

CHƯƠNG 3

THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG

3.1. Quy định chung

Các tỉ lệ thành phần bê tông đối với bê tông mác M60 - M80 rất đa dạng và phụ thuộc vào nhiều yếu tố như mức cường độ yêu cầu theo tuổi bê tông (thời điểm kiểm tra), các tính chất của vật liệu và kiểu ứng dụng. Ngoài ra, tính kinh tế các yêu cầu về kết cấu thực tế sản xuất, điều kiện môi trường và cả thời điểm trong năm cũng ảnh hưởng đến sự lựa chọn hỗn hợp bê tông.

Phương pháp xác định thành phần bê tông M60 - M80 chặt chẽ hơn so với phương pháp xác định các hỗn hợp bê tông cường độ thông thường. Đặc biệt chú ý đến việc lựa chọn phụ gia khoáng và phụ gia hoá học, xác định tỉ lệ nước / vật liệu kết dính hợp lý. Cần có nhiều mẻ trộn thử để có được những số liệu cần thiết cho phép người nghiên cứu xác định tỉ lệ pha trộn tối ưu. Phương pháp chung để thiết kế thành phần bê tông mác M60 - M80 là phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm (Phương pháp ACI) trên cơ sở lý thuyết về thể tích tuyệt đối và cường độ yêu cầu.

3.2. Cường độ yêu cầu

Thành phần bê tông được xác định trên cơ sở kinh nghiệm ngoài thực tế hoặc thông qua các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm. Để đáp ứng các yêu cầu về cường độ quy định, bê tông phải được xác định thành phần sao cho các kết quả cường độ nên trung bình phải lớn hơn cường độ nên thiết kế quy định (R_b) một giá trị đủ cao để xác suất của giá trị cường độ thấp là nhỏ nhất. Khi chọn phương pháp xác định thành phần bê tông M60 - M80 trên cơ sở kinh nghiệm thực tế, cường độ yêu cầu (R_{yc}) cần được sử dụng làm cơ sở cho việc chọn thành phần bê tông. Khi xác định thành phần bê tông M60 - M80 trên cơ sở các mẻ trộn thử nghiệm trong phòng thí nghiệm, thì cường độ yêu cầu R_{yc} có thể được xác định theo công thức sau:

$$R_{yc} = \frac{R_b + 9,65}{0,90} \quad \text{MPa (mẫu hình trụ)}$$

$$R_{yc} = \frac{R_b + 11,6}{0,90} \quad \text{MPa (mẫu hình lập phương)}$$

Hệ số 0,9 nhằm xét đến yếu tố là cường độ đo được trong các điều kiện ngoài hiện trường chỉ đạt được 90% so với cường độ đo được trong các điều kiện của phòng thí nghiệm. Cường độ yêu cầu ngoài hiện trường R_{ycr} được xác định theo công thức sau:

$$R_{ycr} = R_b + 9,65 \quad (\text{MPa đối với mẫu hình trụ})$$

$$R_{ycr} = R_b + 11,6 \quad (\text{MPa đối với mẫu lập phương})$$

3.3. Các giai đoạn kiểm tra cường độ theo tuổi của bê tông

Sự lựa chọn thành phần bê tông có thể bị ảnh hưởng bởi tuổi bê tông. Tuổi bê tông có thể lựa chọn khác nhau phụ thuộc các yêu cầu công trình. Tuổi bê tông thường được các tiêu chuẩn qui định sau 28 ngày. Tuy nhiên, quá trình kiểm tra được tiến hành trước 28 ngày hoặc sau đó còn tùy thuộc vào các yêu cầu của công trình.

3.3.1. Giai đoạn ban đầu

Đối với bê tông ứng suất trước có thể cần các cường độ trong vòng 12 đến 24 giờ. Các kết cấu bê tông đặc biệt cần sử dụng ngay đến yêu cầu cường độ cao ngay từ những giai đoạn đầu. Thời điểm kiểm tra tùy theo yêu cầu có thể ở 1, 3, 7 hoặc 14 ngày.

3.3.2. Giai đoạn sau 28 ngày (tuổi 28 ngày)

Là một giai đoạn kiểm tra rất phổ biến đối với cường độ nén của bê tông tuổi 28 ngày. Cường độ bê tông tuổi 28 ngày được coi là cường độ tiêu chuẩn với mẫu thử tiêu chuẩn lập phương hoặc hình trụ.

3.3.3. Giai đoạn sau (tuổi 56 hoặc 90 ngày)

Bê tông mác M60 - M80 có thể xác định ở tuổi 56 hoặc 90 ngày để có thể đạt được tính sử dụng có hiệu quả.

Các mẫu thử để kiểm tra có thể được giữ lại để kiểm tra ở những giai đoạn sau lâu hơn giai đoạn đã được chấp nhận. Trong trường hợp cường độ nén đã xác định không đạt được, kiểm tra tiếp theo của giai đoạn sau hoặc giữ các mẫu kiểm tra lại để đánh giá chất lượng bê tông theo thời gian.

3.3.4. Giai đoạn kiểm tra liên quan tới sự đóng rắn

Khi lựa chọn các thành phần bê tông, kiểu đóng rắn dự tính trước nên được cân nhắc cùng lúc với giai đoạn kiểm tra, đặc biệt là khi thiết kế bê tông cho các ứng dụng cần cường độ cao ở giai đoạn đầu.

3.4. Xác định tỉ lệ Nước / Xi măng hoặc Nước / Chất kết dính

3.4.1. Bản chất của tỉ lệ Nước / Xi măng trong bê tông cường độ cao

Khi vật liệu phụ gia khoáng được sử dụng trong bê tông thì tỉ lệ Nước/Xi măng + Chất phụ gia khoáng theo trọng lượng cần được dùng để thay thế cho tỉ lệ Nước/ Xi măng theo truyền thống. Lượng xi măng và phụ gia khoáng được qui định là lượng chất dính kết (CDK).

Tổng lượng nước được xác định theo độ sụt của bê tông.

Bê tông M60 - M80 sử dụng chất phụ gia siêu dẻo có tỉ lệ N/CKD thấp và độ sụt cao từ 14 đến 20cm.

Tỉ lệ N/CKD về trọng lượng đối với bê tông mác M60 - M80 tùy theo cường độ bê tông

và mác xi măng và $D_{\max}$ của cốt liệu thô. Khối lượng của chất phụ gia siêu dẻo đôi khi được tính vào tỉ lệ N/CKD.

3.4.2. Xác định lượng nước trộn và hàm lượng không khí

Khối lượng nước trên một đơn vị thể tích bê tông xác định phụ thuộc vào kích thước tối đa, hình dáng hạt và cấp, loại của đá, lượng xi măng và loại phụ gia làm giảm nước được sử dụng. Nếu chất PGSD được sử dụng thì hàm lượng nước trong hỗn hợp trộn này được dùng để tính toán tỉ lệ N/CKD. Bảng 3.1 đưa ra cách ước tính lượng nước trộn cần thiết cho việc sản xuất bê tông cường độ cao với các loại đá có kích thước tối đa từ 9,5 đến 25mm trước khi cho thêm bất kỳ một phụ gia hoá học nào.

Dự tính lượng nước trộn cần thiết và hàm lượng không khí của bê tông tươi trên cơ sở sử dụng cát có độ rỗng 35% **Bảng 3.1**

Độ sụt, cm	Lượng nước trộn lít/m ³			
	Kích thước tối đa của đá, mm			
	9,5	12,7	19	25
2,5 đến 5cm	183	174	168	165
5 đến 7,5	189	183	174	171
7,5 đến 10	195	189	180	177
Hàm lượng không khí lọt vào*, %	3 (2.5)*	2.5 (2.0)*	2 (1.5)*	1.5 (1.0)*

Ghi chú: * Các giá trị trong bảng đã cho phải được điều chỉnh đối với cát có lỗ rỗng khác 35% theo công thức sau: $N_{\text{liều}} = (r_c - 35) \times 4,7 \text{ l/m}^3$

trong đó:

r_c - độ rỗng của cát;

* - hỗn hợp có sử dụng chất PGSD.

Bảng trên còn cho các giá trị tương ứng đối với hàm lượng không khí lẫn vào hỗn hợp bê tông. Khối lượng nước trộn này là tối đa đối với các loại đá có góc cạnh, sạch, hình dạng phù hợp và được phân loại tốt nằm trong giới hạn của tiêu chuẩn ASTM C33 và TCVN 1771-86.

3.4.3. Lựa chọn tỉ lệ N/CKD

Trong hỗn hợp bê tông cường độ cao, sử dụng các vật liệu khác như muội silic (MS) hoặc tro bay (TB), được gọi chung là các chất khoáng (K). Tỉ lệ nước so với xi măng và khoáng được tính bằng cách chia trọng lượng của nước trộn cho trọng lượng kết hợp của xi măng và khoáng: N/CKD.

Cụ thể là: $N/(\text{Xi măng} + \text{Muội silic})$ hoặc $N/(\text{Xi măng} + \text{Tro bay})$.

Trong bảng 3.2 và cho các giá trị tối đa của N/CKD

**Giá trị tối đa N/CKD khuyến dùng đối với
bê tông được sản xuất có PGSD**

Bảng 3.2

Cường độ 28 ngày ngoài thực địa R_{yce} MPa $R_{lập\ phương} / R_{trụ}$		Tỉ lệ N/CKD			
		Kích thước tối đa của cốt liệu thô, tính bằng mm			
		95	12,7	19	25
58	28 ngày	0.50	0.48	0.45	0.43
48.3	56 ngày	0.55	0.52	0.48	0.46
66	28 ngày	0.44	0.42	0.40	0.38
55	56 ngày	0.48	0.45	0.42	0.40
75	28 ngày	0.38	0.36	0.35	0.34
62.5	56 ngày	0.42	0.39	0.37	0.36
83	28 ngày	0.33	0.32	0.31	0.30
69	56 ngày	0.37	0.35	0.33	0.32
91	28 ngày	0.30	0.29	0.27	0.27
76	56 ngày	0.33	0.31	0.29	0.29
100	28 ngày	0.27	0.26	0.25	0.25
83	56 ngày	0.30	0.28	0.27	0.26

$$R_{yce} = R_b + 9.65 \quad \text{MPa (mẫu hình trụ)}$$

$$R_{yce} = R_b + 11.6 \quad \text{MPa (mẫu hình lập phương)}$$

Căn cứ vào R_{yce} và d_{max} của đá có thể xác định được tỷ lệ N/CKD.

3.5. Tính toán hàm lượng vật liệu kết dính

Trọng lượng của vật liệu kết dính cần thiết trên m³ bê tông có thể xác định được bằng cách chia lượng nước cho N/CKD. Tuy nhiên, nếu có những yêu cầu đặc biệt như lượng xi măng tối thiểu hoặc tối đa hoặc qui định về loại phụ gia khoáng thì các yêu cầu đó cũng phải được thoả mãn.

Từ hàm lượng chất kết dính xác định lượng xi măng tối ưu dùng cho bê tông.

Khối lượng xi măng hợp lý được dùng ở các hỗn hợp cường độ cao được xác định thông qua các mẻ trộn thử nghiệm.

Đối với bất kỳ một tổ hợp vật liệu nào đó được sử dụng trong một hỗn hợp bê tông, cần có một hàm lượng xi măng để tạo ra cường độ bê tông là lớn nhất. Cường độ tối đa có thể không tăng nữa bằng cách thêm xi măng vào hỗn hợp nằm ngoài hàm lượng tối ưu.

Cần đánh giá đúng tính năng của xi măng, muối silic, hỗn hợp hoá chất và cốt liệu ở các nồng độ khác nhau để chỉ ra hàm lượng tối ưu của xi măng và sự kết hợp tối ưu của vật liệu.

Bê tông có cường độ tối đa đến 60 MPa (mẫu lập phương) và 50MPa (mẫu hình trụ) nếu dùng tro bay thì lượng tro bay trong bê tông khoảng 15- 35% so với lượng xi măng.

nếu dùng muối silic thì lượng muối silic trong khoảng 5-10% so với lượng xi măng. Hàm lượng thực tế của từng loại phụ gia khoáng hoặc hỗn hợp khoáng được xác định thông qua thực nghiệm.

3.6. Xác định thành phần cốt liệu (Cát và đá)

Trong quá trình định thành phần bê tông M60 - M80, cốt liệu được xem là rất quan trọng vì nó chiếm thể tích lớn nhất so với bất kỳ một thành phần nào khác trong bê tông.

3.6.1. Cốt liệu nhỏ

Hàm lượng cốt liệu nhỏ thấp hơn so với hàm lượng cốt liệu thô có thể làm giảm yêu cầu về hồ xi măng và thường kinh tế hơn. Tuy nhiên, nếu tỉ lệ cát quá thấp thì sẽ gặp khó khăn về tính công tác của bê tông nhất là việc hoàn thiện bê tông cường độ cao.

Hàm lượng cát trong bê tông cường độ cao được tính toán theo nguyên lý thể tích tuyệt đối, nghĩa là:

$$V_w = 1000 - V_{sd} - V_{dk} - V_{ks} - V_{as} - V_{ak}$$

trong đó:

V_{sd} , V_{dk} , V_{ks} , V_{as} , V_{ak} - thể tích đặc của đá, nước không khí, xi măng và vật liệu khoáng.

Lượng cát (kg/m^3 bê tông) được tính như sau:

$$C = V_w \cdot \rho_c$$

trong đó:

ρ_c - khối lượng riêng của cát.

3.6.2. Cốt liệu thô

Số lượng và kích thước tối ưu của cốt liệu thô khi được sử dụng với một loại cát sẽ phụ thuộc rất lớn vào các tính chất của cát. Đặc biệt nó sẽ phụ thuộc vào độ lớn của cát.

Kích thước tối đa của cốt liệu thô được chọn theo số liệu cho trong bảng 3.4. Kích thước tối đa của cốt liệu thô không nên vượt quá 1/5 kích thước hẹp nhất giữa các bề mặt của khối lập phương, hoặc 1/3 chiều sâu của các tấm, cũng như không vượt quá 3/4 khe hở nhỏ nhất giữa các thanh lăng cứng, các bộ thanh, thanh thép ứng suất trước hoặc các ống.

Đường kính lớn nhất của cốt liệu thô (đá)

Bảng 3.3

Cường độ bê tông yêu cầu, MPa tuổi 28 ngày, cường độ lập phương/cường độ trụ	Kích thước tối đa của cốt liệu thô, (đá), mm
Nhỏ hơn 75/62,5	Từ 19 đến 25
Không nhỏ hơn 75/62,5	Từ 9,5 đến 12,7

Hàm lượng tối ưu của cốt liệu thô phụ thuộc vào các đặc tính cường độ của chính nó và phụ thuộc vào kích thước tối đa của cốt liệu thô. Hàm lượng cốt liệu thô tối ưu khuyến dùng được cho trong bảng 3.5 và được chọn tùy thuộc vào kích thước tối đa của cốt liệu thô (đá):

Lượng đá (kg/m³) cho 1m³ bê tông được tính như sau:

$$D = V_d \cdot \gamma_d \quad (\text{kg/m}^3)$$

trong đó:

V_d - xác định theo bảng 3.4;

γ_d - khối lượng thể tích đá ở trạng thái đầm chặt được xác định bằng thí nghiệm ASTM 39.

**Thể tích của đá được đầm chặt trên một đơn vị
thể tích bê tông m³/m³ bê tông**

Bảng 3.4

Thể tích đá tối ưu ở các đường kính lớn nhất (với cát có môđun độ lớn từ 2,5 đến 3,2)				
Đường kính lớn nhất của đá, mm	9,5	12,7	19	25
Thể tích của đá đầm trong 1m ³ bê tông, m ³ (V_d)	0,65	0,68	0,72	0,75

Thể tích đầm chặt của đá được thí nghiệm theo ASTM 39 ($\gamma_d = 1,602 - 1,634 \text{ g/cm}^3$).

3.7. Xác định tỷ lệ muối silic

Thành phần muối silic trong bê tông chiếm từ 5-15% theo khối lượng xi măng.

Tổng khối lượng chất kết dính:

$$CKD = X + MS$$

Chọn tỷ lệ muối silic ban đầu theo hướng dẫn của nhà sản xuất và theo các kết quả nghiên cứu ở các công trình tương tự. Các hỗn hợp thử tại phòng thí nghiệm với hai tỷ lệ muối silic cách nhau khoảng 1% - 2% để xác định hàm lượng muối silic thích hợp (% MS)

$$MS (\text{kg/m}^3 \text{ bê tông}) = \% MS \times CKD$$

Khi đó:

$$X = CKD - MS$$

Vì muối silic có khối lượng riêng khác xi măng nên khi tính thể tích đặc của cát cần tính riêng thể tích xi măng và thể tích của muối silic.

3.8. Xác định tỉ lệ tro bay

Việc sử dụng tro trong sản xuất bê tông mác tối đa là M60 (M50 theo mẫu hình trụ) có thể giảm nhu cầu nước trong bê tông, giảm nhiệt độ bê tông và giảm được chi phí. Tuy nhiên, vì sự thay đổi về các đặc tính hoá học của tro, nên các tính chất cường độ cao đạt được của bê tông có thể bị ảnh hưởng. Do đó, ít nhất cần sử dụng hai hàm lượng tro khác nhau cho các hỗn hợp trộn thử nghiệm đồng dạng. Các bước sau đây cần hoàn tất đối với một hỗn hợp đồng dạng để xác định tỉ lệ.

Vì thành phần hoá học khác nhau, nên các đặc tính dễ có thể đạt được cường độ và làm giảm lượng nước của tro sẽ khác nhau đối với từng kiểu tro và nguồn gốc tro. Do vậy, các tính chất này cũng như khả năng có sẵn của tro cần được cân nhắc đến khi lựa chọn tro để sử dụng.

Lượng xi măng được thay thế bởi tro phụ thuộc vào kiểu tro được sử dụng. Các mức thay thế khuyến dùng được cho trong bảng 3.5 áp dụng đối với hai loại tro. Với hỗn hợp thử nghiệm đồng dạng được thiết kế nếu lựa chọn phần trăm thay thế từ bảng này.

Khi đã chọn được phần trăm thay thế thì trọng lượng của tro dùng cho mỗi hỗn hợp thử nghiệm đồng dạng có thể tính được bằng cách nhân tổng trọng lượng của các vật liệu kết dính với phần trăm thay thế được lựa chọn trên đó.

**Các giá trị khuyến dùng cho phần thay thế tro
của xi măng Portland**

Bảng 3.5

Loại tro	Giá trị thay thế (% khối lượng)
Tro cấp F	15 đến 25
Tro cấp C	20 đến 35

Trọng lượng còn lại của vật liệu kết dính tương ứng với trọng lượng của xi măng. Do đó, đối với mỗi hỗn hợp, trọng lượng của tro cộng với trọng lượng của xi măng phải bằng với trọng lượng các vật liệu kết dính được tính.

Thể tích tro: Vì sự khác nhau về khối lượng riêng thể tích của xi măng và tro, nên thể tích của các vật liệu kết dính trên m^3 sẽ khác với dung tích tro chỉ dù trọng lượng của các vật liệu kết dính vẫn không thay đổi. Do vậy, đối với mỗi hỗn hợp, thể tích của các vật liệu kết dính nên được tính toán bằng cách cộng thể tích của tro với thể tích của xi măng.

3.9. Định tỷ lệ các phụ gia hoá học

3.9.1. Chất giảm nước và chất làm chậm đông cứng

Khối lượng các chất này được sử dụng trong bê tông là khác nhau và phụ thuộc vào từng hỗn hợp đổ cũng như ứng dụng của chúng. Nói chung, có khuynh hướng sử dụng lớn hơn bình thường hoặc khối lượng tối đa của các hỗn hợp này. Điển hình là khi dùng 1% phụ gia này, lượng nước trộn có thể giảm đi 5 đến 8%. Tăng hàm lượng cát để bù lại tổn thất về thể tích vì giảm nước trong hỗn hợp.

3.9.2. Các chất giảm nước mạnh (PGSD)

Cần sử dụng các chất giảm nước mạnh (PGSD) trong hỗn hợp bê tông mác M60 - M80. Khi dùng PGSD lượng nước giảm từ 10 đến 15%. Tương ứng, cần phải tăng hàm lượng cát để bù lại tổn thất về thể tích do giảm nước trong hỗn hợp.

Hàm lượng chất PGSD sử dụng phải được xác định thông qua các thí nghiệm ở phòng thí nghiệm với các tỷ lệ liều lượng khác nhau để xác định mức độ ảnh hưởng đến cường độ bê tông, khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông và tỷ lệ phụ gia thích hợp.

Có thể sử dụng PGSD vào các hỗn hợp hiện có mà không cần điều chỉnh các tỷ lệ pha trộn để cải thiện khả năng làm việc của bê tông đổ.

Trong bê tông mác M60 - M80 thường sử dụng PGSD để hạ thấp tỷ lệ nước/ chất kết dính. Các hỗn hợp này có tác dụng để hạ thấp tỷ lệ nước/chất kết dính cũng như làm tăng độ sụt của bê tông. Vì khối lượng tương đối lớn chất lỏng được cho thêm vào hỗn hợp bê

lông dưới dạng hợp chất làm dẻo, nên trọng lượng của những hợp chất này được gộp vào trong tính toán tỉ lệ nước/ chất kết dính.

3.10. Các mẻ trộn thử

Bê tông M60 - M80 yêu cầu một số lượng lớn các mẻ trộn thử. Ngoài các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm, các mẻ trộn thử với quy mô ngoài thực tế cũng cần được sử dụng để tái tạo lại những điều kiện sản xuất điển hình.

3.10.1. Các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm

Các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm được chuẩn bị theo "Phương pháp tiêu chuẩn để tiến hành và xử lý các mẫu kiểm tra bê tông trong phòng thí nghiệm" ASTM C 192 hoặc TCVN 3105-93 (Lấy mẫu chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử bê tông nặng).

Lựa chọn các nguồn vật liệu đã qua sơ chế bằng cách tiến hành kiểm tra so sánh với tất cả các thông số, ngoại trừ vật liệu đó đã được sử dụng liên tục. Bằng cách kiểm tra có thể tìm được các khối lượng tối ưu của các vật liệu tối ưu, xác định được sự kết hợp tốt nhất và các tỉ lệ tốt nhất của vật liệu được sử dụng.

Khi một hỗn hợp có triển vọng đã được thiết lập, các mẻ trộn thử nghiệm trong phòng thí nghiệm cần phải xác định được các tính chất của những hỗn hợp đó. Phải xác định được cường độ, độ co ngót và mô đun đàn hồi của bê tông ở các tuổi 3, 7, 14, 28 ngày hoặc 56, nếu cần 90 ngày. Cần đánh giá nhu cầu về nước, tốc độ mất độ sụt, lượng nước chảy ra ngoài, sự phân ly, khối lượng đơn vị. Về tính công tác và khả năng đổ có thể rất khó xác định, thì ít nhất cũng nên cố gắng dự báo kết quả theo phương pháp chuyên gia. Khi các kết quả không đạt, cần điều chỉnh lại thiết kế và thử lại cho đến khi đạt yêu cầu.

3.10.2. Các mẻ trộn thử nghiệm sản xuất ngoài công trường

Cần tiến hành các mẻ trộn với quy mô sản xuất tại công trường. Các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm thường thể hiện mức cường độ tương đối cao hơn là nó có thể đạt được trong sản xuất thực tế. Nhu cầu về nước trong thực tế, sản lượng của bê tông có thể khác với thiết kế trong phòng thí nghiệm. Nhiệt độ môi trường và các điều kiện về thời tiết có ảnh hưởng đến tính năng của bê tông. Thực tế sản xuất và các thao tác kiểm tra chất lượng sẽ được đánh giá tốt hơn khi các mẻ trộn thử nghiệm với quy mô sản xuất được chuẩn bị bằng cách sử dụng các máy móc thiết bị và con người mà nó đã từng được sử dụng trong công việc thực tế.

Các kết quả thí nghiệm tại hiện trường cũng phải đạt yêu cầu mới được tiến hành sản xuất.