

Chế tạo cốt liệu nhẹ từ tro bay cho bê tông xi măng

Bùi Lê Anh Tài^{1*}, Huỳnh Phương Nam

¹Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng

TỪ KHOẢ

Tro bay
Cốt liệu nhẹ
Cường độ
Khối lượng thể tích khô
Bê tông nhẹ

TÓM TẮT

Nghiên cứu sản xuất cốt liệu nhẹ từ tro bay ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long theo phương pháp liên kết nguội ứng dụng vào thay thế đá (10 x 20) mm để sản xuất bê tông xi măng cho các công trình giao thông nông thôn cấp IV trở xuống trên địa bàn tỉnh An Giang. Cốt liệu trong nghiên cứu được sản xuất với nhiều tỷ lệ cấp phối khác nhau giữa tro bay và xi măng. Kết quả cho thấy cốt liệu nhẹ được sản xuất có khối lượng thể tích vào khoảng 1 g/cm³, độ hút nước từ 16,79 % đến 25,19 %, cường độ cao nhất có thể đạt được là 1,72 MPa (88 % tro bay và 12 % xi măng), thành phần hạt và độ nén đập đáp ứng được yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 7572:2006. Chọn cốt liệu nhẹ FA91C09 (91 % tro bay) và cốt liệu nhẹ FA88C12 (88 % tro bay) để sản xuất bê tông xi măng. Kết quả cho thấy sử dụng cốt liệu nhẹ giảm được khối lượng thể tích của bê tông, có giá trị nhỏ hơn từ 16 % đến 19 %, cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi đạt từ 65 % đến 75 % so với mẫu bê tông dùng đá 10 x 20. Cường độ chịu uốn từ 4,61 MPa đến 5,81 MPa và độ mài mòn đạt từ 0,16 g/cm² đến 0,47 g/cm². Tất cả các tính chất của bê tông nhẹ được sản xuất trong nghiên cứu đều đáp ứng được yêu cầu sử dụng bê tông xi măng cho đường giao thông nông thôn cấp IV trở xuống theo tiêu chuẩn hiện hành.

KEYWORDS

Fly ash
Lightweight aggregate
Strength
Dry bulk density
Lightweight concrete

ABSTRACT

Research on producing lightweight aggregates from fly ash in the Mekong Delta region by cold bonding method applied to replace 10 x 20 broken stone to produce concrete pavement for rural road grade IV and below in An Giang province. Lightweight aggregates in the study were produced with many different mixing ratios between fly ash and cement. The results showed that the produced light aggregate had unit weight of about 1 g/cm³, water absorption between 16,79 % and 25,19 %, the highest compressive strength was 1,72 MPa (with the mix of 88 % fly ash and 12 % cement), particle size distributions and crushing value met the standard TCVN 7672:2006. Light aggregate FA91C09 (used 91 % fly ash) and light aggregate FA88C12 (used 88 % fly ash) were utilized to produce concrete. The results indicated that the dry bulk density of the concretes had a significant reduction of 16 % to 19 %, the compressive strengths at 28 days were about 65 % to 75 % compared to those of the control sample. flexural tensile strengths were around 4,61 MPa and 5,81 MPa and the abrasion were from 0,16 g/cm² to 0,47 g/cm². All properties of lightweight concrete in the research met the requirements of concrete pavement for rural roads of grade IV and below according to current standards.

1. Đặt vấn đề

An Giang là tỉnh thuộc Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) với diện tích toàn tỉnh là 3536,67 km², bằng 1,07 % diện tích cả nước và đứng thứ 4 ở ĐBSCL. An Giang có nhiều điều kiện thuận lợi để phát triển kinh tế - xã hội, đặc biệt là nông nghiệp, nuôi trồng và chế biến thủy sản, công nghiệp,... Hệ thống giao thông vận tải đóng vai trò rất quan trọng trong phát triển kinh tế xã hội, đảm bảo an ninh quốc phòng. Về đường bộ: đã kết nối được từ trung tâm tỉnh đến trung tâm các huyện - thị - thành phố, cũng như kết nối An Giang với các tỉnh thành

lân cận và Campuchia, đảm bảo nhu cầu đi lại và phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh. Trong thời gian qua hệ thống đường bộ trên địa bàn đã được tập trung đầu tư phát triển, tuy nhiên vẫn còn nhiều hạn chế, nhiều đoạn đã bắt đầu xuống cấp. Nhu cầu về nguồn vật liệu xây dựng như đá, cát, xi măng... để xây dựng các công trình hạ tầng kỹ thuật, đường giao thông, nhà ở luôn có nhu cầu rất lớn. Việc sử dụng cát, đá để sản xuất các cấu kiện xây dựng, gia cố nền đường, làm mặt đường bê tông trên các tuyến đường tỉnh, đường nông thôn là cốt liệu chính, nhưng hiện nay khả năng cung ứng cát, đá ngày càng khan hiếm, ngược lại nhu cầu sử dụng ngày càng tăng.

*Tác giả liên hệ: blatai@angiang.gov.vn

Nhận ngày 21/02/2021, giải trình ngày 09/05/2021, chấp nhận đăng 21/07/2021

Bên cạnh đó, trong quá trình phát triển công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước nói chung và khu ĐBSCL nói riêng có rất nhiều nhà máy công nghiệp được hình thành. Vì vậy, các sản phẩm phụ của quá trình sản xuất của các nhà máy công nghiệp ngày càng tăng và gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng, đặc biệt là nguồn tro bay ở nhà máy nhiệt điện than. Lượng tro bay (FA) sinh ra từ các nhà máy nhiệt điện ở Việt Nam lên tới 12 triệu tấn/năm, trong đó vùng ĐBSCL có 03 Trung tâm điện lực là Trung tâm điện lực Duyên Hải – tỉnh Trà Vinh, Long Phú – tỉnh Sóc Trăng và Sông Hậu – tỉnh Hậu Giang. Tới thời điểm hiện tại chỉ có Trung tâm điện lực Duyên Hải – tỉnh Trà Vinh đang hoạt động, vận hành nhà máy nhiệt điện Duyên Hải I, II với tổng công suất là 1445 MW, hàng năm thải ra 1,8 triệu tấn tro xỉ [25]. Tro bay được thải ra từ các nhà máy nhiệt điện than là vô cùng lớn nên cần được sử dụng hợp lý. Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng vật liệu tự nhiên vào các công trình xây dựng rất cao, đặc biệt là việc khan hiếm đá tự nhiên trong xây dựng hiện nay. Do đó, việc nghiên cứu sản xuất cốt liệu nhân tạo là giải pháp rất cần thiết hiện nay. Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ chịu lực sử dụng cốt liệu nhẹ polystyrene với các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm đã cho thấy sử dụng cốt liệu polystyrene phồng nở sản xuất trong nước và các vật liệu thành phần khác có thể chế tạo được bê tông polystyrene chịu lực có khối lượng thể tích từ 1600 kg/m³ đến 2000 kg/m³, cường độ chịu nén lớn hơn 20 MPa [10], nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt kết cấu sử dụng hạt polystyrol phồng nở với khối lượng thể tích bê tông từ 400 kg/m³ đến 700 kg/m³ sử dụng hạt polystyrol phồng nở. Kết quả cho thấy tính công tác của hỗn hợp bê tông phụ thuộc nhiều vào độ xòe của hồ xi măng và hệ số dư vữa, sử dụng phụ gia khoáng và polimer có thể chế tạo được bê tông polystyrol khối lượng thể tích 700 kg/m³ và đạt cường độ đến 8,0 MPa [6]. Ngoài ra, nghiên cứu cho thấy đã chế tạo được bê tông nhẹ EPS có khối lượng thể tích từ 875 kg/m³ đến 1150 kg/m³ và cường độ nén từ 7 MPa đến 15 MPa cho phép sản xuất panel tường, chế tạo được bê tông nhẹ EPS có khối lượng thể tích 1275 kg/m³ và cường độ nén đến 20 MPa cho phép sản xuất panel sàn [9]. Bên cạnh đó, nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng hạt polystyrene, kích thước hạt polystyrene, thời gian rung khi tạo hình và sợi polypropylene đến cường độ của EPS-C. Các kết quả nghiên cứu cho thấy khi sử dụng hạt EPS với hàm lượng từ 52 % đến 65 % theo thể tích bê tông, khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông đạt từ 650 kg/m³ đến 900 kg/m³, cường độ nén của bê tông đạt từ 3 MPa đến 7,5 MPa [13]. Ngoài ra, tro bay là một vật liệu xây dựng tiềm năng có thể ứng dụng vào sản xuất cốt liệu nhân tạo, cũng như làm giảm sự ảnh hưởng của tro bay đến môi trường và tận dụng tối đa nguồn vật liệu này vào ứng dụng trong sản xuất xây dựng. Cốt liệu nhân tạo được sản xuất hiện nay từ rất nhiều nguồn vật liệu khác nhau như: tro bay [14], [12], [4]; tro đáy [15]; tro rác [5] được xử lý và phối trộn với chất kết dính (xi măng Portland) thông qua máy sản xuất cốt liệu với quy trình sản xuất tạo ra cốt liệu. Ngoài ra, việc chế tạo cốt liệu nhân tạo cần thông

qua quy trình sản xuất nhất định về góc nghiêng, tốc độ quay, đường kính máy sản xuất với khối lượng và thời gian quay hợp lý cũng đã được nghiên cứu: đường kính đĩa quay 100 cm, chiều cao đĩa quay 15 cm, góc nghiêng của máy 45 độ và tốc độ quay 15 vòng/phút [15]; đường kính máy 50 cm, chiều sâu máy 27 cm, góc nghiêng của máy nằm trong khoảng từ 30° đến 40° với tốc độ quay 55 vòng/phút [14], đường kính trong 100 cm, đường kính ngoài 120 cm với góc nghiêng 35° và tốc độ quay thay đổi từ 35 vòng/phút đến 45 vòng/phút [3]. Cốt liệu sau khi được sản xuất sẽ được bảo dưỡng ở nhiệt độ phòng 24 giờ, sau đó được ngâm trong nước 28 ngày và kiểm tra thử nghiệm [8]; [3].

Từ các nghiên cứu cho thấy khu vực ĐBSCL nói riêng và cả nước nói chung đang phải tốn nhiều thời gian để tìm phương án xử lý phế phẩm công nghiệp tro bay thải ra từ các nhà máy nhiệt điện than hoặc các nhà máy sử dụng nguồn nhiệt lớn từ việc đốt cháy than. Vì vậy, việc ứng dụng loại phế phẩm công nghiệp này sản xuất cốt liệu thay thế nguồn vật liệu tự nhiên (đá, cát) trong bê tông sẽ giải quyết được nhu cầu về ô nhiễm môi trường cũng như giảm áp lực cho các mỏ khai thác đá trên địa bàn tỉnh hiện nay.

2. Phương pháp thí nghiệm

2.1. Vật liệu và cấp phối của cốt liệu nhẹ

Bảng 1.

Tính chất của vật liệu.

Tính chất vật liệu	Tro bay	Xi măng	Đá 10 x 20	Cát
Khối lượng riêng (g/cm ³)	2,223	3,124	2,623	2,612
Khối lượng thể tích xốp (g/m ³)	-	-	1,485	1,366

Cốt liệu nhẹ (LWA) trong nghiên cứu được sản xuất từ nguồn nguyên liệu chính là tro bay (khối lượng riêng 2,223 g/cm³) từ nhà máy nhiệt điện than Trà Vinh, xi măng PC40 (3,124 g/cm³) được sử dụng làm chất kết dính trong cấp phối của cốt liệu nhẹ. Khối lượng riêng và khối lượng thể tích xốp của đá 10 x 20 và cát được cho ở Bảng 1.



Hình 1. Vật liệu chính trong cốt liệu: (a) Xi măng; (b) tro bay.

Cốt liệu nhẹ được phối trộn giữa tro bay và xi măng (Hình 1) với 4 tỷ lệ phối trộn khác nhau cho ở Bảng 2.

Bảng 2.

Cấp phối của cốt liệu nhân tạo.

STT	Cấp phối	Tro bay (%)	Xi măng (%)
T1	FA97C03	97	3
T2	FA94C06	94	6
T3	FA91C09	91	9
T4	FA88C12	88	12

2.2. Quy trình sản xuất cốt liệu nhẹ

Một máy tạo viên có đường kính trong 80 cm, đường kính ngoài 120 cm với chiều cao thành ngoài và thành trong lần lượt là 14 cm và 25 cm, góc nghiêng cố định trong suốt quá trình sản xuất là 35° và tốc độ quay 35 vòng/phút [3]. Bốn tỷ lệ cấp phối trộn giữa xi măng và tro bay để tạo ra cốt liệu nhẹ được cho ở Bảng 2. Cốt liệu sau khi được sản xuất xong sẽ được bao dưỡng ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ và sau đó sẽ được giữ trong túi nilon có nước đến 28 ngày rồi tiến hành các thí nghiệm.

2.3. Các tính chất của cốt liệu nhẹ

Cốt liệu được xác định thành phần hạt theo tiêu chuẩn TCVN 7572-4:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa Phương pháp thử - Phần 4: Xác định khối lượng riêng, khối lượng thể tích và độ hút nước” [19].

Cốt liệu được xác định thành phần hạt theo tiêu chuẩn TCVN 7572-2:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa-Yêu cầu kỹ thuật-Phần 2: Xác định thành phần hạt” [20].

Cường độ nén từng viên của cốt liệu được kiểm tra theo phương pháp N. U Kockal and T. Ozturan [12], bằng cách xác định lực phá hủy của từng viên cốt liệu riêng lẻ. Mỗi loại cốt liệu được tiến hành thí nghiệm với tổ mẫu gồm 20 viên bằng máy nén ở Hình 2. Công thức xác định cường độ nén như sau:

$$R_{CL} = \frac{2,8 \times P}{3,14 \times D^2} \tag{1}$$

Trong đó:

- R_{CL} : Cường độ nén từng viên (MPa)
- P : Lực phá hủy (kN)
- D : Đường kính của viên (cm)



Hình 2. Nén cốt liệu nhẹ.

Cường độ nén đập trong xi lanh của cốt liệu được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572-11:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 11: Xác định độ nén đập và hệ số hoá mềm của cốt liệu lớn” [21].

Độ hút nước của cốt liệu được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 7572-4:2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa Phương pháp thử-Phần 4: Xác định khối lượng riêng, khối lượng thể tích và độ hút nước” [22].

2.4. Bê tông cốt liệu nhẹ

2.4.1. Vật liệu sản xuất

Dựa trên trọng lượng đơn vị và kết quả độ bền nghiên, hai loại cốt liệu nhẹ (LWA) đã được lựa chọn để sử dụng làm cốt liệu thô của bê tông trong nghiên cứu này là T3(FA91C09) và T4 (FA88C12). Các loại vật liệu khác gồm đá dăm tự nhiên 10 x 20 (khối lượng riêng 2,623 g/cm³ và độ hút nước 0,32 %), cát tự nhiên (mô đun độ mịn 1,31; khối lượng riêng 2,612 g/cm³ và độ hút nước 1,08 %) và xi măng PC-40. Nước trộn là nước máy tại nơi làm thí nghiệm.

2.4.2. Cấp phối bê tông

Tỉ lệ nước trên xi măng (N/X) trong các cấp phối bê tông bằng 0,30. Cấp phối đối chứng là cấp phối sử dụng đá 10 x 20. Ở các cấp phối dùng LWAs, đá 10 x 20 được thay thế hoàn toàn bằng LWAs theo nguyên tắc thể tích không thay đổi. Thành phần vật liệu trong các cấp phối bê tông được liệt kê trong Bảng 3. Do đặc tính hút nước cao của LWA, LWA được ngâm trong nước máy trong 3 giờ trước khi đổ bê tông. Các thử nghiệm về độ sụt, cường độ nén, uốn, độ mài mòn, khối lượng thể tích và độ hút nước được thực hiện theo các tiêu chuẩn tương ứng.

Bảng 3.

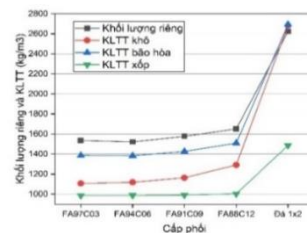
Cấp phối bê tông (đơn vị: kg/m³ bê tông).

Cấp phối	N/X	Đá 10x20	LWAs		Cát	Xi Măng	Nước
			T3	T4			
M00	0,3	1.134	-	-	659,2	507,9	152
MC09		-	682	-	659,2	507,9	152
MC12		-	-	711	659,2	507,9	152

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Các tính chất cơ lý của cốt liệu nhẹ

3.1.1. Khối lượng thể tích



Hình 3. Khối lượng thể tích xốp của cốt liệu.

Hình 3 cho thấy khối lượng riêng của các cấp phối tăng khi hàm lượng xi măng tăng. Với cấp phối FA97C03 (hàm lượng xi măng 3 %) khối lượng riêng đạt là 1,534 g/cm³ và khi hàm lượng xi măng tăng lên 12 % (cấp phối FA88C12) thì khối lượng riêng đạt 1,651 g/cm³. Ngoài ra, cốt liệu được sản xuất từ tro bay và xi măng có khối lượng thể tích nhỏ hơn từ 37,1 % đến 41,5 % so với đá 10 x 20. Bên cạnh đó, khối lượng thể tích của cốt liệu của có chiều hướng tăng khi hàm lượng xi măng tăng với khối lượng thể tích bão hòa và khối lượng thể tích khô ở cấp phối FA97C03 (hàm lượng xi măng 3 %) lần lượt là 1,386 g/cm³ và 1,107 g/cm³ tăng lên khi hàm lượng xi măng 12 % trong cấp phối FA88C12 lần lượt là 1,509 g/cm³ và 1,292 g/cm³. Khối lượng thể tích của cốt liệu nhẹ đạt trong khoảng từ 986 kg/m³ đến 1003 kg/m³, nhỏ hơn khối lượng thể tích của đá 10 x 20 là 32 %. Vì khối lượng thể tích của cốt liệu nhỏ hơn 2000 kg/m³ nên tất cả các cốt liệu được sản xuất đều xem là cốt liệu nhẹ theo tiêu chuẩn UNE-EN 13055-1:2003 [24].

3.1.2 Thành phần hạt

Bảng 4.

Thành phần hạt của cốt liệu nhẹ.

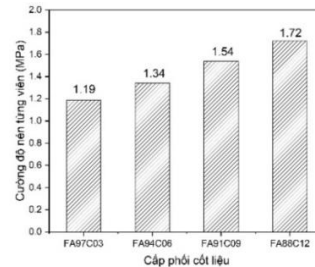
Kích thước mắt sàng (mm)	Lượng sót trên sàng (g)	Lượng sót tích lũy trên sàng (%)
31,50	0,00	0,00
25,00	652,00	6,55
20,00	6.375,00	70,59
16,00	2.259,00	93,28
10,00	645,00	99,76
5,00	24,00	100,00
đáy rây	0,00	100,00

Thành phần hạt của cốt liệu nhẹ được cho ở Bảng 4 với D_{max} và D lần lượt là 25 mm và 5 mm. Ngoài ra, thành phần hạt cốt liệu nhẹ nằm trong đường giới hạn chuẩn theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 7570:2000 [23]. Do đó, cốt liệu nhẹ trong nghiên cứu đáp ứng được yêu cầu sử dụng để chế tạo bê tông xi măng cho đường giao thông nông thôn cấp IV trở xuống là phù hợp.

3.1.3. Cường độ nén từng viên LWAs

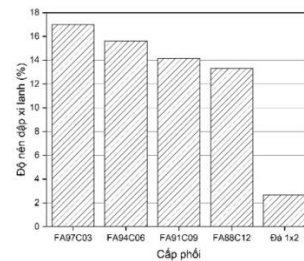
Kết quả cường độ nén từng viên cốt liệu nhẹ được cho ở Hình 4. Có thể thấy rằng, cường độ của cốt liệu tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng trong cốt liệu nhẹ. Cụ thể ở cấp phối FA97C03 (hàm lượng xi măng 3 %) có cường độ là 1,19 MP và khi tăng hàm lượng xi măng tăng lên 9 % ở cấp phối FA88C12 thì cường độ đạt 1,72 MPa, tăng 44 % so với cấp

phối FA97C03. Cường độ cốt liệu tăng khi hàm lượng xi măng tăng là do chất kết dính trong cốt liệu tỷ lệ thuận với cường độ của hạt và thời gian tạo hạt trên máy lâu giúp cốt liệu có cấu trúc mạng tinh thể dày đặc hơn [16].



Hình 4. Cường độ nén từng viên của cốt liệu.

3.1.4. Cường độ nén trong xilanh



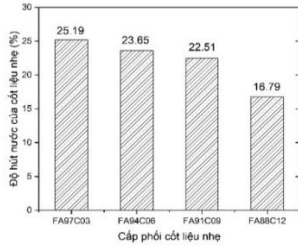
Hình 5. Độ nén đập trong xilanh.

Hình 5 thể hiện kết quả nén đập trong xilanh của cốt liệu nhẹ. Qua kết quả cho thấy độ nén đập trong cốt liệu nằm trong khoảng từ 13,3 % đến 17 %, đảm bảo yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 7570:2006 [23] với yêu cầu độ nén đập của bê tông ở trạng thái bão hòa không lớn hơn 16 % (trừ cấp phối FA97C03). Bên cạnh đó, độ nén đập nhỏ nhất ở cấp phối FA88C12 (13,3 %) và lực phá hoại 55 kN lực phá hoại cao nhất trong các cấp phối cốt liệu và cao gấp 1,48 lần so với cấp phối FA97C03 (hàm lượng xi măng 3 %). Ngoài ra, độ nén đập của đá 10 x 20 chỉ 2,69 %, thấp hơn nhiều so với độ nén đập của cốt liệu nhẹ.

3.1.5. Độ hút nước của cốt liệu nhẹ

Hình 6 cho thấy kết quả độ hút nước của cốt liệu nhẹ khá cao, nằm trong khoảng từ 16,79 % đến 25,19 % . Độ hút nước cao nhất là ở cấp phối FA97C03 và độ hút nước thấp nhất ở cấp phối FC88C12. Điều này cho thấy độ hút nước của cốt liệu nhẹ tỉ lệ nghịch với hàm lượng tro bay chiếm trong cốt liệu, nguyên nhân là do hàm lượng chất kết dính trong cốt liệu giảm làm tăng khả năng hấp thụ nước [11]. Ngoài ra, từ kết quả trên cho thấy được cốt liệu nhẹ có độ hút nước cao hơn nhiều so với đá 10 x 20 (1,34 %). Tuy nhiên, tất cả các loại cốt liệu sản xuất trong nghiên

cứu đều thỏa yêu cầu tiêu chuẩn TCVN 6220:1997 về độ hút nước sử dụng cho bê tông nhẹ (dưới 30 %).



Hình 6. Độ hút nước của cốt liệu.

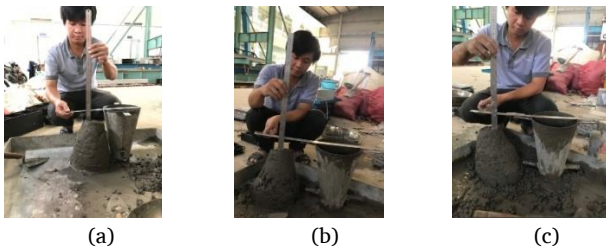
3.2 Các tính chất cơ lý của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ

3.2.1 Độ sụt của hỗn hợp bê tông

Bảng 5.

Độ sụt của bê tông.

STT	Cấp phối	Độ sụt (cm)
1	MC00	7
2	MC09	6
3	MC12	6



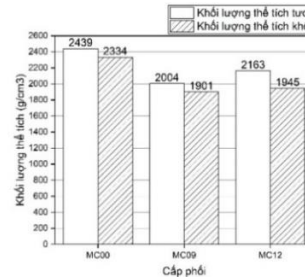
Hình 7. Độ sụt của bê tông tươi :
(a) MC00 ; (b) MC09 ; (c) MC12

Từ Hình 7 cho thấy mặt cắt của bê tông với cốt liệu được phân bố đều trong khối bê tông, không phân tầng, tách lớp. Ngoài ra, từ Bảng 5 cho thấy độ sụt của bê tông được sản xuất trong nghiên cứu nằm trong khoảng từ 6 cm đến 7 cm, điều này cho thấy tất cả các cấp phối bê tông đều đạt yêu cầu thiết kế nằm trong phạm vi cho phép 6 cm đến 8 cm.

3.2.2 Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông và bê tông

Hình 8 cho thấy khối lượng thể tích bê tông tươi của các trường hợp cấp phối MC00, MC09 và MC12 lần lượt là 2439 kg/m³, 2004 kg/m³ và 2163 kg/m³. Cấp phối sử dụng cốt liệu nhẹ nhân tạo MC09 và MC12 có khối lượng thể tích bê tông tươi nhỏ hơn 11 % đến 18 % so với trường hợp sử dụng đá tự nhiên (MC00). Tương ứng với kết quả trên cũng cho

thấy khi thay thế 100 % theo thể tích đá 10 x 20 chiếm 1134,5 kg/m³ cao hơn thành phần cốt liệu nhẹ chiếm trong cấp phối MC09 và MC12 lần lượt là 682 kg/m³ và 711 kg/m³ vì thế khối lượng thể tích bê tông tươi của cấp phối sử dụng cốt liệu nhân tạo giảm so với trường hợp cấp phối đối chứng.



Hình 8. Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông và bê tông.

Khối lượng thể tích bê tông khô của các cấp phối nằm trong khoảng từ 1901 kg/m³ đến 2334 kg/m³. Đối với hai trường hợp sử dụng LWAs, khối lượng thể tích giảm từ 16 % đến 19 % do khối lượng thể tích của cốt liệu nhẹ (xấp xỉ 1000 kg/m³) nhỏ hơn so với đá 10 x 20 (1485,9 kg/m³). Bên cạnh đó, bê tông được sản xuất từ hai loại cốt liệu FA91C09 và FA88C12 đều có khối lượng thể tích khô nhỏ hơn 2000 kg/m³ nên được xem là bê tông nhẹ theo yêu cầu tiêu chuẩn UNE-EN 13055-1:2003 [24].

3.2.3 Cường độ của bê tông

Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của bê tông được cho ở Bảng 6. Cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi của các cấp phối bê tông nằm trong khoảng từ 16,9 MPa đến 25,6 MPa. Cường độ của bê tông cốt liệu nhẹ ở cấp phối MC09 và MC12 đạt từ 65 % đến 75 % so với cấp phối đối chứng MC00. Sự suy giảm cường độ chịu nén của bê tông cốt liệu nhẹ là do cốt liệu nhẹ có cấu trúc xốp, rỗng làm giảm cường độ của cốt liệu [7], dẫn đến giảm cường độ của bê tông. Cường độ chịu nén 28 ngày của các cấp phối MC00, MC09 và MC12 lần lượt là 48,2 MPa, 30,7 MPa và 34,5 MPa. Trong đó cường độ cao nhất nằm ở cấp phối MC00 (48,2 MPa) và cường độ thấp nhất nằm ở cấp phối MC09 (30,7 MPa). Sự chênh lệch này cho thấy ảnh hưởng rõ nét của cốt liệu đến cường độ của bê tông. Tuy nhiên, cường độ chịu nén của tất cả các cấp phối bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ nhân tạo đều đạt yêu cầu về cường độ của bê tông nhẹ theo tiêu chuẩn ASTM C330 [1] và ACI 318 [2], theo đó yêu cầu bê tông nhẹ có cường độ chịu nén tối thiểu phải bằng 17,2 MPa ở 28 ngày tuổi. Bên cạnh đó, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ còn đáp ứng được yêu cầu sử dụng cho kết cấu mặt đường giao thông nông thôn loại C từ cấp IV trở xuống với điều kiện cường độ nén 28 ngày tối thiểu phải bằng 25 MPa.

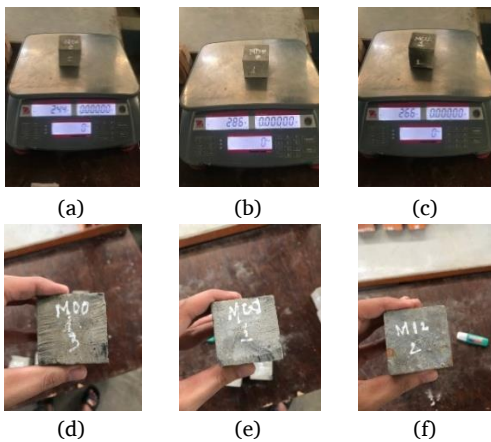
Bảng 6.

Cường độ của bê tông.

ST T	Cấp phối	Cường độ chịu nén (MPa)		Cường độ chịu uốn (MPa)
		7 ngày	28 Ngày	28 Ngày
1	MC00	25,6	48,2	5,81
2	MC09	16,9	30,7	4,61
3	MC12	19,0	34,5	4,79

Kết quả ở Bảng 6 cho thấy cường độ chịu uốn của bê tông nằm trong khoảng từ 4,61 MPa đến 5,81 MPa với cường độ chịu uốn cao nhất đạt 5,81 MPa (MC00) và cường độ chịu uốn thấp nhất là 4,61 MPa (MC09). Cường độ chịu uốn của các cấp phối bê tông nhẹ đạt từ 80 % đến 84 % so với cường độ chịu uốn của bê tông sử dụng đá 10 x 20. Tất cả các cấp phối bê tông trong nghiên cứu đều đáp ứng được yêu cầu về cường độ chịu uốn của bê tông xi măng dùng cho đường ô tô từ cấp IV trở xuống (tối thiểu bằng 4,5 MPa) [18]. Vì thế, các cấp phối bê tông nhẹ MC09 và MC12 có thể đáp ứng được yêu cầu sử dụng cho mặt đường giao thông nông thôn loại C từ cấp IV trở xuống.

3.2.5 Độ mài mòn



Hình 9. Kiểm tra độ mài mòn bê tông:
(a), (b), (c): Mẫu trước khi thí nghiệm;
(d), (e), (f): Mẫu sau thí nghiệm.

Bảng 7.

Độ mài mòn của bê tông.

STT	Cấp phối	Độ mài mòn (g/cm ²)
1	MC00	0,16
2	MC09	0,47
3	MC12	0,29

Quá trình đo độ mài mòn và kết quả độ mài mòn của các cấp phối bê tông được cho ở Hình 9 và Bảng 7. Độ mài mòn của các cấp phối bê

tông nằm trong khoảng từ 0,16 g/cm² đến 0,47 g/cm². Ngoài ra, đối với các cấp phối sử dụng cốt liệu nhẹ cho thấy độ mài mòn cao hơn từ 0,13 g/cm² đến 0,31 g/cm² so với cấp phối sử dụng đá 10 x 20 do cốt liệu nhẹ dễ bị mài mòn hơn đá đầm tự nhiên. Tuy nhiên, cả hai cấp phối sử dụng cốt liệu nhẹ đều đáp ứng được yêu cầu độ mài mòn cho phép dành cho đường bê tông giao thông nông thôn loại C từ cấp IV trở xuống (không được lớn hơn 0,6 g/cm²) [18].

4. Kết luận

Nghiên cứu sản xuất cốt liệu nhẹ từ hỗn hợp tro bay và xi măng được lấy từ các nhà máy công nghiệp ở địa phương theo phương pháp liên kết nguội, được kiểm tra các tính cơ lý cụ thể theo từng tiêu chuẩn với kết quả như sau:

Khối lượng thể tích của cốt liệu nhẹ đạt trong khoảng từ 986 kg/m³ đến 1003 kg/m³ nên tất cả các cốt liệu được sản xuất đều xem là cốt liệu nhẹ theo tiêu chuẩn UNE-EN 13055-1:2003 (nhỏ hơn 2000 kg/m³).

Cường độ nén từng viên cốt liệu nhẹ tỷ lệ thuận với hàm lượng xi măng với giá trị cao nhất đạt được trong nghiên cứu là 1,72 MPa ứng với tỷ lệ 12 % xi măng (88 % tro bay). Cường độ nén đập trong xi lanh của cốt liệu nhẹ nằm trong khoảng 13,3 % đến 17 % đảm bảo yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 7570:2006.

Độ hút nước của cốt liệu nhẹ nằm trong khoảng 16,79 % đến 25,19 % đạt yêu cầu về độ hút nước của cốt liệu nhẹ theo tiêu chuẩn TCVN 6620:1997.

Cốt liệu nhẹ ở cấp phối FA91C09 (91 % tro bay và 9 % xi măng) và cấp phối FA88C12 (88 % tro bay và 12 % xi măng) được lựa chọn để thay thế 100 % thể tích của đá 10 x 20 trong bê tông với tỷ lệ N/X là 0,3 nhằm so sánh, đánh giá khả năng làm việc của bê tông cốt liệu nhẹ so với bê tông thường. Các tính chất cơ lý của hỗn hợp bê tông và bê tông dùng cốt liệu nhẹ đạt được như sau:

Độ sụt của các hỗn hợp bê tông cốt liệu nhẹ nằm trong khoảng từ 6 cm đến 7 cm, đáp ứng được yêu cầu thiết kế.

Khối lượng thể tích khô của bê tông nằm trong khoảng 1901 kg/m³ đến 1945 kg/m³ nhỏ hơn từ 16 % đến 19 % so với bê tông sử dụng đá tự nhiên. Tất cả cấp phối bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ nhân tạo được xem là bê tông nhẹ theo tiêu chuẩn EN 206-1:2013 [24] vì khối lượng thể tích khô nhỏ hơn 2000 kg/m³.

Cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi của các cấp phối bê tông nằm trong khoảng từ 16,9 Mpa đến 25,6 MPa và cường độ ở 28 ngày tuổi của các cấp phối bê tông cốt liệu nhẹ đạt từ 65 % đến 75 % so với cấp phối đối chứng MC00 sử dụng đá 10 x 20. Ngoài ra, cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ nhân tạo đều đạt yêu cầu về cường độ của bê tông nhẹ theo tiêu chuẩn ASTM C330 [1] và ACI 318 [2]. Cường độ chịu uốn của bê tông nằm trong khoảng từ 4,61 MPa

đến 5,81 MPa. Cường độ chịu uốn của các cấp phối bê tông nhẹ đạt từ 80 % đến 84 % so với cấp phối bê tông sử dụng đá 10 x 20.

Độ mài mòn của các cấp phối bê tông nằm trong khoảng 0,16 g/cm² đến 0,47 g/cm². Các cấp phối sử dụng cốt liệu nhẹ cho thấy độ mài mòn cao hơn từ 0,13 g/cm² đến 0,31 g/cm² so với cấp phối sử dụng đá 10 x 20. Cường độ chịu uốn, cường độ chịu nén và độ mài mòn của các cấp phối bê tông nhẹ đều đáp ứng được yêu cầu của bê tông xi măng dùng cho mặt đường giao thông nông thôn loại C từ cấp IV trở xuống [18].

Tài liệu tham khảo

- [1]. ASTM C330/C330M-17a. "Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.
- [2]. ACI 318-11. "Building Code Requirements for Structural Concrete," ACI Committee 318, 2011.
- [3]. Bui Le Anh Tuan, Duong Hoang Bao Khanh, Nguyen Van Thanh, Huynh Trong Phuoc. "Research on the production of fly ash based-lightweight aggregate for concrete," *Vietnam Journal of Construction – Copyright Vietnam Ministry of Construction*, pp. 610:151-153, 2019.
- [4]. Chao-Lung Hwang and Vu-An Tran. "A study of the properties of foamed lightweight aggregate for self-consolidating concrete," *Construction and Building Materials*, Vol.28, ISS.9, pp.87:78-85, Sep. 2016, doi/abs/10.1061.
- [5]. Francesco Colangelo, Francesco Messina, Raffaele Cioffi. "Recycling of MSWI fly ash by means of cementitious double step cold bonding pelletization: Technological assessment for the production of lightweight artificial aggregates," *Journal of Hazardous Materials*, Vol.29, pp. 181:191, Dec. 2015, DOI. 10.1016/j.jhazmat.2015.06.018.
- [6]. Hoàng Minh Đức. "Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt kết cấu sử dụng hạt polystyrol xốp," *Tạp chí KHCN Xây dựng*, số 4, tr., 2017.
- [7]. Jumah Musdif Their and Mustafa Özakça. "Developing geopolymer concrete by using cold-bonded fly ash aggregate, nano-silica, and steel fiber," *Construction and Building Materials*, Vol.180, pp. 12-22, Aug. 2018, DOI.10.1016/j.conbuildmat.2018.05.274
- [8]. Job Thomas and B. Harilal. "Mechanical properties of cold bonded quarry dust aggregate concrete subjected to elevated temperature", *Construction and Building Materials*, Vol.125, pp.724–730, Oct. 2016, DOI. 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.093.
- [9]. Kim Huy Hoàng, Đỗ Kim Hoa, Trương Văn Việt, Bùi Đức Vinh, Nguyễn Văn Chánh. "Khảo sát tối ưu thành phần của bê tông nhẹ tạo lỗ rỗng bằng hạt EPS (Expanded Polystyrene) để sản xuất Panel tường và Panel sàn dùng cho công trình nhà ở lắp ghép," 2010.
- [10]. Lê Phương Ly. "Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ kết cấu sử dụng cốt liệu polystyrene," Luận văn tiến sĩ kỹ thuật, Trường , địa điểm, năm 2019.
- [11]. Manu S. Nadesan and P. Dinakar. "Structural concrete using sintered flyash lightweight aggregate: A review," *Construction and Building Materials*, Vol. 154, pp. 928-944, Nov. 2017, DOI.10.1016/j.conbuildmat.2017.08.005
- [12]. Niyazi Ugur Kockala, Turan Ozturan. "Effects of lightweight fly ash aggregate properties on the behavior of lightweight concretes," *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 179, IS.1, pp. 954-965, Jul. 2010, DOI. 10.1016/j.jhazmat.2010.03.098
- [13]. Nguyễn Công Thắng, Hàn Ngọc Đức, Hoàng Tuấn Nghĩa. "Nghiên cứu thực nghiệm nâng cao một số tính chất của bê tông nhẹ cốt liệu rỗng," *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, Số....., Tr. 104-108, 2018.
- [14]. P. Gomathi, A. Sivakumar. "Accelerated curing effects on the mechanical performance of cold bonded and sintered fly ash aggregate concrete," *Construction and Building Materials*, Vol. 77, pp. 276-287, Feb.2015,DOI. 10.1016/j.conbuildmat.2014.12.108.
- [15]. P. Tang, H.J.H. Brouwers, "Integral recycling of municipal solid waste incineration (MSWI) bottom ash fines (0–2 mm) and industrial powder wastes by cold-bonding pelletization," *Waste Management*, Vol.62, pp.125-138, Apr. 2017. DOI. 10.1016/j.wasman.2017.02.028.
- [16]. P. Tang, H.J.H. Brouwers. "The durability and environmental properties of self-compacting concrete incorporating cold bonded lightweight aggregates produced from combined industrial solid wastes," *Construction and Building Materials*, Vol.167, pp. 271-285, Apr.2018. DOI. 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.035
- [17]. Quyết định 4927/QĐ-BGTVT ngày 25/12/2014. "Hướng dẫn lựa chọn quy mô kỹ thuật đường giao thông nông thôn phục vụ Chương trình mục tiêu Quốc gia về xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2010-2020," Bộ Giao thông vận tải, <http://kronngang.daklak.gov.vn/SaveFile/AttachFiles/van-ban-chi-dao-dieu-hanh/76a3067a85844f8596b044304bfddd91.pdf>
- [18]. Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT ngày 14/12/2012. "Quy định tạm thời về thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông," Bộ Giao thông vận tải, <https://luatvietnam.vn/giao-thong/quyet-dinh-3230-qd-bgtvt-bo-giao-thong-van-tai-109585-d1.html>
- [19]. TCVN 7572-4. "Cốt liệu cho bê tông và vữa Phương pháp thử - Phần 4: Xác định khối lượng riêng, khối lượng thể tích và độ hút nước," Tiêu chuẩn Việt Nam, 2006.
- [20]. TCVN 7572-2. "Cốt liệu cho bê tông và vữa-Yêu cầu kỹ thuật-Phần 2: Xác định thành phần hạt," Tiêu chuẩn Việt Nam, 2006.
- [21]. TCVN 7572-11. "Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 11: Xác định độ nén đập và hệ số hoá mềm của cốt liệu lớn," Tiêu chuẩn Việt Nam, 2006.
- [22]. TCVN 7572-4. "Cốt liệu cho bê tông và vữa Phương pháp thử-Phần 4: Xác định khối lượng riêng, khối lượng thể tích và độ hút nước," Tiêu chuẩn Việt Nam, 2006.
- [23]. TCVN 7570. "Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật," Tiêu chuẩn Việt Nam, 2006.
- [24]. UNE-EN 13055-1. "Lightweight aggregates - Part 1: Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout," 2003, <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/b1bd6647-5171-4114-907f-2e2e6ac662b5/en-13055-1-2002>.
- [25]. Giải pháp xử lý môi trường, tro xỉ ở các nhà máy nhiệt điện than. <https://trobayvietnam.com/tin-tuc/giai-phap-xu-ly-moi-truong-tro-xi-o-cac-nha-may-nhiet-dien-than-dn79.html>