

PTS. TS. PHẠM DUY HỮU

T LIỆU XÂY DỰNG MỚI

(TÁI BẢN LẦN THỨ 1 CÓ SỬA CHỮA, BỔ SUNG)



Vt 398/2007



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

PGS. TS. PHẠM DUY HỮU

VẬT LIỆU XÂY DỰNG MỚI

(Tái bản lần thứ nhất, có sửa chữa, bổ sung)

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
HÀ NỘI - 2005

LỜI TÁC GIẢ

Hiện nay xu thế trên thế giới và ở Việt Nam là ngày càng nâng cao chất lượng vật liệu, chất lượng công trình xây dựng nhất là các công trình cầu đường.

Cuốn sách này phân nào cung cấp cho độc giả các kiến thức hiện đại về bê tông xi măng, bê tông cường độ cao, bê tông át phan và vật liệu Polime. Các lý thuyết và các tiêu chuẩn mới cũng được trình bày trong cuốn sách này. Lần tái bản này có bổ sung thêm các kết quả nghiên cứu về bê tông năm 2003-2005.

Sách được dùng làm tài liệu học tập chính cho học viên cao học ngành Xây dựng Công trình Giao thông, ngoài ra còn là tài liệu tham khảo cho các cán bộ nghiên cứu và kỹ sư.

Do thời gian và trình độ có hạn, chắc chắn cuốn sách còn có những thiếu sót.

Tác giả mong nhận được những ý kiến đóng góp của các độc giả và đồng nghiệp để lần tái bản sau được hoàn thiện hơn.

PGS.TS. PHẠM DUY HỮU

CHƯƠNG 1

CÁC YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI BÊ TÔNG XI MĂNG POỐC LĂNG

1.1. Khái quát

Bê tông xi măng poóc lăng có thành phần là xi măng poóc lăng, cốt liệu nhỏ, cốt liệu thô, các chất phụ gia và nước. Thành phần bê tông được chế tạo theo yêu cầu về cường độ, tính công tác theo yêu cầu riêng, đặc tính kết cấu... tiêu chuẩn về vật liệu công trình.

Bê tông xi măng poóc lăng theo TCVN và ACI được phân loại theo cường độ nén ở 28 ngày. Tính công tác của bê tông phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật hoặc trong các quy định đặc biệt. Bê tông cổ điển có cường độ từ 10 - 20MPa. Bê tông thường có cường độ nén từ 20 - 50MPa, còn bê tông chất lượng cao và rất cao có cường độ nén từ 50 - 200MPa. Trong các trường hợp đặc biệt có thể yêu cầu tuổi 3, 7, 56 ngày. Bê tông có ba trạng thái (ướt, mềm, cứng rắn) và ở từng trạng thái có những yêu cầu riêng.

1.2. Vật liệu

Để có bê tông đảm bảo yêu cầu chất lượng vật liệu phải được chú ý đầu tiên. Yêu cầu về vật liệu được quy định cho từng vật liệu chế tạo bê tông với yêu cầu về kết cấu và công nghệ chế tạo bê tông thích hợp.

1.2.1. Xi măng Poóc lăng

Xi măng poóc lăng phải phù hợp với yêu cầu tiêu chuẩn quốc gia hoặc theo các tiêu chuẩn quốc tế khác. Cường độ chịu nén theo ngày, cường độ chịu kéo, thành phần khoáng vật, thời gian ninh kết, tính ổn định thể tích và độ bền là những yêu cầu chính.

Loại xi măng đặc biệt phù hợp với các yêu cầu trong các quy định đặc biệt. Nếu không có yêu cầu nào được nêu trong các quy định đặc biệt xi măng phải phù hợp với yêu cầu của AASHTO M85 loại I hoặc loại II hoặc TCVN.

Mác xi măng thường được xác định theo cường độ nén (xem bảng 1.1).

Bảng 1.1. Tổng hợp về các loại xi măng trên thế giới

Nước	Số hiệu	Phương pháp thử				Cường độ chịu nén MPa			
		Vật liệu	Kích thước, mm	Tạo mẫu	N/X	1	3	7	28
Đức	30	X/C=1/3	40x40x160 (25cm ³)	Rung	0,5	-	12	-	30
	35					15	35		
	40					20	40		
	45					25	45		
	50					25	50		
	55					25	55		
Trung Quốc	275	1/2.5	40x40x160 (25cm ³)	-	0,44	-	-	16	28
	325	-		-	-	-	12	19	33
	425	-		-	-	-	16	25	43
	525	-		-	-	-	21	32	53
	625	-		-	-	-	27	41	63
	725	-		-	-	-	36	-	73
Nga	4	1/3	40x40x160		0,4	-	-	-	40
	00								50
	500								55
	550								60
	600								
Anh	OPC	1/3	70.6	chấn động 12000 ±400,2'	0.4	-	23	-	42
	OPC	bê tông 1/2.5/3.5	101.6	đầm	0.6	-	13	-	30
Mỹ	OPC Type 1	1/2.75	50	đầm	0.485	-	13	20	29
Việt Nam	PC 30	1/3	40x40x160	chấn động	0.4				30
	PC 40								40
	PC 50								50

Tất cả xi măng dùng trong việc chế tạo bê tông đúc tại chỗ đối với các bề mặt của các bộ phận giống nhau của một kết cấu phải dùng một loại.

Người kỹ sư phải xác định các tỷ lệ hỗn hợp trên cơ sở các thử nghiệm thực hiện với các vật liệu được sử dụng trong công trình. Các tỷ lệ phải đảm bảo để sản xuất bê tông với hàm lượng xi măng nằm trong dung sai $\pm 2,5\%$ đối với các loại bê tông đang sản xuất. Lượng xi măng dùng phải lớn hơn lượng xi măng tối thiểu và nhỏ hơn lượng xi măng tối đa do tiêu chuẩn quy định để sản xuất được bê tông có độ dẻo và tính dễ gia công quy định mà không vượt hàm lượng nước tối đa. Lượng xi măng tối thiểu là 300kg/m^3 . Lượng xi măng tối đa là 525kg/cm^3 bê tông.

Hàm lượng xi măng, hàm lượng nước, cỡ cốt liệu thô, độ sụt và trọng lượng gấn đúng của cốt liệu nhỏ và thô đối với mỗi loại bê tông phải theo chỉ dẫn.

1.2.2. Cốt liệu

Khối lượng cốt liệu nhỏ và thô được xác định trong thiết kế và dựa trên các phương pháp tính và thí nghiệm quy định. Nên sử dụng thể tích cốt liệu lớn nhất có thể và đường kính cốt liệu thô nhỏ nhất có thể.

Các khối lượng tương đối của cốt liệu nhỏ và thô được tính với đơn vị xi măng dựa trên việc sử dụng cát thiên nhiên có mô đun độ mịn trong phạm vi 2,6 – 3,2, và các phương pháp đổ bê tông không cần đến tần số chấn động cao.

Khi dùng cát có cỡ hạt thô, lượng tương đối cốt liệu nhỏ phải tăng lên. Đối với cát mịn hơn, lượng tương đối cốt liệu nhỏ phải giảm.

Khối lượng cốt liệu được tính bằng kilôgam hàm lượng xi măng và số lít nước quy định cần thiết cho mỗi loại bê tông. Các tỷ lệ này không được thay đổi trong khi tiến hành dự án xây dựng.

Khối lượng theo mẻ của các cốt liệu đã được thiết kế cần được hiệu chỉnh khối lượng với độ ẩm thực tế.

Khi định lượng cốt liệu đối với các kết cấu có khối lượng bê tông không lớn (15m^3) nếu không thể đạt được tính dễ đổ và dễ gia công mong muốn có thể thay đổi khối lượng cốt liệu hoặc dùng phụ gia nhưng không có trường hợp nào hàm lượng xi măng chỉ định ban đầu bị thay đổi.

1.2.3. Nước

Trong công tác bê tông cốt thép thường, nước để bảo dưỡng, để rửa cốt liệu và để trộn không được có dầu và không được chứa quá 1g/lít clorit như Cl, cũng không chứa quá $1,3\text{g/lít}$ sunphát như SO_4 .

Ngoài các yêu cầu trên, nước để bảo dưỡng bê tông không được chứa các tạp chất với lượng đủ để làm mất màu bê tông hoặc ăn mòn bề mặt.

1.2.4. Phụ gia

Hiện nay thường dùng phụ gia tăng dẻo, phụ gia giảm nước và làm chậm rắn chắc đối với bê tông xi măng Poóc lăng, bê tông ứng suất trước, các kết cấu đúc sẵn và ống bê tông cốt thép. Lượng phụ gia sử dụng phải phù hợp với liều lượng do nhà sản xuất quy định, với sự chấp thuận của người kỹ sư. Lượng phụ gia sử dụng phải trong phạm vi 0,15 tới 0,25% tổng lượng xi măng cho một mẻ đơn vị của bê tông trộn và cho phép giảm hàm lượng xi măng tới tối đa 10% của lượng quy định với các yêu cầu cường độ nén.

Các phụ gia hoá chất, khi sử dụng phải phù hợp với các yêu cầu của AASHTO M194.

Không được dùng các hoá chất phụ gia đặc biệt để thay xi măng, các phụ gia chứa clorit như Cl quá 1% theo trọng lượng không được sử dụng trong bê tông ứng suất trước và bê tông cốt thép. Nếu dùng phụ gia để hút không khí, để giảm tỷ lệ nước - xi măng, để làm chậm hoặc làm tăng nhanh thời gian đông cứng, hoặc để tăng nhanh sự phát triển cường độ chúng phải được sử dụng với tỷ lệ liều lượng do nhà sản xuất khuyến cáo theo quy định trong các quy định đặc biệt theo chỉ dẫn của người kỹ sư.

Liều lượng các phụ gia phải được cân đong chính xác cho từng mẻ bê tông bằng các phương pháp được chấp thuận.

Trừ khi có quy định khác đối với chất hút không khí, các mẫu phụ gia kiến nghị sử dụng phải do Nhà thầu nộp cho người kỹ sư trước về ý đồ sử dụng và làm thử nghiệm xác định sự phù hợp với các tính chất cần có. Các phụ gia chưa qua thử nghiệm không được sử dụng.

Mỗi loại phụ gia bất kỳ đều phải ổn định về tính chất trong toàn bộ quá trình sử dụng nó vào công trình. Nếu thấy rằng chất phụ gia cung cấp không ổn định về tính chất phải ngừng ngay việc sử dụng.

Phụ gia pha chế ở dạng lỏng, phụ gia lỏng phải có đủ khả năng để đổ một lần toàn bộ khối lượng cần thiết cho một mẻ trộn. Phụ gia lỏng được cho vào nước trước khi đổ vào một mẻ trộn. Nếu dùng nhiều hơn một loại phụ gia lỏng, mỗi loại phải được pha chế bằng thiết bị riêng để chúng không chịu ảnh hưởng lẫn nhau.

Chất hút không khí: Chất hút không khí cần phù hợp với các quy định của ASTM C260.

Chất giảm nước: Khi sử dụng các chất giảm nước liều lượng cho phép của chất phụ gia không vượt quá liều lượng dẫn đến sự co ngót trong bê tông khi khô quá 20% khi được dùng trong bê tông ứng suất trước đúc sẵn; 10% khi dùng trong bê tông ứng suất trước đổ tại chỗ; 10% khi dùng trong bê tông mặt đường không có cốt thép.

Chất giảm nước phải làm giảm yêu cầu về nước của bê tông đã cho ít nhất 7% khi dùng với liều lượng tối đa mà nhà sản xuất khuyến cáo. Không được dùng chất làm chậm đông cứng với liều lượng lớn các lượng mà nhà sản xuất khuyến cáo, cũng không nhiều hơn mà liều lượng để đạt được việc làm chậm mong muốn. Cường độ của bê tông chứa chất phụ gia với lượng do người kỹ sư chỉ định ở tuổi 48 giờ và lâu hơn không được nhỏ hơn cường độ của bê tông tương tự không có chất phụ gia. Phụ gia không được ảnh hưởng có hại đến hàm lượng không khí trong bê tông.

1.3. Yêu cầu bê tông trong giai đoạn đông cứng

1.3.1. Yêu cầu về cường độ nén

Yêu cầu về cường độ nén là yêu cầu quan trọng và tối thiểu đối với bê tông ở trạng thái cứng rắn. Cường độ bê tông phụ thuộc vào lượng nước, công nghệ chế tạo bê tông, thành phần và chất lượng thi công bê tông.

Khi chất lượng bê tông được chỉ định bằng cường độ nén, cần xác định chất lượng bằng cách thử các mẻ thử đối với các vật liệu đã được thiết kế chính xác với các thiết bị trộn và các phương thức thi công dự định cho dự án. Việc đổ bê tông có cường độ quy định không được bắt đầu cho tới nhà thầu sản xuất một mẻ thử theo thiết kế hỗn hợp được sử dụng và phù hợp với các yêu cầu về cường độ mẻ thử. Cường độ bê tông có thể xác định trên mẫu hình trụ hoặc hình lập phương có kích thước 15cm. Cường độ nén trung bình của ba mẫu thử bê tông đúc liên tiếp, phải bằng hoặc lớn hơn cường độ nén quy định ở tuổi 28 ngày hoặc ở tuổi quy định cụ thể là 3, 7, 14 hoặc 90 ngày không có quá một trong mẫu thử có cường độ nhỏ hơn cường độ quy định và mẫu thử đó phải có cường độ ít nhất bằng 90% cường độ quy định thử nghiệm theo AASHTO hoặc theo tiêu chuẩn quốc gia.

Với mẻ vật liệu thử yêu cầu thiết bị trộn, phương thức và kích cỡ của vật liệu phải giống như khi sử dụng trên công trình.

Cường độ bê tông dùng cho công trình sẽ được xác định từ các thử nghiệm trên các mẫu thử. Một thử nghiệm cường độ phải gồm có cường độ trung bình tối thiểu 3 mẫu thử, chế tạo từ vật liệu lấy từ một khối duy nhất của bê tông. Khi một mẫu thử nào đó cho thấy rõ việc lấy mẫu hoặc thử nghiệm không đúng đắn, mẫu thử đó phải loại bỏ và thử nghiệm cường độ phải lấy cường độ của các mẫu còn lại.

Các mẫu bê tông thử nghiệm được bảo dưỡng tại địa điểm làm việc ít nhất trong một ngày và sau đó mang đến điểm thử khi các mẫu đó đã được bảo dưỡng theo độ ẩm tiêu chuẩn cho tới thời gian thử nghiệm.

Trong các trường hợp cần thêm số liệu có thể sử dụng phương pháp không phá hoại mẫu.

1.3.2. Yêu cầu về biến dạng

Bê tông cần có mô đun đàn hồi thích hợp và biến dạng do từ biến và co ngót phù hợp với kết cấu.

1.4. Yêu cầu đối với bê tông ở trạng thái ướt

Sau khi nhào trộn bê tông ở trạng thái ướt cần có dẻo nhất định để đảm bảo việc vận chuyển. Bê tông ướt cần đảm bảo độ đồng nhất không phân tầng và phân ly. Độ dẻo, không phân ly và phân tầng là những chỉ tiêu chất lượng chính đảm bảo việc đổ khuôn, đầm chắc bê tông dễ dàng nhất mà vẫn tạo ra được bê tông có độ chặt cần thiết. Do yêu cầu có thể sử dụng các loại phụ gia để điều chỉnh độ sụt và thời gian giữ độ sụt, thời gian rắn chắc, ninh kết.

Độ dẻo của bê tông được xác định bằng côn Abram với bê tông dẻo và bằng dụng cụ đo độ cứng với bê tông cứng (độ sụt ≈ 0 cm) với bê tông cứng, độ dẻo bê tông được xác định bằng thời gian để có thể đầm chắc bê tông tính bằng giây. Độ dẻo của bê tông cứng khoảng 60 - 120 giây (bê tông siêu cứng đầm chắc bằng lu chấn động dùng trong xây dựng đường).

Bê tông dẻo hoặc siêu dẻo thường có độ sụt, được thử theo côn Abram biến đổi từ 4 - 10 cm và 10 - 20 cm.

Các loại bê tông dẻo và siêu dẻo thường có tỷ lệ $N/X = 0,3 - 0,4$ và có sử dụng phụ gia dẻo hoặc siêu dẻo, trong trường hợp đặc biệt có thể dùng N/X đến 0,25. Độ sụt thường từ 8 - 20cm. Với bê tông tự đầm cần xác định độ chảy sụt ($D \geq 80$ cm) và thời gian chảy trong dụng cụ thí nghiệm.

Yêu cầu sau khi trộn xong bê tông phải có độ dẻo phù hợp với yêu cầu về độ dẻo và phải giữ được độ dẻo trong thời gian từ 30 - 60 phút. Mức độ giảm độ dẻo trong thời gian trên không nên quá 10%. Ở trạng thái ướt bê tông cần giữ nước, tốc độ bay hơi chậm để tránh gây nứt ở trạng thái ướt.

Đảm bảo được các yêu cầu trên là rất khó khăn và phải được kiểm tra thường xuyên trong quá trình chế tạo bê tông. Đảm bảo các yêu cầu trên chắc chắn sẽ tạo ra bê tông có chất lượng cao.

1.5. Yêu cầu đối với bê tông ở trạng thái mềm

Bê tông cần tránh bị tác động cơ học gây nứt. Ở trạng thái này cần bảo dưỡng chặt chẽ để phát triển cường độ, tránh co ngót lớn gây nứt (do mất nước).

1.6. Các yêu cầu khác

Ngoài bốn yêu cầu trên bê tông đặc biệt phải thoả mãn các yêu cầu đặc biệt. Với bê tông làm cầu, tùy theo công nghệ có thể yêu cầu cường độ bê tông đảm bảo ở

tuổi 3, 7, 14, 28 hoặc 56 ngày. Bê tông cho cầu lớn thường yêu cầu có cường độ cao ở tuổi sớm (3, 7 ngày).

Bê tông trong các công trình thủy công thường yêu cầu độ chống thấm cao. Bê tông ở các khu vực nối ghép cầu không co ngót hoặc nở khi rắn chắc. Bê tông ở những kết cấu quá nhiều cốt thép hoặc kết cấu có nhiều góc cạnh không có khả năng đảm bảo chắc chắn có tính tự đặc lại (gọi là bê tông tự đầm).

1.7. Yêu cầu về điều kiện bảo dưỡng bê tông

Việc bảo dưỡng bê tông nhằm tạo ra môi trường để bê tông phát triển cường độ và phải tuân theo các quy định chặt chẽ.

Tất cả bê tông mới đúc đều phải bảo dưỡng. Phương pháp (hoặc các phương pháp) bảo dưỡng phải tuân theo yêu cầu của tiêu chuẩn hoặc bản quy định riêng.

Phương pháp nước: Bê tông phải giữ liên tục ẩm ướt bằng cách tưới nước trong một thời gian tối thiểu là 7 ngày sau khi bê tông đã được đúc. Có thể sử dụng bông, giẻ, thảm hoặc cát ẩm phủ lên làm một môi trường bảo dưỡng để giữ ẩm trong thời gian bảo dưỡng.

Khi sử dụng bông, giẻ, thảm hoặc cát phủ lên để giữ độ ẩm bằng cách tưới nước với một vòi nước tạo ra một lớp sương chứ không thành tia nước cho tới khi bề mặt bê tông được phủ bằng môi trường bảo dưỡng. Độ ẩm từ vòi phun không được đưa trực tiếp bằng áp lực vào bê tông và không được phép tích tụ trên bề mặt bê tông với khối lượng lớn để tạo ra một dòng hoặc tràn trên bề mặt. Cuối thời kỳ bảo dưỡng các bề mặt bê tông phải làm sạch mọi thứ.

Phương pháp dùng hợp chất bảo dưỡng màu: Toàn bộ bề mặt bê tông phải được phun đồng đều với một hợp chất bảo dưỡng màu. Nếu màng hợp chất bị hư hại vì bất kỳ lý do gì trước khi hết hạn 7 ngày sau khi đúc bê tông trong trường hợp các kết cấu 72 giờ. Trong trường hợp bề mặt cốt thép bị hư hại phải được sửa chữa ngay bằng cách thêm hợp chất bảo dưỡng.

Hợp chất bảo dưỡng màu hoặc trắng phù hợp với các quy định của AASHTO hoặc theo tiêu chuẩn quốc gia.

Hợp chất bảo dưỡng phải rải lên các bề mặt bê tông với mức độ 1lít/1m².

Phương pháp màng bảo dưỡng chống thấm: Bề mặt bê tông lộ ra khi hoàn thiện phải được phun nước, dùng một vòi phun mù tạo thành một lớp sương chứ không phải thành tia, cho tới khi bê tông đã đông cứng, sau đó phủ màng bảo dưỡng.

Màng bảo dưỡng phải giữ tại chỗ trong một thời gian không ít hơn 72 giờ.

Giấy chống nước phải giữ phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của AASHTO

M139. Các tấm dẻo (polietilen) phải phù hợp với các quy định của AASHTO M171.

Giấy chống thấm nước hoặc màng dẻo phải làm thành từng tấm có bề rộng đủ để phủ toàn bộ bề mặt bê tông.

Tất cả các khe nối của các tấm phải gắn kín với nhau bằng xi măng sao cho khe nối không thấm nước. Khe nối phải phủ lên nhau ít nhất 10cm.

CHƯƠNG 2

CẤU TRÚC VÀ CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG XI MĂNG

Cường độ bê tông phụ thuộc vào độ đặc của bê tông. Nâng cao trình độ công nghệ, lựa chọn hợp lý thành phần bê tông sẽ có cấu trúc hợp lý, độ đặc và cường độ bê tông cao. Như vậy giữa cấu trúc và cường độ bê tông có mối liên hệ chặt chẽ. Cải tiến cấu trúc sẽ dẫn đến những biến đổi về cường độ bê tông.

2.1. Cấu trúc vi mô của bê tông

Hỗn hợp bê tông là hỗn hợp chứa các thành phần chủ yếu: xi măng, nước, cát, cốt liệu lớn (đá, sỏi). Ngày nay khi đa số bê tông đều có sự tham gia của phụ gia thì phụ gia trở thành thành phần quan trọng trong hỗn hợp bê tông hiện đại có tác động đến cấu trúc vi mô của hỗn hợp bê tông. Khi nhào trộn các thành phần khoáng vật của xi măng với nhau sẽ xảy ra phản ứng thủy hoá các chất cấu thành nên xi măng (thành phần chính C_3S_2 , C_2S , C_3AF , C_3A) tạo nên các chất ngậm nước (C_2SnH_2O , CSH , $C_3AF.n_2H_2O$, CFH , $C_3A.n_3H_2O$, CAH và $Ca(OH)_2$) và trở thành hỗn hợp chất kết dính gốc trong hỗn hợp bê tông. Dung dịch dính liên kết các cốt liệu nhỏ (cát) tạo nên dung dịch hồ kết dính vữa xi măng (đây là chất kết dính thứ cấp). Cuối cùng dung dịch hồ kết dính vữa xi măng bị chui vào kẽ hở của các hạt cốt liệu này và chúng tạo ra cấu trúc hỗn hợp bê tông hoàn chỉnh. Tóm lại có thể phân cấu trúc hỗn hợp bê tông thành các cấu trúc con:

- Cấu trúc xương của cốt liệu lớn.

- Cấu trúc vi mô của hồ kết dính vữa xi măng (như là môi trường liên kết các hạt cốt liệu lớn trong cấu trúc bộ xương khung).

- Cấu trúc tiếp giáp giữa hồ xi măng và bề mặt cốt liệu lớn (vùng tiếp giáp cốt liệu): với khung xương cốt liệu lớn được biểu hiện qua lực dính vữa xi măng lên bề mặt các hạt cốt liệu lớn (và lực dính này chỉ hình thành khi kết thúc quá trình ninh kết và hỗn hợp bê tông có cấu trúc ổn định và mất hoàn toàn tính dẻo). Vùng tiếp giáp này tồn tại các lỗ rỗng do nước tách ra để lại và là vùng yếu nhất trong cấu trúc bê tông. Tại đây có thể xuất hiện các vết nứt và các vùng ứng suất cục bộ đầu tiên trong bê tông khi chịu lực và chịu tác động của các yếu tố môi trường.

2.1.1. Cấu trúc cốt liệu lớn

Cấu trúc cốt liệu lớn tạo nên khung chịu lực phụ thuộc cường độ bản thân cốt

liệu lớn, tính chất cấu trúc (diện tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu) và cường độ liên kết giữa các hạt. Tuy nhiên, thường cường độ bản thân của cốt liệu lớn là cao nên ta loại ra khỏi diện yếu tố ảnh hưởng. Trong việc chế tạo hỗn hợp bê tông người ta luôn mong muốn xây dựng một mô hình hỗn hợp bê tông trong đó các hạt cốt liệu lớn tiếp xúc nhiều chiều với nhau và có hồ kết dính vữa xi măng liên kết giữa chúng. Xây dựng mô hình này nhằm đưa cấu trúc cốt liệu lớn trở thành cấu trúc chính, quyết định tính chất cấu trúc vi mô của bê tông và quyết định tính chất chịu lực hỗn hợp của bê tông. Lúc này cấu trúc của vữa xi măng chuyển xuống thứ yếu và chỉ có tính chất liên kết. Về mặt chịu lực đó vữa xi măng chỉ chịu lực tương tác do liên kết giữa các hạt cốt liệu lớn trong bộ khung mà không chịu lực nội tạng trong lòng nó. Cách xây dựng mô hình cấu trúc bê tông như vậy có khả năng tạo ra bê tông mác rất cao và giảm được những tác động vô cùng phức tạp của cấu trúc hồ kết dính vữa xi măng với tính chất cấu trúc vi mô của bê tông. Tuy nhiên, mô hình đưa ra này chỉ thuần túy lý thuyết mà rất khó hay không có khả năng tạo được trên thực tế nhưng nó đưa ra nguyên tắc cho tất cả các công nghệ bê tông là tăng độ mạnh của cấu trúc bộ xương khung cốt liệu trên cơ sở:

- + Tăng diện tiếp xúc giữa các hạt cốt liệu lớn (giữa hai hạt với nhau và của các hạt xung quanh một hạt).

- + Không gian hở trong bộ khung xương là nhỏ nhất.

- + Chiều dày của liên kết hồ xi măng với các hạt cốt liệu là hiệu quả (chỉ nhằm mục đích liên kết).

Vậy các yếu tố ảnh hưởng cơ bản tới cấu trúc bê tông là cốt liệu (kích thước, tính chất bề mặt), phương pháp thiết kế thành phần bê tông (cấp phối), đặc tính kỹ thuật của cốt liệu, kỹ thuật tác động cơ học, ngoài ra có một yếu tố quan trọng đó là tính linh động của dung dịch hồ vữa xi măng (khi dung dịch vữa xi măng càng linh động dẻo thì cấu trúc cốt liệu lớn càng mạnh). Nhưng toàn bộ tính chất phức tạp trong cấu trúc vi mô của bê tông lại nằm ở liên kết giữa vữa xi măng với các hạt cốt liệu.

2.1.2. Cấu trúc vi mô của đá xi măng

Các hạt xi măng khi thủy hoá bao quanh các hạt là lớp nước và quá trình thủy hoá thực hiện dần từ ngoài hạt vào bên trong ngay tức khắc tạo lớp màng kết dính bao quanh hạt xi măng mà bản chất là liên kết ion giữa phân tử hỗn hợp xi măng và phân tử nước, lớp màng này dày theo thời gian thủy hoá và ngoài nó là lớp nước tự do. Tuy nhiên, lớp màng liên kết này lại cản trở sự thâm nhập của nước và cùng với thời gian tính linh động của các phân tử nước và xi măng giảm dần do vậy làm giảm dần tốc độ thủy hoá. Lớp liên kết hạt xi măng - nước dày dần cùng với nó lớp nước tự do bao ngoài hạt xi măng mỏng dần, thêm vào đó sự linh động của các hạt

xi măng phân do màng nước gây tính nhớt cho các hạt (có thể tính nhớt này được bổ sung do tác động của phụ gia) phân do tác động của việc trộn hay tác động cơ học có điều kiện gần nhau dần dần hình thành liên kết và xoá bỏ ranh giới giữa các hạt xi măng. Màng liên kết xi măng nước bao quanh các hạt cốt liệu nhỏ và kéo chúng vào hình thành cấu trúc hồ kết dính vữa xi măng. Có thể mô tả tóm tắt cấu trúc vi mô của vữa xi măng trong hỗn hợp bê tông như sau:

Các hạt xi măng liên kết với nước (loại liên kết ion) tạo nên lớp dính (bao quanh hạt và dày theo tiến trình thuỷ hoá) làm cơ sở để liên kết các hạt xi măng với nhau (liên kết cơ học) xoá bỏ ranh giới các hạt và đồng thời chúng còn liên kết cơ học với cốt liệu nhỏ (cát) tạo nên cấu trúc con vữa xi măng liên kết cấu kết dần và tạo nên cấu trúc ổn định có tính chất cơ lý. Nhưng phản ứng thuỷ hoá vẫn tiếp tục xảy ra, do vậy trong cấu trúc vẫn tồn tại bộ phận lõi hạt là khối xi măng khan và không gian, giữa các hạt xi măng liên kết là khoảng rỗng có chứa nước.

Các yếu tố tham gia vào cấu trúc:

+ *Vai trò của hạt cát:* Mới nhìn có thể nghĩ sự tham gia của hạt cát là thừa, nhưng nó lại có vai trò hết sức quan trọng trong phần tăng cường ổn định không gian của các hạt xi măng liên kết, nó có tác dụng như chất hoạt tính tăng cường sự linh động của các hạt xi măng và phân tử nước kích thích quá trình thuỷ hoá, đồng thời dưới tác động của cơ học và sự linh động của bản thân trong dung dịch huyền phù (giai đoạn nước liên kết keo giữa các hạt xi măng) làm giảm bớt sự cản trở của màng liên kết xi măng nước tạo cho sự thâm nhập của phân tử nước vào bên trong hạt để thuỷ hoá tiếp. Do đó tác dụng cuối cùng là giảm lượng lỗ rỗng trong cấu trúc, tăng độ bền, khả năng chịu lực của cấu trúc.

+ *Các hạt xi măng thuỷ hoá:* Tuy rằng lực dính kết các hạt xi măng tùy thuộc phần lớn vào loại xi măng (hàm lượng các thành phần trong xi măng), nhưng mức độ linh động của các hạt xi măng - nước phá vỡ thế cân bằng tạm thời làm cho các hạt xít nhau hơn tạo nên thế cân bằng ổn định hơn và giảm các lỗ rỗng, lực dính các hạt cũng cao hơn. Thời điểm và khoảng thời gian tác động cơ học có ảnh hưởng tới lực dính này. Ngoài ra tốc độ, mức độ phản ứng thuỷ hoá ảnh hưởng tới hàm lượng hạt xi măng được thuỷ hoá, mong muốn hết thời gian bảo dưỡng bê tông hoặc thời gian bắt đầu chịu lực thì hàm lượng xi măng trong lõi hạt xi măng chưa được thuỷ hoá là nhỏ nhất. Đây cũng là một yếu tố để tăng cường độ của đá xi măng.

Một số đặc điểm của phản ứng thuỷ hoá hạt xi măng:

- Là loại phản ứng chậm dần và kéo dài rất lâu. Một số lý thuyết còn nêu rằng đây là loại phản ứng rất khó kết thúc (điều này lý giải phần nào cường độ của bê

tông tăng dần theo thời gian tất nhiên là không xét tới ảnh hưởng của môi trường, điều kiện chịu lực).

- Thông thường theo thí nghiệm thấy rằng hàm lượng xi măng chưa thuỷ hoá sau 28 ngày khoảng dưới 20% hàm lượng toàn bộ hạt.

- Đây là loại phản ứng có sinh nhiệt lượng (chủ yếu là do thành phần C_3A , C_3S thuỷ hoá sinh ra). Nếu bỏ qua tác động của bên ngoài tổng lượng nhiệt phụ thuộc vào loại xi măng và lượng xi măng.

Tốc độ và mức độ của phản ứng thuỷ hoá phụ thuộc vào yếu tố sau: độ mịn của hạt xi măng, nhiệt độ nội tại trong hỗn hợp, tác động cơ học (tuy nhiên nếu thời gian đầm mà lớn lại giảm tốc độ thuỷ hoá), phụ gia tác động, tốc độ tạo nhiệt.

+ *Các lỗ rỗng trong cấu trúc*: Lỗ rỗng luôn tồn tại trong cấu trúc vữa xi măng và ảnh hưởng rất lớn tới tính bền của cấu trúc này. Phải tìm cách giảm tối đa hàm lượng lỗ rỗng. Nguyên nhân tạo ra lỗ rỗng:

- Do tính không thể xít được của các hạt xi măng khi liên kết.
- Do lượng nước tự do (lượng còn lại sau phản ứng thuỷ hoá và lượng nước tự do này thường chiếm 10 - 20 % tổng lượng nước sử dụng, tùy theo loại bê tông).

- Do hàm lượng bọt khí tạo ra trong quá trình trộn.

Như vậy nguyên tắc giảm độ rỗng (tăng độ chặt) là:

- Giảm tối đa có thể lượng nước không cần cho thuỷ hoá.
- Tạo độ linh động cho các hạt xi măng khi thuỷ hoá.
- Tác dụng cơ học hợp lý để giảm trở lực của liên kết xi măng nước lúc đầu giúp các hạt xít nhau hơn. Lỗ rỗng được tồn tại dưới hai dạng. Lỗ rỗng trong khoảng không giữa các hạt và lỗ rỗng tồn tại dưới dạng các màng lưới mao dẫn.

Tính chất cấu trúc vữa - xi măng được biểu hiện qua liên kết giữa các hạt xi măng và hàm lượng hạt xi măng được thuỷ hoá. Lỗ rỗng trong cấu trúc là luôn luôn tồn tại ngay cả khi lượng nước sử dụng là tối thiểu (chỉ cần cho thuỷ hoá toàn bộ lượng xi măng), lượng lỗ rỗng này sẽ tăng một cách tự nhiên theo mức độ tăng hàm lượng nước ngoài thuỷ hoá và sự tăng hàm lượng xi măng cũng như kích thích hạt xi măng.

Cấu trúc vi mô của vữa xi măng đóng vai trò quan trọng trong tạo lập cấu trúc bê tông và trong bê tông cường độ cao tác động của nó với tính chất cấu trúc bê tông còn hơn cả tác động của cấu trúc cốt liệu lớn.

Muốn tăng độ mạnh của cấu trúc này phải tăng độ linh động của bản thân các hạt xi măng, tác động cơ học hợp lý để tăng khả năng xếp xít của các hạt xi măng

làm giảm hàm lượng lỗ rỗng tự nhiên. Giảm tối đa lượng nước thừa không cần cho thuỷ hoá cho toàn bộ xi măng, giảm lượng bọt khí tạo thành, kích thích phản ứng thuỷ hoá sao cho hàm lượng lõi xi măng khan của hạt là ít nhất khi hết giai đoạn bảo dưỡng.

2.1.3. Cấu trúc vùng tiếp giáp giữa hồ xi măng và cốt liệu

Ở vùng tiếp giáp giữa vữa xi măng và cốt liệu tồn tại các lớp vữa xi măng áp sát bề mặt cốt liệu, các vùng chứa nước do sự tách nước bên trong của vữa xi măng, các lỗ rỗng do nước bốc hơi và các hạt CaO tự do còn lại.

Ở vùng này tồn tại lực dính giữa đá xi măng và cốt liệu. Cấu trúc tốt nhất ở vùng tiếp giáp tạo ra lực dính kết là tối đa và có lỗ rỗng là tối thiểu. Sự thay đổi độ ẩm ở vùng này chính là nguyên nhân gây ra các biến dạng theo thời gian cho bê tông. Loại bê tông được thiết kế với tỷ lệ $\frac{N}{X}$ thấp, được trộn hợp lý, được đầm chắc hợp lý sẽ tạo ra vùng tiếp giáp tốt nhất và tạo ra lực dính cao nhất. Vùng tiếp giáp này là vùng quan trọng nhưng yếu nhất của cấu trúc bê tông. Với bê tông truyền thống vết nứt đầu tiên trong bê tông xuất hiện tại đây và phát triển trong cấu trúc hồ xi măng đã đông cứng. Với bê tông cường độ cao do lượng nước sử dụng ít hơn và do tác động của muối Silic, cấu trúc vùng tiếp giáp được cải thiện đáng kể, không có CaO tự do, độ ẩm thấp, lực dính được nâng cao, tạo ra chất lượng mới cho bê tông xi măng.

2.2. Các giai đoạn hình thành cấu trúc vi mô của hỗn hợp bê tông: có thể chia thành ba giai đoạn sau:

- Giai đoạn chưa hình thành cấu trúc: Lúc này bê tông là hỗn hợp biến động, được tính kể từ thời gian trộn tất cả thành phần của bê tông cho tới khi bắt đầu ninh kết. Tính dẻo của hỗn hợp vẫn bảo toàn, hàm lượng xi măng thuỷ hoá trong giai đoạn này là lớn nhất. Các hạt xi măng bắt đầu ninh kết (môi trường tiếp xúc giữa các hạt xi măng chuyển từ dạng huyền phù sang dạng keo).

Khi đó lực dính kết giữa các hạt xi măng, các hạt xi măng với hạt cát và cả lực dính của hồ vữa xi măng cũng chưa xuất hiện.

- Giai đoạn hình thành cấu trúc không ổn định: Lúc này hỗn hợp bắt đầu phát sinh lực kết dính, nhưng lực kết dính kết tinh còn nhỏ, đã hình thành cấu trúc cân bằng mới bền vững hơn và làm lực dính phát triển cao hơn. Trong giai đoạn này hỗn hợp đã mất dần tính dẻo, hình thành tính chất cơ lý. Phần cuối giai đoạn này tính dẻo đã mất, bắt đầu tạo nên tính chất tinh thể ổn định và nếu tác động cơ học sẽ làm phá hoại cấu trúc tinh thể, lực dính giảm nhanh và không còn phát triển được nữa. Giai đoạn này bắt đầu từ khi bắt đầu ninh kết tới khi kết thúc ninh kết.

- Giai đoạn cấu trúc ổn định: Là dạng cấu trúc tinh thể, lực dính phát triển đều. Phản ứng thủy hoá vẫn còn nhưng rất yếu. Chỉ còn tác dụng cấu trúc qua các dưỡng hộ bên ngoài (nhờ độ ẩm và nhiệt để phát triển đều lực dính và tạo ra ảnh hưởng phụ của ứng suất nhiệt trong hỗn hợp bê tông, kích thích phản ứng thủy hoá). Quá trình này bắt đầu từ khi quá trình rắn kết xuất hiện, bê tông mất hoàn toàn tính dẻo, lực dính chủ yếu bắt đầu trong giai đoạn này.

2.3. Trên cơ sở cấu trúc vi mô đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới yêu cầu cường độ của bê tông

2.3.1. Xét yếu tố cường độ ở dạng cấu trúc vi mô của bê tông

Cấu trúc của hỗn hợp bê tông bao gồm ba tập hợp con như đã phân tích ở trên. Nhưng thực tế và thí nghiệm đã chỉ ra rằng điểm mấu chốt trong cấu trúc chịu lực của bê tông lại tập trung ở hai tập con: cấu trúc vi mô của vữa xi măng và lực dính kết giữa nó với các cốt liệu lớn trong cấu trúc khung xương. Việc hình thành cường độ chịu lực trên cơ sở nào của cấu trúc ta xét một mẫu mô hình bê tông chịu lực tác dụng:

- Tập hợp khung xương xét đại diện A.
- Tập hợp cấu trúc vữa xi măng B.
- Tập hợp lực dính AB.

Dưới tác dụng của lực P trong mỗi tập hợp xuất hiện nội lực sinh ra ứng suất σ_A , σ_B . Còn lực dính xuất hiện lực mặt và sinh ra ứng suất bề mặt τ_{AB} . Cường độ giới hạn của đá trong bê tông thường rất cao do vậy tính chất chịu lực của cấu trúc bê tông phụ thuộc giới hạn cường độ của σ_B , τ_{AB} . Các thí nghiệm lại chỉ ra rằng điểm yếu nhất trong cấu trúc tập trung ở tập hợp lực dính AB. Do vậy tính chất chịu lực của bê tông phụ thuộc tính chất dính bám giữa xi măng và cốt liệu lớn (thí nghiệm cho thấy ở điểm chịu lực cực hạn vết nứt bắt đầu hình thành tại bề mặt AB, sau đó phát triển qua lớp vữa xi măng giữa các bề mặt AB, cuối cùng mẫu bị phá huỷ (với cả ba trường hợp chịu lực nén và uốn, kéo).

Cường độ giới hạn của ứng suất mặt τ_{BA} chính là cường độ lực dính. Vậy điểm thứ nhất để tác động tăng cường đó là tăng cường độ dính R_r giữa vữa xi măng và cốt liệu lớn. Phân tích khi giá trị của tải tác dụng làm cho ứng suất mặt giữa vữa xi măng và cốt liệu đạt giá trị cường độ dính R_d thì bắt đầu xuất hiện các vết nứt mặt trên mặt liên kết. Bê tông đã bắt đầu vào giai đoạn phá hoại nhưng vẫn chưa bị phá hoại nếu tiếp tục tăng tải tới một giá trị nào đó sinh ra ứng suất nội trong vữa xi măng vượt quá khả năng chịu lực của nó thì phát sinh vết nứt xuyên nối các vết nứt mặt với nhau tạo nên đường nứt rích rắc toàn bộ làm bê tông phá huỷ.

Vì vậy, điểm thứ hai cho việc tác động tăng cường độ của bê tông là tăng cường độ vữa xi măng R_v .

Nhưng ta biết rằng khi hình thành các vết nứt mặt làm tính đồng nhất của vữa xi măng giảm, do đó khả năng chịu lực của vữa xi măng lúc này (trong bê tông) nhỏ hơn cường độ của vữa xi măng R_v (khi là mẫu liên khối) và chính khả năng chịu lực của vữa xi măng trong sự tác động của cốt liệu lớn làm giảm tính đồng nhất và cường độ của bê tông. Do vậy về mặt tương quan cường độ của bê tông là giá trị nằm giữa cường độ dính (R_d) và cường độ vữa xi măng (R_v). Ta có biểu đồ quan hệ của cường độ bê tông và cường độ dính (R_d) theo thời gian căn cứ theo thí nghiệm được công nhận của giáo sư Oztrekin (Thổ Nhĩ Kỳ).

Đặc trưng của lực dính:

- Lực dính là đại lượng đặc trưng cho cấu trúc chịu lực của bản thân vật liệu bê tông.

- Lực dính phát triển chậm (điều đó lý giải vì sao sau 28 ngày cường độ của bê tông vẫn tăng lớn do sự phát triển của lực dính và đặc trưng của phản ứng thủy hoá vẫn tiếp tục thủy hoá lõi xi măng khan làm tăng độ mạnh của cấu trúc vữa xi măng).

- Sau 70 ngày cường độ dính (R_d) và cường độ chịu uốn của vữa xi măng (R_{uv}) xấp xỉ bằng nhau.

Giáo sư Oztrekin còn đưa ra công thức thực nghiệm về mối quan hệ của các cường độ trên cho các ngày tuổi.

Cường độ chịu uốn:

$$R_{ub} = 0,428 R_{nv} + 0,128 R_d + 0,08 \text{ (MPa)}$$

(Hệ số tương quan là 0,983)

Cường độ chịu nén:

$$R_{nb} = 0,526 R_{nv} + 2,665 R_d + 3,3 \text{ (MPa)}$$

(Hệ số tương quan trung bình 0,985)

Tuy nhiên cường độ lực dính có thể khác nhau tại mỗi mặt liên kết vữa xi măng và mỗi cốt liệu lớn. Cũng như ngay cả tập hợp vữa xi măng cũng tương tự có vô số mặt phẳng cắt qua nó và mỗi mặt phẳng lại có cường độ chịu lực khác nhau (Tất nhiên lực dính mỗi mặt dính giữa vữa xi măng và cốt liệu cũng khác nhau tùy theo diện tích mặt liên kết, lực dính $D = R_d F$, trong đó F là diện tích mặt ngoài của cốt liệu), và chắc chắn bê tông bị phá huỷ theo mặt phẳng không gian rích rắc yếu nhất (đó là mặt nối các tập hợp, có cường độ chịu lực là bé

nhất). Chính mặt không gian yếu cục bộ này lại quyết định tới cường độ bê tông và cũng nó chi phối lý luận về việc tăng cường độ của vữa xi măng và cường độ dĩnh. Như vậy để sử dụng điểm mấu chốt 1 và 2 phải trên cơ sở bê tông có cường độ đồng nhất cao để các mặt không gian có trong hỗn hợp bê tông là bình đẳng nhau và xác suất để tìm ra một mặt không gian yếu là thấp.

Vậy điểm mấu chốt thứ ba để tăng cường độ của bê tông là phải tăng tính liên tục đồng nhất của hỗn hợp bê tông (có các biểu hiện trực quan qua độ chặt của bê tông). Điểm này là một cách thể hiện sự tham gia của tập hợp cấu trúc khung cốt liệu lớn vào việc tăng cường độ của bê tông.

Như vậy, xét về mặt cấu trúc các yếu tố làm tăng cường độ của bê tông là phải tác động vào làm tăng cường độ dĩnh (R_d), tăng cường độ vữa xi măng (R_v) và tăng tính đồng nhất của bê tông.

2.3.2. Các hướng kỹ thuật làm tăng cường độ dĩnh (R_d)

Cường độ dĩnh xuất hiện khi bê tông kết thúc quá trình ninh kết và giá trị của nó tăng dần theo thời gian tới giá trị cực đại của cường độ bê tông nhưng nó cũng giảm dần ở giai đoạn bê tông bị bão hoà theo thời gian sử dụng và điều kiện sử dụng. Cường độ dĩnh (R_d) phụ thuộc vào một số yếu tố sau: loại xi măng, hình dạng cốt liệu, tính chất bề mặt, tính chất cơ lý mặt cốt liệu (tính chất nhiệt ẩm), áp lực ép vữa xi măng vào đá.

Tất nhiên ta có thể thấy khi sử dụng xi măng cường độ cao, cốt liệu có tổng diện bề mặt lớn (cùng đường kính) tính chất bề mặt nhám và sạch thì tăng được cường độ dĩnh R_d . Nhưng ở đây tập trung xem xét hai nhân tố quan trọng, áp lực ép vữa xi măng, tính chất nhiệt ẩm của cốt liệu.

Nếu tạo được lực ép vữa xi măng vào cốt liệu qua thiết bị đầm rung lớn thì áp lực ép giữa đá xi măng và cốt liệu sẽ lớn. Nhưng nếu thời điểm kết thúc đầm quá dài thì lại có tác dụng ngược lại phá huỷ liên kết mới tạo thành và làm lực dĩnh không thể phục hồi lại được.

Tính chất nhiệt ẩm của cốt liệu có liên quan tới sự hình thành và độ lớn của ứng suất nhiệt riêng phát sinh tại lớp vữa tiếp xúc trực tiếp với cốt liệu, ứng suất nhiệt riêng gây tính không liên tục của vữa xi măng tại bề mặt tiếp xúc và làm cho liên kết này tiến nhanh hơn tới giới hạn cường độ (cường độ dĩnh giảm). Bản chất của hiện tượng trên là ở chỗ: cốt liệu đá (thường là dạng đá vôi) có tính chất hút nước, lượng nước hút tùy thuộc tính chất đá, bề mặt có lớp bột bụi bản tuy nhiên thường lượng hút nước khoảng 5%. Khi trộn vào trong hỗn hợp bê tông nó bắt đầu hút nước, kết thúc quá trình ninh kết liên kết vữa xi măng - cốt liệu mới thực sự xuất hiện và phát triển ổn định, vào lúc này việc hút nước của cốt liệu làm cho xi

măng tại lớp vữa tiếp xúc bị mất nước cho quá trình thủy hoá bị chậm lại đột ngột, lõi xi măng khan trong các hạt xi măng của lớp vữa tiếp xúc chiếm hàm lượng lớn hơn bình thường. Lớp vữa xi măng tiếp xúc với đá yếu hơn các lớp xa hơn. Đó là nguyên nhân dẫn đến cường độ dính suy giảm. Ngoài ra, việc hút nước của đá có thể phát sinh ứng nhiệt trong lớp vữa xi măng tiếp xúc do sự chênh lệch nhiệt lượng sản sinh từ phản ứng thủy hoá giữa lớp vữa xi măng tiếp xúc với cốt liệu và lớp vữa xi măng lân cận nó.

Ứng suất nhiệt còn phát sinh do sự chênh lệch nhiệt độ của lớp vữa xi măng và cốt liệu. Nhiệt lượng sinh ra trong quá trình thủy hoá làm cho nhiệt độ của lớp vữa xi măng cao hơn cốt liệu có sự truyền nhiệt từ lớp vữa xi măng tiếp xúc cho cốt liệu làm phát sinh sự chênh lệch nhiệt độ giữa cốt liệu và lớp vữa lân cận với lớp tiếp xúc, kết quả là phát sinh ứng suất trong lớp vữa xi măng tiếp xúc. Bản chất ở đây giống với bản chất hiện tượng phát sinh ứng suất riêng tại lớp mặt bê tông tiếp xúc với môi trường, vì ứng suất này kết hợp với sự cản trở sự dịch vị của lớp bê tông do cốt thép mà đã phát sinh ra nứt do có ngót.

Lợi dụng tính chất nhiệt ẩm này vào sự tác động tăng cường độ dính R_r là làm cho đá no nước trước khi trộn chung các thành phần và có thể phải làm lạnh cốt liệu (khi thời tiết nóng) trước khi trộn. Tuy nhiên đây chỉ là biện pháp kỹ thuật nhỏ đơn giản và rất cần thiết.

Ngoài ra để tránh xuất hiện điểm trên mặt cốt liệu yếu cục bộ phải đảm bảo sự bao phủ đều trên khắp bề mặt cốt liệu bằng vữa xi măng. Điều này có được nhờ kỹ thuật trộn và tính linh động của vữa xi măng.

Tóm lại, hướng kỹ thuật sẽ là:

- Tác động cơ học hợp lý.
- Cải thiện tính chất nhiệt ẩm của cốt liệu.
- Tăng tính linh động của các hạt xi măng thủy hoá.

2.3.3. Các hướng kỹ thuật tăng cường độ vữa của xi măng (R_v)

Cường độ vữa xi măng (R_v) phụ thuộc cường độ xi măng, lượng xi măng sử dụng, lực ép chặt các hạt xi măng vào nhau và hạt xi măng quanh hạt cát, làm giảm tối đa độ rỗng trong cấu trúc vữa xi măng, giảm hàm lượng lõi xi măng khan chưa được thủy hoá.

Tuy nhiên, giải pháp tăng cường độ nhờ việc tăng hàm lượng xi măng là giải pháp không hiệu quả, lý do là do tính chất không thể xếp xít nhau của các hạt xi măng tất yếu gây ra các lỗ rỗng trong cấu trúc vữa xi măng. Tăng cường độ vữa xi măng (R_v) cho mục đích tăng cường bê tông. Tốt nhất là sử dụng xi măng có chất

lượng cao với hàm lượng xi măng hợp lý. Điều này còn cho phép giảm các hiệu ứng phụ trong bê tông.

2.4. Cường độ của bê tông

2.4.1. Xác định cường độ của bê tông

Thường việc này phải thực hiện ngay trên mẫu chuẩn. Mẫu thử có thể là mẫu lập phương $15 \times 15 \times 15$ cm. Kết quả thử trên mẫu này khá ổn định, do đã loại trừ ảnh hưởng phá huỷ cục bộ do nở ngang. Ở các nước Châu Âu, Mỹ, Nhật lại dựa trên cơ sở mẫu trụ 15×30 cm hợp lý về mặt chịu lực thực tế. Quy trình xác định cường độ trong điều kiện nghiêm ngặt (điều kiện dưỡng bộ, bề mặt mẫu, số lượng mẫu, cách lấy mẫu trong hỗn hợp, cách gia tăng tải...) và giá trị cường độ là kết quả sự kết hợp các giá trị chịu lực cực hạn và tính xác suất của kết quả thử. Cách đánh giá cường độ qua các bước sau:

- Lấy mẫu thử hỗn hợp bê tông, dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn.
- Tác dụng lực để xác định giá trị cực hạn của cường độ từng mẫu bê tông (R_i).
- Tính các giá trị xác suất:

Cường độ trung bình: $R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$, n: số lượng mẫu thử.

Hệ số lệch chuẩn: $S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n - 1}}$

Hệ số tán: $C_v = \frac{S_R}{R_m}$

- Xác định cường độ tiêu chuẩn theo công thức sau:

$$R_{TC} = R_m (1 - 1,64 C_v)$$

Cường độ tính toán: $R_{TT} = \frac{R_{TC}}{K}$ ($K > 1$)

K - Hệ số an toàn xét tới sự bất lợi do tính không đồng nhất hay không ổn định trong thi công, loại bỏ tác động bất lợi tạo ra mẫu kém phẩm chất (thường hệ số $K \approx 1,3$ và bê tông mác cao thì hệ số $K \geq 1,3$ và bê tông mác rất cao thì hệ số K thường lớn hơn nữa).

C_v - Hệ số biến sai nói lên sự biến động về số liệu cường độ của mẫu và cường độ trung bình của lô mẫu. Bên trong thì hệ số C_v biểu hiện trình

độ thi công, mức độ ổn định trong chế tạo bê tông. Công nghệ càng cao và ổn định thì hệ số C_v càng nhỏ. Các quy trình đều quy định giới hạn của C_v và với mức càng cao thì hệ số C_v đòi hỏi càng giảm (đây là vấn đề khó đạt được ở Việt Nam nếu chúng ta không có công nghệ bê tông mạnh và đồng bộ) và sự tác động của vật liệu bê tông tới công trình càng lớn. Khi sản xuất mác bê tông lớn hơn M500, đòi hỏi $C_v < 0,125$. Chú ý ở đây hệ số 1,64 là hệ số xác suất đảm bảo số lượng mẫu có cường độ lớn hơn cường độ trung bình đạt 95% hay viết $R_{TC} = 0,795 R_m$ (khi lấy $C_v = 0,125$).

Để tiến hành so sánh khi cần thiết người ta phải tính đổi cường độ mẫu lập phương và mẫu trụ tròn theo công thức:

$$1) R_{\text{Trụ}} = \left[0,77 - \frac{R_m}{R_o} \right] \cdot R_{\text{LP}} \quad (R_o = 1000 \text{ MPa} \approx 10000 \text{ kG/cm}^2)$$

$$2) \frac{R_{\text{LT}}}{R_{\text{Trụ}}} = 1,16 \div 1,24 \text{ (Tiêu chuẩn VN 3118 - 93)}$$

$$3) R_{\text{Trụ}} = (0,72 \div 0,77)R_{\text{LP}}; R_{\text{LP}}: \text{Cường độ mẫu lập phương.}$$

Để so sánh và phân loại sử dụng khái niệm cấp bê tông là giá trị cường độ chịu nén mẫu tiêu chuẩn.

2.4.2. Các loại cường độ của bê tông

Các loại cường độ của bê tông được chỉ dẫn trong các quy định thiết kế, được xây dựng trên cơ sở ý tưởng tính toán riêng biệt. Do vậy mỗi tiêu chuẩn lại có quy định khác nhau về số lượng, đặc điểm của mỗi loại cường độ. Với sự hoàn thiện về mặt lý thuyết thì quy định về cường độ cần cụ thể tạo ra cơ sở để các tính toán thiết kế giống với sự làm việc thực của kết cấu.

Cường độ được phân loại như sau:

- Theo trạng thái giới hạn tính toán:

+ Cường độ tiêu chuẩn: R_{TC} (trạng thái giới hạn 2,3).

+ Cường độ tính toán: R_{TT} (trạng thái giới hạn 1).

- Theo giai đoạn tính toán: với các kết cấu được tính toán thiết kế theo 2 giai đoạn thi công và khai thác, cần xác định:

+ Cường độ giai đoạn thi công.

+ Cường độ trong giai đoạn khai thác.

Do ở giai đoạn thi công vật liệu bê tông bị khai thác sớm mà trong giai đoạn

khai thác cường độ vẫn phát triển cho tới giá trị lớn nhất. Do vậy trong giai đoạn thi công khi đem tính toán cường độ bê tông bị chiết giảm 10%.

Khi thiết kế thành phần bê tông cường độ bê tông yêu cầu tối thiểu đạt được là $1,15 R_b$.

- Theo điều kiện khai thác: Cường độ bị chiết giảm thông qua hệ số điều kiện làm việc (m) do sự bất lợi của môi trường, hay tính chất khai thác.

- Theo thời gian khai thác bê tông bị bão hoà (chỉ dùng để kiểm định lại công trình).

- Theo tính chất xâm thực và tác động của môi trường, xác định cường độ theo điều kiện bão hoà nước hoặc bị ăn mòn.

- Khi thiết kế kết cấu cần xem xét trạng thái làm việc để xác định các loại cường độ sau:

+ Cường độ chịu nén (R_n): Chủ yếu là cường độ mẫu lăng trụ và lập phương. Loại cường độ mẫu trụ thích hợp với kết cấu mảnh, dạng hộp.

+ Cường độ chịu uốn (R_u): Thực chất là cường độ chịu nén khi uốn phá hoại mẫu.

+ Cường độ chịu kéo (R_k): Thử nghiệm trên các mẫu kéo trực tiếp (ít sử dụng).

+ Cường độ cắt trượt khi uốn (R_c): Để kiểm tra ứng suất tiếp.

+ Cường độ chịu ứng suất nén chủ và kéo chủ.

+ Cường độ chịu mỏi R_m (khi $p < 0,1$) R_{nc} . R_{kc} .

Cường độ nén, uốn cực hạn R_n , R_u : để tính trong trường hợp khi bê tông chịu ép mặt, chịu nén tại mối nối. Ngoài ra các tiêu chuẩn còn đưa ra các cường độ tiêu chuẩn và tính toán chỉ tính riêng cho trạng thái giới hạn và phân rõ ràng cường độ tính toán theo giai đoạn thi công hoặc giai đoạn khai thác.

2.4.3. Các yếu tố ảnh hưởng tới cường độ của bê tông

1 - Ảnh hưởng của tỉ lệ N/X : Quan hệ N/X và cường độ của bê tông là quan hệ đặc trưng trong mọi cách chế tạo hỗn hợp bê tông nặng. Tỷ số N/X còn biểu hiện phối hợp tác động của hàm lượng lỗ rỗng tạo thành trong bê tông. Quan hệ N/X và R_b tuân theo định luật Abram: “Cường độ của bê tông tỷ lệ nghịch với tỷ lệ của hàm lượng nước và xi măng trong hỗn hợp”. Quan hệ này đã được Feret và Abram trình bày trong các định luật về bê tông.

Quan hệ giữa R_b và tỉ lệ N/X có thể xem từ công thức Bôlômay - Ckrămtaép.

$$R_b = AR_x \left[\frac{X}{N} \pm 0,5 \right]$$

trong đó: A - Hệ số cốt liệu (0,4 ÷ 0,65) tùy thuộc vào loại cốt liệu, chất lượng cốt liệu và phương pháp thử cường độ xi măng;

R_x - Mác xi măng, daN/cm².

Như vậy điểm mấu chốt để tăng cường độ bê tông là giảm lượng nước đến cực tiểu bằng cách lựa chọn sao cho tỷ lệ N/X là thấp. Ngoài ra có thể dùng các loại phụ gia siêu dẻo giảm nước (có thể giảm từ 15 ÷ 40 % lượng nước), như vậy tỷ lệ N/X chỉ còn từ 0,35 ÷ 0,45 với bê tông thường và tỷ lệ $\frac{N}{X} < 0,35$ với bê tông cường độ cao.

Cường độ và lượng xi măng: Khi R_x lớn với cùng lượng xi măng cố định có thể đạt được cường độ bê tông cao hơn khi dùng R_x thấp. Tuy nhiên R_x cũng chỉ nên bằng 1,1 - 1,4 R_b . Với bê tông chất lượng cao do công nghệ và thành phần được cải tiến có thể đạt được $R_b \geq R_x$.

2 - *Chất lượng cốt liệu*: Vấn đề đảm bảo chất lượng cốt liệu chưa thực sự đạt được ở nước ta. Để tăng hoặc giảm cường độ bê tông thì tỷ lệ C/D có ảnh hưởng khá rõ ràng. Cần sớm công nghiệp hoá khâu chế tạo cốt liệu để quản lý được chất lượng cốt liệu.

3 - *Mức độ sử dụng phụ gia*: Các phụ gia siêu dẻo ngoài tác dụng giảm nước còn chống vón cục hạt xi măng có thể cho khả năng tăng cường độ khoảng 10 ÷ 30%. Hàm lượng phụ gia cần được xác định thông qua các mẻ trộn thử tại các phòng thí nghiệm hợp chuẩn.

4 - *Các phụ gia Silic siêu mịn*: Có tác dụng tốt để tạo thành bê tông cường độ cao, cường độ tăng 30 ÷ 70% so với bê tông truyền thống.

Để tăng cường độ bê tông nên sử dụng tổng hợp các biện pháp trên. Để tiện sử dụng và bảo đảm chất lượng hiện nay ở châu Âu và Mỹ đã pha sẵn phụ gia muội silic vào xi măng nhà máy. Các loại xi măng này được gọi là xi măng siêu cường độ. Hàm lượng MS từ 5-20% và có cường độ từ 100-200MPa. Bê tông sử dụng loại xi măng MS có thể có cường độ từ 100-200MPa.

CHƯƠNG 3

BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO SIÊU ĐẸO (BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO THỂ HỆ 1)

3.1. Tổng quan

Bê tông siêu dẻo cường độ cao có thể được coi là loại bê tông cường độ cao thể hệ thứ nhất (năm 1988) được sử dụng ở Việt Nam.

Bê tông siêu dẻo có cường độ cao là loại bê tông có độ sụt từ $8 \div 20$ cm và trong thành phần có sử dụng phụ gia siêu dẻo, tỷ lệ $N/X = 0,4 - 0,35$ có thể đạt được $R = 1 - 1,2R_x$ và có cường độ sớm (có R_3 hoặc $R_7 \approx R_{28}$).

Việc sử dụng phụ gia hoá dẻo cho xi măng và bê tông được bắt đầu từ lâu và hiện nay càng phổ biến nhất là các nước công nghiệp phát triển. Phụ gia được cho vào hỗn hợp bê tông với một lượng nhỏ (thường từ 0,2 - 2% theo lượng xi măng dùng trong bê tông) nhằm nâng cao phẩm chất sử dụng cải thiện các tính năng kỹ thuật của vữa xi măng và bê tông. Đến nay, việc nghiên cứu và sử dụng phụ gia có một quá trình kéo dài hơn một thế kỷ: bằng phát minh dành cho việc tìm ra loại phụ gia hoá học được cấp vào năm 1885. Tuy nhiên, các phụ gia hoá học chỉ thực sự được phát triển mạnh mẽ từ những năm 50 của thế kỷ 20 và ngày càng trở thành yếu tố quan trọng trong công nghệ xây dựng và sản xuất cấu kiện đúc sẵn ở những nước phát triển. Trong những năm 1970, ở Nhật Bản có tới 80% sản lượng bê tông sử dụng phụ gia hoá học, ở Mỹ là 65%, Canada là 90%, Úc là 70%... Ở nước ta, phụ gia hoá học mới chỉ được sử dụng rất hạn chế. Chủ yếu là các công trình lớn do nước ngoài viện trợ. Ví dụ như: Công trường thuỷ điện Thác Bà đã dùng phụ gia hoá dẻo SSB của Liên Xô (cũ), công trường thực nghiệm Hà Nội sử dụng Clorua - can xi làm phụ gia đông rắn nhanh. Năm 1987, phụ gia hoá dẻo đã từ bãi thải giấy sản xuất bằng phương pháp kiềm đã được sử dụng ổn định ở thuỷ điện Sông Đà. Việc nghiên cứu và chế tạo phụ gia cũng được phát triển mạnh trong các trường Đại học, Viện nghiên cứu khoa học trong mấy năm gần đây như phụ gia: Benít 0, Benít 3, KDT 2, siêu dẻo SD - 83, phụ gia hoá dẻo PA và Puzolit, phụ gia nở A.S.P... Phụ gia SD - 83 được giới thiệu như là những phụ gia dẻo đầu tiên được chế tạo ở nước ta.

Bê tông siêu dẻo có cường độ cao là loại bê tông có độ sụt từ 8 - 20cm và có cường độ tuổi 7 ngày bằng khoảng $0,85 R_b$, ở tuổi 28 ngày có $R_b = 1 - 1,2 R_x$. Loại bê tông có độ sụt lớn (siêu dẻo) thích hợp với công nghệ xây dựng cầu hiện đại (công nghệ lắp dẫy hoặc hẫng). Loại bê tông này hiện nay đã được sử dụng phổ biến trên thế giới và bắt đầu được sử dụng ở Việt Nam.

3.2. Cấu trúc của bê tông siêu dẻo cường độ cao

3.2.1. Cấu trúc của đá xi măng không có phụ gia

Hỗn hợp bê tông là hỗn hợp chứa các thành phần chủ yếu là xi măng, nước, cát, cốt liệu lớn. Khi nhào trộn các thành phần này với nhau, sẽ xảy ra các phản ứng thuỷ hoá giữa các chất cấu thành xi măng với nước, tạo nên các chất ngậm nước và trở thành hỗn hợp chất kết dính gốc trong hỗn hợp bê tông. Dung dịch liên kết các cốt liệu nhỏ (cát) tạo nên dung dịch hồ kết dính vữa xi măng (đây là chất kết dính thứ cấp). Cuối cùng dung dịch hồ kết dính vữa xi măng lại chui vào kẽ hở của các hạt cốt liệu này và chúng tạo ra một cấu trúc hỗn hợp bê tông hoàn chỉnh. Tóm lại, người ta phân cấu trúc hỗn hợp bê tông thành các cấu trúc con:

- Khung xương cấu trúc của cốt liệu lớn.
- Cấu trúc vi mô của hồ kết dính vữa xi măng.

Thành phần khoáng vật xi măng chủ yếu

Bảng 3.1

XI MĂNG		CLINKE		
%	Hoá chất	%	Clinke	Ký hiệu
65 ± 2	CaO	60 ± 10	Gradient Clinke $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
20 ± 2	SiO_2	16 ± 10	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
6 ± 2	Al_2O_3	1 - 13	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_2A
3 ± 2	Fe_2O_3	0 - 16	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Một số đặc điểm trong cấu trúc vi mô của đá xi măng:

Các hạt xi măng khi thuỷ hoá, bao quanh các hạt là lớp nước và quá trình thuỷ hoá thực hiện dần từ ngoài vào trong bê tông, ngay tức khắc tạo lớp màng kết dính bao quanh hạt xi măng mà bản chất là liên kết ion giữa các phân tử hỗn hợp xi măng và phân tử nước tự do. Tuy nhiên lớp màng liên kết này lại cản trở sự xâm nhập của nước và cùng với thời gian, tính linh động của nước và các phân tử xi măng giảm dần và do vậy làm chậm dần tốc độ thuỷ hoá. Lớp liên kết hạt xi măng – nước dày dần cùng với lớp nước tự do bao ngoài hạt xi măng mỏng dần, thêm vào đó có sự linh động của các hạt xi măng: Phần do lớp màng gây tính nhớt cho các hạt, phần do tác động của việc trộn hay tác động cơ học có điều kiện gần nhau, dần dần hình thành liên kết, xoá bỏ ranh giới giữa các hạt xi măng. Màng xi măng nước bao quanh các hạt cốt liệu nhỏ và kéo chúng vào hình thành nên cấu

trúc hồ kết dính vữa xi măng. Ta có thể mô tả tóm tắt cấu trúc vi mô của vữa xi măng trong hỗn hợp bê tông như sau:

Các hạt xi măng liên kết với nước (loại liên kết ion) tạo nên lớp kết dính (bao quanh hạt và dày theo quá trình thuỷ hoá) làm cơ sở để liên kết các hạt xi măng với nhau (liên kết cơ học) xoá bỏ ranh giới các hạt và đồng thời chúng còn liên kết cơ học với cốt liệu nhỏ - cát tạo nên cấu trúc ion của vữa xi măng và đây là cấu trúc ổn định, có tính chất cơ lý. Nhưng phản ứng thuỷ hoá vẫn tiếp tục xảy ra, do vậy trong cấu trúc vẫn còn tồn tại bộ phận lõi hạt là khối xi măng khan và không gian giữa các hạt xi măng liên kết là khoảng rỗng chứa nước. Do sự tích tụ các hạt xi măng là các hạt bên trong không thuỷ hoá nên thực ra ở tuổi 28 ngày chỉ có khoảng 32 - 40% hạt xi măng đã thuỷ hoá vì vậy chỉ đạt 40 - 80% cường độ.

3.2.2. Cấu trúc của bê tông khi sử dụng phụ gia siêu dẻo

Ngày nay người ta không còn xem thành phần của hỗn hợp bê tông chỉ là xi măng, đá, cát, nước, mà còn có thêm phụ gia. Phụ gia đã trở thành thành phần quan trọng trong hỗn hợp bê tông hiện đại và nó có tác động đến cấu trúc vi mô của bê tông. Khi cho phụ gia vào hỗn hợp thì phụ gia sẽ làm tăng độ linh động của các hạt xi măng, bằng cách tác động làm tăng sự linh động của dung dịch huyền phù bao quanh hạt xi măng và tăng tính nhớt của các hạt xi măng. Cơ chế tác động của phụ gia là phân ly trong nước thành các nhóm phân cực mạnh (các nhóm hydro cacbon $(OH)^-$; $(COOH)^-$; $(CHO)^-$; nhóm sulsonic (HSO_3) ...) và gốc còn lại ở dạng cao phân tử, phân cực yếu. Các nhóm phân cực mạnh tác dụng vào dung dịch huyền phù làm tăng sự linh động của nó, còn nhóm gốc cao phân tử có sức căng bề mặt càng bé hơn nước nên bị hấp thụ bề mặt các hạt phụ gia làm tăng tính nhớt của hạt. Ngoài ra người ta nhận thấy các phụ gia trên cơ sở axit lignosulfuric còn có tác dụng cuốn một lượng nhỏ không khí tạo ra các bọt bám xung quanh các hạt xi măng làm giảm diện tích tiếp xúc giữa các hạt giảm lực ma sát giữa các loại, dẫn tới tăng tính linh động của hạt xi măng và khi bị hấp thụ lên mặt xi măng, nó sẽ kiềm chế tốc độ phản ứng thuỷ hoá. Mặt khác phụ gia siêu dẻo có thể cho phép giảm nước khoảng 10 - 20% vì vậy có thể tăng được cường độ khoảng 30%.

Nói tóm lại, khi cho phụ gia siêu dẻo vào hỗn hợp bê tông sẽ làm tăng độ linh động của dung dịch huyền phù và tăng tính nhớt của bề mặt các hạt xi măng giảm được lượng nước dùng, do đó cải thiện được cấu trúc vi mô. Kết quả là giảm độ thấm, liên kết cao hơn với cốt liệu và cốt thép, cường độ cao hơn và nâng cao tuổi thọ của kết cấu công trình bằng BTCT.

3.3. Nguyên tắc của bê tông cường độ cao và tăng nhanh quá trình đông rắn

Việc sử dụng phụ gia hoá dẻo cũng như siêu dẻo nhằm mục đích tăng cường độ

của bê tông hoặc giảm lượng xi măng. Đối với các công trình đặc biệt lại đòi hỏi sự cần thiết đáp ứng yêu cầu cường độ cao và tăng nhanh quá trình đông rắn (như ở sân bay, hải cảng...). Yêu cầu cường độ sớm là rất hợp lý với các cấu xây dựng theo phương pháp phân đoạn mà đây lại là cách thức công nghệ hiện đại trong xây dựng cầu sử dụng (công nghệ đúc đẩy, đúc hẫng) thi công phân đoạn liên tiếp tại công trường, đổ bê tông tại chỗ. Điều đó giúp cho ta tăng tiến độ xây dựng nhờ khả năng căng kéo cốt thép dự ứng lực, sớm giải phóng ván khuôn bệ đúc của một phân đoạn nhanh. Yêu cầu cường độ bê tông sau 2 - 3 ngày phải đạt được 70 - 80% cường độ của bê tông sau 28 ngày. Thực chất cường độ đạt sớm được là phải gia tăng quá trình đông rắn trong xi măng (giảm thời gian bắt đầu ninh kết và kết thúc ninh kết). Lý do là bê tông bắt đầu có khả năng chịu lực khi các liên kết keo của thành phần ngậm nước chuyển sang kết tinh. Như vậy các tác động vào yêu cầu tăng cường độ sớm phải dựa trên cơ sở sự ảnh hưởng và tăng tốc độ phản ứng thuỷ hoá hay kích thích quá trình chuyển hoá nhanh từ dung dịch huyền phù sang dung dịch keo và kết tinh. Nhưng ta cũng biết rằng, phản ứng thuỷ hoá thời gian đầu rất mãnh liệt, sau đó giảm nhanh do màng dịch thể C_3AH_6 không tan được sẽ đầy dần, bao quanh các hạt xi măng, cản trở sự xâm nhập của nước. Do đó rất khó tác động làm tăng tốc độ phản ứng thuỷ hoá và người ta thường theo xu hướng tác động vào sự chuyển hoá các dung dịch sang kết tinh nhanh.

3.3.1. Sự tác động làm tăng nhanh ninh kết bên trong

Quá trình thuỷ hoá của xi măng bắt đầu từ dung dịch huyền phù quanh hạt xi măng sang dung dịch keo, sau tới quá trình kết tinh. Các nguyên tắc cơ bản để tăng quá trình chuyển hoá trên.

- Nguyên tắc tác dụng vào dung dịch huyền phù làm nó chóng chuyển sang dung dịch keo và chuyển sang kết tinh.

- Cho vào chất có khả năng kiềm chế sự hoà tan của các sản phẩm của quá trình thuỷ hoá xi măng ($Ca(OH)_2$ hay C_3AH_6) làm giảm sự linh động của các phân tử nước do giảm bớt không gian chuyển động, và lại các chất không hoà tan này thường nặng, thắng được ái lực điện của phân tử phân cực nước, dễ tiến lại gần nhau và liên kết keo với nhau, dần dần thành các cụm liên kết lớn, làm chuyển nhanh sang dung dịch keo.

- Chất cho vào có khả năng tác dụng với sản phẩm xi măng thuỷ hoá hay bản thân thành phần xi măng, tạo ra các sản phẩm là các phân tử hơn khó tan hay có các thành phần tương tự như các sản phẩm thuỷ hoá nhưng mang lại hiệu quả tốt hơn cho quá trình chuyển hoá.

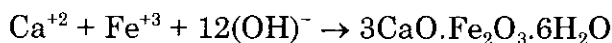
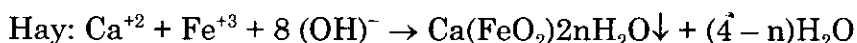
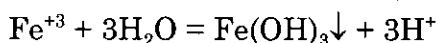
- Tăng độ hoà tan của thành phần CSH lý do là điều này làm giảm ái lực điện giữa các sợi CSH trong dung dịch huyền phù (do các sợi CSH mang điện cùng dấu

đẩy nhau). Các nguyên tắc trên có thể xem như là các nguyên tắc xuất hiện pha kết tinh sớm.

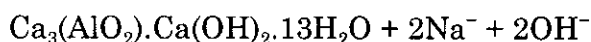
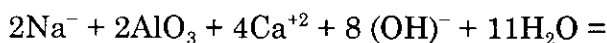
Một vấn đề quan trọng là các sản phẩm thủy hoá CSH, C_3AH_6 tạo ra các cường độ liên kết dính trong hỗn hợp bê tông, nhưng thời gian liên kết của chúng lại khác nhau. C_3AH_6 kết tinh sớm, còn khi đó CSH vẫn đang tồn tại ở thể keo rất lâu, làm cường độ phát triển từ từ. Do vậy một mấu chốt để tăng cường độ sớm làm nhanh chuyển hoá liên kết keo của CSH sang kết tinh (dẫn tới 2 khái niệm cường độ sớm làm nhanh quá trình ninh kết tương đồng nhất, nhưng vẫn có điểm riêng biệt. Nó tăng nhanh quá trình liên kết tất yếu tăng cường độ sớm, nhưng nó chủ yếu tác động vào quá trình kết tinh). Và nguyên tắc tăng nhanh quá trình chuyển hoá từ liên kết keo sang kết tinh là tăng nhiệt trong dung dịch keo. Tuy nhiên tăng nhiệt độ tới giới hạn để không làm phá vỡ liên kết keo (với hỗn hợp bê tông thường $T_{max} = 65^\circ C$ và không được tăng đột ngột). Nguyên tắc này được xem như nguyên tắc đẩy mạnh quá trình hoá hoàn toàn sang pha kết tinh. Có thể lấy ví dụ các chất cho theo nguyên tắc làm xuất hiện pha kết tinh sớm.

Theo nguyên tắc đầu tiên, như các chất thạch cao $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ Hydro-Aluminat Canxi $CaOAl_2O_3 \cdot 6H_2O$ (là các chất không có khả năng phân ly, không tác dụng với sản phẩm của quá trình thủy hoá).

Theo nguyên tắc tác dụng hoá học với sản phẩm thủy hoá hay các thành phần của hạt xi măng. Các chất này thường là dạng muối (chủ yếu là muối của axit mạnh - bazơ yếu, hay của axit yếu - bazơ mạnh) có khả năng phân ly thành ion trong nước như: $CaCl_2$, $FeCl_2$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $Fe(NO_3)_2$ (axit mạnh - bazơ yếu) hay: $NaAlO_2$, Na_2SO_3 ... (của axit yếu - bazơ mạnh). Nếu là muối của axit mạnh - bazơ yếu thì thường hay có phản ứng của cation kim loại với các sản phẩm thủy hoá tạo nên chất khó tan và chất kích thích như:



Hay $FeCl_3$, $Fe(SO_4)_3$ tác dụng với $Ca(OH)_2$ tạo thành các sản phẩm phức tạp như: $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$... khó tan đã lắng (thực chất đây là phản ứng giữa các ion). Khi sử dụng muối axit yếu - bazơ mạnh có phản ứng anion gốc axit với các sản phẩm muối axit yếu - bazơ với các sản phẩm thủy hoá tạo nên chất khó tan như $NaAlO_2$.



($\text{Ca}_3(\text{AlO}_2) \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$) dễ kết hợp với các chất trong dung dịch huyền phù tạo nên liên kết keo sớm và nhanh kết tinh). Hay các loại muối gốc SiO_3^{-2} khi phân gốc axit Silicat (SiO_3^{-3}) kết hợp với nước tạo nên các gốc axit ($\text{H}_3\text{SiO}_2^{-2}$; $(\text{H}_3\text{SiO}_4)^{-2}$) tác dụng với $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \dots$ tạo nên chất nặng khó tan.

Theo nguyên tắc 3 thường có các chất muối axit mạnh, bazơ mạnh như: NaCl , KCl , NaNO_3 , Na_2SO_3 .

Nguyên tắc tăng tốc độ thủy hoá ở giai đoạn đầu:

Nhiệt độ kích thích tốc độ của quá trình thủy hoá. Ta biết rằng phản ứng thủy hoá có tỏa nhiệt, tổng lượng nhiệt một phần bị tỏa ra môi trường, một phần tác động vào hỗn hợp bê tông, biểu hiện ở nhiệt độ hỗn hợp. Nhiệt độ trong hỗn hợp mà tăng lên, làm tăng sự linh động của các phân tử nước và tăng khả năng thâm nhập vào hạt xi măng, lượng xi măng thủy hóa sẽ tăng và nhiệt lượng tỏa ra nhiều hơn, và kích thích trở lại phản ứng thủy hoá. Nhưng tác động của nhiệt độ tới phản ứng thủy hóa chỉ ở giai đoạn đầu khi màng dịch thể C_3AH_6 chưa dày để kiểm chế phân tử nước. Việc tăng tốc độ phản ứng thủy hoá làm tăng nhanh sự chuyển hoá dung dịch quanh hạt, dẫn tới ninh kết sớm, được thực hiện nhờ sự sử dụng điều chỉnh nhiệt độ trong hỗn hợp theo hướng sau:

- Cho hỗn hợp chất phụ làm tăng lượng nước liên kết hóa học, dẫn tới tăng nhiệt lượng trong hỗn hợp (ví dụ: CaCl_2 , FeSO_4) nhưng các chất này chỉ kích thích tỏa nhiệt trong giai đoạn đầu mà không làm thay đổi tổng nhiệt lượng tỏa ra.

- Tác động nhiệt bên ngoài (làm thay đổi tổng nhiệt lượng).

- Giữ nhiệt do phản ứng thủy hoá tạo ra, tránh sự tỏa nhiệt trong môi trường.

- Tăng nhiệt lượng tỏa ra nhờ sử dụng xi măng: Aluminat (hàm lượng Al_2O_3 chiếm 40%: nhiệt chủ yếu do thủy hoá $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{C}_3\text{A})$ tạo ra).

Sử dụng ảnh hưởng của nhiệt độ vào hai mục đích chính:

- Tăng thời gian ninh kết nhờ tăng tốc độ thủy hóa hạt xi măng.

- Tăng cường độ sớm nhờ ảnh hưởng của nó làm tăng nhanh chuyển hoá CSH từ phía keo sang pha kết tinh.

Nói tóm lại, yếu tố nhiệt chỉ làm thay đổi tốc độ phát triển cường độ bê tông mà không làm thay đổi cường độ cuối cùng của bê tông.

3.3.2. Sự tác động làm nhanh ninh kết và phát triển cường độ từ bên ngoài

Dựa trên lý luận về ảnh hưởng của nhiệt độ, nhưng việc điều chỉnh trong hỗn hợp bê tông được thực hiện từ bên ngoài. Các điều chỉnh dựa trên cơ sở giữ nhiệt

toả ra môi trường hay dưỡng hộ nhờ nhiệt.

3.3.3. Ảnh hưởng của tác dụng hỗn hợp đáp ứng đồng thời tính linh động và cường độ cao sớm

Thực chất nói đến linh động của các hạt xi măng ở đây là nói tới đáp ứng yêu cầu tăng cường độ hay độ sụt hoặc cả hai yêu cầu. Việc đáp ứng đồng thời tính linh động và cường độ sớm được thực hiện theo hai hướng:

+ Sử dụng các tác nhân điều chỉnh nhiệt bên ngoài để tăng cường độ và kết hợp sử dụng phụ gia tăng độ linh động.

+ Sử dụng hỗn hợp chất phụ gia (chất phụ gia tăng tính linh động và phụ gia tăng nhanh ninh kết).

Ngoài ra còn trường hợp sử dụng phụ gia làm kéo dài thời gian ninh kết phục vụ cho thi công, để tránh kéo dài quá mức, lại sử dụng phụ gia tăng nhanh ninh kết, hoàn toàn có thể sử dụng hỗn hợp chất phụ gia để đáp ứng đồng thời các yêu cầu trên và chúng coi gần như độc lập tác dụng với nhau. Nhiều trường hợp phụ gia tăng dẻo, làm dẻo ảnh hưởng gây ra bởi phụ gia ninh kết nhanh, gây giảm cường độ.

3.4. Ảnh hưởng của phụ gia siêu dẻo đến tính chất cơ lý của bê tông

Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của phụ gia siêu dẻo đến các tính chất cơ lý của bê tông, người ta tiến hành một số thí nghiệm với mẫu không và có phụ gia. Yêu cầu cường độ bê tông $R_3 = 0,7 R_b$, $R_7 = 0,85R_b$.

3.4.1. Thí nghiệm

Mẫu thử được chế tạo theo nguyên tắc lượng xi măng dùng không thay đổi, thay đổi tỷ lệ N/X và dùng phụ gia siêu dẻo.

- Vật liệu:

+ Xi măng Poóc lăng PC40 ($R_x = 400$).

+ Phụ gia Sikament R4, theo tiêu chuẩn C494 – 81 loại G, với liều lượng 1lít/100 xi măng. Có đặc điểm màu nâu xẫm, tỷ trọng 1,139 kg/l.

+ Cốt liệu thô (đá): đá vôi nghiền, đường kính lớn nhất: 20 mm với thành phần và đường cong cấp phối cho theo bảng 3.2, hình 3.1.

+ Cốt liệu mịn (cát): cát sông tự nhiên, với thành phần và đường cong cấp phối cho ở bảng 3.3, hình 3.2.

+ Nước: nước máy sinh hoạt.

- Mẫu thử 1: Không có phụ gia (mẫu K), với 360 kg xi măng tỷ lệ N/X = 0,06. Độ sụt yêu cầu 5 cm.

- Mẫu thử 2: Mẫu không có phụ gia loại Sikament loại R4, liều lượng 1/100 kg xi măng (mẫu C), với 360 kg xi măng tỷ lệ $N/X = 0,48$ (bột nước 20%).

- Mẫu thử 4: Thiết kế theo TCVN có phụ gia, độ sụt từ 10 – 12 cm xác định cấp phối hạt và các chỉ tiêu khác theo tiêu chuẩn của Mỹ ASTM, bột nước 20% so với mẫu 3 - 6.

Thành phần hạt thô (đá vôi)

Theo tiêu chuẩn ASTM (Mỹ)

Bảng 3.2

Cỡ sàng (MM)	Lượng lọt sàng (%)
25	100,00
19	94,08
12,5	62,45
9,5	62,45
4,75	8,87

Khối lượng riêng: $2,7\text{g/cm}^3$.

Thành phần hạt cát

Bảng 3.3

Cỡ sàng (MM)	Lượng lọt sàng (%)
9,50	100,00
4,75	97,08
2,36	85,66
1,18	62,29
0,30	14,61
0,15	3,22

Khối lượng riêng: $2,61\text{g/cm}^3$.

3.4.2. Kết quả thử nghiệm

Thành phần vật liệu được kiểm tra theo TCVN và ASTM. Kết quả ghi trong bảng 3.2, 3.3, 3.4.

Các kết quả ghi trong bảng 3.4 được thiết kế theo tiêu chuẩn Mỹ (mẫu 1 - 0 và 3 - 0) và TCVN có phụ gia (mẫu 2 và 4), trong hai mẫu này thông thường cho thấy thiết kế theo ASTM cho kết quả lượng đá ít khoảng 10% và lượng cát tăng khoảng 10 - 15%.

Tiến hành đo tốc độ giảm sụt kéo dài độ sụt của các mẫu có phụ gia kéo dài rõ ràng. Trị số độ sụt giảm từ 10 - 12cm. Thời gian giữ độ sụt thủ công 7 - 8cm là 30 - 45 phút. Sau khi trộn bê tông, thời gian này đủ để thi công các dầm cầu dự ứng lực.

Sự phát triển cường độ theo thời gian (bảng 3.7) của mẫu không phụ gia là R_3, R_7, \dots, R_{28} ứng với hệ số: 0,28 - 0,37, 0,6 - 0,7, 0,7 - 0,95; 1 của các mẫu có phụ gia là: 0,71; 0,72; 0,86; 0,96; 1,06; 1,16;

Như vậy cường độ ở tuổi 3 ngày đạt $> 0,6 R$ và 7 ngày $R_7 > 0,85 R$. Tuổi bê tông có ngày thứ 3 đủ để kéo cốt thép dự ứng lực ở tuổi 7 ngày đủ để tiến hành đẩy các đôi dầm theo mô đun 7 ngày. Với yêu cầu $R_6 = 400$ (theo địa hình Việt Nam).

Các quy luật trên được trình bày ở hình 3.4, 3.5, 3.6.

3.4.3. Kiểm tra trên kết cấu đã xây dựng

Các chi tiết thí nghiệm của bê tông siêu dẻo được áp dụng cho thực tế chế tạo các dầm cầu BTCT dự ứng lực của ngành GTVT, các kết quả chế tạo dầm được các Công ty tư vấn nước ngoài đánh giá là đạt chất lượng tốt.

Kết quả đo cường độ và nén mẫu cọc dầm BTCT được ghi trong bảng "Kết quả ép mẫu R_T dầm".

Các số liệu đã được kiểm tra thông qua hệ số C_v .

Hệ số C_v biến đổi trong phạm vi nhỏ hơn 10% như vậy các số liệu trên có đủ tin cậy.

Tốc độ phát triển cường độ theo thời gian 0,8 - 0,85 ở tuổi 7 ngày và cường độ tuổi 28 ngày bao giờ cũng lớn hơn 400kG/cm^2 .

Nhận xét:

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy: bê tông siêu dẻo có độ dẻo sau khi chế tạo là 10 - 20 cm. Độ sụt thi công là 7 - 8 cm. Thời gian giữ độ sụt cao là 30 - 45 phút.

Cường độ bê tông phát triển sớm đủ cường độ tuổi 3 ngày và 7 ngày theo yêu cầu của công nghệ thi công cầu BTCT dự ứng lực nhịp sớm.

Tỷ lệ hỗn hợp

Bảng 3.4

Mẫu	Kí hiệu	Phụ gia	Tỷ lệ hỗn hợp trong bê tông							
			Đ + C/X	C/Đ + C	Đ/Đ + C	N/X	X (kg)	C (kg)	Đ (kg)	N (kg)
1 - O	+	Không phụ gia Độ sụt cao	5,43	0,45	0,55	0,60	360	850	1050	210
2 - P	•	Có phụ gia: Sikament R4 - 1%X	5,43	0,45	0,55	0,48	360	850	1050	172
3 - O	×	TCVN	5,04	0,35	0,65	0,42	370	650	1200	155,5
4 - P	Δ	Có phụ gia	5,04	0,35	0,65	0,38	370	650	1200	140,6

Sự giảm độ sụt theo thời gian

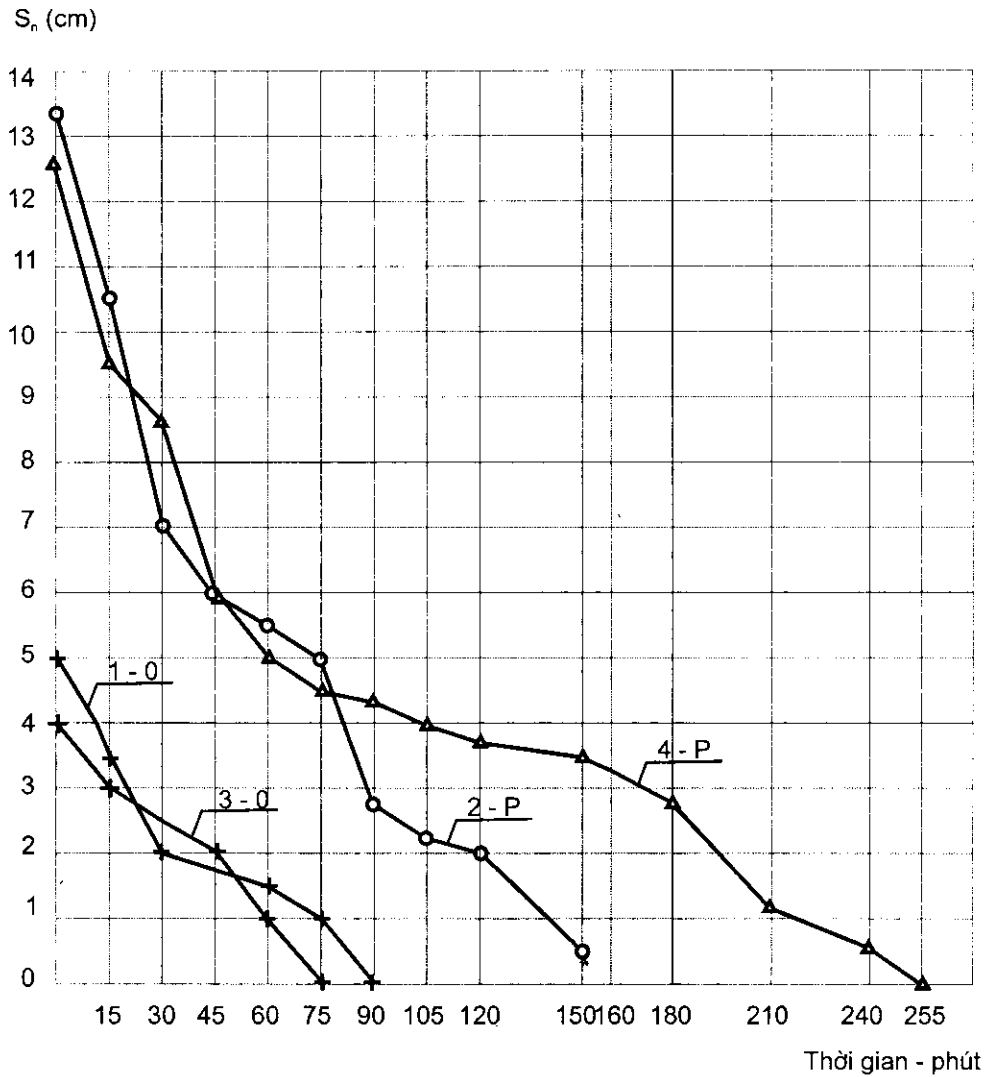
Bảng 3.5

Thời gian trôi qua (phút)	Sự giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)			
	1 - O	2 - R	3 - O	4 - P
0	5,00	13,40	4,00	12,00
15	3,50	10,20	3,00	9,40
30	2,10	7,00	2,50	8,70
45	1,80	6,00	2,00	5,90
60	1,50	5,50	1,00	5,00
75	1,00	5,00	0,00	4,50
90	0,00	2,80		4,30
105		2,30		4,00
120		2,00		3,80
150		0,40		3,50
160		0,00		3,20
180				2,90
210				1,20
240				0,60
255				0,00

Sự phát triển của cường độ theo thời gian

Bảng 3.6

Mẫu	Ký hiệu	Phụ gia	Sự phát triển cường độ của bê tông theo thời gian (kG/cm ²)							
			24h		3 ngày		7 ngày/TB	28 ngày		
1 - O		Không phụ gia	82,00		173,00		238,00		276,00	
			79,00	80	162	171	242	242	289	283
			80,00	0,20	178,00	0,43	245,00	0,60	283,00	0,71
2 - P		Có phụ gia	177,00		261,00		345,00		421,00	
			175,00	175	270	269	350	349	415	425
			174,00	0,44	276,00	0,67	352,00	0,87	439,00	1,06
3 - O		Không phụ gia	145,00		206,00		301,00		380,00	
			152,00	149	215	213	304	305	386	381
			150,00	0,37	219,00	0,53	310,00	0,76	378,00	0,95
4 - P		Có phụ gia	190,00		303,00		385,00		450,00	
			188,00	189	305	303	387	385	456	456
			189,00	0,47	302,00	0,76	382,00	0,96	463,00	1,14



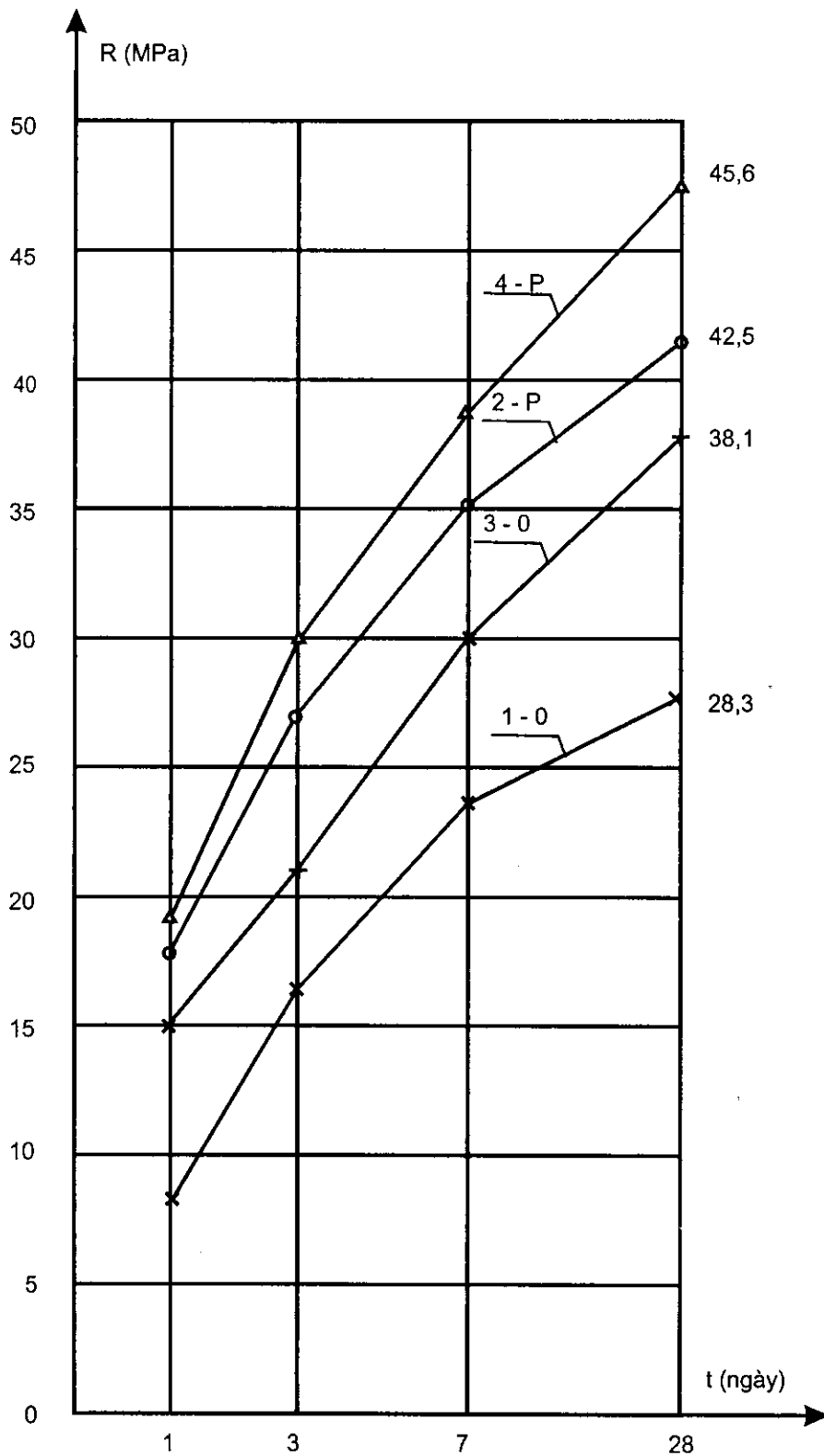
Hình 3.1. Quan hệ S_n và thời gian

Chú ý: - Bê tông không phụ gia ở thời gian 45 chỉ có thể có độ sụt 2 - 3cm.

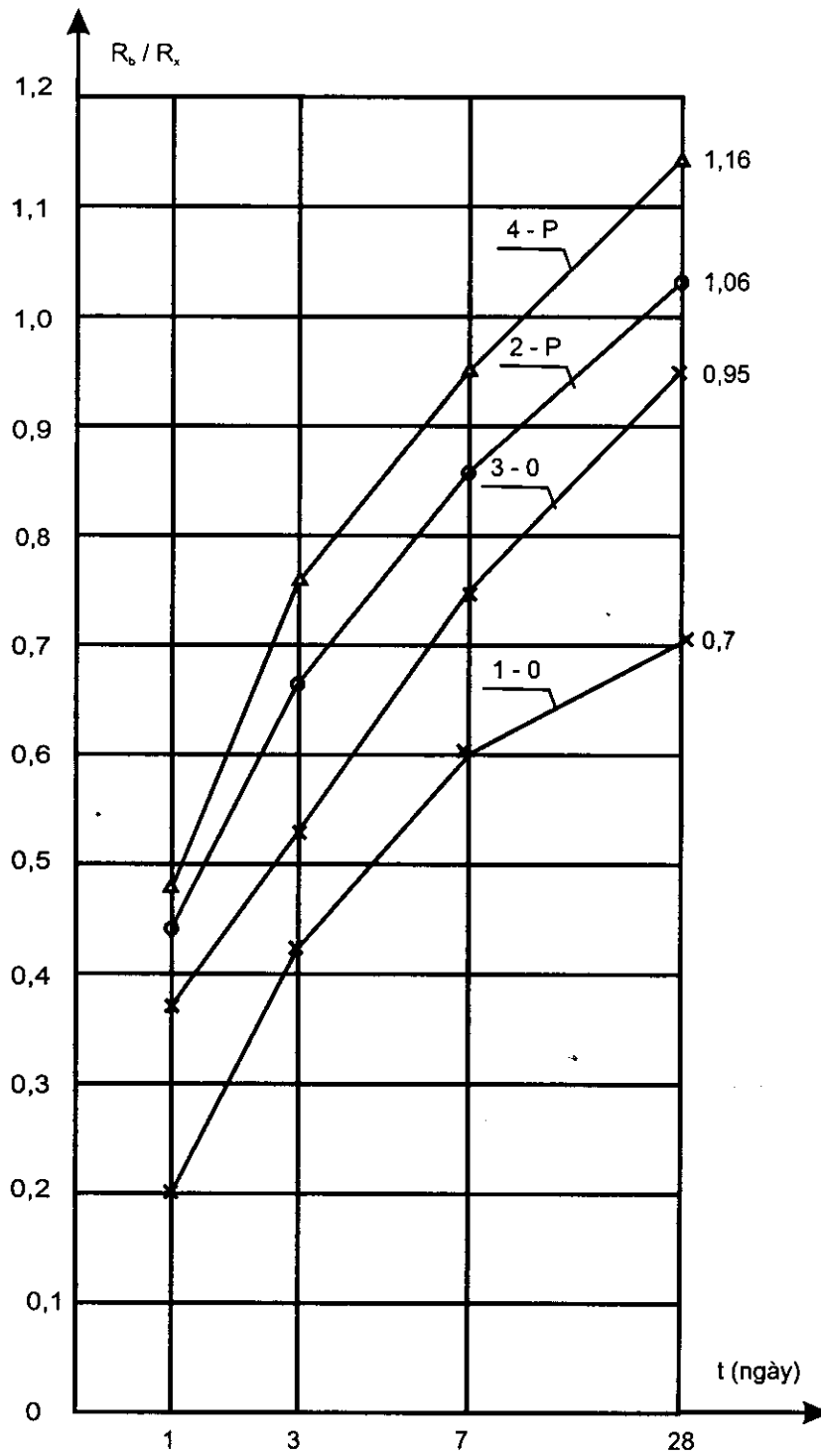
Thi công khó.

- Bê tông có phụ gia siêu dẻo R4 ở 45 phút sau khi trộn có độ sụt từ 7 - 9 cm.

Thi công dễ dàng.



Hình 3.2. Sự biến đổi cường độ với thời gian



Hình 3.3. Sự biến đổi R_b và R_x với thời gian

**Sự phát triển cường độ bê tông dùng xi măng Chính Phong,
Bỉm Sơn và các loại phụ gia**

Bảng 3.7

Loại xi măng	Xi măng Chính Phong (400kg/1m ³)												Xi măng Bỉm Sơn (400/1m ³)															
	0,3				0,6				1				0,3				0,6				1							
Phụ gia(%)	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'				
Ngày	3	7	28	28	3	7	28	28	3	7	28	28	3	7	28	28	3	7	28	28	3	7	28	28	3	7	28	28
Cường độ R	31,9	40,2	48,5										22,4	31,1	41,2						23,7	29,7	37,7	28,6	37,9	52,9		
Sika W					28,8	38,9	44,2		33,8	41,4	49,2														30,7	38,1	47,3	
Sikament R4									30,2	39,1	46,6																	
R555 - MBT	26,3	35,1	39,3	41,2	30,1	41,2	47,5	49,5	32,6	36	49,5		20,4	26,2	36	39,5	23,6	30,5	39,5	28,3	35	45,6						
Mighty 90 RA - KAO	31,1	42,3	48,1	42,9	19,1	39	42,9						22,7	28,4	38,6	11,5	10,4	11,5	38,3									
PA 95 - Cienco 1					29	41,9	46,4	48,7	28,7	37	48,7						22,1	29,6	40	27,9	38,1	49,1						

Mức độ giảm độ sụt

Bảng 3.8

Loại xi măng	Xi măng Chính Phong (400kg/1m ³)												Xi măng Bỉm Sơn (400kg/1m ³)															
	0,3				0,6				1				0,3				0,6				1							
Phụ gia (%)	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'				
Mức độ giảm độ sụt (mm)	130	70											200	125	100	90					190	140	120	100	70			
Plastiment R																												
Sika W					180	150	130	110	70	200	105	95																
Sikament R4									205	140	110	90																
R555 MBT	130	80			210	160	130	100	70	215	140	105	90	200	150	80	190	160	130	110	80	*	190	150	100	60		
Mighty 90 RA - KAO	190	100	80		210	170	135	120	90				*	155	115	100	60	*	210	170	140	110	75					
PA 95 - Cienco 1					130	70			160	50							170	120	100	70	180	90	40					

3.4.4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết thực nghiệm và được kiểm nghiệm trên các đầm BTCT đã chế tạo đề xuất các kết quả sau:

1. Vật liệu

Vật liệu chế tạo theo yêu cầu đặc biệt. Đặc biệt lưu ý bê tông phải gồm 4 thành phần:

- Đá, cát phù hợp với TCVN hoặc các tiêu chuẩn quốc tế khác. Tốt nhất dùng đá dăm, cát có $M_k > 2,5$.

- Xi măng PC 40, PC 50 theo TCVN hoặc loại I theo tiêu chuẩn ASTM.

- Phụ gia siêu dẻo Sika, phemal, có thể dùng phụ gia siêu dẻo do Việt Nam chế tạo, song cần kiểm tra lại độ ổn định của sản phẩm phụ gia. Liều lượng khoảng 1,2 - 2,4 lít cho $1m^3$ theo lượng xi măng sử dụng cho $1m^3$ bê tông.

- Thành phần dẻo bê tông được thiết kế theo TCVN hoặc tiêu chuẩn theo yêu cầu công trình.

2. Công nghệ chế tạo

Chế tạo bê tông theo công nghệ bê tông bình thường. Chỉ lưu ý sử dụng đúng chủng loại và lượng phụ gia thích hợp. Số lượng đầm chấn động chỉ cần 1/4 so với công nghệ cũ, ưu tiên dùng loại đầm có tần số cao.

3. Các đặc tính của bê tông siêu dẻo cường độ cao sớm

- Hỗn hợp bê tông (bê tông tươi):

Độ sụt ban đầu: 10 - 20 cm

Độ sụt thi công: 7 - 8 cm

Tỷ lệ N/X: 0,38 - 0,41

Thời gian thi công: 30 - 45 phút

- Bê tông:

Tốc độ phát triển cường độ $R_3 \geq 0,7 R_b$

$R_7 \geq 0,85 R_b$

$R_{28} \geq 1,1 R_b$

- Với vật liệu Việt Nam có thể đạt cường độ sau:

$R_3 \geq 280 \text{ kG/cm}^2$

$R_7 \geq 350 \text{ kG/cm}^2$

$R_{28} \geq 400 \text{ kG/cm}^2$

4. Phạm vi áp dụng

Loại bê tông siêu dẻo cường độ chịu nén $40 \div 50\text{MPa}$ có thể dùng để chế tạo các dầm bê tông cốt thép dự ứng lực thi công theo công nghệ đẩy hoặc hẫng, thời gian kéo cốt thép sau 3 ngày hoặc 7 ngày.

Lưu ý các công trình cụ thể cần tiến hành các thí nghiệm để kỹ sư tư vấn có số liệu quyết định. Trên cơ sở các nghiên cứu trên khi thay đổi loại phụ gia có thể thử nghiệm lại theo phương pháp trên để đối chứng.

CHƯƠNG 4

BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO

Kể từ khi xuất hiện xi măng, bê tông xi măng, việc sử dụng bê tông vào các công trình xây dựng là phổ biến có hiệu quả về yêu cầu kỹ thuật và kinh tế. Trong các công trình xây dựng giao thông như Cầu - Đường thì bê tông và bê tông cốt thép là vật liệu chính. Trong cầu bê tông cốt thép bê tông là vật liệu để chế tạo dầm cầu, trụ cầu, bản cầu và đường ô tô.

Với dầm cầu thì bê tông có mác 30 MPa với kết cấu bê tông cốt thép thường và khoảng 40 MPa trở lên với kết cấu bê tông dự ứng lực.

Với trụ cầu thì mác bê tông khoảng từ 25 ÷ 30 MPa.

Với kết cấu nhịp cầu thì mác bê tông khoảng từ 30 ÷ 50 MPa.

Với đường ô tô thì mác bê tông có khoảng từ 20 ÷ 50 MPa.

Như vậy hiện nay nước ta đang dùng bê tông có cường độ thấp để xây dựng các công trình lớn (mác tối đa là 70 MPa). Khi áp dụng các bê tông có cường độ cao có thể làm cho kết cấu được giảm nhẹ mà vẫn cho khả năng chịu lực của kết cấu đạt yêu cầu thiết kế và khai thác. Bê tông cường độ cao được ký hiệu là BHP hoặc HPC* được dùng phổ biến ở Mỹ (nhà cao tầng) Nauy, Nhật Bản (công trình biển) Pháp, Đức, Anh, Trung Quốc,... (cầu, đường) và ở Việt Nam cũng đang nghiên cứu và áp dụng.

Bê tông cường độ cao ngày càng được sử dụng phổ biến, đó là một thế hệ mới nhất của các vật liệu tạo ra kết cấu mới. Người ta gọi theo quy ước bê tông có cường độ cao là bê tông có cường độ nén ở 28 ngày $\geq 60 \div 100$ MPa. Trong thực tế nó tạo ra một gam bê tông mới có thể làm được trên công trường với cốt liệu thông thường và vữa chất kết dính được cải thiện bằng cách dùng một vài sản phẩm tốt như chất siêu dẻo và muội Silíc. Loại bê tông mới này tạo ra cơ sở cho các kết cấu cầu, đường, nhà kiểu mới ra đời.

Dưới đây trình bày một cách tổng quan về các vật liệu này, đi từ logic công thức bê tông và gắn các tính chất cơ bản với cấu trúc của chúng, thảo luận một vài vấn đề mới, một vài ý dựa theo các kết quả của các thí nghiệm mới đây. Sau đó

* BHP - BETONS A HAUTER PERFORMANCES;

* HPC - HIGH PERFORMANCE CONCRETES.

nêu một vài dự định có triển vọng về các việc áp dụng bê tông cường độ cao trong các lĩnh vực các công trình cầu đường. Về chất lượng bê tông cường độ cao có chất lượng cao hơn bê tông thường về cường độ và độ bền lâu. Bê tông cường độ cao có giá thành khoảng 1,65 - 2 lần so với bê tông thường.

4.1. Tổng quan về bê tông cường độ cao

4.1.1. Nguyên tắc phối hợp thành phần của bê tông cường độ cao

Trong thực tế bê tông cần có độ đặc rất cao, vì đó là đặc điểm chính của cấu tạo bê tông. Ý kiến đầu tiên của vật liệu bê tông là cố gắng tái tạo lại một khối đá đi từ các loại cốt liệu. Độ đặc chắc của hỗn hợp như vậy được tạo nên sẽ được điều hoà bởi dải cấp phối của nó, nghĩa là phụ thuộc vào độ lớn cực đại của cốt liệu. Các hạt lớn, tùy theo yêu cầu cần sử dụng có giới hạn, thông thường kích cỡ của cốt liệu lớn khoảng 10 – 25 mm. Các kích cỡ nhỏ do đặc tính vật lý bề mặt gây nên sự vón tụ tự nhiên của các hạt xi măng. Sự vón tụ của các hạt xi măng càng ít thì chất lượng của bê tông càng cao (về độ dẻo, cường độ...).

Khi xi măng gặp nước, nó thuỷ hóa từ ngoài vào trong hạt xi măng tạo ra một lớp màng bao bọc lấy hạt xi măng, làm giảm tốc độ thuỷ hoá của các hạt xi măng. Đồng thời do hiện tượng vật lý bề mặt gây ra vón tụ của các hạt xi măng, tạo ra các cục xi măng lớn mà chỉ có ở lớp ngoài mới được thuỷ hoá, còn bên trong do bị lớp đá thuỷ hoá bao bọc nên không thuỷ hoá được, làm giảm chất lượng của bê tông. Từ đó người ta nghĩ đến một sản phẩm siêu mịn, ít có phản ứng hoá học để bổ sung vào thành phần của bê tông. Lượng hạt này sẽ tiến tới lấp đầy các chỗ trống mà các hạt xi măng không lọt vào được, đồng thời với kích thước nhỏ hơn hạt xi măng rất nhiều nó bao bọc xung quanh các hạt xi măng và với đặc tính không tác dụng với nước nó sẽ là lớp ngăn cách không cho các hạt xi măng vón tụ lại với nhau.

Muội Silíc (Mocrosilica) là một sản phẩm phụ của công nghiệp luyện kim, là sản phẩm đáp ứng được yêu cầu trên.

Ngoài ra, để hạn chế tỷ lệ rỗng trong bê tông thì tỷ lệ N/X hợp lý cũng là một vấn đề quan trọng. Nếu lượng nước trong bê tông mà lớn thì lượng nước thừa sau khi thuỷ hoá sẽ bay hơi để lại các lỗ rỗng. Do đó, để thu được một loại bê tông chất lượng cao người ta hạn chế tỷ lệ N/X nhỏ hơn 0,35. Tất nhiên với tỷ lệ N/X thấp tức là tỷ lệ X/N cao dễ dàng đạt được cường độ cao. Nhưng khi đó tính công tác của bê tông sẽ thấp. Để giải quyết độ sụt của bê tông đạt từ 10 - 15 cm thì ta phải cho vào bê tông một loại phụ gia siêu dẻo.

Như vậy bê tông cường độ cao là loại bê tông vừa có chất lượng cao, độ sụt lớn dựa trên cơ sở sử dụng muội Silíc và các chất siêu dẻo.

Thành phần tổng quát của bê tông cường độ cao sẽ là:

Lượng dùng xi măng có thể biến đổi trong khoảng từ 400 - 550 kg/m³; liều lượng muối Silíc trong khoảng từ 5 - 15% trọng lượng xi măng; tỷ lệ N/X khoảng 0,25 - 0,35; tỷ lệ chất siêu dẻo từ 1 - 1,2 lít/100kg xi măng.

4.1.2. Tác dụng của phụ gia siêu dẻo

Đó là sản phẩm được chia thành 3 họ lớn là: các Naptalen Sunfonat và các nhựa Melamin, Poli cacboncilate. Chúng làm cho các hạt nhỏ trong bê tông không vón lại (xi măng và các chất siêu mịn) bằng cách hút bám xung quanh từng hạt mịn. Do đó chúng làm triệt tiêu được các lực hút để hình thành cục vón các hạt nhỏ. Hoạt động này có tác dụng làm cho hồ xi măng dẻo hơn. Và như vậy người ta có thể giảm tỷ lệ N/X mà vẫn giữ được tính dễ đổ tốt.

Trong thực tế việc sử dụng chất làm tăng độ dẻo đã dẫn đến giảm tỷ lệ N/X mà giới hạn dưới của nó vào khoảng 0,25. Khi đó cùng một loại xi măng có cường độ là 50 MPa và hệ số cỡ hạt $K = 4,91$ dự đoán cường độ theo biểu thức của Feret cho cường độ bê tông vào khoảng 78 MPa. Với xi măng PC 30 có thể dự đoán mác bê tông đạt 60 MPa.

4.1.3. Hoạt động của muối Silíc trong bê tông

1- Tác dụng của muối Silíc

Là sản phẩm phụ của công nghệ sản xuất Silíc, là một chất siêu mịn được sử dụng rộng rãi nhất, với kích thước từ 0,1µm đến vài µm, muối Silíc có tác dụng kép về mặt vật lý và hoá học. Đầu tiên nó có tác dụng lấp đầy bằng cách xen vào giữa các hạt xi măng, cho phép làm giảm lượng nước mà tính dễ đổ vẫn như nhau. Sau đó chúng có tính chất Pozoolan bằng cách tác dụng với vôi có trong xi măng. Để đảm bảo không có sự vón tụ muối Silíc khi trộn chất này vào trong bê tông, ta cần sử dụng cả chất tăng dẻo và chất làm chậm đông cứng.

2- Muối Silíc cải thiện chất lượng bê tông thông qua 2 cơ chế hoạt động cơ bản sau:

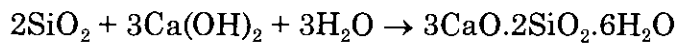
Cơ sở phản ứng Pozoolan và tác động lấp đầy các vi lỗ rỗng mà các hạt xi măng không vào được (lỗ rỗng gel của hồ xi măng) do đường kính hạt muối Silíc chỉ khoảng 0,1µm - 0,05µm.

Khi xi măng Poóc lăng (Portland) tác dụng với H₂O hình thành 2 sản phẩm chính là CaO.2SiO₂.3H₂O (Canxi Silicat hydrat) và Ca(OH)₂ (canxi hiđrôxit).



Sản phẩm chính CSH là chất kết dính mạnh có tác dụng liên kết các thành phần của bê tông thành một khối. Sản phẩm yếu hơn CH không tham gia vào việc liên kết các cốt liệu nhưng lại chiếm một thể tích rất lớn trong khối bê tông (Chiếm khoảng 1/4 sản phẩm Hydrat). Mặt khác CH còn có phản ứng với CO₂ tạo thành một loại muối tan và thoát ra ngoài bê tông gây ra các lỗ rỗng, đồng thời nó tạo ra môi trường kiềm hay ăn mòn cốt thép trong bê tông.

Khi có muối Silíc, nhờ có phản ứng Pozoolan, SiO₂ tác dụng với CH tạo thêm ra sản phẩm CSH làm tăng thêm sự dính kết và làm giảm nhân tố gây ăn mòn.



Là sản phẩm siêu mịn (cỡ hạt trung bình vào khoảng 0,10 μm, bằng 1/100 cỡ hạt xi măng). Muối Silíc bao quanh các hạt xi măng, lấp đầy các lỗ vi rỗng mà các hạt xi măng không lọt vào được. Do đó khối bê tông trở nên đặc chắc hơn, hình thành một môi trường gần như liên tục và đồng nhất, làm tăng khả năng chịu lực và độ bền của bê tông (đặc biệt là độ bền nước và độ bền nước biển).

Định lý Feret khi có tính đến sự đóng góp của muối Silíc vào cường độ của bê tông thì cần phải có sự thay đổi. Hiệu quả về mặt hoá học của muối Silíc phụ thuộc vào lượng vôi tự do của bê tông, như vậy là phụ thuộc vào lượng xi măng. Vậy ta cần phải đưa thêm số hạng S/X (Silíc/XM) vào biểu thức cường độ qua một hàm số φ (S/X) nào đó.

Lúc này, định lý Feret cải tiến có dạng là:

$$f_c = \frac{k \times R_c}{1 + \rho \times \frac{V_v + V_e}{c \times \left[1 + \varphi \left(\frac{S}{X} \right) \right]}}$$

trong đó: k- Hệ số cấp phối hạt;

R_c- Mác thực của xi măng;

ρ- Khối lượng thể tích xi măng;

V_v và V_e lần lượt là thể tích lỗ rỗng và thể tích nước;

X- Lượng xi măng;

C- Lượng cát.

Hàm số φ (S/X) được tính theo công thức sau:

$$\phi (S/X) = 0,4 [1 - \exp (-11 S/X)]$$

Ngoài ra, chất phụ gia siêu dẻo cũng có một tác dụng giảm nước lớn tạo ra hiệu quả tăng cường độ bê tông.

Như vậy, chất hoá dẻo làm tăng độ dẻo bê tông mà không tăng tỷ lệ N/X hoặc những rủi ro phân lớp, khống chế độ sụt của bê tông lâu dài, không phản tác dụng với cường độ của bê tông.

4.2. Các đặc tính của bê tông Microsilica cường độ cao

4.2.1. Hoạt động ở trạng thái còn ướt - tính dễ đổ

Mặc dù lượng dùng nước thấp hơn nhiều so với thông thường nhưng loại bê tông này luôn có độ sụt còn Abram vào khoảng 20cm khi ra khỏi máy trộn. Sự tách li các hạt được cho phép bởi chất siêu dẻo, từ đó ta thu được một loại bê tông chảy dưới tác dụng của trọng lượng với mức độ phụ thuộc vào độ nhớt của hỗn hợp. Để giữ tính dễ đổ trong thời gian dài có thể dùng thêm chất làm chậm ninh kết tùy theo yêu cầu sử dụng. Ngoài ra người ta nhận thấy rằng ở bê tông dùng muối Silic không có hiện tượng tách nước và phân tầng như ở bê tông thường. Điều đó được giải thích bằng tỉ lệ N/X thấp và sự có mặt của các hạt cực mịn trong bê tông cho phép bê tông ổn định ở trạng thái ướt. Do đó bê tông đảm bảo được độ đặc và độ đồng nhất của bộ xương cốt liệu, nó giúp cho bê tông có cường độ ngay khi còn ướt, biên dạng co ngót, từ biến thấp.

4.2.2. Cường độ chịu nén

Đây là tính chất quan trọng nhất của bê tông. Với các loại bê tông thông thường cường độ nén tối đa chỉ đạt 50 MPa, nhưng với liều lượng muối Silic phù hợp thì cường độ bê tông có thể tăng lên gấp đôi. Thực tế hiện nay, với các loại cốt liệu tốt cùng với một liều lượng muối Silic hợp lí thì cường độ bê tông có thể tăng lên rất nhiều (có thể đạt tới cường độ trên 140 MPa).

Sự tăng cường độ trong bê tông chất lượng cao nhanh hơn nhiều so với bê tông thường. Cường độ chịu kéo cũng cao hơn nhưng thấp hơn tỷ lệ thông thường, tức là R_k có thể đạt 40 - 60 daN/cm².

Bê tông cường độ cao được dùng rất nhiều ở Bắc Mỹ cho nhà cao tầng; Ở Pháp cho cầu đường có quy mô lớn; Ở Úc và Nhật cho hầm và cầu lớn. Mác bê tông cường độ cao từ 70 MPa cho nhà 50 - 70 tầng; Mác 60 - 80 MPa cho cầu và hầm.

Nhược điểm chính của loại bê tông này là giá thành tăng so với bê tông thường khoảng 10 - 20 USD/m³ bê tông.

Trên cơ sở xi măng Việt Nam PC 30 và Chình Phong PC 40, cốt liệu đá dăm, cát sông, bê tông có mác 60 - 70 MPa trên cơ sở công nghệ thông thường đã được chế tạo tại trường Đại học Giao thông Vận tải Việt Nam.

4.3. Giới thiệu về muối Silíc và phụ gia siêu dẻo

4.3.1. Muối Silíc

Mô tả: Muối Silíc là một chất bột Silíc khô rất mịn được làm chặt, được chỉ định dùng để làm tăng cường độ nén và uốn của bê tông, tăng độ bền mài mòn của nước.

Tác dụng: Muối Silíc cải thiện phẩm chất của bê tông thông qua hai cơ chế:

Các hạt Microsilica có khả năng lấp đầy các vi lỗ rỗng giữa các hạt xi măng tạo nên một cấu trúc có độ thấm nước nhỏ hơn.

Ngoài ra microsilica phản ứng với Hidrôxit Canxi tự do ở bên trong bê tông để tạo ra thêm Silicat Canxi thủy hoá (dạng keo), tạo ra sự dính kết chặt chẽ hơn giữa hồ và cốt liệu.

Các áp dụng tiêu biểu: Muối Silíc có thể được dùng để chế tạo bê tông có cường độ cao (đến 80 MPa) và bê tông cường độ rất cao (đến 150MPa) bằng vật liệu có sẵn ở địa phương và bằng các công nghệ đang dùng. Nó cũng có thể được dùng trong bê tông đúc sẵn và bê tông ứng suất trước có yêu cầu cường độ ban đầu cao. Việc dùng Microsilica cũng cho phép sản xuất ra bê tông có độ kín cao hơn và độ thấm nước giảm đi nhiều khi so với hỗn hợp thông thường. Độ thấm giảm đi là rất có lợi trong việc làm chậm sự xâm nhập của Clo ở nơi có ăn mòn cốt thép (Bản mặt cầu và công trình bê tông trong môi trường biển...). Muối Silíc cũng tăng cường độ bền của bê tông chống xâm thực hoá học và mài mòn của nước.

Lợi ích:

- Cường độ tăng đáng kể ở tất cả các tuổi.
- Giảm độ thấm nước do hình thành các lỗ không hội tụ trong bê tông.
- Độ bền tăng lên.
- Độ kín nước được cải thiện.
- Độ bền chống mài mòn của nước cao hơn.
- Độ bền chống sunphát tăng và trị số thấm Clorit (PCPT) vào bê tông nhỏ (dưới 1.000 coulombs).

Tỉ lệ pha trộn: Tỉ lệ pha trộn phải tính bằng phần trăm Microsilica trên trọng lượng của xi măng hoặc bằng số kg trên một m³ bê tông. Phạm vi thích hợp và tiêu biểu của tỉ lệ pha trộn là khoảng 5-15% Microsilica theo khối lượng xi măng.

Để chế tạo bê tông cường độ nén thấp hơn 60MPa có thể dùng tro nhẹ, meta cao lanh hoặc tro trấu. Các loại phụ gia trên có thể dùng độc lập hoặc dùng kết hợp 2 hoặc 3 khoáng siêu mịn tùy theo yêu cầu về tính chất và giá thành. Thông

thường là sử dụng kết hợp giữa MS và tro nhẹ.

Dưới đây giới thiệu một số phụ gia bê tông đang được sử dụng hiện nay:

• **FORCE 10.000D**

PHỤ GIA BÊ TÔNG CHẤT LƯỢNG CAO

Lợi ích:

Cường độ tăng nhiều ở tất cả các tuổi.

Độ thấm giảm đi.

Độ bền tăng lên.

Độ kín nước được cải thiện.

Độ bền chống mài mòn của nước cao hơn.

Độ bền chống sunphát và A.S.R lớn hơn.

1. Mô tả:

Force 10.000D là một chất bột mịn Silic khô được làm chặt, được chỉ định dùng để tăng cường độ chịu nén và uốn của bê tông, tăng độ bền mài mòn.

2. Thuật ngữ:

Microsilic (Microsilica) được hiểu là muội Silic (Silic fume). Chất bột làm chặt cũng là chất bột được đầm chặt. FORCE 10.000D là một sản phẩm Microsilic khô được làm chặt. Tác dụng của hai chất đó đối với các tính chất bê tông là tương đương.

3. Tác dụng:

FORCE 10.000D cải thiện phẩm chất của bê tông thông qua hai cơ chế. Các hạt Microsilic cực nhỏ có khả năng lấp đầy các vi lỗ rỗng giữa các hạt xi măng, tạo nên một cấu trúc có độ thấm nước nhỏ hơn. Ngoài ra, Microsilic phản ứng với Hydrôxit Canxi tự do ở bên trong bê tông để tạo ra thêm Silicat Canxi thủy hoá (dạng keo) tạo ra sự dính kết chặt chẽ hơn giữa hồ và cốt liệu.

4. Các áp dụng tiêu biểu:

FORCE 10.000D có thể được sử dụng để chế tạo thường xuyên bê tông có cường độ bằng 600 daN/m^2 và cao hơn trong hầu hết các trường hợp bằng vật liệu có sẵn ở địa phương và bằng các phương pháp đang dùng. Nó cũng có thể được dùng trong bê tông đúc sẵn và bê tông ứng suất trước có yêu cầu cường độ ban đầu cao. Việc pha FORCE 10.000D cũng sản xuất ra bê tông có độ kín cao hơn và độ thấm nước giảm đi nhiều, khi so sánh với hỗn hợp thông thường. Độ thấm giảm đi là rất có lợi trong việc làm chậm sự xâm nhập của Clo ở nơi nào có ăn mòn cốt thép, ví dụ như gara đỗ ô tô, bản cầu và bê tông trong môi trường biển. FORCE

10.000D cũng tăng cường độ, độ bền của bê tông chống xâm thực hoá học và mài mòn của nước.

5. Số liệu về chất lượng:

Thông tin chi tiết và các số liệu thử về chất lượng của FORCE 10.000D trong các áp dụng và sử dụng khác nhau được nêu trong bản tin kỹ thuật của Grace về phụ gia này.

6. Sự tương hợp với các phụ gia khác.

FORCE 10.000D tương hợp với tất cả các chất cuốn khí, các phụ gia giảm nước, phụ gia siêu dẻo, phụ gia làm chậm ninh kết và chất ức chế ăn mòn DCI. Chỉ có chất tăng nhanh ninh kết không chứa Clo, như Daraset mới có thể được dùng với bê tông pha FORCE 10.000D. Tất cả các phụ gia phải được pha vào một cách riêng rẽ, để đảm bảo phẩm chất của chúng đã được nêu. Nên trộn các hỗn hợp thử và thử trước bê tông để tìm được tỷ lệ pha trộn tối ưu và bảo đảm chất lượng cao nhất.

7. Quy định đối với phụ gia Microsilic:

Bê tông phải được thiết kế theo phương pháp thiết kế thành phần hỗn hợp được thừa nhận như "Thiết kế hỗn hợp bê tông thường" của tổ chức nghiên cứu xây dựng, hoặc quy định về việc lựa chọn thành phần bê tông (ACI 211.1-85). Microsilic phải là FORCE 10.000D như được sản xuất bởi W.R.Grace & Co, hoặc được chứng tỏ là tương đương. Nó phải được sử dụng theo đúng các lời khuyên của nhà sản xuất. Tỷ lệ pha trộn của FORCE 10.000D được quy định theo giá trị đạt được của các kết quả trộn thử đối với vật liệu bê tông được đề nghị.

8. Loại quy định:

Phù hợp với các yêu cầu của ASTM C-311.

9. Tỷ lệ pha trộn:

Tỷ lệ pha trộn FORCE 10.000D sẽ đổi dựa trên các yêu cầu của việc áp dụng. Tỷ lệ pha trộn phải tính bằng phần trăm Microsilic trên trọng lượng của xi măng hoặc bằng số kg trên một mét khối bê tông, như phạm vi thích hợp và tiêu biểu của tỷ lệ pha trộn bằng 5 ÷ 15% Microsilic theo khối lượng xi măng. Nếu không được quy định thì tham khảo ý kiến của người đại diện của Grace đối với nhu cầu công việc đặc biệt của người sử dụng.

10. Phương pháp dùng:

Hỗn hợp bê tông:

FORCE 10.000D có thể được sử dụng ở trung tâm sản xuất bê tông hoặc máy trộn di động. FORCE 10.000D phải được sử dụng phối hợp với phụ gia giảm nước

(cả hai loại tăng dẻo thường và siêu dẻo như được chấp nhận bởi ASTM), để đảm bảo tính dễ đổ của hỗn hợp.

FORCE 10.000D không ảnh hưởng đến thời gian ninh kết của bê tông. Khi mong muốn kéo dài thời gian giữ độ sụt để vận chuyển và hoàn thiện v.v... có thể dùng FORCE 10.000D với một chất siêu dẻo kéo dài độ sụt loại G theo ASTM C494 như Daracem 100 được sản xuất bởi W.R.Grace & Co, hoặc một chất tương đương được chấp nhận.

Hoàn thiện và bảo dưỡng các tấm:

Bê tông có pha phụ gia FORCE 10.000D có thể được dùng trong các kết cấu phẳng hay có thay đổi một chút hoặc không thay đổi với quy trình kiến nghị được nêu trong ACU 302 "Hướng dẫn thi công sàn và tấm bằng bê tông".

Phụ gia FORCE 10.000D sẽ làm giảm sự tiết nước trên mặt bê tông trong phạm vi áp dụng lớn. Phải làm theo ACI 308 "Quy trình chuẩn về bảo dưỡng bê tông" để đảm bảo rằng bất cứ sự cố nào có thể xảy ra do độ tiết nước giảm đi sẽ là ít nhất. Người đại diện của Grace sẵn sàng xem xét nhu cầu công tác đặc biệt của người sử dụng.

Chế tạo hỗn hợp thử trước khi xây dựng:

Các hỗn hợp như trên được chế tạo từ một vài tuần trước khi bắt đầu xây dựng. Việc đó sẽ cho người sản xuất cơ hội để xác định quá trình tự trộn thích hợp và số lượng các phụ gia khác cần thiết để giao hỗn hợp bê tông theo yêu cầu cho công trường. Hỗn hợp thử cũng giúp xác định xem tổ hợp vật liệu bê tông và quy trình xây dựng có cho phép bê tông thoả mãn chất lượng quy định không. Kinh nghiệm rộng rãi của Grace về sản phẩm này có thể giúp người sản xuất bê tông giao được sản phẩm đạt yêu cầu, bất kể thành phần của hỗn hợp là bao nhiêu.

Cất giữ và phân phối:

FORCE 10.000D rời có thể được cất giữ trong silô chứa xi măng, Silô phải hoàn toàn sạch, không có tạp chất còn sót lại làm bẩn Silô. Ống dẫn lên Silô để dỡ tải ở các xe xitéc cũng sạch và không bị tắc. Các đường ống bằng kim loại cứng chắc có đường kính nhỏ (4ft) với nhiều góc (đặc biệt là góc vuông) sẽ kéo dài thời gian dỡ tải. Các ống cao su mềm được lót phẳng có đường kính lớn (6ft) cho thời gian dỡ tải nhỏ nhất. Sự phân phối FORCE 10.000D rời được tiến hành theo cùng cách thức được dùng cho xi măng. Quy trình thường dùng là cho phụ gia rơi từ silô vào thùng cân. FORCE 10.000D đóng trong bao tải phải được cất giữ ở nơi khô ráo, được bảo vệ. Sự phân phối thủ công bằng cách xé rách bao là phương pháp thông thường. Phải dùng mặt nạ đơn giản để che bụi khi phân phối sản phẩm đóng bao. FORCE 10.000D không được coi là nguy hiểm cho sức khoẻ.

Đóng bao:

FORCE 10.000D được đóng sẵn trong bao 25kg. Việc giao phụ gia rời cũng có thể được thực hiện theo các yêu cầu lớn.

• MB-SF

PHỤ GIA CÓ CHẤT KHOÁNG OXÍT SILÍC SIÊU MỊN

1. Đặc tính:

MB-SF là phụ gia có chất khoáng oxít silíc siêu mịn, nén chặt và khô dùng để sản xuất bê tông chất lượng đặc biệt. Nó cải thiện tính đông cứng của bê tông theo hai hướng. Trước hết, MB-SF là chất Pozoolan khi phản ứng hoá học với các thành phần trong bê tông sẽ làm tăng số lượng thành phần gel hydrat silicat canxi, vì vậy làm tăng cường độ và tính chặt của bê tông. Thứ hai, MB-SF là chất khoáng siêu mịn, khi được cho vào bê tông sẽ lấp đầy mọi khoảng hở giữa các thành phần xi măng và làm tăng mật độ cũng như ngăn nước cho bê tông.

2. Công dụng:

MB-SF giúp cho việc sản xuất bê tông với những tính chất đặc biệt sau:

- Tăng cường độ bền vững lâu dài.
- Cường độ nén cao đồng đều.
- Bảo vệ bê tông chống lại sự ăn mòn.
- Cường độ uốn cao hơn.
- Chống lại sự co giãn thường xuyên.

3. Sử dụng cho:

Tính giảm thấm của bê tông MB-SF ngăn chặn sự xâm nhập của nước, muối sunphát và các chất xâm thực sẽ bảo vệ bê tông và cốt thép chống lại sự ăn mòn và các chất có hại. Điều này làm cho MB-SF trở thành một chất lý tưởng cho kết cấu móng, tầng hầm đậu xe, trụ cầu, công trình biển và mọi kết cấu đòi hỏi sự chống thấm cho bê tông.

Do tính chất giãn nở và lấp các lỗ rỗng trong bê tông MB-SF cũng sẽ cung cấp một cường độ nén rất cao cho bê tông, tăng độ dẻo nên có thể giảm kích thước cấu kiện, tăng chiều dài nhịp và cải thiện yếu tố kinh tế cho mọi công trình.

Như các ưu điểm trên, MB-SF cũng cải thiện chất lượng cho các loại bê tông đúc sẵn, bê tông ứng suất trước và bê tông trộn sẵn.

MB-SF có thể được sử dụng với các loại xi măng Poóc lăng theo tiêu chuẩn

ASTM, AASHTO hoặc CRD. Nó cũng được sử dụng chung với các loại phụ gia giảm nước mức độ cao như phụ gia Rheobuild của MBT.

4. Liều dùng:

MB-SF được sử dụng với tỷ lệ 3 ÷ 10% theo lượng xi măng phụ thuộc vào yêu cầu tăng cường độ hoặc chống thấm, liều lượng chính xác cho yêu cầu cường độ được xác định bằng thí nghiệm thực tế.

Khi dùng cho bê tông dẻo, sử dụng liều lượng 3 ÷ 5% theo trọng lượng xi măng. Liều lượng trên sử dụng cho hầu hết các hỗn hợp bê tông trộn bình thường. Tuy nhiên, sự thay đổi điều kiện công việc hoặc vật liệu dùng nằm ngoài giới hạn trên, trong trường hợp đó hãy liên lạc với đại diện MBT tại địa phương.

5. Hướng dẫn sử dụng:

MB-SF được tồn tại các trạm trộn tương tự như xi măng hay các vật liệu gốc xi măng khác. MB-SF được đề nghị sử dụng cùng với các chất phụ gia giảm được mức độ cao của MBT để đạt được khả năng làm việc tốt nhất khi vẫn duy trì tỷ lệ N/X thấp như mong muốn.

6. Mức độ đông cứng:

Thời gian đông kết của bê tông phụ thuộc nhiều vào tính chất hoá học và vật lý của các chất có trong bê tông, nhiệt độ bê tông, điều kiện khí hậu và việc sử dụng các phụ gia hoá học. Nên trộn thử với các vật liệu thực tế để quyết định liều lượng tối ưu.

7. Đóng gói:

MB-SF đựng trong bao 20kg.

• SIKACRETE -PPI

PHỤ GIA BÊ TÔNG GỐC SILICAFUME

1. Mô tả:

Sikacrete - PPI là loại phụ gia bê tông thế hệ mới dạng bột, dựa trên công nghệ kỹ thuật Silicafume.

2. Ứng dụng:

Sikacrete - PPI được sử dụng để tăng độ đặc chắc, tuổi thọ và cường độ nén của bê tông.

3. Đặc điểm tính chất:

Sikacrete - PPI chứa SiO₂, hoạt tính có tác dụng làm tăng thành phần thủy hoá của xi măng trong quá trình ninh kết.

Sử dụng Sikacrete - PPI cải thiện các tính chất của bê tông như:

- Tăng tính thi công trong một thời gian dài.
- Hỗn hợp bê tông đồng đều hơn.
- Tăng cao tuổi thọ của bê tông.
- Tính bền sunphát cao.
- Tăng tính kháng Cacbonát hoá.
- Giảm thiểu số ăn mòn của Clo.
- Tăng cường độ ban đầu và cường độ sau cùng cho bê tông.

Sikacrete - PPI không chứa Clo hoặc các thành phần ăn mòn khác. Do đó nó có thể dùng rất an toàn cho bê tông cốt thép và bê tông dự ứng lực.

4. Dữ liệu kỹ thuật

- Thành phần: Thành phần thuỷ hoá Polime cải tiến kết hợp với các hoạt chất.
- Dạng: Bột màu xám đậm.
- Tỷ trọng khô: $\gamma = 0,6 \div 0,8 \text{ kg/L}$.
- Tồn trữ: Bảo quản trong điều kiện khô ráo, trong bao niêm kín, không bị rách. Sản phẩm sẽ lưu giữ ít nhất một năm. Sikacrete - PPI không bị ảnh hưởng bởi sương giá.
- Đóng gói: 20 kg/bao.
- Tính độc hại: Sản phẩm được Ủy ban An toàn và Sức khoẻ Thủy Sản xác nhận không độc hại.

5. Chuẩn bị cho mẻ trộn:

Liều lượng: Nên sử dụng liều lượng Sikacrete - PPI là 5-10% theo trọng lượng xi măng. Đối với bê tông thường: 1 bao Sikacrete - PPI (20 kg) cho 1m^3 bê tông.

Chuẩn bị cho mẻ trộn bê tông: Sikacrete - PPI được thêm vào các thành phần khô của mẻ trộn tại trạm trộn trước khi cho nước vào. Nên trộn khoảng 90 giây để đảm bảo Sikacrete - PPI được phân tán đều khắp. Lượng nước trộn nên được điều chỉnh theo liều lượng Sikacrete - PPI và độ dẻo yêu cầu. Nếu cần thiết có thể dùng kết hợp trong mẻ trộn những loại phụ gia bê tông khác (Fro V5, Sika Retarder, Sika Anti Freeze).

- Lưu ý quan trọng: Trong điều kiện thường, dùng đúng loại cốt liệu, liều lượng 10kg Sikacrete - PPI 100kg xi măng đủ đảm bảo kháng với băng giá, thay

đổi thời tiết. Đối với cát xấu, nên thêm Fro V5 phụ gia tạo bọt vào mẻ trộn và trộn thủ trước khi sử dụng đại trà.

- Đổ bê tông và bảo dưỡng: Bê tông sử dụng Sikacrete phải được đổ và thi công giống như mọi bê tông thông thường khác có độ dẻo, độ sụt từ trung bình đến cao. Nơi nào sử dụng Sikacrete - PPI thì hỗn hợp bê tông phải được chuẩn bị và đổ đúng theo những quy phạm thi công thông thường và phải có phương pháp bảo dưỡng đúng mức ngay sau khi đổ bê tông.

Sikacrete - PPI là loại sản phẩm được chế tạo cho mục đích sử dụng bê tông đặc biệt. Nên liên hệ Phòng kỹ thuật cho những ứng dụng cụ thể.

4.3.2. Phụ gia siêu dẻo

1. Sikament - 520

Mô tả: R4 là một chất siêu hoá dẻo có tác dụng làm chậm việc đông cứng, dùng cho sản phẩm bê tông chảy ở khí hậu nóng và cũng là tác nhân giảm nước tạo cường độ sớm, được chế tạo theo ASTM C494 nhóm G.

Ưu điểm: 520 cung cấp một số các tính chất sau:

- Như một chất hoá dẻo: có hiệu quả cao mà không gây ra những rui ro phân lớp, khống chế độ sụt của bê tông lâu dài, không gây tác dụng phụ với chất lượng của bê tông. Khối lượng riêng từ 1,2 - 1,22 g/cm³.

- Như là một chất giảm nước: cường độ của bê tông tăng sớm một cách đáng kể, giảm nước đến 30%.

Đặc biệt thích ứng với khí hậu nóng, tránh được sự xâm nhập của không khí, không bị co ngót, nâng cao chất lượng bề mặt, tăng độ chống thấm.

Liều lượng: 0,8 - 2,6% theo trọng lượng của 100 kg xi măng. Liều lượng thích hợp phụ thuộc vào chất lượng, tính chất của xi măng, tỷ lệ N/X và nhiệt độ của môi trường. Với xi măng PC40, tỷ lệ N/X = 0,45, liều lượng 1,21/100kg, độ sụt 18-20cm sau 45 phút là 14-16cm. Cường độ 7 ngày 45 MPa, 28 ngày 55 MPa mẫu hình trụ.

2. Sika Viscocrete - 3400 - phụ gia giảm nước cực cao và kéo dài ninh kết cho bê tông

Sika Viscocrete - 3400 có công thức phù hợp với ASTM C 494 loại G.

Sản phẩm Sika Viscocrete - 3400 là chất siêu hoá dẻo gốc Polyme thế hệ thứ 3 có hiệu quả kéo dài ninh kết cho bê tông trong khí hậu nóng.

Sika Viscocrete - 3400 thích hợp để sản xuất bê tông tại chỗ cũng như trộn sẵn cho các loại bê tông có tỷ lệ N/X thấp, bê tông chất lượng cao, bê tông tự đầm và bê

tông phun. Liều lượng sử dụng từ 0,5 - 1 lít/100kg XM. Độ dẻo của bê tông có thể kéo dài đến 2 giờ. Phụ gia sử dụng tốt ở nhiệt độ 5°C - 30°C trong thời gian 12 tháng.

Các thí nghiệm sử dụng phụ gia Sika Viscocrete - 3400 với lượng vật liệu: X = 470kg, N = 150lít, Đ = 1050kg, C = 740kg, phụ gia 0,7lít/100kg XM Nghi Sơn PC40, Xuân Mai PC40, Bút Sơn PC40 cho độ sụt từ 18-21cm, độ sụt sau 60 phút còn 10-15cm. Cường độ bê tông mẫu lập phương ở tuổi 3 ngày từ 40-60MPa, tuổi 7 ngày 57-72MPa, tuổi 28 ngày 69-80MPa.

Các thí nghiệm tại Trường Đại học Giao thông vận tải với cát vàng sông Lô có MK = 2,68, XM Nghi Sơn PC40 cũng cho các kết quả tương tự. Loại phụ gia trên là phụ gia ngoại nhập nên có giá thành còn cao.

Ngoài các phụ gia trên còn có thể sử dụng các phụ gia siêu dẻo chế tạo trong nước cũng cho các kết quả tương tự.

4.4. Thiết kế thành phần bê tông theo phương pháp ACI

4.4.1. Phương pháp chung

- Chọn độ sụt nếu không cho trước thì có thể chọn theo bảng 5.5.
- Thông thường $D_{max} = 25$ nếu $R_b \leq 60$ MPa còn $R_b \geq 60$ MPa thì $D_{max} = 10mm - 12,5mm$.
- Xác định lượng nước N: tra bảng 5.6.
- Xác định tỷ lệ N/X: tra bảng 5.7. Ở đây X = lượng xi măng + muối Silic.
- Xác định lượng xi măng X: $X = N / (N/X)$. Giả định hàm lượng muối Silic: $S = 8 - 10\%X$. Từ đó xác định lượng xi măng và lượng muối Silic.
- Xác định khối lượng cốt liệu thô Đ: tra bảng 5.8 được thể tích của cốt liệu thô (V_{dc}) đã được đầm chặt để đạt được $\gamma_d = 1,6$ g/cm³.

Tính toán lượng cốt liệu thô Đ (kg):

$$\mathbf{Đ = \gamma_d \cdot V_{dc}, \quad kg}$$

- Xác định lượng cốt liệu mịn theo công thức:

$$\mathbf{C = B - (X + N + Đ), \quad kg}$$

trong đó: B - Khối lượng của bê tông tươi (kg/cm³) được tra từ bảng 5.9.

Lượng cát có thể tính theo lý thuyết thể tích tuyệt đối có xét đến 2% lượng bọt khí có trong bê tông theo công thức sau:

$$\mathbf{C = \left[1000 - \frac{Đ}{\rho_d} - \frac{X}{\rho_x} - \frac{S}{\rho_s} - V_k \right] \cdot \rho_c}$$

trong đó:

ρ_d - Khối lượng riêng của đá;

ρ_x, ρ_s - Khối lượng riêng xi măng và muội Silic;

V_k - Thể tích không khí;

ρ_c - Khối lượng riêng của cát.

4.4.2. Thành phần bê tông đã được chọn theo ACI

Bảng tính toán lượng vật liệu cho 1m³ bê tông

Mẫu	D (kg)	C (kg)	X (kg)	N (kg)	MS (kg)	N/X	D/C	(D+C)/C
0	1100	634	455	227,5	0	0,5	1,73	2,75
1	1100	634	455	170	0	0,38	1,73	2,75
2	1100	634	455	170	36	0,38	1,73	2,75
3	1100	634	455	170	45	0,38	1,73	2,75

4.5. Các nghiên cứu thực nghiệm và kết quả

4.5.1. Vật liệu làm mẫu

- Xi măng PC 30 và PC 40.

- Cát:

Bảng cấp phối cát

Đường kính mắt sàng (mm)	5	2,5	1,25	0,65	0,315	0,14	< 0,14
a_i	0	285	491	488	327	177	50
a_i %	0	15,7	27,0	26,8	17,9	9,7	2,9
A_i %	0	15,7	42,7	69,5	87,4	97,1	1000
TCVN	0	0 - 20	15 - 45	35 - 70	70 - 90	90 - 100	

$$M_k = \frac{15,7 + 42,7 + 69,5 + 87,4 + 97,1}{100} = 3,1$$

$$G = 1818 \text{ g}$$

- Đá dăm:

Bảng cấp phối đá dăm

Đường kính mắt sàng (mm)	40	20	10	5
a_i %	0	47,5	43,4	9,1
A_i	0	47,5	90,9	100

$$D_{\max} = 40 \text{ mm}$$

$$1/2 D_{\max} = 20$$

$$G = 4 \text{ kg}$$

4.5.2. Thành phần vật liệu (cho mỗi 3 mẫu)

Mẫu	Thành phần				MS (kg)	Phụ gia (lít)
	Đ (kg)	C (kg)	X (kg)	N (lít)		
0	12,1	6,97	4,95	2,48	0	0
1	12,1	6,97	4,95	1,88	0	0,06
2	12,1	6,97	4,95	1,88	0,396	0,06
3	12,1	6,97	4,95	1,88	0,743	0,06

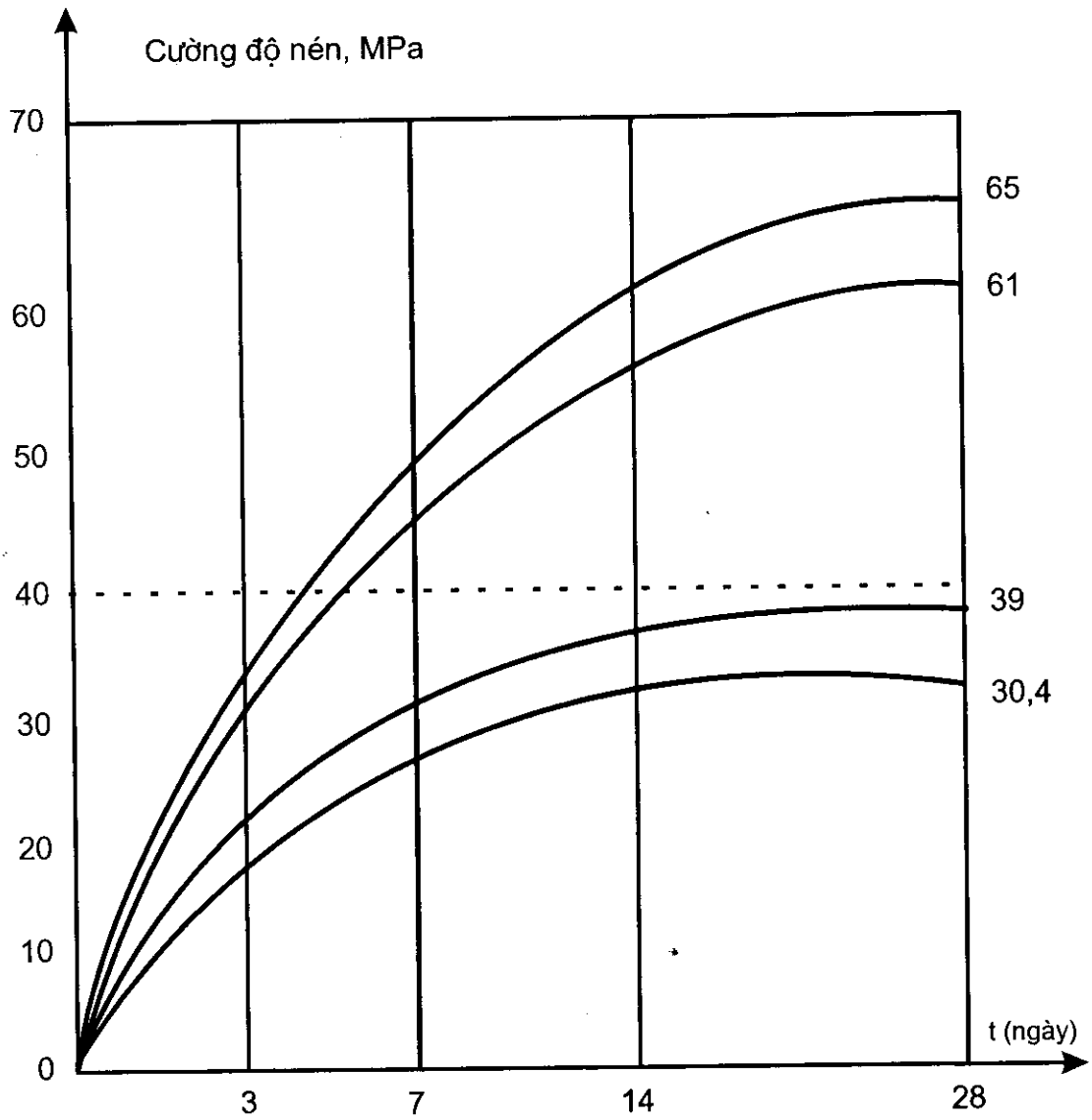
$$\gamma_0 = 2,3350$$

4.5.3. Kết quả

Thời gian (ngày)	Cường độ nén (MPa)			
	Mẫu thường	Mẫu 0% MS	Mẫu 8% MS	Mẫu 10% MS
	(0)	(1)	(2)	(3)
3	15,1	20,2	33,1	31,5
7	19,7	26,7	46,2	42,6
14	24,1	30,0	57,2	53,0
28	30,4	39	65,0	61,0

	Mẫu 0	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
Độ sụt (cm)	2	16	8	14
Mô đun đàn hồi E_{dh} (kG/cm ²)	346715	381231	443686	436650

4.5.4. Sự phát triển cường độ theo thời gian



Hình 4.1

4.6. Nhận xét kết quả

Với xi măng PC 30, vật liệu Việt Nam (cát, đá, nước), sử dụng chất siêu dẻo R4 hàm lượng 1% so với lượng xi măng, muối Silic 8 ÷ 10% dễ dàng đạt được bê tông ở tuổi 3 ngày khoảng 300; tuổi 7 ngày > 400 và tuổi 28 ngày khoảng 600 daN/m².

Các loại bê tông này không thấm nước, mẫu không nứt nẻ sau 28 ngày, độ sụt khoảng 10 ÷ 12 cm.

Vậy sử dụng bê tông M600 là có triển vọng.

4.7. Bê tông cường độ cao M70

4.7.1. Công thức bê tông cường độ cao M60 - M70

Thành phần của bê tông chất lượng cao (cường độ cao) M70 trên cơ sở vật liệu - xi măng PC40 (Hải Phòng, Hoàng Thạch, Bỉm Sơn).

Cấp phối hạt: cát vàng ($M_K > 2,5$), đá dăm 1×2 cường độ 600 ÷ 700 daN/m², nước sạch 130 ÷ 160 lít/m³BT. Các vật liệu được nhào trộn trong máy thông thường.

Chất phụ gia: sử dụng phụ gia siêu dẻo Daracen 100, Darex Super20 hay Grace, Daratars-40 theo tiêu chuẩn BS 5075 - ASTM C494 loại D, độ sụt đạt 14 ÷ 20cm. Các phụ gia này cho phép giảm nước từ 10 ÷ 15%, giữ độ sụt bê tông giảm chậm, giữ được độ sụt ổn định trong 60 phút. Phụ gia R4 - Sika rất quen thuộc ở Việt Nam cho phép giảm nước khoảng 15%. Độ sụt đạt đến 15cm. Phụ gia Rheo build 561 (Đức) cho phép đạt độ sụt đến 16 ÷ 20cm, thời gian giữ độ sụt đến 90 phút. Hàm lượng các phụ gia trên tùy của các hãng khác nhau xong đều ở mức độ 0,8 ÷ 1,5 lít/100 kg xi măng, trong thành phần đều không có Clo, không gây ăn mòn cốt thép.

Các chất muối Silic: Ở Việt Nam hiện nay có 3 loại muối Silic được bán do các hãng Thụy Sĩ, Mỹ, Đức và giá khoảng 80.000 ÷ 90.000 đồng cho 1kg. Đó là Force 1000D (Mỹ); MB-SF (Đức) và Sika-PPI. Các loại phụ gia này tính chất giống nhau, được chế tạo theo tiêu chuẩn quốc tế, đảm bảo tăng độ chống thấm và cường độ bê tông từ mác 400 đến mác 800 và lớn hơn tùy theo yêu cầu. Hàm lượng dùng từ 5 ÷ 15% lượng xi măng. Các phụ gia trên dạng bột mịn, màu đen, đóng gói 20kg, không sợ tác động môi trường.

4.7.2. Xác định quan hệ giữa tỷ lệ chất siêu dẻo, hàm lượng muối Silic và cường độ bê tông, tỷ lệ X/N khi dùng xi măng PC40

Tỷ lệ X/N có 3 mức: 2,85; 3,22; 3,44.

Tỷ lệ muối Silic là 5%: 8%; 10% và 15% so với lượng xi măng, kg.

Chất siêu dẻo với hàm lượng 1 lít/100 XM; 1,25lít/100XM; 1,5 lít/100XM; với xi măng PC40.

Điều kiện chế tạo: 3 nhóm mẫu thử, mỗi nhóm mẫu thử gồm 9 mẫu được thử nghiệm ở 3, 7, 28 ngày và mẫu đối chứng ký hiệu A_0 .

Thành phần BT: X = 450 kg; C = 660 kg; Đ = 1150 kg, tỷ lệ X/N biến đổi như trên. Như vậy lượng nước sẽ biến đổi từ 160 - 140 - 130 lít/m³BT.

Công thức bê tông và kết quả thử được ghi ở bảng 4.1 và được biểu diễn trên các biểu đồ (hình 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7).

Nhận xét kết quả: Cường độ bê tông tăng khi lượng siêu dẻo tăng do lượng nước dùng ít đi, cường độ được tăng từ 400 lên đến 574 daN/m², tức là khoảng 20 ÷ 25%. Kết hợp với sử dụng muội Silíc cường độ có thể tăng được khoảng từ 500 đến 700 có nghĩa là tăng được khoảng 40%. Theo kinh nghiệm quốc tế thì với PC40 nếu thiết kế hợp lý có thể đạt M800. Như vậy kết quả thí nghiệm trên có thể chấp nhận được.

Hàm lượng muội Silíc dùng từ 5 ÷ 15% cho kết quả bước đầu như sau:

Với hàm lượng 5% cường độ bê tông tăng không cao, khi dùng đến 15% so với lượng xi măng cường độ phát triển không chậm lại.

Vì vậy hàm lượng muội silíc chỉ nên dùng từ 8 ÷ 10% theo lượng xi măng là hợp lý.

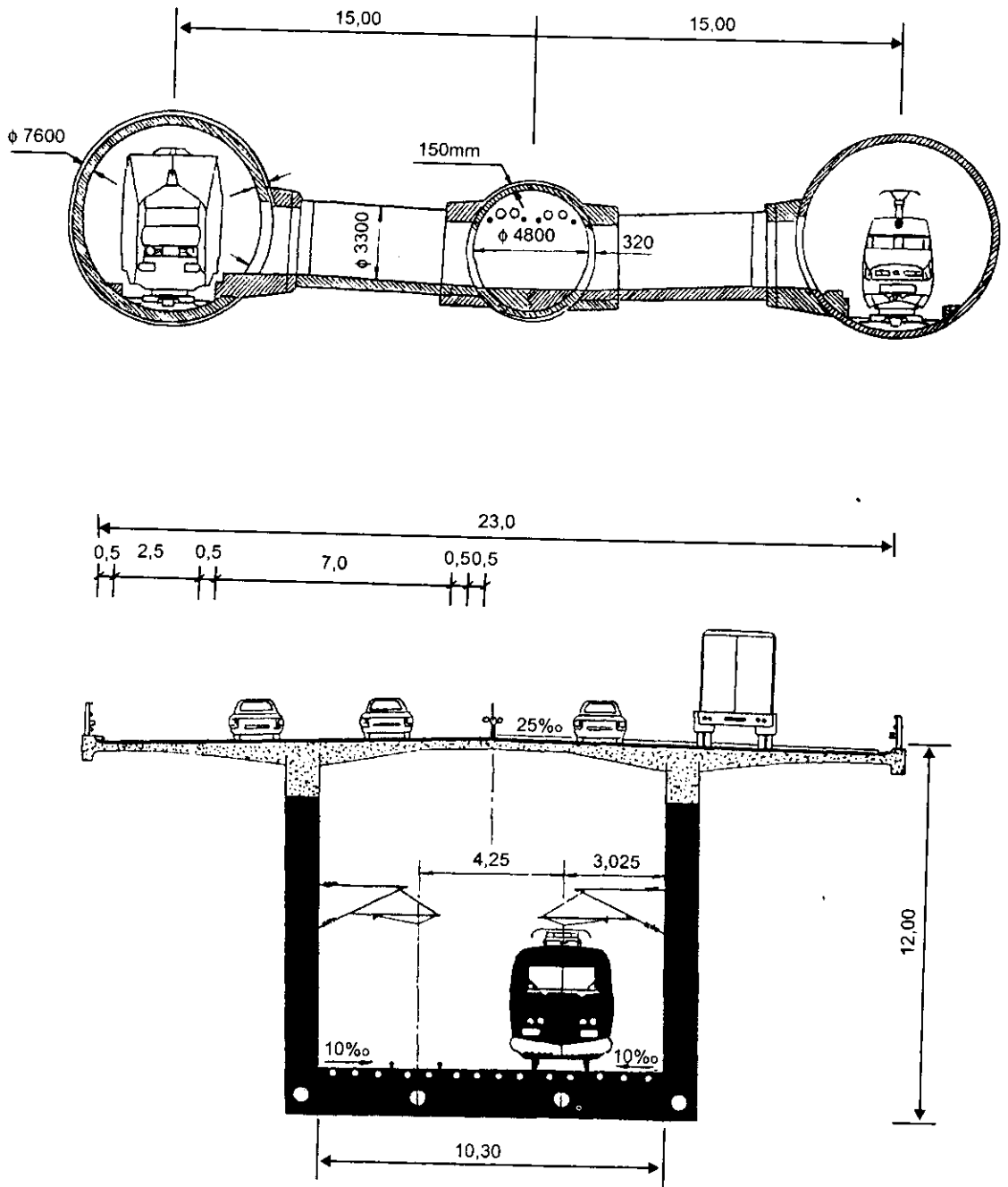
Với xi măng PC40 cốt liệu Việt Nam, lượng Silíc 8 ÷ 10%, công nghệ thông thường có thể đạt được mác bê tông theo cường độ nén mẫu lập phương là 700 daN/m².

4.8. Áp dụng thử nghiệm trong công trình

Với công thức bê tông nêu trên đã áp dụng vào công trình cầu bản BTCT dự ứng lực có chiều cao thấp với yêu cầu mác bê tông đạt 500 daN/cm² ở tuổi 3 ngày và yêu cầu $R_{28} \geq 600$ daN/cm².

Các kết quả ép mẫu và đo tại kết cấu cầu cho kết quả khả quan, cường độ bê tông tuổi 3 ngày lớn hơn 500 daN/cm² và tuổi 28 ngày đạt 650 daN/cm².

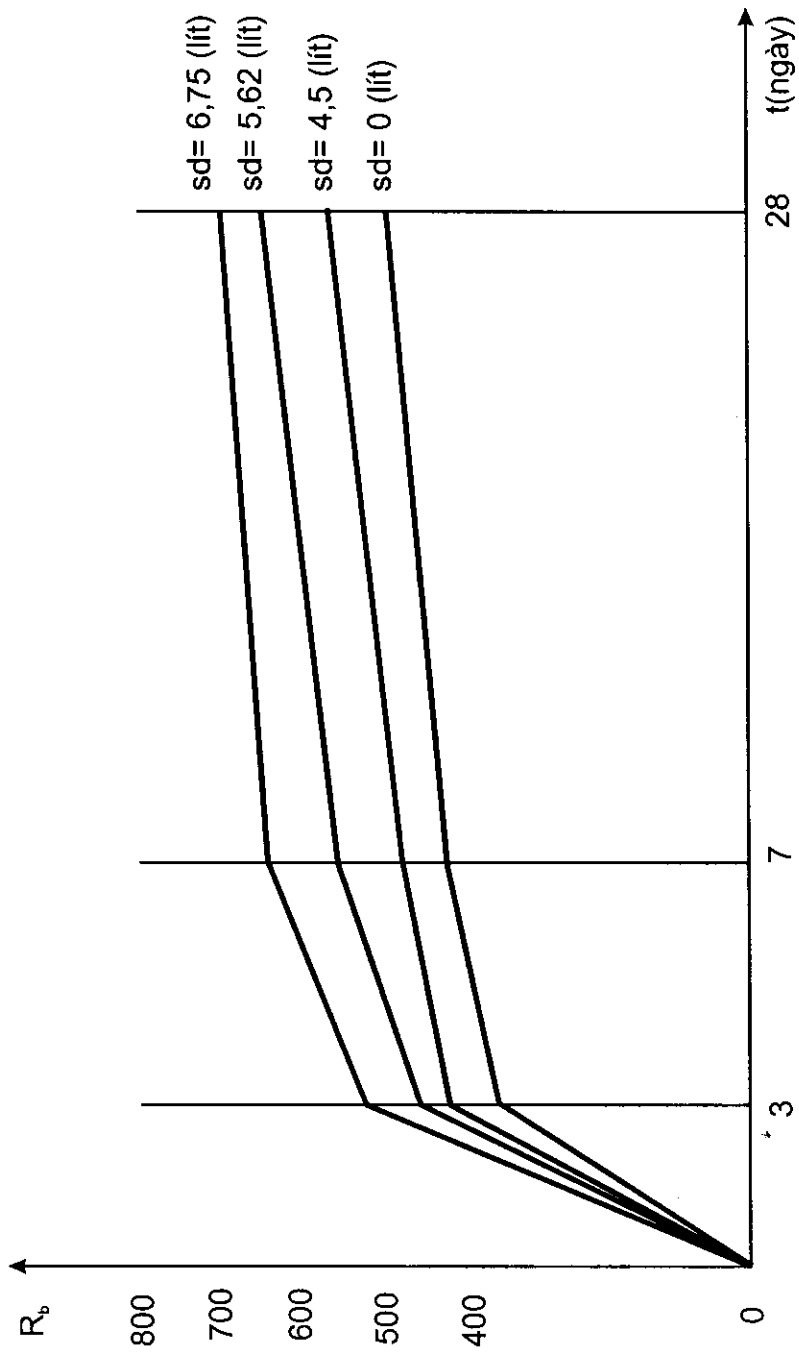
Triển vọng áp dụng bê tông cường độ cao là rất lớn. Ở châu Âu và Mỹ, Nhật, Trung Quốc đã áp dụng có kết quả trong xây dựng nhà, cầu, đường (xem hình 4.2). Ở Việt Nam áp dụng bê tông cường độ đến 60 - 70 trong cầu dây xiên và cầu BTCT dự ứng lực.



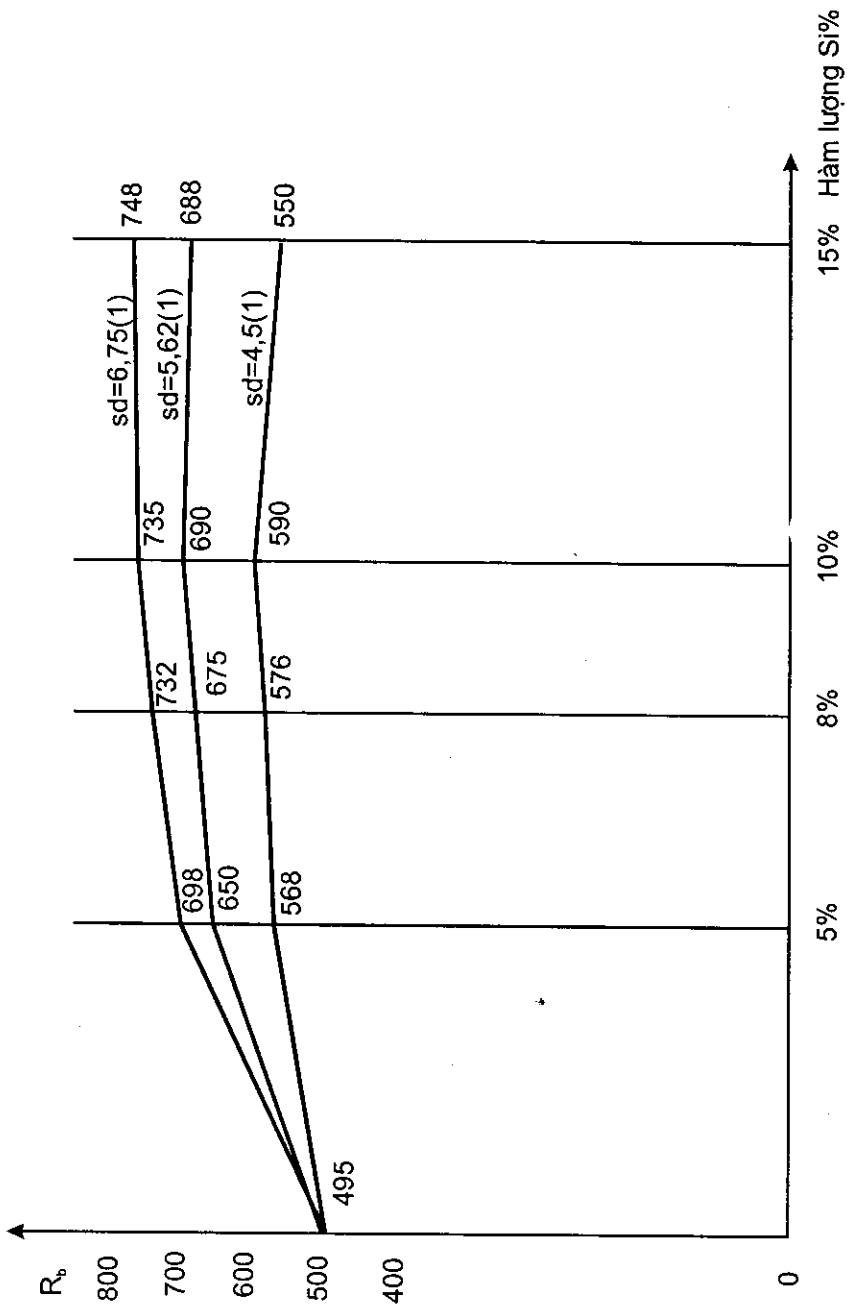
Hình 4.2. Cầu và hầm bằng bê tông cường độ cao

Công thức bê tông với xi măng PC400, $\gamma_b = 2350 - 2400 \text{ kg/m}^3$ **Bảng 4.1**

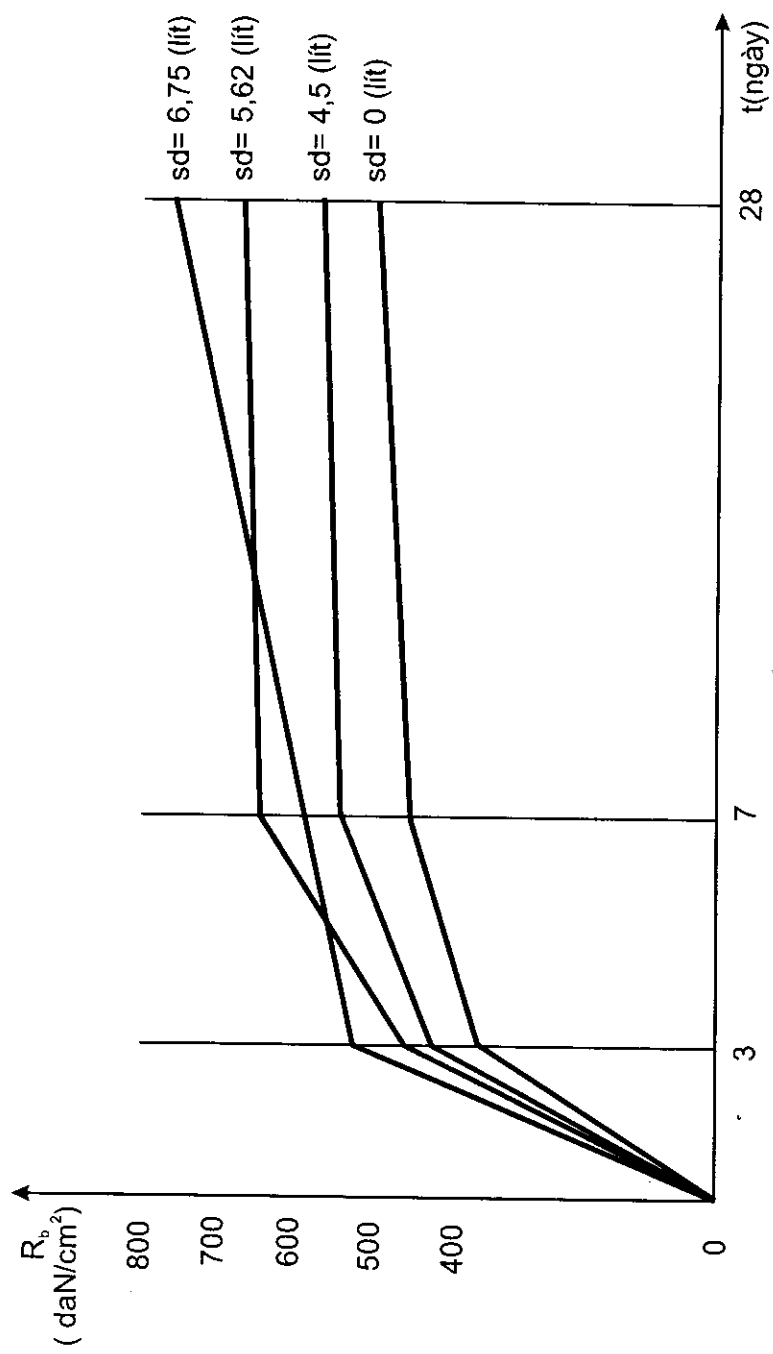
TT	Ký hiệu	N	X	C	D	$\frac{X/N}{X/N}$	Siêu dẻo (lít)	Si $\frac{\text{kg}}{\%}$	R ₃	R ₇	R ₂₈
0	A0	170	450	660	1150	0,35/2,85	4,5	0	375	435	495
1	A1	160	450	660	1150	0,35/2,25	4,5	25,5/5%	430	490	568
2	A2	150	450	660	1150	0,31/3,22	5,62	22,5/5%	459	566	650
3	A3	130	450	660	1150	0,29/3,44	6,75	22,5/5%	510	632	698
4	B4	160	450	660	1150	0,35/2,25	4,5	36/8	440	562	576
5	B2	140	450	660	1150	0,31/3,22	5,62	36/8	525	582	675
6	B3	130	450	660	1150	0,29/3,44	6,75	36/8	498	628	732
7	C1	160	450	660	1150	0,35/2,25	4,5	45/10	407	538	590
8	C2	140	450	660	1150	0,31/3,22	5,62	45/10	470	590	690
9	C3	130	450	660	1150	0,29/3,44	6,75	45/10	505	618	735
10	D1	160	450	660	1150	0,35/2,25	4,5	67,5/15	394	517	550
11	D2	140	450	660	1150	0,31/3,22	5,62	67,5/15	450	580	688
12	D3	130	450	660	1150	0,29/3,44	6,75	67,5/15	465	610	748



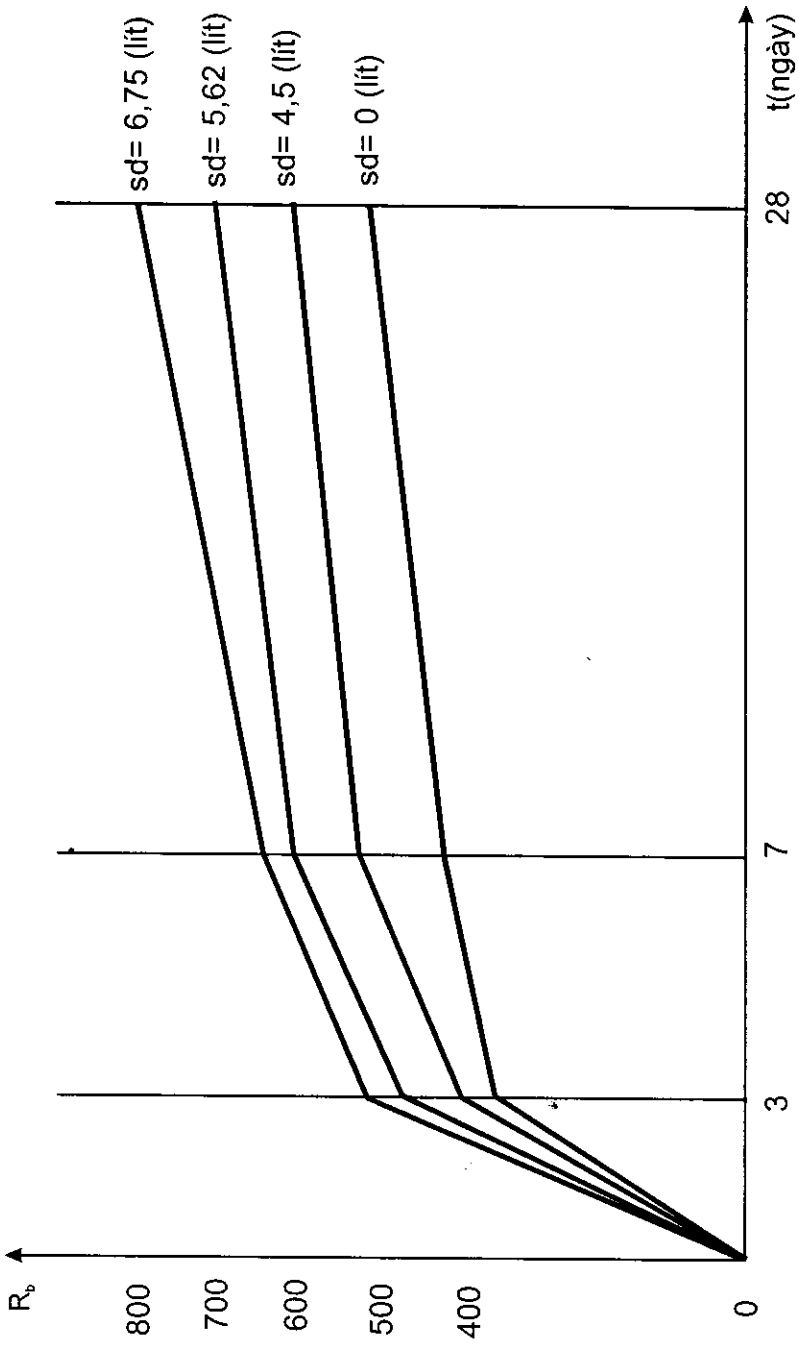
Hình 4.3. Tốc độ phát triển cường độ với hàm lượng Silic = 5%



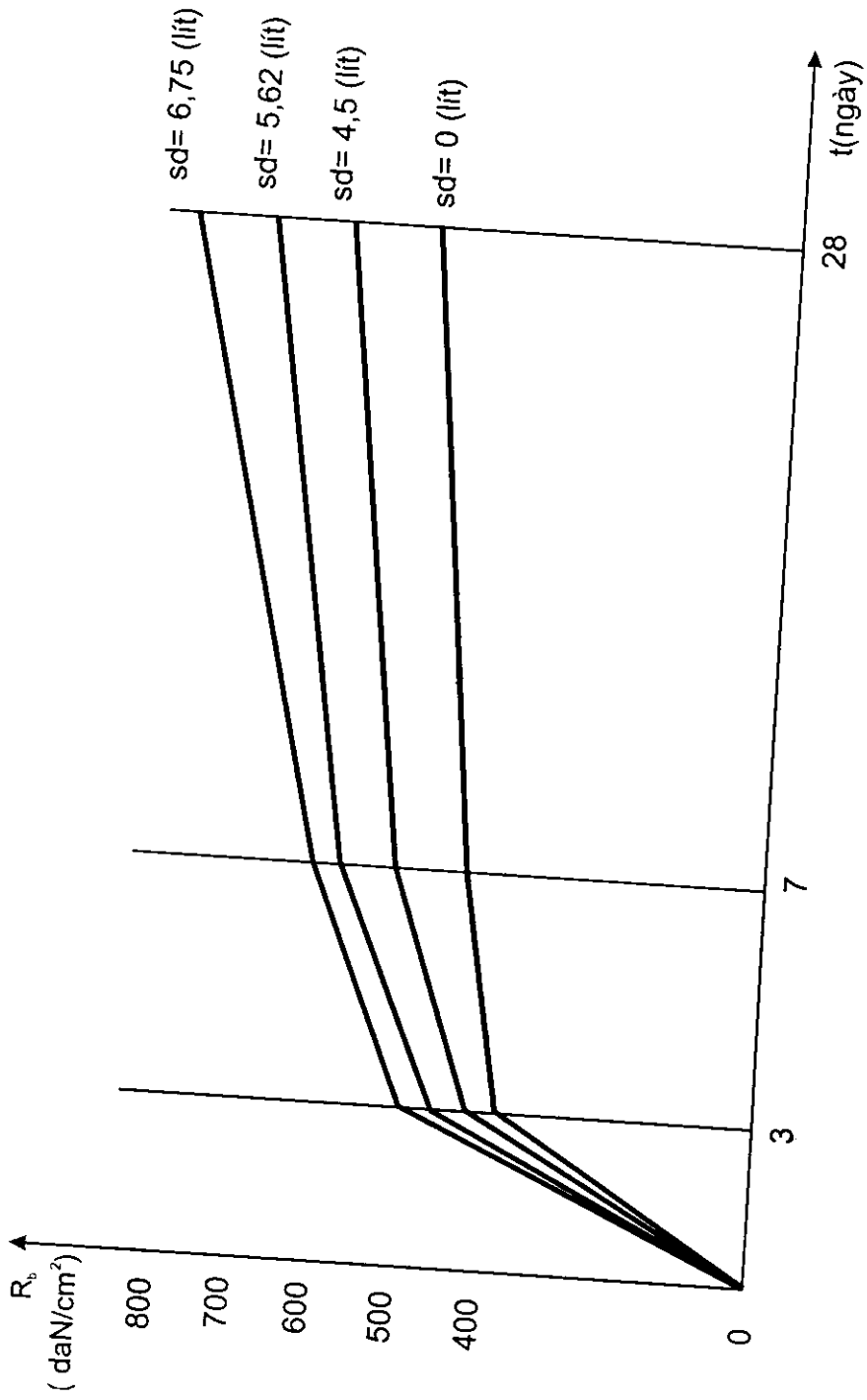
Hình 4.4. Quan hệ giữa hàm lượng chất siêu dẻo, muối Silic và cường độ bê tông



Hình 4.5. Tốc độ phát triển cường độ với hàm lượng Silic = 8%



Hình 4.6. Tốc độ phát triển cường độ với hàm lượng Silíc = 10%



Hình 4.7. Tốc độ phát triển cường độ với hàm lượng Silic = 15%

4.9. Kết quả cường độ thực tế tại thành phố Hồ Chí Minh (Cầu Hoàng Hoa Thám)

Thiết kế thành phần bê tông:

X = 500 kg.

Đ = 1200 kg.

C = 650 kg.

N = 150 lít.

Phụ gia siêu dẻo 5 lít (Rheo Build 1000).

Rheo build 1000 - Muội Silíc 5% theo khối lượng xi măng.

Xi măng Chinh Phong Hải Phòng PC 40.

Mẫu 15 × 15 × 15 cm.

Ngày đúc: 19/3/1999.

Ngày nén:

22/03/1999 (tuổi 3 ngày) cường độ: 511, 502, 516.

Cường độ trung bình: $R_{tb} = 509 \text{ daN/m}^2$.

16/04/1999: cường độ 28 ngày: 644, 648, 644.

Cường độ trung bình: $R_{tb} = 645,9 \text{ daN/m}^2$.

Thành phần cốt liệu: cát Đồng Nai: $M_k = 2,78$; đá Hoá An: $R_{đá} = 700 \text{ daN/m}^2$.

Cấp phối đạt theo TCVN - Hàm lượng hạt dẹt: 11,74.

Khối lượng riêng: 2,62.

Khối lượng đơn vị: 1,5.

Kết luận:

Cường độ trung bình 3 ngày: 509 daN/m^2 .

Cường độ trung bình 28 ngày: 645 daN/m^2 .

4.10. Các nghiên cứu về bê tông cường độ cao có cường độ nén đến 100MPa

Trong năm 2003-2004 tại Trường Đại học Giao thông vận tải đã tiến hành các thử nghiệm bê tông có cường độ nén đến 100MPa từ các vật liệu trong nước, phụ gia siêu dẻo thế hệ 3 muội Silíc, tỷ lệ N/X = 0,24-0,32. Thành phần của bê tông như sau: Đ = 1050 - 1130kg; C = 640 ÷ 740kg; X = 420 ÷ 500kg; MS = 21 ÷ 50kg. Phụ gia Polycarbonilate từ 0,7 ÷ 1 lít/100kgXM (Nghị Sơn PC40).

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng độ sụt từ 21 - 23cm, lượng không khí trong bê tông từ 0,9 - 1,3%. Kết quả thí nghiệm về cường độ nén và môđun đàn hồi ghi ở bảng 4.3.

**Cường độ bê tông thực tế trên các dầm BTCT
dự ứng lực (cầu Hoàng Hoa Thám)**

Bảng 4.2

TT	Ngày đo	R3	R28	Ghi chú
1	20/03/99	510	647	
2	17/04/99	567	672	
3	29/04/99	525	652	
4	29/04/99	512	647	
5	11/05/99	542	658	
6	11/05/99	526	646	
7	22/05/99	537	647	
8	22/05/99	545	656	
9	04/06/99	546	660	
10	04/06/99	546	670	
11	12/06/99	520	650	
12	12/06/99	53	670	
	Đánh giá:	$S_R = 25,33$		
		$C_v = 0,048$	$C_v = 0,052$	
		$R_{tb} = 527$	$R_{tb} = 656$	

Các tính chất của bê tông M100 theo thời gian

Bảng 4.3

	Đơn vị	1 ngày	3 ngày	7 ngày	14 ngày	28 ngày
Cường độ nén	MPa	23	44	65	70	104
Cường độ uốn	MPa					10.1
Mô đun đàn hồi	MPa					53000
Độ thấm Clo	Coulombs					78

Có thể kết luận các bê tông cường độ cao chế tạo tại Việt Nam đạt được cường độ chịu nén từ 70 - 100MPa ở tuổi 28 ngày. Kết quả thí nghiệm về độ bền nước và mức độ thấm Clo đạt yêu cầu (dưới 1000 coulombs).