



SO SÁNH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ ẨM CỐT LIỆU KHI TRỘN ĐẾN CÁC TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG SỬ DỤNG CỐT LIỆU TỰ NHIÊN VÀ CỐT LIỆU BÊ TÔNG NGHIÊN

Tổng Tôn Kiên¹, Lê Trung Thành², Phạm Thị Vinh Lan³, Phùng Văn Lữ⁴

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả so sánh ảnh hưởng của loại cốt liệu và trạng thái ẩm của cốt liệu đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cốt liệu tự nhiên (CLTN và cốt liệu bê tông nghiền (CLBTN)). Các loại cốt liệu tự nhiên (CLTN), CLBTN được chuẩn bị ở 3 trạng thái độ ẩm là khô hoàn toàn, bán bão hòa khô bề mặt và bão hòa khô bề mặt. Kết quả thí nghiệm cho thấy, độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông phụ thuộc chủ yếu vào lượng nước nhào trộn, còn tổn thất độ sụt phụ thuộc vào loại cốt liệu và trạng thái ẩm của cốt liệu. Tốc độ tổn thất độ sụt của bê tông sử dụng CLBTN ở trạng thái khô hoàn toàn là lớn nhất. Các mẫu bê tông sử dụng CLBTN có cường độ giảm từ 15% đến 33% so với mẫu bê tông ĐC, mức độ giảm tùy thuộc vào loại CLBTN cũng như trạng thái ẩm của cốt liệu sử dụng. Bê tông sử dụng CLBTN ở trạng thái bán bão hòa khô bề mặt cho cường độ nén cao nhất, còn khi sử dụng CLBTN ở trạng thái bão hòa khô bề mặt lại có thể làm giảm cường độ nén do tăng cao tỷ lệ nước/xi măng và sự tách nước của cốt liệu trong hỗn hợp bê tông.

Từ khóa: Cốt liệu bê tông nghiền (CLBTN); bê tông cốt liệu tái chế (BTCLTC); phế thải phá dỡ công trình (PTXD).

Summary: This paper focuses on the comparative influence of type and mixing moisture of aggregates on the properties of fresh as well as hardened concretes, which used natural aggregate and crushed concrete aggregate. Three mixing moisture of the aggregates, i.e. oven-dry (OD), half saturated surface-dry (1/2SSD) and saturated surface-dry (SSD) were controlled. The test results showed that the initial slump of concrete mixtures depends on the amount of initial free water, and the slump loss of the mixtures depends on the type and mixing moisture of the aggregates. The most notable observation made was that the concrete mixture using 100% OD crushed aggregate displays the highest rate of slump loss. Compressive strength of the recycled aggregate concretes prepared decreases from 15% to 33% compared to that of normal concrete, the level of decrease depends on the types and moisture states of CCAs. The highest compressive strength of concrete is achieved with using 1/2SSD CCAs the values. However, The SSD recycled aggregates seemed to impose the largest negative effect on the concrete strength, which might be attributed to "bleeding" of excess water in the prewetted aggregates in the fresh concrete.

Keywords: Crushed concrete aggregate; recycled aggregate concrete; construction and demolition waste.

Nhận ngày 27/3/2015, chỉnh sửa ngày 17/4/2015, chấp nhận đăng 30/6/2015

¹NCS.ThS, Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng. Email: kientt@nuce.edu.vn.

²TS, Vụ Khoa học công nghệ và Môi trường, Bộ Xây dựng.

³ThS, Khoa Xây dựng, Trường Cao đẳng Xây dựng số 1, Bộ Xây dựng.

⁴GS.TSKH, Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.



1. Giới thiệu

Theo báo cáo môi trường quốc gia, trong năm 2009 ngành công nghiệp xây dựng Việt Nam thải ra môi trường xấp xỉ 1,8 triệu tấn phế thải xây dựng (PTXD), chiếm khoảng 10-15% tổng lượng phế thải rắn [2]. Theo Nghị quyết của Chính phủ [12], đến năm 2015 sẽ cơ bản hoàn thành việc phá dỡ, cải tạo các khu chung cư cũ tại các đô thị lớn trên cả nước, vì thế lượng PTXD sẽ còn tăng mạnh trong những năm tới. Dự kiến đến năm 2015, lượng PTXD sẽ tăng lên khoảng 2,9 triệu tấn và 4,3 triệu tấn vào năm 2020. Điều này dẫn đến thực trạng ngày càng thiếu diện tích các bãi chứa và chôn lấp phế thải trong những năm tới ở các đô thị và thành phố lớn trên cả nước. Vì thế, đòi hỏi phải tìm các giải pháp tận dụng nguồn vật liệu từ PTXD này. Theo định hướng chiến lược phát triển bền vững ở Việt Nam năm 2004 [14], Chính phủ sẽ ưu tiên đẩy mạnh việc áp dụng các công nghệ tái chế phế thải để tái sử dụng. Khuyến khích việc phân loại phế thải từ nguồn để phục vụ công nghệ tái chế, góp phần làm giảm diện tích các bãi chôn lấp phế thải và các hệ thống xử lý tốn kém [14]. Năm 2011, Chính phủ tiếp tục phê duyệt chương trình đầu tư xử lý chất thải rắn giai đoạn 2011-2020 [15]. Theo chương trình này, giai đoạn 2011-2015 tổng lượng chất thải rắn sinh hoạt đô thị được tái chế, tái sử dụng phần đầu đạt 50%; còn đến giai đoạn 2016-2020 giá trị này tăng đến 75%. Trong lĩnh vực xây dựng, năm 2007, Bộ Xây dựng đã giao Viện Vật liệu xây dựng thực hiện đề tài nghiên cứu đầu tiên về sử dụng phế thải phá dỡ công trình làm bê tông và vữa xây dựng [9]. Đề tài đã khảo sát và đánh giá hiện trạng tồn đọng của các dạng PTXD ở hai thành phố lớn của Việt Nam là Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Trên cơ sở đó, nghiên cứu khảo sát khả năng tái sử dụng PTXD: làm cốt liệu thay thế cốt liệu tự nhiên (CLTN) trong chế tạo vữa và bê tông; sản xuất các cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép đúc sẵn không chịu lực chính trong công trình; gạch block xây không nung. Đến năm 2012, Bộ Xây dựng tiếp tục đầu tư dự án nghiên cứu hoàn thiện công nghệ tái chế phế thải phá dỡ công trình làm cốt liệu xây dựng. Đề tài đã chế tạo được dây chuyền tái chế PTXD làm cốt liệu với công suất 40 tấn/giờ đặt tại Xí nghiệp gạch block-Công ty TNHH NN MTV Cơ điện và Xây dựng công trình Hà Nội [10]. Để tiếp tục nghiên cứu mở rộng các dạng sử dụng cốt liệu tái chế trong chế tạo bê tông ở Việt Nam, một số nghiên cứu cũng đã được thực hiện tại Trường Đại học Xây dựng [7, 18, 19].

Trên thế giới đã và đang có nhiều nghiên cứu về tính chất của bê tông sử dụng CLBTN [4-6, 8]. Hansen [5] đã có báo cáo về các thiết bị chính trong quá trình tái chế PTXD làm cốt liệu cho vữa và bê tông. Bên cạnh đó, báo cáo cũng đã tổng hợp các yêu cầu về công tác phá dỡ công trình hướng tới tái chế các kết cấu bê tông và tường xây làm cốt liệu tái chế [5]. Tại Hội thảo quốc tế về tái chế và tái sử dụng phế thải phá dỡ công trình được tổ chức tại Đan Mạch vào năm 1993, nhiều nghiên cứu cho rằng các yếu tố chủ yếu ảnh hưởng xấu đến các tính chất của bê tông sử dụng CLBTN như: cường độ hạt, thành phần hạt, độ hút nước của CLBTN...[8]. Gần đây, một số biện pháp cải thiện chất lượng bê tông sử dụng CLBTN cũng đã được đề xuất như: phương pháp xử lý nhiệt vi sóng cải thiện chất lượng CLBTN [1], phương pháp trộn hai bậc [17]. Một số nghiên cứu đã đề xuất làm ẩm cốt liệu tái chế trước khi trộn hỗn hợp bê tông khoảng 5-10 phút [20, 22]. Kết quả nghiên cứu cho thấy các tính chất cơ học của bê tông được cải thiện đáng kể. Tuy nhiên, Neville [11] lại cho rằng, việc làm ẩm cốt liệu trước là không cần thiết trong quá trình chế tạo hỗn hợp bê tông do trong quá trình thiết kế thành phần bê tông, các loại cốt liệu đã được tính ở trạng thái ẩm bão hòa khô bề mặt. Oliveira và Vazquez cũng đã nhận thấy cường độ nén của bê tông sử dụng CLBTN giảm không nhiều khi CLBTN ở trạng thái khô, nhưng cường độ nén lại giảm đáng kể khi sử dụng CLBTN ở trạng thái bão hòa khô bề mặt [13].

Bài báo này tập trung nghiên cứu so sánh ảnh hưởng của trạng thái ẩm và loại CLBTN từ phế thải bê tông đến một số tính chất cơ bản của hỗn hợp bê tông và bê tông nhằm nâng cao khả năng ứng dụng các sản phẩm bê tông sử dụng CLBTN trong xây dựng.



2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Vật liệu sử dụng

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu là xi măng PC40 Bút Sơn. Các tính chất cơ bản của xi măng thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của TCVN 2682: 2009, giới hạn bền nén sau 3 và 28 ngày bảo dưỡng tiêu chuẩn lần lượt là 29,8 và 53,5 MPa.

Nước sử dụng thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của nước trộn trong bê tông theo TCVN 4506: 2012.

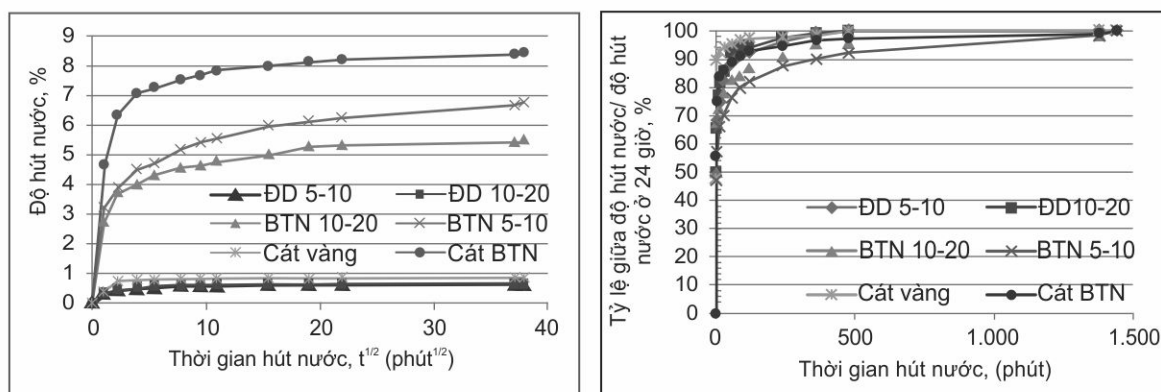
CLTN sử dụng trong nghiên cứu là đá dăm 12 Phủ Lý-Hà Nam và cát vàng Sông Lô, các tính chất cơ bản theo Bảng 1. Hỗn hợp đá dăm sử dụng có hai cấp hạt 5-10mm và 10-20mm với tỷ lệ phối hợp 2 cấp hạt đảm bảo hỗn hợp cốt liệu lớn có khối lượng thể tích lèn chặt lớn nhất là 30% đá 5-10mm và 70% đá 10-20mm.

CLBTN được nghiền, sàng từ hỗn hợp phế thải bê tông, bằng dây chuyền tái chế công suất 40 tấn/giờ của Xí nghiệp gạch block-Công ty TNHH NN MTV Cơ điện Xây dựng công trình. Phế thải bê tông có thành phần chủ yếu là bê tông xi măng được phá dỡ từ các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Cốt liệu lớn bê tông nghiền (CLBTN) cũng có tỷ lệ phối hợp là 30% cấp hạt 5-10mm và 70% cấp hạt 10-20mm, cốt liệu nhỏ bê tông nghiền (cát BTN) có cỡ hạt 0,14÷5mm. Các tính chất cơ bản của CLTN và CLBTN được xác định theo TCVN 7572: 2006, kết quả được nêu ở Bảng 1.

Bảng 1. Các tính chất cơ bản của các loại cốt liệu

STT	Tính chất thí nghiệm	Cốt liệu lớn tự nhiên		CLBTN		Cát vàng	Cát BTN
		5-10mm	10-20mm	5-10mm	10-20mm		
1	Khối lượng riêng, g/cm ³	2,719	2,719	2,650	2,660	2,607	2,491
2	Khối lượng thể tích lèn chặt, kg/m ³	1656	1719	1500	1471	1813	1654
3	Khối lượng thể tích bão hòa khô bề mặt, g/cm ³	2,621	2,609	2,472	2,468	2,588	2,223
4	Độ hút nước sau 24 giờ, %	0,62	0,62	6,64	5,52	0,82	8,43
5	Độ nén dập trong xilanh, %	13,7	12,9	20,4	16,7	-	-
6	Mô đun độ lớn	-	-	-	-	2,34	2,89

Để khảo sát cơ chế hút nước của các loại cốt liệu cũng như dự đoán ảnh hưởng của cốt liệu đến độ sụt và tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông, đề tài đã sử dụng phương pháp xác định độ hút nước của cốt liệu theo thời gian [3]. Kết quả độ hút nước của các loại cốt liệu được so sánh ở Hình 1.

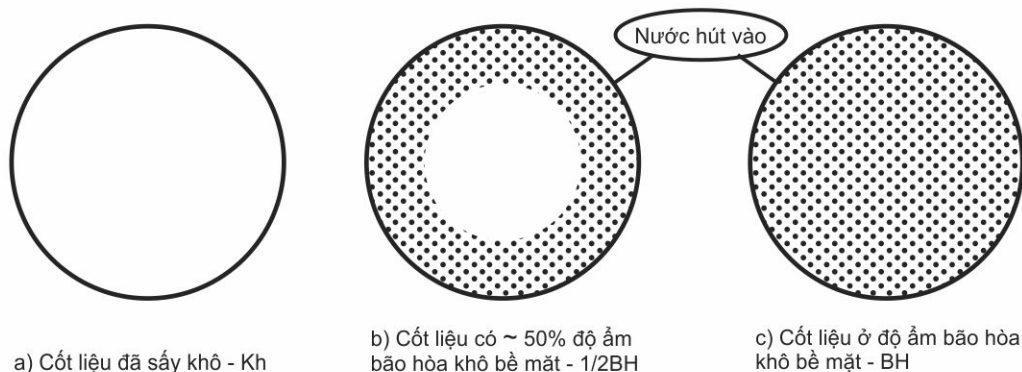


Hình 1. Độ hút nước của các loại CLTN và CLBTN

Rõ ràng, độ hút nước của các loại CLBTN (BTN 5-10, BTN10-20 và cát BTN) đều cao hơn nhiều so với độ hút nước của CLTN (ĐD 5-10, ĐD 10-20 và cát vàng) (Hình 1). Độ hút nước của cát BTN sau khi ngâm 24 giờ là lớn nhất (8,43%) gấp hơn 10 lần so với độ hút nước của cát vàng tự nhiên (0,82%); độ hút nước của đá BTN cũng rất cao (5,52% đối với mẫu BTN 10-20 và 6,77% đối với mẫu BTN 5-10), gấp khoảng 9÷11 lần so với độ hút nước của đá dăm tự nhiên (0,624% đối với mẫu ĐD 10-20 và 0,621% đối với ĐD 5-10). Vì thế, trong hỗn hợp bê tông sử dụng CLBTN sẽ cần lượng nước trộn lớn hơn so với bê tông sử dụng CLTN. Tốc độ hút nước của các loại CLBTN cũng rất nhanh. Trong 5÷90 phút đầu sau khi ngâm nước, lượng nước mà mẫu cát BTN hút đạt 75÷90%, mẫu đá BTN hút đạt 55÷85% lượng nước mà cốt liệu sẽ hút sau 24 giờ. Trong khi đó, mẫu cát vàng và đá dăm tự nhiên có tốc độ hút cao hơn một chút là 89÷96% và 66÷94%. Độ hút nước của các loại CLTN hầu như có thể đạt giá trị độ hút nước ở 24 giờ sau 6÷8 giờ còn các mẫu CLBTN vẫn có xu hướng hút nước mạnh sau 8 giờ và vẫn tiếp tục sau 24 giờ. Do khả năng hút nước của các loại CLBTN cao hơn nhiều so với của CLTN, cho nên nếu trộn CLBTN ở trạng thái khô thì chúng sẽ hút rất mạnh lượng nước tự do trong quá trình trộn hỗn hợp bê tông. Điều này dẫn đến làm tăng mạnh tốc độ tổn thất độ sụt của các loại hỗn hợp bê tông sử dụng CLBTN.

Trong nghiên cứu này, trạng thái độ ẩm của CLTN và CLBTN được khống chế ở 3 mức là sấy khô (Kh), khoảng 50% độ ẩm bão hòa khô bề mặt (1/2BH) và ẩm bão hòa khô bề mặt (BH), (Hình 2). Cốt liệu ở trạng thái sấy khô được chuẩn bị bằng cách sấy cốt liệu trong tủ sấy ở nhiệt độ 105±50C đến khối lượng không đổi, sau đó được lấy ra để nguội trong bình chống ẩm đến nhiệt độ phòng thí nghiệm. Trạng thái BH

của cốt liệu được chuẩn bị bằng cách ngâm trong nước đến khối lượng không đổi. Đối với cốt liệu lớn, sau khi ngâm được vớt ra dùng giẻ ẩm lau khô nước đọng trên bề mặt hạt cốt liệu; đối với cốt liệu nhỏ đổ mẫu vào sàng 0,14mm. Rải cốt liệu nhỏ lên khay thành một lớp mỏng rồi dùng máy sấy cầm tay sấy nhẹ, kết hợp đảo đều mẫu đến khi đạt trạng thái bão hòa khô bề mặt theo TCVN 7572.4:2006. Tất cả cốt liệu sau đó được cho vào túi ni lông, gói kín riêng biệt trước khi sử dụng. Cốt liệu ở trạng thái xấp xỉ 50% độ ẩm bão hòa khô bề mặt được chuẩn bị bằng cách trộn cốt liệu đã sấy khô với lượng nước tính bằng 50% độ ẩm bão hòa khô bề mặt, trước khi trộn hỗn hợp bê tông 10 phút. Giá trị độ ẩm thực tế của cốt liệu sử dụng cho các cấp phối bê tông này được nêu ở Bảng 2.



Hình 2. Mô phỏng các trạng thái ẩm của cốt liệu

Bảng 2. Độ ẩm thực tế của cốt liệu ở các trạng thái ẩm khác nhau

STT	Trạng thái ẩm của cốt liệu	Độ ẩm thực tế của cốt liệu khi trộn, %					
		Đá dăm 5-10mm	Đá dăm 10-20mm	Đá BTN 5-10mm	Đá BTN 10-20mm	Cát vàng	Cát BTN
1	Sấy khô-Kh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Bán bão hòa khô bề mặt-1/2BH(*)	0,26	0,3	2,87	2,36	0,38	3,23
3	Bão hòa khô bề mặt-BH	0,57	0,64	6,58	5,47	0,8	8,56

(*) Giá trị độ ẩm được xác định sau 10 phút trộn cốt liệu với lượng nước tính bằng 50% độ ẩm bão hòa khô bề mặt

2.2 Thành phần cấp phối bê tông

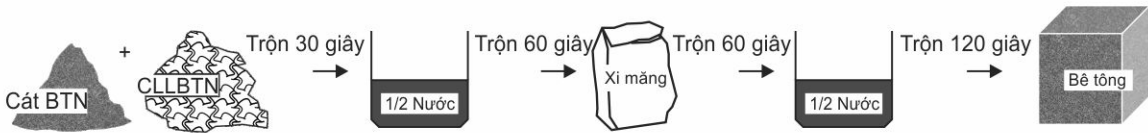
Trên cơ sở cấp phối bê tông sử dụng cốt liệu tự nhiên có độ sụt 8÷10 cm và cường độ nén tiêu chuẩn đạt mức 30 MPa, các cấp phối bê tông sử dụng các loại CLBTN (CLLBTN, cát BTN) thay thế hoàn toàn CLTN (đá dăm-ĐD, cát vàng-CV) tạo thành 04 loại bê tông sử dụng các loại cốt liệu khác nhau: bê tông sử dụng 100% CLTN (ĐC), đá dăm và cát BTN (ĐD_BTN), CLLBTN và cát vàng (BTN_CV) và bê tông sử dụng 100%CLBTN (BTN). Lượng nước tự do và lượng dùng xi măng trong các hỗn hợp bê tông cố định là 185 l/m³ và 325 kg/m³; để đảm bảo khối lượng thể tích lên chặt của hỗn hợp CLTN lớn nhất, tỷ lệ khối lượng giữa cốt liệu nhỏ và tổng cốt liệu là 0,4.

Các cấp phối bê tông được thiết kế theo nguyên tắc thể tích tuyệt đối, với cốt liệu tính ở trạng thái bão hòa khô bề mặt. Vì cốt liệu có các trạng thái ẩm khác nhau nên để duy trì thành phần cấp phối bê tông không đổi, lượng nước và cốt liệu sử dụng trong quá trình trộn được tính điều chỉnh theo độ ẩm thực tế của cốt liệu. Khi cốt liệu ở trạng thái Kh và 1/2BH, lượng nước thêm đảm bảo tương đương lượng nước cốt liệu hút đến độ ẩm bão hòa khô bề mặt. Do độ hút nước của CLBTN lớn hơn CLTN nên lượng nước thêm vào hỗn hợp bê tông cũng tăng lên khi CLBTN sử dụng ở trạng thái Kh và 1/2BH. Lượng nước và khối lượng thực tế của các vật liệu thành phần cho bê tông được nêu ở Bảng 3. Tất cả các mẻ trộn 25 lít được trộn bằng máy trộn tự do, trong khoảng 3 phút rưỡi theo sơ đồ được nêu ở Hình 3.

2.3 Phương pháp nghiên cứu

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định thông qua độ sụt (TCVN 3106:1993). Độ sụt ban đầu là độ sụt được xác định trong khoảng 5 phút sau khi trộn xong hỗn hợp bê tông, sau đó cứ 30 phút độ sụt được xác định lại đến khi độ sụt bằng 0. Trong thời gian giữa các lần thử độ sụt, hỗn hợp bê tông được phủ kín bằng tấm ni lông.

Hỗn hợp bê tông sau khi trộn, sẽ được đúc thành các mẫu lập phương 100x100x100mm để xác định cường độ nén của bê tông. Các mẫu được chế tạo, bảo dưỡng trong khuôn 1 ngày ở nhiệt độ trong phòng thí nghiệm khoảng $27 \pm 2^\circ\text{C}$, sau đó tháo khuôn ngâm vào nước đến tuổi thí nghiệm theo TCVN 3105:1993. Cường độ nén của bê tông được xác định ở các tuổi 7, 28 và 91 ngày bảo dưỡng, theo TCVN 3118: 1993.



Hình 3. Quy trình trộn hỗn hợp bê tông [16]

Bảng 3. Thành phần cấp phối bê tông

STT	Kí hiệu cấp phối	Khối lượng các vật liệu thành phần cho 1m ³ bê tông, kg							
		Nước	Xi măng	Đá dăm 5-10mm	Đá dăm 10-20mm	Đá BTN 5-10mm	Đá BTN 10-20mm	Cát vàng	Cát BTN
1	ĐC-Kh	198	325	333	776	0	0	739	0
2	ĐC-1/2BH	192	325	334	779	0	0	742	0
3	ĐC-BH	185	325	335	781	0	0	745	0
4	BTN_CV -Kh	254	325	0	0	322	750	715	0
5	BTN_CV -1/2BH	224	325	0	0	331	768	717	0
6	BTN_CV -BH	186	325	0	0	343	791	720	0
7	ĐD_BTN -Kh	250	325	312	728	0	0	0	694
8	ĐD_BTN -1/2BH	224	325	313	730	0	0	0	716
9	ĐD_BTN -BH	184	325	314	733	0	0	0	753
10	BTN-Kh	301	325	0	0	302	705	0	672
11	BTN-1/2BH	254	325	0	0	311	722	0	693
12	BTN-BH	185	325	0	0	322	744	0	729



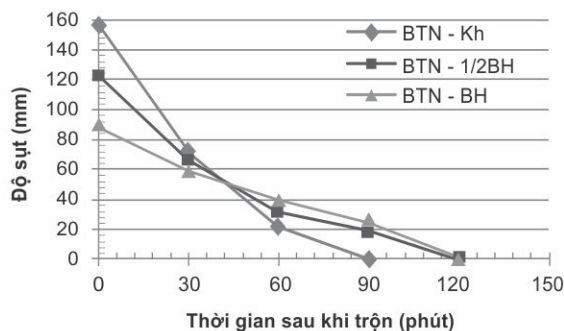
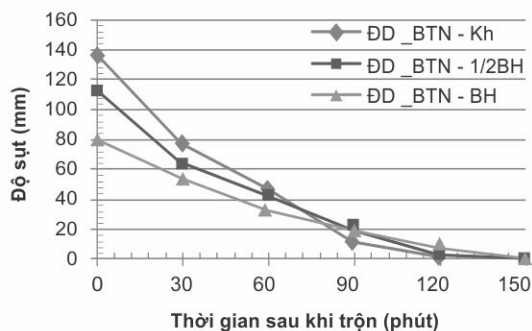
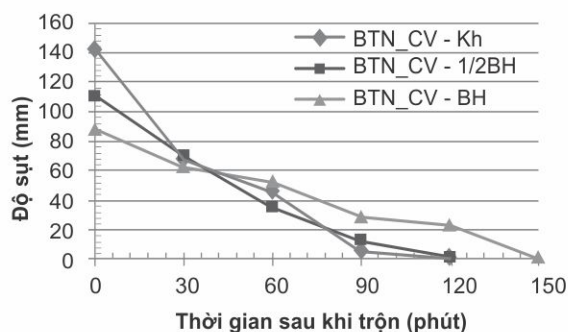
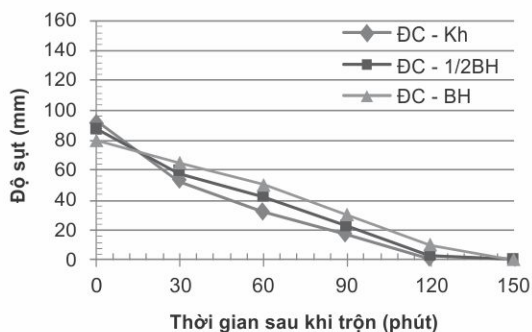
3. Kết quả và thảo luận

3.1 Độ sụt ban đầu

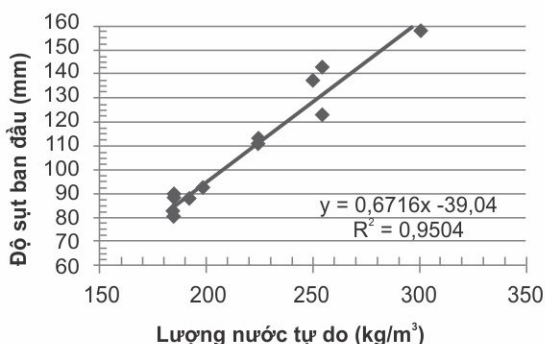
Độ sụt ban đầu của cả 3 cấp phối hỗn hợp bê tông sử dụng 100% CLTN trong khoảng 80÷100mm (Hình 4a). Các trạng thái độ ẩm khác nhau của CLTN, không làm thay đổi lớn đến độ sụt ban đầu, mặc dù độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái Kh cao hơn so với ở các trạng thái khác đôi chút. Điều này do lượng nước tự do ban đầu của hỗn hợp bê tông cao (Bảng 3). Tuy nhiên, do khả năng hút nước của CLTN chỉ khoảng 0,6-0,8%, nên lượng nước điều chỉnh nhỏ. Ví dụ hỗn hợp bê tông sử dụng CLTN ở trạng thái BH thì lượng nước trộn là 185lít/m³, trong khi đó hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái Kh cũng chỉ dùng 198lít/m³.

Qua Hình 4b và Hình 4c cho thấy ảnh hưởng của loại cốt liệu và trạng thái ẩm của CLBTN đến độ sụt ban đầu rõ ràng hơn. Khi cốt liệu lớn sử dụng ở trạng thái Kh, lượng nước sử dụng trong hỗn hợp bê tông BTN_CV-Kh và ĐD_BTN-Kh lần lượt là 254 lít/m³ và 250 lít/m³, cao hơn nhiều so với lượng nước của hỗn hợp bê tông sử dụng ở trạng thái BH (Bảng 3). Độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông sử dụng ở trạng thái Kh đạt 142,5mm (với BTN_CV-Kh) và 147,5mm (với ĐD_BTN-Kh), trong khi đó độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái BH tương ứng là 87,5mm và 82,5mm.

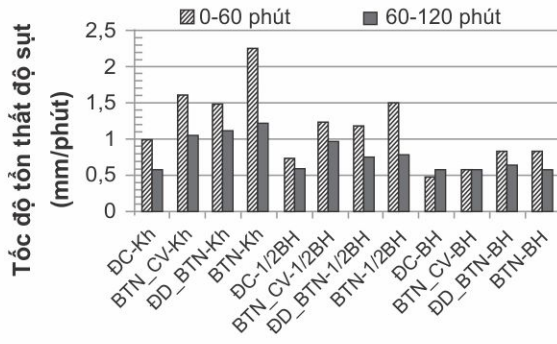
Độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông sử dụng 100% CLBTN luôn luôn đạt cao nhất so với tất cả các loại hỗn hợp bê tông, ở tất cả các trạng thái độ ẩm của cốt liệu (Hình 4d). Cụ thể, độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông BTN-Kh đạt tới 157,5mm, cao gần gấp đôi so với độ sụt của hỗn hợp bê tông ĐC-Kh. Điều này cũng phù hợp với lượng nước trộn ban đầu của hỗn hợp bê tông (301 lít/m³), là cao nhất trong các loại hỗn hợp bê tông (Bảng 3). Trong khi đó, độ sụt ban đầu và lượng nước trộn của hỗn hợp bê tông sử dụng CLBTN ở trạng thái bão hòa (BTN-BH) chỉ là 185 lít/m³ và 87,5mm, thay đổi gần như không đáng kể so với các loại hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu cùng trạng thái ẩm bão hòa.



Hình 4. Sự thay đổi độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng loại cốt liệu và trạng thái ẩm của cốt liệu khác nhau



Hình 5. Ảnh hưởng của lượng nước tự do đến độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông



Hình 6. Tốc độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng loại cốt liệu và trạng thái ẩm của cốt liệu khác nhau

Tóm lại, khi sử dụng CLBTN (dạng cốt liệu lớn hoặc cốt liệu nhỏ hoặc cả hai loại cốt liệu) ở trạng thái BH thay thế CLTN thì chỉ làm độ sụt ban đầu thay đổi không đáng kể. Mặc dù, nếu sử dụng CLBTN ở trạng thái Kh và 1/2BH, độ sụt ban đầu sẽ cao hơn nhiều. Điều này chứng tỏ độ sụt ban đầu của hỗn hợp bê tông chịu ảnh hưởng lớn bởi lượng nước trộn ban đầu vào hỗn hợp bê tông (Hình 5).

3.2 Tổn thất độ sụt

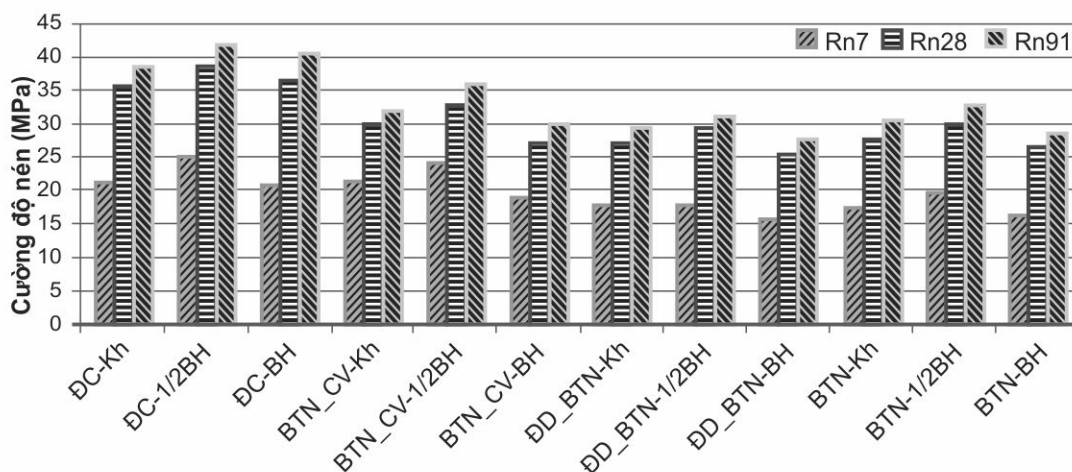
Sự thay đổi độ sụt của các hỗn hợp bê tông theo thời gian được trình bày ở Hình 4. Qua kết quả thí nghiệm cho thấy, khi sử dụng 100%CLTN ở trạng thái 1/2BH và BH, độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm đến 0mm ở khoảng 120÷150 phút sau khi trộn (Hình 4a). Bên cạnh đó, việc sử dụng 100% CLTN ở trạng thái Kh cũng dẫn đến tốc độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông nhanh hơn so với cốt liệu ở các trạng thái ẩm khác, độ sụt của hỗn hợp bê tông này giảm đến 0mm ở 120 phút sau khi trộn. Quy luật này cũng đúng cho các hỗn hợp bê tông sử dụng các loại CLBTN thay thế CLTN khác nhau.

Việc sử dụng CLBTON (cả khi sử dụng CLLBTN hoặc cát BTN hoặc cả cốt liệu lớn và cát BTN) thay thế CLTN đều làm tăng tốc độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông (Hình 6). Hỗn hợp bê tông sử dụng 100% CLBTON ở trạng thái Kh có tốc độ tổn thất độ sụt khoảng $1,2 \pm 2,2$ mm/phút, gấp tới 2,2 lần so với hỗn hợp bê tông sử dụng 100% CLTN (chỉ khoảng $0,6 \pm 1,0$ mm/phút), còn hỗn hợp bê tông sử dụng 100% CLLBTN hoặc 100% cát BTN cũng gấp khoảng 1,5 lần. Tuy nhiên khi sử dụng CLBTON ở trạng thái 1/2BH và BH thì tốc độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm xuống còn $0,6 \pm 1,5$ mm/phút nhưng vẫn cao hơn nhiều so với hỗn hợp bê tông sử dụng 100% CLTN. Tuy vậy, khi sử dụng CLBTON ở trạng thái BH (BTN_CV-BH, ĐD_BTN-BH và BTN-BH), quá trình tổn thất độ sụt lại tương đương với hỗn hợp bê tông ĐC-BH. Điều này có thể do tốc độ hút nước của các loại CLBTON cao hơn nhiều so với CLTN. Tốc độ tổn thất độ sụt của các loại hỗn hợp bê tông cũng khác nhau theo thời gian, trong 0÷60 phút đầu sau khi trộn hỗn hợp bê tông, tốc độ giảm độ sụt nhanh gấp khoảng $1,2 \pm 2,0$ lần so với trong 60÷120 phút sau khi trộn. Tuy nhiên, khi cốt liệu sử dụng ở trạng thái bão hòa, tốc độ tổn thất độ sụt lại gần như không đổi ($0,5 \pm 0,6$ mm/phút) đối với hỗn hợp bê tông ĐC-BH và BTN_CV-BH hoặc thay đổi nhỏ (từ $0,7 \pm 0,9$ mm/phút) đối với hỗn hợp bê tông ĐD_BTN-BH và BTN-BH. Điều này có thể do các loại cốt liệu ở trạng thái BH đã ngậm một lượng nước trong hạt cốt liệu đã làm giảm tốc độ tổn thất độ sụt sau 60 phút đầu, độ nhớt của hỗn hợp bê tông tăng lên.

3.3 Cường độ nén

Cường độ nén của các loại bê tông ở các tuổi 7, 28 và 91 ngày (Rn7, Rn28 và Rn91) được thể hiện ở Hình 7. Có thể thấy cường độ nén ở 28 ngày của các loại bê tông biến thiên trong khoảng từ 24 ± 38 MPa, cường độ nén của bê tông tùy thuộc vào loại cốt liệu và trạng thái ẩm của cốt liệu sử dụng. Khi chỉ sử dụng CLTN ở trạng thái 1/2BH và BH, cường độ nén của bê tông là tương đương nhau ở tất cả các tuổi, trong khi đó bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái khô lại có cường độ nén thấp hơn hẳn. Như ta đã biết, cường độ bê tông phụ thuộc vào cường độ đá xi măng, cường độ cốt liệu và cường độ liên kết tiếp xúc giữa đá xi măng với bề mặt hạt cốt liệu [11]. Sự phát triển cường độ của bê tông sử dụng CLTN ở trạng thái Kh và BH có thể phụ thuộc chủ yếu vào sự phát triển cường độ miền tiếp xúc do cường độ của CLTN và đá xi măng cao. Wong và các cộng sự [21] cho rằng, cường độ miền tiếp xúc giữa đá xi măng và hạt cốt liệu ở trạng thái BH tốt hơn so với cốt liệu ở trạng thái Kh do hiệu ứng xâm nhập tốt, tuy nhiên do tỷ lệ N/X ban đầu trong hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái khô cao hơn lại có thể làm giảm cường độ đá xi măng mạnh hơn.

Trạng thái ẩm của cốt liệu có sự ảnh hưởng rõ ràng hơn khi sử dụng CLBTON thay thế CLTN. Các mẫu bê tông đối chứng (ĐC) sử dụng CLTN ở trạng thái khô có cường độ nén thấp hơn cường độ của bê tông sử dụng CLTN ở trạng thái BH. Nhưng ngược lại, đối với các mẫu bê tông sử dụng CLBTON (BTN_CV; ĐD_BTN và BTN) thì cường độ nén của mẫu bê tông sử dụng CLBTON ở trạng thái khô lại cao hơn so với các mẫu bê tông sử dụng CLBTON ở trạng thái BH (Hình 7). Điều này có thể do sự tách nước trong bê tông (được quan sát trong quá trình đúc mẫu). Trong quá trình rung lèn, nước trong hạt CLBTON ở trạng thái bão hòa khô bề mặt có thể tách ra làm tỷ lệ N/X trong lớp đá xi măng xung quanh hạt cốt liệu cao, dẫn đến làm giảm mạnh cường độ vùng liên kết tiếp xúc giữa đá xi măng với bề mặt hạt CLBTON. Ngoài ra, cường độ nén của tất cả các mẫu bê tông sử dụng CLBTON ở trạng thái bán bão hòa khô bề mặt (BTN_CV-1/2BH, Đ_BTN-1/2BH, BTN-1/2BH) đều có cường độ nén cao hơn so với cường độ của bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái khô và BH. Điều này có thể do trong cấu trúc bê tông sử dụng cốt liệu ở trạng thái 1/2BH có cường độ lớp tiếp xúc cao nhờ hiệu ứng xâm nhập của đá xi măng vào bề mặt hạt CLBTON. Vì thế trong thực tế, việc sử dụng CLBTON ở trạng thái BH hoặc quá ẩm trong chế tạo bê tông nên tránh. Ngược lại khi sử dụng CLBTON ở trạng thái Kh, nước có thể bị các hạt CLBTON hút vào trong hạt làm giảm mạnh tính công tác của hỗn hợp bê tông; đồng thời tỷ lệ N/X trong bê tông cao cũng làm giảm cường độ đá xi măng và giảm cường độ của bê tông. Cường độ nén của các loại bê tông sử dụng CLBTON thấp hơn khoảng 15-30% so với bê tông sử dụng CLTN, tùy thuộc vào loại CLBTON cũng như trạng thái độ ẩm của cốt liệu. Bê tông sử dụng CLLBTN thay thế cốt liệu lớn tự nhiên (đá dăm) có cường độ giảm chỉ từ 15% đến 25%, bê tông sử dụng cát BTN thay thế cát tự nhiên có cường độ nén giảm mạnh nhất 23÷33%. Điều này có thể giải thích do lượng nước nhào trộn trong hỗn hợp bê tông sử dụng CLBTON luôn lớn hơn nhiều (224 ± 301 lít/m³) so với hỗn hợp bê tông sử dụng CLTN (185 ± 198 lít/m³), dẫn đến tỷ lệ N/X cao đã làm giảm mạnh cường độ đá xi măng. Riêng đối với bê tông sử dụng 100% CLBTON (BTN), ở tất cả các trạng thái độ ẩm cốt liệu đều cho cường độ nén cao hơn cả mẫu bê tông chỉ sử dụng cát BTN thay thế cát tự nhiên, nhưng không nhiều. Điều này có thể do thành phần hạt của bê tông sử dụng 100% CLBTON có thể hợp lý hơn tạo cấu trúc đặc chắc nên đã làm tăng cường độ nén so với các mẫu bê tông BTN_CV.



Hình 7. Ảnh hưởng của loại cốt liệu và trạng thái ẩm của cốt liệu đến cường độ nén của bê tông



4. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu thu được, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Trạng thái ẩm của cốt liệu ảnh hưởng lớn đến lượng nước trộn, độ sụt ban đầu và sự tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông, đặc biệt đối với hỗn hợp bê tông sử dụng CLBTON. Khi sử dụng CLBTON ở trạng thái khô thì lượng nước trộn và tốc độ tổn thất độ sụt lớn hơn nhiều so với CLBTON ở trạng thái bán bão hòa và bão hòa khô bề mặt. Trong khi đó, trạng thái ẩm của CLTN không làm thay đổi lớn đến lượng nước trộn, độ sụt ban đầu và tốc độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông.

- Bê tông sử dụng CLBTON ở trạng thái bán bão hòa khô bề mặt luôn cho cường độ nén cao nhất, còn khi CLBTON được sử dụng ở trạng thái bão hòa khô bề mặt dường như lại làm giảm cường độ nén của bê tông. Vì thế, trong quá trình chế tạo bê tông sử dụng CLBTON nên sử dụng cốt liệu ở trạng thái bán bão hòa khô bề mặt.

- Khi sử dụng CLBTON thay thế CLTN đều làm tăng lượng nước trộn và tăng tốc độ tổn thất độ sụt của hỗn hợp bê tông. Cường độ nén của bê tông sử dụng cát BTN thay thế cát tự nhiên bị giảm mạnh nhất tới 33% so với cường độ nén của bê tông sử dụng CLTN; sau đó đến cường độ nén của bê tông sử dụng 100% CLBTON và bê tông sử dụng 100% CLLBTN, ở tất cả các trạng thái độ ẩm cốt liệu.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn: Công ty Cổ phần Cơ điện và Xây dựng công trình đã gia công các loại cốt liệu tái chế cho nghiên cứu và các sinh viên Nguyễn Văn Nho, Trần Ngọc Chất, Hoàng Đình Dự, Nguyễn Đức Mạnh và Nguyễn Văn Dũng đã tham gia thực hiện các thí nghiệm.

Tài liệu tham khảo

1. Akbarnezhad A. (2010), *Microwave assisted production of aggregates from demolition debris*, PhD thesis, National University of Singapore.
2. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường (2011), *Báo cáo môi trường quốc gia năm 2011-Chất thải rắn*.
3. Djerbi Teggua A. (2012), "Determining the water absorption of recycled aggregates utilizing hydrostatic weighing approach", *Construction and Building Materials*, 27:112-116.
4. European Commission (1999), *Construction and demolition waste management practices and their economic impacts*, Report to DG XI European Commission.
5. Hansen T.C. (1992), *Demolition and reuse of concrete and masonry: recycling of demolished concrete, recycling of masonry rubble, and localized cutting by blasting of concrete*, RILEM report 6, E & EN Spon, London: Pp. 316.
6. Jorge De Brito & Nabajyoti Saikia (2012), *Recycled aggregate in concrete: use of industrial, construction and demolition waste*, Springer London Heidelberg New York Dordrecht.

7. Kien Tong T., Thanh Le T. & Lu Phung V. (2013), Recycling construction demolition waste in the world and in Vietnam, *The international Conference on Sustainable Built Environment for Now and the Future*, 26-27 March 2013, eds Marios Soutsos, Chris Goodier, Thành Lê Trung, & Tuấn Nguyễn Văn, Construction publishing house-Hanoi-Vietnam, pp Page 247-256.
8. Lauritzen Erik K. (1993), Demolition and reuse of concrete and masonry: Guidelines for demolition and reuse of concrete and masonry, *Proceedings of the Third International RILEM Symposium*, E & EN Spon, London, p 627.
9. 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 cấp bộ Xây dựng, Viện Vật liệu Xây dựng, Hà Nội.
10. Lê Việt Hùng (2012), *Hoàn thiện công nghệ tái chế phế thải phá dỡ công trình làm cốt liệu xây dựng*, Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ Xây dựng, Viện Vật liệu Xây dựng, Hà Nội.
11. Neville A.M (1996), *Properties of concrete*, New York: Wiley, 4th edition Ed.
12. Nq34/2007/Nq-Cp (2007), *Một số giải pháp thực hiện cải tạo, xây dựng lại các chung cư cũ hư hỏng, xuống cấp tại các đô thị lớn nước ta*, Nghị Quyết Chính Phủ.
13. Oliveira M.B. De & Vazquez E. (1996), "The influence of retained moisture in aggregate from recycling on the properties of new hardened concrete", *Waste Management*, Vol.16: Pp. 113-117.
14. Qđ 153/2004/Qđ-Ttg (2004), *Định hướng chiến lược phát triển bền vững ở Việt Nam (Chương trình nghị sự 21 của Việt Nam)*, Quyết Định Của Chính Phủ.
15. Qđ 798/Qđ-Ttg (2011), *Phê duyệt chương trình đầu tư xử lý chất thải rắn giai đoạn 2011-2020*, Quyết định Của Thủ Tướng Chính Phủ.
16. Tam Vivian W.Y., Gao X.F. & Tam C.M. (2005), "Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach", *Cement and Concrete Research*, Vol. 35 (2005):1195– 1203.
17. Tam Vivian W.Y., Tam C.M. & Wang Y. (2007), "Optimization on proportion for recycled aggregate in concrete using two-stage mixing approach", *Construction and Building Materials*, Vol. 21(25): Pp 1928-1939.
18. Tổng Tôn Kiên (2011), *Nghiên cứu khả năng sử dụng phế thải phá dỡ công trình để sản xuất vật liệu xây dựng*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Trường Đại học Xây dựng.
19. Tổng Tôn Kiên (2012), *Nghiên cứu sử dụng phế thải xây dựng cho lớp móng đường giao thông*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Trường Đại học Xây dựng.
20. Vieira Jpb., Correia Jr. & Brito J. De (2011), "Post-fire residual mechanical properties of concrete made with recycled concrete coarse aggregates", *Cement & Concrete Research*, Vol. 41(5): Pp. 533-541.
21. Wong Y.L., et al. (1999), "Properties of fly ash-modified cement mortar-aggregate interface", *Cement and Concrete research*, Vol. 29: Pp. 1905-1913.
22. Yang Jian, Du Qiang & Bao Yiwang (2011), "Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks", *Construction and Building Materials*, Vol. 25: Pp. 1935-1945.