



ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH THƯỚC CỐT LIỆU LÊN CÁC TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG

Mai Thị Ngọc Hằng¹, Lê Thị Thanh Tâm², Mai Thị Hồng³

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu sự ảnh hưởng của kích thước cốt liệu lên các tính chất của bê tông. Các hỗn hợp mẫu bê tông được thiết kế với tỷ lệ nước - chất kết dính 0,35 và 0,45. Cốt liệu lớn được sử dụng với các kích thước lớn nhất là 25mm, 19mm, 12,5mm và 9,5mm. Kết quả thí nghiệm cho thấy, khối lượng thể tích của bê tông tươi không bị ảnh hưởng nhiều bởi kích thước cốt liệu. Tuy nhiên, kích thước cốt liệu ảnh hưởng lớn đến độ sụt, cường độ chịu nén, và vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông. Khi kích thước cốt liệu tăng, độ sụt của bê tông tăng. Sử dụng cốt liệu có kích thước lớn nhất 12,5mm cho bê tông có cường độ chịu nén và vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông lớn nhất. Hơn nữa, tất cả các mẫu bê tông trong nghiên cứu này đều có chất lượng tốt với vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông lớn hơn 4200m/s. Kết quả này cho thấy, có thể sử dụng kích thước cốt liệu hợp lý để nâng cao chất lượng của bê tông.

Từ khóa: Bê tông, cường độ chịu nén, độ sụt, kích thước cốt liệu, vận tốc truyền xung siêu âm.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước hiện nay, việc phát triển cơ sở hạ tầng được ưu tiên như là một nhiệm vụ trọng tâm. Trong đó, bê tông cốt thép vẫn đóng vai trò là kết cấu chịu lực chính và phổ biến trong các công trình xây dựng. Chất lượng của bê tông phụ thuộc vào tính chất và đặc tính của các loại vật liệu cấu tạo nên chúng, bao gồm: xi măng, cát, đá, nước và phụ gia. Với việc chiếm gần 45% thể tích trong bê tông, kích thước cốt liệu lớn là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng lớn đến các thuộc tính của bê tông như độ sụt, cường độ chịu nén và độ bền. Chính vì vậy, theo tiêu chuẩn thiết kế thành phần cấp phối bê tông ACI 211.1 của Mỹ, hàm lượng nước và cốt liệu lớn được xác định dựa trên kích thước lớn nhất của cốt liệu [1].

Nghiên cứu sự ảnh hưởng của các kích thước cốt liệu khác nhau lên các thuộc tính của bê tông nhận được sự quan tâm từ một số các nhà nghiên cứu trên thế giới. Đa phần các nghiên cứu đều cho rằng cường độ chịu nén của bê tông tăng khi giảm kích thước các hạt cốt liệu lớn [2,7,13,15]. Tuy nhiên cũng có một số nghiên cứu cho kết quả ngược lại [10,12]. Mặt khác, khi nghiên cứu ảnh hưởng của các cốt liệu có kích thước lớn nhất 10mm, 12,5mm, 16mm và 20mm, Rathish và Krishna [8] đã chỉ ra rằng cường độ chịu nén lớn nhất đạt được với cốt liệu có kích thước lớn nhất là 12,5mm. Kết quả này cho

^{1,2,3} Giảng viên khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức



thấy, bê tông đạt cường độ chịu nén cao nhất khi sử dụng các kích thước cốt liệu phù hợp, chứ không phải kích thước lớn nhất hay nhỏ nhất. Không chỉ ảnh hưởng đến cường độ chịu nén, kích thước cốt liệu còn ảnh hưởng lớn đến tính công tác của bê tông. Một số kết quả nghiên cứu cho rằng độ sụt của bê tông tăng khi kích thước cốt liệu tăng [2,13,15]. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu của Rathish và Krishna [8] lại cho rằng độ sụt của bê tông giảm khi kích thước cốt liệu tăng.

Các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của kích thước cốt liệu lên các đặc tính của bê tông còn trái ngược nhau, bởi vì tỷ lệ nước-chất kết dính, hình dạng và kích thước mẫu bê tông, điều kiện thí nghiệm, hàm lượng và tính chất của các thành phần vật liệu cấu tạo nên bê tông trong mỗi nghiên cứu khác nhau. Ở Việt Nam, vấn đề này chưa nhận được nhiều sự quan tâm từ các nhà nghiên cứu trong nước. Với sự ảnh hưởng lớn của kích thước cốt liệu lên các đặc tính của bê tông như đã nêu trên, việc tìm ra kích thước cốt liệu phù hợp làm tăng hiệu quả sử dụng cốt liệu trong bê tông, đặc biệt là khi chế tạo bê tông có cường độ cao hoặc có tính công tác lớn. Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các kích thước cốt liệu điển hình trên địa bàn Thanh Hóa lên các đặc tính vật lý, cơ học và độ bền của bê tông.

2. NỘI DUNG

2.1. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

2.1.1. Vật liệu

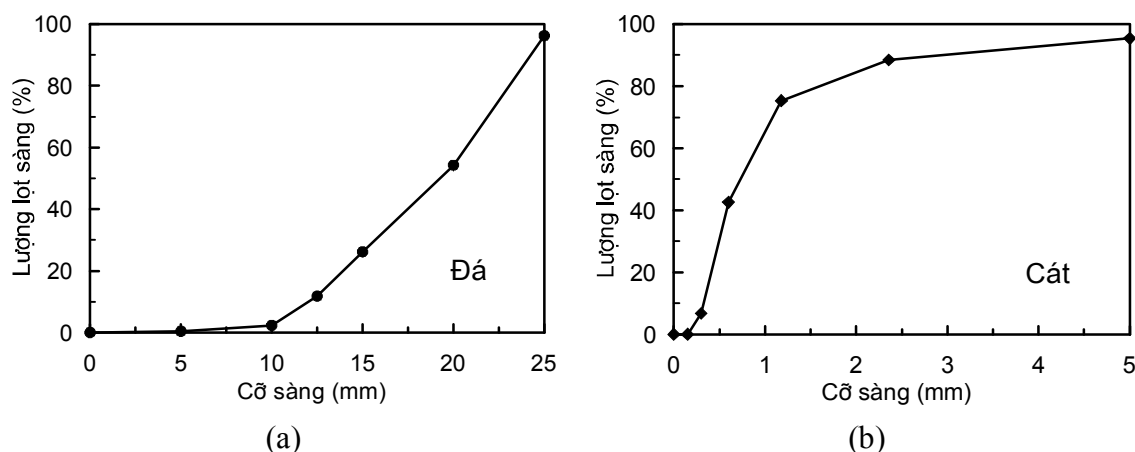
Nghiên cứu này sử dụng xi măng Nghi Sơn PC40 và tro bay của nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn làm chất kết dính, khối lượng riêng của chúng lần lượt là $3,12 \text{ tấn/m}^3$ và $2,16 \text{ tấn/m}^3$. Hàm lượng tro bay được sử dụng bằng 10% tổng lượng chất kết dính. Các thành phần hóa học của xi măng và tro bay được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của xi măng và tro bay

Thành phần (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Khác	Lượng mất khi nung
Xi măng	22,4	5,3	4,0	55,9	2,8	2,1	0,8	0,3	4,5	1,9
Tro bay	48,4	20,4	4,8	2,8	1,4	0,2	1,1	0,8	4,3	15,8

Chú ý rằng, việc sử dụng 10% tro bay thay thế xi măng được kế thừa từ kết quả của nghiên cứu trước với cùng loại vật liệu [11].

Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu này là cát vàng có khối lượng riêng là $2,62 \text{ tấn/m}^3$, khối lượng thể tích xộp ở trạng thái khô $1,43 \text{ tấn/m}^3$, độ ẩm tự nhiên 5,65%, độ hút nước 0,28%, mô đun độ lớn 2,67. Trong khi cốt liệu lớn là đá được khai thác từ các mỏ đá tự nhiên có khối lượng riêng là $2,69 \text{ tấn/m}^3$, khối lượng thể tích xộp ở trạng thái khô $1,41 \text{ tấn/m}^3$, độ ẩm tự nhiên 0,05%, độ hút nước 0,68%, kích thước hạt lớn nhất ($D_{\max}$) là 25mm.



Hình 1. Đường cong cấp phối hạt của: (a) đá và (b) cát

Hình 1 thể hiện đường cong cấp phối hạt của đá và cát sử dụng trong nghiên cứu này theo tiêu chuẩn ASTM C136 [3]. Chú ý rằng, mục đích của nghiên cứu này là đánh giá sự ảnh hưởng của các kích thước cốt liệu D_{max} đến các đặc tính của bê tông. Do vậy, sau khi đúc các mẫu bê tông với cấp phối đá ban đầu có $D_{max}=25\text{mm}$, cốt liệu lớn còn lại được sàng qua rây sàng có kích thước 25mm để đúc các mẫu bê tông có kích thước đá lớn nhất là 19mm. Tương tự như vậy cho đá qua các rây sàng có kích thước 15mm và 12,5mm để có các loại đá có kích thước hạt lớn nhất là 12,5mm và 9,5mm.

Để giảm lượng nước, tăng tính công tác và chất lượng bê tông, phụ gia hóa dẻo Sikament R7 có khối lượng riêng là $1,15\text{tấn/m}^3$ được sử dụng với hàm lượng bằng 1% tổng khối lượng các chất kết dính.

2.1.2. Thiết kế thành phần cấp phối mẫu bê tông

Các hỗn hợp bê tông trong nghiên cứu này được thiết kế dựa theo tiêu chuẩn ACI 211.1 [1991] với tỷ lệ nước - chất kết dính (N/CKD) 0,35 và 0,45. Với mỗi tỷ lệ N/CKD bao gồm 4 hỗn hợp bê tông được chế tạo với đá có kích thước hạt lớn nhất lần lượt là 25mm, 19mm, 12,5mm và 9,5mm. Thành phần cấp phối của các hỗn hợp bê tông được trình bày như bảng 2.

Bảng 2. Thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông

Hỗn hợp bê tông	N/CKD	Thành phần cấp phối (kg/m^3)					
		Xi măng	Tro bay	Cát	Đá	Nước	Phụ gia hóa dẻo
M35 ($D_{max}=25; 19; 12,5; 9,5\text{mm}$)	0,35	469,1	52,1	811,6	898,4	172,2	5,2
M45 ($D_{max}=25; 19; 12,5; 9,5\text{mm}$)	0,45	365,4	40,6	910,3	899,7	178,7	4,1

(Ghi chú: Các giá trị ghi trong bảng là khối lượng vật liệu ở trạng thái khô, khi tiến hành đúc mẫu đã được điều chỉnh dựa trên độ ẩm và độ hút nước của vật liệu)

2.1.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

Khối lượng thể tích và độ sụt của hỗn hợp bê tông tươi được đo ngay sau khi trộn đều. Sau đó các mẫu bê tông được đúc trong khuôn hình trụ có đường kính 10cm và chiều cao 20cm. Các mẫu bê tông được tháo khuôn sau khi đúc 1 ngày và ngâm bảo dưỡng trong nước ở điều kiện thường đến khi làm thí nghiệm. Cường độ chịu nén và vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông được xác định tại các thời điểm 3, 7, 14, 28, 56 và 91 ngày, kết quả trình bày trong bài báo là giá trị trung bình của 3 mẫu thử. Độ sụt của hỗn hợp bê tông, cường độ nén và vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông được xác định lần lượt theo tiêu chuẩn ASTM C143 (2015), ASTM C39 (2012) và ASTM C597 (2009). Các thiết bị đo cường độ chịu nén và vận tốc truyền xung siêu âm được minh họa như hình 2. Thiết bị đo vận tốc truyền xung siêu âm có mã hiệu 58-E4800 được sản xuất bởi hãng Controls của Ý, có một đầu phát sóng siêu âm tần số 50kHz, một đầu nhận sóng, hai đầu này được nối với máy đo như hình 2(b). Thời gian sóng truyền từ đầu phát qua mẫu bê tông đến đầu thu sẽ được ghi lại trên màn hình điều khiển, từ đó xác định được vận tốc truyền sóng qua mẫu bê tông thông qua công thức vật lý. Kết cấu bê tông càng đặc chắc thì vận tốc truyền sóng siêu âm trong bê tông càng cao và ngược lại, do vậy nó được sử dụng trong nghiên cứu này để đánh giá sự sắp xếp của các hạt cốt liệu có kích thước khác nhau trong bê tông. Các thí nghiệm trong nghiên cứu này được tiến hành tại Xưởng thực hành, khoa Kỹ thuật Công nghệ Trường Đại học Hồng Đức.



(a)



(b)

Hình 2. Thí nghiệm xác định (a) cường độ chịu nén và (b) vận tốc truyền xung siêu âm

2.2. Kết quả và thảo luận

2.2.1. Ảnh hưởng của kích thước cốt liệu lên các thuộc tính của bê tông tươi

Các thuộc tính của bê tông tươi được xem xét bao gồm khối lượng thể tích và độ sụt. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 3. Có thể thấy rằng, khối lượng thể tích của các hỗn hợp bê tông gần như nhau, dao động xung quanh giá trị 2500kg/m^3 . Điều này có nghĩa là kích thước cốt liệu không ảnh hưởng nhiều đến khối lượng thể tích của bê tông tươi.



Hỗn hợp bê tông có tỷ lệ nước - chất kết dính 0,35 có độ sụt nhỏ hơn các hỗn hợp bê tông tương ứng có tỷ lệ nước - chất kết dính 0,45. Điều này được giải thích bởi vì độ sụt của bê tông phụ thuộc vào hàm lượng nước và tỷ lệ nước - chất kết dính. Khi hàm lượng nước tăng hoặc tỷ lệ N/CKD tăng sẽ làm tăng độ sụt của bê tông. Mặt khác, với cùng tỷ lệ N/CKD, độ sụt của hỗn hợp bê tông với $D_{\max}=25\text{mm}$ là lớn nhất, tiếp đến là hỗn hợp bê tông với $D_{\max}=19\text{mm}$, $12,5\text{mm}$ và hỗn hợp bê tông với $D_{\max}=9,5\text{mm}$ có giá trị độ sụt nhỏ nhất. Nghĩa là độ sụt của hỗn hợp bê tông tỷ lệ thuận với kích thước cốt liệu. Kết quả này đồng thuận với các nghiên cứu trước của W.Xie và cộng sự (2012), R.K.L.Su và C.Bel (2008), A.Woode và cộng sự (2015). Tuy nhiên, lại ngược với kết quả nghiên cứu của Rathish và Krishna [8]. Chú ý rằng, nghiên cứu của Rathish và Krishna [8] đã sử dụng tỷ lệ nước - chất kết dính và kích thước cốt liệu khác so với nghiên cứu này. Kết quả của nghiên cứu này có thể được giải thích bởi Shetty [9], với cùng một đơn vị thể tích, tổng diện tích bề mặt của các hạt cốt liệu có kích thước lớn nhỏ hơn tổng diện tích bề mặt của các hạt cốt liệu có kích thước nhỏ. Do vậy, khi hàm lượng nước và tỷ lệ N/CKD như nhau, lượng nước và vữa xi măng bao quanh bề mặt các hạt cốt liệu lớn sẽ nhiều hơn ở các hạt nhỏ, do vậy làm giảm sự ma sát giữa các hạt cốt liệu, vì vậy làm tăng độ sụt của bê tông. Chính vì vậy, trong tiêu chuẩn thiết kế thành phần cấp phối bê tông ACI 211.1 (1991), với cùng độ sụt yêu cầu, kích thước lớn nhất của cốt liệu tăng thì lượng nước sử dụng giảm.

Bảng 3. Độ sụt và khối lượng thể tích của các mẫu

Hỗn hợp bê tông	N/CKD	Phụ gia hóa dẻo (kg/m^3)	Độ sụt (cm)	Khối lượng thể tích (kg/m^3)
M35-9,5	0,35	5,2	1,6	2523
M35-12,5			3,6	2523
M35-19			5,5	2513
M35-25			6,1	2517
M45-9,5	0,45	4,1	3,9	2514
M45-12,5			4,5	2513
M45-19			8,7	2493
M45-25			11,2	2495

2.2.2. Ảnh hưởng của kích thước cốt liệu lên cường độ chịu nén

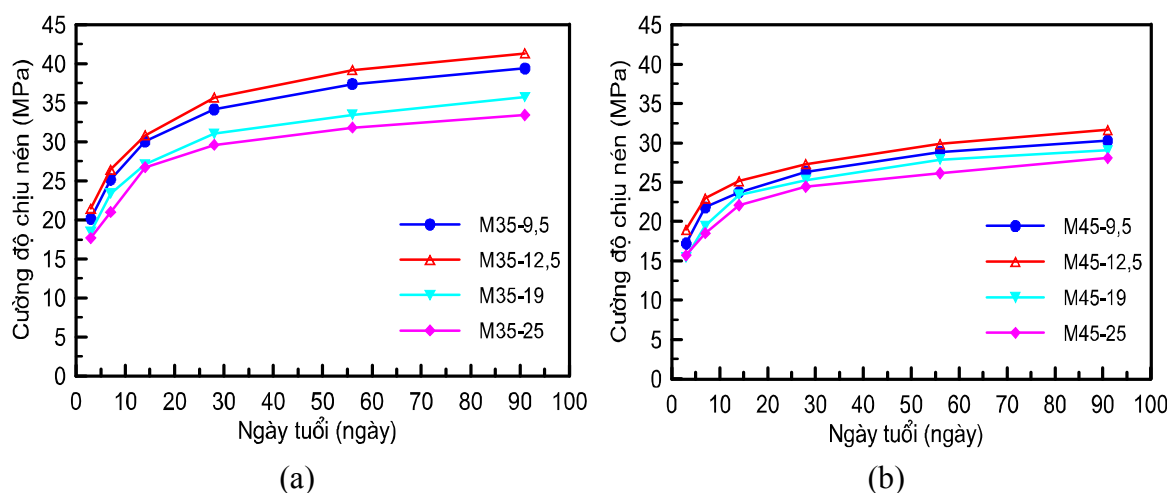
Sự phát triển cường độ chịu nén của các mẫu bê tông được thể hiện trên hình 3. Các mẫu bê tông được thiết kế với tỷ lệ N/CKD=0,35 có cường độ chịu nén cao hơn các mẫu bê tông tương ứng được thiết kế với tỷ lệ N/CKD=0,45. Cường độ chịu nén của bê tông phụ thuộc nhiều vào tỷ lệ N/CKD, khi tỷ lệ N/CKD giảm, cường độ chịu nén của bê tông tăng. Mặt khác, với cùng tỷ lệ N/CKD, các mẫu bê tông được chế tạo với $D_{\max}=12,5\text{mm}$ có cường độ lớn nhất, tiếp theo là các mẫu bê tông với $D_{\max}=9,5\text{mm}$, 19mm và 25mm . Cụ thể, với hỗn



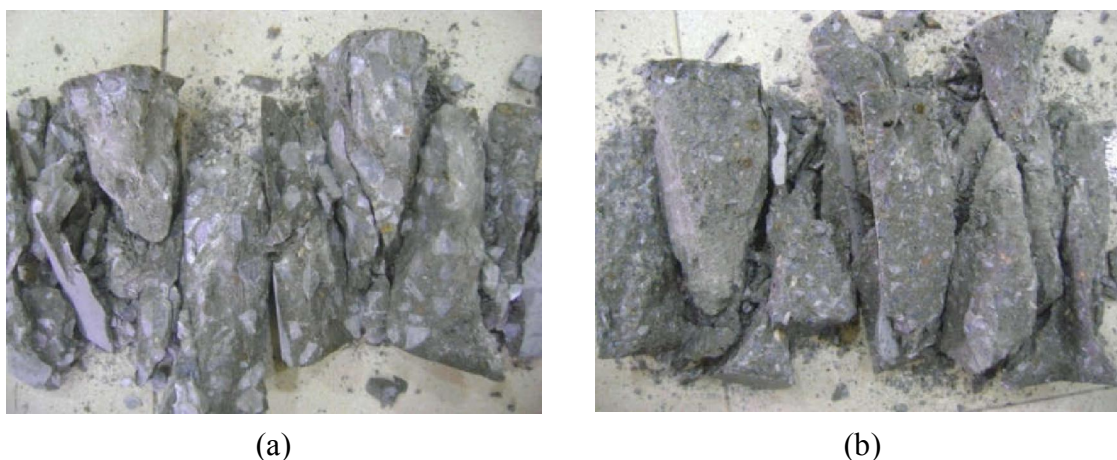
hợp bê tông có tỷ lệ $N/CKD=0,35$, cường độ chịu nén của mẫu M35-12,5 lớn hơn cường độ chịu nén của các mẫu M35-9,5, M35-19 và M35-25 lần lượt là 5%, 15% và 20% ở 28 ngày tuổi; và 5%, 16% và 23% ở 91 ngày tuổi. Tương tự với hỗn hợp bê tông có tỷ lệ $N/CKD=0,45$, cường độ chịu nén của mẫu M45-12,5 lớn hơn cường độ chịu nén của các mẫu M45-9,5, M45-19 và M45-25 lần lượt là 4%, 8% và 12% ở 28 ngày tuổi; và 5%, 9% và 13% ở 91 ngày tuổi. Có nghĩa là kích thước cốt liệu lớn nhất $D_{max}=12,5mm$ là kích thước hợp lý nhất trong nghiên cứu này để bê tông có cường độ chịu nén lớn nhất.

Kết quả trên có thể được lý giải như sau, theo Shetty [9], một cách tổng quát, cường độ chịu nén của bê tông phụ thuộc vào sự sắp xếp của cốt liệu trong bê tông và mối quan hệ giữa cốt liệu lớn và vữa xi măng. Như đã giải thích ở trên, khi kích thước cốt liệu tăng, tổng diện tích bề mặt của các hạt cốt liệu giảm, hàm lượng nước và vữa xi măng bám trên các bề mặt này tăng. Hàm lượng nước nhiều trên bề mặt các hạt cốt liệu là nguyên nhân dẫn đến sự giảm cường độ của bê tông. Hơn nữa, khi sử dụng cốt liệu lớn, sự đồng nhất trong kết cấu của bê tông bị giảm, ứng suất truyền qua giữa các vùng này không đồng đều cũng là nguyên nhân dẫn đến các phá hủy cục bộ trong bê tông khi chịu lực, làm giảm cường độ của bê tông [15]. Hình 4a và 4b lần lượt minh họa các mẫu bê tông với $D_{max}=25mm$ và $12,5mm$ sau khi bị nén vỡ. Sự đồng nhất của mẫu bê tông được chế tạo với cốt liệu có $D_{max}=12,5mm$ được thể hiện rõ ràng hơn so với mẫu bê tông được chế tạo với $D_{max}=25mm$. Do vậy, bê tông được chế tạo với $D_{max}=12,5mm$ có cường độ chịu nén lớn hơn bê tông được chế tạo với $D_{max}=19mm$ và $25mm$. Kích thước cốt liệu càng lớn thì cường độ chịu nén của bê tông càng giảm, kết quả này tương tự với các kết quả nghiên cứu trước [2,7,13,15], trái ngược với kết quả nghiên cứu [10,12]. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, kết quả nghiên cứu của Meddah [10] là sự kết hợp của các tổ hợp kích thước cốt liệu gồm: 3mm và 8mm, 8mm và 15mm, 15mm và 25mm; kết quả nghiên cứu của Kozul và Darwin [12] chỉ gồm hai kích cỡ cốt liệu $D_{max}=16mm$ và $19mm$.

Tuy nhiên, như đã đề cập trên, cường độ chịu nén của bê tông còn phụ thuộc vào sự sắp xếp các cốt liệu trong bê tông. Cường độ chịu nén của bê tông với $D_{max}=9,5mm$ nhỏ hơn cường độ chịu nén của bê tông với $D_{max}=12,5mm$. Cốt liệu có kích thước lớn nhất là 9,5mm chỉ có các hạt có kích thước trong khoảng 5mm đến 9,5mm, trong khi cốt liệu có $D_{max}=12,5mm$ có các hạt cốt liệu từ 5mm đến 12,5mm. Sự kết hợp của nhiều hơn các kích thước cốt liệu dễ sắp xếp tạo thành kết cấu vững chắc hơn, các hạt nhỏ hơn khóa lấp những lỗ hổng giữa các hạt lớn. Tuy nhiên, điều này chỉ đúng khi sự khác biệt giữa 9,5mm và 12,5mm là không lớn, còn khi kích thước cốt liệu tăng lên đến 19mm và 25mm thì kết quả đã được giải thích như trên. Nghĩa là trong phạm vi nghiên cứu này, giữa các cốt liệu có $D_{max}=25mm$, 19mm, 12,5mm, và 9,5mm, việc sử dụng cốt liệu có $D_{max}=12,5mm$ cho cường độ chịu nén cao nhất. Nghĩa là $D_{max}=12,5mm$ là cốt liệu hợp lý nhất trong phạm vi nghiên cứu này. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Rathish và Krishna [8], bê tông đạt cường độ cao nhất khi sử dụng kích thước cốt liệu phù hợp. Điều này cũng giải thích tại sao trong các sản phẩm bê tông chất lượng cao hoặc yêu cầu cao về cốt liệu như bê tông cường độ cao, bê tông tự lèn, cốt liệu có kích thước lớn nhất là 12,5 mm thường hay được sử dụng.



Hình 3. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông: a) M35 và b) M45

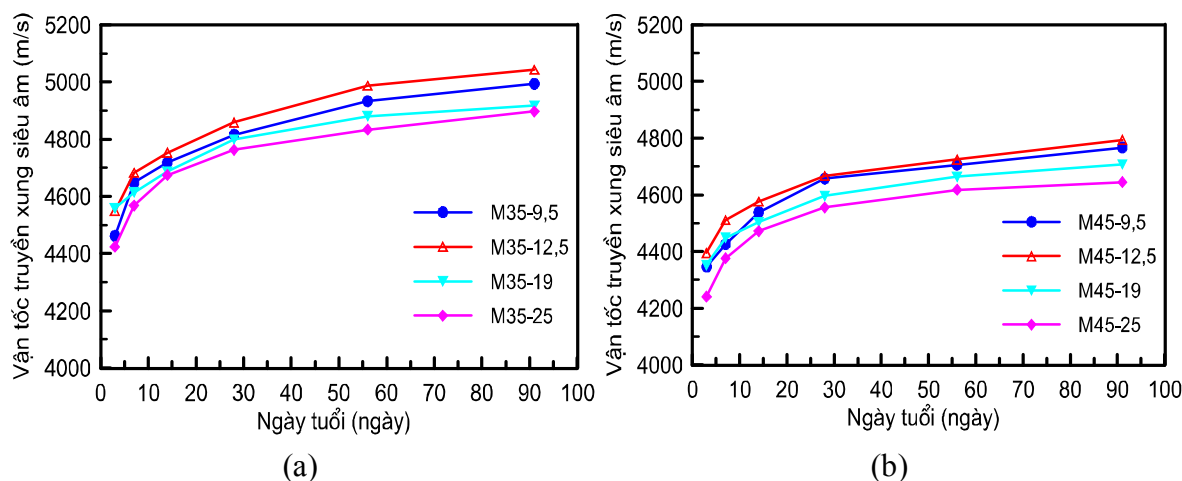


Hình 4. Các mẫu bê tông sau khi nén: a) $D_{\max}=25\text{mm}$ và b) $D_{\max}=12,5\text{mm}$

2.2.3. Ảnh hưởng của kích thước cốt liệu lên vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông

Sự sắp xếp của các hạt cốt liệu có kích thước khác nhau ảnh hưởng đến độ đặc chắc và cấu trúc bên trong bê tông. Do vậy để đánh giá sự đồng nhất, các khuyết tật bên trong cũng như đặc tính bền chắc của bê tông, thí nghiệm xác định vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông được tiến hành. Thông thường vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông càng cao thì bê tông càng đặc chắc và đồng nhất, ít có các khuyết tật bên trong kết cấu. Kết quả thí nghiệm xác định vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông được trình bày trên hình 5. Tương tự như cường độ chịu nén của bê tông, các mẫu bê tông có tỷ lệ $N/CKD=0,35$ có vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông lớn hơn các mẫu có tỷ lệ $N/CKD=0,45$. Điều này được giải thích tương tự như trên, với tỷ lệ N/CKD nhỏ, hàm lượng xi măng lớn, lượng nước nhỏ cho kết cấu bê tông đặc chắc và đồng nhất. Với tỷ lệ N/CKD lớn, hàm lượng nước để phản ứng với xi măng còn dư thừa tồn tại trong kết cấu bê tông, sau một thời gian chúng bay hơi, để lại các khuyết tật vi mô trong bê tông và làm giảm sự đồng nhất trong bê tông, do vậy làm giảm cường độ cũng như độ bền, đặc chắc của bê tông.

Tương tự như kết quả thí nghiệm nén, vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông của các mẫu với $D_{\max}=12,5\text{mm}$ là lớn nhất, tiếp theo là các mẫu với $D_{\max}=9,5\text{mm}$, 19mm , và 25mm . Kết quả này cũng chứng minh rằng, bê tông được chế tạo với $D_{\max}=12,5\text{mm}$ có độ đồng nhất và đặc chắc tốt hơn bê tông được chế tạo với $D_{\max}=9,5\text{mm}$. Điều này khẳng định lại kết quả cường độ chịu nén của bê tông với $D_{\max}=12,5\text{mm}$ lớn hơn bê tông với $D_{\max}=9,5\text{mm}$ ở trên là hợp lý. Hơn nữa, tất cả các mẫu bê tông được chế tạo trong nghiên cứu này có vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông lớn hơn 4200m/s . Theo phân loại của Carcano và Moreno [14], chúng được xếp vào loại bê tông có chất lượng cao.



Hình 5. Vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông của các mẫu a) M35 và b) M45

3. KẾT LUẬN

Bài báo này trình bày các kết quả thực nghiệm về các đặc tính của bê tông được chế tạo với các loại cốt liệu có kích thước hạt lớn nhất khác nhau (25mm, 19mm, 12,5mm, và 9,5mm), tỷ lệ nước - chất kết dính 0,35 và 0,45. Các kết luận chính được rút ra từ kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này như sau:

Khối lượng thể tích của các hỗn hợp bê tông tươi không thay đổi nhiều khi thay đổi kích thước cốt liệu, tuy nhiên độ sụt của bê tông tăng khi tăng kích thước của các hạt cốt liệu lớn.

Các mẫu bê tông được chế tạo với cốt liệu có $D_{\max}=12,5\text{mm}$ có cường độ chịu nén và vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông lớn nhất trong bốn loại cốt liệu được nghiên cứu trong bài báo này, nghĩa là nếu chọn kích thước cốt liệu hợp lý sẽ cho bê tông có chất lượng cao nhất.

Tất cả các mẫu bê tông được chế tạo trong nghiên cứu này có chất lượng tốt với vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông lớn hơn 4200m/s .

Các kết quả trên được thực hiện với các loại vật liệu có tính chất và thông số kỹ thuật nhất định, khi áp dụng cho các công trình thực tế với các loại vật liệu có tính chất khác nhau, tỷ lệ nước - chất kết dính khác nhau cần tiến hành thử nghiệm để lựa chọn được kích thước cốt liệu hợp lý cho bê tông có chất lượng cao nhất.



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ACI 211.1 (1991), *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete*.
- [2] A. Woode, D. K. Amoah, I. A. Aguba, and P. Ballow (2015), *The effect of maximum coarse aggregate size on the compressive strength of concrete produced in Ghana*, Civil and Environmental Research, Vol. 7, No. 5, pp. 7-12.
- [3] ASTM C136 (2001), *Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*.
- [4] ASTM C597 (2009), *Standard test method for pulse velocity through concrete*.
- [5] ASTM C39 (2012), *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*.
- [6] ASTM C143 (2015), *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*.
- [7] E. Yasar, Y. Erdogan, and A. Kilic (2004), *Effect of limestone aggregate type and water-cement ratio on concrete strength*, Material Letters, Vol. 58, pp. 772-777.
- [8] K. P. Rathish and R. M. V. Krishna (2012), *A study on the effect of size of aggregate on the strength and sorptivity characteristics of cinder based light weight concrete*, Research Journal of Engineering Sciences, Vol. 1, No. 6, pp. 27-35.
- [9] M. S. Shetty (2005), *Concrete technology theory and practice*, S. Chand & Company Ltd., Ram Nagar, New Delhi, India. p. 624.
- [10] M. S. Meddah, S. Zitouni, and S. Belaabes (2010), *Effect of content and particle size distribution of coarse aggregate on the compressive strength of concrete*, Construction and Building Materials, Vol. 24, pp. 505-512.
- [11] N. S. Huy, L. T. T. Tam, and H. T. Phuoc (2017), *Effect of fly ash content on the compressive strength development of concrete*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, No. 2, pp. 31-36.
- [12] R. Kozul and D. Darwin (1997), *Effects of aggregate type, size, and content on concrete strength and fracture energy*, Report No. 43, University of Kansas Center for Research, p. 98.
- [13] R. K. L. Su and C. Bel (2008), *The effect of coarse aggregate size on the stress-strain curves of concrete under uniaxial compression*, The Hong Kong Institution of Engineers Transactions, Vol. 15, No. 3, pp. 33-39.
- [14] R. S. Carcano and E. I. Moreno (2008), *Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate based on ultrasonic pulse velocity*, Construction and Building Materials, Vol. 22, pp. 1225-1231.
- [15] W. Xie, Y. Jin, and S. Li. (2012), *Experimental research on the influence of grain size of coarse aggregate on pebble concrete compressive strength*, Applied Mechanics and Materials, Vol. 238, pp. 133-137.



THE EFFECT OF COARSE AGGREGATE SIZES ON THE PROPERTIES OF CONCRETE

Mai Thi Ngoc Hang, Le Thi Thanh Tam, Mai Thi Hong

ABSTRACT

This paper investigates the effect of coarse aggregate sizes on the properties of concrete. Concrete mixtures were designed with water-to-binder ratios of 0.35 and 0.45. Coarse aggregates with maximum sizes of 25mm, 19mm, 12.5mm and 9.5mm were used. Testing results indicate that the unit volume weight of fresh concrete is not affected by coarse aggregate sizes. However, the coarse aggregate size are significantly influenced by slump, compressive strength and ultrasonic pulse velocity of concrete. The slump of concrete increases with increasing the coarse aggregate size. The use of maximum coarse aggregate size of 12.5mm results in the highest concrete compressive strength and ultrasonic pulse velocity. In addition, all concrete samples produced in this study have a good quality with the ultrasonic pulse velocity of higher than 4200m/s. This study also indicates that the quality of concrete can be improved if the optimal coarse aggregate size was utilized.

Keywords: Concrete, compressive strength, slump, coarse aggregate size, ultrasonic pulse velocity.