

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CHỈ DẪN LỰA CHỌN THÀNH PHẦN BÊ TÔNG HÀI HÒA VỚI TIÊU CHUẨN CHÂU ÂU

RESEARCH ON ESTABLISHING THE GUIDELINE FOR SELECTING CONCRETE PROPORTIONS HARMONIZED WITH THE EUROPEAN STANDARDS

TS. HOÀNG MINH ĐỨC
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Lựa chọn thành phần bê tông là công tác quan trọng, góp phần quyết định chất lượng và hiệu quả kinh tế trong sản xuất bê tông. Bài báo này trình bày các nghiên cứu cơ sở lý thuyết và các đề xuất điều chỉnh một số giá trị tra bảng trong phương pháp lựa chọn thành phần của Anh Quốc - DOE-method để áp dụng trong điều kiện Việt Nam. Các kết quả thực nghiệm ban đầu cho thấy, phương pháp DOE-method với các điều chỉnh đã đề xuất hoàn toàn có thể áp dụng trong lựa chọn thành phần bê tông cho các kết cấu được thiết kế theo tiêu chuẩn hài hòa với hệ thống tiêu chuẩn Châu Âu.

Từ khóa: bê tông, thành phần, tỷ lệ nước trên xi măng, cường độ, độ sụt

Abstract: Selecting concrete proportion is an important task, contributing to the quality and economic efficiency of concrete production. This paper presents theoretical background studies and recommendations to adjust some table lookup values in the British DOE-method to apply in Vietnamese conditions. The initial experimental results show that the DOE-method with the proposed adjustments can be applied in the selection of concrete proportion for structures designed according to standards in harmony with European standards.

Keywords: concrete, proportion, water to cement ratio, strength, slump

1. Mở đầu

Lựa chọn thành phần bê tông là công tác quan trọng, góp phần quyết định chất lượng và hiệu quả kinh tế trong sản xuất bê tông phục vụ thi công các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Thành phần bê tông tối ưu cho phép đạt được các tính chất yêu cầu (tính công tác, cường độ,...) với chi phí hợp lý,

thuận tiện trong sản xuất và thi công. Việc lựa chọn thành phần bê tông ở các nước trên thế giới đều được thực hiện theo phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm. Về lý thuyết, lựa chọn thành phần bê tông được thực hiện dựa trên các quy luật cơ bản của hệ bê tông xi măng bao gồm: quy luật về ảnh hưởng của lượng nước đến tính công tác, quy luật ảnh hưởng của tỷ lệ nước trên xi măng (hay xi măng trên nước) đến cường độ và tỷ lệ cốt liệu hợp lý. Trong tính toán lý thuyết, bên cạnh công thức tính toán, các phương pháp lựa chọn thành phần đều sử dụng các bảng tra được xây dựng dựa trên tổng kết số liệu thí nghiệm với các vật liệu tại chỗ. Các quốc gia trên thế giới với các hệ thống tiêu chuẩn khác nhau có quan điểm và cách thức lựa chọn thành phần bê tông khác nhau. Tại Việt Nam, việc lựa chọn thành phần bê tông chủ yếu được thực hiện theo "Chỉ dẫn kỹ thuật - Chọn thành phần bê tông các loại" ban hành ngày 05/08/1998 theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD của Bộ trưởng Bộ Xây dựng [1] (CDKT-778). Chỉ dẫn này được biên soạn dựa trên các tài liệu của Liên Xô (cũ), phù hợp với tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép hiện hành và các điều kiện của Việt Nam.

Hiện nay, thực hiện Quyết định số 198/QĐ-TTg ngày 09/02/2018 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng, Bộ Xây dựng đã xác định các tiêu chuẩn cốt lõi ngành xây dựng và triển khai biên soạn các tiêu chuẩn này theo định hướng mới. Theo đó, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép được xác định là tiêu chuẩn cốt lõi, được định hướng hài hòa với tiêu chuẩn châu Âu EN 1992 Eurocode 2. Do đó, các tiêu chuẩn liên quan về yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử đối với các vật liệu làm bê tông cũng như lựa chọn thành phần bê tông cũng nên được biên soạn hài hòa với hệ thống tiêu chuẩn Châu Âu.

Trong hệ thống tiêu chuẩn Châu Âu không có tiêu chuẩn hướng dẫn lựa chọn thành phần bê tông mà công việc này được thực hiện theo các chỉ dẫn riêng của từng quốc gia hoặc của từng tổ chức. Tuy nhiên, hiện nay tại Vương quốc Anh và một số quốc gia, phương pháp lựa chọn thành phần được trình bày trong "Design of normal concrete mixes" (2nd edition) [2] (hay còn gọi là DOE-method) được sử dụng khá phổ biến. Phương pháp này có thể được lựa chọn để làm cơ sở xây dựng phương pháp lựa chọn thành phần bê tông hài hòa với hệ thống tiêu chuẩn Châu Âu cho Việt Nam.

Bài báo này tập trung phân tích đánh giá cơ sở lý thuyết, đề xuất một số điều chỉnh và trình bày một số kết quả thử nghiệm với vật liệu nước ta để làm cơ sở đề xuất áp dụng phương pháp lựa chọn thành phần theo DOE-method.

2. Tương quan giữa lượng nước và tính công tác

Một quy luật chung được tất cả các phương pháp lựa chọn thành phần bê tông hiện nay áp dụng là tương quan giữa lượng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông. Theo đó, khi tăng hoặc giảm lượng nước thì tính công tác của hỗn hợp bê tông tăng hoặc giảm. Ngoài ra, với cùng lượng nước, tính công tác của hỗn hợp bê tông còn chịu ảnh

hưởng của một số yếu tố như: loại và lượng xi măng, đặc tính của cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ và nhất là loại và lượng phụ gia sử dụng [3]. Mỗi phương pháp khác nhau sẽ tính đến ảnh hưởng của một vài yếu tố trên để điều chỉnh lượng nước.

Lượng nước trong bê tông bao gồm lượng nước được cốt liệu hấp thụ và lượng nước tự do. Tương quan giữa lượng nước và tính công tác có thể được xây dựng với lượng nước tổng [1], [4] hay với lượng nước tự do [2], [5]. Với cốt liệu đặc chắc, lượng nước bị cốt liệu hấp thụ, có giá trị vào khoảng 0,4-1,0% khối lượng cốt liệu, sẽ không làm thay đổi đáng kể lượng nước ước tính. Tuy nhiên, sự khác biệt sẽ là đáng kể với cốt liệu có độ hút nước cao.

DOE-method khuyến cáo bảng tra lượng nước tự do để đạt tính công tác nhất định phụ thuộc vào kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu và loại cốt liệu. Theo đó, cốt liệu được phân chia thành loại nghiền và không nghiền hay nói cách khác là loại tự nhiên (sỏi, cát tự nhiên) và nhân tạo (đá dăm, cát nghiền). Với cốt liệu hỗn hợp, lượng nước có thể tính toán bằng công thức dựa trên các giá trị tra bảng. Để thuận tiện cho người dùng, các phương án hỗn hợp có thể được tính sẵn và trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Khuyến cáo lượng nước tự do để đạt tính công tác

Dmax	Loại cốt liệu	Lượng nước tự do, kg/m ³ để đạt được			
		độ sụt, mm/độ cứng, s			
		0-10 / >12	10-30 / 6-12	30-60 / 3-6	60-180 / 0-3
10	sỏi + cát tự nhiên	150	180	205	225
10	đá dăm + cát tự nhiên	160	188	213	233
10	sỏi + cát nghiền	170	197	222	242
10	đá dăm + cát nghiền	180	205	230	250
20	sỏi + cát tự nhiên	135	160	180	195
20	đá dăm + cát tự nhiên	147	170	190	205
20	sỏi + cát nghiền	158	180	200	215
20	đá dăm + cát nghiền	170	190	210	225
40	sỏi + cát tự nhiên	115	140	160	175
40	đá dăm + cát tự nhiên	128	152	170	185
40	sỏi + cát nghiền	142	163	180	195
40	đá dăm + cát nghiền	155	175	190	205

Khác với CDKT-778, lượng nước khuyến cáo trong bảng 1 là lượng nước tự do, tức là không bao gồm lượng nước bị cốt liệu hấp thụ. Ngoài ra, bảng 1 không tính đến môđun độ lớn của cốt liệu nhỏ. Trong khi đó, thay đổi môđun độ lớn từ 1,5 đến 3,0, theo CDKT-778 có thể làm giảm lượng nước khuyến cáo đi khoảng 10 kg/m³. Tuy nhiên, với cốt liệu nhỏ, DOE-method không sử dụng thông số môđun độ lớn mà thay vào đó, sử dụng hàm lượng hạt nhỏ hơn 600 μm. Mặc dù lượng nước sẽ được điều chỉnh thông qua thí nghiệm thực tế, nhưng để việc ước tính lượng nước có độ chính xác cao hơn, trong thời gian tới cần tích lũy thêm số liệu về tương quan giữa hàm lượng hạt nhỏ hơn 600 μm trong cốt liệu nhỏ với tính công tác.

Một điều cần chú ý nữa là với độ sụt thay đổi trong một khoảng rộng từ 60 mm đến 180 mm bảng 1 khuyến cáo chung một giá trị lượng nước. Điều này có thể gây khó khăn cho người sử dụng. Ở đây, có thể thấy rằng, với độ sụt từ 60 mm trở lên và nhất là trên 100 mm, nên sử dụng thêm phụ gia giảm nước. Loại và lượng dùng phụ gia cần được cân nhắc theo khuyến cáo của nhà sản xuất hoặc theo kết quả thí nghiệm sơ bộ để hỗn hợp bê tông đạt tính công tác cần thiết.

3. Tương quan giữa tỷ lệ nước trên xi măng và cường độ bê tông

Các nghiên cứu kinh điển về bê tông xi măng từ những năm đầu thế kỷ XX đã cho thấy mối liên quan chặt chẽ giữa tỷ lệ nước trên xi măng tới cường độ bê tông. Năm 1918, Abrams D.A [6] đã xây dựng công thức tương quan giữa cường độ bê tông (R) và tỷ lệ nước trên xi măng (W/C) có dạng:

$$R = \frac{A}{B^{W/C}} \quad (1)$$

trong đó: A, B là các hệ số phụ thuộc vào chất lượng xi măng, tuổi bê tông và điều kiện dưỡng hộ.

Trên cơ sở phương trình Feret R., năm 1927, Bolomy J. [7] đã phát triển công thức tính toán cường độ bê tông có dạng:

$$R = k \times \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right) \quad (2)$$

Trong đó, Bolomy J. cũng lưu ý rằng, phương trình tuyến tính này có hiệu lực với các giá trị tỷ lệ xi măng trên nước nằm trong khoảng từ 0,9 đến 2,5.

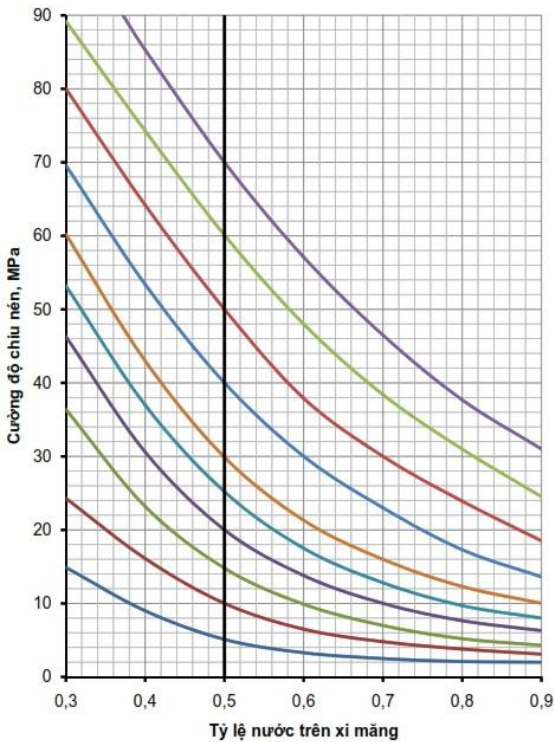
Các nghiên cứu tiếp theo của Skramtaev B. và Bazhenov Yu.M. [8], [9] kế thừa công thức của Bolomy J. đã thay thế quan hệ theo đường cong giữa tỷ lệ nước trên xi măng và cường độ bằng các quan hệ tuyến tính giữa tỷ lệ xi măng trên nước với cường độ và xác định điểm giới hạn là tỷ lệ xi măng trên nước bằng 2,5. Theo đó:

$$R = A \times R_{cem} \times \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right) \text{ với } \frac{C}{W} \leq 2,5 \quad (3)$$

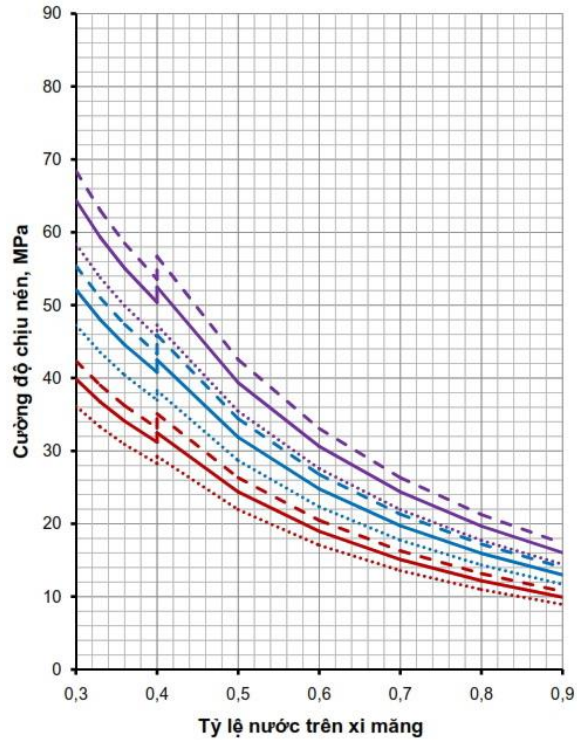
$$R = A_1 \times R_{cem} \times \left(\frac{C}{W} + 0,5 \right) \text{ với } \frac{C}{W} > 2,5 \quad (4)$$

Hiện nay, công thức 3, 4 được sử dụng rộng rãi trong lựa chọn thành phần bê tông ở Liên Xô (cũ) và ở Việt Nam, công thức 1 của Abrams và các phương án bổ sung của nó được sử dụng rộng rãi trong lựa chọn thành phần bê tông ở Vương quốc Anh và một số nước khác.

Trên cơ sở công thức của Abrams, DOE-method khuyến cáo đồ thị tương quan giữ tỷ lệ nước tự do trên xi măng với cường độ theo 10 đường tương quan khác nhau (hình 1). Ở vùng bê tông cường độ thấp các đường tương quan có dạng đường cong, còn ở vùng bê tông cường độ cao, đường tương quan có dạng gần tuyến tính. Ước tính tỷ lệ nước trên xi măng khi lựa chọn cấp phối được thực hiện theo đường tương quan so với bê tông gốc có tỷ lệ nước trên xi măng bằng 0,5 sử dụng cùng loại xi măng. DOE-method cũng khuyến cáo cường độ của bê tông gốc với tỷ lệ nước trên xi măng bằng 0,5 ở các tuổi khác nhau và ứng với các loại xi măng khác nhau dựa trên số liệu thí nghiệm vật liệu tại Vương quốc Anh. Rõ ràng rằng, khi sử dụng các vật liệu địa phương, để nâng cao độ chính xác ước tính, các số liệu này sẽ cần được điều chỉnh theo số liệu thực tế.



Hình 1. Tương quan giữa cường độ bê tông và tỷ lệ nước trên xi măng theo DOE-method [2]



Hình 2. Tương quan giữa cường độ bê tông và tỷ lệ nước trên xi măng ước tính theo CDKT-778

Ở Việt Nam, trong CDKT-778 dựa trên cơ sở lý thuyết, kết hợp với các số liệu thí nghiệm trên vật liệu địa phương đã đề xuất các hệ số chất lượng vật liệu ở các mức tốt, trung bình và kém. Sử dụng các giá trị hệ số chất lượng vật liệu này có thể ước tính được tương quan giữa cường độ bê tông sử dụng các mác xi măng khác nhau (30, 40 và 50) với tỷ lệ nước trên xi măng (hình 2). Có thể thấy rằng, đồ thị hình 1 và hình 2 có sự tương đồng nhất định. Cường độ bê tông ước tính ứng với tỷ lệ nước trên xi măng bằng 0,5 phụ thuộc nhiều vào mức chất lượng và có thể chênh lệch tới khoảng 10 MPa ở các tỷ lệ nước trên xi măng thấp. Tính trung bình, có thể đề xuất các giá trị cường độ bê tông sử dụng xi măng với mác 30, 40 và 50 có tỷ lệ nước trên xi măng 0,5 tương ứng bằng 25 MPa, 32 MPa và 40 MPa. Các giá trị này có thể sử dụng trong lựa chọn tỷ lệ nước trên xi măng theo DOE-method.

4. Tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu

Tất cả các phương pháp lựa chọn thành phần bê tông đều có điểm chung là lượng nước và tỷ lệ nước trên xi măng được ước tính theo các bảng tra, công thức hoặc biểu đồ và được điều chỉnh theo kết quả thí nghiệm thực tế. Trong khi đó, cách tiếp cận về tỷ lệ hợp lý giữa cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn lại có sự khác biệt nhất định thông qua khái niệm về hệ số

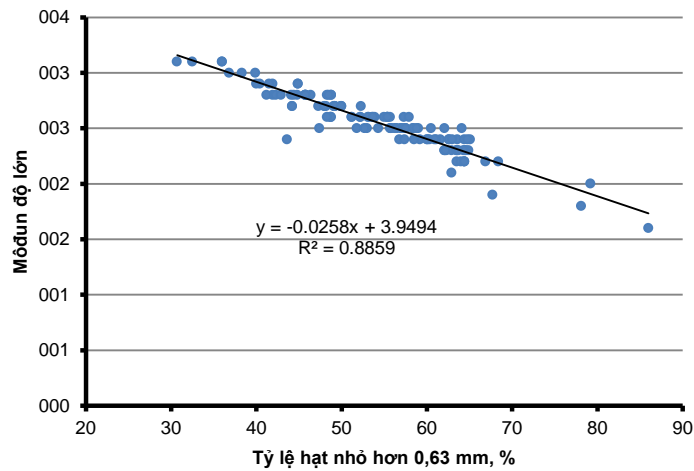
đư vừa hợp lý hoặc tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu. Tỷ lệ này thường được tra bảng trong cả bước tính toán lý thuyết và thí nghiệm điều chỉnh.

Hệ số đư vừa theo [3], được thể hiện bằng tỷ lệ giữa thể tích vữa xi măng trên thể tích hổng của cốt liệu lớn có ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Hệ số đư vừa hợp lý là hệ số đư vừa cho phép có được bê tông với tính công tác và cường độ cao nhất. CDKT-778 khuyến cáo tăng giá trị hệ số đư vừa hợp lý khi tăng thể tích hồ xi măng và tăng môđun độ lớn của cốt liệu nhỏ. Ngoài ra, CDKT-778 cũng khuyến cáo tăng hệ số đư vừa với hỗn hợp bê tông có độ sụt trên 14 cm và cho bê tông có yêu cầu chống thấm.

DOE-method không sử dụng chỉ tiêu môđun độ lớn để đánh giá cốt liệu nhỏ mà thay vào đó là chỉ tiêu hàm lượng hạt nhỏ hơn 600 μm. Cốt liệu nhỏ sử dụng cho bê tông cần đáp ứng các yêu cầu nhất định trong tiêu chuẩn về thành phần hạt. Theo TCVN 7570:2006, lượng lọt sàng 0,63 mm với cát có môđun độ lớn từ 0,7 đến 2,0 phải là từ 65% đến 100%, còn với cát có môđun độ lớn hơn 2,0 đến 3,3 phải là từ 65% đến 30%. Các kết quả khảo sát theo dõi tại Viện CN Bê tông với hơn 100 mẫu cát tự nhiên tại Việt Nam (hình 3) cho thấy có sự tương

quan nhất định giữa hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,63 mm và môđun độ lớn của cát.

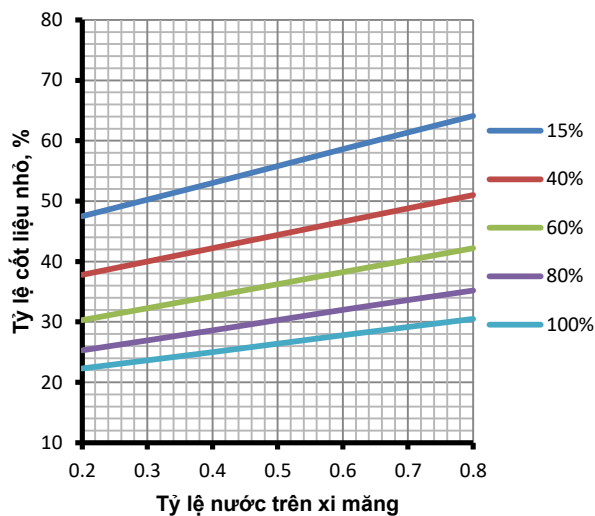
Như vậy, việc áp dụng hai chỉ tiêu này trong lựa chọn thành phần bê tông cũng có sự tương đồng nhất định.



Hình 3. Tương quan giữa tỷ lệ hạt nhỏ hơn 0,63 mm và môđun độ lớn của cát tự nhiên

Tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu theo DOE-method được xác định theo đồ thị phụ thuộc vào kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu, tính công tác của hỗn hợp bê tông, tỷ lệ nước trên xi măng và tỷ lệ hạt nhỏ hơn 600 μ m trong cốt liệu nhỏ (hình

4). Tổng cộng, DOE-method trình bày 12 bảng ứng với 3 kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu (10 mm, 20 mm và 40 mm) và 4 mức độ sụt của hỗn hợp bê tông (0-10 mm, 10-30 mm, 30-60 mm và 60-180 mm).



Hình 4. Tỷ lệ cốt liệu nhỏ theo tỷ lệ hạt nhỏ hơn 600 μ m trong cốt liệu nhỏ (trường hợp kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu 20 mm, độ sụt hỗn hợp bê tông 60-180 mm)

Lượng cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ được tính toán dựa trên giá trị tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu và ước tính khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông. Theo đó, khối lượng thể tích của bê tông có thể được xác định bằng cách tra bảng phụ thuộc vào lượng nước tự do và khối lượng thể tích của hỗn hợp cốt liệu ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt. Nếu không có kết quả thí nghiệm thực tế thì có thể

áp dụng giá trị khuyến cáo mặc định về khối lượng thể tích của hỗn hợp cốt liệu. Tuy nhiên, qua xem xét đối chiếu có thể thấy rằng giá trị khuyến cáo này chưa hoàn toàn phù hợp với cốt liệu của Việt Nam. Mặt khác, ngay ở bước này, khi đã biết tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu hoàn toàn có thể tính toán được khối lượng thể tích (D) của hỗn hợp bê tông theo công thức:

$$D = 10 \times G_A \times (100 - a) - C \times \left(\frac{G_A}{G_C} - 1 \right) - W \times \left(\frac{G_A}{G_W} - 1 \right) \quad (5)$$

trong đó:

a - hàm lượng bọt khí, tính bằng phần trăm (%), nếu không được quy định có thể lấy $a = 0 - 2\%$;

W, C - lượng nước và xi măng, tính bằng kilôgam trên mét khối (kg/m^3);

G_C, G_W - khối lượng riêng của xi măng và của nước, tính bằng megagam trên mét khối (Mg/m^3);

G_A - khối lượng thể tích của hỗn hợp cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt, tính bằng megagam trên mét khối (Mg/m^3);

Khối lượng thể tích của hỗn hợp cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt G_A được xác định theo công thức:

$$G_A = \frac{100}{\frac{k_f}{G_{Af}} + \frac{100 - k_f}{G_{Ac}}} \quad (6)$$

trong đó:

k_f - tỷ lệ cốt liệu nhỏ trong hỗn hợp cốt liệu, tính bằng phần trăm (%);

G_{Af}, G_{Ac} - khối lượng thể tích của cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt, bằng megagam trên mét khối (Mg/m^3).

Kết quả khảo cứu cho thấy, tính toán khối lượng thể tích theo công thức (5) và (6) cho kết quả chính xác hơn so với ước tính theo đồ thị. Do đó, bên cạnh phương pháp tra đồ thị, các công thức này được khuyến cáo áp dụng trong lựa chọn thành phần bê tông.

5. Thí nghiệm kiểm chứng

Để kiểm chứng việc áp dụng phương pháp DOE-method với các điều chỉnh như trên trong lựa chọn thành phần bê tông hài hòa với hệ thống tiêu chuẩn Châu Âu, đã tiến hành một số thí nghiệm nhằm đánh giá mức độ phù hợp của các đề xuất khi sử dụng các vật liệu trong nước. Để xác định các tính chất vật liệu, đã áp dụng các phương pháp thử tương ứng theo các tiêu chuẩn Châu Âu. Các thí nghiệm được thực hiện tại Viện CN Bê tông - Viện KHCN Xây dựng.

Trong thí nghiệm đã sử dụng 03 loại xi măng bao gồm PCB30 của Nhà máy Xi măng Chinfon, PCB40 của Nhà máy Xi măng Bút Sơn và Nhà máy Xi măng Hoàng Thạch (được ký hiệu tương ứng P30, P40 và P50) có cường độ chịu nén ở 28 ngày tương ứng bằng 33,6 MPa, 44,5 MPa và 52,8 MPa.

Cốt liệu lớn là 02 loại đá dăm có kích thước hạt lớn nhất 40 mm và 20 mm. Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt tương ứng là 2,80 Mg/m^3 và 2,81 Mg/m^3 . Trong thí nghiệm cũng sử dụng 02 loại cát là cát vàng sông Lô và cát đen sông Hồng có khối lượng thể tích ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt tương ứng là 2,63 Mg/m^3 và 2,61 Mg/m^3 , hàm lượng hạt nhỏ hơn 600 μm tương ứng bằng 61% và 88%.

Các thành phần thí nghiệm được lựa chọn theo phương pháp DOE-method và được trình bày trong bảng 2, kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 3.

Bảng 2. Thành phần thí nghiệm

TT	Ký hiệu	Lượng vật liệu, kg/m^3				Thông số	
		Xi măng	Cát	Đá	Nước	N/X	C/CL
1	P50.61.20-1	383	565	1262	193	0,504	30,9
2	P50.61.20-2	417	612	1144	210	0,504	34,9
3	P50.61.40-1	342	505	1403	172	0,503	26,5
4	P50.61.40-2	377	490	1367	189	0,501	26,4
5	P30.61.20-1	381	563	1257	192	0,504	30,9
6	P30.61.20-2	413	607	1135	208	0,504	34,8
7	P30.61.40-1	340	503	1398	171	0,503	26,5
8	P30.61.40-2	372	484	1350	187	0,503	26,4
9	P50.88.20-1	386	477	1365	195	0,505	25,9
10	P50.88.20-2	419	597	1166	212	0,506	33,9
11	P50.88.40-1	339	477	1434	172	0,507	25,0

TT	Ký hiệu	Lượng vật liệu, kg/m ³				Thông số	
		Xi măng	Cát	Đá	Nước	N/X	C/CL
12	P50.88.40-2	377	540	1295	191	0,507	29,4
13	P40.61.20-1	381	563	1257	192	0,504	30,9
14	P40.61.20-2	413	607	1135	208	0,504	34,8
15	P40.61.40-1	339	501	1392	171	0,504	26,5
16	P40.61.40-2	371	482	1345	186	0,501	26,4

Ghi chú: - Ký hiệu cấp phối aaa.bb.cc-d. Trong đó aaa là ký hiệu loại xi măng, bb là tỷ lệ hạt nhỏ hơn 600 µm của cát, cc là kích thước hạt lớn nhất, d - số hiệu thành phần.
- Cốt liệu ở trạng thái bão hòa nước khô bề mặt. Nước là lượng nước tự do.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm

TT	Ký hiệu	Độ sụt, mm	Khối lượng thể tích hỗn hợp bê tông, kg/m ³			Cường độ chịu nén, MPa ở tuổi, ngày		
			Tính toán	Tra đồ thị	Thực tế	3	7	28
1	P50.61.20-1	90	2401	2398	2420	26,4	34,8	39,7
2	P50.61.20-2	160	2370	2375	2400	24,7	33,3	38,2
3	P50.61.40-1	50	2434	2430	2440	26,2	33,8	42,7
4	P50.61.40-2	105	2408	2407	2440	25,8	34,2	39,8
5	P30.61.20-1	45	2387	2399	2410	13,9	22,1	26,3
6	P30.61.20-2	80	2357	2376	2380	13,4	19,6	23,6
7	P30.61.40-1	30	2422	2431	2430	14,6	22,6	26,1
8	P30.61.40-2	65	2396	2410	2410	13,6	20,1	24,1
9	P50.88.20-1	45	2400	2399	2440	28,2	33,4	42,3
10	P50.88.20-2	90	2363	2377	2410	27,9	33,1	39,2
11	P50.88.40-1	20	2431	2430	2440	28,8	35,9	43,3
12	P50.88.40-2	50	2396	2404	2420	25,7	33,2	37,9
13	P40.61.20-1	80	2395	2405	2410	22,1	29,5	34,8
14	P40.61.20-2	140	2366	2406	2380	19,6	25,8	30,6
15	P40.61.40-1	60	2429	2407	2420	22,9	29,9	35,7
16	P40.61.40-2	110	2406	2408	2400	20,8	26,6	31,3

Các kết quả thí nghiệm cho thấy tương quan giữa lượng nước và độ sụt có chênh lệch nhất định so với bảng 1. Nguyên nhân có thể do bảng 1 chỉ tính đến loại cốt liệu và kích thước hạt lớn nhất, trong khi đó, đặc điểm của cát sử dụng có ảnh hưởng đáng kể đến tính công tác của hỗn hợp bê tông. Ngoài ra, lượng nước khuyến cáo ở cột cuối được áp dụng cho một dải khá lớn về tính công tác. Các số liệu này cần được nghiên cứu và cập nhật thêm dựa trên các kết quả thí nghiệm với vật liệu nước ta.

So với khối lượng thể tích tra đồ thị, khối lượng thể tích tính toán theo công thức đề xuất, về tổng thể, có giá trị gần với khối lượng thể tích thực tế hơn. Khối lượng thể tích tính toán có giá trị gần với thực tế nhất khi hàm lượng bọt khí nằm trong khoảng từ 1% đến 2%. Cùng với cách xác định theo đồ thị, cách tính này có thể áp dụng được trong lựa chọn thành phần bê tông.

Cường độ chịu nén của bê tông với tỷ lệ nước trên xi măng bằng 0,5 ở tuổi 28 ngày khi sử dụng xi

măng P30 có giá trị từ 23,6 MPa đến 26,3 MPa với giá trị trung bình 25,0 MPa, khi sử dụng xi măng P40 có giá trị từ 30,6 MPa đến 35,7 MPa với giá trị trung bình 33,1 MPa và khi sử dụng xi măng P50 có giá trị từ 37,9 MPa đến 43,3 MPa với giá trị trung bình 40,4 MPa. Các kết quả này khá phù hợp với các giá trị đề xuất ở mục 3. Như vậy, bước đầu có thể thấy rằng, phương pháp DOE-method với các điều chỉnh trong lựa chọn thành phần bê tông khá phù hợp với vật liệu ở nước ta

6. Kết luận

Việc lựa chọn thành phần bê tông ở các nước trên thế giới đều được thực hiện theo phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm. Hiện nay có một số cách tiếp cận về lý thuyết khi lựa chọn thành phần bê tông, như trong đánh giá tương quan giữa tỷ lệ nước trên xi măng với cường độ chịu nén hay tỷ lệ cốt liệu nhỏ hợp lý. Các đánh giá trình bày trong bài báo cho thấy phương pháp lựa chọn thành phần theo CDKT-778 và DOE-method có những điểm tương đồng nhất định.

Trong tính toán lý thuyết, bên cạnh công thức tính toán, các phương pháp lựa chọn thành phần đều sử dụng các bảng tra. Các số liệu tra bảng này cần phù hợp với điều kiện vật liệu tại địa phương. Bài báo đã đề xuất một số điều chỉnh số liệu tra bảng cho phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm cho thấy phương pháp DOE-method với các điều chỉnh đã đề xuất hoàn toàn có thể áp dụng trong lựa chọn thành phần bê tông cho các kết cấu được thiết kế theo tiêu chuẩn hài hòa với hệ thống tiêu chuẩn Châu Âu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chỉ dẫn kĩ thuật lựa chọn thành phần bê tông các loại - Ban hành kèm theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD của Bộ trưởng Bộ Xây dựng. *NXB Xây dựng, 2000.*
2. D. C. Teychenne, R. E. Franklin, and E. H.C., Eds. (1988), Design of normal concrete mixes (2nd edition).
3. Ю. М. Баженов (2002), Технология бетона. *Издательство АСВ.*
4. Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006-86). *Госстрой СССР, 1990.*
5. ACI 211.1-91 (2009), Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Reapproved 2009).
6. A. D. Abrams (1919), Design of concrete mixtures. *Chicago: Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute.*
7. J. Bolomy (1927), "Durcissement des mortiers et betons", *Bull. Tech. Suisse Rom., pp. 16-24.*
8. Б. Г. Скрамтаев (1933), Бетоны различных видов. *М.; Л.: ОНТИ.*
9. Б. Г. Скрамтаев, П. Ф. Шубенкин, and Ю. М. Баженов (1966), Способы определения состава бетона различных видов. *М.: Стройиздат.*

Ngày nhận bài: 08/01/2022.

Ngày nhận bài sửa: 12/01/2022.

Ngày chấp nhận đăng: 12/01/2022.