

คอนกรีตผสมซีเมนต์ด้วยสารลดน้ำพิเศษ



นาย อภิชาติ จันทรวินัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-470-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015410

REMIXED CONCRETE USING SUPERPLASTICIZERS



Mr. APICHAJ JUNTARASUP

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-470-1







หัวข้อวิทยานิพนธ์  
โดย  
ภาควิชา  
อาจารย์ที่ปรึกษา


คอนกรีตผสมซีเมนต์ด้วยสารลดน้ำพิเศษ  
นาย อภิชชาติ จันทรรักษ์  
วิศวกรรมโยธา  
ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลัมสุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยบันทึกนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


  
.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
( ศาสตราจารย์ วิธณา ชรรวมงคล )

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลัมสุวรรณ )

  
.....กรรมการ  
( ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทนชาตรี )

  
.....กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ )

อภิชาติ จันททรัพย์ : คอนกรีตผสมซ้ำด้วยสารลดน้ำพิเศษ (REMIXED CONCRETE USING SUPERPLASTICIZERS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.เอกสิทธิ์ ลีสุวรรณ, 100 หน้า.

การทำงานคอนกรีตบางครั้งต้องประสบกับปัญหาที่ไม่สามารถใช้คอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ได้ทันเวลาที่กำหนด การผสมซ้ำจะช่วยให้คอนกรีตที่ถูกผสมทิ้งไว้คลุกเคล้ากันดี เพิ่มความสามารถเทได้ชั้นข้าง แต่ถ้าวการผสมซ้ำหลังการผสมครั้งแรกนานเกินไปจะทำให้คอนกรีตหลังการผสมซ้ำที่มีความสามารถเทได้ต่ำเกินไปจนไม่สามารถนำไปใช้งานได้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการผสมซ้ำด้วยการใช้สารเคมีผสมเพิ่มชนิดสารลดน้ำพิเศษ เพื่อให้ความสามารถเทได้และเวลาก่อตัวที่เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ คือ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์, ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม, เวลาก่อนการผสมซ้ำและปริมาณสารลดน้ำพิเศษ คุณสมบัติหลักที่พิจารณาประกอบด้วยคุณสมบัติของคอนกรีตสด คือ การก่อตัว, การยุบตัว และการไหล และคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งจะศึกษาเฉพาะกำลังอัดประลัยเพียงอย่างเดียว

การทดสอบในงานวิจัยกระทำตามสภาพธรรมชาติมิได้ควบคุมสิ่งแวดล้อมโดยที่มีอุณหภูมิระหว่าง  $30-35^{\circ}\text{C}$  และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง  $75-80\%$  ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ด้วยปริมาณระหว่าง  $300-400$  กก/ม<sup>3</sup> มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ระหว่าง  $0.4 - 0.6$  และให้เวลาก่อนการผสมซ้ำระหว่าง  $1-3$  ชั่วโมง สารลดน้ำพิเศษที่ใช้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 494 ชนิด F เดิมในส่วนผสมคอนกรีตก่อนการผสมซ้ำในอัตราส่วนระหว่าง  $0-6\%$  ของน้ำหนักซีเมนต์ในส่วนผสม

ผลการทดสอบพบว่า อัตราการก่อตัวหลังการผสมซ้ำจะเร็วขึ้นตามช่วงเวลาก่อนการผสมซ้ำและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ลดลง คอนกรีตผสมซ้ำจะสูญเสียการยุบตัวและการไหลประมาณ  $40, 70, 100\%$  และ  $15, 25, 35\%$  ตามลำดับของค่าเริ่มต้นเมื่อช่วงเวลาก่อนการผสมซ้ำที่  $1, 2$  และ  $3$  ชั่วโมงตามลำดับ ส่วนกำลังอัดที่  $28$  วัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาก่อนการผสมซ้ำยาวขึ้นในอัตราประมาณ  $4, 9$  และ  $15\%$  ของกำลังอัดของคอนกรีตควบคุมตามช่วงเวลาก่อนการผสมซ้ำเป็น  $1, 2$  และ  $3$  ชั่วโมงตามลำดับ ปริมาณสารลดน้ำพิเศษทำให้เวลาการก่อตัวและความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมซ้ำเพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลเสียต่อกำลังอัดของคอนกรีต ปริมาณสารลดน้ำพิเศษที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาก่อนการผสมซ้ำ  $1, 2$  และ  $3$  ชม. พบว่าควรจะเป็น  $0.2, 2$  และ  $4\%$  ของน้ำหนักซีเมนต์ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา ..... 2531

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
.....



APICHAJ JUNTARASUP : REMIXED CONCRETE USING SUPERPLASTICIZERS.  
THESIS ADVISOR : PROF. EKASIT LIMSUWAN, Ph.D., 100 PP.

In general constructions, it would be a problem that newly mixed concrete could not be poured in time as specified. Remixing of concrete may lead to a homogeneous materials and increase its workability. However, if elapse time prior to its remixing is too long then it may become too striff and unworkable. This study has introduced the remixed method using superplasticizers to improve its workability and the setting times. The experimental investigation had selected water to cement ratio, cement content, elapse time prior to remixing and superplasticizer dosages as the major variables. Concrete properties to be considered in this program consists of fresh concrete properties as setting time, slump and flow, and hardened concrete properties as compressive strength at 28 days.

The test condition as conducted in this study had been out-door with temperature ranges of 30-35°C and the relative humidity range of 75-80%. Portland Cement Type I was used with cement content of 300-400 kg/m<sup>3</sup>, water to cement ratio of 0.4-0.6 and elapse time prior to remixing of 1-3 hours. Superplasticizer as conformed to the ASTM C 494 Type F was used at dosages of 0-6% of the cement content to obtain its reasonable workability.

The results have shown that rates of stiffening and setting time of remixed concrete depend on elapse time prior to remixing and the water to cement ratio. Slump losses and flow losses have found to be 40, 70 and 100% and 15, 25 and 35% of the initial values with the elapse times of 1, 2 and 3 hours, respectively. The compressive strength at 28 days has shown the tendency of increase at 4, 9 and 15% of the control mix with its elapse times of 1, 2 and 3 hours, respectively. Dosages of superplasticizer were led to longer setting time and better workability of the remixed concrete without any defects in compressive strength. The optimum dosages were found to be about 0.2, 2 and 4% of cement content for elapse times of 1, 2 and 3 hours before remixing, respectively.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชา ..... วิศวกรรมโยธา .....  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมโยธา .....  
ปีการศึกษา ..... 2531 .....

ลายมือชื่อนิติ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... 45



### กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ที่ท่านได้ให้ความดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาเมื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดีโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านอื่นประกอบด้วย ศาสตราจารย์ วัฒนา ชรรวมงคล ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาติรี และ รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา จันทร์รางค์

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ บริษัท ชลประทานคอนกรีต จำกัด บริษัท ไทยมาสเตอร์บิว-เดอร์ จำกัด บริษัท ยูนิส จำกัด ที่ได้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และให้ความอนุเคราะห์บางส่วน ขอขอบคุณ คุณประสาน ศรีประสิทธิ์ คุณสุภาวดี ดารารุจา และเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือทั้งร่างกายและแรงใจในงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนผู้เขียนมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความหมาย.....	1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.3 งานวิจัยที่ผ่านมา.....	2
1.4 วัตถุประสงค์หลัก.....	7
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
2. การทดสอบ	
2.1 การจัดกลุ่มการทดสอบ.....	19
2.2 การผสมคอนกรีต.....	19
2.3 การเก็บรักษาคอนกรีตสดก่อนการผสมซ้ำ.....	21
2.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด.....	21
2.4.1 การทดสอบค่ายวบตัว.....	21
2.4.2 การทดสอบการไหล.....	22
2.4.3 การทดสอบการก่อตัวของคอนกรีต.....	23
2.5 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว.....	23
2.5.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ.....	23
2.5.2 การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต.....	24

2.6 ผลการทดสอบ.....	24
3. การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	41
3.1 พฤติกรรมการพัฒนาหน่วยแรงต้านทานและการก่อตัวของคอนกรีตผสมช้ำ.....	41
3.1.1 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....	41
3.1.2 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม.....	42
3.1.4 ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษ.....	43
3.2 เวลาการก่อตัวของคอนกรีตผสมช้ำ.....	44
3.2.1 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....	44
3.2.2 ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษ.....	45
3.3 ความสามารถเทได้ของคอนกรีตผสมช้ำ.....	49
3.3.1 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....	49
3.3.2 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม.....	49
3.3.3 ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษ.....	51
3.4 กำลังอัดประลัยของคอนกรีตผสมช้ำ.....	53
3.4.1 ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....	53
3.4.2 ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม.....	54
3.4.3 ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษ.....	57
3.4.4 ผลกระทบของอายุคอนกรีต.....	57
4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	67
เอกสารอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุผสมและการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต.....	73



หน้า

ภาคผนวก ข. การประเมินผลการทดสอบ.....	81
ภาคผนวก ค. ข้อมูลการทดสอบ.....	85
ภาคผนวก ง. การคำนวณหาปฏิริยาไฮเดรชัน.....	98
ประวัติผู้เขียน.....	100



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เวลาต่างๆ ของสารประกอบหลักของซีเมนต์.....	9
ตารางที่ 1.2	อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันสะสมที่เวลาต่างๆ ของสารประกอบหลักของซีเมนต์.....	10
ตารางที่ 2.1	ส่วนผสมของคอนกรีตที่ทำการทดสอบ.....	12
ตารางที่ 2.2	เวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมช้าตามอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....	26
ตารางที่ 2.3	เวลาก่อตัวของคอนกรีตผสมช้าตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษ.....	29
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบเวลาก่อตัวตามอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....	46
ตารางที่ 3.2	ขอบเขตการเพิ่มเวลาก่อตัวตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษ.....	48
ตารางที่ 3.3	ขอบเขตของการสูญเสียความสามารถที่ได้.....	50
ตารางที่ 3.4	ขอบเขตของการเพิ่มความสามารถที่ได้ตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษ.....	53
ตารางที่ 3.5	ขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	56
ตารางที่ ก.1	การวิเคราะห์การร่อนผ่านตะแกรงของทราย.....	73
ตารางที่ ก.2	การวิเคราะห์การร่อนผ่านตะแกรงของมวลหยาบ.....	74
ตารางที่ ก.3	การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของทราย.....	75
ตารางที่ ก.4	การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลหยาบ.....	76
ตารางที่ ก.5	การหาหน่วยน้ำหนักและช่องว่างในมวลรวม.....	77
ตารางที่ ข.1	ระดับนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	83
ตารางที่ ข.2	สัมประสิทธิ์ความผันแปรสำหรับการควบคุมการทดสอบ กำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	84
ตารางที่ ค.1	ผลการทดสอบผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ต่อการพัฒนาความแข็งแรงต้านทานการจมน้ำของซีเมนต์.....	85
ตารางที่ ค.2	ผลการทดสอบผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม ต่อการพัฒนาความแข็งแรงต้านทานการจมน้ำของซีเมนต์.....	86
ตารางที่ ค.3	ผลการทดสอบผลกระทบของปริมาณสารลดน้ำพิเศษ ต่อการพัฒนาความแข็งแรงต้านทานการจมน้ำของซีเมนต์.....	87



ตารางที่ ค.4	ผลการทดสอบผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ต่อความสามารถเทได้.....	89
ตารางที่ ค.5	ผลการทดสอบผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม ต่อความสามารถเทได้.....	90
ตารางที่ ค.6	ผลการทดสอบผลกระทบของปริมาณสารลดน้ำพิเศษ ต่อความสามารถเทได้.....	92
ตารางที่ ค.7	ผลการทดสอบผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	93
ตารางที่ ค.8	ผลการทดสอบผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม ต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	94
ตารางที่ ค.9	ผลการทดสอบผลกระทบของปริมาณสารลดน้ำพิเศษ ต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	96
ตารางที่ ค.10	ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยตามอายุ.....	97

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1	อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของสารประกอบหลักของซีเมนต์.....	11
รูปที่ 1.2	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ในระยะแรก.....	12
รูปที่ 1.3	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ในระยะหลัง.....	13
รูปที่ 1.4	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์.....	14
รูปที่ 1.5	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ออัตราการระเหยของน้ำในส่วนผสม.....	15
รูปที่ 1.6	ผลกระทบของปริมาตรมวลรวมในส่วนผสมต่อกำลังอัดประลัย.....	16
รูปที่ 1.7	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของมอร์ตาร์กับอัตราส่วนผลต่อปริมาตร.....	17
รูปที่ 1.8	ความสัมพันธ์ของปริมาตรช่องว่างในมวลคอนกรีตกับกำลังอัดประลัย.....	18
รูปที่ 2.1	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อการพัฒนาหน่วยแรงต้านทานการจมของซีม.....	25
รูปที่ 2.2	ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมต่อการพัฒนาหน่วยแรงต้านทานการจมของซีม.....	27
รูปที่ 2.3	ผลกระทบของสารลดน้ำในซีเมนต์ต่อการพัฒนาหน่วยแรงต้านทานการจมของซีม.....	28
รูปที่ 2.4	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อการสูญเสียความสามารถเทได้.....	31
รูปที่ 2.5	ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมต่อการสูญเสียความสามารถเทได้.....	32
รูปที่ 2.6	ผลกระทบของสารลดน้ำในซีเมนต์ต่อความสามารถเทได้.....	33
รูปที่ 2.7	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	36
รูปที่ 2.8	ผลกระทบของปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสมต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	37
รูปที่ 2.9	ผลกระทบของสารลดน้ำในซีเมนต์ต่อกำลังอัดประลัยที่ 28 วัน.....	38
รูปที่ 2.10	การพัฒนา กำลังอัดประลัยตามอายุ.....	40
รูปที่ 3.1	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อ เวลาก่อตัวเริ่มแรก.....	59
รูปที่ 3.2	ผลกระทบของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่อ เวลาก่อตัวสุดท้าย.....	60
รูปที่ 3.3	ผลกระทบของสารลดน้ำในซีเมนต์ต่อ เวลาก่อตัวเริ่มแรก.....	61
รูปที่ 3.4	ผลกระทบของสารลดน้ำในซีเมนต์ต่อ เวลาก่อตัวสุดท้าย.....	62
รูปที่ 3.5	การสูญเสียความสามารถเทได้ตาม เวลาก่อนการผสมซ้ำ.....	63



หน้า

รูปที่ 3.6	เปรียบเทียบการสูญเสียการชုပ်ตัวตามเวลาก่อนการผสมซ้ำ.....	64
รูปที่ 3.7	กำลังอัดประลัยที่ 28 วันตามเวลาก่อนการผสมซ้ำ.....	65
รูปที่ 3.8	เปรียบเทียบกำลังอัดประลัยที่ 28 วันตามเวลาก่อนการผสมซ้ำ.....	66



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย