บทที่ 3

ผลการวิจัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

3.1 สมบัติของวัสดุผสม

ในการวิจัยจะทำการทดสอบแต่สมบัติของมวลรวม ส่วนสมบัติของซีเมนต์ที่ใช้คือ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 นั้น ได้จากการทดสอบของโรงงาน ซึ่งระบุว่า มีระยะเวลาเริ่มก่อตัว 2 ชั่วโมง 3 นาที และระยะเวลาก่อตัวเสร็จ 3 ชั่วโมง 10 นาที

3.1.1 ส่วนขนาดคละของมวลรวมผสม ตารางที่ 3.1 และ 3.2 แสดงผลจากการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ (ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขนาดคือ ขนาด ก. 1"– #4 และ ขนาด ข. 3/4"– #4) ที่สุ่มตัวอย่างมาจากกองมวลรวมของโรงผสมที่ทำการทดลองตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด

ขนาดตะแกรงร่อน	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงรอน (กรัม)	จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง	
		บนแต่ละขนาด	รวมสะสม
เบอร์ 4	-	-	-
เบอร์ 8	137.7	12.08	12.08
เบอร์ 16	267.8	23.49	35.57
เบอร์ 30	310.2	27.21	62.78
เบอร์ 50	319.6	28.04	90.82
เบอร์ 100	89.8	7.88	98.70
	14.9	1.30	100.00
รวม	1140.0	100.00	299.95

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมหยาบ

ขนาดตะแกรงร่อน	มวลรวมหยาบ ก. ขนาด 1" – #4			มวลรวมหยาบ ข. ขนาด 3/4" – #4		
	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงร่อน (กรัม)	จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง		น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงร่อน (กรัม)	จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง	
		บนแต่ละขนาด	รวมสะสม		บนแต่ละขนาด	รวมสะสม
1-1/2 นิ้ว	–	–	–	–	–	–
3/4 นิ้ว	2859.1	51.70	51.70	–	–	–
3/8 นิ้ว	2397.1	43.35	95.05	3748.6	63.19	63.19
เบอร์ 4	189.0	3.42	98.47	1687.2	28.44	91.63
	84.6	1.53	100.00	496.5	8.37	100.00
รวม	5529.8	100.00		5932.3	100.00	

ในการวิจัยนี้ได้ทดลองโดยใช้คอนกรีตที่มีส่วนผสมเป็น 2 แบบ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 จะเห็นว่า ส่วนผสมทั้ง 2 แบบใช้อัตราส่วนมวลรวมละเอียดต่อมวลรวมหยาบใกล้เคียงกัน คือ ใช้มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ ประมาณร้อยละ 36 และ 64 ของน้ำหนักมวลรวมผสมทั้งหมด ตามลำดับ แต่มวลรวมหยาบในที่นี้ได้จากการผสม มวลรวมหยาบ ก. และมวลรวมหยาบ ข. เข้าด้วยกันด้วยอัตราส่วน 1:1 ดังนั้น มวลรวมผสมในคอนกรีตที่ทำการทดลอง เป็นการรวมของ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ ก. และ มวลรวมหยาบ ข. เข้าด้วยกันด้วยอัตราส่วนร้อยละ 36 32 และ 32 โดยน้ำหนักของน้ำหนักมวลรวมผสมทั้งหมดตามลำดับนั่นเอง การคำนวณหาส่วนขนาดคละของมวลรวมผสมนี้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3 และส่วนขนาดคละของมวลรวมผสม(ที่คำนวณได้) กับ ขอบเขตส่วนขนาดคละของมวลรวมผสมที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.1 ซึ่งจะเห็นว่า มวลรวมผสมที่ใช้ในการทดลองนั้นมีส่วนขนาดคละหยาบกว่าขอบเขตที่เหมาะสมเล็กน้อย

ตารางที่ 3.3 การคำนวณหาส่วนขนาดคละของมวลรวมผสมที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดตะแกรงร่อน	มวลรวมหยาบ ก.		มวลรวมหยาบ ข.		มวลรวมผสม	
	จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง		จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง		จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง	
	บนแต่ละขนาด	32% ของมวลรวมหยาบ ก.	บนแต่ละขนาด	32% ของมวลรวมหยาบ ข.	บนแต่ละขนาด	รวมสะสม
1-1/2 นิ้ว	–	–	–	–	–	–
3/4 นิ้ว	51.70	16.54	–	–	16.54	16.54
3/8 นิ้ว	43.35	13.87	63.19	20.22	34.09	50.63
เบอร์ 4	3.42	1.10	28.44	9.10	10.20	60.83
	1.53	0.49	8.37	2.68	3.17	64.00

ขนาดตะแกรงร่อน	มวลรวมละเอียด			
	จำนวนส่วนร้อยละที่ค้าง			
	บนแต่ละขนาด	36% ของมวลรวมละเอียด		
เบอร์ 8	12.08	4.35	4.35	68.35
เบอร์ 16	23.49	8.46	8.46	76.81
เบอร์ 30	27.21	9.79	9.79	86.60
เบอร์ 50	28.04	10.09	10.09	96.69
เบอร์ 100	7.88	2.84	2.84	99.53
	1.30	0.47	0.47	100.00

ตารางที่ 3.4 แสดงส่วนขนาดคละของมวลรวมผสมที่ใช้ในการทดลอง เทียบกับขอบเขตส่วนขนาดคละของมวลรวมที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต

	จำนวนส่วนร้อยละที่ค้างบนตะแกรงร่อนขนาด								
	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100
ขอบเขตที่กำหนด	0	0–5	35–45	58–65	65–72	72–79	79–86	95–97	97–100
มวลรวมผสมที่ใช้	0	16.54	50.63	60.83	68.35	76.81	86.60	96.69	99.53

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และมวลรวมผสมที่ใช้ในการทดลอง และขอบเขตส่วนขนาดคละของมวลรวมผสมที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต

3.1.2 ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด การทดสอบเพื่อหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียดนี้ได้ทำ 2 ครั้ง โดยสุ่มตัวอย่างครั้งแรกก่อนจะทำการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของเวลาการผสม และการผสมซ้ำ และสุ่มตัวอย่างครั้งที่สอง เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นไปแล้ว ทั้งนี้ก็เพื่อพิจารณาว่า มวลรวมที่ใช้มีสมบัติแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด จากผลการทดสอบซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 จะเห็นว่า แม้ระยะเวลาจากที่สุ่มตัวอย่างครั้งแรกกับครั้งที่สองจะห่างกันประมาณ 10 วัน แต่ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียดก็ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงสามารถที่จะสมมติได้ว่า ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียดมีค่าคงที่เท่ากับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้งนี้ และมวลรวมละเอียดมีสมบัติคงที่ตลอดเวลาการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของเวลาการผสม และการผสมซ้ำ

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักมวลรวมละเอียดในสภาพอิ่มน้ำ ผิวแห้ง (กรัม)	500.0	500.0	–
น้ำหนักมวลรวมละเอียด กับ หลอดแก้วตวงที่เติมน้ำ–จนถึงระดับที่กำหนด (กรัม)	1498.5	968.4	–
น้ำหนักหลอดแก้วตวงที่เติมน้ำจนถึงระดับที่กำหนด (กรัม)	1190.7	659.8	–
น้ำหนักมวลรวมละเอียดในสภาพอบแห้ง (กรัม)	496.0	495.2	–
ความถ่วงจำเพาะรวม	2.581	2.587	2.584
ความถ่วงจำเพาะรวม (สภาพอิ่มน้ำ ผิวแห้ง)	2.601	2.612	2.607
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.635	2.654	2.645
การดูดซึม (%)	0.806	0.969	0.888

3.1.3 ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ การทดสอบและสุ่มตัวอย่างทำ 2 ครั้งเช่นเดียวกับมวลรวมละเอียด แต่ตัวอย่างที่นำมาทดสอบต้องผสมมวลรวมหยาบ ก. กับมวลรวมหยาบ ข. เข้าด้วยกันด้วยอัตราส่วนประมาณ 1:1 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
น้ำหนักมวลรวมหยาบในสภาพอิ่มน้ำ ผิวแห้ง (กรัม)	4405.0	5444.0	–
น้ำหนักมวลรวมหยาบชั่งในน้ำ (กรัม)	2792.5	3444.2	–
น้ำหนักมวลรวมหยาบในสภาพอบแห้ง (กรัม)	4376.8	5408.7	–
ความถ่วงจำเพาะรวม	2.714	2.705	2.709
ความถ่วงจำเพาะรวม (สภาพอิ่มน้ำ ผิวแห้ง)	2.732	2.722	2.727
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.763	2.753	2.758
การดูดซึม (%)	0.644	0.653	0.648

3.1.4 ความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด เป็นสิ่งที่ทำการทดสอบหาค่าก่อนการทดลองแต่ละครั้ง เพื่อนำไปรวมกับน้ำที่เติมเข้าไปในโม่ผสม เป็นจำนวนน้ำที่ใช้ผสมครั้งแรกทั้งหมด ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 3.7 สำหรับสัญลักษณ์ M1 M2 R1 และ R2 นั้นแสดงถึงรายละเอียดการทดลองแต่ละครั้ง โดยตัวอักษร M และ R แสดงถึง การศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม และการศึกษาอิทธิพลของการผสมน้ำ ตามลำดับ ส่วนหมายเลข 1 และ 2 นั้นคือ ส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง ตามหมายเลขส่วนผสมที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 (หรือ ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 3.7 ผลการทดสอบหาความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด

	M 1	M 2	R 1	R 2
ความถ่วงจำเพาะรวมของมวลรวมละเอียด (สภาพอิ่มน้ำ ผิวแห้ง)	2.607	2.607	2.607	2.607
น้ำหนักของตัวอย่างมวลรวมละเอียด (กรัม)	382.7	482.1	482.3	343.5
น้ำหนักหลอดแก้วตวงที่เติมน้ำถึงระดับที่กำหนดไว้ (กรัม)	1050.6	1052.4	1055.0	1058.0
น้ำหนักหลอดแก้วใส่มวลรวมละเอียดและเติมน้ำถึงระดับที่กำหนดไว้ (กรัม)	1277.4	1332.7	1334.3	1264.8
น้ำหนักน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยปริมาตรของตัวอย่างมวลรวมละเอียด (กรัม)	155.9	201.8	203.0	136.7
น้ำหนักตัวอย่าง/ความถ่วงจำเพาะรวมของมวลรวมละเอียด (กรัม)	146.8	184.9	185.0	131.8
ความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด (สภาพอิ่มน้ำ ผิวแห้ง) %	4.01	6.03	6.44	2.37

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

3.2 อิทธิพลของเวลาการผสม

ตารางที่ 3.8 และ 3.9 แสดงกระบวนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่นำมาทดสอบหากำลังอัด โดยบอกถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการผสมครั้งแรก เวลาการผสม จำนวนรอบที่หมุนโม่ อุณหภูมิของอากาศ ณ บริเวณทำการทดลอง และการยุบของคอนกรีตสดที่นำออกมาแต่ละครั้ง สำหรับในช่องที่บอกจำนวนรอบนั้น 'A' หมายถึง จำนวนรอบที่หมุนโม่ด้วยอัตราเร็วที่ใช้กวน และ 'M' หมายถึง จำนวนรอบที่หมุนโม่ด้วยอัตราเร็วที่ใช้ผสม เช่น

	A	32,46	10	
	M	26,42,82	72	
	A	94	12	
	M	104	10	

ช่องแรก เริ่มหมุนโม่ผสมด้วยอัตราเร็วที่ใช้ผสม 26 รอบ แล้วเปลี่ยนไปหมุนด้วยอัตราเร็วที่ใช้กวน จนถึงรอบที่ 32 ของการหมุน (นั่นคือ หมุนด้วยอัตราเร็วที่ใช้กวน 32 – 26 = 6 รอบ) แล้วหมุนด้วยอัตราเร็วที่ใช้ผสมจนถึงรอบที่ 42 ของการหมุน (คือ หมุนด้วยอัตราเร็วที่ใช้ผสม 42 – 32 = 10 รอบ) ดังนี้เรื่อยไปจนถึงรอบที่ 82 ของการหมุน จึงปล่อยคอนกรีตออกจากโม่ เก็บตัวอย่างมาทดสอบตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1.1 แล้วเริ่มหมุนโม่ใหม่ (ช่องที่ 2) ด้วยอัตราเร็วที่ใช้กวนจนถึงรอบที่ 94 ของการหมุน (หรือ หมุนด้วยอัตราเร็วที่ใช้กวนไปอีก 94 – 82 = 12 รอบ) หมุนต่อด้วยอัตราเร็วที่ใช้ผสมจนถึงรอบที่ 104 ของการหมุน ปล่อยคอนกรีตออกจากโม่ เก็บตัวอย่างทำการทดสอบครั้งที่ 2 ส่วนตัวเลขที่แสดงไว้ทางท้ายช่อง คือ 10,72,12 และ 10 นั้น คือ จำนวนรอบรวมทั้งหมดที่หมุนโม่ด้วยอัตราเร็วที่บ่งไว้ในแต่ละช่อง

3.2.1 อิทธิพลของเวลาการผสมที่มีต่อการยุบของคอนกรีตสด การยุบของตัวอย่างคอนกรีตที่นำออกมาจากโม่ผสมแต่ละเวลาการผสม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.8 และ 3.9 แต่ได้นำมาแสดงอีกครั้งในรูปของกราฟรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ตามลำดับ จากกราฟทั้งสองนี้ จะเห็นว่าการยุบของคอนกรีตทั้ง 2 ส่วนผสมมีค่า–

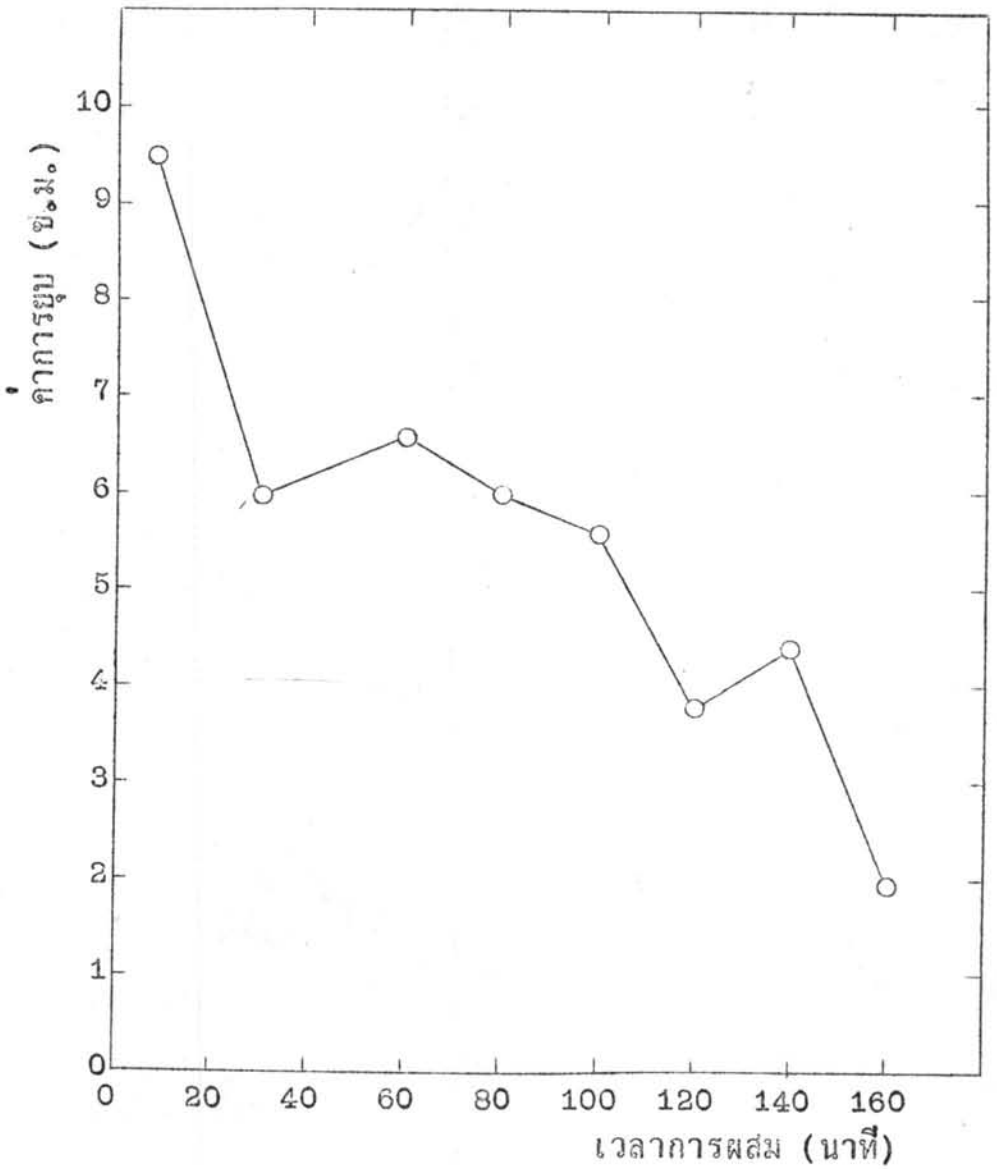
ตารางที่ 3.8 กระบวนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม สำหรับส่วนผสมที่ 1

ตัวอย่างที่	เวลาที่เก็บตัวอย่าง	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	จำนวนรอบ			การยุบ (ซ.ม.)			อุณหภูมิอากาศ (°ซ.)	หมายเหตุ
						ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
M 101	9.23 น.	7:50	A	–	–	10.0	9.0	9.5	26.0	เวลาเริ่มบรรจุส่วนผสม 9.07 น. เวลาเริ่มเติมน้ำ 9.15 น. ระดับน้ำก่อนผสม 598 ระดับน้ำหลังผสม 367 ปูนซีเมนต์ 450 ก.ก. มวลรวมละเอียด 1095 ก.ก. มวลรวมหยาบ 1875 ก.ก. น้ำ 275* ก.ก. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.611
			M	42	42					
M 102	9.45 น.	30:00	A	59	17	5.3	6.7	6.0	27.0	
			M	67	8					
M 103	10.15 น.	60:00	A	112	45	6.5	6.7	6.6	28.5	
			M	117	5					
M 104	10.35 น.	80:00	A	140	23	6.0	6.0	6.0	28.5	
			M	146	6					
M 105	10.55 น.	100:00	A	210	64	6.6	4.7	5.6	31.0	
			M	212	2					
M 106	11.15 น.	120:00	A	250	38	3.5	4.2	3.8	31.5	
			M	260	10					
M 107	11.35 น.	140:00	A	284	24	4.2	4.5	4.4	31.5	
			M	–	–					
M 108	11.55 น.	160:00	A	313	29	2.3	1.5	1.9	31.5	* รวมทั้งปริมาณน้ำจากความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด
			M	–	–					

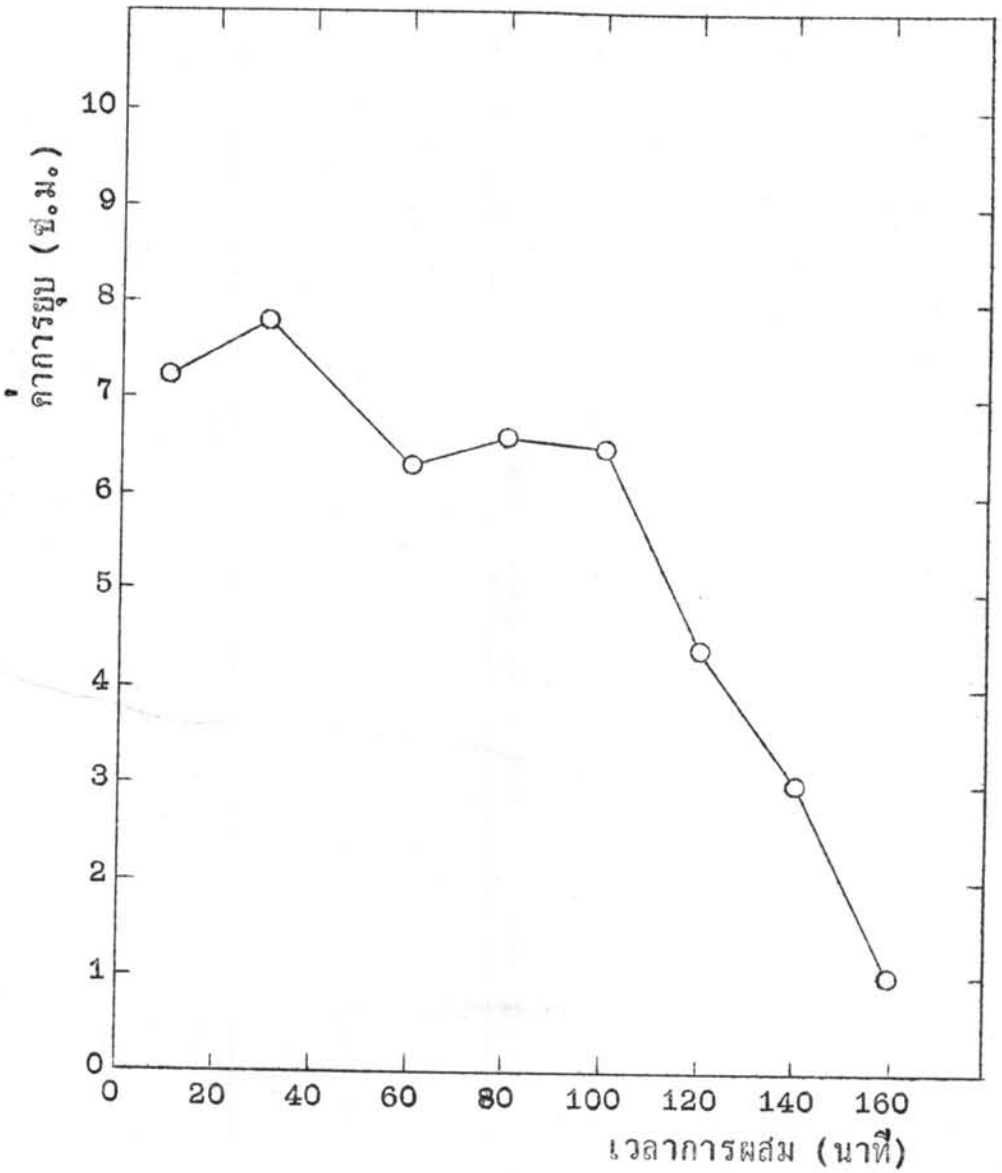
ตารางที่ 3.9 กระบวนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม สำหรับส่วนผสมที่ 2

ตัวอย่างที่	เวลาที่เก็บตัวอย่าง	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	จำนวนรอบ			การยุบ (ซ.ม.)			อุณหภูมิอากาศ (°ซ.)	หมายเหตุ
						ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
M 201	8.54 น.	9:15	A	32,46	10	7.5	7.0	7.2	26.0	เวลาเริ่มบรรจุส่วนผสม 8.40 น. เวลาเริ่มเติมน้ำ 8.45 น. ระดับน้ำก่อนผสม 586 ระดับน้ำหลังผสม 335 ปูนซีเมนต์ 525 ก.ก. มวลรวมละเอียด 1065 ก.ก. มวลรวมหยาบ 1815 ก.ก. น้ำ 315* ก.ก. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.600 * รวมทั้งปริมาณน้ำจากความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด
			M	26,42,82	72					
M 202	9.15 น.	30:00	A	94	12	8.5	7.0	7.8	27.0	
			M	104	10					
M 203	9.45 น.	60:00	A	142	38	6.0	6.6	6.3	28.0	
			M	148	6					
M 204	10.05 น.	80:00	A	192	44	6.5	6.7	6.6	28.5	
			M	202	10					
M 205	10.25 น.	100:00	A	244	42	7.0	6.0	6.5	32.0	
			M	249	5					
M 206	10.45 น.	120:00	A	292	43	4.8	4.1	4.4	32.0	
			M	296	4					
M 207	11.05 น.	140:00	A	320	24	3.0	3.0	3.0	33.5	
			M	325	5					
M 208	11.25 น.	160:00	A	373	48	1.4	0.7	1.0	33.5	
			M	382	9					

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

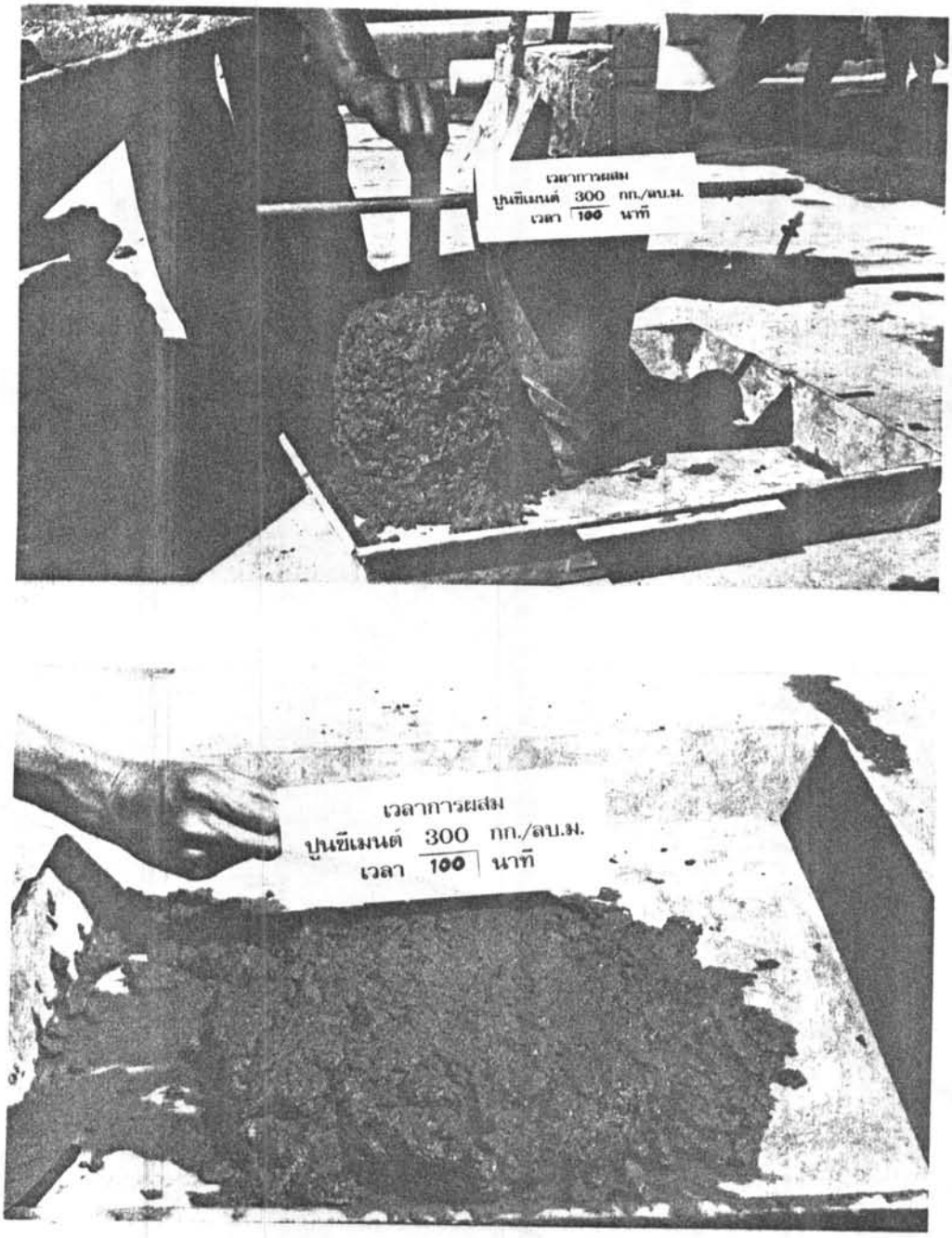


รูปที่ 3.2 กราฟจากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาการผสม กับ ค่าการยุบของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ 1

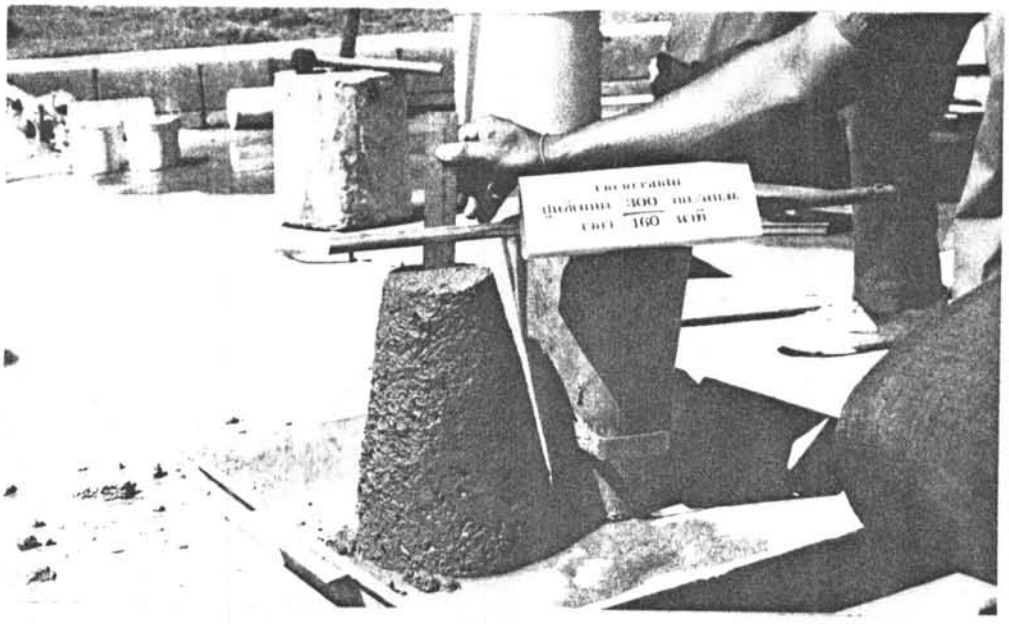


รูปที่ 3.3 กราฟจากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาการผสม กับ ค่าการยุบของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ 2

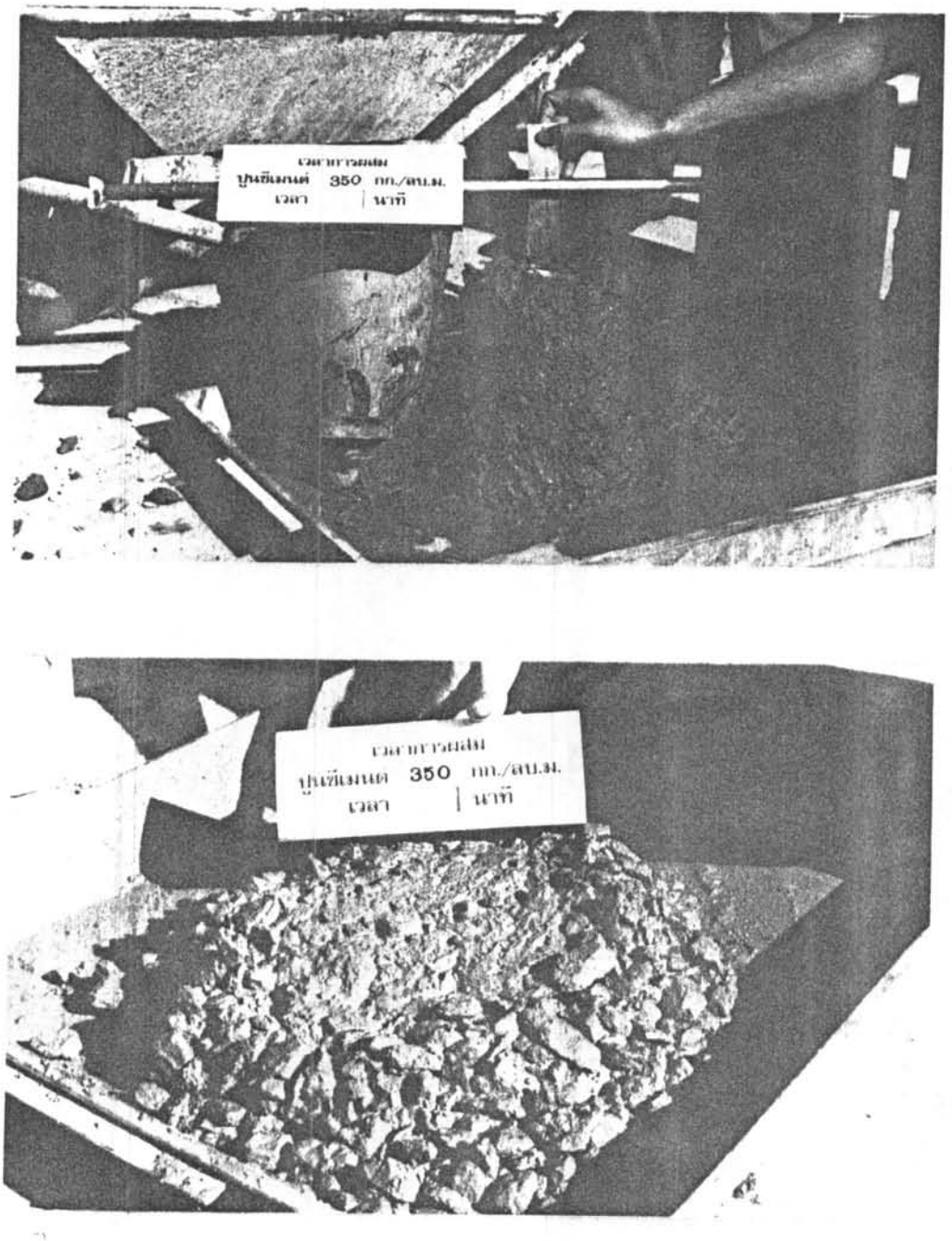
รูปที่ 3.4(ก) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 1 หลังการผสมครั้งแรก จากการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของ เวลาการผสม



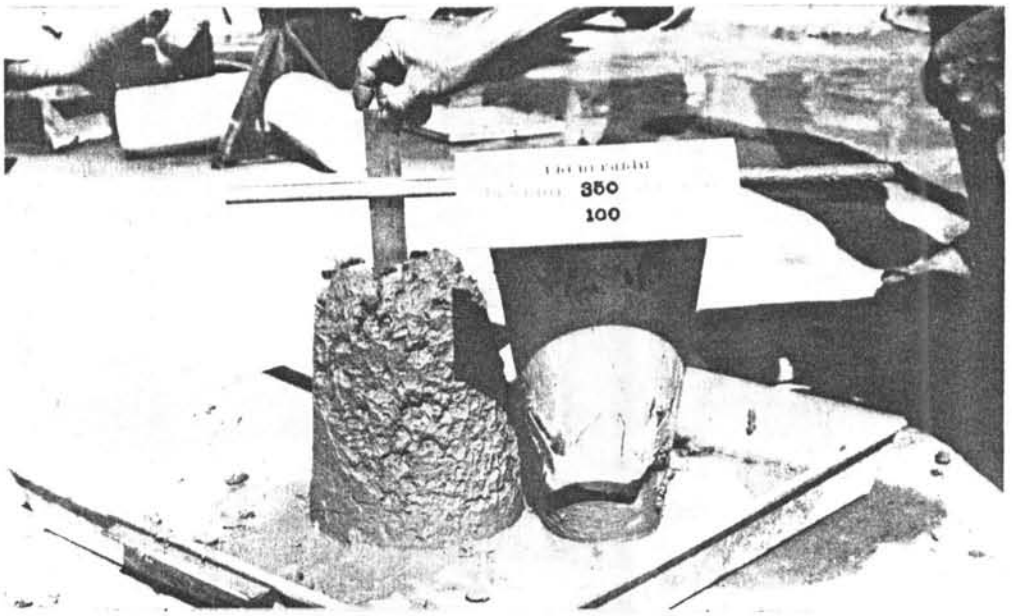
รูปที่ 3.4(ข) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 1 ที่เวลาการผสม 100 นาที จากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม



รูปที่ 3.4(ค) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 1 ที่เวลาการผสม 160 นาที จากการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม



รูปที่ 3.5(ก) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 หลังการผสมครั้งแรก จากการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของ เวลาการผสม



รูปที่ 3.5(ข) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 ที่เวลาการผสม 100 นาที จากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม

รูปที่ 3.5(ค) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 ที่เวลาการผสม 160 นาที จากการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของ เวลาการผสม

ลดลงเรื่อยๆอย่างไม่เป็นที่น่าสังเกตนักในช่วง 100 นาทีหลังการผสมครั้งแรก แต่หลังจากเวลาการผสม 100 นาทีนี้เป็นต้นไปแล้ว การยุบของคอนกรีตจะลดลงอย่างทันทีทันใดคล้ายกันทั้ง 2 ส่วนผสม เช่น ส่วนผสมที่ 1 ในช่วง 100 นาทีหลังการผสมครั้งแรก การยุบของคอนกรีตจะอยู่ในช่วง 6.0 ถึง 7.0 ซ.ม. เป็นส่วนใหญ่ มีที่ผิดแผกออกไปก็เพียงตัวอย่างแรกเท่านั้น แต่ที่เวลาการผสม 120 นาที ค่าการยุบจะลดลงอย่างทันทีทันใดเป็น 3.8 ซ.ม. และสำหรับส่วนผสมที่ 2 ก็เช่นเดียวกัน ในช่วง 100 นาทีหลังการผสมครั้งแรก การยุบของคอนกรีตจะอยู่ในช่วง 6.5 ถึง 7.5 ซ.ม. เป็นส่วนใหญ่ แต่ที่เวลาการผสม 120 นาที จะลดลงเหลือเพียง 4.4 ซ.ม. เป็นต้น

นอกจากการยุบของคอนกรีตจะมีค่าลดลงแล้ว สภาพของคอนกรีตเมื่อดูจากรูปที่ 3.4 (ก) ถึง (ค) ซึ่งเป็นคอนกรีตในส่วนผสมที่ 1 และจากรูปที่ 3.5 (ก) ถึง (ค) อันเป็นคอนกรีตในส่วนผสมที่ 2 จะสังเกตเห็นได้ว่า คอนกรีตสดจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสภาพพลาสติกที่ค่อนข้างอ่อนทราย ไปเป็นคอนกรีตสดที่เหนียวขึ้นและค่อนข้างแก่ทราย ตามเวลาการผสมที่เพิ่มขึ้น

3.2.2 <u>อิทธิพลของเวลาการผสมที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต</u> ผลของการทดลองหากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตขนาด ∅ 15 x 30 ซ.ม. ที่อายุ 7 วัน และ 28 วันแต่ละเวลาการผสมสำหรับคอนกรีตทั้ง 2 ส่วนผสม แสดงไว้ในตารางที่ 3.10 ถึง 3.13 และนำไปแสดงเป็นกราฟในรูปที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ จากกราฟทั้งสองนี้จะเห็นว่า กำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าคงที่ในช่วงแรกของเวลาการผสม แต่เมื่อกวนคอนกรีตต่อไปประมาณ 30 – 60 นาที กำลังอัดของคอนกรีตจะสูงขึ้นไปอีกอย่างทันทีทันใด โดยคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์น้อย (ส่วนผสมที่ 1) จะมีปริมาณความต้านทานแรงอัดเพิ่มมากกว่า เช่น ในส่วนผสมที่ 1 กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน ในช่วงเวลาการผสม 30 นาทีกับ 60 นาที จะเพิ่มขึ้นจาก 201.7 ไปเป็น 241.1 ก.ก./ตร.ซ.ม. และกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันช่วงเวลาการผสมเดียวกันก็เพิ่มขึ้นจาก 273.0 เป็น 323.5 ก.ก./ตร.ซ.ม. ส่วนในส่วนผสมที่ 2 กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วันในช่วงเวลาการผสมครั้งแรก กับเวลาการผสม 30 นาทีจะเพิ่มจาก 255.5 เป็น 275.7 ก.ก./ตร.ซ.ม. และกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ

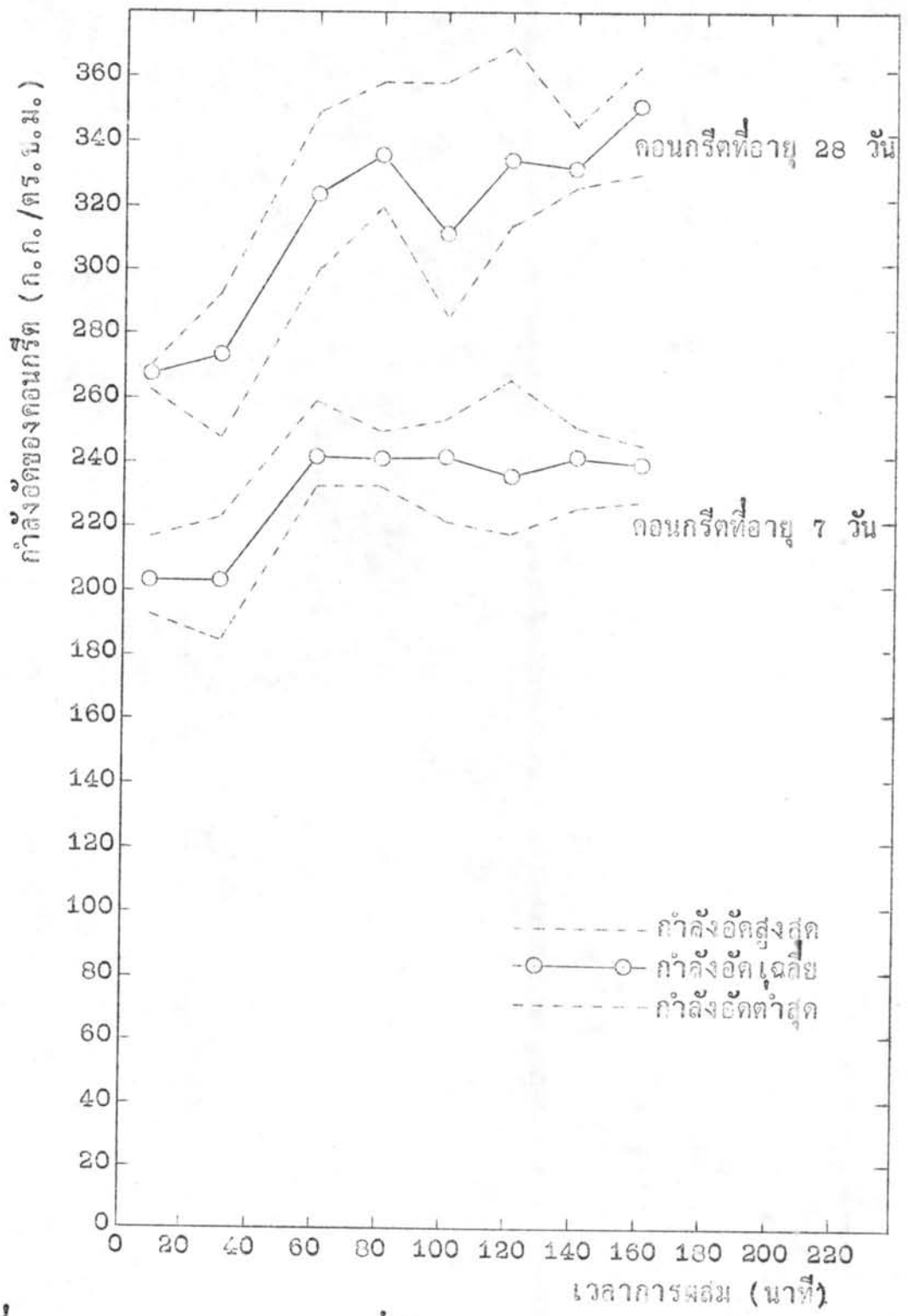
I15830731

ตารางที่ 3.10 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม สำหรับส่วนผสมที่ 1

ตัวอย่าง ที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.)			เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.^{2})	
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย				กำลังอัด	กำลังอัดเฉลี่ย
M101/1	15.2					13.40	35.8	197.3	
M101/2	15.3	10.0	9.0	9.5	7:50	13.50	35.2	191.5	201.6
M101/3	15.0					12.80	38.2	216.2	
M102/1	15.2					13.30	40.4	222.6	
M102/2	15.0	5.3	6.7	6.0	30:00	12.90	32.4	183.4	201.7
M102/3	15.0					13.00	35.2	199.2	
M103/1	15.2					13.40	42.0	231.5	
M103/2	15.0	6.5	6.7	6.6	60:00	12.70	45.8	259.2	241.1
M103/3	15.2					13.50	42.2	232.6	
M104/1	15.2					13.35	45.2	249.1	
M104/2	15.2	6.0	6.0	6.0	80:00	13.40	42.0	231.5	240.3
M104/3	15.2					13.30	43.6	240.3	
M105/1	15.1					13.20	45.2	252.4	
M105/2	15.0	6.6	4.7	5.6	100:00	12.80	39.0	220.7	241.1
M105/3	15.2					13.40	45.4	250.2	
M106/1	15.0					12.70	39.4	223.0	
M106/2	15.0	3.5	4.2	3.8	120:00	12.80	38.4	217.3	235.3
M106/3	15.2					13.35	48.2	265.6	
M107/1	15.0					12.80	44.2	250.1	
M107/2	15.0	4.2	4.5	4.4	140:00	12.90	44.0	249.0	241.4
M107/3	15.0					12.70	39.8	225.2	
M108/1	15.0					12.70	40.2	227.5	
M108/2	15.0	2.3	1.5	1.9	160:00	13.00	43.4	245.6	238.8
M108/3	15.0					12.90	43.0	243.3	

ตารางที่ 3.11 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม สำหรับส่วนผสมที่ 1

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.) ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.²) กำลังอัด	กำลังอัดเฉลี่ย
M101/4	15.1					13.50	48.2	269.2	
M101/5	15.2	10.0	9.0	9.5	7:50	13.40	47.6	262.3	266.7
M101/6	15.3					13.90	49.4	268.7	
M102/4	15.3					13.90	51.5	280.1	
M102/5	15.2	5.3	6.7	6.0	30:00	13.40	53.0	292.1	273.0
M102/6	15.2					13.50	44.8	246.9	
M103/4	15.1					13.30	62.5	349.0	
M103/5	15.3	6.5	6.7	6.6	60:00	13.90	55.0	299.2	323.5
M103/6	15.2					13.40	58.5	322.4	
M104/4	15.2					13.50	65.0	358.2	
M104/5	15.1	6.0	6.0	6.0	80:00	13.20	59.3	331.1	335.8
M104/6	15.0					12.90	56.2	318.0	
M105/4	15.2					13.50	52.3	288.2	
M105/5	15.0	6.6	4.7	5.6	100:00	13.40	63.4	358.8	310.6
M105/6	15.1					13.20	51.0	284.8	
M106/4	15.1					13.10	57.3	320.0	
M106/5	15.1	3.5	4.2	3.8	120:00	13.30	66.0	368.6	333.8
M106/6	15.2					13.40	56.8	313.0	
M107/4	15.2					13.40	59.0	325.1	
M107/5	15.2	4.2	4.5	4.4	140:00	13.50	62.5	344.4	331.6
M107/6	15.0					13.00	57.5	325.4	
M108/4	15.2					13.30	65.0	358.2	
M108/5	15.2	2.3	1.5	1.9	160:00	13.50	66.0	363.7	350.5
M108/6	15.1					13.40	59.0	329.5	



รูปที่ 3.6 กราฟจากการทดลองเพื่อดูถึงอิทธิพลของเวลาการผสม แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาการผสม กับ กำลังอัดของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ 1 ทั้งที่อายุ 7 วันและ 28 วัน

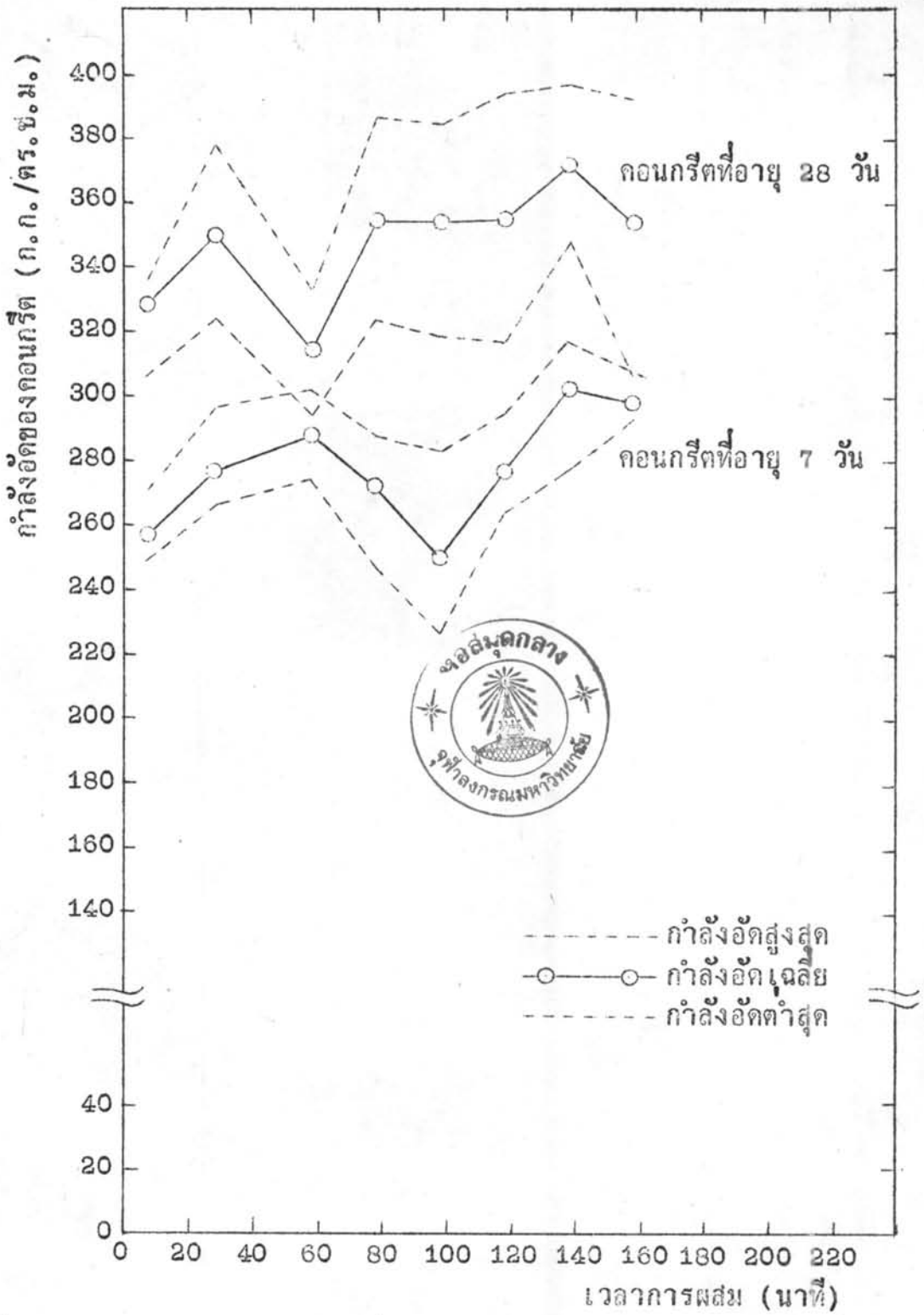
ตารางที่ 3.12 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม สำหรับส่วนผสมที่ 2

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.) ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.²) กำลังอัด	กำลังอัดเฉลี่ย
M201/1	15.0					12.60	44.2	250.1	
M201/2	15.2	7.5	7.0	7.2	9:15	13.90	44.9	247.4	255.5
M201/3	15.2					14.00	48.8	268.9	
M202/1	15.2					13.90	48.5	267.3	
M202/2	15.0	8.5	7.0	7.8	30:00	13.20	52.2	295.4	275.7
M202/3	15.2					13.50	48.0	264.5	
M203/1	15.2					13.40	49.5	272.8	
M203/2	15.0	6.0	6.6	6.3	60:00	13.30	53.2	301.0	286.6
M203/3	15.2					13.70	51.9	286.0	
M204/1	15.0					13.20	49.3	279.0	
M204/2	15.0	6.5	6.7	6.6	80:00	12.90	43.4	245.6	270.4
M204/3	15.2					13.90	52.0	286.6	
M205/1	15.0					12.60	39.8	225.2	
M205/2	15.0	7.0	6.0	6.5	100:00	13.00	49.8	281.8	248.8
M205/3	15.0					12.60	42.3	239.4	
M206/1	15.2					13.40	49.2	271.1	
M206/2	15.0	4.8	4.1	4.4	120:00	13.10	46.3	262.0	275.6
M206/3	15.2					13.20	53.3	293.7	
M207/1	15.3					13.80	58.1	316.0	
M207/2	15.2	3.0	3.0	3.0	140:00	13.40	56.2	309.7	300.4
M207/3	15.2					13.20	50.0	275.5	
M208/1	15.2					13.30	52.9	291.5	
M208/2	15.0	1.4	0.7	1.0	160:00	12.80	53.8	304.4	296.7
M208/3	15.0					13.10	52.0	294.3	

ตารางที่ 3.13 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม สำหรับส่วนผสมที่ 2

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.)			เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.^{2})	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย				กำลังอัด	กำลังอัดเฉลี่ย
M201/4	15.0					13.00	59.2	335.0	
M201/5	15.2	7.5	7.0	7.2	9:15	13.60	62.0	341.7	327.4
M201/6	15.0					12.95	54.0	305.6	
M202/4	-*					-*	-*	-*	
M202/5	15.2	8.5	7.0	7.8	30:00	13.50	68.3	376.4	349.5
M202/6	15.0					12.90	57.0	322.6	
M203/4	15.2					13.60	60.0	330.6	
M203/5	15.0	6.0	6.6	6.3	60:00	12.85	51.5	291.4	313.0
M203/6	15.2					13.65	57.5	316.9	
M204/4	15.2					13.70	64.0	352.7	
M204/5	15.0	6.5	6.7	6.6	80:00	12.90	57.0	322.6	353.7
M204/6	15.2					13.70	70.0	385.8	
M205/4	15.2					13.70	65.0	358.2	
M205/5	15.0	7.0	6.0	6.5	100:00	13.00	56.0	316.9	352.7
M205/6	15.2					13.60	69.5	383.0	
M206/4	15.2					13.70	64.0	352.7	
M206/5	15.5	4.8	4.1	4.4	120:00	14.10	59.6	315.9	354.0
M206/6	15.0					13.00	69.5	393.3	
M207/4	15.2					13.60	67.3	370.9	
M207/5	15.1	3.0	3.0	3.0	140:00	13.30	62.0	346.2	370.9
M207/6	15.2					13.65	71.8	395.7	
M208/4	15.5					14.00	57.5	304.7	
M208/5	15.2	1.4	0.7	1.0	160.00	13.70	71.0	391.3	352.5
M208/6	15.2					13.60	65.6	361.5	

*ตัวอย่างคอนกรีตเสียหายก่อนทำการทดสอบกำลังอัด



หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.7 กราฟจากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาการผสม กับ กำลังอัดของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ 2 ทั้งที่อายุ 7 วันและ 28 วัน

28 วันช่วงเวลาการผสมเดิม จะเพิ่มขึ้นจาก 327.4 เป็น 349.5 ก.ก./ตร.ซ.ม. เป็นต้น แต่หลังจากช่วงแรกของเวลาการผสมนี้แล้ว กำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าค่อนข้างคงที่ โดยมีแนวโน้มไปในทางที่จะเพิ่มค่าขึ้นเล็กน้อย จนกระทั่งในที่สุดไม่สามารถนำคอนกรีตออกจากโม่ผสมได้ที่เวลาการผสมเกิน 160 นาที

3.3 อิทธิพลของการผสมน้ำ

ตารางที่ 3.14 และ 3.15 แสดงกระบวนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่นำมาทดสอบหากำลังอัด โดยบอกถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมครั้งแรก เวลาการผสม จำนวนรอบที่หมุนโม่ อุณหภูมิของอากาศ ณ บริเวณทำการทดลอง และการยุบของคอนกรีตสดที่นำออกมาแต่ละครั้ง เช่นเดียวกับกรณีที่ศึกษาอิทธิพลของเวลาการผสม แต่มีช่องที่บอกระดับน้ำในถังบรรจุน้ำผสมคอนกรีต กับปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นเท่านั้น สำหรับสัญลักษณ์และความหมายต่างๆที่ใช้ก็เหมือนที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องอิทธิพลของเวลาการผสม แต่ต้องเข้าใจว่าในช่องที่บอกจำนวนรอบในการหมุนโม่แต่ละช่องนั้น(ยกเว้นการผสมครั้งแรก)จะเริ่มจากหมุนโม่ผสมด้วยอัตราเร็วที่ใช้ก่อน แล้วเติมน้ำเพิ่มเพื่อควบคุมการยุบให้มีค่าคงที่เสียก่อน หมุนโม่ด้วยอัตราเร็วที่ใช้ผสม แล้วจึงหยุด เก็บตัวอย่างคอนกรีตเป็นลำดับไป

3.3.1 อิทธิพลของการผสมน้ำที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต ผลการทดสอบหากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 7 วันและ 28 วัน แต่ละเวลาการผสมสำหรับคอนกรีตทั้ง 2 ส่วนผสม แสดงไว้ในตารางที่ 3.16 ถึง 3.19 และนำไปเขียนเป็นกราฟในรูปที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3.16 ถึง 3.19 จะเห็นว่า กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลงเป็นลำดับ แต่อัตราการลดลงของกำลังอัดคอนกรีต ดูจะไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับจำนวนน้ำที่เติมเพิ่มเข้าไปในส่วนผสมแต่ละคราวนัก เช่น ในส่วนผสมที่ 1 ตัวอย่างที่ 5 (R 105) เมื่อเติมน้ำเพิ่มเข้าไป 15 ลิตร กำลังอัดของคอนกรีตที่ 7 วันและ 28 วัน จะลดลงจาก 234.2 และ 316.4 ก.ก./ตร.ซ.ม. เป็น 178.8 และ 237.9 ก.ก./ตร.ซ.ม. ตามลำดับ แต่ตัวอย่างต่อไปคือ R 106 เมื่อเติมน้ำ

ตารางที่ 3.14 กระบวนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมน้ำ สำหรับส่วนผสมที่ 1

ตัวอย่างที่	เวลาที่เก็บตัวอย่าง	เวลาการผสม (นาที: วินาที)	จำนวนรอบ			ระดับน้ำ	น้ำที่เติมเพิ่ม	การยุบ (ซ.ม.)			อุณหภูมิอากาศ (°ซ.)	หมายเหตุ
								ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
	9.54 น.	7:31	A	5,38	11	390		–†	–†	–†	32.5	เริ่มบรรจุส่วนผสม 9.43 น.
			M	32,81	70							เริ่มเติมน้ำ 9.47 น.
R 101	10.02 น.	15:35	A	85	4	363		6.5	9.0	7.8	32.0	
			M	124	39							
R 102	10.17 น.	30:00	A	147	23	363	0	8.0	6.5	7.2	33.0	ระดับน้ำ:
			M	–	–							ก่อนผสมครั้งแรก 586
R 103	10.49 น.	61:40	A	198	51	358	5	6.5	7.5	7.0	33.0	หลังผสมครั้งแรก 363
			M	201	3							
R 104	11.15 น.	88:30	A	259	58	354	4	7.2	7.5	7.4	34.0	ปูนซีเมนต์ 450 ก.ก.
			M	264	5							มวลรวมละเอียด 1095 ก.ก.
R 105	11.36 น.	118:40	A	339	75	339	15	6.5	7.0	6.8	35.0	มวลรวมหยาบ 1875 ก.ก.
			M	349	10							น้ำ 294* ก.ก.
R 106	12.17 น.	150:15	A	433	84	310	29	9.0	6.2	7.6	37.0	
			M	448	15							
R 107	12.46 น.	178:40	A	504	56	285	25	6.0	8.3	7.2	35.0	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.653
			M	515	11							
R 108	13.06 น.	199:10	A	562	47	260	25	9.0	8.2	8.6	35.0	
			M	575	13							
R 109	13.24 น.	217:30	A	601	26	260	0	8.0	8.0	8.0	35.0	
			M	612	11							
R 110	13.46 น.	239:10	A	653	41	240	20	8.5	7.0	7.8	35.0	* รวมทั้งปริมาณน้ำจากความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด
			M	668	15							

† คอนกรีตมีการยุบไม่ตรงตามกำหนดที่ต้องการ

ตารางที่ 3.15 กระบวนการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมน้ำ สำหรับส่วนผสมที่ 2

ตัวอย่างที่	เวลาที่เก็บตัวอย่าง	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	จำนวนรอบ			ระดับน้ำ	น้ำที่เติมเพิ่ม	การยุบ (ซ.ม.)			อุณหภูมิอากาศ (°ซ.)	หมายเหตุ
								ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
	9.37 น.	6:02	A	10,40	15	395		–†	–†	–†	33.0	เริ่มบรรจุส่วนผสม 9.27 น.
			M	35,66	51							เริ่มเติมน้ำ 9.31 น.
R 201	9.48 น.	17:14	A	–	–	353		8.0	9.5	8.8	33.0	
			M	96	30							
R 202	10.05 น.	34:00	A	136	40	353	0	11.0	9.5	10.2	33.0	ระดับน้ำ :
			M	–	–							กอนผสมครั้งแรก 590
R 203	10.31 น.	60:00	A	210	74	353	0	7.5	8.5	8.0	34.0	หลังผสมครั้งแรก 353
			M	–	–							
R 204	11.04 น.	93:00	A	276	66	333	20	9.0	6.5	7.8	36.0	ปูนซีเมนต์ 525 ก.ก.
			M	305	29							มวลรวมละเอียด 1065 ก.ก.
R 205	11.31 น.	120:00	A	355	50	313	20	7.5	8.0	7.8	35.5	มวลรวมหยาบ 1815 ก.ก.
			M	365	10							น้ำ 262* ก.ก.
R 206	12.01 น.	150:00	A	454	89	290	23	8.5	7.5	8.0	36.0	
			M	461	7							อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.499
R 207	12.31 น.	180:00	A	543	82	270	20	8.0	7.0	7.5	37.0	
			M	554	11							
R 208	12.51 น.	200:00	A	609	55	260	10	10.0	9.0	9.5	39.5	
			M	622	13							
R 209	13.11 น.	220:00	A	674	52	200	60	6.0	4.0	5.0	38.0	* รวมทั้งปริมาณน้ำจากความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด
			M	704	30							

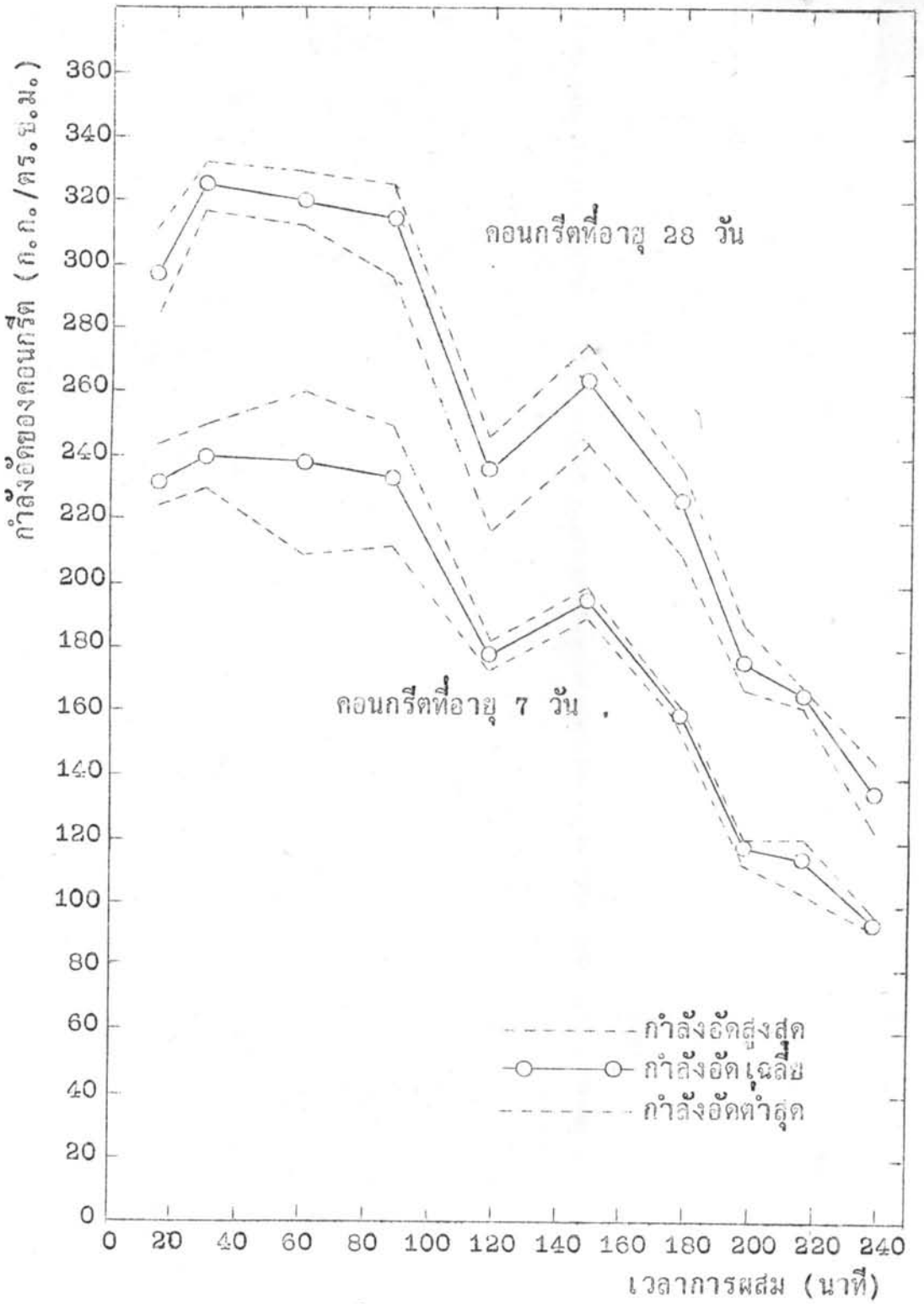
† คอนกรีตมีการยุบไม่ตรงตามกำหนดที่ต้องการ

ตารางที่ 3.16 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ สำหรับส่วนผสมที่ 1

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.) ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	ปริมาณน้ำที่เพิ่ม (ลิตร)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.²) กำลังอัด	เฉลี่ย
R 101/1	15.0	6.5	9.0	7.8	15:35	1	13.00	43.2	244.5	233.0
R 101/2	15.1						13.15	40.4	225.6	
R 101/3	15.1						13.20	41.0	228.9	
R 102/1	15.0	8.0	6.5	7.2	30:00	0	12.90	44.4	251.2	241.6
R 102/2	15.1						13.30	43.4	242.4	
R 102/3	15.1						13.20	41.4	231.2	
R 103/1	15.1	6.5	7.5	7.0	61:40	5	13.25	44.4	247.9	239.9
R 103/2	15.0						13.00	37.2	210.5	
R 103/3	15.0						12.90	46.2	261.4	
R 104/1	15.4	7.2	7.5	7.4	88:30	4	13.80	46.8	251.2	234.2
R 104/2	15.3						13.70	43.8	238.2	
R 104/3	15.3						13.60	39.2	213.2	
R 105/1	15.0	6.5	7.0	6.8	118:40	15	12.90	32.4	183.4	178.8
R 105/2	15.0						12.90	31.6	178.8	
R 105/3	15.0						13.00	30.8	174.3	
R 106/1	15.3	9.0	6.2	7.6	150:15	29	13.60	36.8	200.2	195.9
R 106/2	15.1						13.20	35.2	196.6	
R 106/3	15.1						13.25	34.2	191.0	
R 107/1	15.3	6.0	8.3	7.2	178.40	25	13.65	29.0	157.7	159.9
R 107/2	15.4						13.90	30.0	161.1	
R 107/3	15.1						13.20	28.8	160.8	
R 108/1	15.0	9.0	8.2	8.6	199:10	25	12.90	20.0	113.2	119.1
R 108/2	15.0						12.80	21.6	122.2	
R 108/3	15.3						13.65	22.4	121.8	
R 109/1	15.1	8.0	8.0	8.0	217:30	0	13.15	21.8	121.7	115.1
R 109/2	15.1						13.20	21.6	120.6	
R 109/3	15.0						12.90	18.4	104.1	
R 110/1	15.2	8.5	7.0	7.8	239:40	20	13.40	17.0	93.7	94.4
R 110/2	15.3						13.60	17.2	93.6	
R 110/3	15.2						13.45	17.4	95.9	

ตารางที่ 3.17 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ สำหรับส่วนผสมที่ 1

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.) ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำที่เติมเพิ่ม (ลิตร)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.^{2}) กำลังอัด	เฉลี่ย
R 101/4	15.1	6.5	9.0	7.8	15:35	-	13.20	56.0	312.7	298.7
R 101/5	15.0						12.90	50.5	285.8	
R 101/6	15.1						13.10	53.3	297.6	
R 102/4	15.1	8.0	6.5	7.2	30:00	0	13.20	58.5	326.7	326.4
R 102/5	15.0						12.80	59.0	333.9	
R 102/6	15.0						13.00	56.3	318.6	
R 103/4	15.1	6.5	7.5	7.0	61:40	5	13.10	57.0	318.3	320.9
R 103/5	15.2						13.30	60.0	330.6	
R 103/6	15.1						13.20	56.2	313.8	
R 104/4	15.3	7.2	7.5	7.4	88:30	4	13.90	60.0	326,4	316.4
R 104/5	15.2						13.20	54.0	297.6	
R 104/6	15.0						13.00	57.5	325.4	
R 105/4	15.0	6.5	7.0	6.8	118:40	15	12.60	43.7	247.3	237.9
R 105/5	15.0						12.65	38.6	218.4	
R 105/6	15.0						12.60	43.8	247.9	
R 106/4	15.0	9.0	6.2	7.6	150:15	29	13.10	48.8	276.2	265.6
R 106/5	15.2						13.20	50.0	275.5	
R 106/6	15.0						12.60	43.3	245.0	
R 107/4	15.0	6.0	8.3	7.2	178:40	25	12.80	42.1	238.2	227.7
R 107/5	15.0						13.00	41.4	234.3	
R 107/6	15.2						13.20	38.2	210.5	
R 108/4	15.2	9.0	8.2	8.6	199:10	25	13.00	31.3	172.5	176.5
R 108/5	15.2						13.10	30.6	168.6	
R 108/6	15.0						13.00	33.3	188.4	
R 109/4	15.1	8.0	8.0	8.0	217:30	0	12.90	30.0	167.5	166.2
R 109/5	15.3						13.50	31.0	168.6	
R 109/6	15.1						12.90	29.1	162.5	
R 110/4	15.0	8.5	7.0	7.8	239:40	20	12.85	25.6	144.9	135.9
R 110/5	15.2						13.30	25.4	140.0	
R 110/6	15.3						13.50	22.6	122.9	



รูปที่ 3.8 กราฟจากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาการผสม กับ กำลังอัดของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ 1 ทั้งที่อายุ 7 วันและ 28 วัน

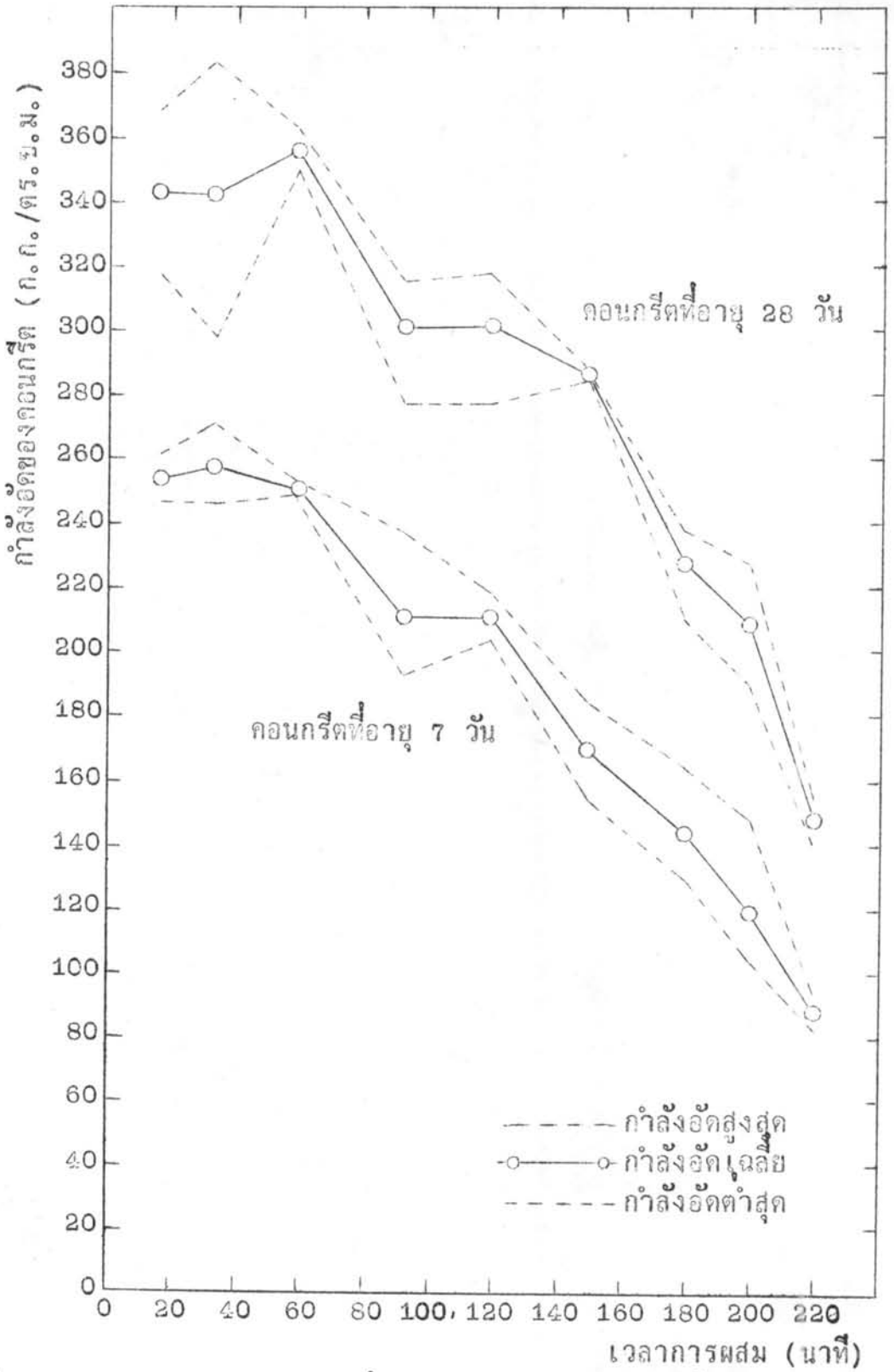
ตารางที่ 3.18 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ สำหรับส่วนผสมที่ 2

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ(ซ.ม.) ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำที่เติมเพิ่ม (ลิตร)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.²) กำลังอัด	เฉลี่ย
R 201/1	15.0	8.0	9.5	8.8	17:14	-	12.80	46.6	263.7	255.4
R 201/2	15.2						13.40	45.0	248.0	
R 201/3	15.0						12.55	45.0	254.6	
R 202/1	15.2	11.0	9.5	10.2	34:00	0	13.45	45.0	248.0	259.7
R 202/2	15.2						13.40	46.8	257.9	
R 202/3	15.2						13.35	49.6	273.3	
R 203/1	15.2	7.5	8.5	8.0	60:00	0	13.50	45.8	252.4	252.4
R 203/2	-*						-*	-*	-*	
R 203/3	15.2						13.30	45.8	252.4	
R 204/1	15.1	9.0	6.5	7.8	93:00	20	13.00	34.8	194.3	212.5
R 204/2	15.0						12.70	42.2	238.8	
R 204/3	15.1						13.10	36.6	204.4	
R 205/1	15.2	7.5	8.0	7.8	120:00	20	13.25	39.8	219.3	212.3
R 205/2	15.2						13.40	37.2	205.0	
R 205/3	15.2						13.35	38.6	212.7	
R 206/1	15.0	8.5	7.5	8.0	150:00	23	12.60	30.4	172.0	171.5
R 206/2	15.2						13.50	33.8	186.3	
R 206/3	15.0						12.70	27.6	156.2	
R 207/1	15.0	8.0	7.0	7.5	180:00	20	12.55	23.0	130.2	145.6
R 207/2	15.2						13.20	30.0	165.3	
R 207/3	15.0						12.60	25.0	141.5	
R 208/1	15.0	10.0	9.0	9.5	200:00	10	12.80	18.8	106.4	120.1
R 208/2	15.2						13.50	27.0	148.8	
R 208/3	15.0						12.75	18.6	105.2	
R 209/1	15.0	6.0	4.0	5.0	220:00	60	12.90	16.6	93.9	88.6
R 209/2	15.2						13.40	16.0	88.2	
R 209/3	15.2						13.50	15.2	83.8	

*ตัวอย่างคอนกรีตเสียหายก่อนทำการทดสอบกำลังอัด

ตารางที่ 3.19 ผลการทดสอบหากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ สำหรับส่วนผสมที่ 2

ตัวอย่างที่	ขนาด ϕ (ซ.ม.)	การยุบ (ซ.ม.) ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	เวลาการผสม (นาที:วินาที)	น้ำที่เติมเพิ่ม (ลิตร)	น้ำหนักของตัวอย่าง (ก.ก.)	น้ำหนักกด (ตัน)	กำลังอัดประลัย (ก.ก./ซ.ม.^{2}) กำลังอัด	เฉลี่ย
R201/4	15.1	8.0	9.5	8.8	17:14	1	13.20	66.3	370.2	345.6
R201/5	15.0						12.60	61.3	346.9	
R201/6	15.2						13.70	58.0	319.6	
R202/4	15.2	11.0	9.5	10.2	34:00	0	13.70	70.0	385.8	344.6
R202/5	15.0						13.10	61.5	348.0	
R202/6	15.0						12.70	53.0	299.9	
R203/4	15.0	7.5	8.5	8.0	60:00	0	13.00	62.2	352.0	358.7
R203/5	15.2						13.40	65.0	358.2	
R203/6	15.2						13.20	66.4	365.9	
R204/4	15.0	9.0	6.5	7.8	93:00	20	13.10	55.3	312.9	303.1
R204/5	15.0						12.90	56.0	316.9	
R204/6	15.0						13.00	49.4	279.6	
R205/4	15.0	7.5	8.0	7.8	120:00	20	13.10	55.3	312.9	303.6
R205/5	15.2						13.60	58.0	319.6	
R205/6	15.0						13.00	49.2	278.4	
R206/4	15.0	8.5	7.5	8.0	150:00	23	12.90	51.0	288.6	287.9
R206/5	15.2						13.30	52.5	289.3	
R206/6	15.0						13.00	50.5	285.8	
R207/4	15.0	8.0	7.0	8.5	180:00	20	12.90	42.4	239.9	228.6
P207/5	15.0						12.40	37.4	211.6	
R207/6	15.0						12.90	41.4	234.3	
R208/4	15.2	10.0	9.0	9.5	200:00	10	12.70	41.6	229.2	210.0
R208/5	15.0						12.50	37.0	209.4	
R208/6	15.0						12.80	33.8	191.3	
R209/4	15.1	6.0	4.0	5.0	220:00	60	12.40	27.8	155.2	148.9
R209/5	15.2						13.40	25.6	141.1	
R209/6	15.0						12.50	26.6	150.5	

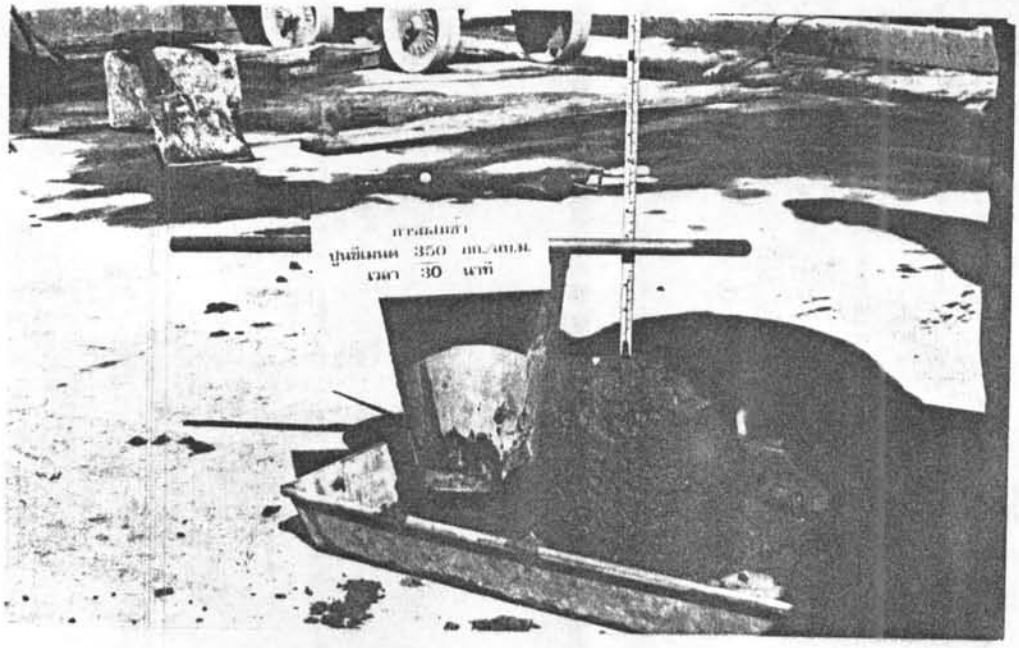


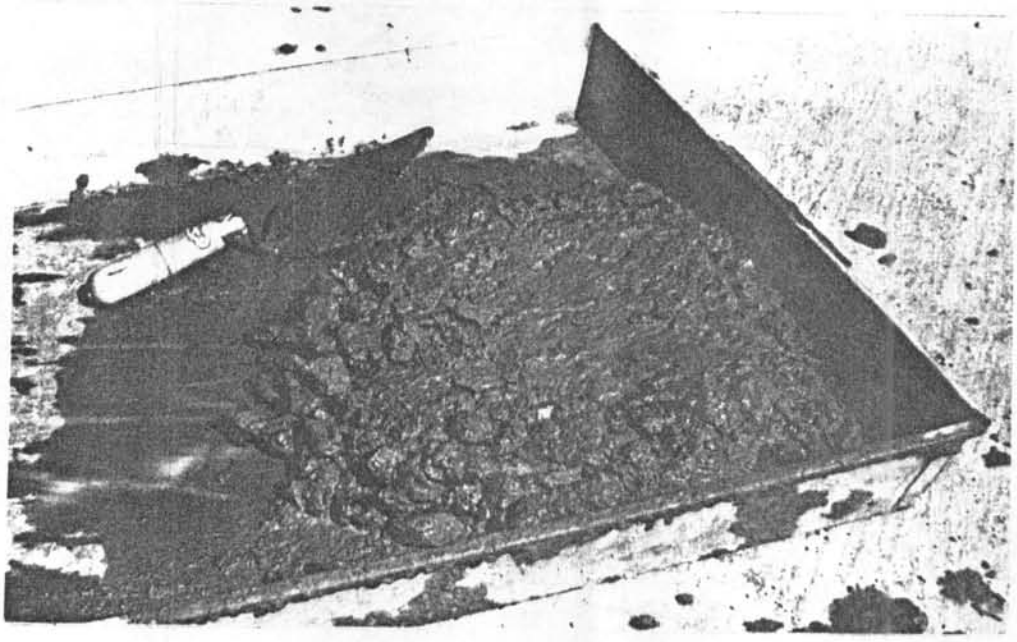
รูปที่ 3.9 กราฟจากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมน้ำ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการผสม กับ กำลังอัดของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ 2 ทั้งที่อายุ 7 วันและ 28 วัน

เพิ่มเข้าไปอีกเป็นปริมาณถึง 29 ลิตร กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วันและ 28 วัน แทนที่จะลดลงมากกว่าเดิม ก็กลับเพิ่มขึ้นจาก 178.8 และ 237.9 ก.ก./ตร.ซ.ม. ไปเป็น 195.9 และ 265.6 ก.ก./ตร.ซ.ม. ตามลำดับ และทำนองเดียวกันในส่วนผสมที่ 2 ตัวอย่างที่ 4 (R 204) เมื่อเติมน้ำเพิ่มเข้าไป 20 ลิตร กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วันและ 28 วันจะลดลงจาก 252.4 และ 358.7 ก.ก./ตร.ซ.ม. เหลือเพียง 212.5 และ 303.1 ก.ก./ตร.ซ.ม. ตามลำดับ แต่เมื่อเติมน้ำเพิ่มเข้าไปอีก 20 ลิตรเท่าเดิมในตัวอย่างที่ 5 (R 205) กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วันและ 28 วัน กลับมีค่าค่อนข้างคงที่ คือ 212.3 และ 303.6 ก.ก./ตร.ซ.ม. ตามลำดับ เป็นต้น

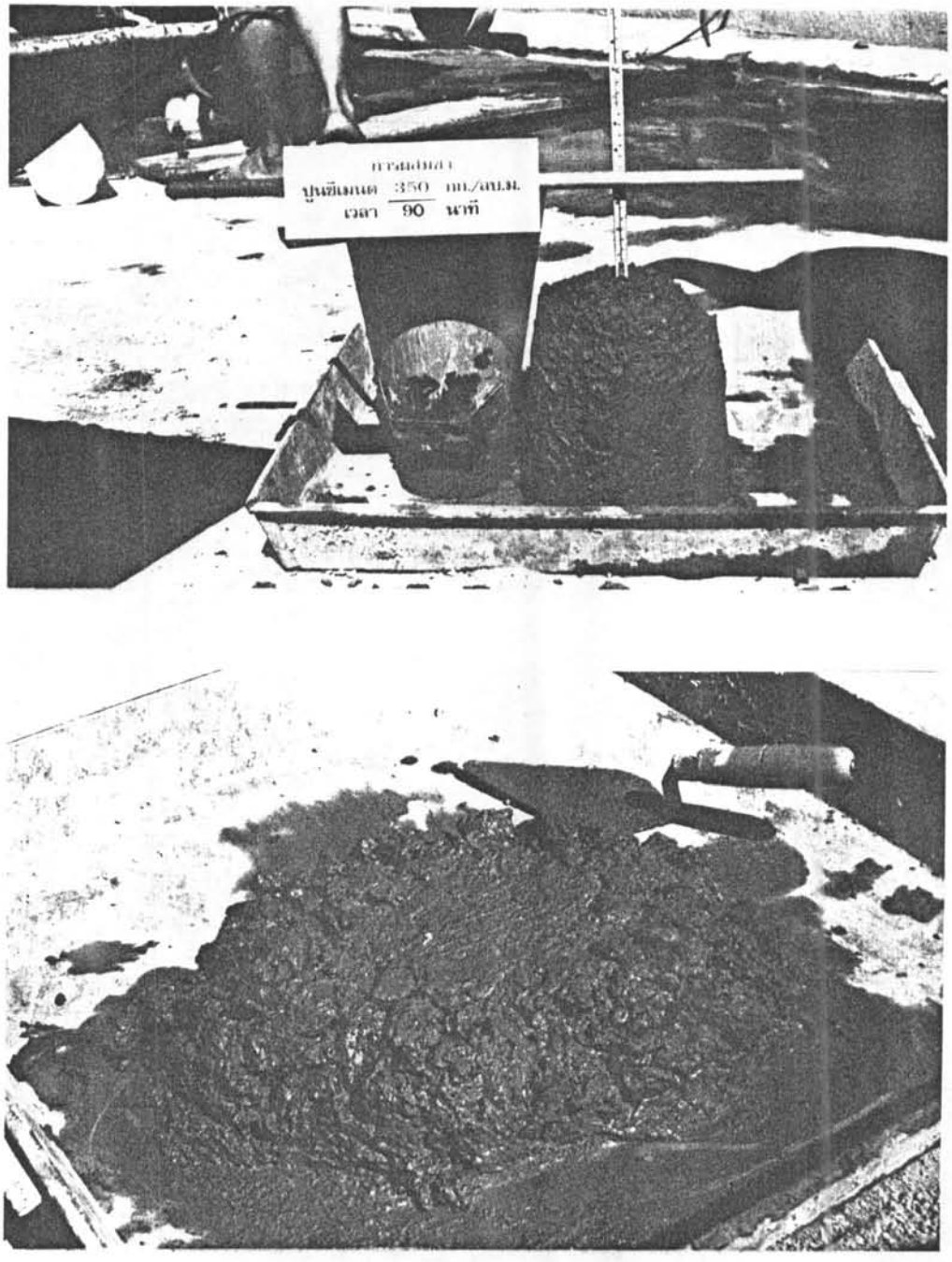
แต่อย่างไรก็ดี ถ้าดูจากลักษณะกราฟในรูปที่ 3.8 และ 3.9 เป็นส่วนรวมจะเห็นว่า กำลังอัดของคอนกรีตจะค่อยๆลดลงโดยเกือบจะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับเวลาการผสมที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้น ยังพบอีกว่า ส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์สูงกว่าคือส่วนผสมที่ 2 จะมีอัตราการลดลงของกำลังอัดคอนกรีตมากกว่า ส่วนผสมที่ 1 ซึ่งมีปริมาณซีเมนต์ต่ำกว่าด้วย

3.3.2 <u>อิทธิพลของการผสมซ้ำที่มีต่อลักษณะของคอนกรีตสด</u> สำหรับกรณีของคอนกรีตผสมเสร็จที่ได้รับการผสมซ้ำ แม้จะมีค่าการยุบตัวที่ แต่ลักษณะของคอนกรีตสดที่ปรากฏในรูปที่ 3.10 (ก) ถึง (ค) ก็แสดงให้เห็นว่า คอนกรีตสดจะเปลี่ยนสภาพจากคอนกรีตที่ค่อนข้างอ่อนทราย ไปเป็น คอนกรีตที่ค่อนข้างแก่ทราย เมื่อเวลาการผสมเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับอิทธิพลของเวลาการผสมที่ได้กล่าวมาแล้ว





รูปที่ 3.10(ก) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 ที่เวลาการผสม 30 นาที จากการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ



รูปที่ 3.10(ข) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 ที่เวลาการผสม 90 นาที จากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ

รูปที่ 3.10(ค) แสดงการยุบและสภาพของคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 ที่เวลาการผสม 200 นาที จากการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการผสมซ้ำ