



Viện khoa học và công nghệ xây dựng giao thông
Trường đại học GTVT
Huuphamduy@gmail.com

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 phần 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 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

CÁC TỪ KHÓA

Phạm Duy Hữu; Vật liệu xây dựng mới; Bê tông cường độ cao; Bê tông chất lượng cao; Cấu trúc của bê tông; Bê tông siêu dẻo; Bê tông asphalt; Vật liệu Polyme; Cốt sợi cacbon; Cốt sợi thủy tinh.



CHƯƠNG 1

CÁC YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI BÊ TÔNG XI MĂNG POÓC 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, 26 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	40x40x130 (250cm ³)	Rung	0.5	-	12	-	30
	35						15		35
	40						20		40
	45				25		25		45
	50								50
	55							-	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 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, cốt liệu thô, độ sụt và trọng lượng gần 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 đó 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 cùng tốc độ bơm 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 $1,3\text{h/lít}$ sunphat 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 hóa 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 bằng đồng 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 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 đó 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 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 đó 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 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 hõnh trụ hoặc hõnh lập phương có kích thước 15cm. Cường độ nén trung bình của ba mẫu thử bờ tưng 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 các 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 trường.

Cường độ bê tông dùng cho công trường 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 độ 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 khụng đúng đắn, mẫu thử đó phải loại bỏ và thử nghiệm cường độ phải lấy cường độ của cốc mẫu cũn 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 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 chân động dùng trong xây dựng đường).

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

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 cần 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 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 với 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 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.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày về các vật liệu thành phần để chế tạo bê tông xi măng;
2. Các yêu cầu của bê tông ở các trạng thái khác nhau.

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 (sỏi, đá). 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_2 , 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 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.

2.1.2. 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 phần 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 phần do màng nước gây tính nhớt cho các hạt (có thể tính nhớt này được bổ sung do tác động của phụ gia) phần 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 thủy 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 thủy 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 phần tử nước kích thích quá trình thủy 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 phần tử nước vào bên trong hạt để thủy 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 thủy 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 thể cân bằng tạm thời làm cho các hạt xít nhau hơn tạo nên thể 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 thủy hoá ảnh hưởng tới hàm lượng hạt xi măng được thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy hoá), phụ gia tác đông, 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 thủy 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 thủy hoá.

- Tạo độ linh động cho các hạt xi măng khi thủy 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 thủy hoá. Lỗ rỗng trong cấu trúc là luôn luôn tồn tại ngay cả khi lượng nước sử dụng là tối thiểu (chỉ cần cho thủy hoá toàn bộ lượng xi măng), lượng lỗ rỗng này sẽ tăng một cách tự nhiên theo mức độ tăng hàm lượng nước ngoài thủy hoá và sự tăng hàm lượng xi măng cũng như kích thước 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 thủy hoá cho

toàn bộ xi măng, giảm lượng bọt khí tạo thành, kích thích phản ứng thủy 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 cùn 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 tối đa và có lỗ rỗng 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 thiết kế với tỷ lệ 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 3 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 thủy 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).

- 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 đường hồ 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 hợp 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 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 hỗn 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_A , 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_t 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 liền 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_j) và cường độ vữa xi măng (R_v). Ta có biểu đồ quan hệ của cường độ bê tông và cường độ dính (R_j) 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 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 thấy các ngày tuổi.

Cường độ chịu uốn:

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

(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 hủy 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 cùng nó chi phối lý luận về việc tăng cường độ của vữa xi măng và cường độ dính. Như vậy để sử dụng điểm mấu chốt 1 và 2 phải dựa 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 (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 dính (R_d), tăng cường độ xi măng (R_v) và tăng tính đồng nhất của bê tông.

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

Cường độ dính 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 dính (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 dính 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 dính không thể phục hồi lại được.

Tính chất nhiệt ẩm của cốt liệu có liên quan tới dự 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 dính giảm). Bản chất của hiện tượng trên là ở chỗ: cốt liệu đá (thường là dạng đá vôi) có tính chất hút nước, 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 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 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_t 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 lỗ 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:

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

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

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 mác 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:

$$1) R_{Tru} = \left[0,77 - \frac{R_m}{R_0} \right] R_{LP} (R_0 = 1000 MPa \approx 10000 kg/cm^2)$$

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

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

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 mỗi 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 mỗi 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- Ckrămtaep.

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

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

R_x - Mác xi măng, daN/cm^2 .

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*: 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 muối 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.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Cấu trúc vi mô của bê tông;
2. Các giai đoạn hình thành cấu trúc và các yếu tố ảnh hưởng;
3. Cường độ của bê tông xi măng và các yếu tố ảnh hưởng đến cường độ.

CHƯƠNG 3

BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO SIÊU DẸO (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÷20cm và trong thành phần có sử dụng phụ gia siêu dẻo tỷ lệ $N/X = 0,4 - 0,35$ có thể đạt được $R = (1 - 1,2) R_x$ và có cường độ sớm (có $R_3 \approx R_{28}$).

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 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 đặt 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 thủy 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 thủy hoá, bao quanh các hạt là lớp nước và quá trình thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy hoá nên thực ra ở tuổi 28 ngày chỉ có khoảng 32 – 40% hạt xi măng đã thủy 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 (HSO₃)...) 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 hấp thụ lên mặt xi măng, nó sẽ kiềm chế tốc độ phản ứng thủy 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 nhưng quá trình đông rắn (như ở sân bay, hải cảng...). Yêu cầu cường độ sớm là rất hợp lý với các cầu 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 bộ 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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, lắng 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 thủy 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 thủy hoá nhưng mang lại hiệu quả tốt hơn cho quá trình chuyển hoá.

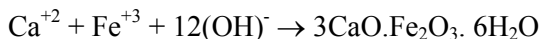
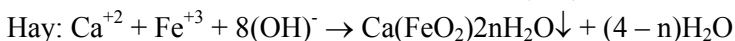
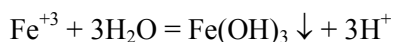
- Tăng độ hoà tan của thành phần CSH lý do là điều này làm giảm ái lực điện giữa các sợi CSH trong dung dịch huyền phù (do các sợi CSH mang điện cùng dấu đẩy nhau). Các nguyên tắc trên có thể xem như là các nguyên tắc xuất hiện pha kết tinh sớm.

Một vấn đề liên quan 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 nhưng 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

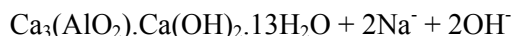
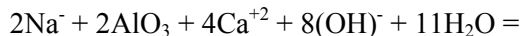
trong dung dịch keo. Tuy nhiên tăng nhiệt độ tới giới hạn để không làm phá vỡ liên kết keo (với hỗn hợp bê tông thường $T_{\max} = 65^{\circ}\text{C}$ và không được tăng đột ngột). Nguyên tắc này được xem như nguyên tắc đẩy mạnh quá trình hoá hoàn toàn sang pha kết tinh. Có thể lấy ví dụ các chất cho theo nguyên tắc làm xuất hiện pha kết tinh sớm.

Theo nguyên tắc đầu tiên, như các chất thạch cao $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Hydro – Aluminat Canxi $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (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 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , AlCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ (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 , $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ tác dụng với $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tạo thành các sản phẩm phức tạp như: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$... 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 .



$(\text{Ca}_3(\text{AlO}_2)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 13\text{H}_2\text{O})$ 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_2^{-2} khi phân gốc axit Silicat $(\text{SiO}_3)^{-3}$ kết hợp với nước tạo nên các gốc axit $(\text{H}_2\text{SiO}_2)^{-2}$; $(\text{H}_3\text{SiO}_4)^{-2}$ tác dụng với $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$... 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 toả nhiệt, tổng lượng nhiệt một phần bị toả 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 phần tử nước và tăng khả năng thâm nhập vào hạt xi măng, lượng xi măng thủy hoá sẽ tăng và nhiệt lượng toả ra nhiều hơn, và kích thích trở lại phản ứng thủy hoá. Nhưng tác động của nhiệt độ tới phản ứng thủy hoá chỉ ở giai đoạn đầu khi màng dịch thể C_3AH_6 chưa dày để kiềm chế phần tử nước. Việc tăng tốc độ phản ứng

thuỷ 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 hoá học, dẫn tới tăng nhiệt lượng trong hỗn hợp (ví dụ: CaCl_2 , FeSO_4) nhưng các chất này chỉ kích thích toả nhiệt trong giai đoạn đầu mà không làm thay đổi tổng nhiệt lượng toả ra.

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

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

- Tăng nhiệt lượng toả ra nhờ sử dụng xi măng: Aluminat (hàm lượng Al_2O_3 chiếm 40%: nhiệt chủ yếu do thuỷ hoá $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ (C_3A) tạo ra).

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

- Tăng thời gian ninh kết nhờ tăng tốc độ thuỷ hoá 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 ninh, 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 400, $R_3 = 0,7R_b$, $R_7 = 0,85R_b$.

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 1 lít/ 100 xi măng. Có đặc điểm màu nâu xám, tỷ trọng 1,139 kg/l.

+ Cốt liệu thô (đá): đá vôi nghiền, đường kính lớn nhất: 20mm 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 = 0,6. Độ sụt yêu cầu 5cm.

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

- Mẫu thử 4: Thiết kế theo TCVN có phụ gia, độ sụt từ 10 – 12cm xác định cấp phối hạt và các chỉ tiêu khác theo tiêu chuẩn của Mỹ ASTM, bớt 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 g/cm³

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: 2,61g/cm³

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 đầm 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 ... 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 $> 0,6R$ và 7 ngày $R_7 > 0,85R$. 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 đầm 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 đầm cầu BTCT dự ứng lực của ngành GTVT, các kết quả chế tạo đầm được các Công ty tư vấn nước ngoài đánh giá là đạt chất lượng tốt.

Kết quả đo cường độ và nén mẫu cọc đầm BTCT được ghi trong bảng “Kết quả ép mẫu R_T đầm”.

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/cm².

Nhận xét:

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy: Bê tông siêu dẻo có độ dẻo sau khi chế tạo là 10-20cm. Độ sụt thi công là 7-8cm. 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

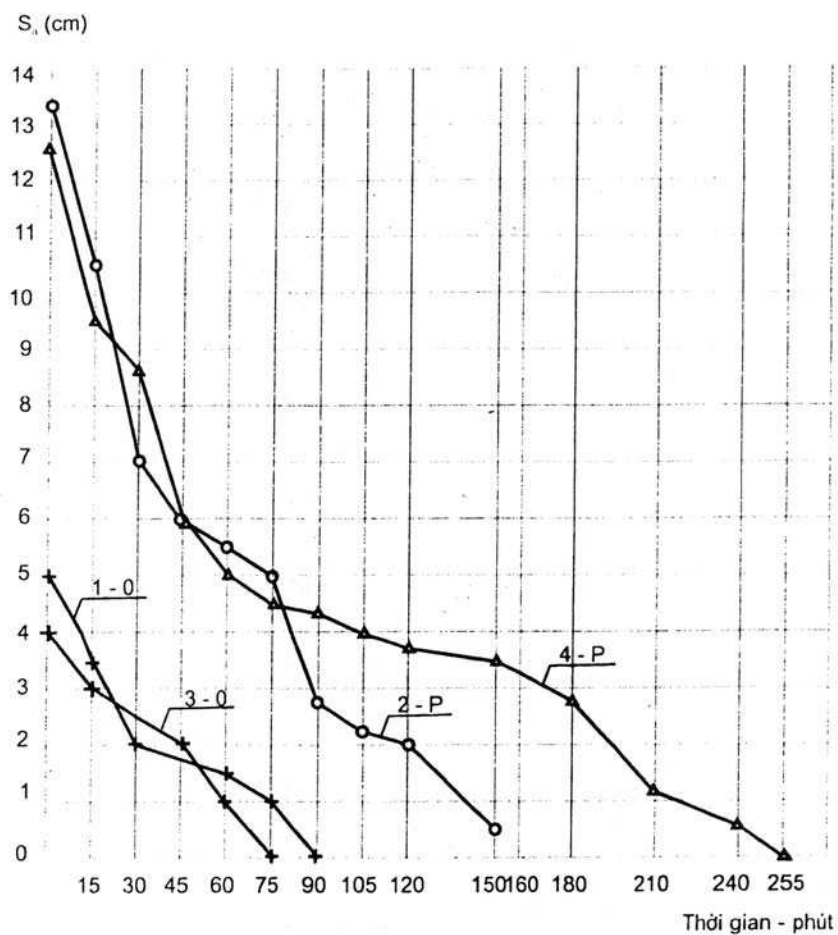
Mẫu	Kí hiệu	Phụ gia	Tỷ lệ hỗn hợp trong bê tông							
			Đ+ C/X	C/Đ+ C	Đ/Đ+ C	N/X	X (kg)	C (kg)	Đ (kg)	N (kg)
1- O	+	Không phụ gia Độ sụt cao	5,43	0,45	0,55	0,60	360	850	1050	210
2- P	•	Có phụ gia: Sikament R4- 1%X	5,43	0,45	0,55	0,48	360	850	1050	172
3- O	x	TCVN	5,04	0,35	0,65	0,42	370	650	1200	155,5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

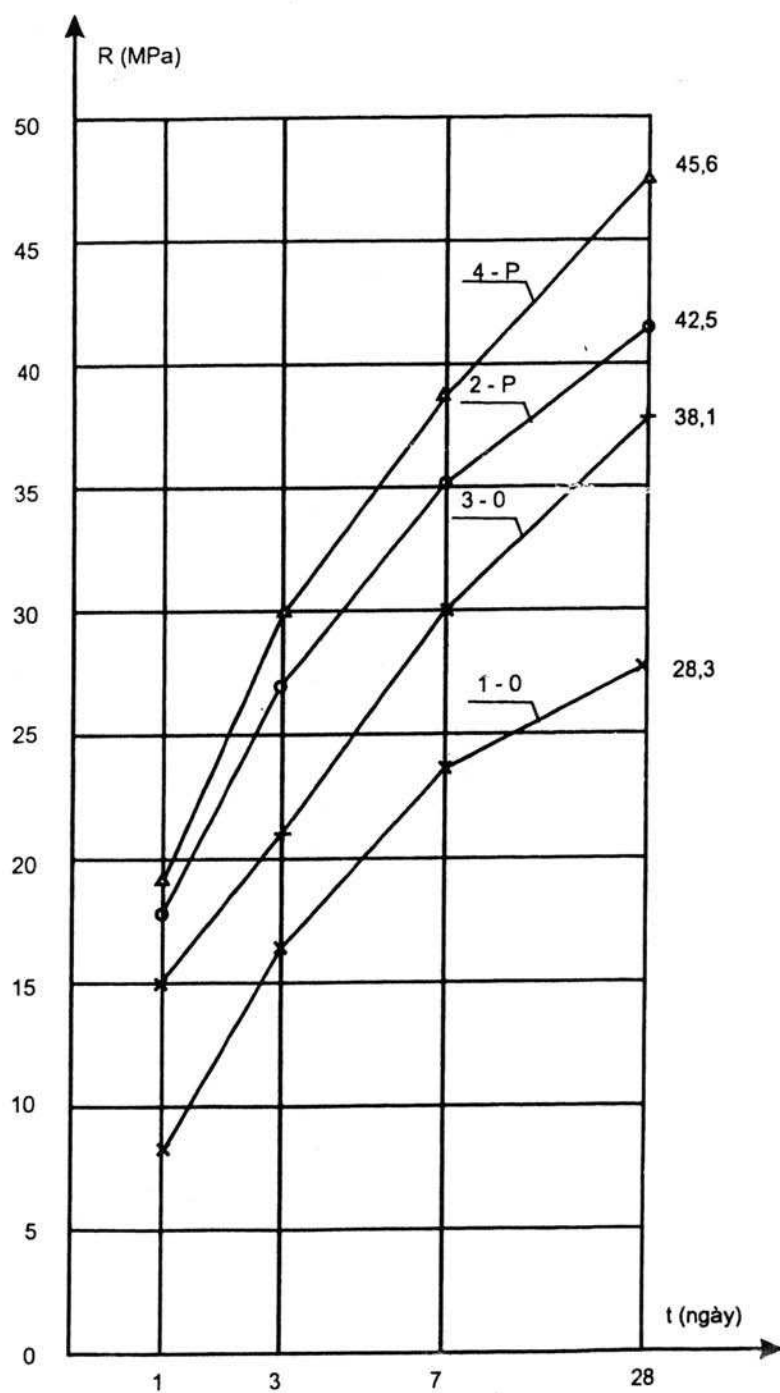
Thời gian trôi qua (phút)	Sự giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)			
	1-O	2- R	3- O	4- P
0	5,00	13,40	4,00	12,00
15	3,50	10,20	3,00	9,40
30	2,10	7,00	2,50	8,70
45	1,80	6,00	2,00	5,90
60	1,50	5,50	1,00	5,00
75	1,00	5,00	0,00	4,50
90	0,00	2,80		4,30
105		2,30		4,00
120		2,00		3,80
150		0,40		3,50
160	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

Mẫu	Kí hiệu	Phụ gia	Sự phát triển cường độ của bê tông theo tg (kG/cm ²)							
			24h		3 ngày		7 ngày/TB		28 ngày	
1- O		Không phụ gia	82,00	80	173,00	171	238,00	242	276,00	283
			79,00	0,20	162	0,43	242	0,60	289	0,71
			80,00		178,00		245,00		283,00	
2- P		Có phụ gia	177,00	175	261,00	269	345,00	349	421,00	425
			175,00	0,44	270	0,67	350	0,87	415	1,06
			174,00		276,00		352,00		439,00	
3- O		Không phụ gia	145,00	148	206,00	213	301,00	305	380,00	381
			152,00	0,37	215	0,53	304	0,76	386	0,95
			150,00		219,00		310,00		378,00	
4- P		Có phụ gia	190,00	189	303,00	303	385,00	385	450,00	456
			188,00	0,47	305	0,76	387	0,96	456	1,14
			189,00		302,00		382,00		463,00	

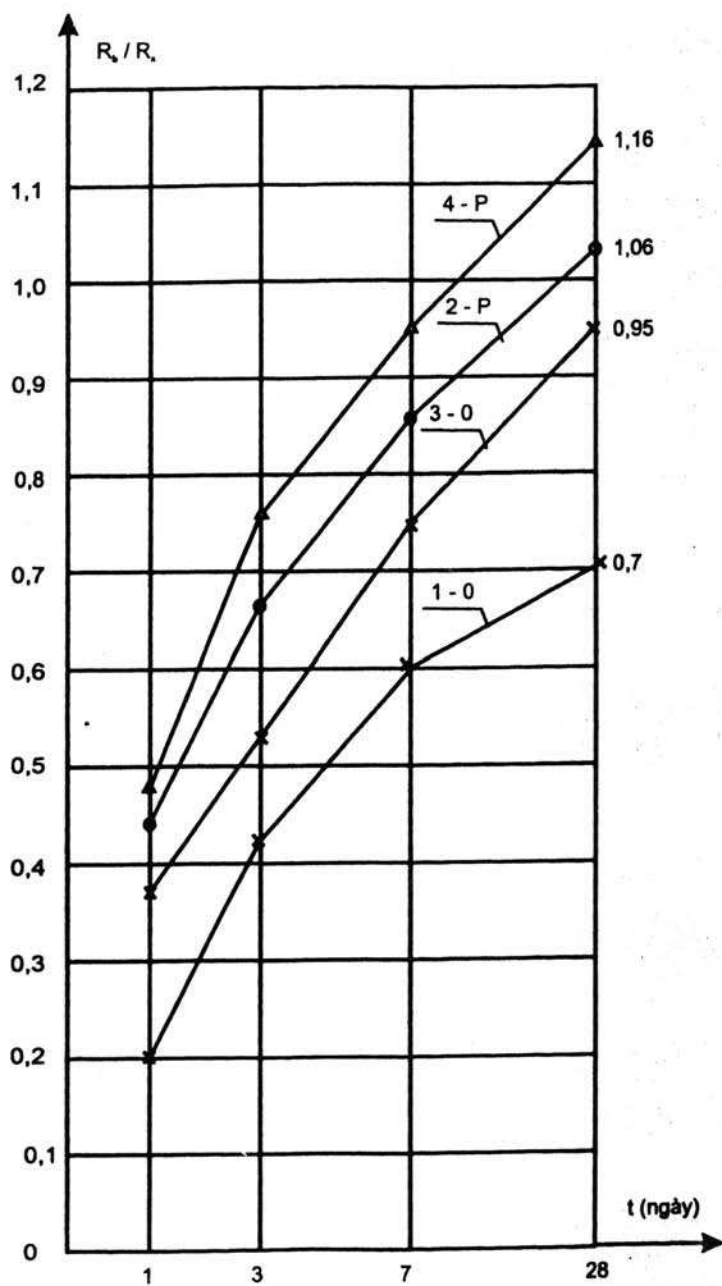


Hình 3.1. Quan hệ S_n và thời gian

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 7-9cm
 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, Bim Sơn và

Loại xi măng	Xi măng Chính Phong (400kg/1m ³)									Xi măng I								
Phụ gia (%)	0.3			0.6			1			0.3								
Ngày	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3					
Cường độ R	31.9	40.2	48.5							22.4	31.1	41.2						
SiKa W				28.8	38.9	44.2	33.8	41.4	49.2				23.7					
Sikament R4							30.2	39.1	46.6									
R555-MBT	26.3	35.1	39.3	30.1	41.2	47.5	32.6	36	49.5	20.4	26.2	36	23.6					
Mighty 90 RA - KAO	31.1	42.3	48.1	19.1	39	42.9				22.7	28.4	38.6	10.4					
PA 95 - Cienco 1				29	41.9	46.4	28.7	37	48.7				22.1					

Mức độ giảm độ sụt

Loại xi măng	Xi măng Chinh Phong (400kg/1m³)												Xi măng Bim Sơn																
Phụ gia (%)	0.3			0.6				1			0.3				0.6														
Mức độ giảm độ sụt (mm)	0'	30'	60'	0'	30'	60'	90'	120'	0'	30'	60'	90'	0'	30'	60'	90'	120'	0'	30'	60'	90'								
Plastiment F	130	70											200	125	100	90													
Sika W				180	150	130	110	70	200	105	95							190	140	120	100								
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								
Mighty 90 RA - KAO	190	100	80	210	170	135	120	90					*	155	155	100	60	*	210	170	140								
PA 95 - Cienco 1				130	70				160	50								170	120	100	70								

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, phecmal, 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: 7-8cm

Tỷ lệ N/X: 0.38-0.41

Thời gian thi công : 30-45 phút

- Bê tông:

Tốc độ phát triển cường độ $R_3 \geq 0.7 R_b$

$R_7 \geq 0.85 R_b$

$F_{28} \geq 1.1 R_b$

- 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 đầm bê tông cốt thép dự ứng lực thi công theo công nghệ 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.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Tổng quan về bê tông siêu dẻo cường độ cao;
2. Cấu trúc của bê tông siêu dẻo cường độ cao;
3. Các giải pháp kỹ thuật nâng cao tính dẻo và cường độ của bê tông siêu dẻo cường độ cao.

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 30MPa 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 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) Na Uy, 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 thể 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 muối Silic. 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 gần 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 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 - 25mm. 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 thủy hoá từ ngoài vào trong hạt xi măng tạo ra một lớp màng bao bọc lấy hạt xi măng, làm giảm tốc độ thủy 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 thủy hoá, còn bên trong do bị lớp đá thủy hoá bao bọc nên không thủy hoá được, làm giảm chất lượng của bê tông. Từ đó người ta nghĩ đến một sản phẩm siêu mịn, có ít phản ứng hoá học để bổ sung vào thành phần của bê tông. Lượng hạt này sẽ biến 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 Silic (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 nước trong bê tông mà lơn thì lượng nước thừa sau khi thủy 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.

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

Lượng dùng xi măng có thể biến đổi trong khoảng từ 400 - 500 kg/m³; liều lượng muội Silic trong khoảng từ 5 - 15% trọng lượng xi măng; tỉ lệ N/X khoảng 0.25 - 0.35; tỷ lệ chất siêu dẻo từ 1 - 1.2 lít/100 kg xi măng.

4.1.2. Tác dụng của phụ gia siêu dẻo

Đó là sản phẩm được chia ra thành 3 họ lớn là: của Naphtalen 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 tỉ 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 Silic trong bê tông

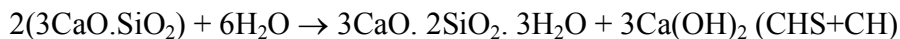
1. Tác dụng của muối Silic.

Là sản phẩm phụ của công nghệ sản xuất Silic, là một chất siêu mịn được sử dụng rộng rãi nhất, với kích thước từ 0.1 μm đến vài μm , muối Silic có tác dụng kép về mặt vật lý và hoá học. Đầu tiên nó có tác dụng lấp đầy bằng cách xem 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 Pozzolan bằng cách tác dụng với vôi có trong xi măng. Để đảm bảo không có sự vón tụ muối Silic khi trộn chất này vào trong bê tông, ta cần sử dụng cả chất tăng dẻo và chất làm chậm đông cứng.

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

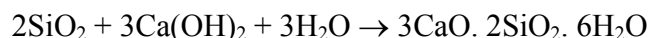
Cơ sở phản ứng Pozzolan và tác động lấp đầy các vi lỗ rỗng mà các hạt xi măng không vào được (lỗ rỗng gel của hồ xi măng) do đường kính hạt muối Silic chỉ khoảng 0.1 μm - 0.05 μm .

Khi xi măng Poóc lăng (Portland) tác dụng với H_2O hình thành 2 sản phẩm chính là $\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Canxi Silicat hydrat) và $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (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 CO_2 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 Silic, nhờ có phản ứng Pozzolan, SiO_2 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 0.10µm, bằng 1/100 cỡ hạt xi măng). Muội Silic 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 muội Silic vào cường độ của bê tông thì cần phải có sự thay đổi. Hiệu quả về mặt hoá học của muội Silic 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 (Silic/XM) vào biểu thức cường độ qua một hàm số \varnothing (S/X) nào đó.

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

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

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 \varnothing (S/X) được tính theo công thức sau:

$$\varnothing(S/X) = 0.4[1 - \exp(-11S/X)]$$

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 20 cm 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 biến 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 50MPa, 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 lý 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 40-60daN/cm².

Bê tông cường độ cao được dùng nhiều nhất 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 Chinh Phong PC40, 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 Silic và phụ gia siêu dẻo

4.3.1. Muối Silic

Mô tả: Muối Silic là một chất bột Silic 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 Silic 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 Hidrôxits 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: Muội silic có thể được dùng để chế tạo bê tông có cường độ cao (đến 80Mpa) 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 có 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 cho 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...). Muội Silic 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 60 MPa 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 Hyđrôxit 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 DCL. 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 (AIC 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... 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 là người sử dụng.

Chế tạo hỗn hợp thử trước khi xây dựng:

Các hỗn hợp như trên được chế tạo từ một và 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 xe, tổ hợp vật liệu bê tông và quy trình xây dựng có cho phép bê tông thỏa 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 khỏe.

Đóng bao:

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

*** MB-SF**

PHỤ GIA CÓ CHẤT KHOÁNG OXIT SILIC SIÊU MỊN

1. Đặc tính:

MB - SF là phụ gia có chất khoáng oxit silic siêu mịn, nén chặt và khô dùng để sản xuất bê tông chất lượng đặc biệt. Nó cải thiện tính đồng 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 sunphat 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 $3 \div 10\%$ 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 đổ, sử dụng liều lượng $3 \div 5\%$ 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 co 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 thử nghiệm 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 thể 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 SiO_2 hoạt tính có tác dụng làm tăng thành phần thủy hoá của xi măng trong quá trình ninh kết.

Sử dụng Sikacete - 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 Cacbonat 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 thủy 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 khỏe Thụy Sĩ 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 (20kg) 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 10 kg Sikacret - PPI 100kg xi măng đủ đảm bảo thảng với băng giá, thay đổi thời tiết. Đối với cát xấu, nên thêm Fro V5 phụ gia tạo bọt vào mẻ trộn và trộn từ 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 rủi ro phân lớp, không chế độ sụt của bê tông lâu dài, không gây ra 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 100kg xi măng. Liều lượng thích hợp phụ thuộc vào chất lượng, tính chất của xi măng, tỉ lệ N/X và nhiệt độ của môi trường. Với xi măng PC40, tỉ lệ N/X = 0.45, liều lượng 1.21/100kg, độ sụt 18-20cm trường. Với xi măng PC40, tỉ lệ N/X = 0.45, liều lượng 1.21/100kg, độ sụt 18-20cm sau 45 phút là 14-16cm. Cường độ 7 ngày MPa, 28 ngày 55MPa 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 C494 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 5⁰C - 30⁰C trong thời gian 12 tháng.

Các thí nghiệm sử dụng phụ gia Sika Viscocrete - 3400 với lượng vật liệu: X = 470kg, N = 150 lít, Đ = 1050 kg, C = 740 kg, phụ gia 0.7 lít/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 $R_b \leq 60\text{MPa}$ còn $R_b \geq 60\text{MPa}$ thì $D_{\max} = 10\text{mm} - 12.5\text{mm}$.
- 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_{cd}) đã được đầm chặt để đạt được $\gamma_d = 1.6\text{g/cm}^3$.

Tính toán lượng cốt liệu thô Đ (kg):

$$\Delta = \gamma_d \cdot V_{dc}, \text{ kg}$$

- Xác định lượng cốt liệu mịn theo công thức:

$$C = B - (X + N + \Delta), \text{ kg}$$

trong đó: B - Khối lượng của bê tông tươi (kg/cm^3) 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:

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

Trong đó:

- ρ_d - Khối lượng riêng của đá;
- ρ_x, ρ_s - Khối lượng riêng xi măng và muối 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 1m^3 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_1	0	285	491	488	327	177	50
$a_1\%$	0	15.7	27.0	26.8	17.9	9.7	2.9
$A_1\%$	0	15.7	42.7	69.5	87.4	97.1	1000
TCVN	0	0-20	15-45	35-70	70-90	90-100	

$$M_k = \frac{15.7 + 42.7 + 69.5 + 87.4 + 97.1}{100} = 3.1$$

$$G = 1818g$$

- Đá dăm:

Bảng cấp phối đá dăm

Đường kính mắt sàng (mm)	40	20	10	5
$a_1\%$	0	47.5	43.4	9.1
A_1	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

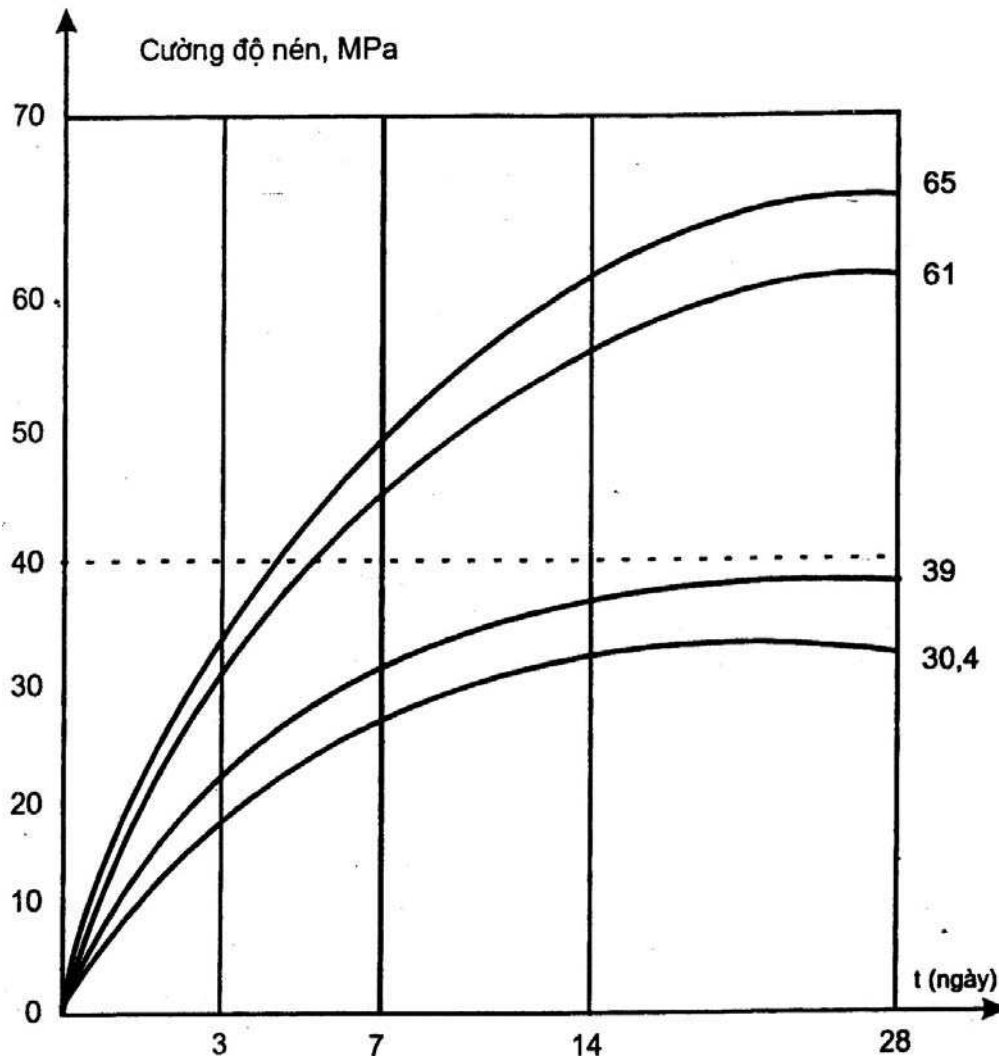
$$\gamma_0 = 2.3350$$

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 PC30, vật liệu Việt Nam (cát, đá, nước), sử dụng chất siêu dẻo R_4 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/cm².

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

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 1x2 cường độ 600 ÷ 700 daN/cm², 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 silíc: Ở Việt Nam hiện nay có 3 loại muối silíc được bán do các hãng Thụy Sỹ, 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 silíc và cường độ bê tông, tỷ lệ X/N khi dùng xi măng PC40.

Tỷ lệ X/N có 3 mức: 2.85, 3.44

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

Chất siêu dẻo với hàm lượng 1 lít/100XM ; 1.25 lít/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 A₀.

Thành phần BT: X = 450 kg; C = 660 kg; Đ = 1150kg, 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 muối Silic 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 muối Silic 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 muối silic chỉ nên dùng từ 8 ÷ 10% theo lượng xi măng là hợp lý.

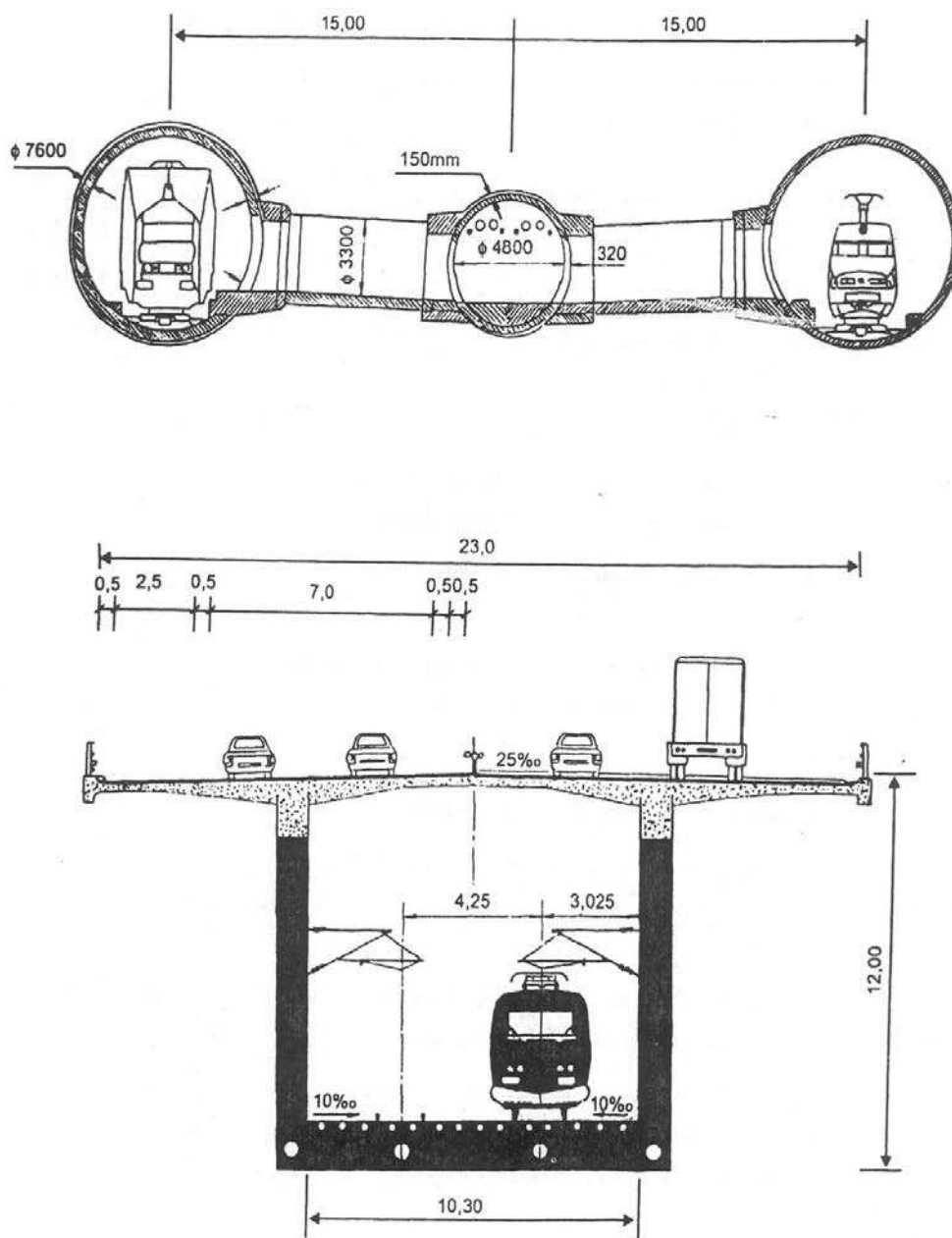
Với xi măng PC40 cốt liệu Việt Nam, lượng silic 8÷10%, công nghệ thông thường có thể đạt được mác bê tông theo cường độ nén mẫu lập phương là 700 daN/m².

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.

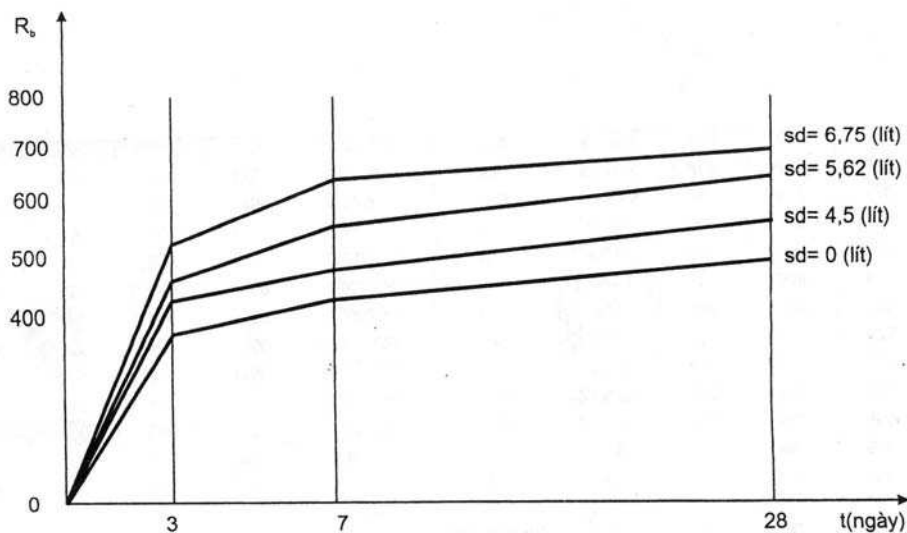


Hình 4.2 Cầu và hầm bằng bê tông cường độ cao

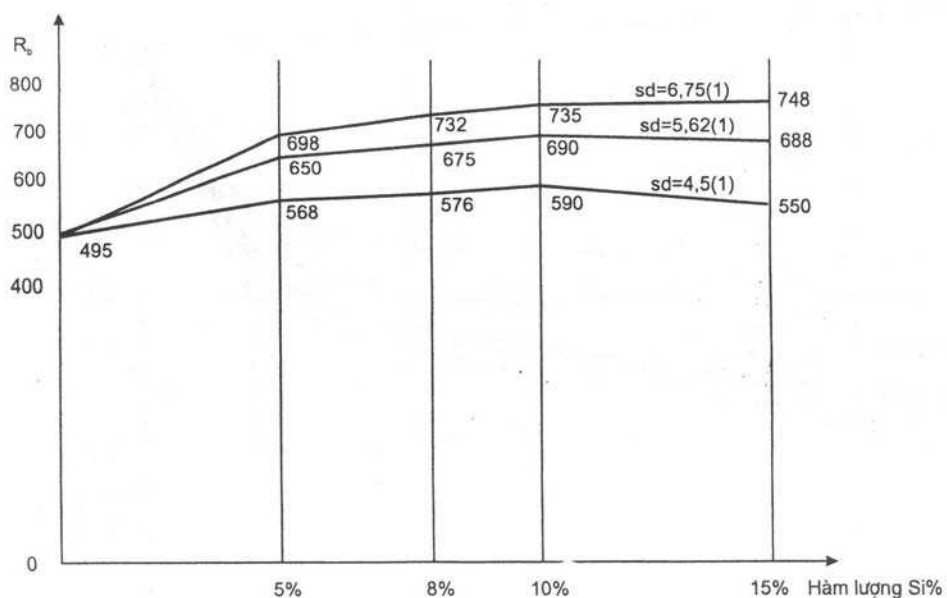
Công thức bê tông với xi măng PC400, $\gamma_b = 2350 - 2400 \text{ kg/m}^3$

Bảng 4.1

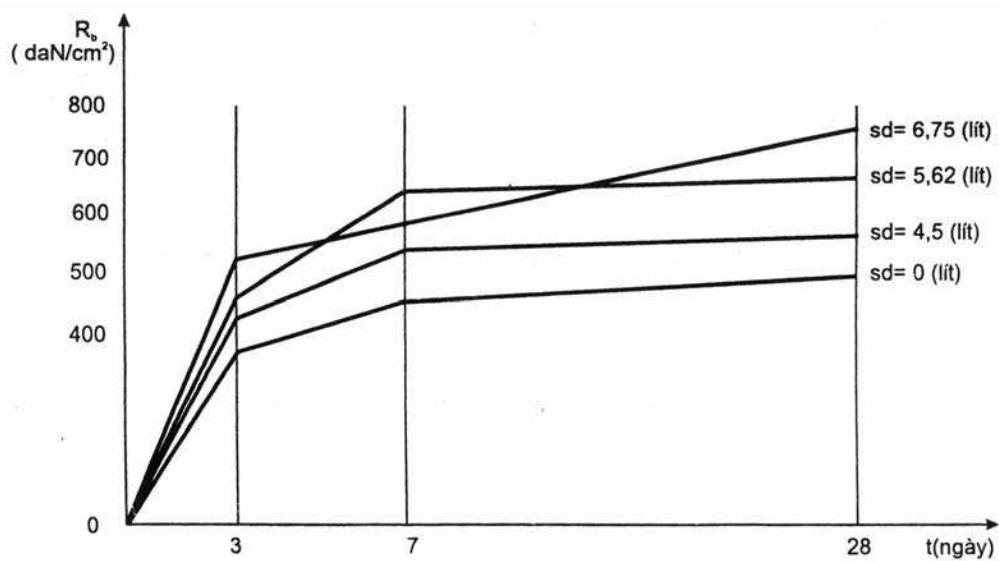
TT	Ký hiệu	N	X	C	D	$\frac{X/N}{X/N}$	Siêu dẻo (lít)	$S_i \frac{\text{kg}}{\%}$	R ₃	R ₇	R ₂₈
0	A0	170	450	660	1150	0.35/2.85	4.5	0	375	435	495
1	A1	160	450	660	1150	0.35/2.25	4.5	25.5/5%	430	490	568
2	A2	150	450	660	1150	0.31/3.22	5.62	25.5/5%	459	566	650
3	A3	130	450	660	1150	0.29/3.44	6.75	25.5/5%	510	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	C2	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



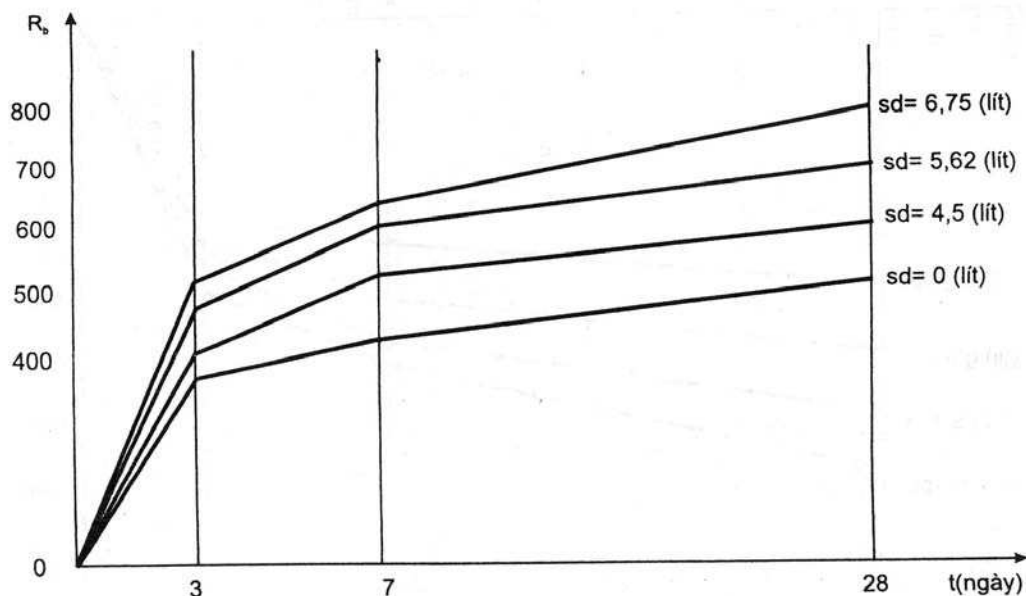
Hình 4.3 Tốc độ phát triển cường độ với hàm lượng Silic = 5%



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 4.7 Tốc độ phát triển cường độ với hàm lượng Silíc = 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 PC40.

Mẫu, 1.5 x 15 x 15cm.

Ngày đúc: 19/3/1999.

Ngày nén:

22/03/1999 (tuổi 3 ngày) cường độ : 511,502,156.

Cường độ trung bình : $R_{tb}=500 \text{ daN/m}^2$

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: 506 daN/m².

Cường độ trung bình 28 ngày: 645 daN/M².

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 100 MPa từ các vật liệu trong nước, phụ gia siêu dẻo thể hệ 3 muối Silíc, tỷ lệ N/X=0.24-0.32. Thành phần của bê tông như sau: Đ=1050- 1130kg; C=640÷740 kg; X=420÷500 kg; MS=21÷50 kg. Phụ gia Polycacboncilate từ 0,7÷ 1 lít/100 kg XM (Nghỉ sơn PC40).

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng độ sụt từ 21-23 cm, 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).

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Tổng quan về bê tông cường độ cao;
2. Đặc tính của bê tông cường độ cao sử dụng muối silic;
3. Muối silic và phụ gia siêu dẻo;
4. Thiết kế thành phần bê tông theo phương pháp ACI;
5. Nhận xét các kết quả thực nghiệm về bê tông cường độ cao.

CHƯƠNG 5

THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG XI MĂNG

Phương pháp chung để thiết kế thành phần bê tông gồm hai bước:

- Tính toán lựa chọn thành phần.
- Thử nghiệm kiểm tra

5.1 Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông

5.1.1 Mở đầu

Những năm gần đây, nhiều phương pháp thiết kế thành phần bê tông đã được công bố. Để giúp cho người sử dụng thấy rõ ưu, nhược điểm của các phương pháp để lựa chọn phương pháp thích hợp để sử dụng thì cần phải tiến hành nghiên cứu các phương pháp đó với nhau và đưa ra nhận xét, kiến nghị sử dụng.

Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông được sử dụng rộng rãi trên thế giới và được đưa ra nghiên cứu xem xét ở đây:

1. Ban môi trường của Anh (The British Department of the Environment viết tắt là DOE).
2. Viện bê tông Mỹ (The American Concrete Institute viết tắt là ACI-211).
3. Hội bê tông Poóc lãng Niuzilân (The New Zealand Portland Concrete Association viết tắt là NZ – PCA).
4. Mỏđoóc (L.J.Murdock)
5. Công thức Bôlômây – Xkrămteap (Nga) dùng để thiết kế bê tông thông thường. Ở Việt Nam cũng dùng công thức này (viết tắt là BK).
6. Viện bê tông và bê tông cốt thép Mỹ (ACI). Phương pháp này để thiết kế bê tông cường độ cao ACI 363 – R92 (BTCĐC).

Phương pháp DOE công bố năm 1975 thay thế cho phương pháp thông dụng sổ tay về đường số hiệu 4. Phương pháp ACI-211 lần đầu tiên được Ủy ban Viện bê tông Mỹ 613 đưa ra năm 1954 và sau đó liên tục được bổ sung vào năm 1980. Phương pháp NZ – PCA đã được hoàn thiện thêm làm nó tương đối linh hoạt hơn phương pháp ACI – 211. Phương pháp Mỏđoóc trình bày dưới dạng công thức lần đầu tiên vào năm 1975 và gần đây được đổi mới vào năm 1979.

Phương pháp của Bôlômây – Xkrămteap là xây dựng công thức xác định tỷ lệ nước/xi măng trên cơ sở kinh nghiệm được công bố vào năm 1967. Ở Việt Nam cũng sử dụng công thức này để tính toán thành phần bê tông có mác thông thường theo trình tự sau:

- Xác định tỷ lệ nước/xi măng (N/X) đối với cường độ bê tông cho trước.

- Xác định lượng nước hoặc tỉ lệ cốt liệu/xi măng $(C+Đ)/X$ đối với độ lưu động cho trước.

- Xác định tỉ lệ cốt liệu thô với cốt liệu nhỏ của cấp phối cho trước.

Nói chung ở các phương pháp trên tỉ lệ nước với xi măng và mối quan hệ cường độ được dựa trên định luật Abram. Tuy vậy liều lượng thành phần bê tông tìm được bằng cách tra bảng hoặc tra biểu đồ là kết quả của các nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành dựa trên các điều kiện cụ thể của từng địa phương hay từng quốc gia. Do vậy các đề xuất kiến nghị có liên quan đến lượng nước hoặc tỉ lệ cốt liệu/xi măng với độ lưu động của bê tông tươi hay xác định tỉ lệ cốt liệu thô với cốt liệu nhỏ cũng được dựa trên các số liệu thực nghiệm.

Vì các đề xuất kiến nghị về các tỉ lệ của các thành phần vật liệu bê tông là ở dạng không tường minh và phụ thuộc vào các điều kiện riêng của từng nước. Mỗi phương pháp chỉ thích ứng với một giới hạn riêng của nó. Để cho người sử dụng khỏi bị sai lầm, cần phải làm cho họ sáng tỏ hiệu lực của từng phương pháp đối với từng điều kiện riêng biệt của nó.

5.1.2 Mục đích và phương pháp nghiên cứu.

Nghiên cứu này nhằm giúp cho người sử dụng thấy rõ ưu, nhược điểm của 6 phương pháp thiết kế thành phần bê tông như đã nêu ở trên và đưa một số nhận xét, kiến nghị sử dụng.

Nội dung nghiên cứu bao gồm:

- So sánh phạm vi sử dụng của các phương pháp thiết kế thành phần bê tông.
- So sánh các kết quả tính toán của các phương pháp nêu trên về cường độ bê tông có quan hệ với tỉ lệ nước/xi măng và cốt liệu/xi măng.
- Đưa ra một số nhận xét và kiến nghị sử dụng phương pháp thiết kế thành phần bê tông dùng ở Việt Nam.

5.1.3 So sánh về phạm vi sử dụng của các phương pháp thiết kế thành phần bê tông.

Để tiến hành so sánh phạm vi sử dụng của 6 phương pháp đã nêu trên sẽ căn cứ vào các tiêu chuẩn sau đây:

- Loại xi măng được sử dụng
- Loại cốt liệu (thô và mịn) được sử dụng.
- Độ lưu động.
- Cường độ yêu cầu.
- Bê tông chứa bọt khí.

Trong mục này chỉ đề cập tới dạng tường minh của các phương pháp thiết kế thành phần bê tông.

Phương pháp DOE chỉ sử dụng cốt liệu phù hợp với tiêu chuẩn BS – 882 Part 2 1973 và vì vậy phương pháp này không thể áp dụng đối với cốt liệu có cấp phối khác ví dụ như cấp phối không liên tục (gây đoạn).

Hai phương pháp ACI và NZ – PCA sử dụng mô đun mịn (độ mịn) như là một chỉ số của cấp phối cốt liệu trong khi đó các phương pháp Bo – Xkrăm và BTCĐC cũng sử dụng đến nó. Sử dụng mô đun độ mịn là một chỉ số không phải lúc nào cũng chính xác vì nó có thể xảy ra trường hợp cốt liệu có cấp phối rất khác nhau nhưng có mô đun hạt gần giống nhau. Phương pháp Mōđoóc “chỉ số bề mặt” để xét đến ảnh hưởng của cấp phối hạt và dùng “chỉ số góc cạnh” để tính đến dạng hạt. Kết quả là phương pháp Mōđoóc có khả năng áp dụng vào thực tế cho bất cứ loại kích cỡ và dạng cốt liệu nào.

Trong khi đó phương pháp ACI và NZ – PCA giả thiết rằng cường độ của bê tông là hàm số chỉ phụ thuộc vào tỉ số nước/xi măng. Phương pháp DOE kể đến ảnh hưởng của dạng hạt của cốt liệu thô (nghĩa là phân ra loại hạt bị nghiền hoặc không bị nghiền). Phương pháp Mōđoóc là phương pháp phát triển hơn vì nó kể đến ảnh hưởng của cấp phối hạt cốt liệu và cả đến tỉ số cốt liệu/xi măng. Phương pháp Bo – Xkrăm và phương pháp ACI cũng coi cường độ bê tông 1 là một hàm số của nước/xi măng và hơn nữa còn đề cập đến cường độ của xi măng.

Tóm lại, phạm vi sử dụng của 6 công thức thiết kế thành phần của bê tông được tóm tắt so sánh ở bảng dưới đây. Rõ ràng rằng phương pháp Mōđoóc là phương pháp được sử dụng linh hoạt nhất khi kể đến các đặc tính của cốt liệu. Tuy vậy, kinh nghiệm cho biết rằng phương pháp Mōđoóc là phương pháp phức tạp, phiền toái nhất mặc dù có thể lập thành chương trình tính toán để giảm bớt công việc tính toán bằng tay.

5.1.4 So sánh các kết quả tính toán của các phương pháp thiết kế thành phần bê tông.

1. Phương pháp luận

Để có cái nhìn tổng quát cần so sánh các kết quả tính toán thiết kế thành phần bê tông của 6 phương pháp nêu trên.

Các tính toán được tính toán căn cứ vào các số liệu sau:

- Cường độ nén của bê tông theo mẫu của lập phương 28 ngày từ 23 đến 53 MPa biến đổi từng bước 5 MPa.
- Đường kính hạt lớn nhất 20mm và 40mm.
- Độ sụt 50mm và 100 mm (5 – 10cm).

Cần lưu ý rằng cường độ nén của Anh (DOE) và Nga được xác định bằng mẫu lập phương 150 x 150 x 150mm của Mỹ (ACI) và Niuzilân (NZ-PCA)

được xác định bằng mẫu hình trụ đường kính ϕ 150mm cao 300mm. Để có thể so sánh trực tiếp các kết quả của các phương pháp cần phải tính cường độ nén của mẫu hình trụ sang cường độ nén của mẫu hình lập phương.

Mỗi quan hệ giữa cường độ nén mẫu hình trụ và mẫu hình lập phương được biểu diễn bằng biểu thức sau:

$$K_R = 0.72 + 0.77$$

Khi đổi từ R_{LP} sang R trụ như sau: $R_{trụ} = K_R \cdot K_{LP}$

Trong đó:

K_R – Tỷ số giữa cường độ nén mẫu hình trụ với cường độ mẫu hình trụ lập phương

R_{LP} – Cường độ nén của mẫu hình lập phương (tính theo đơn vị psi)

Kết quả tính toán được vẽ thành biểu đồ để tiện so sánh.

2 – Tỷ số nước / xi măng.

Với một tỷ lệ nước / xi măng như nhau thì phương pháp NZ – PCA cho bê tông có cường độ cao nhất sau đó thứ tự đến Mỗđoóc, Bo – Xkrăm, DoE, ACI và cuối cùng là ACI 364 – R.

3 – Tỷ số cốt liệu / xi măng.

Bê tông là vật liệu hỗn hợp gồm xi măng, nước, cốt liệu (cát, đá dăm hoặc cuội sỏi). Khi thiết kế thành phần bê tông xét đến vấn đề kinh tế người ta cố gắng dùng ít nhất lượng xi măng trong $1m^3$ bê tông mà vẫn đạt được các yêu cầu kỹ thuật khác. Vì vậy tỷ số cốt liệu/ xi măng là một chỉ tiêu kinh tế khi thiết kế thành phần bê tông. Các phương pháp thiết kế đều dựa vào lý thuyết về thể tích tuyệt đối như sau:

$$\frac{N}{\rho_n} + \frac{C}{\rho_c} + \frac{X}{\rho_x} + \frac{A}{\rho_d} = 1000$$

Các đường cong quan hệ giữa cường độ bê tông và tỷ số cốt liệu/ xi măng của 6 phương pháp được vẽ trên hình 5.1. Đối với hai loại cốt liệu thô và đường kính hạt lớn nhất là 20mm và 40mm và có độ sụt tương ứng là 50mm và 100mm.

Ở hình 5.1, ta thấy rằng đối với bê tông có đường kính cốt liệu lớn nhất 20mm, phương pháp Mỗđoóc sử dụng lượng xi măng ít nhất (hoặc tỷ số cốt liệu/ xi măng lớn nhất) tiếp theo đó là các phương pháp NZ – PCA, Bo – Xkrăm, DOE, ACI và cuối cùng là phương pháp CTCĐC. ACI dùng nhiều xi măng nhất.

Đối với bê tông có đường kính cốt liệu lớn nhất 40mm ta thấy rằng phương pháp Mỗđoóc là kinh tế hơn cả đối với bê tông có cường độ dưới 40MPa ($40kG/cm^2$) còn bê tông có cường độ trên 40 MPa thì phương pháp NZ – PCA lại kinh tế hơn cả. Các phương pháp Bo – Xkrăm, DOE và ACI có đường cong

gần sát nhau như vậy mức độ dùng xi măng tương tự nhau, còn phương pháp BTCĐC thì dùng phương pháp khác cho nên bê tông thiết kế theo BTCĐC có giá thành cao nhất (ACI 364 – R).

5.1.5 Các nhận xét về 6 phương pháp thiết kế thành phần bê tông và kiến nghị sử dụng ở Việt Nam.

Các phương pháp đều dùng lý thuyết về thể tích tuyệt đối. Chỉ khác nhau về công thức dự đoán bê tông theo tuổi bê tông.

Phương pháp Mōđoóc cho lượng dùng xi măng ít nhất với hỗn hợp bê tông mác dưới 50MPa có đường kính cốt liệu lớn nhất 20mm và với bê tông mác 40 MPa còn bê tông có đường kính cốt liệu lớn nhất 40mm. Ngược lại phương pháp NZ – PCA cho lượng dùng xi măng ít nhất đối với hỗn hợp bê tông mác trên 50 MPa có đường kính cốt liệu lớn nhất 20mm và bê tông mác trên 40 MPa có đường kính cốt liệu lớn nhất 40mm. Nhưng cần chú ý là tiêu chuẩn cường độ xi măng của Niuzilân cao hơn của Mỹ và Anh.

Các giá trị của tỉ số nước/ xi măng thu được đối với bê tông có cường độ khác nhau bằng cách sử dụng 6 phương pháp thiết kế khác nhau được vẽ trên đồ thị hình 5.1

So sánh phạm vi sử dụng các phương pháp thiết kế thành phần bê tông

Bảng 5.1

	DOE	ACI	NZ-PCA	Mōđoóc	Bơ-Xkrăm	BT CDC
<i>Xi măng</i>						
- Poóc lăng thông thường	v	v	v	v	v	v
- Poóc lăng đông cứng nhanh, Poóc lăng chống sunphát	v	-	-	v		
- Poóc lăng toả nhiệt độ thấp, xi măng sunphát cao	-	-	-	v		
<i>Cốt liệu</i>						
- Cấp phối theo tiêu chuẩn Anh BS882-73	v	v	v		v	v
- Các loại cấp phối khác	-	-	v	v	v	v
- Cốt liệu thô được nghiền	v	v	v	v	v	v
- Cốt liệu thô không được nghiền	v	-	v	v		
- Cát nghiền	v		v	v		
- Cát không nghiền	v	v	v	v	v	v

- Cốt liệu không liên tục (gây đoạn)	-	-	-	v	v	v
<i>Độ lưu động:</i>						
- Độ sụt	v	v	v	v	v	v
- Độ cứng (Vebe)	v	-	-	-	v	
- Hệ số đầm chặt	-	-	-	v		
<i>Cường độ:</i>						
- 28 ngày	v	v	v	v	v	v
- 3, 7, 28 và 91 ngày	v	v	-	-		v
Bê tông có bọt khí	v	v	v			

Ghi chú:

- Cường độ mẫu lập phương 15 x 15 x 15cm cho phương pháp DOE (Anh), Bo – Xkrăm, BTCĐC (Nga).

- Cường độ mẫu hình trụ ϕ 15 x 30cm cho phương pháp ACI và NZ – PCA.

- Quan sát các đường cong biểu thị quan hệ giữa cường độ bê tông và tỉ lệ số nước/ xi măng của 6 phương pháp thiết kế thành phần bê tông ở hình 5.1 ta thấy rằng đối với một cường độ xi măng của các nước có khác nhau nên việc sử dụng tỉ lệ nước/ xi măng khác nhau mà tỉ lệ nước/ xi măng có ảnh hưởng rất lớn đến cường độ bê tông.

- Phương pháp ACI (Mỹ) sử dụng lượng xi măng và cát nhiều hơn so với các phương pháp khác.

- Phương pháp BTCĐC sử dụng nhiều lượng xi măng nhất và đòi hỏi tỷ lệ nước/ xi măng thấp nhất mặc dù đã thiết kế bê tông và xi măng mác P500 (PC40)

Vì vậy kiến nghị sử dụng các phương pháp thiết kế bê tông ở Việt Nam là:

- Nên nghiên cứu áp dụng thử nghiệm phương pháp thiết kế bê tông của Modoóc và NZ – PCA (Niuzilân) khi sử dụng xi măng mác PC40.

- Có thể sử dụng phương pháp thiết kế bê tông DOE (Anh), ACI (Mỹ) nhưng cần sử dụng hệ số điều chỉnh mà các quy trình đó cho phép để phù hợp với điều kiện ở Việt Nam (nghĩa là giảm lượng cát, xi măng và tăng lượng đá theo thiết kế).

Để thiết kế bê tông có mác tương đối cao 500Mpa theo cường độ chịu nén của mẫu hình trụ Φ 15 cm \times 30cm tương đương 600 Mpa mẫu hình lập phương 15 \times 15 \times 15 (hệ số tính đổi 1,2 theo quy trình Anh) đã thiết kế bê tông theo phương pháp ACI và có sử dụng số điều chỉnh. Kết quả thành phần bê tông cho 1m² như sau:

- Xi măng	500 kg	P500 (Bim Son)
- Nước	171 lít	
- Cát	580 kg	Mô đun độ mịn =2,8
- Sỏi	1120kg	$D_{max} = 20\text{mm}$
- Phụ gia	5,8 lít	

Với thành phần bê tông trên, tiến hành đổ bê tông để đúc 27 phiến dầm bê tông dự ứng lực với xi măng Bim Son P500 cùng 1 lô số liệu 650 và đã ép 81 mẫu thử đạt 529 da N/cm^2 đối với mẫu hình trụ $15 \times 30 \text{ cm}$ độ lệch tiêu chuẩn (Stand Daviation): 52,265 kg/cm^2 hệ số biến sai (Coflicinent of Variation) 10,62 %.

5.2 Phương pháp tính toán thành phần bê tông

5.2.1 Cơ sở của phương pháp B – SK (Nga) – TCVN

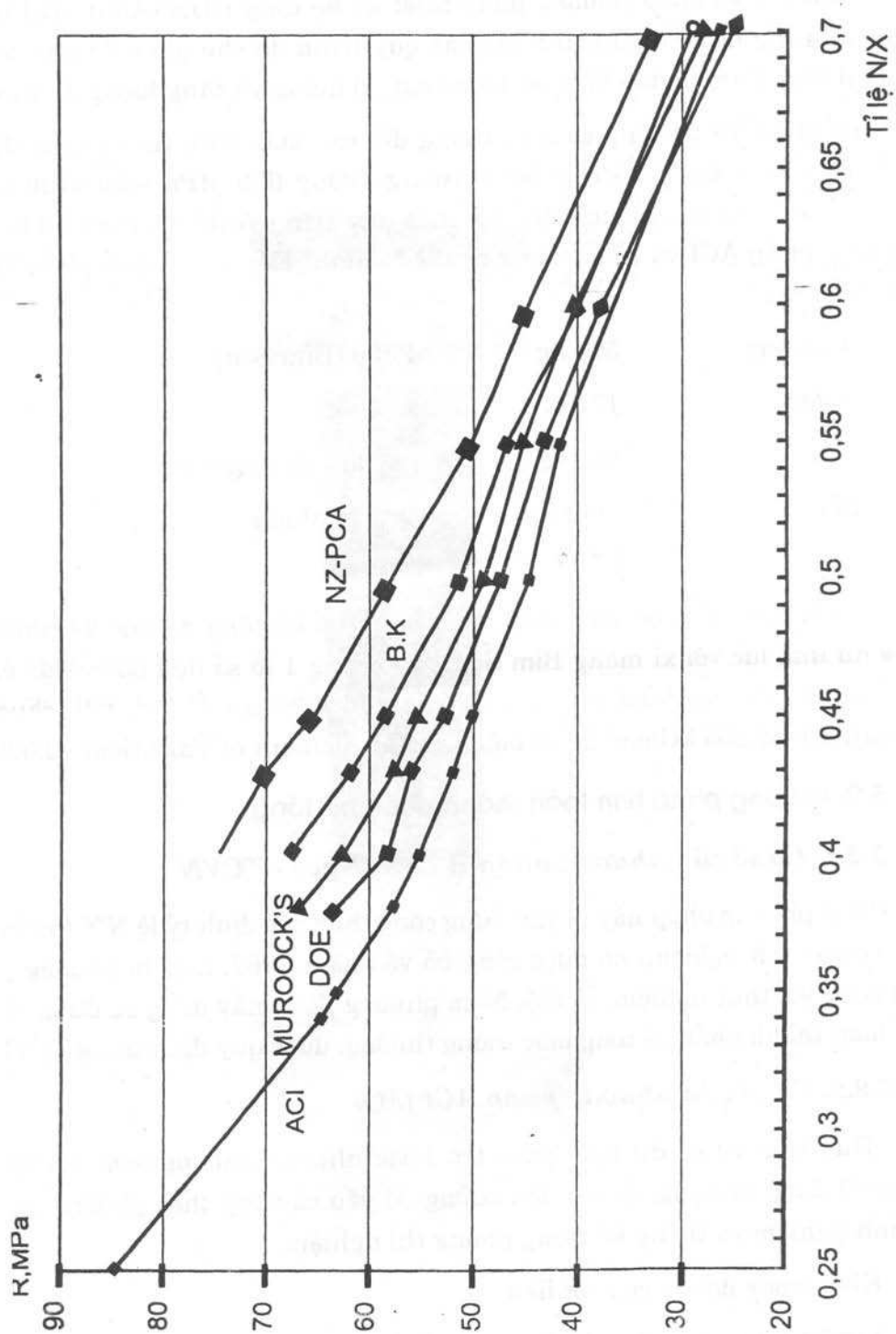
Cơ sở phương pháp này là xây dựng công thức xác định tỷ lệ N/X (nước/ xi măng) trên cơ sở kinh nghiệm, nó được công bố vào năm 1967. Đây là phương pháp tính toán cộng với thực nghiệm. Ở Việt Nam phương pháp này đang sử dụng rộng rãi để tính toán thành phần bê tông mác thông thường, được quy định trong TCVN.

5.2.2 Cơ sở của phương pháp ACI (Mỹ)

- Dựa trên cơ sở dữ liệu kiểm tra hoặc những kinh nghiệm với vật liệu tự nhiên đã được sử dụng, có xét đến cường độ yêu cầu tùy theo phương pháp thống kê kinh nghiệm và thống kê trong phong thí nghiệm.

- Khối lượng đơn vị của cốt liệu.

- Lượng nước yêu cầu của bê tông có được từ những kinh nghiệm với những vật liệu đã có sẵn.



Hình 5.1 Dự toán cường độ bê tông tính theo các công thức

- Quan hệ giữa cường độ và tỉ lệ nước/ xi măng đối với quá trình liên kết giữa xi măng và cốt liệu có sẵn.

- Quan hệ giữa cường độ và tỷ lệ nước /ximăng đối với quá trình liên kết giữa xi măng và cốt liệu đã có.

5.1.3. Các bước tính toán thành phần bê tông tính cho $1m^3$

1. Phương pháp B –SK (TCVN)

Chọn độ sụt tùy theo yêu cầu của kết cấu, phương pháp này không dùng tỉ số cường độ yêu cầu, mà dùng khái niệm cường độ thiết kế R_{b28} .

Chọn kích thước lớn nhất của cốt liệu thô (D_{max}). $D_{max} \leq \frac{1}{3}$ chiều dày bé nhất của công trình. Riêng đối với bản mỏng như sân, bản mặt cầu, mặt đường ô tô, đường sân bay thì $D_{max} \leq \frac{1}{2}$ kích thước bé nhất (khoảng cách giữa các cốt thép).

Xác định tỉ lệ nước/ xi măng (N/X) theo công thức:

$$R_{b28} = AR_x \left[\frac{N}{X} - 0,5 \right] \quad (1)$$

$$R_{b28} = A_1 R_x \left[\frac{N}{X} + 0,5 \right] \quad (2)$$

Dùng công thức (1) $\frac{N}{X} = 1,4 \div 2,5$ (tương ứng với loại bê tông có mác ≥ 400)

Dùng công thức (2) khi $\frac{N}{X} \leq 2,5$ (tương ứng với loại bê tông có mác ≥ 500).

A_1 và A là hệ số thực nghiệm xác định từ điều kiện nguyên vật liệu và phương pháp xác định mác xi măng tra bảng 5.2.

R_{b28} – Mác bê tông yêu cầu.

R_x - Mác xi măng sử dụng.

Xác định lượng nước N : Tra bảng 5.3

Xác định lượng xi măng X:

$$X = \frac{N}{\frac{R_{b28}}{R_x} - 0,5}$$

Xác định lượng cốt liệu thô (đá - Đ):

$$\mathbf{Đ} = \frac{1000}{\frac{r_d \cdot \alpha}{\gamma_d} + \frac{1}{\rho_d}}$$

Trong đó:

R_d - Độ rỗng của đá:

γ_d, ρ_d - Khối lượng thể tích và khối lượng riêng của đá.

Comment:

Comment:

α - Hệ số tăng lượng vữa xi măng để đủ bao bọc các hạt cốt liệu lớn được lấy từ $\alpha \approx 1,1 - 1,5$ tùy theo lượng xi măng dùng.

Xác định lượng cốt liệu mịn (cát- C)

$$C = \left[1000 - \left(\frac{X}{\rho_x} + \frac{D}{\rho_d} + N \right) \right] \rho_c$$

Trong đó : ρ_c - Khối lượng riêng của xi măng và cát.

Comment:

Comment:

2. Phương pháp ACI

Xác định $f_{cyc} = 1.25 f_c$,

Trong đó: f_c - Cường độ chịu nén bê tông ở độ tuổi 28 ngày.

F_{cyc} - Cường độ bê tông yêu cầu, đảm bảo xác suất có cường độ thấp là nhỏ nhất.

Chọn độ sụt nếu không cho trước thì có thể chọn theo bảng 5.5. Chọn kích thước lớn nhất của cốt liệu thô: $D_{max} \leq \frac{1}{5}$ Kích thước nhỏ nhất của kết cấu, $\leq \frac{1}{5}$ chiều dày bản, $\leq \frac{3}{4}$ Khoảng cách nhỏ nhất giữa các thanh cốt thép.

Xác định lượng nước N : Tra bảng 5.5 (ACI-211)

Xác định tỉ lệ N/X theo

Cường độ yêu cầu : tra bảng 5.7 (ACI-211)

Xác định lượng X: $N = \frac{N}{X}$

Xác định khối lượng cốt liệu thô Đ: Tra bảng 5.8 được thể tích V_{dc} của cốt liệu thô đã nén chặt tối đa.

$$\Delta = \rho_d \cdot V_{dc}$$

Xác định cốt liệu mịn theo công thức lý thuyết thể tích tuyệt đối.

$$C = (1000 - V_n - V_{dc} - V_x - V_k) \cdot \rho_c = \left[1000 - \frac{N}{\rho N} - \frac{D}{\rho d} - \frac{X}{\rho x} - V_k \right] \times \rho_c$$

Trong đó: $V_k \approx 2\%$ - thể tích không khí trung bình.

5.2.4. Nhận xét về nguyên lý tính toán của 2 phương pháp.

- Cả 2 phương pháp đều dựa trên nguyên lý thể tích tuyệt đối: tổng thể tích đặc riêng rẽ từng vật liệu bằng thể tích bê tông nghĩa là hỗn hợp bê tông hoàn toàn đặc.

$$V_b = V_x + V + V_d + V_c$$

-Phương pháp ACI và phương pháp B- SK giả thiết rằng cường độ bê tông phụ thuộc vào tỷ lệ N/X, cường độ xi măng, đường kính cốt liệu thô, mô đun mịn của cát, chất lượng cốt liệu nhỏ.

- Phương pháp B – SK không đề cập đến cường độ yêu cầu (Coi $R_{byc} = R_b$), trong khi đó phương pháp ACI coi mô đun mịn như một chỉ số của cấp phối nguyên liệu.

- Phương pháp ACI đề cập đến tính chất của bê tông (có thể tích không khí và không tạo khí) và xác suất đảm bảo cường độ được xét thông qua f_{cyc} .

5.2.5. Các bảng tra sử dụng 2 phương pháp trên để tính toán thành phần bê tông.

1. Phương pháp B – SK

Hệ số A và A_1

Bảng 5.2

Chất lượng cốt liệu	A	A_1
Chất lượng cao	0,65	0,43
Chất lượng trung bình	0,60	0,40
Chất lượng thấp (cát hạt nhỏ, xi măng mác thấp)	0,55	0,37

Lượng nước

Bảng 5.3

Độ cứng	Độ sụt SN(cm)	Loại cốt liệu và $D_{max}(mm)$					
		Sỏi			Đá dăm		
		10	20	40	10	20	40
150-200	0	145	130	120	155	145	130
90 -120	0	150	135	125	160	150	135
60-80	0	160	145	130	170	160	145
30-50	0	165	150	135	175	165	150
20-30	0-1,0	175	160	145	185	175	160
15-20	1-1,5	185	170	155	195	195	170
	2-2,5	190	175	160	200	190	175
	3-4	195	180	165	205	195	180
	5	200	185	170	210	200	185
	7	205	190	175	215	205	190
	8	210	195	180	220	210	195
	10-12	215	200	190	225	215	200

Hệ số α

Bảng 5.4

Lượng xi măng trong $3m^3$ bê tông	α	
	Sỏi	Đá dăm

250	1,34	1,30
300	1,42	1,36
350	1,48	1,42
400 và lớn hơn	1,52	1,47

Ghi chú: α trong bảng 5.4 sử dụng cho hỗn hợp bê tông dẻo. Còn đối với hỗn hợp bê tông cứng thì: $\alpha = 1,05 \div 1,1$.

2. Phương pháp ACI – 211.

Loại kết cấu	Độ sụt, cm	
	Lớn nhất	Nhỏ nhất
Mỏng của tường và cột bằng cốt thép	8	2-4
Mỏng bằng giằng chìm, móng tường	8	2-4
Dầm và tường có cốt thép	10	2-4
Cột nhà	10	2-4
Bàn mỏng, tấm lát tường	8	2-4
Bê tông làm cầu, đường	8-16	2-4

Ghi chú :

- Có thể tăng 2cm đối với phương pháp đầm rung khác

- Độ sụt gốc để chọn lượng nước cho các bê tông có độ sụt 4cm ($S_n = 4\text{cm}$)

Phân độ sụt cần tăng thêm khi dùng phụ gia cần xác định bằng thí nghiệm, không được tăng lượng nước.

Bảng 5.6

Độ sụt (cm)	Khối lượng nước, kg/m^3 của bê tông theo D_{\max} n(mm)				
	10	12,5	20	25	40
Bê tông không tạo khí					
2-5	205	200	185	180	160
8-10	225	215	200	195	175
Lượng khí(%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Bê tông tạo khí					
3-5	180	175	165	160	145
8-10	200	190	180	175	160
Khối lượng khí(%)	8,0	7,0	6,0	5,0	4,5

Bảng 5.7

Cường độ bê tông yêu cầu ở 28 ngày daN/cm²	Tỷ lệ nước /xi măng	
	Bê tông không tạo khí	Bê tông tạo khí
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	040
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Ghi chú :

Cường độ bê tông trong bảng 5.6 được xác định trên mẫu thử trụ 15x30cm bảo dưỡng 28 ngày ở $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ bằng cách nén và uốn mẫu thử. Đối với mẫu thử hình lập phương cường độ bê tông sẽ tăng lên 20%.

Xác định V_d - Thể tích cốt liệu thô đã lèn chặt.

Bảng 5.8

D_{max}(mm)	Thể tích cốt liệu thô ở mỗi đơn vị thể tích bê tông ứng với các mô đun hạt			
	2,40	2,60	2,80	3,00
10	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,76	0,74	0,72	0,70
50	0,78	0,76	0,74	0,72
70	0,81	0,79	0,77	0,75
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Ghi chú :

Có thể giảm 10% thể tích cốt liệu thô đối với bê tông dùng máy bơm mô đun hạt của cát được xác định ứng với bộ sàng 0,149 ;0,297 ;0,595 ;1,19 ;2,38 và 4,76 m

Bảng 5.9

D_{max}(mm)	Ước tính khối lượng bê tông. Kg/m³	
	Bê tông không tạo không khí	Bê tông tạo không khí
10	2285	2190
12,5	2315	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2465	2400
150	2505	2435

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. So sánh sự giống và khác nhau giữa các phương pháp thiết kế thành phần bê tông xi măng;
2. Nội dung phương pháp thiết kế thành phần bê tông theo Bolomay-Skramtaep;
3. Nội dung phương pháp thiết kế thành phần bê tông theo ACI;

CHƯƠNG 6

BÊ TÔNG ÁT PHAN

Bê tông át phan là một loại đá nhân tạo có thành phần chủ yếu là bi tum dầu mỏ, hỗn hợp vật liệu khoáng (đá, cát, mặt, bột khoáng) và phụ gia. Nó được sử dụng làm đường ô tô.

6.1. Phân loại bê tông át phan và các yêu cầu về chỉ tiêu cơ lý của bê tông át phan – 22 TCN249-98.

Căn cứ cỡ lớn nhất của cấp phối đá (tương ứng cỡ sàng tròn tiêu chuẩn mà cỡ sàng nhỏ hơn sát ngay dưới nó có lượng sót tích lũy lớn hơn 5%) bê tông át phan rải nóng được phân ra 4 loại : bê tông nhựa hạt nhỏ, bê tông nhựa hạt trung, bê tông nhựa hạt lớn và bê tông nhựa hạt cát.

Theo độ rỗng còn lại sau khi đầm chặt bê tông át phan được phân ra hai loại :

- Bê tông át phan đặc (BTA) có độ rỗng còn dư từ 3% đến 6% theo thể tích. Trong thành phần hỗn hợp bắt buộc phải có bột khoáng.

- Bê tông át phan rỗng (BTAR) có độ rỗng còn dư lớn hơn 6% đến 10% theo thể tích và chỉ dùng làm lớp dưới của mặt bê tông át phan hai lớp hoặc làm lớp mỏng.

- Theo chất lượng của vật liệu khoáng để chế tạo hỗn hợp, bê tông át phan được phân ra 2 loại : loại I và loại II chỉ được dùng cho lớp mặt đường cấp tới hạn 40km/h hoặc dùng cho lớp dưới của mặt đường bê tông hai lớp hoặc dùng cho phần đường dành cho xe thô sơ.

Thành phần cấp phối của các loại bê tông át phan nằm trong giới hạn quy định theo bảng 6.1, cấp phối thiết kế phải liên tục. Tỷ lệ thành phần 2 loại hạt kề cận nhau không được biến đổi từ giới hạn dưới đến giới hạn trên.

Hàm lượng nhựa tính theo% khối lượng của cốt liệu khô, tham khảo ở bảng 6.2.

Để có hàm lượng tối ưu, cần phải làm các mẫu thí nghiệm 3-4 hàm lượng nhựa thay đổi nhau từ 0,3 -0,5 % chung quanh hàm lượng nhựa tham khảo.

Chọn hàm lượng nhựa sao cho hỗn hợp bê tông nhựa rải nóng thoả mãn các yêu cầu trong bảng 6.2 (BTA) và 6.3 (BTAR).

Yêu cầu các chỉ tiêu cơ lý của bê tông át phan đặc*Bảng 6.1*

TT	Các chỉ tiêu	Yêu cầu đối với bê tông át phan loại		Phương pháp thí nghiệm
		I		
a, Thí nghiệm theo mẫu nén hình trụ				
1	Độ rỗng cốt liệu khoáng chất ,% thể tích	15-19	15-21	
2	Độ rỗng còn dư , % thể tích	3-6	3-6	
3	Độ ngậm nước, % thể tích	1,5-3,5	1,5-4.5	
4	Độ nở, % thể tích, không lớn hơn	0,5	1,0	
5	Cường độ chịu nén, daN/cm ² , ở nhiệt độ + 20 ⁰ C Không nhỏ hơn + 50 ⁰ C Không nhỏ hơn	35 14	25 12	Quy trình thử nghiệm bê tông át phan
6	Hệ số ổn định nước, không nhỏ hơn	0,90	0,85	
7	Hệ số ổn định nước, khi cho ngậm trong 15 ngày đêm, không lớn hơn	0,85	0,75	
8	Độ nở,% thể tích, khi cho ngậm nước trong 15 ngày đêm, không lớn hơn	1,5	1,8	
b, Thí nghiệm theo phương pháp Marshall (mẫu đầm 75 cú mỗi ngày)				
1	Độ ổn định (Stability) ở 60 ⁰ C, kN, không nhỏ hơn	8,00	7,5	
2	Chỉ số dẻo quy ước (flow) ứng với S= 8 kN, mm nhỏ hơn hay bằng	4,0	4,0	
3	Thương số Marshall (Marshall Quotient) Độ ổn định (Stability) kN Chỉ số dẻo quy ước (flow) mm	min2,0 max5,0	min 1,8 max 5,0	
4	Độ ổn định còn lại sau khi ngậm mẫu ở 60 ⁰ C , 24 giờ so với độ ổn định ban đầu, % lớn hơn	75	75	
5	Độ rỗng bê tông át phan (Air voids)	3-6	3-6	
6	Độ rỗng cốt liệu (Voids in mineral aggregate)	14-18	14-20	

<i>c, Chỉ tiêu khác</i>				
1	Độ dính bám vật liệu nhựa đối với đá	Khá	Đạt yêu cầu	Quy trình thí nghiệm vật liệu nhựa át phan 22 TCN 63-84
<i>Ghi chú:</i> Có thể sử dụng một trong hai phương pháp thí nghiệm a hoặc b				

Yêu cầu về các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp bê tông át phan rỗng (BTAR)

Bảng 6.2

TT	Các chỉ tiêu	Trị số quy định	Phương pháp thí nghiệm
1	Độ rỗng của cốt liệu khoáng chất :% thể tích, không lớn hơn	24	Quy trình thí nghiệm bê tông át phan
2	Độ rỗng còn dư,% thể tích	>6-10	
3	Độ ngậm nước, % thể tích	3-9	
4	Độ nở, % thể tích, không lớn hơn	1,5	
5	Hệ số ổn định, không nhỏ hơn	0,70	
6	Hệ số ổn định nước, khi cho ngậm nước trong 15 ngày đêm, không nhỏ hơn	0,60	

6.2. Yêu cầu về chất lượng vật liệu để chế tạo hỗn hợp bê tông át phan

6.2.1. Đá dăm

Đá dăm trong hỗn hợp bê tông át phan được xay ra từ đá tảng, đá núi, từ cuội sỏi, từ xỉ lò cao không bị phân huỷ.

Đối với bê tông át phan loại II được dùng một phần cuội sỏi chưa xay theo quy định ở bảng 6.4.

Không được dùng đá dăm xay từ đá mác- nơ, sa thạch sét, diệp thạch sét. Các chỉ tiêu cơ lý của đá dăm dùng cho từng loại bê tông át phan phải thoả mãn các quy định ở bảng 6.4.

Lượng đá dăm mềm yếu và phong hoá không được vượt quá 10% khối lượng đối với bê tông át phan rải lớp trên và không quá 15 % khối lượng đối với bê tông át phan rải lớp dưới.

Lượng đá thoi dẹt của đá dăm không được vượt quá 15 % khối lượng đá dăm trong hỗn hợp.

Trong cuội sỏi xay không được quá 20 % khối lượng là đá gốc Silic.

Hàm lượng bụi, bùn, sét trong đá dăm không vượt quá 2 % khối lượng, trong đó hàm lượng sét không quá 0,05 % khối lượng đá.

Trước khi cân đong sơ bộ để đưa vào trộn sẵn, đá dăm cần được phân loại theo các cỡ hạt.

- Đối với bê tông át phan hạt nhỏ, phân ra ít nhất 2 cỡ hạt 10-15mm và 5-10mm.

- Đối với bê tông át phan hạt lớn, phân ra ít nhất 3 cỡ hạt 15-20 (25) mm; 10-15mm và 5-10mm.

- Đối với bê tông át phan hạt lớn, phân ra ít nhất 2 cỡ hạt 20(25) 40mm và 5-20 (25) mm.

**Yêu cầu cơ lý quy định cho đá dăm dùng trong
bê tông át phan rải nóng**

Bảng 6.3

Các chỉ tiêu cơ lý của đá	Lớp mặt			Lớp móng đá dăm đen	Phương pháp thí nghiệm
	Lớp trên		Lớp dưới		
	Loại I	Loại II			
1- Cường độ nén (da N/cm ²) không nhỏ hơn:					TCVN (Lấy chứng chỉ từ nời SX đá)
a) Đá dăm xay từ đá macma và đá biến chất.	1000	800	800	600	
b) Đá dăm xay từ đá trầm tích	800	600	600	600	
2- Độ ép nát (nén đập trong xi lanh) của đá dăm xay từ cuội sỏi không lớn hơn %					TCVN
3- Độ ép nát của đá dăm xay từ xỉ lò cao					
+ loại	1	2	2	3	
+ Không lớn hơn %	15	15	25	35	
4- Độ hao mòn Lóangelos (LA) không lớn hơn, %	25	35	35	35	AASTHO – T96
5- Hàm lượng cuội sỏi được xay vỡ trong tổng số cuội sỏi, % khối lượng, không nhỏ hơn	100	80	80	70	Bằng mắt
6- Tỷ số nghiền của cuội sỏi Rc D _{min} /D _{max} không nhỏ hơn	4	4	4	4	Bằng mắt kết hợp với

					xác định bằng sàng
Ghi chú: - D_{min} : cỡ nhỏ nhất của cuội sỏi đem xay:					
- D_{max} : Cỡ lớn nhất của viên đá xay ra được:					

6.2.2. Cát

Để chế tạo bê tông át phan phải dùng cát thiên nhiên hoặc cát xay. Đã để cát xay phải có cường độ nén không nhỏ hơn của đá dùng để sản xuất ra đá dăm. Cát thiên nhiên phải có mô đun độ lớn ($MK \geq 2$). Trường hợp $MK < 2$ thì phải trộn thêm cát hạt lớn hoặc cát xay từ đá ra, xác định theo TCVN 342 -86. Đối với bê tông át phan cát phải dùng cát hạt lớn hoặc cát hạt trung có $MK > 2$ và hàm lượng cỡ hạt 5mm -1,25mm không dưới 14%.

Hệ số lượng cát (ES) của phần cỡ hạt 0- 4,75 mm trong cát thiên nhiên phải lớn hơn 80. trong cát xay phải lớn hơn 50. Xác định theo ASTM – D2419 -79. Cát không được lẫn bụi, bùn, sét không quá 3% khối lượng trong cát thiên nhiên và không quá 7% trong cát xay, trong đó lượng sét không quá 0,5%. Cát không được lẫn tạp chất hữu cơ. Xác định theo TCVN 343,344,345,-86.

6.2.3. Bột khoáng

Bột khoáng được nghiền từ đá cacbonát (Đá vôi cănit, đolômít, đá dầu...) có cường độ nén không nhỏ hơn 20 da N/cm^2 và từ xỉ bazơ của lò luyện kim hoặc xỉ măng.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của bột khoáng nghiền nát từ đá cacbonát

Bảng 6.4

Các chỉ tiêu	Trị số	Phương pháp thí nghiệm
1. Thành phần cỡ hạt, % khối lượng		
- Nhỏ hơn 1,25mm	100	
- Nhỏ hơn 0,315	≥ 90	
- nhỏ hơn 0,071	$\geq 70(1)$	
2. Độ rỗng, % thể tích	≤ 35	
3. Độ nở của mẫu chế tạo bằng hỗn hợp bột khoáng và nhựa	$\leq 2,5$	
4. Độ ẩm, % khối lượng	$\leq 1,0$	
5. Khả năng hút nhựa của bột khoáng, KHN (lượng bột khoáng có thể hút hết 15g bitum mác 60/70	$\geq 40g$	
6. Khả năng làm cứng nhựa của bột khoáng (hiệu số nhiệt độ mềm của vữa nhựa với tỉ lệ 4 nhựa mác	$10^0 \leq$ $TNMD \leq$	

60/70 và 6 bột khoáng theo trọng lượng, với nhiệt độ mềm của nhựa cùng mức 60/70	20 ⁰ C (2)	
<p><i>Ghi chú:</i></p> <p>(1) Nếu bột khoáng xay từ đá có $R_{\text{nen}} \geq 400 \text{ da N/cm}^2$ thì cho phép giảm đi 5%</p> <p>(2) Thí nghiệm chưa bắt buộc</p>		

Đá cacbonát dùng sản xuất bột khoáng phải sạch, chứa bụi, bùn, sét không quá 5%. Bột khoáng phải khô, tơi (không vón cục). Các chỉ tiêu quy định cho bột khoáng ghi ở bảng 6.5.

6.2.4 Nhựa đường

Nhựa đường dùng để chế tạo hỗn hợp bê tông rải nhựa nóng là loại nhựa đường đặc gốc dầu mỏ.

Nhựa đặc để chế tạo bê tông nhựa rải nóng tuân theo tiêu chuẩn 22TCN - 227-95.

Dùng loại nhựa nào là do tư vấn thiết kế quyết định. Nhựa phải sạch, không lẫn nước và tạp chất. Trước khi sử dụng nhựa phải có hồ sơ về các chỉ tiêu kỹ thuật của các loại nhựa sẽ dùng và phải thí nghiệm lại như quy định.

6.2.5 Các yêu cầu về tính chất cơ lý của vật liệu đá cho bê tông út phan đường ô tô theo tiêu chuẩn AASHTO

6.2.5.1 Các quy định kỹ thuật đối với vật liệu để làm bê tông

Vật liệu đá hạt mịn:

Vật liệu đá hạt mịn gồm có hạt thiên nhiên, cát hoặc hỗn hợp của hai loại cát ấy.

Vật liệu đá hạt mịn phải có các loại cỡ hạt như sau phối hợp:

Cỡ sàng	Phần trăm lọt qua sàng
3/4 (9,5mm)	100
N ⁰ 4(4,75mm)	95-100
N ⁰ 8(2,36mm)	80-100
N ⁰ 16(1,18mm)	50-85
N ⁰ 30(600μm)	25-60
N ⁰ -50(300μm)	10-30
N ⁰ 100(150μm)	2-16

Mô đun độ lớn không được nhỏ hơn 2,3 và không lớn hơn 3,1.

Về các chất có hại trong vật liệu đá hạt mịn không được vượt quá các giá trị sau:

- Sét và các hạt bờ: 3% theo trọng lượng.
- Hàm lượng nhỏ hơn 75μm (N⁰200): 5% theo trọng lượng.
- Bụi than và than non: 1% theo trọng lượng.

- Vật liệu đá hạt thô: gồm có cuội sỏi, cuội xay vỡ, đá nghiền vỡ, xỉ... các cỡ hạt của vật liệu đá hạt thô phải phù hợp với gấp phối ghi ở bảng 6.5a.

Số hiệu	Cỡ hạt (cỡ vuông)	Hàm lượng hạt lọt qua sàng (%)												
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"					
1	3,1/2-1,1/inch	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5					
2	2,1/2-1,1/2"	-	-	100	90-100	35-90	0-15	-	0-5					
3	2- 1"	-	-	-	100	90-102	35-70	0-5	-					
357	2" – N ⁰ 4				100	90-100	-	35-70	-					
4	1,1/2"-3/4				-	100	90-100	20-55	0-15					
467	1 1/2"				-	100	95-100	-	35-70					
5	1" – N ⁰ 4				-	-	100	90-100	20-55					
56	1"-1/2"				-	-	100	90-100	40-85					
57	1"-3/8"				-	-	100	95-100	-					
6	1" – N ⁰ 4				-	-		100	90-100					
67	3/4-3/8"				-	-		100	90-100					
7	3/4"-N ⁰ 4				-	-		-	100					
8	3/4"-N ⁰ 4				-	-		-	-					
	3/8"-N ⁰ 8				-	-		-						

Về các chất có hại trong vật liệu đá, tùy theo loại bê tông dùng cho từng loại công trình mà có quy định riêng. Đối với loại bê tông thì các chất có hại trong vật liệu đá được quy định như sau:

- Hàm lượng sét và các hạt giòn không quá 10.
- Bụi than và than non không quá 1%.
- Độ hao mòn Los Angeles (L.A) không quá 5.

6.2.5.2 Các phương pháp để xác định chỉ tiêu cơ lý chủ yếu cho vật liệu đá ASTM và tương ứng của AASHTO

Trong phần này, ASTM và AASHTO đã đưa khoảng 20 thí nghiệm chính vào 3 phần:

- Các thí nghiệm xác định chất lượng chung của vật liệu đá.
- Các thí nghiệm xác định các chất có hại (tạp chất) trong vật liệu đá.
- Các thí nghiệm nhằm cung cấp các thông tin phục vụ thiết kế hỗn hợp và kiểm tra.

a) Các thí nghiệm chủ yếu để xác định chất lượng chung của vật liệu đá gồm có:

1. Quy trình về mẫu vật liệu đá để đem thí nghiệm, mang ký hiệu D75 (của ASTM) tương ứng với ký hiệu T.s (của AASHTO).
2. Xác định độ hao mòn của đá được xác định bằng thiết bị Los Angeles (C353).
3. Xác định độ hao mòn của đá kích cỡ lớn bằng thiết bị Los Angeles (C353).
4. Xác định chỉ số bền của đá (D.5144 – T.210).
5. Xác định độ mài nhẵn của đá khi dùng thiết bị mài nhẵn bánh xe quay của Anh (D3319 – T.279).
6. Xác định lượng ẩm tổng cộng của vật liệu đá bằng phương pháp sàng khô (C66- T255).
7. Xác định độ ẩm về mặt của vật liệu đá hạt nhỏ hơn (C.70 - T142).
8. Xác định độ bền vững của vật liệu đá bằng phương pháp lần lượt cho đóng băng và tan băng (T103).
9. Xác định độ bền vững của vật liệu đá bằng cách dùng Natri Sunphát hay Manhê sunphát.

b) Các thí nghiệm chủ yếu xác định các chất có hại trong vật liệu đá, gồm có:

1. Xác định lượng chất bản hữu cơ trong vật liệu hạt nhỏ của bê tông (C 40-T21).

2. Xác định sự tạo hạt của chất bền hữu cơ trong vật liệu đá hạt nhỏ đến độ bền của vữa (C87 –T76).

3. Xác định lượng hạt mịn nhỏ trên 75 μ m trong vật liệu đá bằng phương pháp rửa (C117 –T11).

4. Xác định lượng hạt sét và các hạt bờ trong vật liệu đá (C142- T112).

5. Xác định lượng hạt nhẹ trong vật liệu đá (C123 – T113).

6. Xác định hàm lượng hạt mịn dẻo trong cấp phối đá và trong đất bằng cách dùng thí nghiệm “tương đương cát” (T176).

c) Các thí nghiệm chủ yếu nhằm cung cấp các thông tin trong việc thiết kế cấp phối và kiểm tra.

1. Xác định khối lượng đơn vị và độ rỗng của vật liệu đá (C29-T19).

2. Phân tích hạt bằng phương pháp rây của vật liệu đá hạt nhỏ và hạt cát lớn (C 136- T27).

3. Phân tích hạt vật liệu bột khoáng dùng cho đường bằng phương pháp rây (T37).

4. Xác định trọng lượng riêng và độ hút nước của vật liệu hạt đá nhỏ (C128 –T84).

5. Xác định trọng lượng riêng và độ hút nước của vật liệu đá hạt lớn (C127- T85).

6.3 Con đường nâng cao tính ổn định của bê tông át phan trong điều kiện khí hậu nóng.

6.3.1. Khái quát

Bê tông át phan là vật liệu chủ yếu để xây dựng ôtô. Ở vùng khí hậu nóng (Đông Nam Á) Nhiệt độ của bê tông át phan có thể lên đến 70⁰ ở Hà Nội vào tháng 5, tháng 6. Ở Sài Gòn khoảng 65⁰C, ở Châu Âu (Aijecbaijan) cũng khoảng 60-70⁰C. Ở điều kiện nhiệt độ như vậy bê tông át phan cần có độ ổn định nhiệt cao, để đảm bảo không giảm cường độ quá lớn, không gây những biến dạng vĩnh cửu (vết bánh xe) hoặc nhựa bị chảy gây biến dạng cục bộ trên mặt đường (dồn đống).

Con đường để nâng cao tính ổn định nhiệt cho bê tông át phan có thể đi theo các hướng sau:

- Lựa chọn vật liệu hợp lý: Theo hướng này có thể chọn bitum chất lượng cao có độ quán tính thích hợp và có nhiệt độ hoá mềm phù hợp với nhiệt độ khai thác. Lựa chọn tối ưu hàm lượng bitum, lựa chọn hợp lý loại vật liệu khoáng và thành phần hỗn hợp vật liệu khoáng hợp lý.

- Sử dụng phụ gia cho bitum và phụ gia cho bê tông át phan nhằm nâng cao khả năng ổn định nhiệt độ cho bitum, tăng cường ổn định cho lớp ổn định hấp thụ trong cấu trúc và tăng lực dính bám giữa bitum và vật liệu khoáng.

Tính ổn định nhiệt của bitum thông thường xác định thông qua hệ số ổn định nhiệt. Đó là tỷ lệ giữa cường độ bê tông át phan ở các nhiệt độ khác nhau. Khi nhiệt độ tăng hệ số ổn định càng cao càng bền thì tính ổn định nhiệt cao.

6.3.2 Sử dụng bitum chất lượng cao (Polime bitum)

6.3.2.1 Multiphalte – Nhựa đường mới có khả năng giảm lún mặt đường ở nhiệt độ cao ở vùng khí hậu nóng.

Trong quá trình chọn lựa loại chất kết dính đặc biệt, người ta tìm ra cách chống lún vệt bánh xe đó là phát triển loại nhựa đường có độ nhớt cao hơn, có khả năng chịu tải trọng nặng của các phương tiện giao thông và nhiệt độ môi trường cao. Hướng kỹ thuật là tìm kiếm một loại nhựa bitum phù hợp với tiêu chuẩn và tăng khả năng chống biến dạng bằng việc bổ sung thêm thành phần Polime.

Cho đến thời điểm hiện nay, Shell đã tiến hành các chương trình nghiên cứu từ năm 1985, mở đầu bằng việc sản xuất ra Multiphalte; sản phẩm nhựa đường đa cấp; giải pháp kinh tế chống lại biến dạng vĩnh viễn, độ ổn định hỗn hợp cao với khả năng kết dính và độ bền môi, tính tự hồi phục cao.

Thí nghiệm trong phòng đã chứng minh hiệu quả chống lún vệt bánh xe của loại nhựa đường đặc biệt này. Công trường thử nghiệm đã được tiến hành tại Úc, Canada, Châu Âu và Hồng Kông. Kết quả các thử nghiệm này được in trong tài liệu hội nghị át phan khu vực Thái Bình Dương AAPA và hội nghị sản phẩm nhựa đường Châu Âu lần thứ năm. Thông tin tổng quát chung của Multiphalte đã được trình bày vào năm 1993 tại hội nghị thành viên AAPA.

Đặc tính của ngành nhựa đường là hàm của nhiệt độ thể hiện ở trong thí nghiệm Heukelom. Trong biểu đồ này, lấy thông số đặc, nhiệt độ hoá mềm, nhiệt độ dòn nứt, độ nhớt và độ kim lún, được vẽ dưới dạng đồ thị như là hàm của nhiệt độ.

Multiphalte thể hiện đặc tính tương tự như đối với các loại nhựa đường làm đường khác, thông số độ quán tính được so sánh giữa đường 60/70 và nhựa Multiphalte so với nhựa đường thể hiện độ nhạy cảm nhiệt độ thấp hơn và nó ảnh hưởng có lợi đến chỉ số kim lún.

Từ kết quả nghiên cứu trên, lợi ích của việc giảm tính nhạy cảm nhiệt độ của loại nhựa đường chất lượng cao này trở nên rõ ràng, dựa vào việc khảo sát độ nhớt ở các nhiệt độ khác nhau ở những nơi có hiện tượng có vệt lún xuất

hiện: độ nhót chỉ ra trọng biểu đồ của loại nhựa đường này cao hơn đáng kể so với nhựa đường thông thường ở điều kiện tương ứng.

Sản phẩm nhựa đường này với tính nhạy cảm nhiệt độ thấp biểu thị sự cải tiến mô đun độ cứng trong khoảng thời gian chịu tải cao và nhiệt độ sử dụng cao. Hơn nữa, nó cũng thể hiện mô đun độ cứng thấp hơn trong khoảng thời gian chịu tải ngắn và nhiệt độ chịu tải ngắn và nhiệt độ sử dụng thấp, so với nhựa đường thông thường.

Chương trình nghiên cứu chiến lược phát triển đường cao tốc (SHRP) ở Mỹ đã phát triển chỉ tiêu kỹ thuật của chất kết dính mà đặc tính của nó là những chỉ tiêu dựa trên chất lượng sử dụng, và bao gồm cả yếu tố môi trường.

Có 4 vấn đề quan tâm trong chỉ tiêu này là hiện tượng nứt ở nhiệt độ thấp, ổn định nhiệt, biến dạng vĩnh viễn và nứt do mỏi. Đặc tính này được đo bằng thiết bị đo đầm uốn, lực kéo động học và thiết bị đo lực kéo trực tiếp. Chỉ tiêu kỹ thuật cũng đưa ra rằng chất kết dính phải đủ độ lỏng để bơm và có thể bao học toàn bộ hạt cốt liệu trong quá trình trộn và đầm nén sau khi rải. Chỉ tiêu kỹ thuật bao gồm nhiệt độ bốc cháy đảm bảo cho vấn đề an toàn khi thi công.

Các chỉ tiêu này có ảnh hưởng của cả nhiệt độ thấp và cao. Chất lượng kết dính phải thể hiện các đặc tính thích hợp trong khoảng nhiệt độ yêu cầu tại địa điểm công trình. Ở vùng khí hậu nóng đặc biệt lưu ý đến nhiệt độ hoá mềm cao.

Các thí nghiệm tương ứng đã được thể hiện trên hai loại nhựa đường Multiphalte (loại độ kim lún 35/50 và 60/80).

Tất cả các thí nghiệm đều thể hiện chất lượng sử dụng các loại hỗn hợp áphan có thành phần Multiphalte được cải tiến so với nhựa đường thông thường. Sản phẩm mới này cũng có trong thành phần mẫu thử hỗn hợp áphan chặt đem so với nhựa đường thông thường trong thí nghiệm trung tâm nghiên cứu Pháp.

Mô đun độ cứng: Độ cứng động học của bê tông áphan với thành phần nhựa đường Multiphalte thường đã đo được tại trung tâm nghiên cứu Shell tại Pháp. Ý nghĩa tương đối của kết quả này:

- Hỗn hợp với thành phần nhựa đường mới thể hiện mô đun độ cứng cao hơn ở trong điều kiện thời gian chịu tải dài và nhiệt độ cao.
- Hỗn hợp với thành phần nhựa đường mới thể hiện mô đun độ cứng thấp hơn trong điều kiện thời gian thử tải ngắn và nhiệt độ thấp.

Tính kết dính: ảnh hưởng của nước đối với tính kết dính của nhựa đường trong hỗn hợp áphan đã được nghiên cứu tại KSLA sử dụng thí nghiệm tồn dư Marshall và thí nghiệm mài mòn Californian. Kết quả của hai thí nghiệm được chứng minh rằng tính kết dính của Multiphalte đã được cải tiến so với nhựa đường thông thường.

6.3.2.2 Bitum cho thêm cao su dẻo nhiệt.

Trong 4 nhóm chất đàn hồi dẻo nóng chính polyurethane, chất đồng trùng hợp polyetherpolyester, các chất alken đồng trùng hợp và chất đồng trùng hợp có đoạn styren, các chất đồng trùng hợp có đoạn styren đã được chứng minh là có tiềm năng lớn nhất khi được trộn với bitum.

Chất đồng trùng hợp với đoạn styren thường được gọi là cao su nhiệt dẻo (TR). Cao su nhiệt dẻo có thể được tạo ra bằng cơ chế tạo chuỗi của phản ứng polyme hoá liên tục styren – butadien – styren (SBS) hoặc styren – isopren – styren (SIS). Để tạo ra các polyme nêu trên cần có chất xúc tác trong phản ứng ghép nối. Đối với polyme không chỉ có các chất đồng trùng hợp thẳng mà còn có các chất đồng trùng hợp nhiều nhánh có thể được tạo ra; những chất này thường được gọi là các chất đồng trùng hợp phân nhánh hoặc hình rẽ quạt, hình sao.

Cao su nhiệt dẻo có sức bền và tính đàn hồi do liên kết ngang vật lý của các phân tử trong mạng lưới không gian ba chiều. Điều này có được do liên kết của đoạn styren cuối với các khối riêng rẽ, tạo liên kết ngang lý học đối với khối cao su polysopren hoặc polybutadien ba chiều. Đoạn cuối polystyren sẽ tạo cho polyme có sức bền và đoạn giữa sẽ làm cho vật liệu này có tính đàn hồi đặc biệt.

Ở nhiệt độ trên điểm nhiệt độ hoá thủy tinh của polystyren (100°C), polystyren mềm đi vì khối yếu đi và thậm chí sẽ bị tách ra dưới tác động của một ứng suất, đi đến mức độ cho phép chế biến dễ dàng. Khi nguội đi, các khối sẽ lại liên kết lại, sức bền và tính đàn hồi sẽ được phục hồi, điều này đồng nghĩa là vật liệu này là một chất dẻo nhiệt.

Ảnh hưởng của thành phần cấu tạo cấu bitum đến các hỗn hợp cao su nhiệt dẻo/bitum.

Cho thêm cao su nhiệt dẻo với trọng lượng phân tử bằng hoặc cao hơn các asphalten sẽ làm xáo trộn sự cân bằng pha polyme và asphalten “cạnh tranh nhau” về lực hoà tan của malten, nếu không có đủ malten, có thể xảy ra hiện tượng tách pha. Cấu trúc của các hệ thống bitum/polyme thích hợp và không thích hợp được quan sát bằng kính hiển vi. Hệ thống tương thích có cấu trúc đều mịn đồng chất trong khi hệ thống không tương thích có cấu trúc thô đứt quãng.

Chất lượng của sự phân tán polyme đạt được bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố, nhưng cơ bản là phụ thuộc vào cường độ xé tác động của máy trộn. Khi polyme được cho thêm vào bitum nóng, bitum sẽ ngay lập tức bắt đầu nhập vào các polyme làm cho các chuỗi styren của polyme phồng trương lên và dễ hoà tan hơn. Một khi điều đó xảy ra, lực xé đủ lớn sẽ tác động vào các hạt bị trương là yếu tố quyết định có thể đạt được để sự phân tán hoàn toàn của các hạt phân tử

polyme trong thời gian trộn thực tế. Như vậy, cần sử dụng các máy trộn có lực xé cao hoặc trung bình để phân tán hoàn toàn cao su dẻo nhiệt vào bitum.

Shell bitumen Vương quốc Anh đã sản xuất hai loại chất liên kết polyme SBS cải tiến là: CARIPHALTE DM, CARIPHALTE DA.

Các đặc tính kỹ thuật đối với CARIPHALTE DM, CARIPHALTE DA.

Bảng 6.5b

Thí nghiệm/ chất liên kết	CARIPHALTE DM	CARIPHALTE DA
Độ kim lún ở 25 ⁰ C, dmm	90 ± 20	130 ± 20
Điểm mềm (P) ⁰ C	85 ± 10	
Độ nhớt Brôkfrelđ 150 ⁰ C mức độ xé 3,36 giây, Poise	10 ± 4	9 ± 4
Độ kéo dài ở 5 ⁰ C, cm	>50	-
Mô đun độ cứng tối thiểu 40 ⁰ C		
thời gian chịu tải 1000giây mức độ xé 2,5.10 ⁻⁴ s ⁻¹ , kN/m ²	> 3	-
Độ ổn định bảo quản, sự khác nhau về điểm mềm ổn định xuống đáy sau 7 ngày bảo quản trong một thiết bị hình trụ ở 160 ⁰ C, ⁰ C	< 5	<5
Hàm lượng polyme %	7,0 ± 1,0	6,0 ± 1,0

CARIPHALTE DM đã được phát triển để sử dụng trong át phan lu nóng chặt và hỗn hợp bê tông át phan để cải tiến lớp nền làm bằng bê tông nghèo và mặt đường bê tông cũ đã bị nhiệt độ gây ra một sự dịch chuyển ở lớp bê tông dẫn đến hiện tượng nứt “ phản hồi” tới bề mặt đường.

CARIPHALTE DA được phát triển để sử dụng trong hỗn hợp đá nhựa thoát nước và hỗn hợp để rải lớp tạo ma sát.

Các đặc điểm về độ nhớt nhiệt độ của CARIPHALTE DM và một bitum 50 độ được trình bày trên đồ thị dữ liệu thí nghiệm. Hình này cho thấy rõ là ở nhiệt độ cao của con đường, ví dụ 60⁰C, CARIPHALTE DM cứng hơn đáng kể so với bitum 50 độ và do đó chống biến dạng tốt hơn, ở nhiệt độ đường thấp, < 0⁰C, CARIPHALTE DM dẻo hơn bitum 50 độ và do đó chống nứt tốt hơn.

Mức độ cải thiện khả năng chống biến dạng được kiểm tra bằng các thí nghiệm vệt lún bánh xe do cả phòng thí nghiệm đường bộ và vận tải (TRRL) và Shell Research Limited thực hiện. Rõ ràng là một sự tăng lên đáng kể về khả năng chống biến dạng, tương tự với khả năng chống biến dạng của bitum chịu

tải nặng (HD) được phát triển chuyên dụng để chống biến dạng. Những ưu điểm này đã được khẳng định qua các cuộc kiểm nghiệm toàn diện trên thực địa.

Độ dẻo của hỗn hợp bitum đã được định lượng bằng thí nghiệm rã- biến dạng không đổi do TRRL và Shell Research tiến hành. Thí nghiệm rã- biến dạng Shell Research Limited thực hiện trên hỗn hợp á tphan lu nóng thi công ở 5⁰C với tần số là 50 Hz cho thấy với một phạm vi rộng về tải trọng tác động lên mẫu thí nghiệm CARIPHALTE DM, tuổi thọ rã của hỗn hợp đường nâng lên ít nhất là 3 lần.

**So sánh mức độ vết lún bánh xe của mặt đường được rải
bằng á tphan lu nóng làm từ bitum 50, HD40 và CARIPHALTE DM**

Bảng 6.5c

Chất liên kết	Các đặc tính của chất liên kết		Độ lún vết bánh xe ở 45 ⁰ C, mm/h
	Kim lún ở 25 ⁰ C, dmm	Điểm mềm (P)	
50	56	52,0	3,2
HD40	42	68,0	0,7
CARIPHALTE DM	34	90,0	0,7

6.3.2.3. Bitum polyme chịu nhiệt

Các chất bitum polyme chịu nhiệt được sản xuất bằng cách trộn hai thành phần lỏng, thành phần đầu là chất nhựa và phần còn lại chứa chất làm cứng. Hai thành phần này kết hợp với nhau về mặt hoá học để tạo ra một cấu trúc 3 chiều vững chắc bitum polyme hai thành phần là nhựa epoxy được trộn với bitum biểu hiện các đặc tính trội của nhựa chịu nhiệt hai thành phần này với những ưu điểm nổi bật đã được phát triển từ 30 năm trước và hiện đang được sử dụng để phủ bề mặt và làm các chất kết dính.

Những sự khác nhau cơ bản giữa bitum (một chất dẻo nhiệt) và các bitum polyme chịu nhiệt là như sau

Khi hai thành phần trong bitum polyme chịu nhiệt được trộn thì thời gian sử dụng sản phẩm này sẽ bị giới hạn, thời hạn này phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ, nhiệt độ càng cao thì thời hạn sử dụng càng ngắn.

Sau khi một sản phẩm chịu nhiệt được sử dụng nó tiếp tục lưu hoá và tăng sức bền khi có hợp chất mangan hữu cơ, tốc độ lưu hoá trên mặt đường phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường.

Khi nhiệt độ tăng lên bitum bị mềm ra và chảy, các bitum polyme chịu nhiệt ít nhạy cảm với nhiệt độ hơn và trong thực tế không bị tác động của sự thay đổi nhiệt độ trên đường.

Bitum polyme chịu nhiệt là một vật liệu đàn hồi, không thể hiện đặc tính nóng chảy, ổn định với hoá chất, dung môi, nhiên liệu và dầu.

Ba loại bitum polyme chịu nhiệt là: SHELL GRIP/SPRAY GRRIP; EROPHALT; SHELIEPOXY ASPHALT.

Các loại trên đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới từ năm 1986, tuy nhiên ở Việt Nam đang trong giai đoạn nghiên cứu. Các nghiên cứu về các chỉ tiêu cơ lý của EPOXY ASPHALT với Bitum 50 cho thấy độ ổn định Marshall của epoxy át phan có thể lớn hơn 10 lần bitum thông thường, vết lún bánh xe rất nhỏ (biến dạng dư gần như bằng 0) độ cứng động lực của epoxy át phan cao hơn đáng kể trong điều kiện nhiệt độ môi trường cao.

6.3.3. Phụ gia cho bitum

Trong xây dựng đường hiện nay thường dùng hai loại Copolime để cải thiện tính chất của bitum là:

- Copolime “etylenvinylaxetat” (EVA) là Polime nhiệt dẻo.
- Copolime “Styrene- Butadiene- Styrene” (SBB) là Polime nhiệt dẻo được tổng hợp từ Styrene, Butadiene, Styrene, có khối lượng phân tử tương đối thấp (15000- 20000).

Việc sử dụng các Polime nhiệt dẻo sẽ làm biến đổi cấu trúc và nâng cao một số tính năng của bitum, nhưng công nghệ trộn lẫn Polime với bitum cũng phức tạp hơn nhiều so với sử dụng bitum thông thường. Để cải thiện tính chất của bitum, còn dùng các chất dạng mịn điển hình như bột than mịn, bột cao su cho kết quả tốt.

Bột than mịn phân tán làm đặc chắc cấu trúc của màng liên kết (có độ dày khoảng 5000 nanômét) và làm tăng thể tích của chất kết dính. Do đó ngoài việc cải thiện tính chất của bitum, nó còn cải thiện công nghệ sản xuất.

Phụ gia Chemcrete của hãng Chemcrete Internationl Đan Mạch có các tính chất tốt hơn so với bitum thường:

- + Giảm tính nhạy cảm nhiệt
- + Tăng độ bền ở nhiệt độ cao
- + Chịu sự biến dạng lớn

Phụ gia Roadcel: Do Ấn Độ sản xuất là loại phụ gia bền nhiệt sử dụng bột đá và điôxit mangan (MnO_2).

Phụ gia chống trơn Interlene IN/400: Loại phụ gia làm tăng tính bám dính và có khả năng chống trơn trượt dùng rất tốt trên các đường cao tốc (ta đã sử dụng thử trên quốc lộ Bắc Thăng Long- Nội Bài) có kết quả tốt.

Các loại phụ gia Elastomers, Plastomers: Là loại phụ gia Copolime làm tăng độ nhớt, tính dẻo và tính đàn hồi do hãng Shell giới thiệu v.v... Gần đây

hãng AKZÔN BEL cũng giới thiệu các loại phụ gia làm tăng liên kết của bitum như Diamine, Wetfix...Tuy nhiên, việc sử dụng các phụ gia phải được thử nghiệm.

Tính chất một số loại bitum cao su của hãng Shell

Bảng 6.6

Tên thí nghiệm	Caribi 45	Caribi 65	Caribi 80	Caribi DA	Caribi OB	Caribi 200E
Độ kim lún ở 25 ⁰ C (0,1 mm)	20÷ 40	50÷ 80	120÷ 150	60÷ 90	220÷ 300	180÷ 220
Điểm hoá mềm (°C)	55÷ 63	48÷ 55	40÷ 48	70÷ 80	30÷ 40	36÷ 42
Điểm hoá đông (°C)	≤ -10	≤ -15	≤ -20	≤ -15	≤ -25	≤ -20
Dãn dài ở 25 ⁰ C (cm)	≥ -40	-	-	≥ 60	-	-
Dãn dài ở 13 ⁰ C (cm)	-	≥ 100	-	≥ 60	-	-
Dãn dài ở 7 ⁰ C (cm)	-	-	≥ 100	-	-	≥ 100
Đàn hồi ở 25 ⁰ C (%)	≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 70	-	≥ 50

6.3.4. Phụ gia bột cao su trong bê tông át pha

Việc sử dụng bột cao su trong bê tông át pha có lịch sử lâu đời. Đầu tiên bột cao su được sử dụng ở mức độ nhỏ dưới dạng Latex, gần đây nó ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn. Latex làm tăng tính dẻo cho bitum, nhưng làm tăng giá thành của bê tông át pha. Bột cao su phê liệu có giá thành hạ, được nghiên cứu sử dụng rộng rãi nhất trong bê tông át pha nóng và lớp phủ bên trên của đường. Ở Otario Luân Đôn đã sử dụng bê tông át pha bột cao su năm 1959.

Hàng loạt các nước Tây Âu đã xây dựng thử nghiệm nhiều đoạn đường bê tông át pha có hợp chất này những năm trước chiến tranh thế giới thứ II, bê tông át pha có bột cao su được sử dụng trong xây dựng trên trục đường Amstecdam- LaHay (Hà Lan).

Bột cao su được sử dụng rộng rãi nhất trong bê tông át pha chỉ từ năm 1966 do MC Donald, kỹ sư khoa đường ở Arizona Mỹ nghiên cứu. Lalwini đã phát hiện ở những tháng nóng của thời tiết mùa hè bột cao su làm tăng độ nhớt của hỗn hợp át pha và kết quả tốt hơn tính chất của đường và khả năng bền lún. Josep và một số tác giả khác đã tiến hành thí nghiệm và kết luận khi dùng bột cao su trong bê tông át pha đã làm tăng tính dai của nó lên 18%. R.J.Hui khi nghiên cứu ảnh hưởng thành phần hạt của bột cao su hạt mịn làm tăng độ bền của bê tông át pha lên 49%, hệ số cường độ kéo của bê tông át pha có bột cao

su tăng cao hơn so với bê tông át phan thường (0,5 so với 0,38). Douglas kết luận bitum cao su có nhiệt độ hoá mềm cao hơn so với bitum thường. William đã thí nghiệm tính chất của bê tông át phan sử dụng bột cao su (theo phương pháp SHRP) và kết luận bê tông át phan có độ bền lún tốt hơn.

Ở Việt Nam vào những năm 1992-1994 đã thử nghiệm bột cao su trong bê tông át phan, tuy mới dừng lại ở thí nghiệm định hướng (quy hoạch bậc 1) nhưng đã nhận được các kết quả khả quan. Mới đây các nghiên cứu của Đại học Giao thông vận tải Việt Nam đã đề nghị thành phần bê tông át phan với hàm lượng phụ gia bột cao su 9% có lượng độ chịu nén 50°C tăng khoảng 60%, độ ổn định Marshall tăng 30-40%.

Có nhiều phương pháp sử dụng phế liệu bột cao su trong bê tông át phan trong đó hai phương pháp chính là: Phương pháp khô và phương pháp ướt.

Phương pháp ướt được MC Donald phát triển với hàm lượng bột cao su trong bê tông át phan từ 14-20%. Bột cao su được đưa vào bitum nóng chảy ở nhiệt độ 175 đến 220°C và nhào trộn khoảng 45 phút. Sau đó bitum cao su được trộn với cốt liệu để được bê tông át phan. Nghiên cứu đã chỉ ra tính chất của hỗn hợp bitum cao su, thành phần hạt của cao su, hàm lượng cao su, loại bitum và công nghệ sản xuất. Gần đây kết quả nghiên cứu sử dụng chỉ 7-9% cao su có độ mịn cao ở bang Florida Mỹ.

6.3.5. Phụ gia Cololymere eva (Etylene vinyl axêtat)

Phụ gia Cololymere eva là chất nhựa trùng hợp của Polime Etylene và axêtat vinyl là chất phụ gia nhiệt dẻo.

Etylene axêtat vinyl (EVA) là chất nhựa dẻo nóng đã được thử nghiệm khi dùng để cải tiến chất kết dính xây dựng đường. Cũng như các nhựa dẻo nóng, chúng có các tính chất như mềm ở nhiệt độ cao và cứng ở nhiệt độ lạnh.

EVA khi trộn với bitum, kết hợp ở khoảng nhiệt độ, làm tăng độ nhớt của bitum. Tính bất lợi là chúng không có tác dụng làm tăng đáng kể tính dẻo của bitum và khi quá nóng có thể phân ly, có thể làm chất phân tán thô (nhóm chất rắn) tăng lên. Tuy nhiên có thể chấp nhận được nhược điểm này, EVA với hàm lượng từ 3% đến 7% trong bitum mác 70 đã trở nên phổ biến.

Nhựa trùng hợp EVA là những vật liệu nhựa dẻo với cấu trúc rời rạc được sản xuất do sự trùng hợp Polime của etylen và axêtat vinyl thì các nhựa trùng hợp thay đổi các tính chất. Khối lượng phân tử và hàm lượng của axêtat vinyl ảnh hưởng đến các tính chất của nhựa Polime trùng hợp EVA.

Khối lượng phân tử (phân tử lượng): Phân tử lượng của nhiều Polime có liên quan đến tính chất của nó. Tiêu chuẩn thực tế đánh giá cho các EVA là chỉ số biểu thị điểm chảy (MFI), (độ nhớt tỷ lệ nghịch với khối lượng phân tử), chỉ

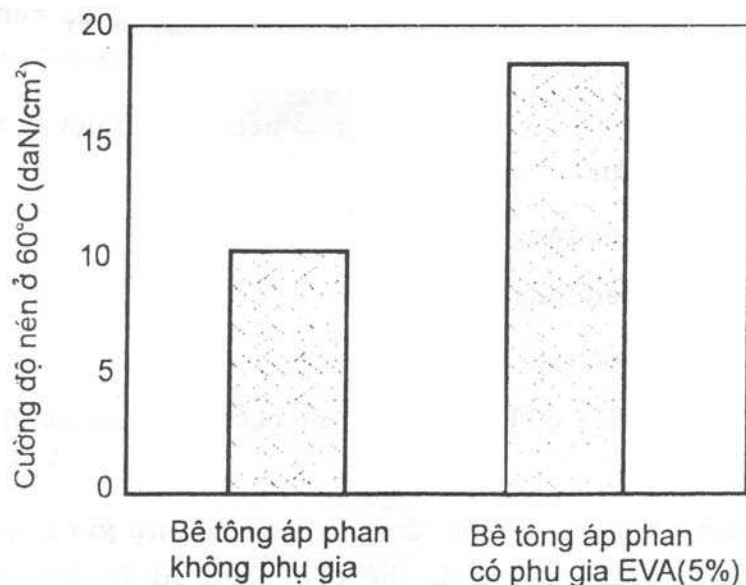
số MFI càng cao, khối lượng phân tử độ nhớt càng thấp, điều này tương tự với điểm kiểm tra độ kim lún của bitum- độ kim lún càng cao, khối lượng phân tử trung bình và độ nhớt của bitum càng thấp.

Hàm lượng axêtat vinyl: theo thứ tự đánh giá các tác dụng chính axêtat vinyl đến các tính chất của chất kết dính cải tiến là nó có lợi cho cấu trúc của bitum. Các đoạn đều đặn polyetylen của chuỗi có thể khép kín lại với nhau và hình dạng trông giống như là lớp thủy tinh thể. Những lớp tinh thể có liên quan đến sự cứng và tạo ra các tác dụng tăng cường đáng kể.

Phạm vi sử dụng của EVA trùng hợp được đặc trưng bởi chỉ số biểu thị bằng 150 và hàm lượng axêtat vinyl bằng 19 thì gọi là loại 150/19. EVA loại 150/19 thường được trộn với bitum độ quán 70 với tỷ lệ từ 3-7%. EVA trùng hợp là loại dễ phân tán và phù hợp (tương thích) với bitum. Chúng ổn định nhiệt độ với các hỗn hợp ạt phan. Tuy nhiên trong khi lưu kho có thể xảy ra lắng đọng đôi chút và điều đó dẫn tới là hỗn hợp sản xuất cần phải qua khuấy trước khi sử dụng.

Các Copolime EVA có tính ổn định nhiệt, chịu kéo uốn tốt. Nếu sử dụng làm phụ gia cải thiện cho bitum dầu mỡ rất tốt, có tác dụng tăng độ quán (nhớt), tăng nhiệt độ hoá mềm, hạ nhiệt độ dòn cho bitum dầu mỡ. Vì vậy, phụ gia Copolime EVA là loại chất phụ gia rất có triển vọng trong xây dựng mặt đường.

Bitum dầu mỡ được cải thiện bằng phụ gia Copolime được sử dụng cho các loại mặt đường bê tông ạt phan ở vùng khí hậu nóng. Trường Đại học Giao thông Vận tải Việt Nam đã nghiên cứu phụ gia EVA với hàm lượng phụ gia 5%. Kết quả nghiên cứu về cường độ nén ở 60⁰C được ghi ở hình sau:



Hình 6.1. Biểu đồ cường độ nén trung bình ở 60°C của bê tông áp phan không phụ gia và bê tông áp phan có phụ gia EVA (5%)

Xác định hệ số ổn định nhiệt của 2 loại bê tông áp phan;

+ Bê tông áp phan không phụ gia:

$$K_T = \frac{R_{k60}}{R_{k20}} = \frac{10,4}{38,5} = 0,27$$

+ Bê tông áp phan có phụ gia EVA (5%):

$$K_T = \frac{R_{k60}}{R_{k20}} = \frac{18,4}{59,5} = 0,31$$

Trong đó:

K_T - Hệ số ổn định nhiệt của bê tông áp phan;

R_{k20} - Cường độ nén giới hạn của mẫu bê tông áp phan khô ở 20°C (daN/cm²);

R_{k60} - Cường độ nén giới hạn của mẫu bê tông áp phan khô ở 60°C (daN/cm²);

Nhận xét:

- Khi nhiệt độ tăng, cường độ nén của bê tông áp phan giảm.

+ Với bê tông áp phan không phụ gia EVA: cường độ nén giảm từ 38,5 daN/cm² ở 20°C xuống 14,1 daN/cm² ở 50°C xuống 10,4 daN/cm² ở 60°C.

- Khi sử dụng phụ gia EVA (5%), cường độ nén ở các nhiệt độ thí nghiệm đều tăng so với bê tông át phan không phụ gia.

+ ở 20°C: cường độ nén tăng 55%

+ ở 50°C: cường độ nén tăng 48%

+ ở 60°C: cường độ nén tăng 77%

- Ở nhiệt độ cao (50 đến 60°C) mức độ tăng cường độ cao hơn hẳn so với nhiệt độ thường (20°C).

- Hệ số ổn định nhiệt K_T của bê tông át phan có phụ gia EVA (5%) cao hơn so với bê tông át phan không phụ gia (hệ số ổn định nhiệt tăng 15%), chứng tỏ bê tông át phan phụ gia EVA ổn định nhiệt hơn hẳn bê tông át phan không phụ gia.

Như vậy, sử dụng phụ gia EVA (5%) vừa có tác dụng tăng cường độ nén cho bê tông át phan khả năng ổn định nhiệt tốt hơn. Do vậy, bê tông át phan có phụ gia EVA (5%) rất phù hợp với mặt đường bê tông át phan trong điều kiện khí hậu Việt Nam.

6.4. Lựa chọn thành phần vật liệu khoáng để chế tạo bê tông át phan

6.4.1. Phương pháp theo TCVN

Vật liệu sử dụng phải phù hợp với loại, dạng bê tông và đạt các yêu cầu về tính chất cơ học, tính ổn định nhiệt và tính chống ăn mòn, đồng thời phải phù hợp với yêu cầu của tiêu chuẩn.

Hỗn hợp vật liệu khoáng được lựa chọn sao cho đảm bảo được độ đặc hợp lý. Lý thuyết về đường cong độ đặc hợp lý là cơ sở để tạo ra thành phần hạt hợp lý (lý thuyết Ivannóp).

Nếu d_1, d_2, \dots, d_n là đường kính các cỡ hạt thì lượng hạt tương ứng là y_1, y_2, \dots, y_n . Khi các đường kính hạt nhỏ dần thì quan hệ giữa chúng như sau:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \frac{d_n}{d_{n+1}} = A = \frac{1}{2}$$

Lượng hạt tương ứng sẽ sắp xếp theo dãy sau:

$$y_1, y_2 = ky_1, y_3 = k^2 \cdot y_1 \dots y_n = k^{n-1} y_1$$

Tổng số các hạt là tổng cấp số nhân có công bội k (k là độ đặc yêu cầu), vậy $\sum y_i = 100\% = y_1(k^{n-1}) / (k - 1)$.

Từ phương trình trên và các thử nghiệm có thể thành lập các biểu đồ hoặc các bảng tra về thành phần hạt hợp lý cho từng loại bê tông át phan ở từng quốc gia và từng vùng vật liệu thích hợp (thể hiện trong các tiêu chuẩn).

Thành phần cấp phối hạt theo tiêu chuẩn Việt Nam được giới thiệu trên và bảng 6.7, 6.8.

Thành phần vật liệu khoáng trong bê tông át phan thông thường gồm 3 loại: đá dăm, cát, bột khoáng với tỷ lệ là Đ, C, B (%).

Trong một số trường hợp để tăng chất lượng bê tông có thể cho thêm một phần đá mịn (M%).

Hỗn hợp vật liệu khoáng được lựa chọn có tổng thể thành phần như sau:

$$\text{Đ} + \text{C} + \text{B} + \text{M} = 100\%$$

hoặc $\text{Đ} + \text{C} + \text{B} = 100\%$ (không có đá mịn)

Lượng lọt qua sàng của hỗn hợp vật liệu khoáng L_x được xác định theo công thức sau:

$$L_x = \frac{D_x}{100} D + \frac{M_x}{100} M + \frac{C_x}{100} C + \frac{B_x}{100} B$$

Trong đó: D_x , M_x , C_x là lượng lọt qua sàng kích thước x (mm) của đá, mịn, cát và bột khoáng.

Xác định lượng đá dăm: Tỷ lệ thành phần của đá dăm được xác định theo công thức sau:

$$\frac{A_x}{A_d} \cdot 100\%$$

Trong đó: A_x , A_d là lượng sót tích lũy tại cỡ hạt x của hỗn hợp hợp lý theo tiêu chuẩn và của đá dăm.

6.4.2. Xác định lượng bột khoáng

Tỷ lệ phần trăm của bột khoáng (có cỡ hạt $< 0,075\text{mm}$) được xác định theo công thức sau (phần cát và đá mịn có cỡ hạt $< 0,075\text{mm}$ không được coi là bột khoáng):

$$B = \frac{Y_{0,075}}{B_{0,075}} \cdot 100\%$$

Trong đó: $Y_{0,075}$ là lượng hạt nhỏ hơn $0,075$ của hỗn hợp vật liệu hợp lý và của bột khoáng.

6.4.3. Xác định lượng cát và lượng mịn

Tổng tỉ lệ phần trăm của cát và đá mịn được tính như sau:

$$C + M = 100 - B - \text{Đ} = M''$$

Giải các phương trình (1) và (2):

$$\frac{C \cdot C_{1,25}}{100} + \frac{(M - C) \cdot M_{1,25}}{100} = L_{1,25} - B$$

Từ kết quả tính toán và thành phần vật liệu thực tế, tiến hành tính toán lại trị số L_x với tất cả các cỡ hạt. So sánh đường biểu diễn L_x với thành phần khoáng vật hợp lý. Yêu cầu L_x phải phù hợp với giới hạn thành phần của hỗn

hợp hợp lý theo quy phạm. Nếu thành phần chọn được không hợp quy phạm thì có thể điều chỉnh lại các lượng vật liệu để có L_x hợp quy phạm.

6.4.4. Xác định lượng bitum tối ưu

Lượng bitum tối ưu được tính toán theo chỉ tiêu độ rỗng của hỗn hợp vật liệu khoáng của mẫu thí nghiệm bê tông át phan và độ rỗng còn lại của bê tông át phan theo quy định ở quy phạm.

Thành phần hạt của hỗn hợp bê tông át phan nóng và ẩm

Dạng và loại hỗn hợp	Lượng lọt qua sàng, % ở cỡ hạt, m											
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63					
Thành phần hạt liên tục												
Hạt nhỏ loại												
A	95-100	78-100	60-100	35-50	24-38	17-28	12-20					
B	95-100	78-100	80-100	65-80	38-52	28-39	20-29					
C	95-100	78-100	80-100	65-80	52-66	39-53	29-40					
BT các loại												
D	-	-	-	95-100	68-83	45-67	28-50					
E	-	-	-	95-100	74-93	53-86	27-65					
Thành phần không liên tục												
Hạt nhỏ loại												
A	95-100	78-100	60-100	35-50	28-50	22-50	18,50					
B	95-100	85-100	70-100	50-65	40-65	34-65	27-65					

Thành phần hạt của hỗn hợp bê tông át phan nóng vữa

Dạng hạt và loại hỗn hợp	Lượng lọt qua sàng, % ở cỡ hạt, mm										
	20	15	10	5	2.5	1,25	0,63				
Thành phần hạn liên tục											
Hạt nhỏ loại											
B _x	95-100	85-100	70-100	50-65	33-50	21-39	14-29				
C _x	95-100	88-100	80-100	50-60	39-49	29-38	22-34				
BT các loại											
D _x , C _x	-	-	-	95-100	66-82	46-68	26-54				

Chuẩn bị các mẫu thí nghiệm từ hỗn hợp bê tông át phan, trong đó lượng bitum dùng của các trị số trong bảng.

Lượng bitum tối ưu được xác định theo công thức sau:

$$B = \frac{(V_k^0 - V_k) \rho_B}{\rho_k}$$

Trong đó:

V_k^0 - Độ rỗng vật liệu khoáng của mẫu thí nghiệm, %;

ρ_k - Khối lượng riêng của vật liệu khoáng g/cm^3 .

6.4.5. Kiểm tra trên các mẫu thí nghiệm

Kết quả tính toán lượng bitum sẽ dùng để chế tạo 3 mẫu thử và kiểm tra lại các tính năng nếu chỉ tiêu độ rỗng không đảm bảo các chỉ tiêu khác (ví dụ cường độ, ổn định độ nước) thì chủ yếu là lượng bột khoáng. Sau đó tính lại lượng B và lại làm theo trình tự trên cho đến khi đạt yêu cầu.

6.4.6. Thí dụ tính toán thành phần bê tông át phan

Yêu cầu lựa chọn thành phần bê tông át phan rải nóng, hạt nhỏ, loại dùng cho lớp trên bitum số 4, đá dăm, đá mặt, cát sông, bột đá vôi có tính chất phù hợp với yêu cầu kỹ thuật và

6.4.7. Tính toán thành phần vật liệu khoáng của hỗn hợp bê tông át phan

- Tính lượng đá dăm:

Xét mắt sàng có đường kính 5mm, theo quy phạm lượng hạt có đường kính lớn hơn : (do lượng hạt lọt qua sàng 5mm nằm trong phạm vi 50-65%).

Vậy lượng hạt có đường kính lớn hơn 5mm theo quy phạm bằng:

$$A_5 = 0,5 (50+35) = 42,5 \approx 43\%$$

Lượng hạt có đường kính lớn hơn 5mm trong đá dăm là 95%

Như vậy:

$$D = \frac{43}{95} \cdot 100 = 45\%$$

**Thí dụ về thành phần hạt và các số liệu tính toán thành
bê tông át phan**

Vật liệu khoáng	Lượng vật liệu khoáng, % lọt qua :									
	20	15	10	5	3	1,25				
Đá dăm 5-15 mm	100	95	57	5						
Đá mặt				100	76	44				
Cát sông					100	73				
Bột khoáng										
Hỗn hợp theo quy phạm	95-100	84-100	70-100	50-65	38-52	28-3				
Đá dăm 45%	45	43	27	2						
Đá mặt 21%	21	21	21	21	16	9,2				
Cát sông 24%	24	24	24	24	24	17,4				
Bột khoáng 10%	10	10	10	10	10	10				
Thành phần hỗn hợp đã chọn	100	98	82	57	40	36,7				

- Tính lượng bột khoáng

Theo quy phạm yêu cầu lượng hạt có đường kính nhỏ hơn 0,075 nằm trong phạm vi :

Trong tính toán chọn $Y_{0,075} = 8\%$ và $B_{0,075} = 74\%$

$$B = \frac{8}{74} \cdot 100 = 10,8\% \text{ chọn } B = 10\%$$

Lượng hạt và đá mặt sẽ là:

$$C + M = 100 - 45 - 10 = 45\%.$$

Khi tính riêng lượng cát và đá mịn, xét cỡ sàng tiêu biểu của cát và đá mịn là 1,25 mm (có thể dùng 34%); nhưng trong đó đã 10%B, nên lượng hạt nhỏ hơn 1,25mm không kể tới.

Lượng cát phải thỏa mãn phương trình sau:

$$\frac{C \cdot 73}{100} + \frac{(45 - C) \cdot 44}{100} = 24\%$$

Trong đó, 73 và 44 là lượng hạt có kích thước nhỏ hơn 1,25mm của cát và đá mịn.

$$C = 24\%, M = 21\%$$

Tính toán lượng lọt qua sàng của từng loại vật liệu tại các cỡ hạt ghi trong bảng 6.9.

Kiểm tra kết quả cấp phối hợp đã chọn thấy phù hợp với thành phần hạt hợp lý theo qui

6.4.8. Tính lượng bitum tối ưu

Lượng bitum theo quy phạm định cho loại bê tông yêu cầu là 5,5%, chọn lượng bitum vật liệu khoáng đã có 5,2%.

Từ hỗn hợp đã có, chế tạo 3 mẫu thử có $d = h = 71,4\text{mm}$. Đảm bảo mẫu thử bằng phương pháp đầm dẹt (ở nhiệt độ 180°C trong thời gian 180 giây dưới tác dụng của tải trọng $0,3\text{ kg/cm}^2$). Sau 12-42 giờ, xác định được khối lượng riêng của mẫu thử bằng $2,32\text{ g/cm}^3$.

Với khối lượng riêng của hỗn hợp vật liệu khoáng là $2,68\text{ g/cm}^3$, của bitum $\rho_B = 1\text{ g/cm}^3$ và cát pha là 4%, ta có:

$$\gamma_k = \frac{2,32 \cdot 100}{100 + 5,2} = 2,2\text{ g/cm}^3$$

Độ rỗng của hỗn hợp vật liệu khoáng:

$$V_{ok}^0 = \left(1 - \frac{2,2}{2,68}\right) \cdot 100 = 17,9\%$$

Lượng bitum tối ưu:

$$B = \frac{(17,9 - 4,0) \cdot 1,0}{2,68} = 5,7\%$$

Kiểm tra trên các mẫu thử bê tông át phan với lượng bitum thay đổi từ 5,0% đến 6% trị R20, R50 là lớn nhất và độ hút nước nằm dưới giới hạn nhỏ nhất. Như vậy, việc chọn li cấp.

6.5. Thiết kế thành phần bê tông át phan theo phương pháp AC (viện bê tông át phan Mỹ)

Về phương pháp tính toán thành phần bê tông át phan AC sử dụng phương pháp tính t Nam thể hiện dùng.

Tuy nhiên, về thành phần cấp phối hợp lý theo ASTM có các cỡ hạt khác nên chi tiết t

Phương pháp kiểm tra cấp phối cần tính toán thành phần bê tông át phan cũng làm t phần hạt hợp lý do các loại bê tông át phan xem bảng 6.10.

Các hỗn hợp bê tông át phan của Mỹ

Mix1 Type Loại	21/2 in	11/2 in	1 in	3/4 in	1/2 in	3/8 in	N ^o 4	N ^o 8	N ^o 16	N ^o 30				
la	100	35-70	0-15				0-5							
lla					100	40-45	5-20							
llb				100	70-100	20-40	5-20							
llc			100	70-100	45-75	20-40	5-20							

IIId		100	70-100		35-60	15-35	5-20							
IIe	100	75-100	50-800		25-60	10-30	5-20							
IIIa				100	75-100	35-55	20-35		10-22	6-16				
IIIb			100	75-100	60-85	35-55	20-35		10-22	6-16				
IIIc			100	75-100	60-85	30-50	20-35		5-20	3-12				
IIId		100	75-100		45-70	30-50	20-35		5-20	3-12				
IIle	100	75-100	60-85		40-65	30-50	20-35		5-20	3-12				
IVa				100	80-100	55-75	35-50		18-29	13-21				
IVb			100	80-100	70-90	50-70	35-50		18-29	13-21				
IVc		100	80-100		60-80	48-65	35-50		19-30	13-21				
IVd	100	80-100	70-90		55-75	45-62	35-50		19-30	13-21				
Va				100	85-100	65-80	50-65	37-52	25-40	18-30				
Vb			100	85-100		65-80	50-65	37-52	25-40	18-30				
Vla				100	85-100		65-78	50-70	35-60	25-40				
Vlb			100		85-100		65-80	47-68	30-55	20-40				
Vlla					100	85-100	80-95	70-89	55-80	30-60				
Vllb						100	95-100	85-98	70-95	40-70				

6.5.1. Các bước tính toán thành phần cốt liệu

Phương trình tổng quát:

$$P = A.a + B.b + C.c \dots,$$

Trong đó: P là giá trị % lọt sàng tại mắt sàng đặc trưng nằm trong tiêu chuẩn (thông thường người ta chọn các mắt sàng điển hình các loại vật liệu như 2,36,0,074 v.v...).

A, B, C là % lọt sàng tại mắt sàng đó của từng vật liệu a, b, c là tỷ lệ từng loại vật liệu A, B, C trong hỗn hợp.

$$A + b + c \dots = 100\%$$

- Khi thiết kế cho hai vật liệu:

+ Tính phần trăm cát trong hỗn hợp:

$$a = (P-B) / (A-B) \text{ (Dùng cho mắt sàng 2.36)}$$

+ Tính phần trăm cát trong hỗn hợp:

$$b = 100 - a$$

- Khi thiết kế cho ba loại vật liệu

+ Tính phần trăm đá:

$$a = (P-B) / (A-B) \text{ (Dùng cho mắt sàng 2.36)}$$

+ Tính phần trăm bột:

Dựa vào phương trình tổng quát cho mắt sàng 0,074mm

$$P = A.a + B.b + C.c \text{ cho mắt sàng 0,074mm}$$

Và phương trình

$$b + c = 1 - a$$

hệ hai phương trình hai ẩn giải được c.

+ Tính phần trăm cát:

$$b = 1 - a - c$$

6.5.2. Lựa chọn thành phần bitum hợp lý

Theo tiêu chuẩn AC việc lựa chọn lượng bitum được tính theo đường lối lý thuyết cộng thực nghiệm. Lượng bitum ban đầu được lựa chọn theo công thức ở

mục 6.4.4. Tiến hành chế tạo các mẫu thử với lượng bitum biến đổi và lựa chọn lượng bitum tối ưu theo các biểu đồ quan hệ giữa B, % với khối lượng riêng bê tông á tphan, độ rỗng còn lại, độ ổn định Marshall, độ rỗng hỗn hợp vật liệu khoáng, độ chảy Marshall.

Hàm lượng bitum tối ưu là trị số trung bình cộng của năm trị số được chọn tối ưu ở 5 biểu đồ đã lập được ở trên.

Lượng bitum sử dụng có thể tích theo tổng khối lượng vật liệu khoáng hoặc tổng khối lượng của bê tông á tphan (bao gồm cả khối lượng bitum).

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phân loại bê tông asphalt và các yêu cầu kỹ thuật cơ bản của bê tông asphalt;

2. Các yêu cầu kỹ thuật của vật liệu chế tạo bê tông asphalt;
3. Các giải pháp nâng cao chất lượng của bê tông asphalt trong điều kiện khí hậu nóng;
4. Nội dung các phương pháp tính toán thành phần vật liệu khoáng và bitum cho bê tông asphalt.

CHƯƠNG 7

TẤM POLIME CỐT SỢI CÁC BON (PCSC)

Tấm mỏng Polime cốt sợi các bon (PCSC) ngày càng thay thế tấm thép mỏng để gia cường cho kết cấu bê tông. Việc thiết kế chống trượt và võng tuân thủ theo thiết kế kết cấu bê tông cốt thép truyền thống. Phải xem xét tới độ biến dạng tới hạn riêng của thép và tấm mỏng. Theo phép ngoại suy (phân tích) vì kèo, mép của tấm mỏng phải được neo phía ngoài của bê tông theo hướng của các lực kéo. Tấm gia cường bằng PCSC có thể bị phá vỡ do sự phá vỡ của độ bám dính dọc cùng với sự rạn nứt của bê tông, như đã được biết đến đối với các tấm thép. Kiểm tra về độ bám dính đã chỉ ra rằng mô hình trước đây về độ dính có thể thích ứng cho tấm PCSC.

Trong 10 năm qua việc nghiên cứu và ứng dụng vật liệu Polime sợi các bon để gia cường kết cấu BTCT đã được triển khai ở Châu Âu, Mỹ, Nhật và Châu Á. Vào năm 2001 đã được nghiên cứu tại Việt Nam do nhóm nghiên cứu của trường Đại học Giao thông vận tải thực hiện.

Các tấm PCSC mỏng, nhẹ và cường độ cao ngày càng thay thế tấm thép. Tấm PCSC có tính chất tuyệt vời về nhiều phương diện liên quan đến độ ẩm bền lâu, hiện tượng mỏi và vấn đề ăn mòn.

Tương tự như đối với tấm thép bảo đảm bám dính cần thiết giữa bê tông và tấm thép thông qua các mối tiếp giáp bằng epoxy là một yêu cầu phải có đối với kết cấu được gia cường. Điều này đặc biệt quan trọng đối với việc định vị các cạnh của tấm. Để thiết kế, cần phải biết lực bám dính tối đa và kiểu rạn nứt. Ngoài các kiểu rạn nứt như đã quan sát thấy đối với tấm thép, tấm PCSC có thêm kiểu rạn nứt khác. Việc kiểm định sâu rộng đã được thực hiện và mô hình về cường độ bám dính đã được phát triển [12].

Gia cường khả năng uốn bằng công nghệ gắn kết các tấm Carbondur Polime cốt sợi các bon (PCSC) vào vật liệu như bê tông, gỗ và vữa đã và đang được chấp nhận rộng khắp trên thế giới hiện nay đang trở thành thực tiễn sáng tạo. Các ưu điểm của hệ thống này, các đặc tính chất lượng được xác định rõ bằng tính toán và cả sau khi áp dụng. Điều này cùng với khả năng tương thích giữa tấm và độ kết dính kết cấu như một hệ đã được kiểm tra là nền tảng cho việc sản xuất tại nhà máy các hệ thống tấm Polime cốt sợi các bon (PCSC), các kiểm tra gần đây do Sika (Thụy Sĩ) cùng với EMPA (Viện kiểm định và nghiên cứu vật liệu Liên bang Thụy Sĩ) tiến hành đưa ra kết quả có liên quan đến việc áp dụng tại hiện trường về khả năng gia cường kết cấu và tăng cường sức chịu trượt bằng tấm Polime cốt sợi các bon hình chữ L [13].

Bảo trì, phục hồi và thay đổi kết cấu hiện có ngày càng quan trọng hơn khi số lượng công trình xây dựng mới giảm. Các hệ thống gia cường phải đáp ứng tốt một loạt các yêu cầu khác nhau. Thêm vào đó điều quan trọng nhất là phải đạt được chất lượng hiệu quả kinh tế tốt nhất trong thiết kế và ứng dụng. Hơn 10 năm trước đây là hệ thống gia cường bằng Polime cốt sợi đã bắt đầu xuất hiện trong xây dựng. Bắt đầu bằng việc sử dụng lưới Composite trong việc nâng cao chống lại địa chấn.

Năm 1987 Giáo sư Urs Meier làm việc tại EMPA. Dubendorf lần đầu tiên đã đưa ra cách gia cường bằng cách gắn kết Polime cốt sợi các bon (PCSC còn viết tắt là CFRP) [2]. So với sử dụng tấm thép (Fe E 235 là loại thép hay dùng) sử dụng bằng PCSC có các ưu điểm sau [14].

- Có thể có độ dài bất kỳ: bằng PCSC có thể cung ứng ở dạng cuộn dài tới vài trăm mét. Ưu điểm này giúp hạn chế được các mối nối mà khi dùng tấm thép rất khó thi công. Việc lắp ráp tại nơi đông đúc và không gian hẹp không khó khăn. Việc gắn kết bằng PCSC qua các đường ống, lỗ tường v.v... cho thấy bằng PCSC có nhiều ưu điểm.

- Sức đề kháng hoá học: bằng PCSC không cần phải có xử lý đặc biệt nào, hoàn toàn có sức đề kháng tốt đối với các chất xâm thực ô nhiễm thường có trong môi trường của các kết cấu.

Việc gia cường phía ngoài tăng cường sức chịu uốn cho các kết cấu bê tông cốt thép bằng các tấm Polime cốt sợi các bon đã được tiến hành năm 1991 tại cầu Ibanh gần Lucxem (Thụy Sĩ). Cây cầu bị hỏng đã được phục hồi về trạng thái ban đầu chỉ trong 2 ca đêm, các lý do chung nhất cần gia cường sức chịu uốn bằng các tấm Polime cốt sợi các bon là:

- Gia cường do tăng trường tải trọng.
- Thay đổi trong hệ thống kết cấu do thay đổi trong sử dụng.
- Gia cường do thiết kế không đầy đủ
- Gia cường hoặc tăng độ cứng của các dầm gỗ
- Nâng cấp sức chịu địa chấn cho các kết cấu cầu, nhà đang sử dụng (chịu tải được tải trọng động khi thi công).

Đề tài nghiên cứu khoa học này nghiên cứu các vấn đề sau:

1. Các dạng hư hỏng của kết cấu cầu ở Việt Nam và các hướng sửa chữa, bảo trì chính.
2. Nguyên tắc và giải pháp thiết kế tăng cường cầu bằng công nghệ sử dụng Polime sợi các bon.
3. Các nghiên cứu thực nghiệm
4. Quy trình công nghệ

5. Phụ lục: sửa chữa cầu Trần Thị Lý và các kết quả đạt được.

Giải pháp tăng cường cầu bằng Polime sợi các bon là một giải pháp hiện đại, thích hợp cho những công trình tầm cỡ, cần tăng cường nhanh và rất cần được khuyến khích sử dụng.

7.1 Vật liệu Polime sợi các bon

7.1.1 Mở đầu

Công nghệ tăng cường cầu sử dụng Polime sợi các bon cần sử dụng các vật liệu sau : tấm Polime sợi các bon (PCSC), keo dán để tạo ra lực dính giữa tấm sợi các bon và bề mặt bê tông đã được làm sạch và làm nhám, các tấm thép hoặc tấm sợi các bon hình chữ L để neo. Sự làm việc chung của tấm Polime sợi các bon và kết cấu cầu cũ tạo ra sự tăng cường khả năng chịu lực cho kết cấu bê tông cốt thép – Polime sợi các bon cao hơn kết cấu cầu cũ.

7.1.2 Vật liệu Polime sợi các bon

1. Tấm PCSC

Bảng PCSC được chế tạo theo phương pháp keo tấm. Theo phương pháp này sợi các bon được chạy qua bề keo epoxy và qua các lò hấp để làm cứng.

Cấu trúc PCSC gồm 2 phần : cấu trúc nền và cấu trúc sợi.

- Nền là epoxy, sợi là sợi các bon
- Sợi các bon có $E = 240 - 900 \text{ MPa}$.
- Cường độ kéo khoảng $3000 - 4000 \text{ MPa}$ khi kéo dọc sợi.

Các sợi các bon được đặt chủ yếu theo chiều dọc trên nền epoxy, các sợi ngang ít hơn tạo thành thảm dệt ô vuông. Các sợi các bon này chỉ phối sức kéo của tấm PCSC theo chiều dọc rất tốt còn cường độ kéo ngang của tấm PCSC rất yếu.

Tấm PCSC có độ dày 1.2 – 1.4 có chiều rộng 50 – 120mm, chứa 60 – 70% (theo thể tích) sợi các bon với đường kính khoảng 1/5000mm được dải theo hướng nhất định trong thảm epoxy. Số lượng sợi các bon từ 1.3 – 2 triệu sợi.

Tấm PCSC có mô đun đàn hồi 150 – 230 MPa. Tương tự như sợi các bon, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính đàn hồi cho đến khi bị phá huỷ. Trong thực tế sản xuất thì các bó sợi được chạy qua bể ngâm epoxy rồi qua lò làm cứng làm cho vật liệu có đặc tính cơ hoá cao. Phương pháp kéo liên tục này cho phép sản xuất được bằng PCSC rất dài khoảng 250 – 500m. Trong khi thiết kế tấm PCSC mặc dù vào trò của thảm epoxy đối với cường độ tấm là không đáng kể nhưng cường độ kéo khoảng 60-90 MPa, cao hơn rất nhiều so với cường độ bê tông, là yếu tố cần phải có để chuyển tải các ứng suất bám dính, đồng thời thảm epoxy phải có độ biến dạng cực đại cao để đảm bảo sức chịu tải của sợi đối với toàn bộ ứng suất có thể có trong tấm.

2. Keo kết dính

Phần lớn là epoxy hai thành phần trộn với cốt liệu, cường độ kéo lớn hơn 30 MPa vượt hơn bê tông gấp 10 lần. Chất kết dính này có độ co ngót và biến dạng nhỏ, sức đề kháng hoá học tốt và chịu được nhiệt độ cao. Chất kết dính epoxy với các tính năng trên thích hợp cho việc gắn kết tấm PCSC với mặt ngoài bê tông.

3. Keo dính epoxy

Việc gắn kết cho phép nối kết kinh tế các cấu kiện tại công trường mà không thay đổi trạng thái của chúng. Các mối nối gắn kết còn chuyển lực ra toàn bộ diện tích gắn kết.

Lực nối vật lý được tạo ra bởi sức hút phân tử giữa keo và vật liệu bê tông. Cường độ của các lực này phụ thuộc vào loại phân tử và khoảng cách giữa chúng. Các chất bẩn bụi hoặc dầu mỡ ngăn cản sức hút phân tử. Vì vậy, chuẩn bị kỹ bề mặt gắn kết là tối quan trọng. Công tác chuẩn bị chủ yếu là làm sạch bề mặt bê tông bằng cách đục thủ công, làm sạch lại bằng nước nóng và axeton. Bằng cách này làm nhám bề mặt có thể đạt được các chất dính cơ học giữa chất keo và vật gắn kết. Đánh nhám bề mặt còn làm tăng bề mặt bám dính riêng (diện tích bám dính cũng tăng lên). Hệ thống epoxy hai thành phần đặc biệt phù hợp để gắn kết bằng PCSC lên bê tông, thép. Loại keo này có cường độ cơ học cao và sức đề kháng hoá học tốt chống lại môi trường xâm thực. Hiện nay thông thường sử dụng keo epoxy hai thành phần (Sika Dur 30 – 33 có hai thành phần A và B). Một vài khuyết tật lớn và một vài điểm không phẳng phải được thực hiện trong mái che, nhiệt độ môi trường nên vào khoảng 25°C, nhiệt độ này lý tưởng cho việc gia cường. Chưa khi nào độ ẩm cao quá mức, việc kiểm tra bất kỳ chưa được thực hiện. Trước khi thực hiện thi công cần kiểm tra nhiệt độ không khí và độ ẩm kết cấu. Qua nghiên cứu cho thấy ở Việt Nam nhiệt độ từ 25°C đến 35°C là nhiệt độ lý tưởng cho việc thi công.

7.1.3 Ưu điểm chính của vật liệu

Như ta đã biết, để gia cường BTCT người ta sử dụng phương pháp gắn kết các tấm thép vào vùng ứng suất trượt và kéo. Phương pháp này được áp dụng từ năm 1967 tới nay, nó đạt được nhiều kết quả thực tiễn và đã được kiểm chứng. Bất lợi của phương pháp này là: kết cấu nặng nề, việc bốc dỡ thi công gặp nhiều khó khăn và nguy cơ cốt thép chuẩn bị ăn mòn tại vùng tiếp giáp.

1. Đạt được độ dài bất kỳ

Băng PCSC có thể được cung ứng ở dạng cuộn dài tới vài trăm mét. Ưu điểm này giúp hạn chế được các mối nối mà khi dùng các tấm thép rất khó thi công. Việc lắp ráp chúng tại nơi đông đúc và không gian hạn hẹp không mấy khó khăn do độ dẻo của tấm băng.

2. Sức đề kháng hoá học

Băng PCSC không cần phải xử lý đặc biệt nào hoàn toàn có sức đề kháng tốt đối với các chất xâm thực và ô nhiễm thường có trong môi trường của các kết cấu. Mỗi nguy hiểm đối với băng PCSC có thể xuất hiện do các tai nạn làm đất băng hoặc trong trường hợp có hoả hoạn. Bởi vậy việc bảo vệ băng PCSC tránh những tác động trên là cần thiết.

3. Cường độ cao, trọng lượng nhẹ

Cường độ kéo của băng PCSC hiện nay đạt tới 300N/mm^2 . So với tấm thép sử dụng cùng mục đích, băng PCSC có cường độ cao và trọng lượng đơn vị thể tích thấp (nhẹ hơn tấm thép 4 lần).

Cường độ cao cho phép ta sử dụng băng mỏng hơn rất nhiều (theo tài liệu kèm theo). Thường dùng loại $50 \times 1.2\text{mm}$. Trong nhiều trường hợp đây là những ưu điểm của băng PCSC tại nơi cần yếu tố thẩm mỹ vì ta có thể sơn hoặc phủ chúng bằng ma tít mà không thấy sự gia cố.

Khi sử dụng tấm thép để gia cố, một tấm thép phải đặt sâu trong bê tông hoặc phải làm gờ trên bê tông. Trong một số trường hợp tấm thép phải mài bớt ở vị trí giao nhau. Do đó bên cạnh số lượng và trọng lượng của vật liệu, ta cần phải xem xét các chịu võng tại vị trí giao nhau.

Ngoài ra do trọng lượng của băng PCSC nhẹ dẫn đến việc chuyển chở cũng như công đơn giản hơn nhiều và hầu như chúng ta không phải sử dụng bất cứ dụng cụ nào đặc biệt. Ngoài ra nó còn có một số tính chất tuyệt vời về nhiều phương diện liên quan đến độ bền lâu và hiện tượng mỏi của vật liệu.

Tuy vậy so với thép, mô đun đàn hồi E của băng PCSC nhỏ hơn nhiều ($150000 - 300000 \text{ N/mm}^2$) nên khi gia cố cho những dầm có khẩu độ lớn mà không có những biện pháp kết hợp thì dầm sẽ có độ võng lớn, mặt khá giá thành cho việc sử dụng tấm PCSC để gia cường còn cao nhưng với các ưu điểm của nó sẽ tạo ra tính khả thi cho giải pháp này.

7.1.4 Triển vọng của vật liệu mới.

Hiện nay sợi cacbon và các sản phẩm từ sợi cacbon được ứng dụng rộng rãi ở một số nước trên thế giới. Là loại vật liệu mới rất có triển vọng trong việc gia cường cho kết cấu BTCT hoặc dùng như một nguyên liệu trực tiếp sản xuất các dầm cacbon. Tại Thụy Sĩ và Đức, hơn 50 km băng PCSC đã được sử dụng

như cốt gấn kết để gia cường. Tại Nhật Bản đang tiến hành xây dựng một cây cầu có khẩu độ lớn (hàng nghìn mét) bằng sợi các bon. Như vậy đã xuất hiện xu hướng dùng vật liệu các bon thay thế các vật liệu truyền thống.

Tuy vậy hiện nay vẫn còn thiếu các mô hình thực tế để tính toán độ dài neo. Phá huỷ do sự trượt bê tông tại vùng kéo phải tiếp tục khảo sát. Việc phá huỷ giai đoạn chưa đông cứng của băng gia cường trong các dầm móng và dưới tải trọng cao tiếp tục phải khảo sát chi tiết. Cần phát triển hơn nữa các phương pháp dự ứng lực và định vị (neo).

Trong các trường hợp khác nhau, băng PCSC với $E > 300000 \text{ N/mm}^2$ đã được sử dụng, biến dạng đặc biệt trong các kết cấu gỗ có thể giảm đi đáng kể.

Tại Việt Nam, việc sử dụng sợi các bon và tấm PCSC trong xây dựng và sửa chữa cầu chưa có, công nghệ này mới chỉ giới thiệu gần đây. Chúng ta phải nghiên cứu làm việc, thích dụng của chúng với điều kiện Việt Nam từ đó đưa ra những điều chỉnh cần thiết.

7.1.5. Hệ sản phẩm CarbonDur

1. Sika CarbonDur – Tấm dẻo Polime cốt sợi các bon

Đã sử dụng năm 1991 ở cầu Ibach (bê tông ứng lực), năm 1992 pr cầu Sin bằng gỗ.

*** Sợi CarbonN**

- Trọng lượng thấp.
- Cường độ hay độ bền cao.
- Chịu ăn mòn rất tốt
- Sức chịu mỏi cao
- Chi phí cao

*** Sản xuất tấm dẻo Sika CarbonDur:**

Tấm 50 x 1.2mm: 1.2 triệu sợi

Sản xuất bằng phương pháp kéo tấm: Bố trí 24000 sợi mỗi tấm, nhiệt độ sản xuất 180°C , cuộn 250 m.

- Quy trình sản xuất với độ tin cậy cao.
- Các sợi xếp song song (đồng hướng)
- Tạo thành lưới (thảm) epoxy.
- Lớn hơn 68% khối lượng sợi.
- Sản phẩm sản xuất tại Thụy Sĩ.

*** Đặc tính của tấm dẻo cốt sợi CarbonDur:**

- Trọng lượng nhẹ (20% so với thép).
- Cường độ cao ($< 500 \%$ so với thép).
- Ba độ cứng: thấp (S), trung bình (M), cao (H).

Mô đun đàn hồi(N/mm ²)	165.000	210.000	300.000
Cường độ kéo (N/mm ²)	2,800	2,400	1,300
Độ biến dạng tại cường độ kéo (%)	1,7	1,2	0,45
Giá thành đ/m dài	325.000	620.000	420.000

- Không dẻo.
- Không bị ăn mòn.
- Sức chịu tải cao.
- Chỉ có khả năng chịu kéo cao dọc theo hướng sợi.

2. *Keo dính SikaDur 30*- Giá thành 120.000 đ/1 bộ.

* Ưu điểm.

- Cường độ cơ học cao.
- Dễ bốc dỡ, vận chuyển
- Độ co ngót vì môi trường: độ bền cao.
- Độ dính bám tốt với bê tông, gỗ, gạch, đá tự nhiên.
- Kinh nghiệm với trên 1000 ứng dụng SikaDur trên toàn thế giới.
- Là một bộ phận của dòng SikaDur.

* Đặc tính:

- Thời gian cho phép thi công lớn hơn 40 phút.
- Thời gian để hồ trên 30 phút.
- Cường độ nén khoảng 80N/ mm²
- Mô đun đàn hồi khoảng 12kN/mm²
- Độ co trên 0,05 %
- Hệ số dẫn nhiệt khoảng 10⁻⁴ °C
- Nhiệt độ sử dụng tối đa + 50 °C

* Công tác chuẩn bị : Trộn với tốc độ chậm và dùng trục quay để trộn nhằm làm giảm bớt lượng khí trong keo.

* Quá trình gắn kết:

- Gắn kết keo dính đã trộn vào:
 - +Mặt nền với một lớp mỏng.
 - + Quét một lớp hình chóp lên mặt tấm, các bọt khí mắc bên trong có thể loại bỏ ra ngoài.
- Dùng tay đặt tấm CarboDur.
- ấn nhẹ bằng con lăn cao su.
- Loại bỏ những chỗ keo thừa.
- Tạo lớp phủ bằng sơn, vữa hoặc lớp chống cháy.

- * Chống cháy tạo lớp phủ.

- + Chống cháy bằng tấm chống ngăn phải : lắp đặt cẩn trọng, chỉ dùng cho vùng gắn kết.

- + Thi công lớp phủ để chống tia cực tím hoặc vì lý do thẩm mỹ : có thể dùng sơn hoặc vữa xi măng.

3. Tấm sợi Sika Wrap- lớp phủ khô.

- * Dry Wrapping

- Là tấm sợi được thi công áp lên mặt nền mà không cần phải làm ướt (thi công khô).

- Thi công bằng tay, không cần thiết bị tạo bão hoà.

- Quá trình thi công sạch.

- Dễ bóc dỡ, vận chuyển.

- Hiệu quả kinh tế đối với dự án nhỏ.

- * Thành phần hệ Sika Dry Wrap

- SikaWrap Hex – 230C: dạng tấm có các sợi các bon xếp đồng hướng.

- SikaWrap Hex – 43g (VP): dạng tấm có các sợi thủy tinh xếp đồng hướng.

- SikaDur – 30:

- + Epoxy dạng thixotropic hai thành phần bão hoà trong keo họ nhựa thông.

- + Cùng chất kết dính giống như SikaDur – 30 nhưng hạt lấp đầy (độn) nhỏ hơn.

- * Cắt tấm sợi SikaWrap

- Cắt thành những kích cỡ mong muốn, dùng dao sắc hoặc kéo chuyên dụng.

- Không được gấp, cuộn tấm PCSC.

- * SikaDur – 330

Trộn:

- Trộn riêng trong từng thùng.

- Đổ thành phần A vào B

- Trộn với tốc độ thấp 3 phút

- Đổ vào thùng sạch

- Trộn thêm một phút

Gắn kết: Cần 0.7 đến 1.2 kg/m².

- * Dán tấm tấm sợi

- Đặt tấm sợi vào nơ đã quết SikaDur – 330

- Dùng con lăn bằng nhựa không thấm

- Lăn đến khi chất dẻo xui ra

- Hai mép chồng lên nhau 100 mm sợi dọc.
- * Tạo lớp phủ
- Dùng khoảng 0.5 kg/m² thêm vào từng lớp
- Cần tạo vài ba lớp trong một giờ nếu có thể.
- Nếu điều kiện không cho phép thì đợi sau 12 giờ, rửa sạch bề mặt bằng nước trước khi thi công lớp tiếp theo.
- Lớp phủ kết dính: quét thêm một lớp SikaDur – 30 với các thạch anh.

4. Tẩm sợi SikaWrap – Lớp phủ ướt

* Wet Wrapping

- Tẩm sợi được thi công trên mặt nền khi còn ướt
- Dùng chất bão hoà
- Hiệu quả đối với công trình lớn.
- Phần lớn sử dụng để gia cố cột.

* Prime SikaDur Hex – 300: Cần 0.6kg/m²

7.2 Nghiên cứu thực nghiệm

7.2.1 Mục đích nghiên cứu

Như phần trên đã trình bày, cần nghiên cứu bằng thực nghiệm để quan sát dạng phá hoại kết cấu đã gia cường sợi các bon, chiều dài của tấm Polime sợi các bon. Trạng thái ứng suất đã xác định khả năng tham gia chịu lực của kết cấu được xét thông qua hệ số gia cường. Hệ số gia cường về cường độ:

$$K_B = \frac{P_g}{P_o}$$

Trong đó: P_o – lực gây mô men ở mẫu không gia cường.

P_g – Lực gây mô men ở trạng thái có gia cường.

Hệ số gia cường về độ võng:

$$K_v = \frac{f_g}{f_o}$$

Trong đó: f_g, f_o - Độ võng ở trạng thái 0 và trạng thái có gia cường.

Hệ số gia cường về ứng suất:

$$K_\sigma = \frac{\sigma_g}{\sigma_o}$$

7.2.2. Kế hoạch thực nghiệm:

Chế tạo mẫu thử nghiệm bằng bê tông M300 với kích thước mẫu 10 x10 x60 cm (mẫu chuẩn theo TCVN và quốc tế). Mẫu có bố trí cốt thép dọc và cốt thép đai Φ 6 với a=10cm.

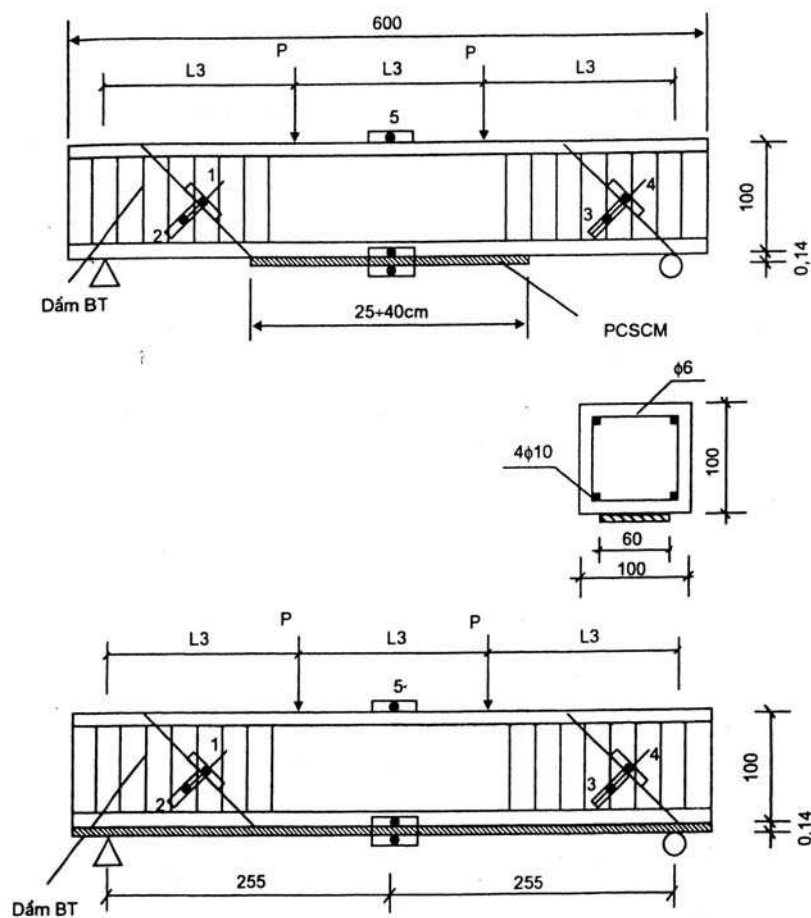
Tuổi bê tông : 28 ngày, được chế tạo bằng xi măng Hoàng Thạch. Cờ phối hạt theo tiêu chuẩn TCVN.

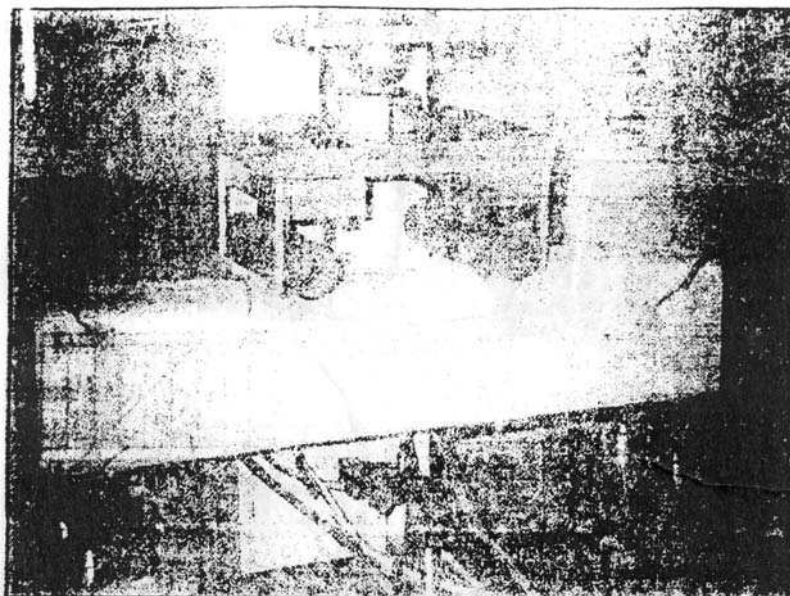
Sợi Polime các bon : Loại M, $b=6$ cm, $h=1,4$ mm, (M614)

Keo liên kết: SikaDur (3)

Tấm Polime được dán với chiều dài tấm Polime sợi các bon 0,25; 40; 51cm. Sơ đồ đặt tải là sơ đồ đặt ở $1/3 L$, theo hình vẽ sau

SƠ ĐỒ THÍ NGHIỆM

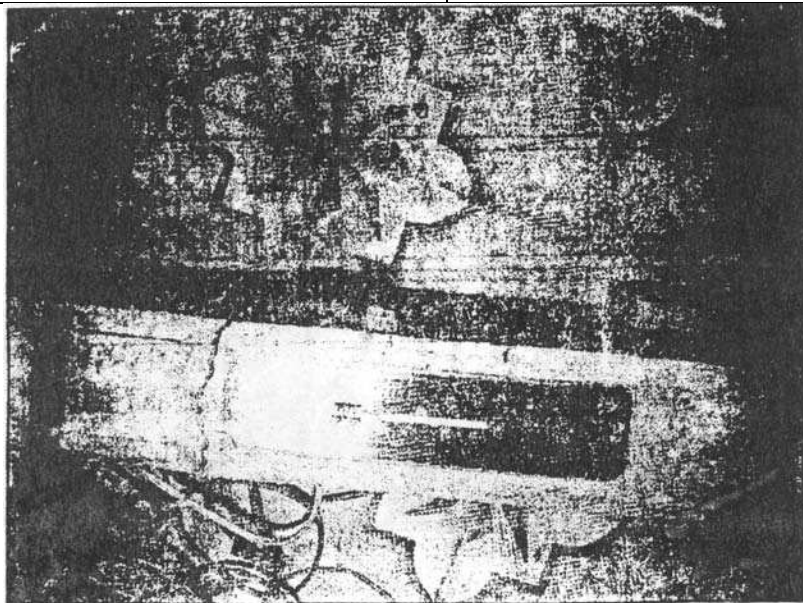


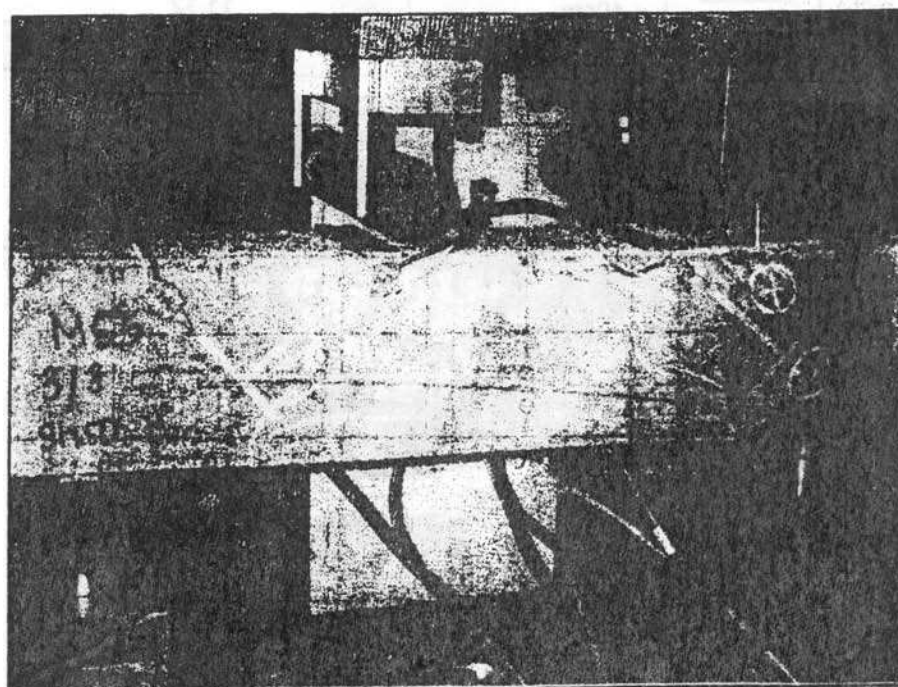
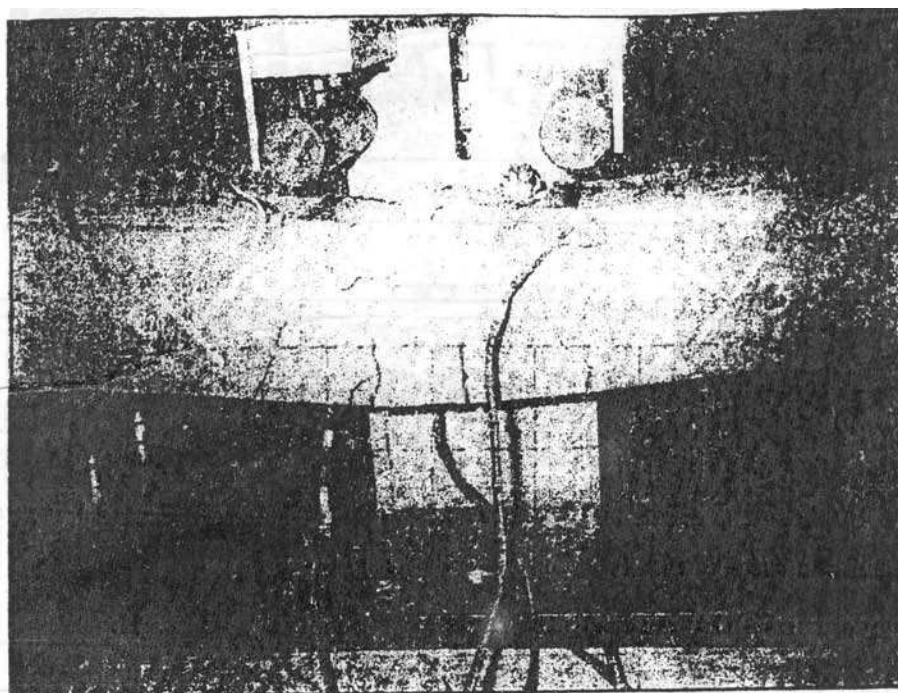


Vị trí các điểm đo là 1,2,3,4,5,6,7 theo sơ đồ trên.

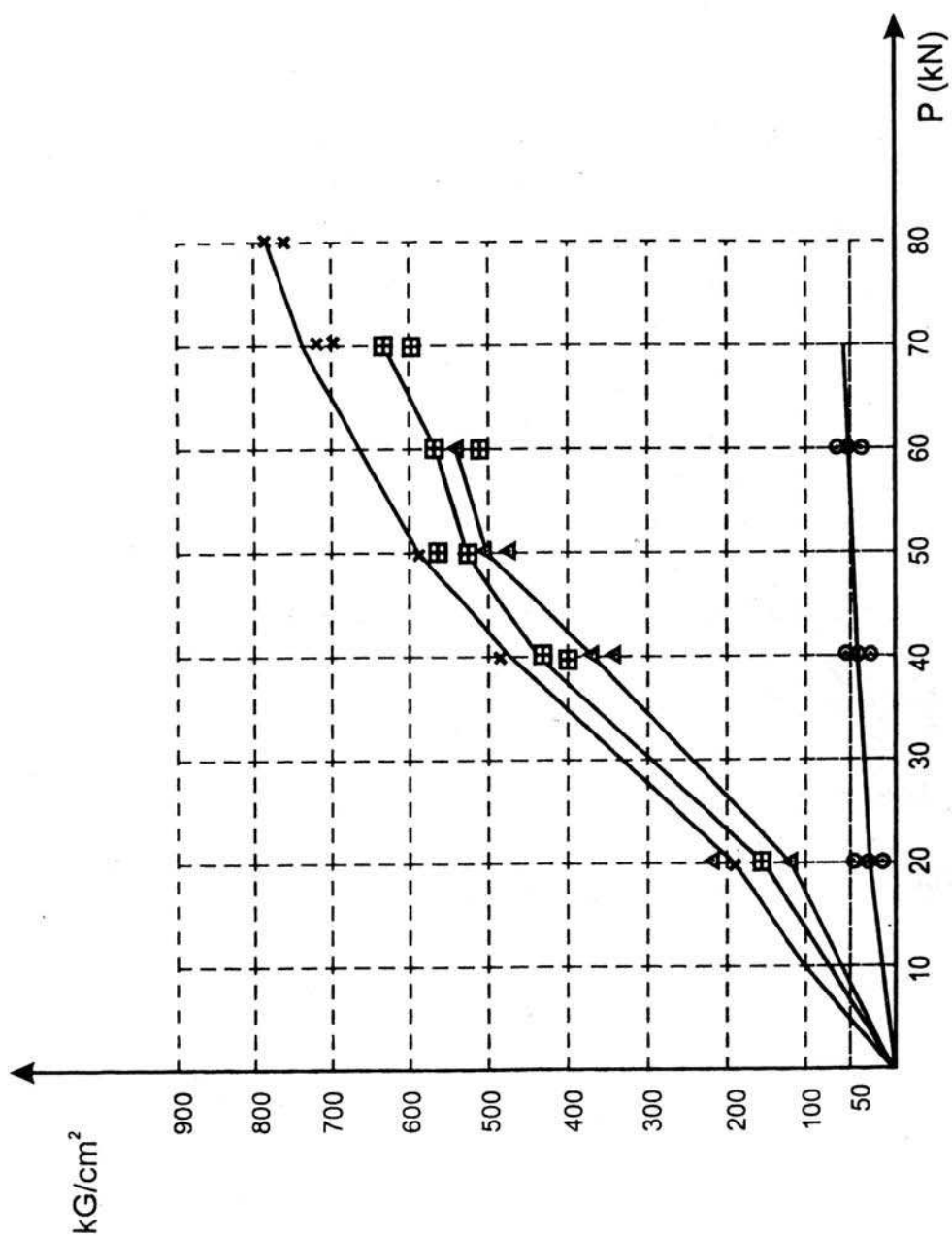
Ký hiệu mẫu thử như sau:

Chiều dài tấm PCSC	Ký hiệu mẫu
0 (không dán PCSC)	3,6,8
L= 25cm	1,9,10
L=40cm	11,12
L=51cm	2,7

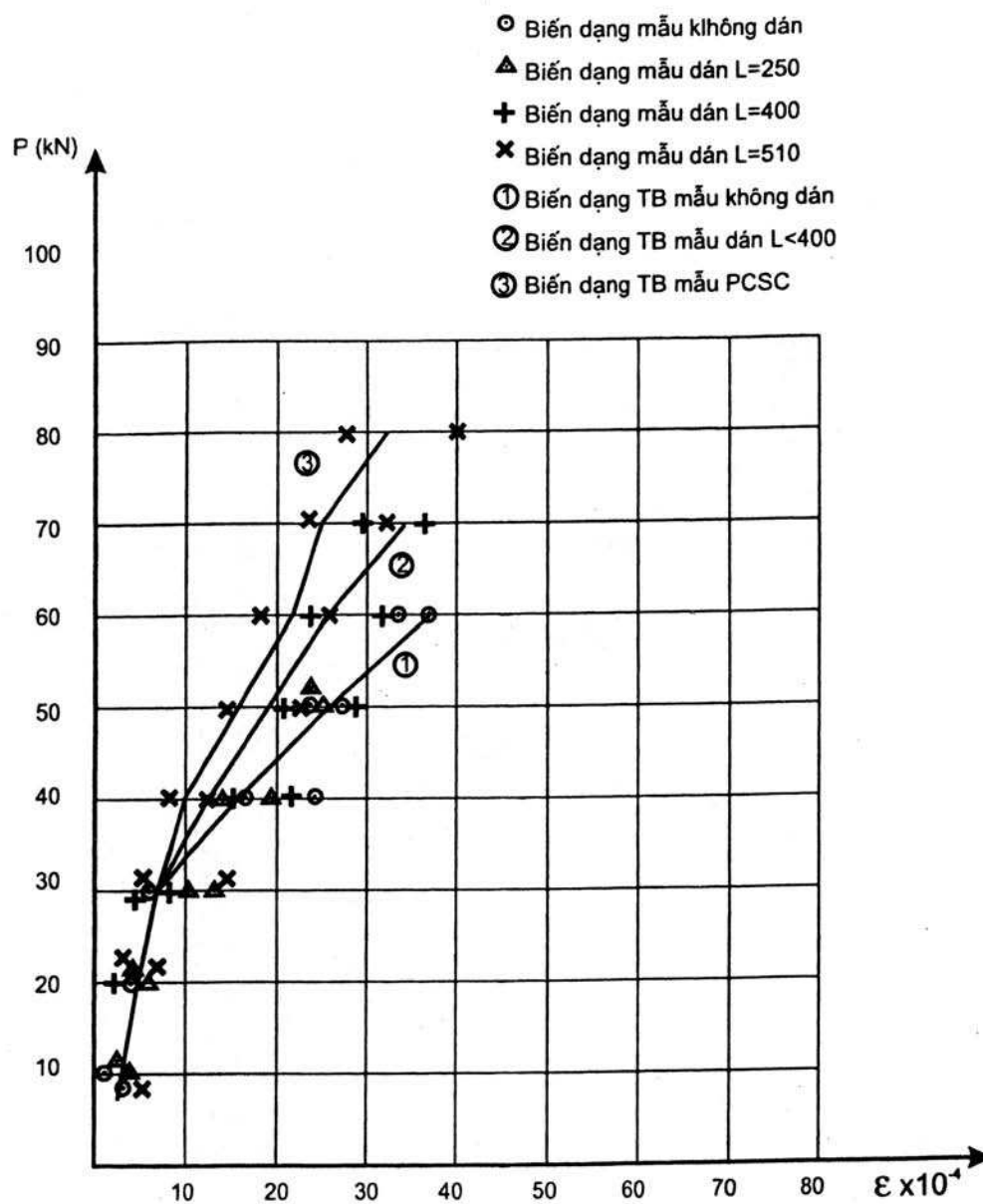




Quan sự giữa ứng suất trên bê tông và trên sợi PCSC



Quan hệ giữa biến dạng cực đại và cấp tải trọng với chiều dài lớp dán PCSC.



7.2.3. Các dạng phá hoại mẫu thử :

- Vết nứt: Vết nứt thường xuất hiện ở phạm vi ngoài vùng tăng cường tấm Plime sợi các bon. Sau đó phát triển thẳng lên và có xu hướng là bật lớp bê tông ở phía dưới tấm Polime sợi các bon.

Vì tấm Polime vì cốt thép trong bê tông mẫu thử chưa được khai thác hết nên lớp bê tông ở vùng chịu nén dưới điểm đặt tải thường bị phá hoại sau khi xuất hiện vết nứt ở vùng kéo.

- Trạng thái phá hoại cuối cùng là dầm bị gãy ở 1/3 (xem hình ảnh)

7.2.4. Nhận xét về kết quả thực nghiệm.

Qua nghiên cứu thực nghiệm cho thấy rằng.

- Hệ số K_b nên chọn từ 1,3-1,5 để đảm bảo có thể gia cường tốt phần chịu kéo mà tổng thể kết cấu vẫn làm việc tốt.

- Tấm bản Polime sợi các bon tỏ ra dính bám tốt với bê tông và làm việc chung với bê tông tốt.

- Do hiện tượng phá hoại bật lớp bê tông ở dưới tấm PCSC nên các kết cấu đặc biệt để chống việc này vẫn còn cần nghiên cứu tiếp tục.

- ứng suất ở trong bê tông vùng nén và vùng kéo thả (giả định) phù hợp với ứng suất trong bê tông.

- Vì lớp Polime sợi các bon có mô đun đàn hồi với cường độ quá cao, nên ứng suất trong tấm thường là thấp, $R=500-800$. Như vậy chỉ chiếm 2,5 %₀ -4%₀ so với ứng suất phá hoại của tấm Polime. Như vậy việc bố trí Polime trên toàn bộ mặt đáy kết cấu (như thí nghiệm làm) là không cần thiết. Trong các kết cấu cụ thể nên bố trí các tấm có khoảng cách nhất định. Khoảng cách này ít nhất là 2b (b- bề rộng của tấm) và thông thường có thể đến 15-20cm để khai thác hết khả năng chịu lực của tấm Polime sợi các bon.

- Về mặt kết cấu: chiều dài lớp gia cường nên kéo suốt chiều dài của kết cấu vì nếu không các vết nứt có thể thay đổi vị trí ra ngoài phần đã gia cường.

7.3. Công nghệ Polime sợi các bon.

7.3.1. Mục đích – giới hạn của công nghệ.

Công nghệ này được biên soạn phục vụ cho việc gia cường kết cấu cầu BTCT với điều kiện mác bê tông ≥ 200 . Nhiệt độ thi công (không khí) nhỏ hơn 35⁰C và lớn hơn 15⁰C. Độ PH ≥ 10 , vật liệu sử dụng là keo epoxy 30, tấm sợi các bon loại M, S hoặc H. Thi công trong điều kiện kết cấu cần khô (không ẩm hoặc ở trong nước).

Trong trường hợp cần thi công một công trình cụ thể nếu điều kiện thực tế không phù hợp thì phải lập lại công nghệ mới cho phù hợp.

Công nghệ này bao gồm các bước sau: 10 bước.

1.1. Khảo sát công trình.

1.2. Chuẩn bị vật liệu.

1.3. Chuẩn bị thiết bị.

- 1.4. Làm sạch và nhám bề mặt bê tông, tạo rãnh.
- 1.5. Chê tạo kéo E30.
- 1.6. Cắt và làm sạch tấm Polime sợi các bon.
- 1.7. Bôi kéo lên bề mặt bê tông và bề mặt tấm sợi các bon.
- 1.8. Dán tấm sợi các bon và bê tông.
- 1.9. Lớp phủ bảo vệ, thi công lớp bít vết nứt.
- 1.10. Kiểm tra chất lượng.

7.3.2. Các bước công nghệ.

1. Trước khi tiến hành sửa chữa cầu cần tiến hành đăng ký trạng thái “0” của công trình.

Yêu cầu của bước này là xác định cường độ bê tông, độ võng kết cấu, số lượng, độ mở rộng và chiều sâu vết nứt, đo nhiệt độ môi trường, khảo sát mặt bằng thi công, xác định vị trí bảo quản keo và cuộn sợi các bon. Lưu ý kho chứa phải đảm bảo phòng hoả tốt vì keo và tấm sợi các bon rất dễ bị cháy. Tiến hành xác định đường vận chuyển vật liệu đến công trình.

2. Chuẩn bị vật liệu.

Vật liệu E30 và tấm sợi các bon phải được tập kết tại công trường trước 2 ngày. Tiến hành kiểm tra độ dính bán của keo với bề mặt bê tông nên khi nhỏ các mẫu có bôi keo mà lớp bê tông của kết cấu bị bóc ra theo tạo thành hình nấm thì loại keo đó có độ dính bám đảm bảo.

3. Thiết kế thi công.

Thiết bị thi công bao gồm: bộ dụng cụ trộn keo là một thanh thép xoắn, một máy trộn theo tiêu chuẩn, 1 bộ dao cắt tấm sợi các bon, axeton, 1kg vải sạch cho 1m dài tấm sợi các bon, một bàn bằng gỗ phẳng hoặc thép có chiều dài bằng chiều dài của tấm sợi các bon dự định dùng, 1 thiết bị để tạo chiều dày lớp keo hợp lý, hai hoặc ba bàn lăn cao su, 5 đến 7 thờ nê để trét keo vào bê tông, 1 máy thông tin liên lạc, hệ thống điện, mũ bảo hộ lao động, găng tay và đặc biệt là kính bảo hộ lao động, khẩu trang để bảo vệ mắt và mũi cho công nhân.

Để tạo lớp bảo vệ cần chuẩn bị một bộ thiết bị tiêm keo vào vết nứt bê tông : máy khoan, máy bơm keo, thùng trộn keo và thiết bị che nắng.

Thiết bị thi công phải được kiểm tra theo các quy định hiện hành và có tỷ lệ thiết bị dự trữ khoảng 25 %.

4. Làm nhám, sạch và tạo rãnh bê tông cũ.

Bề mặt kết cấu bê tông cầu cần được định vị chính xác vị trí sẽ dán tấm sợi các bon. Dùng các dụng cụ cơ học tạo rãnh trên bề mặt bê tông. Bề rộng rãnh bằng bề rộng tấm PCSC, chiều sâu rãnh khoảng 2-3mm. Dùng hơi ép thổi sạch

bề mặt của rãnh. Rửa sạch bằng nước nóng và thổi sạch nước để khô trong thời gian khoảng 8-10 giờ.

5. chế tạo keo E30.

Keo E30 gồm 2 thành phần A và B được chứa ở hai hộp riêng trong một bộ.

Trước khi sử dụng trộn chất A và B và khuấy bằng máy trộn có cần trộn bằng thép xoắn. Không được trộn bằng cần thẳng vì nó sẽ làm cho không khí bị lẫn vào keo khi trộn.

Nhiệt độ khi pha trộn keo nên từ 20 – 35°C.

6. Cắt và làm sạch tấm PCSC

Tấm Polime sợi các bon được chế tạo tại nhà máy và cuộn lại thành cuộn 200 – 250m.

Dỡ cuộn PCSC trên bàn, dùng khăn sạch lau sạch bề mặt tấm, khăn sạch được làm ướt bằng exeton. Lau cho đến khi khăn không còn màu đen của tấm PCSC làm bẩn.

7. Bôi keo

Đặt tấm PCSC lên bàn với phần có chữ ở dưới. Tạo một lớp keo E30 lên bề mặt của toàn bộ tấm sợi các bon. Chiều dày lớp keo khoảng 2 – 3mm.

Dùng bay trét keo E30 vào rãnh đã được chuẩn bị sẵn với chiều dày lớp keo khoảng 1 – 2mm.

8. Dán

Chuyển tấm PCSC đã có keo và dán nó vào bề mặt kết cấu bê tông. Dùng rulô cao su để tạo phẳng. Sau khi dán xong tấm PCSC nằm hoàn toàn trong rãnh. Làm sạch 2 mép rãnh.

9. Lớp phủ bảo vệ, lớp bịt vết nứt.

Ba ngày sau khi dán tấm PCSC, có thể tiến hành lớp bảo vệ tấm PCSC. Lớp phủ có thể là vữa xi măng, tốt nhất là bằng các loại keo biến tính gốc xi măng silicat.

Lớp bảo vệ còn làm cho kết cấu đẹp hơn.

Thời gian bảo dưỡng kết cấu: 7 ngày ở điều kiện thường, 2 ngày nếu dùng thiết bị điện tạo nhiệt để kéo chóng rắn chắc. Sau đó có thể cho kết cấu làm việc bình thường.

Trong trường hợp kết cấu cũ có các vết nứt $a_n > 0,2\text{mm}$ cần bịt kín chúng bằng keo epoxy theo công nghệ thông thường trước khi thi công lớp bảo vệ bề mặt kết cấu.

10. Kiểm tra kết cấu

Theo các tính toán và thí nghiệm cho thấy: lớp PCSC làm việc chung với kết cấu cũ như một lớp cốt thép. Vì vậy có thể áp dụng các phương pháp và thiết bị quy định cho thử nghiệm kết cấu cầu bê tông để kiểm tra.

Các tiêu chí để kiểm tra là: xếp tải theo quy định, xác định độ võng kết cấu mới, xác định biến dạng ở những khu vực quy định, đăng ký trạng thái vết nứt mới, đo độ mở rộng vết nứt và độ sâu vết nứt, quan sát hiện tượng bong ở hai đầu tấm PCSC.

Căn cứ vào các tiêu chí trên để đánh giá công nghệ.

Thời gian kiểm tra:

Đợt 1: Sau khi thi công xong 7 ngày tiến hành thử tải.

Đợt 2: Sau 6 tháng khai thác

Sau đó kiểm tra định kỳ theo quy định về duy tu và kiểm tra công trình thông thường.

7.4 Kết luận – kiến nghị

7.4.1 Kết luận

Sau khi nghiên cứu về lý thuyết và thực nghiệm trên mẫu thử và trên công trình thực tế. Các nhà nghiên cứu vật liệu rút ra một số kết luận sau:

1- Kết cấu mới được tăng cường bằng Polime sợi các bon có khả năng chịu lực cao hơn kết cấu cũ rõ ràng. Tuy nhiên mức độ tăng vẫn chỉ ở khoảng 1.5 – 1.5 lần so với kết cấu cũ.

2 – Ứng suất trong tấm PCSC chỉ đạt từ 150 – 800 daN/cm². Như vậy hiệu suất sử dụng chưa cao.

3 – Các kết cấu sau khi tăng cường bằng PCSC, khai thác với tải trọng cũ không thấy xuất hiện vết nứt.

4 – Phương pháp tính toán tăng cường kết cấu cầu bằng Polime sợi các bon vẫn dùng các phương pháp tính hiện hành của thiết kế cầu bê tông cốt thép.

5 – Công nghệ thi công không quá phức tạp, có tính khả thi trong điều kiện khí hậu và trình độ công nghệ ở Việt Nam.

6 – Giá thành tấm PCSC còn cao, song trong các trường hợp không dùng được các giải pháp gia cường khác thì áp dụng công nghệ này sẽ rút ngắn được thời gian thi công và đảm bảo chất lượng công trình, nhất là những công trình vừa gia cường vừa phải khai thác.

7.4.2 Kiến nghị

1. Với những công trình cầu BTCT có dấu hiệu hư hỏng nên áp dụng công nghệ Polime sợi các bon.

2. Có thể áp dụng công nghệ Polime sợi các bon cho việc gia cường kết cấu nhà và hầm BTCT rất có hiệu quả.

3. Cần thử nghiệm thêm việc gia cường Polime sợi các bon cho các kết cấu BTCT sử dụng cốt thép dự ứng lực.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Tổng quan về vật liệu cacbon;
2. Khái niệm, phân loại, các tính chất và phạm vi ứng dụng của vật liệu polyme cốt cacbon;
3. Đánh giá kết quả nghiên cứu thực nghiệm về một số công trình đã sử dụng vật liệu polyme cốt sợi cacbon;

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PGS.TS Phạm Duy Hữu: Bê tông cường độ cao, Thông tin KHKT Đại học GTVT số 1, Hà Nội, 1992.
2. Phạm Duy Hữu - B.I.Salômetóp: Biện pháp tăng cường tuổi thọ và độ tin cậy BTCT bằng con đường sử dụng Polime, Bản tiếng Nga – MIIT, Matxcova, 1989.
3. Báo cáo đề tài NCKH cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo: *Bê tông cường độ cao – 1999*.
4. High performance concrete: prproperties and applications S.P.Shah – 1995.
5. State of the Art Report on high – Strength concrete (Báo cáo trình độ phát triển khoa học kỹ thuật về bê tông cường độ cao) – ACI – 363 – 92 – 1988.
6. Properties of concrete – A.M Neville – London – 1984.
7. F.de Larrard, R. Le Roy – Module Materiau Beton – Pari 1993.
8. Mix design methods for asphalt conrerete –A.C – 1993.
9. Fracois de Larrard Extension du domaine dappli cation des reglement de calcul BAEL/BPEL aux betons à 80 MPa. LCPC Paris – 1996.
10. M. VIRLOGEUX, J BARON
SAUTEREY LES BETONG AHAUTES PERFORMANCES DU
METERIAU à L'ouvlage – Paris 1990.
Desing Asperts of Concrete Structure Strengthned with Externally
Bonded CFRP Plates. Ferdinand, S.Rostaly Zuric – Thụy Sĩ – 1999.
11. Phạm Duy Hữu – Báo cáo đề tài NCKH cấp Bộ năm 2001. Tăng cường cầu bằng Polime sợi các bon – Hà Nội – 2001.
12. Tiêu chuẩn ngành GTVT
Tiêu chuẩn thiết kế và chế tạo bê tông cường độ cao M60 – M80 từ xi măng PC40 – Hà Nội – 2000.
13. Tiêu chuẩn Việt Nam 2000
14. Tính toán kết cấu BTCT theo ACI, NXB. Giao thông 2001.

MỤC LỤC

<i>LỜI TÁC GIẢ</i>	1
CHƯƠNG 1	3
CÁC YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI BÊ TÔNG XI MĂNG POÓC LĂNG	3
1.1. Khái quát	3
1.2. Vật liệu	3
1.3. Yêu cầu bê tông trong giai đoạn đông cứng	7
1.4. Yêu cầu đối với bê tông ở trạng thái ướt	7
1.5. Yêu cầu đối với bê tông ở trạng thái mềm.....	8
1.6. Các yêu cầu khác.....	8
1.7. Yêu cầu về điều kiện bảo dưỡng bê tông.....	9
CHƯƠNG 2	5
CẤU TRÚC VÀ CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG XI MĂNG.....	5
2.1. Cấu trúc vi mô của bê tông	10
2.2. Các giai đoạn hình thành cấu trúc vi mô của hỗn hợp bê tông: có thể chia thành 3 giai đoạn sau:.....	14
2.3. Trên cơ sở cấu trúc vi mô đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới yêu cầu cường độ của bê tông	14
2.4. Cường độ của bê tông	18
CHƯƠNG 3	19
BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO SIÊU DẸO (BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO THỂ HỆ 1)..	22
3.1. Tổng quan.....	22
3.2. Cấu trúc của bê tông siêu dẻo cường độ cao.....	23
3.3. Nguyên tắc của bê tông cường độ cao và tăng nhanh quá trình đông rắn.....	24
3.4. ảnh hưởng của phụ gia siêu dẻo đến tính chất cơ lý của bê tông.....	28
CHƯƠNG 4	40
BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO	40
4.1. Tổng quan về bê tông cường độ cao	41
4.2. Các đặc tính của bê tông Microsilica cường độ cao	43
4.3. Giới thiệu về muối Silic và phụ gia siêu dẻo	44
4.4. Thiết kế thành phần bê tông theo phương pháp ACI.....	53
4.5. Các nghiên cứu thực nghiệm và kết quả	54
4.6 Nhận xét kết quả.....	55
4.7 Bê tông cường độ cao M70	56

4.8 Áp dụng thử nghiệm trong công trình.....	57
4.9 Kết quả cường độ thực tế tại thành phố Hồ Chí Minh (Cầu Hoàng Hoa Thám)	61
4.10 Các nghiên cứu về bê tông cường độ cao có cường độ nén đến 100Mpa.	62
CHƯƠNG 5.....	64
THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG XI MĂNG.....	64
5.1 Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông.....	64
5.2 Phương pháp tính toán thành phần bê tông.....	70
CHƯƠNG 6.....	78
BÊ TÔNG ÁT PHAN.....	78
6.1. Phân loại bê tông át phan và các yêu cầu về chỉ tiêu cơ lý của bê tông át phan – 22 TCN249-98.....	78
6.2. Yêu cầu về chất lượng vật liệu để chế tạo hỗn hợp bê tông át phan....	80
6.3 Con đường nâng cao tính ổn định của bê tông át phan trong điều kiện khí hậu nóng.	87
6.4. Lựa chọn thành phần vật liệu khoáng để chế tạo bê tông át phan	98
6.5. Thiết kế thành phần bê tông át phan theo phương pháp AC (viện bê tông át phan Mỹ)	106
CHƯƠNG 7.....	110
TẤM POLIME CỐT SỢI CÁC BON (PCSC).....	110
7.1 Vật liệu Polime sợi các bon.....	112
7.2 Nghiên cứu thực nghiệm.....	118
7.3. Công nghệ Polime sợi các bon.....	124
7.4 Kết luận – kiến nghị	127
TÀI LIỆU THAM KHẢO	129
MỤC LỤC	130