บทที่ 2

การทดสอบ

2.1 รายการทดสอบ

การทดสอบหาค่าอุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อนในคอนกรีตนั้น เลือกตัวแปรที่สำคัญคือ ประเภทของปูนซีเมนต์ ปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต ทั้งนี้ให้สัดส่วนของทรายต่อหินคงที่ ตารางที่ 2.1 แสดงถึงรายการทดสอบชุดต่าง ๆ โดยแยกตามตัวแปรที่ทดสอบดังต่อไปนี้คือ :-

ชุด ก. ประเภทของปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในการทดสอบจะมีเพียง 3 ประเภทตามที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและใช้กันทั่วไปคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I (แบบธรรมดา) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ III (แบบแข็งตัวให้กำลังสูงเร็ว) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ V (แบบต่อต้านซัลเฟต) ซึ่งซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดนี้ผลิตตามมาตรฐานของ มอก. 15 ตัวอย่างทดสอบชุดนี้กำหนดให้ปริมาณซีเมนต์คงที่ที่ 350 ก.ก./ม.^{3} ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.55 และอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตจะมีค่าคงที่เท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศในห้องปฏิบัติการหรือประมาณ 30 °ซ.

ชุด ข. ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต การทดสอบชุดนี้จะเน้นปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I เพียงอย่างเดียว ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบนี้แปรจากต่ำสุด 200 ก.ก/ม.^{3} โดยเพิ่มปริมาณซีเมนต์ตัวอย่างทดสอบละ 50 ก.ก./ม.^{3} ในการทดสอบชุดนี้ให้สัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์คงที่ที่ 0.55 โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตกำหนดให้คงที่ที่อุณหภูมิห้องหรือประมาณ 30 °ซ.

ชุด ค. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ การทดสอบผลกระทบจากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์นี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I แล้วแปรผันอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ให้เท่ากับ 0.45, 0.50, 0.55 และ 0.6 โดยน้ำหนัก โดยกำหนดตัวอย่างทดสอบเป็น CW-45, CW-50, CW-55 และ CW-60 ตามลำดับ ปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตถูกกำหนดให้คงที่ที่ 350 ก.ก/ม.^{3} และอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตที่อุณหภูมิห้องหรือประมาณ 30 °ซ.

ชุด ง. อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตที่ต่ำกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศในห้องทดสอบทำได้โดยใส่น้ำแข็งบดแทนน้ำในส่วนผสมคอนกรีต ส่วนอุณหภูมิเริ่มแรกที่สูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศในห้องทดสอบนั้นทำได้โดยการนำหิน ทราย และปูนซีเมนต์มาอบก่อนการทดสอบประมาณ 24 ชั่วโมงภายใต้อุณหภูมิที่ต้องการ ค่าอุณหภูมิเริ่มแรกที่ใช้ในการ

ตารางที่ 2.1 สรุปชนิดและปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ที่ใช้ในคอนกรีตแต่ละชิ้นงานทดสอบ

ชุดที่	ตัวแปร	ตัวอย่างทดสอบ	ชนิดของซีเมนต์	ส่วนผสมคอนกรีต		อุณหภูมิเริ่มแรก (°C)
				ปริมาณซีเมนต์ (ก.ก./ลบ.ม)	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	
ก.	ชนิดซีเมนต์	CT-I CT-III CT-V	ประเภทที่ I ประเภทที่ III ประเภทที่ V	350	0.55	อุณหภูมิห้อง
ข.	ปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีต	CC-200 CC-250 CC-300 CC-350 CC-400 CC-450 CC-500 CC-550	ประเภทที่ I	200 250 300 350 400 450 500 550	0.55	อุณหภูมิห้อง
ค.	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	CW-45 CW-50 CW-55 CW-60	ประเภทที่ I	350	0.45 0.50 0.55 0.60	อุณหภูมิห้อง
ง.	อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต	CI-20 CI-30 CI-35 CI-40	ประเภทที่ I	350	0.55	20 30 35 40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทดสอบแปรจาก 20-40 °ซ. คือที่ 20, 30, 35 และ 40 °ซ. ตามลำดับ ส่วนผสมของคอนกรีตในการทดสอบชุดนี้กำหนดปริมาณซีเมนต์ 350 ก.ก./ม.^{3} และสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.55 โดยน้ำหนัก

2.2 เครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบอุณหภูมิเพื่มแบบกักกันความร้อนในคอนกรีตมีหลักการคือ พยายามรักษาความร้อนจากคอนกรีตไม่ให้ถ่ายเทสู่ส่วนอื่นรอบตัว โดยใช้ฉนวนกันความร้อนหุ้มตัวอย่างทดสอบไว้แล้วปรับอุณหภูมิรอบนอกให้ใกล้เคียงกับชิ้นงานทดสอบ อย่างไรก็ดี เครื่องมือและมาตรฐานการทดสอบยังไม่มี ในการวิจัยนี้ จึงประดิษฐ์เครื่องมือวัดอุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อนดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ก. ถึง 2.1 ง. โดยที่ตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซ.ม. สูง 40 ซ.ม. ปริมาตรประมาณ 50 ลิตร ซึ่งหล่อไว้ภายในแบบหล่อพลาสติกหนา 0.5 ซ.ม. และหุ้มด้วยโฟมทุกทิศทาง โดยการเจาะโพรงขนาดเท่าตัวอย่างทดสอบ ส่วนบางที่สุดของโฟมหนา 10 ซ.ม. อุปกรณ์ในการควบคุมอุณหภูมิภายนอกรอบตัวอย่างทดสอบเป็นเตาอบที่มีลวดความร้อนซึ่งควบคุมด้วยเครื่องปรับอุณหภูมิอัตโนมัติ เทอร์โมสแตดทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้ลวดความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิ ฝังเทอร์โมร์คอปเปิลไว้ที่กึ่งกลางและรอบนอกตัวอย่างทดสอบ เพื่อวัดอุณหภูมิควบคู่กับเวลา ในเตาอบมีพัดลม 2 เครื่อง ทำหน้าที่หมุนเวียนอากาศเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ สม่ำเสมอทั่วเตาอบ

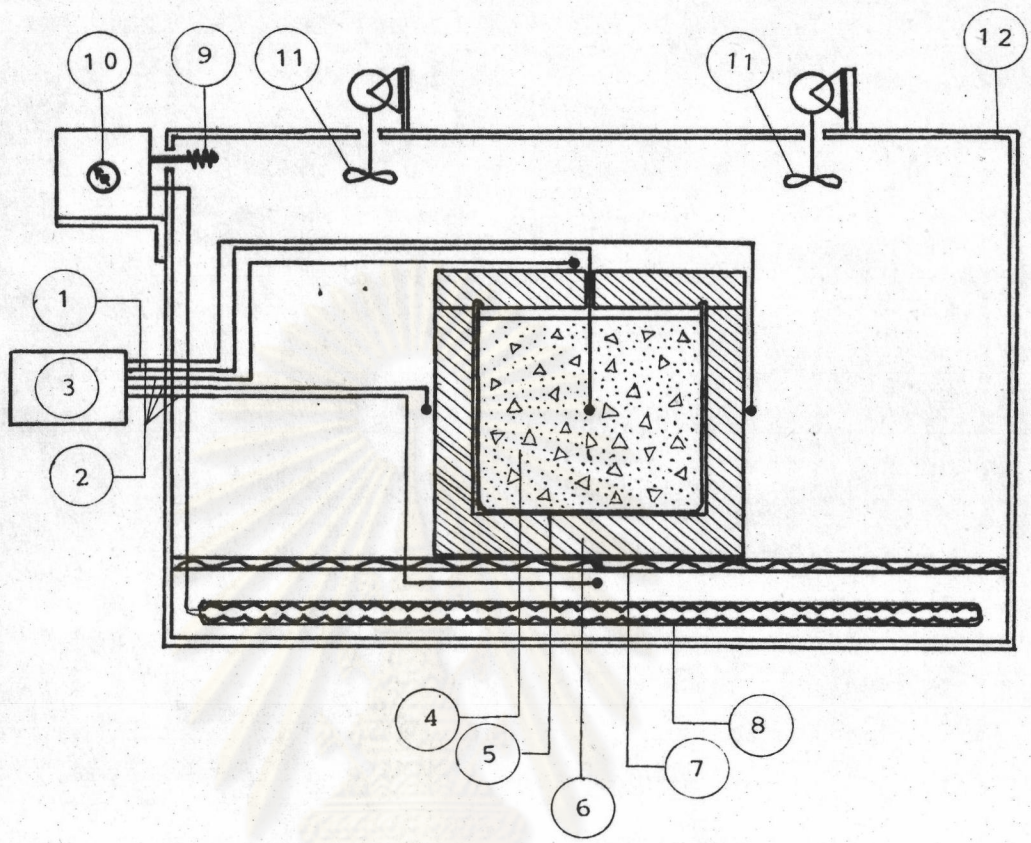
การวัดอุณหภูมิและการรักษาสภาพกักกันความร้อนของคอนกรีตนั้นทำโดยการนำสายเทอร์โมร์คอปเปิลซึ่งฝังไว้ที่กึ่งกลางตัวอย่างทดสอบมาต่อเข้ากับเครื่องอ่านที่อ่านได้เป็นตัวเลข (digital) เมื่อวัดอุณหภูมิในคอนกรีตแล้วจึงปรับอุณหภูมิให้อุณหภูมิภายในคอนกรีตเท่ากับอุณหภูมิรอบนอกเพื่อรักษาสภาพกักกันความร้อนต่อไป

2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

2.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.1.1 วัสดุ วัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตคือ ซีเมนต์ หิน ทรายและน้ำ มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ :-

ซีเมนต์ ในชุดการทดสอบต่าง ๆ ตามหัวข้อ 2.1 ยกเว้นตัวอย่างทดสอบที่แปรชนิดปูนซีเมนต์แล้วจะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I ตามมาตรฐานการผลิตของมาตรฐาน



1 เทอร์โมร์คอร์ป เปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิในคอนกรีต

2 เทอร์โมร์คอร์ป เปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิรอบชิ้นงาน

3 เครื่องอ่านอุณหภูมิ

4 ชิ้นงานคอนกรีตที่ทดสอบ

5 ภาชนะที่ใช้เป็นแบบหล่อ

6 โฟมหุ้มด้านนอกของชิ้นงาน

7 ตระแกรงรองรับชิ้นงาน

8 ขดลวดความร้อน

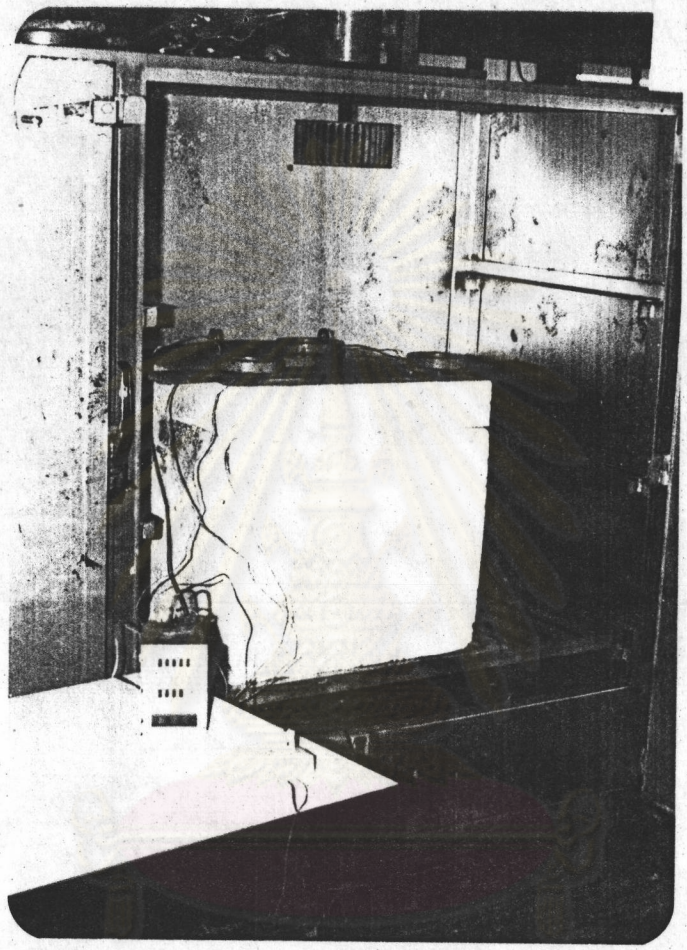
9 เทอร์โมร์สแต็ด

10 ปุ่มปรับอุณหภูมิของ เตาอบ

11 พัดลมและมอร์ เตอร์ถ่าย เทอากาศภายใน เตาอบ

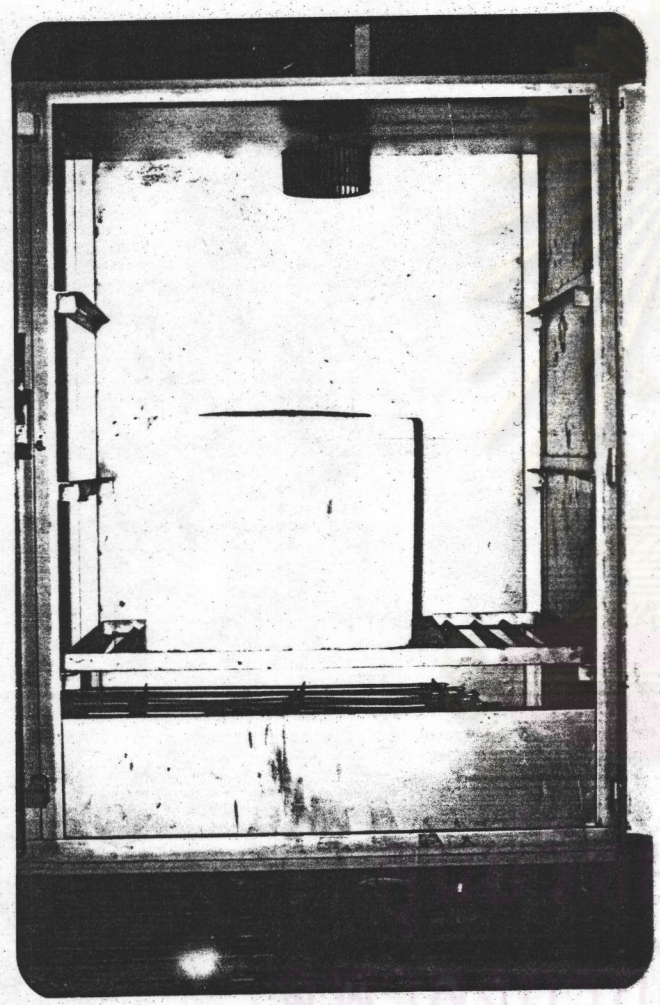
12 ผนังกันความร้อนรอบนอก เตาอบ

รูปที่ 2.1 ก. เครื่องมือทดสอบการ เพิ่มอุณหภูมิแบบกักกันความร้อนในคอนกรีต

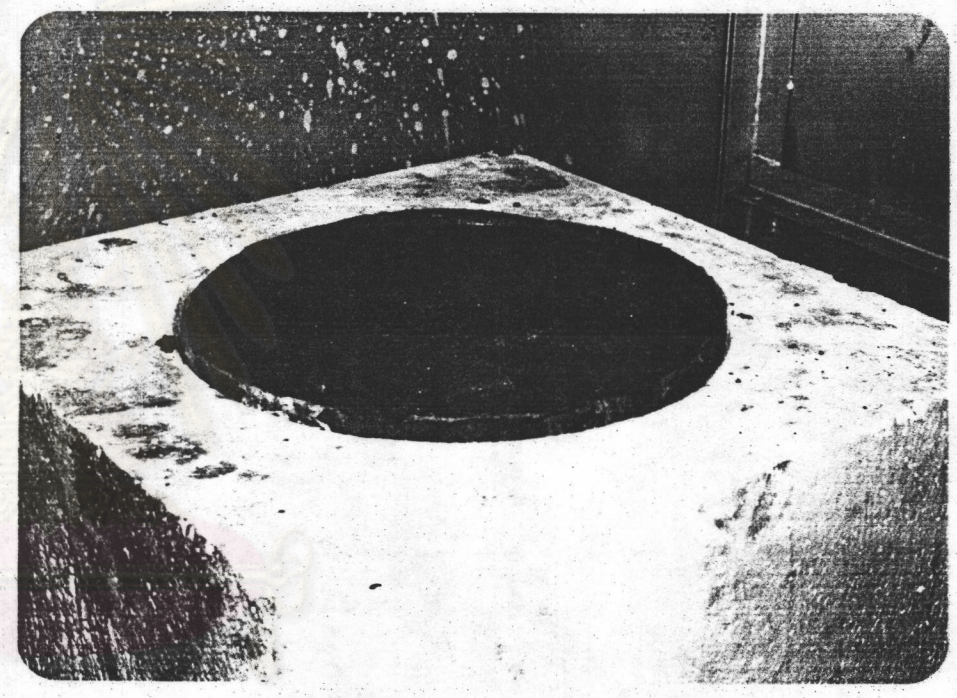


รูปที่ 2.1 ข. เครื่องมือทดสอบการเพิ่มอุณหภูมิแบบกักกันความร้อนในคอนกรีต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ค. เครื่องมือทดสอบการเพิ่มอุณหภูมิแบบกักกันความร้อนในคอนกรีต



รูปที่ 2.1 ง. เครื่องมือทดสอบการเพิ่มอุณหภูมิแบบกักกันความร้อนในคอนกรีต

อุตสาหกรรม มอก. 15 ประเภทที่ I ซึ่งสอดคล้องตามมาตรฐานของ ASTM C-150 Type I ส่วนปูนซีเมนต์ชนิดอื่นที่ใช้ในการทดสอบชุด ก. มีอีก 2 ชนิดคือ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ III แบบแข็งตัวให้กำลังสูงเร็ว และปูนซีเมนต์ประเภทที่ V แบบต่อต้านซัลเฟต ผลิตตาม มอก. 15 ประเภทที่ III และประเภทที่ V ซึ่งสอดคล้องตาม ASTM C-150 Type III และ TYPE V ตามลำดับ

หิน หินผสมคอนกรีตที่ใช้เป็นหินปูนขนาดใหญ่สุด 2" ซึ่งมีขนาดคละตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 หรือเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า ขนาดหินที่ค้างตะแกรง 1" มี 61 % และที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4" มี 28 % สัดส่วนของผลรวมของร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงต่อผลรวมของร้อยละที่ค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ ได้ค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 4.78 การทดสอบหาปริมาณการดูดซับน้ำในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.16 % โดยน้ำหนัก

ทราย เป็นทรายหยาบมีขนาดคละตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 หรือเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ขนาดคละตามตะแกรงมาตรฐาน คือขนาดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 16 และ 30 ซึ่งมีค่าเป็น 32 และ 39 % ตามลำดับ และได้ค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.21 การทดสอบหาปริมาณการดูดซับน้ำในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.92 % โดยน้ำหนัก

น้ำ น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในการทดสอบในครั้งนี้ ใช้น้ำประปา ยกเว้นตัวอย่างทดสอบชุด ง. ซึ่งใช้น้ำแข็งบดแทนน้ำประปา

2.3.1.2 ส่วนผสมคอนกรีต การหาส่วนผสมของคอนกรีตตามเกณฑ์การทดสอบที่กำหนดตามตารางที่ 2.1 คำนวณหาสัดส่วนปริมาณวัสดุแต่ละตัวอย่าง โดยสมมติให้คอนกรีตมีความหนาแน่นเป็น 2400 ก.ก./ม.^{3} หลังจากหักน้ำหนักของซีเมนต์และน้ำออกแล้ว หาปริมาณหินและทรายโดยนำมาแบ่งเป็นสัดส่วน 3:2 โดยน้ำหนักหินต่อทรายที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง แล้วสรุปไว้ดังตารางที่ 2.4

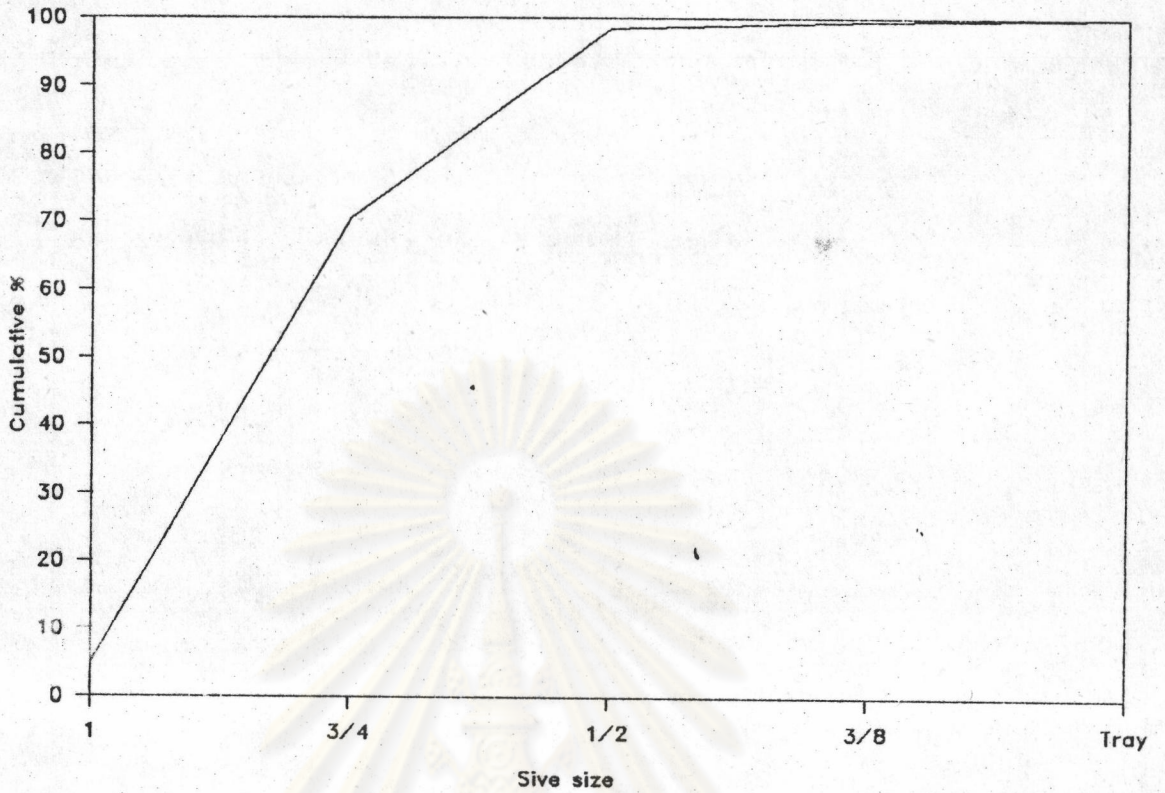
2.3.1.3 การผสมคอนกรีต ก่อนการใช้เครื่องผสมคอนกรีตต้องราดน้ำและทิ้งไว้ระยะหนึ่ง แล้วใช้วัสดุตามที่ได้คำนวณไว้ใส่ลงในเครื่องผสมตามลำดับคือ หิน ทรายและซีเมนต์ ผสมน้ำลงในเครื่องพร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ผสมน้ำลงในคอนกรีต ปั่นเครื่องผสมจนกระทั่ง

ตารางที่ 2.2 ขนาดคละของหินในส่วนผสมคอนกรีต

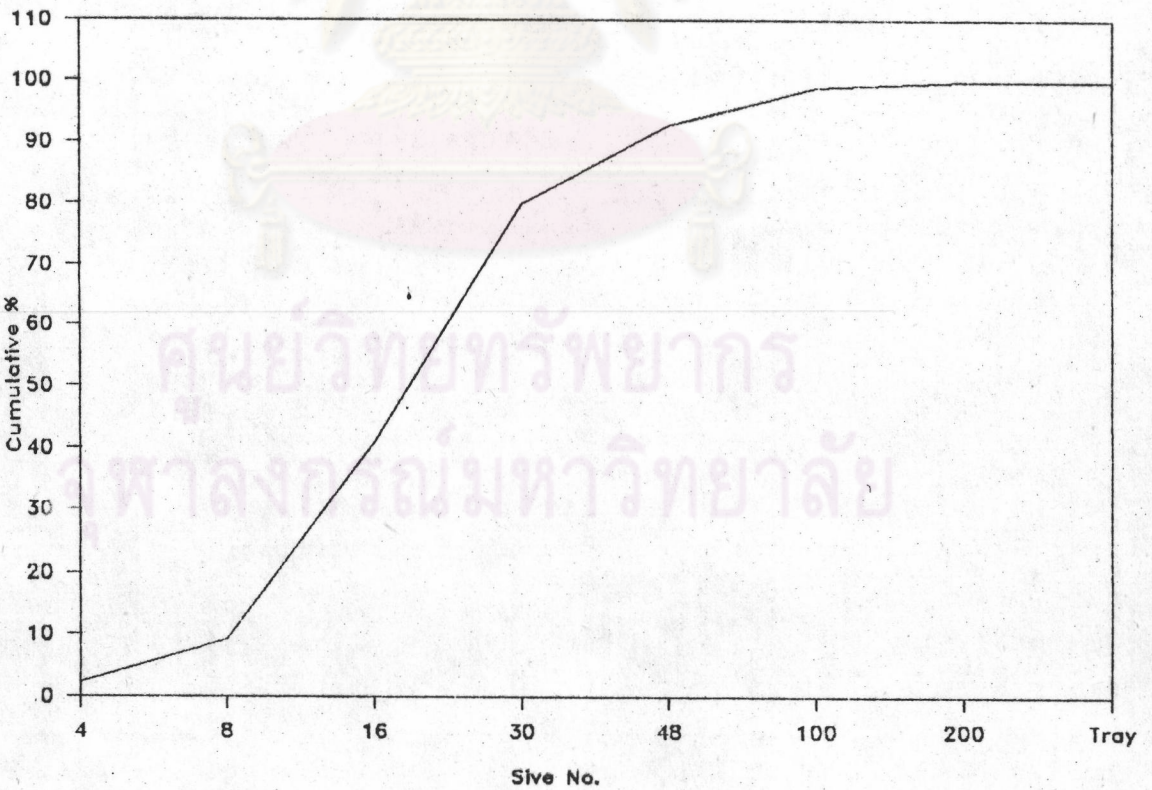
ขนาดของช่องตระแกรง(นิ้ว)	ร้อยละที่ค้างบนตระแกรง	ร้อยละสะสม
1	4.97	4.97
3/4	65.47	70.44
1/2	28.12	98.56
3/8	1.02	99.58
ถาด	0.42	100.00

ตารางที่ 2.3 ขนาดคละของทรายในส่วนผสมคอนกรีต

หมายเลขตระแกรง	ขนาดของช่องตระแกรง(ม.ม.)	ร้อยละที่ค้างบนตระแกรง	ร้อยละสะสม
4	4.750	2.33	2.33
8	2.360	6.83	9.16
16	1.180	31.86	41.02
30	0.600	38.94	79.96
48	0.279	12.79	92.75
100	0.150	6.27	99.02
200	0.075	0.82	99.84
ถาด	0	0.17	100.01



รูปที่ 2.2 ร้อยละสะสมของหินที่ค้างบนตะแกรงที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2.3 ร้อยละสะสมของทรายที่ค้างบนตะแกรงที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 สรุปชนิดและปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ที่ใช้ในคอนกรีตแต่ละชั้นงานทดสอบ

ชุดที่	ตัวอย่างทดสอบ	ชนิดของซีเมนต์	น้ำหนักส่วนผสมคอนกรีต (ก.ก./ลบ.ม.)			
			ซีเมนต์	น้ำ	หิน*	ทราย*
ก.	CT-I CT-III CT-V	ประเภทที่ I ประเภทที่ III ประเภทที่ V	350	192.5	1121.6	735.9
ข.	CC-200	ประเภทที่ I	200	110.0	1262.0	828.0
	CC-250		250	137.5	1215.2	797.3
	CC-300		300	165.0	1168.4	766.6
	CC-350		350	192.5	1121.6	735.9
	CC-400		400	220.0	1074.8	705.2
	CC-450		450	247.5	1028.0	674.5
	CC-500		500	275.0	981.2	643.8
	CC-550		550	302.5	934.4	613.1
ค.	CW-45	ประเภทที่ I	350	157.5	1142.7	749.8
	CW-50			175.0	1132.1	742.9
	CW-55			192.5	1121.6	735.9
	CW-60			210.0	1111.0	729.0
ง.	CI-20 CI-30 CI-35 CI-40	ประเภทที่ I	350	192.5	1121.6	735.9

หมายเหตุ * น้ำหนักที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

คอนกรีตคลุกเคล้ากัน นำคอนกรีตที่ได้เทลงในแบบหล่อตัวอย่างทดสอบซึ่งบรรจุอยู่ในเครื่องมือทดสอบอุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อนดังรายละเอียดที่กล่าวมาแล้ว

2.3.2 การวัดอุณหภูมิและการรักษาสภาพกักกันความร้อน

2.3.2.1 อุณหภูมิเริ่มแรก ตั้งแต่เริ่มผสมและลำเลียงคอนกรีตลงในแบบหล่อตัวอย่างทดสอบและติดตั้งเครื่องมือตามรูปที่ 2.1 พร้อมทั้งปรับอุณหภูมิรอบนอกของคอนกรีตให้คงที่จนแล้วเสร็จใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ดังนั้นจึงถือเอาอุณหภูมิในคอนกรีตหลังจากผสมน้ำแล้ว 1 ชั่วโมง เป็นเวลาวัดอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตในการทดสอบนี้ นอกจากนี้ในการก่อสร้างจริงจะต้องใช้เวลาในการลำเลียงคอนกรีตที่ผสมแล้วลงในแบบหล่อเช่นกัน

2.3.2.2 อุณหภูมิแบบกักกันความร้อน ขณะที่คอนกรีตกำลังก่อตัวในเครื่องมือกักกันความร้อนอุณหภูมิในคอนกรีตจะสูงขึ้นเนื่องจากไม่มีการถ่ายเทความร้อน ในช่วงแรกอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและค่อย ๆ ช้าลงและคงที่ในช่วงหลัง ดังนั้นการบันทึกอุณหภูมิในช่วงแรก ๆ คือหลังจากการบันทึกอุณหภูมิเริ่มแรกจนถึงชั่วโมงที่ 54 จะวัดอุณหภูมิทุก ๆ ชั่วโมง หลังจากนั้นบันทึกทุก 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 72 หรือเมื่อพบว่าอุณหภูมิภายในมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ซึ่งในช่วงนี้อุณหภูมิค่อนข้างคงที่

2.3.2.3 การปรับอุณหภูมิ ในการรักษาสภาพกักกันความร้อนของคอนกรีตทำได้โดยอ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมร์คอปเปิลที่ฝังไว้ในชิ้นงานทดสอบ (T_1) แล้วปรับอุณหภูมิรอบนอกของชิ้นงานทดสอบโดยปรับปุ่มเทอร์โมสแตด โดยให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิรอบนอกชิ้นงานทดสอบ (T_2) มีค่าอยู่ระหว่างอุณหภูมิที่อ่านได้และคาดว่าจะอ่านได้ในชั่วโมงต่อไป รอจนกระทั่งอุณหภูมิรอบนอกคงที่และปรับปุ่มเทอร์โมสแตดจนได้อุณหภูมิตามต้องการ ดังนั้นอุณหภูมิรอบนอกคอนกรีตจึงมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิในคอนกรีตตลอดเวลา

2.3.3 การทดสอบประกอบอื่น ๆ หลังจากผสมคอนกรีตเพื่อทดสอบอุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อนแล้วต้องแบ่งคอนกรีตอีกส่วนหนึ่งมาทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตซึ่งเป็นการยืนยันความถูกต้องของส่วนผสมคอนกรีตดังนี้ :-

- ค่าการยุบตัว (slump) ของส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งวัดค่าการยุบตัวทันทีที่ผสม

คอนกรีตเสร็จ เนื่องจากค่านี้จะลดลงตามอายุคอนกรีต การวัดค่านี้วัดตามมาตรฐาน ASTM C-143

- ความหนาแน่นของส่วนผสมคอนกรีต โดยชั่งน้ำหนักคอนกรีตจากแท่งคอนกรีตในแบบหล่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซ.ม. สูง 30 ซ.ม. แล้วหารด้วยปริมาตรของแบบหล่อ

- กำลังวัสดุ แท่งคอนกรีตมาตรฐานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซ.ม. สูง 30 ซ.ม. จำนวน 12 แท่ง ได้หล่อไว้พร้อมกับตัวอย่างทดสอบอุณหภูมิเพิ่มแบบกักกันความร้อน หลังจากบ่มในแบบเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจึงถอดแบบและนำไปแช่น้ำเพื่อบ่มคอนกรีตในน้ำต่อไปจนได้เวลาที่กำหนดเพื่อหากำลังอัดประลัยที่อายุ 3 วัน และ 28 วันตามลำดับ นอกจากนี้ยังต้องทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่อายุ 28 วัน ด้วย เมื่อคอนกรีตอายุครบกำหนดนำคอนกรีตจำนวน 3 แท่งต่อหนึ่งคุณสมบัติมาผึ่งไว้จนผิวแห้ง (ประมาณ 3 ชั่วโมง) ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและชั่งน้ำหนักของแท่งคอนกรีต แคพหัวด้วยกำมะถันผสมผงถ่านแกรไฟต์ให้ผิวหัวท้ายเรียบ จากนั้นนำไปทดสอบกำลังอัดประลัยตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM C-39 ควบคู่กันนี้ได้ทำการทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นตาม ASTM C-469 ด้วย

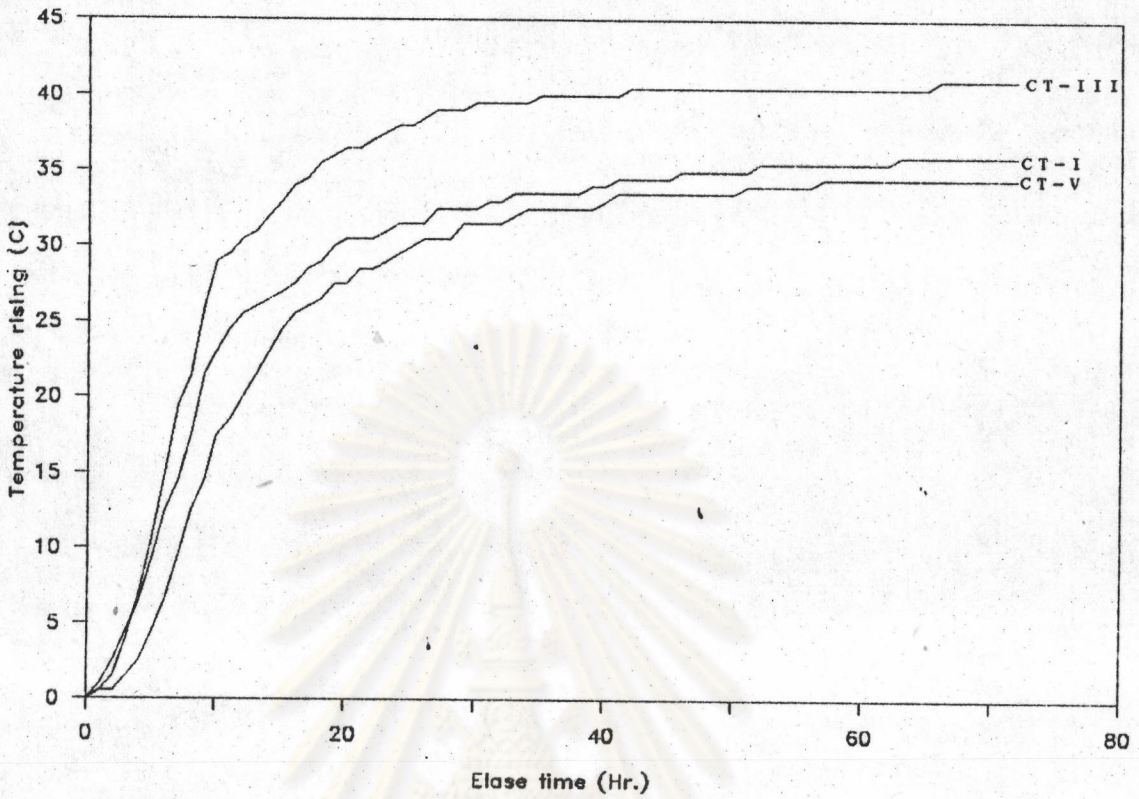
2.4 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบการวัดอุณหภูมิแบบกักกันความร้อนในคอนกรีตตามชุดการทดสอบต่าง ๆ นำมาจัดทำเป็นตารางและเขียนเป็นกราฟตามเวลาหลังการวัดอุณหภูมิเริ่มแรก ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

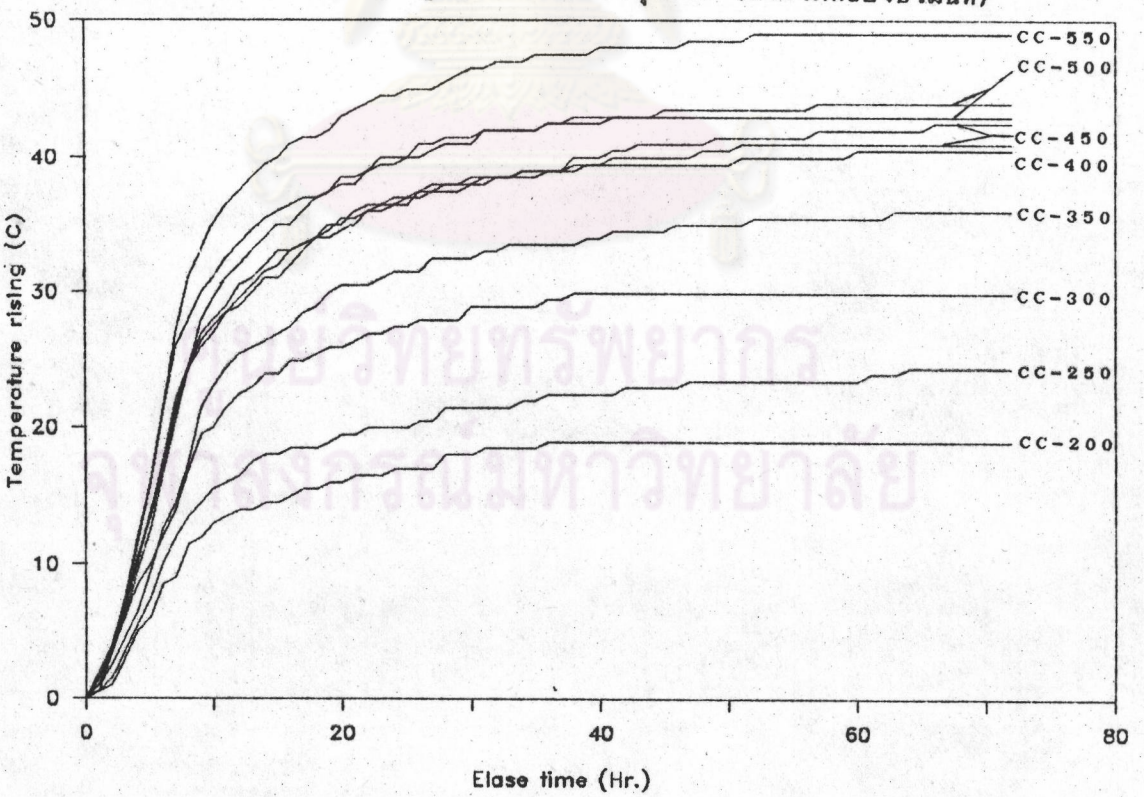
ชุด ก. ประเภทของปูนซีเมนต์ จากค่าอุณหภูมิเพิ่มของการทดสอบดังตารางที่ ผ1. นำมาเขียนเป็นกราฟดังรูปที่ 2.4 โดยอุณหภูมิเพิ่มสูงสุดสำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I, III และ V เท่ากับ 36.0, 41.0 และ 34.5 °ซ. ตามลำดับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วกว่าประเภทที่ V แต่ช้ากว่าประเภทที่ III ในช่วง 3-4 ชั่วโมงแรกของการทดสอบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I จะเพิ่มอุณหภูมิได้เร็วที่สุด และรองลงมาเป็นประเภทที่ III และประเภทที่ V ตามลำดับ

ชุด ข. ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต เมื่อนำค่าอุณหภูมิเพิ่มของการทดลองดังตารางที่ ผ2. มาเขียนเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 2.5 จากผลการทดลองปรากฏว่า อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดแปรตามปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตนั้น เมื่อปริมาณซีเมนต์เพิ่มตัวอย่างละ 50 ก.ก./ม.^{3} อุณหภูมิเพิ่มสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณตัวอย่างละ 5 °ซ.

ชุด ค. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ผลการทดลองวัดอุณหภูมิของชุดนี้สรุปไว้ในตาราง



รูปที่ 2.4 กราฟการเพิ่มอุณหภูมิของการทดสอบชุด ก. (ประเภทของซีเมนต์)



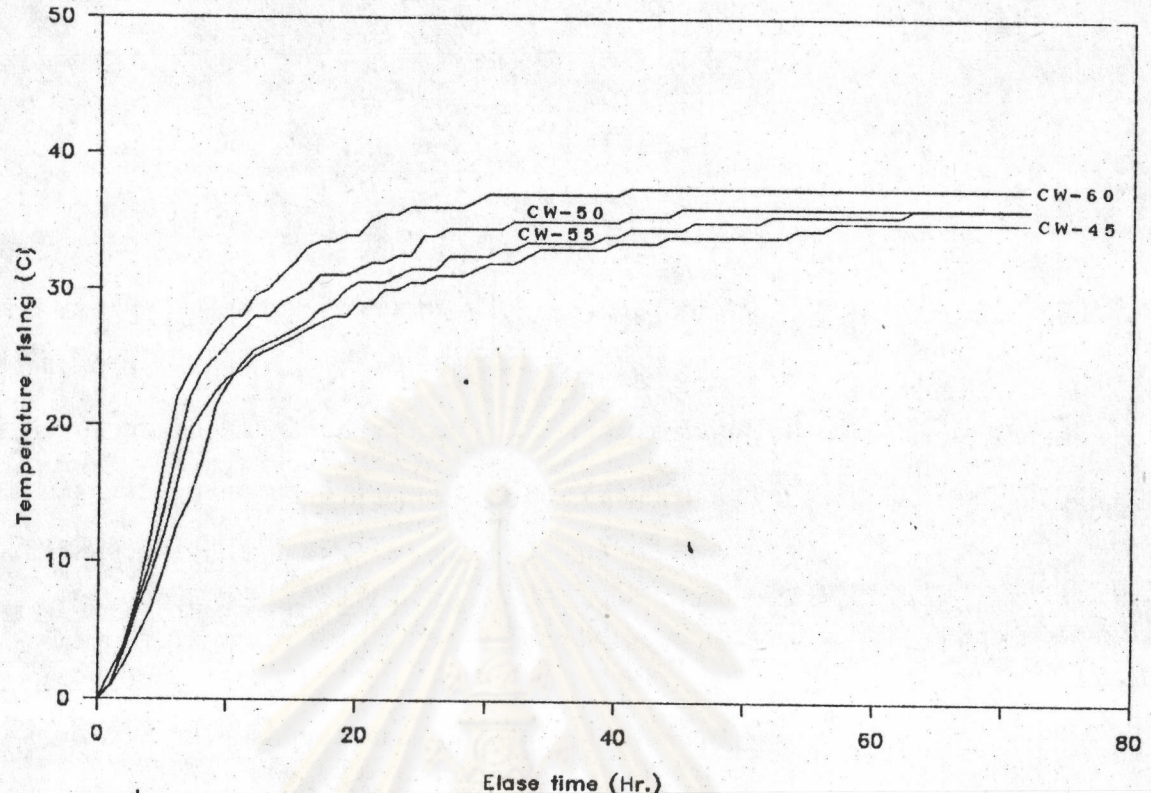
รูปที่ 2.5 กราฟการเพิ่มอุณหภูมิของการทดสอบชุด ข. (ปริมาณซีเมนต์ในคอนกรีต)

ที่ ผ1. และนำมาเขียนเป็นกราฟในรูปที่ 2.6 ปรากฏว่าในแต่ละตัวอย่างทดสอบมีอุณหภูมิเพิ่มสูงสุดใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ไม่มีผลต่ออุณหภูมิเพิ่มสูงสุด

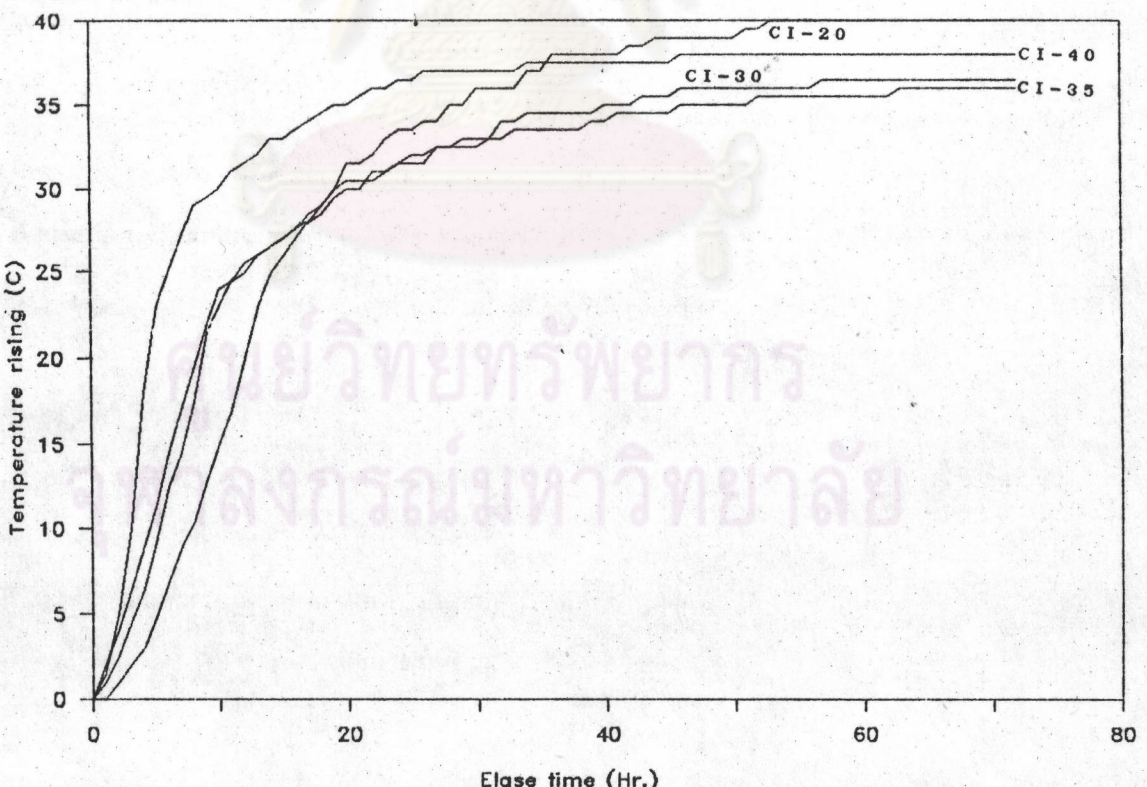
ชุด ง. อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต จากตารางที่ ผ1. พบว่าในตัวอย่างทดสอบที่แปรค่าอุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีตนี้ ให้ค่าอุณหภูมิเพิ่มสูงสุดใกล้เคียงกัน จากรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่า เมื่อคอนกรีตที่มีอุณหภูมิเริ่มแรกต่ำกว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นได้ช้ากว่า และมีอุณหภูมิเพิ่มในช่วง 3-4 ชั่วโมงแรกของการทดสอบเพิ่มขึ้นได้ช้ากว่า

ส่วนผลการทดสอบประกอบอื่น ๆ ตามชุดการทดสอบต่าง ๆ สรุปไว้ในตารางที่ ผ3.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.6 กราฟการเพิ่มอุณหภูมิของการทดสอบชุด ค. (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์)



รูปที่ 2.7 กราฟการเพิ่มอุณหภูมิของการทดสอบชุด ง. (อุณหภูมิเริ่มแรกของคอนกรีต)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย