ผลของการใช้เศษคอนกรีตเป็นมวลรวม ที่มีต่อพฤติกรรมการรับแรงอัด ของคอนกรีตใหม่

EFFECT OF CONCRETE AGGREGATE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF NEW CONCRETE

นางสาวจิราพรรณ เทียมจันทร์ รหัส 52363769

นายชลธวัช อุไรวร รหัส 52363783

นายชาญณรงค์ ใจแสน รหัส 52363806

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ห้องอุบลกรมวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ - 7 ส.ค. 2556
เลขทะเบียน 1634095
เลขเรียกหนังสือ ปร.
ม.นเรศวร ว.ร. ๑ ๕๓๔ ผ 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อโครงงาน ผลของการใช้เศษคอนกรีตเป็นมวลรวม ที่มีต่อพฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีตใหม่

ผู้ดำเนินงาน

นางสาวจิราพรรณ	เทียมจันทร์	รหัส	52363769
นายชลธวัช	อุไรวร	รหัส	52363783
นายชาญณรงค์	ใจแสน	รหัส	52363806

ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร. สรัณกร เหมะวิบูลย์

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2555

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร. สรัณกร เหมะวิบูลย์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. สสิกรณณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....กรรมการ
(นาย บุญพล มีไชโย)

หัวข้อโครงงาน	ผลของการใช้เศษคอนกรีตเป็นมวลรวม ที่มีต่อพฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีตใหม่			
ผู้ดำเนินงาน	นางสาวจิราพรรณ	เทียมจันทร์	รหัส	52363769
	นายชลธวัช	อุไรวร	รหัส	52363783
	นายชาญณรงค์	ใจแสน	รหัส	52363806
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร. สรัณกร เหมะวิบูลย์			
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา			
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ปีการศึกษา	2555			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้เศษคอนกรีตในการแทนที่มวลรวมหยาบที่มีต่อพฤติกรรมการรับแรงอัดของคอนกรีต โดยจะแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตในอัตราส่วนร้อยละ 50 ร้อยละ 60 ร้อยละ 80 และการแทนที่ด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด โดยการแทนที่ด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 50 นั้นจะใช้เศษคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ได้มีการคัดแยกในการผสม ส่วนการแทนที่ในอัตราส่วนผสมอื่นจะใช้เศษคอนกรีตคัดแยกที่มีกำลังอัดตั้งแต่ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเป็นต้นไปในการผสม สำหรับวิธีการผสมเศษคอนกรีตลงในส่วนผสมมี 2 ลักษณะคือการผสมแบบที่มีการปรับความชื้นและการผสมแบบไม่ปรับความชื้น เศษคอนกรีตที่นำมาใช้ผสมมี 2 ขนาดคือเศษคอนกรีตที่ลอดผ่านตะแกรงขนาด 1/2"และที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3/8"

ผลการศึกษาพบว่าคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตจะมีค่ากำลังอัดสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการแทนที่หิน และเมื่อเพิ่มปริมาณของเศษคอนกรีตในการผสมก็ยิ่งทำให้ค่ากำลังอัดเพิ่มมากขึ้นด้วย นอกจากนี้การใช้เศษคอนกรีตที่มีการคัดแยกแล้วหรือคอนกรีตที่มีกำลังอัดมากกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรนั้นจะได้ค่ากำลังอัดที่มากกว่าการใช้เศษคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ได้คัดแยก

Project Title	Effect of recycled concrete aggregate on the compressive strength of new concrete	
Name	Miss. JirapunTiemjun	code 52363769
	Mr.ChontawatUraiworn	code 52363783
	Mr.ChannarongJaisan	code 52363806
Project Advisor	Asst.Prof.Saranagon Hemavibool	
Major	Civil Engineering	
Department	Civil Engineering	
Academic Year :	2012	

Abstract

In this study, the compressive strength characteristics of concrete with recycled aggregates are investigated. The concrete specimen was produced with different ratios of substitutions (50% , 60% , 80% and 100%)of natural coarse aggregate with recycled concrete aggregates (RCA). The RCA were made of hardened concrete with the compressive strength greater than 350 ksc except the 50% substitution that came from various grades of hardened concrete. Two mixing method were used : with and without water adjustment. The sizes of RCA used in this study are 9.50 mm and 12.50 mm.

The results showed that replacement of natural coarse aggregate with the RCA increased the compressive strength. Also, it was observed that concrete compressive strength increase with the RCA content. Based on the results it was found that the quality or the compressive strength of concrete with recycled aggregate is dependent on the quality of the recycled material used. The compressive strength of concrete with the RCA produced from hardened concrete with the compressive strength greater than 350 ksc is higher than concrete with the recycles coarse aggregated of various strength.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ล่วงลุด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร. สรัณกร เหมะวิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแก้ไขรายงานโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณครูช่างทุกๆท่านที่อำนวยความสะดวก เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือทดสอบต่างๆ ทั้งในแบะนอกเวลาราชการ ในการปฏิบัติการทดสอบเกี่ยวกับโครงงาน

ขอขอบพระคุณเพื่อนนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้อง ที่สนับสนุนส่งเสริมในเรื่องการศึกษา

นางสาวจิราพรรณ เทียมจันทร์

นายชลธวัช อุไรวร

นายชาญณรงค์ ใจแสน

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองงานวิจัย.....ก

บทคัดย่อภาษาไทย.....ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

กิตติกรรมประกาศ.....ง

บทที่ 1 บทนำ.....

1.1ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.5แผนการดำเนินงาน.....3

1.6 รายละเอียดงบประมาณของโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4

2.1ธรรมชาติของปูนซีเมนต์.....4

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังอัด.....6

2.3สรุปงานวิจัยภายในประเทศ.....8

2.4ข้อมูลที่ได้จากการแข่งขันคอนกรีตพลังช้างประเภทรักษ์โลก ครั้งที่ 13.....9

2.5สรุป.....11

บทที่ 3วิธีการดำเนินการ.....12

3.1 วัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต.....12

3.1.1 ปูนซีเมนต์.....12

3.1.2 ทราย.....13

3.1.3 หิน.....14

3.2 เศษคอนกรีตรีไซเคิล.....15

3.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต.....16

สารบัญ (ต่อ)

3.3.1 อัตราส่วนผสม 16
3.3.2 ขั้นตอนการผสม 18
3.3.4การบ่ม 19
3.3.5 การทดสอบ 20

บทที่ 4ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 23
4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต 23
4.1.1 ผลการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตแบบไม่ปรับความชื้น 23
4.1.2 กราฟที่ได้จากการทดลองผสมคอนกรีตแบบไม่ปรับความชื้น 26
4.1.3ผลการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตแบบปรับความชื้น 28
4.1.4 กราฟที่ได้จากการทดลองผสมคอนกรีตแบบปรับความชื้น 30
4.1.5ผลการเปรียบเทียบแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตแบบไม่ปรับความชื้นและปรับความชื้น 32

4.2 การพิสูจน์กราฟ 34
4.2.1 การพิสูจน์กราฟด้วยการผสมแบบไม่ปรับความชื้น 35
4.2.2 การพิสูจน์กราฟด้วยการผสมแบบปรับความชื้น 36

บทที่ 5สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 41
5.1 สรุปผลการทดลอง 41
5.2 ข้อเสนอแนะ 41
5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา 42
เอกสารอ้างอิง
ประวัติผู้จัดทำ

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของทราย 13

3.2 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของหิน 15

3.3 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของเศษคอนกรีต 16

3.4 การผสมแบบไม่ปรับความชื้น 17

3.5 การผสมแบบปรับความชื้น 18

4.1 แสดงค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมแบบไม่ปรับความชื้น 25

4.2 แสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีการผสมแบบปรับความชื้น 29

4.3 แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแบบไม่ปรับความชื้นและการผสมแบบปรับความชื้น 34

4.4 แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในส่วนผสมอัตราส่วนต่างๆ(ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) 35

4.5 แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในส่วนผสมอัตราส่วนต่างๆ(ผสมแบบปรับความชื้น) 38

สารบัญรูป

รูปที่หน้า

2.1 แสดงประเภทการใช้เศษวัสดุธรรมชาติในการผสมแทนที่มวลรวมหยาบ 9

2.2ภาพการเทส่วนผสมลงไปขณะแข่งขัน 10

2.3การผสมคอนกรีตระหว่างการแข่งขัน 10

3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 12

3.2 ทรายที่ใช้ในการทดสอบ 12

3.3 แสดงกราฟการกระจายขนาดคละของมวลรวมละเอียด 13

3.4 หิน 13

3.5 เศษคอนกรีตรีไซเคิล 14

3.6การทุบเศษคอนกรีตรีไซเคิล 15

3.7แสดงการผสมคอนกรีตในถาดผสมด้วยมือ 19

3.8 แสดงการผสมคอนกรีตให้เข้ากัน ใช้เวลาประมาณ 15 นาที 19

3.9 แสดงการเทคอนกรีตลงแบบ 20

3.10แสดงการตำคอนกรีตชั้นละ 25 ครั้ง เพื่อไล่ฟองอากาศ 20

3.11การแต่งหน้าคอนกรีตให้เรียบเพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบกำลังอัด 21

3.12การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำร้อนภายในกล่องโฟม 21

3.13แสดงก้อนตัวอย่างก่อนนำไปทดสอบกำลังอัด 22

3.14แสดงการทดสอบกำลังอัดก้อนตัวอย่าง 22

4.1แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4 (จากการแข่งขันปี 2555 และการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม) 26

4.2แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 (จากการแข่งขันปี 2555 และการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม) 26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.3แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4 (จากการแข่งขันปี 2555 และการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม)..... 27

4.4 แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่าง การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 การใช้หินทั้งหมดกับการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น)ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.4 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 30

4.5แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่าง การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 การใช้หินทั้งหมดกับการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น)ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.5 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 30

4.6แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่าง การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 การใช้หินทั้งหมดกับการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น)ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.6 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 31

4.7แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแห้งและผสมแบบชดเชยน้ำของการผสมที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีต ร้อยละ 80 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 32

4.8แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแห้งและผสมแบบชดเชยน้ำของการผสมที่มีการแทนที่มีการใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมด โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 32

4.9แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแห้งและผสมแบบชดเชยน้ำของการผสมที่มีการแทนที่มีการใช้เศษคอนกรีตเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมด โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 33

4.10 แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยคอนกรีตรีไซเคิลร้อยละ 80 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 36

4.11 แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมดโดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 36

4.12แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีต แบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม 37

5.1 แสดงรางวัลที่ได้รับจากการแข่งขัน 42

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัญหาเศษคอนกรีตที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นเศษคอนกรีตที่เหลือจากการผสมเพื่อใช้งาน ซากก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ถูกทดสอบแล้ว และเศษของคอนกรีตที่เกิดจากการรื้อถอน โครงสร้างหรืออาคารต่างๆ ที่ต้องการกำจัดทิ้งซึ่งเป็นขยะที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และกำจัดได้ยาก จึงเกิดปัญหาการลักลอบทิ้งในพื้นที่สาธารณะอยู่บ่อยครั้ง ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงควรมีแนวทางการแก้ไขที่เกิดประโยชน์อันสูงสุดและยั่งยืน โดยการนำเศษคอนกรีตที่ไร้ประโยชน์กลับมาใช้งานใหม่อีกครั้ง ซึ่งหนึ่งในแนวทางการนำกลับมาใช้ใหม่คือนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมวลรวมรีไซเคิลเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต การรีไซเคิลรูปแบบนี้เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพมากในการกำจัดเศษซากคอนกรีต เพราะเป็นการกำจัดขยะคอนกรีตที่เกิดขึ้นได้เกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ และยังเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าของเศษคอนกรีต เมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่นๆอันได้แก่การนำไปถมที่ เป็นต้นนอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษคอนกรีตแล้ว การนำกลับมาใช้ใหม่โดยการแทนที่มวลรวมในส่วนผสมของคอนกรีต ยังเป็นการช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดอีกด้วย

การรีไซเคิลขยะจากคอนกรีตในลักษณะ ถือว่าเป็นการรักษาแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ ด้วยการลดการใช้หินในการผสมคอนกรีต แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุดถ้ากระบวนการทั้งหมดเกิดขึ้น ณ จุดที่จะมีการรื้อถอนโครงสร้างอาคารเดิม และต้องการก่อสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นเนื่องจากสามารถใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิล และผลิตคอนกรีตเพื่อใช้งานใหม่ได้ในพื้นที่ ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะคอนกรีตจากโครงสร้างเดิม ค่ามวลรวมในส่วนผสม(สำหรับพื้นที่ที่มีทรัพยากรจำกัด)

การศึกษาในเรื่องการรีไซเคิลเศษคอนกรีตนั้นมีอยู่มาก แต่ว่าการนำไปใช้จริงยังคงมีเงื่อนไขและข้อกำหนดต่างๆตามผู้ที่วิจัยต้องการจะศึกษา ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งจะศึกษาการแทนที่ของมวลรวมหยาบที่มีผลต่อกำลังอัดและแนวทางในการทำนายกำลังของส่วนผสมที่มีการใช้เศษคอนกรีตในการผสมเพื่อที่จะนำไปใช้งานต่อไป ดังนั้นผู้ที่จะนำไปศึกษาต่อหรือนำไปใช้จริงควรศึกษารายละเอียดข้อจำกัดต่างๆในการใช้อัตราส่วนผสมหรือกราฟทำนายกำลังที่ศึกษาไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และสามารถนำไปใช้ก่อสร้างจริงได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตในอัตราสัดส่วนต่างๆ ที่มีต่อค่ากำลังอัด

1.2.2 เพื่อพัฒนาแนวทางการทำนายกำลังของคอนกรีต ที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีต

1.3ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้ความรู้จากการศึกษาผลของการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตในอัตราส่วนต่างๆ ที่มีต่อค่ากำลังอัด

1.3.2 ได้ความรู้จากการศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางการทำนายกำลังอัดของคอนกรีต ที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีต

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาผลของการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิล ที่มีต่อกำลังอัดด้วยการผสมคอนกรีตในอัตราส่วนดังต่อไปนี้

ปัจจัยหรือคุณสมบัติที่ศึกษา	ขอบเขตของการศึกษา
อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ในช่วง	ช่วง 0.4-0.6
ปริมาณแทนที่มวลรวมหยาบ	ร้อยละ 40-100
กำลังอัด	ที่อายุ 24 ชั่วโมง

1.5 แผนการดำเนินงาน

เดือน / กิจกรรม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของงานวิจัย	▬				
2. รวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างองค์ความรู้ในการทำงานวิจัย	▬	▬			
3. ออกแบบการทดสอบและดำเนินการทดสอบ		▬	▬	▬	
4.วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ		▬	▬	▬	
5. นำเสนอข้อมูลและจัดทำรูปเล่ม			▬	▬	▬

1.6 รายละเอียดงบประมาณของโครงงาน

- ค่าวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ	500	บาท
- ค่ารูปเล่มโครงงาน	500	บาท
รวมค่าใช้จ่าย	1,000	บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต และงานศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการนำเศษคอนกรีตมาใช้ใหม่ โดยการแทนที่มวลรวมหยาบในส่วนผสม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ธรรมชาติของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์มีลักษณะเป็นผงละเอียด สามารถเกิดการก่อตัวและแข็งตัวได้ด้วยการทำปฏิกิริยากับน้ำซึ่งเรียกว่า "ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration Reaction)" ทำให้มีคุณสมบัติในการรับแรงได้ โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

2.1.1 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

คุณภาพของซีเมนต์เพสต์จะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำที่เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration)

โดยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประมาณร้อยล่ะ 90 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์จะประกอบด้วยสารประกอบหลัก 4 ชนิด ได้แก่ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium Silicate) ไตรคัลเซียมอลูมิเนต(TricalciumAluminate) และเตตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ (TetracalciumAluminoferrite) ซึ่งสานทั้งสี่ชนิดทำหน้าที่ร่วมกัน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่สมบูรณ์

สารประกอบของแคลเซียมซิลิเกต 2 ชนิดที่มีในปูนซีเมนต์ประมาณร้อยล่ะ 75 จะทำปฏิกิริยากับน้ำ และได้สารประกอบใหม่ คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide) โดยแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตมีความสำคัญที่ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ต้องการ เช่น การก่อตัว ความแข็ง กำลังการคงรูป

โดยสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตทั่วไปจะประกอบด้วย แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และ ซิลิเกต (SiO_2) ในสัดส่วนประมาณ 3 ต่อ 2 โดยแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตทำหน้าที่เชื่อมประสานวัสดุต่างๆในคอนกรีต ไม่ว่าจะเป็นวัสดุเฉื่อยที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น หิน ทราย ให้ติดแน่น และแข็งตัว หรือแม้แต่อนุภาคของปูนซีเมนต์ที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยาก็จะถูกจับยึดเข้าด้วยกัน

ในคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วกำลังของคอนกรีตขึ้นอยู่กับส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งก็คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต มวลรวม และปริมาณน้ำที่ใส่ โดยปริมาณน้ำที่ใส่สำคัญเนื่องจากเป็นตัวทำให้

เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่สมบูรณ์แล้วยังส่งผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต โดยถ้าใส่น้ำน้อยกำลังอัดของคนกรีตจะสูง ใส่มากกำลังอัดของคอนกรีตจะต่ำ ซึ่งปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับการผสมขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมต่างๆในคอนกรีตด้วย

2.1.2 การพัฒนาโครงสร้างของซีเมนต์เพสต์

ผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นโดยรวมของสารประกอบทั้ง 4 นั้นจะเกิด CSH Gel และ Ettringiteเคลือบอยู่บนอนุภาคของปูนซีเมนต์ และเป็นการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ซึ่งอธิบายการเกิดช่วงเวลาที่ซีเมนต์เพสต์ไม่ค่อยเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยที่ยังคงสภาพเหลวและสามารถไหลได้ในช่วง 1-2 ชั่วโมง

เมื่อสิ้นสุดช่วงนี้จะเข้าสู่จุดแข็งตัวเริ่มต้นโดย CSH ที่เคลือบอยู่บนอนุภาคปูนซีเมนต์จะเกิดการแตกออกด้วยแรงดันออสโมติกซึ่งแรงดันนี้เกิดจากความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของอิออนในสารละลายที่อยู่ระหว่าง Gel กับอนุภาคปูนซีเมนต์ และอิออนในสารละลายที่อยู่รอบๆ CSH ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นขั้นต่อไป

ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น จะมีขนาดใหญ่กว่า 2 เท่าของปูนซีเมนต์ก่อนทำปฏิกิริยา และผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นนี้จะเข้าไปอุดช่องว่างระหว่างอนุภาคปูนซีเมนต์ทีละน้อย จนเกิดผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะมากขึ้น ทำให้เกิดจุดเชื่อมต่อมากขึ้น จนอนุภาคปูนซีเมนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้และกลายเป็นของแข็งในที่สุด ซึ่งถือว่าเข้าสู่จุดแข็งตัวสุดท้าย

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ก็จะส่งผลต่อคุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ที่แข็งตัวแล้วด้วยเช่นกัน

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ได้แก่

1. อายุของซีเมนต์เพสต์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะมากที่สุดมนช่วงแรก และจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปจนกระทั่งเมื่อถึงจุดๆหนึ่ง ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดโดยสมบูรณ์ ยกเว้นช่วงที่ซีเมนต์เพสต์ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2. องค์ประกอบของซีเมนต์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในช่วงแรกเท่านั้น ที่จะขึ้นอยู่กับสารประกอบหลักแต่ละสาร โดยปูนซีเมนต์ที่มี C_3S และ C_3Aมาก จะเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในช่วงปลายของแต่ละสารประกอบหลักจะไม่แตกต่างกันมากนัก

3. ความละเอียดของปูนซีเมนต์ เมื่อความละเอียดของปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น จะทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในช่วงแรกสูง แต่อย่างไรก็ตามความละเอียดจะไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในช่วงปลาย
4. อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ในช่วงต้น อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ไม่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น แต่ในช่วงหลัง ถ้าส่วนผสมมีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ลดลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะลดลงส่งผลให้ทั้งอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยเฉลี่ยและดีกรีการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นลดลงด้วย
5. อุณหภูมิ อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในช่วงแรกจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีข้อแม้ว่าอุณหภูมินี้ต้องไม่ก่อให้เกิดการแห้งตัวของซีเมนต์เพสต์
6. สารผสมเพิ่ม มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เช่นสารจำพวกน้ำตาล และประเภทเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เช่น $CaCl_2$

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังอัด

2.2.1 คุณสมบัติของวัสดุผสม

1. ปูนซีเมนต์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลที่สำคัญมาก เพราะว่าปูนซีเมนต์แต่ละประเภทจะก่อให้เกิดกำลังของคอนกรีตที่แตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ นอกจากนี้ แม้ว่าจะเป็นปูนซีเมนต์ประเภทเดียวกัน แต่มีความละเอียดต่างกันแล้ว อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตก็จะแตกต่างไปด้วย กล่าวคือ ถ้าปูนซีเมนต์มีความละเอียดมากก็จะให้กำลังที่สูง โดยเฉพาะหลังจากที่แข็งตัวไปแล้วไม่นาน

2. น้ำ มีผลต่อกำลังของคอนกรีตตามความใส และปริมาณของสารเคมีหรือเกลือแร่ที่ผสมอยู่ น้ำที่มีเกลือคลอไรด์ผสมอยู่ ทำให้อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตในระยะต้นสูง น้ำขุ่นจะทำให้กำลังต่ำลง

3. มวลรวม มีผลต่อกำลังของคอนกรีตเพียงเล็กน้อย เพราะมวลรวมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มักมีความแข็งแรงมากกว่าซีเมนต์เพสต์ ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมก็มีผลต่อกำลังของคอนกรีตเช่นกัน คอนกรีตที่ใช้มวลรวมขนาดใหญ่มักจะให้กำลังดีกว่ามวลรวมขนาดเล็ก นอกจากนี้ความสะอาดของมวลรวมก็จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตเช่นกัน

4. สารผสมเพิ่ม ชนิดและปริมาณของสารผสมเพิ่มประเภทสารลดน้ำ และสารลดน้ำพิเศษมีผลต่อการลดน้ำในส่วนผสมคอนกรีตเมื่อควบคุมให้มีค่ายุบตัวเท่ากัน สารผสมเพิ่มประเภทนี้จะช่วยลดปริมาณน้ำในส่วนผสม ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงกว่าคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ได้ใส่น้ำยา

2.2.2 ส่วนผสมคอนกรีต

มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตโดยตรง โดยเฉพาะอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีตอย่างมาก ถ้าใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำกว่า จะทำให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงกว่า

2.2.3การทำคอนกรีต

1. การชั่งตวงส่วนผสม หากใช้การตวงโดยปริมาตรจะมีโอกาสผิดพลาดมากกว่าการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนัก หากอัตราส่วนผสมคอนกรีตผิดไปจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงได้

2. การผสมคอนกรีต การผสมคอนกรีตจะต้องผสมวัสดุทำคอนกรีตให้รวมเป็นเนื้อเดียวกันให้มากที่สุด เพื่อให้น้ำมีโอกาสทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ได้อย่างทั่วถึง และเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์กระจายแทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างมวลรวมได้เต็มที่ ดังนั้นการผสมคอนกรีตหากกระทำอย่างไม่ทั่วถึงจะมีผลทำให้กำลังของคอนกรีตมีค่าไม่คงที่ได้

3. การลำเลียง การเท การอัดแน่นคอนกรีต จะมีอิทธิพลต่อกำลังอัดของคอนกรีต เพราะหากคอนกรีตเกิดการแยกตัวในขณะลำเลียงหรือเท จะมีผลทำให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้การทำให้คอนกรีตแน่นตัว หากทำได้ไม่เต็มที่ก็จะทำให้เกิดรูโพรงขึ้นในเนื้อคอนกรีต มีผลทำให้คอนกรีตมีค่าลดลงได้

2.2.4การบ่มคอนกรีต

1. ความชื้น มีอิทธิพลต่อกำลังของคอนกรีต เพราะปฏิกิริยาเคมีจะเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ในทางปฏิบัติมักจะบ่มคอนกรีตจนถึงอายุ 28 วัน เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวควรทำการบ่มด้วยความชื้นทันที

2. อุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงในขณะบ่ม จะทำให้อัตราการเพิ่มกำลังของคอนกรีตถูกเร่งให้เร็วขึ้น ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูง

3. เวลาที่ใช้ในการบ่ม หากสามารถบ่มคอนกรีตให้ชื้นอยู่ตลอดเวลาได้ยิ่งนานเท่าใด ก็จะยิ่งได้กำลังของคอนกรีตเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

2.2.5 ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

การก่อตัวและการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นขององค์ประกอบของปูนซีเมนต์ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นนั้นจะมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่กล่าวไว้ข้างต้น

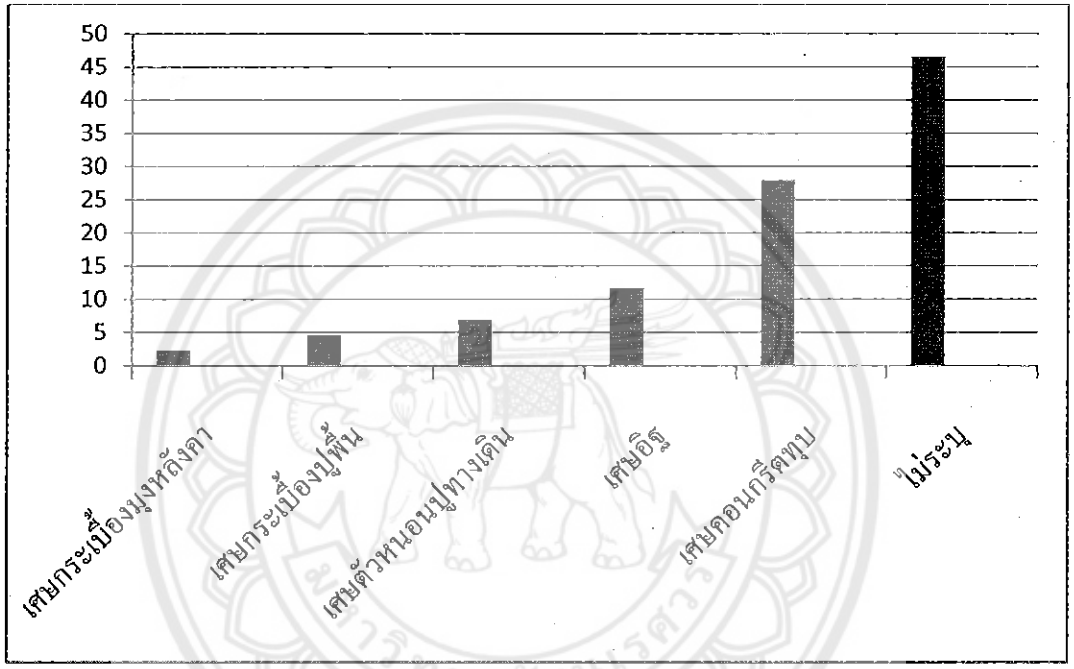
2.3สรุปงานวิจัยภายในประเทศ

ศักดิ์ชัย วงษ์ชัย [1] พบว่า เศษคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ได้คัดแยกค่าความต้านแรงอัดสามารถใช้เป็นมวลรวมหยาบแทนหินย่อยได้ แต่ต้องเป็นคอนกรีตที่มีความต้านแรงอัดไม่สูงมากนักคือไม่เกิน 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเพราะถ้ากำลังอัดสูงกว่านี้ การนำไปผสมจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่าจุดประสงค์ที่จะนำไปใช้งานกับคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างบ้านพักอาศัย, รั้วและถนนภายในอาคารเป็นต้นเศษคอนกรีตที่คัดเฉพาะที่มีความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรสามารถใช้เป็นมวลรวมหยาบแทนหินย่อยในการผสมคอนกรีตได้ถึงความต้านแรงอัด 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรซึ่งสามารถใช้กับคอนกรีตในงานก่อสร้างโครงสร้างขนาดใหญ่เช่น อาคารสูง, ถนน, สะพาน และคอนกรีตอัดแรงเป็นต้นแต่ต้องมีการศึกษาวิจัยคุณสมบัติของคอนกรีตด้านอื่นๆเพิ่มเติมเช่น โมดูลัสความยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซอง

เดชขจร เจริญรัตนาภิรมย์[2] พบว่า การใช้มวลรวมรีไซเคิลในการผลิตคอนกรีตไม่มีผลเสียต่อคุณสมบัติการรับกำลังทั้งแรงอัดและแรงดึง ถ้ายังควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ไว้ได้เทียบเท่าหรือต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบตามธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตาม ในการใช้มวลรวมรีไซเคิลนี้ก็ยังมีข้อเสียคือวัตถุดิบมวลรวมรีไซเคิลจะมีค่าการดูดซึมที่สูงกว่ามวลรวมปกติ อันเนื่องมาจากส่วนของเพสต์และมอร์ตาร์ ที่ติดมาด้วย ซึ่งแก้ไขได้โดยการใช้สารลดน้ำในปริมาณที่สูงขึ้น เพื่อให้ยังคงความสามารถในการเท (workability) ไว้ได้เท่าเดิม แต่ในงานบางงานพบว่า การใช้มวลรวมหยาบรีไซเคิลนี้กับมวลรวมละเอียดตามธรรมชาติไม่ได้ทำให้คอนกรีตมีความต้องการน้ำเพิ่มแต่อย่างใดส่วนผสมของเพสต์และมอร์ตาร์ที่ติดมาด้วยกับมวลรวมรีไซเคิล จะทำให้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรีไซเคิลนั้นต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมปกติ เป็นผลทำให้คอนกรีตเกิดการหดตัว (Shrinkage) และการคืบมากกว่ามาก โดยเฉพาะเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของการใช้มวลรวมรีไซเคิลเพิ่มขึ้น

2.4ข้อมูลที่ได้จากการแข่งขันคอนกรีตพลังช้างประเภทรักษ์โลก ครั้งที่ 13

จากการไปแข่งขันคอนกรีตกำลังตามเป้าหมายรักษ์โลก ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในครั้งนี้ ทางคณะกรรมการได้กำหนดปริมาณการใช้วัสดุรีไซเคิลที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของมวลรวมหยาบเป็น 50% ของมวลรวมหยาบทั้งหมด ทั้งนี้มีผู้ร่วมเข้าแข่งขันทั้งหมด 43 ทีม ซึ่งแต่ละทีมมีการใช้วัสดุรีไซเคิลที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

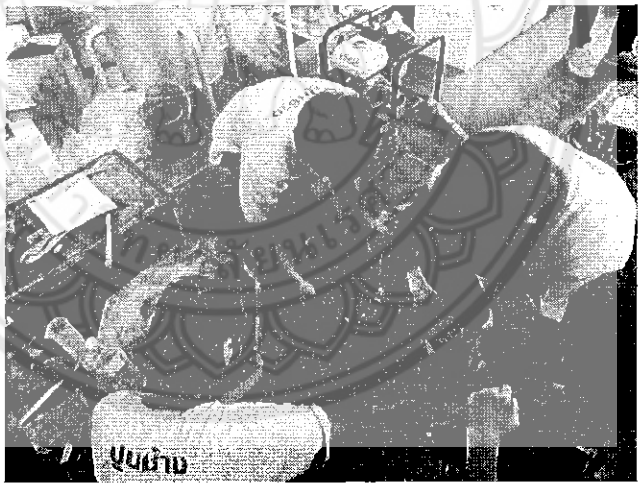


รูปที่ 2.1 แสดงประเภทการใช้เศษวัสดุธรรมชาติในการผสมแทนที่มวลรวมหยาบ

จากรูปที่2.1 สรุปได้ว่า จากผู้เข้าแข่งขันที่เปิดเผยข้อมูลทีมตัวเอง ว่าใช้วัสดุรีไซเคิลใดในการแข่งขันทั้งหมด 23 ทีม คิดเป็น ร้อยละ 53.50 และร้อยละ 27.91 นั้นใช้คอนกรีตทุบในการแข่งขัน ซึ่งมากที่สุดในบรรดาวัสดุรีไซเคิลอื่นๆ โดยขาดที่ใช้คือผ่านตะแกรงขาด 1/2 และผ่านตะแกรงขนาด 3/8 (เป็นขนาดที่กติกากำหนด)จึงเป็นผลสรุปได้ว่า วัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาผสมกับมวลรวมหยาบตามธรรมชาติ(หิน) คือเศษคอนกรีตทุบ.เพราะว่ามีความแข็ง กลม เนื่องจากมีหินเป็นส่วนประกอบ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้เศษคอนกรีตทุบก็มีความแปรปรวน เพราะไม่สามารถระบุได้ว่าคอนกรีตที่นำมาทุบนั้นมีกำลังอัดเท่าไหร่ และคงไม่เท่ากันทุกก้อน เป็นผลทำให้การผสมเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่ายและผลที่ตามมาอีกอย่างคือกำลังที่จะลดต่ำลงเพราะไม่ได้ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมด ผู้เข้าแข่งขันหลายๆทีมจึงใช้สารผสมเพิ่มในการผสมคอนกรีต โดยร้อยละ 83.72 ใช้สารผสมเพิ่มเช่น สารลดน้ำ เพื่อเพิ่มกำลังอัดให้ได้ตามเป้าหมาย ภายใน 24 ชั่วโมง

มีเพียงร้อยละ 16.28เท่านั้นที่ไม่ใช้สารผสมเพิ่ม แต่เร่งปฏิกิริยาเพื่อให้ได้กำลังอัดตามเป้าหมายด้วยวิธีการบ่มต่างๆ เช่นการบ่มด้วยน้ำร้อน บ่มด้วยความดัน การนึ่ง การต้ม เป็นต้น

รูปที่ 2.2ภาพการเทส่วนผสมลงไปขณะแข่งขัน



รูปที่ 2.3 การผสมคอนกรีตระหว่างการแข่งขัน

2.5บทสรุป

การผสมเศษคอนกรีตรีไซเคิลเป็นส่วนผสมในคอนกรีต มีผลทั้งการทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดมากขึ้น การนำเศษคอนกรีตรีไซเคิลมาผสมในคอนกรีตแทนหินนั้นสามารถใช้ได้จริง กำลังรับแรงอัดที่ได้สูงพอที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้าง โดยประสิทธิภาพของเศษคอนกรีตที่มีกำลังอัดไม่ต่ำกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรนั้นยังสูงกว่าการใช้หินในการผสมด้วย ทั้งนี้เป็นการวิจัยโดยการผสมด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด โดยที่ยังขาดการศึกษาเกี่ยวกับการผสมเศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนต่างๆ ซึ่งจะผสมรวมกับหินด้วย ดังนั้นทางกลุ่มผู้ศึกษาจึงได้มุ่งเน้นความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของเศษคอนกรีตรีไซเคิลที่มีผลต่อการรับกำลังอัดของคอนกรีต เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการทำนายกำลังอัดของคอนกรีต

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ขั้นตอนการเตรียมวัสดุ ขั้นตอนการผสม และขั้นตอนการทดสอบกำลังอัด

3.1 วัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

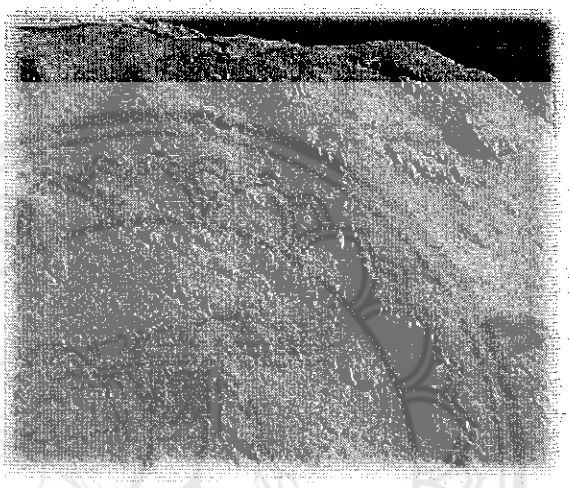
3.1.1ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่นำมาใช้ในการผสมคอนกรีตเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ที่ใช้ในงานโครงสร้างทั่วไป มีค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15 ปูนซีเมนต์ ได้มาตรฐาน มอก. 15 เล่ม 1-2547 ใช้ปูนซีเมนต์จากแหล่งผลิตที่จังหวัดลำปาง

รูปที่ 3.1ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

3.1.2 ทราย

ทรายที่ใช้ในการทดสอบ คือ ทรายแม่น้ำ ดังแสดงในรูป 3.2 โดยมีแหล่งผลิตอยู่ที่จังหวัดกำแพงเพชรคุณสมบัติแสดงตาม ตารางที่3.1 การเตรียมทรายที่จะใช้ในการทดสอบ ทำการร่อนให้ได้ขนาดที่ต้องการคือ ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 หลังจากนั้นนำไปล้างให้สะอาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำออกจากเตาอบ จะบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้น

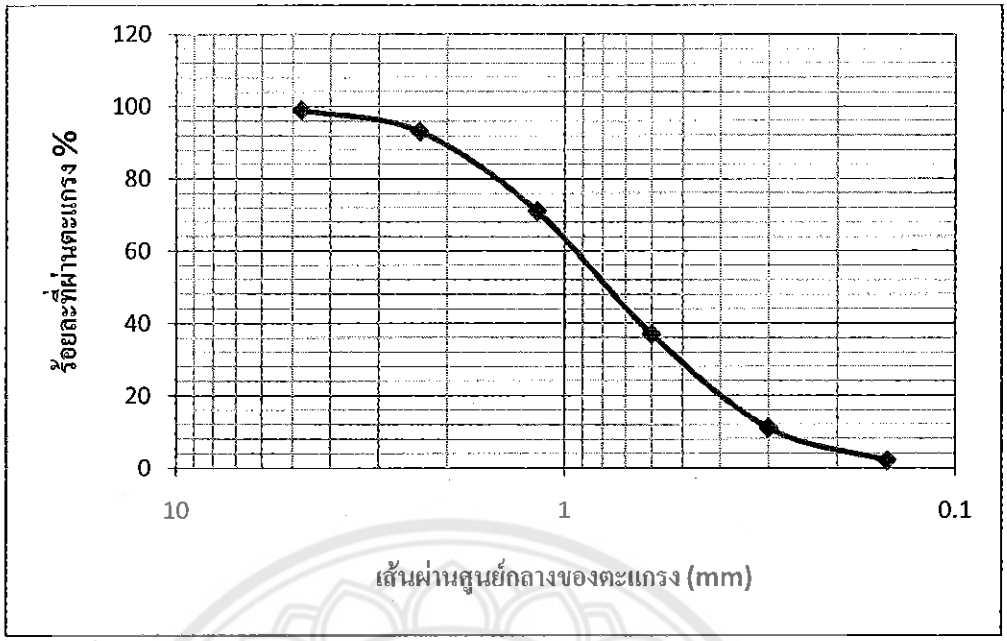


รูปที่ 3.2 ทรายที่ใช้ในการทดสอบ

โดยคุณสมบัติ ของทรายที่ทดสอบมีดังนี้

ตารางที่ 3.1แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของทราย

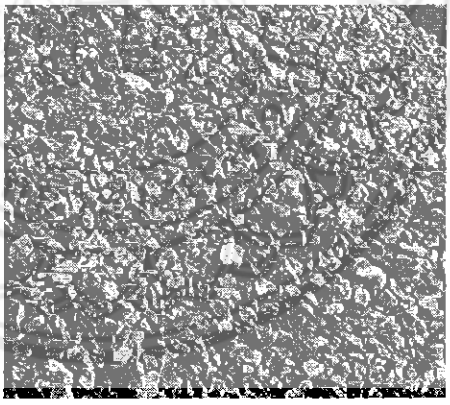
การทดสอบ	ผลการทดสอบ
ขนาดคละ	ดังรูปที่ 3.3
ค่าดูดซึม	1.0
ความถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง	2.61
โมดูลัสความละเอียด	2.78



รูปที่3.3แสดงกราฟการกระจายขนาดคละของมวลรวมละเอียด

3.1.3 หิน

หินที่ใช้ในการทดสอบ คือ หินปูน (Limestone) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



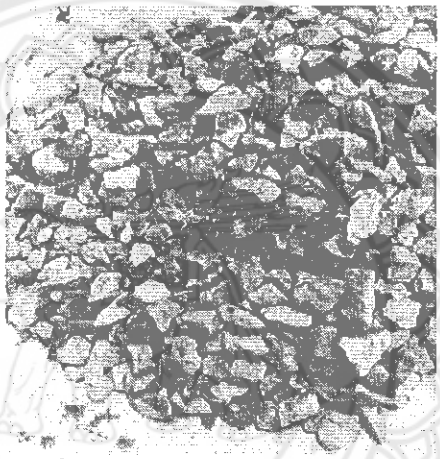
รูปที่ 3.4หิน

ในการเตรียมหินที่จะใช้ทดสอบ นำหินไปเข้าเครื่องเขย่า (Sieve Shaker) เพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ คือ 1/2 นิ้วหลังจากนั้นล้างให้สะอาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำออกจากตู้อบ จะบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้น ซึ่งคุณสมบัติของหินที่ทดสอบมีดังนี้

ตารางที่ 3.2แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของหิน

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
ขนาดคละ	1”- #4
ค่าดูดซึม	0.3
ความถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง	2.86

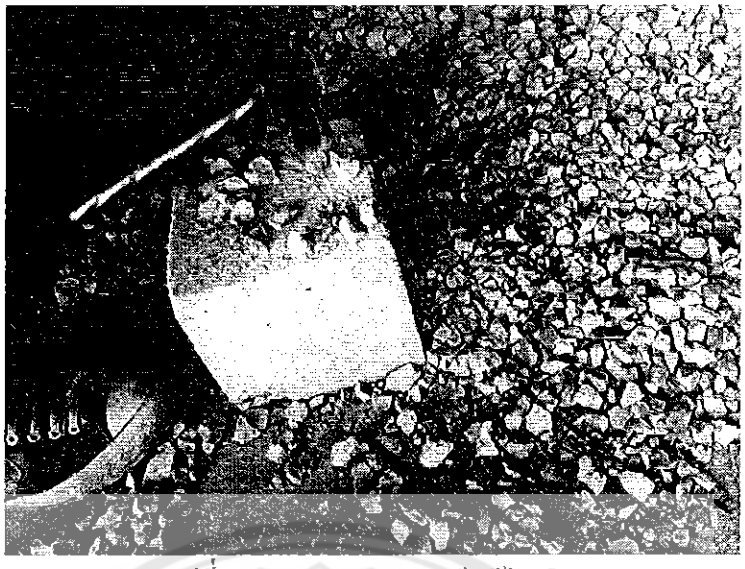
3.2 เศษคอนกรีตรีไซเคิล



รูปที่3.5เศษคอนกรีตรีไซเคิล

เศษคอนกรีตที่นำมาย่อยครั้งนี้ได้จากเศษคอนกรีตที่ทดสอบทั่วไปไม่ได้คัดแยกและเศษคอนกรีตที่คัดแยกเฉพาะที่มีความต้านแรงอัดมากกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรการย่อยเศษคอนกรีตนี้ใช้การทุบ เมื่อได้ก้อนเล็กลงแล้วก็นำเข้าเครื่องเขย่า (Sieve Shaker) ฝุ่นและเศษคอนกรีตที่มีขนาดโตออกเหลือเฉพาะเศษคอนกรีตที่มีขนาดที่ต้องการคือ 1/2และ 3/8 นิ้วหลังจากนั้นล้างให้สะอาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเมื่อนำออกมาจากเตาอบ จะนำไปบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้นซึ่งการนำเศษคอนกรีตมารีไซเคิลนั้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ในการแข่งขันครั้งแรก เศษคอนกรีตได้จากก้อนคอนกรีตที่ถูกทดสอบกำลังอัดแล้วหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา โดยไม่ทราบค่ากำลังอัด
2. ในการข่งขันครั้งที่สอง เศษคอนกรีตได้จากก้อนคอนกรีตที่หล่อขึ้นมาโดยทราบกำลังอัดโดยแต่ละก้อนมีค่ากำลังอัดในช่วง 350 – 380 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 3.6การทุบเศษคอนกรีตรีไซเคิล

ตารางที่3.3แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของเศษคอนกรีต

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
ขนาดคละ	1”- #4
ค่าดูดซึม	5.3
ความถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง	2.01

3.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

ในการผสมคอนกรีตสำหรับงานวิจัยนี้จะมีการผสม 2 แบบคือ การผสมแห้งโดยไม่ปรับความชื้นและแบบที่มีการชดเชยน้ำ เนื่องจากมีการดูดซึมน้ำโดยตัวของเศษคอนกรีต

3.3.1 อัตราส่วนผสมแบบไม่ปรับความชื้น

อัตราส่วนผสมนี้เป็นการผสมแบบไม่ปรับความชื้น เป็นอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 1 ก้อนตัวอย่าง โดยจะเปลี่ยนเฉพาะอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมหยาบและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่านั้น ปริมาณทรายและปูนซีเมนต์จะมีค่าคงที่ร้อยละ 32.94 ของมวลรวมทั้งหมดต่อ 1 ก้อนตัวอย่าง

ตารางที่ 3.4การผสมแบบไม่ปรับความชื้น

ลำดับที่	มวลรวมหยาบ (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์)			อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
	หิน	การแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต		
	12.50 มม.	ขนาด 12.50 มม.	ขนาด 9.50มม.	
1	50	35	15	40
2				50
3				60
4	40	42	18	40
5				50
6				60
7	20	56	24	40
8				50
9				60
10	100	0	0	40
11				50
12				60
13	0	70	30	40
14				50
15				60

ตัวอย่างการคิดปริมาณมวลรวม

มวลรวมทั้งหมดของก้อนตัวอย่าง 1 ก้อนคือ ทราย ปูน หิน เศษคอนกรีต ปริมาณมวลรวมทั้งหมดเท่ากับ 8.43 กิโลกรัม ดังนั้นจะได้ปปริมาณมวลรวมในลำดับที่ 1 ดังนี้

ปูน = ร้อยละ 32.94 ของมวลรวมทั้งหมด $=8.43\times\frac{32.94}{100}=2.78$ กิโลกรัม

ทราย = ร้อยละ 32.94 ของมวลรวมทั้งหมด $=8.43\times\frac{32.94}{100}=2.78$ กิโลกรัม

ปริมาณหินและเศษคอนกรีต(มวลรวมหยาบ) จะเหลือ 8.43-2.78-2.78= 2.87 กิโลกรัม

ปริมาณหิน = ร้อยละ 50 ของมวลรวมหยาบ $=2.87\times\frac{50}{100}=1.435$ กิโลกรัม

ปริมาณเศษคอนกรีตขนาด 12.50 mm

= ร้อยละ 35 ของมวลรวมหยาบ =$2.87\times\frac{35}{100}$ = 1.005 กิโลกรัม

ปริมาณเศษคอนกรีตขนาด 9.50 mm

= ร้อยละ 35 ของมวลรวมหยาบ =$2.87\times\frac{15}{100}$ = 0.43 กิโลกรัม

3.3.2 อัตราส่วนผสมแบบปรับความชื้น

อัตราส่วนผสมนี้เป็นการผสมแบบปรับความชื้น เพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไปจากการดูดซึมของเศษคอนกรีต โดยจะชดเชยเท่ากับค่าการดูดซึมน้ำของเศษคอนกรีตที่ทดลองไว้คือ ร้อยละ 5.3 โดยจะชดเชยเฉพาะการดูดซึมของเศษคอนกรีตเท่านั้น เพราะส่วนผสมอื่นได้มีการควบคุมให้เหมือนกันหมดแล้ว ซึ่งอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 1 ก้อนตัวอย่าง โดยจะเปลี่ยนเฉพาะอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมหยาบและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่านั้น ปริมาณทรายและปูนซีเมนต์จะมีค่าคงที่ร้อยละ 32.94 ของมวลรวมทั้งหมดต่อ 1 ก้อนตัวอย่าง

ตารางที่ 3.5การผสมแบบปรับความชื้น

ลำดับที่	มวลรวมหยาบ (คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์)			อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
	หิน	การแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต		
	12.50 มม.	ขนาด 12.50 มม.	ขนาด 9.50มม.	
1	20	56	24	45.3
2				55.3
3				65.3
4	100	0	0	45.3
5				55.3
6				65.3
7	0	70	30	45.3
8				55.3
9				65.3

3.3.3 ขั้นตอนการผสม

จากตารางที่ 3.4แสดงสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่มีการผสมแบบแห้ง ไม่มีการชดเชยน้ำ ส่วนผสมทั้งหมดจะถูกผสมในถาดผสมด้วยมือ (ดังแสดงในรูปที่ 3.6)โดยในการผสมนั้นเหมือนกับการผสมคอนกรีตทั่วไป เริ่มจากการเตรียมอุปกรณ์แล้วนำผ้าชุบน้ำมาเช็ดอุปกรณ์การผสมทุกชิ้น เพื่อป้องการการดูดน้ำของอุปกรณ์ซึ่งอาจมีผลต่อกำลังอัด หลังจากนั้นนำปูนซีเมนต์กับทรายมาคลุกเคล้ากันแล้วเทน้ำส่วนหนึ่งลงไป เมื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดีแล้วก็ใส่หินและเศษคอนกรีตลงไปคลุกส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน หลังจากนั้นเทน้ำที่เหลือลงไปทั้งหมดโดยเวลาที่ใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นจะใช้เวลาประมาณ 15 นาที ต่อการผสมตัวอย่างหนึ่งก้อน

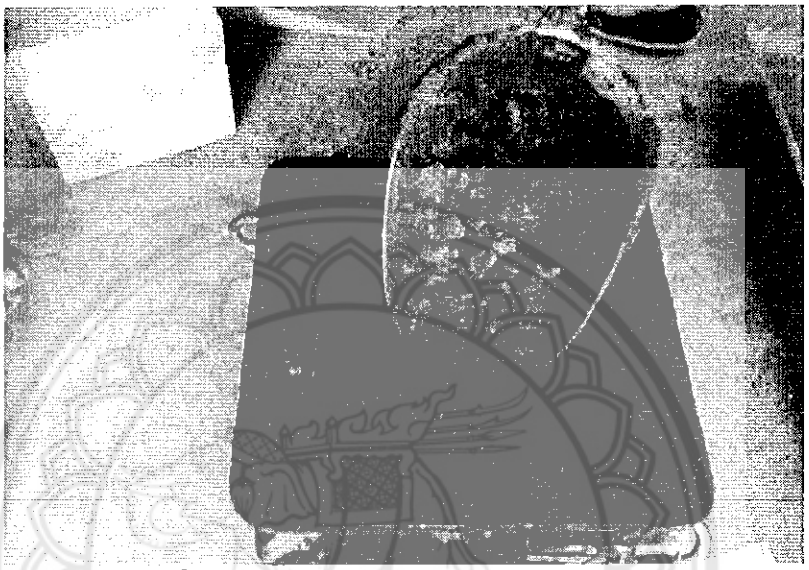
จากตารางที่ 3.5แสดงสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่มีการผสมแบบชดเชยน้ำ โดยค่าการดูดซึมน้ำของเศษคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 5.3 % ในการผสมจะต้องชดเชยน้ำที่ดูดซึมไปโดยเศษคอนกรีต

รูปที่ 3.7 แสดงการผสมคอนกรีตในถาดผสมด้วยมือ

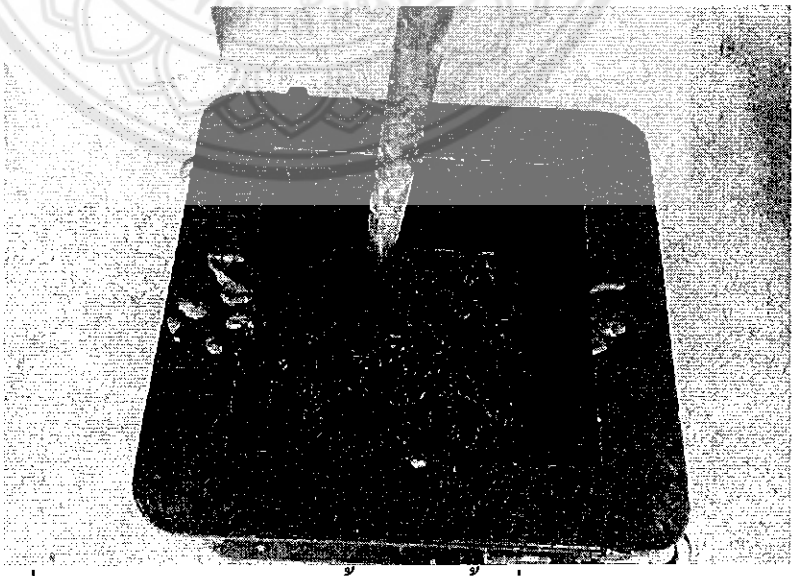
รูปที่ 3.8 แสดงการผสมคอนกรีตให้เข้ากัน ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

3.3.4การเข้าแบบ

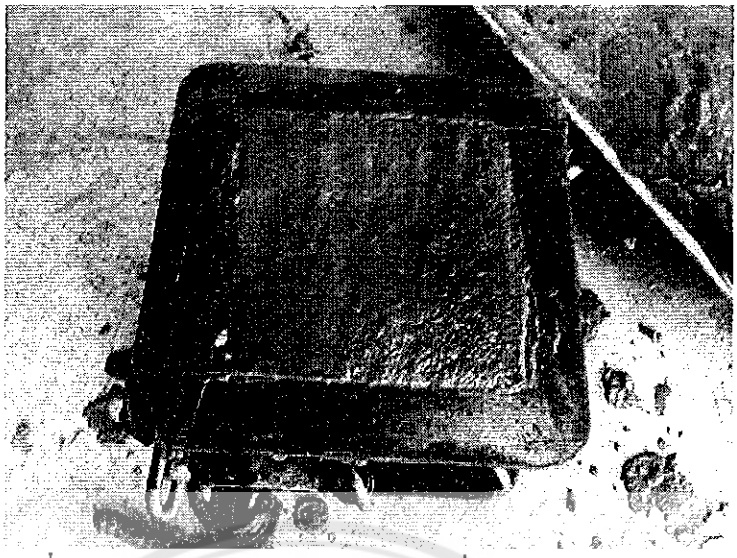
การเทคอนกรีตลงแบบจะเททั้งหมด 3 ชั้น และแต่ละชั้นจะต้องตำด้วยเหล็กตำ ชั้นละ 25 ครั้ง เพื่อไล่ฟองอากาศ และไม่เกิดช่องว่างภายในคอนกรีต(ดังแสดงในรูปที่ 3.9) เมื่อใส่คอนกรีตจนเต็มแบบแล้วก็แต่งหน้าคอนกรีตให้เรียบ เพื่อง่ายต่อการทดสอบกำลังอัด (ดังแสดงในรูปที่ 3.10)



รูปที่ 3.9แสดงการเทคอนกรีตลงแบบ



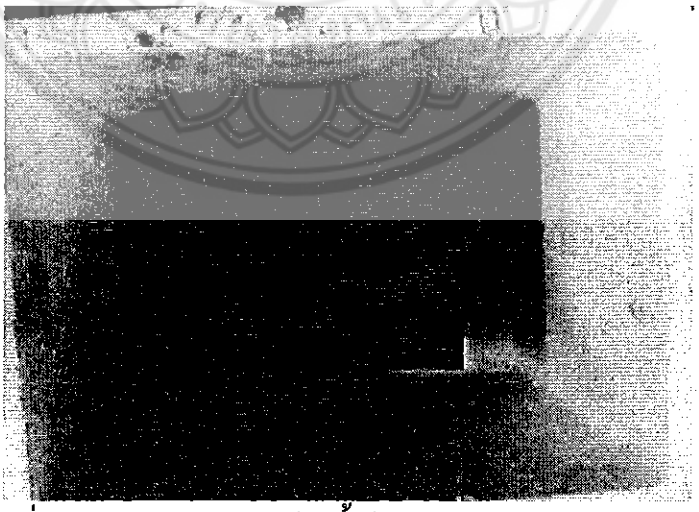
รูปที่ 3.10แสดงการตำคอนกรีตชั้นละ 25 ครั้ง เพื่อไล่ฟองอากาศ



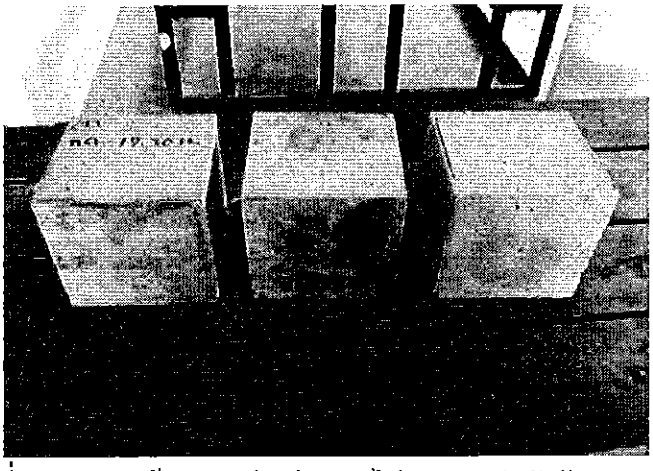
รูปที่ 3.11การแต่งหน้าคอนกรีตให้เรียบเพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบกำลังอัด

3.3.5 การบ่ม

เมื่อเทคอนกรีตลงแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะปล่อยให้ก้อนคอนกรีตแข็งตัวอยู่ในแบบเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อผ่านไป 6 ชั่วโมงจะนำก้อนคอนกรีตออกจากแบบแล้วนำไปบ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสในกล่องโฟมที่ปิดสนิท เป็นเวลา 15 ชั่วโมง (ดังแสดงในรูป 3.10) เพื่อให้ก้อนตัวอย่างมีกำลังอัดเพิ่มสูง เทียบเท่ากับการบ่มด้วยน้ำธรรมดาที่เวลา 28 วัน



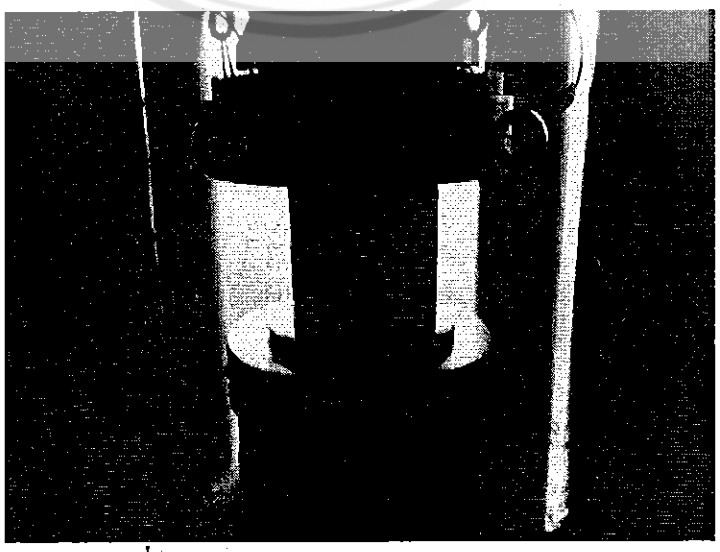
รูปที่ 3.12 การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำร้อนภายในกล่องโฟม



รูปที่ 3.13 แสดงก้อนตัวอย่างก่อนนำไปทดสอบกำลังอัด

3.3.6การทดสอบ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของเศษคอนกรีตรีไซเคิล ที่มีต่อคุณสมบัติด้านการรับแรงอัดของก้อนคอนกรีต เริ่มจากการนำก้อนตัวอย่างออกจากกล่องโฟมที่ใช้บ่ม ก่อนที่จะกดก้อนคอนกรีต เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ดังแสดงในรูปที่ 3.12) เพื่อให้ก้อนตัวอย่างมีอายุตามที่กำหนด แล้ววัดขนาดและชั่งน้ำหนักก้อนคอนกรีต ทำความสะอาดก้อนคอนกรีตและผิวแท่นกดทั้งบนและล่างของเครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด นำก้อนคอนกรีตไปวางให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของเครื่องกด แล้วเปิดเครื่องทดสอบให้น้ำหนักกดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่อยู่ในช่วง 13-34 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงอัดรุ่น 2091.2000 ยี่ห้อ Toni Technick โดยจะทดสอบ 1 ก้อนตัวอย่างต่อ 1 อัตราส่วน



รูปที่3.14 แสดงการทดสอบกำลังอัดก้อนตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้เป็นการแสดงผลการศึกษาถึงอิทธิพลของเศษคอนกรีตรีไซเคิลที่ผสมในสัดส่วนต่างๆ ที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีต โดยส่วนแรกจะเป็นผลการทดสอบจากการผสมด้วยการกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ด้วยหลายๆอัตราส่วน และส่วนที่สองจะเป็นการพัฒนาแนวทางในการทำนายกำลังอัดของการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตในอัตราส่วนต่างๆที่ได้จากการทดสอบในส่วนแรก

4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

4.1.1ผลการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตแบบไม่ปรับความชื้น

จาก ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงส่วนผสมคอนกรีตที่เป็นการผสมแบบไม่ปรับความชื้น จากการผสมด้วยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 ร้อยละ 50 และร้อยละ 60 โดยส่วนผสมลำดับที่ 1 - 3 เป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีต ในอัตราส่วนร้อยละ 50 ส่วนผสมในลำดับที่ 4 – 6 เป็นคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ส่วนผสมในลำดับที่ 7 – 9 เป็นคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 ส่วนผสมในลำดับที่ 10 - 12 เป็นคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมด ส่วนผสมในลำดับที่ 13 – 15 เป็นคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด ได้ค่ากำลังอัดดัง ตารางที่ 4.1

สำหรับลำดับการผสมที่ 1 – 3 เป็นการผสมแบบไม่ปรับความชื้น เป็นข้อมูลการแข่งขันในปี 2554 ใช้เศษคอนกรีตที่ไม่ได้คัดแยกในการผสม มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 50 ที่อายุ 24 ชั่วโมง โดยแกนในแนวดิ่งคือ ค่ากำลังอัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แกนในแนวราบคือ อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผสม โดยการผสมจะใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 ร้อยละ 50 และร้อยละ 60 ได้ค่ากำลังอัด 458 ,365 ,258 kscตามลำดับ เนื่องจากในปี 2554 นั้นมีการผสมแบบแทนที่ด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 50 เท่านั้น จึงไม่มีกราฟเปรียบเทียบ

รูปที่ 4.1แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหินทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุก

อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสมโดยแกนในแนวดิ่งคือ ค่ากำลังอัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อ-ตารางเซนติเมตร แกนในแนวราบคือ ร้อยละการแทนที่ของเศษคอนกรีตเป็นข้อมูลที่ได้จากการแข่งขันในปี 2555 และจากการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม โดยค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 60 เท่ากับ 460 kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 80เท่ากับ 470 kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมดเท่ากับ 472 kscและค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการใช้หินทั้งหมด เท่ากับ 450 ksc

รูปที่ 4.2แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสมค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 60 เท่ากับ 380kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 80 เท่ากับ 382kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด เท่ากับ 398kscและค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการใช้หินทั้งหมด เท่ากับ 355ksc

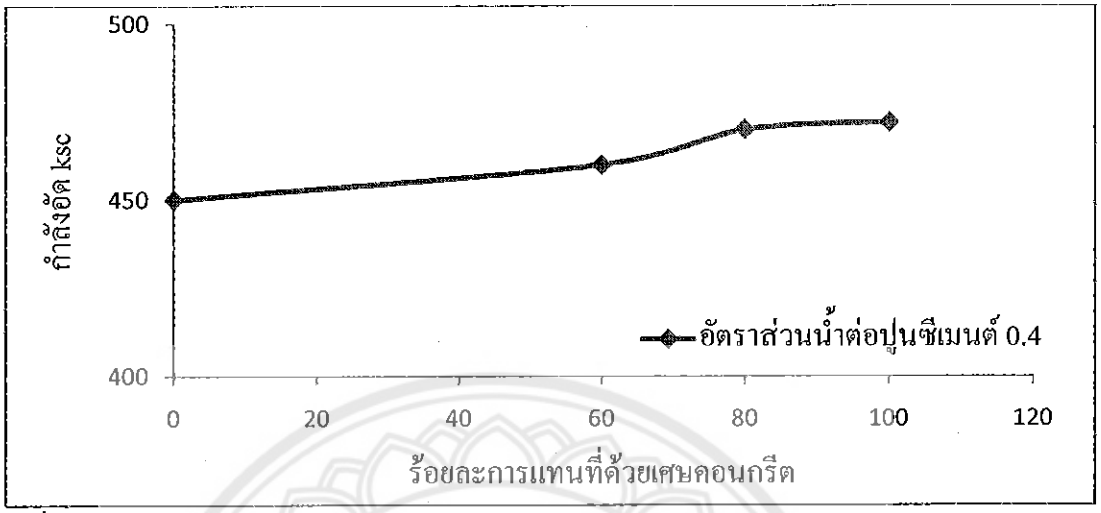
รูปที่ 4.3แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.6 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสมค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 60 เท่ากับ 268kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 80 เท่ากับ 278kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด เท่ากับ 280kscและค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการใช้หินทั้งหมด เท่ากับ 245ksc

จากการทดลองผสมพบว่าการผสมคอนกรีตด้วยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4 จะให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด และการผสมโดยมีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมดจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงที่สุด ส่วนการผสมที่ให้ค่ากำลังต่ำที่สุดคือการผสมคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมดและผสมโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.6

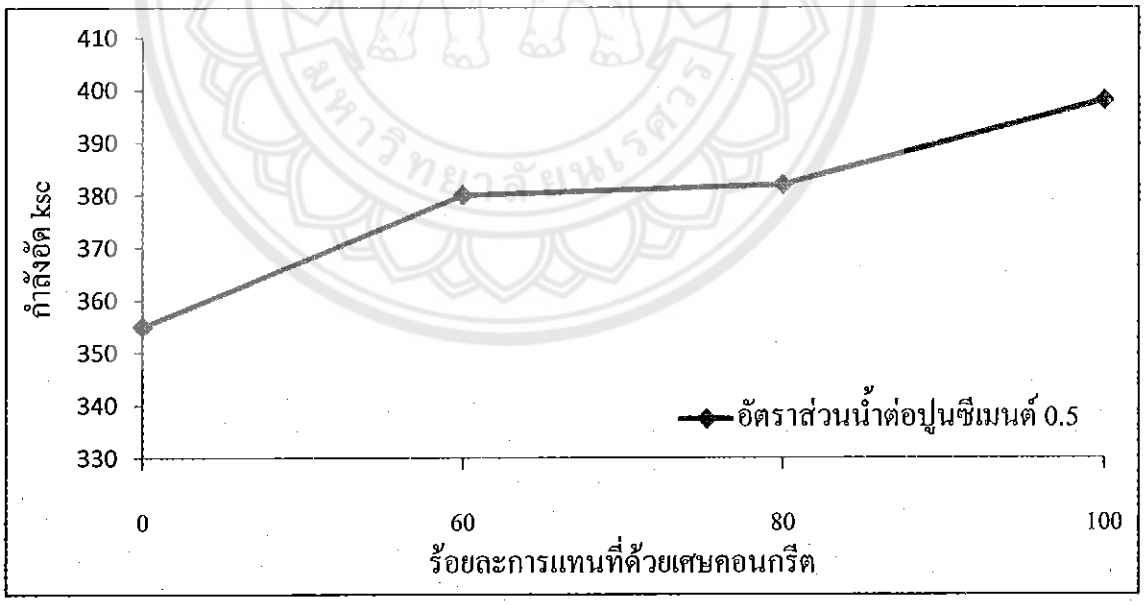
ตารางที่ 4.1แสดงค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมแบบไม่ปรับความชื้น

ลำดับที่	ร้อยละการแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต	มวลรวมหยาบ (กิโลกรัม)			น้ำ (กิโลกรัม)	กำลังอัด ksc
		หิน 12.50 มม.	การแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต			
			ขนาด 12.50 มม.	ขนาด 9.50 มม.		
1	50	1.39	0.973	0.417	1.112	458
2					1.390	365
3					1.668	258
4	60	1.148	1.142	0.490	1.112	460
5					1.390	380
6					1.668	268
7	80	0.574	1.607	0.689	1.112	470
8					1.390	382
9					1.668	278
10	0	2.78	0	0	1.112	450
11					1.390	355
12					1.668	245
13	100	0	2.016	0.864	1.112	472
14					1.390	398
15					1.668	280

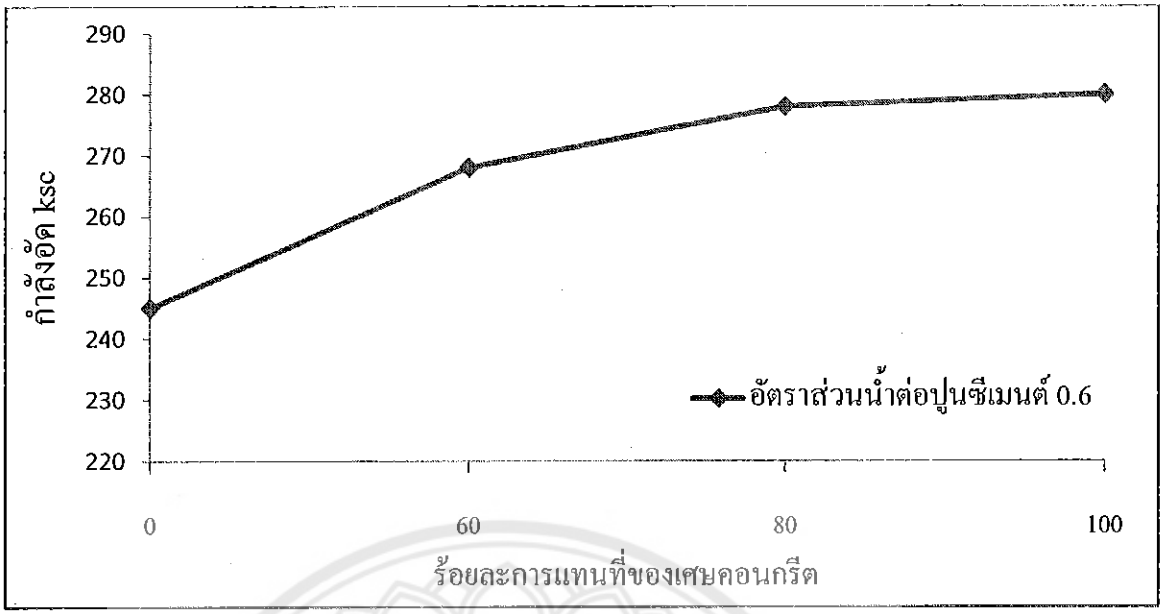
4.1.2กราฟที่ได้จากการทดลองผสมคอนกรีตแบบไม่ปรับความชื้น



รูปที่ 4.1แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์0.4 (จากการแข่งขันปี 2555 และการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม)



รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5(จากการแข่งขันปี 2555 และการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม)



รูปที่ 4.3แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบไม่ปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.6(จากการแข่งขันปี 2555 และการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม)

4.1.3 ผลการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตแบบปรับความชื้น

จากตารางที่ 3.5 ตารางแสดงส่วนผสมคอนกรีตที่เป็นการผสมแบบชดเชยน้ำ จากการผสมด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 40 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนผสมลำดับที่ 1 - 3 เป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีต ในอัตราส่วนร้อยละ 80 ลำดับที่ 4 - 6 เป็นคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ และส่วนผสมในลำดับที่ 7 – 9 เป็นคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด ได้ค่ากำลังอัดดัง ตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.4แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหินทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม โดยแกนในแนวดิ่งคือ ค่ากำลังอัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อ-ตารางเซนติเมตร แกนในแนวราบคือ ร้อยละการแทนที่ของเศษคอนกรีต เป็นข้อมูลจากการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม โดยค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 80 เท่ากับ 410 kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด เท่ากับ 420kscและค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการใช้หินทั้งหมด เท่ากับ 398ksc

รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม ค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 80 เท่ากับ 325 kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด เท่ากับ 348 kscและค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการใช้หินทั้งหมด เท่ากับ 301ksc

รูปที่ 4.6แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ60 ร้อยละ 80 การผสมด้วยหิน ทั้งหมดและเศษคอนกรีตทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น) ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์0.6 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม ค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตร้อยละ 80 เท่ากับ 220 kscค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการแทนที่มวลรวม

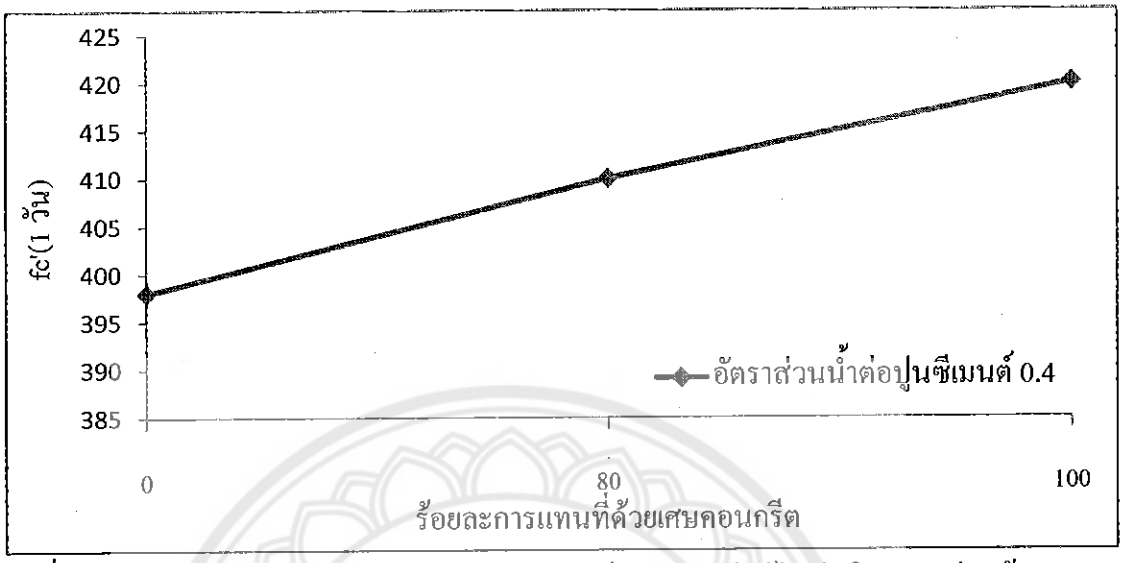
หยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด เท่ากับ 235 kscและค่ากำลังอัดที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยการใช้หินทั้งหมด เท่ากับ 182 ksc

จากการทดลองผสมพบว่าการผสมคอนกรีตด้วยอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.4 จะให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด และการผสมโดยมีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมดจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงที่สุด ส่วนการผสมที่ให้ค่ากำลังต่ำที่สุดคือการผสมคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมดและผสมโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.6เช่นเดียวกับการผสมแบบไม่ปรับความชื้น แต่เพราะการผสมแบบปรับความชื้นที่ต้องเพิ่มน้ำที่เศษคอนกรีตดูดซึมเข้าไปนั้นทำให้การผสมคอนกรีตมีปริมาณในการผสมมากขึ้นซึ่งถือว่ามีผลต่อกำลังอย่างมาก ในการที่จะผสมเพื่อใช้ในการก่อสร้างที่ต้องการกำลังอัดที่สูง แต่การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลผสมคอนกรีตในครั้งนี้เพื่อที่นำไปใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างที่มีกำลังอัดไม่มากนัก จึงสามารถผสมแบบปรับความชื้น หรือแบบไม่ปรับความชื้นก็ได้

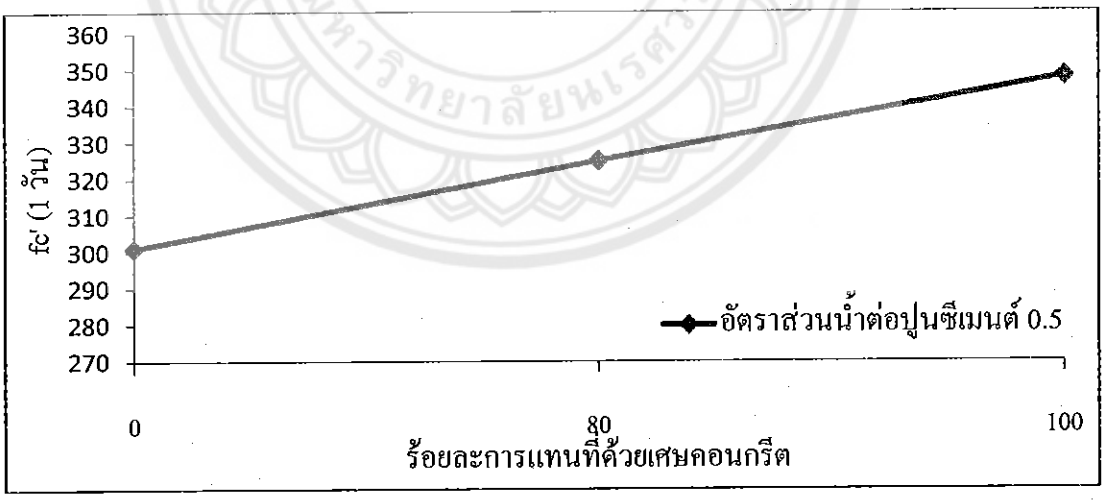
ตารางที่ 4.2แสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีการผสมแบบปรับความชื้น

ลำดับที่	ร้อยละการแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต	มวลรวมหยาบ (กิโลกรัม)			น้ำ (กิโลกรัม)	กำลังอัด ksc
		หิน 12.50 มม.	การแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต			
			ขนาด 12.50 มม.	ขนาด 9.50 มม.		
1	80	0.574	1.607	0.689	1.259	410
2					1.537	325
3					1.815	220
4	0	2.87	0	0	1.259	398
5					1.537	301
6					1.815	182
7	100	0	2.016	0.864	1.259	420
8					1.537	348
9					1.815	235

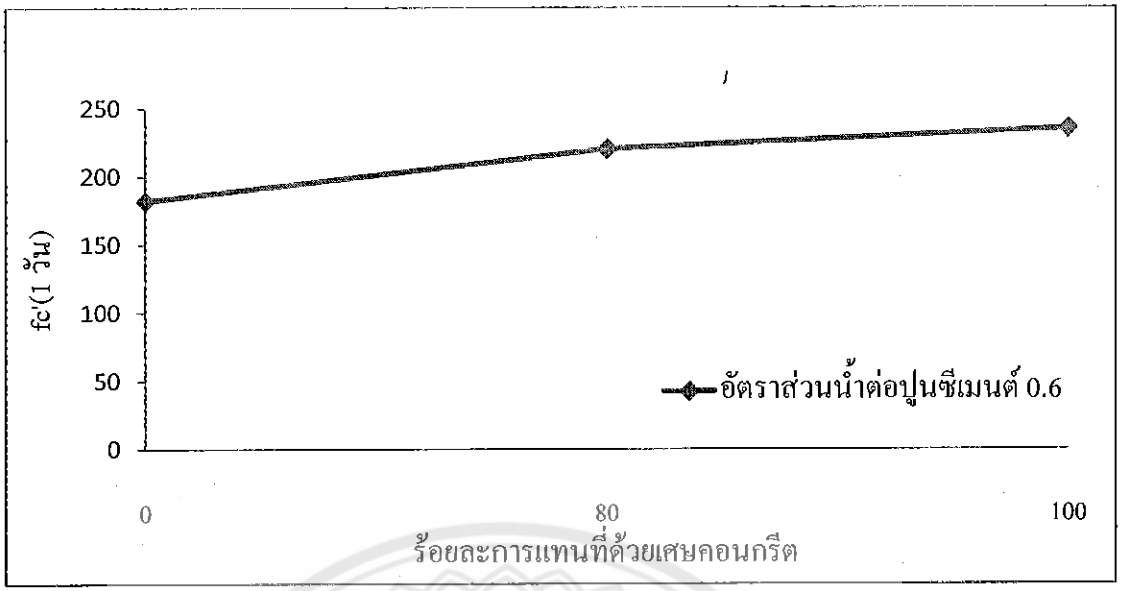
4.1.4 กราฟที่ได้จากการทดลองผสมคอนกรีตแบบปรับความชื้น



รูปที่ 4.4แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่าง การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 การใช้หินทั้งหมดกับการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น)ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.4 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม

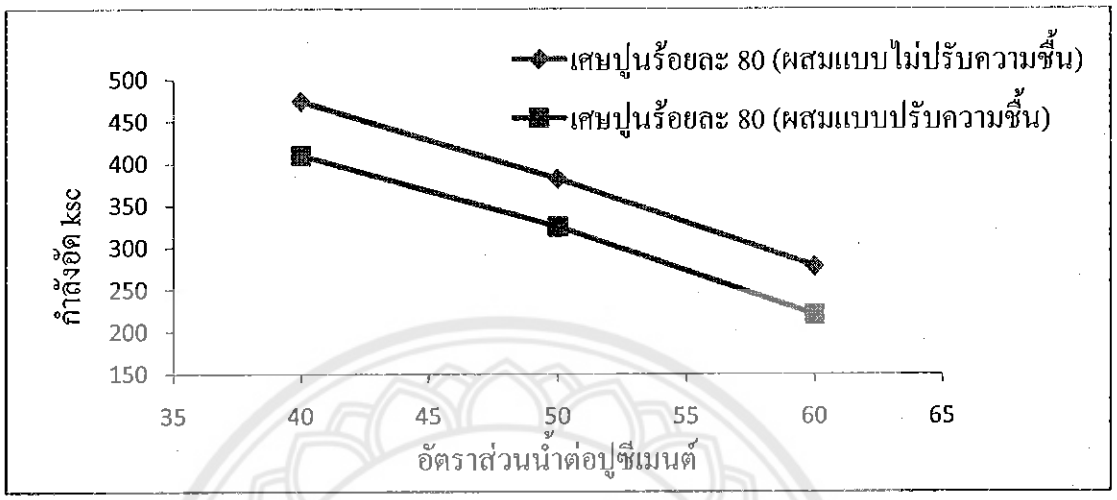


รูปที่ 4.5แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่าง การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 การใช้หินทั้งหมดกับการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น)ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.5 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม

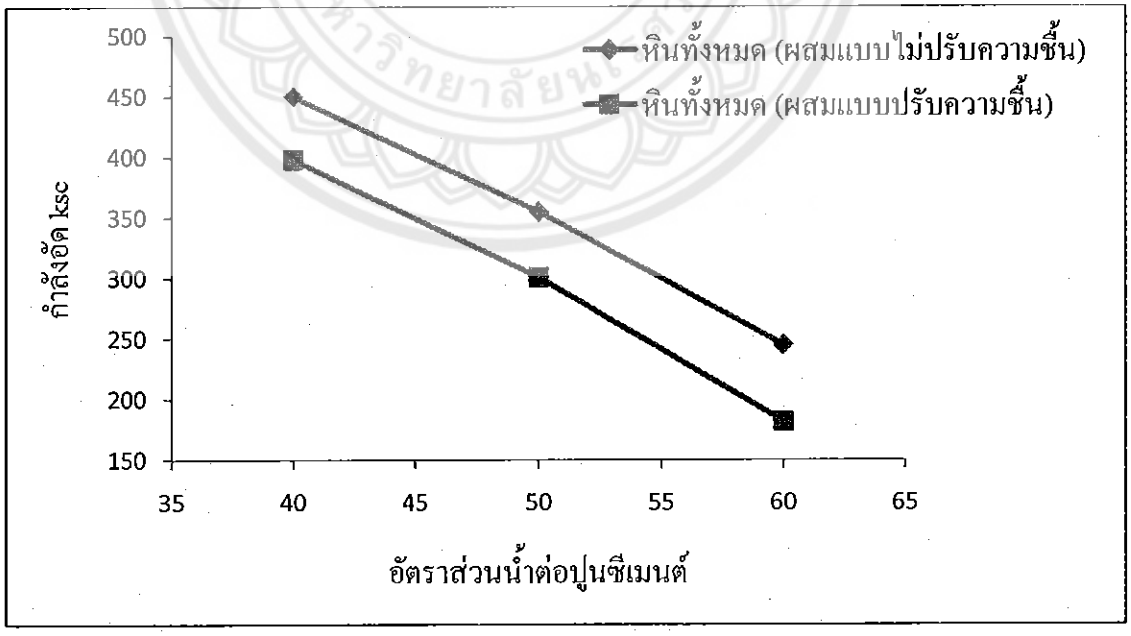


รูปที่ 4.6แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่าง การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละ 80 การใช้หินทั้งหมดกับการใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด (ผสมแบบปรับความชื้น)ในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 0.6โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม

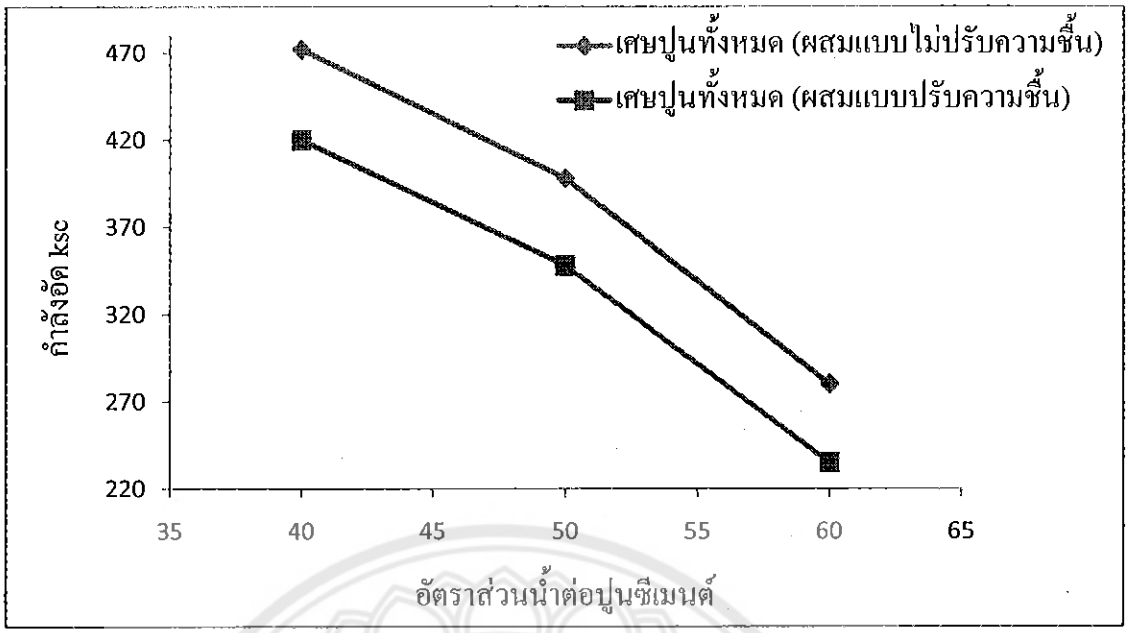
4.1.5 ผลการเปรียบเทียบแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตแบบไม่ปรับความชื้นและปรับความชื้น



รูปที่ 4.7แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแห้งและผสมแบบชดเชยน้ำของการผสมที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีต ร้อยละ 80โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม



รูปที่ 4.8แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแห้งและผสมแบบชดเชยน้ำของการผสมที่มีการแทนที่มีการใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมดโดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม



รูปที่ 4.9แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแห้งและผสมแบบชดเชยน้ำของการผสมที่มีการแทนที่มีการใช้เศษคอนกรีตเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมดโดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม

เปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ลดลงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3แสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดระหว่างการผสมแบบไม่ปรับความชื้นและการผสมแบบปรับความชื้น

ร้อยละการแทนที่ด้วยเศษคอนกรีต	อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์	กำลังอัดที่ได้จากการผสมแบบไม่ปรับความชื้น	กำลังอัดที่ได้จากการผสมแบบปรับความชื้น	ร้อยละของกำลังอัดที่ลดลง
80	40	474	410	13.50
	50	382	325	14.92
	60	278	220	20.86
หินทั้งหมด	40	450	398	11.56
	50	355	301	15.21
	60	245	182	25.71
เศษคอนกรีตทั้งหมด	40	472	420	11.02
	50	398	348	12.56
	60	280	235	16.07

4.2 การพิสูจน์กราฟเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำนายกำลังอัด

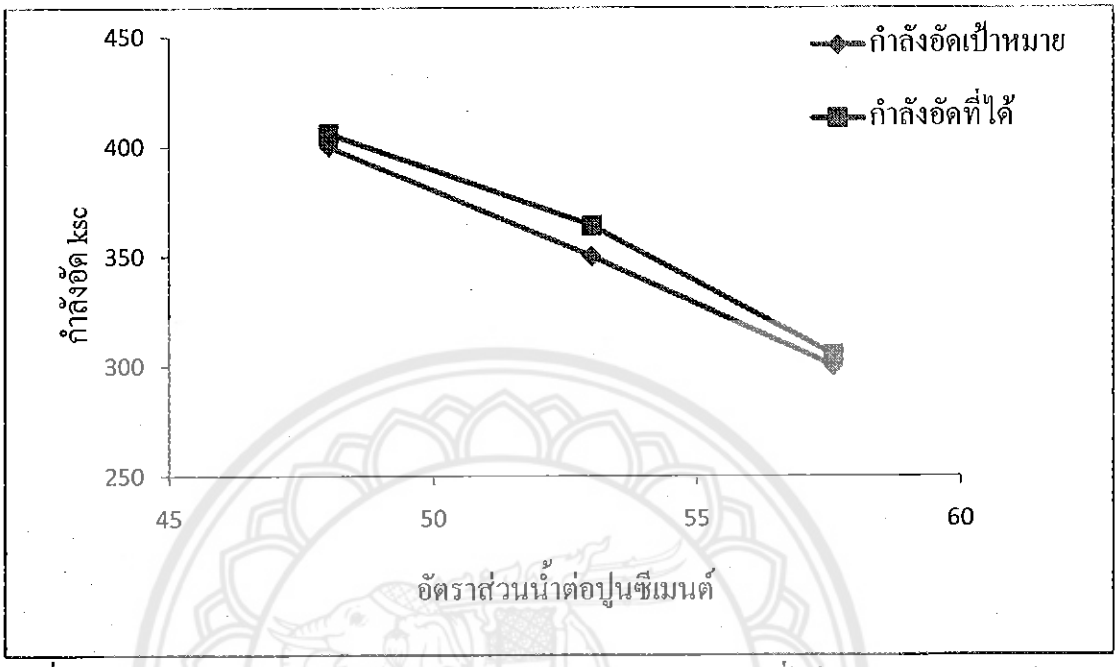
เนื่องจากการที่จะนำกราฟไปใช้งานจริงนั้น จะต้องมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือจึงมีการพิสูจน์กราฟก่อนนำไปใช้ โดยการเลือกกำลังอัดเป้าหมายที่ต้องการแล้วดูว่าปริมาณน้ำที่จะต้องใช้นั้นมีค่าเท่าไร หลังจากนั้นทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนใน ตารางที่ 3.1,3.2, 3.3 โดยเปลี่ยนปริมาณน้ำให้ตรงกับปริมาณน้ำที่ดูจากกรา โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในการบ่มที่ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการบ่ม 15 ชั่วโมง ความเร็วในการกดเป็นไปอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่อยู่ในช่วง 13 – 34 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที อายุของก้อนคอนกรีตที่ 24 ชั่วโมง ในที่นี้จะพิสูจน์ในส่วนของกราฟที่มีการศึกษาเพิ่มเติม ทั้งการผสมแบบไม่ปรับความชื้น และการผสมแบบปรับความชื้นดังนี้

4.2.1 การพิสูจน์กราฟด้วยการผสมแบบไม่ปรับความชื้น

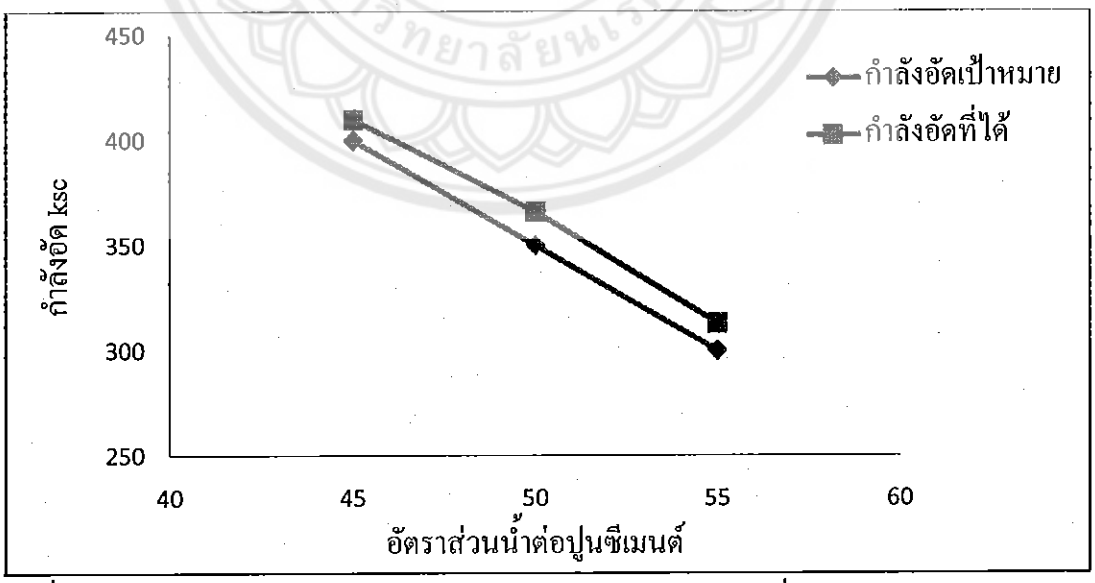
ตารางที่ 4.4แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในส่วนผสมอัตราส่วนต่างๆ (แบบไม่ปรับความชื้น)

อัตราส่วน เศษคอนกรีต : หิน	กำลังอัด เป้าหมาย(ksc)	อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	กำลังอัดที่ได้ (ksc)	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
80:20	400	48	406	1.63
	350	53	364	4.08
	300	57.6	305	1.71
หินทั้งหมด	400	45	410	2.5
	350	50	366	4.57
	300	55	313	4.33
เศษคอนกรีตทั้งหมด	400	51	408	2.00
	350	55	361	3.14
	300	57.6	310	3.33

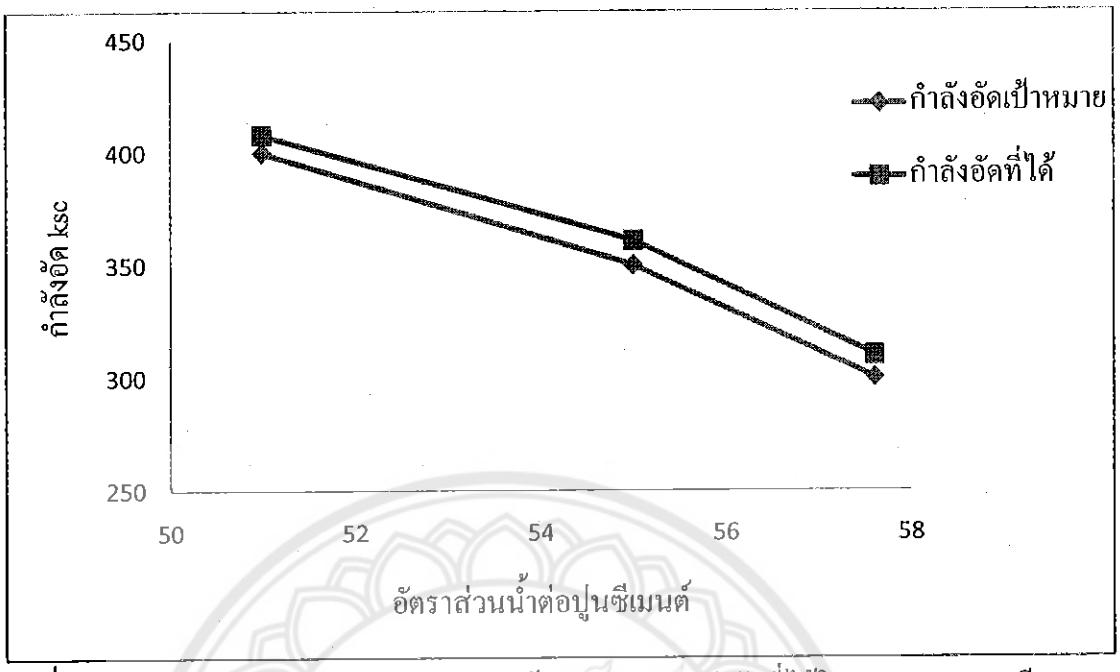
จากการพิสูจน์กราฟเพื่อใช้เป็นแนวทางการทำนายกำลังอัด ในการผสมแบบไม่ปรับความชื้นนั้นได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 และสามารถนำไปเขียนกราฟได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.10แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยคอนกรีตรีไซเคิลร้อยละ 80 โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม



รูปที่ 4.11แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมด โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม



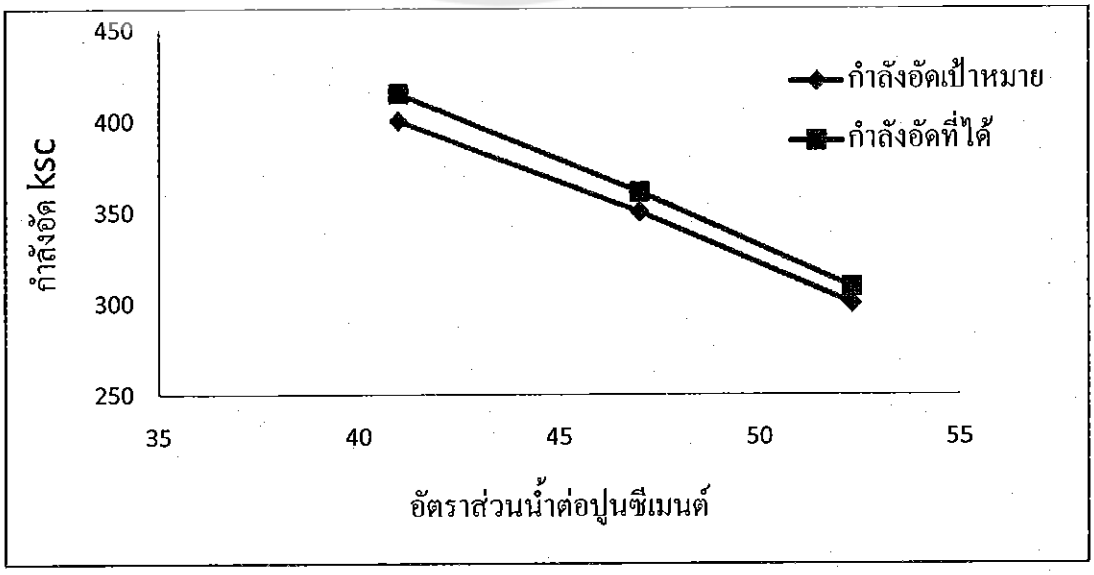
รูปที่ 4.12แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีต แบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมด โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม

4.2.2 การพิสูจน์กราฟด้วยการผสมแบบปรับความชื้น

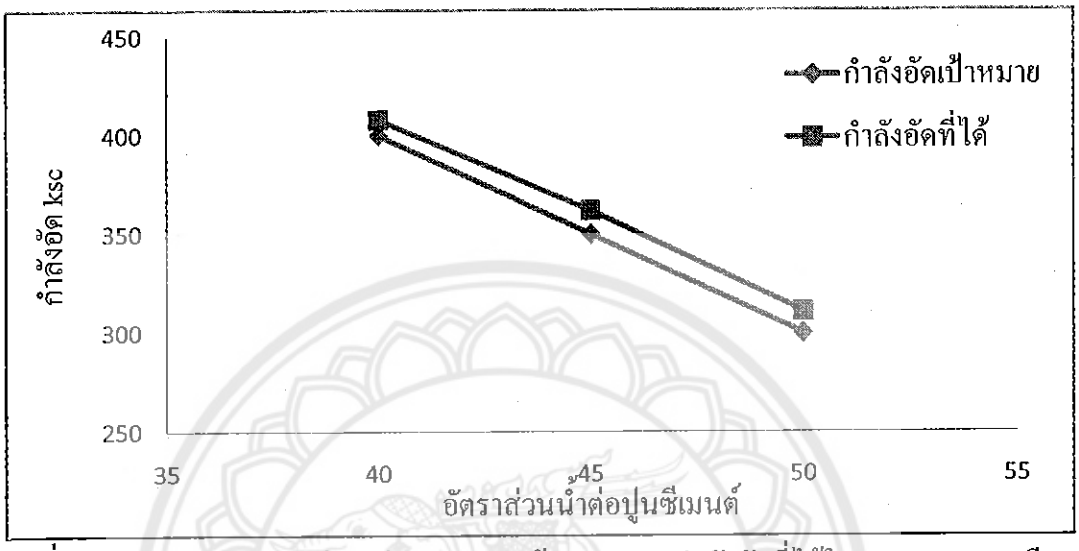
ตารางที่ 4.5แสดงผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตในอัตราส่วนต่างๆ (ผสมแบบปรับความชื้น)

อัตราส่วน เศษคอนกรีต : หิน	กำลังอัดเป้าหมาย (ksc)	อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์(ร้อยละ)	กำลังอัดที่ได้ (ksc)	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
80:20	400	41	415	3.75
	350	47	361	3.14
	300	52.3	309	3.00
หินทั้งหมด	400	40	408	2.00
	350	45	362	3.43
	300	50	311	3.67
เศษคอนกรีตทั้งหมด	350	48	368	5.23
	300	53.5	306	2.28
	250	58.3	266	5.71

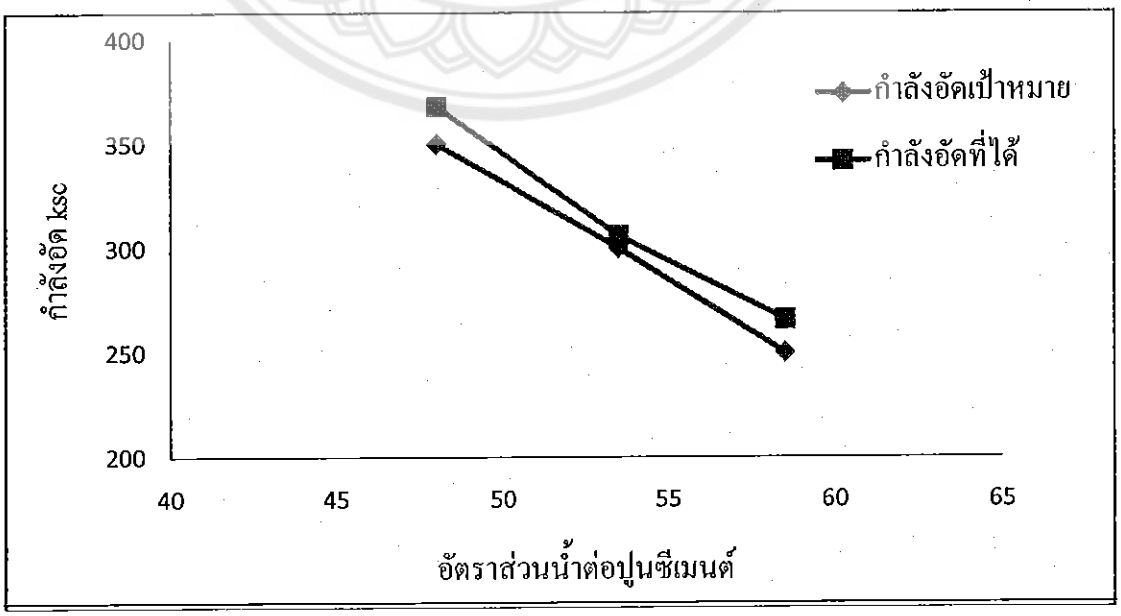
จากกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยคอนกรีตรีไซเคิลร้อยละ 80 ดังรูปที่ 4.9นั้นจะได้สมการจากการเขียนกราฟกำลังอัดเป้าหมายและจากการเขียนกราฟกำลังอัดที่ได้ดังนี้



รูปที่ 4.13แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยคอนกรีตรีไซเคิลร้อยละ 80โดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม



รูปที่ 4.14แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีตแบบที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมดโดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม



รูปที่ 4.15แสดงกราฟการเปรียบเทียบกำลังอัดเป้าหมายและกำลังอัดที่ได้ในการผสมคอนกรีต แบบที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลทั้งหมดโดยส่วนของมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ อัตราส่วนเท่ากันทุกครั้งของการผสม

จากการทดลองผสมคอนกรีตในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าการผสมคอนกรีตที่มีการแทนที่ด้วยเศษคอนกรีตนั้น มีค่ากำลังอัดที่มากว่าการผสมคอนกรีตด้วยหินเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานคอนกรีต ถ้าต้องการนำเศษคอนกรีตมาใช้ก็สามารถผลิตคอนกรีตได้โดยที่กำลังอัดที่ได้นั้นไม่ได้น้อยไปกว่าการผสมแบบใช้หินเลย

จากตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ต้องการ กับกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมได้นั้นมีค่าค่าคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากการผสม เช่นการผสมด้วยเวลาที่ไม่คงที่ การควบคุมอุณหภูมิในการบ่มที่ไม่เท่ากัน รวมทั้งการไม่คำนึงอุณเหภูมิห้องขณะที่ผสม จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแต่ก็อยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่ากราฟที่ได้จากการผสมคอนกรีตด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 40 50 และ 60 สามารถนำไปใช้ผสมคอนกรีตได้จริง และอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ควรจะนำไปใช้คือการผสมด้วยเศษคอนกรีตทั้งหมด เพราะให้ค่ากำลังอัดที่สูงที่สุด สูงกว่าการใช้หินธรรมดาในการผสม ถึงแม้ว่าในการผสมคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมหยาบเป็นเศษคอนกรีตทั้งหมดในถาดผสมด้วยมือ จะเป็นเรื่องที่ยากกว่าการผสมด้วยหิน แต่เมื่อจะนำไปใช้งานจริงสามารถที่จะใช้เครื่องผสมได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตพบว่า การใช้เศษคอนกรีตรีไซเคิลแทนมวลรวมหยาบทั้งหมดนั้นจะได้ค่ากำลังอัดที่สูงที่สุด ส่วนการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเศษคอนกรีตรีไซเคิลร้อยละ 50 นั้นจะให้ค่ากำลังอัดที่ต่ำที่สุด แต่ค่ากำลังที่ได้จะมากกว่าการใช้หินเป็นมวลรวมหยาบทั้งหมด

2. จากการทดลองผสมเพื่อทายค่ากำลังอัดของคอนกรีตเทียบกับค่ากำลังอัดเป้าหมายพบว่าค่ากำลังอัดที่ได้มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 2-6 % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากงานวิจัยมีผู้อื่นที่สนใจ หรือมีต้นทุน อาจจะต่อยอดในเรื่องของการย่อยสลายเศษคอนกรีตด้วยเครื่องจักร แทนการใช้แรงงานคน เพื่อประหยัดเวลา ต้นทุน และแรงงาน

2. ควรทดสอบกำลังรับแรงอัดของเศษคอนกรีตก่อนนำมาใช้ผสมทุกครั้ง เพื่อให้ได้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตก้อนใหม่ที่สอดคล้องกับกราฟ

3. ผู้ศึกษาใช้การบ่มคอนกรีตด้วยน้ำร้อนเพื่อเร่งให้ได้กำลังอัดสูงภายใน 24 ชั่วโมง ถ้ามีผู้ที่สนใจ ควรศึกษาเพิ่มในเรื่องของการบ่มด้วยวิธีการต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้จริงได้

4. ควรศึกษาวิธีการผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสมด้วย เพราะผู้ศึกษาใช้การผสมคอนกรีตด้วยมือ อาจได้ค่ากำลังที่แตกต่างกัน

5. กราฟที่ได้จากการทดลองผสมคอนกรีตนั้น มีข้อจำกัดในการผสมมาก หากผู้ที่สนใจต้องการจะนำกราฟไปใช้ ควรพิจารณาข้อจำกัดให้ครบถ้วน

6. สำหรับกราฟการทายกำลังมที่มีค่าความคลาดเคลื่อน 2-6 % นั้น หากต้องการให้ความคลาดเคลื่อนลดลงหรือไม่มีเลย ควรผสมคอนกรีตตามขั้นตอนการผสมอย่างถูกต้อง ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ใช้บ่มให้คงที่และบ่มในระยะเวลาที่กำหนด

5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา

เนื่องด้วยภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับ บริษัท เอสซีจี ซิเมนต์ จำกัด ได้จัดการแข่งขันคอนกรีตพลังช้าง ครั้งที่ 13 ณ บริเวณอาคารวิศวะวัฒนะระหว่างวันที่ 23-24 สิงหาคม 2555 ซึ่งในการแข่งขันในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการแข่งขันคอนกรีตกำลังสูงตามเป้าหมาย และการแข่งขันคอนกรีตกำลังตามเป้าหมายรักษ์โลก ซึ่งคณะผู้จัดทำมีความสนใจที่จะเข้าร่วมแข่งขันในประเภทคอนกรีตกำลังตามเป้าหมายรักษ์โลกเพราะเป็นการแข่งขันที่ต้องประยุกต์ใช้ความรู้ที่นอกเหนือจากการผสมคอนกรีตทั่วไป แต่ต้องแทนที่มวลรวมหยาบบางส่วนด้วยเศษวัสดุตามธรรมชาติทำให้มีความน่าสนใจที่จะศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อการแข่งขัน

และจากการแข่งขันผู้จัดทำได้รับรางวัลชมเชย ทำให้มีความคิดที่จะศึกษาวิจัยต่อในเรื่องดังกล่าว จึงเกิดเป็นโครงงานนี้ขึ้นมา

รูปที่ 5.1 แสดงรางวัลที่ได้รับจากการแข่งขัน

เอกสารอ้างอิง

[1] ศักดิ์ชัย วงษ์ชัย. (2553). การนำเศษคอนกรีตมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบผสมคอนกรีตแทนหินย่อย.การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วิศวกรโยธา 5, กลุ่มงานวิเคราะห์และวิจัย 4, กองวิเคราะห์และวิจัย สำนักการโยธา.)

[2] เดชขจร เจริญรัตนาภิรมย์. (16 สิงหาคม 2555).GREEN CONCRETE คอนกรีตสีเขียวเพื่อสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 22 ธันวาคม 2555, จาก http://www.thaitca.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=141:green-concrete-&catid=59:journa16&Itemid=55

[3] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology). คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ นางสาวจิราพรรณ เทียมจันทร์

ภูมิลำเนา 52/122 หมู่ 6 ต.อรัญญิก อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคเหนือ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: majai.jirapun.maija@gmail.com

ชื่อ นายชลธวัช อุไรวร

ภูมิลำเนา 4 ถ.ประชานิมิต ต.ท่าอิฐ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: kratop_middle_heart@msn.com

ชื่อ นายชาญณรงค์ ใจแสน

ภูมิลำเนา 75/2 หมู่ 5 ต.วังหามแห อ.ขานุวรลักษบุรี จ.กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนป่างศิลาทองศึกษา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: channarong03010@gmail.com