การศึกษาการนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้วมาใช้ประโยชน์

A Study of Utilizing of Recycled Concrete Specimens

ประชุม คำพุฒ[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากแท่งตัวอย่างคอนกรีตทดสอบทั้งแบบรูปทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ที่ผ่านการทดสอบกำลังอัดแล้ว พบว่าสามารถนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตไปใช้ประโยชน์ได้โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ทางตรงซึ่งไม่ผ่านการบดย่อย เช่น การนำไปใช้ถมที่ดิน ใช้ป้องกันการชะล้างหน้าดิน ใช้เป็นที่ปลูกต้นไม้ ใช้เป็นองค์ประกอบในการจัดสวน และใช้เป็นขอบทางในงานจราจร เป็นต้น และทางอ้อมซึ่งผ่านการบดย่อยก่อนนำมาใช้ผสมเป็นมวลรวมหยาบในงานคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ต้องการกำลังอัดมากนัก โดยทำการย่อยแท่งตัวอย่างคอนกรีตแล้วร่อนผ่านตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C 136 ให้มีขนาดเท่ากับหิน ทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยได้เท่ากับร้อยละ 4.59 มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.97 นำมาออกแบบอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์: ทราย: เศษคอนกรีตย่อย เท่ากับ 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก หล่อตัวอย่างสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ลบ.ซม. ตามมาตรฐาน BS 1881 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.45, 0.50 และ 0.55 ได้ค่าหน่วยน้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2222, 2242 และ 2261 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ได้ค่ากำลังอัดโดยเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 357, 346 และ 331 กก./ตร.ซม. โดยที่ค่ากำลังอัดของคอนกรีตปกติ (ผสมหิน) เท่ากับ 389, 380 และ 372 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ แสดงว่าสามารถนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้วมาใช้ประโยชน์ได้ดีทั้ง 2 ลักษณะ

คำสำคัญ: กำลังอัด, แท่งตัวอย่างคอนกรีต, มวลรวมหยาบ

Abstract

This research is to study the utilizing of recycled concrete specimens in both forms of cylindrical and cubic. There are 2 means of advantage: direct mean (the concrete does not pass the process of crushing) such as covering the soil surface for protect the soil surface, planted the trees, organize the garden and use for roadside in the traffic, indirect mean (the concrete pass the process of crushing), the concrete is reused as coarse aggregate instead of rock in concrete for the parts of building which do not require high compressive strength of concrete. The sieve analysis according with ASTM C 136 is performed to have the same size standard as coarse aggregate in concrete. After testing, the properties of the recycled concrete were found; the average absorption = 4.59%, the specific gravity = 1.97, design the mixed ratio

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
โทร/โทรสาร: (02)549-3412 E-mail: choomy_gtc@hotmail.com, rfs.group2007@gmail.com

cement: sand: recycled concrete = 1: 2: 4 by weight. Then making an examination by casting a cube sizing of 15 x 15 x 15 cu.cm. followed the BS 1881 standard and using water cement ratio = 0.45, 0.50 and 0.55. The result showed the average bulk unit weight is 2222, 2242 and 2261 kg/cu.m respectively and the average compressive strength at 28 days = 357, 346 and 331 ksc. The compressive strength of normal concrete (mixed with rock) = 389, 380 and 372 ksc respectively. This research showed that recycled concrete could be well utilized in both means (direct and indirect means).

Keywords : Compressive Strength, Concrete Specimen, Recycled Concrete, Coarse Aggregate

1. บทนำ

การก่อสร้างอาคารทั่วไปในปัจจุบันที่ใช้วัสดุในการก่อสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นต้องมีการควบคุมคุณภาพของคอนกรีต โดยการนำคอนกรีตสดมาทำก้อนตัวอย่างและทดสอบกำลังอัดด้วยวิธี Uniaxial Compression Test ทดสอบกำลังดึงด้วยวิธี Flexural Test และวิธี Splitting Test ซึ่งถือว่ากำลังของก้อนตัวอย่างที่ได้เป็นตัวแทนของคอนกรีตที่หล่อโครงสร้างนั้นๆ [1] และการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตเหล่านี้ต้องได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับ เช่น มหาวิทยาลัยต่างๆ ที่มีเครื่องมืออุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน และหน่วยงานอื่นที่มีศักยภาพในการดำเนินงานทดสอบ เป็นต้น

ผลจากการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตนั้น นอกจากจะได้ข้อมูลค่ากำลังต่างๆ สำหรับนำไปอ้างอิงใช้งานแล้ว ยังมีวัสดุที่เหลือทิ้งไว้ในหน่วยงานทดสอบ คือ เศษก้อนตัวอย่างคอนกรีตทั้งแบบทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์มากมายหลายขนาดด้วยกัน ซึ่งมีทั้งที่ยังคงรูปทรงเดิมอยู่และทั้งที่เหลือเป็นเศษชิ้นเล็กชิ้นน้อย (รูปที่ 1 และ 2) ดังนั้นการกำจัดทิ้งจึงเป็นปัญหาใหญ่ที่หน่วยงานควรต้องนำมาพิจารณา เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนทิ้ง บางหน่วยงานใช้วิธีการบริจาคให้กับผู้ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อลดปริมาณให้น้อยลง ซึ่งก็เป็นวิธีที่ได้ผลดีพอสมควร

รูปที่ 1 กองก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว

รูปที่ 2 ก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว (ต่อ)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเศษคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว มาใช้เป็นมวลรวมสำหรับผสมเป็นคอนกรีตใหม่ [2-3] อีกด้วย งานวิจัยนี้ได้มุ่งหวังที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม จากแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว เพื่อหาวิธีการให้ได้รับประโยชน์จากเศษแท่งตัวอย่างคอนกรีตมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้หน่วยงานที่รับทดสอบลดค่าใช้จ่ายลงได้ และเป็นระเบียบเรียบร้อย มีพื้นที่ว่างสำหรับใช้ดำเนินการอย่างอื่นมากขึ้นต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว ได้ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาการใช้ประโยชน์โดยตรง

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการนำไปใช้จากหน่วยงาน หรือจากผู้ที่นำไปใช้ประโยชน์จริง และจากแนวคิดใหม่ๆ ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต

2.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์โดยอ้อม

นำแท่งตัวอย่างคอนกรีตมาทำการผสมเป็นคอนกรีตใหม่เพื่อศึกษากำลังอัดว่าสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้หรือไม่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ทำการย่อยแท่งตัวอย่างคอนกรีต ให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับหิน แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C 136 [4] โดยใช้มวลรวมหยาบที่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 3/4" และ 3/8" ในการทดสอบ (รูปที่ 3)

2) ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดซึมของมวลรวมหยาบจากธรรมชาติ (หิน) และจากเศษคอนกรีตย่อยตามมาตรฐาน ASTM C 127 [5]

3) ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ และค่าการดูดซึมของมวลรวมละเอียดตามมาตรฐาน ASTM C 128 [6]

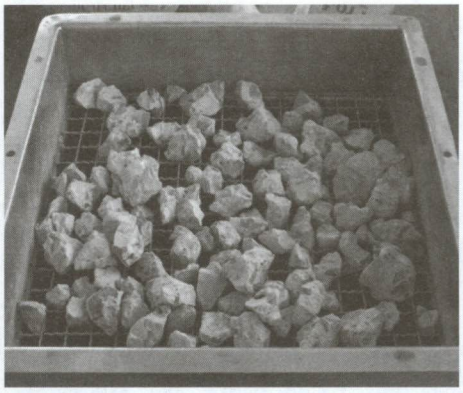
4) ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตปกติ และคอนกรีตที่ใช้เศษคอนกรีตย่อยเป็นส่วนผสม โดยกำหนดใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทราย: มวลรวมหยาบ เท่ากับ 1: 2: 4 โดยน้ำหนักและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.45, 0.50 และ 0.55

5) หล่อตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ลบ.ซม. ตามมาตรฐาน BS 1881: Part 3 [7] ถอดแบบและบ่มที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน

6) ทดสอบกำลังอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตตามมาตรฐาน BS 1881: Part 4 [8] ตามระยะเวลาที่กำหนด

7) วิเคราะห์ผลการทดสอบ โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและระยะเวลาในการบ่ม

8) สรุปผลการทดสอบ

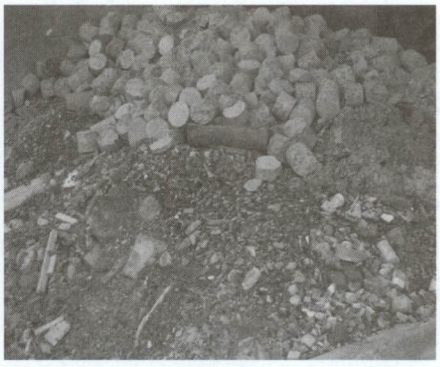


รูปที่ 3 มวลรวมหยาบที่ได้จากแท่งตัวอย่างคอนกรีต

3. ผลและการวิเคราะห์ผล

3.1 การใช้ประโยชน์โดยตรง

จากการรวบรวมการนำก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบไปใช้ประโยชน์ ได้ทำการแบ่งลักษณะการใช้งานในเบื้องต้นได้ดังนี้



รูปที่ 4 การใช้เศษก้อนตัวอย่างคอนกรีตถมที่ดิน

1) ใช้ถมที่ดิน ดังรูปที่ 4

จากรูปที่ 4 แสดงการนำเศษแท่งตัวอย่างคอนกรีตมาถมที่ดิน ซึ่งเป็นวิธีกำจัดทิ้งอย่างง่ายที่สุด โดยจะใช้ทั้งแบบแท่งตัวอย่างที่แตกหักเป็นเศษเล็กเศษน้อย หรือแบบที่ยังคงสภาพเดิมไม่ถูกทำลายเลยก็ได้

2) ใช้เป็นฐานรองวัสดุอุปกรณ์ ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 การใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตรองแท่งเหล็กคาน

จากรูปที่ 5 แสดงวิธีการนำก้อนตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์มาใช้เป็นฐานรองรับคานเหล็กรูปตัวไอ ไม่ให้ด้านล่างสัมผัสกับพื้นโดยตรง

3) ใช้ป้องกันการชะล้างหน้าดิน ดังรูปที่ 6 และ รูปที่ 7

รูปที่ 6 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตกันดินไหลลงรางระบายน้ำ

รูปที่ 7 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตกันทรายไหลลงถนน

จากรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 แสดงวิธีการนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาวางในแนวตั้งและแนวนอน เพื่อใช้ป้องกันการชะล้างหน้าดินจากน้ำฝนไหลลงสู่รางระบายน้ำ หรือกักทรายไม่ให้ไหลลงสู่ผิวทาง

4) ใช้เป็นองค์ประกอบการจัดสวน ดังรูปที่ 8 ถึง รูปที่ 10

รูปที่ 8 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตทำขอบทางเดิน

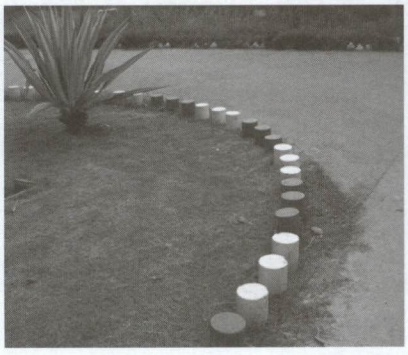
รูปที่ 9 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตปูพื้นทางเดินในสวน

รูปที่ 10 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตวางเป็นขั้นบันไดลงไปน้ำตกเจ็ดสาวน้อย จ.นครนายก

จากรูปที่ 8 และ รูปที่ 9 แสดงการนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตมาใช้วางต่อกันเป็นขอบทางเดินบริเวณภาควิชาฯ และใช้วางเรียงกันเป็นพื้นทางเดินภายในสวนหย่อมสาธารณะ ส่วนรูปที่ 10 เป็นการนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตไปวางเรียงกันเป็นขั้นบันไดจากด้านบนลงไปยังด้านล่างของน้ำตกเจ็ดสาวน้อย จังหวัดนครนายก

5) ใช้เป็นวัสดุในงานจราจร ดังรูปที่ 11 ถึง รูปที่ 13

รูปที่ 11 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตทำที่กั้นไม่ให้รถยนต์ผ่าน



รูปที่ 12 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตทาสีเป็น สัญญลักษณ์ห้ามจอด

รูปที่ 13 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตทำขอบถนน

จากรูปที่ 11 แสดงการใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตวางตั้งกั้นพื้นที่ เพื่อไม่ให้รถยนต์เข้าไปจอดด้านใน

จากรูปที่ 12 แสดงการใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตวางตั้งเป็นขอบทาง แล้วทาสี ขาว-แดง เพื่อเป็นสัญลักษณ์ห้ามจอดรถบริเวณนี้ และ รูปที่ 13 ทาสี เหลือง-ขาว เพื่อเป็นสัญลักษณ์ให้จอดได้ชั่วคราวเท่านั้น

6) อื่นๆ เช่น ใช้เป็นที่ปลูกต้นไม้ (ทำเป็นกำแพงล้อมรอบต้นแก้วมังกร) ใช้กั้นพื้นที่แปลงเพาะกล้าไม้ (รูปที่ 14) ใช้วางกันจุดที่สำคัญของอุปกรณ์ที่วางไว้กลางแจ้ง (รูปที่ 15) จากสิ่งรบกวนอื่นๆ หรือใช้ใส่ลงในเสาซีเมนต์แบบกลวงเพื่อให้แน่นขึ้นและช่วยในการรับน้ำหนักเป็นต้น

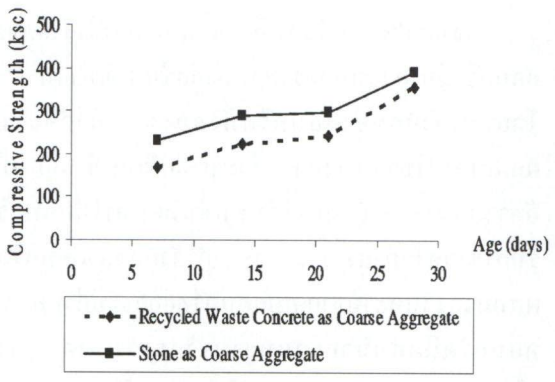
รูปที่ 14 การใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตกั้นพื้นที่สำหรับเพาะกล้าไม้

รูปที่ 15 การใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตกันรถเหยียบจุดต่อของท่อน้ำพีวีซี

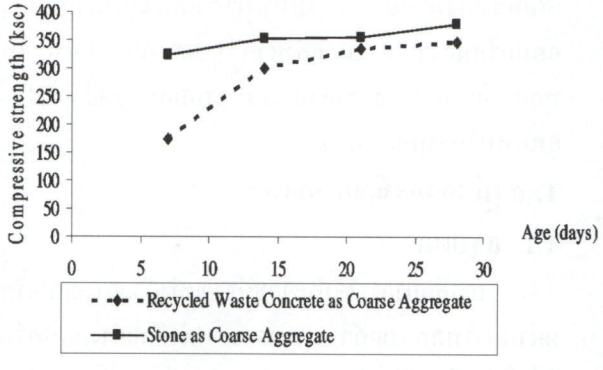
จากรูปที่ 14 แสดงการใช้แท่งตัวอย่างคอนกรีตตั้งเรียงฝังลงไปให้เสมอผิวดินเพื่อกั้นบริเวณพื้นที่แปลงเพาะกล้าไม้ให้แยกออกจากกัน และรูปที่ 15 เป็นการใช้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตตั้งขวางกันจุดต่อของท่อน้ำพีวีซีที่ยื่นเข้ามาในบริเวณที่จอดรถ เพื่อไม่ให้รถถอยเข้าไปเหยียบ

3.2 การใช้ประโยชน์โดยอ้อม

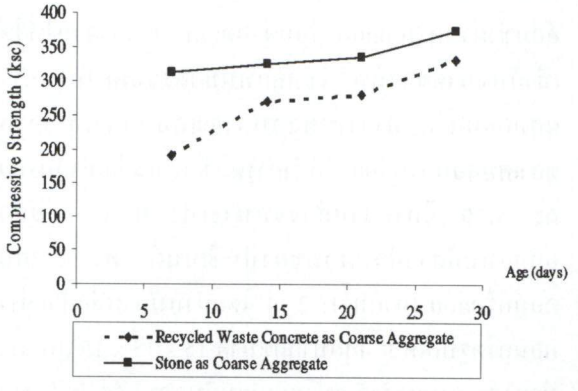
จากผลของการนำเศษคอนกรีตไปย่อย และใช้ผสมเป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีต และทำการทดสอบหาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำและความถ่วงจำเพาะของมวลรวมหยาบ และหาหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบที่เป็นเศษคอนกรีตย่อยมีค่าอัตราการดูดซึมโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.59 ซึ่งสูงกว่ามวลรวมหยาบจากธรรมชาติ (หิน) อยู่ร้อยละ 0.61 เนื่องจากมวลรวมหยาบที่เป็นเศษคอนกรีตย่อย ประกอบด้วยหินที่มีซีเมนต์เพสต์เกาะอยู่รอบๆ ผิวหิน และผิวของซีเมนต์เพสต์มีรูพรุน จึงส่งผลให้ดูดซึมน้ำได้สูงกว่า ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมหยาบที่เป็นเศษคอนกรีตย่อย มีค่าเท่ากับ 2.06 ในขณะที่มวลรวมหยาบตามธรรมชาติ (หิน) มีค่าเท่ากับ 2.34 เพราะหินก่อสร้างมีค่าความหนาแน่นมากกว่าเศษคอนกรีตย่อย จึงทำให้หินมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า และค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบธรรมชาติ (หิน) ที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากเศษคอนกรีตย่อย ประมาณ 1.05 -1.08 เท่า เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของหินมีค่ามากกว่าเศษคอนกรีตย่อย จึงส่งผลให้หน่วยน้ำหนักเฉลี่ยของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากเศษคอนกรีตย่อย มีค่าน้อยลงตามไปด้วย และได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุของคอนกรีตดังรูปที่ 16 ถึง รูปที่ 18



รูปที่ 16 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเศษคอนกรีตย่อยและคอนกรีตที่ผสมหิน (w/c = 0.45)



รูปที่ 17 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเศษคอนกรีตย่อยและคอนกรีตที่ผสมหิน (w/c = 0.50)



รูปที่ 18 กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเศษคอนกรีตย่อยและคอนกรีตที่ผสมหิน (w/c = 0.55)

จากรูปที่ 16 ถึงรูปที่ 18 เห็นได้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตมีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.45 โดยที่กำลังอัดของคอนกรีตทั้งสองชนิดที่ได้จะแปรผกผันกับปริมาณของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คือ เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นมีผลทำให้คอนกรีตรับกำลังอัดได้ต่ำลง [9] และค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมมวลรวมหยาบจากเศษคอนกรีตย่อยจะมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตที่ผสมมวลรวมหยาบจากธรรมชาติ (หิน) เนื่องจากมวลรวมหยาบจากหินมีหน่วยน้ำหนักมากกว่าและมีความแข็งแรงมากกว่าเศษคอนกรีตย่อย เมื่อนำไปผสมในเนื้อคอนกรีตจึงส่งผลทำให้ค่ากำลังอัดที่ได้ของคอนกรีตปกติมีค่ามากกว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเศษคอนกรีตย่อย และเป็นที่น่าสังเกตว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน มีค่าสูงกว่า 300 กก./ตร.ซม. ในทุกส่วนผสม แสดงว่าสามารถนำเศษคอนกรีตย่อยไปใช้แทนหินในงานคอนกรีตได้

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว สามารถนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยทางตรง เช่น การนำไป ใช้ถมที่ดิน ใช้กันการชะล้างหน้าดิน ใช้รองวัสดุ ใช้เป็นที่ปลูกต้นไม้ ใช้เป็นองค์ประกอบในการจัดสวน และใช้เป็นวัสดุในงานจราจร เป็นต้น และทางอ้อมซึ่งผ่านการย่อยและร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานให้ได้เท่ากับขนาดของหิน ใช้ทดแทนมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีต ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของเศษคอนกรีตย่อย ได้ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.59 มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.97 แล้วออกแบบอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์: ทราย: เศษคอนกรีตย่อย เท่ากับ 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก หล่อตัวอย่างคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 ลบ.ซม. นำมาทดสอบกำลังอัดเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติ พบว่าคอนกรีตที่ผสมมวลรวมหยาบจากคอนกรีตย่อย ที่อายุ 28 วัน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45, 0.50 และ 0.55 มีค่ากำลังอัดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 357, 346 และ 332 กก./ตร.ซม. และมีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 2222, 2242 และ 2261 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตปกติในทุกอัตราส่วน และเมื่อพิจารณาจากค่ากำลังอัดที่ได้ แสดงว่าสามารถนำเศษคอนกรีตย่อยไปใช้แทนหินในงานก่อสร้างทั่วไปได้

4.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากวิธีการใช้ประโยชน์ทางอ้อมต้องเสียค่าใช้จ่ายและสิ้นเปลืองพลังงานในการบดย่อยเศษแท่งตัวอย่างคอนกรีตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรที่จะมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อหาวิธีการนำเศษก้อนตัวอย่างคอนกรีตไปใช้งานโดยตรงได้จะเหมาะสมและคุ้มค่ามากกว่า

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนค่าใช้จ่ายวัสดุวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ประจำปี 2549 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการเดินทางขนส่งสำรวจและเก็บข้อมูลในสถานที่จริงจาก"กลุ่มทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อความพอเพียง (กสวพ.)" ประจำปี 2549 ผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6.เอกสารอ้างอิง

[1] เมธี บุญเลี้ยงอุปถัมภ์ และฉัตรชัย ชูพานิช, 2543. คู่มือการทดสอบ หิน ทราย และคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด.

[2] ธัชวีร์ ลีละวัฒน์, 2546. การนำเอาวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้างและทุบทำลายมาใช้ให้แทนที่มวลรวมจากธรรมชาติในประเทศเดนมาร์ก. วารสารโยธาสาร.

[3] มงคล จิรวัชรเดช, 2543. คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตมวลรวมเบาจากเศษอิฐหัก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6. โรงแรมดุสิต รีสอร์ท แอนด์ โปโลคลับ ชะอำ เพชรบุรี.

10-12 พฤษภาคม, หน้า MAT-119-MAT-124.

[4] American Society for Testing and Materials, 2001. ASTM C136-96a: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02, Philadelphia, 78-82.

[5] American Society for Testing and Materials, 2001. ASTM C127-88 [Reapproved 2001]: Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates, Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02, Philadelphia, 64-68.

[6] American Society for Testing and Materials, 2001. ASTM C128-97: Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates, Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02, Philadelphia, 69-73.

[7] British Standard Institute, 1983. BS 1881: PART 3 Method of Making and Curing Test Specimens, London.

[8] British Standard Institute, 1983. BS 1881: PART 4 Method of Testing Concrete for Strength, London.

[9] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร 2542. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพมหานคร: บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายประชุม คำพุฒ

(Mr. Prachoom Khamput)

ประวัติทางการศึกษา

วศ.บ. (โยธา) สจธ.

วศ.ม. (โยธา-โครงสร้าง) มจธ.

ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 6

สถานที่ทำงาน

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

e-mail : choomy_gtc@hotmail.com,

rfs.group2007@gmail.com