

Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>

Research on the possibility of applying concrete using recycled aggregates from waste concrete to build rural roads



Huy Quang Dang ^{1,*}, Phuc Dinh Hoang ¹, Thang Anh Bui ¹, Trang Huong Thi Ngo ¹, Anh Tuan Chu ⁵

¹ Faculty of Civil Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Academy of Finance, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17th Oct. 2020

Revised 08th Dec. 2020

Accepted 31st Dec. 2020

Keywords:

Concrete strength,
Natural aggregate,
Recycled aggregate,
Rural road,
Solid waste.

ABSTRACT

Many researchers over the world have pointed out the great economic and environmental benefits of using recycled aggregate from waste concrete to make concrete. In Vietnam, although the demand for concrete is increasing in both civil and infrastructure construction such as rural concrete roads, however, the use of waste concrete aggregate to make concrete still has not been adequately studied. With the experimental test, the authors have studied the change in the strength of concrete using large recycled aggregates, thereby clarifying the possibility of using this type of concrete in rural concrete road construction. The results show that, if the amount of recycled aggregate to replace natural aggregate is below 30%, the concrete strength achieved is slightly reduced compared to the control concrete. As the amount of recycled aggregate increases, the strength of the concrete decreases significantly but still can meet the strength requirement of concrete in rural roads.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

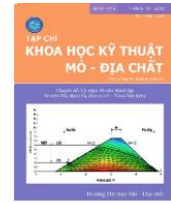
E - mail: dangquanghuy@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.HTCS2020.09



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Nghiên cứu khả năng ứng dụng bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải để làm đường bê tông nông thôn

Đặng Quang Huy ^{1,*}, Hoàng Đình Phúc ¹, Bùi Anh Thắng ¹, Ngô Thị Hương Trang ¹, Chu Tuấn Anh ²

¹ Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Học viện Tài chính, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 17/10/2020

Sửa xong 08/12/2020

Chấp nhận đăng 31/12/2020

Từ khóa:

Bê tông,
Cốt liệu tái chế,
Cốt liệu tự nhiên,
Cường độ,
Đường bê tông nông thôn.

Lợi ích to lớn về kinh tế và môi trường trong việc sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải để chế tạo bê tông đã được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới chỉ ra và chứng minh. Tại Việt Nam, mặc dù nhu cầu sử dụng bê tông ngày càng lớn trong cả các công trình dân dụng và giao thông như đường bê tông nông thôn, tuy vậy, việc sử dụng cốt liệu bê tông phế thải để chế tạo bê tông vẫn chưa được nghiên cứu thỏa đáng. Với phương pháp thí nghiệm đúc mẫu trong phòng, các tác giả đã tiến hành nghiên cứu sự thay đổi cường độ của bê tông có sử dụng cốt liệu lớn thu được từ bê tông phế thải, từ đó so sánh với khả năng ứng dụng của loại bê tông này trong xây dựng đường bê tông nông thôn. Kết quả cho thấy, nếu lượng cốt liệu tái chế thay thế cốt liệu tự nhiên ở mức dưới 30% thì cường độ bê tông đạt được bị giảm đi nhưng không đáng kể với bê tông đối chứng. Khi lượng cốt liệu tái chế tăng lên, cường độ của bê tông giảm rõ rệt tuy nhiên vẫn có thể đáp ứng được yêu cầu cường độ của bê tông sử dụng làm đường nông thôn.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Bê tông là loại vật liệu được sử dụng phổ biến nhất trong ngành xây dựng. Trải qua hàng trăm năm kể từ khi được phát minh, các công trình xây dựng bằng loại vật liệu này đã đạt đến khối lượng không thể đo đếm được. Hiện nay, nhiều công trình xây dựng bằng bê tông cốt thép đã đạt đến tuổi thọ và bị phá dỡ tạo nên một lượng phế thải rắn rất lớn cho môi trường. Theo ước tính, hàng

năm lượng bê tông phế thải được tạo ra ở Trung Quốc vào khoảng 200 triệu tấn (Xiao và nnk, 2012), ở Anh 100 triệu tấn (Purnell và Dunster, 2010), ở Pháp 300 triệu tấn (Faisabilité PN Recybéton, 2011) và ở Brazil là 70 triệu tấn (Ulsen C., 2013). Lượng bê tông phế thải theo dự báo sẽ còn tiếp tục tăng lên nữa trong tương lai. Mặt khác, nhu cầu sử dụng bê tông trong xây dựng cũng không ngừng được mở rộng do quá trình đô thị hóa diễn ra rất nhanh trên thế giới, đặc biệt là ở các nước đang phát triển như Việt Nam. Các loại cốt liệu tự nhiên để chế tạo bê tông như cát, đá, sỏi ngày càng cạn kiệt và trở nên đắt đỏ, thêm vào đó, việc khai thác quá mức các loại vật liệu này còn tạo

* Tác giả liên hệ

E - mail: dangquanghuy@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.HTCS2020.09

nên những nguy hại cho môi trường. Từ những hiện trạng đó, nhiều nhà khoa học đã nghiên cứu tái sử dụng bê tông phế thải làm cốt liệu cho bê tông. Cách tiếp cận đơn giản nhất là nghiên cứu các sự ảnh hưởng của thành phần cốt liệu tái chế đến một số đặc tính cơ bản của bê tông như độ sụt, cường độ nén, uốn. Từ đó, có thể đưa ra khả năng ứng dụng của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế cho những công trình cụ thể.

Nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng cường độ của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế (CLTC) từ bê tông phế thải nhỏ hơn cường độ của bê tông thông thường sử dụng cốt liệu tự nhiên (CLTN). (Hansen, 1986) cho rằng cường độ nén của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế có thể giảm tới 25% tùy thuộc vào chất lượng của cốt liệu tái chế đó. Một số kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng tỉ lệ cốt liệu tái chế có ảnh hưởng quyết định đến cường độ của bê tông (Ann và nnk 2008), (Kou SC và nnk 2007). Kwan và các đồng sự (2012) tin rằng khi tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế cốt liệu tự nhiên trong bê tông tăng lên thì cường độ nén của bê tông sẽ giảm đi. Nguyên nhân của việc này là do cường độ của vữa dư thừa bám xung quanh cốt liệu tự nhiên đá, sỏi có cường độ nhỏ hơn nhiều so với bản thân cốt liệu tự nhiên. Salau cùng đồng nghiệp (Salau, 2014) xác nhận kết quả này và cho rằng vữa dư thừa còn là nguyên nhân cho khối lượng riêng nhỏ và độ thấm hút nước cao của cốt liệu tái chế. Họ cũng tin rằng cường độ thấp của cốt liệu tái chế còn được chi phối bởi sự liên kết yếu của bề mặt tiếp xúc giữa vữa dư thừa với đá và bề mặt vữa dư thừa với vữa mới. (McNeil, 2013) lại cho rằng cường độ nén của bê tông còn bị ảnh hưởng của một số yếu tố khác nữa như tỉ lệ nước/xi măng, tỉ lệ sỏi, đá bị thay thế bởi cốt liệu tái chế và lượng vữa dư thừa trong cốt liệu tái chế.

Tại Việt Nam, vấn đề nghiên cứu sử dụng cốt liệu tái chế (CLTC) từ bê tông cũng đã bắt đầu được nghiên cứu và đạt được một số kết quả ban đầu. Lê Việt Hùng (Lê, 2007) đã chỉ ra rằng khi sử dụng hoàn toàn cốt liệu tái chế thì cường độ block xi măng cốt liệu tái chế giảm 12-25%. (Tống Tôn Kiên, 2011) sử dụng cốt liệu nhỏ tái chế từ phế thải phá dỡ công trình để chế tạo mẫu thí nghiệm bê tông và vữa xây dựng. Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ nén và kéo uốn của mẫu vữa xi măng sử dụng cốt liệu nhỏ tái chế có cường độ giảm 30-50% ở tuổi 28 ngày, mức độ suy giảm phụ thuộc vào thành phần và nguồn gốc của phế

thải xây dựng. (Tống Tôn Kiên, 2016) cũng đã sử dụng cốt liệu lớn từ bê tông tái chế (BTTC) để chế tạo bê tông, kết quả thí nghiệm cho thấy mẫu bê tông sử dụng 100% cốt liệu bê tông tái chế có cường độ nén giảm tới khoảng 28% và cường độ kéo uốn giảm tới 22% so với mẫu đối chứng. Phương pháp trộn bê tông mà các tác giả trên lựa chọn sử dụng là phương pháp trộn có xử lý bề mặt hỗn hợp hạt cốt liệu, đây là phương pháp trộn cho chất lượng bê tông tốt nhất, tuy nhiên lại phức tạp khó áp dụng trong thực tiễn.

Mục đích của nghiên cứu này là tiếp tục nghiên cứu về ảnh hưởng của cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải đến cường độ, độ sụt của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế đó. Từ kết quả nhận được, các tác giả xem xét khả năng ứng dụng của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế trong một dạng công trình cụ thể là đường bê tông nông thôn. Phương pháp trộn vật liệu trong chuỗi thí nghiệm này là phương pháp trộn thông thường để đảm bảo khả năng thi công trong thực tế cao nhất. Các thí nghiệm kiểm tra cường độ được thực hiện ở các mốc thời gian 7 ngày và 28 ngày. Ở cả hai mốc thời gian này, cường độ và độ sụt của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế đã có những thay đổi đáng kể so với bê tông đối chứng.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

Xi măng được sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng Portland Vicem Bút Sơn PC40 có các chỉ tiêu kỹ thuật thoả mãn tiêu chuẩn TCVN 2682-2009. Đây là loại xi măng phổ biến, thường được dùng trong các công trình xây dựng ở Việt Nam (Hình 1).

Cốt liệu lớn tự nhiên sử dụng trong nghiên cứu này là loại đá dăm có $D_{max}=19\text{mm}$ được lấy từ mỏ đá Hoà Thạch - Quốc Oai - Hà Nội. Đá dăm được sàng qua các mắt sàng 19; 12,5; 9,5; 4,75 mm, sau đó được phối trộn lại để có thành phần hạt thoả mãn theo tiêu chuẩn ASTM C33 (Hình 1).

Cốt liệu nhỏ tự nhiên sử dụng là loại cát vàng sông Lô có thành phần hạt và các chỉ tiêu kỹ thuật thoả mãn tiêu chuẩn. Các tính chất kỹ thuật của cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ được giới thiệu trong Bảng 1. Nước dùng để trộn bê tông là loại nước sinh hoạt của nhà máy nước Hà Nội, lấy trực tiếp tại phòng thí nghiệm Công trình ngầm và Mỏ, Trường đại học Mỏ-Địa chất.

Bảng 1. Các tính chất kỹ thuật của hạt cốt liệu.

TT	Tên chỉ tiêu	CLL tự nhiên	CLN tự nhiên	CLTC
1	Khối lượng riêng (g/cm^3)	2,71	2,66	2,55
2	Khối lượng thể tích đầm chặt (g/cm^3)	1,65	1,6	1,52
3	Độ hút nước sau 5' (%)	0,2	0,6	5
4	Độ hút nước sau 24h (%)	0,7	1,1	7,9
5	Mô đun độ lớn	-	2,8	



(a) Xi măng Bút Sơn PC40.

(b) Cốt liệu lớn tự nhiên.

(c) Cốt liệu nhỏ tự nhiên (cát vàng).

Hình 1. Vật liệu sử dụng để chế tạo bê tông đối chứng.

Nước sinh hoạt này đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật dành cho nước trộn bê tông quy định trong tiêu chuẩn TCVN 4506-2012.

Bê tông phế thải được thu gom từ một số công trình dân dụng phá dỡ quanh khu vực Cổ Nhuế, Bắc Từ Liêm, Hà Nội (Hình 2). Trong quá trình thu gom, một vài cấu kiện phế thải lớn (có kích thước >20 cm) được tách riêng để khoan rút lõi lấy mẫu xác định cường độ của bê tông phế thải gốc. Mẫu khoan hình trụ có tiết diện đường kính D 50 mm và cao 100 mm. Sau khi tiến hành thí nghiệm nén, kết quả cho thấy cường độ nén trung bình của bê tông phế thải gốc là 21,43 MPa.

Với lượng bê tông phế thải còn lại, ta tiến hành đập nhỏ bằng búa tay sao cho đạt được các cỡ hạt tương đương với cốt liệu lớn tự nhiên (Hình 2) (trong nghiên cứu này, các tác giả chỉ thay thế cốt liệu lớn tự nhiên bằng cốt liệu tái chế). Các hạt cốt liệu lớn tái chế (CLLTC) sau khi được đập nhỏ được sàng qua các mắt sàng từ 19 đến 4,75 mm theo ASTM C33. Sau đó cốt liệu tái chế được kiểm tra thành phần hạt và phối trộn lại để thoả mãn theo ASTM C33 (Bảng 2). Cấp phối của cốt liệu tự nhiên và cốt liệu tái chế có sự khác nhau nhưng vẫn nằm đáp ứng tiêu chuẩn ASTM C33.

Độ hút nước của cốt liệu tái chế được đo ở các thời điểm sau 5 phút và sau 24 h. Kết quả thí nghiệm cho thấy độ hút nước của cốt liệu tái chế nhanh và nhiều hơn so với cốt liệu tự nhiên rất nhiều (bảng 1). Sau 5 phút, độ hút nước của cốt liệu tự nhiên đạt khoảng 28% so với sau 24 giờ, trong khi đó với cốt liệu tái chế, tỉ lệ này là 63%. Ngoài ra, lượng nước hút vào của cốt liệu tái chế nhiều gấp 11 lần so với cốt liệu tự nhiên sau 24h. Điều này cần phải chú ý khi thiết kế thành phần bê tông.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Tính toán cấp phối bê tông

Cấp phối bê tông được tính toán để bê tông thí nghiệm đạt được cường độ nén ở 28 ngày tuổi là 30 MPa. Độ sụt yêu cầu đối với bê tông thông thường và thi công thủ công thường khoảng $SN=10\pm 2$ cm. Dựa trên độ sụt yêu cầu và đường kính D_{max} của cốt liệu lớn, ta chọn sơ bộ lượng nước cho một 1m^3 bê tông đối chứng là $205\text{ l}/\text{m}^3$. Dựa trên cường độ yêu cầu của bê tông và cường độ xi măng, lượng xi măng cần thiết cho 1m^3 bê tông là 350 kg, lượng cát và đá cho 1 m^3 bê tông đối chứng lần lượt là 1074 kg và 710 kg.

Đối với bê tông sử dụng cốt liệu tái chế, lượng đá dăm bị thay thế bởi cốt liệu tái chế tính theo phần trăm thể tích lần lượt tương ứng tỉ lệ: 10%, 20%, 30%, 40%, 60% và 100%. Ứng với mỗi tỉ lệ % đó, ba mẫu thí nghiệm hình lập phương cạnh 15cm được chế tạo. Do lượng nước hấp thụ bởi cốt

liệu tái chế là rất lớn trong 5 phút đầu tiên, do vậy ngoài lượng nước tự do giống như trong cấp phối của bê tông đối chứng, cần thêm vào một lượng nước tương ứng với độ hút nước của cốt liệu tái chế trong vòng 5 phút đầu tiên để đảm bảo độ sụt của bê tông (Bảng 3).

Bảng 2. Thành phần hạt của cốt liệu lớn tự nhiên và tái chế.

Đường kính cỡ sàng (mm)	Lượng lọt CLTN (%)	Lượng lọt CLTC (%)	Lượng lọt tiêu chuẩn (%) (ASTM C33)
25	100	100	100
19	91	99	90-100
12,5	-	-	-
9,5	36	51	20-55
4,75	2	7	0-10
2,36	0	0	0-5



(a) Thu thập bê tông phế thải



(b) BTTC trước khi đập nhỏ
Hình 2. Bê tông tái chế.



(c) BTTC sau khi đập nhỏ

Bảng 3. Thành phần cấp phối bê tông.

TT	Bê tông	Xi măng, (kg)	CLTN, (kg)	CLTC, (kg)	Cát vàng, (kg)	Nước tự do, (l)	Nước thêm, (l)
1	BT đối chứng	350	1074	0	710	195	0
2	10%CLTC+90%CLTN	350	967	101	710	195	5
3	20%CLTC+80%CLTN	350	773	283	710	195	14
4	30%CLTC+70%CLTN	350	752	303	710	195	15
5	40%CLTC+60%CLTN	350	580	465	710	195	23
6	60%CLTC+40%CLTN	350	430	606	710	195	30
7	100%CLTC+0%CLTN	350	0	1011	710	195	51

2.2.2. Chế tạo và bảo dưỡng mẫu bê tông.

Quy trình trộn sử dụng trong nghiên cứu này là quy trình trộn thông thường, hay được áp dụng tại các công trình riêng lẻ. Theo quy trình này, hỗn hợp xi măng, cát, đá sẽ được trộn đều với nhau trước, sau 1 phút ta thêm ½ nước và tiếp tục trộn, cuối cùng thêm lượng nước còn lại vào và tiếp tục trộn 3 phút để hỗn hợp hoàn toàn đồng đều. Khi quá trình trộn kết thúc, ta tiến hành thử độ sụt và đúc mẫu.

Hỗn hợp bê tông được nhồi vào khuôn kim loại để đúc mẫu, bề mặt trên của mẫu được ủ khăn ẩm để bảo dưỡng bê tông. Sau một ngày, các mẫu được tháo khuôn và ngâm trong nước ở nhiệt độ phòng đến tuổi thí nghiệm là 7 và 28 ngày.

2.2.3. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của bê tông.

Cường độ chịu nén của mẫu bê tông được xác định sau 7 ngày và 28 ngày theo tiêu chuẩn TCVN 3118:1993. Thiết bị sử dụng để tiến hành thí nghiệm là máy nén bê tông được chế tạo bởi hãng Control, thuộc Phòng thí nghiệm công trình ngầm và Mỏ (Hình 3). Mẫu sẽ bị nén đến khi phá hủy (Hình 4), tải trọng nén khi phá hủy được ghi lại và cường độ của bê tông được tính theo công thức:

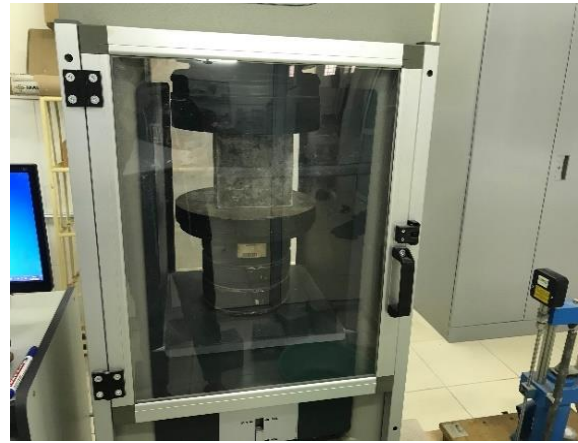
$$R_n = \frac{P}{F} \quad (1)$$

Trong đó: *P* - Tải trọng phá hoại mẫu (N); *F* - tiết diện chịu lực của mẫu bê tông (m²).

3. Kết quả và thảo luận.

3.1. Ảnh hưởng của CLLTC tới độ sụt bê tông

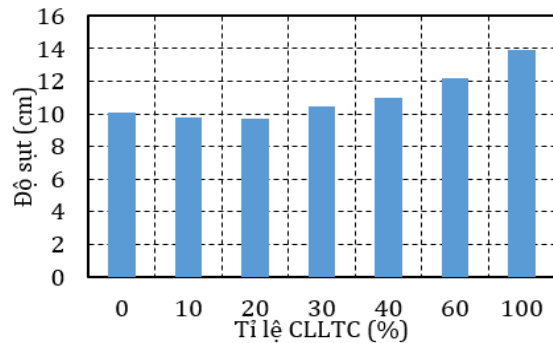
Kết quả thí nghiệm cho thấy tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế cốt liệu tự nhiên có ảnh hưởng đáng kể tới độ sụt của bê tông đo tại thời điểm vừa trộn xong. Với các hỗn hợp bê tông mà tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế nhỏ hơn 60% thì độ sụt SN vẫn nằm trong khoảng yêu cầu 10±2 cm, chỉ khi thay thế toàn bộ đá dăm bằng cốt liệu tái chế thì độ sụt mới tăng lên gần 14cm. Độ sụt có xu hướng giảm đi khi tỉ lệ cốt liệu tái chế còn thấp và đạt giá trị nhỏ nhất tại tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế 20%, sau đó nó tăng tỉ lệ thuận với tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế (Hình 5). Xu hướng tăng độ sụt này có vẻ không hợp lý bởi cốt liệu tái chế có hình dạng góc cạnh, xù xì hơn so với cốt liệu tự nhiên, hình dạng này thông



Hình 3. Máy nén bê tông (Phòng TN Công trình ngầm).



Hình 4. Mẫu bê tông bị phá hủy.



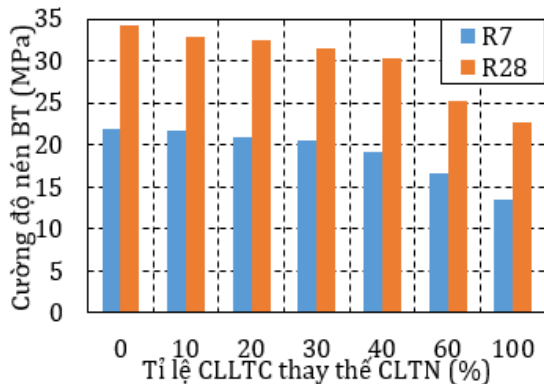
Hình 5. Ảnh hưởng của CLLTC tới độ sụt của bê tông.

thường sẽ làm giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông. Sự bất hợp lý này có thể giải thích bởi lượng nước hấp thụ được thêm vào khi trộn bê tông sử dụng cốt liệu tái chế. Các hạt cốt liệu tái chế hút nước rất lớn nên cần phải thêm một lượng nước tương ứng trong quá trình trộn bê tông, tuy nhiên, trong thực tế khi trộn các hạt cốt liệu tái chế có thể đã hút nước ít hơn và chậm hơn, khiến dư ra một lượng

nước so với tiêu chuẩn trộn bê tông thông thường làm bê tông linh động và có độ sụt cao hơn.

3.2. Ảnh hưởng của CLTC tới cường độ nén của bê tông

Cường độ nén của bê tông được xác định tại thời điểm 7 ngày và 28 ngày sau khi chế tạo mẫu (Hình 6). Kết quả nén cho thấy cường độ của bê tông giảm dần khi tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế cốt liệu tự nhiên tăng lên. Cường độ của bê tông đối chứng luôn cao nhất, tuy nhiên với lượng cốt liệu tự nhiên bị thay thế nhỏ hơn 30%, cường độ của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế gần như tương đương nhau và tương đương với cường độ bê tông đối chứng. Khi tỉ lệ cốt liệu thay thế từ 30% trở lên, cường độ bê tông giảm mạnh và đạt giá trị nhỏ nhất 22,7 MPa khi toàn bộ đá dăm bị thay bởi cốt liệu tái chế. Giá trị này chỉ đạt 69% so với cường độ của bê tông đối chứng nhưng vẫn lớn hơn cường độ của bê tông phế thải gốc, do đó, bê tông sử dụng cốt liệu tái chế hoàn toàn có thể sử dụng được cho những công trình không yêu cầu bê tông cường độ cao. Với các công trình thông thường, chỉ nên sử dụng cốt liệu tái chế thay thế với tỉ lệ thấp hơn 30%.



Hình 6. Ảnh hưởng của cốt liệu lớn tái chế tới cường độ nén của bê tông.

3.3. Thảo luận.

Quá trình đô thị hóa nông thôn đang diễn ra rất nhanh chóng ở nước ta, một trong những yêu cầu cấp thiết của quá trình này là việc bê tông hóa cơ sở hạ tầng mà đường giao thông là hạng mục quan trọng bậc nhất. Nhu cầu về bê tông ở nông thôn, do đó cũng tăng lên đáng kể. Nếu cốt liệu tái chế được sử dụng để xây dựng đường bê tông nông thôn sẽ mang lại hiệu quả vô cùng to lớn.

Đường giao thông nông thôn được quy định là đường cấp huyện trở xuống, trong đó, chỉ với những tuyến đường huyện yêu cầu về mặt đường bê tông xi măng mới cần tuân theo tiêu chuẩn áo đường cứng hiện hành, tức yêu cầu cường độ nén bê tông làm mặt đường lớn hơn 300 daN/cm^2 (theo tiêu chuẩn 22TCN223_1995 về thiết kế áo đường cứng). Với các cấp đường giao thông nông thôn thấp hơn, cường độ nén của bê tông chỉ cần nằm trong khoảng $25 \div 30 \text{ MPa}$ là đủ đáp ứng yêu cầu. So sánh với kết quả thí nghiệm, có thể thấy khi tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế nhỏ hơn 40%, bê tông sử dụng cốt liệu tái chế hoàn toàn đáp ứng yêu cầu về cường độ của mọi cấp mặt đường bê tông xi măng nông thôn. Khi tỉ lệ cốt liệu tái chế tăng lên đến 60%, bê tông sử dụng cốt liệu tái chế khi đó chỉ đáp ứng được các cấp mặt đường thấp hơn là đường liên xã và liên thôn. Khi tỉ lệ này vượt quá 60%, cường độ nén bê tông khi đó nhỏ hơn 25MPa, và không có khả năng làm lớp mặt đường, tuy vậy nó vẫn có thể được tận dụng để làm lớp móng mặt đường cho các cấp đường cao hơn.

4. Kết luận.

Nghiên cứu này đã cho thấy tỉ lệ cốt liệu tái chế thay thế có tác dụng làm tăng độ sụt và giảm cường độ của bê tông. Sự suy giảm này không đáng kể khi lượng cốt liệu bị thay thế nhỏ hơn 30%. Khi đó, chất lượng bê tông hoàn toàn có thể đáp ứng để làm mặt đường bê tông nông thôn.

Nghiên cứu sử dụng bê tông phế thải có cường độ khá thấp, các thí nghiệm với bê tông phế thải có cường độ cao hơn cũng như theo dõi sự tiến triển của độ sụt, cường độ bê tông ở thời gian lâu hơn là rất cần thiết. Các biện pháp sử dụng phụ gia, hóa chất hay tăng lượng xi măng để nâng cao cường độ bê tông phế thải cũng là những hướng đi cần xem xét để có cái nhìn toàn diện về vấn đề này.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài NCKH mã số T20-18 tài trợ cho nghiên cứu này.

Những đóng góp của tác giả

Khái niệm hóa: Bùi Anh Thắng; Phương pháp luận: Đặng Quang Huy; Kiểm chứng: Hoàng Đình Phúc; Phân tích dữ liệu: Đặng Quang Huy; Thực hiện thí nghiệm: Bùi Anh Thắng, Ngô Thị Hương

Trang; Viết bản thảo bài báo: Đặng Quang Huy;
Đánh giá và chỉnh sửa: Chu Tuấn Anh, Hoàng Đình Phúc .

Tài liệu tham khảo

- Ann, K., Moon, H., Kim, Y., & Ryou, J., (2008). Durability of recycled aggregate concrete using pozzolanic materials. *Waste Management*, 28 993-999.
- Faisabilité P. N. Recybéton, (2011). *Etude de faisabilité*. Projet R&D. PN Recybéton (RECYclage complet des Bétons).
- Hansen, T., (1986). Recycled aggregates and recycled aggregate concrete: second state-of-the-art report, developments 1945-1985. *Mater. Struct.*, 19: 201-246.
- Kou S. C., Poon C. S., Dixon C., (2007). Influence of fly ash as cement replacement on the properties of recycled aggregate concrete. *J Mater Civil Eng*, 19(9):709-717.
- Kwan, W., Ramli, M., Kam, K., & Sulieman, M. Z. (2012). Influence of the amount of recycled coarse aggregate in concrete design and durability properties. *Constr. Build. Mater.*, 26 (1) 565-573.
- Lê Việt Hùng, (2007). *Nghiên cứu sử dụng phế thải phá dỡ công trình làm bê tông và vữa xây dựng*. Báo cáo tổng kết đề tài - Mã số MT17-07, Viện Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng.
- McNeil, K., & Kang, T. K., (2013). Recycled concrete aggregates: a review. *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, 7 61-69.
- Purnell, P., & Dunster, A., (2010). Recycling of concrete. Trong *Management, recycling and reuse of waste composites* (trang 569-591). Oxford, UK: Woodhead Publishing Limited.
- Salau, M., Ikponmwosa, E., & Adeyemo, A., (2014). Shrinkage deformation of concrete containing recycled coarse aggregate,. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4 (12) 1791-1807.
- Tống Tôn Kiên, (2011). *Nghiên cứu khả năng sử dụng phế thải phá dỡ công trình để sản xuất vật liệu xây dựng*. Báo cáo đề tài NCKH cấp Trường ĐH Xây dựng.
- Tống Tôn Kiên, (2016). *Nghiên cứu sử dụng phế thải xây dựng trong chế tạo bê tông*. Hà Nội: Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Trường đại học Xây dựng Hà Nội.
- Ulsen C., K. H., (2013). Production of recycled sand from construction and demolition waste. *Construction and Building Materials*, 40, 1168-1173.
- Xiao, J., Li, W., Fan, Y., & Huang, X., (2012). An overview of study on recycled aggregate concrete in China (1996-2011). *Construction and Building Materials*, 31, 364-383.