คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตมวลรวมเบาจากเศษอิฐหัก

มงคล จิรวัชรเดช[1]

Abstract

Jiravacharadet, M.[1] (1999). **Mechanical Properties of Light-weight Aggregate Concrete from Crushed Masonry.** *Suranaree J. Sci. Technol 6:91-96*

This research investigates the possibility of using crushed masonry which is the waste material from building demolition as a coarse aggregate instead of rock. The objective is to gain a light-weight concrete with the unit weight less than 2,000 kg/cu.m. and compressive strength about 200 kg/sq.cm. The crushed masonry was obtained from the demolition of masonry wall and sieved to gain the required grading. After that the concrete from crushed masonry was mixed with water/cement ratio of 0.40, 0.45, 0.50, 0.55 by weight. The compressive strength tests were conducted at 3, 7, 14 and 28 days. The splitting tensile tests were also conducted at 28 days. From the tested results, it was found that the concrete from crushed masonry can be classified as a light-weight concrete and gains enough compressive strength to use in general building constructions.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเศษอิฐหักซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการรื้อถอนอาคารกลับมาใช้ใหม่เพื่อเป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีตแทนหิน เพื่อให้ได้คอนกรีตมวลรวมเบาซึ่งมีหน่วยน้ำหนักต่ำกว่า 2,000 กก./ลบ.ม. และกำลังรับแรงอัดประมาณ 200 กก./ตร.ซม. เศษอิฐหักจะได้มาจากการ บดย่อยเศษผนังอิฐก่อที่ได้จากการรื้อถอนอาคารจนได้ขนาดคละตามต้องการ จากนั้นจึงนำมาผสมคอนกรีตในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.40 0.45 0.50 และ 0.55 โดยน้ำหนัก แล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุ 37 14 และ 28 วัน และกำลังรับแรงดึงที่อายุ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าคอนกรีตที่ได้มีหน่วยน้ำหนักเบาและกำลังรับแรงอัดเพียงพอที่จะใช้ในงานก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยทั่วไป

บทนำ

เศษขยะจากการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคารนับเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งจากอุตสาหกรรม การก่อสร้างก็คือการทำโรงโม่หินเพื่อ

[1] *Ph.D.,ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000.*

นำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งนอกจากจะเปิดหน้าดินทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ฝุ่นผงจากการโม่หินยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอีกด้วย ดังนั้นถ้าสามารถนำเศษวัสดุจากการก่อสร้างเหล่านี้กลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากจะช่วยลดปัญหาจากเศษขยะและการโม่หินแล้วยังทำให้คอนกรีตที่ได้มีราคาถูกลงเพราะใช้ส่วนผสมจากเศษวัสดุเหลือใช้ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายจากการขนส่งและการบดย่อยเท่านั้น

โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตมวลเบาจะหมายถึงคอนกรีตที่มีความหนาแน่นภายหลังการอบแห้ง (oven-dry density)อยู่ระหว่าง 1,500-2,000 กก./ลบ.ม. ในทางปฏิบัติแล้วกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมสำหรับงานโครงสร้างควรจะเกิน 200 กก./ตร.ซม. สำหรับคอนกรีตที่ใช้มวลรวมละเอียดปกติแล้ว ความหนาแน่นในสภาพอัดแน่นของมวลรวมหยาบจะอยู่ระหว่าง 650-1,850 กก./ลบ.ม. เนื่องจากความเบาของมวลรวมหยาบจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต

มวลรวมเบาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น หินภูเขาไฟที่มีรูพรุน(volcanic porous rocks) ขี้โลหะ (blastfurnace slag) และดินบางชนิดที่มีการ ขยายตัวเมื่อถูกเผา เศษอิฐหักที่ใช้ในการศึกษานี้จัดอยู่ในมวลรวมเบาที่ได้จากดินเผาการขยายตัวซึ่งเกิด จากการหลอมรวมตัวกันของเม็ดดินจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100°C ดินที่เหมาะสำหรับคอนกรีต มวลเบาจะต้องมีส่วนผสมที่จะปล่อยก๊าซได้อย่างเพียงพอ ซึ่งอาจได้มาจากหลายปฏิกิริยาได้แก่ การระเหยของซัลไฟด์ที่ 400°C การแตกตัวของน้ำที่ 600°C การเผาไหม้ของสารประกอบคาร์บอนที่ 700°C การปลดปล่อยสารคาร์บอเนตที่ 850°C และปฏิกิริยา ของ Fe_2O_3 ทำให้เกิดการปลดปล่อยออกซิเจนที่ 1,100°C

วิธีการทดลอง

เศษอิฐซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการศึกษานี้ได้จากการนำผนังก่ออิฐมาบดย่อยโดยใช้ฆ้อนเพื่อให้ได้ขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 3/4 นิ้ว ดังนั้นวัสดุที่ใช้จึงมีส่วนผสมของอิฐก่อและอิฐฉาบปะปนอยู่บ้าง จากนั้นจึงนำไปร่อนตะแกรงเพื่อให้ได้ขนาดคละที่เหมาะสมตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) และทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเศษอิฐ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

คอนกรีตที่ทำการผสมจะมีด้วยกัน 2 ชนิดคือคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบใช้เป็นตัวอย่างทดสอบควบคุม และคอนกรีตที่ใช้เศษอิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ สำหรับคอนกรีตแต่ละชนิดจะออกแบบส่วนผสมตามอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 0.45 0.5 และ 0.55 โดยจะทำการออกแบบส่วนผสม ตามวิธีการของ American Concrete Institute (ACI) ส่วนผสมของคอนกรีตทั้ง 2 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

หลังการผสมคอนกรีตเหลวจะถูกหล่อเป็นแท่งตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. แล้วนำไปบ่มในน้ำซึ่งอิ่มตัวด้วยปูนขาวเพื่อป้องกันมิให้แร่ธาตุในแท่งทดสอบละลายออกมา การทดสอบกำลังรับแรงอัดจะทำที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน โดยนำคอนกรีตขึ้นจากน้ำ เช็ดผิวให้แห้ง วัดขนาดและชั่งน้ำหนัก เคลือบปลายด้วยกำมะถันแล้วทดสอบโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบแยกตัว (splitting tensile test) จะทำที่อายุ 28 วันของการบ่ม โดยนำแท่งตัวอย่างทดสอบมาวางนอนในโครงทดสอบรองด้านบนและล่างด้วยแผ่นไม้อัดขนาด 1/8" (1" ยาวเท่ากับตัวอย่างทดสอบคือ 30 ซม.) จากนั้นนำไปกดด้วยเครื่องกดเพื่อให้เกิดแรงดึงด้านข้างจนทำให้แท่งคอนกรีตแยกออกเป็นสองส่วน

ตารางที่ 1 สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ

	สวนผสมที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ. ม.						
อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์	น้ำ (กก.)	ปูน (กก.)	ทราย (กก.)	หิน (กก.)	หิน#4 (กก.)	ทราย#30 (กก.)	รวม (กก.)
0.40	200	500.00	509.50	983.4	39.40	59.10	2291
0.45	200	444.44	543.10	983.4	42.00	62.90	2276
0.50	200	400.00	570.70	983.4	44.10	66.10	2264
0.55	200	363.60	594.40	983.4	46.00	68.90	2256

ตารางที่ 2 สรุปส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบ

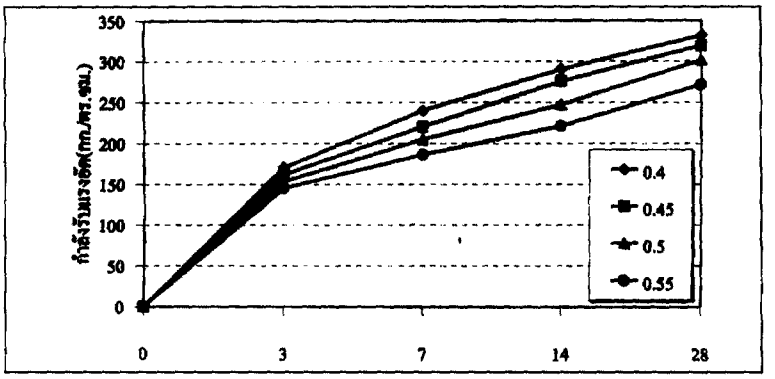
	สวนผสมที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ. ม.						
อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์	น้ำ (กก.)	ปูน (กก.)	ทราย (กก.)	อิฐหัก (กก.)	หิน#4 (กก.)	ทราย#30 (กก.)	รวม (กก.)
0.40	200	500.00	460.13	648	29.90	44.82	1883
0.45	200	444.44	495.70	648	32.22	48.28	1869
0.50	200	400.00	523.30	648	34.02	51.00	1856
0.55	200	363.60	547.02	648	35.57	53.30	1848

ผลการทดลอง

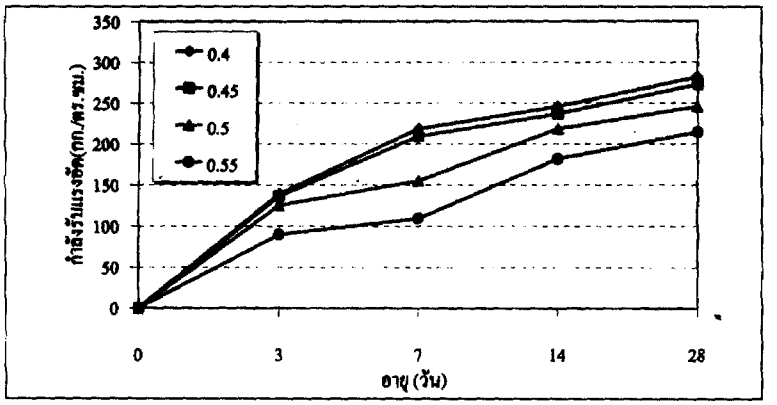
1. หน่วยน้ำหนัก จากการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของแท่งคอนกรีตทำให้สามารถคำนวณหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตได้ซึ่งจะมีค่ามากกว่าที่ได้จากการออกแบบเล็กน้อย เนื่องจากคอนกรีตที่นำไปชั่งอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ พบว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมอิฐหักมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,875 กก./ลบ.ม. ซึ่งเมื่อเทียบกับคอนกรีตปกติผสมหินที่วัดหน่วยน้ำหนักได้ 2,450 กก./ลบ.ม. คอนกรีตผสมอิฐหักจะเบากว่าคอนกรีตปกติอยู่ 23.47 เปอร์เซ็นต์

2. กำลังรับแรงอัดและแรงดึง จากรูปที่ 1 และ 2 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและระยะเวลาในการบ่มของคอนกรีตที่ใช้หินและอิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งพบว่าลักษณะการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตทั้งสองประเภทมีลักษณะใกล้เคียงกัน นั่นคือกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นมากในช่วง 3 วันแรกของการบ่มโดยจะพัฒนากำลังอัดขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังที่ 28 วัน และคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยกว่า (ใช้ปริมาณซีเมนต์มากกว่า) จะมีการพัฒนากำลังขึ้นไปสูงกว่า

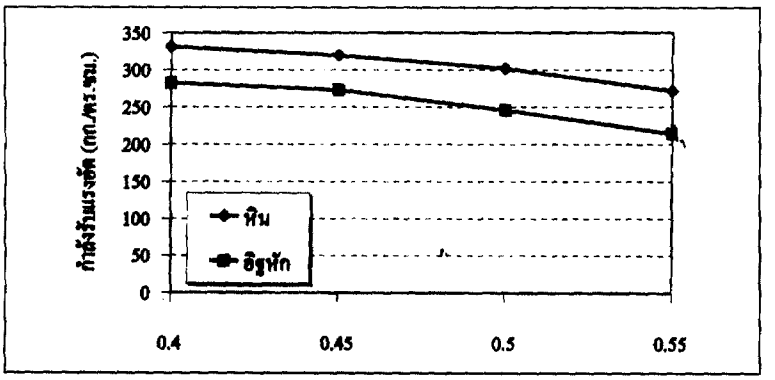
เมื่อนำกำลังอัดที่ 28 วันของวัสดุทั้งสามชนิด มาเปรียบเทียบกันดังในรูปที่ 3 พบว่าคอนกรีตที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะให้ค่ากำลังอัดมากกว่า คอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ หรือกล่าว อีกนัยหนึ่งก็คือถ้าต้องการผสมคอนกรีตให้ได้ตามค่ากำลังอัดที่ต้องการ คอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบจะใช้ปูน



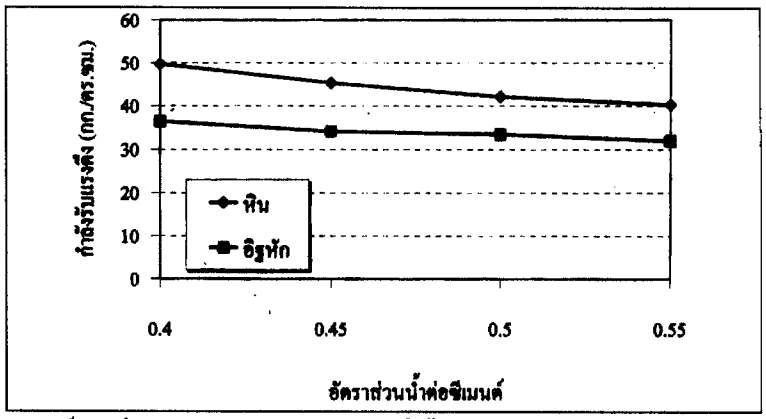
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่ม



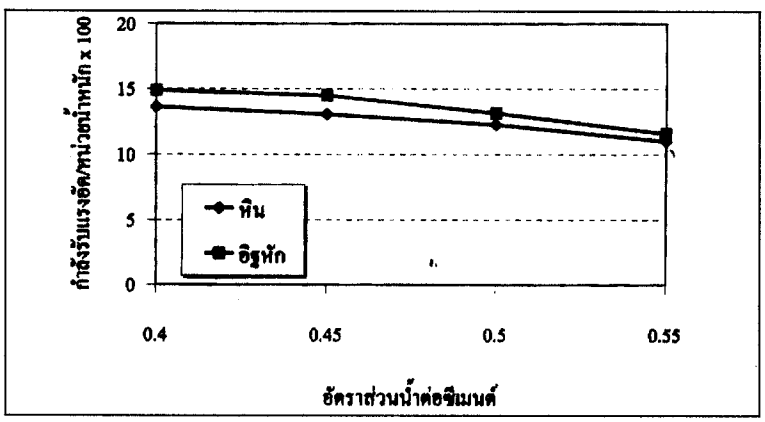
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นมวลรวมหยาบและอายุในการบ่ม



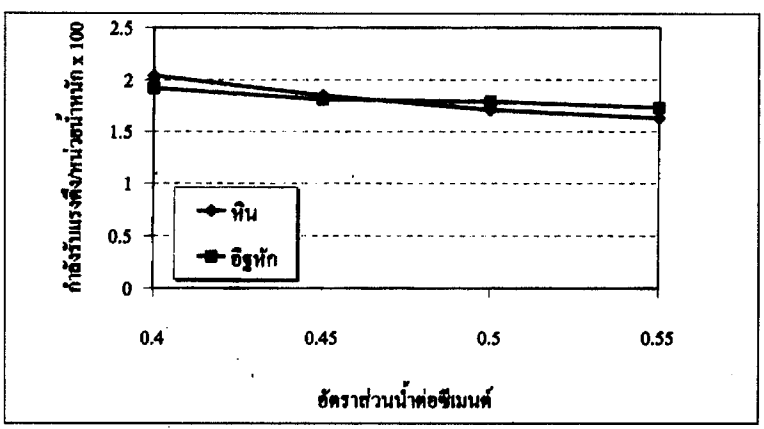
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้หิน และอิฐหักเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้หิน และอิฐหักเป็นมวลรวมหยาบที่อายุในการบ่ม 28 วัน และอัตรส่วนน้ำต่อซีเมนต์



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หินและ อิฐหัก



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้หินและอิฐหัก

ซีเมนต์มากกว่าคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวมหยาบ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา ถึงกำลังอัดที่ต้องการในการใช้งานโดยทั่วไปซึ่งจะอยู่ ที่ประมาณ 150 - 250 กก./ตร.ซม. พบว่าทั้งคอนกรีต ที่ใช้อิฐหักนั้นมีกำลังเพียงพอที่จะใช้ในงานก่อสร้าง โดยทั่วไปได้ เมื่อพิจารณากำลังรับแรงดึงดังผลที่แสดงในรูปที่ 4 แล้วจะพบว่า คอนกรีตที่ใช้วัสดุมวลรวม ทั้งสามชนิดมีกำลังรับแรงดึงที่อายุการบ่ม 28 วัน ในลักษณะเดียวกับกำลังรับแรงอัดนั่นคือกำลังรับแรงดึงจะสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลดลงและคอนกรีตที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบจะให้ค่ากำลังดึงมากกว่าคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ

3. กำลังต่อหน่วยน้ำหนัก ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุโครงสร้างโดยทั่วไปนั้นจะนิยมทำโดยการเปรียบเทียบเป็นกำลังต่อหน่วยน้ำหนัก ดังนั้นเมื่อนำค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ยไปหารกำลังรับแรงอัด ก็จะได้ผลในดังในรูปที่ 5 คือกำลังรับแรงอัดต่อหน่วยคอนกรีต จะพบว่าค่ากำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมนั้นทีค่าสูงกว่าของคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวม และเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลง

สำหรับกำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนัก (รูปที่ 6) พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมนั้นที่ค่าใกล้เคียงของคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวม โดยของอิฐหักจะต่ำกว่าเล็กน้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.40 และ 0.45 แต่จะมากกว่าเล็กน้อยที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.50 และ 0.55 และเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้นกำลังรับแรงดึงต่อหน่วยน้ำหนักจะลดลง

บทสรุป

จากผลการทดสอบคอนกรีตมวลรวมเบาที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบเปรียบเทียบกับคอนกรีตน้ำหนักปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบพบว่า

1. กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักมีกำลังเพียงพอสำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้ แม้ว่าจะต้องการปริมาณซีเมนต์มากขึ้นเพื่อให้ได้กำลังเท่ากับคอนกรีตที่ผสมหินก็ตาม

2. หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาที่ได้จากการผสมเศษอิฐหักคือ 1,875 กก./ลบ.ม. จัดเป็นค่าที่เหมาะสมเนื่องจากน้อยกว่า 2,000 กก./ลบ.ม.

3. กำลังต่อหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตที่ใช้อิฐหักเป็นวัสดุมวลรวมหยาบมีค่าสูงกว่าคอนกรีตปกติที่ใช้หินเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นอย่างสูงในการนำเศษอิฐหักกลับมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในคอนกรีตทดแทนหิน

เอกสารอ้างอิง

J. L. Clarke, Structural Lightweight Aggregate Concrete, 1st edition, Blackie Academic & Professional, 1993.