

## Tiêu chuẩn hướng dẫn

**Lựa chọn thành phần cấp phối bê tông nhẹ****ACI 211.2-98 (tái bản 2004)**

Tiêu chuẩn này được thực hiện bởi ủy ban 211-ACI

Jay R. Prestera		Michael Boyle	David A. Crocker	
Thư ký		Chủ tịch	Chủ tịch phân ban B	
Edward A. Abdun-Nur	Russell A. Cook*	Paul Klieger	Sandor Popovics	Michael A. Taylor
Stanley G. Barton*	William A. Cordon	Frank J. Lahm	Steven A. Ragan	Stanley J. Virgalitte*
Leonard W. Bell	Wayne J. Costa	Stanley H. Lee	Harry C. Robinson	William H. Voelker
George R. U. Berg	Kenneth W. Day	Gary R. Mass	Jere H. Rose	Jack W. Weber
Stanley J. Blas, Jr.	Calvin L. Dodl*	Richard C. Meininger	James A. Scherocman	Dean J. White, II
Peggy M. Carrasquillo	Donald E. Graham	Richard W. Narva	James M. Shilstone, Sr.	Milton H. Wills, Jr.
Ramon L. Carrasquillo	George W. Hollon*	Leo P. Nicholson	George B. Southworth	Francis C. Wilson
Martyn T. Conrey	William W. Hotaling, Jr	James E. Oliverson	Alfred B. Spamer	Robert L. Yuan
James E. Cook	Robert S. Jenkins	James S. Pierce	Paul R. Stodola*	

Các thành viên của ủy ban bỏ phiếu cho bản chỉnh sửa năm 2004

Frank A. Kozeliski		Ed T. McGuire	G. Michael Robinson	
Chủ tịch		Thư ký	Chủ tịch phân ban B	
William D. Barringer	David A. Crocker	Richard D. Hill	Jan Olek	Ava Shyputa
Muhammed P.A. Basheer	D. Geen Daniel	David L. Hollingsworth	H. Celik Ozyildirim	Jeffrey F. Speck
Casimir Bognacki	Francois de Larrard	Said Iravani	Dipak T. Parekh	William X. Sypher
Micheal J. Boyle	Donald E. Dixon	Tarif M. Jaber	James S. Pierce	Stanley J. Virgalitte
Marshall L. Brown	Calvin L. Dodl	Robert S. Jenkins	Steven A. Ragan	Woodward L. Vogt
Ramon L. Carrasquillo	Darrell F. Elliot	Gary Knight	Royce J. Rhoads	Micheal A. Whisonant
James E. Cook	Michael R. Gardner	Colin L. Lobo	Jonh P. Ries	Dean J. White, II
John F. Cook	Jonh T. Guthrie	Howard P. Lux	Shelley R. Sheetr	Richard M. Wing
Raymond A. Cook	G. Terry Harris, Sr	Gary R. Mass	James M. Shilstone, Sr	

Tiêu chuẩn này mô tả hai phương pháp để lựa chọn và điều chỉnh thành phần cho bê tông có chứa cốt liệu nhẹ, cùng với các ví dụ. Phương pháp khối lượng sử dụng một hệ số khối lượng riêng được xác định bằng tỷ trọng của cốt liệu (phương pháp 1). Phương pháp khối lượng cũng sử dụng hệ số khối lượng để thiết lập khối lượng trên 1 yd<sup>3</sup> hỗn hợp bê tông. Phương pháp thể tích xấp xỉ sử dụng mối quan hệ hàm lượng xi măng - cường độ để thiết kế cho cả bê tông nhẹ và bê tông cát nhẹ (phương pháp 2). Các ví dụ được đưa ra để tính toán cho khối lượng

các mẻ trộn, ảnh hưởng của thể tích thay thế và điều chỉnh đền bù do thay đổi hàm lượng ẩm của cốt liệu, tỷ lệ cốt liệu, hàm lượng xi măng, độ sụt và/hoặc hàm lượng không khí.

---

## TỪ KHOÁ

- **absorption**: sự hấp thụ; sự hút nước
- **adsorption**: sự hấp thụ; hút, bám
- **aggregates gradation**: cốt liệu
- **air content**: hàm lượng không khí
- **air entrainment**: sự cuốn khí do không khí (được) dẫn vào là các bọt khí quan sát được dưới kính hiển vi cố ý kết hợp trong vữa hoặc bê tông trong khi trộn, thường bằng cách sử dụng tác nhân hoạt động bề mặt; điển hình là lỗ rỗng tròn hoặc gần tròn có đường kính trong phạm vi 10 - 100 $\mu$ m (1mm).
- **cement content**: hàm lượng xi măng
- **coarse aggregates**: cốt liệu thô
- **fine aggregates**: cốt liệu mịn
- **fineness modulus**: môđun độ mịn
- **grading**: Sự đo cỡ hạt; thành phần hạt là sự phân bố của các hạt của vật liệu hạt có các kích thước khác nhau; thường được nói rõ qua thuật ngữ tỷ lệ phần trăm tích lũy lớn hơn hoặc nhỏ hơn một kích thước (cỡ sàng) hoặc phần trăm giữa các giới hạn kích thước (các cỡ sàng).
- **lightweight aggregates concretes**: bê tông cốt liệu nhẹ
- **lightweight aggregates**: cốt liệu nhẹ
- **mix proportioning**: thành phần cấp phối
- **moisture**: độ ẩm
- **slump tests**: Thử độ sụt
- **specific gravity factor**: hệ số khối lượng riêng là tỷ lệ khối lượng của cốt liệu (bao gồm cả độ ẩm), như khối lượng đưa vào trong mẻ trộn, với thể tích thay thế của cốt liệu.

---

**MỤC LỤC**

## Chương 1 - Giới thiệu

## 1.1. Mục tiêu

## 1.2. Phạm vi áp dụng

## Chương 2 - Các nhân tố ảnh hưởng đến thiết kế cấp phối bê tông cốt liệu nhẹ

## 2.1. Cốt liệu (sự hấp thụ nước và hàm lượng ẩm)

## 2.2. Cốt liệu (thành phần hạt)

## 2.3. Tỷ lệ Nước-Xi măng

## 2.4. Chất tạo khí

## Chương 3 - Thiết lập thành phần cấp phối của mẻ trộn thử nghiệm đầu tiên

## 3.1. Giới thiệu

## 3.2. Phương pháp 1: Phương pháp khối lượng (tỷ trọng)

## 3.3. Phương pháp 2: Phương pháp thể tích (thể tích xốp, ẩm)

## Chương 4 - Điều chỉnh thành phần cấp phối

## 4.1. Giới thiệu

## 4.2. Phương pháp 1: Phương pháp khối lượng

## 4.3. Phương pháp 2: Phương pháp thể tích

## 4.4. Phương pháp điều chỉnh

## 4.5. Kiểm tra cấp phối ngoài hiện trường

## Chương 5 - Tài liệu tham khảo

## 5.1. Các báo cáo và tiêu chuẩn tham khảo

## Phụ lục A - Xác định hệ số khối lượng của cốt liệu nhẹ

## Phụ lục B - Xác định độ hấp thụ nước của cốt liệu lớn nhẹ

---

**CHƯƠNG 1 GIỚI THIỆU**

## 1.1 Mục tiêu

Mục tiêu của tiêu chuẩn này để cung cấp các phương pháp áp dụng chung cho việc lựa chọn và điều chỉnh thành phần cấp phối bê tông nhẹ. Những phương pháp này

cũng được áp dụng cho bê tông có chứa tổ hợp của cốt liệu nhẹ và cốt liệu thông thường.

## CHƯƠNG 2 PHẠM VI ÁP DỤNG

Tiêu chuẩn này được giới hạn cho loại kết cấu cốt liệu nhẹ và kết cấu bê tông cốt liệu nhẹ. Cấu trúc bê tông cốt liệu nhẹ được định nghĩa là bê tông trong đó: (a) được làm bằng cốt liệu nhẹ tuân theo ASTM C330, (b) có cường độ nén lớn hơn 2500 psi (17.2MPa) ở độ tuổi 28 ngày khi thử nghiệm theo ASTM C330 và (c) có khối lượng thể tích khô không vượt quá 115 lb/ft<sup>3</sup> (1842 kg/m<sup>3</sup>) được xác định theo ASTM C567. Bê tông mà trong đó một phần cốt liệu thông thường được thay thế bằng cốt liệu nhẹ cũng nằm trong phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này. Khi sử dụng cốt liệu mịn thông thường nó phải tuân theo các yêu cầu của ASTM C33. Tiêu chuẩn này không đề cập đến việc sử dụng pozzolan và phụ gia hoá học.

## CHƯƠNG 3 CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẸ

### 3.1 Cốt liệu (độ hấp thụ nước và độ ẩm)

3.1.1 Các nhân tố chủ yếu đòi hỏi phải cải tiến trong phương pháp thiết kế và điều chỉnh cho cấp phối bê tông cốt liệu nhẹ, so với bê tông thông thường, là độ hấp thụ nước lớn hơn và tốc độ hấp thụ của phần lớn cốt liệu nhẹ cao hơn.

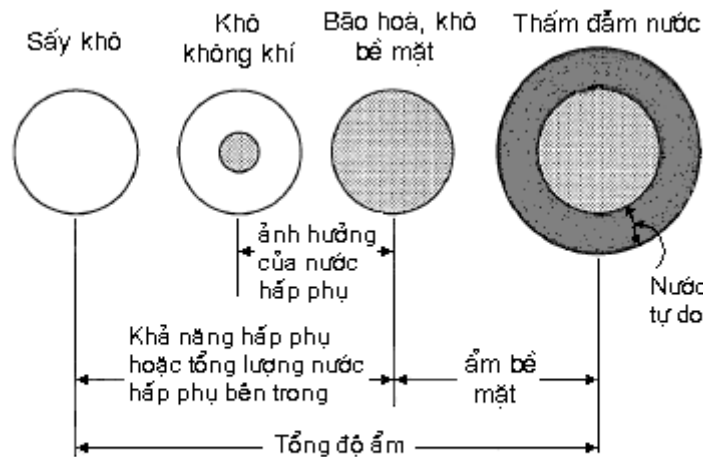
3.1.2 Cốt liệu ẩm thích hợp hơn cốt liệu khô do chúng có khuynh hướng hấp thụ nước ít hơn trong quá trình trộn và do đó làm giảm được khả năng tổn thất độ sụt trong khi bê tông được trộn, vận chuyển, và đổ khuôn. Cốt liệu ẩm sẽ làm giảm khuynh hướng phân tầng trong quá trình dưỡng hộ. Lượng nước hấp phụ được tính toán trong thiết kế cấp phối bê tông.

3.1.3 Khi bê tông được chế tạo bằng cốt liệu nhẹ có độ ẩm ban đầu thấp (thường ít hơn 8 đến 10%) và tốc độ hấp thụ nước tương đối cao, nó có thể được trộn trước với 1/2 hoặc 2/3 lượng nước nhào trộn trước khi cho thêm xi măng, phụ gia, phụ gia tạo khí để giảm tối thiểu khả năng mất độ sụt. Các cốt liệu đặc biệt phải được xem xét về mức độ cần thiết phải làm ẩm trước và phương pháp trộn.

3.1.4 Bê tông được chế tạo bằng cốt liệu nhẹ bão hoà nước có thể dễ hỏng hơn trong quá trình tan băng và đóng băng so với bê tông được chế tạo bằng cốt liệu nhẹ ẩm hoặc khô, ngoại trừ bê tông được phép mất hơi nước vượt quá giới hạn ẩm của nó sau khi dưỡng hộ, trước khi làm việc ngoài hiện trường và cường độ đã phát triển đầy đủ để chống lại băng giá.

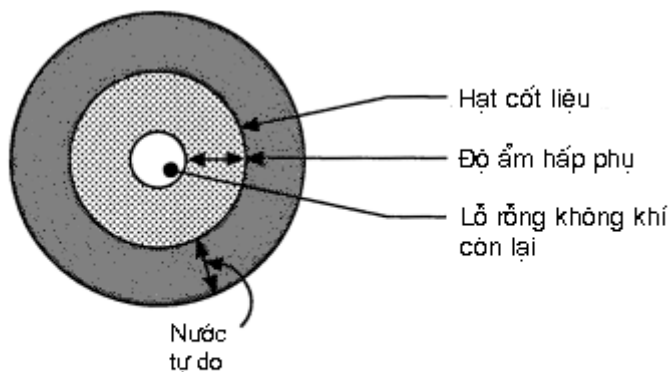
3.1.5 Khi sản xuất thử nghiệm trong phòng thí nghiệm sử dụng phương pháp khối lượng riêng, khối lượng riêng của cốt liệu nhẹ phải được xác định tại độ ẩm dự đoán trước khi sử dụng.

3.1.6 Phần lớn các cấp phối bê tông thực tế, thành phần cốt liệu phải trong điều kiện ẩm có thể đạt được trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường. Trong kết cấu bê tông nhẹ vấn đề chính là tính toán độ ẩm thích hợp (hấp thụ) trong và trên các hạt cốt liệu nhẹ cũng như ảnh hưởng của lượng nước hấp phụ cho mỗi áp dụng riêng. Theo truyền thống, công nghệ bê tông đã thừa nhận, sự hiệu chỉnh độ ẩm của cốt liệu, cốt liệu sẽ ở một trong số bốn trạng thái đưa ra trong hình 2.1.



Hình 2.1 - Trạng thái ẩm trong cốt liệu

Phần lớn các cấp phối được báo cáo với cốt liệu có một trong trạng thái ẩm, khô bề mặt (SSD) hoặc sấy khô (OD). Nhưng trên hiện trường, cốt liệu thường trong trạng thái khô không khí (AD) hoặc ẩm bão hoà. Tuy nhiên, cốt liệu nhẹ thường trong một trạng thái ẩm duy nhất. Phần lớn cấp phối bê tông cốt liệu nhẹ được báo cáo trong điều kiện sấy khô. Tuy nhiên, ngoài hiện trường chúng không ở trong trạng thái khô bề mặt, nhưng trong trạng thái ẩm bão hoà hoặc thấm đẫm nước. Điều kiện này thường đạt được bằng cách tưới nước, ngâm nước, gia nhiệt hoặc trạng thái bão hoà chân không. Kết quả đôi khi được quy cho bằng điều kiện "cân bằng", hình 2.2.



Hình 2.2 - Điều kiện "cân bằng"

Vấn đề chính trong công nghệ bê tông là có được một phương pháp dễ dàng sử dụng các dữ liệu ngoài hiện trường để thay đổi cốt liệu sấy khô sử dụng trong cấp phối thử nghiệm trong phòng cho cấp phối có điều kiện ẩm "cân bằng".

**Bảng 2.1 - So sánh môđun độ mịn theo khối lượng và theo thể tích cho cốt liệu nhẹ điển hình.**

Sàng số	KT mắt sàng, in (mm)	% còn lại trên sàng theo khối lượng	% tích lũy trên sàng theo khối lượng	KLTT, khô bề mặt, SSD	% còn lại trên sàng theo thể tích	% tích lũy trên sàng theo thể tích
4	0.187 (4.75)	0	0	-	0	0
8	0.0937 (2.38)	22	22	1.55	26	26
16	0.0469 (1.19)	24	46	1.78	25	51
30	0.0234 (0.59)	19	65	1.90	19	70
50	0.0117 (0.30)	14	79	2.01	13	83
100	0.0059 (0.15)	12	91	2.16	10	93
Chảo	-	9	100	2.40	7	100

Chú thích: môđun độ mịn theo khối lượng = 3.03; môđun độ mịn theo thể tích = 3.23

### 3.2 Cốt liệu (Thành phần hạt).

3.2.1 Thành phần hạt của cốt liệu mịn, cốt liệu thô và tỷ lệ sử dụng của chúng có ảnh hưởng lớn đến bê tông. Một cấp hạt tốt sẽ có sự phân bố kích thước các hạt liên tục tạo ra sản phẩm có độ rỗng nhỏ nhất và sẽ yêu cầu lượng hồ xi măng để lấp đầy lỗ rỗng nhỏ nhất. Điều này sẽ dẫn đến sử dụng xi măng có hiệu quả kinh tế nhất và cho cường độ lớn nhất cùng với sự thay đổi thể tích do co ngót khô nhỏ nhất.

3.2.2 Thông thường, thể tích cốt liệu lớn nhất trong bê tông đạt được khi:

- Khi cốt liệu thô có cấp hạt thích hợp của các kích thước từ lớn nhất đến nhỏ nhất;
- Khi các hạt có hình dạng tròn đến lập phương; và
- Khi kết cấu bề mặt ít rỗ nhất.

Ngược lại, cốt liệu thô có hình dạng góc cạnh, kết cấu bề mặt rỗ và có thể thiếu hụt một hoặc nhiều cỡ hạt thì bê tông sẽ có thể tích cốt liệu nhỏ hơn.

Các nhân tố tương tự của thành phần hạt, hình dạng hạt và kết cấu bề mặt cũng ảnh hưởng đến phần trăm của cốt liệu mịn được yêu cầu, hình dạng tròn hoặc lập phương và kết cấu bề mặt nhẵn có ảnh hưởng liên đới tới phần trăm nhỏ nhất của cốt liệu mịn. Thông thường cát có cấp hạt tốt sẽ được sử dụng để thay thế cát nhẹ, tỷ lệ của cốt liệu lớn nhẹ có thể tăng. Tỷ lệ của cốt liệu lớn phải thích hợp với tính công tác và khả năng đổ khuôn, ngoại trừ được chỉ dẫn sử dụng tỷ lệ thấp hơn sẽ chế tạo được các tính chất tối ưu.

Trong một số trường hợp, cường độ có thể tăng bằng cách giảm kích thước danh nghĩa của cốt liệu mà không cần tăng hàm lượng xi măng.

- 3.2.3 Đối với cốt liệu thông thường, khối lượng thể tích của các phần hạt còn lại trên các sàng gần tương đương nhau. Phần trăm còn lại trên mỗi sàng theo khối lượng sẽ đưa ra một chỉ dẫn chính xác về phần trăm theo thể tích. Tuy nhiên, khối lượng thể tích của các cỡ hạt khác nhau của cốt liệu nhẹ thường tăng khi kích thước hạt giảm. Một số hạt cốt liệu có thể nổi trong nước, nhưng ngược lại vật liệu lọt qua sàng No.100 (0.15mm) có thể có khối lượng thể tích tương đương với cát thông thường. Để xác định hàm lượng lỗ rỗng, hàm lượng hồ và ảnh hưởng của cốt liệu đến tính công tác của bê tông phải sử dụng thể tích chiếm chỗ của mỗi cỡ hạt, không phải là khối lượng của vật liệu còn lại trên mỗi sàng. Với cốt liệu mịn có khối lượng thể tích 1.89, phần trăm còn lại trên mỗi sàng và môđun độ mịn, theo trọng lượng và theo thể tích được tính toán và so sánh trong ví dụ minh họa trong bảng 2.1.

Môđun độ mịn là 3.23 theo thể tích trong ví dụ minh họa cho thấy cấp phối hạt thô hơn đáng kể so với cấp phối thông thường có môđun độ mịn là 3.03 theo khối lượng. Do đó, cốt liệu nhẹ yêu cầu phần trăm vật liệu theo khối lượng còn lại trên các sàng nhỏ hơn so với cốt liệu thông thường để có kích thước phân bố theo thể tích tương đương.

- 3.2.4 Như đã chỉ dẫn trong phần 1.2, bê tông có một số cốt liệu nặng thông thường. ví dụ như cát thông thường, được phân loại là bê tông nhẹ miễn là cường độ và khối lượng thể tích đáp ứng yêu cầu. Sử dụng cát thông thường thường cho kết quả tăng cường độ và môđun đàn hồi. Tuy nhiên, nó sẽ làm tăng trọng lượng của bê tông. Do đó lựa chọn thành phần cấp phối phải xem xét các tính chất này có ảnh hưởng đến toàn bộ tính kinh tế của kết cấu.

### 3.3 Tỷ lệ nước-chất kết dính

- 3.3.1 *Phương pháp 1:* Bê tông cốt liệu nhẹ có thể được phối hợp theo phương pháp 1 (phương pháp khối lượng, tỷ trọng) trên cơ sở mối quan hệ của một tỷ lệ nước-chất kết dính (w/cm) thích hợp khi lượng nước hấp phụ của cốt liệu nhẹ đã được biết hoặc xác định, như mô tả trong phụ lục A. Phương pháp này sử dụng giá trị thực tế của tổng khối lượng các vật liệu thành phần trong một đơn vị thể tích của hỗn hợp bằng tổng khối lượng của hỗn hợp. Nếu khối lượng của bê tông trên một đơn vị thể tích, trong đó có chứa cốt liệu đặc biệt, đã được biết hoặc có thể được thiết lập từ các hệ số khối lượng của cốt liệu, khối lượng của cốt liệu nhẹ trong thể tích bê tông đó có thể được xác định.

- 3.3.2 *Phương pháp 2:* Khi cấp phối thử nghiệm được phối hợp theo phương pháp khác với phương pháp khối lượng (Phương pháp 1 - tỷ trọng), tỷ lệ nước-xi măng cuối cùng của phần lớn cấp phối bê tông nhẹ không thể được thiết lập với đủ độ chính xác được sử dụng như một cơ sở cho thiết kế cấp phối. Điều này là do sự khó khăn trong việc xác định tổng lượng nước hấp thụ trong cốt liệu và do đó không có khả năng phản ứng với xi măng, ngược lại tổng lượng nước được hấp phụ trên bề mặt lỗ rỗng hở hoặc các lỗ rỗng tổ ong của các hạt cốt liệu, nó thường còn lại trên bề mặt cốt liệu và có thể phản ứng với xi măng. Tổng lượng nước tự do trên bề mặt lỗ rỗng hở hoặc lỗ rỗng tổ ong thay đổi theo kích thước và số lượng của lỗ rỗng hở hoặc lỗ rỗng tổ ong trong các hạt cốt liệu nhẹ. Cấp phối bê tông cốt liệu nhẹ thường được thiết lập bằng các cấp phối thử nghiệm trên cơ sở của một hàm lượng xi măng cuốn khí tại một độ

đồng nhất yêu cầu, đúng hơn trên một tỷ lệ nước-xi măng - cường độ cơ sở khi phương pháp khối lượng không tận dụng được.

### 3.4 Chất tạo khí

3.4.1 Chất tạo khí được đề xuất cho phần lớn bê tông cốt liệu nhẹ cũng giống như trong phần lớn bê tông thông thường (xem ACI 201.2R và 213R). Nó nâng cao tính công tác, cải thiện khả năng chống băng giá, các hoá chất phòng băng giảm tách nước và khuynh hướng thiếu hụt trong thành phần hạt. Khi một số môi trường làm việc không được dự đoán trước, có thể không sử dụng nó, nhưng ảnh hưởng có lợi của chất tạo khí đến tính công tác của bê tông và độ dính bám có thể đạt được với hàm lượng không khí không nhỏ hơn 4.0%. Không khí cuốn vào cũng làm giảm khối lượng thể tích của bê tông.

3.4.2 Lượng không khí cuốn vào cho bê tông cốt liệu nhẹ từ 4 đến 6% khi kích thước cốt liệu lớn nhất là  $\frac{3}{4}$  in (19mm) và 4.5 đến 7.5% khi kích thước cốt liệu là  $\frac{3}{8}$  in (9.5mm) có thể khắc phục được đóng băng và tan băng hoặc các muối phòng băng.

3.4.3 Cường độ của bê tông nhẹ có thể bị giảm do hàm lượng không khí cao. Với hàm lượng không khí thông thường (4 đến 6%), sự giảm cường độ là nhỏ nếu độ sụt là 5 in (125mm) hoặc nhỏ hơn và hàm lượng xi măng được sử dụng theo đề xuất.

3.4.4 Phương pháp thể tích về đo hàm lượng không khí như được mô tả trong ASTM C173/C173M, là phương pháp đáng tin cậy nhất để đo hàm lượng không khí trong bê tông cuốn khí hay bê tông không cuốn khí, kết cấu bê tông nhẹ.

---

## CHƯƠNG 4 THIẾT LẬP THÀNH PHẦN CẤP PHỐI CỦA MẸ TRỘN THỬ NGHIỆM ĐẦU TIÊN

### 4.1 Giới thiệu

Phương pháp tốt nhất để chế tạo một cấp phối thử nghiệm đầu tiên của bê tông nhẹ, đưa ra các tính chất và sử dụng cốt liệu đặc biệt từ một nguồn cốt liệu nhẹ, là sử dụng thành phần được thiết lập từ trước cho bê tông tương tự sử dụng cốt liệu từ cùng nguồn cung cấp. Như thành phần cấp phối của nhà cung cấp cốt liệu và có thể là kết quả của cấp phối trong phòng hoặc của cấp phối thực tế trên công trường. Những cấp phối này sau đó có thể được điều chỉnh cần thiết cho sự thay đổi tính chất của thành phần sử dụng trong cấp phối, các phương pháp được mô tả trong chương 4.

Chương 3 cung cấp chỉ dẫn để thiết kế thành phần cấp phối thử nghiệm đầu tiên khi không có sẵn các thông tin, sau đó có thể sử dụng phương pháp trong chương 4 để điều chỉnh. Cấp phối thử nghiệm có thể được thiết kế bằng một trong hai phương pháp sau:

1. *Phương pháp 1 (phương pháp khối lượng, tỷ trọng)*: cốt liệu lớn nhẹ và cốt liệu mịn thông thường hoặc
2. *Phương pháp 2 (phương pháp thể tích)*: tất cả cốt liệu nhẹ, kết hợp của cốt liệu nhẹ và cốt liệu thông thường.

Phương pháp 1 (phương pháp khối lượng) được mô tả chi tiết trong phần 3.2. Phương pháp thể tích được mô tả chi tiết trong phần 3.3.

#### 4.2 Phương pháp 1: phương pháp khối lượng (tỷ trọng)

Sử dụng cốt liệu lớn nhẹ và cốt liệu mịn thông thường

4.2.1 Phương pháp Em này thích hợp cho bê tông cát nhẹ bao gồm cốt liệu thô nhẹ và cốt liệu mịn thông thường. Thiết lập khối lượng mẻ trộn cho bê tông nhẹ liên quan đến việc xác định hệ số khối lượng của cốt liệu thô nhẹ, như thảo luận trong phụ lục A, từ đó có thể thiết lập được khối lượng của bê tông nhẹ. Thêm vào đó là độ hấp thụ nước của cốt liệu thô nhẹ có thể được đo bằng phương pháp mô tả trong ASTM C127 hoặc bằng phương pháp quay khô được thảo luận trong phụ lục B, nó cho phép tính toán ảnh hưởng của lượng nước trộn.

4.2.2 Thiết kế cấp phối theo trình tự các bước tiến hành để, ảnh hưởng, các đặc tính thích hợp của vật liệu sẵn có trong cấp phối phù hợp với quá trình làm việc. Các vấn đề về khả năng thích hợp thường không được đưa ra riêng lẻ cho người lựa chọn cấp phối. Chỉ dẫn có thể theo một số hoặc toàn bộ các vấn đề sau:

1. Hàm lượng xi măng hoặc chất kết dính tối thiểu.
2. Hàm lượng không khí.
3. Độ sụt.
4. Kích thước danh nghĩa của cốt liệu.
5. Cường độ.
6. Khối lượng thể tích.
7. Phương thức thi công (bơm, vận chuyển bằng thùng, xô, vận chuyển bằng băng tải, v.v.).
8. Các yêu cầu khác (như cường độ vượt mức thiết kế, phụ gia, loại xi măng và cốt liệu đặc biệt).

**Bảng 3.1 - Độ sụt đề xuất cho các kết cấu khác nhau**

Loại kết cấu	Độ sụt, in * (mm)	
	Lớn nhất †	Nhỏ nhất †
Dầm và tường gia cố	4 (100)	1 (25)
Cột	4 (100)	1 (25)
Sàn	3 (75)	1 (25)

\* Độ sụt có thể tăng lên khi sử dụng phụ gia hoá học, với điều kiện bê tông có cùng tỷ lệ w/c hoặc w/cm hay thấp hơn và không bị phân tầng hay tách nước.

† Có thể tăng độ sụt 1 in cho các phương pháp gia cố khác phương pháp rung

Không cần quan tâm đến các đặc tính của bê tông được quy định trong các chỉ dẫn hoặc được đưa ra cho cấp phối được lựa chọn riêng có đạt được hay không, thiết lập khối lượng của mẻ trộn thử trên một đơn vị thể tích bê tông có thể là tốt nhất theo trình tự sau.

**Bước 1: Chọn độ sụt** - Nếu độ sụt không được chỉ dẫn, một giá trị thích hợp cho công việc có thể được lựa chọn từ bảng 3.1. Các giới hạn độ sụt được áp dụng khi sử dụng máy đầm rung để gia cố bê tông. Các hỗn hợp khó đồng nhất phải sử dụng biện pháp gia cố hiệu quả.

**Bước 2: Chọn kích thước danh nghĩa của cốt liệu nhẹ** - Kích thước cốt liệu sẽ có ít lỗ rỗng hơn so với kích thước nhỏ hơn. Do đó, trong một đơn vị thể tích bê tông, bê tông có cốt liệu lớn yêu cầu ít vữa. Thông thường, kích thước danh nghĩa của cốt liệu phải lớn nhất để đạt hiệu quả kinh tế và đồng nhất trong kết cấu. Không có trường hợp nào kích thước danh nghĩa của cốt liệu vượt quá 1/5 khoảng cách hẹp nhất giữa các thành ván khuôn, 1/3 chiều sâu của tấm, hoặc 3/4 khoảng cách nhỏ nhất giữa các thanh cốt thép gia cố. Những giới hạn này đôi khi có thay đổi nếu tính công tác và phương pháp gia cố cho thấy bê tông không bị rỗng hay rỗ tổ ong. Khi mong muốn bê tông có cường độ cao, các kết quả tốt hơn có thể đạt được khi giảm kích thước danh nghĩa của cốt liệu từ đó có thể sản xuất cường độ cao hơn với một tỷ lệ w/c hoặc w/cm.

**Bước 3: Thiết lập lượng nước nhào trộn và hàm lượng không khí** - Lượng nước trong một đơn vị thể tích bê tông được yêu cầu để đưa ra một giá trị độ sụt tùy thuộc vào kích thước danh nghĩa của cốt liệu, hình dạng hạt và cấp phối hạt, tổng lượng khí cuốn vào và bao gồm cả phụ gia hoá học. Nó không bị ảnh hưởng nhiều bởi lượng xi

măng hoặc vật liệu kết dính. Bảng 3.2 cung cấp các thiết lập của lượng nước yêu cầu cho bê tông với các kích thước cốt liệu khác nhau, có và không có phụ gia tạo khí. Tùy thuộc vào kết cấu và hình dạng, lượng nước yêu cầu có thể cao hơn hoặc thấp hơn một chút so với các giá trị trong bảng, nhưng chúng phải đủ độ chính xác cho lần thiết lập đầu tiên. Sự khác biệt trong lượng nước yêu cầu không nhất thiết phản ánh trong cường độ vì có thể bị ảnh hưởng bởi các nhân tố bổ sung khác.

Bảng 3.2 chỉ dẫn lượng gần đúng của lượng khí cuốn vào cho bê tông không cuốn khí, và đưa ra hàm lượng không khí trung bình đề xuất cho bê tông trong đó không khí cố ý được cuốn vào cho mục tiêu độ bền, tính công tác và giảm trọng lượng.

Khi các mẻ trộn thử được sử dụng để thiết lập mối quan hệ cường độ hoặc kiểm tra cường độ - khả năng chế tạo của cấp phối, lợi ích tối thiểu của nước nhào trộn và hàm lượng không khí. Tức là hàm lượng không khí lớn nhất được thừa nhận hoặc có khả năng xảy ra và bê tông phải được sử dụng với độ sụt cao nhất. Điều này sẽ tránh được sự phát triển của một đánh giá lạc quan thái quá về cường độ trên giả định mức trung bình hơn là các điều kiện cách rất xa thực tế. Các thông tin thêm về hàm lượng không khí được đưa ra trong ACI 201.2R, 213R, 302.1R và 345R.

**Bảng 3.2 - Lượng nước nhào trộn gần đúng và hàm lượng không khí yêu cầu cho các độ sụt và kích thước danh nghĩa khác nhau của cốt liệu \***

Kích thước cốt liệu	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> in (9.5mm)	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> in (12.7mm)	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> in (19.0mm)
Bê tông cuốn khí			
Hàm lượng nước trong bê tông, lb/yd <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )			
Độ sụt, 1 đến 2 in (25 đến 50 mm)	305 (181)	295 (175)	280 (166)
Độ sụt, 3 đến 4 in (75 đến 100 mm)	340 (202)	325 (193)	305 (181)
Độ sụt, 5 đến 6 in (125 đến 150 mm)	355 (211)	335 (199)	315 (187)
Đề xuất giá trị trung bình † của tổng hàm lượng không khí, %, cho các mức độ của môi trường			
Mức độ tác động nhẹ	4.5	4.0	4.0
Mức độ tác động trung bình	6.0	5.5	5.0
Mức độ tác động mạnh ‡	7.5	7.0	6.0
Bê tông không cuốn khí			
Hàm lượng nước trong bê tông, lb/yd <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )			
Độ sụt, 1 đến 2 in (25 đến 50 mm)	350 (208)	335 (199)	315 (187)
Độ sụt, 3 đến 4 in (75 đến 100 mm)	385 (228)	365 (217)	340 (202)
Độ sụt, 5 đến 6 in (125 đến 150 mm)	400 (237)	375 (222)	350 (208)
Tổng lượng không khí cuốn vào trong bê tông không cuốn khí, %			
	3	2.5	2

\* Lượng nước nhào trộn đưa ra cho bê tông cuốn khí dựa trên tổng hàm lượng không khí yêu cầu đưa ra cho môi trường "mức độ tác động trung bình". Những lượng nước nhào trộn này được sử dụng để tính toán hàm lượng xi măng hoặc chất kết dính cho các mẻ trộn thử ở nhiệt độ 68 đến 77 F (20 đến 25°C). Chúng là các giá trị tối đa cho cốt liệu có hình dạng góc cạnh và cấp phối hợp lý nằm trong các giới hạn được chấp nhận. Sử dụng phụ gia giảm nước, ASTM C494, có thể giảm lượng nước yêu cầu khoảng 5% hoặc lớn hơn. Thể tích của phụ gia lỏng sẽ được tính là một phần của lượng nước nhào trộn. Các giá trị độ sụt từ 7 in đến 11 in (175 đến 275mm) chỉ đạt được thông qua việc sử dụng phụ gia giảm nước; chúng là những loại bê tông có chứa cốt liệu thô không lớn hơn 1 in (25mm).

† Các đề suất thêm cho hàm lượng không khí và sai số cần thiết cho hàm lượng không khí để điều chỉnh ngoài hiện trường được đưa ra theo ACI 201, 345, 318, 301 và 302, ASTM C94 cho bê tông trộn sẵn cũng đưa ra các giới hạn về hàm lượng không khí. Các yêu cầu trong các tiêu chuẩn khác có thể không có độ chính xác phù hợp, cho nên trong thiết kế cấp phối bê tông phải đưa ra lựa chọn về hàm lượng không khí mà sẽ đáp ứng các yêu cầu ngoài hiện trường và cũng đáp ứng các chỉ dẫn áp dụng.

‡ Các giá trị này dựa trên mức chấp nhận 9% không khí là cần thiết trong vữa bê tông. Nếu thể tích vữa về căn bản là khác với tính toán trong tiêu chuẩn này, có thể tính toán hàm lượng không khí cần thiết bằng cách lấy 9% của thể tích vữa thực tế.

**Bảng 3.3 - Quan hệ giữa tỷ lệ w/c và cường độ nén của bê tông\***

Cường độ nén ở 28 ngày, psi (Mpa)	Tỷ lệ nước-xi măng theo khối lượng	
	Bê tông không cuốn khí	Bê tông cuốn khí
6000 (41.5)	0.41	-
5000 (34.5)	0.48	0.40
4000 (27.6)	0.57	0.48
3000 (20.7)	0.68	0.59
2000 (13.8)	0.82	0.74

\* Các giá trị được thiết lập cho cường độ trung bình của bê tông có chứa không quá 2% hàm lượng bọt khí với bê tông không cuốn khí và 6% với bê tông cuốn khí. Với một tỷ lệ w/c hoặc w/cm, cường độ của bê tông sẽ giảm đi khi hàm lượng không khí tăng. Các giá trị cường độ ở tuổi 28 ngày có thể thay đổi khi sử dụng các chất kết dính khác nhau. Tốc độ phát triển cường độ cũng có thể thay đổi.

Cường độ được thí nghiệm trên mẫu trụ 6 x 12 in (150x300mm), dưỡng hộ ẩm trong 28 ngày tuân theo các phần của "dưỡng hộ ban đầu" và "dưỡng hộ mẫu trụ để kiểm

tra cường độ cấp phối bê tông trong phòng thí nghiệm hoặc là cơ sở để chấp nhận hay điều chỉnh chất lượng" của ASTM C31 lấy mẫu và dưỡng hộ bê tông ngoài hiện trường. Những mẫu thử này được dưỡng ẩm ở nhiệt độ  $73.4 \pm 3F$  ( $23 \pm 2^{\circ}C$ ) trước khi thí nghiệm.

Các mối quan hệ trong bảng này áp dụng cho bê tông có kích thước cốt liệu từ  $\frac{3}{4}$ in đến 1 in (19.0 đến 25mm). Với cùng một nguồn cốt liệu, cường độ của bê tông có cùng tỷ lệ w/c hay w/cm sẽ tăng khi kích thước cốt liệu giảm, xem phần 2.3.

**Bảng 3.4 - Tỷ lệ nước-xi măng tối đa cho phép trong một số môi trường làm việc của bê tông\***

Loại kết cấu	Kết cấu bị ướt liên tục hoặc thường xuyên chịu tác động của hiện tượng đóng băng và tan băng <sup>+</sup>	Kết cấu chịu tác động của nước biển hoặc sunfat
Các kết cấu mỏng (lan can, thành giếng, bờ rìa, kết cấu trang trí) và các vị trí có lớp vữa bao phủ cốt thép nhỏ hơn 1 in (25mm)	0.45	0.40 <sup>‡</sup>
Các kết cấu khác	0.50	0.45 <sup>‡</sup>

\* Dựa trên báo cáo của ACI 201.2R

<sup>+</sup> Bê tông nên là loại bê tông cuốn khí.

<sup>‡</sup> Nếu sử dụng xi măng chống ăn mòn sulfate (loại II và V của ASTM C150) cho phép tỷ lệ w/c hoặc w/cm có thể tăng khoảng 0.05.

Bước 4: Lựa chọn tỷ lệ w/c thích hợp - Tỷ lệ w/c hoặc w/cm yêu cầu được xác định không chỉ theo yêu cầu về cường độ mà còn cho các nhân tố khác như độ bền và khả năng hoàn thiện. Từ cốt liệu và xi măng khác nhau thường đưa ra cường độ khác nhau với cùng tỷ lệ w/c hoặc w/cm, người ta rất muốn có hoặc phát triển mối quan hệ giữa cường độ và tỷ lệ w/c hoặc w/cm với các loại vật liệu đã được sử dụng. Khi thiếu các dữ liệu này, có thể lấy các giá trị gần đúng cho bê tông dùng xi măng portland loại I có được từ bảng 3.3. Với các vật liệu cụ thể tra bảng tỷ lệ w/c hoặc w/cm với cường độ tương ứng được thiết lập trên cơ sở các thí nghiệm ở 28 ngày với mẫu thử trong điều kiện tiêu chuẩn ở phòng thí nghiệm. Cường độ trung bình được chọn phải vượt quá cường độ giới hạn bằng một giới hạn đủ để duy trì số các thí nghiệm thấp hơn nằm trong giới hạn chỉ dẫn. Trong một số điều kiện môi trường làm việc, tỷ lệ w/c

hoặc w/cm phải được lấy thấp hơn thậm trí ngay cả khi cường độ yêu cầu cao hơn.  
Bảng 3.4. đưa ra các giá trị giới hạn.

*Bước 5: Tính toán hàm lượng xi măng* - Lượng xi măng trên một đơn vị thể tích bê tông được xác định theo bước 3 và 4 ở trên. Lượng xi măng yêu cầu được tính bằng lượng nước (đã tính ở bước 3) chia cho tỷ lệ w/c (ở bước 4). Tuy nhiên nếu trong chỉ dẫn có cả lượng xi măng tối thiểu cần dùng để tạo ra cường độ và độ bền yêu cầu, thì hỗn hợp bê tông này phải dựa trên mức chấp nhận có hàm lượng xi măng lớn hơn. Sử dụng các chất kết dính khác hoặc phụ gia hoá học sẽ ảnh hưởng đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Sử dụng các kết hợp khác nhau của vật liệu kết dính và/hoặc sử dụng phụ gia hoá học không nằm trong phạm vi áp dụng của tài liệu này, nhưng có thể tìm thấy trong ACI 212.1R, 212.2R, 226.1R và 226.3R.

**Bảng 3.5 - Thể tích của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông.**

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu, in (mm)	Thể tích xấp của cốt liệu thô ở trạng thái khô * trên một đơn vị thể tích bê tông với moduyn độ mịn của cốt liệu nhỏ khác nhau			
	2.40	2.60	2.80	3.00
$\frac{3}{8}$ (9.5)	0.58	0.56	0.54	0.52
$\frac{1}{2}$ (12.5)	0.67	0.65	0.63	0.61
$\frac{3}{4}$ (19.0)	0.74	0.72	0.70	0.68

\* Thể tích của cốt liệu trong điều kiện xấp sấy khô được mô tả trong ASTM C29/C29M. Những thể tích này được lựa chọn từ các mối quan hệ theo kinh nghiệm để sản xuất bê tông với mức độ tính công tác thích hợp cho xây dựng. Với bê tông có tính công tác cao hơn, như yêu cầu để thi công bằng phương pháp bơm, có thể giảm thể tích cốt liệu thô đi 10%.

*Bước 6: Tính toán hàm lượng cốt liệu thô nhẹ* - Cốt liệu có kích thước và cấp hạt như nhau sẽ chế tạo được bê tông có tính công tác thoả đáng với một thể tích cốt liệu thô, ở trạng thái khô, xấp sử dụng trong một đơn vị thể tích bê tông. Các giá trị thích hợp về thể tích của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông được đưa ra ở bảng 3.5. Có thể thấy rằng, với tính công tác như nhau, thể tích của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông chỉ phụ thuộc vào kích thước danh nghĩa và moduyn độ mịn của cốt liệu nhỏ. Sự khác nhau về lượng vữa cần cho tính công tác với các cốt liệu là do sự khác nhau về hình dạng hạt và cấp hạt khác nhau, bù vào lượng lỗ rỗng ở trạng thái xấp khác nhau.

Thể tích cốt liệu theo  $\text{ft}^3$  ( $\text{m}^3$ ) trên cơ sở thể tích xốp khô cho  $1 \text{ yd}^3$  bê tông bằng với giá trị trong bảng 3.5 nhân với 27 (nhân với 1 cho  $1 \text{ m}^3$  bê tông). Thể tích này được chuyển sang khối lượng khô của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông bằng cách nhân nó với khối lượng ở trạng thái xốp, khô trong  $1 \text{ ft}^3$  ( $1 \text{ m}^3$ ) của cốt liệu nhẹ.

*Bước 7: Tính lượng cốt liệu mịn* - Khi kết thúc bước 6, tất cả các thành phần của bê tông đã được tính toán ngoại trừ cốt liệu mịn. Hàm lượng của cốt liệu mịn được xác định bằng sự khác biệt giữa khối lượng bê tông và các vật liệu thành phần.

Nếu theo kinh nghiệm thiết lập được khối lượng trên một đơn vị thể tích bê tông, lượng cốt liệu mịn yêu cầu là sự chênh lệch giữa khối lượng của hỗn hợp bê tông và tổng khối lượng của các thành phần khác.

Thường khối lượng thể tích của bê tông đã biết với độ chính xác hợp lý theo kinh nghiệm trước đây với các loại vật liệu. Trong trường hợp thiếu thông tin, các thông số trong bảng 3.6 có thể được sử dụng để tiến hành tính toán dựa trên hệ số khối lượng của cốt liệu thô nhẹ và hàm lượng không khí của bê tông. Thậm chí khi tính toán khối lượng bê tông trên  $1 \text{ yd}^3$  ( $1 \text{ m}^3$ ) là gần đúng, thì thành phần của hỗn hợp bê tông đủ chính xác để cho phép dễ dàng điều chỉnh trên cơ sở các mẻ trộn thử như được thể hiện ở các ví dụ.

Khối lượng cốt liệu được cân bên ngoài phải tính đến cả độ ẩm trong cốt liệu. Thông thường cốt liệu sẽ bị ẩm và khối lượng khô sẽ tăng lên theo phần trăm hàm lượng ẩm có trong cốt liệu (cả lượng nước hấp phụ và trên bề mặt). Lượng nước trộn phải giảm đi bằng tổng lượng ẩm tự do có trong cốt liệu (bằng tổng độ ẩm trừ đi độ ẩm hấp phụ).

**Bảng 3.6. Khối lượng thể tích sơ bộ của hỗn hợp bê tông nhẹ có cốt liệu thô nhẹ và cốt liệu mịn thông thường**

Hệ số khối lượng	Khối lượng của một đơn vị thể tích bê tông nhẹ, lb/yd <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )		
	Bê tông cuốn khí		
	4 %	6 %	8 %
1.00	2690 (1596)	2630 (1561)	2560 (1519)
1.20	2830 (1680)	2770 (1644)	2710 (1608)
1.40	2980 (1769)	2910 (1727)	2850 (1691)
1.60	3120 (1852)	3050 (1810)	2990 (1775)
1.80	3260 (1935)	3200 (1899)	3130 (1858)
2.00	3410 (2024)	3340 (1982)	3270 (1941)

\* Các giá trị được tính toán cho bê tông có hàm lượng xi măng khoảng 550 lb/yd<sup>3</sup> (326kg/m<sup>3</sup>) và độ sụt trung bình với lượng nước yêu cầu dựa trên các giá trị độ sụt 3 đến 4 in (75 đến 100mm) trong bảng 3.2. Nếu muốn, khối lượng sơ bộ có thể được hiệu chỉnh lại với những thông tin có sẵn như sau: cứ 10 lb (5.9kg) nước nhào trộn khác biệt với các giá trị trong bảng 3.2.2.2 khối lượng thể tích của bê tông phải hiệu chỉnh 15 lb (8.9kg/m<sup>3</sup>) theo hướng ngược lại; cứ khác biệt 100 lb (59.3kg) xi măng so với giá trị 550 lb (326kg) thì khối lượng thể tích của bê tông phải hiệu chỉnh 15 lb (8.9kg/m<sup>3</sup>) theo cùng một hướng.

4.2.3 Ví dụ tính toán - Phương pháp 1: Phương pháp khối lượng (tỷ trọng)- Ví dụ được tính theo đơn vị inch - pound (Ví dụ A - đơn vị inch - pound) được sử dụng để giải thích phương pháp tính toán. Các điều kiện được giả định như sau:

4.2.3.1 Xi măng loại I không cuốn khí.

4.2.3.2 Cốt liệu thô là cốt liệu nhẹ và cốt liệu mịn là cốt liệu thông thường thỏa mãn chất lượng và cấp hạt trong giới hạn của các chỉ dẫn chung như ASTM C330 và C33.

4.2.3.3 Cốt liệu thô có hệ số khối lượng là 1.50 và độ hấp thụ nước là 11.0%.

4.2.3.4 Cốt liệu mịn có độ hấp thụ nước là 1.0%, mô đun độ mịn là 2.80.

Bê tông nhẹ được yêu cầu cho sàn của chung cư phải chịu tan băng và đóng băng trong quá trình xây dựng. Kết cấu yêu cầu cường độ ở 28 ngày đạt 3500psi. Dựa trên các thông tin ở bảng 3.1 và kinh nghiệm, trong điều kiện thi công của kết cấu chọn độ sụt từ 3 đến 4 in cốt liệu nhẹ có kích thước từ sàng số No.4 đến 3/4 in là thích hợp.

Khối lượng thể tích xốp khô của cốt liệu thô là 47 lb/ft<sup>3</sup>. Theo phần 3.2.2, khối lượng các vật liệu thành phần trong 1 yd<sup>3</sup> bê tông được tính toán như sau:

*Bước 1* - Như đã chỉ dẫn ở trên, độ sụt mong muốn là từ 3 đến 4 in.

*Bước 2* - Cốt liệu nhẹ có sẵn ở địa phương, cấp hạt từ 3/4 in đến No.4 là thích hợp.

*Bước 3* - Kết cấu làm việc trong môi trường thời tiết khắc nghiệt trong quá trình xây dựng, do đó sẽ sử dụng bê tông cuốn khí. Lượng nước nhào trộn thích hợp cho bê tông có độ sụt từ 3 đến 4 in, có kích thước danh nghĩa là 3/4 in theo bảng 3.2 là 305 lb/yd<sup>3</sup> với tổng hàm lượng không khí là 6.0%.

*Bước 4* - Từ bảng 3.3, tỷ lệ w/c cần thiết để chế tạo bê tông cuốn khí có cường độ 3500 psi là 0.54. Xem xét thêm điều kiện môi trường khắc nghiệt trong quá trình xây dựng, tỷ lệ w/c hoặc w/cm tối đa từ bảng 3.4 là 0.50.

*Bước 5* - Từ các thông tin nhận được từ bước 3 và 4, hàm lượng xi măng yêu cầu là  $305/0.50 = 610$  lb/yd<sup>3</sup>.

*Bước 6* - Khối lượng của cốt liệu nhẹ (cốt liệu thô) được thiết lập theo bảng 3.5. Với cốt liệu mịn có độ mịn là 2.80 và kích thước danh nghĩa là 3/4 in (19.0mm), tra bảng được thể tích của cốt liệu thô là 0.70 yd<sup>3</sup> dựa trên khối lượng thể tích xốp khô, có thể được sử dụng cho 1 yd<sup>3</sup> bê tông. Do đó, thể tích cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông là  $1 \times 0.7 = 0.7$  yd<sup>3</sup>. Từ khối lượng thể tích xốp khô là 47 lb/ft<sup>3</sup> ta có khối lượng của cốt liệu thô là  $0.70 \times 47 \times 27 = 888$  lb. Cốt liệu thô có lượng nước hấp phụ là 11.0% nên khối lượng ướt của cốt liệu thô là  $1.11 \times 888 = 986$  lb.

*Bước 7* - Với lượng nước, xi măng và cốt liệu thô đã có, lượng vật liệu còn lại trong 1 yd<sup>3</sup> bê tông bao gồm cát và tổng hàm lượng không khí. Lượng cát yêu cầu xác định trên cơ sở khối lượng là sự khác biệt giữa khối lượng bê tông và các vật liệu thành phần.

Từ bảng 3.6, khối lượng của 1 yd<sup>3</sup> bê tông cuốn khí làm bằng cốt liệu nhẹ có hệ số khối lượng là 1.50 tra được là 2980 lb (Với mẻ trộn thử nghiệm ban đầu, sự điều chỉnh chính xác thể tích này thường làm thay đổi độ sụt, hệ số xi măng và hệ số khối lượng của cốt liệu không là nhân tố quyết định). Khối lượng các vật liệu thành phần được tính như sau:

	Trong 1 yd <sup>3</sup>
Nước (nhào trộn)	305 lb
Xi măng	610 lb
Cốt liệu thô	986 lb , ướt
<b>Tổng</b>	<b>1901 lb</b>

Do đó khối lượng khô bề mặt (SSD) của cát là  $2980 - 1901 = 1079$  lb, Khối lượng cát ở trạng thái khô là  $1079/1.01 = 1068$  lb.

*Bước 8* - Với các mẻ trộn trong phòng thí nghiệm, khối lượng của vật liệu thành phần thường được giảm theo tỷ lệ để sản xuất được 1.0 ft<sup>3</sup> bê tông. Khối lượng vật liệu cho 1.0 ft<sup>3</sup> được tính như sau:

Xi măng	$610/27 =$	22.59 lb
Cốt liệu mịn (SSD-khô bề mặt)	$1079/27 =$	39.96 lb
Cốt liệu thô (SSD-khô bề mặt)	$986/27 =$	36.52 lb
Nước	$305/27 =$	11.30 lb
<b>Tổng</b>		<b>110.37 lb</b>

Kiểm tra cho thấy tổng hàm lượng ẩm của cốt liệu thô nhẹ là 15.0% và 6.0% cho cốt liệu mịn. Nước hấp phụ không được tính là một phần của nước nhào trộn và phải điều chỉnh lượng nước cho vào. Do đó, lượng nước phân bố trên bề mặt cốt liệu thô nhẹ là  $15.0 - 11.0 = 4.0\%$  và trên bề mặt cốt liệu mịn là  $6.0 - 1.0 = 5.0\%$ . Điều chỉnh hàm lượng cốt liệu được tính toán như sau:

$$\text{Cốt liệu mịn } (39.96/1.01) \times 1.06 = 41.94 \text{ lb}$$

$$\text{Cốt liệu thô } (36.52/1.11) \times 1.15 = 37.84 \text{ lb}$$

Điều chỉnh lượng nước thêm vào như sau:

$$\text{Nước từ cốt liệu mịn} = 41.96 - 39.96 = 1.98 \text{ lb}$$

$$\text{Nước từ cốt liệu thô} = 37.84 - 36.52 = 1.32 \text{ lb}$$

Do đó lượng nước thêm vào cho mẻ trộn là:

$$11.30 - 1.98 - 1.32 = 8.00 \text{ lb}$$

Khối lượng vật liệu sử dụng cho mẻ trộn thử 1 ft<sup>3</sup> là:

Xi măng	22.59 lb
Cốt liệu mịn (ướt)	41.94 lb
Cốt liệu thô (ướt)	37.84 lb
Nước	8.00 lb
Tổng	<hr/> 110.37 lb

Bước 9 - Mặc dù lượng nước tính toán là 8.00 lb nhưng để đạt được độ sụt mong muốn là 3 đến 4 in thì lượng nước thực tế là 8.64 lb. Do đó mẻ trộn sẽ bao gồm:

Xi măng	22.59 lb
Cốt liệu mịn (ướt)	41.94 lb
Cốt liệu thô (ướt)	37.84 lb
Nước	8.64 lb
Tổng	<hr/> 111.01 lb

Hỗn hợp bê tông được điều chỉnh để thỏa mãn tính công tác và các tính chất hoàn thiện; Tuy nhiên độ sụt đo được chỉ đạt 2 in (50mm) và khối lượng đo được là 108.0 lb. Để có sản lượng cho các mẻ trộn thử sau này, tiến hành điều chỉnh như sau.

Từ sản lượng của mẻ trộn là  $111.01/108.0 = 1.028 \text{ ft}^3$  và lượng nước thực tế là 8.64 lb (thêm vào) + 1.98 (từ cốt liệu mịn) + 1.32 (từ cốt liệu thô) = 11.94 lb lượng nước yêu cầu cho 1  $\text{yd}^3$  bê tông có độ sụt 2 in từ mẻ trộn thử là:

$$(11.94/1.028) \times 27 = 314 \text{ lb}$$

Như trình bày trong phần 4.4.2.3, khối lượng này phải tăng lên khoảng 15  $\text{lb}/\text{yd}^3$  để tăng độ sụt từ 2 in lên 3 in đến 4 in, do đó lượng nước nhào trộn là 329 lb. Khi tăng lượng nước nhào trộn thì lượng xi măng cũng yêu cầu phải tăng lên để giữ nguyên tỷ lệ w/c là 0.5. Khi đó hàm lượng xi măng trong 1  $\text{yd}^3$  bê tông sẽ là:

$$329/0.50 = 658 \text{ lb}$$

Khi đó tính công tác được thỏa mãn, khối lượng của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông sẽ được duy trì như trong mẻ trộn thử. Lượng cốt liệu thô trong 1  $\text{yd}^3$  bê tông là:

$$(37.84/1.028) \times 27 = 994 \text{ lb (ướt)}$$

Và bằng:  $994/1.15 = 864 \text{ lb (khô)}$

Hoặc  $864 \times 1.11 = 959$  lb (khô bề mặt)

Khối lượng mới (hình 4.1) của một đơn vị thể tích bê tông là  $108.0 \times 27 = 2916$  lb/yd<sup>3</sup>.

Do đó, tổng lượng vật liệu mịn trong 1 yd<sup>3</sup> là:

$$2916 - (329 + 658 + 959) = 970 \text{ lb, khô bề mặt}$$

Hoặc  $970/1.01 = 960$  lb, khô

Khối lượng các vật liệu thành phần trong 1 yd<sup>3</sup> bê tông sau khi điều chỉnh là:

Xi măng	658 lb
Cốt liệu mịn (khô)	960 lb
Cốt liệu thô (khô)	864 lb
Nước	434 lb
<hr/>	
Tổng	2916 lb

Hoặc trong điều kiện khô bề mặt là:

Xi măng	658 lb
Cốt liệu mịn (khô)	970 lb
Cốt liệu thô (khô)	959 lb
Nước	329 lb
<hr/>	
Tổng	2916 lb

Kiểm tra mẻ trộn thử với cấp phối đã hiệu chỉnh phải được tiến hành để xác định xem các tính chất mong muốn có đạt được không.

4.2.4 Ví dụ tính toán - Phương pháp 1: Phương pháp khối lượng (tỷ trọng) - Ví dụ thứ hai được tính theo đơn vị inch - pound (Ví dụ B - đơn vị inch - pound) được sử dụng để giải thích phương pháp tính toán. Các điều kiện được chỉ định cho bê tông. Ví dụ B và D (phương pháp thể tích-phương pháp thể tích xốp, ẩm, phần 3.3.4) được tiến hành như nhau để so sánh trực tiếp giữa hai phương pháp.

#### **Yêu cầu:**

- Cường độ nén ở 28 ngày tuổi là 3500 psi;
- Yêu cầu vượt mức thiết kế là 1200 psi (ACI 318, phần 5.3.2.2);
- Cường độ nén trung bình của bê tông ( $f_{cr}'$ ) là: 4700 psi;
- Cốt liệu nhẹ: ASTM C330, kích thước No.4 đến  $3/4$  in;

- Cát: ASTM C33, kích thước No.4 đến 0;
- Phụ gia tạo khí (AEA): để đạt được hàm lượng không khí là  $6 \pm 1\%$ : ASTM C260;
- Phụ gia giảm nước: cho phép sử dụng, tuân theo ASTM C494, loại A và D;
- Độ sụt:  $4 \pm 1$  in; phương pháp thi công thông thường.

### Các thông tin cần thiết

*Từ nhà sản xuất cốt liệu nhẹ:*

- Hệ số khối lượng riêng - 1.48 tại độ ẩm 15% (ACI 211.2, phụ lục A); và
- Hệ số cốt liệu thô đề xuất (CAF) là 870 lb/yd<sup>3</sup> tại độ ẩm 15% (điều kiện cân bằng)

*Từ nhà cung cấp cát:*

- Khối lượng riêng = 2.60; môđun độ mịn = 2.80

*Từ nhà cung cấp xi măng*

- Khối lượng riêng = 3.14;

### Thông tin chung

- Hàm lượng ẩm tại thời gian sử dụng là 15%; và
- Khối lượng riêng của nước là 62.4 lb/ft<sup>3</sup>

### Thiết kế cấp phối

*Bước 1:* Tỷ lệ w/c cho cường độ 4700 psi của bê tông cuốn khí là 0.42 [bảng 3.4, giá trị nội suy].

*Bước 2:* Lượng nước yêu cầu trong 1yd<sup>3</sup> (trên cơ sở SSD) bê tông cuốn khí có độ sụt 3 đến 4 in, cốt liệu có D<sub>max</sub> = 3/4 in là 305 lb, khi sử dụng phụ gia giảm nước thì lượng nước giảm đi 11% do đó lượng nước còn lại là 271 lb (bảng 3.2).

*Bước 3:* Tính toán hàm lượng xi măng: 271 lb/0.42 = 645 lb.

*Bước 4:* Tính toán hàm lượng không khí: 27.00 ft<sup>3</sup>/yd<sup>3</sup> x 0.06 = 1.62 ft<sup>3</sup>.

*Bước 5:* Tính toán thể tích tuyệt đối của cốt liệu nhẹ: 870 lb/1.48 x 62.4 lb/ft<sup>3</sup> = 9.42 ft<sup>3</sup>.

*Bước 6:* Tính thể tích tuyệt đối của cát theo tổng thể tích tuyệt đối của các vật liệu khác và trừ từ 27 ft<sup>3</sup>.

Mục A: Thể tích tuyệt đối của xi măng = 645/(3.14x62.4) = 3.29 ft<sup>3</sup>

$$\text{Mục B: Thể tích tuyệt đối của nước} = 271/(1 \times 62.4) = 4.34 \text{ ft}^3$$

$$\text{Mục C: Thể tích không khí (từ bước 4)} = 1.62 \text{ ft}^3$$

$$\text{Mục D: Thể tích tuyệt đối của cốt liệu nhẹ (từ bước 5)} = 9.42 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tổng thể tích tuyệt đối + thể tích không khí} = 18.67 \text{ ft}^3$$

$$\text{Mục E: Thể tích tuyệt đối của cát} = 27.0 - 18.67 = 8.33 \text{ ft}^3$$

$$\text{Khối lượng của cát} = 8.33 \times 2.60 \times 62.4 = 1351 \text{ lb}$$

Bước 7: Tính toán khối lượng thể tích lý thuyết của hỗn hợp bằng cách cộng tất cả khối lượng của vật liệu thành phần và chia cho 27.

### Khối lượng trong 1 yd<sup>3</sup> (0.76m<sup>3</sup>)

Xi măng	645 lb
Cốt liệu thô nhẹ (điều kiện cân bằng)	870 lb
Cốt liệu mịn (khô)	1351 lb
Nước	271 lb
Tổng	3137 lb/yd <sup>3</sup>
	Hoặc 116.2 lb/ft <sup>3</sup>

Hỗn hợp phải được kiểm tra và điều chỉnh ngoài hiện trường để duy trì sản lượng.

4.2.5 Ví dụ tính toán - Phương pháp 1: phương pháp khối lượng (khối lượng riêng) - Ví dụ sử dụng hệ thống đơn vị SI (ví dụ A-đơn vị SI) được sử dụng để giải thích cách tính cấp phối. Các điều kiện được giả định như sau:

4.2.5.1 Xi măng loại I không cuốn khí.

4.2.5.2 Cốt liệu thô nhẹ và cốt liệu mịn thông thường thoả mãn chất lượng và thành phần hạt trong giới hạn của chỉ dẫn như ASTM C330 và C33.

4.2.5.3 Cốt liệu thô có hệ số khối lượng là 1.50 và độ hấp thụ nước 11.0%.

4.2.5.4 Cốt liệu mịn có độ hấp thụ nước là 1.0%, mô đun độ mịn là 2.80.

Bê tông nhẹ được yêu cầu cho sàn của chung cư phải chịu tan băng và đóng băng trong quá trình xây dựng. Kết cấu yêu cầu cường độ ở 28 ngày đạt 24 Mpa. Dựa trên các thông tin ở bảng 3.1 và kinh nghiệm, trong điều kiện thi công của kết cấu chọn độ sụt từ 75 đến 100 mm cốt liệu nhẹ có kích thước từ sàng số 19.0 đến 5 mm là thích hợp.

Khối lượng thể tích xốp khô của cốt liệu thô là  $47 \text{ lb/ft}^3$  ( $753 \text{ kg/m}^3$ ). Theo phần 3.2.2, khối lượng các vật liệu thành phần trong  $1 \text{ yd}^3$  bê tông được tính toán như sau:

*Bước 1* - Như đã chỉ dẫn ở trên, độ sụt mong muốn là từ 75 đến 100 mm.

*Bước 2* - Cốt liệu nhẹ có sẵn ở địa phương, cấp hạt từ 19.0 đến 5 mm là thích hợp.

*Bước 3* - Kết cấu làm việc trong môi trường thời tiết khắc nghiệt trong quá trình xây dựng, do đó sẽ sử dụng bê tông cuốn khí. Lượng nước nhào trộn thích hợp cho bê tông có độ sụt từ 75 đến 100 mm, có kích thước  $D_{\max}$  là 19.0mm theo bảng 3.2 là  $181 \text{ kg/m}^3$  với tổng hàm lượng không khí là 6.0%.

*Bước 4* - Từ bảng 3.3, tỷ lệ w/c cần thiết để chế tạo bê tông cuốn khí có cường độ 24 Mpa là 0.54. Xem xét thêm điều kiện môi trường khắc nghiệt trong quá trình xây dựng, tỷ lệ w/c hoặc w/cm tối đa từ bảng 3.4 là 0.50.

*Bước 5* - Từ các thông tin nhận được từ bước 3 và 4, hàm lượng xi măng yêu cầu là  $181/0.50 = 362 \text{ kg/m}^3$

*Bước 6* - Khối lượng của cốt liệu thô nhẹ được thiết lập theo bảng 3.5. Với cốt liệu mịn có độ mịn là 2.80 và  $D_{\max}$  là 19.0 mm, tra bảng được thể tích của cốt liệu thô là  $0.70 \text{ m}^3$  dựa trên khối lượng thể tích xốp khô, có thể được sử dụng cho  $1 \text{ m}^3$  bê tông. Do đó, thể tích cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông là  $1 \times 0.7 = 0.7 \text{ m}^3$ . Từ khối lượng thể tích xốp khô là  $753 \text{ kg/m}^3$  ta có khối lượng của cốt liệu thô là  $0.70 \times 753 = 527 \text{ kg}$ . Cốt liệu thô có lượng nước hấp phụ là 11.0% nên khối lượng ướt của cốt liệu thô là  $1.11 \times 527 = 585 \text{ kg}$ .

*Bước 7* - Với lượng nước, xi măng và cốt liệu thô đã có, lượng vật liệu còn lại trong  $1 \text{ m}^3$  bê tông bao gồm cát và tổng hàm lượng không khí. Lượng cát yêu cầu xác định trên cơ sở khối lượng là sự khác biệt giữa khối lượng bê tông và các vật liệu thành phần.

Từ bảng 3.6, khối lượng của  $1 \text{ m}^3$  bê tông cuốn khí làm bằng cốt liệu nhẹ có hệ số khối lượng là 1.50 tra được là 1768 kg (Với mẻ trộn thử nghiệm ban đầu, sự điều chỉnh chính xác thể tích này thường làm thay đổi độ sụt, hệ số xi măng và hệ số khối lượng của cốt liệu không là nhân tố quyết định). Khối lượng các vật liệu thành phần được tính như sau:

	Trong 1 m <sup>3</sup>
Nước (cuối cùng)	181 kg
Xi măng	362 kg
Cốt liệu thô	585 kg, ướt
Tổng	1128 kg

Do đó khối lượng khô bề mặt của cát là  $1768 - 1128 = 640$  kg, Khối lượng cát ở trạng thái khô là  $640/1.01 = 634$  kg.

*Bước 8* - Với các mẻ trộn trong phòng thí nghiệm, khối lượng của vật liệu thành phần thường được giảm theo tỷ lệ để sản xuất được 0.028 m<sup>3</sup> bê tông. Khối lượng vật liệu cho 0.028 m<sup>3</sup> được tính như sau:

Xi măng	$362 \times 0.028 =$	10.14 kg
Cốt liệu mịn (SSD)	$640 \times 0.028 =$	17.92 kg
Cốt liệu thô (SSD)	$585 \times 0.028 =$	16.38 kg
Nước (cuối cùng)	$181 \times 0.028 =$	5.07 kg
Tổng		49.51 kg

Kiểm tra cho thấy tổng hàm lượng ẩm của cốt liệu thô nhẹ là 15.0% và 6.0% cho cốt liệu mịn. Nước hấp phụ không được tính là một phần của nước nhào trộn và phải điều chỉnh lượng nước cho vào. Do đó, lượng nước phân bố trên bề mặt cốt liệu thô nhẹ là  $15.0 - 11.0 = 4.0\%$  và trên bề mặt cốt liệu mịn là  $6.0 - 1.0 = 5.0\%$ . Điều chỉnh hàm lượng cốt liệu được tính toán như sau:

$$\text{Cốt liệu mịn } (17.92/1.01) \times 1.06 = 18.81 \text{ kg}$$

$$\text{Cốt liệu thô } (16.38/1.11) \times 1.15 = 16.97 \text{ kg}$$

Điều chỉnh lượng nước thêm vào như sau:

$$\text{Nước từ cốt liệu mịn} = 18.81 - 17.92 = 0.89 \text{ kg}$$

$$\text{Nước từ cốt liệu thô} = 16.97 - 16.38 = 0.59 \text{ kg}$$

Do đó lượng nước thêm vào cho mẻ trộn là:

$$5.07 - 0.89 - 0.59 = 3.59 \text{ kg}$$

Khối lượng vật liệu sử dụng cho mẻ trộn thử 0.028 m<sup>3</sup> là:

Xi măng	10.14 kg
Cốt liệu mịn (ướt)	18.81 kg
Cốt liệu thô (ướt)	16.97 kg
Nước (cho vào)	3.59 kg
Tổng	49.51 kg

*Bước 9* - Mặc dù lượng nước tính toán là 3.59 kg nhưng lượng nước thực tế sử dụng để đạt được độ sụt 50 mm thì lượng nước thực tế là 3.88 kg. Do đó mẻ trộn sẽ bao gồm:

Xi măng	10.14 kg
Cốt liệu mịn (ướt)	18.81 kg
Cốt liệu thô (ướt)	16.97 kg
Nước	3.88 kg
Tổng	49.80 kg

Hỗn hợp bê tông được điều chỉnh để thoả mãn tính công tác và các tính chất hoàn thiện; Tuy nhiên độ sụt đo được chỉ đạt 50 mm và khối lượng đo được là 1730 kg/m<sup>3</sup>. Để có sản lượng cho các mẻ trộn thử sau này, tiến hành điều chỉnh như sau.

Từ sản lượng của mẻ trộn là 19.80/1730 = 0.0288 m<sup>3</sup> và lượng nước thực tế là 3.88 (thêm vào) + 0.89 (từ cốt liệu mịn) + 0.59 (từ cốt liệu thô) = 5.36 kg, lượng nước yêu cầu cho 1 m<sup>3</sup> bê tông có độ sụt 50 mm từ mẻ trộn thử là:

$$(5.36/0.0288) = 186 \text{ kg}$$

Như trình bày trong phần 4.4.2.3, khối lượng này phải tăng lên khoảng 9 kg/m<sup>3</sup> để tăng độ sụt từ 50 mm lên 75 đến 100 mm, do đó lượng nước nhào trộn là 195 kg. Khi tăng lượng nước nhào trộn thì lượng xi măng cũng yêu cầu phải tăng lên để giữ nguyên tỷ lệ W/C là 0.5. Khi đó hàm lượng xi măng trong 1 m<sup>3</sup> bê tông sẽ là:

$$195/0.50 = 390 \text{ kg/m}^3$$

Khi đó tính công tác được thoả mãn, khối lượng của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông sẽ được duy trì như trong mẻ trộn thử. Lượng cốt liệu thô trong 1 m<sup>3</sup> bê tông là:

$$(16.97/0.0288) = 589 \text{ kg (ướt)}$$

Và bằng:  $589/1.15 = 512$  kg (khô)

Hoặc  $512 \times 1.11 = 569$  kg (SSD)

Khối lượng mới (hình 4.1) của một đơn vị thể tích bê tông là  $1730 \text{ kg/m}^3$ . Do đó, tổng lượng vật liệu mịn trong  $1 \text{ m}^3$  là:

$$1730 - (195 + 390 + 569) = 576 \text{ kg, (SSD)}$$

Hoặc  $576/1.01 = 570$  kg (khô)

Khối lượng các vật liệu thành phần trong  $1 \text{ m}^3$  bê tông sau khi điều chỉnh là:

Xi măng	390 kg
Cốt liệu mịn (khô)	570 kg
Cốt liệu thô (khô)	512 kg
Nước (tổng)	258 kg
Tổng	<hr/> 1730 kg

Hoặc trong điều kiện khô bề mặt là:

Xi măng	390 kg
Cốt liệu mịn (khô)	576 kg
Cốt liệu thô (khô)	568 kg
Nước (cuối cùng)	196 kg
Tổng	<hr/> 1730 kg

Kiểm tra mẻ trộn thử với cấp phối đã hiệu chỉnh phải được tiến hành để xác định xem các tính chất mong muốn có đạt được không.

4.2.6 Ví dụ tính toán - Phương pháp 1: Phương pháp khối lượng (tỷ trọng) - Ví dụ thứ hai được tính theo đơn vị SI (Ví dụ B - đơn vị SI) được sử dụng để giải thích phương pháp tính toán. Các điều kiện được chỉ định cho bê tông. Ví dụ B và D (phương pháp thể tích-phương pháp thể tích xếp, ẩm, phần 3.3.4) được tiến hành như nhau để so sánh trực tiếp giữa hai phương pháp.

#### Yêu cầu:

- Cường độ nén ở 28 ngày tuổi là 24 Mpa;
- Yêu cầu vượt mức thiết kế là 8 Mpa (ACI 318, phần 5.3.2.2);
- Cường độ nén trung bình của bê tông ( $f_{cr}'$ ) là: 32 Mpa;

- Cốt liệu nhẹ: ASTM C330, kích thước từ 19 đến 5 mm;
- Cát: ASTM C33, kích thước 5 đến 0 mm;
- Phụ gia tạo khí (AEA): để đạt được hàm lượng không khí là  $6 \pm 1\%$ : ASTM C260;
- Phụ gia giảm nước: cho phép sử dụng, tuân theo ASTM C494, loại A và D;
- Độ sụt  $100 \pm 25$  mm; phương pháp thi công thông thường.

### Các thông tin cần thiết

*Từ nhà sản xuất cốt liệu nhẹ:*

- Hệ số khối lượng riêng - 1.48 tại độ ẩm 15% (ACI 211.2, phụ lục A); và
- Hệ số cốt liệu thô đề xuất (CAF) là  $516 \text{ kg/m}^3$  tại độ ẩm 15%

*Từ nhà cung cấp cát:*

- Khối lượng riêng = 2.60; môđun độ mịn = 2.80

*Từ nhà cung cấp xi măng*

- Khối lượng riêng = 3.14;

### Thông tin chung

- Hàm lượng ẩm tại thời gian sử dụng là 15%; và
- Khối lượng riêng của nước là  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

### Thiết kế cấp phối

*Bước 1:* Tỷ lệ w/c cho cường độ 32 Mpa của bê tông cuốn khí là 0.42 (bảng 3.4, giá trị nội suy).

*Bước 2:* Lượng nước yêu cầu trong  $1 \text{ m}^3$  bê tông cuốn khí (trên cơ sở khô bề mặt) có độ sụt 75 đến 100 mm, cốt liệu có  $D_{\max} = 19 \text{ mm}$  là 181 kg, khi sử dụng phụ gia giảm nước thì lượng nước giảm đi 11% do đó lượng nước còn lại là 161 kg (bảng 3.2).

*Bước 3:* Tính toán hàm lượng xi măng:  $161/0.42 = 383 \text{ kg}$ .

*Bước 4:* Tính toán hàm lượng không khí:  $= 0.06 \text{ m}^3$ .

*Bước 5:* Tính toán thể tích tuyệt đối của cốt liệu nhẹ:  $516/(1.48 \times 1000) = 0.349 \text{ m}^3$ .

*Bước 6:* Tính thể tích tuyệt đối của cát theo tổng thể tích tuyệt đối của các vật liệu khác và trừ từ  $1 \text{ m}^3$ .

<u>Mục A:</u> Thể tích tuyệt đối của xi măng	$= 383/(3.14 \times 1000)$	$= 0.122 \text{ m}^3$
<u>Mục B:</u> Thể tích tuyệt đối của nước	$= 161/(1 \times 1000)$	$= 0.161 \text{ m}^3$
<u>Mục C:</u> Thể tích không khí (từ bước 4)		$= 0.060 \text{ m}^3$
<u>Mục D:</u> Thể tích tuyệt đối của cốt liệu nhẹ (từ bước 5)		$= 0.349 \text{ m}^3$
<u>Tổng thể tích tuyệt đối + thể tích không khí</u>		$= 0.692 \text{ m}^3$
<u>Mục E:</u> Thể tích tuyệt đối của cát	$= 1.0 - 0.692$	$= 0.308 \text{ m}^3$
Khối lượng của cát	$= 0.308 \times 2.60 \times 1000$	$= 800 \text{ kg}$

Bước 7: Tính toán khối lượng thể tích lý thuyết của hỗn hợp bằng cách cộng tất cả khối lượng của vật liệu thành phần.

### Khối lượng trong 1 m<sup>3</sup>

Xi măng	383 kg
Cốt liệu thô nhẹ (điều kiện cân bằng)	516 kg
Cốt liệu mịn (khô)	800 kg
Nước (tổng)	161 kg
Tổng	1860 kg/m <sup>3</sup>

Hỗn hợp phải được kiểm tra và điều chỉnh ngoài hiện trường để duy trì sản lượng.

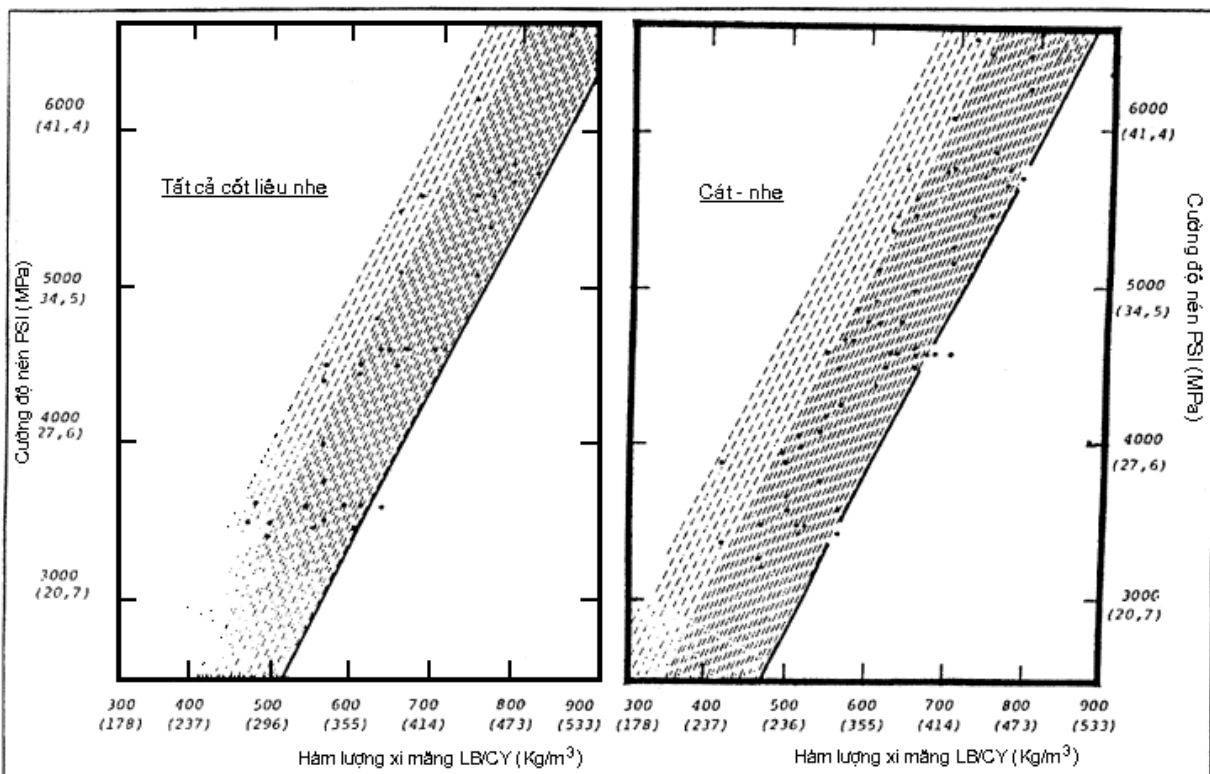
#### 4.3 Phương pháp 2: Phương pháp thể tích (ấm, thể tích xếp)

Sử dụng cho tất cả cốt liệu nhẹ hoặc kết hợp cốt liệu nhẹ và cốt liệu thông thường.

- 4.3.1 Một số nhà sản xuất cốt liệu nhẹ đề xuất thiết kế cấp phối thử nghiệm dựa trên thể tích xếp, ấm. Phương pháp này được áp dụng cho tất cả cốt liệu nhẹ hoặc cho bê tông cát nhẹ bao gồm các kết hợp khác nhau của cốt liệu nhẹ và cốt liệu thông thường. Tổng thể tích yêu cầu của cốt liệu, đo được bằng tổng thể tích không được phối hợp trên cơ sở ấm, xếp, thường bằng từ 28 đến 34 ft<sup>3</sup>/yd<sup>3</sup> (1.04 đến 1.26 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>). Với tổng thể tích này, thể tích xếp của cốt liệu mịn có thể bằng 40 đến 60% của tổng thể tích xếp. Cả tổng thể tích xếp yêu cầu của cốt liệu và tỷ lệ của cốt liệu thô và mịn tùy thuộc vào một số thay đổi; những thay đổi này liên hệ cho cả trạng thái tự nhiên của cốt liệu và cho các tính chất của bê tông được sản xuất. Thiết lập khối lượng yêu cầu của bê tông nhẹ bao hàm cả thiết lập hàm lượng xi măng để đáp ứng được cường độ yêu cầu. Các nhà sản xuất cốt liệu phải được tư vấn để đạt được hàm lượng xi măng thích hợp nhất và tỷ lệ cấp phối để đạt được cường độ mong muốn và khối lượng thể tích với cốt liệu cụ thể. Khi những thông tin này không có sẵn, chỉ có thể lựa chọn vật liệu thay thế khác để chế tạo một số lượng các mẻ trộn thử với các hàm lượng xi măng khác nhau để có được một giới hạn về cường độ nén bao gồm cả cường độ nén mong muốn.

4.3.2 *Thiết lập hàm lượng xi măng* - Mối quan hệ về hàm lượng xi măng - cường độ là giống nhau với cùng một nguồn cốt liệu nhẹ nhưng sẽ khác biệt lớn giữa các nguồn cốt liệu. Do đó, nhà sản xuất cốt liệu phải được tư vấn cho hàm lượng xi măng thích hợp nhất cần thiết để đạt được cường độ mong muốn. Khi những thông tin này không có sẵn, hàm lượng xi măng có thể lấy theo dữ liệu trong hình 3.1.

4.3.3 *Ví dụ tính toán* - Một ví dụ (ví dụ C) sẽ được sử dụng để giải thích phương pháp thiết kế. Giả thiết là bê tông cát nhẹ có cường độ nén 4000 psi (27.6 Mpa), khối lượng không lớn hơn 105 lb/ft<sup>3</sup> (1682 kg/m<sup>3</sup>), khô không khí (như trong ASTM C567), được đổ bằng gàu với độ sụt 4 in (100 mm). Khối lượng thể tích xốp, ẩm cho cốt liệu nhẹ thô và mịn được xác định là 47 và 55 lb/ft<sup>3</sup> (753 và 881 kg/m<sup>3</sup>). Cốt liệu mịn thông thường có khối lượng thể tích là 100 lb/ft<sup>3</sup> (1602 kg/m<sup>3</sup>) hoặc 102 lb/ft<sup>3</sup> (1634 kg/m<sup>3</sup>) trong điều kiện khô bề mặt với lượng nước hấp phụ là 2%.



**Hình 3.1** - Mối quan hệ giữa cường độ nén và hàm lượng xi măng của bê tông ngoài hiện trường có cốt liệu mịn nhẹ và cốt liệu thô hoặc cốt liệu thô nhẹ và cốt liệu mịn thông thường (các điểm trên đồ thị đại diện cho cường độ thực tế tương ứng với một số hàm lượng xi măng và các nguồn cốt liệu)

Khối lượng thể tích có thể bị ảnh hưởng bởi độ ẩm trên bề mặt cốt liệu, trong khi đó nó có ảnh hưởng một chút đến cốt liệu thô, do đó phải tính với cả cốt liệu mịn khi sử dụng theo phương pháp xốp, ẩm. Điều này làm tăng thể tích của cốt liệu mịn nhẹ, thường trong giới hạn 2 đến 3%, tùy thuộc vào điều kiện đặc trưng của cốt liệu. Cốt liệu mịn thông thường có thể bị thay đổi từ các nguồn cung cấp khác nhau trong cùng một vùng và tốt nhất là được điều chỉnh trên cơ sở thể tích xốp, khô cộng thêm độ ẩm. Các nhà sản xuất cốt liệu nhẹ tại địa phương đã được tư vấn và được đề xuất cho bê tông có hàm lượng xi măng 580lb (344 kg) trong 1 yd<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup>) với 17ft<sup>3</sup> (0.63 m<sup>3</sup>) nếu là cốt liệu thô nhẹ và 5 ft<sup>3</sup> (0.18 m<sup>3</sup>) nếu là cốt liệu mịn nhẹ, và 9-

1/2 ft<sup>3</sup> (0.35m<sup>3</sup>) nếu là cốt liệu mịn thông thường trong 1 yd<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup>) bê tông. Một mẻ trộn 1ft<sup>3</sup> (0.028 m<sup>3</sup>) sẽ được chế tạo. Bảng tính toán như sau:

	Khối lượng mẻ trộn thử, âm, xấp, lb	Khối lượng điều chỉnh trong 1yd <sup>3</sup> âm, xấp, lb
Xi măng	$\frac{580}{27} = 21.5$	$\frac{27}{1.011} \times 21.5 = 574$
Cốt liệu thô nhẹ	$\frac{17 \times 47}{27} = 29.6$	$\frac{27}{1.011} \times 29.6 = 791$
Cốt liệu mịn nhẹ	$\frac{5 \times 55}{27} = 10.2$	$\frac{27}{1.011} \times 10.2 = 272$
Cốt liệu mịn thông thường	$\frac{9.5 \times 102}{27} = 35.9$	$\frac{27}{1.011} \times 35.9 = 959$
Nước (độ sụt 4 in)	11.2	$\frac{27}{1.011} \times 11.2 = 299$
Tổng khối lượng	108.4	2895

Khối lượng thể tích của hỗn hợp, ASTM C138 = 107.2 lb/ft<sup>3</sup>

Sản lượng: 108.4 lb/ft<sup>3</sup> / 107.2 lb/ft<sup>3</sup> = 1.011 lb/ft<sup>3</sup>

Hàm lượng không khí ASTM C173 = 6.3 %

Bảng tính cho một mẻ trộn 0.028m<sup>3</sup> sử dụng hệ thống đơn vị SI.

	Khối lượng mẻ trộn thử, âm, xấp, kg	Khối lượng điều chỉnh trong 1m <sup>3</sup> âm, xấp, kg
Xi măng	344 x 0.028 = 9.63	$\frac{9.63}{0.0282} = 341$
Cốt liệu thô nhẹ	0.028 x 0.063 x 753 = 13.28	$\frac{13.28}{0.0282} = 157$
Cốt liệu mịn nhẹ	0.028 x 0.18 x 881 = 4.44	$\frac{4.44}{0.0282} = 157$
Cốt liệu mịn thông thường	0.028 x 0.35 x 1634 = 16.01	$\frac{16.01}{0.0282} = 568$
Nước (độ sụt 100 mm)	5.08	$\frac{5.08}{0.0282} = 180$
Tổng khối lượng	48.44	1717

Khối lượng thể tích của hỗn hợp, ASTM C138 = 1717 kg/m<sup>3</sup>

Sản lượng: 48.44 kg / 107.2 kg/m<sup>3</sup> = 0.0282 kg/m<sup>3</sup>

Hàm lượng không khí ASTM C173 = 6.3 %



Thông thường phương pháp để thiết lập cấp phối thử nghiệm là sử dụng cấp phối đã được thiết lập từ trước có cùng nguồn vật liệu và các tính chất tương tự. Các nhà cung cấp cốt liệu nhẹ có thể cung cấp cấp dữ liệu cấp phối cho các áp dụng khác. Các thông tin của họ thực sự hữu ích để bắt đầu cho thiết kế cấp phối thử nghiệm cho các vật liệu cụ thể. Các cấp phối thử nghiệm phải được chuẩn bị trong trường hợp thiếu các dữ liệu thiết lập trước với cùng loại vật liệu sử dụng tại công trình. Cấp phối thử nghiệm phải được tiến hành với ít nhất ba hàm lượng xi măng khác nhau và phải có được tính công tác và hàm lượng không khí mong muốn để đảm bảo độ bền và tính công tác của bê tông dự định sử dụng.

Một phương pháp để thiết lập cấp phối thử nghiệm trong điều kiện thiếu các dữ liệu thoả mãn để sử dụng, phát triển hoặc đạt được từ nhà sản xuất cốt liệu nhẹ như đồ thị hình 3.2.

Đồ thị được phát triển qua một số mẻ trộn thử có hàm lượng xi măng thay đổi, hàm lượng không khí tương đương nhau (4 đến 6%), độ sụt được giữ trong khoảng  $5 \pm 1$  in ( $125 \pm 25$  mm), sau đó vẽ đường cong thể tích của vật liệu xốp, khô (cốt liệu nhẹ từ 3/4 in đến sàng No.4 [19 đến 5 mm] và cát tự nhiên từ sàng No.4 đến 0 [5 đến 0 mm]) cho các cấp phối có tính công tác tốt và sản lượng thích hợp. Phương pháp này tương tự với một phương pháp được sử dụng để phát triển các giá trị hệ số cốt liệu thô ban đầu được sử dụng cùng với môđun độ mịn để đánh giá bê tông nặng thông thường.

Đồ thị cũng được phát triển để tối thiểu hoá hoặc loại trừ các cấp phối không cần thiết để thiết lập tỷ lệ vật liệu thích hợp khi xác định: sản lượng, tính công tác, tổn thất và cường độ. Điều này cho phép kỹ sư công nghệ lựa chọn ba cấp phối thử nghiệm, hoặc có thể là một cấp phối, để kiểm tra cho vật liệu cụ thể với mức chấp nhận của thiết kế. Sau khi các cấp phối thử nghiệm được lựa chọn cùng với phương pháp kiểm tra này, nó sẽ rõ ràng như đường thẳng B-B trong hình 3.2 và có thể chuyển thành đường A-A hoặc C-C với cùng độ dốc. Sự định chuyển của đường thẳng B-B là do sự thay đổi trong thành phần hạt, thay đổi từ một kích thước cốt liệu sang kích thước khác, sự điều chỉnh kết cấu bề mặt hoặc tính công tác, hoặc cho khả năng bơm hay phương pháp đổ khuôn thông thường, (Chẳng hạn như, nếu thay đổi cấp hạt theo ASTM C330 từ 3/4 in đến sàng No.4 [19 đến 5 mm] thành 3/8 in đến sàng No.8 [9.5 đến 2.38mm], đường thẳng B-B sẽ đi xuống thành C-C do giảm hàm lượng lỗ rỗng). Đường thẳng B-B (A-A và C-C) liên hệ thể tích của cốt liệu với thể tích của xi măng. Ví dụ, giảm hàm lượng xi măng từ 658 xuống còn 564 lb/yd<sup>3</sup> (390 xuống 355 kg/m<sup>3</sup>) trên hình 3.2, đường thẳng B-B, thể tích cốt liệu tăng từ 30 đến 30.5 ft<sup>3</sup>/yd<sup>3</sup> (1.11 đến 1.13 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)

Một điều thuận lợi nữa của phương pháp này là khi các mẫu thử lấy từ các mẻ trộn thử được kiểm tra, đường cong quan hệ cường độ - hàm lượng xi măng (hoặc phạm vi) có thể được vẽ tương tự như hình 3.3.

### Ví dụ tính toán (đơn vị inch - pounds)

*Các thông tin từ nhà sản xuất cốt liệu nhẹ:*

- Khối lượng thể tích xốp, khô là 43 lb/ft<sup>3</sup>, và tổng lượng nước là 420 lb/yd<sup>3</sup>.
- Lượng nước hấp phụ khi ngâm trong nước 48 giờ là 23%.
- Hệ số cốt liệu thô là 16.7 ft<sup>3</sup>/yd<sup>3</sup>.

*Các thông tin từ nhà cung cấp cát:*

- Khối lượng thể tích xốp, khô là 100 lb/ft<sup>3</sup>.

**Bước 1:** Thiết lập mẻ trộn thử 1 yd<sup>3</sup> dựa trên cơ sở khối lượng khô.

- Từ hình 3.3: hàm lượng xi măng là 645 lb (điểm A).
- Từ thông tin chung: hàm lượng cốt liệu nhẹ có kính thước  $D_{max} = 3/4$  in là :  $(16.7 \text{ ft}^3/\text{yd}^3) (43 \text{ lb}/\text{ft}^3) = 718 \text{ lb}/\text{yd}^3$ .
- Từ hình 3.2: hàm lượng cát là  $30.2 \text{ ft}^3/\text{yd}^3 - 16.7 \text{ ft}^3/\text{yd}^3 = 13.50 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$  và  $(13.50 \text{ ft}^3/\text{yd}^3) (100 \text{ lb}/\text{ft}^3) = 1350 \text{ lb}$ .
- Từ thông tin chung: hàm lượng nước là 420 lb; cũng có thể thiết lập hàm lượng nước từ bảng 3.2 và thêm vào lượng nước bằng lượng nước hấp phụ trong 48 giờ.

$$3133 \text{ lb}/\text{yd}^3 \text{ (dẻo)} \text{ hoặc } 116.0 \text{ lb}/\text{ft}^3 \text{ (dẻo)}$$

**Bước 2:** Khối lượng khô không khí tương đương

(đây là khối lượng dẻo trừ đi khối lượng thủy hoá khô và hiệu chỉnh cho lượng nước còn lại).

$(645 \text{ lb xi măng}) + (0.20 \text{ nước thủy hoá, ASTM C567-91, phần 9.4})(645 \text{ lb xi măng}) = 774 \text{ lb}$  là khối lượng xi măng thủy hoá.

cộng với khối lượng khô của cốt liệu nhẹ = 718 lb

cộng với khối lượng khô của cát = 1350 lb

tổng khối lượng khô = 2842 lb/yd<sup>3</sup>

hoặc 1053 lb/ft<sup>3</sup>

Khối lượng thể tích dẻo trừ đi khối lượng thủy hoá khô là  $116.0 \text{ lb}/\text{ft}^3 - 105.3 \text{ lb}/\text{ft}^3 = 10.7 \text{ lb}/\text{ft}^3$  và  $(10.7 \text{ lb}/\text{ft}^3) (75\% \text{ hệ số độ ẩm còn lại, ASTM C567-91, phần 9.7}) = 8.0 \text{ lb}/\text{ft}^3$  và  $(8.0 \text{ lb}/\text{ft}^3 \text{ độ ẩm còn lại}) + (105.3 \text{ lb}/\text{ft}^3 \text{ khô}) = 113.3 \text{ lb}/\text{ft}^3$  là khối lượng khô không khí tương đương.

**Bước 3:** Chuyển đổi cấp phối khô sang cấp phối ở điều kiện "cân bằng". Giả thiết rằng thiết kế cấp phối khô sử dụng trước đây là cấp phối được thực hiện ở công trường cho bê tông trộn sẵn và đổ qua cầu trượt của xe tải. Để giảm thiểu khả năng mất độ sụt do nước hấp phụ gây ra, cốt liệu nhẹ đã được tưới nước trong 48 giờ và ngừng tưới khoảng 1 giờ trước khi trộn bê tông để nước thừa trên bề mặt cốt liệu chảy hết và nước trong các hốc ổn định.

Người kỹ thuật viên ngoài hiện trường trước tiên phải tiến hành để có ba giá trị khối lượng thể tích xấp đại diện của cốt liệu trong điều kiện ẩm hoặc trong điều kiện cân

bằng (ráo nước hoặc đầm nước). Số các giá trị khối lượng phải nằm trong giới hạn hẹp (xem ASTM C330). Một giới hạn lớn hơn có thể được chỉ dẫn cho sự thay đổi của các cấp hạt, hàm lượng ẩm, hoặc không cần thận trọng khi đo khối lượng thể tích xốp. Khối lượng thể tích xốp ngoài hiện trường là:

$$\frac{51\text{lb} / \text{ft}^3 + 52\text{lb} / \text{ft}^3 + 53\text{lb} / \text{ft}^3}{3} = 52\text{lb} / \text{ft}^3, \text{ xốp, trong điều kiện cân bằng}$$

Nhân khối lượng thể tích xốp trong điều kiện cân bằng với hệ số cốt liệu thô: (52 lb/ft<sup>3</sup>) (16.7 ft<sup>3</sup>/yd<sup>3</sup>) = 868 lb/ft<sup>3</sup>.

Từ thông tin lượng nước trộn ngoài hiện trường này, hoặc nước thêm vào, có thể được thiết lập.

868 lb/yd<sup>3</sup>    Cốt liệu nhẹ (xốp, trong điều kiện cân bằng)

- 718 lb/yd<sup>3</sup>    Cốt liệu nhẹ (xốp, khô)

150 lb/yd<sup>3</sup>    Nước trong, (được hấp phụ) và ngoài, (được hấp phụ) trên cốt liệu nhẹ

Nếu lượng nước hấp phụ ngoài hiện trường trong 48 giờ là 18% khi đó:

(718 lb/yd<sup>3</sup>) (0.18 hấp phụ) = 129 lb/yd<sup>3</sup> nước hấp phụ và tự do trên bề mặt hoặc lượng nước được hấp phụ là 150 lb/yd<sup>3</sup> - 129 lb/yd<sup>3</sup> = 21 lb/yd<sup>3</sup>.

Tiếp theo, tiến hành điều chỉnh độ ẩm trên bề mặt của cát; giả thiết độ ẩm bề mặt là 3%.

$$1.000 + \frac{0.03}{1.000} + \frac{0.005}{1.000} = 1.035, \text{ và}$$

$$(1350 \text{ lb/ft}^3 \text{ cát khô}) (1.035 \text{ cho tổng hàm lượng ẩm}) = 1397 \text{ lb/yd}^3.$$

Nước trộn ngoài hiện trường là:

$$420 \text{ lb/yd}^3 - 150 \text{ lb/yd}^3 = 270 \text{ lb/yd}^3 \text{ hoặc}$$

$$420 \text{ lb/yd}^3 - 129 \text{ lb/yd}^3 \text{ (nước hấp phụ)} - 21 \text{ lb/yd}^3 \text{ (nước bề mặt)} = 270 \text{ lb/yd}^3 \text{ và}$$

$$270 \text{ lb/yd}^3 - 47 \text{ lb/yd}^3 \text{ độ ẩm trong cát} = 223 \text{ lb/yd}^3.$$

Từ các thông tin này, ta có cấp phối ngoài hiện trường như sau:

Khối lượng ngoài hiện trường cho 1yd<sup>3</sup> trong điều kiện "cân bằng"

Xi măng	645 lb
Cốt liệu thô nhẹ, $D_{max} = 3/4$ in (điều kiện cân bằng)	870 lb
Cốt liệu mịn (ướt)	1397 lb
Nước	223 lb
Tổng	<u>3135 lb/yd<sup>3</sup></u> hoặc 116.1 lb/yd <sup>3</sup> , dẻo

Sau khi trộn, cấp phối này phải được kiểm tra trong dai đoạn dẻo cho sản lượng, độ sụt và hàm lượng không khí.

Các hiệu chỉnh thích hợp phải được tiến hành khi cần thiết nằm trong dung sai cho phép của bê tông.

Cấp phối phải được điều chỉnh ngoài hiện trường để duy trì sản lượng của bê tông.

### Ví dụ tính toán (đơn vị mét)

*Các thông tin từ nhà sản xuất cốt liệu nhẹ:*

- Khối lượng thể tích xốp, khô là  $689 \text{ kg/m}^3$  và tổng lượng nước là  $249 \text{ kg/m}^3$ .
- Lượng nước hấp phụ khi ngâm trong nước 48 giờ là 23%.
- Hệ số cốt liệu thô là  $0.618 \text{ m}^3/\text{m}^3$ .

*Các thông tin từ nhà cung cấp cát:*

- Khối lượng thể tích xốp, khô là  $100 \text{ lb/ft}^3$  ( $1602 \text{ kg/m}^3$ ).

**Bước 1:** Thiết lập mẻ trộn thử  $1 \text{ m}^3$  dựa trên cơ sở khối lượng khối khô.

- Từ hình 3.3: hàm lượng xi măng là 338 kg (điểm A).
- Từ thông tin chung: hàm lượng cốt liệu nhẹ có kích thước  $D_{max} = 19\text{mm}$  là :  $(0.618 \text{ m}^3/\text{m}^3) (689 \text{ kg/m}^3) = 426 \text{ kg/m}^3$ .
- Từ hình 3.2: hàm lượng cát là  $(1.118 - 0.618)1602 \text{ kg/m}^3 = 801 \text{ kg/m}^3$ .
- Từ thông tin chung: hàm lượng nước là 249 kg; cũng có thể thiết lập hàm lượng nước từ bảng 3.2 và thêm vào lượng nước bằng lượng nước hấp phụ trong 48 giờ.

1859  $\text{kg/m}^3$  (dẻo)

**Bước 2:** Khối lượng khô không khí tương đương

(đây là khối lượng dẻo trừ đi khối lượng thủy hoá khô và hiệu chỉnh cho lượng nước còn lại).

$(386 \text{ kg xi măng}) + (0.20 \text{ nước thủy hoá, ASTM C567-91, phần 9.4})(386 \text{ kg xi măng}) = 463 \text{ kg}$  là khối lượng xi măng thủy hoá.

cộng với khối lượng khô của cốt liệu nhẹ	= 463 kg
cộng với khối lượng khô của cát	= <u>802 kg</u>
tổng khối lượng khô	= 1690 kg/m <sup>3</sup>

Khối lượng thể tích dẻo trừ đi khối lượng thủy hoá khô là  $1859 \text{ kg/m}^3 - 1690 \text{ kg/m}^3 = 169 \text{ kg/m}^3$  và  $(169 \text{ kg/m}^3) (75\% \text{ hệ số độ ẩm còn lại, ASTM C567-91, phần 9.7}) = 127 \text{ kg/m}^3$  và  $(127 \text{ kg/m}^3 \text{ độ ẩm còn lại}) + (1690 \text{ kg/m}^3 \text{ khô}) = 1817 \text{ kg/m}^3$  là khối lượng khô không khí tương đương.

**Bước 3:** Chuyển đổi cấp phối khô sang cấp phối ở điều kiện cân bằng. Giả thiết rằng thiết kế cấp phối khô sử dụng trước đây là cấp phối được thực hiện ở công trường cho bê tông trộn sẵn và đổ qua cầu trượt của xe tải. Để giảm thiểu khả năng mất độ sụt do nước hấp phụ gây ra, cốt liệu nhẹ đã được tưới nước trong 48 giờ và ngừng tưới khoảng 1 giờ trước khi trộn bê tông để nước thừa trên bề mặt cốt liệu chảy hết và nước trong các hốc ổn định.

Người kỹ thuật viên ngoài hiện trường trước tiên phải tiến hành để có ba giá trị khối lượng thể tích xốp đại diện của cốt liệu trong điều kiện ẩm hoặc trong điều kiện cân bằng (ráo nước hoặc đầm nước). Số các giá trị khối lượng phải nằm trong giới hạn hẹp (xem ASTM C330). Một giới hạn lớn hơn có thể được chỉ dẫn cho sự thay đổi của các cấp hạt, hàm lượng ẩm, hoặc không cần thận trọng khi đo khối lượng thể tích xốp. Khối lượng thể tích xốp ngoài hiện trường là:

$$\frac{817 \text{ kg/m}^3 + 833 \text{ kg/m}^3 + 849 \text{ kg/m}^3}{3} = 833 \text{ kg/m}^3, \text{ xốp, điều kiện cân bằng}$$

Nhân khối lượng thể tích xốp trong điều kiện cân bằng với hệ số cốt liệu thô:  $(833 \text{ kg/m}^3) (0.618 \text{ m}^3/\text{m}^3) = 515 \text{ kg/m}^3$ .

Từ thông tin lượng nước trộn ngoài hiện trường này, hoặc nước thêm vào, có thể được thiết lập.

515 kg/m <sup>3</sup>	Cốt liệu nhẹ (xốp, trong điều kiện cân bằng)
<u>- 426 kg/m<sup>3</sup></u>	<u>Cốt liệu nhẹ</u> (xốp, khô)

89 kg/m<sup>3</sup> Nước trong, (được hấp phụ) và ngoài, (được hấp phụ) trên cốt liệu nhẹ

Nếu lượng nước hấp phụ ngoài hiện trường trong 48 giờ là 18% khi đó:

(426 kg/m<sup>3</sup>) (0.18 hấp phụ) = 77 kg/m<sup>3</sup> nước hấp phụ và tự do trên bề mặt hoặc lượng nước được hấp phụ là 89 kg/m<sup>3</sup> - 77 kg/m<sup>3</sup> = 12 kg/m<sup>3</sup>.

Tiếp theo, tiến hành điều chỉnh độ ẩm trên bề mặt của cát; giả thiết độ ẩm bề mặt là 3%.

$$1.000 + \frac{0.03}{1.000} + \frac{0.005}{1.000} = 1.035, \text{ và}$$

$$(801 \text{ kg/m}^3 \text{ cát khô}) (1.035 \text{ cho tổng hàm lượng ẩm}) = 829 \text{ kg/m}^3.$$

Nước trộn ngoài hiện trường là:

$$249 \text{ kg/m}^3 - 89 \text{ kg/m}^3 = 160 \text{ kg/m}^3 \text{ hoặc}$$

$$249 \text{ kg/m}^3 - 77 \text{ kg/m}^3 \text{ (nước hấp phụ)} - 12 \text{ kg/m}^3 \text{ (nước bề mặt)} = 160 \text{ kg/m}^3 \text{ và}$$

$$160 \text{ kg/m}^3 - 28 \text{ kg/m}^3 \text{ độ ẩm trong cát} = 132 \text{ kg/m}^3.$$

Từ các thông tin này, ta có cấp phối ngoài hiện trường như sau:

Khối lượng ngoài hiện trường cho 1 m<sup>3</sup> trong điều kiện "cân bằng"

Xi măng	383 kg
Cốt liệu thô nhẹ, D <sub>max</sub> = 19 mm (điều kiện cân bằng)	519 kg
Cốt liệu mịn (ướt)	829 kg
Nước	132 kg
Tổng	1859 kg/m <sup>3</sup>

Sau khi trộn, cấp phối này phải được kiểm tra trong dai đoạn dẻo cho sản lượng, độ sụt và hàm lượng không khí.

Các hiệu chỉnh thích hợp phải được tiến hành khi cần thiết nằm trong dung sai cho phép của bê tông.

Cấp phối phải được điều chỉnh ngoài hiện trường để duy trì sản lượng của bê tông.

## CHƯƠNG 5 ĐIỀU CHỈNH THÀNH PHẦN CẤP PHỐI

## 5.1 Giới thiệu chung

Trong thiết kế cấp phối bê tông thông thường (ACI 211.1), thể tích thay thế hoặc thể tích tuyệt đối của mỗi thành phần trong cấp phối (ngoại trừ hàm lượng không khí) được tính toán bằng khối lượng theo lb (kg) của các thành phần đó chia cho  $62.4 \text{ lb/ft}^3$  ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ) và khối lượng riêng của nó. Tổng thể tích của hỗn hợp là tổng thể tích thay thế hoặc thể tích tuyệt đối của mỗi thành phần và cộng thêm thể tích của không khí và hàm lượng không khí được xác định bằng kiểm tra trực tiếp. Tính toán thể tích tuyệt đối của xi măng dựa trên khối lượng khô của xi măng trong hỗn hợp, và tính toán hàm lượng không khí bằng phần trăm của hàm lượng không khí nhân với tổng thể tích, phương pháp tính toán này là như nhau cho cả bê tông nhẹ và bê tông thông thường. Thể tích thay thế của cốt liệu nặng thông thường được tính toán trên cơ sở cốt liệu trong điều kiện khô bề mặt và khối lượng thể tích (trong điều kiện khô bề mặt) được xác định theo ASTM C127 và C128. Cho nên thể tích thay thế bằng nước trong cấp phối bê tông thông thường là dựa trên cơ sở hàm lượng nước nhào trộn "cuối cùng". Lượng nước nhào trộn cuối cùng là lượng nước được thêm vào hỗn hợp tại thời điểm trộn cộng thêm bất cứ lượng nước nào có trên bề mặt của cốt liệu hoặc trừ bất cứ lượng nước nào bị cốt liệu hấp phụ mà ít hơn trong tình trạng bão hòa.

Thể tích thay thế của cốt liệu nhẹ có hiệu quả trong bê tông được tính toán trên cơ sở của khối lượng cốt liệu cùng với hàm lượng ẩm đã biết khi sử dụng, và trên hệ số khối lượng là một hàm số của hàm lượng ẩm của cốt liệu, và được xác định trong phụ lục A. Thể tích thay thế hiệu quả của nước trong bê tông nhẹ khi đó sẽ dựa trên lượng nước thêm vào thực tế tại thời điểm trộn. Mỗi quan hệ của khối lượng cho thể tích thay thế của cốt liệu nhẹ được xác định theo phương pháp trong phụ lục A, và được giới hạn bởi hệ số khối lượng. Nó là tỷ lệ khối lượng của cốt liệu được đưa vào trong cấp phối, để có thể tích thay thế hiệu quả của cốt liệu. Khối lượng của cốt liệu trong cấp phối bao gồm cả độ ẩm hấp phụ trong cốt liệu và nước tự do trên bề mặt cốt liệu.

## 5.2 Phương pháp 1: Phương pháp khối lượng (tỷ trọng)

5.2.1 Hệ số khối lượng thường thay đổi theo hàm lượng ẩm của cốt liệu. Do đó với mỗi loại cốt liệu và thành phần hạt, cần thiết được xác định theo phương pháp trong phụ lục A, các hệ số khối lượng được xác định trong tất cả các điều kiện ẩm giống như điều kiện làm việc ngoài hiện trường. Sự thay đổi thường đi đến một đường thẳng trong một giới hạn thấp hơn của hàm lượng ẩm, nhưng có thể chuyển đến đường thẳng ở vị trí cao hơn của hàm lượng ẩm. Do đó các đường cong đầy đủ phải được thiết lập và tránh các phương pháp ngoại suy (xem ví dụ trong hình A.1 của phụ lục A).

- 5.2.2 Các hệ số khối lượng chỉ định của cốt liệu thô thường tăng nhẹ cùng với thời gian ngâm cốt liệu để xác định tỷ trọng do cốt liệu vẫn tiếp tục hút nước. Quá trình tăng hệ số này sẽ nhỏ hơn khi thời gian ngâm nước của cốt liệu dài hơn. Hệ số sẽ tăng nhiều hơn theo thời gian khi cốt liệu được thử nghiệm trong điều kiện khô và sẽ nhỏ hơn khi độ ẩm của cốt liệu trước khi ngâm tăng. Hệ số khối lượng đạt được sau 10 phút ngâm nước của cốt liệu thường là thích hợp để thiết kế cấp phối và điều chỉnh. Có thể dự đoán được quá trình tổn thất độ sụt khi quăng đường vận chuyển dài do cốt liệu vẫn tiếp tục hấp phụ nước, vì vậy cần phải cho thêm nước để bù lại lượng nước hấp phụ này. Thiết kế cấp phối phải được xác định trên cơ sở hệ số khối lượng khi cốt liệu được ngâm 10 phút. Tuy nhiên, thể tích thay thế của cốt liệu tính toán sẽ thấp hơn, dựa trên hệ số khối lượng của cốt liệu được ngâm trong một thời gian dài để đưa ra các chỉ dẫn ngăn chặn quá trình tổn thất độ sụt và lượng nước được bù thêm vào.
- 5.2.3 *Điều chỉnh mẻ trộn thử* - Cấp phối được tính toán theo phương pháp khối lượng phải được kiểm tra qua các mẻ trộn thử và được kiểm tra theo ASTM C192 hoặc bằng các mẻ trộn đầy đủ. Lượng nước đủ để sản xuất bê tông có độ sụt yêu cầu không cần quan tâm đến lượng nước giả thiết trong quá trình lựa chọn cấp phối. Bê tông nên được kiểm tra khối lượng thể tích và sản lượng (ASTM C138) và hàm lượng không khí (ASTM C173). Cũng cần cẩn thận quan sát để có tính công tác thích hợp, khả năng phân tầng và các tính chất hoàn thiện. Sự điều chỉnh thích hợp phải được tiến hành trong các cấp phối sau.
- 5.2.3.1 Thiết lập lại lượng nước yêu cầu trong một đơn vị thể tích bê tông bằng cách nhân lượng nước cuối cùng trong mẻ trộn thử với 27 cho một  $\text{yd}^3$  bê tông (cho đơn vị inch - pound) và chia cho sản lượng của mẻ trộn theo  $\text{ft}^3$  ( $\text{m}^3$ ). Nếu độ sụt của mẻ trộn thử không chính xác, tăng hoặc giảm lượng nước thiết lập lại  $10 \text{ lb}/\text{yd}^3$  ( $5.9 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) khi yêu cầu độ sụt tăng hoặc giảm 1 in (25mm).
- 5.2.3.2 Nếu hàm lượng không khí mong muốn (cho bê tông không cuốn khí) không đạt được, thiết lập lại hàm lượng phụ gia và giảm hoặc tăng lượng nước nhào trộn theo bước 3 trong phần 3.2.2 -  $5 \text{ lb}/\text{yd}^3$  ( $3.0 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) cho mỗi phần trăm hàm lượng không khí tăng lên.
- 5.2.3.3 Thiết lập lại khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông bằng cách nhân khối lượng của mẻ trộn thử  $\text{lb}/\text{ft}^3$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) với 27 (cho đơn vị inch - pound) và giảm hoặc tăng kết quả theo phần trăm hàm lượng không khí tăng hoặc giảm dự đoán được điều chỉnh so với cấp phối ban đầu.
- 5.2.3.4 Tính toán khối lượng của mẻ trộn mới bắt đầu từ bước 5 của phần 3.2.2, thể tích thay đổi của cốt liệu thô từ bảng 3.5, nếu cần thiết để có tính công tác thích hợp.
- 5.3 Phương pháp 2 - Phương pháp thể tích (ẩm, xốp)
- 5.3.1 Điều chỉnh mẻ trộn thử cho cấp phối thiết kế theo phương pháp thể tích xốp, ẩm phải được kiểm tra bằng các giá trị trung bình của các mẻ trộn thử và được kiểm tra theo ASTM C192, hoặc cho các mẻ trộn lớn. Chỉ có nước nên sử dụng để đưa ra được độ sụt mong muốn, không cần phải quan tâm đến lượng nước giả thiết trong các cấp phối thử nghiệm. Bê tông phải được kiểm tra khối lượng thể tích và sản lượng (ASTM

C138) và hàm lượng không khí (ASTM C173). Nó phải được theo dõi cẩn thận về tính công tác và các tính chất hoàn thiện. Nên tiến hành các điều chỉnh thích hợp.

#### 5.4 Các phương pháp điều chỉnh

5.4.1 Cả cấp phối ngoài hiện trường và trong phòng thí nghiệm có thể yêu cầu điều chỉnh đôi lúc để đền bù cho các thay đổi không được quan tâm trong các tính chất của bê tông hoặc để đưa ra một kế hoạch thay đổi cho các tính chất. Ví dụ, sự điều chỉnh có thể được yêu cầu để đền bù cho sự thay đổi trong hàm lượng ẩm của cốt liệu; nó có thể được yêu cầu để thiết kế cấp phối hỗn hợp có hàm lượng xi măng lớn nhất hoặc nhỏ nhất, hoặc sử dụng phụ gia hoá học; hoặc cho các chất kết dính khác, hoặc có thể thay đổi độ sụt hàm lượng không khí nếu cần. Những điều chỉnh này có thể được tiến hành với các cân nhắc dựa trên không chỉ ở mẻ trộn thử đầu tiên hay các cấp phối trong phòng hoặc ngoài hiện trường đã có từ trước với các loại cốt liệu tương tự. Có lẽ các mẻ trộn nhỏ có tổng thể tích khoảng 1.0 đến 2.0 ft<sup>3</sup> (0.028 đến 0.056 m<sup>3</sup>) được tiến hành điều chỉnh trong phòng thí nghiệm sẽ yêu cầu thêm một số điều chỉnh khi ngoài suy cho mẻ trộn ngoài hiện trường có thể tích gấp 100 đến 300 lần mẻ trộn trong phòng thí nghiệm. Các mẻ trộn ban đầu ngoài hiện trường được đề xuất kiểm tra các chỉ tiêu khối lượng thể tích của hỗn hợp, hàm lượng không khí, độ sụt, và khi cần thiết các điều chỉnh có thể được tiến hành trên một số mẻ trộn ngoài hiện trường.

5.4.2 *Các chỉ dẫn điều chỉnh* - Khi muốn thay đổi tổng hàm lượng xi măng, thể tích không khí, hoặc thay đổi phần trăm của cốt liệu mịn trong hỗn hợp, hoặc khi mong muốn thay đổi độ sụt của bê tông, nó là cần thiết để bù đắp các thay đổi cùng với các điều chỉnh theo một hoặc nhiều nhân tố khác nếu sản lượng và các đặc tính khác của bê tông vẫn được duy trì là hằng số. Theo chỉ dẫn một số điều chỉnh đến bù, cho thấy thường được điều chỉnh trực tiếp khi cần, và đưa ra các giá trị làm tròn của lượng vật liệu điều chỉnh trong 1 yd<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>). Tuy nhiên, nhớ rằng số lượng các giá trị đưa ra được dự định chỉ cho một chỉ dẫn, mà chúng là gần đúng, và các giá trị chính xác hơn đạt được bằng các theo dõi và kinh nghiệm thực tế nên được sử dụng khi có thể.

5.4.2.1 *Tỷ lệ của cốt liệu mịn* - Tăng phần trăm của cốt liệu mịn trong tổng hàm lượng cốt liệu thường yêu cầu tăng hàm lượng nước. Với mỗi phần trăm tăng lên của cốt liệu mịn, lượng nước tăng khoảng 3 lb/yd<sup>3</sup> (1.8 kg/m<sup>3</sup>). Tăng hàm lượng nước sẽ dẫn đến tăng hàm lượng xi măng để duy trì cường độ. Với mỗi 3 lb/yd<sup>3</sup> (1.8 kg/m<sup>3</sup>) lượng nước tăng lên thì hàm lượng xi măng tăng khoảng 1%. Khối lượng cốt liệu thô và mịn phải được điều chỉnh là cần thiết để đạt được cấp phối mong muốn và để duy trì tổng thể tích thay thế có hiệu quả.

5.4.2.2 *Hàm lượng không khí* - Tăng hàm lượng không khí sẽ làm tăng độ sụt trừ khi lượng nước sử dụng giảm đi. Với mỗi phần trăm hàm lượng không khí tăng lên, lượng nước giảm khoảng 5 lb/yd<sup>3</sup> (3.0 kg/m<sup>3</sup>). Khi tăng hàm lượng không khí cũng dẫn đến giảm cường độ trừ khi bù lại bằng cách tăng hàm lượng xi măng (xem phần 2.4.3). Khối lượng cốt liệu mịn phải được điều chỉnh là cần thiết để duy trì tổng thể tích thay thế có hiệu quả.

5.4.2.3 *Độ sụt* - Tăng độ sụt có thể đạt được bằng cách tăng hàm lượng nước. Để tăng độ sụt lên 1 in (25 mm), lượng nước phải tăng khoảng 10 lb/yd<sup>3</sup> (5.9 kg/m<sup>3</sup>) khi độ sụt ban đầu khoảng 3 in (75 mm); Nó sẽ ít đi đến một mức độ nào đó khi độ sụt ban đầu cao

hơn. Tăng hàm lượng nước sẽ dẫn đến giảm cường độ để đền bù lại ta phải tăng hàm lượng xi măng. Với mỗi 10 lb/yd<sup>3</sup> (5.9 kg/m<sup>3</sup>) hàm lượng nước tăng lên thì hàm lượng xi măng tăng khoảng 3%. Sự điều chỉnh khối lượng của cốt liệu mịn là cần thiết để duy trì tổng thể tích thay thế có hiệu quả.

5.4.3 *Điều chỉnh cho các thay đổi trong độ ẩm của cốt liệu* - Phương pháp để điều chỉnh các thay đổi trong hàm lượng ẩm như sau:

- a. Duy trì khối lượng của xi măng là hằng số và thể tích thay thế hiệu quả của xi măng và không khí.
- b. Tính toán khối lượng mới của cả cốt liệu thô và cốt liệu mịn, sử dụng giá trị thích hợp của tổng hàm lượng ẩm, để khối lượng khô của cả cốt liệu thô và mịn vẫn giữ nguyên là hằng số.
- c. Tính toán thể tích thay thế hiệu quả của cả cốt liệu thô và mịn sử dụng khối lượng của cốt liệu trong điều kiện độ ẩm thích hợp hoặc hệ số khối lượng tương ứng với điều kiện ẩm.
- d. Tính toán thể tích thay thế hiệu quả của nước bằng sự chênh lệch giữa 27 ft<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup>) và tổng thể tích thay thế hiệu quả của xi măng, không khí, cốt liệu thô và mịn.
- e. Tính toán khối lượng của nước thêm vào bằng 62.4 lb/ft<sup>3</sup> (1000 kg/m<sup>3</sup>) nhân với thể tích thay thế hiệu quả của nước thêm vào được xác định theo (d).

5.5 Kiểm tra cấp phối ngoài hiện trường

Cấp phối được thiết lập cho các điều kiện đưa ra có thể yêu cầu điều chỉnh để giữ cho cấp phối ngoài hiện trường không bị thay đổi. Các tỷ lệ vẫn giữ nguyên theo hằng số cơ bản hoặc có thể thay đổi dựa trên các giới hạn được chấp nhận, có thể đạt được bằng các thử nghiệm kiểm soát cho khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (ASTM C138), hàm lượng không khí (ASTM C173) và độ sụt (ASTM C143). Các thử nghiệm này được tiến hành không chỉ với tần số nhất định như theo chỉ dẫn (số lượng thử nghiệm theo khối lượng bê tông, theo thời gian, hoặc theo kết cấu, ...) mà còn được tiến hành khi quan sát thấy một số thay đổi trong các thành phần của bê tông hoặc trong các tính chất vật lý của bê tông. Ví dụ, thử nghiệm được tiến hành khi độ ẩm của cốt liệu có thể có thay đổi đáng kể, khi bê tông thay đổi độ sụt hoặc tính công tác, khi có thay đổi rõ ràng trong lượng nước yêu cầu thêm vào cho bê tông.

Sự thay đổi trong khối lượng thể tích của bê tông, cùng với khối lượng của mẻ trộn và hàm lượng không khí vẫn là hằng số, cho thấy sản lượng của mẻ trộn cao hơn (khi khối lượng thể tích thấp hơn) và sản lượng thấp hơn (khi khối lượng thể tích cao

hơn) (xem hình 4.1). Sản lượng của mẻ trộn cao sẽ có hàm lượng xi măng thấp hơn, và sản lượng của mẻ trộn thấp sẽ có hàm lượng xi măng cao hơn.

Sự thay đổi trong hệ số khối lượng của cốt liệu có thể là kết quả của.

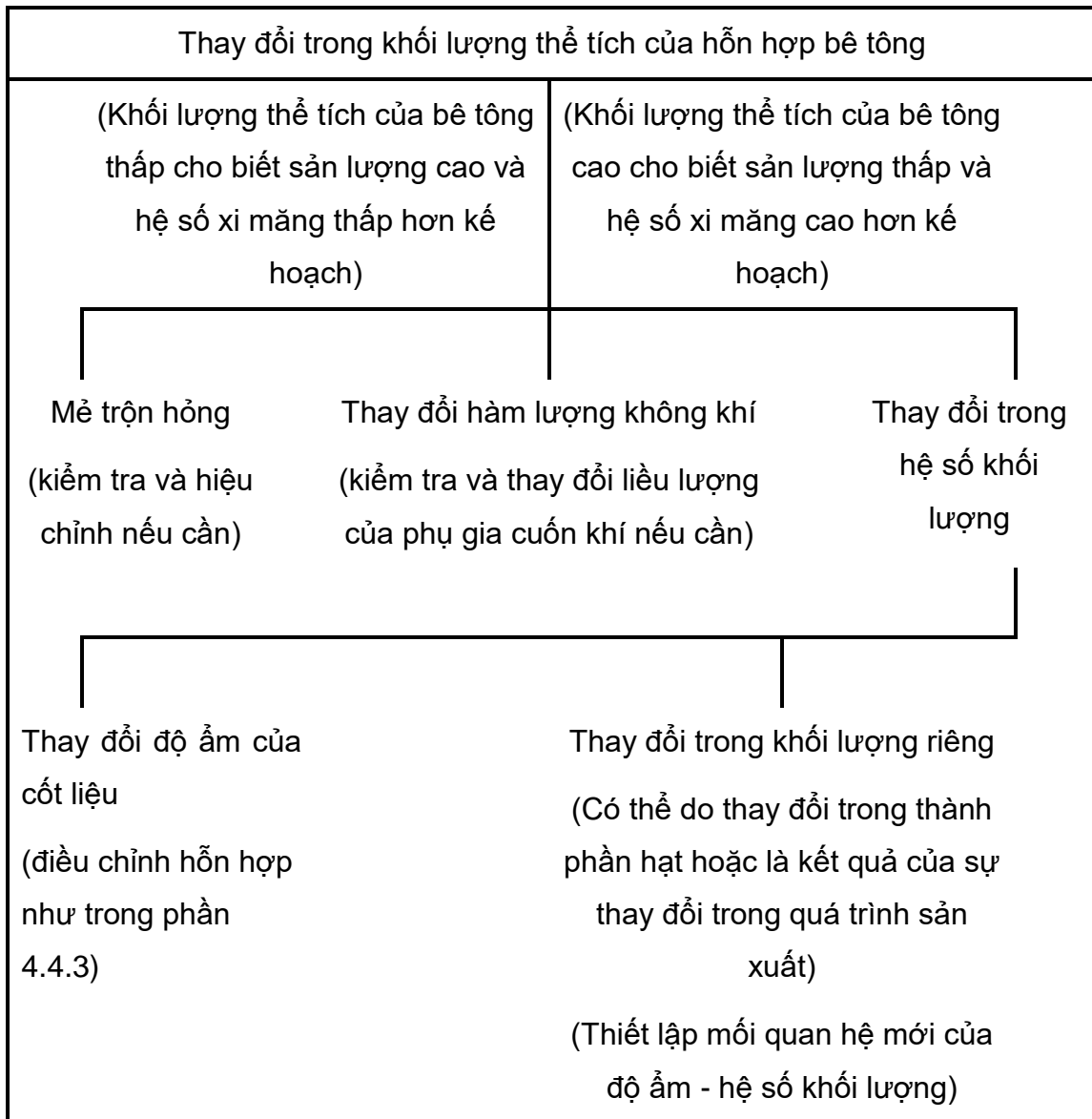
- a. Thay đổi trong độ ẩm của cốt liệu; hoặc
- b. Thay đổi trong khối lượng riêng của cốt liệu.

Nếu kiểm tra độ ẩm cho thấy độ ẩm thay đổi, hỗn hợp phải được điều chỉnh như trong phần 4.4.3. Nếu khối lượng riêng của cốt liệu thay đổi, xác định mối quan hệ độ ẩm - hệ số khối lượng mới (khối lượng riêng của cốt liệu thay đổi có thể là kết quả của sự thay đổi nguyên vật liệu và/hoặc quá trình sản xuất nó). Sự thay đổi độ sụt có thể cho biết:

- a. Thay đổi hàm lượng không khí;
- b. Thay đổi độ ẩm của cốt liệu mà không tương ứng với thay đổi trong mẻ trộn
- c. Thay đổi thành phần hạt và khối lượng riêng của cốt liệu.

Mối nhân tố này cũng được biểu thị qua kiểm tra khối lượng thể tích của hỗn hợp.

*Ghi chú:* Kiểm tra hỗn hợp bê tông ngoài hiện trường cũng được yêu cầu để nhận ra các thay đổi có thể do sự thay đổi trong nhiệt độ xung quanh của các thành phần, thời gian trộn và thời gian khuấy và các nguyên nhân khác. Thảo luận về các nhân tố này không nằm trong phạm vi áp dụng của tiêu chuẩn này.



**Hình 4.1** – Kiểm soát tỷ lệ thành phần

**Tóm tắt**

Các ví dụ về hai phương pháp thiết kế cấp phối bê tông nhẹ được dự định để cung cấp chỉ dẫn cho người sử dụng. Mỗi loại cốt liệu nhẹ có đặc tính riêng của nó ảnh hưởng đến cấp phối bê tông. Do đó người sử dụng có thể chỉ phát triển sự thành thạo trong thiết kế và kiểm tra kết cấu bê tông nhẹ theo thực tế. Sự thành thạo này cần phải cải thiện thêm qua thực tế trong phòng và ngoài hiện trường mà có thể thu được từ sản xuất bê tông thực tế với mỗi loại cốt liệu nhẹ và cấp phối bê tông được lựa chọn.

**CHƯƠNG 6 THAM KHẢO**

6.1 Tiêu chuẩn và các báo cáo tham khảo

Các tiêu chuẩn và báo cáo được ghi dưới đây là phiên bản mới nhất tại thời điểm biên soạn tiêu chuẩn này. Do những tài liệu này thường xuyên được duyệt lại, người đọc nên liên hệ với nhóm bảo trợ thích hợp nếu muốn tham khảo phiên bản mới nhất.

*Viện bê tông Mỹ (ACI)*

- 201.2R Guide to Durable Concrete
- 211.1 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete
- 212.1R Admixtures for Concrete
- 212.2R Guide for Use of Admixtures in Concrete
- 213R Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete
- 226.1R Ground Granulated Blast-Furnace Slag as a Cementitious Constituent in Concrete
- 226.3R Use of Fly Ash in Concrete
- 301 Standard Specifications for Structural Concrete
- 302.1R Guide for Concrete Floor and Slab Construction
- 318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete
- 345 Standard Practice for Concrete Highway Bridge Deck Construction

*Tiêu chuẩn (ASTM)*

- C29/C29M Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate
- C31/C31M Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- C33 Standard Specification for Concrete Aggregates
- C94/C94M Standard Specification for Ready-Mixed Concrete
- C127 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate
- C128 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate
- C138/C138M Standard Test Method for Unit Weight, Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

C143/C143M	Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete
C150	Standard Specification for Portland Cement
C173/C173M	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by Volumetric Method
C192/C192M	Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
C330	Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
C494/C494M	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
C566	Standard Test Method for Total Moisture Content of Aggregate by Drying
C567	Standard Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete.

## Phụ lục A XÁC ĐỊNH HỆ SỐ KHỐI LƯỢNG CỦA CỐT LIỆU NHẸ

Các phương pháp ở đây mô tả trình tự xác định hệ số khối lượng của cốt liệu nhẹ trong cả điều kiện khô và ẩm.

Phương pháp tỷ trọng cho cốt liệu mịn và thô nhẹ.

- a. Tỷ trọng kế gồm có một bình có miệng hẹp 2 qt (2L) và một tỷ trọng ở trên (Soiltest G-335, Humboldt H-3380, hoặc tương đương).
- b. Một cân có khả năng cân tối thiểu 5 kg và có độ nhạy đến 1 g.
- c. Bình ngâm nước (dung tích khoảng 5 gal. [20 L]) để duy trì nước ở nhiệt độ phòng.
- d. Rượu Isopropyl và ống nhỏ hoá chất

### Hiệu chuẩn tỷ trọng kế

Đổ đầy nước vào tỷ trọng kế và lắc mạnh để đẩy hết bọt khí và cho thêm nước vào cho đầy ngang miệng bình tỷ trọng. Lau khô tỷ trọng kế và cân (được khối lượng B theo gam). (Xem lại ASTM C128 có thể hữu ích khi đánh giá lại phương pháp này).

### Lấy mẫu

Lấy mẫu đại diện khoảng 2 đến 3 ft<sup>3</sup> (0.057 đến 0.085 m<sup>3</sup>) của mỗi loại kích thước cốt liệu từ kho vật liệu và rút gọn mẫu theo phương pháp phễu chia hay phương pháp chia tư cho đến khi đạt được kích thước mẫu mong muốn. Trong suốt quá trình làm

việc với cốt liệu ẩm, cẩn thận để tránh cho cốt liệu không bị khô. Mẫu có thể tích khoảng 1/2 đến 2/3 thể tích của tỷ trọng kế 2 qt (2L).

### Trình tự

Lấy hai mẫu đại diện cho mỗi kích thước cốt liệu nhẹ để kiểm tra.

Cân mẫu thứ nhất, sấy đến khối lượng không đổi ở 221 đến 230<sup>0</sup>F (105 đến 110<sup>0</sup>C). Sấy đến khối lượng không đổi có thể sử dụng ngoài hiện trường. Cân khối lượng khô và ghi lại, tính toán độ ẩm của cốt liệu (theo % khối lượng khô).

Cân mẫu thử thứ hai (được khối lượng C theo gam). Sau đó đặt mẫu vào tỷ trọng kế và cho nước vào đến 3/4 bình. Ghi lại thời điểm đổ nước vào.

Lắc bình để loại bỏ không khí giữa các hạt cốt liệu. Trong quá trình lắc, dùng ngón tay để bịt lỗ trên miệng tỷ trọng kế. Sau đó đổ đầy nước và tiếp tục lắc để loại trừ hết các bọt khí. Nếu trong quá trình lắc xuất hiện bọt khí, ngăn cản không cho nước lấp đầy hết các phần rỗng, một lượng nhỏ của rượu isopropyl sẽ được cho vào bằng ống nhỏ giọt để loại bỏ bọt khí. Mức độ của nước trong bình tỷ trọng phải được điều chỉnh để hoàn toàn lấp đầy bình và bề mặt ngoài của bình phải được lau khô trước khi cân.

Như vậy tỷ trọng kế được đổ đầy nước và cốt liệu, cân được khối lượng A (gam) sau 5, 10 và 30 phút sau khi ngâm trong nước, và khối lượng của những lần này được ghi lại. Hình A.1 đưa ra một đường cong điển hình. Sự thay đổi thường đi đến đường nằm trong giới hạn thấp hơn của độ ẩm, nhưng cũng có thể đi đến đường có độ ẩm cao hơn. Do đó tất cả đường cong phải được thiết lập và tránh phương pháp ngoại suy.

### Tính toán

Hệ số khối lượng riêng, S, sau một thời gian ngâm nước cụ thể được tính toán theo công thức:

$$S = \frac{C}{C + B - A}$$

Trong đó:

A = Khối lượng tỷ trọng kế chứa đầy nước và cốt liệu, g;

B = Khối lượng tỷ trọng kế chứa đầy nước, g; và

C = Khối lượng cốt liệu được thử, ẩm hoặc khô, g.

### Phương pháp nổi cho cốt liệu thô

Nếu với mẫu của cốt liệu thô lớn hơn khả năng đánh giá của tỷ trọng kế, hệ số khối lượng của cốt liệu thô có thể được xác định theo phương pháp khối lượng trong không khí - và - nước tương đương được mô tả trong ASTM C127. Sử dụng thùng chứa có màng ngăn, ngăn cản không cho các hạt nổi lên để cân cốt liệu.

Hệ số khối lượng riêng theo phương pháp này được tính toán bằng phương trình:

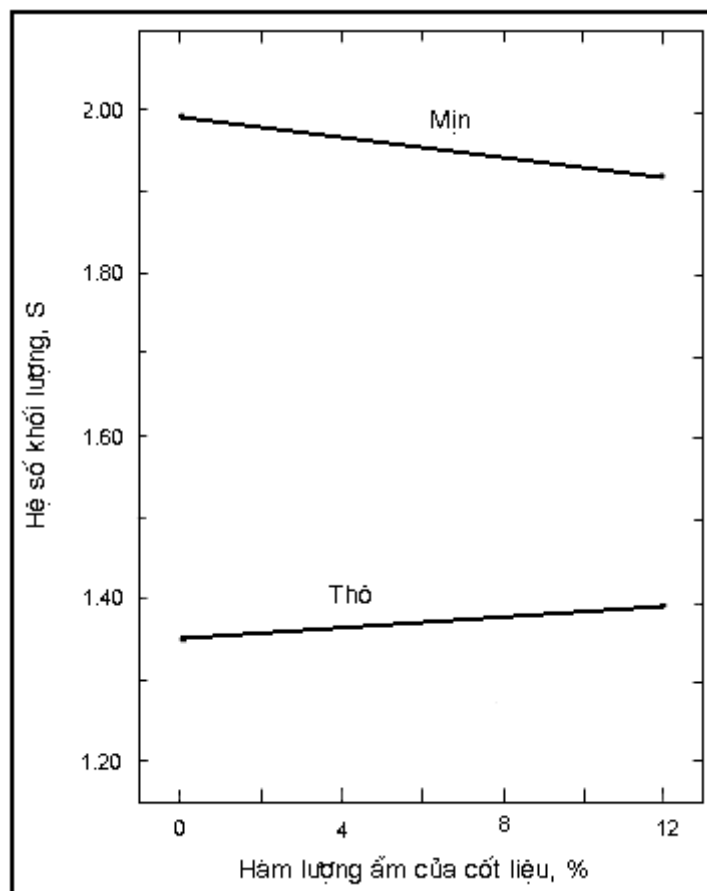
$$S = \frac{C}{C - E}$$

Trong đó:

C = Khối lượng cốt liệu thử cân trong không khí, g;

E = Khối lượng của cốt liệu thô trong nước, g;

S = Hệ số khối lượng riêng, bằng với hệ số khối lượng riêng xác định bằng tỷ trọng kế (theo lý thuyết của phương pháp).



**Hình A.1** - Ví dụ về mối liên hệ giữa hệ số khối lượng riêng và độ ẩm xác định theo phương pháp tỷ trọng kế cho cốt liệu nhẹ

**Phụ lục A XÁC ĐỊNH ĐỘ HẤP THỤ NƯỚC CỦA CỐT LIỆU LỚN NHẸ**

Phương pháp được mô tả ở đây là phương pháp xác định độ hấp thụ nước của cốt liệu thô nhẹ bằng các sử dụng máy quay li tâm để làm khô cốt liệu đến điều kiện khô bề mặt sau khi ngâm trong nước 24 giờ.

**Dụng cụ và thiết bị**

- a. Một máy quay li tâm với tốc độ khống chế để quay 300 đến 400 g mẫu thử cốt liệu thô với tốc độ 500 vòng/phút. Máy li tâm tương tự loại Model HN hoặc Model AP 179-B là thoả mãn.
- b. Một quả bóng hoặc phao có đường kính khoảng 8<sup>1</sup>/<sub>2</sub> in (216mm), có độ sâu 3 in (75 mm) trên trục máy quay và được lắp lại để ngăn cản không cho cốt liệu mất khi quay.
- c. Cân có thể cân tối thiểu 1000 g và có độ nhạy đến 0.1 g.

**Lấy mẫu**

Lấy mẫu đại diện khoảng 20 đến 30 kg từ kho chứa và rút gọn mẫu bằng phễu chia mẫu hoặc chia tự đến khi khối lượng mẫu còn lại 300 đến 400 g. Trong quá trình này, đề phòng các hạt cốt liệu lớn hơn tách khỏi các hạt nhỏ hơn. Lấy hai hoặc nhiều hơn các mẫu đại diện.

**Trình tự**

Ngâm mẫu thử trong 24 giờ dưới vòi nước trong nhiệt độ phòng. Sau đó, gạn nước thừa và đưa mẫu thử vào quả bóng hoặc phao và bảo đảm đã đầy nắp. Bật máy quay li tâm và quay với tốc độ 500 vòng/phút trong 20 phút. Lấy mẫu ra đo khối lượng mẫu trong điều kiện khô bề mặt. Sấy mẫu đến khối lượng không đổi bằng một trong các phương pháp được mô tả trong ASTM C566 - đốt nóng bằng điện hay gas, sấy bằng bóng đèn điện, hoặc bằng khí nóng, có khả năng duy trì nhiệt độ bao quanh mẫu thử là 221 đến 239<sup>0</sup>F (105 đến 110<sup>0</sup>C). Hình B.1 đưa ra một đường cong điển hình xác định độ hấp thụ nước của cốt liệu thô nhẹ.

**Tính toán**

Sau khi đo khối lượng khô, độ hấp thụ nước của cốt liệu thô nhẹ được tính toán như sau:

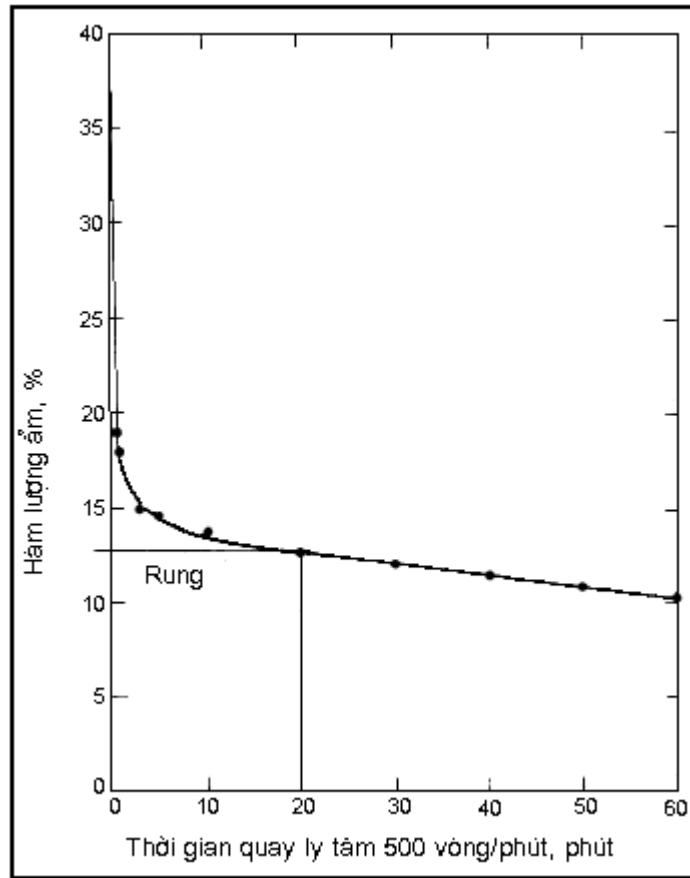
$$A, \% = 100(W - D) / D$$

Trong đó:

W = Khối lượng khô bề mặt, g; và

D = khối lượng khô, g

Hai kết quả thử không được sai khác quá 0.67%.



**Hình B.1** - Mối liên hệ với độ hấp thụ nước của cốt liệu nhẹ