บทที่ 4

ผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของมวลรวม

ตารางที่ 10 แสดงผลค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมละเอียด และการดูดซึม

รายการ		การทดสอบ
น้ำหนักของมวลรวมในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง	กรัม	500
น้ำหนักของน้ำ + มวลรวม + กระบอกตวง, C	กรัม	1638.8
น้ำหนักของน้ำ 500 มล. + กระบอกตวง, D	กรัม	1350.7
น้ำหนักของมวลรวมในสภาวะแห้งด้วยเตาอบ, A	กรัม	490.8
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสภาวะแห้งด้วยเตาอบ		2.316
ความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง		2.360
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ		2.421
ร้อยละของการดูดซึม		1.874

ตารางที่ 11 แสดงผลค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมหยาบ และการดูดซึม

รายการ		การทดสอบ
น้ำหนักของมวลรวมหยาบในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง , B	กก.	5.00
น้ำหนักของตะกร้าลวดเหล็กในน้ำ	กก.	2.40
น้ำหนักของตะกร้าลวดเหล็ก + มวลรวมหยาบในน้ำ	กก.	5.60
น้ำหนักของมวลรวมหยาบอิ่มตัวในน้ำ, C	กก.	3.20
น้ำหนักของมวลรวมหยาบในสภาวะแห้งด้วยเตาอบ, A	กก.	4.9817
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดของมวลรวมหยาบในสภาวะแห้งด้วยเตาอบ		2.77
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดของมวลรวมหยาบในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง		2.78
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ		2.80
ร้อยละของการดูดซึม		0.37

2. ผลการทดสอบอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย

จากการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก พร้อม กับเขย่ากระบอกตวง ได้ผลของระดับสีของสารละลายเมื่อเทียบกับแผ่นกระจกอินทรีย์สารเบอร์ 2 **หรือสีมา**ตรฐานการ์ดเนอร์เบอร์ 8

3. ผลการทดสอบขนาดคละของมวลรวม

ตารางที่ 12 แสดงผลการทดสอบขนาดคละของมวลรวมละเอียด

(มวลรวมละเอียด = 0.500 กก.)

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักตะแกรง	น้ำหนักทราย + ตะแกรง	น้ำหนักทรายที่ค้าง	ร้อยละที่ค้าง	ร้อยละสะสม	ร้อยละสะสมที่ผ่าน
No. 4	0.510	0.525	0.015	3	3	97
No. 8	0.490	0.505	0.015	3	6	94
No. 16	0.445	0.480	0.035	7	13	87
No. 30	0.420	0.525	0.105	21	34	66
No. 50	0.395	0.580	0.185	37	71	29
No. 100	0.385	0.510	0.125	25	96	4
Pan	0.315	0.335	0.020	4	100	0
			0.500			

ค่าโมดูลัสความละเอียด = 2.23

มาตรฐานทรายละเอียด (1.50 - 2.50)

ตารางที่ 13 แสดงผลการทดสอบขนาดคละของมวลรวมหยาบ

ขนาดตะแกรง มาตรฐาน	น้ำหนัก ตะแกรง	น้ำหนักหิน + ตะแกรง	น้ำหนัก หินที่ค้าง	ร้อยละ ที่ค้าง	ร้อยละ สะสม	ร้อยละ สะสมที่ผ่าน
3 in	0.510	0.510	0	0	0	100
1 ½ in	0.545	0.545	0	0	0	100
¾ in	0.560	0.675	0.110	11	11	89
3/8 in	0.530	1.420	0.890	89	100	0
No. 4	0.510	0.510	0	0	0	100

Nominal Maximum size = ¾ ”

4. ผลการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

ตารางที่ 14 แสดงผลการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด ที่ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.35

Mix. No.	% Silica Fume	Cementitious Material (kg./m^3)		Slump
		PC	SF	
A0	0	450	00.0	2.5
A1	5	450	22.5	3.5
A2	6	450	27.0	0.5
A3	7	450	31.5	2.0
A4	8	450	36.0	1.5
A5	9	450	40.5	1.5
A6	10	450	45.0	1.3
A7	15	450	67.5	0.5
B0	0	500	00.0	4.5
B1	5	500	25.0	5.0
B2	10	500	50.0	6.5
B3	15	500	75.0	2.0
C0	0	550	00.0	5.5
C1	5	550	27.5	5.0
C2	10	550	55.0	8.0
C3	**15**	**550**	**82.5**	**3.5**

ตารางที่ 15 แสดงผลการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด ที่ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.30

Mix. No.	% Silica Fume	Cementitious Material (kg./m^3)		Slump
		PC	SF	
D0	0	450	00.0	3.5
D1	5	450	22.5	1.5
D2	6	450	27.0	4.0
D3	7	450	31.5	0.5
D4	8	450	36.0	3.0
D5	9	450	40.5	2.0
D6	10	450	45.0	1.1
D7	15	450	67.5	2.0
E0	0	500	00.0	2.5
E1	5	500	25.0	5.0
E2	10	500	50.0	3.0
E3	15	500	75.0	2.0
F0	0	550	00.0	3.0
F1	5	550	27.5	4.0
F2	10	550	55.0	2.0
F3	15	550	82.5	5.7

5. ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

ตารางที่ 16 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต ที่ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.35

Mix. No.	% Silica Fume	Cementitious Material (kg./m^3)		Water (kg./m^3)	Sand (kg./m^3)	Gravel (kg./m^3)	Fc' (kg./cm^2)		
		PC	SF				3 days	7days	28days
A0	0	450	00.0	160	790	1120	358	418	580*
A1	5	450	22.5	160	790	1120	492	508	640
A2	6	450	27.0	160	790	1120	511	565	678
A3	7	450	31.5	160	790	1120	509	547	643
A4	8	450	36.0	160	790	1120	510	520	552
A5	9	450	40.5	160	790	1120	544	594	677
A6	10	450	45.0	160	790	1120	447	544	694
A7	15	450	67.5	160	790	1120	440	526	643
B0	0	500	00.0	175	745	1070	376	405	560*
B1	5	500	25.0	175	745	1070	412	471	526
B2	10	500	50.0	175	745	1070	545	566	674
B3	15	500	75.0	175	745	1070	480	550	651
C0	0	550	00.0	190	705	1030	390	421	583*
C1	5	550	27.5	190	705	1030	510	579	646
C2	10	550	55.0	190	705	1030	500	594	715
C3	15	550	82.5	190	705	1030	389	600	675

* เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกำลังอัดตามอายุ ซึ่งดัดแปรงมาจากมาตรฐานอังกฤษ CP 114 (รูปที่ 15)

ตารางที่ 17 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีต ที่ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.30

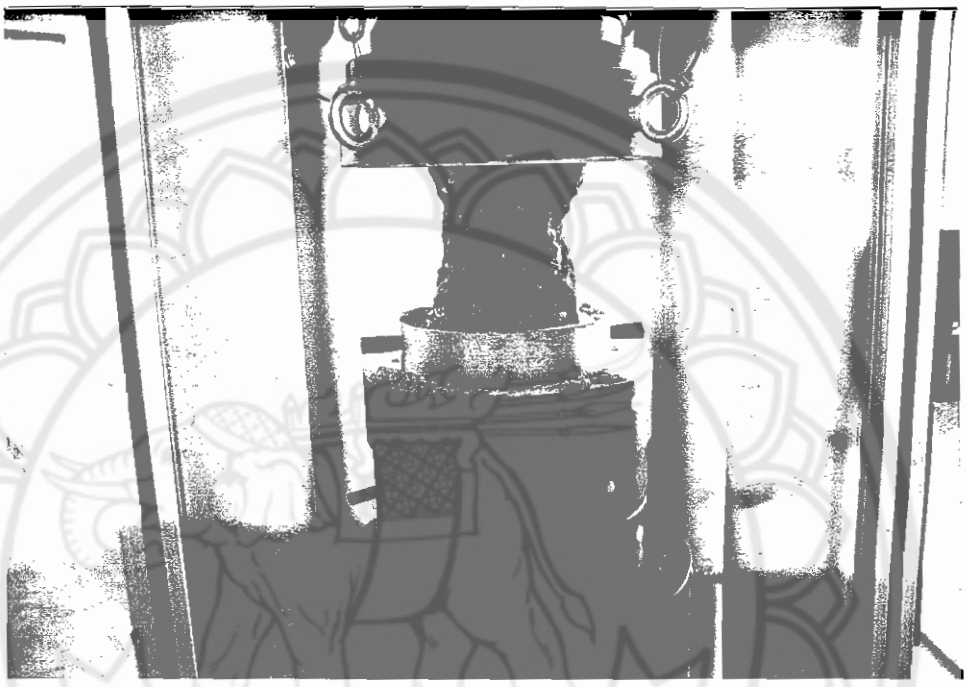
Mix. No.	% Silica Fume	Cementitious Material (kg./m^3)		Water (kg./m^3)	Sand (kg./m^3)	Gravel (kg./m^3)	Fc' (kg./cm^2)		
		PC	SF				3 days	7days	28days
D0	0	450	00.0	135	790	1180	398	451	622*
D1	5	450	22.5	135	790	1180	538	605	675
D2	6	450	27.0	135	790	1180	506	510	616
D3	7	450	31.5	135	790	1180	517	573	632
D4	8	450	36.0	135	790	1180	481	546	600
D5	9	450	40.5	135	790	1180	477	543	612
D6	10	450	45.0	135	790	1180	485	559	624
D7	15	450	67.5	135	790	1180	460	556	643
E0	0	500	00.0	150	745	1140	407	458	625*
E1	5	500	25.0	150	745	1140	526	604	659
E2	10	500	50.0	150	745	1140	497	500	658
E3	15	500	75.0	150	745	1140	465	500	657
F0	0	550	00.0	165	705	1100	430	449	618*
F1	5	550	27.5	165	705	1100	513	588	647
F2	10	550	55.0	165	705	1100	504	572	635
F3	15	550	82.5	165	705	1100	496	575	639

* เป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกำลังอัดตามอายุ ซึ่งดัดแปรงมาจากมาตรฐานอังกฤษ CP 114 (รูปที่ 15)

6. ลักษณะการแตกร้าวของคอนกรีต

ผลจากการกดก้อนตัวอย่างคอนกรีตจะได้ลักษณะการแตกออกเป็นรูปกรวยคู่ ซึ่งเป็นการแตกเนื่องจากแรงเฉือน (Shear Failure) และการแตกในลักษณะนี้จัดว่าเป็นการแตกที่ถูกต้องดังรูป

รูปที่ 13 แสดงลักษณะการร้าวของคอนกรีต ขณะรับแรงอัดจากเครื่องทดสอบ



รูปที่ 14 แสดงลักษณะการแตกของคอนกรีต

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ปูนที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3 (เอราวัณ) ซึ่งจะเป็นปูนที่ใช้เร่งการก่อตัวของคอนกรีตให้เร็วขึ้น

2. สารปรับปรุงคุณภาพคอนกรีต คือ โพซโซลิท RHEOBUILD – 1000 ในปริมาณอัตราส่วน 1 ลิตร / ซีเมนต์ 100 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำยาผสมคอนกรีตที่พร้อมจะใช้งานเพื่อช่วยเพิ่มความข้นเหลวมากหรือน้อยกว่า 150% หรือยังได้ค่ายุบตัวเดียวกันกับขณะที่ใช้น้ำน้อยกว่า 10 - 15% ขึ้นอยู่กับสภาวะของวัตถุดิบและสัดส่วนของน้ำยาที่ใช้ ช่วยให้กำลังอัดเพิ่มขึ้นมากกว่า 20% และสนองความต้องการของกำลังดัด มากกว่าคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตฟองอากาศรวมอยู่ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียงหรือส่งคอนกรีตตามอุปกรณ์ในการใช้งานต่างๆ เช่น Pumping Concrete, Shotcreting Concrete, Pre – casting Concrete และ Light – weight Concrete เป็นต้น

3. หินหรือกรวด มีขนาดโตสุด ¾ " และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.78 จากการทดสอบขนาดและปริมาณหินในคอนกรีตมีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต คือถ้าหินมีอัตราส่วนเหมาะสม จะทำให้ได้กำลังอัดสูง แต่ถ้ามีปริมาณหินน้อย จะเป็นผลทำให้น้ำหนักน้อย และกำลังอัดต่ำกว่าที่กำหนด

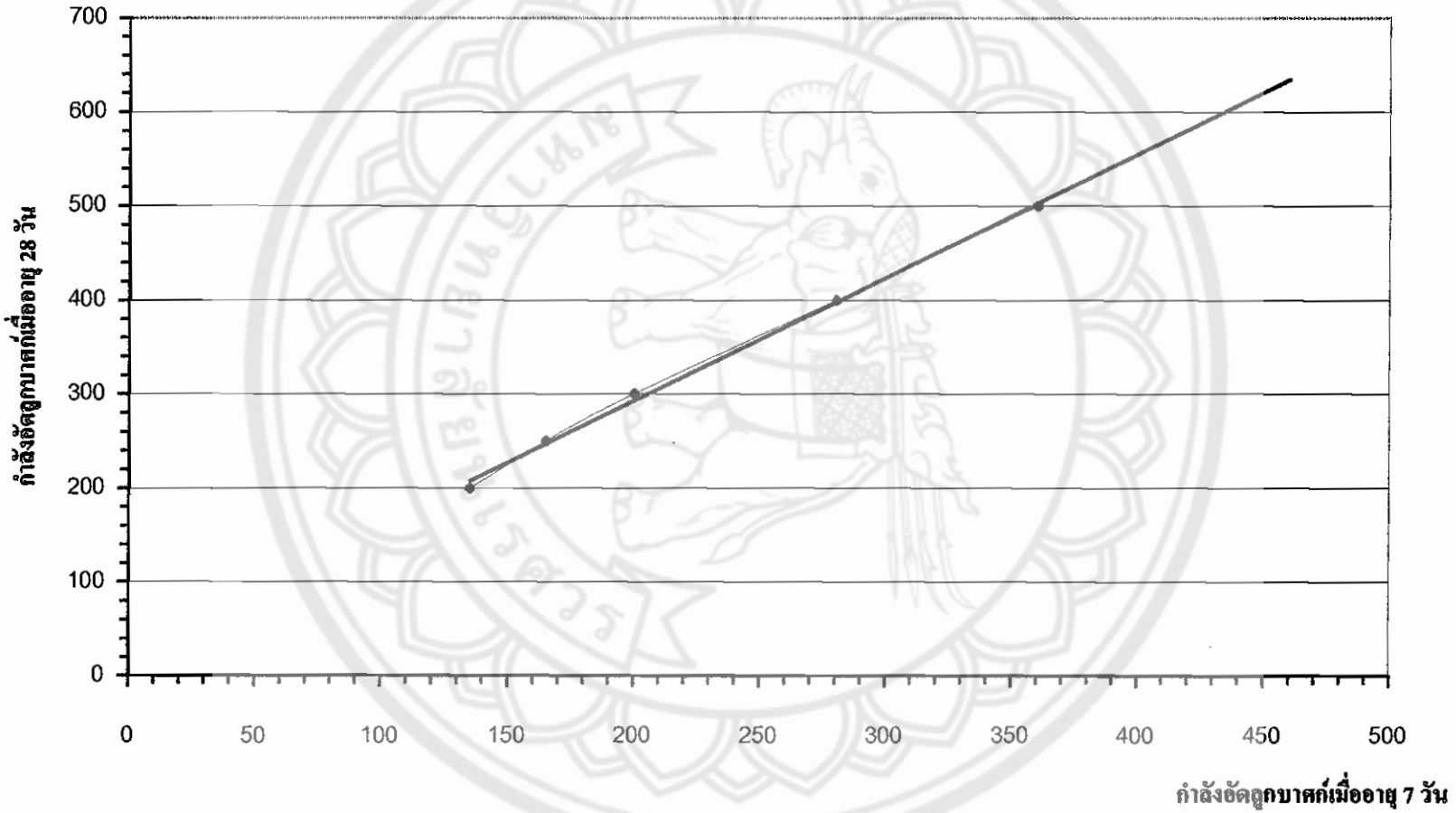
4. ทราย จากการทดสอบหาปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทรายจะได้ผลจากการเทียบสีที่ได้กับแผ่นกระจกอินทรีย์สาร เบอร์ 2 ซึ่งตรงกับสีมาตรฐานการ์ดเนอร์เบอร์ 8 และจากการร่อนผ่านตะแกรง มีค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) = 2.23 และมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.42 แต่ในการออกแบบใช้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.65 เนื่องจากคุณภาพทรายที่ได้จากการทดสอบมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สาเหตุอาจเกิดจากการเก็บตัวอย่างที่ไม่ได้มาตรฐานจึงใช้ค่าดังกล่าวเพราะเป็นค่าที่ได้จากการทำการสำรวจ และเก็บตัวอย่างอย่างถูกต้อง

5. Silica Fume ในการทำการทดลองได้ใช้ในปริมาณ 5%, 10% และ 15% ซึ่งสารผสมเพิ่ม Silica Fume นี้จะช่วยเพิ่มกำลังอัดให้สูงขึ้นแต่ผลที่ได้จากการทดลองนี้เกิดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากปัจจัยหลายด้านอันได้แก่ ทราย, หิน ไม่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ดังนั้นเมื่อทำการทดลองจึงทำให้ค่ากำลังอัดที่ได้มีค่าขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถกำหนดได้ว่า ค่ากำลังอัดที่ต้องการออกแบบ นั้นมีอัตราส่วนผสมเท่าใด

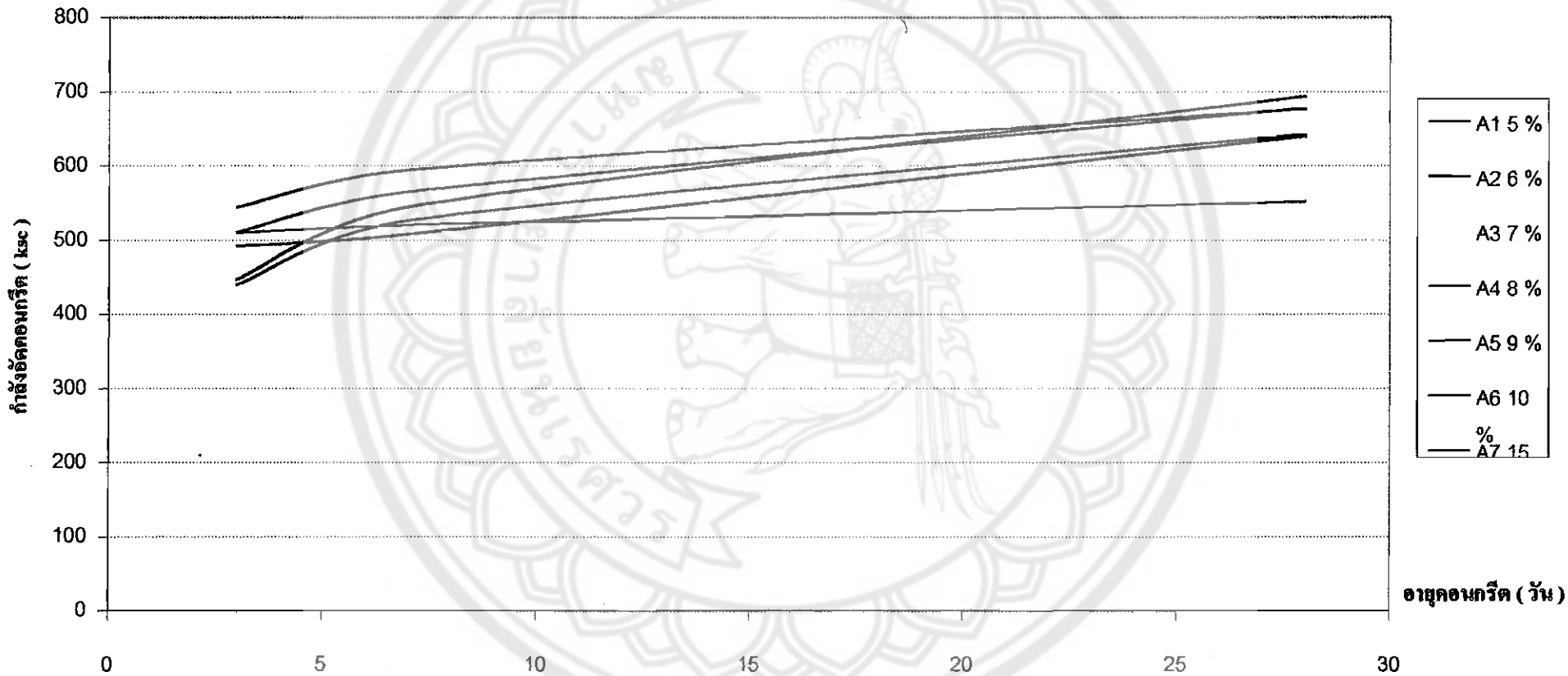
6. คอนกรีต จากการทดสอบค่าการยุบตัวทำให้ทราบว่าค่าการยุบตัวของการทดลองนี้ มีค่าอยู่ในช่วง 0.5 – 8.0 เซนติเมตร ซึ่งค่าที่ได้นี้เป็นค่าที่จัดว่าต่ำมากเป็นผลให้ เมื่อทำการผสมคอนกรีตแล้ว จะทำงานยาก

7. ในทางปฏิบัติมักทำการทดลองหากำลังอัดเมื่ออายุ 7 และ 28 วัน สำหรับผลการทดลองกำลังอัดของส่วนผสมที่ไม่ได้เติมซิลิกาฟูม (*) ในตารางที่ 16 และ 17 ได้จากการเปรียบเทียบค่ากำลังที่ 28 วัน ตามมาตรฐานอังกฤษ CP 114 ซึ่งอนุญาตให้รับผลการทดสอบกำลังของคอนกรีตที่ 7 วันมีค่าอย่างน้อยสองในสามของกำลังที่ออกแบบไว้เมื่ออายุ 28 วัน และสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 15 สาเหตุที่ใช้กราฟนี้เนื่องจากการทดสอบกำลังอัดที่ 28 วันไม่เสร็จสมบูรณ์

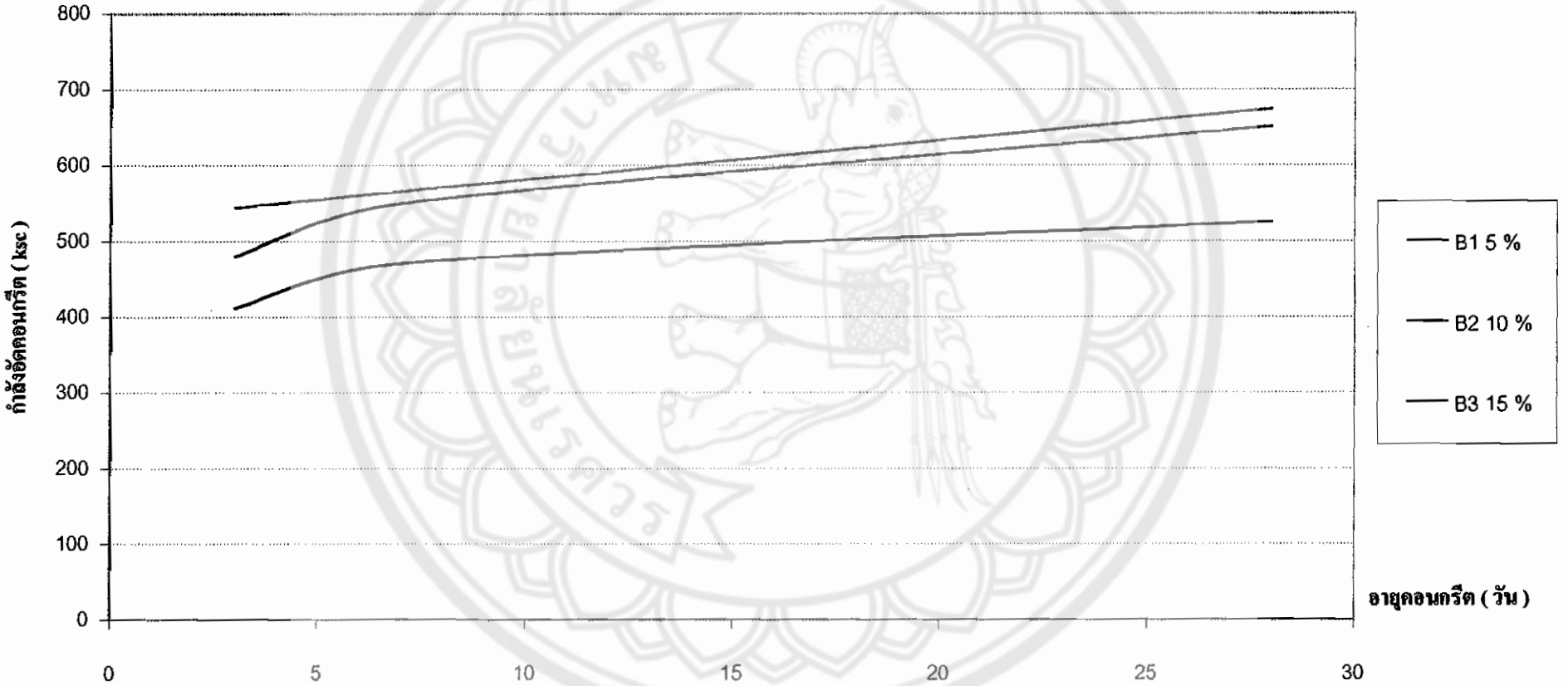
8. จากรูปที่ 16 – 21 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดกับอายุของคอนกรีต ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่า % ซิลิกาฟูม



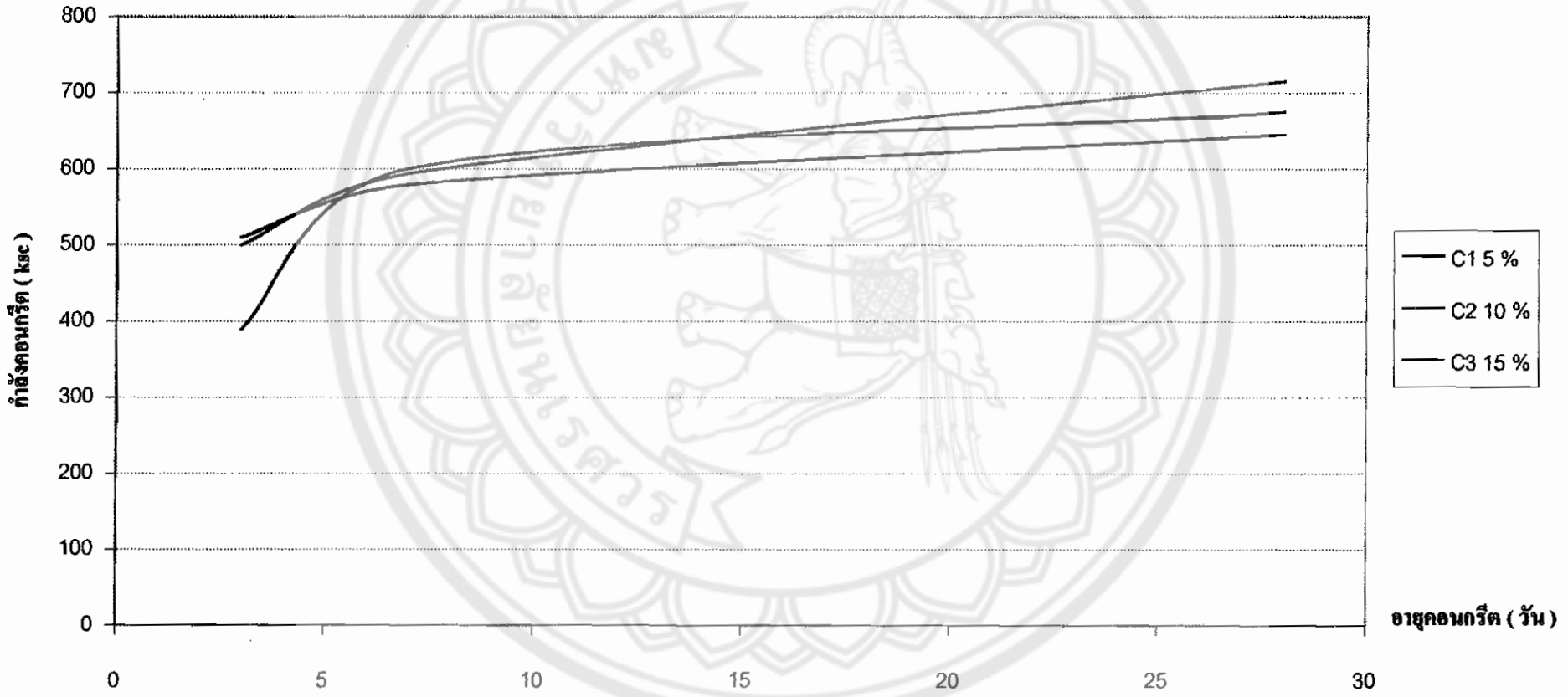
รูปที่ 15 กำลังอัดของคอนกรีต ดัดแปลงมาจาก CP 114



รูปที่ 16 กำลังอัดของคอนกรีต Mix. A1 - A7 (W/C = 0.35)

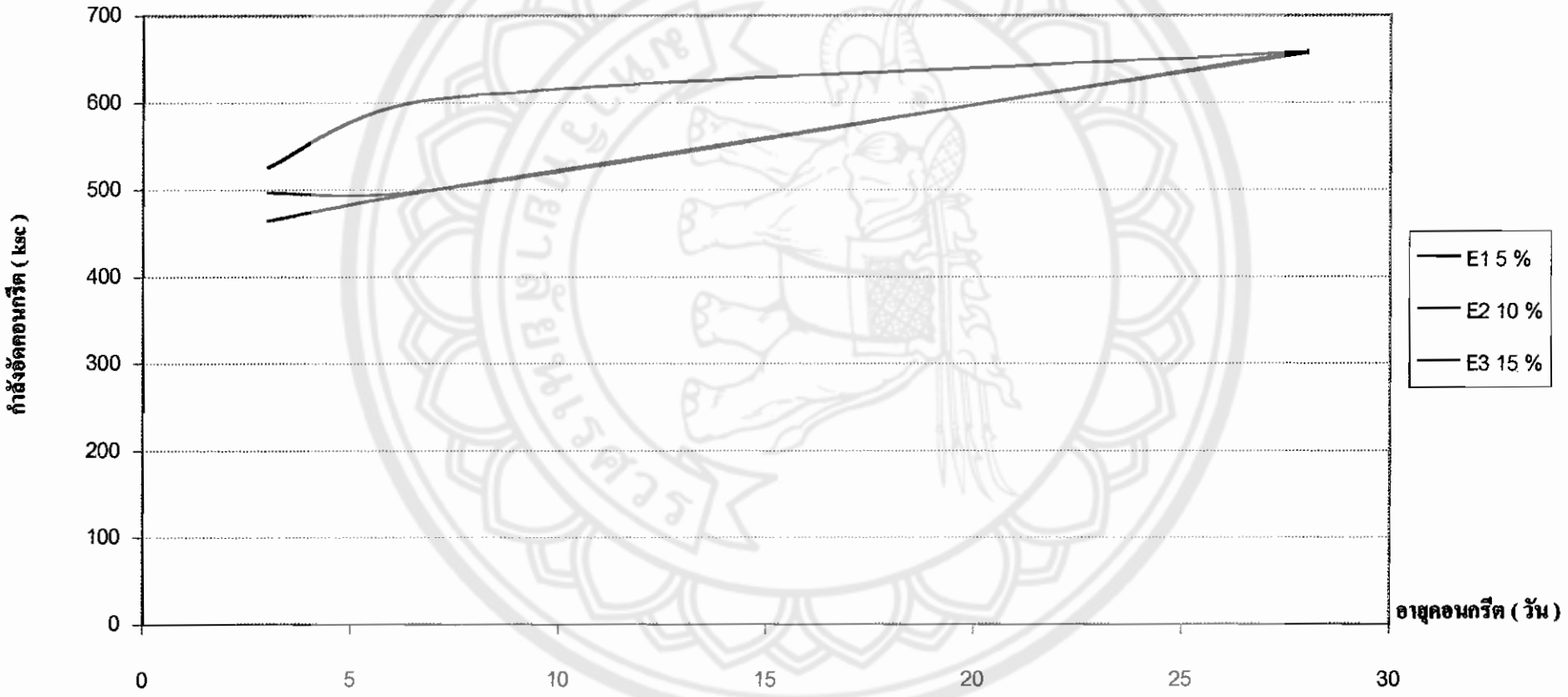


รูปที่ 17 กำลังอัดของคอนกรีต Mix. B1 - B3 (W/C = 0.35)

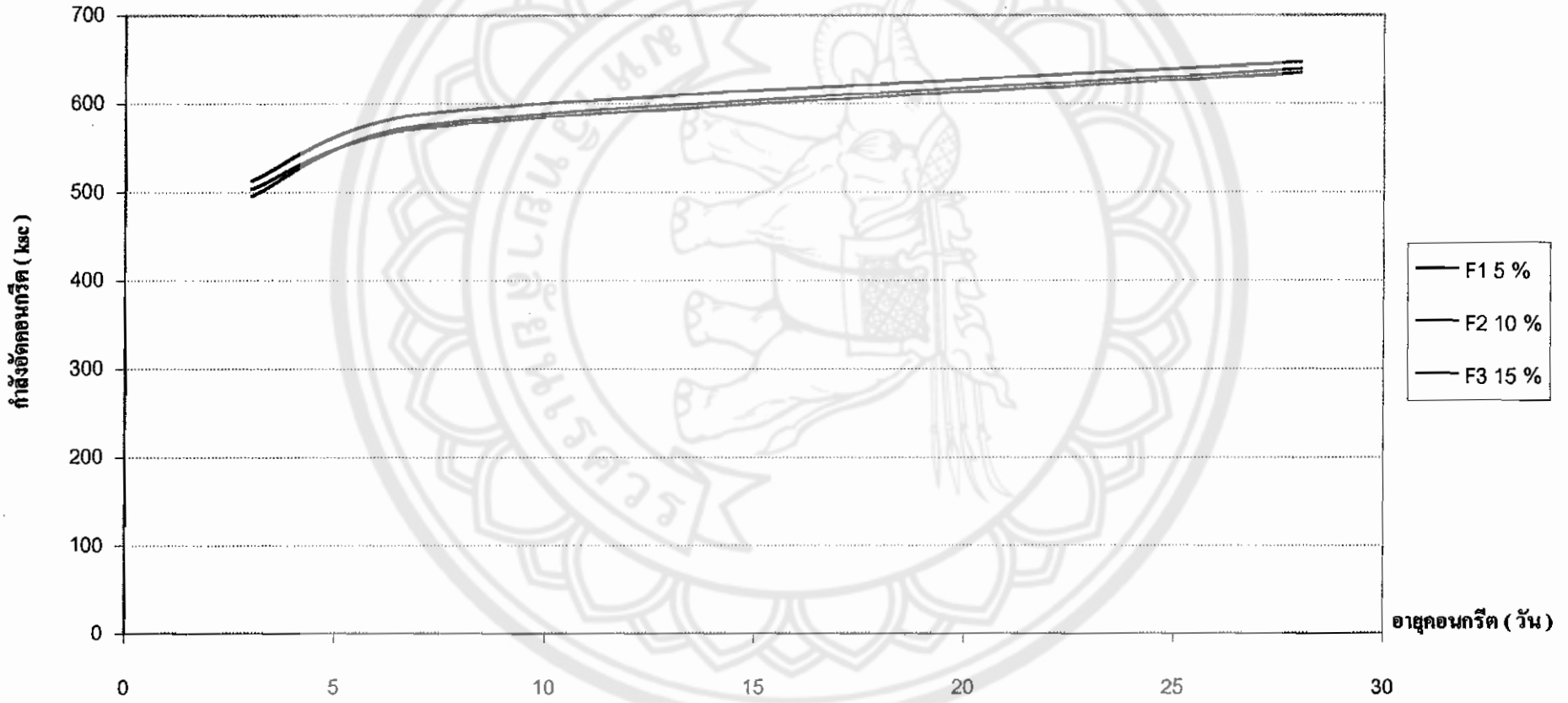


รูปที่ 18 กำลังอัดของคอนกรีต Mix. C1 - C3 (W/C = 0.35)

รูปที่ 19 กำลังอัดคอนกรีต Mix. D1 - D7 (W/C = 0.30)



รูปที่ 20 กำลังอัดคอนกรีต Mix. E1 - E3 (W/C = 0.30)



รูปที่ 21 กำลังอัดคอนกรีต Mix. F1 - F3 Z (W/C = 0.30)