

การศึกษาคอนกรีตกำลังสูงมาก



นายสุพรรณ ศิริวัชรินทร์

007587

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๕

ISBN ๘๗๔-๕๖๐-๘๓๔-๕

i 18005068

A Study of Very High Strength Concrete



Mr. Supan Keereewatcharin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาคอนกรีตกำลังสูงมาก

โดย

นายสุพรรณม์ ศิริวัชรินทร์

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สุประติษฐ์ บุญนาค
..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประติษฐ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกร
..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติศรี)

มานะ วงศ์ศิริวัฒน์
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์ศิริวัฒน์)

การุญ จันทร์รางสุ
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทร์รางสุ)

เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาคอนกรีตกำลังสูงมาก

ชื่อนิสิต

นายสุพรรณ ศิริวัชรินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีสุวรรณ

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา

๒๕๒๔



บทคัดย่อ

คอนกรีตกำลังสูงมากได้จากการลดสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ โดยใช้สารผสมคอนกรีต เพื่อเพิ่มความไหลลื่นทำให้สามารถเทได้ ในการศึกษานี้จะใช้แบล็กลิกเกอร์เป็นน้ำเสียจากขบวนการฟอกเยื่อกระดาษเป็นสารผสมคอนกรีต การศึกษาได้นำผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำเสียมาเปรียบเทียบกับสารผสมเพิ่มที่มีโซเดียมลิกโนซัลโฟเนทเป็นสารพื้นฐาน เมื่อพบว่าส่วนผสมมีสารหลักทางเคมีเหมือนกัน จึงได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์เมื่อใช้สารผสมในอัตราสูงจะทำให้เกิดการหน่วงการก่อตัวของซีเมนต์ จากนั้นจึงทำการศึกษาคุณสมบัติการไหลลื่น และกำลังอัดกับปูนก่อก่อน เกี่ยวกับการไหลลื่นจะเห็นว่าอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามจำนวนสารผสมที่ใช้ ส่วนทางด้านกำลังพบว่าเมื่อใช้ในอัตราเกิน ๖ % จะทำให้กำลังอัดต่ำกว่าปูนก่อก่อนที่ไม่เติมสารผสม และเมื่อได้ผลการทดสอบกับปูนก่อก่อนแล้ว จึงได้ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตเกี่ยวกับการไหลลื่น และคุณสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ในการศึกษาหาสัดส่วนผสม พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์ ๔๕๐ กก/ม^๓ จะทำให้กำลังอัด ที่อายุ ๒๘ วันสูงสุด สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตกำลังสูงอยู่ระหว่าง ๐.๒๖ ถึง ๐.๓๒ ส่วนปริมาณทรายและหินที่ใช้ควรจะอยู่ในพิสัย ๖๗๕ และ ๑๐๔๕ กก/ม^๓ ตามลำดับ

การทดสอบการไหลของคอนกรีตจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ในสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์สูงขึ้น ส่วนอัตราการผลิตปริมาณน้ำจะเพิ่มขึ้นตามอัตราสารผสมที่เพิ่มขึ้นแต่กำลังของคอนกรีตจะลดลงตามอัตราสารผสมที่ใช้มากขึ้นและสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่ทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตทางด้าน การไหลลื่นและกำลังดีที่สุดคือ ๐.๒๘ นอกจากนี้ยังพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุต่าง ๆ เมื่อเทียบ

ไปที่อายุ ๕๐ วัน จะมีค่าใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์และอัตราส่วนผสมจะต่างกัน สำหรับโมดูลัสยืดหยุ่นกำลังดึงแยกตัวและกำลังต้านทานแรงเฉือนจะขึ้นอยู่กับกำลังอัดของคอนกรีต โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น แต่ในทางกลับกันสัดส่วนฟิวของจะไม่ขึ้นกับกำลังอัดของคอนกรีต



Thesis Title A Study of Very High Strength Concrete
 Name Mr. Supan Keereewatcharin
 Thesis Advisor Assistant Professor Ekasit Limsuwan , Ph.D
 Department Civil Engineering
 Academic Year 1981



ABSTRACT

A very high strength concrete can be obtained by the decrease in water-cement ratio and adding admixture for workability of concrete. In this study , black liquor , waste liquid remaining after the paper pulp digesting process , will be applied as a concrete admixture . The study , bringing the results of chemical analysis of the waste liquid into comparison with the sodium liqnosulphonate-based admixture and when the identical chemical substance was found in both compounds , then a test on setting time of cement was conducted. It is found that ~~retarding~~ occurred when high dosages of ~~admixture~~ were used . Subsequently , tests on its consistency and compressive strength properties with the mortar were made . As for consistency , it is discovered that it increases constantly to its dosages used . On the strength side indicated that when admixture was used exceeds 6 % by cement weight with compressive strength lower than control mortar will result . With the results of the mortar test obtained , the study the conduct a further test on the consistency and such other mechanical properties of concrete. In research into the proportioning a discovery that mixture with a 550 kg/m^3 of cement will cause

v

optimum compressive strength at 28 day . The suitable water-cement ratio for a high strength concrete comes in the range between 0.26 to 0.32 , the proportions of sand and crushed rock that should be used are 675 and 1095 kg/m³, respectively .

The test of concrete showed that the flow will increase when the watercement ratio becomes higher . The rate of reduction in water reguirement will be increase when dosages are higher but reduction of strength will be decrease when dosages are higher . The optimal water-cement ratio causing the best properties of concrete for consistency and strenght was 0.28 . Besides , it is discovered that the rate of compressive strength at different ages when compared to the 90 day age will come very close in its value even though water-cement ratio and dosages are different . As for the modulus of elasticity , splitting tensile strength , and shear strength depends on compressive strength of concrete , increasing as compressive strength becomes higher . Conversely , the poisson ' s ratio is independent of compressive strength of concrete .



กิติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอใคร่กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีมสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมาก ขณะทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้กรุณาแก้ไขและตรวจวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย ผู้เขียนยังใคร่ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติรี รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์ และรองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศู ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อันจะทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และวิทยานิพนธ์นี้ จะไม่สามารถทำสำเร็จขึ้นได้ ถ้าไม่ได้รับการอนุเคราะห์ทางด้านสารผสมคอนกรีตตลอดทั้งให้คำปรึกษาต่าง ๆ จาก คุณเจตน์ ธรรมวานิช และ คุณคณิง อินทรธานี แห่งบริษัทสยามคราฟท์ จำกัด ล้วนกินและทราย ได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย .

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้เงินอุดหนุนการวิจัยนี้ จนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

สุพรรณ ศรีวัชรินทร์ .

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ช
บทที่	
๑. บทนำ	๑
๒. สารผสมเพิ่มในคอนกรีต	๖
๓. สัดส่วนผสมของคอนกรีต	๑๔
๔. คุณสมบัติของคอนกรีตกำลังสูงมาก	๒๗
๕. สรุปผลการวิจัย	๔๑
เอกสารอ้างอิง	๔๓
ภาคผนวก	๕๐
ประวัติผู้เขียน	๑๑๓

รายการตารางประกอบ



ตารางที่	หน้า
๒.๑ อัตราการลดปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดค่าการยุบตัวสูงขึ้น	๕๕
๒.๒ อัตราการลดปริมาณเมื่อใช้สารลดปริมาณน้ำต่างชนิดกัน	๕๕
๒.๓ ผลการวิเคราะห์ทางเคมีสารผสมคอนกรีตของกรมวิทยาศาสตร์	๕๖
๒.๔ ผลการวิเคราะห์โซเดียมลิกโนซัลโฟเนท	๕๖
๒.๕ การเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของสารทั้งสองชนิด	๕๗
๓.๑ ผลการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์	๖๔
๓.๒ ผลการทดสอบการไหลของปูนก่อ	๖๕
๓.๓ ผลการทดสอบกำลังอัดของปูนก่อ	๖๕
๓.๔ ผลการทดสอบกำลังอัดเพื่อหาปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในงาน	๖๖
๓.๕ กำลังอัดของคอนกรีตจากงานวิจัยอื่น	๖๗
๓.๖ กำลังอัดของคอนกรีตจากผลการทดสอบ	๖๗
๓.๗ ขนาดคละของทรายที่ใช้งานคอนกรีตกำลังสูง	๖๘
๓.๘ ขนาดคละของหินที่ใช้	๖๘
๓.๙ สัดส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้	๖๙
๔.๑ ผลการทดสอบการไหลของคอนกรีต	๗๒
๔.๒ ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต	๗๓
๔.๓ ผลการทดสอบกำลังดึงแยกตัวของคอนกรีต	๗๔
๔.๔ สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่แท้จริงเมื่อเติมสารผสมคอนกรีต	๗๕
๔.๕ เปอร์เซนต์กำลังอัดที่อายุต่าง ๆ เมื่อเทียบกับอายุ ๔๐ วัน	๗๖
๔.๖ อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตอายุต่าง ๆ เมื่อเทียบไปที่อายุ ๔๐ วัน โดยที่สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เป็นตัวแปร	๗๗

รายการตารางประกอบ



ตารางที่

หน้า

๔.๗	อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตอายุต่าง ๆ เมื่อเทียบไปที่อายุ ๔๐ วัน โดยที่อัตราสารผสมเป็นตัวแปร	๘๗
๔.๘	ค่าสัดส่วนผิวของของคอนกรีตที่กำลังต่าง ๆ กัน	๘๘
๔.๙	ผลการวิเคราะห์กำลังต้านทานแรงเฉือนของคอนกรีต	๘๙

รายการรูปประกอบ



รูปที่

หน้า

๒.๑	แสดงกลุ่มก้อนซีเมนต์ก่อนและหลังเติมสารลดปริมาณน้ำ	๕๘
๒.๒	แสดงการกระจายของมวลซีเมนต์โดยสารลดปริมาณน้ำ	๕๙
๒.๓	แสดงการกระจายประจุของสารลดปริมาณน้ำเมื่อผสมกับน้ำ	๖๐
๒.๔	ผลของการกระตุ้นที่ผิวกับกลุ่มก้อนซีเมนต์	๖๐
๒.๕	แสดงการผลักฟองอากาศ โดยตัวเร่งกระทำผิว	๖๑
๒.๖	แสดงการกระจายมวลซีเมนต์โดยสารลดปริมาณน้ำอัตราสูง	๖๒
๒.๗	แสดงขบวนการที่มาของสารที่ใช้ผลคอนกรีต	๖๓
๓.๑	อัตราการก่อตัวของซีเมนต์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารผสมมากขึ้น	๗๐
๓.๒	การไหลของปูนก่อ เมื่อใช้สารผสมอัตราต่าง ๆ กัน	๗๑
๓.๓	กำลังอัดของปูนก่อเมื่อใช้สารผสมอัตราต่าง ๆ กัน	๗๒
๓.๔	แสดงปริมาณซีเมนต์ กับกำลังอัดคอนกรีต	๗๓
๓.๕	แสดงเปอร์เซ็นต์ค้างสะสมของทรายที่ใช้	๗๔
๓.๖	เครื่องมือผสมปูนก่อ	๗๕
๓.๗	เครื่องมือทดสอบการไหลปูนก่อ	๗๖
๓.๘	เครื่องมือทดสอบกำลังอัดปูนก่อ	๗๗
๓.๘	แสดงการหล่อตัวอย่าง ทรงกระบอกคอนกรีต	๗๘
๓.๑๐	แสดงการแต่งผิวหน้า ตัวอย่างทรงกระบอกคอนกรีต	๗๘
๓.๑๑	เครื่องมือทดสอบการไหลของคอนกรีต	๗๙
๓.๑๒	แสดงการไหลของคอนกรีตหลังการทดสอบ	๘๐
๓.๑๓	การบ่มคอนกรีตในถังน้ำ	๘๑
๔.๑	การติด เกจวัดความเค้นชนิดไฟฟ้าสำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	๘๐
๔.๒	การติด เกจวัดความเค้นชนิดไฟฟ้าสำหรับหาสัดส่วนตัวของ	๘๐



๔.๓	การแปลงค่าความเค้นจากรูปเอล เล เมนต์ของพื้นที่หน้าตัด	๔๑
๔.๔	การหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนโดยวิธีของมอร์	๔๑
๔.๕	อัตราการใช้สารผสมกับการไหลของคอนกรีต	๔๒
๔.๖	การลดปริมาณน้ำเพื่อให้ได้การไหลลื่นคงที่	๔๓
๔.๗	กำลังอัดของคอนกรีต เมื่อคิดปริมาณน้ำแท้จริงจากสารผสม	๔๔
๔.๘	แผนภูมิแสดงอัตรากำลังอัดของคอนกรีตอายุต่าง ๆ เมื่อเทียบกับอายุ ๔๐ วัน	๔๕
๔.๙	อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตอายุต่าง ๆ เมื่อเทียบกับกำลังที่ ๔๐ ๔๐ วัน เมื่อสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ต่างกัน	๔๖
๔.๑๐	อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตอายุต่าง ๆ เมื่อเทียบกับกำลังที่ ๔๐ วัน เมื่อใช้สารผสมต่างกัน	๔๗
๔.๑๑	การไหลของคอนกรีต เปรียบเทียบกับกำลังอัด	๔๘
๔.๑๒	สัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อการไหลของคอนกรีต คงที่	๔๘
๔.๑๓	ผลกระทบต่อกำลังอัดจากอัตราส่วนของสารผสมคอนกรีต	๑๐๐
๔.๑๔	การลดกำลังคอนกรีต เมื่อใช้สารผสมเพิ่มมากขึ้น	๑๐๑
๔.๑๕	ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเค้น	๑๐๒
๔.๑๖	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตกำลังสูง	๑๐๓
๔.๑๗	ค่าสัดส่วนฟัวของที่ระดับหน่วยแรง	๑๐๔
๔.๑๘	กำลังดึงแยกตัวของคอนกรีตกำลังสูง	๑๐๕
๔.๑๙	กำลังต้านทานแรงเฉือนของคอนกรีตกำลังสูง	๑๐๖
๔.๒๐	แสดงการติดเกาะวัดความเค้นชนิดไฟฟ้าสำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	๑๐๗
๔.๒๑	แสดงการติดเกาะวัด ความเค้น ชนิดไฟฟ้าสำหรับวัดค่าสัดส่วนฟัวของ	๑๐๘
๔.๒๒	เครื่องมือทดสอบกำลังอัด และกำลังดึงแยกตัวของคอนกรีต	๑๐๙

๔.๒๓	เครื่องมืออ่านความเค้นชนิดไฟฟ้า	๑๑๐
๔.๒๔	ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบกำลังอัดคอนกรีต	๑๑๑
๔.๒๕	ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบกำลังดึงแยกตัว	๑๑๒

