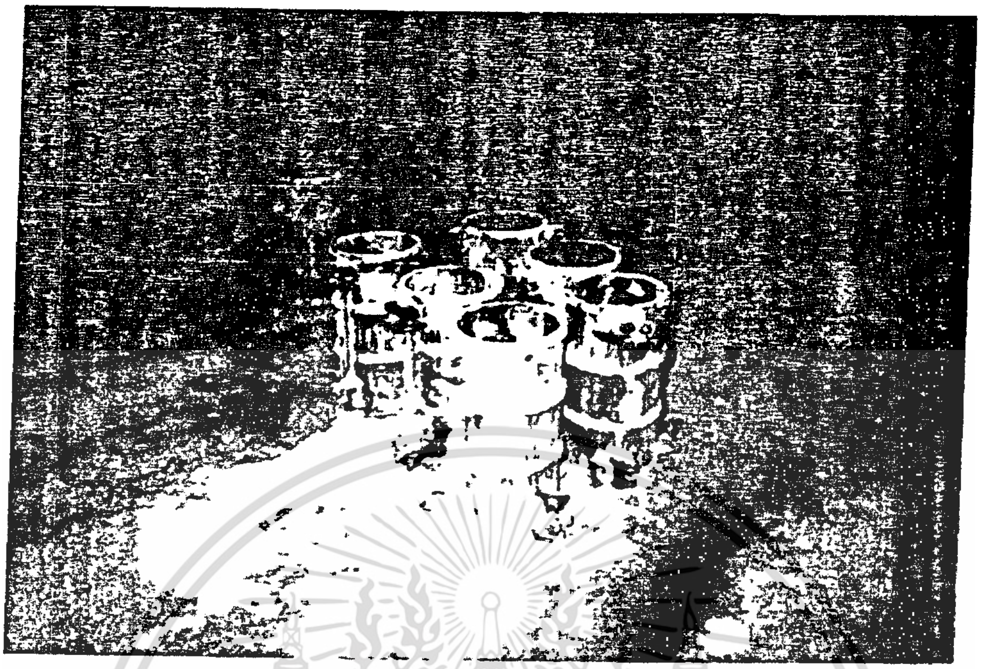
TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP



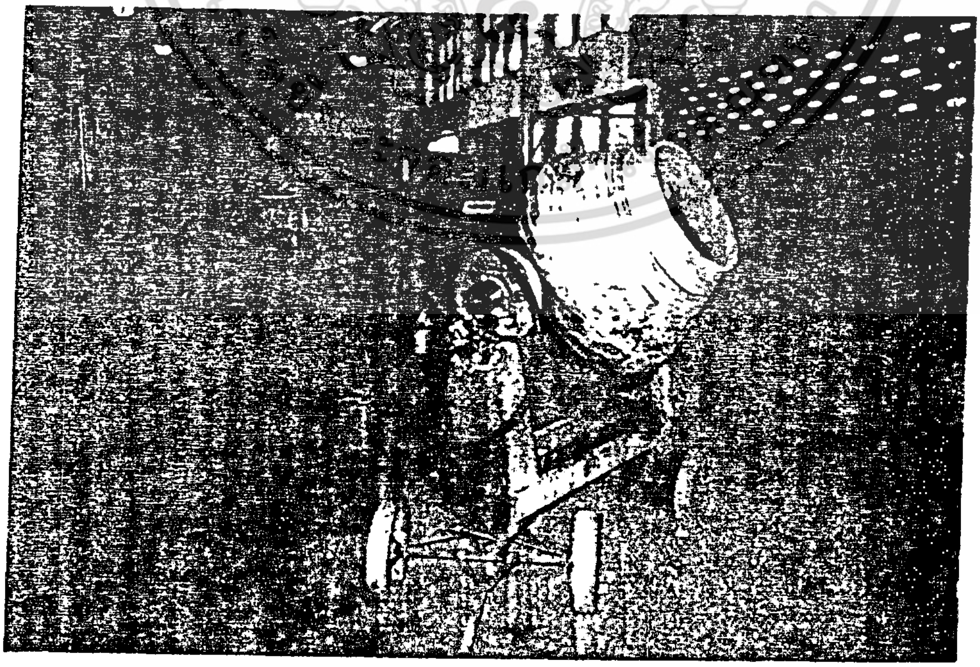
STRENGTH (250 ksc)



STRENGTH (250 ksc)

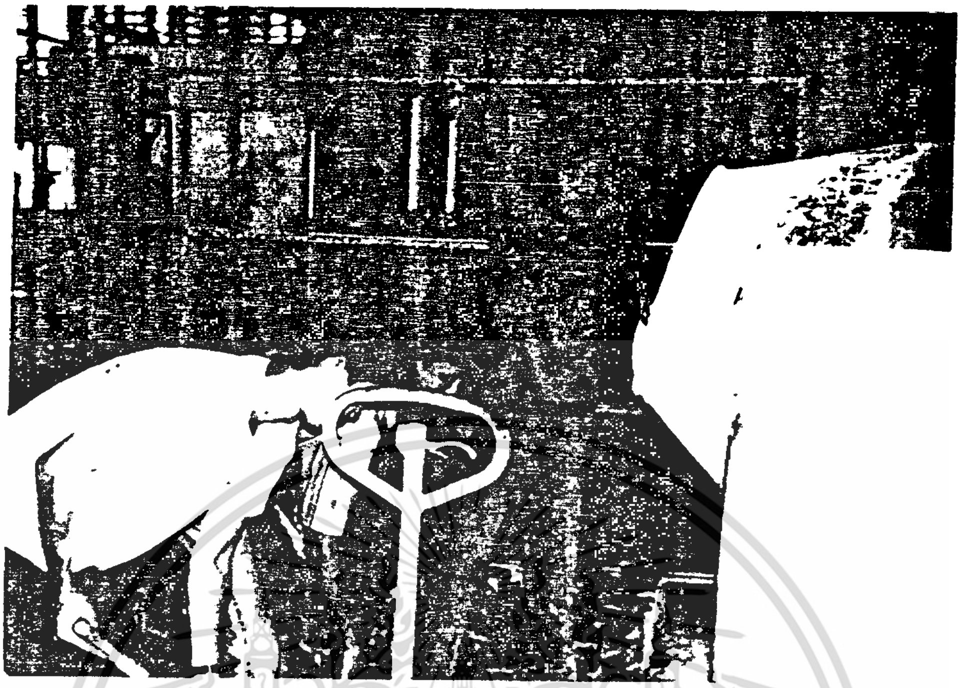


รูปที่ 4.3.1 แสดงแบบหล่อมาตรฐาน ทรงกระบอก (Cylinder)
ขนาด 15 ซ.ม. x 30 ซ.ม.

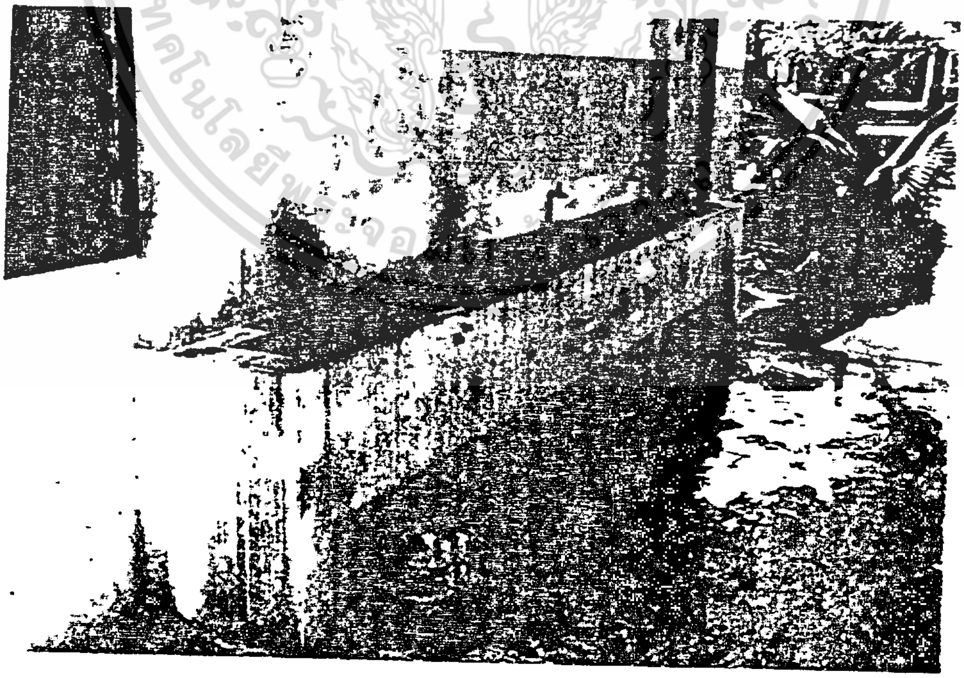


รูปที่ 4.3.2 แสดงเครื่องผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



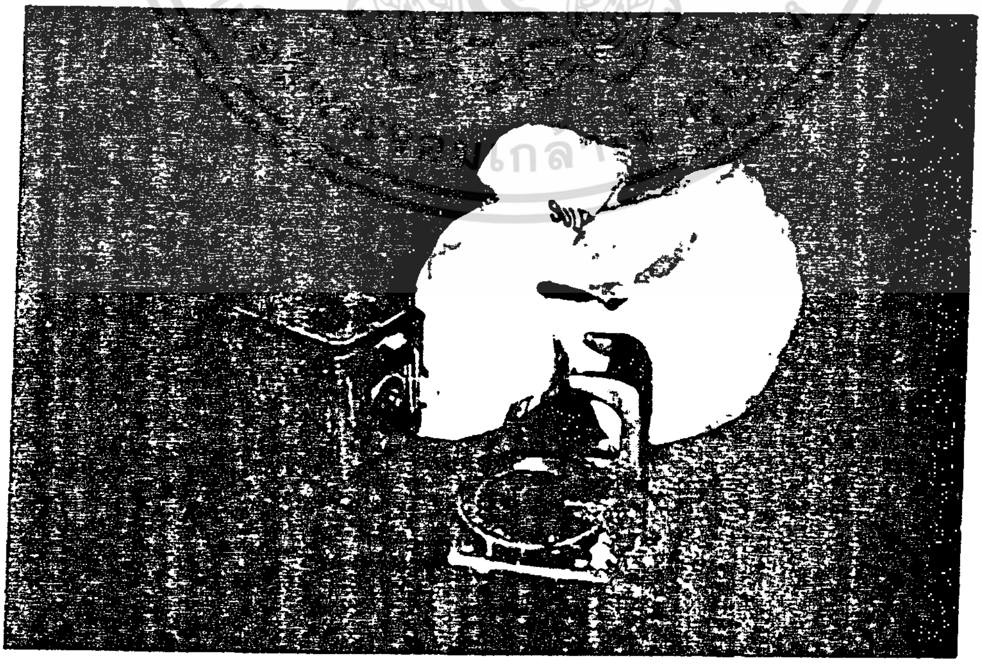
รูปที่ 4.3.3 แสดงการทำการผสมส่วนผสมต่าง ๆ ของคอนกรีตใน เครื่องผสม



รูปที่ 4.3.4 แสดงตัวอย่างที่หล่อเสร็จ และเตรียมนำลงแช่น้ำ ในบ่อน้ำสีตามเวลาของการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

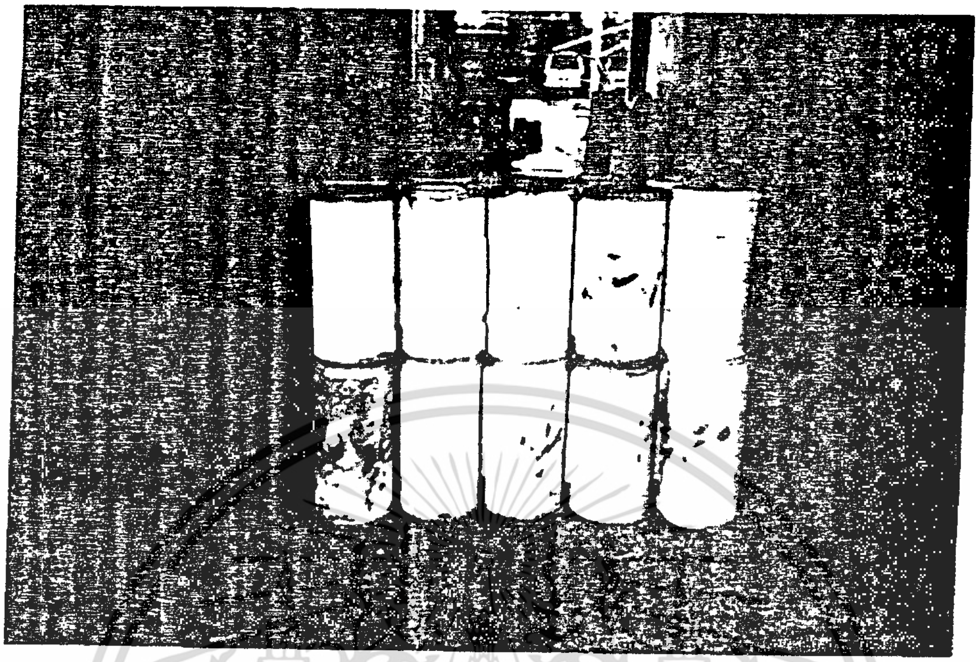
รูปที่ 4.3.5 แสดงแบบตัวอย่างที่แช่ในน้ำสีตามเวลา



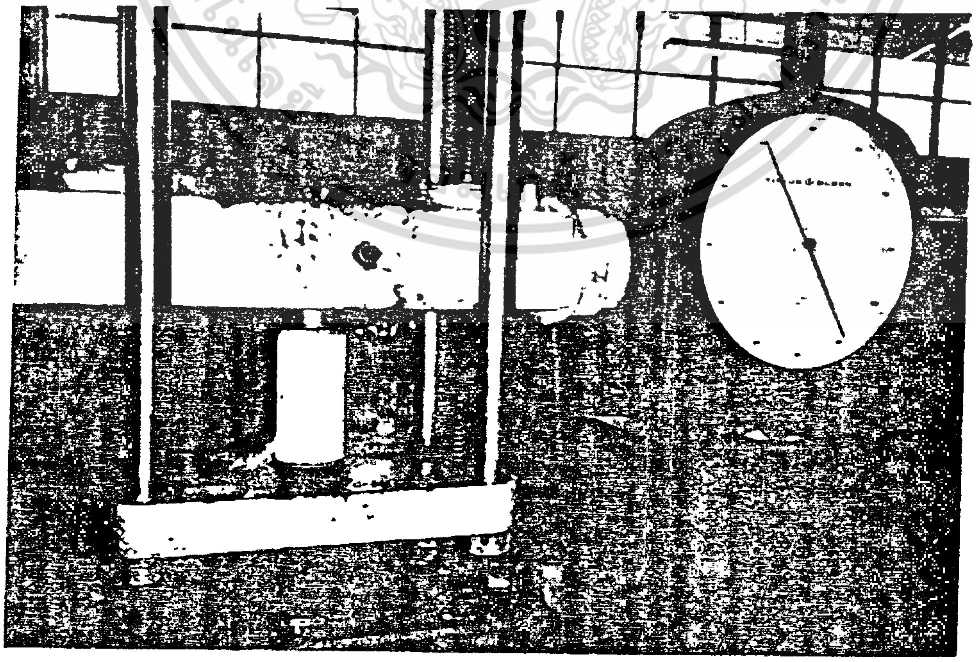
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.3.6 แสดงเครื่องแคปหัวตัวอย่างด้วยกำมะถัน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

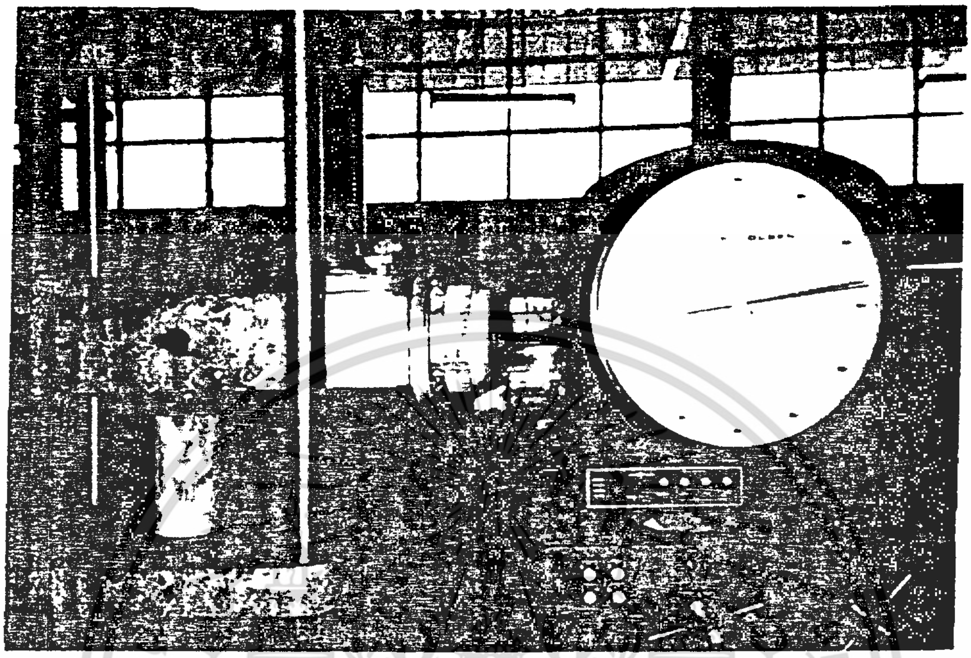


รูปที่ 4.3.7 แสดงตัวอย่างที่มีอายุ 28 วัน และแคปหัวเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 4.3.8 แสดงเครื่องหากำลังอัดของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3.9 แสดงการทดสอบหากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.3.10 แสดงตัวอย่างที่กดแตกแล้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

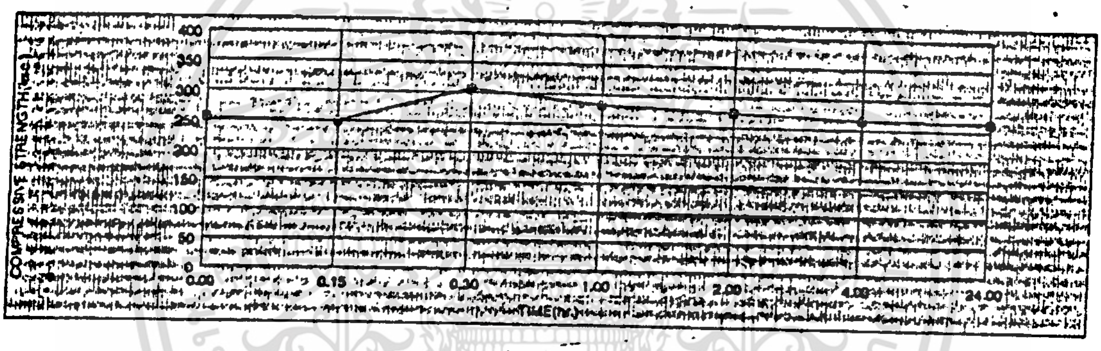
รูปที่ 4.3.11 แสดงตัวอย่างที่กดแตกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองตอนที่ 1

5.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต



STRENGTH (250 ksc)

5.1.1 จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อนำผลที่ได้มาเขียนกราฟได้ดังรูป จะพบว่าไม่ว่าเวลาใดๆ กำลังอัดของคอนกรีตก็ไม่ลดลงจากกำลังของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งอาจวิเคราะห์ได้ว่าบริเวณโดยรอบของตัวอย่างอาจจะเสียหายเล็กน้อย แต่บริเวณส่วนในซึ่งน้ำไม่สามารถเข้าไปมีผลกระทบได้ ดังนั้นบริเวณส่วนในที่ไม่ถูกน้ำจากภายนอกมากระทบยังสามารถรับกำลังได้ดี ฉะนั้นโดยรวมกำลังอัดของคอนกรีตจึงมีกำลังไม่ต่ำกว่าที่ออกแบบ

5.1.2 จากตาราง ผลการทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตของบทที่ 4 ตารางที่ 4.1.1 จะเห็นว่าตัวอย่างหมายเลข 2.1 ซึ่งมีค่ากำลังอัดต่ำกว่ากำลังที่ได้ออกแบบไว้มาก ซึ่งอาจวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากการทำการกระทุ้งไม่ดีพอ จึงทำให้คอนกรีตไม่แน่น หรือการกระทุ้งนั้นทำให้เกิดการแยกแยะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมคอนกรีต โดยที่หินจะไปกองอยู่ที่ด้านล่างของตัวอย่าง ทำให้ตัวประสานของคอนกรีตลดน้อยลง ซึ่งทำให้ระหว่างผิวหน้าหินมีการเชื่อมต่อไม่ดี ซึ่งทั้งสองสาเหตุนี้อาจจะเป็นผลให้กำลังอัดของคอนกรีตลดน้อยลง ดังนั้นชิ้นตัวอย่างที่ 2.1 จึงไม่ได้นำค่านั้นมาวิเคราะห์

5.1.3 จากกราฟของผลการทดสอบ จะเห็นว่าชิ้นตัวอย่างที่เวลา 1/2 ช.ม. หลังจากหล่อเสร็จแล้วถูกน้ำจะมีค่ากำลังอัดมากที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าชิ้นตัวอย่างชุดนี้ที่ผิวนอกมีการก่อตัวระยะแรกแล้วทำให้บริเวณผิวนอกนั้นน้ำไม่ทำให้เกิดความเสียหายที่บริเวณผิวนอก แต่กลับจะช่วยรักษาน้ำภายในชิ้นตัวอย่างไม่ให้ระเหยออกมา ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์

5.1.4 จากกราฟจะเห็นอีกว่า ที่เวลา 0-1/4 ช.ม. หลังจากหล่อเสร็จแล้วถูกน้ำกำลังของคอนกรีตจะต่ำกว่าที่เวลา 1/2 ช.ม. เพราะที่บริเวณผิวนอกของคอนกรีต ชิ้นตัวอย่างชุดเหล่านี้ ยังไม่มีการก่อตัวดีพอ ทำให้น้ำทำความเสียหายที่บริเวณผิวนอก แต่บริเวณส่วนในยังสามารถรับกำลังอัดได้ดีแต่ในการทดสอบหาค่าแรงอัด จะใช้พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดโดยไม่หักส่วนที่เสียหายออก จึงทำให้กำลังอัดน้อยกว่าชุด 1/2 ช.ม.

5.1.5 ชุดตัวอย่างที่เวลาหลัง 1/2 ช.ม.หลังจากหล่อเสร็จแล้วถูกน้ำ กำลังอัดของคอนกรีตจะเริ่มต่ำกว่าชุดตัวอย่างที่เวลา 1/2 ช.ม. สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ช่วงเวลานั้นคอนกรีตได้เริ่มก่อตัว ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำไปบ้างแล้ว เนื่องจากการระเหยออก ซึ่งซีเมนต์อาจจะยังทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับน้ำไม่หมด จึงทำให้กำลังที่น่าจะได้จริงลดลง

5.2 วิเคราะห์ผลของการซึมของน้ำสีในเนื้อคอนกรีตขณะหล่อเสร็จ

5.2.1 จากการตรวจสอบตัวอย่างที่กดแตกแล้ว จะเห็นสีตกตะกอนที่เฉพาะผิวหน้าของคอนกรีต แต่ในเนื้อคอนกรีตจะไม่มี ทั้งนี้เพราะอนุภาคของสีมีขนาดใหญ่ ซึ่งจากหลักการแพร่โมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของสี โมเลกุลของน้ำจะแพร่ได้ดีกว่า โมเลกุลของสีจึงอยู่แต่เฉพาะบริเวณผิวนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 สีที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เมื่อผสมกับน้ำจัดเป็นสารแขวนลอย ไม่ใช้สารละลายจึงทำให้เกิดการตกตะกอน

5.3 สรุปผลการทดลอง

5.3.1 จากผลการทดลอง ซึ่งแสดงในตารางและแสดงด้วยกราฟ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อวิเคราะห์ผลดูแล้วจะพบว่าหลังจากที่ผสมคอนกรีตเสร็จแล้วเทลงแบบแล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 0, 1/4, 1/2, 1, 2,4 ชั่วโมง แล้วจึงนำคอนกรีตมาถูกน้ำ ผลปรากฏว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตไม่ลดลงจากที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งแสดงว่า น้ำที่ถูกคอนกรีตหลังจากหล่อเสร็จไม่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต

5.3.2 จากผลการทดลองพบว่าที่เวลา 1/2 ช.ม. หลังจากหล่อเสร็จเหมาะแก่การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำมากที่สุด เพราะจะเป็นการลดการสูญเสียน้ำของคอนกรีต แต่จะพิจารณาร่วมกับทางปฏิบัติว่าทำได้หรือไม่ แต่โดยทั่ว ๆ ไป ในการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต จะทำการบ่มด้วยน้ำที่เวลา 24 ช.ม. หลังหล่อเสร็จทั้งนี้เพราะคอนกรีตแข็งตัวดีพอที่จะถอดแบบหล่อออกโดยไม่กระทบกระเทือน

5.3.3 จากผลที่ได้เมื่อนำไปใช้เทียบกับงานจริง ควรจะมีการพิจารณาว่าเมื่อโครงสร้างถูกน้ำหลังจากหล่อเสร็จ บริเวณผิวคอนกรีตมีความเสียหายมากน้อยเพียงใด ถ้ามีความสูญเสียไม่มากก็อาจจะยอมให้ใช้โครงสร้างนั้นโดยไม่ต้องมีการซ่อมแซม

5.3.4 สีที่ผสมในน้ำ ไม่สามารถนำมาพิจารณาได้ว่าน้ำซึมผ่าน เข้าเนื้อคอนกรีตได้มากน้อยเพียงไหน

5.3.5 ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ทำให้สามารถนำไปใช้กับงานจริงในสนาม เกี่ยวกับ การเทคอนกรีตที่มีโอกาสถูกน้ำหลังจากเทเสร็จ เช่น การเทคอนกรีตตอม่อของสะพานหรือโครงสร้างอื่นที่อยู่ในน้ำที่ต้องใช้แบบหล่อและแบบหล่ออาจมีการรั่วซึมของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การเตรียมตัวอย่างและการดำเนินการทดสอบ ตอนที่ 2

เพื่อให้ได้สภาพและคุณสมบัติของคอนกรีตใกล้เคียงกับความเป็นจริงในสภาพการก่อสร้างในปัจจุบันมากที่สุดในการทดลองนี้ จะใช้คอนกรีตผสมเสร็จของบริษัท นครหลวงคอนกรีต จำกัด ซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่ง ตราเพชร

6.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

6.1.1 แบบหล่อตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ขนาดความกว้าง 15 ซม. ความยาว 15 ซม. ความสูง 15 ซม. จำนวน 45 ลูก

6.1.2 โรงงานผสมคอนกรีต

6.1.3 รถคอนกรีตผสมเสร็จ

6.1.4 บ่อน้ำที่ต้องมีความลึกกว่าความสูงของแบบหล่อและกว้างพอที่จะใส่แบบหล่อได้ทั้งหมด

6.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเทคอนกรีตลงแบบ ได้แก่ พลั่ว รถเข็น เหล็กกระทุ้ง เกรียง

6.1.6 ชุดเครื่องมือทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test)

6.1.7 เครื่องทดสอบรับกำลังอัดของคอนกรีต

6.2 การเตรียมตัวอย่าง

6.2.1 จัดสถานที่ เตรียมแบบหล่อ ให้เป็นหมวดหมู่ ประกอบแบบให้แน่น พร้อมทาน้ำมันเครื่องที่ด้านในของแบบหล่อให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 ให้โรงงานผสมคอนกรีต ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ลงในรถคอนกรีต ผสมเสร็จ ส่งมายังสถานที่ที่เตรียมแบบหล่อ

6.2.3 เทคอนกรีตลงในรถเข็นกะบะที่เตรียมไว้ ซึ่งผิวของรถกะบะจะต้องไม่มีการดูดซึมของน้ำ

6.2.4 นำคอนกรีตใส่ลงในแบบ ใช้ท่อนเหล็กปลายมนกระทุ้งลงแบบหล่อ ซึ่งจะต้องพยายามควบคุมให้เท่ากันทุกแบบเท่าที่จะทำได้

6.2.5 ช่วงนำคอนกรีตลงแบบจะแบ่งคอนกรีตไปทำการทดสอบหาการยุบตัวด้วย

6.2.6 นำตัวอย่างทั้ง 45 ลูก มาแบ่งเป็น 4 ชุด ดังนี้

ชุด A ใช้เป็นตัวอย่างมาตรฐาน โดยจะทิ้งในแบบ 24 ชั่วโมง แล้วจึงถอดแบบไปบ่มน้ำ จำนวน 9 ลูก

ชุดที่ 1 ที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ จะนำไปแช่น้ำในบ่อ จำนวน 12 ลูก

ชุดที่ 2 ที่ระยะเวลา 1/4 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ จะนำไปแช่น้ำในบ่อ จำนวน 12 ลูก

ชุดที่ 3 ที่ระยะเวลา 1/2 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ จะนำไปแช่ในบ่อ จำนวน 12 ลูก

6.2.7 นำตัวอย่างทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำการถอดแบบ แล้วนำไปบ่มโดยการแช่น้ำในอ่างสำหรับบ่มคอนกรีตโดยน้ำจะต้องท่วมคอนกรีตอย่างน้อย 3 ชม.

6.2.8 เริ่มทำตั้งแต่ข้อ 6.2.1 - 6.2.7 อีกครั้ง เพื่อทำการทดลองต่อในช่วงเวลาที่เหลือ โดยตัวอย่างทั้ง 45 ลูก จะแบ่งเป็น 4 ชุด ดังนี้

ชุด B ใช้เป็นตัวอย่างมาตรฐาน โดยจะทิ้งในแบบ 24 ชั่วโมง แล้วจึงถอดแบบไปบ่มน้ำ จำนวน 9 ลูก

ชุดที่ 4 ที่ระยะ 1 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ จะนำไปแช่น้ำในบ่อ จำนวน 12 ลูก

ชุดที่ 5 ที่ระยะ 2 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ จะนำไปแช่น้ำในบ่อ จำนวน 12 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดที่ 6 ที่ระยะ 4 ชั่วโมง หลังจากหล่อเสร็จ จะนำไปแช่น้ำในบ่อ จำนวน 12 ลูก

6.3 การดำเนินการทดสอบ

6.3.1 นำตัวอย่างที่มีอายุการบ่มครบ 7 วัน ตั้งแต่ชุด 1 ถึง 6 ขึ้นมาชุดละ 3 ลูก ทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

6.3.2 นำตัวอย่างที่จะทำการทดสอบไปทำการวัดขนาดกว้าง ยาว สูง และชั่งน้ำหนัก

6.3.3 หาด้านเรียบที่สุดของตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด

6.3.4 บันทึกค่าน้ำหนักและแรงอัดประลัยของแต่ละตัวอย่างที่ทดสอบ

6.3.5 ทำการทดสอบแบบเดียวกันกับตัวอย่างที่มีอายุการบ่มครบ 14, 21 และ 28 วัน สำหรับตัวอย่างชุด A และ B จะทำการทดสอบที่อายุ 14, 21 และ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ตารางผลการทดลองตอนที่ 2 และรูปประกอบ

7.1 ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ

7.2 กราฟ แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อถูกน้ำขณะหล่อเสร็จที่เวลาต่าง ๆ

7.3 รูปภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACULTY OF ENGINEERING. KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK. THAILAND. TEL. 3269974
CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

fc' 280 ksc

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.) CROSS SECTION	DIMENSION (CM.) HEIGHT	WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC.	COMPRESSIVE STRENGTH PSI.	AVERAGE STRENGTH KSC.
1.1	00.00	15.0*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	10/3/35	7	48450.00	215.33	–	
1.2	00.00	14.4*14.6	15.70	8.10	7.50	3/5/35	10/3/35	7	40650.00	193.35	–	
1.3	00.00	15.0*15.0	15.00	8.10	7.50	3/5/35	10/3/35	7	51750.00	230.00	–	212.89
2.1	00.15	15.0*15.0	15.00	8.10	7.50	3/5/35	10/3/35	7	52650.00	234.00	–	
2.2	00.15	15.0*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	10/3/35	7	51900.00	230.67	–	
2.3	00.15	15.0*15.0	15.00	8.15	7.50	3/5/35	10/3/35	7	50100.00	222.67	–	229.11
3.1	00.30	15.1*14.9	15.00	7.90	7.50	3/5/35	10/3/35	7	46320.00	205.88		
3.2	00.30	14.8*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	10/3/35	7	48060.00	216.49	–	
3.3	00.30	14.8*14.9	15.00	7.85	7.50	3/5/35	10/3/35	7	48120.00	218.21	–	213.53

TYPE OF SAMPLE ——— CUBE ——— CYLINDER

METHOD OF CASTED ——— MANUAL ——— SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE

SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.) CROSS SECTION	HEIGHT	WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC.	PSI.	AVERAGE STRENGTH KSC.
4.1	01.00	15.0*15.0	15.00	8.19	7.00	2/5/35	9/3/35	7	54780.00	243.47	–	
4.2	01.00	15.0*15.0	15.20	8.15	7.00	2/5/35	9/3/35	7	57300.00	254.67	–	249.38
4.3	01.00	15.0*15.0	15.00	8.17	7.00	2/5/35	9/3/35	7	56250.00	250.00	–	
5.1	02.00	15.0*15.0	15.00	8.11	7.00	2/5/35	9/3/35	7	50400.00	224.00	–	
5.2	02.00	15.2*15.0	15.00	8.04	7.00	2/5/35	9/3/35	7	54600.00	239.47	–	236.27
5.3	02.00	15.0*15.0	15.30	8.14	7.00	2/5/35	9/3/35	7	55200.00	245.33	–	
6.1	04.00	15.0*15.0	15.00	8.03	7.00	2/5/35	9/3/35	7	51300.00	228.00	–	
6.2	04.00	15.0*15.0	15.10	8.13	7.00	2/5/35	9/3/35	7	43050.00	191.33	–	214.89
6.3	04.00	15.0*15.0	15.00	8.06	7.00	2/5/35	9/3/35	7	50700.00	225.33	–	

TYPE OF SAMPLE ______ . CUBE ______ CYLINDER

METHOD OF CASTED ______ MANUAL ______ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING. KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.) CROSS SECTION	DIMENSION (CM.) HEIGHT	WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC.	COMPRESSIVE STRENGTH PSI.	AVERAGE STRENGTH KSC.
1.4	00.00	15.5*15.0	15.00	8.05	7.50	3/5/35	19/3/35	16	53700.00	230 97	–	
1.5	00.00	14.9*15.0	14.90	8.05	7.50	3/5/35	19/3/35	16	52800.00	236.24	–	235.56
1.6	00.00	15.1*15.1	15.00	8.15	7.50	3/5/35	19/3/35	16	54600.00	239.46	–	
2.4	00.15	15.0*15.0	15.00	8.05	7.50	3/5/35	19/3/35	16	57300.00	254.67	–	
2.5	00.15	15.0*15.1	15.10	8.15	7.50	3/5/35	19/3/35	16	59700.00	263.58	–	257.76
2.6	00.15	15.4*15.2	14.90	8.20	7.50	3/5/35	19/3/35	16	59700.00	255.04	–	
3.4	00.30	15.2*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	19/3/35	16	55200.00	242.11	–	
3.5	00.30	15.1*15.0	15.00	8.10	7.50	3/5/35	19/3/35	16	54900.00	242.38	–	243.27
3.6	00.30	15.0*15.0	15.00	7.90	7.50	3/5/35	19/3/35	16	55200.00	245.33	–	
A1	24.00	15.1*15 0	15.00	8.15	7.50	3/5/35	19/3/35	16	53550.00	236.42	–	
A2	24.00	15.1*15.0	15.00	8.05	7.50	3/5/35	19/3/35	16	53550.00	236.42	–	235.69
A3	24.00	15.0*14.9	14.90	7.95	7.50	3/5/35	19/3/35	16	52350.00	234.23	–	

TYPE OF SAMPLE ______ CUBE ______ CYLINDER

METHOD OF CASTED ______ MANUAL ______ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974
CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA) fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.) CROSS SECTION	DIMENSION (CM.) HEIGHT	WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC.	COMPRESSIVE STRENGTH PSI.	AVERAGE STRENGTH KSC.
4.4	01.00	15.0*15.0	15.10	8.05	7.00	2/5/35	19/3/35	17	67200.00	298.67	–	
4.5	01.00	15.1*15.1	15.00	8.10	7.00	2/5/35	19/3/35	17	64650.00	283.54	–	
4.6	01.00	15.0*15.0	15.00	8.10	7.00	2/5/35	19/3/35	17	60750.00	270.00	–	284.07
5.4	02.00	15.1*14.9	15.00	8.10	7.00	2/5/35	19/3/35	17	60450.00	268.68	–	
5.5	02.00	15.1*15.0	15.00	8.10	7.00	2/5/35	19/3/35	17	64650.00	285.43	–	
5.6	02.00	15.0*15.0	15.00	8.15	7.00	2/5/35	19/3/35	17	57750.00	256.67	–	270.26
6.4	04.00	15.0*15.1	15.00	8.00	7.00	2/5/35	19/3/35	17	59850.00	264.24	–	
6.5	04.00	15.0*15.2	15.00	8.05	7.00	2/5/35	19/3/35	17	64800.00	284.21	–	
6.6	04.00	15.0*15.0	15.00	8.00	7.00	2/5/35	19/3/35	17	63900.00	284.00	–	277.48
B1	24.00	15.3*15.1	15.00	8.20	7.00	2/5/35	19/3/35	17	54300.00	235.03	–	
B2	24.00	15.2*14.9	15.00	8.00	7.00	2/5/35	19/3/35	17	57900.00	255.65	–	
B3	24.00	15.2*14.9	14.90	8.10	7.00	2/5/35	19/3/35	17	65100.00	287.44	–	259.37

TYPE OF SAMPLE ______ CUBE ______ CYLINDER

METHOD OF CASTED ______ MANUAL ______ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE

SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.)		WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH		AVERAGE STRENGTH KSC.
		CROSS SECTION	HEIGHT							KSC.	PSI.	
1.7	00.00	14.9*15.0	15.40	8.10	7.50	3/5/35	24/3/35	21	56100.00	251.01	–	
1.8	00.00	14.5*15.6	14.90	8.05	7.50	3/5/35	24/3/35	21	53400.00	236.07	–	240.43
1.9	00.00	15.2*15.0	15.00	8.05	7.50	3/5/35	24/3/35	21	53400.00	234.21	–	
2.7	00.15	15.1*14.8	15.50	8.10	7.50	3/5/35	24/3/35	21	60900.00	272.51	–	
2.8	00.15	15.0*15.1	15.20	8.20	7.50	3/5/35	24/3/35	21	61200.00	270.20	–	274.36
2.9	00.15	15.1*15.2	15.00	8.05	7.50	3/5/35	24/3/35	21	64350.00	280.37	–	
3.7	00.30	15.1*14.9	15.10	7.85	7.50	3/5/35	24/3/35	21	57000.00	253.34	–	
3.8	00.30	15.3*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	24/3/35	21	57450.00	250.33	–	258.49
3.9	00.30	15.0*14.9	15.00	8.05	7.50	3/5/35	24/3/35	21	60750.00	271.81	–	
A4	24.00	15.0*15.0	15.00	8.00	7.50	3/5/35	24/3/35	21	49800.00	221.33	–	
A5	24.00	15.1*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	24/3/35	21	58350.00	257.62	–	251.15
A6	24.00	15.0*15.0	15.00	8.00	7.50	3/5/35	24/3/35	21	55050.00	244.67	–	

TYPE OF SAMPLE ☐ CUBE ☐ CYLINDER

METHOD OF CASTED ☐ MANUAL ☐ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING. KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.)		WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH		AVERAGE STRENGTH KSC.
		CROSS SECTION	HEIGHT							KSC.	PSI.	
4.7	01.00	15.1*15.2	15.00	8.15	7.00	2/5/35	23/3/35	21	65250.00	284.29	–	
4.8	01.00	15.1*15.0	15.30	8.10	7.00	2/5/35	23/3/35	21	64500.00	284.76	–	282.53
4.9	01.00	15.1*15.3	14.90	8.25	7.00	2/5/35	23/3/35	21	64350.00	278.54	–	
5.7	02.00	15.1*15.0	14.90	8.00	7.00	2/5/35	23/3/35	21	71400.00	315.23	–	
5.8	02.00	15.3*15.0	15.00	8.15	7.00	2/5/35	23/3/35	21	67950.00	296.08	–	308.16
5.9	02.00	15.0*15.2	15.10	8.05	7.00	2/5/35	23/3/35	21	71400.00	313.16	–	
6.7	04.00	15.2*15.1	14.90	8.20	7.00	2/5/35	23/3/35	21	64300.00	280.37	–	
6.8	04.00	15.1*15.2	15.00	8.10	7.00	2/5/35	23/3/35	21	65400.00	284.94	–	295.28
6.9	04.00	15.0*15.1	15.00	8.20	7.00	2/5/35	23/3/35	21	72600.00	320.53	–	
B4	24.00	15.0*15.0	15.00	8.05	7.00	2/5/35	23/3/35	21	64650.00	287.33	–	
B5	24.00	15.0*15.0	15.00	8.05	7.00	2/5/35	23/3/35	21	64350.00	286.00	–	283.83
B6	24.00	15.0*15.1	15.00	8.05	7.00	2/5/35	23/3/35	21	63000.00	278.15	–	

TYPE OF SAMPLE ☐ CUBE ☐ CYLINDER

METHOD OF CASTED ☐ MANUAL ☐ SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.) CROSS SECTION	DIMENSION (CM.) HEIGHT	WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH KSC.	COMPRESSIVE STRENGTH PSI.	AVERAGE STRENGTH KSC.
1.10	00.00	15.0*14.9	15.00	8.10	7.50	3/5/35	31/3/35	28	57150.00	255.70	–	256.93
1.11	00.00	14.9*15.0	15.00	8.05	7.50	3/5/35	31/3/35	28	58800.00	263.09	–	
1.12	00.00	15.0*15.0	15.00	8.10	7.50	3/5/35	31/3/35	28	56700.00	252.00	–	
2.10	00.15	15.1*14.9	15.20	8.15	7.50	3/5/35	31/3/35	28	62400.00	277.35	–	282.21
2.11	00.15	15.0*14.9	15.10	8.15	7.50	3/5/35	31/3/35	28	65100.00	291.28	–	
2.12	00.15	15.0*15.0	15.20	8.20	7.50	3/5/35	31/3/35	28	62550.00	278.00	–	
3.10	00.30	15.0*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	31/3/35	28	61050.00	271.33	–	270.53
3.11	00.30	15.0*14.9	15.00	8.00	7.50	3/5/35	31/3/35	28	59700.00	267.11	–	
3.12	00.30	14.9*15.0	15.00	7.90	7.50	3/5/35	31/3/35	28	61050.00	273.15	–	
A7	24.00	15.0*15.0	15.00	7.85	7.50	3/5/35	31/3/35	28	57600.00	256.00	–	259.33
A8	24.00	15.0*15.0	15.00	7.95	7.50	3/5/35	31/3/35	28	58950.00	262.00	–	
A9	24.00	15.0*15.0	15.30	8.05	7.50	3/5/35	31/3/35	28	58500.00	260.00	–	

TYPE OF SAMPLE [x] CUBE [ ] CYLINDER

METHOD OF CASTED [ ] MANUAL [x] SPINNING

TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANKOK, THAILAND. TEL. 3269974

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

PROJECT – EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE
SAMPLE FROM – SIAM CITY CONCRETE (PLANT BANGNA)

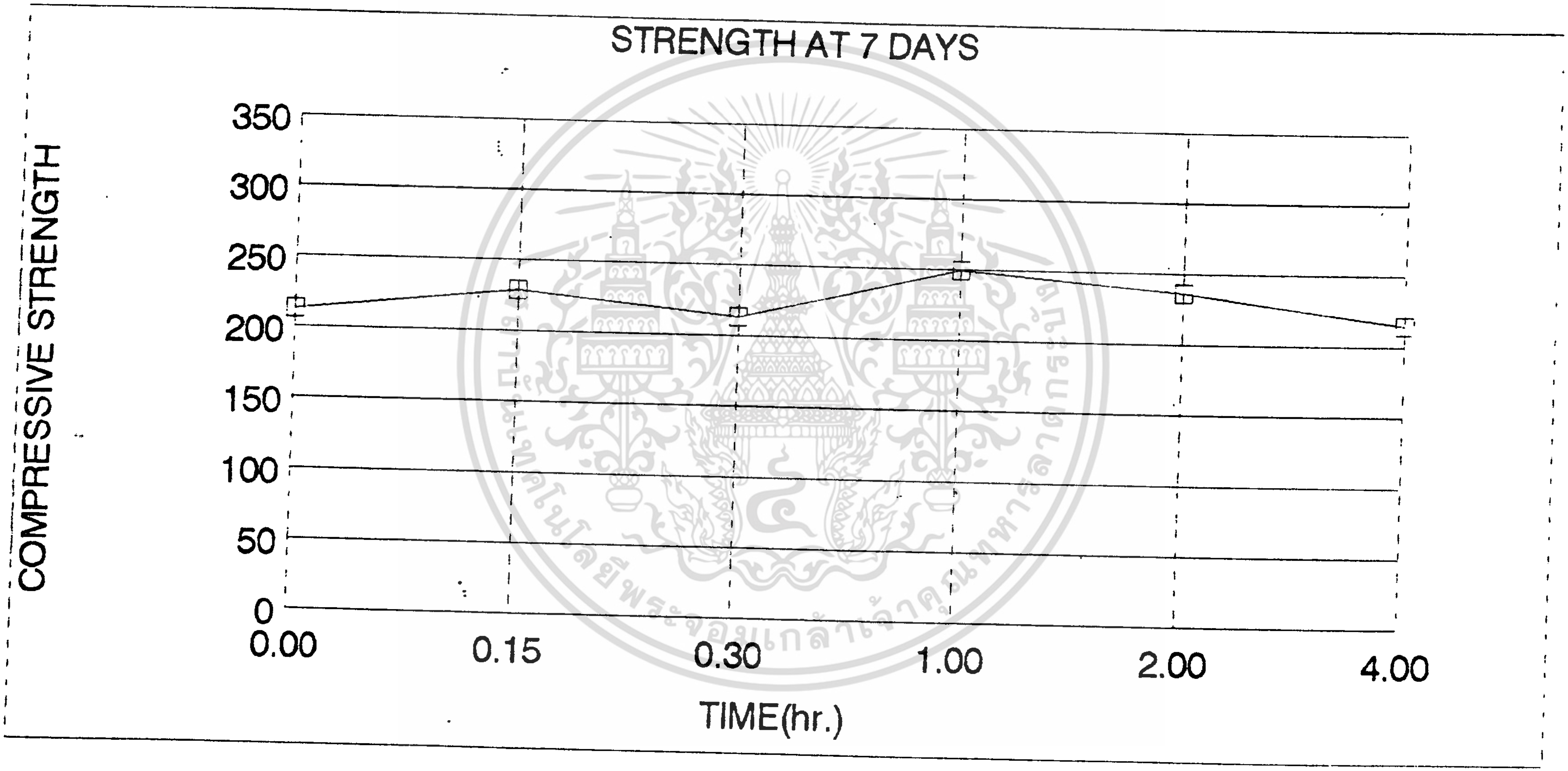
fc' 280 ksc.

SPECIMEN NO.	TIME AFTER CASTED (HOURS)	DIMENSION (CM.)		WEIGHT (KG.)	SLUMP (CM.)	DATE OF CASTED	DATE OF TESTED	AGES DAYS	ULTIMATE LOAD (KG.)	COMPRESSIVE STRENGTH		AVERAGE STRENGTH KSC.
		CROSS SECTION	HEIGHT							KSC.	PSI.	
4.10	01.00	15.1*15.1	15.00	8.25	7.00	2/5/35	30/3/35	28	69150.00	303.28	–	
4.11	01.00	15.0*15.0	15.10	8.10	7.00	2/5/35	30/3/35	28	70650.00	314.00	–	308.44
4.12	01.00	15.0*14.9	15.20	8.25	7.00	2/5/35	30/3/35	28	68850.00	308.05	–	
5.10	02.00	14.6*15.0	15.60	8.20	7.00	2/5/35	30/3/35	28	64650.00	295.21	–	
5.11	02.00	15.0*15.0	15.00	8.05	7.00	2/5/35	30/3/35	28	66150.00	294.00	–	307.23
5.12	02.00	14.9*15.2	15.10	8.25	7.00	2/5/35	30/3/35	28	75300.00	332.48	–	
6.10	04.00	15.0*15.0	15.00	7.95	7.00	2/5/35	30/3/35	28	64650.00	287.33	–	
6.11	04.00	15.0*15.2	15.00	8.15	7.00	2/5/35	30/3/35	28	70350.00	308.55	–	294.46
6.12	04.00	15.0*15.2	15.00	8.10	7.00	2/5/35	30/3/35	28	65550.00	287.50	–	
B7	24.00	15.2*15.3	15.00	8.20	7.00	2/5/35	30/3/35	28	71850.00	308.95	–	
B8	24.00	15.0*15.0	15.00	8.05	7.00	2/5/35	30/3/35	28	64350.00	286.00	–	295.61
B9	24.00	15.0*14.8	15.20	8.00	7.00	2/5/35	30/3/35	28	64800.00	291.89	–	

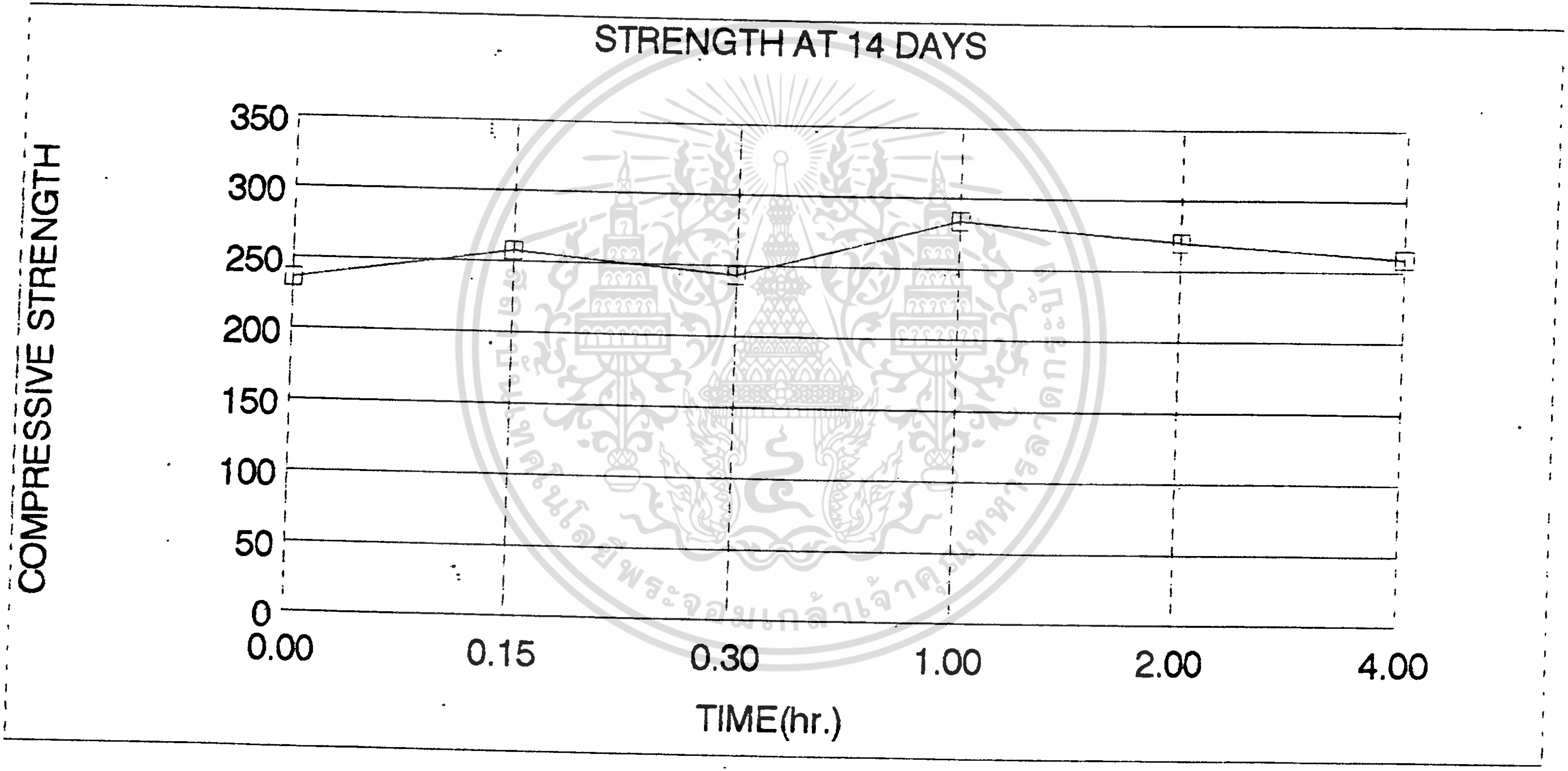
TYPE OF SAMPLE ☒ CUBE ☐ CYLINDER

METHOD OF CASTED ☐ MANUAL ☒ SPINNING

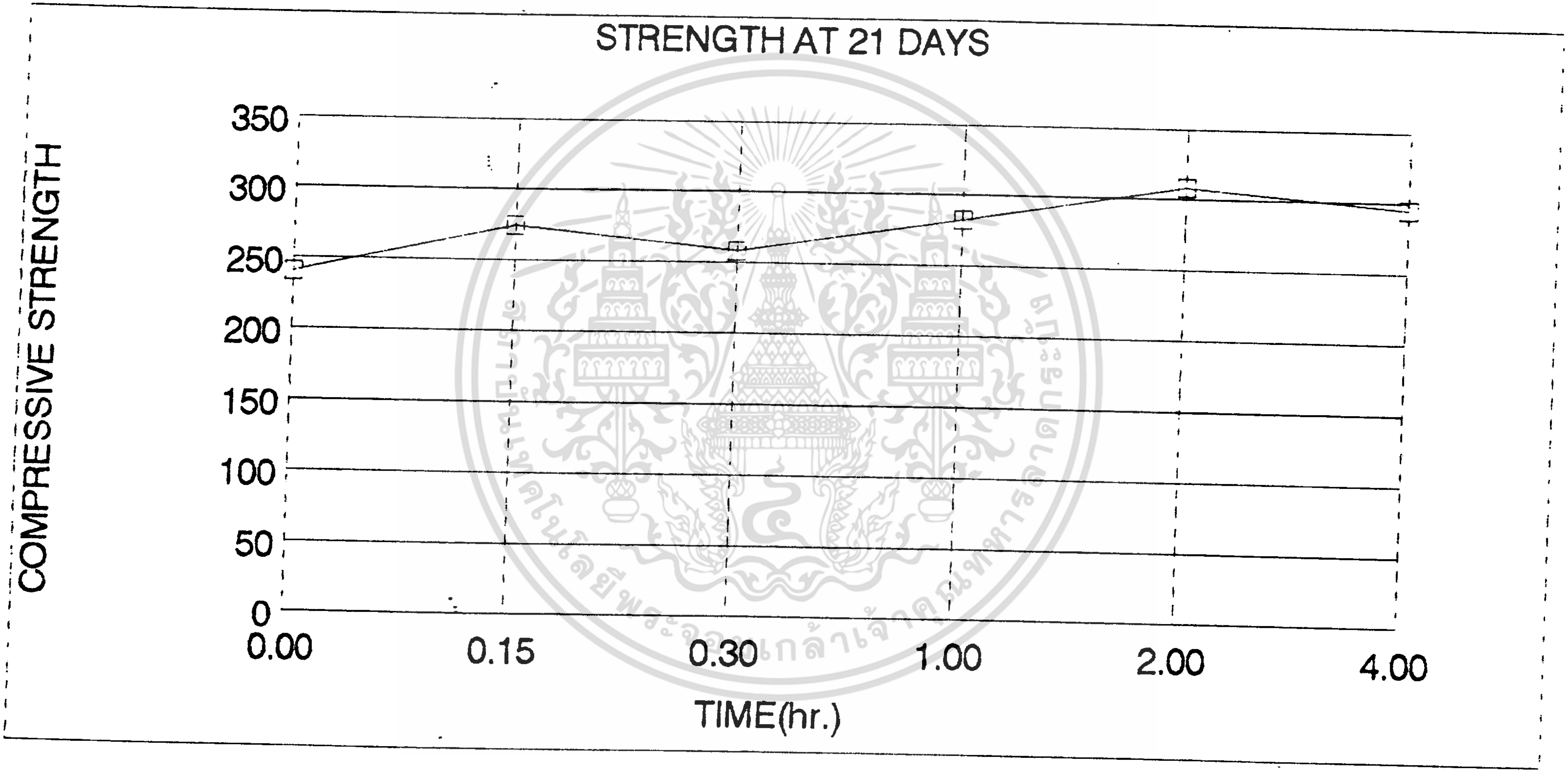
TEST BY T.SOMSAK
COMPUTED BY C.SUTHEP
ENGINEER T.SOMSAK & C.SUTHEP



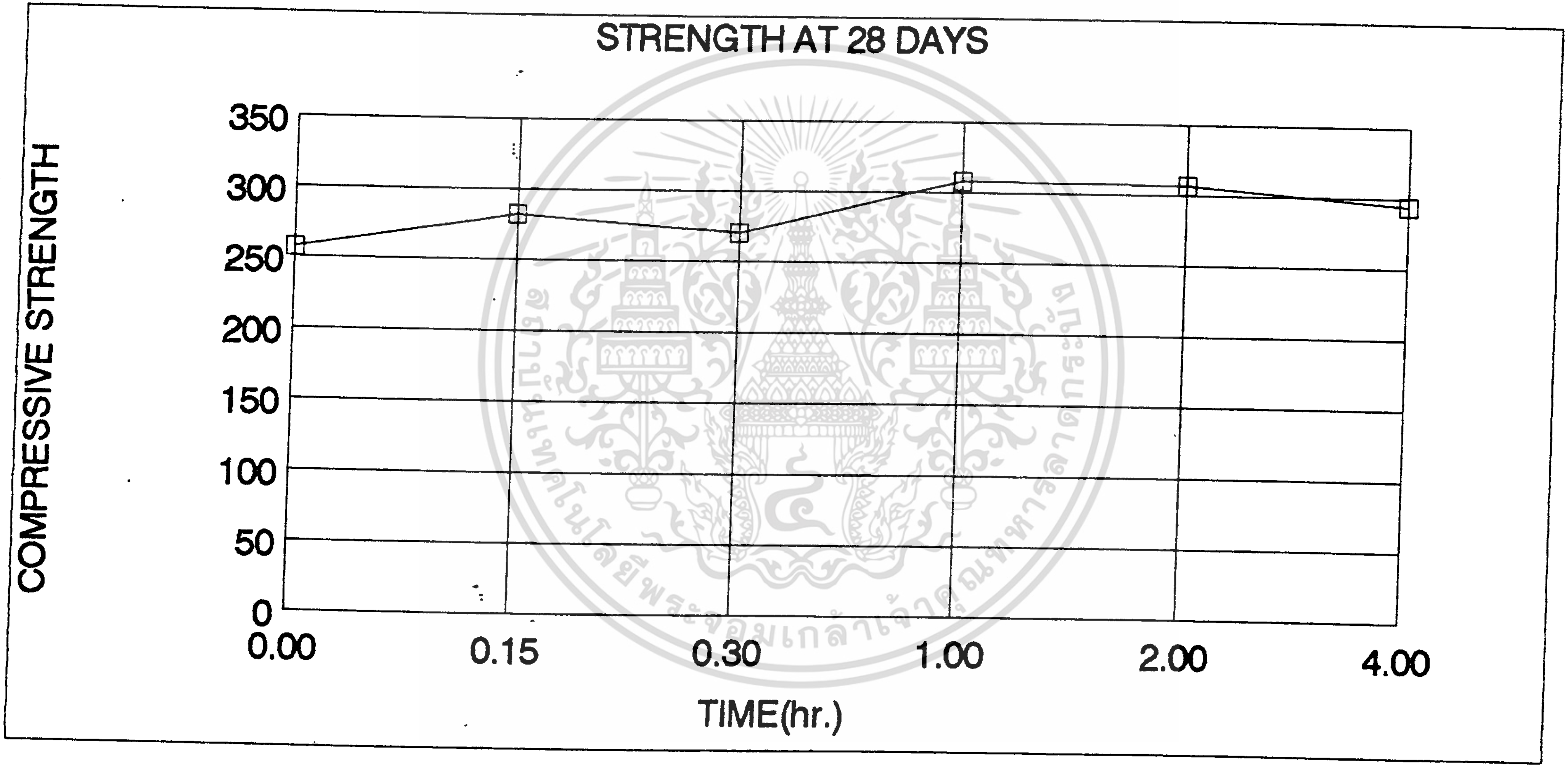
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



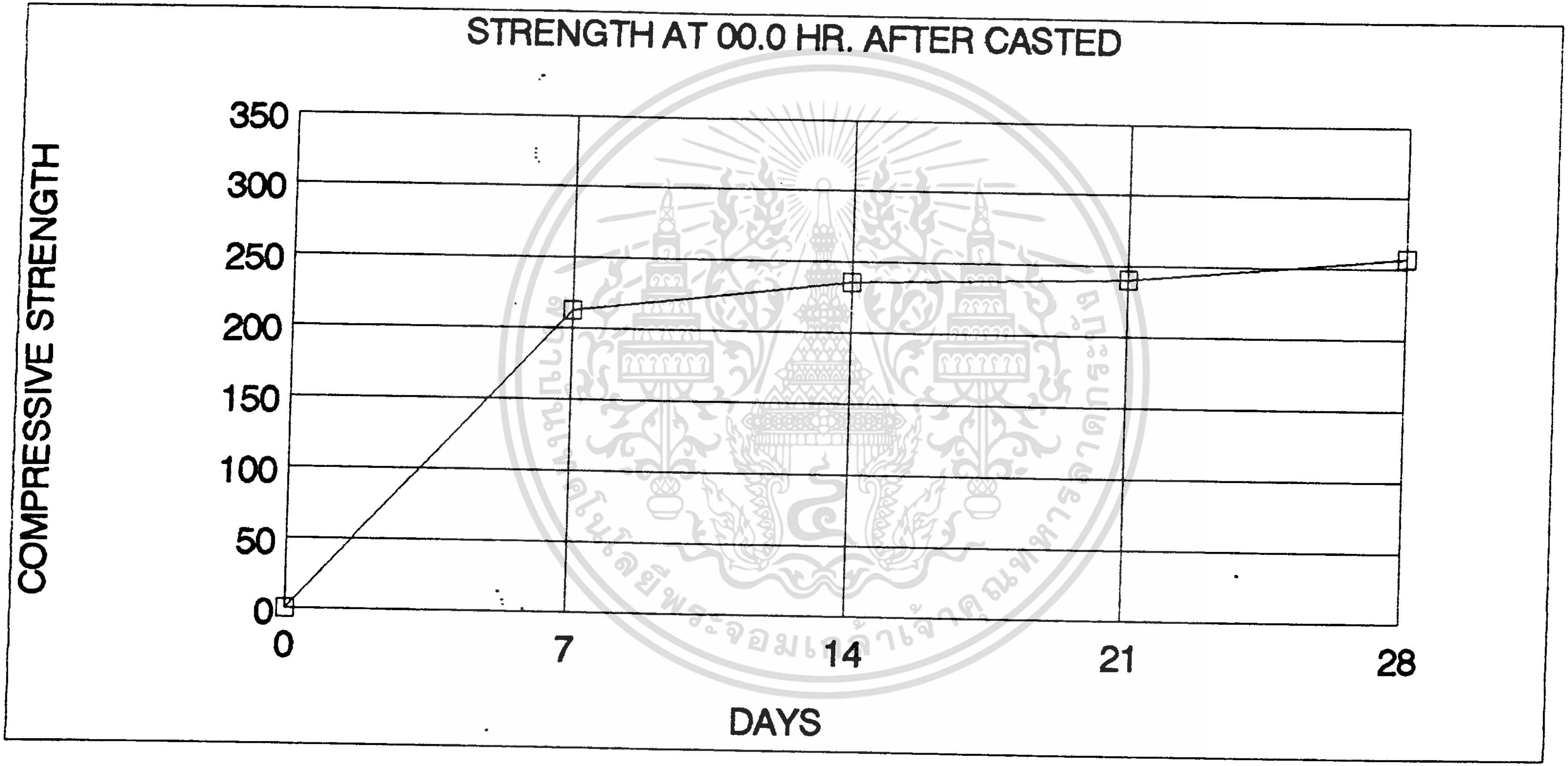
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



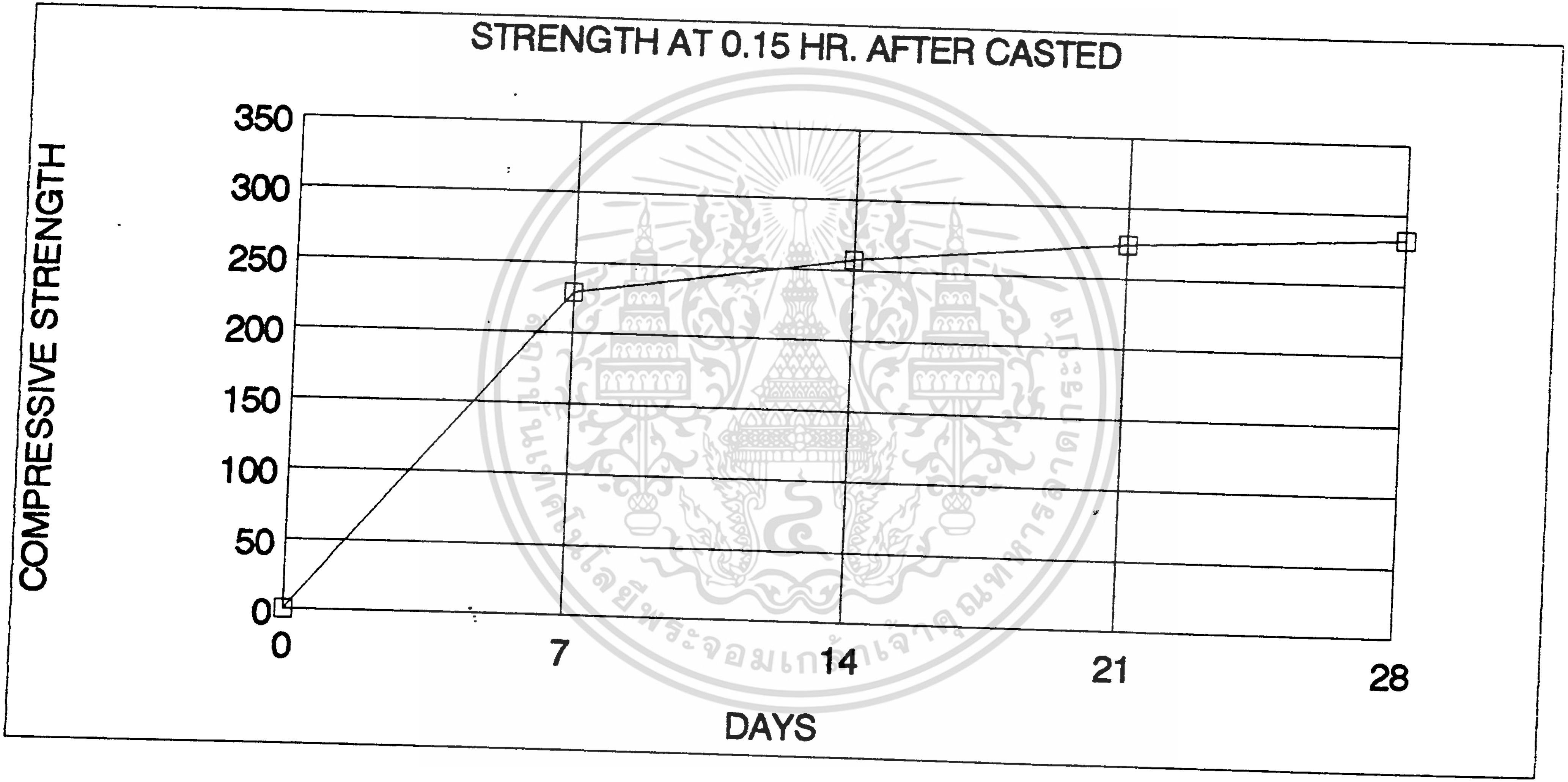
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



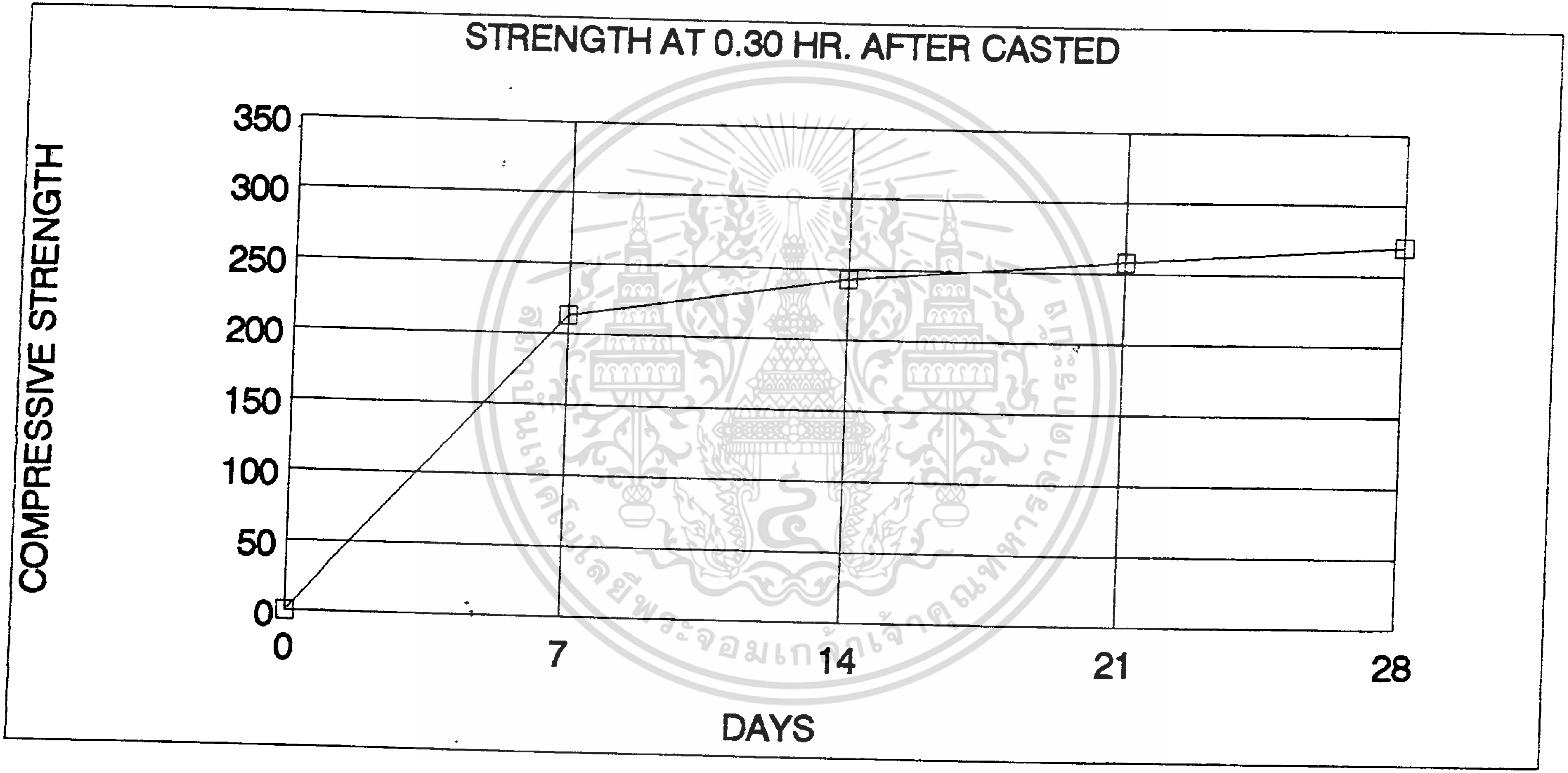
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



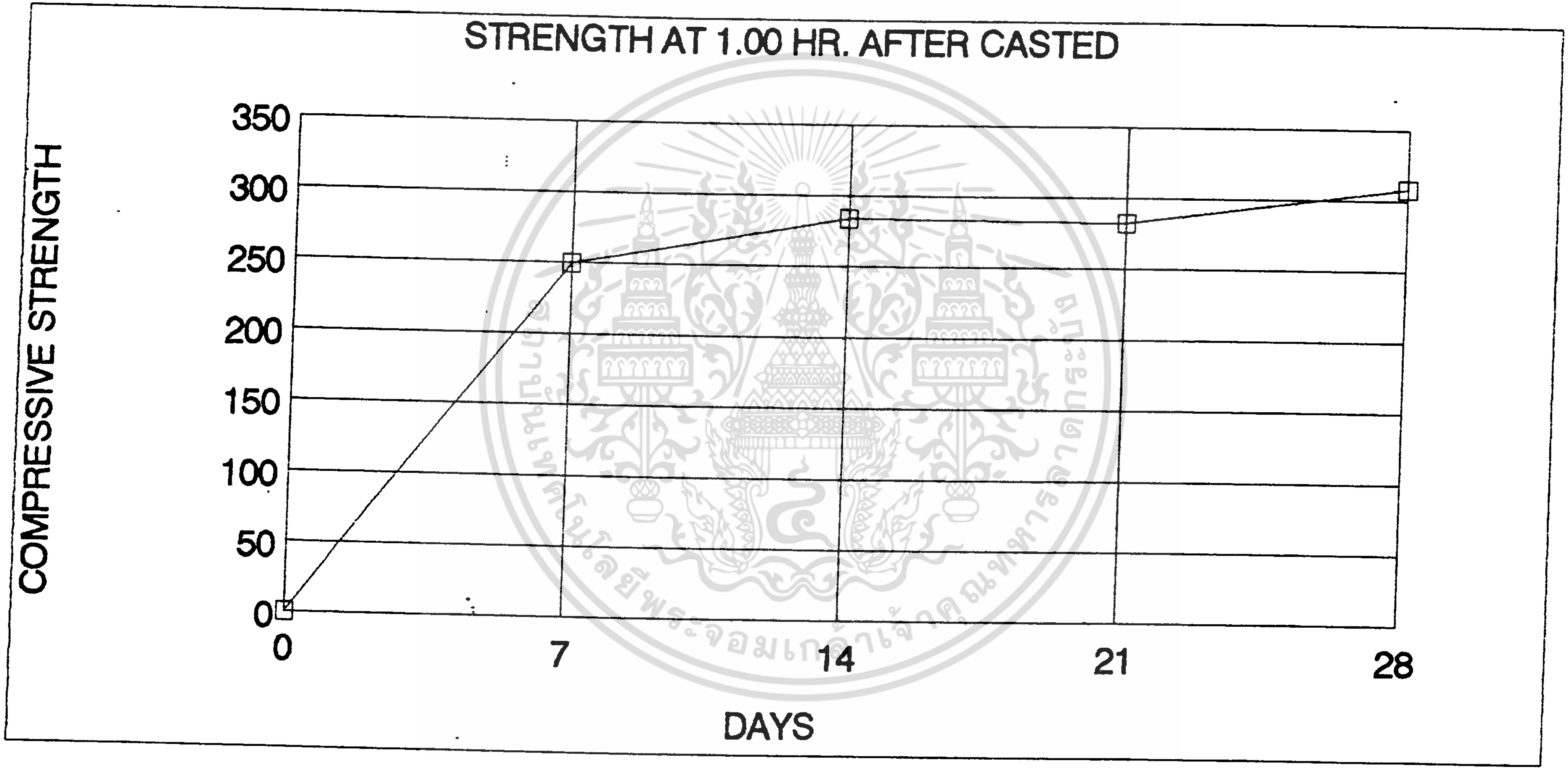
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



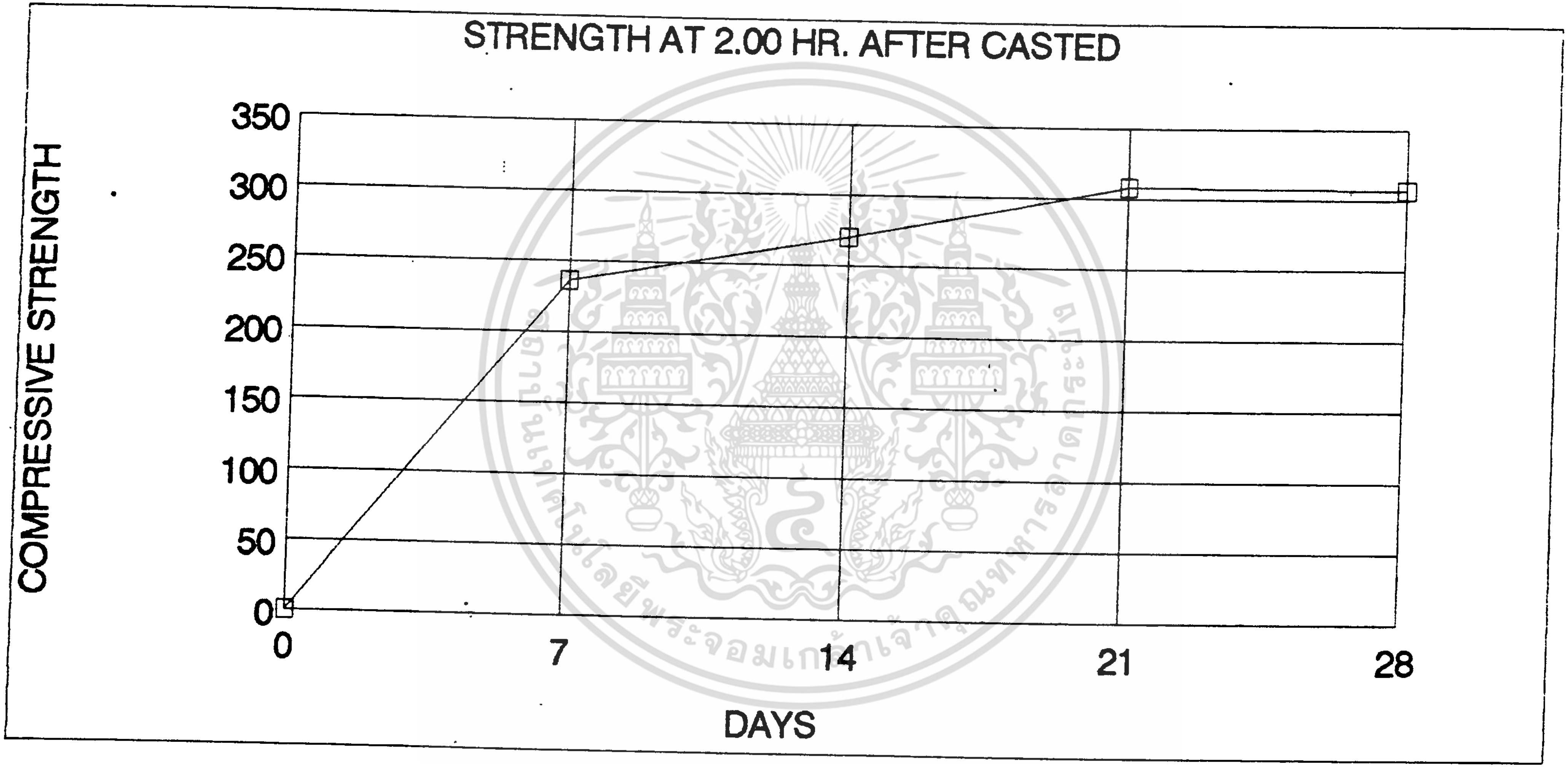
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



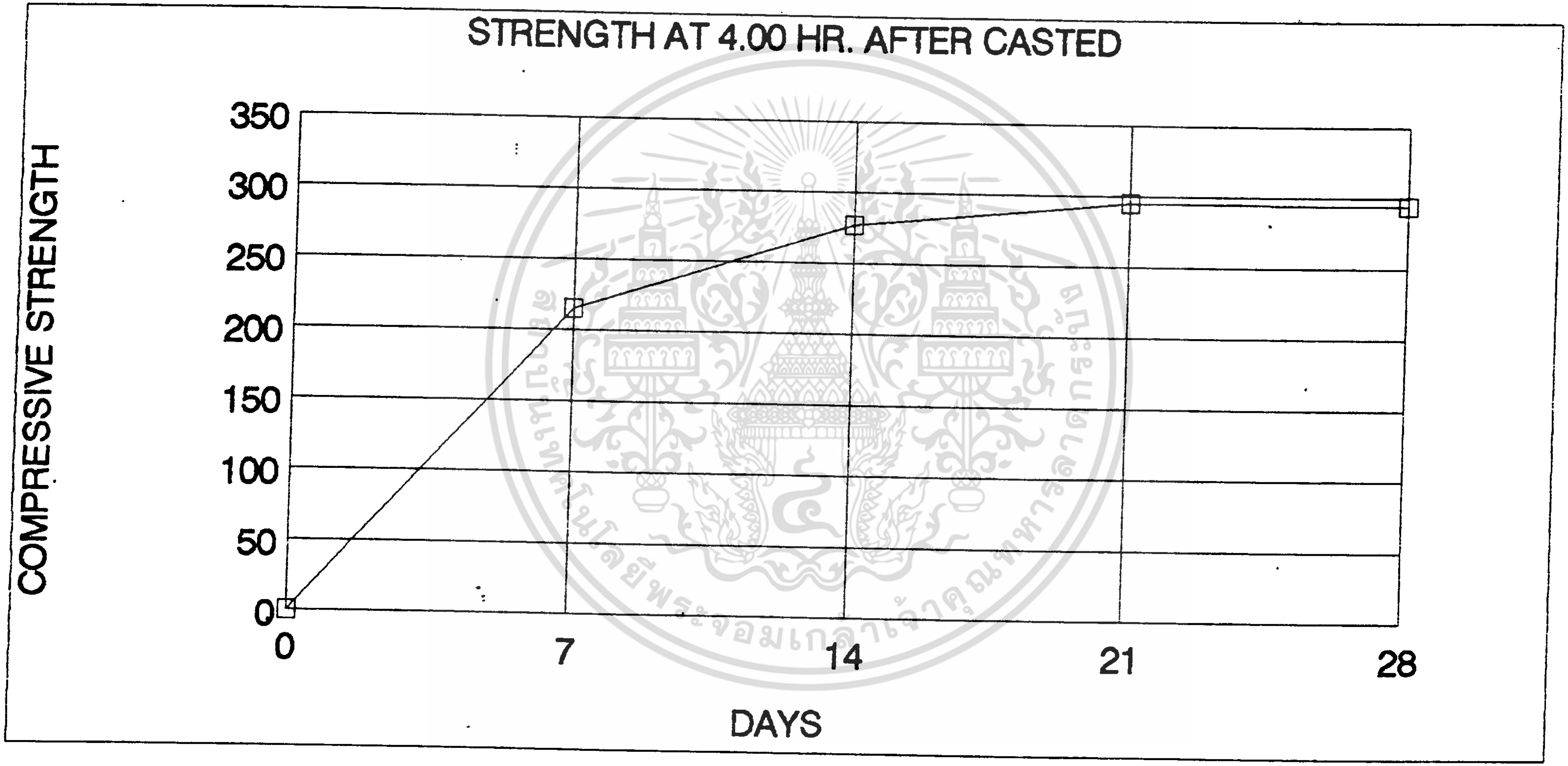
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



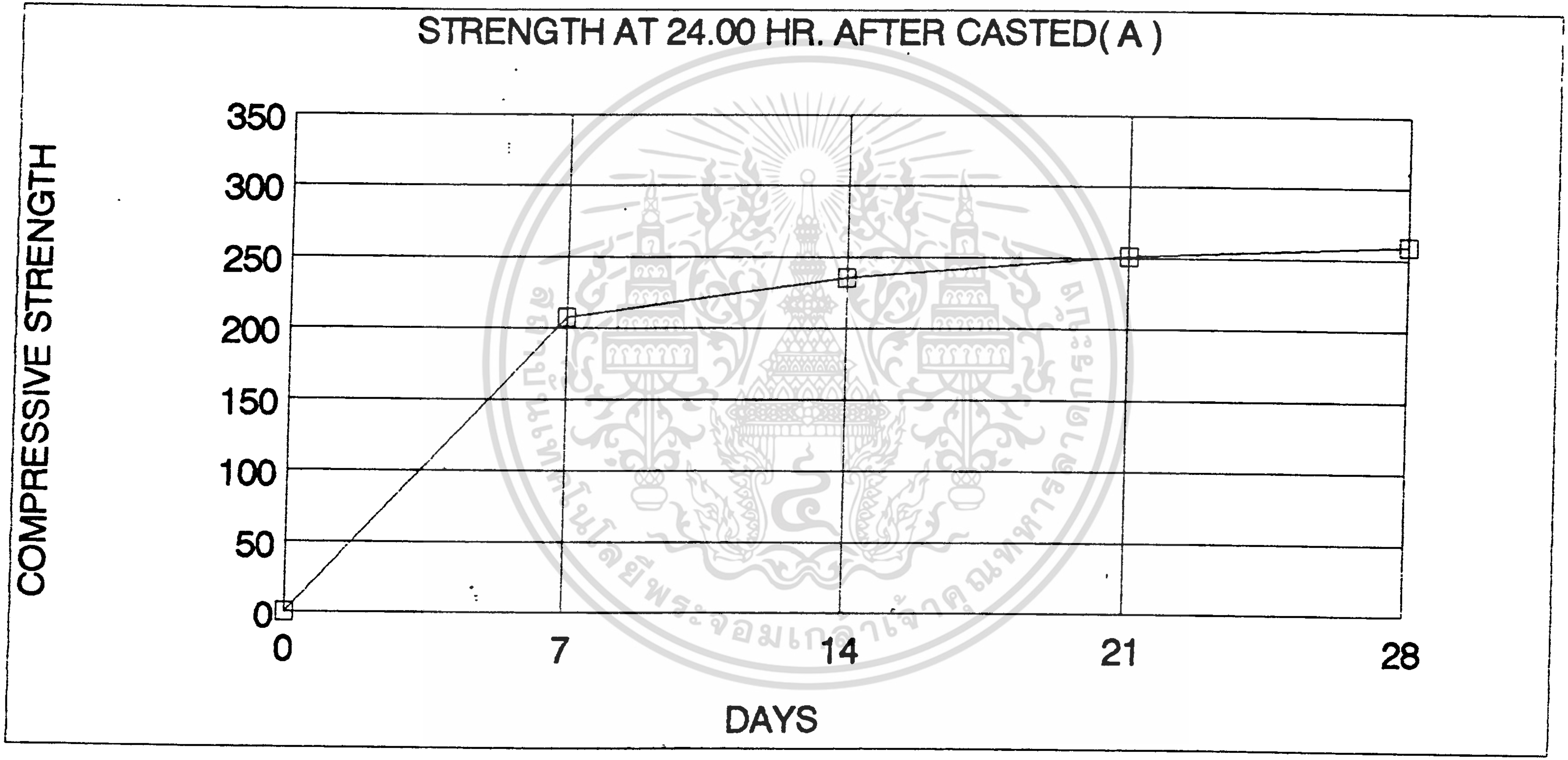
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



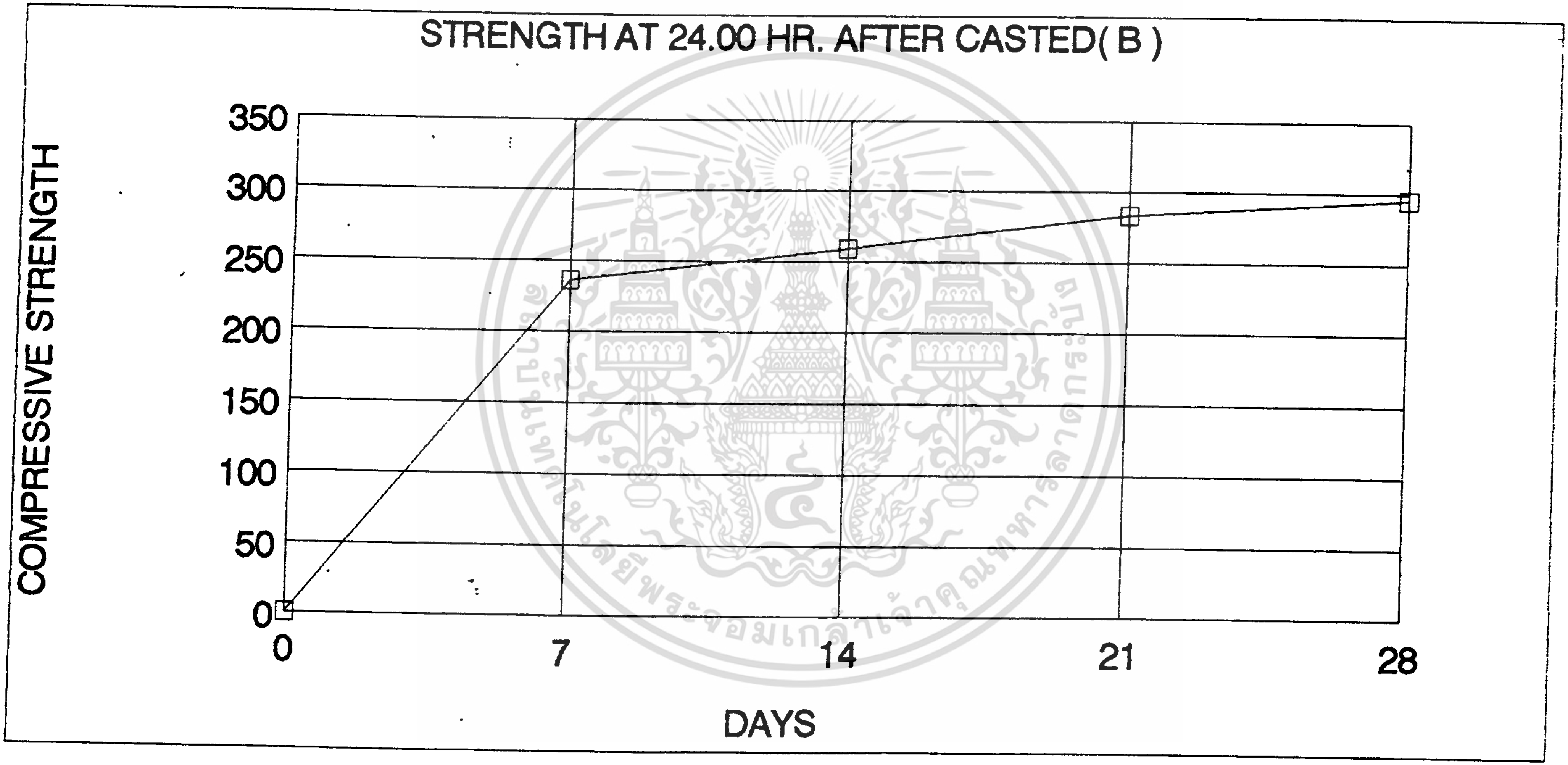
DESIGN STRENGTH 280 ksc.



DESIGN STRENGTH 280 ksc.

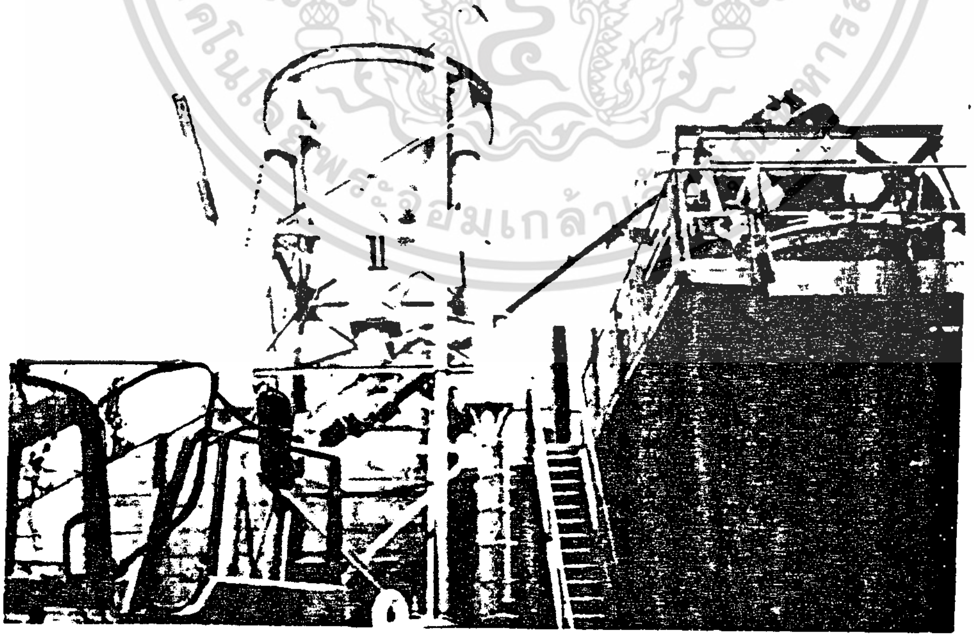


DESIGN STRENGTH 280 ksc.



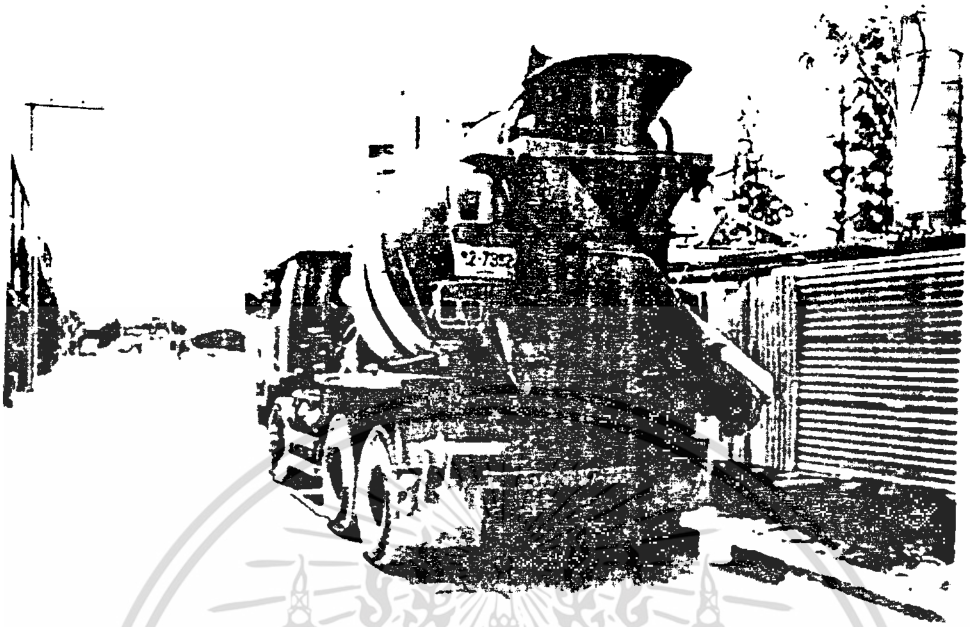
DESIGN STRENGTH 280 ksc.

รูปที่ 7.3.1 แสดงบริเวณโรงงาน Ready Mix Concrete

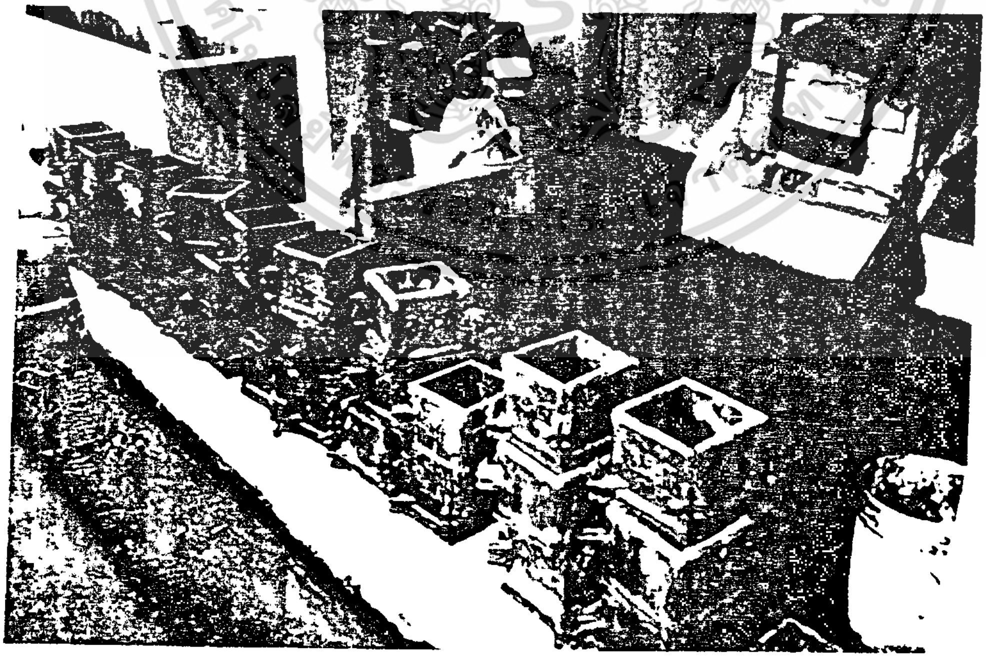


รูปที่ 7.3.2 แสดงเครื่องจักรที่ใช้ผสมคอนกรีตและท่อที่นำคอนกรีต
ออกเมื่อผสมเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

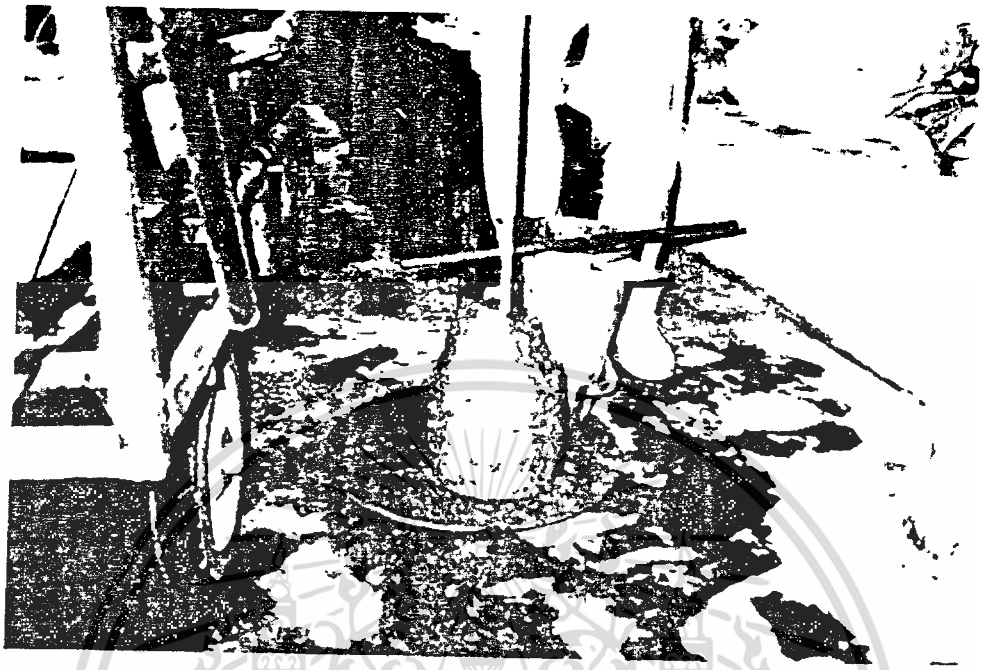


รูปที่ 7.3.3 แสดงรถลำเลียง Ready Mix Concrete

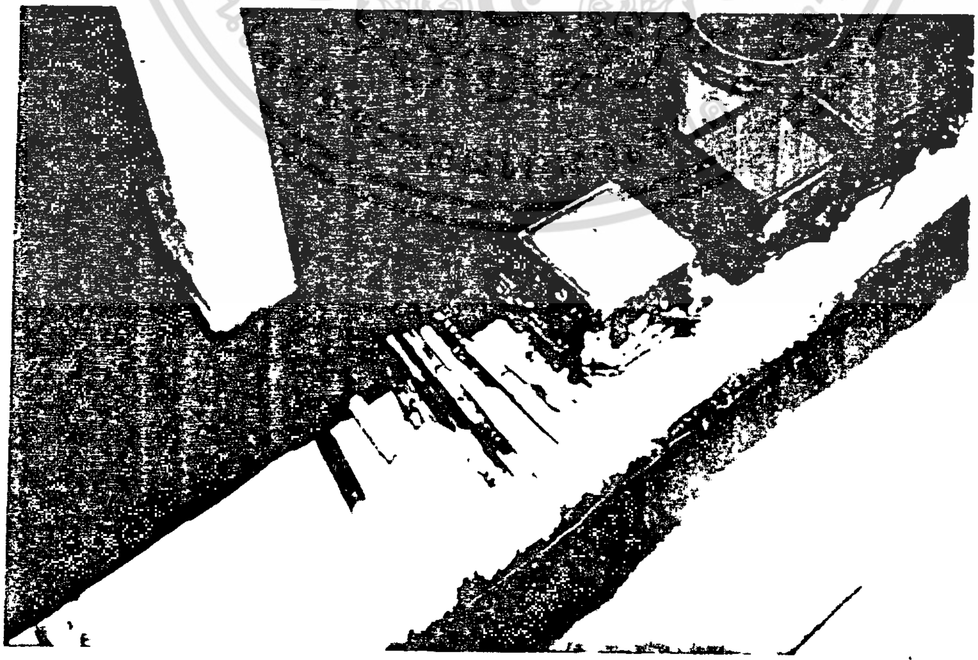


รูปที่ 7.3.4 แสดงการเตรียมแบบหล่อรูปลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



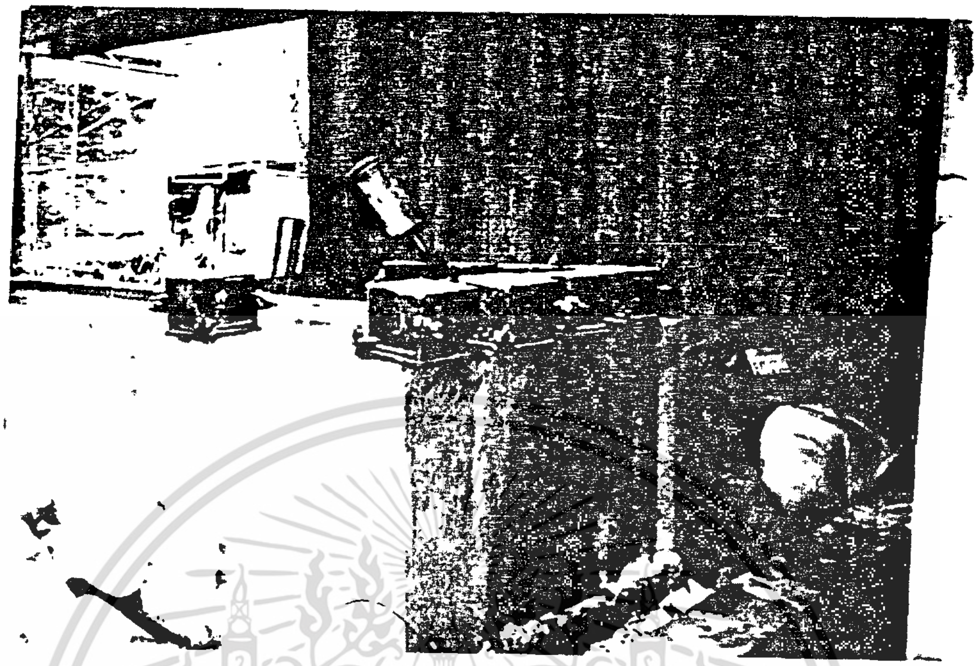
รูปที่ 7.3.5 แสดงการ check slump



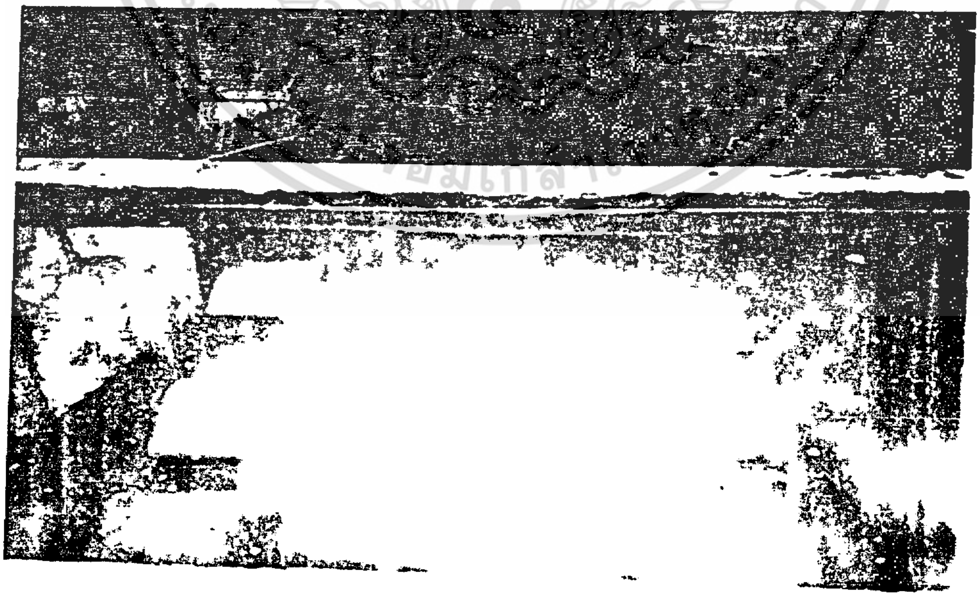
เอกสารนี้เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รูปที่ 7.3.6 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้กระทุ้งและตักคอนกรีตลงแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

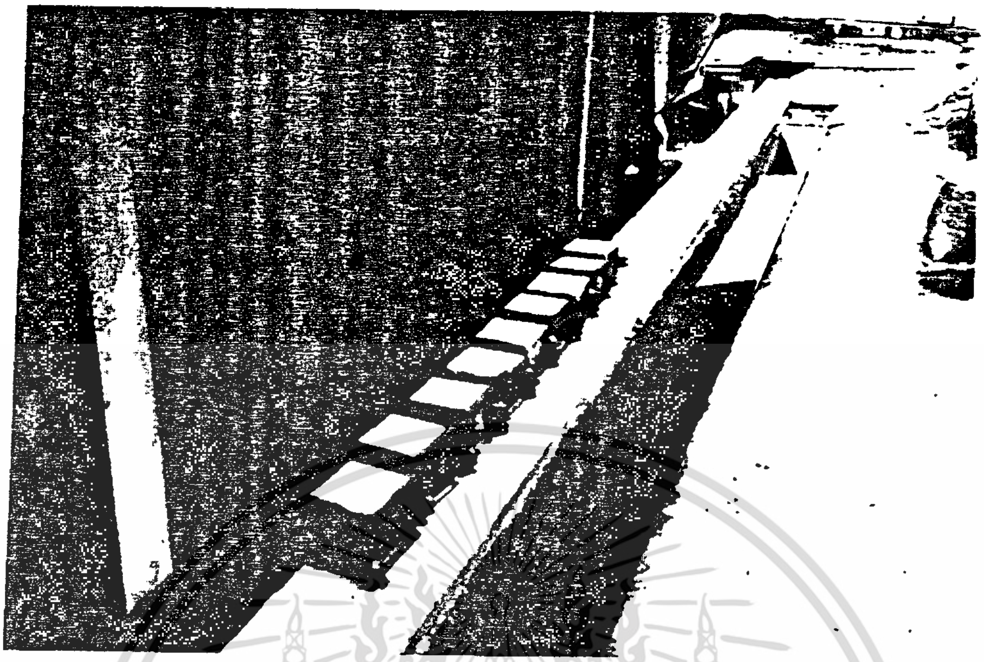


รูปที่ 7.3.7 แสดงตัวอย่างคอนกรีตพร้อมแบบหล่อที่เตรียมนำลงบ่มในบ่อ

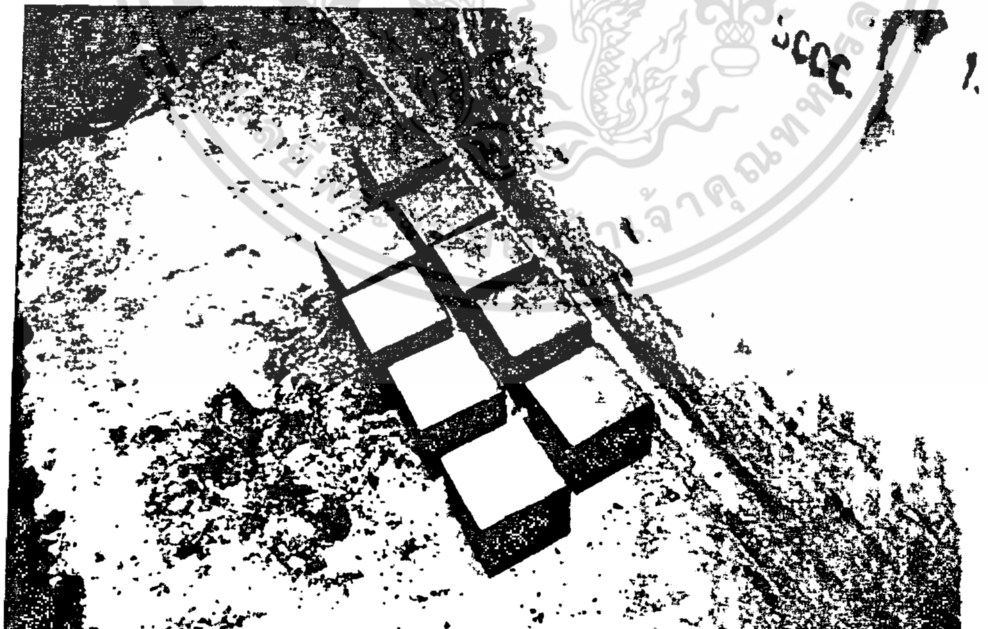


รูปที่ 7.3.8 แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มในบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ได้รับไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

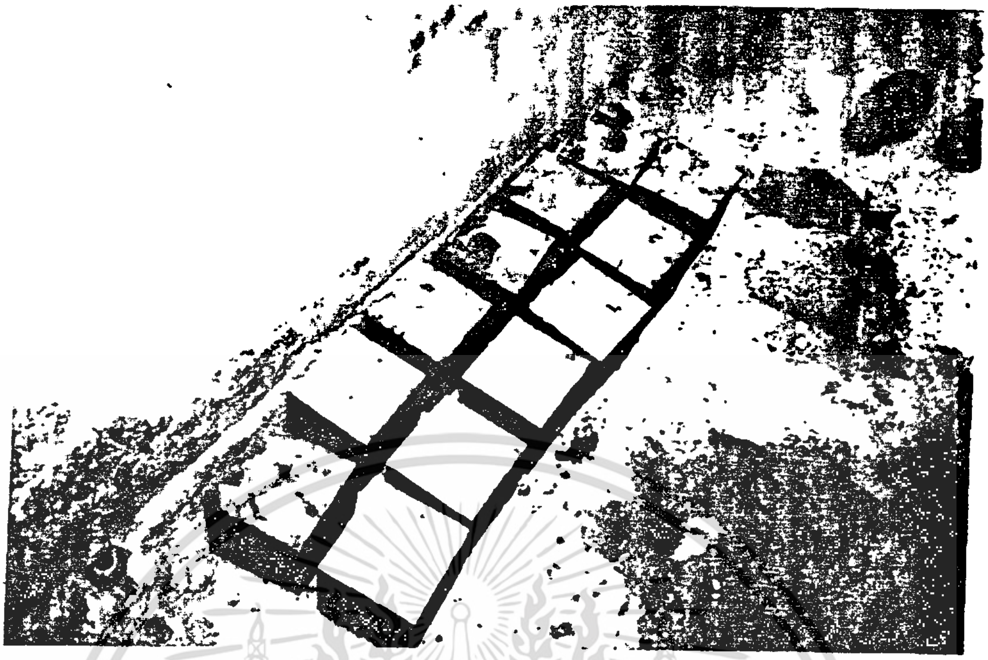


รูปที่ 7.3.9 แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มที่เวลา 24 ช.ม. ซึ่งเป็นชุดมาตรฐาน

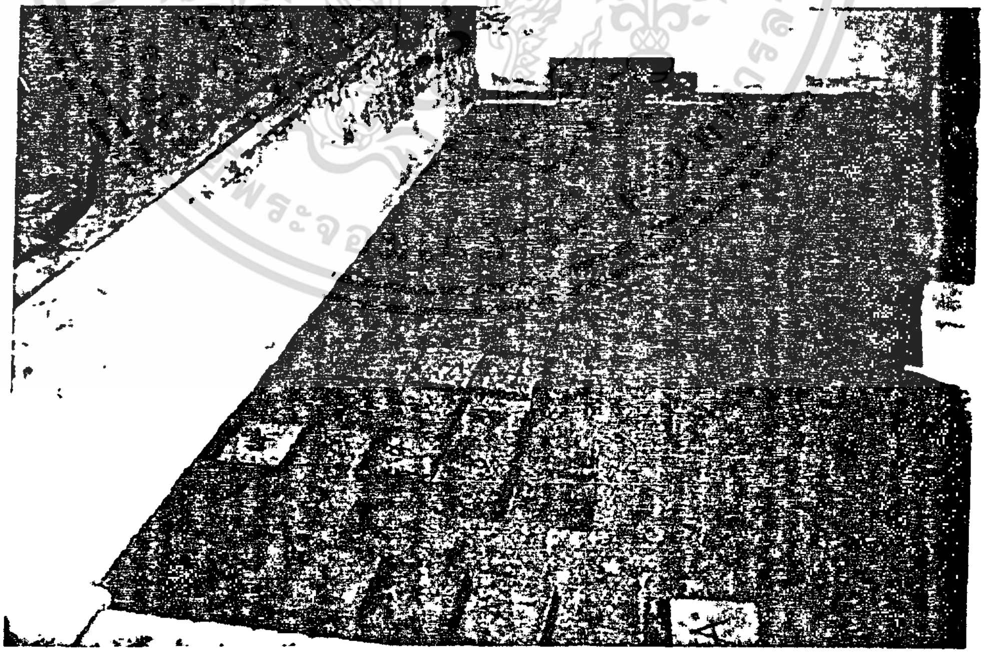


รูปที่ 7.3.10 แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มที่เวลา 24 ช.ม.
ที่นำออกจากแบบหล่อแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

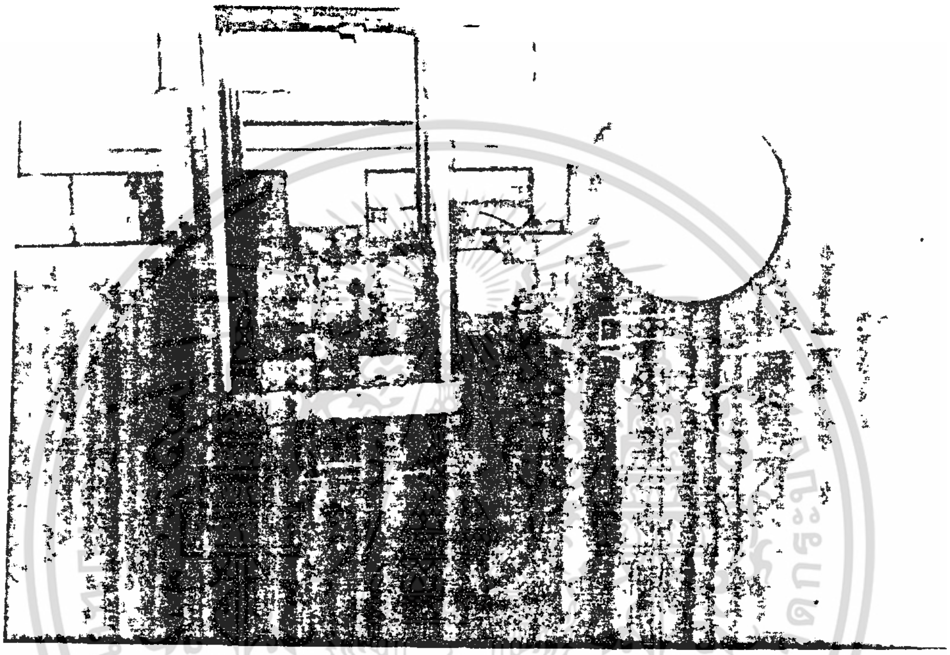


รูปที่ 7.3.11 แสดงตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มก่อนเวลา 24 ช.ม.ที่นำออกจากแบบหล่อ



รูปที่ 7.3.12 แสดงตัวอย่างคอนกรีตทั้งหมดที่บ่มในบ่อเพื่อรอให้ครบ
อายุเพื่อนำมาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



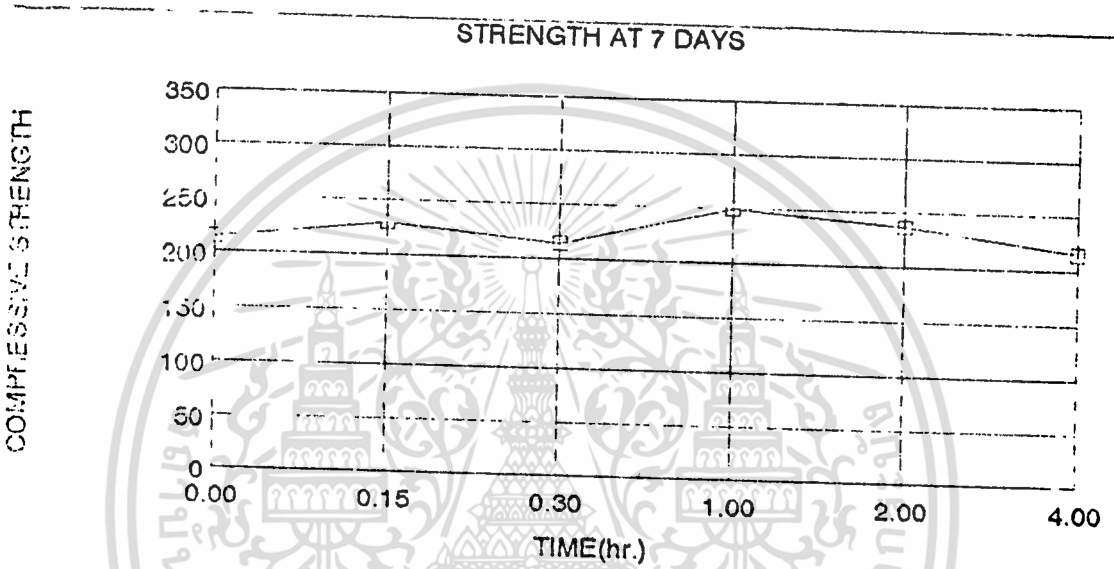
รูปที่ 7.3.13 แสดงการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตรูปลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

วิเคราะห์และสรุปผลตอนที่ 2

8.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน

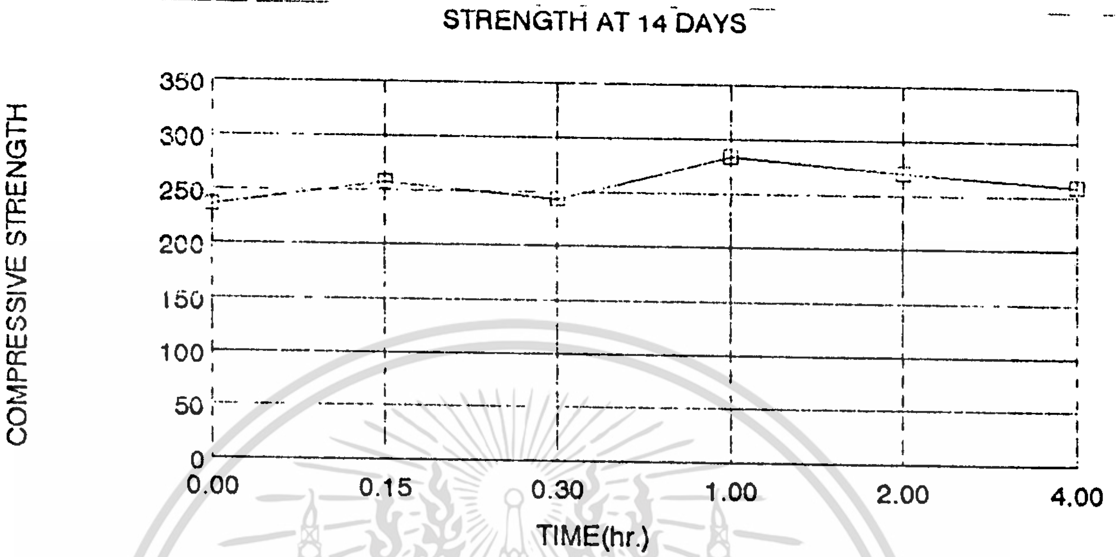


8.1.1 จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน เมื่อนำมาเขียนกราฟได้ดังรูป จะเห็นได้ว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 213-249 ksc.ซึ่งคิดเป็น 76-89 เปอร์เซนต์ของกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้ (280 ksc.) โดยที่ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังอัดที่แต่ละเวลาที่ถูกนำจะแตกต่างกัน โดยเรียงลำดับจากค่ากำลังอัดที่น้อยไปหามากได้ดังนี้คือ ที่เวลา 0,1/2,4,1/4,2,1 ชั่วโมง ซึ่งจากกราฟนี้เราอาจสังเกตได้ว่ากำลังของคอนกรีตที่เวลาแรก ๆ ที่คอนกรีตถูกนำจะต่ำและจะค่อย ๆ สูงขึ้น ณ จุด ๆ หนึ่ง และจะค่อย ๆ ลดลงอีกครั้งหนึ่ง

8.1.2 เนื่องจากการทดลองนี้ มีการผสมคอนกรีต 2 ครั้ง และในการทดลองของคอนกรีตที่มีอายุ 7 วันนี้ ไม่มีการทดสอบตัวอย่างมาตรฐาน จึงทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่ากำลังของคอนกรีตที่ถูกนำก่อน 24 ชั่วโมง กับกำลังของคอนกรีตที่ทำมาตรฐานจะมีความแตกต่างกันอย่างไร ทางคณะผู้ทดสอบจึงคิดว่าควรมีการทดสอบตัวอย่างมาตรฐานที่อายุอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังของคอนกรีต ที่อายุ 14 วัน



8.2.1 จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 14 วัน จะเห็นจากตารางได้ว่าจริง ๆ แล้วเป็นการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 16 และ 17 วัน ทั้งนี้เพราะเกิดเหตุติดขัดบางประการทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบ ณ วันนั้น ๆ ได้

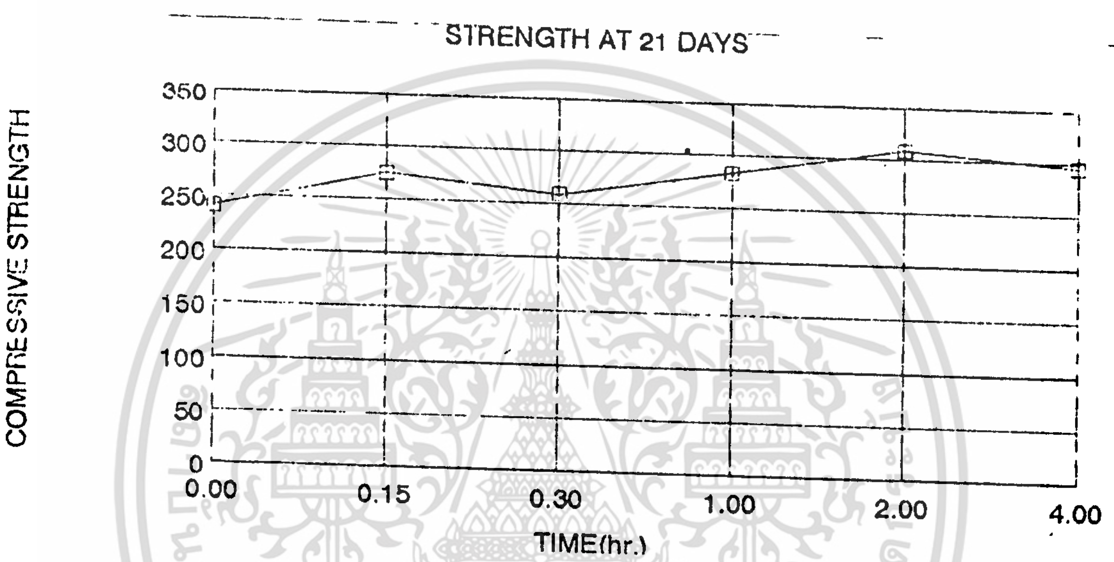
8.2.2 จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 16-17 วัน เมื่อนำมาเขียนกราฟได้ดังรูป จะเห็นว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 235.5-284.07 ksc. ซึ่งคิดเป็น 84-101.5 เปอร์เซนต์ของกำลังของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้ (280 ksc.) โดยที่ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังอัดที่แต่ละเวลาที่ถูกน้ำจะแตกต่างกัน โดยเรียงลำดับจากค่ากำลังอัดที่น้อยไปหามากได้ดังนี้คือ ที่เวลา 0, 1/2, 1/4, 2, 4, 1 ชั่วโมง ซึ่งจากกราฟจะสังเกตเห็นได้ว่า กำลังของคอนกรีตที่เวลาแรก ๆ จะต่ำกว่าและจะค่อย ๆ สูงขึ้น ณ จุด ๆ หนึ่ง และจะค่อย ๆ ลดลงอีกครั้งหนึ่ง

8.2.3 เนื่องจากทดลองนี้ มีการผสมคอนกรีต 2 ครั้ง เราจึงวิเคราะห์ที่แต่ละการผสมเทียบกับตัวมาตรฐาน ซึ่งพบว่า เมื่อเทียบชุดมาตรฐาน A กับชุดที่ถูกน้ำที่เวลา 0, 1/4, 1/2 ชั่วโมง และเทียบชุดมาตรฐาน B กับชุดที่ถูกน้ำที่เวลา 1,2,4 ชั่วโมง จะได้ดังนี้คือ ชุดที่ 1 -0.06% ชุดที่ 2 +9.36% ชุดที่ 3 +3.22% เมื่อเทียบกับชุด A ชุดที่ 4 +9.52% ชุดที่ 5 +4.20% ชุดที่ 6 +6.98%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเทียบชุด B ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีเพียงชุดที่ 0 ชั่วโมง (ชุดที่ 1) เท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่าชุดมาตรฐาน A แต่ก็เป็นค่าที่น้อยมาก จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าน้ำภายนอกมีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีตหรือไม่

8.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 21 วัน



8.3.1 จากการทดสอบกำลังของคอนกรีตที่อายุ 21 วัน เมื่อนำมาเขียนกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 240.43 -308.16 ksc. หรือคิดเป็น 86-110 เปอร์เซนต์ของกำลังของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้ (280 ksc.) โดยที่ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังอัดที่แต่ละเวลาที่ถูกน้ำจะแตกต่างกันไป โดยเรียงลำดับจากค่ากำลังอัดที่น้อยไปหามากดังนี้ คือ ที่เวลา 0,1/2,1/41,4,2 ชั่วโมง ซึ่งอาจสังเกตเห็นได้ว่า กำลังของคอนกรีตที่เวลาแรก ๆ จะต่ำกว่าและจะค่อย ๆ สูงขึ้น ณ จุด ๆ หนึ่ง และจะค่อย ๆ ลดลงอีกครั้งหนึ่ง

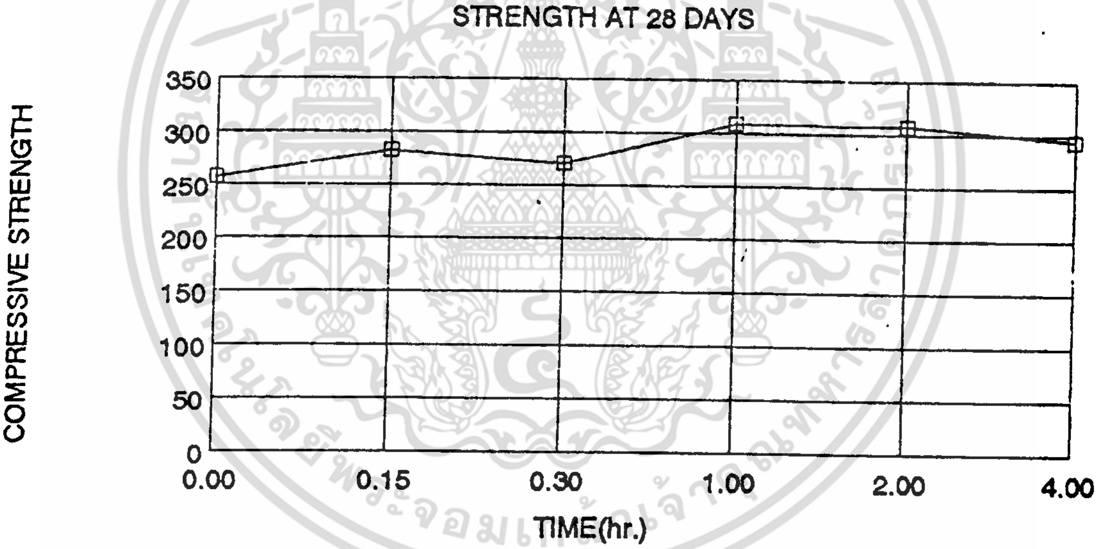
8.3.2 เนื่องจากการทดลองนี้ มีการผสมคอนกรีต 2 ครั้ง เราจึงวิเคราะห์ที่แต่ละการผสมเทียบกับตัวมาตรฐาน ซึ่งพบว่าเมื่อเทียบชุดมาตรฐาน A กับชุดที่ถูกน้ำที่เวลา 0,1/4,1/2 ชั่วโมง และเทียบชุดมาตรฐาน B กับชุดที่ถูกน้ำที่เวลา 1,2,4 ชั่วโมง จะได้ดังนี้คือ ชุดที่ 1 -4.27% ชุดที่ 2 +9.24% ชุดที่ 3 +2.92% เมื่อเทียบกับชุด A ชุดที่ 4 -0.46% ชุดที่ 5 +8.57% ชุดที่ 6

เอกสารที่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+4.03% เมื่อเทียบชุด B ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีเพียงชุดที่ 1 และชุดที่ 4 เท่านั้น ที่มีค่าต่ำกว่าชุดมาตรฐาน ส่วนที่เวลาอื่น ๆ มีค่ามากกว่าชุดมาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำภายนอกไม่มีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

8.3.3 สำหรับกรณีที่ชุดตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าตัวมาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ น้ำได้ทำความเสียหายที่บริเวณผิวนอก แต่บริเวณส่วนในยังสามารถรับกำลังอัดได้ดี แต่ในการทดสอบหาค่าแรงอัด จะใช้พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดโดยไม่หักส่วนที่เสียหายออก จึงทำให้กำลังอัดออกมาน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

8.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน



8.4.1 จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เมื่อนำมาเขียนกราฟได้ดังรูป จะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 256.93-308.44 ksc. ซึ่งคิดเป็น 92-110 เปอร์เซนต์ของกำลังของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้ (280 ksc.) โดยที่ค่าเฉลี่ยของกำลังอัดที่แต่ละเวลาที่ถูกน้ำจะแตกต่างกันไป โดยเรียงลำดับจากค่ากำลังอัดที่น้อยไปหามากดังนี้ คือ ที่เวลา 0,1/2,1/4,4,2,1 ชั่วโมง ซึ่งอาจสังเกตเห็นได้ว่ากำลังของคอนกรีตที่เวลาแรกๆ จะต่ำกว่าและจะค่อยๆ สูงขึ้น ณ จุดหนึ่ง และจะค่อย ๆ ลดลงอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.2 เนื่องจากการทดลองนี้ มีการผสมคอนกรีต 2 ครั้ง เราจึงวิเคราะห์ที่แต่ละการผสมเทียบกับตัวมาตรฐาน ซึ่งพบว่า เมื่อเทียบชุดมาตรฐาน A กับ ชุดที่ถูกน้ำที่เวลา 0,1/4,1/2 ชั่วโมง และเทียบชุดมาตรฐาน B กับชุดที่ถูกน้ำที่เวลา 1,2,4 ชั่วโมง จะได้ดังนี้คือ ชุดที่ 1 -0.93% ชุดที่ 2 +8.82% ชุดที่ 3 +4.32% เมื่อเทียบกับชุด A ชุดที่ 4 +4.34% ชุดที่ 5 +3.93% ชุดที่ 6 +0.39% เมื่อเทียบชุด B ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีเพียงชุดที่ 1 และชุดที่ 6 เท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่าชุดมาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าที่น้อย ส่วนที่เวลาอื่น ๆ มีค่ามากกว่าชุดมาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำภายนอกไม่มีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

8.4.3 สำหรับกรณีที่ชุดตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าตัวมาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำได้ทำความเสียหายที่บริเวณผิวนอกแต่บริเวณส่วนในยังสามารถรับกำลังอัดได้ดี แต่ในการทดสอบหาค่าแรงอัด จะใช้พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดโดยไม่หักส่วนที่เสียหายออกจึงทำให้กำลังอัดออกมาน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

8.4.4 สำหรับกรณีที่ชุดตัวอย่างที่เวลา 4 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าตัวมาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง แต่ค่าที่ต่างกันนี้เป็นค่าที่น้อยมาก อีกทั้งค่านี้ยังสูงกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ออกแบบไว้

8.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตตลอดการทดสอบ ตอนที่ 2

8.5.1 จากการทดสอบในครั้งนี้ จะเห็นว่ากำลังของคอนกรีตในการผสมในวันที่ 3 พฤษภาคม 2535 จะมีค่าต่ำกว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้ คือ กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ของตัวอย่างมาตรฐานชุดนี้มีค่าเท่ากับ 259.33 kcs. ทั้งนี้อาจวิเคราะห์หาสาเหตุได้ดังนี้คือ ส่วนผสมของคอนกรีตที่ผสมไม่ได้สัดส่วน เช่น อาจจะมีน้ำที่มากเกินไปอันเนื่องจากมีน้ำหลงเหลืออยู่ในรถปูน หลังจากการล้างโม่ หรืออาจเกิดจากความชื้นของมวลรวมที่มากเกินไปอันเนื่องจากการพ่นน้ำในโรงงานมากเกินไป

8.5.2 จากการทดสอบ ในแต่ละชุดการทดลอง ซึ่ง 1 ชุด จะมี 3 ตัวอย่างนั้น จะเห็นว่ากำลังของคอนกรีตในบางชุดก็มีค่าที่แตกต่างกันนั้นน่าจะเกิดจากการได้รับการกระทบกระเทือนต่อคอนกรีตที่พึ่งหล่อเสร็จ เช่น การเคลื่อนย้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ... ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์หรือการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการยกลงน้ำทั้งแบบหล่อ ระดับน้ำที่แตกต่างกันของการแช่ตัวอย่าง การกระทุ้งคอนกรีตในการหล่อแบบก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้กำลังของคอนกรีตในแต่ละชุดมีค่าที่แตกต่างกันไป นอกจากนี้ความเรียบของตัวอย่างก็มีส่วนในการทำให้กำลังของคอนกรีตคลาดเคลื่อนไปได้ เพราะในการทดสอบครั้งนี้ ได้ใช้ตัวอย่างทรง cube ซึ่งไม่มีการแคปหัวด้วยกำมะถัน จึงต้องหาด้านที่เรียบที่สุดในการทดสอบหากำลังอัดซึ่งจริง ๆ แล้วตัวอย่างนั้นอาจจะมีผิวที่ไม่ค่อยเรียบเสมอเหมือนกันจึงทำให้ค่าที่ออกมาบางค่าเพี้ยนไปจากความเป็นจริง

8.5.3 จากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7,14,21,28 วัน จะพบว่าตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง กำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าต่ำกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตของตัวอย่างมาตรฐาน แต่เป็นค่าที่ต่างกันไม่มาก ซึ่งอาจจะวิเคราะห์ได้ว่าน้ำจากภายนอกได้ทำให้บริเวณผิวนอกเสียหาย แต่บริเวณส่วนในไม่เสียหายและยังรับกำลังอัดได้ดี แต่ในการทดสอบหาค่ากำลังอัดจะใช้พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดโดยไม่หักส่วนที่เสียหายออก จึงทำให้กำลังอัดน้อยกว่าที่ควรจะเป็นซึ่งจากการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่าไม่แตกต่างกันนัก

8.5.4 จากข้อ 8.5.3 จากค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยของตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง กับตัวอย่างมาตรฐาน พอจะวินิจฉัยได้ว่า น้ำจากภายนอกไม่ได้ไปเพิ่มค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในเนื้อคอนกรีต เพราะถ้ามีการเพิ่มค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์แล้ว ค่าที่ได้ควรจะแตกต่างกันมากกว่านี้ ซึ่งในเรื่องนี้พอจะอธิบายได้คร่าว ๆ ดังนี้ คือ ถ้าแม้น้ำจะมีการซึมเข้าออกภายในเนื้อคอนกรีตขณะหล่อเสร็จ แต่คอนกรีตก็ถูกตรึงปริมาตรไว้ด้วยแบบหล่อ ปริมาณน้ำที่ไหลซึมเข้าออกจึงควรจะมีปริมาณเท่ากัน ทำให้ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่าเดิม

8.5.5 จากการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุต่าง ๆ และได้กราฟออกมา จะเห็นว่า กำลังของคอนกรีตจะต่ำในช่วงแรกและจะค่อย ๆ สูงขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่ง แล้วก็ค่อย ๆ ลดลงอีก ซึ่งในเรื่องนี้พอจะวิเคราะห์ได้ดังนี้ คือ ในช่วงก่อนขึ้นจุดสูงสุด ชิ้นตัวอย่างยังไม่มีการก่อตัวดีพอ ทำให้น้ำไปทำความเสียหายที่บริเวณผิวนอก แต่บริเวณส่วนในยังสามารถรับกำลังอัดได้ดี และน้ำภายในก็ไม่สูญหายไปเพราะมีน้ำภายนอกล้อมรอบอยู่ ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์ แต่ในการทดสอบหาค่ากำลังอัด จะใช้พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดโดยไม่หักส่วนที่เสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หายออกจึงทำให้กำลังอัดน้อยกว่า สำหรับชิ้นตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ยกำลังอัดสูงสุดนั้นเกิดขึ้นเพราะชิ้นตัวอย่างนั้นมีการก่อตัวดีพอแล้วน้ำจึงไม่ทำความเสียหายที่บริเวณผิวนอก แต่กลับจะช่วยรักษาน้ำภายในชิ้นตัวอย่างไม่ให้สูญเสียไป ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์ สำหรับชิ้นตัวอย่างที่มีค่าลดลงอีกครั้งหนึ่ง เกิดขึ้นเพราะว่าชิ้นตัวอย่างนั้น ได้มีการก่อตัวแล้วมีการสูญเสียน้ำไปบ้างแล้ว เนื่องจากการระเหยออก ซึ่งซีเมนต์อาจจะยังทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับน้ำไม่หมด จึงทำให้กำลังที่น่าจะได้จริงลดลง

8.5.6 จากข้อ 8.5.5 ณ เวลาที่คอนกรีตถูกน้ำตกภายนอกแล้วมีกำลังสูงสุดในการทดลองนี้นั้น อยู่ในช่วงเวลาระหว่าง 1-2 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะคอนกรีตจะเริ่มแข็งตัวที่ระยะเวลานี้ (ไม่ใส่น้ำยาหน่วง) น้ำจากภายนอกจึงไม่ทำความเสียหายบริเวณผิวรอบ แต่กลับจะช่วยรักษาน้ำภายใน

8.5.7 จากการทดสอบในแต่ละชุด จะเห็นได้จากกราฟหรือตาราง ว่า ตัวอย่างที่เวลา 1/2 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าที่เวลา 1/2 ชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าที่เวลา 1/4 ชั่วโมงทุกการทดลองนั้น ซึ่งจะสวนทางกับแนวความคิดในการวิเคราะห์ข้อที่แล้วมานั้น อาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- เนื่องจากการทำการทดลองทีเดียวมากเกินไป และชุด 1/2 ชั่วโมงนี้เป็นชุดที่ทำหลังสุด ซึ่งคอนกรีตนั้นเริ่มจะหมดอายุแล้วก็ได้
- เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายแบบหล่อไปตั้งไว้ที่ขอบบ่อ ซึ่งมีลักษณะเอียงเล็กน้อย ทำให้คอนกรีตภายในได้รับการกระทบกระเทือน
- การแช่ชุดตัวอย่าง 1/2 ชั่วโมงนี้ แช่ในระดับน้ำที่ลึกกว่าชุดตัวอย่างอื่น ๆ แรงดันของน้ำจึงไปกระทบกระเทือนต่อผิวของคอนกรีต

8.5.8 เมื่อนำค่าเปอร์เซนต์การเพิ่ม-ลดของค่ากำลังอัดของคอนกรีตของตัวอย่างที่เทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ที่อายุต่าง ๆ มาหาค่าเฉลี่ยจะได้ดังนี้ ชุดที่ 1 -1.75% ชุดที่ 2 +9.14% ชุดที่ 3 +3.49%
ชุดที่ 4 +4.47% ชุดที่ 5 +5.57% ชุดที่ 6 +3.54%
ซึ่งจะเห็นว่าที่เวลา 1/4 ชั่วโมง มีการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดมากที่สุด ต่อมาก็เป็นที่ 2 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง, 4 ชั่วโมง และ 1/2 ชั่วโมง ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองเพียงครั้งเดียว จึงยังไม่สามารถชี้ชัดลงไปได้ว่าที่ 1/4 ชั่วโมงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มขึ้นของกำลังอัดมากที่สุด อีกทั้งการผสมในชุดนี้ได้ค่าของตัวอย่างมาตรฐานต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ด้วย ฉะนั้นผู้จัดทำจึงขอวินิจฉัยให้เป็นที่เวลา 1-2 ชั่วโมง เป็นช่วงที่คอนกรีตเมื่อถูกน้ำจะทำให้มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นดีที่สุด ทั้งนี้เพราะที่ช่วงเวลาดังกล่าว (กรณีคอนกรีตไม่ใส่น้ำยาหน่วง) คอนกรีตได้เริ่มแข็งตัวแล้ว น้ำภายนอกจึงไม่ทำความเสียหายต่อผิวคอนกรีต

8.6 สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 2

8.6.1 จากผลการทดลอง ซึ่งแสดงในตารางและแสดงด้วยกราฟดังกล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อวิเคราะห์ผลดูแล้วจะพบว่าหลังจากที่ผสมคอนกรีตเสร็จแล้วเทลงแบบแล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 0,1/4,1/2,1,2,4 ชั่วโมง แล้วจึงนำคอนกรีตมาถูกน้ำ ผลปรากฏว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตไม่ลดลง ซึ่งแสดงว่าน้ำที่ถูกคอนกรีตหลังจากหล่อเสร็จไม่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต

8.6.2 จากผลการทดลองพบว่าที่ช่วงเวลา 1-2 ชั่วโมง หรือที่เวลาคอนกรีตเริ่มแข็งตัว หลังจากหล่อเสร็จเหมาะแก่การบ่มคอนกรีตมากที่สุด เพราะจะเป็นการลดการสูญเสียน้ำของคอนกรีต แต่จะต้องพิจารณาร่วมกับทางปฏิบัติว่าทำได้หรือไม่ เช่น ไม่ทำการกระทบกระทั่งต่อคอนกรีตที่เทลงแบบไปแล้ว

8.6.3 จากผลการทดลองที่ได้นี้ เมื่อนำไปใช้เทียบกับงานจริง ควรจะมีการพิจารณาว่า เมื่อโครงสร้างถูกน้ำหลังจากหล่อเสร็จบริเวณผิวคอนกรีตมีความเสียหายมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพราะถ้าน้ำทีแรงดันมากหรือมีแรงกระทำ (เช่นฝน) ก็อาจทำความเสียหายต่อโครงสร้างนั้นมากกว่าน้ำที่มีแรงดันน้อย ๆ ถ้าโครงสร้างนั้นมีความสูญเสียไม่มากก็อาจจะยอมให้ใช้โครงสร้างนั้นได้โดยไม่ต้องมีการซ่อมแซม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

8.6.4 ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ทำให้สามารถนำไปใช้กับงานจริงในสนาม เกี่ยวกับการเทคอนกรีตที่มีโอกาสถูกน้ำหลังจากจากเทเสร็จ เช่น การเทคอนกรีตตอม่อของสะพานหรือโครงสร้างอื่นที่อยู่ในน้ำที่ต้องใช้แบบหล่อ และแบบหล่ออาจมีการรั่วซึมของน้ำ หรือการเกิดน้ำท่วมอันเนื่องจากฝนตกหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIX DESIGN ตอนที่ 1

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK, THAILAND. TEL. 3269974
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

****
* **MIX DESIGN BY ACI METHOD** (REVISED 1984) *
****

PROJECT NAME : EFFECT OF WATER TO SETTING CONCRETE ENGINEER : C. SUTHEP
LOCATION : CIVIL ENG. KMITL. DATE : 22/1/1992
TIME : 14.00

CYLINDER STRENGTH : 250 KSC.
REQUIRED SLUMP : 8-10 CM.
INGREDIENTS : COARSE AGGREGATE - MAXIMUM SIZE : 25.0 MM.
DRY-RODDED WEIGHT : 1620 KG/M.
SPECIFIC GRAVITY : 2.71
FINE AGGREGATE - FINENESS MODULUS : 2.76
SPECIFIC GRAVITY : 2.64
CEMENT - TYPE I
TYPE OF CONCRETE : NON-AIR-ENTRAINED CONCRETE
BATCH WEIGHTS PER CUBIC METRE OF CONCRETE :-

WATER	= 195 KG.
CEMENT	= 315 KG.
FINE AGGRAGATE	= 756 KG.
COARSE AGGREGATE	= 1092 KG.

PROPORTIONS BY WEIGHT :- CEMENT : FINE AGGREGATE : COARSE AGGREGATE
1 : 2.40 : 3.47
[W/C RATIO = 0.62]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIX DESIGN ตอนที่ 2

บริษัท นครหลวงคอนกรีต จำกัด
888/1-2, 5-6 ชั้น 3-4 ข้างอาคารมหาทุนพลาซ่า ถนนเพลินจิต
ลุมพินี ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 2546880-4 แฟกซ์ : 2525147

MIX DESIGN

SPECIFICATION OF DESIGN		
COMPRESSIVE STRENGTH	:	240.0000 KSC. BY CYLINDER AT 28 DAYS
COMPRESSIVE STRENGTH	:	280.0000 KSC. BY CUBE AT 28 DAYS
SLUMP	:	7.5000 CM.
MAX. SIZE OF AGGREGATE	:	2.0000 CM.
CEMENT CONTENT	:	325.0000 KGS./CU.M
SPECIFIC GRAVITY OF CEMENT	:	3.1500
SPECIFIC GRAVITY OF SAND	:	2.6600
SPECIFIC GRAVITY OF ROCK	:	2.7300
W/C	:	0.5384
S/A	:	0.4370
A/C	:	5.9125
AIR(%)	:	1.0000
WATER IN MIX	:	174.9800 LITRES

ABSOLUTE VOLUME						
CEMENT	=	325.0000	/	3150.0000	=	0.1032 CU.M
WATER	=	174.9800	/	1000.0000	=	0.1750 CU.M
AIR	=	1.0000	/	100.0000	=	0.0100 CU.M
SAND	=	0.7118	*	0.4370	=	0.3111 CU.M
ROCK3/4"	=	0.7118	*	0.5630	=	0.4008 CU.M
				TOTAL	=	1.0000 CU.M

CHANGE TO THE WEIGHT							
CEMENT	=	0.1032	*	3150.0000	=	325.0000 KGS	325.0000
WATER	=	0.1750	*	1000.0000	=	174.9800 LITRES	175.0000
SAND	=	0.3111	*	2660.0000	=	827.4633 KGS	830.0000
ROCK3/4"	=	0.4008	*	2730.0000	=	1094.0993 KGS	1095.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 การทดสอบหาค่าโมดูลัสความละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C-33

โมดูลัสความละเอียด เป็นตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของก้อนวัสดุผสมที่กำหนดให้ วัสดุผสมยิ่งหยาบค่าโมดูลัสความละเอียดก็ยิ่งสูง โมดูลัสความละเอียดนี้หาได้จากการรวมค่าร้อยละสะสมที่หยาบกว่า หรือที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานแล้วหารได้ด้วยร้อย

การวิเคราะห์ขนาดคละของวัสดุผสมโดยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (Sieve analysis standard) ตะแกรงที่ใช้คัดขนาดหินมีขนาดเรียงกันจากเบอร์ 4 3/8", 1/2", 3/4" 1" และ 1 1/2" สำหรับตะแกรงคัดขนาดทรายมีขนาดเรียงกัน คือ เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50 และ 100 โดยนำตะแกรงเหล่านี้วางซ้อนกันเป็นชุด แล้วทำการร่อนซึ่งอาจใช้มือโยกหรือใช้เครื่องการร่อนจะกระทำโดยให้ตะแกรงเคลื่อนไหวทั้งทางแนวราบและแนวดิ่ง รวมทั้งการเขย่าเพื่อให้ตัวอย่างวัสดุเคลื่อนไหวอยู่บนตะแกรงตลอดเวลา

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะนำมาใส่ในตารางที่จัดทำไว้ ซึ่งประกอบด้วย

1. น้ำหนักของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด
2. ค่าร้อยละของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด
3. ค่าร้อยละสะสมของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานหรือที่ผ่าน

1.2 การหาปริมาณความชื้นบรรจุที่ผิว ตามมาตรฐาน ASTM C-70

จะกระทำตามขั้นตอนดังนี้ คือ นำทรายหรือหินมาชั่งหาน้ำหนักแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 110 C เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนัก การคำนวณหาปริมาณความชื้นบรรจุเป็นเปอร์เซ็นต์หาได้จาก

$$w(\%) = 100 \times (W-W_s)/W_s$$

โดยที่ w = ปริมาณความชื้นในหินหรือทราย, %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$w(\%) = 100 \times (W-W_s)/W_s$

โดยที่ w = ปริมาณความชื้นในหินหรือทราย, %

W = น้ำหนักของหินหรือทรายก่อนที่จะนำไปอบให้แห้ง, กรัม

W_s = น้ำหนักของหินหรือทรายหลังจากอบให้แห้งแล้ว, กรัม

1.3 การหาค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม ตามมาตรฐาน ASTM C-29 มีวิธีการดังนี้

1. นำวัสดุตัวอย่างที่แห้งมาเติมลงในภาชนะรูปทรงกระบอกมาตรฐาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้นเท่าๆ กัน ในแต่ละชั้นจะกระทุ้งด้วยเหล็กมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ชั้นละ 25 ครั้ง ปาดหน้าวัสดุตัวอย่างที่ล้นออกมาให้ได้ระดับเสมอปากของภาชนะ

2. ชั่งน้ำหนักของวัสดุตัวอย่างนั้น

3. คำนวณหาค่าหน่วยน้ำหนักของวัสดุที่จะบรรจุ ลงในภาชนะรูปทรงกระบอกมาตรฐานได้จาก

หน่วยน้ำหนัก = W/V

โดยที่ W = น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างที่แห้งที่เติมลงในภาชนะรูปทรงกระบอกมาตรฐาน, กก.

V = ปริมาตรของภาชนะรูปทรงกระบอกมาตรฐาน, ลบ.ม.

1.4 การหาค่าความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้นที่ผิวของมวลรวมหยาบตามมาตรฐาน ASTM C-127

มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. นำวัสดุตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนัก (ในสภาวะแห้ง)

2. นำวัสดุตัวอย่างไปแช่น้ำไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทำให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวและผิวหนังโดยใช้ผ้าหรือกระดาษซับให้ผิวแห้ง

3. ชั่งหาน้ำหนักวัสดุตัวอย่างในภาพอิ่มตัวและผิวหนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชั่งหาน้ำหนักวัสดุตัวอย่างในน้ำ

5. คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้นที่ผิวได้จาก

ความถ่วงจำเพาะ = A/(A/C)

เปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้น = 100 x (B-A)/A

โดยที่ A = น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างที่แห้ง, กรัม

B = น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างในสภาพที่อิ่มตัวและผิวหนัง, กรัม

C = น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ, กรัม

1.5 การหาค่าความถ่วงจำเพาะและเปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้นที่ผิวของมวลรวมละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C-128

ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. นำวัสดุตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนักในสภาวะที่แห้งประมาณ 500 กรัม
2. ชั่งน้ำหนักของขวดแก้ว Flask
3. ชั่งน้ำหนักของ pycnometer (W)
4. ชั่งน้ำหนักของ pycnometer ที่เติมน้ำเต็ม
5. คำนวณหาน้ำหนักของ Pycnometer ที่เติมวัสดุตัวอย่างและน้ำที่เต็มได้จาก

$$C = 0.9976V_a + 500 + W$$

โดยที่ C = น้ำหนักของ Pycnometer ที่มีวัสดุตัวอย่างและมีน้ำอยู่เต็ม, กรัม

V_a = ปริมาตรของน้ำที่อยู่เหนือวัสดุตัวอย่างใน Pycnometer, ลบ.ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W = น้ำหนักของ Pycnometer ที่ว่างเปล่า, กรัม คำนวณ
หาค่าน้ำหนักของขวด Flask ที่เติมน้ำจนเต็มได้จาก

B = 0.9976V + W

โดยที่ B = น้ำหนักของขวด Flask ที่เติมน้ำจนเต็ม, กรัม

V = ปริมาตรของขวด Flask, ลบ.ซม.

W = น้ำหนักของขวด Flask ที่ว่างเปล่า, กรัม

คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุตัวอย่างได้จาก

ความถ่วงจำเพาะ = A/ (B-A+C)

คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้นของวัสดุตัวอย่างได้จาก

เปอร์เซ็นต์การดูดซับความชื้น = 100 x (500-A)/A

เมื่อ A = น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างในสภาพแห้งในอากาศ

B = น้ำหนักของ Pycnometer ที่เติมน้ำเต็ม, กรัม

C = น้ำหนักของ Pycnometer และวัสดุตัวอย่างรวมกับน้ำที่เติมให้เต็ม, กรัม

1.6 โดยวิธีการวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test) ตามมาตรฐาน ASTM C-143

ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. วางกรวยเหล็กบนพื้นราบและเรียบ ซึ่งชุ่มชื้นและไม่ดูดน้ำ และมีความกว้างพอที่จะวางกรวยเหล็กได้ 2 อันใกล้ ๆ กัน

2. เติมคอนกรีตในกรวยประมาณ 1/3 โดยปริมาตร แล้วกระทุ้งด้วยเหล็กมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. และมีปลายมนเล็กน้อยให้ทั่ว 25 ครั้ง

3. เติมคอนกรีตในกรวยใหม่เช่นเติมอีกประมาณ 1/3 โดยปริมาตร (แล้วกระทุ้งด้วยเหล็กมาตรฐานเช่นเดียวกับข้อ 2)

4. เติมคอนกรีตให้เต็ม (และทำเช่นเดียวกับข้อ 2)

5. ปาดคอนกรีตที่ล้นออกด้วยเหล็กกระทุ้งและกวาดรอบฐานให้สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ยกกรวยขึ้นตรง ๆ ช้า ๆ อย่าให้ถูกเนื้อคอนกรีต

7. วัดระยะยุบตัวของคอนกรีต โดยหงายกรวยไว้ข้างๆ กองคอนกรีต แล้วใช้เหล็กกระทุ้งวางที่บนกรวย วัดระยะจากเหล็กถึงผิวบนของคอนกรีตที่ยุบตัว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิภพ สุนทรสมัย, "ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต", โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
2. ศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร, "คอนกรีตเทคโนโลยี", ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ศาสตราจารย์ อรุณ ชัยเสรี, "คู่มือการตรวจสอบคอนกรีต", สมาคมคอนกรีตอเมริกัน วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
4. ดร.วุฒิ ศิริวิวัฒน์นานนท์, "วัสดุคอนกรีต", ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. N.Jackson, "Civil Engineering Materials" (second edition), pp.146.150

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้