



บทที่ 2

การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

เมื่อต้องการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต จะต้องรู้คุณสมบัติบางประการของวัสดุผสมเสียก่อน ดังนั้นจึงดำเนินการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสมที่จำเป็นดังต่อไปนี้

- ก. ส่วนขนาดผลของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ ตามมาตรฐาน ASTM C-136
- ข. ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C-128
- ค. ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ ตามมาตรฐาน ASTM C-127
- ง. ความชื้นผิวของมวลรวมละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C-70

2.1 การจัดกลุ่มการทดสอบ

ในการศึกษาการผสมซ้ำคอนกรีตนี้ ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่างๆคือ

- กลุ่ม W อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
- กลุ่ม C ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม
- กลุ่ม A ปริมาณสารลดน้ำพิเศษ
- กลุ่ม D กำลังอัดประลัยตามอายุ

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมของคอนกรีตที่ทำการทดสอบ

กลุ่ม	ปริมาณซีเมนต์ กก./ม ³	อัตราส่วน น้ำ/ซีเมนต์	มวลรวม ละเอียด กก./ม ³	มวลรวม หยาบ กก./ม ³
A-2	307	0.70	880	885
A-3	390	0.55	810	885
W-4	300	0.40	1025	1055
W-5	300	0.50	1000	1030
W-6	300	0.60	950	975
C-300	300	0.50	1000	1030
C-350	350	0.50	940	965
C-400	400	0.50	895	920
D-2-2	350	0.50	940	965
D-3-3	350	0.50	940	965

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุกกลุ่มมีระยะเวลาก่อนการผสมซ้ำเป็นตัวแปรรวมโดยพิจารณาสูงสุดที่ 3 ชม. รายละเอียดส่วนผสมของคอนกรีตแต่ละกลุ่มทดสอบได้แสดงในตารางที่ 2.1 สำหรับคอนกรีตกลุ่ม D-2-2 ทำการผสมซ้ำที่ 2 ชั่วโมง, สารลดน้ำพิเศษ 2% ของน้ำหนักซีเมนต์ และคอนกรีตกลุ่ม D-3-3 ทำการผสมซ้ำที่ 3 ชั่วโมง, สารลดน้ำพิเศษ 3% ของน้ำหนักซีเมนต์

2.2 การผสมคอนกรีต

ในการผสมคอนกรีตใช้เครื่องผสมคอนกรีตที่มีความเร็วรอบประมาณ 23 รอบ/นาที ในการผสมครั้งแรกใช้เวลาผสมประมาณ 2 นาที การกวนส่วนผสมใช้เวลา 1-3 นาที และการผสมซ้ำใช้เวลา 3-5 นาที โดยก่อนเติมสารลดน้ำพิเศษต้องทำการหมุนโมให้ส่วนผสมคอนกรีตมีความสม่ำเสมอก่อน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-3 นาที จากนั้นจึงเติมสารลดน้ำ พิเศษแล้ว จึงทำการผสมต่อไปอีกประมาณ 1-2 นาที

2.3 การเก็บรักษาคอนกรีตสดก่อนถึงเวลาผสมซ้ำ

หลังจากการผสมครั้งแรกแล้ว แยกคอนกรีตส่วนหนึ่งเพื่อทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดและเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังอัดประลัย คอนกรีตที่เหลือแยกใส่กระบะ 4 กระบะเพื่อเอาไว้ศึกษาการผสมซ้ำ โดยแต่ละกระบะมีปริมาณคอนกรีตใกล้เคียงกันซึ่งน้ำหนักของคอนกรีตในแต่ละกระบะ ทำการกวนส่วนผสมทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งถึงเวลาที่ต้องทำการผสมซ้ำ ก่อนและหลังการนำคอนกรีตเข้าเครื่องผสมเพื่อทำการกวนคอนกรีตต้องทำการชั่งน้ำหนักของคอนกรีตทุกครั้ง

2.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด

2.4.1 การทดสอบการยุบตัว

ตามมาตรฐาน ASTM C-143

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย กรวยตัดตอนบนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ตอนล่างมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 30 ซม. มีหูจับและแผ่นเหล็กยื่นออกมาให้เท้าเหยียบทั้งสองข้าง ส่วนเหล็กกระทงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ปลายกลมมน

วิธีทดสอบทำได้โดยบรรจุคอนกรีตสดลงในแบบสามชั้นๆ ละประมาณเท่ากัน โดยปริมาตรแต่ละชั้นกระทง 25 ครั้ง พยายามไม่ให้แบบเคลื่อนที่ได้ขณะบรรจุคอนกรีต โดยใช้เท้าเหยียบบนแผ่นเหล็กที่ยื่นออกมาจากกรวย ใช้เหล็กกระทงปาดหน้าคอนกรีตให้ได้ระดับขอบกรวย ใช้มือกดที่หูจับทั้งสองข้างและเลื่อนเท้าออกจากแผ่นเหล็กแล้วค่อยๆ ยกแบบขึ้นในแนวตั้ง คอนกรีตภายในน้ำพักของตัวเองจะยุบตัวลง วัดค่ายุบตัวของคอนกรีตรูปกรวยเปรียบเทียบกับส่วนสูงของกรวย

2.4.2 การทดสอบการไหล ตามมาตรฐาน ASTM C-124

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย กรวยตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 17 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางด้านล่าง 25 ซม. สูง 12.5 ซม. เหล็กกระทงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. กรวยวางอยู่บนโต๊ะทดสอบการไหลเป็นจานกลมแบบราบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 75 ซม.

วิธีทดสอบทำได้โดยบรรจุคอนกรีตสดลงในกรวยให้สูงประมาณครึ่งกรวยแล้ว กระทงให้ทั่วกรวย 25 ครั้ง หลังจากนั้นเทิมคอนกรีตให้เต็ม และกระทงเช่นเดียวกันอีก 25 ครั้ง ปาดหน้าคอนกรีตให้เรียบแล้วค่อยๆ ยกกรวยออก คอนกรีตจะยุบตัวลงเล็กน้อย ต่อจากนั้นใช้เครื่องมือซึ่งจะยกโต๊ะการไหลให้ขึ้น และปล่อยให้ตกลงเป็นระยะ 13 มม. โดยจะต้องยกขึ้นลงเป็นจำนวน 15 ครั้ง ภายในเวลา 15 วินาที ทำให้คอนกรีตสดแผ่กระจายออกไปรอบด้าน วัดค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีตที่กระจายออกนี้ ค่าการไหลหรือการกระจายตัวของคอนกรีต

(Flow) เป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณได้จาก

$$\text{flow (\%)} = \frac{D - D_0}{D_0} \times 100$$

เมื่อ D = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของคอนกรีตที่กระจายออก, ซม.

D_0 = เส้นผ่าศูนย์กลางเดิมของคอนกรีตที่ฐาน มีค่าเท่ากับ 25 ซม.

2.4.3 การทดสอบการก่อตัวของคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C 403

นำคอนกรีตร่อนผ่านตะแกรงขนาด No. 4 เพื่อแยกมวลหยาบออก ซึ่งจะได้เป็นเมอร์ตาร์ เอาตัวอย่างเมอร์ตาร์ที่ได้ ใส่ลงในแบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ซม. จากนั้น ใช้เหล็ก กระทั่งขนาดที่ตัด 1 ตร.นิ้ว กระทั่งตรงผิวหน้าของเมอร์ตาร์ให้ทั่วทั้งแบบ

การทดสอบหาความต้านทานของการจมต่อน้ำที่หน้าตัดของแท่งเหล็กขนาด หน้าตัด 1 ถึง 1/40 ตร.นิ้ว เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความต้านทานการจม เวลาก่อตัวเริ่มแรกของคอนกรีต คือ จุดที่มีความต้านทาน 35 กก./ตร.ซม. และเวลาก่อตัวสุดท้ายของคอนกรีต คือ จุดที่มีความต้านทาน 276 กก./ตร.ซม.

2.5 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกำลังอัดประลัยคอนกรีต โดยกลุ่ม W, C และ A ทดสอบกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน กลุ่ม D ทดสอบกำลังอัดประลัยที่อายุ 1, 3, 7 และ 28 วัน

2.5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ มาตรฐาน ASTM C-192

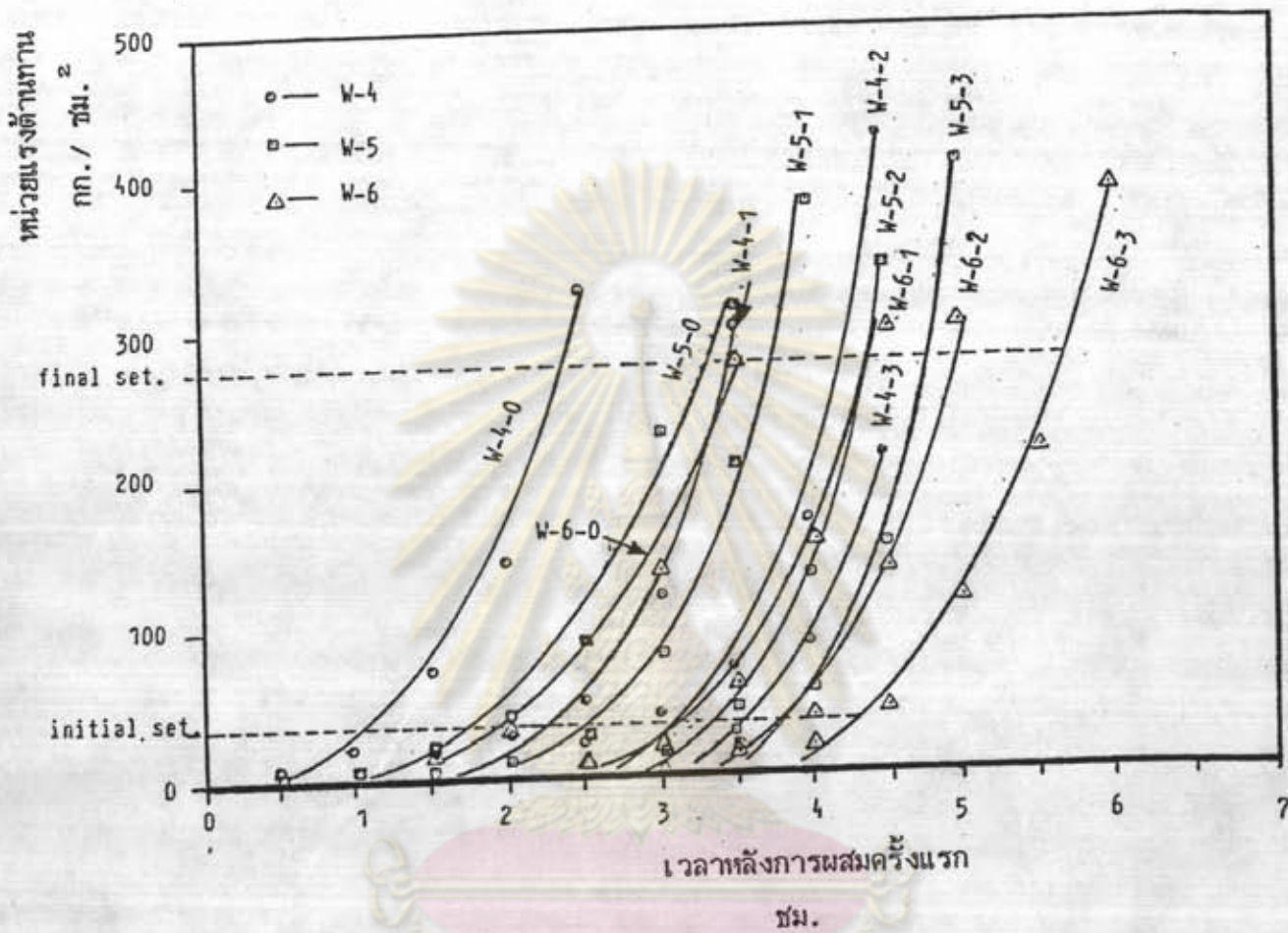
ในการทดสอบกำลังอัดประลัย โดยใช้แท่งทดสอบเป็นรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน มีส่วนสูง 30 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ทำได้โดยเทคอนกรีตลงในแบบซึ่งทำด้วยโลหะกันน้ำซึม เป็นจำนวน 3 ชั้นๆ ละเท่าๆ กัน แต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ปลายมนเป็นจำนวน 25 ครั้ง จากนั้นแต่ผิวหน้าให้เรียบเมื่อหล่อขึ้นตัวอย่างเรียบร้อยแล้วให้ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชม. แล้วจึงถอดแบบออกและนำไปบ่มโดยวิธีแช่ในน้ำ

2.5.2 การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C-39

ใช้เครื่องกดคอนกรีตที่มีกำลังสูงสุด 100 ตัน (Universal Testing Machine) ก่อนนำแท่งตัวอย่างไปทำการทดสอบกำลังอัดประลัยต้องหล่อหัวแท่งทดสอบให้เรียบเสียก่อนโดยใช้สารประกอบกำมะถัน

2.6 ผลการทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อการพัฒนาหน่วยแรงต้านทานการรวมของซีเมนต์

ศูนย์วิทยาศาสตร์พยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

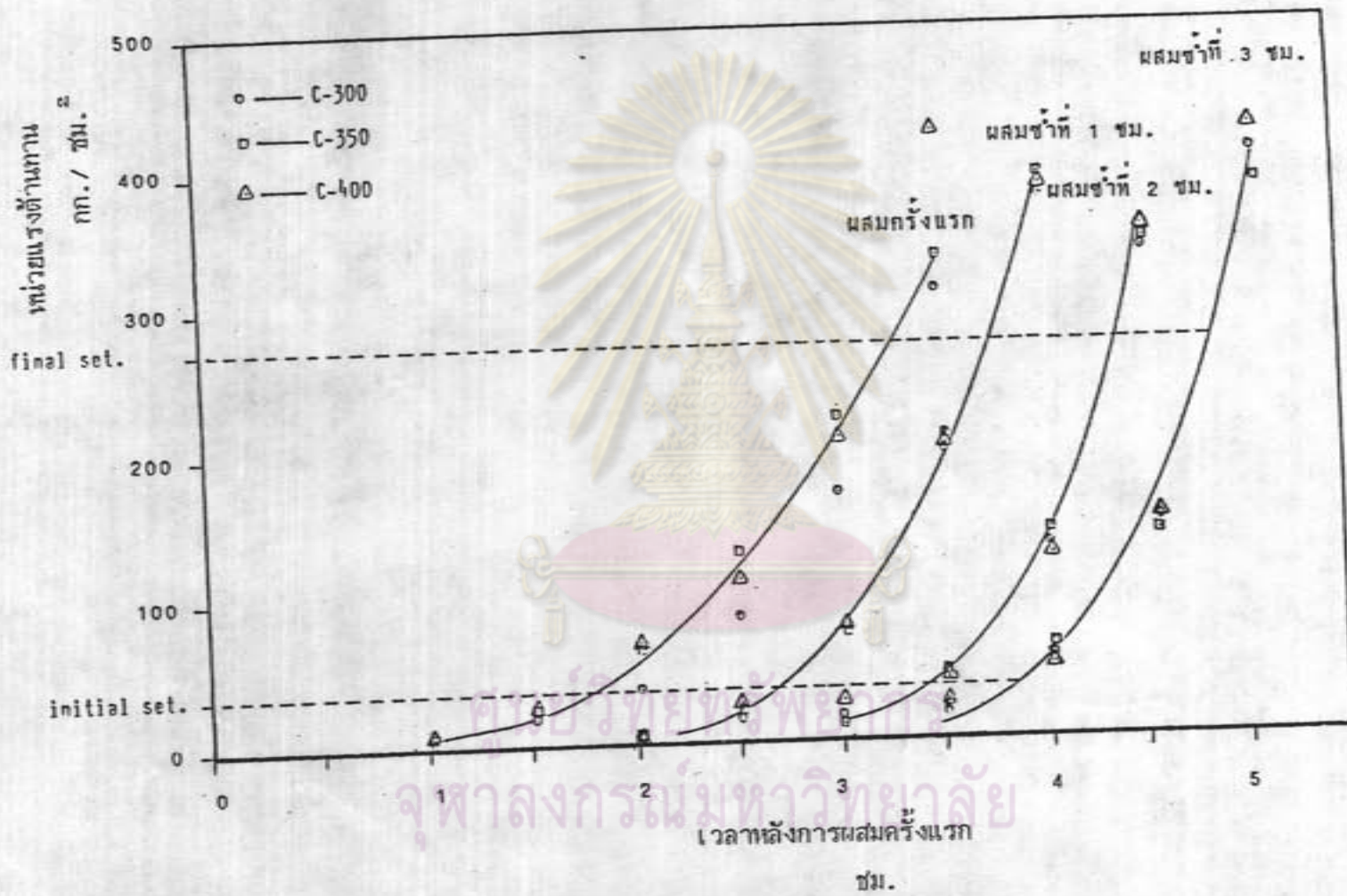
ตารางที่ 2.2 เวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมช้ำตามอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

หมายเลข ทดสอบ	เวลาก่อตัวเริ่มแรก ชม. : นาที	เวลาก่อตัวสุดท้าย ชม. : นาที
W-40	1:04	2:23
W-41	2:20	3:27
W-42	3:09	4:15
W-43	3:33	4:40
W-50	1:50	3:20
W-51	2:34	3:45
W-52	3:20	4:24
W-53	3:47	4:47
W-60	2:00	3:35
W-61	3:09	4:24
W-62	3:48	5:00
W-63	4:12	5:42

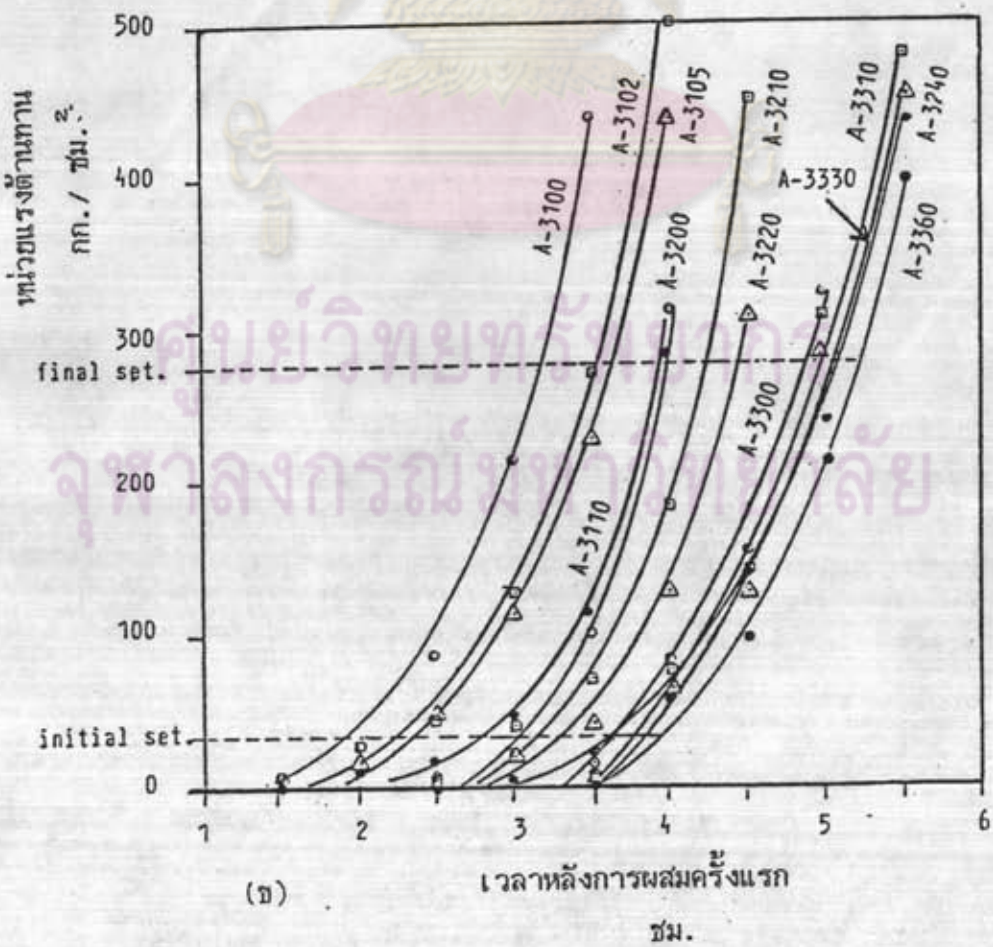
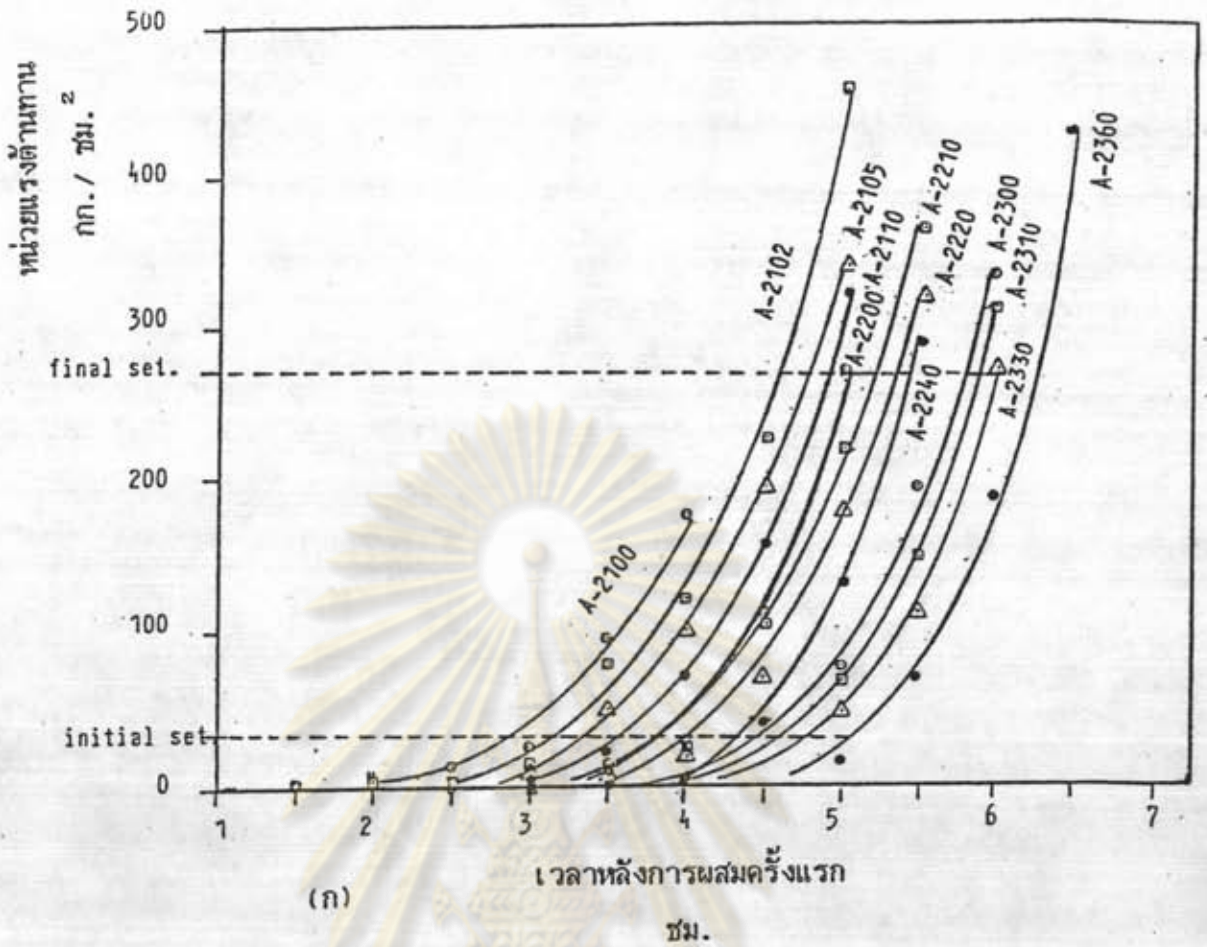
หมายเหตุ เวลาก่อตัวเริ่มนับหลังการผสมครั้งแรก

W-40 หมายถึง คอนกรีตกลุ่ม W-4 ผสมครั้งแรก

W-41 หมายถึง คอนกรีตกลุ่ม W-4 ผสมช้ำที่ 1 ชม.



รูปที่ 2.2 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมต่อการพัฒนาความแข็งแรงด้านทานการรวมของเข็ม



รูปที่ 2.3 ผลกระทบของสารลดน้ำนิเสมต่อการพัฒนาหน่วยแรงต้านทานการรวมของซีเมนต์

ตารางที่ 2.3 เวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมซ้ำตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษ

หมายเลข ทดสอบ	เวลาก่อตัวเริ่มแรก ชม. : นาที	เวลาก่อตัวสุดท้าย ชม. : นาที
A-2100	3:02	4:22
A-2102	3:17	4:36
A-2105	3:21	4:48
A-2110	3:37	4:53
A-2200	4:02	4:59
A-2210	3:49	5:12
A-2220	4:05	5:20
A-2240	4:23	5:26
A-2300	4:32	5:49
A-2310	4:40	5:54
A-2330	4:53	6:02
A-2360	5:11	6:13

หมายเหตุ เวลาก่อตัวเริ่มนับหลังการผสมครั้งแรก

A-2100 หมายถึง คอนกรีตกลุ่ม A-2 ผสมซ้ำที่ 1 ชม.

A-2102 หมายถึง คอนกรีตกลุ่ม A-2 ผสมซ้ำที่ 1 ชม. สารลดน้ำพิเศษ 0.2%

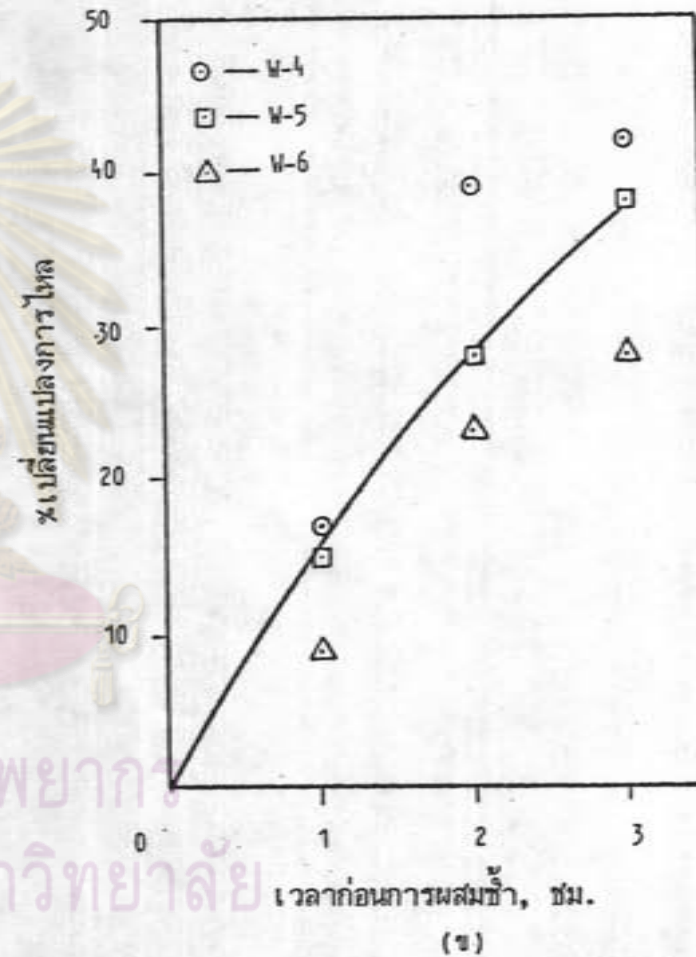
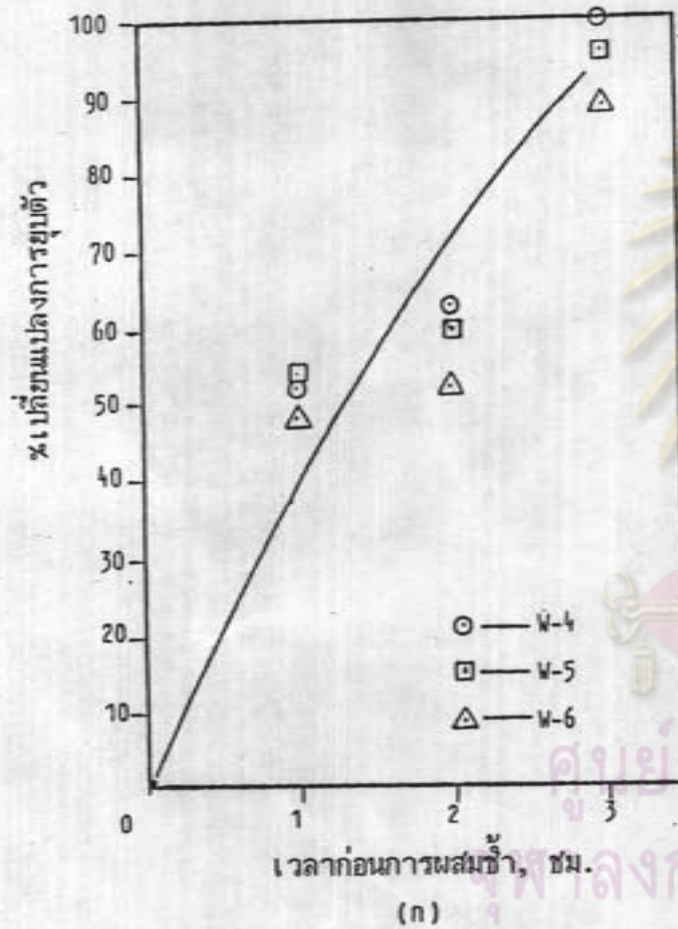
ตารางที่ 2.3 เวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมช้าตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษ (ต่อ)

หมายเลข ทดสอบ	เวลาก่อตัวเริ่มแรก ชม. : นาที	เวลาก่อตัวสุดท้าย ชม. : นาที
A-3100	2:04	3:10
A-3102	2:22	3:30
A-3105	2:25	3:37
A-3110	2:56	4:00
A-3200	3:07	3:57
A-3210	3:14	4:12
A-3220	3:26	4:21
A-3240	3:32	4:28
A-3300	3:40	4:53
A-3310	3:50	4:57
A-3330	3:53	5:02
A-3360	4:01	5:11

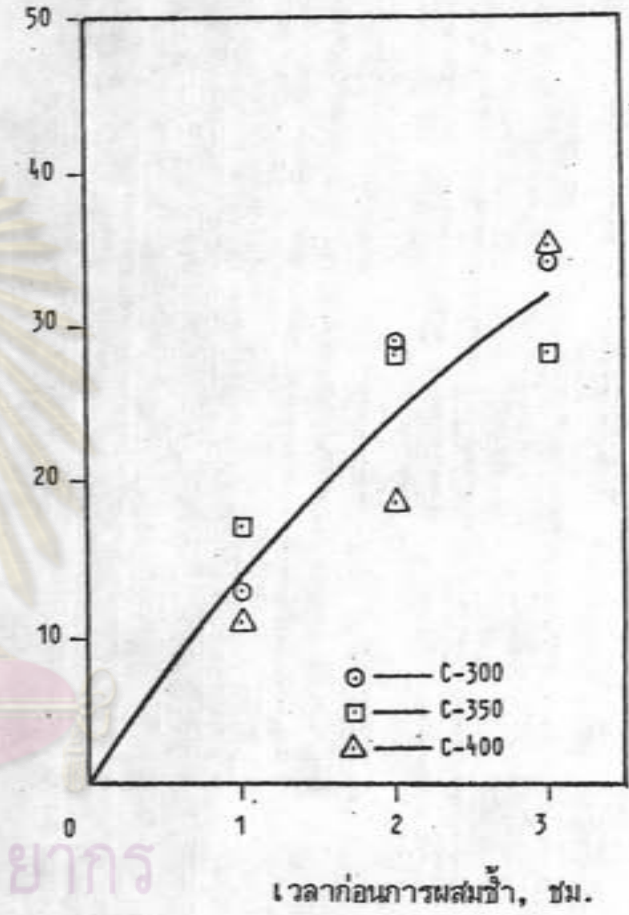
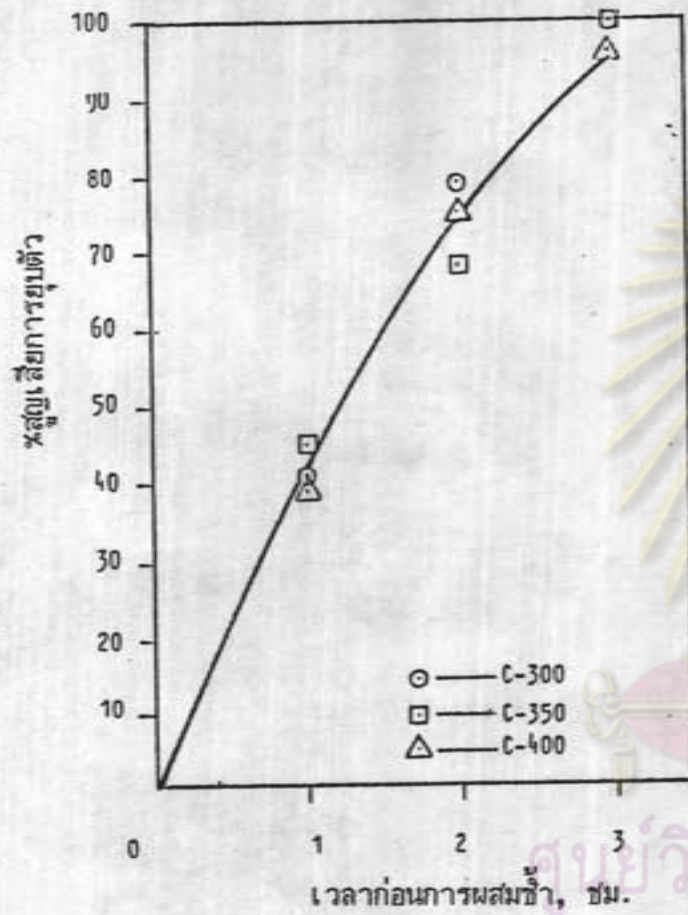
หมายเหตุ เวลาก่อตัวเริ่มนับหลังการผสมครั้งแรก

A-3100 หมายถึง คอนกรีตกลุ่ม A-3 ผสมช้าที่ 1 ชม.

A-3102 หมายถึง คอนกรีตกลุ่ม A-3 ผสมช้าที่ 1 ชม. สารลดน้ำพิเศษ 0.2%

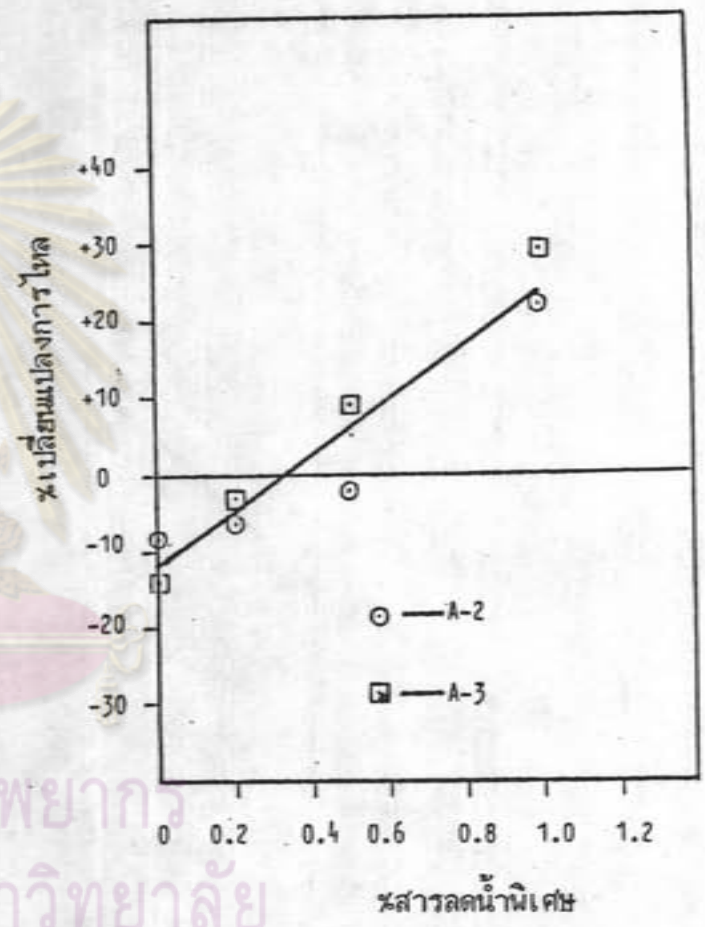
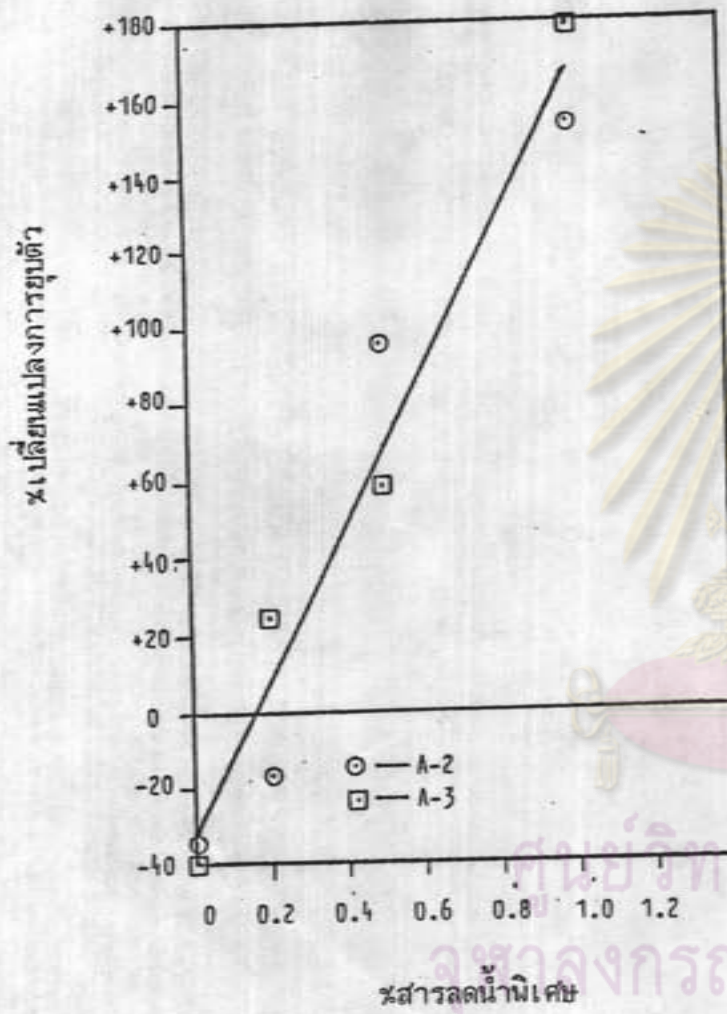


รูปที่ 2.4 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อการสูญเสียความสามารถเท่าได้

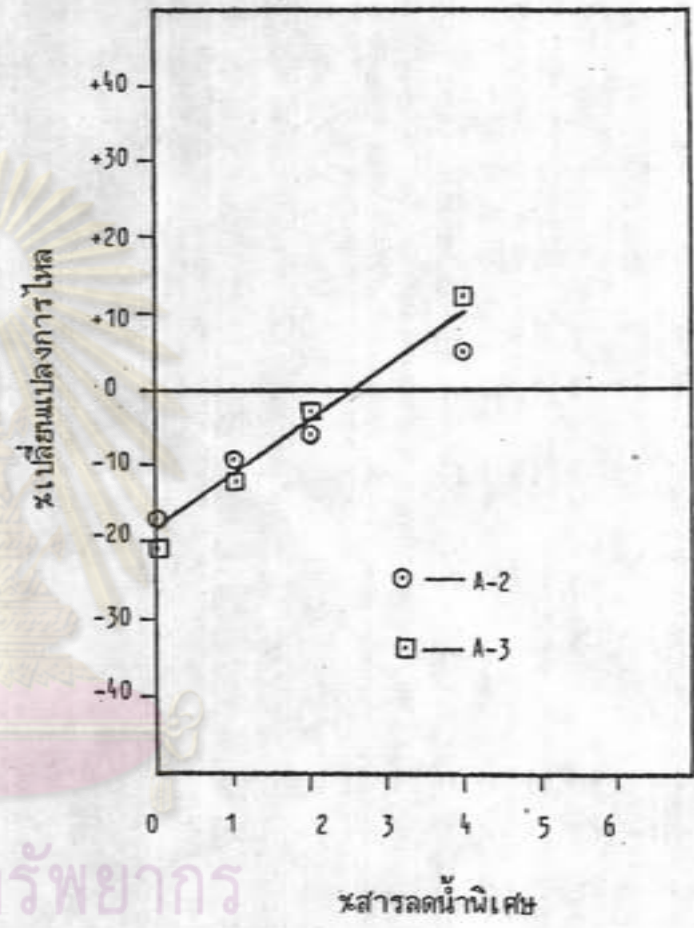
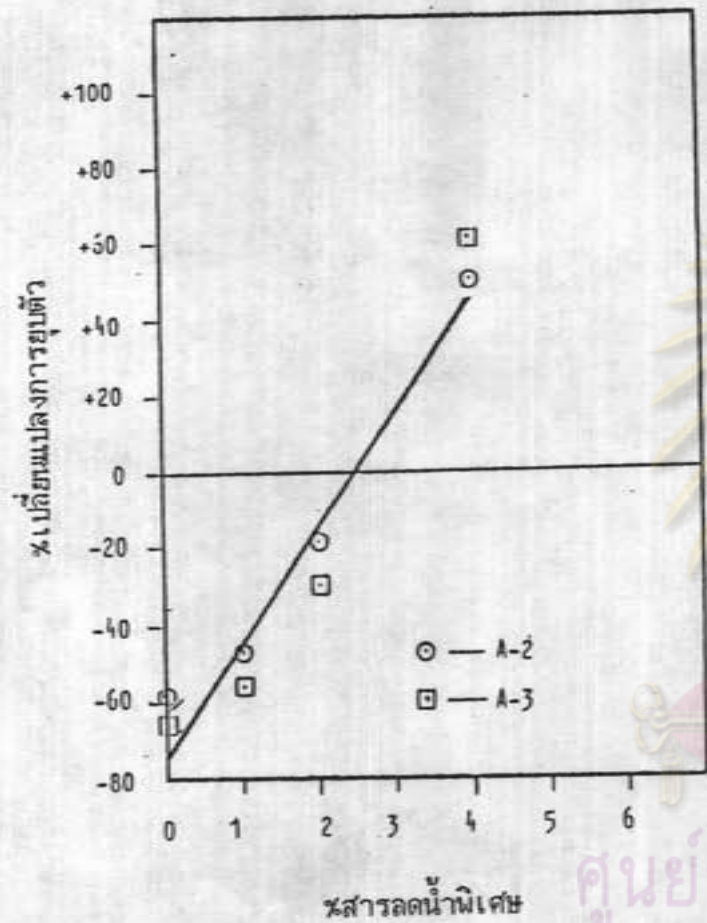


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.5 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมต่อการสูญเสียความสามารถเท่าได้

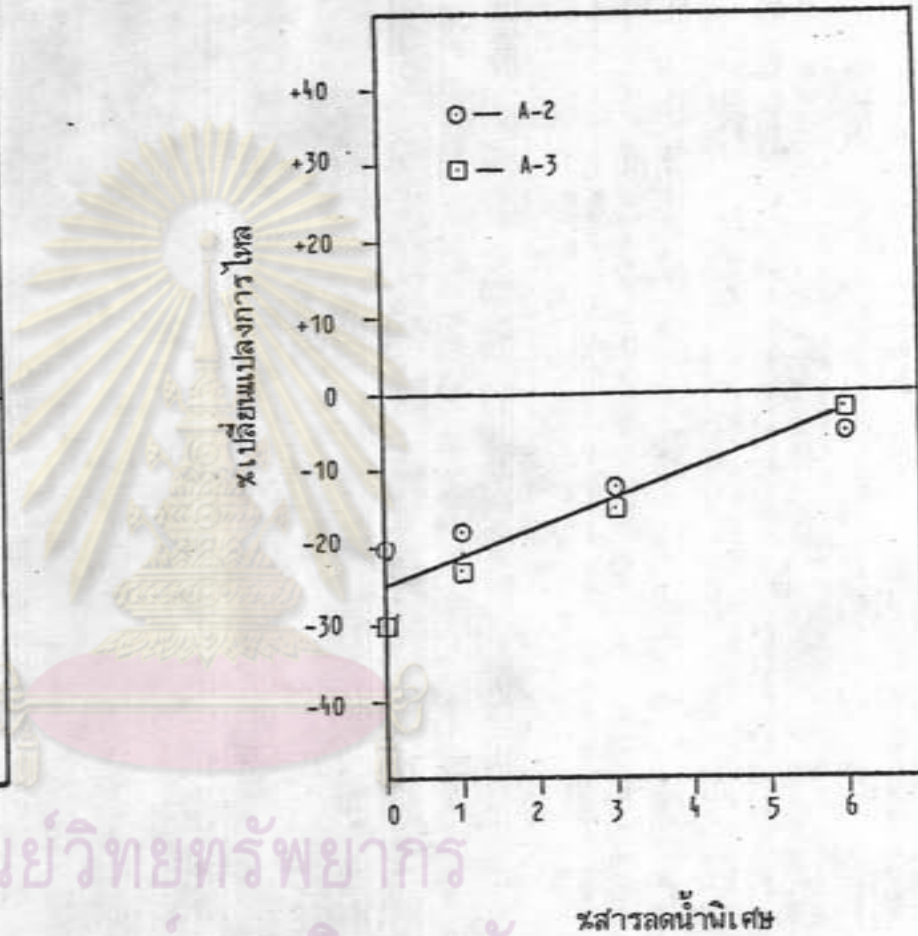
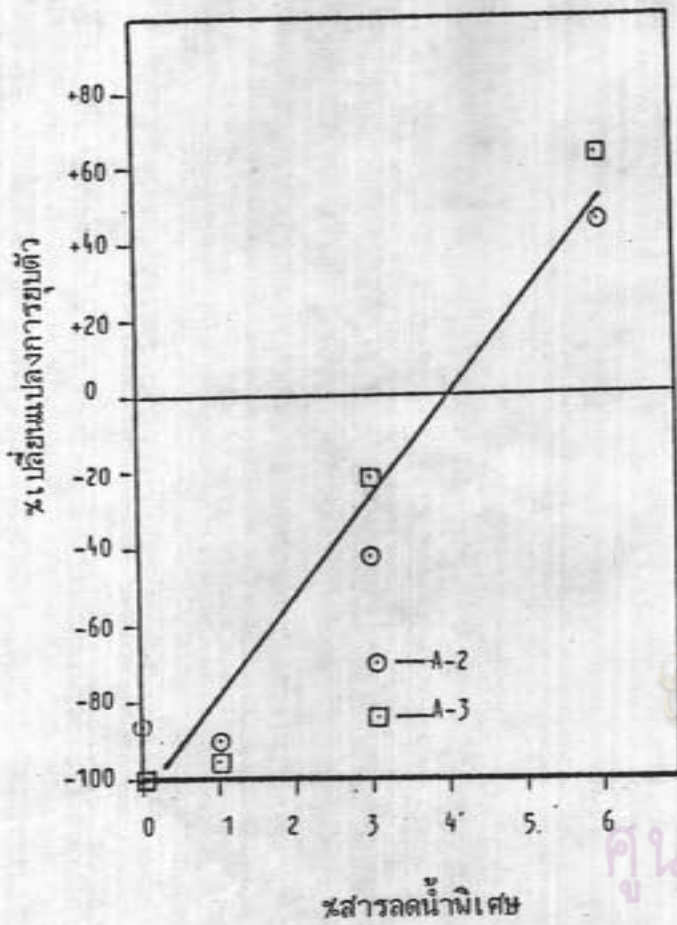


รูปที่ 2.6(ก) ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษต่อความสามารถเทได้ ในการผสมซีเมนต์ที่ 1 ซม.



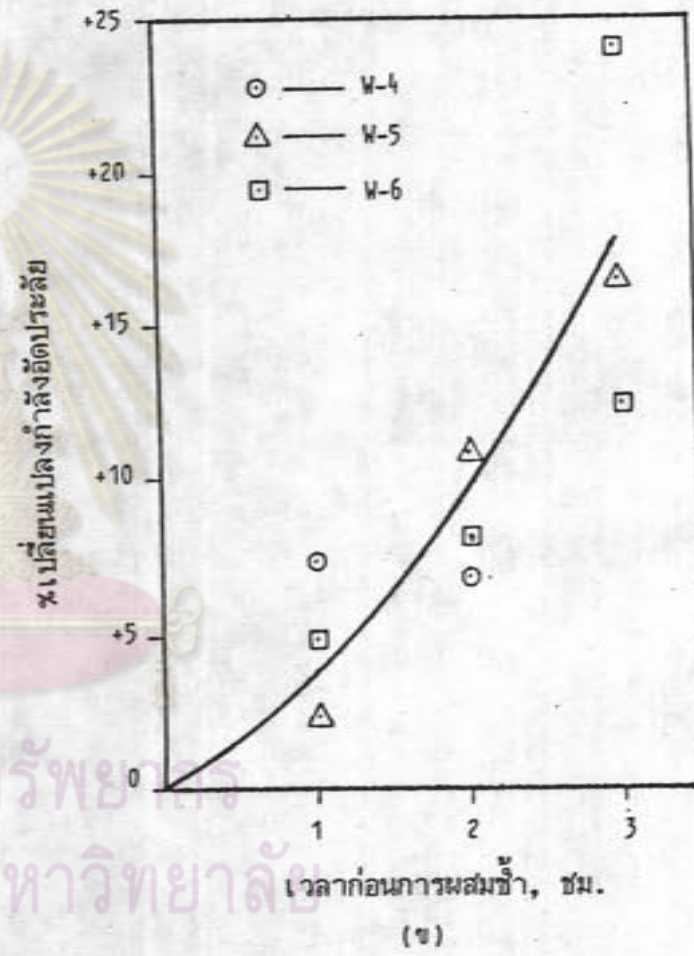
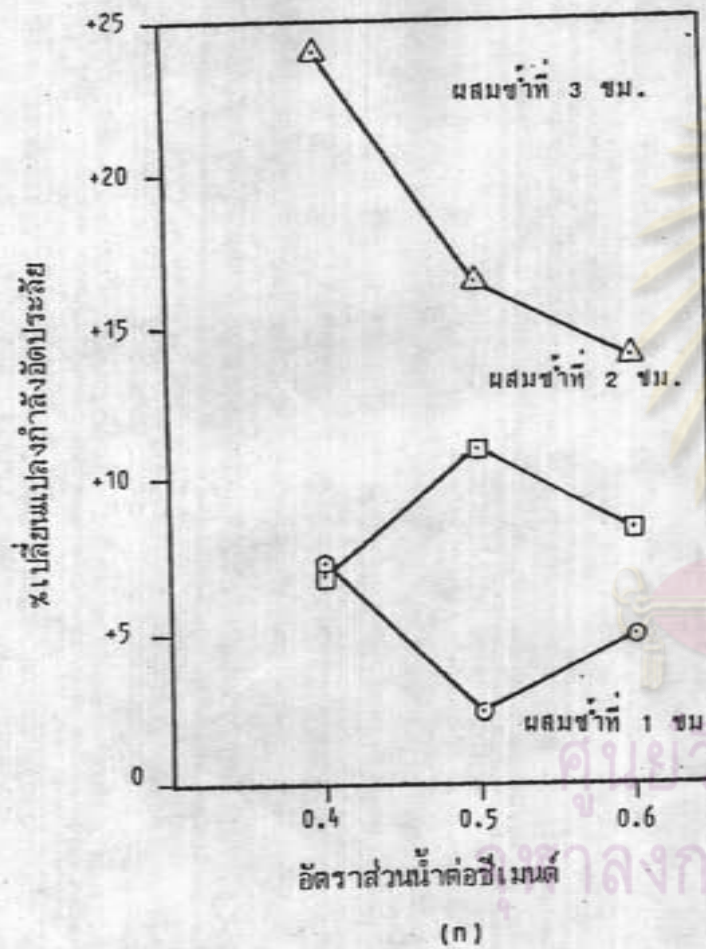
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.6(ข) ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษต่อความสามารถเทได้ ในการผสมซ้ำที่ 2 ชม.

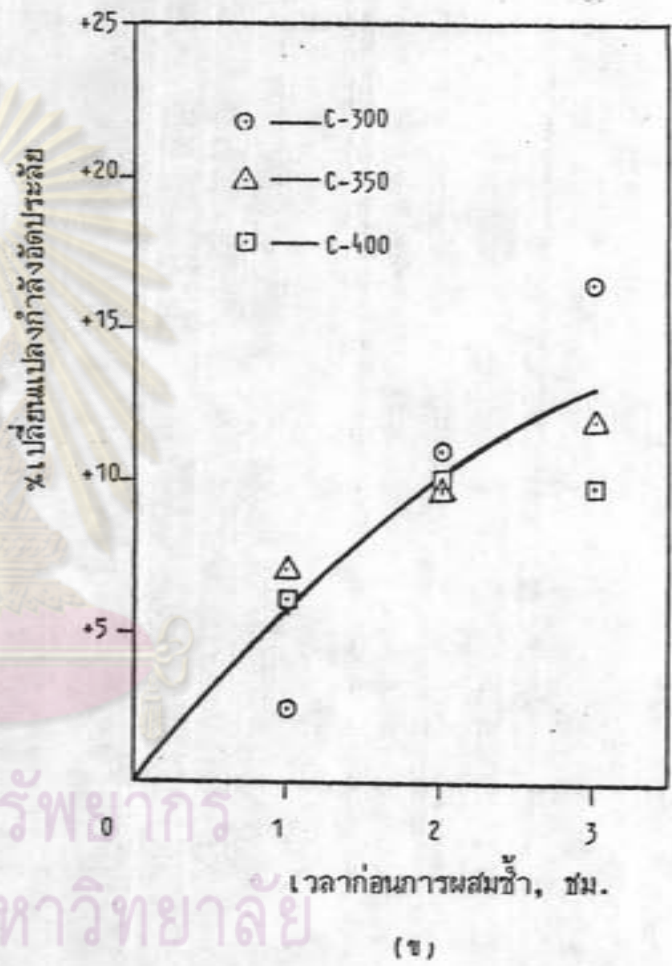
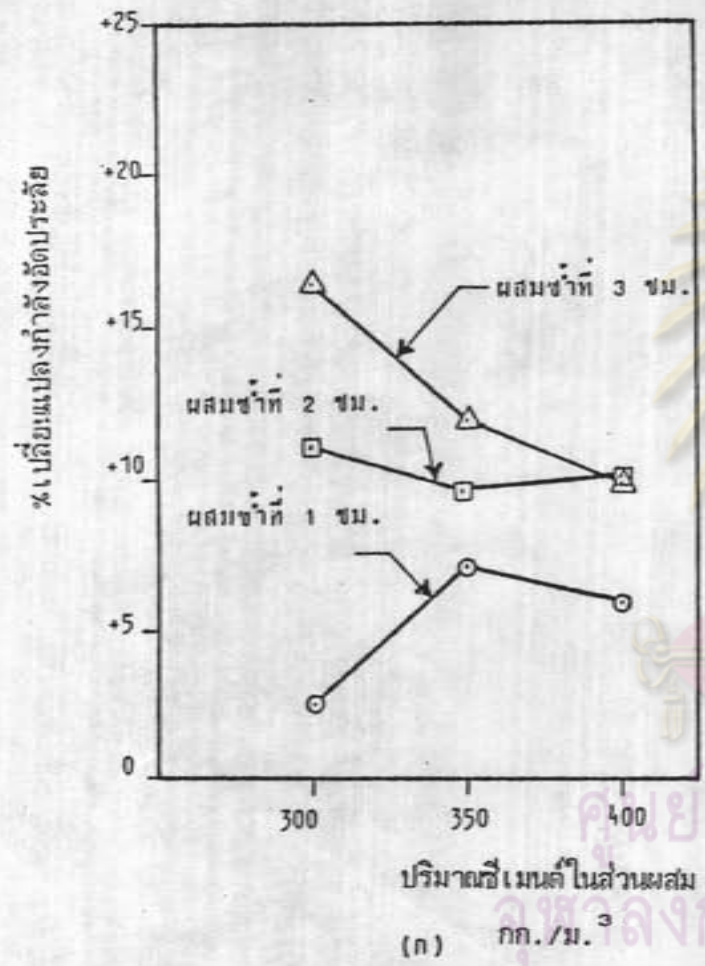


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

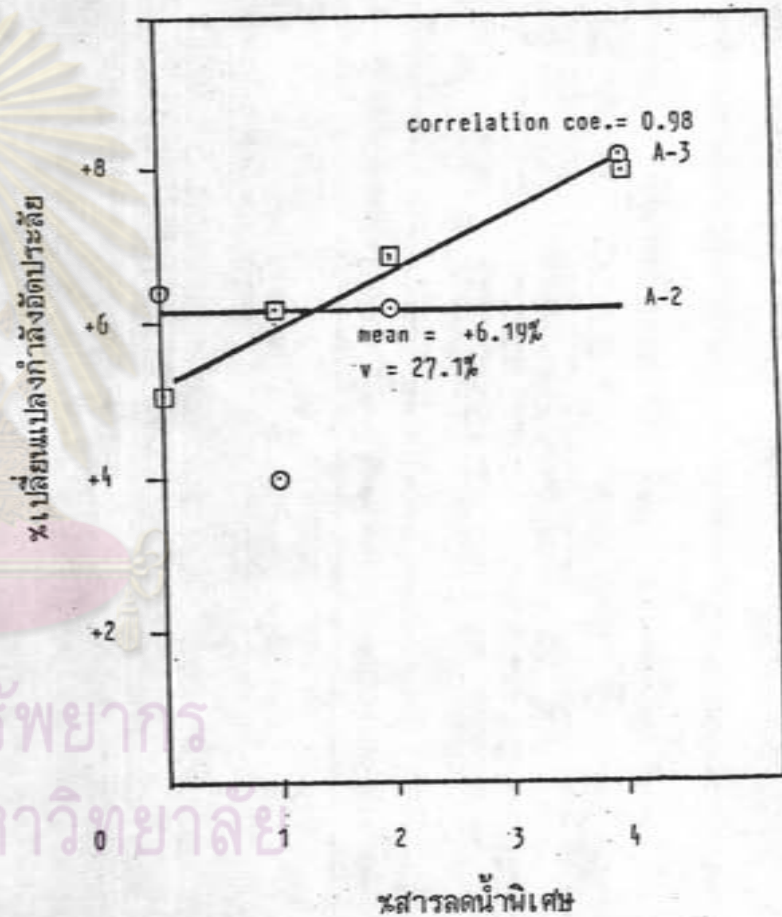
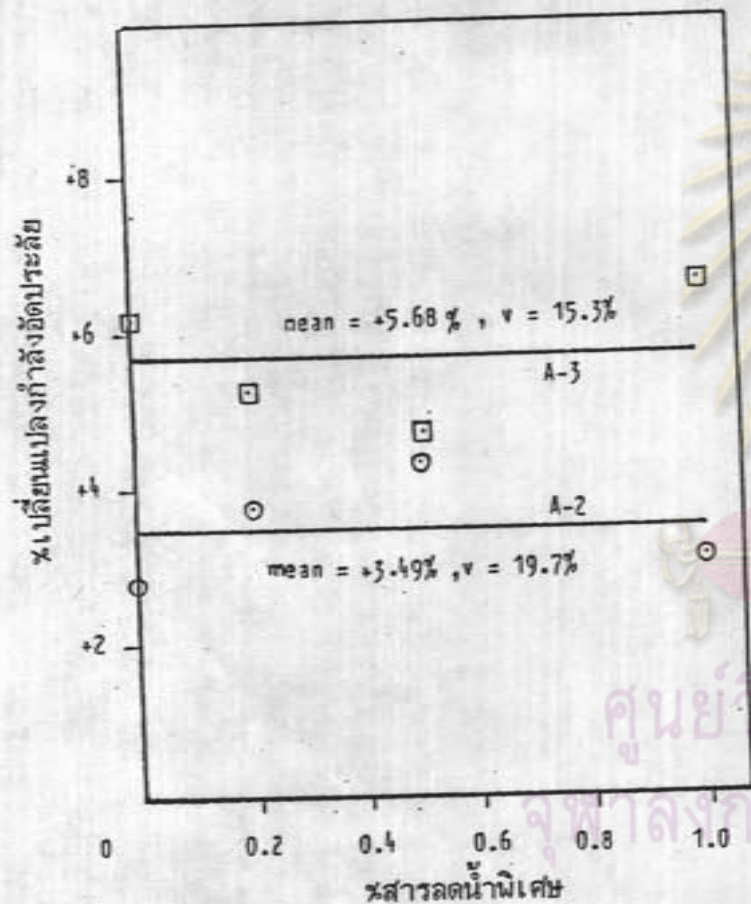
รูปที่ 2.6(ค) ผลกระทบของสารลบน้ำพิเศษต่อความสามารถเตได้ ในการผสมน้ำที่ 3 ชม.



รูปที่ 2.7 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน

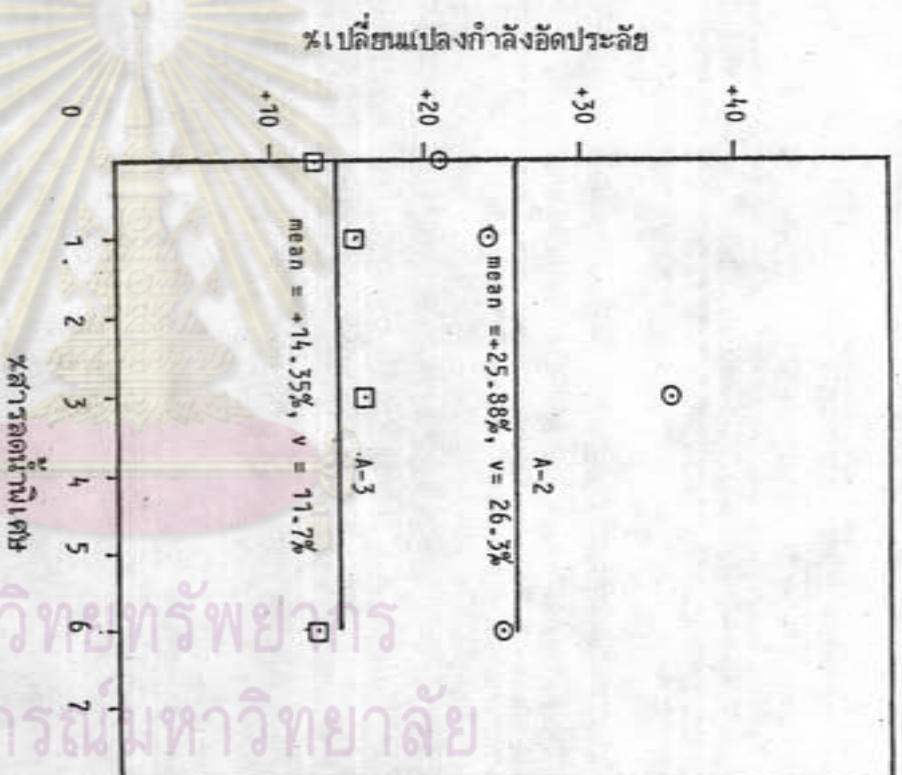


รูปที่ 2.8 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมต่อก้ำกั้งอัดประลัยที่ 28 วัน

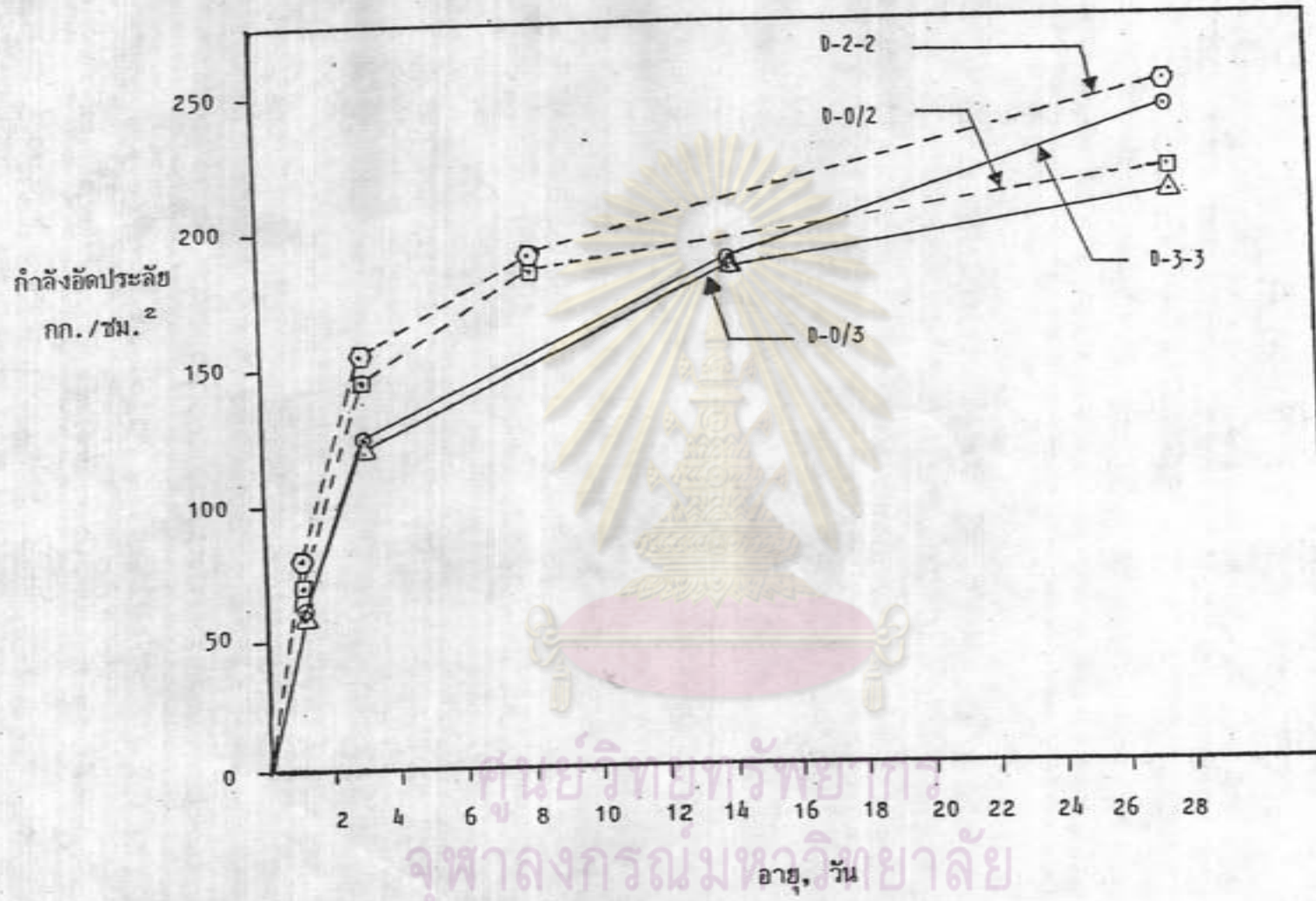


รูปที่ 2.9(ก) ผลกระทบของปริมาณสารลดน้ำพิเศษต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน ในการผสมซ้ำที่ 1 ชม.

รูปที่ 2.9(ข) ผลกระทบของปริมาณสารลดน้ำพิเศษต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน ในการผสมซ้ำที่ 2 ชม.



รูปที่ 2.9(ค) ผลกระทบของปริมาณสารลดน้ำในดินต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน ในการผสมซีเมนต์ 3 มม.



รูปที่ 2.10 การพัฒนา กำลังอัดประลัยตามอายุ