

Tiêu chuẩn hướng dẫn

Lựa chọn thành phần cấp phối bê tông thông thường, bê tông nặng, bê tông khối lớn

ACI 211.1-91 (tái bản 1997)

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

Donald E. Dixon, Chủ tịch	Jack R. Prestrera, Thư ký	George R. U. Burg,* Chủ tịch phân ban A
Edward A. Abdun-Nur*	David A. Crocker	George B. Southworth
Stanley G. Barton	Kenneth W. Day	Alfred B. Spamer
Leonard W. Bell*	Calvin L Dodl	Paul R. Stodola
Stanley J. Blas, Jr.	Thomas A. Fox	Michael A. Taylor
Ramon L Carrasquillo	Donald A. Graham	Stanely J. Vigalitte
Peggy M. Carrasquillo	George W. Hollon	William H. Voelker
Alan C. Carter	William W. Hotaling, Jr.	Jack W. Weber*
Martyn T. Conrey	Robert S. Jenkins	Dean J. White II
James E. Cook	Paul Klieger	Milton H. Willis, Jr.
Russel A. Cook*	Frank J. Lahm	Francis C. Wilson
William A. Cordon	Stanley H. Lee	Robert Yuan
Wayne J. Costa	Gary R. Mass*	
		James M. Shilstone*

Các thành viên của ủy ban bỏ phiếu cho bản chỉnh sửa năm 1991

Gary R. Masst Chủ tịch	George R. U. Burgt Chủ tịch phân ban A
Edward A. Abdun-Nurt	Richard C. Meiningert
William L Barringer-t	William S. Sypher
Stanley G. Barton	Ava Sxypula
Leonard W. Bell?	Jimmie L. 'Thompsont
James E. Bennett, Jr.	Stanley J. Virgalitte
J. Floyd Best	Woodward L Vogt
Ramon L Carrasquillo	Jack W. Weber
James E. Cook-t	Dean J. White, III
Russell A. Cook	Marshall S. Williams
	John R. Wilson
	Paul R. Stodola

Diễn tả, cùng với các ví dụ, hai phương pháp để lựa chọn và điều chỉnh thành phần cho bê tông nặng thông thường, có và không có phụ gia hoá học, vật liệu xỉ. Một phương pháp dựa trên thiết lập về khối lượng của bê tông trên một đơn vị thể tích; Phương pháp kia dựa trên tính toán thể tích tuyệt đối của các vật liệu thành phần. Các phương pháp được tiến hành dựa trên các yêu cầu về khả năng thi công, độ đồng nhất, cường độ và độ bền. Các ví dụ tính toán được đưa ra cho cả hai phương pháp, bao gồm các điều chỉnh dựa trên các tính chất của mẻ trộn thử đầu tiên.

Thành phần cấp phối của bê tông nặng cho các mục tiêu như tường chống phóng xạ và các kết cấu làm đối trọng được mô tả trong phụ lục. Đây là phụ lục sử dụng phương pháp thể tích tuyệt đối, nó thường được chấp nhận và thuận tiện hơn cho thiết kế bê tông nặng.

Có một phụ lục cung cấp các thông tin về thành phần của bê tông khối lớn. Phương pháp thể tích tuyệt đối được sử dụng do tính thông dụng của nó.

CÁC TỪ KHOÁ

- absorption: sự hấp thụ; sự hút nước
- admixtures: phụ gia
- aggregates: cốt liệu
- blast-furnace slag: xỉ lò cao là sản phẩm phi kim loại bao gồm chủ yếu là silicat và aluminosilicat của canxi và các chất khác mà được phát triển trong điều kiện nấu chảy cùng với kim loại trong lò cao.
- cementitious materials: vật liệu kết dính
- concrete durability: độ bền của bê tông
- concretes: bê tông
- consistency: độ [sệt, đặc, chắc] là tính linh động hoặc khả năng của hỗn hợp bê tông tươi hoặc vữa để chảy; thường được đo bằng độ sụt cho bê tông, độ chảy cho vữa và khả năng chống xuyên cho hồ xi măng.
- durability: tính [bền, lâu bền], tuổi thọ kỹ thuật là khả năng của bê tông để chống lại tác động của thời tiết, ăn mòn hoá học, sự mài mòn, và các điều kiện làm việc khác.
- exposure: vết lộ; chỗ lộ vữa; sự lộ quang; môi trường

- fine aggregates: cốt liệu mịn
- fly ash: tro bay
- heavyweight aggregates: cốt liệu nặng
- heavyweight concretes: bê tông nặng là bê tông về căn bản có khối lượng thể tích cao hơn so với bê tông sử dụng cốt liệu thông thường và được sử dụng đặc biệt cho tường chắn phóng xạ.
- mass concrete: bê tông khối lớn là bất cứ thể tích nào của bê tông với các kích thước đủ lớn để yêu cầu phải có các biện pháp nắm bắt nhiệt của quá trình thủy hoá xi măng và kèm theo là sự thay đổi thể tích để giảm nhỏ tối thiểu các vết nứt.
- mix proportioning: thành phần cấp phối
- pozzolans: là một vật liệu thuộc silic và alumin mà tự bản thân nó không có hoặc có ít tính chất kết dính nhưng nó sẽ có tính chất kết dính khi có mặt của độ ẩm, phản ứng hoá học với Ca(OH)_2 ở nhiệt độ thường để hình thành hỗn hợp có tính chất kết dính; có hai loại pozzolan là pozzolan tự nhiên và pozzolan nhân tạo.
- quality control: điều chỉnh chất lượng
- radiation shielding: tường chắn phóng xạ
- silica fume: rất mịn là sản phẩm silica không kết tinh trong lò hồ quang điện như là một sản phẩm của sản xuất silicon hoặc hợp kim có chứa silicon.
- slump tests: Thử độ sụt
- volume: thể tích
- water-cement ratio: tỷ lệ nước - xi măng
- water-cementitious ratio: tỷ lệ nước - chất kết dính
- workability: tính dễ [đổ, đúc] của vữa bê tông là tính chất của hỗn hợp bê tông hoặc vữa mà quyết định độ dễ trộn, đổ khuôn, gia cố, và hoàn thiện để hỗn hợp đồng nhất.

MỤC LỤC

Chương 1: Phạm vi áp dụng,

Chương 2: Giới thiệu,

Chương 3: Các mối quan hệ cơ bản,

Chương 4: ảnh hưởng của phụ gia hoá học, pozzolan và các vật liệu khác đến cấp phối bê tông

Chương 5: Các dữ liệu cơ bản

Chương 6: Trình tự tính toán

Chương 7: Ví dụ tính toán

Chương 8: Tài liệu tham khảo

Phụ lục 1: Hệ thống đơn vị mét

Phụ lục 2: Ví dụ tính toán theo đơn vị mét

Phụ lục 3: Thử nghiệm trong phòng

Phụ lục 4: Thiết kế cấp phối bê tông nặng

Phụ lục 5: Thiết kế cấp phối bê tông khối lớn

1 PHẠM VI ÁP DỤNG

1.1 Tiêu chuẩn này đưa ra các phương pháp lựa chọn thành phần cấp phối bê tông xi măng. Loại bê tông này có thể có hoặc không có các chất kết dính và các phụ gia hoá học khác, chúng được làm từ cốt liệu thông thường hoặc cốt liệu nặng (khác với cốt liệu nhẹ) có tính công tác phù hợp cho các công trình xây dựng đổ tại chỗ (khác với các hỗn hợp đặc biệt dùng trong các nhà máy sản xuất bê tông). Phương pháp này cũng được dùng để chọn thành phần cho bê tông khối lớn. Xi măng thuỷ lực được đề cập trong tiêu chuẩn này là xi măng portland (ASTM C150) và xi măng hỗn hợp (ASTM C595). Tiêu chuẩn này không bao gồm phương pháp thiết kế cấp phối bê tông có chứa silica fume.

1.2 Các phương pháp trong tiêu chuẩn này đưa ra thành phần ban đầu tương đối chính xác bằng các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm hoặc ngoài công trường và điều chỉnh để tạo ra bê tông có đặc tính như mong muốn.

1.3 Đơn vị của Mỹ được sử dụng trong tiêu chuẩn này. Việc áp dụng hệ thống đơn vị mét được đưa ra trong phụ lục 1 và được chứng minh trong ví dụ ở phụ lục 2.

1.4 Các phương pháp thí nghiệm đã đề cập trong tiêu chuẩn này được liệt kê trong phụ lục 3.

2 GIỚI THIỆU

2.1 Bê tông được làm từ cốt liệu, xi măng portland hoặc xi măng portland hỗn hợp, nước và có thể có hoặc không có các chất kết dính và phụ gia hoá học khác. Nó cũng chứa đựng một lượng không khí bị cuốn vào ngẫu nhiên hoặc lượng không khí mong muốn thêm vào khi dùng phụ gia tạo khí hoặc dùng xi măng cuốn khí. Phụ gia hoá học

thương dùng để rút ngắn thời gian ninh kết, kéo dài thời gian ninh kết, cải thiện tính công tác, giảm lượng nước yêu cầu, tăng cường độ hoặc cải thiện các tính chất khác của bê tông (xem ACI 212.3R). Tùy thuộc vào loại và lượng vật liệu kết dính như tro bay (xem ACI 226.3R), puzzolan tự nhiên, xỉ hạt lò cao (xem ACI 226.1R) và silica fume được dùng cùng với xi măng portland hoặc xi măng hỗn hợp để tiết kiệm xi măng hoặc để tạo ra các tính chất đặc biệt như giảm nhiệt độ thủy hoá trong thời gian đầu, nâng cao cường độ sau này hoặc hạn chế phản ứng alkali - cốt liệu và ăn mòn sulfate, giảm khả năng thấm nước và chống lại sự xâm nhập của các chất có hại (xem ACI 225R và ACI 226.1R).

2.2 Việc lựa chọn các thành phần của bê tông liên quan đến sự cân bằng giữa tính kinh tế và các yêu cầu như khả năng đổ bê tông, cường độ, độ bền, khối lượng thể tích và hình dáng của nó. Các tính chất yêu cầu này bị chi phối bởi các điều kiện thi công bê tông. Chúng được liệt kê trong hướng dẫn kỹ thuật của dự án.

2.3 Các tính chất thích hợp của bê tông cần cho dự án phản ánh sự phát triển của công nghệ. Điều này đã thực hiện ở nhiều nơi vào những năm đầu của thập niên 1900. Việc sử dụng tỷ lệ nước - xi măng làm công cụ để thiết lập cường độ đã được công nhận vào khoảng năm 1918. Lượng không khí được tạo ra trong bê tông cải thiện đáng kể độ bền được công nhận vào những năm 1940. Hai sự kiện quan trọng này trong công nghệ bê tông đã thúc đẩy các nghiên cứu mở rộng trong nhiều lĩnh vực liên quan bao gồm: sử dụng phụ gia để loại bỏ các khuyết tật không đáng có, cải thiện các tính chất đặc biệt hoặc đạt được hiệu quả kinh tế (ACI 212.2R). Nó đã vượt ra ngoài phạm vi của tiêu chuẩn này để đánh giá lại những lý thuyết thiết kế cấp phối bê tông đã được cung cấp và hoàn toàn dựa trên cơ sở kỹ thuật của những phương pháp thiết kế đơn giản trong tiêu chuẩn này. Những thông tin chi tiết hơn nữa có thể được đưa ra ở Chương 8.

2.4 Các cấp phối được tính toán bằng bất cứ phương pháp nào phải luôn được coi là đối tượng được xem xét trên cơ sở kinh nghiệm và các mẻ trộn thử nghiệm. Tùy thuộc vào các trường hợp hỗn hợp trộn thử được chuẩn bị ở phòng thí nghiệm hoặc tốt hơn là mẻ trộn có khối lượng như các mẻ trộn ở công trường. Bước cuối cùng tránh các sai sót không đáng có do đánh giá các dữ liệu của mẻ trộn nhỏ trong phòng thí nghiệm để dự đoán chất lượng của sản phẩm ở ngoài công trường. Khi dùng cốt liệu có kích thước lớn nhất lớn hơn 2 in, các mẻ trộn ở phòng thí nghiệm phải được kiểm tra và được điều chỉnh ở công trường trong suốt quá trình xây dựng. Phương pháp trộn thử nghiệm và các thí nghiệm cơ bản được mô tả ở phụ lục 3.

2.5 Thông thường, các thành phần của hỗn hợp bê tông không có phụ gia hoá học và/hoặc vật liệu khác như chất kết dính thủy lực được thay đổi tỷ lệ cho các vật liệu này hoặc một chất kết dính khác. Chất lượng của cấp phối bê tông tính lại phải được kiểm tra qua các mẻ trộn thử ở phòng thí nghiệm hoặc ngoài hiện trường.

3 CÁC MỐI QUAN HỆ CƠ BẢN

3.1 Các thành phần của hỗn hợp bê tông phải được lựa chọn để cung cấp các tính chất như khả năng thi công, khối lượng thể tích, cường độ và độ bền cần thiết cho các ứng dụng cụ thể. Ngoài ra khi xác định thành phần của bê tông khối lớn, phải xem xét đến

hiệt độ mà khối bê tông tạo ra. Các mối quan hệ được thiết lập chặt chẽ cho các tính chất này của bê tông được thảo luận trong các phần tiếp theo.

- 3.2 Khả năng thi công - Khả năng thi công (bao gồm các tính chất thích hợp để hoàn thiện) bao gồm các đặc tính riêng rẽ gộp lại trong khái niệm "tính công tác" và "tính đồng nhất". Trong thảo luận này, tính công tác là đặc tính của bê tông quyết định khả năng đổ bê tông, lèn chặt, cứng rắn, hoàn thiện và không có sự phân tầng có hại. Nó thể hiện qua khả năng đổ khuôn, cố kết và khả năng đầm. Tính công tác bị ảnh hưởng bởi thành phần hạt, hình dạng hạt, tỉ lệ cốt liệu; số lượng và chất lượng của xi măng và chất kết dính khác; % lượng không khí cuốn vào và phụ gia hoá học; tính đồng nhất của hỗn hợp. Các phương pháp thiết kế trong tiêu chuẩn này cho phép xem xét các nhân tố này để đạt được tính dễ đổ khuôn thích hợp của bê tông.
- 3.3 Tính đồng nhất - Định nghĩa tương đối, tính đồng nhất là mối quan hệ của tính linh động của hỗn hợp bê tông. Nó được đo bằng độ sụt, độ sụt càng cao thì tính linh động càng cao. Độ nhót ảnh hưởng đến sự chảy tự do trong khi đổ bê tông. Nó liên quan nhưng không đồng nghĩa với tính công tác. Bê tông có thành phần hợp lý, lượng nước yêu cầu để tạo ra độ sụt sẽ phụ thuộc vào một số nhân tố. Nước yêu cầu tăng khi cấu tạo của cốt liệu là góc cạnh, nhám ráp (nhưng nó lại có thể cải thiện một số tính chất khác khi liên kết tốt với hồ xi măng). Nước yêu cầu giảm khi kích thước cấp hạt tăng và khi đưa vào lượng bọt khí. Nước yêu cầu thường giảm mạnh khi dùng phụ gia hoá học giảm nước.
- 3.4 Cường độ: Mặc dù cường độ là một đặc tính quan trọng của bê tông, nhưng các tính chất khác như độ bền, khả năng thấm nước, khả năng chịu mài mòn cũng có tầm quan trọng tương tự thậm chí quan trọng hơn. Cường độ ở tuổi 28 ngày dùng làm thông số để thiết kế kết cấu, xác định thành phần cấp phối của bê tông, đánh giá bê tông. Chúng được liên hệ với cường độ bằng nhiều cách nhưng cũng bị ảnh hưởng bởi các nhân tố không liên quan nhiều đến cường độ. Trong bê tông khối lớn, hỗn hợp bê tông được xác định thành phần có cường độ thiết kế ở tuổi sau 28 ngày. Tuy nhiên, thành phần cấp phối của bê tông khối lớn cường độ ban đầu cũng phải đủ để tháo ván khuôn.
- 3.5 Tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính [w/c hoặc $w/(c+p)$]: Với các tổ hợp vật liệu và các điều kiện đã đưa ra, cường độ của bê tông được xác định bởi lượng nước thực tế sử dụng trên lượng xi măng hoặc tổng số chất kết dính. Lượng nước thực tế ngoại trừ nước hấp phụ của cốt liệu. Với tỷ lệ nước-xi măng w/c hoặc nước-chất kết dính $w/(c+p)$ xác định, sự khác biệt về cường độ, có thể do sự thay đổi kích thước lớn nhất của cốt liệu, cấp hạt, bề mặt, hình dạng, cường độ và độ cứng của hạt cốt liệu; sự khác nhau về loại, nguồn gốc xi măng; lượng bọt khí cuốn vào; và phụ gia hoá học sử dụng ảnh hưởng đến quá trình hydrat hoá của xi măng hoặc phát triển các đặc tính kết dính. Nói chung, những tác động trên có thể dự đoán trong trường hợp chung, chúng được xét đến trong tiêu chuẩn này. Đánh giá số lượng và tính phức tạp của chúng, rõ ràng là việc dự đoán chính xác cường độ phải dựa trên cơ sở các mẻ trộn thử hoặc kinh nghiệm với các vật liệu đã được sử dụng.
- 3.6 Độ bền: Bê tông phải chịu các tác động trực tiếp của môi trường do đó làm mất tính bền của nó - đóng băng, tan băng, khô và ướt, nóng và lạnh, tác nhân hoá học, tác nhân băng giá và các tác nhân tương tự. Sử dụng thành phần đặc biệt để cải thiện khả

năng chống lại một số các tác nhân trên: như dùng xi măng thấp kiềm, puzzolan, xỉ, silica fume, cốt liệu đã được lựa chọn để ngăn ngừa sự churong nở thể tích do phản ứng kiềm - cốt liệu gây ra ở một vài vùng khi bê tông tiếp xúc với độ ẩm của môi trường; xi măng bèn sunfat, xỉ, silica fume, puzzolan dùng cho bê tông làm việc trong môi trường biển hoặc chất thải có chứa sunfat; hoặc cốt liệu có chứa các khoáng chất cứng và hạt mềm tự do quá giới hạn ở những nơi yêu cầu chống mài mòn bề mặt. Dùng tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính thấp [w/c hoặc w/(c+p)] sẽ kéo dài tuổi thọ của bê tông do giảm sự thâm nhập các chất lỏng có hại vào bê tông. Khả năng chịu được thời tiết khắc nghiệt, đặc biệt là hiện tượng đóng băng, tan băng, muối dùng làm tan băng được cải thiện do hệ thống bọt khí phân bố đồng đều. Khi chịu tác động của môi trường đặc biệt ở những nơi hiện tượng đóng băng thường xảy ra nên dùng bê tông có bọt khí.

3.7 Khối lượng thể tích - Với các ứng dụng cụ thể, bê tông được dùng chủ yếu do tính chất khối lượng của nó. Ví dụ về các ứng dụng là đối trọng của cần cầu, trọng lượng của các ống dẫn dầu chìm dưới nước, tấm chắn bức xạ, tấm chắn âm thanh. Bằng cách dùng cốt liệu đặc biệt có thể đạt được bê tông có khối lượng lớn hơn 350 lb/ft³ - xem phụ lục 4.

3.8 Nhiệt thủy hoá - Sự quan tâm hàng đầu về thiết kế cấp phối bê tông khối lớn là kích thước và hình dáng kết cấu hoặc các bộ phận của nó. Khi đổ bê tông với khối lượng đủ lớn yêu cầu phải đo và kiểm tra nhiệt thủy hoá và kết quả là thay đổi thể tích của khối bê tông vì vậy phải khống chế nhiệt thủy hoá. Trong một hướng dẫn sơ bộ, sự hydrat hoá của xi măng làm tăng nhiệt độ của khối bê tông từ 10 - 15 F/100 lb xi măng/yd³ trong 18 - 72 giờ. Nếu sự tăng nhiệt độ của khối bê tông không được giữ ở mức độ tối thiểu và nhiệt cho phép thoát ra ở mức độ hợp lý hoặc nếu bê tông phải chịu sự thay đổi nhiệt độ hoặc gradien nhiệt nhiều thì vết nứt sẽ xuất hiện. Các phương pháp điều khiển nhiệt độ gồm có: hạ thấp nhiệt độ của khối bê tông khi bắt đầu đổ, giảm lượng dùng chất kết dính, tuần hoàn nước lạnh và đồng thời cách ly bề mặt bê tông có thể được yêu cầu để điều chỉnh những điều kiện và môi trường thay đổi này. Cần chú ý là bê tông khối lớn không nhất thiết là bê tông cốt liệu lớn và cần quan tâm về nhiệt thủy hoá vượt quá lượng nhiệt trong bê tông không bị giới hạn cho các đập bê tông lớn hoặc các kết cấu móng lớn. Nhiều kết cấu đủ lớn cần xem xét đến lượng nhiệt sinh ra, đặc biệt là khi kích thước mặt cắt ngang của khối bê tông khoảng 2 đến 3 ft hoặc khi hàm lượng xi măng vượt quá vượt quá 600 lb/yd³ bê tông.

4 **ẢNH HƯỞNG CỦA PHỤ GIA, POZZOLAN VÀ CÁC VẬT LIỆU KHÁC ĐẾN CẤP PHỐI BÊ TÔNG.**

4.1 Phụ gia - Định nghĩa (ACI 116R), phụ gia là "một loại vật liệu không phải nước, cốt liệu, chất kết dính, cốt sợi được dùng như một thành phần của bê tông hoặc vữa và được thêm vào mẻ trộn trước hoặc trong quá trình trộn". Do đó, khái niệm này phù hợp với nhiều loại vật liệu và các sản phẩm, một số được sử dụng rộng rãi trong khi đó một số khác chỉ được áp dụng giới hạn. Chính vì điều này, tiêu chuẩn này chỉ hạn chế sử dụng phụ gia có ảnh hưởng đến thành phần bê tông như phụ gia cuốn khí, phụ gia hoá học, cho bay, puzzolan tự nhiên, xỉ hạt lò cao (GGBF xỉ).

4.2 Phụ gia tạo khí - Bê tông cuốn được một lượng không khí đáng kể vào là do dùng phụ gia tạo khí, ASTM C260, khác với phụ gia tạo khí được nghiên chung với xi măng trong quá trình sản xuất xi măng. Việc dùng phụ gia tạo khí làm cho các nhà sản xuất bê tông có thể điều chỉnh lượng không khí cuốn vào để bổ sung cho lượng không khí cuốn vào do ảnh hưởng của các điều kiện khác trong bê tông cuốn khí như đặc tính của cốt liệu, thành phần của các chất của phụ gia, loại và độ bền của hỗn hợp, nhiệt độ, độ mịn và tính chất hoá học của xi măng, dùng các chất kết dính khác hoặc phụ gia hoá học khác ... Bởi vì hiệu ứng trơn trượt của các bọt khí trong hỗn hợp bê tông và vì kích thước và thành phần của lỗ rỗng, nên bê tông có bọt khí thường làm giảm đến 10% nước so với bê tông không có bọt khí khi có cùng độ sụt. Sự giảm thể tích nước nhào trộn cũng như là thể tích không khí cuốn vào phải được xem xét trong khi tính toán thành phần cấp phối.

4.3 Phụ gia hoá học - Từ cường độ và các tính chất quan trọng khác của bê tông như độ bền, co ngót, nứt liên quan đến tổng lượng nước và tỉ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ nên phụ gia giảm nước được dùng để cải thiện chất lượng của bê tông. Hơn nữa, có thể giảm lượng dùng xi măng cùng với nó là giảm lượng nước khi có cùng tỉ lệ w/c , $w/(c+p)$ hoặc cường độ, phụ gia giảm nước và phụ gia điều chỉnh ninh kết được sử dụng rộng rãi vì lí do kinh tế (ACI 212.2R).

Phụ gia hoá học tuân theo ASTM C494, các phụ gia hoá học từ các loại A đến G có nhiều loại và nó được dùng với các mục đích sau:

Loại A -- Giảm nước

Loại B -- Kéo dài thời gian ninh kết

Loại C -- Thúc đẩy (đóng rắn nhanh)

Loại D -- Giảm nước và kéo dài thời gian ninh kết.

Loại E -- Giảm nước và đóng rắn nhanh

Loại F -- Giảm nước tầm cao.

Loại G -- Giảm nước tầm cao và kéo dài thời gian ninh kết.

Các nhà sản xuất hoặc tài liệu sản xuất phải được tra cứu để xác định lượng phụ gia hoá học cần thiết cho mỗi loại phụ gia hoặc kết hợp các phụ gia lại. Khi dùng phụ gia với hàm lượng lớn, các phụ gia hoá học có xu hướng cộng gộp các tác động phụ lại như kéo dài quá mức thời gian ninh kết và có thể tăng lượng bọt khí cuốn vào, theo ASTM C1017. Khi dùng loại A, B và D thường dùng hàm lượng nhỏ (2 đến 7 oz/100 lb xi măng), vì vậy lượng nước trong phụ gia cho vào bê tông có thể bỏ qua. Loại C, E, F, G thường được dùng với hàm lượng lớn (10 đến 90 oz/100 lb xi măng) do đó lượng nước có trong phụ gia cho vào bê tông phải được tính khi tính tổng lượng nước và tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$. Khi sử dụng các loại A, B, D với tỷ lệ cao hơn thông thường hoặc trong tổ hợp phụ gia với phụ gia đóng rắn nhanh (Loại C và E), thì phải tính hàm lượng nước.

Mặc dù phụ gia hoá học có nhiều loại, tác động của nó đến lượng nước yêu cầu bị chi phối bởi các yêu cầu của tiêu chuẩn ASTM C494. Lượng nước đã đề cử thường

được thiết lập bởi các nhà sản xuất phụ gia hoặc người sử dụng sau khi thực hiện các thí nghiệm mở rộng. Khi dùng ở mức độ trung bình, phụ gia loại A giảm nước, loại D giảm nước và kéo dài thời gian linh kết, loại E giảm nước và đóng rắn nhanh thường giảm lượng nước nhào trộn từ 5 - 8 % trong khi loại F giảm nước tầm cao và loại G giảm nước tầm cao và kéo dài thời gian linh kết giảm lượng nước yêu cầu từ 12 - 25 % hoặc nhiều hơn. Loại F, G phụ gia giảm nước tầm cao (HRWR) thường được gọi là phụ gia "siêu dẻo".

Phụ gia giảm nước tầm cao thường được sử dụng để tạo ra bê tông có độ sụt khoảng 7¹/₂ in hoặc lớn hơn mà không tăng lượng nước yêu cầu ngoài lượng nước chứa trong phụ gia. Loại phụ gia giảm nước A, B hoặc D với hàm lượng cao, kết hợp với loại phụ gia tăng tốc C hoặc E cũng có thể được dùng để tạo ra các tác động tương tự. Khi sản xuất bê tông chảy có thể tăng hàm lượng cốt liệu thô để tạo điều kiện thuận lợi cho bê tông chảy vào những vùng hẹp của kết cấu bê tông cốt thép có mật độ cốt thép dày đặc. Bê tông có độ chảy cao rất dễ bị phân tầng vì vậy cần phải tính toán cẩn thận thể tích vữa phù hợp cho bê tông đáp ứng yêu cầu về độ dính kết mà không cần tạo độ nhót của bê tông.

ASTM 494 liệt kê 7 loại phụ gia hoá học. Người ta không phân loại phụ gia hoá học theo thành phần của nó. ACI 212.2R liệt kê 5 loại vật liệu chung nhất được dùng để chế tạo phụ gia giảm nước, phụ gia điều chỉnh thời gian ninh kết. Cũng như ACI 301 và ACI 318, báo cáo này được xem xét lại để xác định khi nào các giới hạn sử dụng các loại phụ gia cụ thể cho một loại bê tông được xác định. Ví dụ, phụ gia có chứa calcium chloride có thể thúc đẩy tốc độ ăn mòn cốt thép trong bê tông khi có độ ẩm và oxy.

4.4 Các chất kết dính khác - Các chất kết dính khác ngoài xi măng thường được sử dụng trong bê tông cùng với xi măng portland hoặc xi măng hỗn hợp để đạt tính kinh tế, giảm nhiệt độ thủy hoá, cải thiện tính công tác, cải thiện cường độ hoặc độ bền hoặc cả hai trong điều kiện môi trường cụ thể. Các loại vật liệu này bao gồm: tro bay, pozzolan tự nhiên (ASTM C618), xỉ hạt lò cao (ASTM C989), và silica fume. Không phải tất cả các vật liệu kể trên đều có tất cả các công dụng trên.

Như đã định nghĩa trong ASTM C618, pozzolan là "vật liệu aluminosilicat có ít hoặc không có khả năng kết dính nhưng khi bị nghiền mịn sẽ phản ứng với hydroxit canxi ở nhiệt độ thường trong môi trường ẩm để tạo ra các hợp chất có tính chất kết dính...". Tro bay là "phần còn lại khi đốt cháy than đá hoặc than bùn bị nghiền mịn". Tro bay dùng trong bê tông được phân làm hai loại: loại F, tro bay có các tính chất pozzolan và cũng có tính chất kết dính yếu nó có thể tự kết dính khi nhào trộn với nước. Loại C tro bay có chứa lượng vôi > 10%. Việc dùng tro bay trong bê tông được miêu tả đầy đủ và được thảo luận trong ACI 226.3R.

Xỉ hạt lò cao là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất gang. Khi xỉ này được làm nguội nhanh và nghiền nhỏ, nó sẽ có các tính chất kết dính. Sau khi thực hiện các quá trình trên loại vật liệu này được gọi là xỉ hạt lò cao (GGBF xỉ). Các tính chất rắn trong nước có thể bị thay đổi và có thể được chia thành các mức ghi trong tiêu chuẩn ASTM C989. Tiêu chuẩn này đưa ra các chỉ dẫn về quan hệ cường độ của vữa có 50% GGBF xỉ thay cho 50% xi măng portland ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Mức của GGBF xỉ là 80, 100, 120 tương ứng với khả năng tăng dần về cường độ.

Silica fume* dùng trong bê tông là sản phẩm phụ của quá trình sản xuất tấm silicon hoặc hợp kim sắt-silíc. Khi tinh chế silic có độ tinh khiết cao khỏi than và mùn gỗ, silica fume được tích tụ lại từ khí thoát ra khỏi lò có hàm lượng silicon dioxide vô định hình lớn ở dạng các hạt nhỏ hình cầu.

* Tên gọi khác của silica fume là bụi silica, viên silica fume nén và micro silica; phần lớn gọi là silica fume

Sử dụng silica fume trong bê tông được chia làm 3 loại sau:

- a. Dùng để sản xuất bê tông có độ thấm nước thấp và nâng cao độ bền.
- b. Dùng để sản xuất bê tông cường độ cao.
- c. Thay thế xi măng (theo tình hình kinh tế hiện tại, chi phí của xi măng so với chi phí của silica fume thì không thể sử dụng silica fume tại Mỹ).

Silica fume có khối lượng riêng khoảng 2.2. Khối lượng riêng của silica fume thấp hơn khối lượng riêng của xi măng, điều đó có nghĩa là khi thay thế silica fume cho xi măng theo khối lượng thì thể tích của silica fume thêm vào lớn hơn thể tích của xi măng bị thay thế. Vì vậy thể tích của hồ kết dính tăng và tỷ lệ nước-chất kết dính theo thể tích giảm.

Phân tích thành phần hạt của silica fume cho thấy rằng hầu hết các hạt đều nhỏ hơn 1 µm (với đường kính trung bình là 0,1 µm, nó nhỏ hơn khoảng 100 lần so với hạt xi măng).

Silica fume siêu mịn và có hàm lượng silicat cao là loại vật liệu pozzoland hoạt tính. Phản ứng pozzolan của silica fume với canxi hydroxit sinh ra trong quá trình thủy hoá của xi măng tạo ra hợp chất kết dính bền vững, calcium silicate hydrate (CSH).

Silica fume đã được sử dụng để tạo ra bê tông cường độ cao (trên 18000 psi), ít thấm nước và chống được tác động hoá học. Những loại bê tông này chứa lượng silica fume hơn 25% khối lượng của xi măng. Việc dùng lượng silica fume cao này thường gây ra các trở ngại khi làm việc. Lượng nước yêu cầu của loại bê tông có dùng silica fume tăng cùng với độ tăng của lượng dùng silica fume.

Để có cường độ tối đa của bê tông dùng silica fume người ta dùng kết hợp với phụ gia giảm nước, có thể dùng phụ gia giảm nước tầm cao (HRWR). Liều lượng của HRWR phụ thuộc vào hàm lượng silica fume sử dụng và loại của HRWR được sử dụng.

Khi tính toán thành phần bê tông có chứa silica fume cần phải xem xét các nhân tố sau:

- a. Trộn - Tổng thời gian trộn tùy thuộc vào % của silica fume được sử dụng và điều kiện trộn. Thời gian trộn có thể cần tăng lên để đạt được sự phân bố đồng đều của silica fume với hàm lượng nước thấp. Sử dụng HRWR sẽ trợ giúp nhiều để đạt được sự phân bố đồng đều.
- b. Cuốn khí - Tổng lượng không khí cuốn vào để đáp ứng thể tích yêu cầu của không khí trong bê tông có thể tăng khi tăng lượng silica fume do silica fume có diện tích bề mặt rất cao và sự có mặt của carbon trong silica fume. Chất tạo khí

thường không được sử dụng trong bê tông cường độ cao trừ khi chúng phải làm việc trong môi trường đóng băng và tan băng khi bị ngập nước hoặc trong môi trường sương muối.

- c. Tính công tác - Hỗn hợp bê tông có chứa silica fume thường có độ dính kết cao hơn và ít xảy ra phân tầng so với bê tông không có silica fume. Độ dính kết tăng và giảm tách nước có thể cải thiện được các tính chất khi bơm của bê tông. Bê tông có chứa silica fume vượt quá 10% khối lượng xi măng có thể trở nên dính hơn. Nó có thể tăng độ sụt từ 2 đến 5 in và vẫn duy trì tính công tác trong thời gian dài.
- d. Tách nước - Bê tông có chứa silica fume làm giảm độ tách nước. Điều này có thể là do diện tích bề mặt của silica fume cao, kết quả là có rất ít nước bị tách ra khỏi hỗn hợp bê tông. Như là một kết quả của tách nước ít, bê tông sẽ có khuynh hướng co ngót dẻo lớn hơn.

Các vật liệu điển hình đã được giới thiệu trong các hỗn hợp bê tông riêng biệt. Tuy nhiên trong một số trường hợp các vật liệu như vậy có thể được trộn lẫn vào xi măng portland với một tỷ lệ thích hợp để chế tạo xi măng hỗn hợp, ASTM C595. Cũng như các phụ gia tạo khí được thêm vào trong khi trộn bê tông, việc thêm GGBF xỉ vào cũng làm cho quá trình chế tạo bê tông linh động hơn để đạt được các tính chất mong muốn của bê tông.

Khi thiết kế cấp phối bê tông có chứa các loại vật liệu mịn như tro bay, pozzolan tự nhiên, GGBF xỉ, hoặc silica fume, số lượng các nhân tố phải được xem xét: Chúng bao gồm:

- a. Tác động hoá học của vật liệu mịn và ảnh hưởng của chúng đến cường độ của bê tông ở các tuổi khác nhau.
- b. ảnh hưởng đến lượng nước yêu cầu cần cho tính công tác và khả năng đổ bê tông.
- c. Độ chặt (hoặc khối lượng riêng) của vật liệu mịn và ảnh hưởng của nó đến thể tích của một mẻ trộn bê tông.
- d. ảnh hưởng của lượng phụ gia hoá học hoặc phụ gia cuốn khí dùng trong bê tông.
- e. ảnh hưởng của sự phối hợp các loại vật liệu đến các tính chất then chốt của bê tông, ví dụ như thời gian ninh kết ở điều kiện nhiệt độ môi trường xung quanh, nhiệt thuỷ hoá, tốc độ phát triển cường độ và độ bền.

- f. Lượng vật liệu mịn và xi măng cần phù hợp với các yêu cầu của từng loại bê tông cụ thể.

4.4.1 Phương pháp lựa chọn và đánh giá hỗn hợp bê tông có chứa các vật liệu mịn phải dựa trên các mẻ trộn bê tông thử nghiệm sử dụng một giới hạn của các vật liệu thành phần. Bằng cách đánh giá các tác động của chúng lên cường độ, lượng nước yêu cầu, thời gian ninh kết và các tính chất yêu cầu khác, có thể xác định được hàm lượng các vật liệu mịn tối ưu. Khi thiếu các thông tin này và khi chuẩn bị tính toán thành phần cho mẻ trộn đầu tiên hoặc một loạt các mẻ trộn theo tiêu chuẩn ASTM C129, một giới hạn chung đã được đưa ra dựa trên hàm lượng phần trăm của các thành phần trong tổng lượng vật liệu kết dính sử dụng trong bê tông như sau:

Tro bay loại F	15 đến 25%
Tro bay loại C	15 đến 35%
Pozzolan tự nhiên	10 đến 20%
Xỉ hạt lò cao	25 đến 70%
Silica fume	5 đến 10%

Với các dự án đặc biệt, hoặc để tạo ra các tính chất đặc biệt, lượng vật liệu được dùng trong 1yd^3 bê tông có thể khác với lượng đã được đưa ra ở trên.

Trong trường hợp yêu cầu cường độ bê tông ở tuổi ban đầu cao, tổng lượng dùng các chất kết dính có thể cao hơn lượng dùng cần thiết khi chỉ dùng xi măng. Những nơi không cần cường độ cao ở tuổi ban đầu thì thường dùng phần trăm tro bay cao hơn.

Thường thì người ta thấy rằng khi dùng tro bay và xỉ thì lượng nước yêu cầu để đạt được độ sụt và tính công tác của bê tông có thể thấp hơn khi chỉ dùng xi măng portland. Khi dùng silica fume thì cần nhiều nước hơn khi chỉ dùng xi măng. Khi tính toán lượng phụ gia hoá học cho một mẻ trộn xác định, lượng dùng phụ gia được áp dụng cho tổng vật liệu kết dính. Trong điều kiện đó, giảm lượng nước nhào trộn bằng phụ gia giảm nước thông thường (loại A, D, E) ít nhất là 5% và với phụ gia siêu dẻo là 12%. Khi dùng xỉ hạt lò cao kết hợp với phụ gia siêu dẻo thì hàm lượng phụ gia có thể giảm đến 25% so với hỗn hợp chỉ dùng xi măng portland.

4.4.2 Do khối lượng riêng khác nhau, lượng của các vật liệu mịn có thể chiếm một thể tích không giống nhau. Khối lượng riêng của xi măng hỗn hợp thấp hơn khối lượng riêng của xi măng portland. Vì vậy khi dùng cả xi măng hỗn hợp và các vật liệu mịn khác thì sản lượng của hỗn hợp bê tông có thể được điều chỉnh bằng cách dùng khối lượng riêng thực tế của các loại vật liệu đã dùng.

4.4.3 Tro bay loại C, chứa rất ít carbon, có ít hoặc không có tác động đến hàm lượng khí cuốn vào hoặc không tác động đến lượng phụ gia tạo khí. Nhiều tro bay loại F cần lượng lớn phụ gia tạo khí để đạt được lượng bọt khí theo mong muốn; nếu lượng carbon trong tro cao thì lượng khí này có thể cao hơn vài lần so với bê tông không có tro bay. Lượng khí yêu có thể thay đổi được. Lượng không khí cuốn vào bê tông có chứa lượng các bon cao khó có thể đạt được và khó duy trì được. Các chất kết dính

khác có thể được đánh giá giống như xi măng để xác định lượng phụ gia cuốn khí hợp lý trong 1 yd³ bê tông hoặc 100 lb chất kết dính đã dùng.

- 4.4.4 Bê tông dùng xi măng hỗn hợp, các chất kết dính khác, và phụ gia phải được thí nghiệm để xác định thời gian ninh kết ở các nhiệt độ khác nhau. Việc dùng các vật liệu mịn thường giảm thời gian ninh kết của bê tông, thời kỳ này có thể kéo dài khi phần trăm của các vật liệu mịn trong xi măng hỗn hợp cao hơn, thời tiết lạnh và có các phụ gia hoá học không thúc đẩy ninh kết.

Do có thể có ảnh hưởng bất lợi đến thời gian kết thúc ninh kết và giá thành hợp lý, trong một số môi trường khí hậu lạnh tỷ lệ của các vật liệu mịn trong xi măng hỗn hợp có thể giảm xuống thấp hơn lượng tối ưu. Một số tro bay loại C có thể ảnh hưởng đến thời gian ninh kết trong khi đó một số vật liệu mịn có thể ít có ảnh hưởng đến thời gian ninh kết. Giảm hàm lượng xi măng có thể giảm nhiệt thủy hoá và thường kéo dài thời gian ninh kết.

5 CÁC DỮ LIỆU CƠ BẢN

- 5.1 Để có thể mở rộng hơn, việc lựa chọn thành phần cấp phối bê tông phải dựa trên cơ sở các dữ liệu thí nghiệm hoặc kinh nghiệm với các loại vật liệu đã được dùng trong thực tế. Khi các dữ liệu này bị giới hạn hoặc không có sẵn các tính toán đã đưa ra trong tiêu chuẩn này có thể được thực hiện.

5.2 Các thông tin về vật liệu có sẵn dưới đây rất có ích:

- 5.2.1 Phân tích cỡ hạt của cốt liệu thô và cốt liệu mịn.
- 5.2.2 Khối lượng thể tích của cốt liệu thô.
- 5.2.3 Khối lượng riêng và độ hấp thụ của cốt liệu.
- 5.2.4 Lượng nước yêu cầu cho bê tông được nghiên cứu theo kinh nghiệm với cốt liệu sẵn có.
- 5.2.5 Quan hệ giữa cường độ và tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ với tỷ lệ phối hợp xi măng với các chất kết dính khác và cốt liệu đã xác định.
- 5.2.6 Khối lượng riêng của xi măng và các chất kết dính khác nếu dùng.
- 5.2.7 Kết hợp tối ưu của cốt liệu thô để đáp ứng yêu cầu độ chặt cao nhất của cấp hạt trong bê tông khối lớn được thảo luận ở mục 5.3.2.1 của phụ lục 5.

5.3 Các thiết lập trong bảng 6.3.3 và 6.3.4 có thể được dùng khi các mục ở mục 5.2.4 và 6.3.5 không có sẵn. Tỷ lệ các chất có thể được tính toán mà không cần biết khối lượng riêng và độ hấp thụ nước của cốt liệu, mục 5.2.3.

6 TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN

- 6.1 Quy trình lựa chọn thành phần bê tông ở phần này được áp dụng cho loại bê tông thường. Nhưng quy trình và các dữ liệu cơ bản này có thể dùng để lựa chọn thành phần cho

bê tông nặng, bê tông khối lớn. Các thông tin tham khảo và các ví dụ tính toán về các loại bê tông này được đưa ra ở các phụ lục tương ứng 4 và 5.

6.2 Để tính toán sơ bộ khối lượng cần thiết của từng loại vật liệu cho bê tông cần phải quan tâm đến trình tự logic của các bước tính toán. Các bước tính toán như thế nào để các tính chất của các loại vật liệu có sẵn phù hợp với điều kiện làm việc. Vấn đề về khả năng phù hợp này thường không rời khỏi lựa chọn các thành phần riêng biệt. Các chỉ dẫn có thể chỉ dẫn một số hoặc tất cả các nhân tố sau:

6.2.1 Tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính lớn nhất.

6.2.2 Lượng xi măng tối đa.

6.2.3 Lượng bọt khí.

6.2.4 Độ sụt.

6.2.5 Kích thước lớn nhất của cốt liệu.

6.2.6 Cường độ.

6.2.7 Các yêu cầu khác liên quan đến các vấn đề như cường độ vượt quá thiết kế, phụ gia, xi măng đặc biệt, các chất kết dính khác hoặc cốt liệu.

6.3 Ngoại trừ các tính chất của bê tông được quy định trong chỉ dẫn này hoặc được phép lựa chọn các tỷ lệ vật liệu riêng lẻ, việc xác định thành phần vật liệu trên 1yd^3 bê tông có thể được thực hiện theo các trình tự sau:

6.3.1 *Bước 1: Chọn độ sụt* - Nếu độ sụt không được chỉ ra, một giá trị thích hợp với điều kiện thi công có thể được chọn từ bảng 6.3.1. Giới hạn độ sụt được áp dụng khi sử dụng máy đầm rung để gia cố bê tông. Tính công tác của hỗn hợp phải đủ để tạo hình.

Bảng 6.3.1 - Độ sụt đề xuất cho các loại công trình xây dựng *.

Loại công trình xây dựng	Độ sụt, in	
	Tối đa [†]	Tối thiểu
Tường và chân móng bê tông có cốt thép	3	1
Bệ đỡ, giếng chìm, và các kết cấu tường	3	1
Dầm và tường bê tông cốt thép	4	1
Cột nhà	4	1
Tấm và mặt sàn	3	1
Bê tông khối lớn	2	1

* Độ sụt có thể tăng lên khi sử dụng phụ gia hoá học, miễn là bê tông có tỷ lệ W/C hay N/CKD ngang bằng hoặc thấp hơn nhưng không bị phân tầng hay tách nước.

† Có thể tăng độ sụt lên 1 in (25mm) khi gia cố bằng phương pháp khác phương pháp rung.

6.3.2 **Bước 2: Lựa chọn kích thước lớn nhất của cốt liệu.** Cấp hạt có kích thước lớn nhất của cốt liệu lớn có ít lỗ rỗng hơn cấp hạt có kích thước bé. Vì vậy bê tông dùng cấp hạt có kích thước lớn nhất của cốt liệu lớn cần ít vữa hơn trong cùng 1 đơn vị thể tích bê tông. kích thước lớn nhất của cốt liệu phụ thuộc vào kích thước của kết cấu. kích thước lớn nhất của cốt liệu không bao giờ được phép vượt quá 1/5 khoảng cách nhỏ nhất giữa hai thành khuôn, 1/3 chiều sâu của tấm, 1/4 khoảng cách thực tế của các thanh cốt thép, bó thanh ... Các giới hạn này đôi khi bị loại bỏ nếu tính công tác và các biện pháp nén chặt đảm bảo bê tông tạo thành không có lỗ rỗng hoặc rỗ tổ ong. ở những nơi mà mật độ cốt thép, các ống để căng cốt thép dày đặc, người lựa chọn thành phần nên lựa chọn kích thước lớn nhất của cốt liệu danh nghĩa sao cho bê tông khi đổ không có hiện tượng phân tầng, tách nước, bị hồng hoặc rỗng. Khi bê tông cần cường độ cao cách tốt nhất là giảm kích thước lớn nhất của cốt liệu để tạo ra bê tông cường độ cao hơn với tỷ lệ nước-xi măng đã cho.

6.3.3 **Bước 3: Tính toán lượng nước và lượng bọt khí** - Lượng nước cần trên 1 đơn vị thể tích bê tông để tạo ra một độ sụt nhất định phụ thuộc vào: **Dmax cốt liệu, hình dạng hạt, thành phần hạt, nhiệt độ của bê tông, hàm lượng bọt khí cuốn vào và việc dùng phụ gia hoá học.** Độ sụt phụ thuộc nhiều vào lượng dùng xi măng hoặc các chất kết dính khác dùng ở mức độ thường (trong trường hợp cần thiết việc sử dụng phụ gia khoáng mịn có thể giảm lượng nước yêu cầu - xem ACI 212.1R). Bảng 6.3.3 đưa ra lượng nước sơ bộ của bê tông với Dmax cốt liệu khác nhau và có hoặc không có bọt khí. Tùy thuộc vào hình dạng và cấu trúc của cốt liệu, lượng nước yêu cầu có thể cao hơn hoặc thấp hơn các giá trị ghi trong bảng, nhưng các giá trị này đủ chính xác cho các tính toán sơ bộ. Sự khác nhau về lượng nước yêu cầu này không phải do cường độ chi phối mà có thể là do các nhân tố khác. Cả cốt liệu tròn và góc cạnh có chất lượng và cấp hạt như nhau có thể được dùng để sản xuất bê tông có cường độ giống nhau, với xi măng không đổi thay vào đó là tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ thay đổi do đó lượng nước yêu cầu khác nhau. Hình dạng hạt không là dấu hiệu để chỉ ra cường độ cốt liệu cao hơn hay thấp hơn khả năng tạo ra cường độ của nó.

Phụ gia hoá học - Phụ gia hoá học được sử dụng để thay đổi các tính chất của bê tông, để cải thiện tính công tác, độ bền, tính kinh tế, tăng hoặc giảm thời gian cứng rắn của bê tông, thúc đẩy sự phát triển cường độ; và/hoặc điều khiển nhiệt độ của bê tông. Phụ gia hoá học chỉ được dùng sau khi được đánh giá là phù hợp để chứng tỏ rằng các tác động cần thiết phù hợp với loại bê tông cụ thể trong các điều kiện dự định sử dụng. Phụ gia giảm nước và/hoặc kéo dài thời gian ninh kết (thỏa mãn yêu cầu của ASTM C494) khi được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp với các loại phụ gia khác sẽ giảm đáng kể lượng nước trên một đơn vị thể tích bê tông. Việc sử dụng phụ gia, thậm chí ở cùng một độ sụt, sẽ cải thiện chất lượng của bê tông như: tính công tác, khả năng hoàn thiện, khả năng bơm, độ bền, cường độ nén và cường độ uốn. Lượng đáng kể của phụ gia lỏng sử dụng nên được xem xét là một phần của lượng nước nhào trộn. Các giá trị độ sụt đưa ra trong bảng 6.3.1 "Đề xuất cho các độ sụt và các loại công trình xây dựng" có thể tăng khi dùng phụ gia hoá học miễn là hỗn hợp bê tông có phụ gia, mà có tỷ lệ nước-xi măng bằng hoặc thấp hơn vẫn không bị phân

tăng hoặc tách nước. Khi chỉ sử dụng để tăng độ sụt, phụ gia hoá học không cải thiện một tính chất nào khác của bê tông.

Bảng 6.3.3 Đưa ra lượng bọt khí cuốn vào thích hợp. Phần trên của bảng dùng cho bê tông không có bọt khí, **phần dưới của bảng đưa ra hàm lượng bọt khí trung bình cho từng loại bê tông.** Nếu cần có hoặc mong muốn có một lượng bọt khí trong bê tông, có 3 mức độ về hàm lượng bọt khí được đưa ra cho từng loại cốt liệu tùy thuộc vào mục đích của việc sử dụng bọt khí và điều kiện tác động của môi trường lên bê tông.

Bảng 6.3.3. Lượng nước nhào trộn sơ bộ và hàm lượng bột khí yêu cầu cho độ sụt và kích thước danh nghĩa của cốt liệu.

Lượng nước yêu cầu của bê tông với các kích thước danh nghĩa của cốt liệu, lb/yd ³								
Độ sụt, in.	³ / ₈ *	¹ / ₂ *	³ / ₄ *	1*	1 ¹ / ₂ *	2* [†]	3 ^{†,‡}	6 ^{†,‡}
Bê tông không cuốn khí								
1 đến 2	350	335	315	300	275	260	220	190
3 đến 4	385	365	340	325	300	285	245	210
6 đến 7	410	385	360	340	315	300	270	-
Lớn hơn 7*	-	-	-	-	-	-	-	-
Lượng bột khí được cuốn vào bê tông không cuốn khí, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Bê tông cuốn khí								
1 đến 2	305	295	280	270	250	240	205	180
3 đến 4	340	325	305	295	275	265	225	200
6 đến 7	365	345	325	310	290	280	260	-
Lớn hơn 7*	-	-	-	-	-	-	-	-
Tổng hàm lượng bột khí trung bình, % cho các mức độ tác động của môi trường								
Mức độ tác động nhẹ	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5** ^{††}	1.0** [†] _†
Mức độ tác động trung bình	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5** ^{††}	3.0** [†] _†
Mức độ tác động mạnh ^{‡‡}	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5** ^{††}	4.0** [†] _†

* 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 cho các mẻ trộn thử ở nhiệt độ 68 đến 77 F. 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. Cốt liệu tròn sẽ có lượng nước yêu cầu thấp hơn khoảng 30lb cho bê tông không cuốn khí và 25 lb cho bê tông cuốn khí. 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 lớn hơn 7in 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.

[†] Các giá trị độ sụt cho bê tông có chứa cốt liệu thô lớn hơn 1¹/₂ in dựa trên thử nghiệm độ sụt được tiến hành sau khi đã loại bỏ các hạt lớn hơn 1¹/₂ in bằng phương pháp sàng ướt.

‡ Các số liệu lượng nước nhào trộn này được sử dụng để xác định hàm lượng xi măng cho các mẻ trộn bê tông có cốt liệu thô 3 in hoặc 6 in. Chúng là giá trị trung bình cho cốt liệu thô có hình dạng chấp nhận được, cấp hạt từ lớn đến nhỏ tốt.

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, 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.

** Cho bê tông có chứa cốt liệu lớn mà sẽ bị sàng ướt trên sàng 1^{1/2} in trước khi thử nghiệm hàm lượng không khí, % hàm lượng không khí của phần vật liệu dưới sàng 1^{1/2} in được lập thành bảng trong cột 1^{1/2} in. Tuy nhiên, tỷ lệ tính toán ban đầu phải bao gồm toàn bộ hàm lượng không khí.

†† Khi sử dụng cốt liệu lớn trong bê tông có chứa hàm lượng xi măng thấp, hàm lượng không khí cần thiết không gây bất lợi cho cường độ. Trong phần lớn các trường hợp lượng nước nhào trộn yêu cầu được giảm đủ để cải thiện tỷ lệ w/c và do đó đền bù lại phần cường độ bị giảm do ảnh hưởng của lượng không khí cuốn vào. Vì vậy thường với cốt liệu lớn, hàm lượng không khí được đề suất cho môi trường rất khắc khe phải được xem xét thậm chí ngay cả khi chúng ít hoặc không làm việc trong môi trường ẩm và băng giá.

‡‡ 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 được tính toán hàm lượng không khí cần thiết bằng cách lấy 9% của thể tích vữa thực tế.

Điều kiện tác động nhẹ - Khi cần lượng bọt khí cho tác dụng có lợi khác ngoài độ bền như cải thiện tính công tác hoặc dính bám hoặc để cải thiện cường độ trong bê tông có ít xi măng thì dùng lượng bọt khí ít hơn lượng cần cho độ bền. Điều kiện tác động này bao gồm: điều kiện khí hậu trong nhà và ngoài nhà, nơi mà bê tông không bị tiếp xúc với hiện tượng đóng băng hoặc tác nhân làm tan băng.

Điều kiện tác động trung bình - Bê tông làm việc ở các vùng khí hậu có hiện tượng đóng băng nhưng không phải làm việc liên tục trong môi trường ẩm hoặc nước tự do trong một thời gian dài trước khi đóng băng và không chịu tác động của các tác nhân làm tan băng hoặc các chất hoá học khác. Ví dụ gồm: bề ngoài của dầm, tường, cột, dầm cầu hoặc các tấm bê tông không tiếp xúc với đất ướt và các kết cấu bê tông đặt ở vị trí không tiếp xúc trực tiếp với các tác nhân muối làm tan băng.

Điều kiện môi trường tác động khắc nghiệt - Bê tông chịu tác dụng của các tác nhân hoá học làm tan băng hoặc các tác nhân có hại khác hoặc ở những nơi bê tông bị bão hoà ẩm do tiếp xúc liên tục với hơi ẩm hoặc hơi nước tự do trước khi đóng băng. Các ví dụ gồm có vỉa hè, chân cầu, lề đường, máng nước, mặt đường, kênh dẫn, bề mặt ngoài của thùng chứa hay hầm chứa.

Việc dùng hàm lượng bọt khí ở mức độ trung bình trong bê tông có cường độ khoảng 5000 psi là không thể, do thực tế là cứ thêm 1% lượng bọt khí sẽ làm giảm cường độ tối đa xuống. Trong các trường hợp này sự tác động của nước, muối làm tan băng, nhiệt độ đóng băng cần phải đánh giá cẩn thận. Nếu bê tông không bị ướt thường xuyên và không bị tác động bởi muối làm tan băng thì lượng bọt khí thấp hơn lượng đưa ra ở bảng 6.3.3 với điều kiện tác động trung bình là phù hợp thậm chí khi bê tông

bị tác động của nhiệt độ đóng băng và tan băng. Tuy nhiên trong những điều kiện môi trường mà bê tông bị bão hòa nước trước khi đóng băng, hàm lượng bọt khí cuốn vào phải không được làm suy giảm cường độ. Trong các áp dụng cụ thể, có thể thấy rằng hàm lượng không khí cuốn vào thấp hơn so với chỉ dẫn, mặc dù sử dụng lượng phụ gia tạo khí phù hợp. Hiện tượng này thường xảy ra khi dùng nhiều xi măng. Trong những trường hợp này việc đạt được độ bền yêu cầu có thể được giải thích bởi các kết quả thí nghiệm về cấu trúc của bọt khí trong hồ đã cứng rắn của bê tông.

Khi dùng các mẻ trộn thí nghiệm để thiết lập mối quan hệ về cường độ hoặc thay đổi khả năng tạo ra cường độ của hỗn hợp bê tông nên dùng hàm lượng nước tối thiểu kết hợp với bọt khí. Nên đưa ra lượng khí tối đa cho phép trong bê tông và nên giới hạn độ sụt cho phép của bê tông. Điều này tránh được các dự đoán về sự phát triển cường độ của bê tông cao hơn so với điều kiện khắc nghiệt thường thấy ở công trường. Nếu bê tông ở công trường có độ sụt và/hoặc hàm lượng không khí thấp hơn thì phải điều chỉnh thành phần cấp phối để duy trì được các yêu cầu sản xuất. Để có thêm thông tin về hàm lượng bọt khí xem ACI 201.2R, 301 và 302.1R.

- 6.3.4 **Bước 4: Lựa chọn tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính** - Tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ yêu cầu được xác định không chỉ bởi cường độ yêu cầu, mà còn do các nhân tố khác như độ bền. Cốt liệu, xi măng, vật liệu kết dính khác nhau sẽ tạo ra cường độ khác nhau với cùng một tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$, người ta rất muốn có hoặc phát triển mối quan hệ giữa cường độ và tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ 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 từ bảng 6.3.4(a). Với các vật liệu cụ thể tra bảng tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ 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 qua cường độ giới hạn bằng một giới hạn đủ để duy trì số các thí nghiệm thấp hơn nằm trong giới hạn chỉ dẫn. Xem ACI 214 và ACI 318.

Bảng 6.3.4(a) - Quan hệ giữa tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước- chất kết dính và cường độ nén của bê tông

Cường độ nén ở 28 ngày, psi *	Tỷ lệ nước-xi măng theo khối lượng	
	Bê tông không cuốn khí	Bê tông cuốn khí
6000	0.41	-
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	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 $w/(c+p)$, 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 giữ lại hoặc có thể thay đổi khi sử dụng các chất kết dính khác. Tốc độ phát triển cường độ cũng có thể thay đổi.

Cường độ được thí nghiệm trên mẫu trụ 6 x 12 in, 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 $73.4 \pm 3F$ ($23 \pm 1.7^{\circ}C$) 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 hoặc $w/(c+p)$ sẽ tăng khi kích thước cốt liệu giảm, xem mục 3.4 và 6.3.2.

Với điều kiện tác động khắc nghiệt tỷ lệ w/c hoặc $w/(c+p)$ phải thấp mặc dù cường độ yêu cầu có thể đáp ứng với giá trị cao hơn. Bảng 6.3.4(b) đưa ra các giá trị tới hạn.

Bảng 6.3.4(b) Tỷ lệ tối đa cho phép của nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính 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 +	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 +
Các kết cấu khác	0.50	0.45 +

* Dựa trên báo cáo của ACI 201. vật liệu kết dính khác xi măng phải tuân theo ASTM C618 và C989.

+ Nếu sử dụng xi măng chống ăn mòn sulfate (loại I và V của ASTM C150) cho phép tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính có thể tăng khoảng 0.05.

Khi sử dụng pozzolan tự nhiên, tro bay, xỉ, silica fume (được xem là vật liệu pozzolan) trong bê tông, tỷ lệ $w/(c+p)$ theo khối lượng phải được cân nhắc, xem xét thay vì tỷ lệ w/c truyền thống. Có 2 cách nghiên cứu thông thường được dùng để xác định tỷ lệ $w/(c+p)$ là xem chúng tương tự như w/c của hỗn hợp bê tông chỉ dùng xi măng portland: (1) khối lượng tương đương của vật liệu pozzolan hoặc (2) thể tích tuyệt đối tương đương của vật liệu pozzolan có trong bê tông. Với phương pháp đầu tiên, khối lượng tương đương, tổng lượng vật liệu pozzolan và xi măng vẫn không đổi [nghĩa là $w/c = w/(c+p)$]; nhưng tổng thể tích tuyệt đối của xi măng và vật liệu pozzolan thường nhiều hơn một ít. Với cách nghiên cứu thứ 2, sử dụng phương trình 6.3.4.2, tỷ lệ $w/(c+p)$ theo khối lượng sẽ được tính để duy trì thể tích tuyệt đối bằng nhau nhưng nó sẽ làm giảm tổng khối lượng của vật kết dính do khối lượng riêng của pozzolan thường nhỏ hơn khối lượng riêng của xi măng.

Phương trình chuyển đổi tỷ lệ w/c sang $w/(c+p)$ theo khối lượng tương đương hoặc thể tích tương đương như sau:

Phương trình 3.6.4.1 theo khối lượng tương đương

$$\frac{w}{c} = \frac{w}{c+p}$$

Trong đó:

$w/(c+p)$ là khối lượng của nước chia cho tổng khối lượng của xi măng + pozzoland.

w/c là tỷ lệ nước-xi theo khối lượng.

Khi sử dụng phương pháp khối lượng tương đương, % hoặc phần vật liệu pozzoland dùng trong chất kết dính được tính theo khối lượng. Nghĩa là, % khối lượng của vật liệu pozzoland so với tổng khối lượng của xi măng + vật liệu pozzoland (F_w), được thể hiện là phân số thập phân.

$$F_w = \frac{p}{c+p}$$

Trong đó:

F_w % khối lượng của vật liệu pozzoland, thể hiện ở dạng phân số thập phân;

p Khối lượng của vật liệu pozzoland;

c Khối lượng của xi măng.

Chú thích: Nếu chỉ biết % theo thể tích tuyệt đối của vật liệu pozzoland thì F_w có thể được tính theo phương trình sau)

$$F_w = \frac{1}{1 + \left(\frac{3.15}{G_p} \right) \left(\frac{1}{F_v} - 1 \right)}$$

Trong đó:

F_v % thể tích tuyệt đối của vật liệu pozzoland so với tổng thể tích tuyệt đối của xi măng + pozzoland thể hiện ở dạng phân số thập phân.

G_p Khối lượng riêng của vật liệu pozzolan

3.15 Khối lượng riêng của xi măng. (dùng giá trị thực tế nếu khối lượng riêng của loại xi măng đó khác thay đổi)

Ví dụ 6.3.4.1. Tính toán theo khối lượng tương đương

Nếu tỷ lệ nước-xi măng yêu cầu là 0.60 và tro bay là 20% khối lượng của chất kết dính trong hỗn hợp ($F_w = 0.20$) thì tỷ lệ khối lượng $w/(c+p)$ yêu cầu là:

$$\frac{w}{c+p} = \frac{w}{c} = 0.60 \quad \text{và}$$

$$F_w = \frac{p}{c+p} = 0.20$$

Giả sử lượng nước yêu cầu là 270 lb/yd³ thì khối lượng của xi măng + pozzolan cần là 270 ÷ 0.6 = 450 lb và khối lượng của pozzolan là 0.2x450 = 90 lb. Nếu thay 20% tro bay theo khối lượng bằng 20% tro bay theo thể tích tuyệt đối ($F_v = 0.20$) thì % khối lượng của tro bay được tính như sau giả sử khối lượng riêng là 2.40.

$$F_w = \frac{1}{1 + \frac{3.15}{G_p} \left(\frac{1}{F_v} - 1 \right)} = \frac{1}{1 + \frac{3.15}{2.4} \left(\frac{1}{0.2} - 1 \right)} = 0.16$$

Trong trường hợp này 20% theo thể tích tuyệt đối bằng 16% theo khối lượng, và khối lượng của pozzoland trong mẻ trộn là $0.16 \times 450 = 72$ lb, và khối lượng của xi măng là $450 - 72 = 378$ lb.

Phương trình 6.3.4.2 theo thể tích tuyệt đối

$$\frac{w}{c+p} = \frac{3.15 \frac{w}{c}}{3.15(1-F_v) + G_p(F_v)}$$

Trong đó:

$w/(c+p)$ khối lượng của nước chia cho khối lượng của xi măng + pozzoland

w/c tỷ lệ Nước / Xi măng theo khối lượng

F_v % thể tích tuyệt đối của vật liệu pozzoland so với tổng thể tích tuyệt đối của xi măng + pozzoland thể hiện ở dạng phân số thập phân

F_w khối lượng riêng của vật liệu pozzoland

3.15 khối lượng riêng của xi măng. (dùng giá trị thực tế nếu khối lượng riêng của loại xi măng đó khác 3.15)

Chú thích: Nếu biết % khối lượng vật liệu pozzoland F_w thì F_w được chuyển sang F_v như sau:

$$F_v = \frac{1}{1 + \left(\frac{G_p}{3.15} \right) \left(\frac{1}{F_w} - 1 \right)}$$

Trong đó các ký hiệu được định nghĩa giống như trên

Ví dụ 6.3.4.2 Tính toán theo thể tích tuyệt đối tương đương

Dùng các dữ liệu như ví dụ 6.3.4.1, nhưng chỉ chỉ định tỷ lệ $w/(c+p)$ được thiết lập dựa trên cơ sở thể tích tuyệt đối, trong hỗn hợp, tỷ lệ thể tích của $w/(c+p)$ không đổi khi thay đổi chỉ dùng xi măng sang xi măng + pozzoland. Cụ thể tỷ lệ w/c yêu cầu là 0.60 và người ta giả sử việc dùng tro là 20% thể tích tuyệt đối ($F_v = 0.2$) Khối lượng riêng của tro bay được giả định là 2.40 trong ví dụ này.

$$\frac{w}{c+p} = \frac{3.15 \left(\frac{w}{c} \right)}{3.15(1-F_v) + G_p(F_v)} = \frac{(3.15)(0.60)}{(3.15)(0.8) + (2.4)(0.20)} = 0.63$$

Vậy tỷ lệ theo khối lượng của được duy trì thể tích tương đương là $w/(c+p) = 0.63$. Nếu lượng nước nhào trộn là 270 lb/yd^3 , thì khối lượng của xi măng + pozzoland là $270/0.63 = 429$ lb, và phần trăm khối lượng tương đương của nó là $F_w = 0.16$ với $F_v = 0.20$ như đã tính ở ví dụ 6.3.4.1, khối lượng của tro bay dùng là $0.16 \times 429 = 69$ lb và khối lượng của xi măng là $429 - 69 = 360$ lb. Cách tính theo thể tích tương đương dùng ít chất kết dính hơn. Kiểm tra thể tích tuyệt đối:

$$\text{Tro bay} = 69/(2.4 \times 62.4) = 0.461 \text{ ft}^3$$

$$\text{Xi măng} = 360/(3.15 \times 62.4) = 1.832 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tổng số} = 0.461 + 1.832 = 2.293 \text{ ft}^3$$

$$\text{Phần trăm thể tích của pozzoland} = (0.461/2.293) \times 100 = 20 \%$$

Nếu thay 20% tro bay theo thể tích ($F_v = 0.20$) bằng 20% theo khối lượng ($F_w = 0.20$) thì phần trăm khối lượng của tro bay được chuyển sang phần trăm thể tích theo phương trình sau, với $G_p = 2.40$.

$$F_v = \frac{1}{1 + \left(\frac{G_p}{3.15} \right) \left(\frac{1}{F_w} - 1 \right)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2.40}{3.15} \right) \left(\frac{1}{0.2} - 1 \right)} = 0.247$$

Trong trường hợp này 20% theo khối lượng tương đương với 25% theo thể tích tuyệt đối. Tỷ lệ tương đương của $w/(c+p)$ theo thể tích sẽ được tính lại trong trường hợp này bởi vì F_v đã bị thay đổi so với giả định ban đầu trong ví dụ này.

$$\frac{w}{c+p} = \frac{3.15 \left(\frac{w}{c} \right)}{3.15(1 - F_v) + (G_p)F_v} = \frac{3.15 \times 0.6}{3.15(0.75) + (2.4)0.25} = 0.64$$

Tổng lượng chất kết dính là $270/0.64 = 422 \text{ lb}$. Khối lượng tro bay chiếm 20% chất kết dính là $422 \times 0.2 = 84 \text{ lb}$ và lượng xi măng là $422 - 84 = 338 \text{ lb}$.

6.3.5 **Bước 5: Tính hàm lượng xi măng** - Lượng xi măng trên một đơn vị thể tích bê tông không đổi do đã xác định ở 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 nước-xi măng (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. Việc dùng vật liệu pozzoland và phụ gia hoá học sẽ ảnh hưởng đến các tính chất của cả hỗn hợp bê tông và bê tông đã cứng rắn. Xem ACI 212.

6.3.6 **Bước 6: Tính toán hàm lượng cốt liệu thô** - Cốt liệu có kích thước và hình dạng tương tự nhau sẽ chế tạo được bê tông có tính công tác thoả đáng khi thể tích cốt liệu thô đã định sẵn, trên cơ sở của khối lượng thể tích đầm chặt 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 6.3.6**. 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 D_{max} và moduyn độ lớn 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 lèn chặt khác nhau.

Thể tích của cốt liệu trên cơ sở thể tích đầm chặt theo ft^3 cho 1 yd^3 bê tông được tính bằng giá trị ở bảng 6.3.6 nhân với 27. Giá trị này được chuyển sang khối lượng khô của cốt liệu thô trong 1 yd^3 bê tông bằng cách nhân nó với khối lượng ở trạng thái lèn chặt trên ft^3 của cốt liệu thô.

Bảng 6.3.6 - Thể tích của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông.

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu, Dmax, in	Thể tích của cốt liệu thô ở trạng thái lèn chặt * trên một đơn vị thể tích bê tông với moduyn độ lớn của cốt liệu nhỏ khác nhau ⁺			
	2.4	2.6	2.8	3.0
³ / ₈	0.50	0.48	0.46	0.44
¹ / ₂	0.59	0.57	0.55	0.53
³ / ₄	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ¹ / ₂	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

* Thể tích của cốt liệu trong điều kiện đầm chặt được mô tả trong ASTM C29.

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 kém, như bê tông mặt đường, có thể tăng khoảng 10% cốt liệu. Với bê tông có tính công tác cao xem mục 6.3.6.1.

+ Xem ASTM C136 về tính toán môduyn độ mịn.

6.3.6.1 Với bê tông có tính công tác cao, thường được yêu cầu khi đổ bê tông bằng phương pháp bơm hoặc khi bê tông đổ ở những nơi có mật độ cốt thép dày đặc, người ta có thể giảm 10% hàm lượng cốt liệu khi xác định theo bảng 6.3.6. Tuy nhiên, chú ý phải thử nghiệm để đảm bảo chắc chắn rằng các tính chất như độ sụt, tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-chất kết dính và cường độ thích hợp với những điều kiện đề cập ở mục 6.3.1 và 6.3.4 và phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của dự án.

6.3.7 **Bước 7: Tính lượng cốt liệu mịn** - Như đã được thực hiện ở 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 cách khác. Một trong hai cách tính toán có thể chấp nhận: **phương pháp khối lượng** (mục 6.3.7.1) hoặc **phương pháp thể tích tuyệt đối** (mục 6.3.7.2).

6.3.7.1 OI

6.3.7.2 **Nếu khối lượng của bê tông trên một đơn vị thể tích được giả định** hoặc có thể được tính toán theo kinh nghiệm, **khối lượng yêu cầu của cốt liệu mịn là sự chênh lệch giữa khối lượng của bê tông tươi 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 trên. Trong trường hợp thiếu thông tin, các thông số trong bảng 6.3.1.7 có thể được sử dụng để tiến hành tính toán. Thậm chí khi tính toán khối lượng bê tông trên 1yd³ 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:

Nếu muốn tính toán chính xác khối lượng của hỗn hợp bê tông trên một 1 yd^3 thì có thể sử dụng phương trình sau:

$$U = 16.85 G_a (100 - A) + c(1 - G_a / G_c) - w(G_a - 1) \quad (6-1)$$

Trong đó:

- U = Khối lượng bê tông tươi trong 1 yd^3
- G_a = khối lượng riêng trung bình của cốt liệu thô và mịn, SSD*
- G_c = Khối lượng riêng của xi măng (thường là 3.15)
- A = Lượng không khí, %
- w = Lượng nước yêu cầu, lb/yd^3
- c = Lượng xi măng yêu cầu, lb/yd^3

* SSD là trạng thái khô bề mặt. Khối lượng riêng của cốt liệu được sử dụng để tính toán phải xem xét đến điều kiện ẩm trong khối lượng của cốt liệu - VD, khối lượng thể tích khô nếu cốt liệu trong trạng thái khô, và SSD nếu cốt liệu trong trạng thái khô bề mặt.

Bảng 6.3.7.1. Khối lượng thể tích sơ bộ của hỗn hợp bê tông ban đầu

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu, in (mm)	Khối lượng của một đơn vị thể tích bê tông dự tính ban đầu, lb/yd^3 *	
	Bê tông không cuốn khí	Bê tông cuốn khí
$3/8$	3840	3710
$1/2$	3890	3760
$3/4$	3960	3840
1	4010	3850
$1 \frac{1}{2}$	4070	3910
2	4120	3950
3	4200	4040
6	4260	4110

* Các giá trị được tính toán theo phương trình (6-1) cho bê tông có hàm lượng xi măng khoảng $550 \text{ lb}/\text{yd}^3$ và độ sụt trung bình với cốt liệu có khối lượng riêng là 2.7, lượng nước yêu cầu dựa trên các giá trị độ sụt 3 đến 4 in trong bảng 6.3.3. Nếu muốn, khối lượng sơ bộ có thể được hiệu chỉnh lại với những thông tin có sẵn: cứ 10 lb nước nhào trộn khác biệt với các giá trị trong bảng 6.3.3 cho độ sụt 3 đến 4 in khối lượng thể tích của bê tông phải hiệu chỉnh 15 lb theo hướng ngược lại; cứ khác biệt 100 lb xi măng thì khối lượng thể tích của bê tông phải hiệu chỉnh 15 lb theo cùng một hướng; khối lượng riêng của cốt liệu khác biệt với 2.7 là 0.1 thì khối lượng thể tích của bê tông khác biệt 100 lb theo cùng hướng. Với bê tông cuốn khí hàm lượng không khí trong môi trường khắc nghiệt trong bảng 6.3.3 được sử dụng. Khối lượng thể tích của bê tông có thể tăng 1% cho mỗi % hàm lượng khí giảm đi.

6.3.7.3 Một quy trình chính xác hơn để tính toán lượng cốt liệu mịn yêu cầu là sử dụng thể tích của các vật liệu thành phần. Trong trường hợp này thể tích của cốt liệu mịn bằng thể tích của bê tông trừ đi tổng thể tích đã biết của nước, không khí, chất kết dính và

cốt liệu thô. Thể tích của các thành phần trong bê tông bằng khối lượng của nó chia cho tỷ trọng (khối lượng riêng).

- 6.3.8 **Bước 8: điều chỉnh theo độ ẩm của cốt liệu** - Lượng cốt liệu thực tế được cân để trộn bê tông phải tính theo độ ẩm của cốt liệu. Thường thì cốt liệu bị ẩm và vì vậy khối lượng của nó sẽ tăng lên do phần trăm của nước có trong cốt liệu, cả nước hấp phụ và nước ở bề mặt. Lượng nước dùng để nhào trộn phải giảm đi một lượng bằng với độ ẩm của cốt liệu - ví dụ, tổng độ ẩm trừ đi độ hấp phụ.
- 6.3.8.1 . Trong vài trường hợp, người ta có thể trộn cốt liệu ở trạng thái khô. Nếu lượng nước hấp phụ (thường được đo sau khi ngâm 1 ngày) cao hơn 1%, và nếu cấu trúc lỗ rỗng của các hạt cốt liệu hấp phụ một lượng nước đáng kể trong thời gian ninh kết ban đầu, thì tăng đáng kể tỷ lệ tổn thất độ sụt do giảm tác động của nước, ảnh hưởng của tỷ lệ nước-xi măng có thể giảm do cốt liệu hấp phụ nước trong thời gian ninh kết; tất nhiên sự giả định này cho rằng hạt xi măng không bị chui vào các lỗ rỗng của các hạt cốt liệu.
- 6.3.8.2 Các quy trình trộn các mẻ trộn thử trong phòng thí nghiệm tuân theo ASTM C192 cho phép trộn cốt liệu khô trong phòng thí nghiệm nếu lượng nước hấp phụ ít hơn 1% lượng nước cho phép bị hấp phụ từ bê tông chưa ninh kết. Người ta giả định trong ASTM C192 rằng lượng nước hấp phụ là 80% của lượng chênh lệch giữa lượng nước ở trong các lỗ rỗng của cốt liệu ở trạng thái sấy khô và lượng nước hấp phụ danh nghĩa trong 24 giờ xác định theo ASTM C127 hoặc C128. Tuy nhiên, với cốt liệu hấp phụ cao, ASTM C192 yêu cầu trước tiên của cốt liệu là thỏa mãn độ hấp phụ của cốt liệu khi điều chỉnh lại khối lượng của cốt liệu dựa trên cơ sở tổng lượng ẩm và coi độ ẩm bề mặt là một phần của nước yêu cầu.
- 6.3.9 **Bước 9: Điều chỉnh trên mẻ trộn thí nghiệm** - Hỗn hợp bê tông đã được tính cấp phối phải được kiểm tra bằng cách chuẩn bị các mẻ trộn thí nghiệm và các thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C192 hoặc thí nghiệm trên công trường. Chỉ dùng đủ lượng nước để tạo ra độ sụt yêu cầu không cần quan tâm đến lượng giả định khi lựa chọn thành phần cấp phối thử nghiệm. Bê tông phải được kiểm tra theo đơn vị khối lượng và sản lượng (ASTM C138) và hàm lượng không khí (ASTM C138, C173, C231). Đồng thời cũng phải quan sát cẩn thận tính công tác, phân tầng và khả năng hoàn thiện. Phải điều chỉnh các tính chất của bê tông sau khi trộn cho phù hợp với các bước tiếp theo.
- 6.3.9.1 Tính toán lại lượng nước yêu cầu trên 1yd^3 bê tông bằng cách nhân lượng nước thực tế của mẻ trộn với 27 và chia cho sản lượng của mẻ trộn trong 1yd^3 . Nếu độ sụt của mẻ trộn không đúng, tăng hoặc giảm lượng nước tính toán lại 10 lb khi tăng hoặc giảm độ sụt 1 in.
- 6.3.9.2 . Nếu hàm lượng không khí yêu cầu không đạt được (lượng khí cần thiết cho bê tông), tính toán lại hàm lượng phụ gia yêu cầu để có lượng không khí phù hợp và giảm hay tăng lượng nước nhào trộn 5 lb cho mỗi % hàm lượng không khí tăng hoặc giảm của các mẻ trộn trước, mục 6.3.9.1.
- 6.3.9.3 Nếu thiết lập khối lượng trên 1yd^3 bê tông tươi đã tính là cơ sở để tính toán cấp phối, khối lượng được tính lại bằng cách nhân khối lượng thể tích (lb/yd^3) của mẻ trộn với

27 và tăng hoặc giảm kết quả bằng % tăng hay giảm của hàm lượng không khí trong các mẻ trộn đã điều chỉnh từ mẻ trộn thí nghiệm ban đầu.

6.3.9.4 Tính khối lượng cho mẻ trộn mới bắt đầu từ bước 4 (mục 6.3.4) nếu cần thiết thay đổi thể tích của cốt liệu thô từ bảng 6.3.6 để tạo ra tính công tác phù hợp.

7 VÍ DỤ TÍNH TOÁN

7.1 Hai ví dụ được sử dụng để chứng minh việc áp dụng quy trình tính toán cấp phối này. Các điều kiện sau đây được giả định.

7.1.1 Xi măng không cuốn khí loại I với khối lượng riêng là **3.15.t**

7.1.2 Cốt liệu thô và cốt liệu mịn có chất lượng thoả mãn và thành phần hạt nằm trong giới hạn của ASTM C33.

7.1.3 Khối lượng riêng của cốt liệu thô là 2.68* và nước hấp phụ là 0.5%.

7.1.4 Khối lượng riêng của cốt liệu mịn là 2.64* và nước hấp phụ là 0.7%

* Các giá trị khối lượng riêng không được sử dụng nếu thành phần được lựa chọn để cung cấp một khối lượng bê tông giả định chiếm trong 1 yd³.

7.2 Ví dụ 1: Bê tông được yêu cầu dùng cho kết cấu nằm dưới đất nơi không chịu tác động của thời tiết khắc nghiệt và tác động sunfat. Kết cấu này cần bê tông có cường độ ở tuổi 28 ngày là 3500 psi.† Trên cơ sở các thông tin cơ bản ở bảng 6.3.1 cũng như các kinh nghiệm trước đây, người ta đã xác định được rằng trong điều kiện thực tế đổ bê tông độ sụt cần thiết là từ 3 đến 4 in và độ sụt này phù hợp với cốt liệu từ sàng No.4 đến 1 1/2 in. Khối lượng lèn chặt của cốt liệu thô là 100 lb/ft³. Thực hiện theo trình tự như ở mục 6, khối lượng của các vật liệu thành phần trên 1yd³ bê tông được tính như sau.

† Nó không chỉ định cường độ thiết kế cho kết cấu nhưng một số liệu cao hơn có thể được chấp nhận cho sản phẩm. Phương pháp xác định cường độ trung bình phải vượt quá cường độ thiết kế, xem ACI 214.

7.2.1 *Bước 1* - Như đã nói ở trên, độ sụt yêu cầu là từ 3 đến 4 in

7.2.2 *Bước 2* - Cốt liệu tại chỗ có cấp hạt từ sàng No.4 đến 1 1/2 in là phù hợp

7.2.3 *Bước 3* - Vì kết cấu này không bị tác động bởi thời tiết khắc nghiệt nên dùng bê tông không có bọt khí. Lượng nước nhào trộn cần thiết để tạo ra độ sụt của bê tông không có bọt khí từ 3 đến 4 in theo bảng 6.6.3 là 300 lb/yd³. Lượng không khí bị cuốn vào ngẫu nhiên là 1%.

7.2.4 *Bước 4* - Từ bảng 6.3.4(a) tỷ lệ nước-xi măng cần để tạo ra cường độ 3500 psi của bê tông không có bọt khí là 0.62.

7.2.5 *Bước 5* - Từ các dữ liệu ở bước 3 và bước 4 ta có lượng xi măng cần là 300/0.62 = 484 lb/yd³

- 7.2.6 *Bước 6* - lượng cốt liệu được tính theo bảng 6.3.6 với moduyn độ lớn của cát là 2.8 và kích thước danh nghĩa của cốt liệu thô là 1½ in. Tra bảng ta được giá trị thể tích của cốt liệu thô trong 1 yd³ bê tông là 0.71 ft³. Do đó cho 1 yd³ bê tông thì hàm lượng cốt liệu thô là 27x0.71=19.17 ft³. Vì khối lượng thể tích của nó là 100 lb/ft³ nên khối lượng cốt liệu thô cần là 1917 lb.
- 7.2.7 *Bước 7* - Với lượng nước, xi măng, cốt liệu thô đã biết, lượng vật liệu còn lại trên 1yd³ bê tông gồm cốt liệu mịn và bọt khí cuốn vào ngẫu nhiên. Cốt liệu mịn cần được xác định trên cơ sở khối lượng hoặc thể tích tuyệt đối như sau:
- 7.2.7.1 *Trên cơ sở khối lượng* - Từ bảng 6.3.7.1 khối lượng của 1 yd³ bê tông không có bọt khí, kích thước danh nghĩa của cốt liệu thô: 1½ in là 4070 lb (với mẻ trộn đầu tiên, việc điều chỉnh các giá trị thường thay đổi, độ sụt, xi măng và khối lượng riêng của cốt liệu không đóng vai trò quyết định)

Khối lượng đã biết:

Khối lượng nước nhào trộn thực tế	300 lb
Khối lượng xi măng	484 lb
Khối lượng cốt liệu thô	<u>1917 lb (khô) ‡</u>
Tổng	2701 lb

‡ Độ hấp thụ nước của cốt liệu là 0.5% không được quan tâm vì độ lớn của nó không phải là kết quả trong các phép tính gần đúng khác.

Do đó khối lượng của cốt liệu mịn (khô) được tính là:

$$4070 - 2710 = 1369 \text{ lb (khô) ‡}$$

- 7.2.7.2 *Trên cơ sở thể tích tuyệt đối* - Với lượng xi măng, nước, cốt liệu thô đã biết và lượng không khí bị cuốn vào (khác với lượng khi cần cuốn vào có mục đích) có được từ bảng 6.3.3, lượng cốt liệu mịn có thể được tính như sau:

$$\text{Thể tích của nước} = \frac{300}{62.4} = 4.81 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của xi măng} = \frac{484}{3.15 \times 62.4} = 2.46 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu thô} = \frac{1917}{2.68 \times 62.4} = 11.46 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của bọt khí} = 0.01 \times 27 = 0.27 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tổng thể tích của các hạt thành phần ngoại trừ cát} = 19.00 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của cát cần} = 27 - 19.00 = 8.00 \text{ ft}^3$$

$$\text{Khối lượng khô của cốt liệu} = 8.00 \times 2.46 \times 62.4 = 1318 \text{ lb}$$

7.2.7.3 Khối lượng của một mẻ trộn trên 1 yd³ bê tông được tính theo hai cách cơ bản được so sánh dưới đây:

	Trên cơ sở khối lượng của bê tông, lb	Trên cơ sở thể tích tuyệt đối của các thành phần, lb
nước, cuối cùng	300	300
Xi măng	484	484
Cốt liệu thô, khô	1917	1917
Cốt liệu mịn, khô	1369	1318

7.2.8 *Bước 8* - Các thí nghiệm đưa ra tổng độ ẩm của cốt liệu thô là 2%, cốt liệu mịn là 6%. Nếu việc tính toán thành phần các chất dựa trên cơ sở khối lượng giả định của bê tông được sử dụng thì khối lượng của cốt liệu được điều chỉnh sẽ là:

$$\text{Cốt liệu thô, ẩm} \quad 1917 (1.02) = 1955 \text{ lb}$$

$$\text{Cốt liệu mịn, ẩm} \quad 1369 (1.06) = 1451 \text{ lb}$$

Lượng nước bị hấp phụ không phải là một phần của nước nhào trộn và bị loại ra khi điều chỉnh lượng nước thêm vào. Vì vậy, lượng nước phân bố trên bề mặt của cốt liệu thô là $2 - 0.5 = 1.5\%$; lượng nước phân bố trên cốt liệu mịn là $6 - 0.7 = 5.3\%$. Vì vậy lượng nước cần thêm vào sẽ là:

$$300 - 1917 (0.015) - 1369 (0.053) = 199 \text{ lb}$$

Khối lượng của các vật liệu cho một yd³ bê tông là:

Nước, được thêm vào	199 lb
Xi măng	484 lb
Cốt liệu thô, ẩm	1955 lb
Cốt liệu mịn, ẩm	1451 lb

7.2.9 *Bước 9* - Với các mẻ trộn trong phòng thí nghiệm, người ta thấy rằng để thuận tiện thì giảm khối lượng của các vật liệu thành phần xuống để tạo ra 0.03 yd³ bê tông hoặc 0.81 ft³. Mặc dù lượng nước được tính toán để thêm vào là 5.97 lb nhưng thực tế lượng nước sử dụng để đạt được độ sụt 3 - 4 in là 7.00 lb. Mẻ trộn thí nghiệm có:

Nước, được thêm vào	7.00 lb
Xi măng	14.52 lb
Cốt liệu thô, ẩm	58.65 lb
Cốt liệu mịn, ẩm	43.53 lb
Tổng	123.70 lb

Độ sụt đo được của bê tông này là 2 in và khối lượng trên 1 ft³ là 149.0 lb. Nó được xem là thoả mãn tính công tác và các tính chất hoàn thiện. Để tạo ra sản lượng chính

xác và các tính chất khác cho các mẻ trộn sau này, thực hiện các bước điều chỉnh sau:

7.2.9.1 . Sản lượng của mẻ trộn là:

$$123.70/149.0 = 0.830 \text{ ft}^3$$

Và lượng nước nhào trộn cần là 7.00 (thêm vào) + 0.86 (trên cốt liệu thô) + 2.18 (trên cốt liệu mịn) = 10.04 lb, lượng nước nhào trộn yêu cầu cho 1 yd³ bê tông với độ sụt giống như mẻ trộn trên sẽ là:

$$10.04 \times 27/0.830 = 327 \text{ lb}$$

Như đã đưa ra ở mục 6.3.9.1, lượng nước yêu cầu phải tăng thêm 15% để tăng độ sụt từ 2 in như đã đo được ở trên đến khoảng 3 - 4 in, đưa lượng nước thực tế lên 342 lb.

7.2.9.2 Khi tăng lượng nước nhào trộn thì cần phải tăng lượng xi măng để có được tỷ lệ nước-xi măng là 0.62. Khối lượng xi măng mới là:

$$342/0.62 = 552 \text{ lb}$$

7.2.9.3 . Khi thoả mãn được tính công tác, khối lượng của cốt liệu thô trên một đơn vị thể tích của bê tông sẽ được duy trì giống như mẻ trộn này. khối lượng cốt liệu thô trên 1 yd³ bê tông sẽ là:

$$\frac{58.65}{0.83} \times 27 = 1908 \text{ lb , ẩm}$$

Và là:

$$\frac{1908}{1.02} = 1871 \text{ lb , khô}$$

Và

$$1871 \times 1.005 = 1880 \text{ , SSD*}$$

* Trạng thái khô bề mặt

7.2.9.4 Khối lượng mới của 1 yd³ bê tông là 149.0 x 27 = 4023 lb. Vì vậy hàm lượng cốt liệu mịn là:

$$4023 - (342 + 552 + 1880) = 1249 \text{ lb , SSD}$$

$$\text{hoặc } 1249/1.007 = 1240 \text{ lb, khô}$$

Khối lượng của các vật liệu trên 1 yd³ bê tông sau khi điều chỉnh là:

7.2.10	Bước 10 - Điều	Nước, cuối cùng	342 lb	chỉnh các tỷ lệ theo thể theo trình tự giống như
	tích tuyệt đối	Xi măng	522 lb	
		Cốt liệu thô, khô	1871 lb	
		Cốt liệu mịn, khô	1240 lb	

trình tự các trình tự vừa mới thực hiện ở trên. Các bước sau được thực hiện mà không đưa ra lời giải thích.

7.2.10.1 Khối lượng dùng cho 0.81 ft³ bê tông dang nghĩa là:

Nước, được thêm vào	7.00 lb
Xi măng	14.52 lb
Cốt liệu thô, ẩm	58.65 lb
Cốt liệu mịn, ẩm	<u>41.91 lb</u>
Tổng	122.08 lb

Độ sụt đo được là 2 in, khối lượng đơn vị là 149.0 lb/ft³ ; sản lượng 122.08/149.0 = 0.819 ft³ , tính công tác thoả mãn.

7.2.10.2 Lượng nước sau khi tính lại để có độ sụt giống như mẻ trộn thử trên:

$$\frac{27(7.00 + 0.86 + 2.09)}{0.819} = 328 \text{ lb}$$

Lượng nước yêu cầu cho độ sụt 3 - 4 in là:

$$328 + 15 = 343 \text{ lb}$$

7.2.10.3 Điều chỉnh hàm lượng xi măng theo lượng nước tăng lên

$$343/0.62 = 553 \text{ lb}$$

7.2.10.4 Điều chỉnh hàm lượng cốt liệu thô

$$\frac{58.65}{0.819} \times 27 = 1934 \text{ lb , ẩm}$$

Hoặc

$$1934/1.02 = 1896 \text{ lb , khô}$$

7.2.10.5 Thể tích của các vật liệu thành phần ngoại trừ không khí trong mẻ trộn ban đầu là:

$$\text{Nước} \quad \frac{9.95}{62.4} = 0.159 \text{ ft}^3$$

$$\text{Xi măng} \quad \frac{14.52}{3.15 \times 62.4} = 0.074 \text{ ft}^3$$

Cốt liệu thô	$\frac{57.50}{2.68 \times 62.4} = 0.344 \text{ ft}^3$
Cốt liệu mịn	$\frac{39.54}{2.64 \times 62.4} = 0.240 \text{ ft}^3$
Tổng	$= 0.817 \text{ ft}^3$

Do đó sản lượng là 0.819 ft^3 , lượng bọt khí là:

$$\frac{0.819 - 0.817}{0.819} = 0.2\%$$

Thành phần của các vật liệu đã được xác định ngoại trừ cốt liệu mịn, việc xác định thể tích của các thành phần trong 1 yd^3 bê tông đã điều chỉnh được thực hiện theo các bước sau:

Thể tích của nước	$\frac{343}{62.4} = 5.50 \text{ ft}^3$
Thể tích của xi măng	$\frac{553}{3.15 \times 62.4} = 2.81 \text{ ft}^3$
Thể tích của bọt khí	$0.002 \times 27 = 0.05 \text{ ft}^3$
Thể tích của cốt liệu thô	$\frac{1896}{2.68 \times 62.4} = 11.34 \text{ ft}^3$
Tổng thể tích không kể cốt liệu mịn	$= 19.70 \text{ ft}^3$
Thể tích của cốt liệu mịn	$27 - 19.70 = 7.30 \text{ ft}^3$
Khối lượng của cốt liệu mịn, khô	$= 7.30 \times 2.64 \times 62.4 = 1203 \text{ lb}$

Khối lượng của các vật liệu thành phần đã điều chỉnh trên 1 yd^3 bê tông là:

Nước, cuối cùng	343 lb
Xi măng	553 lb
Cốt liệu thô, khô	1896 lb
Cốt liệu mịn, khô	1203 lb

Chúng khác rất ít so với số liệu đưa ra ở mục 7.2.9.4 với phương pháp giả định theo khối lượng. Nhiều thí nghiệm kiểm tra hoặc các kinh nghiệm chỉ ra lượng thêm vào nhỏ khi điều chỉnh cho cả hai phương pháp.

7.3 Ví dụ 2 - Bê tông được yêu cầu dùng cho chân cầu nơi chịu tác động của nước ngọt thời tiết khắc nghiệt. Bê tông cần có cường độ trung bình ở tuổi 28 ngày là 3000 psi. Độ sụt cho phép để đổ bê tông trong điều kiện đó là từ 1 - 2 in và dùng nhiều cốt liệu lớn, nhưng chỉ có những loại cốt liệu nào tại địa phương có chất lượng thoả mãn và có cấp

hạt từ sàng No.4 đến 1 in sẽ được sử dụng. Khối lượng lèn chặt của cốt liệu thô là 95 lb/ft³. Các tính chất khác được đưa ra trong mục 7.1.

Việc tính toán này chỉ thể hiện khung cơ bản. Chú ý tránh hiểu sai nếu tất cả các bước của mục 6 được thực hiện thậm chí chúng lặp lại các yêu cầu đã đưa ra

7.3.1 *Bước 1* - Độ sụt yêu cầu là từ 1 - 2 in

7.3.2 *Bước 2* - Cốt liệu tại chỗ có cấp hạt từ sàng No.4 đến 1 in là phù hợp

7.3.3 *Bước 3* - Vì kết cấu này bị tác động bởi thời tiết khắc nghiệt nên dùng bê tông có bọt khí. **Lượng nước nhào trộn cần thiết** để tạo ra độ sụt của bê tông có bọt khí từ 1 - 2 in **theo bảng 6.3.3 là 270 lb/yd³**. Lượng không khí cuốn vào 6%.

7.3.4 *Bước 4* - **Từ bảng 6.3.4(a) tỷ lệ nước-xi măng cần để tạo ra cường độ của bê tông không có bọt khí 3000 psi là khoảng 0.59**. Tuy nhiên tham khảo bảng 6.3.4(b) cho thấy với điều kiện thời tiết khắc nghiệt biết trước thì tỷ lệ nước-xi măng không vượt quá 0.5. Phải khống chế giá trị thấp hơn này và sẽ sử dụng nó trong khi tính toán.

7.3.5 *Bước 5* - Từ các dữ liệu ở bước 3 và bước 4 ta có lượng xi măng cần là:

$$270/0.5 = 540 \text{ lb/yd}^3$$

7.3.6 *Bước 6* - Lượng cốt liệu thô được tính theo bảng 6.3.6. **Với modulyon độ lớn của cát là 2.8 và Dmax của cốt liệu thô là 1 in tra bảng ta được giá trị thể tích của cốt liệu thô trên 1 ft³ bê tông ở trạng thái đầm chặt là 0.67 ft³**. Do đó cho 1 yd³ bê tông thì thể tích của cốt liệu thô là 27 x 0.67=18.09 ft³. Vì khối lượng thể tích của nó là 95 lb/ft³ nên khối lượng cốt liệu thô cần là 18.09 x 95 = 1719 lb.

7.3.7 *Bước 7* - Với lượng nước, xi măng, cốt liệu thô đã biết, lượng vật liệu còn lại trên 1yd³ bê tông gồm cốt liệu mịn và bọt khí cuốn vào. Cốt liệu mịn cần được xác định trên cơ sở khối lượng hoặc thể tích tuyệt đối như sau:

7.3.7.1 *Trên cơ sở khối lượng*: Từ bảng 6.3.7.1 khối lượng của 1 yd³ bê tông không có bọt khí, kích thước danh nghĩa của cốt liệu 1 in được thiết lập là 3850 lb (với mẻ trộn đầu tiên, việc điều chỉnh các giá trị thường thay đổi các giá trị độ sụt, xi măng và khối lượng riêng của cốt liệu thường không phải là điều quyết định). Các khối lượng đã biết:

Nước, cuối cùng	270 lb
Xi măng	540 lb
Cốt liệu thô, khô	1719 lb
Tổng	2529 lb

Do đó khối lượng của cốt liệu mịn được tính là:

$$3850 - 2529 = 1321 \text{ lb (khô)}$$

7.3.7.2 Trên cơ sở thể tích tuyệt đối - Với lượng xi măng, nước, cốt liệu thô đã biết và lượng không khí bị cuốn vào, lượng cốt liệu mịn có thể được tính như sau:

$$\text{Thể tích nước} = \frac{270}{62.4} = 4.33 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của xi măng} = \frac{540}{3.15 \times 62.4} = 2.75 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tổng thể tích của cốt liệu thô} = \frac{1719}{2.68 \times 62.4} = 10.28 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của bọt khí} = 0.06 \times 27 = 1.62 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tổng thể tích của các thành phần ngoại trừ cát} = 18.98 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu mịn} = 27 - 18.98 = 8.02 \text{ ft}^3$$

$$\text{Khối lượng cốt liệu mịn} = 8.02 \times 2.64 \times 62.4 = 1321 \text{ lb}$$

7.3.7.3 Khối lượng của mẻ trộn trên 1 yd³ bê tông được tính theo hai cách cơ bản được so sánh dưới đây.

	<u>Trên cơ sở khối lượng của bê tông, lb</u>	<u>Trên cơ sở thể tích tuyệt đối của các thành phần, lb</u>
Nước, cuối cùng	270	270
Xi măng	540	540
Cốt liệu thô, khô	1719	1719
Cốt liệu mịn, khô	1321	1321

7.3.8 *Bước 8* - Các thí nghiệm đưa ra tổng độ ẩm của cốt liệu thô là 3%, cốt liệu mịn là 5%. Nếu việc tính toán thành phần các chất dựa trên cơ sở khối lượng giả định của bê tông được sử dụng thì khối lượng của cốt liệu được điều chỉnh sẽ là:

$$\text{Cốt liệu thô, ẩm} = 1719 (1.03) = 1771 \text{ lb}$$

$$\text{Cốt liệu mịn, ẩm} = 1321 (1.05) = 1387 \text{ lb}$$

Lượng nước bị hấp phụ không phải là một phần của nước nhào trộn và bị loại ra khi điều chỉnh lượng nước thêm vào. Vì vậy, lượng nước phân bố trên bề mặt của cốt liệu thô là $3 - 0.5 = 2.5\%$; Lượng nước phân bố trên cốt liệu mịn là $5 - 0.7 = 4.3\%$. Vì vậy lượng nước trộn sẽ là:

$$270 - 1719 (0.025) - 1321 (0.043) = 170 \text{ lb}$$

Khối lượng của các vật liệu cho 1 yd³ bê tông là:

$$\text{Nước, được thêm vào} = 170 \text{ lb}$$

$$\text{Xi măng} = 540 \text{ lb}$$

Cốt liệu thô, ẩm	1771 lb
Cốt liệu mịn, ẩm	<u>1387 lb</u>
Tổng	3868 lb

7.3.9 *Bước 9* - Với các mẻ trộn trong phòng thí nghiệm, người ta thấy rằng để thuận tiện thì giảm khối lượng của các vật liệu thành phần xuống để tạo ra 0.03 yd³ bê tông hoặc 0.81 ft³. Mặc dù lượng nước được tính toán để thêm vào là 5.10 lb nhưng thực tế để đạt được độ sụt 1 – 2 in là 4.60 lb. Mẻ trộn thí nghiệm có:

Nước, được thêm vào	4.60 lb
Xi măng	16.20 lb
Cốt liệu thô, ẩm	53.15 lb
Cốt liệu mịn, ẩm	<u>41.61 lb</u>
Tổng	115.54 lb

Độ sụt đo được của bê tông này là 2 in và khối lượng trên 1 ft³ là 141.8 lb/ft³ và hàm lượng bọt khí là 6.5%. Nó được xem là thoả mãn tính công tác và các tính chất hoàn thiện. Để tạo ra sản lượng chính xác và các tính chất khác cho các mẻ trộn sau này, thực hiện các bước điều chỉnh sau:

7.3.9.1 Sản lượng của mẻ trộn là

$$115.543/141.8 = 0.815 \text{ ft}^3$$

Và lượng nước nhào trộn cần là 4.60(thêm vào) + 1.29(trên cốt liệu thô) + 1.77(trên cốt liệu mịn) = 7.59 lb, lượng nước nhào trộn yêu cầu cho 1 yd³ bê tông với độ sụt giống như mẻ trộn trên sẽ là:

$$\frac{7.59 \times 27}{0.815} = 251 \text{ lb}$$

Độ sụt đã thoả mãn nhưng vì hàm lượng không khí cao hơn quá nhiều 0.5% nên cần nhiều nước hơn để đạt được độ sụt thích hợp khi hàm lượng không khí được điều chỉnh. Như đã đưa ra ở mục 6.3.9.1 lượng nước yêu cầu phải tăng khoảng 5 x 0.5 hoặc khoảng 3 lb, đưa lượng nước mới lên 254 lb/yd³.

7.3.9.2 Khi giảm lượng nước nhào trộn thì cần phải giảm lượng xi măng để có tỉ lệ W/C là 0.5 khối lượng xi măng mới là:

$$254/0.5 = 508 \text{ lb}$$

7.3.9.3 Khi đổ bê tông cho thấy là có quá nhiều cát, khối lượng của cốt liệu thô trên một đơn vị thể tích của bê tông sẽ tăng 10% là 0.74 để đúng với các điều kiện trên. Khối lượng cốt liệu thô trong 1 yd³ bê tông sẽ là:

$$0.74 \times 27 \times 95 = 1898 \text{ lb , khô}$$

hoặc

$$1898 \times 1.03 = 1955 \text{ lb , ẩm}$$

và

$$1898 \times 1.005 = 1907 \text{ lb , SSD}$$

7.3.9.4 Khối lượng mới của 1 yd³ bê tông có lượng bọt khí ít hơn 0.5% là $141.8/0.955 = 142.50 \text{ lb/ft}^3$. Vì vậy khối lượng cốt liệu mịn là:

$$3848 - (254 - 508 + 1907) = 1179 \text{ lb , SSD}$$

hoặc

$$1179/1.007 = 1170 \text{ lb , khô}$$

Khối lượng của các vật liệu trên 1 yd³ bê tông sau khi điều chỉnh là:

Nước, cuối cùng	254 lb
Xi măng	508 lb
Cốt liệu thô, khô	1898 lb
Cốt liệu mịn, khô	1170 lb

Lượng phụ gia phải giảm để tạo ra hàm lượng bọt khí yêu cầu.

7.3.10 *Bước 10* - Điều chỉnh các tỷ lệ theo thể tích tuyệt đối theo trình tự giống như trình tự trong mục 7.2.10 điều này sẽ không lập lại cho ví dụ này.

8 THAM KHẢO

8.1 Tài liệu tham khảo.

Các tiêu chuẩn, tổ chức tham khảo cho tiêu chuẩn này được ghi ở dưới cùng với số hiệu thiết kế, bao gồm năm ban hành hoặc phiên bản. Các tài liệu này được cập nhật mới nhất khi biên soạn tiêu chuẩn này. Người sử dụng tiêu chuẩn này nên kiểm tra trực tiếp với tổ chức phát hành nếu muốn có tài liệu mới nhất.

Viện bê tông Mỹ

116R-90	Xi măng và bê tông - Thuật ngữ và định nghĩa, SP-19(90)
201.2R-77	Chỉ dẫn cho độ bền của bê tông (phát hành lại năm 1982)
207.1R-87	Bê tông khối lớn

207.2R-90	ảnh hưởng của sự chống lại ứng suất, thay đổi thể tích, gia cố đến các vết nứt của bê tông khối lớn
207.4R-80(86)	Làm lạnh và hệ thống cách ly cho bê tông khối lớn
212.3R-89	Phụ gia hoá học cho bê tông
214-77	Đề xuất đánh giá kết quả thử nghiệm cường độ bê tông (phát hành lại năm 1989)
224R-90	Điều chỉnh các vết nứt trong kết cấu bê tông
225R-85	Chỉ dẫn lựa chọn và sử dụng chất kết dính thuỷ lực
226.1R-87	Sử dụng xỉ hạt lò cao trong bê tông
226.3R-87	Sử dụng tro bay trong bê tông
301-89	Chỉ dẫn kỹ thuật cho kết cấu xây dựng bằng bê tông
302.1R-89	Chỉ dẫn xây dựng sàn và tấm bê tông
304R-89	Chỉ dẫn đo, trộn, vận chuyển và đổ bê tông
304.3R-89	Bê tông nặng - đo, trộn, vận chuyển và đổ bê tông
318-83	Yêu cầu xây dựng cho bê tông cốt thép
345-82	Chỉ dẫn xây dựng cầu bê tông

Tiêu chuẩn ASTM

C29-78	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Khối lượng đơn vị và độ rỗng của cốt liệu
C31-87a	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Phương pháp lấy mẫu, bảo dưỡng bê tông ngoài hiện trường
C33-86	Chỉ dẫn kỹ thuật - cốt liệu sử dụng trong bê tông
C39-86	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Cường độ nén của mẫu trụ
C70-79 (1985)	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Độ ẩm bề mặt của cốt liệu mịn
C78-84	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Cường độ uốn của bê tông (sử dụng phương pháp gia tải qua qua điểm thứ 3)
C94-86b	Chỉ dẫn kỹ thuật - Bê tông trộn sẵn
C125-86	Bê tông và cốt liệu - Thuật ngữ và định nghĩa
C127-84	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Khối lượng riêng và độ hấp thụ nước của cốt liệu thô
C128-84	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Khối lượng riêng và độ hấp thụ nước của cốt liệu mịn
C136-84a	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Phân tích thành phần hạt của cốt liệu mịn và cốt liệu thô
C138-81	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Khối lượng đơn vị và hàm lượng

	không khí của bê tông
C143-78	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Độ sụt của bê tông xi măng
C150-86	Chỉ dẫn kỹ thuật - Xi măng portland
C172-82	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Lấy mẫu hỗn hợp bê tông
C173-78	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Hàm lượng không khí của hỗn hợp bê tông theo phương pháp thể tích
C192-81	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Lấy mẫu và bảo dưỡng mẫu bê tông trong phòng thí nghiệm
C231-82	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Hàm lượng không khí của hỗn hợp bê tông theo phương pháp áp lực
C260-86	Chỉ dẫn kỹ thuật - Phụ gia tạo khí cho bê tông
C293-79	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Cường độ uốn của bê tông (sử dụng mẫu đầm với một điểm gia tải)
C494-86	Chỉ dẫn kỹ thuật - Phụ gia hoá học cho bê tông
C496-86	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Cường độ kéo trượt của mẫu bê tông trụ
C566-84	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Tổng hàm lượng ẩm của cốt liệu theo phương pháp sấy
C595-86	Chỉ dẫn kỹ thuật - Xi măng hỗn hợp
C618-85	Chỉ dẫn kỹ thuật - Tro bay và vật liệu nguyên chất hoặc Pozzolan tự nhiên đã bị đốt thành tro sử dụng làm phụ gia khoáng mịn trong bê tông
C637-84	Chỉ dẫn kỹ thuật - Cốt liệu và tấm chắn bức xạ bê tông
C638-84	Tiêu chuẩn cho cốt liệu sử dụng trong tấm chắn bức xạ bê tông
C989-87a	Chỉ dẫn kỹ thuật - Xi hạt lò cao sử dụng trong bê tông và vữa
C1017-85	Chỉ dẫn kỹ thuật - Phụ gia hoá học sử dụng cho bê tông lỏng
C1064-86	Tiêu chuẩn thí nghiệm - Nhiệt độ của hỗn hợp bê tông
D75-82	Chỉ dẫn lấy mẫu cốt liệu
D3665-82	Chỉ dẫn lấy mẫu ngẫu nhiên cho vật liệu xây dựng
E380-84	Chỉ dẫn chuyển đổi theo hệ mét

Các tiêu chuẩn trên được các tổ chức sau công bố:

Viện bê tông Mỹ, P.O.Box 16150, Detroit, MI 48219-0150

ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103

8.2 Các trích dẫn tham khảo.

1. "Silica fume sử dụng trong bê tông", ACI 226

8.3 Các tài liệu tham khảo khác.

1. "Standard Practice for Concrete," Engineer Manual No. EM 1110-2-2000, Office, Chief of Engineers, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C., June 1974.
2. Gaynor, Richard D., "High-Strength Air-Entrained Concrete," Joint Research Laboratory Publication No. 17, National Ready Mixed Concrete Association/National Sand and Gravel Association, Silver Spring, 1968,
3. Proportioning Concrete Mixes, SP-46, American Concrete Institute, Detroit, 1974,
4. Townsend, Charles L., "Control of Temperature Cracking in Mass Concrete," Causes, Mechanism, and Control of Cracking in Concrete, SP-20, American Concrete Institute, Detroit, 1968.
5. Townsend, C. L., "Control of Cracking in Mass Concrete Structures," Engineering Monograph No. 34, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 1965.
6. Fuller, William B., and Thompson, Sanford E., "The Laws of Proportioning Concrete," Transactions, ASCE, V. 59, Dec. 1907.
7. Powers, Treval C., The Properties of Fresh Concrete, John Wiley & Sons, New York, 1968.
8. Concrete Manual, 8th Edition, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 1975.
9. Abrams, Duff A, "Design of Concrete Mixtures," Bulletin No. 1, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago, 1918.
10. Edwards, L. N., "Proportioning the Materials of Mortars and Concretes by Surface Areas of Aggregates," Proceedings, ASTM, V. 18, Part 2, 1918.
11. Young, R. B., "Some Theoretical Studies on Proportioning Concrete by the Method of Surface Area Aggregate," Proceedings, ASTM, V. 19, Part 2.
12. Talbot, A. N., "A Proposed Method of Estimating the Density and Strength of Concrete and of Proportioning the Materials by Experimental and Analytical Consideration of the Voids in Mortar and Concrete," Proceedings, ASTM, v. 21, 1921.
13. Weymouth, C. A. G., "A Study of Fine Aggregate in Freshly Mixed Mortars and Concretes," Proceedings, ASTM, V. 38, Part 2, 1938.

14. Dunagan, W. M., "The Application of Some of the Newer Concepts to the Design of Concrete Mixes," ACI Journal, Proceedings V. 36, No. 6, June 1940.
15. Goldbeck, A. T., and Gray, J. E., "A Method of Proportioning Concrete for Strength, Workability, and Durability," Bulletin No. 11, National Crushed Stone Association, Washington, D.C., Dec. 1942. (Revised 1953 and 1956).
16. Swayze, Myron A., and Gruenwald, Ernst, "Concrete Mix Design--A Modification of Fineness Modulus Method," ACI Journal, Proceedings V. 43, No. 7, Mar. 1947.
17. Walker, Stanton, and Bartel, Fred F., Discussion of "Concrete Mix Design--A Modification of the Fineness Modulus Method," by Myron A. Swayze and Ernst Gruenwald, ACI Journal, Proceedings V. 43, Part 2, Dec. 1947.
18. Henrie, James O., "Properties of Nuclear Shielding Concrete," ACI Journal, Proceedings V. 56, No. 1, July 1959.
19. Mather, Katharine, "High Strength, High Density Concrete," ACI Journal, Proceedings V. 62, No. 8, Aug. 1965.
20. Clendenning, T. G.; Kellam, B.; and MacInnis, C., "Hydrogen Evolution from Ferrophosphorous Aggregate in Portland Cement Concrete," ACI Journal, Proceedings V. 65, No. 12, Dec. 1968.
21. Popovics, Sandor, "Estimating Proportions for Structural Concrete Mixtures," ACI Journal, Proceedings V. 65, No. 2, Feb. 1968.
22. Davis, H. S., "Aggregates for Radiation Shielding Concrete," Materials Research and Standards, V. 7, No. 11, Nov. 1967.
23. Concrete for Nuclear Reactors, SP-34, American Concrete Institute, Detroit, 1972.
24. Tynes, W. O., "Effect of Fineness of Continuously Graded Coarse Aggregate on Properties of Concrete," Technical Report No. 6-819, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Apr. 1968.
25. Handbook for Concrete and Cement, CRD-C 3, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, 1949 (plus quarterly supplements).
26. Hansen, Kenneth, "Cost of Mass Concrete in Dams," Publication No. MS26OW, Portland Cement Association, Skokie, 1973.
27. Canon, Robert W., "Proportioning Fly Ash Concrete Mixes for Strength and Economy," ACI Journal, Proceedings V. 65, No. 11, Nov. 1968.
28. Butler, W. B., "Economical Binder Proportioning with Cement Replacement Materials," Cement, Concrete, and Aggregates, CCAGDP, V. 10, No. 1, Summer 1988.

Phô lôc 1: HỆ THỐNG ĐƠN VỊ MÉT (SI).

A1.1 Các phương pháp tính toán trong tiêu chuẩn này sử dụng các đơn vị đo là inch-pound. Phương pháp này cũng được áp dụng tương tự với hệ thống đơn vị đo SI khi thay thế đơn vị chính xác. Phụ lục này cung cấp tất cả các thông tin cần thiết để áp dụng vào tính toán cấp phối bê tông theo đơn vị SI. Bảng A1.1 đưa ra hệ số chuyển đổi thích hợp. Ví dụ bằng số được đưa ra ở phụ lục 2.

Bảng A1.1 Hệ số chuyển đổi từ in - lb sang đơn vị SI*.

Đơn vị đo lường	Đơn vị In.- lb	Đơn vị SI †	Hệ số chuyển đổi (Tỷ lệ in.-lb/SI)
Độ dài	Inch (in.)	Milimét (mm)	25.40
Thể tích	Cubic foot (ft ³)	Mét khối (m ³)	0.02832
	Cubic yard (yd ³)	Mét khối (m ³)	0.7646
Khối lượng	Pound (lb)	Kilogam (Kg)	0.4536
ứng suất	pound trên inch vuông (psi)	Megapascal (Mpa)	6.895x10 ⁻²
Khối lượng riêng	Pound trên foot khối (lb/ft ³)	Kilogam trên mét khối (kg/m ³)	16.02
	Pound trên yard khối (lb/yd ³)	Kilogam trên mét khối (kg/m ³)	0.5933
Nhiệt độ	Độ F	Độ C	‡

* Đưa ra tên (viết tắt) đơn vị đo của hệ thống in.-pound đã dùng ở phần nội dung của tiêu chuẩn này và hệ thống đơn vị SI cùng với các số nhân để chuyển từ hệ số in.-pound sang SI. Theo ASTM E 380

$$‡ C = (F-32)/1.8$$

A1.2 Để tiện lợi cho việc tham khảo, các con số ở các mục dưới đây của phụ lục này đều tương đương với các con số ở phần nội dung trên ngoại trừ ký hiệu "A1" thêm vào. Tất cả các bảng biểu đều được chuyển đổi và tính lại (theo đơn vị SI). Những chỗ nào dùng đơn vị SI yêu cầu phải thay đổi quy trình hoặc phương trình thì được mô tả. Để mở rộng khả năng thực hành, việc chuyển đổi sang đơn vị mét, kilogam được thực hiện theo cách mà các giá trị này là đúng trong khi thực hành và đủ số liệu. Ví dụ, cốt liệu và kích thước hạt theo bảng đơn vị mét, kilogam là những đơn vị thường được sử dụng ở Châu Âu. Vì vậy, không phải luôn luôn có tương đương chính xác giữa giá trị in.-pound và SI trong các bảng tương ứng.

A1.5.3 *Các bước tính toán thành phần.* Ngoại trừ phần thảo luận trên, khi sử dụng đơn vị SI thì các phương pháp lựa chọn thành phần các chất trong một đơn vị thể tích bê tông ở

phần chính của tiêu chuẩn này cũng được thực hiện giống như khi tính theo đơn vị in.-pound. Sự khác nhau chính là đơn vị thể tích của bê tông theo SI là mét khối và các giá trị bằng số phải lấy theo bảng “A1” thay vì các giá trị được đề cập trong phần nội dung trên.

A1.5.3.1 *Bước 1: Lựa chọn độ sụt – Xem bảng A1.5.3.1*

Bảng A1.5.3.1 Độ sụt đề suất cho các loại công trình xây dựng. (SI)

Loại công trình xây dựng	Độ sụt, mm	
	Tối đa	Tối thiểu
Tường và chân móng bê tông có cốt thép	75	25
Bệ đỡ, giếng chìm, và các kết cấu tường	75	25
Dầm và tường bê tông cốt thép	100	25
Cột nhà	100	25
Tấm và mặt sàn	75	25
Bê tông khối lớn	75	25

*Có thể tăng 25 mm khi dùng các phương pháp lèn chặt khác ngoài đầm rung.

A1.5.3.2 *Bước 2. Lựa chọn kích thước lớn nhất của cốt liệu.*

A1.5.3.3 *Bước 3. Tính hàm lượng nước nhào trộn và lượng bọt khí – Xem bảng A1.5.3.3*

A1.5.3.4 *Bước 4. Lựa chọn tỷ lệ nước-xi măng – Xem bảng A1.5.3.4*

A1.5.3.5 *Bước 5. Tính lượng xi măng.*

A1.5.3.6 *Bước 6. Tính lượng cốt liệu thô - Khối lượng khô của cốt liệu thô cần cho 1m³ bê tông bằng với giá trị ở bảng A1.5.3.6 nhân với khối lượng đơn vị lèn chặt theo đơn vị kg/m³*

A1.5.3.7 *Bước 7. Tính lượng cốt liệu mịn - Theo đơn vị SI, phương trình tính khối lượng của bê tông tươi trên 1m³ là :*

$$U_M = 10G_a(100 - A) + C_M((1 - G_a/G_c) - W_M(G_a - 1))$$

Trong đó:

U_M = Khối lượng thể tích của bê tông tươi, kg/m³.

G_a = Khối lượng riêng trung bình của cốt liệu thô và mịn, dạng hạt rời, SSD.

G_c = Khối lượng riêng của xi măng (thường là 3.15)

A = Lượng không khí, %

W_M = Lượng nước yêu cầu, kg/m³

C_M = Lượng xi măng yêu cầu, kg/m³

A1.5.3.9. *Bước 9. Điều chỉnh trên các mẻ trộn thử nghiệm - Quy tắc sau có thể được sử dụng để có được lượng các vật liệu thành phần cho đơn vị mẻ trộn chính xác hơn dựa trên cơ sở các kết quả mẻ trộn thử nghiệm.*

A1.5.3.9.1 Lượng nước để tạo ra độ sụt như trên sẽ bằng lượng nước thực tế đã dùng chia cho sản lượng của mẻ trộn theo m³. Nếu độ sụt của mẻ trộn thử không đúng thì tăng

hoặc giảm lượng nước đã tính 2 kg/m^3 bê tông khi tăng hoặc giảm 10 mm độ sụt thiết kế.

A1.5.3.9.2 Để điều chỉnh ảnh hưởng của hàm lượng bọt khí cuốn vào không theo mong muốn trong các mẻ trộn thử thì giảm hoặc tăng 3 kg/m^3 lượng nước nhào trộn ở mục A1.5.3.9.1 khi lượng bọt khí không mong muốn này tăng hoặc giảm 1% trong mẻ trộn.

A1.5.3.9.3 Tính lại khối lượng thể tích của bê tông tươi sau khi điều chỉnh thành phần của mẻ trộn bằng theo kg/m^3 đo được trên mẻ trộn thử, sau khi đã điều chỉnh hàm lượng bọt khí trong mẻ trộn ban đầu tăng hay giảm.

Bảng A1.5.3.3 Lượng nước nhào trộn sơ bộ và hàm lượng bọt khí yêu cầu cho độ sụt và D_{\max} cốt liệu khác nhau. (SI)

Lượng nước yêu cầu của bê tông với các kích thước D_{\max} của cốt liệu, Kg/m^3								
Độ sụt, mm.	9.5*	12.5*	19.0*	25.0*	37.5*	50*. [†]	75 [†] . [‡]	150 [†] .
								‡
Bê tông không cuốn khí								
25 đến 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 đến 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 đến 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Lớn hơn 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Lượng bọt khí được cuốn vào bê tông không cuốn khí, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Bê tông cuốn khí								
25 đến 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 đến 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 đến 175	216	205	197	184	174	166	154	-
Lớn hơn 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Tổng hàm lượng bọt khí trung bình, % cho các mức độ tác động của môi trường								
Mức độ tác động nhẹ	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5 ^{**} . ^{††}	1.0 ^{**} . [†]
Mức độ tác động trung bình	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5 ^{**} . ^{††}	3.0 ^{**} . [†]
Mức độ tác động mạnh ^{‡‡}	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5 ^{**} . ^{††}	4.0 ^{**} . [†]

* 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 cho các mẻ trộn thử ở nhiệt độ 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. Cốt liệu tròn sẽ có lượng nước yêu cầu thấp hơn khoảng 18kg cho bê tông không cuốn khí và 15kg cho bê tông cuốn khí. 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 cho bê tông có chứa cốt liệu thô lớn hơn 40mm dựa trên thử nghiệm độ sụt được tiến hành sau khi đã loại bỏ các hạt lớn hơn 40mm bằng phương pháp sàng ướt.

‡ Các số liệu lượng nước nhào trộn này được sử dụng để xác định hàm lượng xi măng cho các mẻ trộn bê tông có cốt liệu thô 75mm hoặc 150mm. Chúng là giá trị trung bình cho cốt liệu thô có hình dạng chấp nhận được, cấp hạt từ lớn đến nhỏ tốt.

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, 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.

** Cho bê tông có chứa cốt liệu lớn mà sẽ bị sàng ướt trên sàng 40mm trước khi thử nghiệm hàm lượng không khí, % hàm lượng không của phần vật liệu dưới sàng 40mm được lập thành bảng trong cột 40mm. Tuy nhiên tính toán các mẻ trộn thử phải bao gồm cả hàm lượng không khí theo phần trăm của toand bộ lượng khí.

†† Khi sử dụng cốt liệu lớn trong bê tông có chứa hàm lượng xi măng thấp, hàm lượng không khí cần thiết không gây bất lợi cho cường độ. Trong phần lớn các trường hợp lượng nước nhào trộn yêu cầu được giảm đủ để cải thiện tỷ lệ nước-xi măng và do đó đền bù lại phần cường độ bị giảm do ảnh hưởng của lượng không khí cuốn vào. Vì vậy thường với cốt liệu lớn, hàm lượng không khí được đề suất cho môi trường rất khô phải được xem xét thậm chí ngay cả khi chúng ít hoặc không làm việc trong môi trường ẩm và băng giá.

‡‡ 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 được tính toán hàm lượng không khí cần thiết bằng cách lấy 9% của thể tích vữa thực tế.

Bảng A1.5.3.4(a) - Quan hệ giữa tỷ lệ nước-xi măng và cường độ nén của bê tông (SI)

Cường độ nén ở 28 ngày, Mpa*	Tỷ lệ nước-xi măng theo khối lượng	
	Bê tông không cuốn khí	Bê tông cuốn khí
40	0.42	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

* 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 nước-xi măng cường độ của bê tông sẽ giảm đi khi hàm lượng hông khí tăng.

Cường độ được thí nghiệm trên mẫu trụ 152x305mm, dưỡng hộ trong ẩm 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 tôngngoài hiện trường. Những mẫu thử này được dưỡng ẩm ở nhiệt độ 23± 1.7°C trước khi thí nghiệm.

Các mối quan hệ trong bảng này áp dụng cho bê tông có kích thước cốt liệu từ 19.0 đến 25mm. Với cùng một nguồn cốt liệu, cường độ của bê tông có cùng tỷ lệ nước-xi măng sẽ tăng khi kích thước cốt liệu giảm, xem mục 3.4 và 5.3.2.

Bảng A1.5.3.4(b) Tỷ lệ nước-xi măng tối đa cho phép trong một số môi trường làm việc của bê tông (SI)*

Loại kết cấu	Kết cấu bị ướt liên tục hoặc	Kết cấu chịu
--------------	------------------------------	--------------

	thường xuyên chịu tác động của hiện tượng đóng băng và tan băng +	tác động của nước biển hoặc sunfat
Các kết cấu mỏng (lan cân, thành giếng, bờ rìa, kết cấu trí) và các vị trí có chiều dày vữa bao phủ cốt thép nhỏ hơn 5mm	0.45	0.40 ‡
Các kết cấu khác	0.50	0.45 ‡

* Dựa trên báo cáo của ACI 201.2R

+ Bê tông là loại cuốn khí

‡ Nếu sử dụng xi măng chống ăn mòn sulfate (loại I và V của ASTM C150) được sử dụng, cho phép tỷ lệ nước-xi măng có thể tăng khoảng 0.05.

Bảng A1.5.3.6 - Thể tích của cốt liệu thô trong một đơn vị thể tích bê tông (SI).

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu, D_{max}, mm	Thể tích của cốt liệu thô ở trạng thái lèn chặt * trên một đơn vị thể tích bê tông với moduyn độ lớn của cốt liệu nhỏ khác nhau ⁺			
	2.4	2.6	2.8	3.0
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19.0	0.66	0.64	0.62	0.60
25.0	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

* Thể tích của cốt liệu trong điều kiện đầm chặt được mô tả trong ASTM C29.

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 kém, như bê tông mặt đường, có thể tăng khoảng 10% cốt liệu. Với bê tông có tính công tác cao được yêu cầu khi thi công bằng phương pháp bơm có thể giảm 10% cốt liệu.

+ Xem ASTM C136 về tính toán môđun độ mịn.

Bảng A1.5.3.7.1. Khối lượng thể tích sơ bộ của hỗn hợp bê tông ban đầu

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu, mm	Khối lượng của một đơn vị thể tích bê tông dự tính ban đầu, kg/m ³ *	
	Bê tông không cuốn khí	Bê tông cuốn khí
9.5	2280	2200

12.5	2310	2230
19.0	2345	2275
25.0	2380	2290
37.5	2410	2320
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

dạ* Các giá trị được tính toán theo phương trình (A1.5.3.7) cho bê tông có hàm lượng xi măng khoảng 330Kg/m³ và độ sụt trung bình với cốt liệu có khối lượng riêng là 2.7, lượng nước yêu cầu dựa trên các giá trị độ sụt 75 đến 100mm trong bảng A1.5.3.3. Nếu muốn, khối lượng sơ bộ có thể được hiệu chỉnh lại với những thông tin có sẵn: cứ 5kg nước nhào trộn khác biệt với các giá trị trong bảng A1.5.3.3 cho độ sụt 75 đến 100mm khối lượng thể tích của bê tông phải hiệu chỉnh 8kg/m³ theo hướng ngược lại; cứ khác biệt 20kg xi măng thì khối lượng thể tích của bê tông phải hiệu chỉnh 3kg/m³ theo cùng một hướng; khối lượng riêng của cốt liệu khác biệt với 2.7 là 0.1 thì khối lượng thể tích của bê tông khác biệt 60kg/m³ theo cùng hướng. Với bê tông cuốn khí hàm lượng không khí trong môi trường khắc nghiệt trong bảng A1.5.3.3 được sử dụng. Khối lượng thể tích của bê tông có thể tăng 1% cho mỗi % hàm lượng khí giảm đi.

Phô lôc 2: VÍ DỤ TÍNH TOÁN THEO ĐƠN VỊ MÉT

- A2.1. **Ví dụ 1** – Ví dụ 1 được thực hiện ở mục 6.2 sẽ được giải trong phần này, dùng đơn vị đo mét, kilogam. Cường độ yêu cầu trung bình là 24 Mpa với độ sụt từ 75-100 mm. Cốt liệu thô có kích thước danh nghĩa là 37.5 mm và khối lượng ở trạng thái khô lèn chặt là 1600 kg/m³. Cũng như ở mục 6.1, các tính chất khác của các vật liệu thành phần: Xi măng loại I với khối lượng riêng là 3.15. Khối lượng riêng của cốt liệu thô là 2.68 và nước hấp thụ là 0.5%. Khối lượng riêng của cốt liệu mịn là 2.64 và nước hấp phụ là 0.7%, modulus độ lớn của cát là 2.8.
- A2.2. Tất cả các nội dung ở mục 5.3 được thực hiện theo đúng tuần tự để tránh sự lộn xộn, mặc dù đôi khi lặp lại các thông tin đã đưa ra.
 - A2.2.1. *Bước 1* - Độ sụt yêu cầu là từ 75-100mm
 - A2.2.2. *Bước 2* - Cốt liệu sử dụng có Dmax là 37.5 mm
 - A2.2.3. *Bước 3* - Vì kết cấu này không bị tác động bởi thời tiết khắc nghiệt nên dùng bê tông không cuốn khí . Lượng nước nhào trộn cần thiết để tạo ra độ sụt của bê tông không cuốn khí từ 75-100mm với kích thước cốt liệu là 37.5mm **theo bảng A1.5.3.3** là 181 kg/m³
 - A2.2.4. *Bước 4* - Từ **bảng A1.5.3.4 (a)** tỷ lệ nước-xi măng cần để tạo ra cường độ của bê tông không cần bọt khí 24 Mpa là 0.62

A2.2.5. *Bước 5* - Từ các dữ liệu ở bước 3 và bước 4 ta có lượng xi măng cần dùng là :
 $181/0.62 = 292 \text{ kg/m}^3$.

A2.2.6. *Bước 6* - Lượng cốt liệu thô được tính theo bảng A1.5.3.6. Với modulus độ lớn của cát là 2.8 và kích thước danh nghĩa của cốt liệu thô là 37.5 mm tra bảng ta được giá trị thể tích của cốt liệu thô ở trạng thái khô lèn chặt trên 1 m^3 bê tông là 0.71 m^3 . Khối lượng yêu cầu của cốt liệu thô là: $0.71 \times 1600 = 1136 \text{ kg/m}^3$.

A2.2.7. *Bước 7* - Với lượng nước, xi măng, cốt liệu thô đã biết, lượng vật liệu còn lại trên 1 m^3 bê tông gồm cốt liệu mịn và bột khí cuốn vào ngẫu nhiên. Cốt liệu mịn cần được xác định trên cơ sở khối lượng hoặc thể tích tuyệt đối như sau:

A2.2.7.1 *Trên cơ sở khối lượng* - Từ bảng A1.5.3.7.1 khối lượng của 1 m^3 bê tông không cần bột khí, D_{\max} cốt liệu 37.5 mm là 2410 kg. (Với mẻ trộn đầu tiên, việc điều chỉnh các giá trị thường thay đổi: độ sụt, xi măng, và khối lượng riêng của cốt liệu không phải là then chốt);

Khối lượng đã biết :

Nước (cuối cùng)	181 kg
Xi măng	292 kg
Cốt liệu thô	<u>1136 kg</u>
Tổng	1609 kg

Do đó khối lượng của cốt liệu mịn là :

$$2410 - 1609 = 801 \text{ kg}$$

A2.2.7.2 *Trên cơ sở thể tích tuyệt đối* - Với lượng xi măng, nước, cốt liệu thô đã biết và lượng không khí bị cuốn vào là 1% (khác với lượng khí cần cuốn vào có mục đích) có được từ bảng A 1.5.3.3, lượng cốt liệu mịn có thể được tính như sau:

$$\text{Thể tích của nước} = \frac{181}{1000} = 0.181 \text{ m}^3$$

$$\text{Thể tích của xi măng} = \frac{292}{3.15 \times 1000} = 0.093 \text{ m}^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu thô} = \frac{1136}{2.68 \times 1000} = 0.424 \text{ m}^3$$

$$\text{Thể tích của bột khí} = 0.01 \times 1.000 = 0.010 \text{ m}^3$$

$$\text{Tổng thể tích của các thành phần ngoại trừ cát} = 0.708 \text{ m}^3$$

$$\text{Thể tích của cát cần} = 1.000 - 0.708 = 0.292 \text{ m}^3$$

$$\text{Khối lượng khô của cát} = 0.292 \times 2.64 \times 1000 = 771 \text{ kg}$$

A2.2.7.3 Khối lượng của một mẻ trộn trên 1 m³ bê tông được tính theo hai cách cơ bản được so sánh dưới đây.

	Trên cơ sở khối lượng của bê tông, kg	Trên cơ sở thể tích tuyệt đối của các thành phần, kg
nước (cuối cùng)	181	181
Xi măng	292	292
Cốt liệu thô, khô	1136	1136
Cốt liệu mịn, khô	801	771

A2.2.8. *Bước 8* - Các thí nghiệm đưa ra tổng độ ẩm của cốt liệu thô là 2%, cốt liệu mịn là 6%. Nếu việc tính toán thành phần các vật liệu dựa trên cơ sở khối lượng giả định của bê tông được sử dụng thì khối lượng của cốt liệu được điều chỉnh sẽ là:

$$\text{Cốt liệu thô (ẩm)} \quad 1136 (1.02) = 1195 \text{ kg}$$

$$\text{Cốt liệu mịn (ẩm)} \quad 801 (1.06) = 849 \text{ kg}$$

Lượng nước bị hấp thụ không phải là một phần của nước nhào trộn và bị loại ra khi điều chỉnh lượng nước thêm vào. Vì vậy, lượng nước phân bố trên bề mặt của cốt liệu thô là $2 - 0.5 = 1.5\%$; Lượng nước phân bố trên cốt liệu mịn là $6 - 0.7 = 5.3\%$. Vì vậy lượng nước cần cho vào sẽ là :

$$181 - 1136 (0.015) - 801 (0.053) = 122 \text{ kg}$$

Khối lượng của các vật liệu cho 1 m³ bê tông là:

Nước (được thêm vào)	122 kg
Xi măng	292 kg
Cốt liệu thô (ẩm)	1159 kg
Cốt liệu mịn (ẩm)	849 kg
Tổng	2422 kg

A2.2.9. *Bước 9* - Với các mẻ trộn trong phòng thí nghiệm, người ta thấy rằng để thuận tiện thì khối lượng của mẻ trộn được giảm xuống còn 0.02 m³ bê tông. Mặc dù lượng nước được tính toán để cho vào là 2.44 kg, nhưng thực tế để đạt được độ sụt 75 – 100 mm là 2.70 kg. Mẻ trộn thí nghiệm có:

Nước (cho vào)	2.70 kg
Xi măng	5.84 kg
Cốt liệu thô (ẩm)	23.18 kg
Cốt liệu mịn (ẩm)	16.98 kg

Tổng

48.70 kg

Độ sụt đo được của bê tông này là 50 mm và khối lượng trên 1 m³ là 2390 kg/m³. Nó được xem là thoả mãn tính công tác và các tính chất hoàn thiện. Để tạo ra sản lượng chính xác và các tính chất khác cho các mẻ trộn sau này, thực hiện các bước điều chỉnh sau:

A2.2.9.1 Sản lượng của mẻ trộn là :

$$48.70/2390 = 0.0204 \text{ m}^3$$

và lượng nước nhào trộn cần là 2.70 (cho vào) + 0.34 (nước của cốt liệu thô) + 0.84 (của cốt liệu mịn) = 3.88 kg, lượng nước nhào trộn yêu cầu cho 1 m³ bê tông với độ sụt giống như mẻ trộn trên sẽ là

$$3.88/0.0204 = 190 \text{ kg}$$

Như đã đưa ra ở mục A1.5.3.9.1, lượng nước yêu cầu phải tăng thêm 8 kg để tăng độ sụt từ 50 mm như đã đo được ở trên lên đến khoảng 75 – 100 mm, đưa lượng nước thực tế lên 198 kg.

A2.2.9.2 Khi tăng lượng nước nhào trộn thì cần phải tăng lượng xi măng để có được tỷ lệ nước-xi măng là 0.62. Khối lượng xi măng mới là

$$198/0.62 = 319 \text{ kg}$$

A2.2.9.3 Khi thoả mãn được tính công tác, khối lượng của cốt liệu thô trên một đơn vị thể tích của bê tông sẽ được duy trì giống như mẻ trộn này. Khối lượng cốt liệu thô trên 1 m³ bê tông sẽ là :

$$\frac{23.18}{0.0204} = 1136 \text{ kg , ẩm}$$

Và là

$$\frac{1136}{1.02} = 1114 \text{ kg , Khô}$$

Và $1114 \times 1.005 = 1120 \text{ kg , SSD}^*$

* Trạng thái khô bề mặt

A2.2.9.4 Khối lượng mới của một m³ bê tông là 2390 kg/m³. Vì vậy hàm lượng cốt liệu mịn là :

$$2390 - (198 + 319 + 1120) = 753 \text{ kg , SSD}$$

Hoặc: $753/1.007 = 748 \text{ kg, khô}$

Khối lượng mẻ trộn trong 1 m³ bê tông sau khi điều chỉnh sẽ là:

Nước (cuối cùng)

198 kg

Xi măng	319 kg
Cốt liệu thô (khô)	1114 kg
Cốt liệu mịn (khô)	748 kg

A2.2.10. Điều chỉnh các tỷ lệ theo thể tích tuyệt đối theo trình tự giống như trình tự thực hiện ở trên. Các bước sau được thực hiện mà không cần đưa ra lời giải thích.

A2.2.10.1 Khối lượng dùng cho 0.02 m³ bê tông danh nghĩa là :

Nước (cho vào)	2.70 kg
Xi măng	5.84 kg
Cốt liệu thô (ẩm)	23.18 kg
Cốt liệu mịn (ẩm)	<u>16.34 kg</u>
Tổng	48.08 kg

Độ sụt đo được là 50 mm, khối lượng đơn vị là 2390 kg/m³; sản lượng 48.08/2390 = 0.0201 m³, tính công tác thoả mãn.

A2.2.10.2 Lượng nước sau khi tính lại để có độ sụt giống như mẻ trộn thử trên :

$$\frac{2.7 + 0.34 + 0.81}{0.0201} = 192 \text{ kg}$$

Lượng nước yêu cầu cho độ sụt 75 – 100 mm là :

$$192 + 8 = 200 \text{ kg}$$

A2.2.10.3 Lượng xi măng sau khi tăng nước là :

$$\frac{200}{0.62} = 323 \text{ kg}$$

A2.2.10.4 Lượng cốt liệu thô sau khi điều chỉnh là ;

$$\frac{23.18}{0.0202} = 1153 \text{ kg , ẩm.}$$

Hoặc $1136/1.02 = 1130 \text{ kg , khô}$

A2.2.10.5 Thể tích của các vật liệu thành phần ngoại trừ không khí trong mẻ trộn ban đầu là :

$$\text{Nước} \quad \frac{3.85}{1000} = 0.0039 \text{ m}^3$$

$$\text{Xi măng} \quad \frac{5.84}{3.15 \times 1000} = 0.0019 \text{ m}^3$$

$$\text{Cốt liệu thô} \quad \frac{22.72}{2.68 \times 1000} = 0.0085 \text{ m}^3$$

$$\text{Cốt liệu mịn} \quad \frac{15.42}{2.64 \times 1000} = 0.0058 m^3$$

$$\text{Tổng} \quad \overline{\quad} = 0.0201 m^3$$

Do đó sản lượng là 0.0201 m³, không có không khí trong bê tông, thí nghiệm khối lượng thể tích của bê tông có thể xác định chính xác các con số quan trọng của quá trình tính toán. Với tỷ lệ của các thành phần đã được thiết lập ngoài trừ cốt liệu mịn, việc xác định thể tích của các vật liệu cho mẻ trộn được hoàn thành như sau:

$$\text{Thể tích của nước} \quad = \frac{200}{1000} \quad = 0.200 m^3$$

$$\text{Thể tích của xi măng} \quad = \frac{323}{3.15 \times 1000} \quad = 0.103 m^3$$

$$\text{Thể tích của xi măng bị trừ đi} \quad = 0.00 m^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu thô} \quad = \frac{1130}{2.68 \times 1000} \quad = 0.422 m^3$$

$$\text{Tổng thể tích ngoại trừ cốt liệu mịn} \quad = 0.725 m^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu mịn yêu cầu} \quad = 1.000 - 0.725 \quad = 0.275 m^3$$

$$\text{Khối lượng của cốt liệu mịn (khô)} \quad 0.275 \times 2.64 \times 1000 = 726 \text{ kg}$$

Khối lượng của các vật liệu thành phần đã điều chỉnh trên 1 m³ bê tông là :

Nước (cuối cùng)	200 kg
Xi măng	323 kg
Cốt liệu thô (khô)	1130 kg
Cốt liệu mịn (khô)	726 kg

Chúng khác rất ít so với số liệu đưa ra ở mục A2.2.9.4 với phương pháp giả định theo khối lượng. Nhiều thí nghiệm kiểm tra hoặc các kinh nghiệm chỉ ra rằng cả hai phương pháp này cần sự điều chỉnh nhỏ.

Phô lôc 3: CÁC THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG

A3.1. Việc lựa chọn tỷ lệ của bê tông có thể được hoàn thành từ các kết quả thử nghiệm ở trong phòng thí nghiệm. Các thử nghiệm này xác định các tính chất vật lý của vật liệu sử dụng, thiết lập tỷ lệ nước-xi măng hoặc nước-xi măng và pozzolan, hàm lượng không khí, lượng xi măng, cường độ và cung cấp các thông tin về tính chất của tính công tác khi thay đổi tỷ lệ các vật liệu thành phần. Mở rộng các nghiên cứu cần thiết cho các ứng dụng vào các dự án phụ thuộc vào kích thước và tầm quan trọng của nó và phụ thuộc vào điều kiện làm việc. Chi tiết về các chương trình trong phòng thí nghiệm cũng sẽ thay đổi phụ thuộc vào thiết bị hiện có và sở thích của cá nhân.

A3.2. *Tính chất của xi măng.*

A3.2.1. Tính chất vật lý và hoá học của xi măng ảnh hưởng đến các tính chất của bê tông. Tuy nhiên chỉ có một tính chất của xi măng được dùng để xác định thành phần của bê tông là khối lượng riêng. Khối lượng riêng của các loại xi măng được đề cập đến trong tiêu chuẩn ASTM C150 và C175 có thể được giả định là 3.15 mà không cần nói đến trong các tính toán thành phần hỗn hợp. Với các loại xi măng khác như xi măng hỗn hợp ASTM C595 xi măng xỉ C989, hoặc xi măng pozzolan đề cập đến trong C 618, thì khối lượng riêng của chúng dùng để tính thể tích sẽ được xác định bằng các thí nghiệm.

A3.2.2. Một mẫu xi măng sẽ có được từ nhà máy (xưởng nghiền) nó được cung cấp cho các dự án, hoặc tốt nhất là từ các nhà sản xuất bê tông. Mẫu xi măng phải được lấy cho các thử nghiệm xác định phạm vi cho các thí nghiệm cần thiết khác. Các mẫu xi măng được chở bằng các công ten nơ kín hoặc trong các kiện hàng chống ẩm. Pozzolan cũng nên được lấy mẫu cẩn thận.

A3.3. *Tính chất cốt liệu.*

A3.3.1. Phân tích thành phần hạt, khối lượng riêng, độ hấp phụ nước và độ ẩm của cả cốt liệu thô và mịn, khối lượng thể tích của cốt liệu thô ở trạng thái khô đầm chặt là các tính chất vật lý cần cho việc tính toán thành phần cấp phối. Các thí nghiệm cần thiết cho các dự án đặc biệt gồm thí nghiệm về đá, các thí nghiệm về phản ứng hoá học, bền sunfat, độ bền, chống mài mòn, và các chất có hại khác. Các thí nghiệm này cung cấp các thông tin về giá trị để đánh giá khả năng sử dụng của bê tông.

A3.3.2. Cấp hạt của cốt liệu khi đánh giá bằng phân tích hạt là nhân tố chính để xác định lượng nước yêu cầu, tỷ lệ của cốt liệu thô và cốt liệu mịn, và hàm lượng xi măng để thoả mãn tính công tác. Rất nhiều đường cong cấp hạt chuẩn được đưa ra, các đường cong này có được khi xem xét thực tế, chúng tạo ra mẫu cơ bản cho các yêu cầu phân tích cấp hạt trong các tiêu chuẩn của bê tông. ASTM C33 đưa ra sự lựa chọn kích thước và cấp hạt của hầu hết các loại bê tông. Tính công tác tăng lên khi sử dụng một lượng không khí cho phép.

A3.3.3. Các mẫu dùng cho các thí nghiệm về hỗn hợp bê tông phải đại diện cho cốt liệu được sử dụng trong công trường. Với các thí nghiệm trong phòng, cốt liệu thô được phân tích thành các kích thước riêng rẽ và được phối hợp lại khi trộn để đảm bảo chính xác cho các mẻ trộn nhỏ trong phòng thí nghiệm. Trong một vài điều kiện với các công trình quan trọng, các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm có thể cộng gộp cả các tác

động để khắc phục các thiếu hụt cấp hạt của cốt liệu tại chỗ. Cát có cấp hạt không đúng có thể được điều chỉnh bằng cách : (1) phân cát thành các cấp hạt riêng biệt và phối hợp lại theo một tỷ lệ phù hợp; (2) tăng hoặc giảm các kích thước cơ bản để có cân bằng về cấp hạt; (3) giảm vật liệu quá thô bằng cách nghiền. Cốt liệu thô có cấp hạt không đúng sẽ được điều chỉnh bằng: (1) nghiền nhỏ phần quá thô; (2) loại bỏ kích thước ngoài giới hạn; (3) bù thêm các kích thước bị thiếu từ các nguồn khác; (4) Kết hợp tất cả các biện pháp trên. Bất cứ sự điều chỉnh cấp hạt nào trong phòng thí nghiệm phải được thực hành và điều chỉnh theo quan điểm sử dụng của nhà điều hành. Thường cấp hạt cốt liệu yêu cầu phải phù hợp với tính kinh tế của các vật liệu có sẵn.

A3.4. *Các mẻ trộn thí nghiệm.*

A3.4.1. Các mối quan hệ được lập thành bảng ở phần chính của tiêu chuẩn này được dùng để thực hiện các tính toán hàm lượng các vật liệu cho mẻ trộn thí nghiệm. Tuy nhiên chúng quá tổng quát để áp dụng cho loại vật liệu cụ thể với độ chính xác cao. Nếu các thiết bị có sẵn nên thực hiện một loạt các thí nghiệm để thiết lập mối quan hệ biến đổi về lượng và chất cho loại vật liệu định sử dụng. Một ví dụ minh họa được đưa ra ở bảng A3.4.1.

A3.4.2. Đầu tiên, mẻ trộn có lượng dùng xi măng trung bình và độ nhớt phù hợp được xác định tỷ lệ theo phương pháp đã trình bày ở trên. Khi chuẩn bị mẻ trộn này lượng nước cần thiết dùng để tạo ra độ sụt yêu cầu thậm trí khác với lượng tính toán. Sau đó tiến hành thí nghiệm độ sụt và khối lượng thể tích của bê tông tươi đồng thời khảo sát tính công tác và các tính chất hoàn thiện. Trong ví dụ trên sản lượng của bê tông là quá cao và bê tông này có quá nhiều cốt liệu mịn.

A3.4.3. Hỗn hợp số 2 được chuẩn bị, điều chỉnh để hoàn thiện hỗn hợp số 1 đồng thời các thí nghiệm và đánh giá sẽ được lặp lại. Trong trường hợp này, các tính chất cần thiết sẽ đạt được trong phạm vi sai số cho phép và mẫu trụ được đúc để kiểm tra cường độ nén. Các thông tin này được dùng để lựa chọn thành phần cho hàng loạt các hỗn hợp sau này. Hỗn hợp từ số 3 đến số 6 có lượng dùng xi măng cao hơn hoặc thấp hơn lượng dùng xi măng của hỗn hợp số 2. Việc tuyển chọn hợp lý các lượng dùng vật liệu cho mẻ trộn có thể đạt được khi xem xét các phần hiệu chỉnh đưa ra trong các phần Chú thích ở bảng 6.3.7.1.

- A3.4.4. Hỗn hợp từ số 2 đến số 6 cung cấp nền tảng cơ bản gồm mối quan hệ giữa cường độ nén và tỷ lệ nước-xi măng với các tỷ lệ phối hợp cụ thể, nền tảng này cần thiết để lựa chọn thành phần với các yêu cầu cụ thể.
- A3.4.5. Với các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm việc điều chỉnh theo ý muốn ít khi có được tiến triển suôn sẻ như ở bảng A3.4.1 thậm chí với cả những người có kinh nghiệm. Hơn nữa người ta không hy vọng các kết quả ở công trường sẽ đúng với kết quả ở phòng thí nghiệm. Việc điều chỉnh thành phần hỗn hợp bê tông thử nghiệm ngoài hiện trường là rất cần thiết. Nếu phòng thí nghiệm sử dụng máy trộn thì sẽ đảm bảo tính phù hợp giữa phòng thí nghiệm và công trường. Sự phù hợp này là rất cần thiết nếu các tác nhân tạo khí (cuốn khí) được dùng vì loại máy trộn ảnh hưởng đến lượng khí cuốn vào. Trước khi đổ mẻ trộn đầu tiên, hỗn hợp bê tông phải như “bơ” hoặc “phải nhiều vữa” như đề cập trong ASTM C192. Tương tự như vậy, bất cứ quy trình chế tạo vật liệu nào cũng phải dựa trên thực tế tương ứng ở công trường.
- A3.4.6. Hàng loạt các thí nghiệm đưa ra ở bảng A3.4.1 có thể được mở rộng về quy mô và các yêu cầu cụ thể của công việc. Các biến số cần được khảo sát bao gồm các nguồn vật liệu lựa chọn, kích thước và cấp hạt của cốt liệu, loại và kiểu xi măng khác nhau, phụ gia Pozzolan, độ bền của bê tông, thay đổi thể tích, tăng nhiệt độ, và các tính chất nhiệt.
- A3.5. *Các phương pháp thí nghiệm.*
- A3.5.1. Trong khi xem xét các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm để cung cấp các thông tin cho việc lựa chọn thành phần của bê tông, các lần sửa đổi cuối cùng của phương pháp này sẽ được sử dụng sau đây.
- A3.5.1.1 Các thí nghiệm của các vật liệu thành phần.
- Lấy mẫu xi măng - ASTM C183.
 - Khối lượng riêng của xi măng - ASTM C188
 - Lấy mẫu đá, xỉ, sỏi, cát và các đá khối được dùng như là các vật liệu cho đường cao tốc - ASTM D75.
 - Phân tích hạt của cốt liệu thô và cốt liệu mịn - ASTM C136.
 - Khối lượng riêng và độ hút nước của cốt liệu thô - ASTM C127.
 - Khối lượng riêng và độ hút nước của cốt liệu mịn - ASTM C128.
 - Độ ẩm bề mặt của cốt liệu mịn - ASTM C70.

Tổng lượng ẩm của cốt liệu mịn bằng phương pháp sấy khô - ASTM C566.

Khối lượng đơn vị của cốt liệu - ASTM C29.

Độ rỗng của cốt liệu - ASTM C29

Muduyun độ lớn – các thuật ngữ liên quan đến bê tông và cốt liệu bê tông - ASTM C125.

A3.5.1.2 Các thí nghiệm cho bê tông.

Lấy mẫu bê tông tươi - ASTM C172.

Lượng không khí của hỗn hợp bê tông tươi – phương pháp thể tích - ASTM C173

Lượng không khí của hỗn hợp bê tông tươi – phương pháp áp lực - ASTM C231

Độ sụt của bê tông xi măng - ASTM C143.

Khối lượng trên ft^3 , yd^3 và lượng bọt khí trong bê tông - ASTM C138.

Các mẫu thí nghiệm nén, uốn của bê tông, chế tạo và bảo dưỡng trong phòng thí nghiệm - ASTM C192.

Cường độ nén của bê tông mẫu trụ - ASTM C39.

Cường độ uốn của bê tông (sử dụng mẫu loại dầm và tải trọng tác dụng qua điểm thứ 3) - ASTM C78.

Cường độ uốn của bê tông (sử dụng mẫu loại dầm và tải trọng tác dụng ở tâm) - ASTM C293.

Cường độ nén bửa trên mẫu trụ của bê tông - ASTM C496.

Bảng A3.4.1 Chương trình thí nghiệm để thiết lập các tính chất tạo nên bê tông từ các vật liệu tại chỗ.

Lượng vật liệu thành phần của 1 yd^3 bê tông, lb							Tính chất của bê tông				
Số mẻ trộn	Xi măng	Cát	Cốt liệu thô	Nước		Tổng số đã dùng	Độ sụt mm	Khối lượng đơn vị lb/ft^3	Sản lượng, ft^3	Cường độ nén ở 28 ngày, Psi	Tính công tác
				Dự tính	Đã dùng						
1	500	1375	1810	325	350	4035	4	147.0	27.45	-	Quá nhiều cát
2	500	1250	1875	345	340	3965	3.5	147.0	26.97	3350	Ok
3	400	1335	1875	345	345	3955	4.5	145.5	27.18	2130	Ok
4	450	1290	1875	345	345	3960	4	146.2	27.09	2610	Ok

5	550	1210	1875	345	345	3980	3	147.5	26.98	3800	Ok
6	600	1165	1875	345	345	3985	3.5	148.3	26.87	4360	Ok

Bảng A3.6.1 Thành phần bê tông dùng cho các mẻ trộn nhỏ.

Phương pháp: Lựa chọn kích thước cốt liệu thích hợp (xem mục 5.3.2) dùng hỗn hợp B, thêm đủ nước để tạo ra độ dẻo có thể thi công. Nếu bê tông thiếu cát thì chuyển sang hỗn hợp A, nếu quá nhiều cát thì chuyển sang hỗn hợp C.						
Kích thước danh nghĩa của cốt liệu, in	Ký hiệu mẻ trộn	Khối lượng vật liệu trong 1 ft ³ bê tông, lb				
		Xi măng	Cát *		Cốt liệu thô	
			Bê tông cần bọt khí †	Bê tông không cần bọt khí	Đá dăm, hoặc sỏi	Xi lò cao
$\frac{1}{2}$	A	25	48	51	54	47
	B	25	46	49	56	49
	C	25	44	47	58	51
$\frac{3}{4}$	A	23	45	49	62	54
	B	23	43	47	64	56
	C	23	41	45	66	58
1	A	22	41	45	70	61
	B	22	39	43	72	63
	C	22	37	41	74	65
$1\frac{1}{2}$	A	20	41	45	75	65
	B	20	39	43	77	67
	C	20	37	41	79	69
2	A	19	40	45	79	69
	B	19	38	43	81	71
	C	19	36	41	83	72

* Khối lượng sử dụng cho cát khô, nếu sử dụng cát ẩm thì phải tăng khối lượng của cát trong bảng lên 2 lb và nếu sử dụng cát rất ướt thì phải tăng lên 4 lb.

† Bê tông cuốn khí phải được sử dụng trong các kết cấu nhỏ nó sẽ bị làm việc trong môi trường băng giá. Hàm lượng không khí có thể đạt được bằng cách sử dụng xi măng cuốn khí hoặc bằng cách thêm phụ gia tạo khí. Nếu sử dụng phụ gia tạo khí, sử dụng theo hàm lượng được nhà sản xuất đề xuất.

A3.6. Thành phần bê tông dùng cho các mẻ trộn nhỏ.

A3.6.1. Với các mẻ trộn nhỏ, những nơi mà thời gian và các nhà máy không có sẵn để xác định thành phần bê tông phù hợp với quy trình đã đề ra thì các hỗn hợp bê tông ở bảng A.3.6.1 thường đáp ứng đủ cường độ và độ bền nếu lượng nước dùng không quá lớn làm cho hỗn hợp bê tông quá nhão. Các hỗn hợp này được xác định trước

theo đúng thủ tục đã đề ra bằng việc giả định các điều kiện áp dụng cho các mẻ trộn nhỏ và cho cốt liệu có kích thước trung bình. Ba hỗn hợp đưa ra cho từng kích thước cốt liệu. Với kích thước hạt đã được lựa chọn thì hỗn hợp B được dự định sử dụng đầu tiên. Nếu hỗn hợp bê tông này quá nhiều cát thì chuyển sang hỗn hợp C. Nếu ít cát thì chuyển sang hỗn hợp A. Nên chú ý rằng các hỗn hợp liệt kê ở bảng trên sử dụng cát khô hoặc cát khô bề mặt. Nếu cốt liệu bị ướt hoặc bị ẩm thì phải thực hiện các bước điều chỉnh cho đúng khối lượng mẻ trộn. Các bước điều chỉnh được đưa ra ở phần chú thích.

A3.6.2. Lượng xi măng sơ bộ trên 1 ft³ bê tông được liệt kê ở bảng trên là rất hữu ích cho việc dự tính xi măng cần cho dự án. Các yêu cầu trên được thực hiện trên cơ sở bê tông có đủ nước để tạo khuôn mà không có hiện tượng phân tầng. Bê tông phải trượt mà không được chảy khỏi xẻng.

Phô lôc 4: LỰA CHỌN THÀNH PHẦN CHO BÊ TÔNG NẶNG.

A4.1. Bê tông có khả năng thi công bình thường có thể được tính toán thành phần cấp phối có khối lượng lên tới 350 lb/ft³ do việc dùng cốt liệu nặng như: Quặng sắt, viên sắt, barit... Mặc dù từng loại vật liệu này có đặc tính riêng của nó, chúng có thể được sử lý để phù hợp với các yêu cầu của tiêu chuẩn này về cấp hạt, độ nhẵn, sạch... Việc lựa chọn cốt liệu phụ thuộc vào mục đích sử dụng của nó. Trong trường hợp dùng bê tông để chắn bức xạ. Khi lựa chọn thành phần các vật liệu của bê tông nặng thì các dữ liệu cần thiết và quy trình sử dụng cũng tương tự như bê tông thương.

Khối lượng và thành phần của cốt liệu dùng cho bê tông nặng phải phù hợp với yêu cầu của ASTM C637 và C638. Các chỉ tiêu sau nên được xem xét.

A4.1.1. Các vật liệu điển hình dùng cho bê tông nặng được liệt kê ở bảng A4.1.1

Bảng A4.1.1 Các cốt liệu nặng điển hình.

Vật liệu	Mô tả	Khối lượng riêng	Khối lượng thể tích của bê tông lb/ft ³
Limonnite Goe Thite	Quặng sắt ngâm nước	3.4 - 3.8	180 - 195
Barite	Barium sulfat	4.0 - 4.4	205 - 225
Ilmenite Hematite	Quặng sắt	4.2 - 5.0	215 - 240
Magnetite			
Thép/sắt	Viên, hòn ...	6.5 - 7.5	310 - 350

Chú thích: Vật liệu Ferrophosphorous và Ferrosilicon (xỉ nặng) chỉ được sử dụng sau khi đã nghiên cứu sự phát triển của khí Hydro trong bê tông nặng có chứa loại cốt liệu này và đã biết các sản phẩm của phản ứng với xi măng.

- A4.1.2. Nếu bê tông bị tác động của khí hậu nóng, khô làm mất trọng lượng thì bê tông được tính toán cấp phối để khối lượng thể tích của bê tông tươi cao hơn khối lượng thể tích của bê tông khô một lượng, lượng chênh lệch này được xác định theo khối lượng thể tích của bê tông khô trên mẫu trụ. Ba mẫu trụ được đúc và khối lượng thể tích ở trạng thái ướt được xác định theo ASTM C138. Sau 72 giờ bảo dưỡng theo tiêu chuẩn các mẫu trụ được sấy khô đến khối lượng không đổi ở 210 - 230 F và xác định khối lượng trung bình. Lượng nước mất được xác định bằng các lấy khối lượng thể tích ướt trừ khối lượng thể tích khô. Lượng chênh lệch này được cộng vào khối lượng thể tích khô khi tính thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông theo trường hợp mất trọng lượng. Thông thường khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông tươi cao hơn khối lượng thể tích của bê tông ở trạng thái sấy khô khoảng 8 - 10 lb/ft³.
- A4.1.3. Nếu cần lượng không khí cuốn vào để chống lại các tác động của môi trường thì khối lượng mất đi phải được tính đến vì các khoảng trống là không khí. Để bù cho lượng bọt khí bị mất do đầm thì khi tính thành phần của hỗn hợp bê tông lượng không khí phải cao hơn.
- A4.2. Khi dùng cốt liệu nặng phải tuân thủ ACI 304.3R (cũng như xem ASTM C637 và C386) Khi tính toán thành phần của bê tông dùng các thiết bị đổ bê tông phù hợp có thể thực hiện từ các mục từ 5.2 đến 5.3.7 của ACI 211.1 và theo phương pháp thể tích tuyệt đối ở mục 5.3.7.2. Các tỷ lệ điển hình được đưa ra ở bảng 2 của ACI 304.3R.
- A4.3. *Bê tông nặng cốt liệu đặt trước* - Bê tông nặng cốt liệu đặt trước được tính toán thành phần giống bê tông cốt liệu đặt trước thông thường (tham khảo ACI 304, bảng 7.3.2 -

Giới hạn cấp hạt của cốt liệu thô và mịn dùng cho bê tông cốt liệu đặt trước). Ví dụ về phương pháp tính thành phần cấp phối của bê tông cốt liệu đặt trước được đưa ra trong ACI 304.3R, bảng 2 -Thành phần cấp phối điển hình của bê tông nặng và thành phần của vữa được đưa ra trong ACI 304.3R, bảng 3 - Thành phần cấp phối điển hình của vữa.

A4.4. Ví dụ - Bê tông làm đối trọng cho cần cầu không bị tác động của các điều kiện đóng băng và tan băng. Cường độ nén yêu cầu của bê tông ở 28 ngày là 4500 psi. Điều kiện thi công yêu cầu độ sụt là 2 - 3 in tại thời điểm đổ và Dmax cốt liệu là 1 in. Đối trọng cần có khối lượng thể tích ở trạng thái khô là 225 lb/ft³. Vật liệu được chỉ định như sau:

Xi măng	ASTM C150 - Loại I (Không cuốn khí)
Cốt liệu mịn	Specular Hematis (Fe ₃ O ₄)
Cốt liệu thô	Ilmenite.

Vật liệu ở bảng A4.1.1 được phối hợp để có thể đạt khối lượng thể tích ở trạng thái khô khoảng 215 - 240 lb/ft³. Các tính chất của cốt liệu được xác định trong phòng thí nghiệm như sau.

	Cốt liệu mịn	Cốt liệu thô
Mứyn độ lớn	2.30	-
Khối lượng riêng (SSD)	4.95	4.61
Độ hút nước, %	0.05	0.08
Khối lượng thể tích ở trạng thái đầm chặt	-	165 lb/ft ³
Kích thước danh nghĩa	-	1 in

Thực hiện theo trình tự ở mục 5 của tiêu chuẩn này thì khối lượng các vật liệu thành phần trên 1 yd³ bê tông được tính như sau:

A4.4.1. Bước 1 – Như đã nói ở trên độ sụt yêu cầu tại thời điểm đổ bê tông ở công trường là 2 - 3 in

A4.4.2. Bước 2 – Các nguồn cốt liệu có sẵn được chỉ định là phù hợp và cốt liệu thô có hình dạng và cấp hạt tốt được nghiền từ ilmenite có Dmax là 1 in. Cốt liệu mịn là dạng Hemantile.

A4.4.3. Bước 3 – Bằng cách nội suy từ bảng 6.3.3 với bê tông không cuốn khí có độ sụt 2 - 3 in, Dmax = 1 in cần lượng nước xấp xỉ 310 lb/yd³. Lượng không khí bị cuốn vào không

kiểm soát được là 1.5% (Bê tông không cuốn khí được sử dụng vì: (1) bê tông không bị tác động của các điều kiện môi trường khắc nghiệt, và (2) lượng bọt khí cao sẽ làm giảm khối lượng thể tích ở trạng thái khô của bê tông).

Chú thích: Các giá trị lượng nước yêu cầu ghi ở bảng 6.3.3 dựa trên cơ sở cốt liệu thô nghiền có hình dạng rõ ràng. Lượng lỗ rỗng của cốt liệu thô và mịn ở trạng thái khô đầm chặt có thể được sử dụng như là hệ số góc cạnh. Lượng lỗ rỗng của cốt liệu thô có Dmax 1 in mà lớn hơn 40% thì chứng tỏ cốt liệu đó là góc cạnh do đó bê tông làm từ cốt liệu này cần nhiều nước hơn lượng nước được liệt kê ở bảng A1.5.3.3. Ngược lại, cốt liệu tròn, trơn có độ rỗng nhỏ hơn 35 % sẽ cần ít nước hơn.

A4.4.4. *Bước 4* – Từ bảng 6.3.4 (a), tỷ lệ nước-xi măng cần thiết để tạo ra cường độ của bê tông không cần bọt khí 4500 psi là 0.52.

A4.4.5. *Bước 5* – Từ các thông tin đưa ra ở bước 3 và 4, lượng xi măng được tính là $310/0.52 = 596 \text{ lb/ft}^3$

A4.4.6. *Bước 6* – Lượng cốt liệu thô được tính toán bằng cách ngoại suy từ bảng 6.3.6 với moduyn độ lớn của cốt liệu mịn là 2.3 và kích thước danh nghĩa của cốt liệu là 1 in thì lượng cốt liệu thô ở trạng thái khô lèn chặt dùng cho 1 ft^3 bê tông là 0.72 ft^3 (theo bảng trên). Vì vậy lượng cốt liệu thô có 1 yd^3 bê tông là $27 \times 0.72 = 19.44 \text{ ft}^3$ và vì khối lượng thể tích của cốt liệu thô ở trạng thái lèn chặt là 165 lb/ft^3 nên khối lượng của cốt liệu thô ở trạng thái khô dùng cho 1 yd^3 bê tông là $19.44 \times 165 = 3208 \text{ lb}$. Hệ số góc cạnh của cốt liệu thô cũng được tính đến trong phương pháp tính toán thành phần của bê tông thông qua việc dùng khối lượng thể tích ở trạng thái khô lèn chặt; Tuy nhiên nếu dùng cốt liệu (mịn) quá góc cạnh, nhám ráp thì có thể cần nhiều cốt liệu mịn hơn, tăng lượng dùng xi măng hoặc phải dùng bọt khí để đạt tính công tác theo yêu cầu. Việc dùng bọt khí sẽ làm giảm khối lượng thể tích nhưng trong một vài trường hợp bọt khí cần cho độ bền.

A4.4.7. *Bước 7* – Với bê tông nặng, cốt liệu mịn được xác định theo khối lượng thể tích tuyệt đối. Khi lượng dùng xi măng, nước, bọt khí và cốt liệu thô đã biết thì cốt liệu mịn có thể được tính như sau:

$$\text{Thể tích của nước} = \frac{310}{62.4} = 4.97 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích không khí} = 0.015 \times 27 = 0.40 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của xi măng} = \frac{596}{3.15 \times 62.4} = 3.03 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu thô} = \frac{3208}{4.61 \times 62.4} = 11.15 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tổng thể tích các vật liệu thành phần trừ cát} = 19.55 \text{ ft}^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu mịn (cát)} = 27 - 19.55 = 7.45 \text{ ft}^3$$

$$\text{Khối lượng của cốt liệu mịn (cát)} = 7.45 \times 4.95 \times 62.4 = 2301 \text{ lb}$$

Kết quả thí nghiệm thực tế đã cho thấy bê tông có các tính chất sau:

$$\text{Khối lượng thể tích ướt} = 235.7 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Khối lượng thể tích khô} = 228.2 \text{ lb/ft}^3$$

$$\% \text{ bọt khí} = 2.8$$

$$\text{Độ sụt} = 2\frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\text{Cường độ} = 5000 \text{ psi ở 28 ngày}$$

Chú thích: Khối lượng thể tích khô của bê tông có dùng cốt liệu hemantite và ilmenite thấp hơn khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông tươi là 7.5 lb/ft³.

Phô lôc 5: LỰA CHỌN THÀNH PHẦN CHO BÊ TÔNG KHỐI LỚN

A5.1. *Giới thiệu* - Bê tông khối lớn được định nghĩa như sau “Khi thể tích của khối bê tông đủ lớn cần phải thực hiện các biện pháp xử lý nhiệt thủy hóa của Xi măng và cùng với nó là sự thay đổi thể tích làm xuất hiện các vết nứt nhỏ”. Mục đích của quy trình tính toán thành phần cấp phối bê tông khối lớn là kết hợp các vật liệu kết dính, nước, cốt liệu thô và mịn và phụ gia để tạo ra hỗn hợp bê tông mà nhiệt độ của nó không vượt qua giới hạn cho phép và đồng thời thỏa mãn cường độ yêu cầu. Trong một vài trường hợp cần hai hỗn hợp bê tông - hỗn hợp bê tông khối lớn dùng ở bên trong và hỗn hợp bê tông khối lớn dùng ở bên ngoài để chống lại các tác động của môi trường. Vì vậy trong quá trình thiết kế, các nhà công nghệ bê tông và các nhà thiết kế phải xem xét các tác động của nhiệt độ đến các tính chất của bê tông. Ví dụ một bức tường dày 6 in sẽ giải phóng nhiệt khá nhanh nhưng khi bề dày và kích thước của khối tăng, thì tại một điểm lượng nhiệt sinh ra sẽ lớn hơn lượng nhiệt giải phóng. Hiện tượng này làm tăng lượng nhiệt của khối bê tông và gây ra sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài của khối bê tông hoặc giữa nhiệt độ cho phép tối đa và tối thiểu gây ra ứng suất kéo. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài của khối bê tông do nhiệt độ của không khí bao quanh giảm là nguyên nhân gây ra vết nứt trên bề mặt bị tác động. Hơn nữa khi nhiệt độ của bê tông đạt đến nhiệt độ tới hạn và

sau đó làm lạnh thì ứng suất kéo được sinh ra do hiện tượng làm lạnh này khi sự thay đổi thể tích bị ngăn cản bởi nền móng bao quanh hoặc bởi sự liên kết với các kết cấu khác.

Ứng suất kéo được phát hiện theo các điều kiện trên có thể được xác định theo phương trình $S = REeT$; Trong đó: R là hệ số cản trở, E là modun đàn hồi, e là hệ số dẫn nở nhiệt, T là nhiệt độ chênh lệch giữa nhiệt độ bên trong và nhiệt độ mặt ngoài của bê tông hoặc giữa nhiệt độ lớn nhất của bê tông và nhiệt độ của không khí bao quanh. Các cuộc thảo luận chi tiết về bê tông khối lớn có thể được ghi trong các mục tham khảo A5.1, A5.2, A5.3, A5.5, A5.14.

Vết nứt của chân cầu, móng, sàn, tấm, cột... và các kết cấu lớn khác (đập) do nhiệt làm giảm tuổi thọ của kết cấu do sự phá hủy ban đầu lớn hoặc duy trì ở mức quá giới hạn. Hơn nữa, người ta thấy rằng việc lựa chọn thành phần của hỗn hợp bê tông thích hợp chỉ là một cách để kiểm soát sự tăng nhiệt độ. Các khía cạnh khác của việc sử dụng bê tông sẽ được nghiên cứu kết hợp với việc thiết kế cùng với các yêu cầu xây dựng. Để có thêm thông tin về vấn đề nhiệt và các giải pháp, xem các mục tham khảo A5.2 và A5.4.1.

A5.2. Các tính chất của bê tông khối lớn - Trong quá trình thiết kế một dự án cụ thể, đầu tiên là xác định cường độ nén yêu cầu và hệ số an toàn. Sau đó người thiết kế sẽ liên hệ sang các tính chất cần thiết khác của bê tông.

Khi xác định thành phần các chất để bê tông khối lớn có các tính chất cần thiết thì cần phải đánh giá các vật liệu sử dụng. Nếu không có đủ dữ liệu về vật liệu sử dụng thì cần phải thí nghiệm các mẫu vật liệu này để xác định các tính chất của nó và phải thỏa mãn các tiêu chuẩn áp dụng.

A5.3. Các tính chất của vật liệu liên quan đến khả năng sinh nhiệt.

A5.3.1. Vật liệu kết dính - Vật liệu kết dính dùng cho bê tông khối lớn bao gồm xi măng portland, xi măng hỗn hợp được đưa ra trong ASTM C150, C595 hoặc kết hợp giữa xi măng portland và pozzolan. Pozzolan được đưa ra trong ASTM C618.

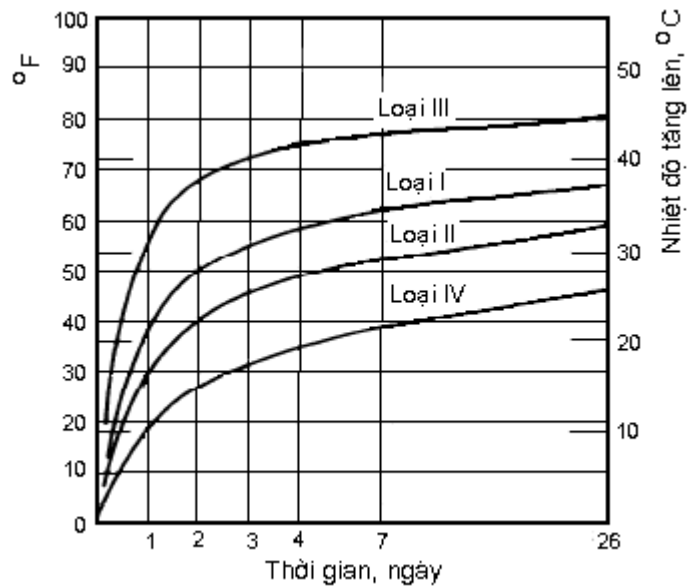
A5.3.1.1. Xi măng portland - Nhiệt thủy hóa của xi măng là nhiệt sinh ra khi phản ứng: nghĩa là nhiệt được sinh ra trong suốt quá trình xi măng phải ứng với nước. Lượng nhiệt được sinh ra này là do bản chất của các hợp chất hóa học có trong xi măng. Chúng được đưa ra ở đồ thị A5.3 cùng với nhiệt độ ban đầu.

Xi măng loại II là loại xi măng thường được sử dụng cho bê tông khối lớn vì nó là loại xi măng có nhiệt độ thủy hóa vừa phải và có các tính chất thích hợp hơn cho hầu hết

các công trình. Khi dùng phụ gia pozzolan (được đề cập đến ở phần sau) thì lượng nhiệt sinh ra của xi măng loại II có pozzolan tương đương với xi măng loại IV. Thêm vào đó xi măng loại II có sẵn hơn xi măng loại IV. Lượng nhiệt thủy hóa của xi măng loại II có thể cố định được bằng cách giới hạn các hợp chất hóa học hoặc giới hạn nhiệt độ thủy hóa ở tuổi 7 ngày.

Nhiệt độ ban đầu của khối bê tông trước khi đổ thấp sẽ làm giảm nhiệt độ thủy hóa của xi măng và giảm lượng nhiệt sinh ra ban đầu. Cùng với nó có thể hạn chế sự tăng cường độ ban đầu.

Độ mịn của xi măng cũng ảnh hưởng đến nhiệt thủy hóa; tuy nhiên nó ảnh hưởng ít đến nhiệt độ sinh ra ban đầu. Trong thời gian đầu, loại xi măng mịn hơn sẽ sinh ra nhiệt nhanh hơn so với xi măng loại thô hơn còn các tính chất khác thì như nhau.



Loại xi măng	Độ mịn ASTM C115, cm ² /g	Nhiệt thủy hoá ở 28 ngày tuổi, calo/g
I	1790	87
II	1890	76
III	2030	105
IV	1910	60

Hình A5.3 - Nhiệt độ tăng lên của bê tông khối lớn có chứa 376 pcy (223Kg/m³) xi măng

A5.3.1.2. *Xi măng hỗn hợp* - khi thỏa mãn các yêu cầu của ASTM C595, có sẵn, rẻ tiền thì có thể được dùng cho bê tông khối lớn một cách hiệu quả. Loại xi măng này được tạo ra từ hỗn hợp của xi măng và xỉ lò cao hoặc pozzolan. Có thể dùng các chữ (MH) hoặc (LH) ở đầu của tên xi măng hỗn hợp để chỉ ra mức độ nhiệt trung bình hay thấp cho những nơi áp dụng.

A5.3.1.3. *Pozzolan* - Dùng vật liệu pozzolan làm tăng lợi ích về kinh tế và nhiệt. Pozzolan được định nghĩa là “vật liệu silicat hoặc Alumo silicat có tính kết dính yếu hoặc không có nhưng khi nghiền mịn thì ở độ ẩm và nhiệt độ thường có thể phản ứng với Canxi

hydroxyt tạo ra các hợp chất có khả năng kết dính". Pozzolan có chứa khoáng Diatomat. Opan, tro núi lửa, tuff chúng có thể được nung đến nhiệt độ nung vôi hoặc không cần nung, nhưng các vật liệu khác thì cần phải nung để tạo ra các tính chất cần thiết. Ví dụ như một vài loại đất sét và đá phiến sét. Tro bay, loại xỉ than được nghiền mịn, chúng được tạo ra từ quá trình đốt cháy than bùn hoặc bột than và được thổi ra khỏi buồng đốt bằng luồng khí thải là một loại pozzolan.

Dùng pozzolan để thay thế một phần xi măng dùng cho bê tông khối lớn sẽ làm giảm đáng kể lượng nhiệt sinh ra trong thời gian đầu. Nhiệt của pozzolan sinh ra trong thời gian đầu được dự tính nằm trong khoảng từ 15 - 50% lượng nhiệt của xi măng có cùng khối lượng sinh ra.

Các tác động của pozzolan đến các tính chất của bê tông tươi thay đổi tùy theo loại, độ mịn, thành phần hóa học, thành phần khoáng và các tính chất vật lý của pozzolan; độ mịn và thành phần của xi măng, tỷ lệ giữa xi măng và pozzolan và tổng lượng xi măng và pozzolan dùng trên một đơn vị thể tích bê tông. Ví dụ một số loại pozzolan đã được xác định là có thể giảm 7% lượng nước yêu cầu và giảm 20% lượng phụ gia cuốn khí. Việc đánh giá loại pozzolan dự định sử dụng trong giai đoạn đầu khi xác định thành phần của bê tông là rất quan trọng vì một số loại pozzolan khác cần thêm vào 15% nước và 60% phụ gia tạo khí.

Tỷ lệ của xi măng và pozzolan phụ thuộc vào cường độ thiết kế ở một thời điểm xác định, mức độ nhiệt, tính chất vật lý và hóa học của cả xi măng và pozzolan và giá thành tương ứng của các vật liệu. Lượng các loại pozzolan phối hợp cùng với xi măng được đưa ra ở bảng A5.1.

Bảng A5.1. Lượng điển hình của các pozzolan và các vật liệu khác*

Vật liệu hoặc loại vật liệu	% của tổng lượng chất kết dính theo thể tích tuyệt đối	
	Bê tông không bị tác động của môi trường†	Bê tông chịu tác động của môi trường‡
Pozzolan (ASTM C618)		
Loại F	35	25
Loại N, tất cả các loại ngoại trừ diatomit không bị nung	30	20
Loại N, Diatomat không bị nung	20	20
Các loại vật liệu khác		
Tro, xi măng tự nhiên	35	25

* Các khối lượng khác của pozzolan hoặc vật liệu khác có thể được sử dụng nếu các đánh giá trong phòng thí nghiệm được chấp nhận. Không có khối lượng điển hình thiết lập cho pozzolan loại C.

† Bê tông không bị tác động của môi trường trong kết cấu toàn khối (VD. đập trọng lực, bờ tràn, hoặc các kết cấu tương tự khác).

‡ Bê tông chịu tác động của môi trường (xem chú thích trên) và kết cấu bê tông chịu tác động (VD. dòng lũ, nền móng và các kết cấu tương tự)

A5.3.2. *Cốt liệu* - Kích thước danh nghĩa của cốt liệu dùng cho các điều kiện thi công được đưa ra trong bảng A5.2 người ta khuyên nên dùng kích thước danh nghĩa lớn hơn 6 in (150 mm) nếu cốt liệu lớn sẵn có, rẻ tiền và điều kiện thi công cho phép. Bởi vì cốt liệu có kích thước lớn thì diện tích bề mặt bị phủ bởi xi măng nhỏ do đó có thể giảm lượng nước và xi măng khi tỷ lệ W/C không đổi. Quan hệ này được phản ánh trong bảng 6.3.3. Các cấp hạt điển hình cho từng kích thước hạt được đưa ra trong bảng A5.3. thành phần hạt và các tính chất vật lý của cốt liệu mịn phải phù hợp với các yêu cầu của ASTM C33.

A5.3.2.1. *Phối hợp các cốt liệu thô* - Trên cơ sở xác định kích thước danh nghĩa cốt liệu, các nhóm cốt liệu thô có cùng kích thước được phối hợp lại để tạo ra cấp hạt có độ chặt lớn nhất và độ rỗng bé nhất. Kết quả là tạo ra lượng vữa dư lớn nhất cho khả năng dễ thi công, tính công tác và khả năng hoàn thiện. Phương pháp khối lượng thể tích ở trạng thái khô đầm chặt được dùng để phối hợp cốt liệu có kích thước danh nghĩa > 1½ in (37.5 mm). Tuy nhiên phương pháp này không thực tế cho việc kết hợp các

nhóm cốt liệu có kích thước danh nghĩa là 3 in hoặc 6 in. Phương trình A5.3 đưa ra % lọt từng sàng yêu cầu của các loại vật liệu cụ thể. Phương trình này được nghiên cứu bởi Fuller và Thomson (tham khảo A5.13) trên các tính chất của các vật liệu cụ thể. Đường cong parapol được tạo ra từ phương trình A5.3 tương đương với cấp hạt lý tưởng có mật độ lớn nhất, độ rỗng nhỏ nhất theo hình dạng hạt của cốt liệu. Quy trình kết hợp các nhóm cốt liệu thô riêng lẻ lại để thỏa mãn đường cong lý thuyết được đề xuất dùng cho cốt liệu có kích thước danh nghĩa 6 in (150 mm) và 3 in (75 mm) cùng với phương pháp khối lượng thể tích ở trạng thái khô đầm chặt.

$$P = \frac{d^x - 0.1875^x}{D^x - 0.1875^x} (100)$$

Trong đó: P là % lượng lọt tích lũy của sàng có kích thước mắt sàng d.

d là đường kính mắt sàng, in (mm)

D là kích thước danh nghĩa của cốt liệu, in (mm)

x là số mũ (0.5 với cốt liệu tròn và 0.8 với cốt liệu nghiền, góc cạnh)

Trên cơ sở phương trình trên, sự kết hợp lý tưởng cho cốt liệu có kích thước 6in và 3in (150 và 75mm) của cốt liệu tròn và nghiền được đưa ra trong bảng A5.4. Cấp hạt hợp lý cho cốt liệu tròn không hoàn toàn hoặc nghiền một phần được nội suy từ cấp hạt trong bảng A5.4. Khi dùng các cấp hạt riêng lẻ của các nhóm có kích thước 6 - 3in, 3 - 1¹/₂in (75 - 37.5mm), 1¹/₂ - 3/4in (37.5 - 19mm) và 3/4in đến sàng No.4 (19 - 4.75mm) thì phương pháp lựa chọn % của từng nhóm kích thước có thể được thực hiện để tạo ra cấp hạt lệch 2 - 3% so với cấp hạt lý thuyết nếu cấp hạt của các nhóm kích thước nằm trong giới hạn của bảng A5.3. Những nơi mà giới hạn cấp hạt ngoài bảng A5.3 được dùng thì cần dung sai lớn hơn cho các kích thước hạt. Hơn nữa cấp hạt tự nhiên ở một số vùng thiếu vài kích thước hạt, trong trường hợp này người ta đề xuất cấp hạt lý thuyết sửa đổi để cho phép dùng loại cốt liệu này.

Bảng A5.2. Kích thước danh nghĩa cốt liệu được đề xuất cho các loại công trình

Đặc điểm	Dmax cốt liệu, in (mm)
Các kết cấu rộng hơn 7½in (190mm) và khoảng cách thực giữa các thanh cốt thép ít nhất là 2½ in (57mm)	1½ (37.5)
Các kết cấu rộng hơn 12in (300mm) không có cốt thép và các kết cấu rộng hơn 18in (475mm) có cốt thép và khoảng cách thực giữa các thanh cốt thép lớn hơn 6in (150mm) và nhỏ hơn 10in (250mm)	3 (75)
Các kết cấu lớn mà khoảng cách thực giữa các thanh cốt thép ít nhất là 10in (250mm) và phù hợp cho việc đổ bê tông có nhiều cốt liệu lớn mà không tạo ra các túi đá hoặc các điều kiện không mong muốn khác	6 (150)

Bảng A5.3. Giới hạn thành phần hạt được đề xuất cho các loại công trình

Kích thước mắt sàng in (mm)	Kích thước riêng biệt			
	% lọt trên các sàng riêng biệt			
	No.4 đến ¾ in	¾ đến 1½ in	1½ đến 3in	3 đến 6in
	4.57-19mm	19 - 37.5mm	37.5 - 75mm	75 - 150mm
7 (170)				100
6 (150)				90 - 100
4 (100)			100	20 - 55
3 (75)			90 - 100	0 - 15
2 (50)		100	20 - 55	0 - 5
1½ (37.5)		90 - 100	0 - 10	
1 (25)	100	20 - 55	0 - 5	
¾ (19)	90 - 100	0 - 15		
⅜ (9.5)	20 - 55	0 - 5		
No.4 (4.75)	0 - 10			
No.8 (2.63)	0 - 5			

Bảng A5.4. Cấp hạt kết hợp theo lý thuyết cho cốt liệu có kích thước danh nghĩa là 6in (150mm) và 3in (75mm) theo phương trình A5.3

Kích thước mắt sàng in (mm)	6in (150mm)		3in (75mm)	
	% lọt sàng		% lọt sàng	
	Góc cạnh	Tròn	Góc cạnh	Tròn
6 (150)	100	100	-	-

5 (125)	85	89	-	-
4 (100)	70	78	-	-
3 (75)	54	64	100	100
2 (50)	38	49	69	75
1½ (37.5)	28	39	52	61
1 (25)	19	28	34	44
¾ (19)	13	21	25	33
⅜ (9.5)	5	9	9	14

A5.3.2.2. *Lượng cốt liệu thô* - Tỷ lệ của cốt liệu mịn dùng trong bê tông khối lớn phụ thuộc vào cấp hạt của cốt liệu thô sau khi kết hợp, hình dạng hạt mô đun độ lớn của cốt liệu mịn và khối lượng của chất kết dính. Lượng dùng của cốt liệu thô có thể xác định theo b/b, phương pháp, bảng 5.3.6 của ACI 211.1 nếu xác định khối lượng thể tích đồ đồng theo ASTM C29. Với cốt liệu có kích thước danh nghĩa < 3 in (75 mm) và 6 in (150 mm) thì lượng cốt liệu thô (thể hiện ở dạng %) tương ứng với từng mô đun độ lớn của cốt liệu mịn và các Dmax của cốt liệu thô khác nhau.

A5.3.3. *Phụ gia* - Khi lựa chọn thành phần cho bê tông khối lớn thì việc dùng phụ gia cần được xem xét. Hai loại phụ gia thường được dùng cho bê tông khối lớn là phụ gia cuốn khí và phụ gia giảm nước.

A5.3.3.1. *Phụ gia cuốn khí* - Khi chỉ có mục đích là cải thiện tính công tác ngoài ra không có mục đích khác thì hàm lượng bọt khí cuốn vào trong bê tông khối lớn là rất cần thiết. Việc dùng lượng bọt khí trong bê tông khối lớn cũng như trong các loại bê tông khác cho phép cải thiện đáng kể độ bền, độ dẻo và tính công tác, giảm sự phân tầng tách nước. Tác động của lượng bọt khí đến cường độ của bê tông khối lớn bị giảm đi do lượng hồ trong bê tông sử dụng cốt liệu có kích thước danh nghĩa 3in (75mm) và 6in (150mm) ít. Tuy nhiên tác động của lượng bọt khí đến cường độ của bê tông khối lớn dùng cốt liệu có kích thước danh nghĩa 1½in (37.5mm) hoặc ¾in (19mm) cần được xem xét. Cường độ của bê tông nghèo xi măng không bị giảm khi dùng bọt khí; trong một vài trường hợp cường độ có thể tăng do giảm lượng nước yêu cầu. Lượng bọt khí phải phù hợp với những điều được đề cập ở bảng A5.6.

Bảng A5.5. Hàm lượng cốt liệu thô gần đúng khi sử dụng cốt liệu mịn tự nhiên (N) hoặc gia công (M) (phần trăm của tổng cốt liệu theo thể tích tuyệt đối)

Loại và kích cỡ tối đa	Loại cát	Mô đun độ mịn							
		2.40		2.60		2.80		3.00	
		N	M	N	M	N	M	N	M

danh nghĩa của cốt liệu thô									
6 in. (150 mm) nghiền		80	78	79	77	78	76	77	75
6 in. (150 mm) tròn		82	80	81	79	80	78	79	77
3 in. (75 mm) nghiền		75	73	74	72	73	71	72	70
3 in. (75 mm) tròn		77	75	76	74	75	73	74	72

Bảng A5.6 Hàm lượng khí và vữa gần đúng cho các cốt liệu có kích thước danh nghĩa khác nhau [độ sệt 1½ in. (37.5 mm) và hàm lượng khí từ 5 đến 6 phần trăm trong phần nhỏ hơn 1½ in. (37.5 mm)]

Loại và kích thước danh nghĩa của cốt liệu thô	Hàm lượng vữa cu ft/cuyd ± 0.2 (m³/m³ + 0.01)	Hàm lượng khí trong hỗn hợp tổng, phần trăm
6 in. (150 mm) nghiền	10.5 (0.39)	3.0-4.0
6 in. (150 mm) tròn	10.0 (0.37)	3.0-4.0
3 in. (75 mm) nghiền	12.0 (0.44)	3.5-4.5
3 in. (75 mm) tròn	11.5 (0.43)	3.5-4.5

Bảng A5.7 Cường độ nén gần đúng của bê tông cuốn khí cho các tỷ lệ nước-xi măng khác nhau [dựa trên mẫu hình trụ 6 x 12 in. (152 x 305 mm)]

Tỷ lệ nước-xi măng theo trọng lượng*	Cường độ chịu nén 28 ngày gần đúng, psi (MPa) (f'c)**	
	Cốt liệu tự nhiên	Cốt liệu gia công (nghiền)
0.40	4500 (31.0)	5000 (34.5)
0.50	3400 (23.4)	3800 (26.2)
0.60	2700 (18.6)	3100 (21.4)
0.70	2100 (14.5)	2500 (17.2)
0.80	1600 (11.0)	1900 (13.1)

* Tỷ lệ w/c này có thể chuyển đổi được thành tỷ lệ w/(c+p) bằng cách sử dụng phương trình trong Mục 5.3.4** 90 ngày khi sử dụng puzzolan

Bảng A5.8 Tỷ lệ nước-xi măng cho phép tối đa cho các cấu kiện lớn

Vị trí của kết cấu	Tỷ lệ nước-xi măng theo trọng lượng	
	Khí hậu khắc nghiệt hoặc	Khí hậu ôn hòa, ít tuyết

	vừa phải	hay bằng giá
Tại đường mực nước của kết cấu thủy hay mặt tiếp xúc nước nơi có khả năng xả ra bão hòa gián đoạn	0.50	0.55
Phần ẩn của kết cấu khối lớn	Không giới hạn*	Không giới hạn
Kết cấu lộ diện bình thường	0.50	0.55
Ngập hoàn toàn liên tục trong nước	0.58	0.58
Bê tông đổ trong nước	0.45	0.45
Tiếp xúc với nước ngầm sulfate mạnh hoặc chất lỏng có tính ăn mòn khác, muối hoặc nước biển	0.45	0.45
Bê tông bị tác động của dòng nước chảy tốc độ cao (>40f/s) (>12 m/s)	0.45	0.45

Chú thích: các tỷ lệ w/c này có thể chuyển đổi được thành tỷ lệ w/(c+p) bằng cách sử dụng phương trình trong Mục 5.3.4* Giới hạn nên được dựa trên yêu cầu tối thiểu cho tính dễ thi công hoặc Bảng A5.7 về cường độ.

A5.3.3.2. *Phụ gia giảm nước* - Các loại phụ gia giảm nước thỏa mãn yêu cầu của ASTM C494 được xem là rất có hiệu quả với bê tông khối lớn. Giảm nước tương ứng với việc giảm lượng dùng xi măng mà vẫn giữ nguyên tỷ lệ W/C không đổi. Lượng nước giảm là khác nhau với từng loại bê tông; tuy nhiên thường là từ 5 - 8%. Hơn nữa các loại phụ gia giảm nước còn cải thiện tính linh động của bê tông và tính đầm của bê tông đặc biệt là các hỗn hợp bê tông cốt liệu lớn.

A5.4. *Cường độ và độ bền* - Phương pháp tính toán thành phần cấp phối của bê tông khối lớn này được dùng để kiểm soát sự tăng nhiệt và nhiệt độ, trong khi vẫn thỏa mãn yêu cầu về cường độ và độ bền bị chi phối bởi tỷ lệ nước-xi măng. Tỷ lệ nước-xi măng là tỷ lệ khối lượng giữa lượng nước không tính lượng nước hấp thụ của cốt liệu và lượng dùng xi măng cho hỗn hợp bê tông hoặc vữa. Trừ khi quan hệ giữa tỷ lệ nước-xi măng và cường độ đã có sẵn từ trước thì cường độ nén của bê tông trên mẫu 6 x 12in (152 x 305mm) với tỷ lệ nước-xi măng khác nhau có thể được tính theo bảng A5.7. Tỷ lệ nước-xi măng tối đa cho phép dùng trong bê tông bị tác động của các điều kiện môi trường khác nhau được đưa ra ở bảng A5.8. Tỷ lệ nước-xi măng có được khi tính toán sẽ bị điều chỉnh bằng các mẻ trộn thí nghiệm để đảm bảo thỏa mãn các tính chất yêu cầu của bê tông. Các kết quả đã cho thấy rằng cường độ hoặc

độ bền cũng như nhiệt sinh ra quyết định thành phần cấp phối bê tông. Khi điều này xảy ra thì việc lựa chọn các cách thức để kiểm soát nhiệt độ là cần thiết. Ví dụ, trong công trình xây dựng đập bê tông khối lớn chắn nước, hỗn hợp bê tông dùng để đổ mặt ngoài của đập sẽ có thể cần dùng nhiều xi măng hơn hẳn so với hỗn hợp bê tông dùng để đổ mặt bên trong đập để tạo ra độ bền cần thiết theo yêu cầu. Các cách thức khác nhau gồm có: giảm nhiệt độ ban đầu của khối bê tông tại thời điểm đổ hoặc giới hạn kích thước của khối bê tông khi đổ. Nếu cường độ nén của toàn bộ khối bê tông dùng cốt liệu có kích thước danh nghĩa 1½in được đưa ra thì mối quan hệ giữa cường độ của toàn khối bê tông và cường độ của mẫu bê tông trụ 6 x 12in (152 x 302mm) ở trạng thái ướt đã có sẵn ở các nguồn ví dụ như mục tham khảo A5.6.

A5.5. *Khả năng thi công và tính công tác* - Thí nghiệm đã chứng minh rằng các hỗn hợp bê tông dùng cốt liệu có kích thước danh nghĩa 3in (75mm) và 6in (150mm) cần lượng vữa ít hơn để tạo ra khả năng thi công bê tông và tính công tác hợp lý. Bảng A5.6 phản ánh tổng lượng vữa (xi măng, pozzolan, nước, không khí, cốt liệu mịn) dự định dùng cho các hỗn hợp dùng kích thước danh nghĩa lớn. Các giá trị này có thể được so sánh với giá trị tính được trong quá trình tính cấp phối và thực hiện điều chỉnh bằng cách tăng hoặc giảm lượng vữa để cải thiện tính công tác.

Bảng A5.9 Khối lượng vật liệu được đề xuất cho thành phần bê tông trộn thủ

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu in. (mm)	Khối lượng cốt liệu, lb (kg)					Xi măng lb (kg)
	Cốt liệu mịn	Cốt liệu thô				
		No.4 đến 3/4 in. (4.75 mm đến 19 mm)	3/4 in. đến 1½ in. (19 mm đến 37.5 mm)	1½ in. đến 3 in. (37.5 mm đến 75 mm)	3 in. đến 6 in. (75 mm đến 150 mm)	
¾ (19)	1200 (544)	1200 (544)	-	-	-	400 (181)
1½ (37.5)	1000 (454)	1000 (454)	1000 (454)	-	-	400 (181)
3 (75)	2000 (907)	1500 (680)	1000 (454)	2000 (907)	-	500 (227)
6 (150)	3000 (1361)	2000 (907)	1500 (680)	2500 (1134)	3000 (1361)	700 (318)

Chú thích 1: khối lượng thực tế của vật liệu cần thiết phụ thuộc vào sự sẵn có của thiết bị thí nghiệm và quy mô của chương trình thí nghiệm.

Chú thích 2: Nếu pozzolan hoặc tro bay được sử dụng trong bê tông, khối lượng cần cung cấp là 35 phần trăm của trọng lượng xi măng

Chú thích 3: Một pal (3 8) của một phụ gia cuốn khí hoặc phụ gia hóa học được đề xuất sẽ là đủ.

A5.6. *Trình tự* - Để xác định các tính chất của vật liệu và tìm hiểu các hỗn hợp bê tông thì phương pháp tính toán cấp phối phải tuân theo các bước cơ bản từ mục A5.6.1 đến mục A5.6.12. Tỷ lệ của các vật liệu thành phần phải được xác định khi biết nhiệt độ tối đa khi đổ bê tông do sự ảnh hưởng mức nhiệt độ thủy hóa của xi măng và nhiệt sinh ra. Khi dùng kích thước danh nghĩa cốt liệu 3in (75mm) hoặc 6in (150mm) thì trình tự này đôi khi khác với ACI 211.1. Nguyên nhân chính là do việc xác định mật độ của cốt liệu lớn ở trạng thái đầm chặt khó khăn. Với cốt liệu 1¹/₂in (37.5mm) hoặc bé hơn thì có thể sử dụng các thành phần cấp phối phù hợp với ACI 211.1.

A5.6.1. *Bước 1* - Xác định tất cả các yêu cầu liên quan đến tính chất của bê tông gồm:

1. Kích thước danh nghĩa của cốt liệu sử dụng
2. Giới hạn độ sụt (khoảng độ sụt).
3. Các giới hạn về tỷ lệ nước-xi măng.
4. Nhiệt độ lớn nhất mong muốn khi đổ bê tông.
5. Giới hạn hàm lượng không khí.
6. Cường độ và các tuổi thí nghiệm.
7. Dự định các tác động của môi trường.
8. Dự định các vận tốc dòng nước khác nhau khi bê tông chịu tác động của dòng chảy.
9. Các yêu cầu về chất lượng của bê tông.
10. Các tính chất của xi măng và/hoặc pozzolan

A5.6.2. *Bước 2* - Phải xác định các tính chất của các loại vật liệu nếu các dữ liệu không có sẵn. Các mẫu đại diện cho từng loại vật liệu sử dụng làm bê tông phải có đủ số lượng để đáp ứng được các thí nghiệm khác nhau. Lượng vật liệu cần thiết đáp ứng đủ các thí nghiệm được đưa ra ở bảng A5.9. Nếu vật liệu pozzolan sẵn có và rẻ tiền hoặc được yêu cầu để thỏa mãn các tính chất cần thiết thì hàm lượng % của nó được đưa ra ở bảng A5.1 sẽ được sử dụng như là lượng dùng đầu tiên trong các mẻ trộn thử nghiệm.

Từ các vật liệu được để cử dùng cho chương trình thí nghiệm, cần xác định các tính chất sau:

1. Phân tích cấp hạt của tất cả cốt liệu.
2. Khối lượng riêng của các loại cốt liệu
3. Độ hút nước của cốt liệu
4. Hình dạng của hạt cốt liệu thô
5. Moduyn độ lớn của cốt liệu mịn
6. Khối lượng riêng của xi măng, pozzolan, xi măng hỗn hợp
7. Tính chất vật lý và tính chất hóa học của xi măng, pozzolan, xi măng hỗn hợp gồm cả nhiệt độ thủy hóa ở 7 ngày.

Một báo cáo ghi đầy đủ các tính chất phải được xây dựng trước để sử dụng ở công trường. Các dữ liệu này sẽ giúp cho việc điều chỉnh các tính chất của hỗn hợp bê tông. Các tính chất của vật liệu dùng ở công trường lấy theo các tính chất của vật liệu được dùng trong chương trình thử nghiệm hỗn hợp bê tông trong phòng thí nghiệm.

A5.6.3. *Bước 3* - Lựa chọn tỷ lệ W/C . Nếu tỷ lệ W/C không được chỉ định trong chỉ dẫn của dự án thì phải chọn tỷ lệ W/C lớn nhất cho phép từ bảng A5.8 tương ứng với điều kiện tác động của môi trường. Việc so sánh tỷ lệ W/C này với tỷ lệ W/C lớn nhất cho phép ở bảng A5.7 để đạt được cường độ trung bình gồm cường độ cộng với hệ số an toàn cho sự thay đổi có thể biết và việc sử dụng tỷ lệ W/C thấp nhất. Tỷ lệ W/C phải giảm 0.02 để đảm bảo rằng tỷ lệ W/C tối đa cho phép không vượt quá giới hạn trong suốt quá trình điều chỉnh ở công trình. Khi cần tỷ lệ W/C này có thể chuyển thành N/(X + pozzolan) bằng cách dùng phương trình A6.3.4.1.

A5.6.4. *Bước 4* - Dự tính lượng nước. Dự tính lượng nước yêu cầu theo bảng A6.3.3 với độ sụt và kích thước danh nghĩa cụ thể. Nhiệt độ ban đầu có thể ảnh hưởng đến lượng nước yêu cầu này; Để có thêm thông tin xem mục tham khảo A5.6.

A5.6.5. *Bước 5* - Lựa chọn hàm lượng không khí. Việc lựa chọn hàm lượng không khí của hỗn hợp bê tông được đề cập trong bảng A5.6. Một phương pháp xác định lượng không khí chính xác có thể được thực hiện trong suốt quá trình điều chỉnh hỗn hợp bê tông sau này bằng phương trình A5.6

$$A = \frac{a}{1 + r\left(1 - \frac{a}{100}\right)} \quad (A5.6)$$

Trong đó:

- A là tổng hàm lượng không khí của hỗn hợp bê tông, %
- a là lượng không khí của phần hỗn hợp bê tông có kích thước nhỏ hơn $1\frac{1}{2}$ in (37.5mm), %
- r là tỷ lệ thể tích tuyệt đối của cốt liệu > $1\frac{1}{2}$ in (37.5mm) và thể tích tuyệt đối của các vật liệu khác trong hỗn hợp ngoại trừ bọt khí. Nếu 100% cốt liệu lọt sàng có kích thước mắt sàng $1\frac{1}{2}$ in (37.5mm) thì $r = 0$ và $A = a$.

A5.6.6. *Bước 6* - Tính khối lượng xi măng cần thiết từ tỷ lệ W/C đã chọn và lượng nước yêu cầu (A5.6.4)

A5.6.7. *Bước 7* - Xác định thể tích tuyệt đối của chất kết dính, nước, lượng không khí từ các thông tin có được ở các bước 4, 5 và 6. Tính toán thể tích tuyệt đối của xi măng và pozzolan.

$$V_{C+P} = \frac{C_w}{G_c(62.4)}, \text{ ft}^3 \text{ hoặc } \frac{C_w}{G_c(1000)}, \text{ m}^3 \quad (\text{A5.6.A})$$

$$V_C = V_{C+P} (1 - F_V) \quad (\text{A5.6.B})$$

$$V_P = V_{C+P}(F_V) \quad (\text{A5.6.C})$$

Trong đó: C_w là khối lượng xi măng được xác định ở bước 6

G_c là khối lượng riêng của xi măng

V_c là thể tích của xi măng, ft^3 , (m^3)

V_P là thể tích của pozzolan, ft^3 , (m^3)

V_{C+P} là thể tích của xi măng và pozzolan, ft^3 , (m^3)

F_V là thể tích tuyệt đối của pozzolan so với tổng thể tích tuyệt đối của xi măng + pozzolan, ft^3 , (m^3)

A5.6.8. *Bước 8* - Lựa chọn % cốt liệu thô. Từ bảng A5.5 và trên cơ sở muduyn độ lớn của cát cũng như kích thước cốt liệu và loại cốt liệu, xác định % của cốt liệu thô trong tổng số cốt liệu.

A5.6.9. *Bước 9* - Xác định thể tích tuyệt đối của tất cả cốt liệu bằng cách trừ đi thể tích tuyệt đối của từng vật liệu đã được tính trong bước 7. Trên cơ sở lượng cốt liệu thô đã chọn ở bước 8, xác định thể tích tuyệt đối của cốt liệu thô, thể tích tuyệt đối còn lại là lượng cốt liệu mịn trong hỗn hợp.

- A5.6.10. *Bước 10* - Thiết lập sự phối hợp các nhóm cốt liệu thô riêng rẽ theo mong muốn. Dùng các cấp hạt của từng loại cốt liệu thô, phối hợp tất cả các cốt liệu thô để tạo ra cấp hạt đồng nhất gần giống với cấp hạt đưa ra ở bảng A5.4 với D_{max} 6in (150mm) hoặc 3in (75mm). Phần trăm của từng nhóm kích thước vừa phối hợp được sẽ được làm tròn thành % gần nhất của cấp hạt A5.4.
- A5.6.11 *Bước 11* - Chuyển tất cả thể tích tuyệt đối của từng vật liệu thành phần trong hỗn hợp này sang khối lượng trên một đơn vị thể tích.
- A5.6.12 *Bước 12* - Kiểm tra hàm lượng vữa. Từ thể tích tuyệt đối tính được ở trên tính lượng vữa và so sánh với các giá trị đưa ra ở trong bảng A5.6. Các giá trị ở trong bảng A5.6 sẽ cung cấp dấu hiệu về tính công tác của hỗn hợp bê tông. Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định qua chất lượng của hỗn hợp bê tông trên công trường. Bảng A5.6 có thể được sử dụng làm mục tiêu để điều chỉnh bê tông trong phòng thí nghiệm.
- A5.7. *Ví dụ* - Bê tông dùng làm chân cầu bị tác động bởi nước và điều kiện môi trường khắc nghiệt. Cường độ thiết kế là 3000psi (20.7MPa) ở 28 ngày tuổi. Điều kiện đổ bê tông cho phép dùng cốt liệu là đá nghiền có kích thước danh nghĩa lớn, đá nghiền có kích thước danh nghĩa 6in (150mm) sẵn có. Các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm cho thấy rằng các nhóm đá nghiền có kích thước danh nghĩa 6; 3; 1 $\frac{1}{2}$; 3/4in. (150; 75; 37.5 và 19.5mm) có khối lượng riêng ở trạng thái khô bề mặt lần lượt là 2.72; 2.70; 2.70 và 2.86; cốt liệu mịn tự nhiên có sẵn có khối lượng riêng là 2.64 và môđun độ mịn là 2.80. Tro bay loại F có sẵn và được dùng để giảm lượng nhiệt sinh ra trong khối bê tông. Khối lượng riêng của tro bay là 2.45 và xi măng loại II có sẵn.
- A5.7.1 *Bước 1* - xác định các tính chất cần thiết. Các tính chất sau được chỉ rõ trong bảng tóm tắt của các hồ sơ dự án và sự tư vấn của các kỹ sư.
1. Đá nghiền có kích thước 6in (150mm) sẵn có, hiệu quả kinh tế khi sử dụng.
 2. Khoảng độ sụt của bê tông từ 1 - 2in (25 - 50mm) được đo ở những phần cốt liệu có kích thước < 1 $\frac{1}{2}$ in (37.5mm).
 3. Tỷ lệ W/C theo khối lượng cho phép tối đa là 0.50 để đảm bảo độ bền.
 4. Các tài liệu của dự án yêu cầu bê tông thi công ở nhiệt độ 65°F (18°C) hoặc thấp hơn.
 5. Loại bê tông này cần lượng không khí cuốn vào khoảng 1.5 - 5% khi được thí nghiệm trên các vật liệu có kích thước < 1 $\frac{1}{2}$ in (37.5mm).

6. Giả sử rằng độ lệch chuẩn là 500psi (3.45Mpa), xem xét trên tất cả các công trình có chất lượng tốt, 80% các thí nghiệm đều lớn hơn cường độ thiết kế. Cường độ nén trung bình yêu cầu không được thấp hơn 3400psi (23.4MPa) ở tuổi 28 ngày (90 ngày khi có pozzolan) tuân theo ACI 214-77.
7. Bê tông này sẽ bị chịu tác động của các điều kiện môi trường khắc nghiệt.
8. Vận tốc dòng nước chảy quanh bê tông không quá 40ft/sec (12m/s).
9. Các loại cốt liệu thỏa mãn các yêu cầu của dự án đều có sẵn.
10. Các chỉ tiêu kỹ thuật của dự án yêu cầu dùng xi măng portland loại II và cho phép dùng pozzolan.

A5.7.1 Bước 2 – Xác định các tính chất của vật liệu

1. Cốt liệu thô có kích thước hạt như sau:

Kích thước sàng	% khối lượng lọt qua từng sàng			
	No.4 đến $\frac{3}{4}$ in (4.75 - 19mm)	$\frac{3}{4}$ đến $1\frac{1}{2}$ in (19 - 37.5mm)	No.4 đến $\frac{3}{4}$ in (4.75 - 19mm)	3 đến 6 in. (75 - 150mm)
7 (175)				100
6 (150)				98
5 (125)				60
4 (100)			100	30
3 (75)			92	10
2 (50)		100	30	2
$1\frac{1}{2}$ (37.5)		94	6	
1 (25)	100	36	4	
$\frac{3}{4}$ (19)	92	4		
$\frac{3}{8}$ (9.5)	30	2		
No.4 (4.75)	2			

2. Khối lượng riêng của hạt (ở trạng thái sấy khô bề mặt) cốt liệu thô và cốt liệu mịn được xác định là:

Nhóm kích thước	Khối lượng riêng
6 đến 3 in (150 đến 75mm)	2.72

3 đến 1 ¹ / ₂ in (75 đến 37.5mm)	2.70
1 ¹ / ₂ đến ³ / ₄ in (37.5 đến 19mm)	2.70
³ / ₄ đến No.4 (19 đến 4.75mm)	2.68
Cốt liệu mịn	2.64

3. Độ hấp phụ nước của cốt liệu thô và cốt liệu mịn như sau:

Nhóm kích thước	Độ hấp phụ, %
6 đến 3 in (150 đến 75mm)	0.5
3 đến 1 ¹ / ₂ in (75 đến 37.5mm)	0.75
1 ¹ / ₂ đến ³ / ₄ in (37.5 đến 19mm)	1.0
³ / ₄ đến No.4 (19 đến 4.75mm)	2.0
Cốt liệu mịn	3.2

4. Cốt liệu thô là cốt liệu nghiền, cốt liệu mịn là cát tự nhiên.

5. Muduyen độ mịn của cốt liệu mịn là 2.80.

6. Khối lượng riêng của xi măng portland và pozzolan lần lượt là 3.15 và 2.45.

7. Các thí nghiệm và tính chất vật lý và hóa học của xi măng, pozzolan thay đổi tùy theo các chỉ tiêu kỹ thuật của dự án.

A5.7.3 *Bước 3* - Lựa chọn tỷ lệ W/C . Từ bảng A5.8 các điều kiện tác động của môi trường cho phép tỷ lệ W/C lớn nhất là 0.50 và bảng A5.7 đề xuất tỷ lệ W/C lớn nhất là 0.57 để đạt được cường độ thiết kế là 3400 psi (23.44 Mpa). Bởi vì các tác động của môi trường đòi hỏi tỷ lệ W/C thấp nên tỷ lệ W/C thiết kế là 0.48 hoặc ít hơn tỷ lệ W/C cho phép là 0.02 để cho phép điều chỉnh trên công trường.

Bởi vì tro bay pozzolan sẵn có và lượng sử dụng có hiệu quả kinh tế trong bê tông của dự án này là 25% theo thể tích phù hợp với bảng A5.1.

A5.7.4 *Bước 4* - Tính toán lượng nước sử dụng. Từ bảng 6.3.3 lượng nước sử dụng là 180 lb/yd³ (107 kg/m³) khi dùng cốt liệu thô là đá nghiền 6 in (150mm) và độ sụt từ 1 - 2 in (25 - 50mm).

A5.7.5 *Bước 5* - Lựa chọn hàm lượng không khí. Lượng không khí lựa chọn là 3.2% nằm trong giới hạn của bảng A5.6. Trong suốt quá trình tiếp theo sau khi tất cả các vật liệu thành phần được xác định, lượng không khí chính xác được tính theo phương trình A5.6.

A.5.7.6 *Bước 6* - Xác định lượng xi măng từ tỷ lệ W/C và lượng nước yêu cầu. Từ bước 3 có W/C = 0.48. Vì vậy lượng dùng xi măng trong tổng số lượng xi măng của hỗn hợp tính bằng

$$\frac{180}{0.48} = 375 \text{ lb/yd}^3 (222 \text{ kg/m}^3)$$

Phối hợp các cấp hạt

Kích thước mắt sàng, in. (mm)	Phần trăm lọt sàng của từng loại cốt liệu riêng rẽ				Thử nghiệm và lựa chọn sai số % của các nhóm kích thước và các cấp hạt				% lọt sàng của cấp hạt đã phối hợp	% lọt sàng của cấp hạt lý tưởng
	6-3 in. (150-75mm)	3-1 ¹ / ₂ in. (75-37.5mm)	1 ¹ / ₂ - ³ / ₄ in. (37.5-19mm)	³ / ₄ -sàng 4 (19-4.75mm)	6-3 in. (150-75mm)	3-1 ¹ / ₂ in. (75-37.5mm)	1 ¹ / ₂ - ³ / ₄ in. (37.5-19mm)	³ / ₄ -sàng 4 (19-4.75mm)		
7 (175)	100				45	25	15	15	100	
6 (150)	98				44	25	15	15	99	100
4 (100)	30	100			14	25	15	15	69	70
3 (75)	10	92			1	23	15	15	57	54
2 (50)	2	30	100			8	15	15	39	38
1 ¹ / ₂ (37.5)		6	94			2	14	15	31	28
1 (25)		4	36	100		1	5	15	21	21
³ / ₄ (19)			4	92			1	14	15	15
³ / ₈ (9.5)			2	30			0	5	5	5
No.4 (4.75)				2				0	0	0

A5.7.7 *Bước 7* - Xác định thể tích tuyệt đối của chất kết dính, nước, không khí trên 1 yd³ (1m³) bê tông. Như đã đề cập trong bảng A5.1 thể tích của pozzolan sử dụng là 25%. Dùng phương trình A5.6.7 (A, B, C) thể tích tuyệt đối của chất kết dính được tính như sau:

$$V_{C+P} = \frac{C_w}{G_c(62.4)} = \frac{375}{3.15(62.4)} = 1.91 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = \frac{222}{3.15(1000)} = 0.070 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$V_C = V_{C+P}(1 - F_V) = 1.91(1 - 0.25) = 1.43 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = 0.07(1 - 0.25) = 0.052 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$$

$$V_P = V_{C+P}(F_V) = 1.91(0.25) = 0.48 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = 0.07(0.25) = 0.018 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$$

$$V_w = \frac{180}{62.4} = 2.88 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = \frac{107}{1000} = 0.107 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$$

$$V_A = 0.032(27) = 0.86 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = 0.032(1.0) = 0.032 \text{ (m}^3/\text{m}^3\text{)}$$

A5.7.8 *Bước 8* - Cốt liệu mịn trong tự nhiên có modulus độ lớn là 2.80 và cốt liệu thô là đá nghiền có kích thước 6 in (152mm). Thể tích của cốt liệu thô được dùng trong mẻ trộn thí nghiệm là 78% xem bảng A5.5.

A5.7.9 *Bước 9* - Xác định thể tích tuyệt đối của cốt liệu thô và cốt liệu mịn.

$$27 - V_w - V_A - V_{C+P} = \text{thể tích tuyệt đối của cốt liệu thô / yd}^3 \text{ hoặc.}$$

$$(1.0 - V_{ww} - V_A - V_{C+P} = \text{thể tích tuyệt đối của cốt liệu thô/m}^3)$$

$$27 - 2.88 - 0.86 - 1.91 = 21.35 \text{ ft}^3/\text{yd}^3 \text{ hoặc } (0.79\text{m}^3/\text{m}^3)$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu thô} = 21.35(0.78) = 16.65 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = 0.79(0.78) = 0.62 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

$$\text{Thể tích của cốt liệu mịn} = 21.35(0.22) = 4.70 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$$

$$\text{hoặc} = 0.79(0.22) = 0.17 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

A5.7.10 *Bước 10* - Phối hợp các loại cốt liệu thô. Các cấp hạt của cốt liệu thô được phối hợp lại bằng các tính toán thực nghiệm. Kết quả % của từng loại cốt liệu như sau:

No.4 đến $\frac{3}{4}$ in (4.75 đến 19mm)	15%
$\frac{3}{4}$ đến $1\frac{1}{2}$ in (19 đến 75mm)	15%
$1\frac{1}{2}$ đến 3 in (75 đến 150mm)	25%
3 đến 6 in (150 đến 300mm)	45%

A5.7.11 *Bước 11* - chuyển đổi từ thể tích tuyệt đối sang khối lượng trong 1 đơn vị thể tích.

Vật liệu	Thể tích tuyệt đối x khối lượng riêng x 62.4	lb ³ /yd ³ (kg/m ³)
Xi măng portland	1.43(3.15)62.4	281 (167)
Pozzolan	0.48(2.45)62.4	73 (43)
Nước	2.88(1.00)62.4	180 (107)
Không khí	0.86	-
Cốt liệu mịn	4.70(2.64)62.4	774(459)S.S.D.*
Cốt liệu thô		
No.4 - 3/4 in (4.75 - 19mm)	16.65(0.15)(2.68)62.4	418(248)S.S.D.*
3/4 - 1 1/2 in (19 - 75mm)	16.65(0.15)(2.70)62.4	412(250)S.S.D.*
1 1/2 - 3 in (75 - 150mm)	16.65(0.25)(2.70)62.4	701(416)S.S.D.*
3 - 6 in (150 - 300mm)	16.65(0.45)(2.72)62.4	1272(755)S.S.D.*

* Khối lượng của cốt liệu trong điều kiện khô bề mặt.

A5.7.12 *Bước 12* - Kiểm tra lượng vữa và so sánh với bảng A5.6

$$\text{Lượng vữa} = V_C + V_P + V_w + V_s + V_A$$

$$= 1.43 + 0.48 + 2.28 + 4.7 + 0.86 = 10.35 \text{ ft}^3/\text{yd}^3 \quad (0.383 \text{ m}^3/\text{m}^3)$$

Từ bảng A5.6 ta có lượng vữa là $10.5 \text{ ft}^3/\text{yd}^3$ ($0.39 \text{ m}^3/\text{m}^3$) lệch giá trị thực tế là $\pm 0.2 \text{ ft}^3$ (0.01m^3).

A5.7.13 *Trộn thử* - Từ những thông tin ở mục trên, thể tích tuyệt đối và khối lượng trong 1 yd³ của từng loại vật liệu thành phần được tính như sau:

Vật liệu	Thể tích tuyệt đối ft ³ /yd ³ (m ³ /m ³)	Khối lượng lb ³ /yd ³ (kg/m ³)
Xi măng portland	1.43 (0.052)	281(167)
Pozzolan	0.48 (0.018)	73 (43)
Nước	2.88 (0.107)	180 (107)
Không khí	0.86 (0.032)	-
Cốt liệu mịn	4.70 (0.174)	774 (459)S.S.D.*
No.4 - 3/4 in (4.75 - 19mm)	2.50 (0.093)	418 (248)S.S.D.*
3/4 - 1 1/2 in (19 - 75mm)	2.50 (0.093)	421 (250)S.S.D.*
1 1/2 - 3 in (75 - 150mm)	4.16 (0.154)	701 (416)S.S.D.*

3 - 6 in (150 - 300mm)	7.49 (0.277)	1272 (755)S.S.D.*
Tổng	27.00 (1.000)	4120 (2444)

* Khối lượng của cốt liệu trong điều kiện khô bề mặt.

Các khối lượng trên cần được giảm theo tỷ lệ để thuận tiện cho việc thực hiện các mẻ trộn thí nghiệm. Chúng lần lượt tính toán theo đúng độ ẩm, độ sụt và lượng không khí cụ thể. Sau khi điều chỉnh, thực hiện các mẻ trộn để thí nghiệm kiểm tra cường độ và các tính chất theo mong muốn. Mục tham khảo số 2 sẽ cung cấp các hướng dẫn việc tính toán nhiệt thủy hóa sinh ra trong hỗn hợp thí nghiệm và xác định khi nào cần hoặc không cần các biện pháp để kiểm soát nhiệt độ.

A5.8. Tham khảo.

A5.1 Townsend, Charles L., "Control of Temperature Cracking in Mass Concrete," *Causes, Mechanism, and Control of Cracking in Concrete, SP-20*, American Concrete Institute, Detroit, 1968.

A5.2 ACI Committee 207, "Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete," *ACI Journal, Proceedings V. 70, No. 7, July 1973*. Also, *ACI Manual of Concrete Practice, Part 1*.

A5.3 Townsend, C. L., "Control of Cracking in Mass Concrete Structures," *Engineering Monograph No. 34*, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 1965.

A5.4 ACI Committee 207, "Mass Concrete for Dams and Other Massive Structures," *ACI Journal, Proceedings V. 67, No. 4, Apr. 1970*. Also, *ACI Manual of Concrete Practice, Part 1*.

A5.5 *Concrete Manual*, 8th Edition, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 1975.

A5.6 *Proportioning Concrete Mixes, SP-46*, American Concrete Institute, Detroit, 1974.

A5.7 Tynes, W. O., "Effect of Fineness of Continuously Graded Coarse Aggregate on Properties of Concrete," *Technical Report No. 6-819*, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Apr. 1968.

A5.8 ACI Committee 116, *Cement and Concrete Terminology*, 2nd Edition, SP-19(78), American Concrete Institute, Detroit, 1978.

A5.9 *Handbook for Concrete and Cement, CRD-C 3*, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, 1949 (with quarterly supplements).

- A5.10 "Standard Practice for Concrete," EM 1110-2-2000 Office, Chief of Engineers, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C., June 1974.
- A5.11 Hansen, Kenneth, "Cost of Mass Concrete in Dams," *Publication No. MS260W*, Portland Cement Association, Skokie.
- A5.12 Powers, Treval C., *The Properties of Fresh Concrete*, John Wiley and Sons, New York, 1968.
- A5.13 ACI Committee 207, "Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete," (ACI 207.4R-80) *Concrete International--Design and Construction*, V.2, No. 5, May 1980.