

5ER-O21: การผลิตคอนกรีตกำลังอัดตามเป้าหมาย Concrete Mixing Within Compressive Strength Target

อาทิมา ดวงจันทร์^{1*} และ ณรงค์ศักดิ์ เย็นประเสริฐ¹

Atima Daungchan^{1*} and Narongsak Yenprasert¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีความสนใจในการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับความหนาแน่นของคอนกรีตเมื่อผันแปรปริมาณน้ำ และการผลิตคอนกรีตให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ เพื่อนำวิธีการผลิตคอนกรีตกำลังตามเป้าหมายไปใช้งาน การผลิตคอนกรีตให้มีกำลังรับแรงอัดตามเป้าหมายได้นำแนวความคิดมาจากการทดสอบหาปริมาณน้ำที่ความชื้นเหลวปกติของปูนซีเมนต์ มาเป็นแนวทางในการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดครอบคลุมเป้าหมายที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้ต้องการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดระหว่าง 450 – 780 กก/ซม² ภายใน 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อทดลองผลิตคอนกรีตตามเป้าหมายที่ต้องการจากผลที่ได้จากงานวิจัย คอนกรีตที่ผลิตได้มีกำลังต้านทานแรงอัดคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 3.50 จากเป้าหมายที่ต้องการ และเมื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการแข่งขันราชชมงคลวิชาการวิศวกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 11 พบว่ามีผลการทดสอบจากตัวอย่างคอนกรีต 3 ตัวอย่าง มีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายเฉลี่ยร้อยละ 2.79 ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายที่ดี ดังนั้นการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำไปผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายได้

คำสำคัญ: คอนกรีตกำลังตามเป้าหมาย 24 ชั่วโมง

Abstract

This research is interested in the concrete mixing to achieve the desired compressive strength. The objective is to determine the compressive strength of concrete when varying water content and the mixing of concrete to within compressive strength target. To bring the concrete production method to the target power. Concrete mixing to the target compressive strength has taken the concept from the test find the water content at normal consistency of hydraulic cement. To be a way to produce concrete with compressive strength the desired target. In this research, it was needed to produce concrete with compressive strength between 450-780 ksc within 24 hours. It was found that when trying to produce concrete according to the desired target from the research results. The concrete produced has an average compressive strength of not more than 3.50 percent from the desired target and when using the research results in the 11th Rajamangala Academic Engineering Competition. It was found that the test results from 3 samples had the mean error of 2.79 percent from the target. Which is a good deviation from the target. Therefore, the concrete mixing to have the compressive strength as the target in this research. Therefore, it is possible to produce concrete with desired compressive strength.

Keywords: compressive strength within target 24 hours

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศูนย์นนทบุรี ถนนพหลโยธิน 11000

¹ Faculty of Engineering and Architecture Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi District, Nonthaburi 11000, Thailand

* Corresponding author. E-mail: Picha-11@hotmail.com

บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะคอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความแข็งแรงทนทาน สามารถออกแบบและผลิตคอนกรีตให้มีความสามารถในการรับกำลังต้านทานแรงอัดได้ตามต้องการรวมถึงการที่สามารถทำเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ง่ายตามความต้องการ ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับคอนกรีตและคอนกรีตกำลังสูงกันอย่างกว้างขวาง เพื่อรองรับการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ และอาคารสูงที่เพิ่มขึ้น รวมถึงงานซ่อมแซมคอนกรีตแบบเร่งด่วนที่มีความต้องการให้คอนกรีตสามารถรับแรงอัดได้ตามต้องการในระยะเวลาอันรวดเร็วมากที่สุดทันต่อความต้องการใช้งาน แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตและคอนกรีตกำลังสูงที่ผ่านมา โดยทั่วไปมักจะศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตกำลังให้มีกำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับค่าใดค่าหนึ่ง หรือกำลังต้านทานแรงอัดตามที่ตั้งเป้าหมายไว้เพียงค่าเดียวเท่านั้น ในกรณีที่ต้องการผลิตคอนกรีตให้มีความต้านทานแรงอัดที่มีกำลังต้านทานแรงอัดอื่น จำเป็นต้องทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตใหม่ แล้วนำไปทำการทดลองผสมใหม่ เพื่อให้ได้กำลังต้านทานแรงอัดตามที่ต้องการในแต่ละกำลังต้านทานแรงอัด ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นการเสียเวลาและสิ้นเปลืองวัสดุในการทดลองผสมคอนกรีตให้มีความต้านทานแรงอัดตามที่ต้องการใช้งานได้ทั้งหมดของกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีตที่ต้องการใช้งาน ซึ่งจะมีกำลังความต้านทานแรงอัดที่แตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน ในแต่ละประเภทของงานก่อสร้าง และจากการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตสำเร็จรูปหรือคอนกรีตผสมเสร็จ ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์จากสถานประกอบการแห่งหนึ่ง พบว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ออกแบบให้มีความต้านทานแรงอัด 450 กก/ชม² ที่อายุ 28 วัน มีกำลังต้านทานแรงอัดสูงกว่าที่ต้องการร้อยละ 20.66 ตั้งแต่คอนกรีตมีอายุการทดสอบ 14 วัน และเมื่อคอนกรีตมีอายุทดสอบ 28 วัน พบว่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงกว่ากำลังต้านทานแรงอัดออกแบบถึงร้อยละ 34.00 สำหรับคอนกรีตที่ออกแบบให้มีความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 300 กก/ชม² ที่อายุ 28 วัน ก็มีผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดสูงกว่ากำลังต้านทานแรงอัดที่ออกแบบไว้ร้อยละ 30.00 เช่นกัน สังเกตได้ว่าคอนกรีตที่ผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ จะมีการผลิตคอนกรีตให้มีความต้านทานแรงอัดสูงกว่าความต้องการใช้งานที่ออกแบบไว้ และจากการสัมภาษณ์ทีมที่เข้าร่วมการแข่งขันคอนกรีตกำลังอัดตามเป้าหมาย ซึ่งจัดการแข่งขันขึ้นหลายครั้ง ส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีการทดลองผสมคอนกรีตให้ได้กำลังอัดตามที่กำหนดไว้ทุกค่าของกำลังอัดที่กำหนดไว้ แต่สำหรับการแข่งขันที่ใช้วิธีจับสลากกำลังต้านทานแรงอัดที่ต้องการ ก่อนทำการแข่งขัน จะไม่สามารถคาดเดากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตได้ หากต้องการผลิตคอนกรีตให้มีความต้านทานแรงอัดตามเป้าหมาย จะต้องสิ้นเปลืองวัสดุในการผสมเป็นจำนวนมาก ส่วนการผลิตคอนกรีตให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการของผู้ประกอบการแต่ละบริษัท ต่างก็มีเทคนิควิธีการที่เป็นความลับ มิได้เป็นที่เปิดเผยให้บุคคลทั่วไปทราบแต่อย่างใด และยังคงผลิตคอนกรีตที่มีความต้านทานแรงอัดสูงกว่าเป้าหมายที่ต้องการมากกว่าร้อยละ 25 ของกำลังอัดที่ต้องการ

ดังนั้นการผลิตคอนกรีตให้ได้กำลังแรงอัดตามเป้าหมายจึงเป็นความต้องการของผู้ที่ผลิตคอนกรีตและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานคอนกรีตเป็นอย่างยิ่ง มีข้อสังเกตจากการที่มีบริษัทเอกชน ได้จัดให้มีการแข่งขันโดยกำหนดกติกาการแข่งขันให้ผลิตคอนกรีตกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายและมีเงินรางวัลให้เป็นจำนวนมาก รวมถึงให้งบประมาณในการแข่งขันสำหรับทุกทีมที่เข้าร่วมแข่งขันด้วย ตัวอย่างเช่น การแข่งขันคอนกรีตพลังช้าง ครั้งที่ 14 ได้จัดให้มีการแข่งขันคอนกรีตกำลังสูงตามเป้าหมาย ให้รางวัลสำหรับทีมชนะเลิศสูงถึงสี่หมื่นบาท และมีค่าใช้จ่ายที่เป็นเบี้ยเลี้ยงสำหรับทุกทีมที่เข้าร่วมแข่งขัน เป็นต้น นอกจากนี้ในการแข่งขันราชชมงคลวิชาการวิศวกรรมระดับชาติ ในหลายครั้งของการแข่งขัน รวมถึงในการจัดการแข่งขันครั้งที่ 11 ในปี พ.ศ. 2562 ก็ได้จัดให้มีการแข่งขันในหัวข้อ “Self Compact Concrete รักโลกตามเป้าหมาย” ซึ่งมุ่งเน้นให้ผลิตคอนกรีตตามเป้าหมายด้วยเช่นกัน จะเห็นได้ว่าทั้งภาคเอกชนและส่วนภาคการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ต่างให้ความสำคัญกับการผลิตคอนกรีตให้มีความต้านทานแรงอัดตาม

เป้าหมายเช่นเดียวกัน การหาปฏิภาคส่วนผสมคอนกรีต โดยทั่วไปทำได้โดยวิธีการทดลองผสม (Trial Mix Method) ซึ่งเป็นวิธีการหาอัตราส่วนผสมโดยตรง เพื่อรักษาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ หรือให้ได้กำลังตามต้องการ และสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ รวมถึงมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จะทำการผลิตคอนกรีตให้ได้กำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายที่ต้องการโดยมีแนวความคิดพื้นฐานจากการทดสอบหาปริมาณน้ำในสภาวะ ความชื้นเหลือปกติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตคอนกรีตให้มีกำลังตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยการทดลองผสมคอนกรีตให้น้อยที่สุด และมีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายน้อยที่สุด เพื่อประหยัดเวลา ลดการสิ้นเปลืองวัสดุที่ใช้ในการทดลองผสม และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการผลิตคอนกรีตกำลังต้านทานแรงอัดที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยการผันแปรปริมาณของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาแนวทางการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมาย
2. เพื่อหากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตจากการผันแปรปริมาณน้ำ
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตจากการผันแปรปริมาณน้ำ
4. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตจากเป้าหมายที่ต้องการ

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ส่วนผสมของคอนกรีตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 งานโครงสร้าง มวลรวมหยาบจากเศษคอนกรีตถนนขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 1" ค้างบนตะแกรงเบอร์ 1/2" มวลรวมละเอียดขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 ผสมซีเมนต์อัตราส่วนร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ผสมสารลดน้ำร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และผันแปรปริมาณน้ำ จำนวน 6 ครั้ง ทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 24 ชั่วโมง และนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำ หาความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมาย

วิธีการศึกษา

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. เตรียมตัวอย่างมวลรวมหยาบจากเศษคอนกรีตถนน โดยนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 1 นิ้ว ค้างตะแกรงมาตรฐานขนาด 1/2 นิ้ว ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในกติกาการแข่งขัน
2. เตรียมตัวอย่างมวลรวมละเอียด โดยร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 16 และค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 ด้วยวิธีการร่อนตัวอย่างผ่านน้ำแบบเปียก
3. ผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด ในแต่ละอัตราส่วนผสม เก็บตัวอย่างคอนกรีตขนาด 10×10×10 เซนติเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง โดยวิธีการตักคอนกรีตสดเทลงในแบบหล่อด้วยน้ำหนักของตัวเอง ไม่มีการตักกระทุ้ง เคาะ หรือ จี้ เก็บตัวอย่างไว้ในห้องปฏิบัติการ จนครบ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างคอนกรีตออกจากแบบหล่อ
4. นำตัวอย่างคอนกรีตไปทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด นำผลการทดสอบไปหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในแต่ละส่วนผสม

5. ผสมคอนกรีตตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยวิธีการจับสลากกำลังต้านทานแรงอัดตั้งแต่ 400 – 800 กก/ซม² และใช้ปริมาณน้ำที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำ ซึ่งได้มาจากขั้นตอนที่ 4 ผสมคอนกรีต

6. เปรียบเทียบกับกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่ผลิตขึ้นกับเป้าหมายที่ต้องการ หาร้อยละของความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายแต่ละตัวอย่าง และร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในแต่ละเป้าหมาย

Table 1 อัตราส่วนผสมของตัวอย่างคอนกรีตโดยการผันแปรปริมาณน้ำ

Mix	Cement (g)	Fine Aggregate (g)	Coarse Aggregate (g)	Water (cm ³)	Silica Fume (g)	Superplasticizer (g)
W-1	3500	3600	3700	500	350	70
W-2	3500	3600	3700	531	350	70
W-3	3500	3600	3700	631	350	70
W-4	3500	3600	3700	731	350	70
W-5	3500	3600	3700	831	350	70
W-6	3500	3600	3700	931	350	70

ความหมายของสัญลักษณ์ในแต่ละอัตราส่วนผสมมีความหมายดังนี้

อักษร “W-1”	หมายถึง	คอนกรีตกำลังที่ใช้ปริมาณน้ำ 500 ซม ³
อักษร “W-2”	หมายถึง	คอนกรีตกำลังที่ใช้ปริมาณน้ำ 531 ซม ³
อักษร “W-3”	หมายถึง	คอนกรีตกำลังที่ใช้ปริมาณน้ำ 631 ซม ³
อักษร “W-4”	หมายถึง	คอนกรีตกำลังที่ใช้ปริมาณน้ำ 731 ซม ³
อักษร “W-5”	หมายถึง	คอนกรีตกำลังที่ใช้ปริมาณน้ำ 831 ซม ³
อักษร “W-6”	หมายถึง	คอนกรีตกำลังที่ใช้ปริมาณน้ำ 931 ซม ³

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการทดสอบคอนกรีต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยการผันแปรปริมาณน้ำ มีผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 24 ชั่วโมง จากการทดสอบตัวอย่าง 3 ตัวอย่างต่อส่วนผสม ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตโดยการผันแปรปริมาณน้ำ จากปริมาณน้ำที่มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยไปหาปริมาณน้ำที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้คอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีตตั้งแต่ 450 – 780 กก/ซม² ซึ่งมีผลการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต

Table 2 กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตโดยการผันแปรปริมาณน้ำ

Mix of Concrete	Water	Avg. Compressive Strength
No.	(cc)	(ksc)
W-1	500	786.5
W-2	531	752.4
W-3	631	648.2
W-4	731	569.0
W-5	831	492.9
W-6	931	435.2

จากตารางที่ 2 แสดงกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตโดยการผันแปรปริมาณน้ำ โดยเพิ่มปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตจาก 500, 528, 631, 731, 831 และ 931 ซม.³ ที่อายุการทดสอบ 24 ชั่วโมงพบว่าตัวอย่างคอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดลดลง เมื่อปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตเพิ่มขึ้น เช่นการผสมคอนกรีตโดยใช้ปริมาณน้ำเท่ากับ 931 ซม.³ คิดเป็นอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.266 ตัวอย่างคอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 435.2 กก/ซม.² แต่เมื่อลดปริมาณน้ำในการผสมลงเป็น 831 ซม.³ หรือคิดเป็นอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.237 ตัวอย่างคอนกรีตสามารถต้านทานแรงอัดได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.247 ของการใช้ปริมาณน้ำที่มากที่สุดในการวิจัยครั้งนี้ และเมื่อใช้ปริมาณน้ำในการผสมเป็น 500 ซม.³ คอนกรีตสามารถต้านทานแรงอัดได้มากกว่า 785 กก/ซม.² ซึ่งมีกำลังต้านทานแรงอัดสูงกว่าการใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.266 ถึงร้อยละ 80.703 ส่วนการใช้ปริมาณน้ำในการผสมคอนกรีตเท่ากับ 731 ซม.³ คิดเป็นอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.209 จะมีกำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับ 569.0 กก/ซม.² ซึ่งกำลังต้านทานคอนกรีตมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปริมาณน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.180 ซึ่งมีกำลังต้านทานแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตเท่ากับ 648.2 กก/ซม.² ประมาณร้อยละ 12.214

และจากการนำข้อมูลของกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตและปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มาแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตและปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม ดังแสดงในภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต พบว่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตลดลงเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้น เหมือนกับงานวิจัยที่เคยศึกษามาในอดีตเช่นเดียวกัน โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้นำแนวคิดพื้นฐานจากการหาปริมาณน้ำที่ความชื้นเหลือปกติของปูนซีเมนต์ มาเป็นแนวทางในการศึกษาหาวิธีการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายที่ต้องการ จากการสุ่มหาลำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายที่ต้องการจากการสุ่มจับกำลังอัดของคอนกรีต คือ 628 กก/ซม.² จากภาพความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำที่ใช้ผสม จะต้องใช้น้ำในการผสมคอนกรีต 650 ซม.³ เป้าหมายกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีต 750 กก/ซม.² ใช้น้ำในการผสมคอนกรีตประมาณ 533 ซม.³ และเป้าหมายกำลังต้านทานแรงอัดที่ต้องการเป็น 743 กก/ซม.² ต้องใช้น้ำในการผสมคอนกรีตประมาณ 545 ซม.³ และเป้าหมายกำลังอัดที่ต้องการจากการแข่งขัน ราชมงคลวิชาการวิศวกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 11 เท่ากับ 650 กก/ซม.² ซึ่งต้องใช้ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ผสมคอนกรีตที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 630 ซม.³

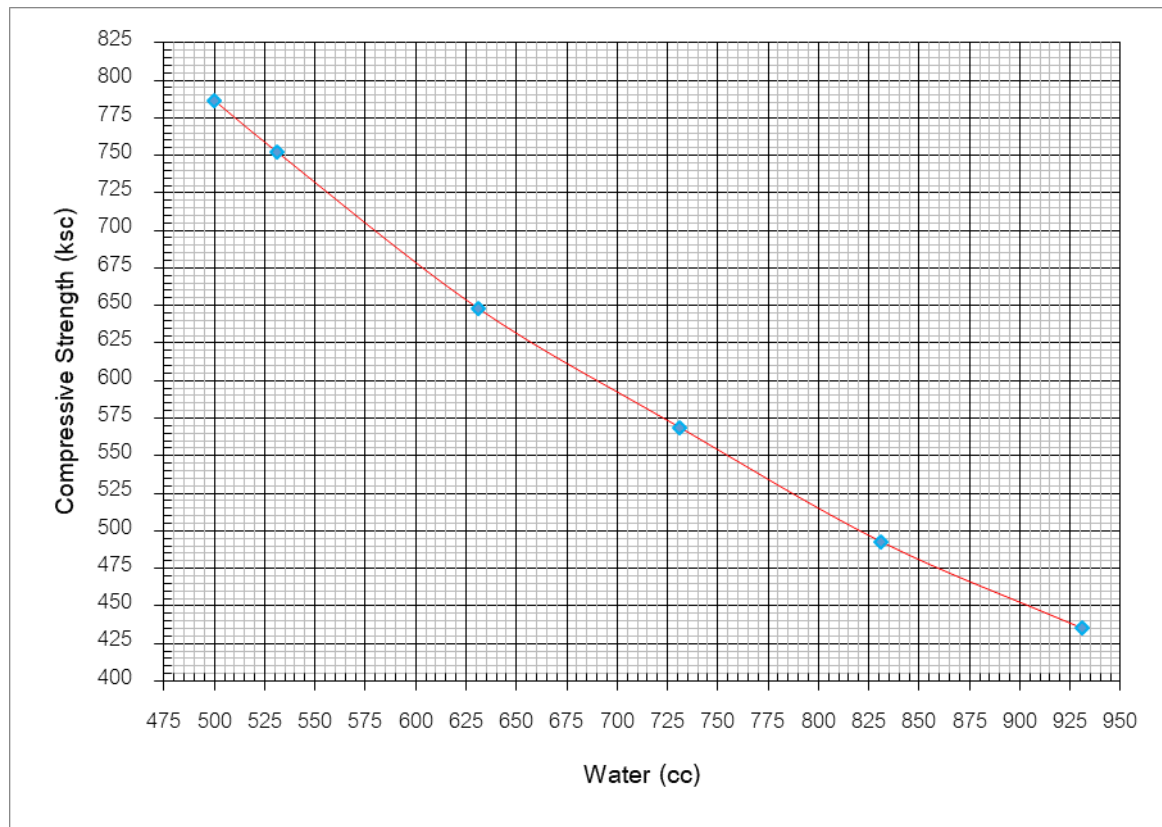


Figure 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำ

จากการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ตามเป้าหมายที่ต้องการข้างต้น มีผลการทดสอบตัวอย่างคอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบกำลังต้านทานตามเป้าหมายและกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดลองผสมตามข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้

Table 3 ความคลาดเคลื่อนของกำลังต้านทานแรงอัดจากเป้าหมาย

No.	Str. (ksc)	Compressive Strength (ksc)			Percentage of Error			Avg.
	Target	No.1	No. 2	No. 3	No.1	No. 2	No. 3	% Error
1	628	624.0	631.1	638.8	0.637	0.494	1.720	0.950
2	650	649.5	606.4	660.4	0.077	6.708	1.600	2.975
3	743	726.5	765.4	777.2	2.221	3.015	4.603	3.280
4	750	763.6	766.6	781.8	1.813	2.213	4.240	2.755

จากตารางที่ 3 แสดงความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายของตัวอย่างคอนกรีตที่ผลิตจากข้อมูลที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 1 นั้น พบว่าเมื่อต้องการผลิตให้คอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับ 628 กก/ซม² คอนกรีตที่ผลิตขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 0.950 จากเป้าหมายกำลังต้านทานแรงอัดตามเป้าหมายเท่ากับ 743 กก/ซม² คอนกรีตที่ผลิตขึ้นมีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายร้อยละ 3.28 และเมื่อทดลองผลิตคอนกรีตตามเป้าหมายให้มีกำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับ 750 กก/ซม² พบว่ามีร้อยละความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายเท่ากับ 2.755 ส่วนการนำผลวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ในการแข่งขันราชมงคลวิชาการวิศวกรรม

ระดับชาติ ครั้งที่ 11 เดือนมกราคม 2562 ซึ่งกำหนดให้ผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานแรงอัดเท่ากับ 650 กก./ซม^2 จากการผลิตคอนกรีตโดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยในครั้งนี้ ตัวอย่างคอนกรีตมีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายเท่ากับ 2.975 ซึ่งเป็นผลความคลาดเคลื่อนที่ดีที่สุดจากทุกทีมที่เข้าร่วมการแข่งขัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังต้านทานตามเป้าหมาย ไม่จำเป็นต้องทดลองผสมคอนกรีตทุกกำลังต้านทานแรงอัดที่ต้องการ ควรใช้การเก็บข้อมูลของกำลังต้านทานแรงอัดให้ครอบคลุมกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่เราต้องการแทน และนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงอัดและปริมาณน้ำ เพื่อลดเวลาในการทดลองผสมและประหยัดวัสดุในการทดลองผสมด้วย ดังนั้นการผลิตคอนกรีตให้ได้ตามเป้าหมายจะขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิตว่าจะมีกำลังต้านทานแรงอัดในช่วงใด แต่การใช้วิธีการหาปริมาณน้ำที่ใช้ผสมให้คอนกรีตมีกำลังตามเป้าหมายตามวิธีการหาความชื้นเหลวปกตินั้น เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตคอนกรีตตามเป้าหมายได้ดี

สรุป

จากวิจัยการผลิตคอนกรีตให้มีกำลังอัดตามเป้าหมาย โดยใช้แนวความคิดพื้นฐานจากการหาปริมาณน้ำที่ความชื้นเหลวปกติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตัวอย่างคอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดลดลง เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น
2. ตัวอย่างคอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดระหว่าง $450 - 780 \text{ กก./ซม}^2$
3. การผลิตคอนกรีตด้วยวิธีการตามงานวิจัยนี้ มีความคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายไม่เกินร้อยละ 3.50
4. การผลิตคอนกรีตตามเป้าหมายสามารถนำวิธีการหาความชื้นเหลวปกติของปูนซีเมนต์มาประยุกต์ใช้ได้

เอกสารอ้างอิง

- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2537.
- นิรันดร์ ทังโธและวัชรระ ไวฤทธิ, “ผลของขนาดตัวอย่างคอนกรีตคอนกรีตต่อกำลังรับแรงอัด”, วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2559.
- พิชัย นิมิตยสกุล กิตติพัฒน์ เปล่งขำ และสุรภ พานิชนาวา, “เทคนิคและวิธีการผลิตคอนกรีตกำลังสูงในประเทศไทย”, เอกสารการประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 1, หน้า 7 คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ, กาญจนบุรี, 2546.
- วินิต ช่อวีเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ., 2539.
- มอก. 213-2520 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตผสมเสร็จ
- มอก. 213-2520 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการทดสอบแรงอัดของคอนกรีต
- สุรภ ปิยะรักสกุล สรรค์ สยามิกักดี และพิชัย นิมิตยสกุล, “ศึกษาเทคนิคและวิธีการผลิตคอนกรีตกำลังสูง ที่อายุ 24 ชั่วโมง”, เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10, หน้า MAT 20 – MAT 24 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยและสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ชลบุรี, 2548.
- เอกสารวิชาการของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2545.
- อิทธิพร ศิริสวัสดิ์ และคณะนักศึกษา, “เทคนิควิธีการทำคอนกรีตกำลังอัดสูงที่อายุ 1 วัน”, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์), โครงการแข่งขันทำคอนกรีตกำลังอัดสูง คอนกรีตพลังช้าง, 2546
- อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์, ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2542.