

ẢNH HƯỞNG CỦA KÍCH CỠ CỐT LIỆU VÀ HÀM LƯỢNG NƯỚC ĐẾN CƯỜNG ĐỘ NÉN VÀ ĐỘ LƯU ĐỘNG CỦA BÊ TÔNG

Lê Thị Thanh Tâm¹, Mai Thị Ngọc Hằng², Mai Thị Hồng³, Nguyễn Thị Mùi⁴

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu sự ảnh hưởng của kích cỡ cốt liệu và hàm lượng nước đến cường độ nén và độ lưu động của bê tông. Thí nghiệm với hỗn hợp ba mẫu bê tông được thiết kế với kích cỡ cốt liệu và hàm lượng nước khác nhau. Kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ nén của bê tông giảm và độ lưu động của bê tông tăng khi sử dụng cốt liệu có kích cỡ lớn. Hàm lượng nước cao là nguyên nhân gây ra cường độ nén ban đầu cao nhưng cường độ lâu dài thấp.

Từ khóa: Bê tông, cường độ nén, độ lưu động, kích cỡ cốt liệu, hàm lượng nước.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông là vật liệu phổ biến sử dụng trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp, giao thông, và thủy lợi. Các thành phần cơ bản tạo nên bê tông bao gồm: xi măng, cát, đá, và nước. Ngoài ra, tùy thuộc vào yêu cầu của từng công trình, điều kiện làm việc và yêu cầu về kết cấu mà có thể thêm các phụ gia để tăng cường một số đặc tính của bê tông. Do vậy, với bê tông thường, các đặc tính của nó phụ thuộc nhiều vào hàm lượng và chất lượng của các vật liệu chế tạo bê tông.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và độ lưu động của bê tông (độ sụt), ví dụ như: tỷ lệ các thành phần cấu tạo, phương pháp trộn, điều kiện bảo dưỡng, loại cốt liệu, hình dạng cốt liệu và chất lượng của các vật liệu chế tạo bê tông... Trong các yếu tố trên, mối quan hệ giữa kích cỡ cốt liệu thô (đá, sỏi) với cường độ nén và độ lưu động của bê tông nhận được sự quan tâm từ một số nhà nghiên cứu trên thế giới [9,10,12-15]. Đa phần các nghiên cứu đều kết luận rằng khi kích cỡ cốt liệu tăng, cường độ chịu nén của bê tông giảm. Tuy nhiên, theo kết quả nghiên cứu của Kozul và Darwin (1997) [6], sự thay đổi kích cỡ cốt liệu không ảnh hưởng nhiều đến cường độ chịu nén của bê tông. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, với bê tông thường sử dụng cốt liệu có đường kính hạt lớn nhất 19mm có cường độ chịu nén lớn hơn 7,6% so với bê tông tương ứng sử dụng cốt liệu có đường kính hạt lớn nhất 16mm. Điều này ngược lại với các nghiên cứu [9,10,12-15]. Theo nghiên cứu của Woode cùng các cộng sự [13], khi kích cỡ cốt liệu giảm thì độ lưu động của bê tông giảm. Điều này ngược lại với nghiên cứu của Rathish và Krishna [10], khi kích cỡ cốt liệu giảm thì độ lưu động của bê tông tăng.

Hàm lượng nước cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến cường độ nén và độ lưu động của bê tông. Lượng nước phải cung cấp đủ để bê tông đạt độ lưu động trong thi công (tính dễ thi công), đồng thời đủ cho các phản ứng thủy hóa của xi măng [8]. Nếu hàm lượng nước ít, bê

^{1,2,3,4} Giảng viên khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức

tông có cường độ nén cao nhưng độ lưu động thấp, khó thi công. Ngược lại, nếu hàm lượng nước nhiều, tính dễ thi công cao, nhưng chất lượng bê tông giảm [3,8]. Hàm lượng nước sử dụng trong bê tông có mối liên hệ mật thiết với kích cỡ hạt và độ sụt yêu cầu. Chính vì vậy, theo tiêu chuẩn thiết kế thành phần bê tông của Hoa Kỳ (ACI 211.1-91) [2], khi chọn lượng nước cho bê tông phải dựa vào yêu cầu thi công (độ sụt) và kích cỡ cốt liệu (đường kính cốt liệu lớn nhất).

Các nghiên cứu về sự ảnh hưởng của kích cỡ cốt liệu lên cường độ chịu nén và độ lưu động của bê tông còn ít, các kết quả còn chưa thống nhất bởi vì hàm lượng và tính chất các thành phần cấu tạo của bê tông khác nhau trong mỗi đề tài nghiên cứu. Ở Việt Nam, sự ảnh hưởng này chưa nhận được nhiều sự quan tâm từ các nhà nghiên cứu. Bài báo này nghiên cứu sự ảnh hưởng của kích cỡ cốt liệu lên cường độ chịu nén và độ lưu động của bê tông, và ảnh hưởng của hàm lượng nước lên cường độ chịu nén của bê tông.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thực nghiệm

2.1.1. Vật liệu

2.1.1.1. Đá dăm

Đá là cốt liệu thô được sử dụng để tạo ra bộ khung chịu lực cho bê tông. Đá sử dụng trong nghiên cứu này là đá dăm, có nguồn gốc tự nhiên và được lấy ở mỏ Vực - Thanh Hóa, độ ẩm 0,05%, độ hút nước 0,68%, khối lượng riêng 2,69 tấn/m³ và khối lượng thể tích ở trạng thái khô là 1,408 tấn/m³. Sử dụng hai loại đá dăm có đường kính hạt lớn nhất $D_{max}=25\text{mm}$ và $D_{max}=15\text{mm}$ để nghiên cứu sự ảnh hưởng của kích cỡ cốt liệu lên cường độ chịu nén và độ lưu động của bê tông.

2.1.1.2. Cát

Cát là vật liệu dạng hạt nhỏ và mịn, có nguồn gốc tự nhiên được lấy từ sông Chu - Thọ Xuân - Thanh Hóa, giá thành rẻ, thành phần chủ yếu là silic oxit (SiO₂). Cát được sử dụng để làm cốt liệu nhỏ cùng với xi măng, nước tạo ra vữa xi măng để lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn (đá, sỏi) và bao bọc xung quanh các hạt cốt liệu lớn tạo ra khối bê tông đặc chắc. Cát sử dụng trong nghiên cứu là cát vàng, có độ ẩm 5,65%, độ hút nước 0,28%, mô đun độ lớn $M_k = 2,67$, khối lượng riêng 2,62 tấn/m³, và khối lượng thể tích ở trạng thái khô là 1,433 tấn/m³.

2.1.1.3. Xi măng

Xi măng là chất kết dính thủy lực trong quá trình thủy hóa của bê tông. Xi măng sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng Nghi Sơn dân dụng PCB40, có khối lượng riêng là 3,12 tấn/m³.

2.1.1.4. Phụ gia

Phụ gia là chất được bổ sung vào bê tông bên cạnh nước, xi măng và cốt liệu để cải thiện tính chất và khả năng làm việc của bê tông, đẩy nhanh quá trình đông kết, khô cứng.

Mỗi loại phụ gia có tác dụng khác nhau tùy vào yêu cầu sử dụng. Trong nghiên cứu này sử dụng phụ gia hóa dẻo sikament R7 để giảm lượng nước cho bê tông. Phụ gia sử dụng có khối lượng riêng là $1,15 \text{ tấn/m}^3$.

2.1.2. Thiết kế thành phần bê tông

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp thiết kế thành phần cấp phối bê tông theo tiêu chuẩn ACI-211.1-91 [2]. Ba hỗn hợp bê tông có thành phần như bảng 1, với cùng tỷ lệ nước-xi măng là 0,40. Hỗn hợp bê tông M1 sử dụng cốt liệu có đường kính hạt lớn nhất là 25mm. Hỗn hợp bê tông M2 và M3 sử dụng cốt liệu có đường kính hạt lớn nhất là 15mm. Mục đích thiết kế hỗn hợp bê tông M1 và M2 để đánh giá sự ảnh hưởng của đường kính cốt liệu lên cường độ chịu nén và độ lưu động của bê tông. Hỗn hợp bê tông M2 và M3 cùng sử dụng cốt liệu có đường kính hạt lớn nhất là 15mm, nhưng có hàm lượng nước và phụ gia khác nhau. Hỗn hợp M3 có hàm lượng nước nhiều hơn, và sử dụng ít phụ gia hóa dẻo hơn hỗn hợp M2. So sánh hỗn hợp M2 và M3 để đánh giá sự ảnh hưởng của hàm lượng nước lên cường độ nén của bê tông, và ảnh hưởng của phụ gia hóa dẻo lên độ lưu động của bê tông tươi.

Bảng 1. Thành phần bê tông thiết kế

Hỗn hợp bê tông	Tỷ lệ N/X	Xi măng (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (kg)	Phụ gia (kg)
M1 (Dmax =25 mm)	0,40	457	841	962	175	7,5
M2 (Dmax =15 mm)		457	841	962	175	7,5
M3 (Dmax =15 mm)		550	659	962	218	2

2.1.3. Phương pháp thí nghiệm

Tất cả các thí nghiệm trong bài báo này được thực hiện tại xưởng thực hành khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức.

2.1.3.1. Trộn bê tông

Trong nghiên cứu này sử dụng máy trộn bê tông dung tích 450 lít như hình 1(a). Sau khi trộn xong, hỗn hợp bê tông được đổ ra khay như hình 1(b) để kiểm tra độ sụt.



(a)



(b)

Hình 1. a) Máy trộn; b) Hỗn hợp bê tông sau khi trộn

2.1.3.2. Đo độ sụt

Độ sụt hay độ lưu động của vữa bê tông, dùng để đánh giá khả năng dễ chảy của hỗn hợp bê tông dưới tác dụng của trọng lượng bản thân hoặc rung động. Độ sụt được xác định theo TCVN 3105-93 [1] hoặc ASTM C143 [4]. Dụng cụ đo là hình nón cụt Abrams, gọi là côn Abrams, có kích thước 203×102×305mm, đáy và miệng hở. Que đầm hình tròn có đường kính bằng 16mm, dài 600mm. Cho hỗn hợp bê tông vào hình nón cụt thành ba lần, mỗi lần 1/3 thể tích hình nón và đầm chặt 25 lần. Sau đó gạt bỏ phần bê tông thừa trên đỉnh nón, từ từ nâng hình nón theo phương thẳng đứng để hỗn hợp bê tông sụt xuống. Độ sụt bằng 305mm trừ đi chiều cao của bê tông tươi. Hình 2 thể hiện độ sụt của bê tông sau khi tháo hình nón cụt.



Hình 2. Độ sụt của bê tông sau khi tháo hình nón cụt

2.1.3.3. Đúc mẫu

Khuôn đúc mẫu thí nghiệm có hình trụ tròn đường kính 10cm, cao 20cm. Với mỗi hỗn hợp bê tông được thiết kế như trên, sau khi kiểm tra độ sụt, tiến hành đổ bê tông vào khuôn thành ba lớp, mỗi lớp đầm 25 lượt. Sau khi đầm xong lớp cuối cùng thì gạt bằng đến miệng khuôn đúc và làm phẳng bề mặt mẫu như hình 3.



Hình 3. Mẫu bê tông vừa đúc xong

2.1.3.4. Bảo dưỡng mẫu

Bảo dưỡng mẫu bê tông nhằm cung cấp nước đầy đủ trong suốt quá trình diễn ra các phản ứng thủy hóa của xi măng. Sau khi đúc mẫu được một ngày, bê tông hóa cứng thì tháo khuôn, đem cân khối lượng từng mẫu và ngâm vào bể nước để bảo dưỡng. Hình 4 thể hiện các mẫu bê tông sau khi tháo khuôn và bảo dưỡng trong bể nước.



a)



b)

Hình 4. a) Mẫu bê tông sau khi tháo khuôn; b) Bảo dưỡng mẫu bê tông

2.1.3.5. Nén mẫu

Mẫu bê tông sau khi bảo dưỡng sẽ được đem đi nén để kiểm tra cường độ. Trong nghiên cứu này sử dụng máy nén bê tông Controls 300 tấn để xác định cường độ nén của mẫu (Hình 5). Cường độ nén của mẫu bằng lực nén lớn nhất chia cho diện tích bề mặt mẫu. Các mẫu được nén sau 3, 7, 14 và 28 ngày bảo dưỡng. Mỗi lần thí nghiệm với 3 mẫu thử, lấy giá trị trung bình.



Hình 5. Thí nghiệm nén mẫu bê tông

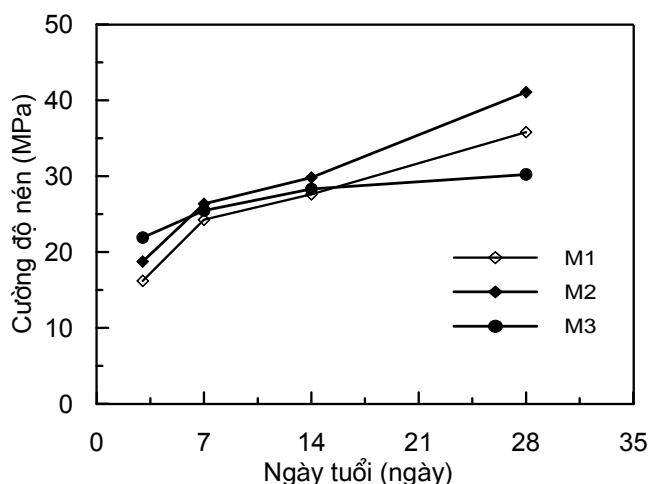
2.2. Kết quả và thảo luận

2.2.1. Đặc tính của bê tông tươi

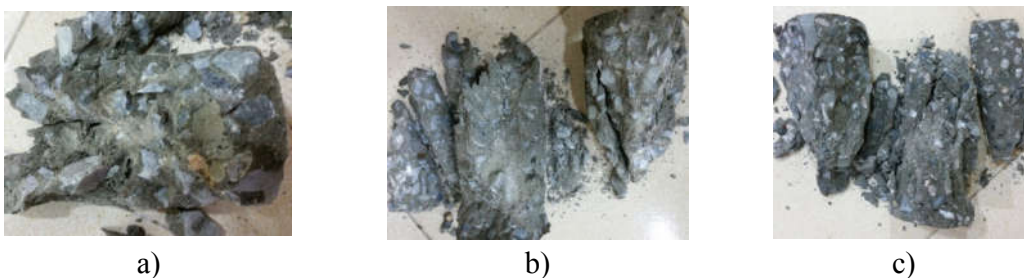
Đặc tính bê tông tươi của các hỗn hợp được thể hiện ở bảng 2. Khối lượng trung bình các mẫu xấp xỉ nhau, sai khác lớn nhất là 3%. Hỗn hợp M1 có độ sụt lớn hơn mẫu M2, có nghĩa là đường kính cốt liệu lớn thì độ lưu động của bê tông cao. Điều này được giải thích bởi Shetty (2000) [11] theo đó, do tổng diện tích bề mặt của các hạt cốt liệu lớn nhỏ hơn tổng diện tích bề mặt của các hạt cốt liệu nhỏ dẫn đến lượng nước trên bề mặt hạt cốt liệu lớn nhiều hơn trên bề mặt các hạt cốt liệu nhỏ (với cùng hàm lượng nước như nhau). Vì vậy độ sụt của hỗn hợp M1 sử dụng cốt liệu $D_{\max}=25\text{mm}$ lớn hơn độ sụt của hỗn hợp M2 sử dụng cốt liệu $D_{\max}=15\text{mm}$. Hỗn hợp M2 có độ sụt lớn hơn rất nhiều so với hỗn hợp M3. Kết quả này do việc sử dụng hàm lượng phụ gia hóa dẻo ở hỗn hợp M2 nhiều hơn so với hỗn hợp M3. Chú ý rằng cả ba hỗn hợp thiết kế có cùng tỷ lệ nước-xi măng là 0,40.

Bảng 2. Đặc tính của các hỗn hợp bê tông tươi

Hỗn hợp	Độ sụt (cm)	Khối lượng mẫu trung bình (g)
M1 ($D_{\max} = 25$ mm)	20	4063
M2 ($D_{\max} = 15$ mm)	18	3962
M3 ($D_{\max} = 15$ mm)	8	3934

2.2.2. Cường độ nén**Hình 6. Sự phát triển cường độ của mẫu bê tông**

Hình 6 thể hiện sự phát triển cường độ nén của mẫu bê tông theo thời gian. Hình 7 thể hiện các mẫu bê tông sau khi thí nghiệm bị nén vỡ. Cường độ nén của hỗn hợp M2 lớn hơn cường độ nén của hỗn hợp M1. Kết quả này đồng thuận với các nghiên cứu trước [9,10,12-15]; kích cỡ cốt liệu càng cao thì cường độ chịu nén càng giảm. Đường kính cốt liệu lớn dễ tạo nên các lỗ rỗng bên trong và nước sẽ bị giữ lại tại đây. Lâu ngày nước bay hơi tạo nên các lỗ rỗng trong bê tông. Mặt khác, lượng nước nhiều trên bề mặt của các hạt cốt liệu lớn sẽ làm giảm lực bám dính giữa đá và vữa xi măng. Khi chịu lực, vùng liên kết yếu này dễ bị phá hoại. Ngược lại, với hỗn hợp bê tông sử dụng đường kính cốt liệu nhỏ hơn, diện tích bề mặt cao hơn, lượng nước trên bề mặt ít hơn, dẫn đến lực bám dính giữa vữa xi măng và cốt liệu tốt hơn, do vậy cường độ chịu nén tốt hơn.

**Hình 7. Các mẫu vỡ sau khi thí nghiệm: a) Mẫu M1; b) Mẫu M2; c) Mẫu M3**

Hỗn hợp M3 sử dụng cốt liệu như hỗn hợp M2 ($D_{\max}=15\text{mm}$), tuy nhiên cường độ nén tại 28 ngày thấp nhất trong cả ba hỗn hợp. Nguyên nhân là do hỗn hợp M3 có hàm lượng nước tương đối cao (218kg) so với hai hỗn hợp còn lại (175kg), mặc dù tỷ lệ nước-xi măng là như nhau ($N/X=0,40$). Điều này được giải thích bởi các nghiên cứu [3,5,7,8], khi hàm lượng nước cao, với cùng một tỷ lệ nước-xi măng, dẫn tới hàm lượng xi măng cao. Lượng nước cao là nguyên nhân để lại các lỗ rỗng bên trong bê tông khi nước bốc hơi. Lượng xi măng cao là nguyên nhân gây biến dạng co ngót của bê tông khi thủy hóa. Hàm lượng nước và xi măng cao đều là nguyên nhân làm giảm chất lượng bê tông. Ở 3 ngày tuổi, hỗn hợp M3 có cường độ nén cao nhất, do hàm lượng nước và xi măng ở hỗn hợp này cao nên tốc độ thủy hóa ban đầu nhanh, làm tăng nhanh cường độ chịu nén của bê tông ở giai đoạn đầu. Tuy nhiên, về lâu dài, khi ngày tuổi càng cao thì lượng nước và xi măng cao lại là nguyên nhân làm giảm chất lượng bê tông như đã phân tích ở trên. Do vậy cường độ nén của hỗn hợp M3 kém nhất trong ba hỗn hợp tại 28 ngày tuổi.

3. KẾT LUẬN

Ảnh hưởng của kích cỡ cốt liệu và hàm lượng nước đến cường độ nén và độ lưu động của bê tông đã được nghiên cứu, kết quả cho thấy :

Độ lưu động của hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu có kích cỡ lớn cao hơn độ lưu động của hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu có kích cỡ nhỏ. Sử dụng phụ gia hóa dẻo làm tăng đáng kể độ lưu động của bê tông.

Cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cốt liệu có kích cỡ lớn thấp hơn cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cốt liệu có kích cỡ nhỏ.

Hàm lượng nước và xi măng ảnh hưởng lớn đến cường độ sớm và cường độ lâu dài của bê tông. Đó là nguyên nhân gây ra cường độ sớm cao nhưng cường độ lâu dài thấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 3105 (1993), *Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.
- [2] ACI 211.1 (1991), *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, American Concrete Institute, 38 pp.
- [3] Aitcin, P., Neville, A. M., and Acker, P. (1997), *Integrated View of Shrinkage Deformation*, Concrete International, 19 (9), pp. 35-47.
- [4] ASTM C143, *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*.
- [5] Hwang, C. L., and Hung, M. F. (2002), *Comparison of ACI Mixture Design Algorithm to HPC Densified Mixture Design Algorithm in the Anti-Corrosion and Durability Design*, Journal of Chinese Corrosion Engineering, 16 (4), pp. 281-296.
- [6] Kozul, R., and Darwin, D. (1997), *Effects of Aggregate Type, Size, and Content on Concrete Strength and Fracture Energy*, Report No. 43, University of Kansas Center for Research, 98 pp.
- [7] Mather, B. (2000), *Use Less Cement*, Concrete International, 22 (11), pp. 55-56.

- [8] Neville, A. (2000), *Water and Concrete: a Love-Hate Relationship*, Concrete International, 22 (12), pp. 34-38.
- [9] Oyewole, O.O., Arilewola, S.S., Jimoh A.A., and Oyejobi, D.O. (2011), *Effects of Aggregate Sizes on the Physical and Mechanical Properties of Concrete Using Artificial Aggregates*, Proceedings of Civil2011@unilorin 3rd Annual Conference of Civil Engineering, pp. 21-23.
- [10] thish, K.R., and Krishna, R.M.V. (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, 1(6), pp. 27-35.
- [11] Shetty, M.S. (2000), *Concrete technology theory and practice*, Pub. by S.Chand and company Ltd New Delhi.
- [12] Su, R.K.L., and Cheng, B. (2008), *The Effect of Coarse Aggregate Size on the Stress-strain Curves of Concrete under Uniaxial Compression*, Transactions of Hong Kong Institution of Engineers, 15(3), pp. 33-39.
- [13] Woode, A., Amoah, D.K., Aguba, I.A., and Ballow, P. (2015), *The Effect of Maximum Coarse Aggregate Size on the Compressive Strength of Concrete Produced in Ghana*, Civil and Environmental Research, 7 (5), pp. 7-12.
- [14] Xie, W., Jin, Y., and Li, S. (2012), *Experimental Research on the Influence of Grain Size of Coarse aggregate on Pebble Concrete Compressive Strength*, Applied mechanics and Materials, 238, pp. 133-137.
- [15] Yaqub, M., and Bukhari, I. (2006), *Effect of Size of Coarse Aggregate on Compressive Strength of High Strength Concrete*, 31st Conference on Our World in Concrete&Structures, Singapore.

THE EFFECTS OF COARSE AGGREGATE SIZE AND WATER CONTENT ON THE COMPRESSIVE STRENGTH AND SLUMP OF NORMAL CONCRETE

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

ABSTRACT

Normal concrete is a popular construction material, its compressive strength impacts on load capacity and cost of the project, while its slump affects construction possibility. This paper investigates the effect of coarse aggregate size and water content on the compressive strength and slump of normal concrete. Three concrete mixtures are designed with different coarse aggregate size and water content. Test result indicates that the compressive strength of concrete reduces and the slump of concrete increases when using larger coarse aggregate size. High water content is the cause of high compressive strength at early stage but low compressive strength at high stage.

Keywords: Concrete, compressive strength, slump, coarse aggregate size, water content.