

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 lăng Niuzilân (The New Zealand Portland Concrete Association viết tắt là NZ-PCA).
4. Mớđoóc (L.J.Murdock).
5. Công thức Bôlômây - Xkrămtaep (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 sở 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 Mớđoóc 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 - Xkrămtaep là xây dựng công thức xác định tỷ lệ nước/ximăng 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 ($C + D$)/ X đối với độ lưu động cho trước.
- Xác định tỷ lệ cốt liệu thô với cốt liệu nhỏ của cấp phối cho trước.

Nói chung ở các phương pháp trên tỷ 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 độ mịn (độ mịn) như là một chỉ số của cấp phối cốt liệu trong khi đó các phương pháp Bo - Xkrăm và BTCDC 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 Mỏđoóc "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 Mỏđoóc 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 Mỏđoóc 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 Mỏđoóc 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 Mỏđoóc 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 100mm (5 - 10cm).

Cần lưu ý rằng cường độ nén của Anh (DOE) và Nga được xác định bằng mẫu lập phương $150 \times 150 \times 150$ mm của Mỹ (ACI) và Niuzilân (NZ-PCA) được xác định bằng mẫu hình trụ đường kính ϕ 150mm cao 300 mm. 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.

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

$$K_R = 0,72 \div 0,77$$

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 nén 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 tỉ lệ nước/ xi măng như nhau thì phương pháp NZ - PCA cho bê tông có cường độ cao nhất sau đó thứ tự đến Mổđoóc, 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 tỉ 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 tỉ 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 Mớdoóc sử dụng lượng xi măng ít nhất (hoặc tỉ 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 BTCĐC. ACI dùng nhiều xi măng nhất.

Đối với bê tông có đường kính cốt liệu lớn nhất 40mm ta thấy rằng phương pháp Mớdoóc là kinh tế hơn cả đối với bê tông có cường độ dưới 40 MPa (40kG/cm²) 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 Mớdoóc 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 20m 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	Mớdoóc	Bo-Xkrăm	BTĐC
<i>Xi măng:</i>						
- Poóc lãng thông thường	v	v	v	v	v	v
- Poóc lãng đông cứng nhanh, Poóc lãng chống sunphát	v	-	-	v		

Bảng 5.1 (Tiếp theo)

	DOE	ACI	NZ-PCA	Mơđoóc	Bo-Xkrăm	BT CĐC
- Poóc lăng toả nhiệt độ thấp, xi măng chống sunphát cao	-	-	-	v		
<i>Cốt liệu:</i>						
- Cấp phối theo tiêu chuẩn Anh BS882-73	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	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
<i>Bê tông có bọt khí</i>	v	v	v			

Ghi chú:

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

- Cường độ mẫu hình trụ $\phi 15 \times 30$ cm 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 tỉ lệ nước/ xi măng thấp nhất mặc dù đã thiết kế bê tông với 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 Mơđoóc 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 500 MPa theo cường độ chịu nén của mẫu hình trụ $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ tương đương 600 MPa mẫu hình lập phương $15 \times 15 \times 15\text{cm}$ (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 1m^3 như sau:

- Xi măng	500 kg	P500 (Bỉm Sơn)
- Nước	171 lít	
- Cát	580 kg	mô đun độ mịn = 2,8
- Sỏi	1120 kg	$D_{\max} = 20\text{ mm}$
- 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 Bỉm Sơn P500 cùng 1 lô số liệu 650 và đã ép 81 mẫu thử đạt 592 daN/cm^2 đối với mẫu hình trụ $15 \times 30\text{ cm}$ độ lệch tiêu chuẩn (Stand Daviation): $52,265\text{ kG/cm}^2$ hệ số biến sai (Coefficient 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

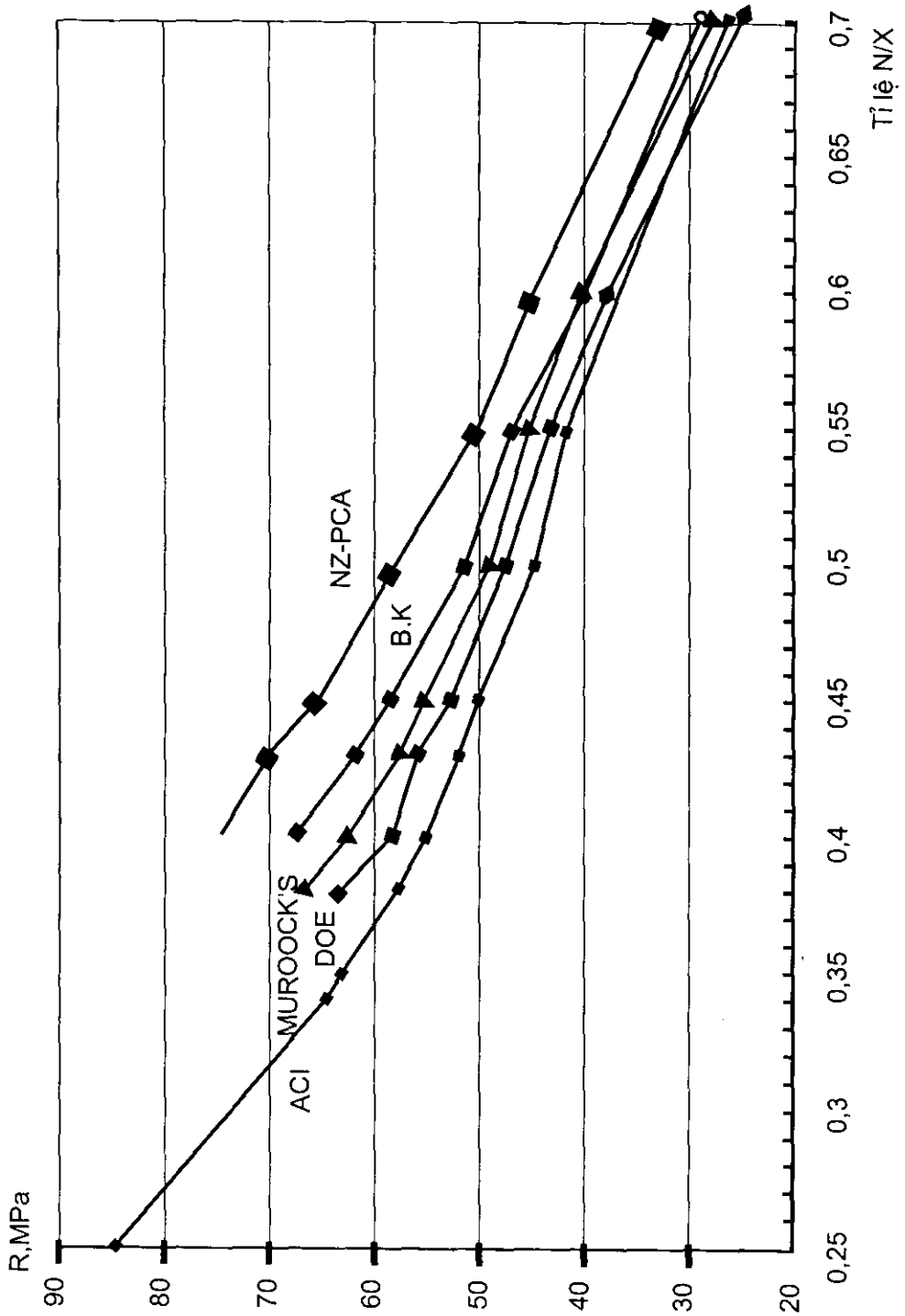
Cơ sở phương pháp này là xây dựng công thức xác định tỷ lệ N/X (nước/xi măng) trên cơ sở kinh nghiệm, nó được công bố vào năm 1967. Đây là phương pháp tính toán cộng với thực nghiệm. Ở Việt Nam phương pháp này đang sử dụng rộng rãi để tính toán thành phần bê tông mác thông thường, được quy định trong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

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

5.2.3. 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 sàn mỏng như sân, bàn 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) khi $\frac{N}{X} = 1,4 \div 2,5$ (tương ứng với loại bê tông có mác ≤ 400).

Dùng công thức (2) khi $\frac{N}{X} \geq 2,5$ (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:

$$X = \frac{N}{X} \cdot N$$

Xác định lượng cốt liệu thô (đá - Đ):

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

trong đó:

r_d - Độ rỗng của đá;

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

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_x, ρ_c - Khối lượng riêng của xi măng và cát.

2. Phương pháp ACI

Xác định $f_{cyc} = 1,25 f_c$,

trong đó: f_c - Cường độ chịu nén bê tông ở 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, $\leq \frac{1}{3}$ 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 : $X = N : \frac{N}{X}$

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

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

Xác định lượng 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.

$$V_B = V_x + V_n + V_d + V_c$$

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

- Phương pháp B - SK không đề cập đến cường độ yêu cầu (Coi $R_{b_{byc}} = R_b$), trong khi đó phương pháp ACI coi mô đun mịn như một chỉ số của cấp phối cốt 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	185	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 1m 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

Bảng 5.5

Loại kết cấu	Độ sụt, cm	
	Lớn nhất	Nhỏ nhất
Mỏng cửa tường và cột bằng bê tông cốt thép	8	2 - 4
Mỏng bằng giếng chìm, móng tường	8	2 - 4
Dầm và tường có cốt thép	10	2 - 4
Cột nhà	10	2 - 4
Bàn mỏng, tấm lát đường	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} (mm)				
	10	12,5	20	25	40
Bê tông không tạo khí					
3-5	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/cm ²	Tỷ lệ nước/xi măng	
	Bê tông không tạo khí	Bê tông tạo khí
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	0,40
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 15×30 cm 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 4,76mm.

Bảng 5.9

D_{\max} (mm)	Ước tính khối lượng bê tông. kg/m ³	
	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

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 - 22TCN 249-98

Căn cứ cỡ hạt 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 móng.

Theo chất lượng của vật liệu khoáng để chế tạo hỗn hợp, bê tông át phan được phân ra hai 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 kế 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 với 3-4 hàm lượng nhựa thay đổi khác 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 thỏa 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	II	
<i>a) Thí nghiệm theo mẫu nén hình trụ</i>				
1	Độ rỗng cốt liệu khoáng chất, % thể tích	15 - 19	15 - 21	Quy trình thí nghiệm bê tông át phan
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°C không nhỏ hơn + 50°C không nhỏ hơn	35	25	
		14	12	
6	Hệ số ổn định nước, không nhỏ hơn	0,90	0,85	
7	Hệ số ổn định nước, khi cho ngậm nước trong 15 ngày đêm, không nhỏ 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	
<i>b) Thí nghiệm theo phương pháp Marshall (mẫu đầm 75 cú mỗi mặt)</i>				
1	Độ ổn định (Stability) ở 60°C, kN, không nhỏ hơn	8,00	7,5	AASHTO-T245 hoặc ASTM D1559-95
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	min 2,0 max 5,0	min 1,8 max 5,0	
4	Độ ổn định còn lại sau khi ngậm mẫu ở 60°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 22TCN 63-84
Ghi chú: 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 loại đá gốc Silíc.

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 trống sấy, đá dăm cân phải 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 trung, 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 (daN/cm ²) không nhỏ hơn:					TCVN (lấy chứng chỉ từ nơi 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 dập trong xi lanh) của đá dăm xay từ cuội sỏi không lớn hơn %	8	12	12	16	TCVN
3 - Độ ép nát của đá dăm xay từ xỉ lò cao					
+ Loại	1	2	2	3	
+ Không lớn hơn, %	15	25	25	35	
4 - Độ hao mòn Losangeles (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	Bảng mắt
6 - Tỷ số nghiền của cuội sỏi Rc - D_{min}/D_{max} không nhỏ hơn	4	4	4	4	Bảng mắt mắt kết hợp với xác định bằng sàng
<i>Ghi chú:</i> - 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. Đá 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) ≥ 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 - 1,25 mm 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 canxit, đolômít, đá dầu...) có cường độ nén không nhỏ hơn 200daN/cm² và từ xỉ bazơ của lò luyện kim hoặc xi măng.

Các chỉ tiêu kỹ thuật của bột khoáng nghiền 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 0,315mm	≥ 90	
- Nhỏ hơn 0,071 mm	≥ 70 (1)	
2 - Độ rỗng, % thể tích	≤ 35	
3 - Độ nở của mẫu chế tạo bằng hỗn hợp bột khoáng và nhựa	≤ 2,5	
4 - Độ ẩm, % khối lượng	≤ 1,0	
5 - Khả năng hút nhựa của bột khoáng, KHN (Lượng bột khoáng có thể hút hết 15g bitum mác 60/70	≥ 40g	
6 - Khả năng làm cứng nhựa của bột khoáng (hiệu số nhiệt độ mềm của vữa nhựa với tỉ lệ 4 nhựa mác 60/70 và 6 bột khoáng theo trọng lượng, với nhiệt độ mềm của nhựa cùng mác 60/70	10° ≤ TNMD ≤ 20°C (2)	
<i>Ghi chú:</i>		
(1) Nếu bột khoáng xay từ đá có R _{nén} ≥ 400 daN/cm ² thì cho phép giảm đi 5%.		
(2) Thí nghiệm chưa bắt buộc.		

Đá cacbonát dùng sản xuất bột khoáng phải sạch, chứa bụi, bùn, sét không quá 5%. Bột khoáng phải khô, tươi (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 át phanh 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:

<i>Cỡ sàng</i>	<i>Phần trăm lọt qua sàng</i>
3/4 (9,5mm)	100
N°4 (4,75mm)	95 - 100
N°8 (2,36mm)	80 - 100
N°16 (1,18mm)	50 - 85
N°30 (600 μ m)	25 - 60
N°50 (300 μ m)	10 - 30
N°100 (150 μ m)	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 bở: 3% theo trọng lượng.
- Hàm lượng nhỏ hơn 75 μ m (N° 200): 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 cấp phối ghi ở bảng 6.5a.

Số hiệu	Cỡ hạt (cỡ vuông)	Hàm lượng hạt lọt qua sàng (% trọng lượng)													
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	
1	3, 1/2 - 1, 1/2inch	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	-	0-5	-	-	-	-	-
357	2" - N°4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0,5	-	-	-
4	1, 1/2" - 3/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-	-
467	1 1/2"	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0,5	-	-	-
5	1" - N°4	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-	-
56	1" - 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-	-
57	1" - 3/8"	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0,5	-	-
6	1" - N°4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-	-
67	3/4 - 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-	-
7	3/4" - N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-	-
8	1/2" - N°4	-	-	-	-	-	-	-	-	100	55-100	10-30	0-5	-	-
	3/8"-N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-10	0-5	0-5	0-5

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.
- Cỡ hạt nhỏ hơn 75 μ m (N^o 200) không quá 1%.
- Bụi than và than non không quá 1%.
- Độ hao mòn Los Angeles (L.A) không quá 50.

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.2 (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 (D.3319 - T.279).

6 - Xác định lượng ẩm tổng cộng của vật liệu đá bằng phương pháp sàng khử (C66 - T255).

7 - Xác định độ ẩm bề mặt của vật liệu đá hạt nhỏ hơn (C.70 - T142).

8 - Xác định độ vững bền 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 rắn hữu cơ trong vật liệu hạt nhỏ của bê tông (C40 - T21).
 - 2 - Xác định sự tạo hạt của chất rắn hữu cơ trong vật liệu đá hạt nhỏ đến độ bền của vữa (C87- T76).
 - 3 - Xác định lượng hạt mịn nhỏ trên 75 μm trong vật liệu đá bằng phương pháp rửa (C117 - T11).
 - 4 - Xác định lượng hạt sét và các hạt bở trong vật liệu đá (C142 - T112).
 - 5 - Các 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 (C136 - 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 ô tô. Ở vùng khí hậu nóng (Đông Nam Á) nhiệt độ của bê tông át phan có thể lên đến 70°C ở Hà Nội vào tháng 5, tháng 6. Ở Sài Gòn khoảng 65°C , ở châu Âu (Aijecbaijan) cũng khoảng $60-70^{\circ}\text{C}$. Ở điều kiện nhiệt độ như vậy bê tông át phan cần có độ ổn định nhiệt cao, để bảo đảm không giảm cường độ quá lớn, không gây những biến dạng vĩnh cửu (vết báng 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 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 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 được 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 mỗi, 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 độ 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 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 vết lún xuất hiện: độ nhớt chỉ ra trong 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 chỉ 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 dầm 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 bọc 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 á tphan 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 á tphan chặt đem so với nhựa đường thông thường trong thí nghiệm xe kéo LCPC tại phòng thí nghiệm trung tâm nghiên cứu Pháp.

Mô đun độ cứng: Độ cứng động học của bê tông á tphan 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 át phan 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 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 có 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 dọc liên kế 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 ra liên kết ngang lý học đối với khối cao su polyisopren 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, 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 của 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 hạt 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 phần 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°C, dmm	90 ± 20	130 ± 20
Điểm mềm (P), °C	85 ± 10	80 ± 10
Độ nhớt Brookfield 150°C mức độ xé 3,36 giây, Poise	10 ± 4	9 ± 4
Độ kéo dài ở 5°C, cm	> 50	-
Mô đun độ cứng tối thiểu 40°C, thời gian chịu tải 1000 giây mức độ xé $2,5 \cdot 10^{-4} s^{-1}$, kN/m ²	> 3	-
Độ ổn định bảo quản, sự khác nhau về điểm mềm đỉnh xuống đáy sau 7 ngày bảo quản trong một thiết bị hình trụ ở 160°C, °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 60°C, CARIPHALTE DM cứng hơn đáng kể so với bitum 50 độ và do đó chống biến dạng tốt hơn, ở nhiệt độ đường thấp, < 0°C, 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 có 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 đối do TRRL và Shell Research Limited tiến hành. Thí nghiệm mới đã được Shell Research Limited thực hiện trên hỗn hợp át phan lu nóng thi công ở 5°C 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 vệt lún bánh xe của mặt đường được rải *Bảng 6.5c* bằng át phan lu nóng làm từ bitum 50, HD40 và CARIPHALTE DM

Chất liên kết	Các đặc tính của chất liên kết		Độ lún vệt bánh xe ở 45°C, mm/h
	Kim lún ở 25°C, dmmm	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 mẫn 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 nhớt 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 "etylenvynylaxetat" (EVA) là Polime nhiệt dẻo.

- Copolime "Styrene - Butadiene - Styrene" (SBS) 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 hạt 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 International 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 Indônêxia 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°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 dòn (°C)	≤ -10	≤ -15	≤ -20	≤ -15	≤ -25	≤ -20
Dãn dài ở 25°C (cm)	≥ -40	-	-	≥ 60	-	-
Dãn dài ở 13°C (cm)	-	≥ 100	-	≥ 60	-	-
Dãn dài ở 7°C (cm)	-	-	≥ 100	-	-	≥ 100
Đàn hồi ở 25°C (%)	≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 70	-	≥ 50

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

Việc sử dụng bột cao su bê tông át phan 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 phan. Bột cao su phế liệu có giá thành hạ, được nghiên cứu sử dụng rộng rãi nhất trong bê tông át phan nóng và lớp phủ bên trên của đường. Ở Otario Luân Đôn đã sử dụng bê tông át phan bột cao su năm 1959.

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

Bột cao su được sử dụng rộng rãi nhất trong bê tông át phan 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 phan 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 phan 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 phan lên 49%, hệ số cường độ kéo của bê tông át phan 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.

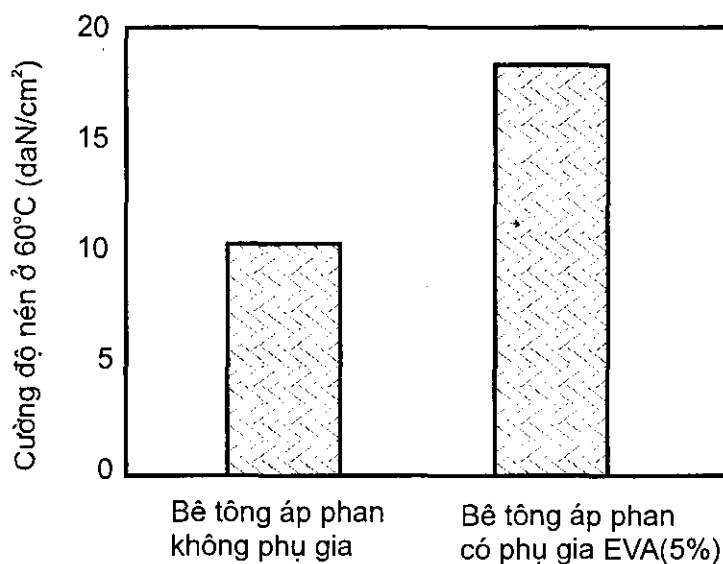
Khối lượng phân tử (phân tử lượng): Phân tử lượng của nhiều Polime có liên quan đến tính chất của nó. Tiêu chuẩn thực tế đánh giá cho các EVA là chỉ số biểu thị điểm chảy (MFI), (độ nhớt tỷ lệ nghịch với khối lượng phân tử), chỉ số MFI càng cao, khối lượng phân tử độ nhớt càng thấp, điều này tương tự 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 đáng 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 quánh 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 át 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 mỏ rất tốt, có tác dụng tăng độ quánh (nhớt), tăng nhiệt độ hoá mềm, hạ nhiệt độ dòn cho bitum dầu mỏ. Vì vậy, phụ gia Copolime EVA là loại chất phụ gia rất có triển vọng trong xây dựng mặt đường.

Bitum dầu mỏ được cải thiện bằng phụ gia Copolime được sử dụng cho các loại mặt đường bê tông át 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 60°C được ghi ở hình sau:



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

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

+ Bê tông át phan không phụ gia:

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

+ Bê tông át 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 át phan;

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

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

Nhận xét:

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

+ Với bê tông át phan không phụ gia: 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.

+ Với bê tông át phan có phụ gia EVA (5%): cường độ nén giảm từ 59,5 daN/cm² ở 20°C xuống 22,1 daN/cm² ở 50°C xuống 18,4 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 Ivannốp).

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 là 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 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 D, C, B (%).

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

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

$$D + C + B + M = 100\%$$

hoặc $D + C + B = 100\%$ (không có đá mặt)

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

$$L_x = \frac{D_x}{100} D + \frac{M_x}{100} M + \frac{C_x}{100} C + \frac{B_x}{100} B \quad (1)$$

Trong đó: D_x , M_x , C_x là lượng lọt qua sàng kích thước x (mm) của đá, mặt, 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 $< 0,071$ mm) được xác định theo công thức sau (phần cát và đá mặt có cỡ hạt $< 0,071$ mm không được coi là bột khoáng):

$$B = \frac{Y_{0,071}}{B_{0,071}} \cdot 100\%$$

trong đó: $Y_{0,071}$ và $B_{0,071}$ là lượng hạt nhỏ hơn 0,071 của hỗn hợp vật liệu hợp lý và của bột khoáng.

6.4.3. Xác định lượng cát và lượng mặt

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

$$C + M = 100 - B - D = M'' \quad (2)$$

Giải các phương trình (1) và (2):

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

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

Bảng 6.7

Dạng và loại hỗn hợp	Lượng lọt qua sàng, % ở cỡ hạt, m							Lượng bitum, %			
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,07	
Thành phần hạt liên tục											
Hạt nhỏ loại											
A	95-100	78-100	60-100	35-50	24-38	17-28	12-20	9-15	6-11	4-10	5,0-6,0
B	95-100	85-100	80-100	65-80	38-52	28-39	20-29	14-22	9-16	6-12	5,5-6,5
C	95-100	88-100	80-100	65-80	52-66	39-53	29-40	20-28	12-20	8-14	6,0-7,0
BT các loại											
D	-	-	-	95-100	68-83	45-67	28-50	18-35	11-24	8-16	7,0-9,0
E	-	-	-	95-100	74-93	53-86	37-75	27-55	17-33	10-16	7,0-9,0
Thành phần không liên tục											
Hạt nhỏ loại											
A	95-100	78-100	60-100	35-50	28-50	22-50	18-50	14-28	8-15	4-10	5,0-6,0
B	95-100	85-100	70-100	50-65	40-65	34-65	27-65	20-40	14-23	6-12	5,5-7,0

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

Bảng 6.8

Dạng và loại hỗn hợp	Lượng lọt qua sàng, % ở cỡ hạt, mm							Lượng bitum, %			
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,07	
Thành phần hạt liên tục											
Hạt nhỏ loại											
B _x	95-100	85-100	70-100	50-65	33-50	21-39	14-29	60-22	9-16	8-12	3,5-5,5
C _x	95-100	88-100	80-100	50-60	39-49	29-38	22-34	22-31	16-22	12-17	4,0-6,0
BT các loại											
D _x , C _x	-	-	-	95-100	66-82	46-68	26-54	18-43	14-30	12-20	4,5-6,5

Chuẩn bị các mẫu thí nghiệm từ hỗn hợp bê tông át phan, trong đó lượng bitum dùng giảm đi 0,3 - 0,5% so với giới hạn của các trị số trong bảng.

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

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

trong đó:

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

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

V_k - Trị số độ rỗng của bê tông át phan theo quy phạm ở 20°C , %;

ρ_B - Khối lượng riêng của bitum ở 20°C , 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 cần thiết của bê tông át phan, nếu chỉ tiêu độ rỗng không đảm bảo các chỉ tiêu khác (ví dụ cường độ, ổn định độ nước) thì điều chỉnh lại thành vật liệu khoáng, chủ yếu là lượng bột khoáng. Sau đó tính lại lượng B và lại làm theo trình tự trên cho đến lúc đạt mọi yêu cầu theo quy định.

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 của kết cấu mặt đường. Vật liệu: bitum số 4, đá dăm, đá mật, cát sông, bột đá vôi có tính chất phù hợp với yêu cầu kỹ thuật và thành phần hạt.

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 5mm phải có hàm lượng 35 - 50% (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 phần bê tông át phan**

Bảng 6.9

Vật liệu khoáng	Lượng vật liệu khoáng, % lọt qua sàng kích thước									
	20	15	10	5	3	1,25	0,31	0,63	0,14	0,071
Đá dăm 5-15mm	100	95	57	5						
Đá mịn				100	76	44	20	12	5	
Cát sông					100	73	60	40	20	3
Bột khoáng							100	93	83	74
Hỗn hợp theo quy phạm	95-100	85-100	70-100	50-65	38-52	28-39	20-29	14-22	9-16	6-12
Đá dăm 45%	45	43	27	2						
Đá mịn 21%	21	21	21	21	16	9,2	4,2	2,5	1,0	
Cát sông 24%	24	24	24	24	24	17,5	14,4	9,6	4,8	0,7
Bột khoáng 10%	10	10	10	10	10	10	10	9,3	8,3	7,4
Thành phần hỗn hợp đã chọn	100	98	82	57	40	36,7	28,6	21,4	14,1	8,1

- Tính lượng bột khoáng:

Theo quy phạm yêu cầu lượng hạt có đường kính nhỏ hơn 0,071 nằm trong phạm vi 6 -10%.

Trong tính toán chọn $Y_{0,071} = 8\%$ và $B_{0,071} = 74\%$

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

Lượng hạt và đá mịn 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 phải ở trong phạm vi 28 - 39% (có thể dùng 34%); nhưng trong đó đã 10%B, nên lượng hạt nhỏ hơn 1,25mm không kể bột khoáng là 24%.

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.

$$C = 24\%. \quad M = 21\%.$$

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 quy phạm (xem bảng 6.9).

6.4.8. Tính lượng bitum tối ưu

Lượng bitum theo quy phạm quy định cho loại bê tông yêu cầu là 5,5%, chọn lượng bitum dùng để nhào trộn với hỗn hợp 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 chắc mẫu thử bằng phương pháp phối hợp - rung mẫu trên bàn rung (ở nhiệt độ 180°C trong thời gian 180 gy dưới tác dụng của tải trọng $0,3\text{ kG/cm}^2$). Cuối cùng làm đặc bằng tải trọng 200 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 độ rỗng còn lại của bê tông át phan 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% cho thấy tại điểm có $B = 5,5\%$, giá trị R20, R50 là lớn nhất và độ hút nước nằm dưới giới hạn nhỏ nhất. Như vậy, việc chọn lượng bitum tối ưu trên là đáng tin cậy.

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 như phương pháp của Nga và Việt Nam hiện dùng. Tuy nhiên, về thành phần cấp phối hợp lý theo ASTM có các cỡ hạt khác nên chi tiết tính toán có điều chỉnh chút ít.

Phương pháp kiểm tra cấp phối cần tính toán thành phần bê tông át phan cũng làm tương tự như của Việt Nam. Thành phần hạt hợp lý do các loại bê tông át phan xem bảng 6.10.

Các hỗn hợp bê tông át phan của Mỹ

Bảng 6.10

Mix1 Type Loại	2 1/2 in	1 1/2 in	1 in	3/4 in	1/2 in	3/8 in	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200	Nhựa Percent
Ia	100	35-70	0-15				0-5						0-3	3,0-4,5
Ila					100	40-50	5-20						0-4	4,0-5,0
Ilb				100	70-100	20-40	5-20						0-4	4,0-5,0
Ilc			100	70-100	45-75	20-40	5-20						0-4	3,0-6,0
Ild		100	70-100		35-60	15-35	5-20						0-4	3,0-6,0
Ile	100	75-100	50-800		25-60	10-30	5-20						0-4	3,0-6,0
IIla				100	75-100	35-55	20-35		10-22	6-16	6-16	4-12	2-8	3,0-6,0
IIlb			100	75-100	60-85	35-55	20-35		10-22	6-16	6-16	4-12	2-8	3,0-6,0
IIlc			100	75-100	60-85	30-50	20-35		5-20	3-12	3-12	2-8	0-4	3,0-6,0
IIld		100	75-100		45-70	30-50	20-35		5-20	3-12	3-12	2-8	0-4	3,0-6,0
IIle	100	75-100	60-85		40-65	30-50	20-35		5-20	3-12	3-12	2-8	0-4	3,0-6,0
IVa				100	80-100	55-75	35-50		18-29	13-23	13-23	8-16	4-10	3,5-7,0
IVb			100	80-100	70-90	50-70	35-50		18-29	13-23	13-23	8-16	4-10	3,5-7,0
IVc		100	80-100		60-80	48-65	35-50		19-30	13-23	13-23	7-15	0-8	3,5-7,0
IVd	100	80-100	70-90		55-75	45-62	35-50		19-30	13-23	13-23	7-15	0-8	3,5-7,0
Va				100	85-100	65-80	50-65	37-52	25-40	18-30	18-30	10-20	3-10	4,0-7,5
Vb			100	85-100		65-80	50-65	37-52	25-40	18-30	18-30	10-20	3-10	4,0-7,5
Vla				100	85-100		65-78	50-70	35-60	25-48	25-48	15-30	6-12	4,5-8,5
Vlb			100		85-100		65-80	47-68	30-55	20-40	20-40	10-25	3-8	4,5-8,5
Vlla					100	85-100	80-95	70-89	55-80	30-60	30-60	10-35	4-14	7,0-11,0
Vllb						100	95-100	85-98	70-95	40-75	40-75	20-40	8-16	7,5-12,0

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 bi tum biến đổi và lựa chọn lượng bi tum tối ưu theo các biểu đồ quan hệ giữa B, % với khối lượng riêng bê tông át phan, độ rỗng còn lại, độ ổn định Marshall, độ rỗng hỗn hợp vật liệu khoáng, độ chảy Marshall.

Hàm lượng bi tum 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 bi tum sử dụng có thể tích theo tổng khối lượng vật liệu khoáng hoặc tổng khối lượng của bê tông át phan (bao gồm cả khối lượng bi tum).

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 được 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 các tính chất tuyệt vời về nhiều phương diện liên quan đến độ bền lâu, hiện tượng mỏi và vấn đề ăn mòn.

Tương tự như đối với tấm thép bảo đảm độ 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 SIKKA (Thụy Sĩ) cùng với EMPA (Viện kiểm định và nghiên cứu vật liệu Liên bang Thụy Sĩ) tiến hành đã 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 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, Dübendorf 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 băng PCSC có các ưu điểm sau [14]:

- Có thể có độ dài bất kỳ: băng 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 băng PCSC có nhiều ưu điểm.

- Sức đề kháng hoá học: băng 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 Ibach gần Lucern (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 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 bê tông và vữa.
- Có thể thi công tốt trong điều kiện 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 bể 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 $E = 240 - 900$ MPa.

- Cường độ kéo khoảng 3000 - 4000 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 rải 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 vai 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 dính kết

Phần lớn là epoxy hai thành phần trộn với cốt liệu, cường độ kéo lớn hơn 30MPa 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, làm nhám bề mặt bê tông bằng cách đục thủ công, làm sạch lại bằng nước nóng và axeton. Bằng cách 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 làm phẳng bằng vữa epoxy một ngày trước khi gắn kết. Việc gia cường luôn 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 cho 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. Mối nguy hiểm đối với băng PCSC có thể xuất hiện do các tai nạn làm đứt 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 1/2 tại vị trí giao nhau. Do đó bên cạnh số lượng và trọng lượng của vật liệu, ta cần phải xem xét các lực chịu võng tại vị trí giao nhau.

Ngoài ra do trọng lượng của băng PCSC nhẹ dẫn đến việc chuyên chở cũng như thi 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 khác 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 các bon và các sản phẩm từ sợi các bon 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 các bon. Tại Thụy Sĩ và Đức, hơn 50 km băng PCSC đã được sử dụng như cốt gắn kết để gia cường. Tại Nhật Bản đang tiến hành xây 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 dự ứng lực), năm 1992 ở 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 $50 \times 1,2\text{mm}$: 1,2 triệu sợi.

- Sản xuất bằng phương pháp kéo tấm: bố trí 24000 sợi mỗi tấm, nhiệt độ sản xuất 180°C, cuộn 250m.
- 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 mỏi 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 thấp: độ bền cao.
 - Độ bám dính 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 hử trên 30 phút.

- Cường độ nén khoảng 80 N/mm².
- Mô đun đàn hồi khoảng 12 kN/mm².
- Độ co trên 0,05%.
- Hệ số giãn 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 bọt 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 SikaWrap - 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 hòa.

- Quá trình thi công sạch.

- Dễ bốc dỡ, vận chuyển.

- Hiệu quả kinh tế đối với dự án nhỏ.

• Thành phần hệ Sika Dry Wrap

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

- SikaWrap Hex-430g (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 gập, 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 thảm sợi

- Đặt tấm sợi vào nơi đã quét SikaDur - 330.
- Dùng con lăn bằng nhựa không thấm.
- Lăn đến khi chất dẻo xùì 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. Tấm sợi SikaWrap - Lớp phủ ướt

- Wet Wrapping

- Tấm 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 0,6 kg/m².

7.2. Nghiên cứu thực nghiệm

7.2.1. Mục đích nghiên cứu

Như phân 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 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. Kết hoạch thực nghiệm

Chế tạo mẫu thử nghiệm bằng bê tông M300 với kích thước mẫu 10 × 10 × 60cm (mẫu chuẩn theo TCVN và Quốc tế). Mẫu có bố trí cốt thép dọc và cốt thép đai ϕ 6 với $a = 10$ cm.

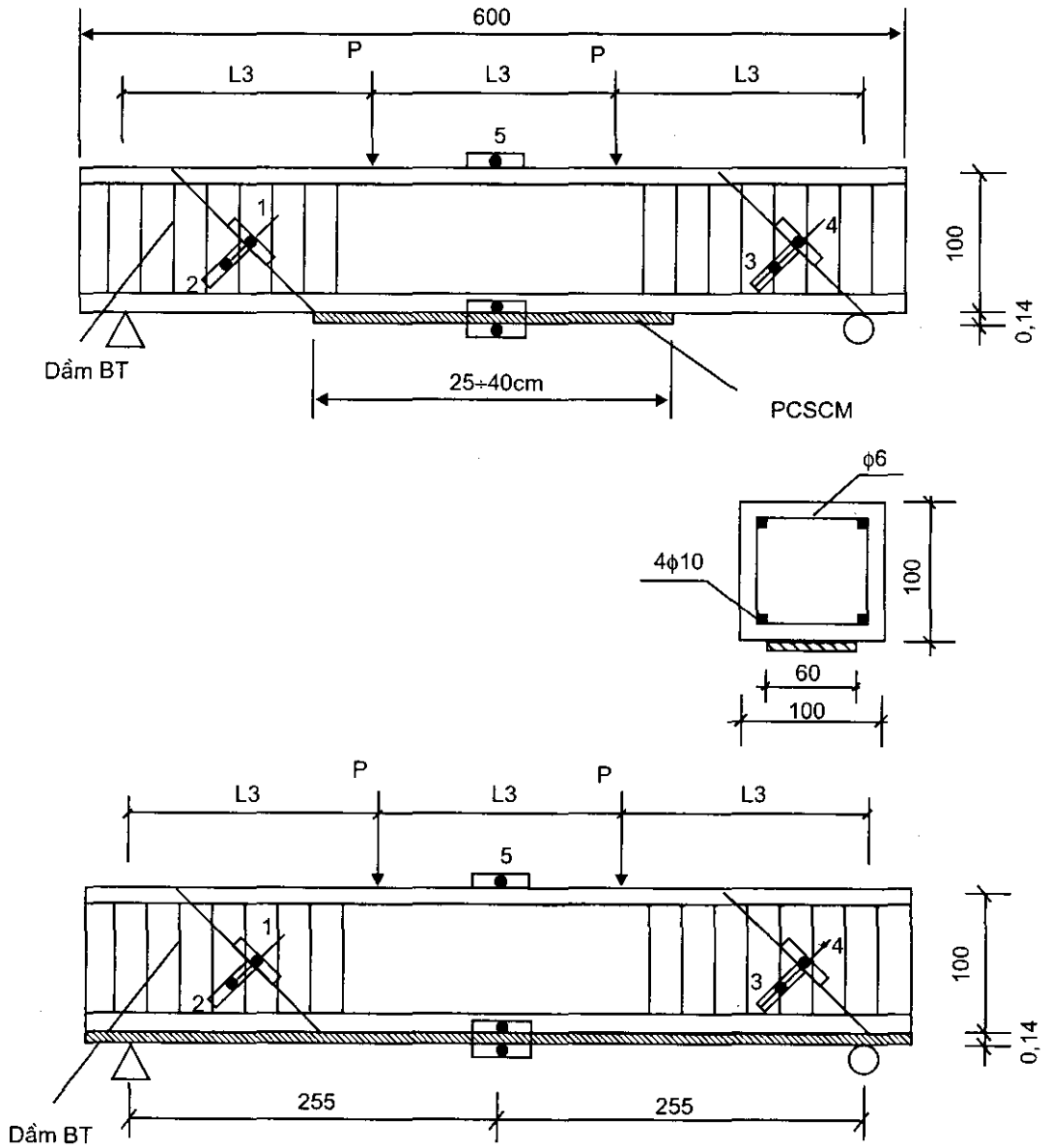
Tuổi bê tông: 28 ngày, được chế tạo bằng xi măng Hoàng Thạch. Cấp phối hạt theo tiêu chuẩn TCVN.

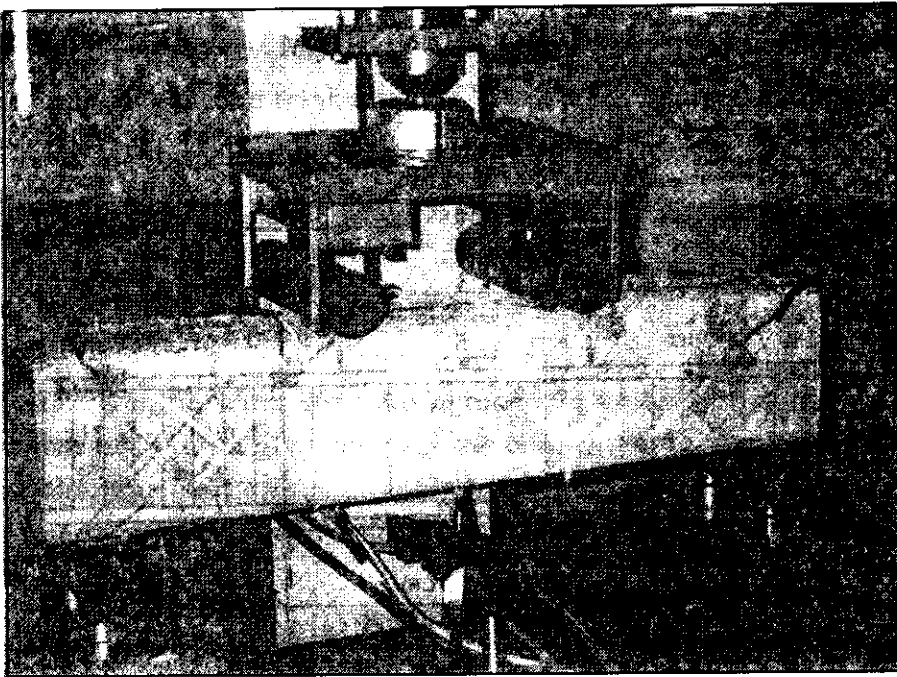
Sợi Polime các bon: Loại M, $b = 6$ cm, $h = 1,4$ mm (M614).

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

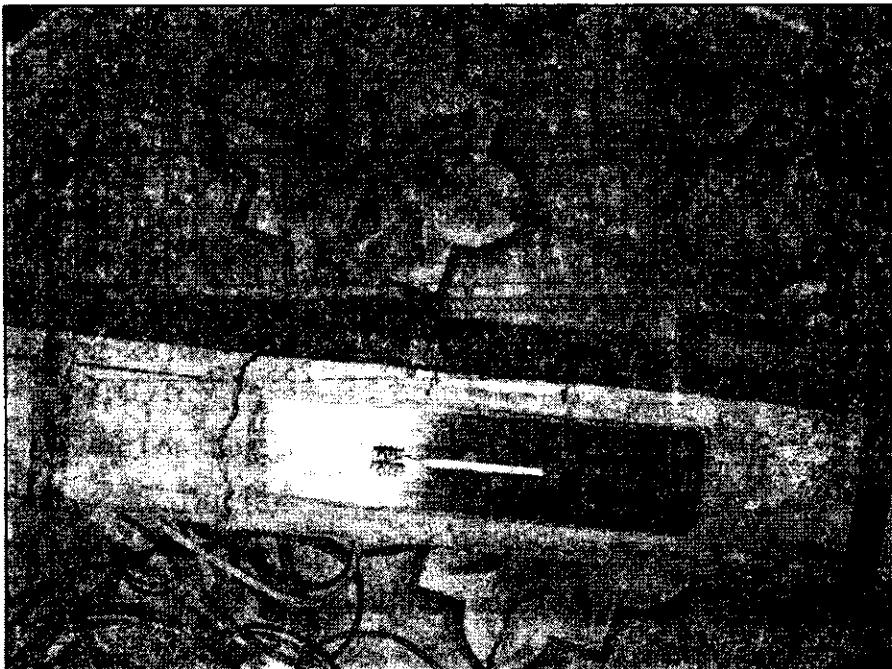


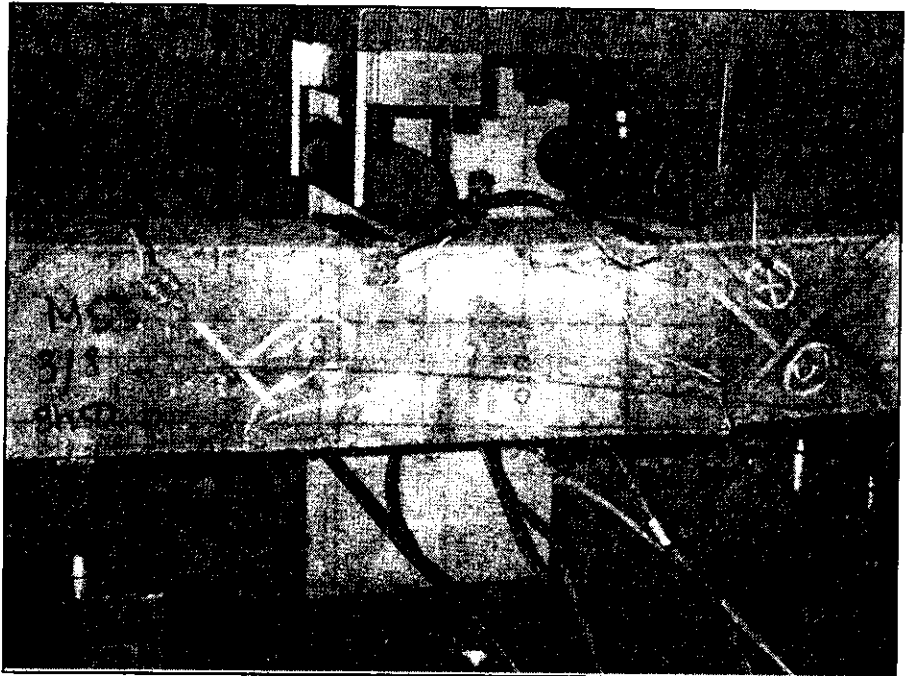
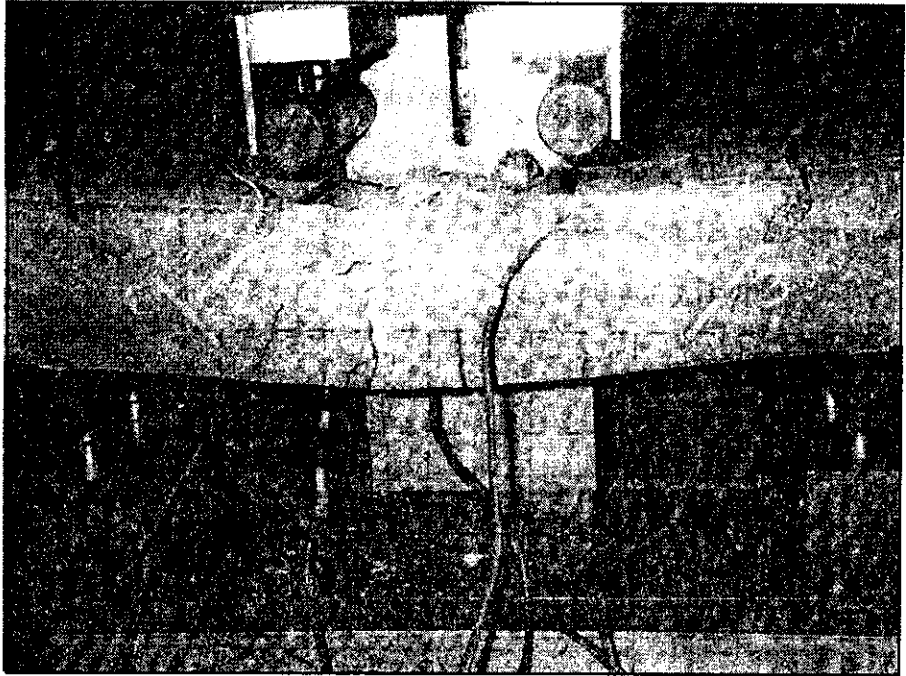


Vị trí các điểm đo là 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 theo sơ đồ trên.

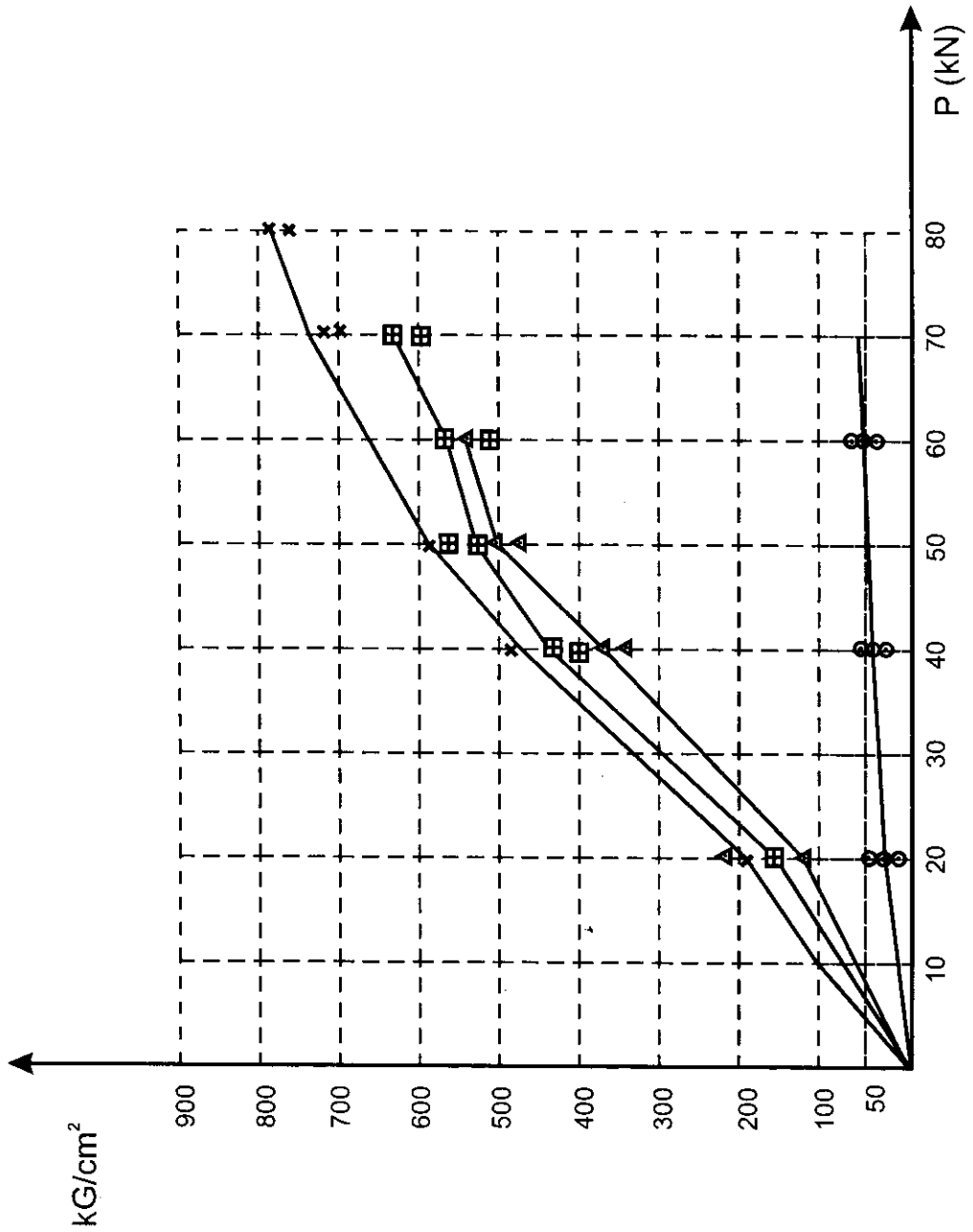
Ký hiệu mẫu thử như sau:

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

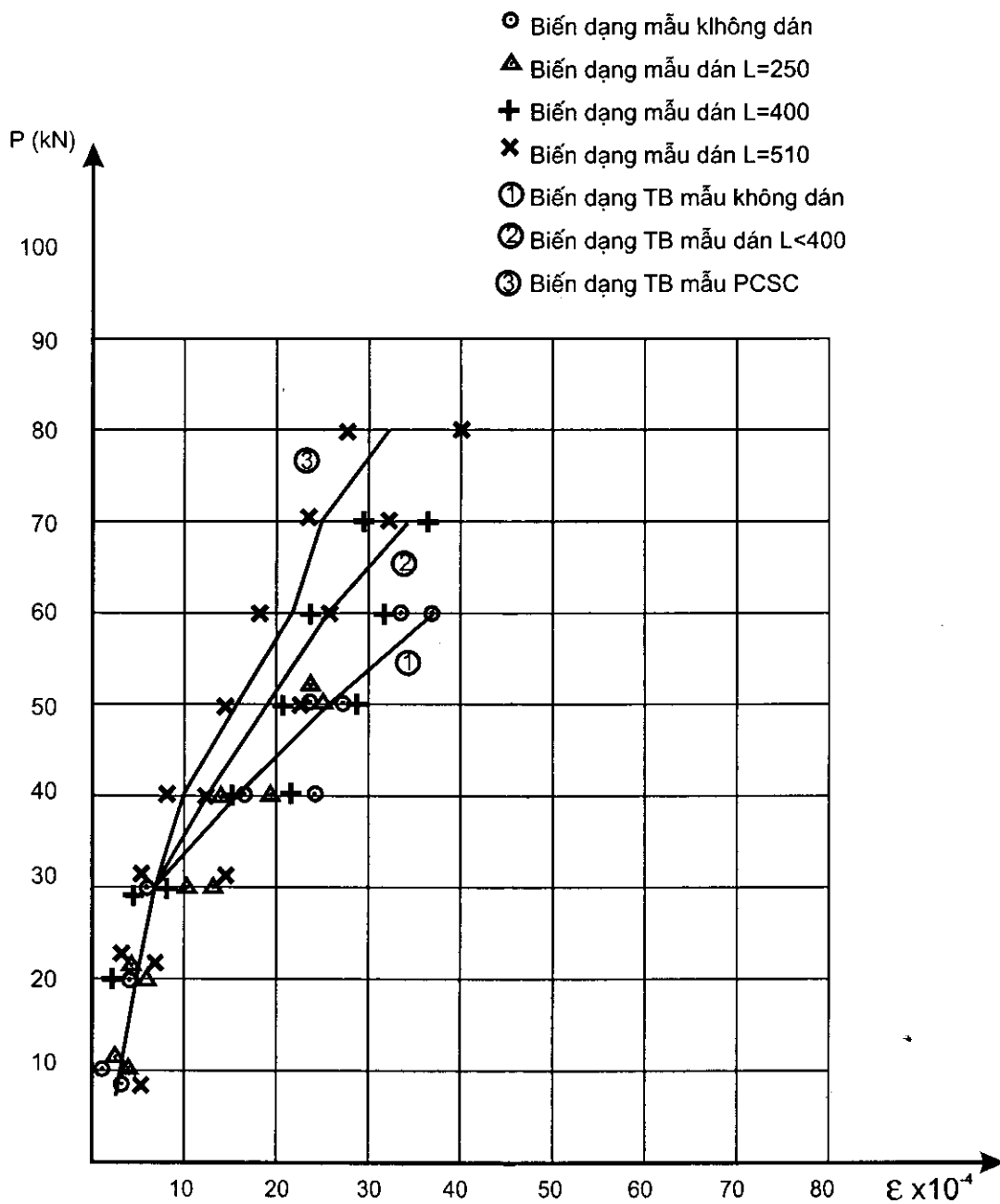




Quan hệ giữa ứng suất trên bê tông và trên sợi PCSC:



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 xuất hiện thường ở phạm vi ngoài vùng tăng cường tấm Polime sợi các bon. Sau đó phát triển thẳng lên và có xu hướng làm 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 (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%- 4% 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 35°C và lớn hơn 15°C . 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 - Chế tạo keo 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 bịt 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 "O" 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 bám 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 bị 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, 1 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 bằng cao su, 5 đến 7 thợ nề 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 axeton. 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 cầu 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 - 1,8 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.

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.Salômetốp: 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: properties 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 concrete - A.C - 1993.
9. Francois de Larrard Extension du domaine d'application des reglement de calcul BAEL/BPEL aux betons à 80 MPa. LCPC Paris - 1996.
10. M. VIRLOGEUX, J BARON
SAUTEREY LES BETONS AHAUTES PERFORMANCES DU MATERIAU à L'OUVrage - Paris 1990.
Design Aspects of Concrete Structure Strengthened with Externally Bonded CFRP Plates. Ferdinand, S.Rostaly Zurich - Thụy Sĩ - 1999.
11. Phạm Duy Hữu - Báo cáo đề tài NCKH cấp Bộ năm 2001. Tăng cường cầu bằng Polime sợi cacbon - 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>Trang</i>
Lời tác giả	3
Chương 1: CÁC YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI BÊ TÔNG XI MĂNG POÓC LẮNG	5
1.1. Khái quát	5
1.2. Vật liệu	5
1.3. Yêu cầu bê tông trong giai đoạn đông cứng	9
1.4. Yêu cầu đối với bê tông ở trạng thái ướt	10
1.5. Yêu cầu đối với bê tông ở trạng thái mềm	10
1.6. Các yêu cầu khác	10
1.7. Yêu cầu về điều kiện bảo dưỡng bê tông	11
Chương 2: CẤU TRÚC VÀ CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊ TÔNG XI MĂNG	13
2.1. Cấu trúc vi mô của bê tông	13
2.2. Các giai đoạn hình thành cấu trúc vi mô của hỗn hợp bê tông	17
2.3. Trên cơ sở cấu trúc vi mô đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới yêu cầu cường độ của bê tông	18
2.4. Cường độ của bê tông	22
Chương 3: BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO SIÊU DẸO	26
3.1. Tổng quan	26
3.2. Cấu trúc của bê tông siêu dẻo cường độ cao	27
3.3. Nguyên tắc của bê tông cường độ cao và tăng nhanh quá trình đông rắn	28
3.4. Ảnh hưởng của phụ gia siêu dẻo đến tính chất cơ lý của bê tông	32
Chương 4: BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO	43
4.1. Tổng quan về bê tông cường độ cao	44
4.2. Các đặc tính của bê tông Microsilica cường độ cao	47
4.3. Giới thiệu về muội Silíc và phụ gia siêu dẻo	48

4.4. Thiết kế thành phần bê tông theo phương pháp ACI	56
4.5. Các nghiên cứu thực nghiệm và kết quả	57
4.6. Nhận xét kết quả	60
4.7. Bê tông cường độ cao M70	60
4.8. Áp dụng thí nghiệm trong công trình	61
4.9. Kết quả cường độ thực tế tại thành phố Hồ Chí Minh	69
4.10. Các nghiên cứu về bê tông cường độ cao có cường độ nén đến 100MPa	69
Chương 5: THIẾT KẾ THÀNH PHẦN BÊ TÔNG XI MĂNG	71
5.1. Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông	71
5.2. Phương pháp tính toán thành phần bê tông	77
Chương 6: BÊ TÔNG ÁT PHAN	84
6.1. Phân loại bê tông át phan và các yêu cầu về chỉ tiêu cơ lý của bê tông át phan - 22TCN 249-98	84
6.2. Yêu cầu về chất lượng vật liệu để chế tạo hỗn hợp bê tông át phan	86
6.3. Con đường nâng cao tính ổn định của bê tông át phan trong điều kiện khí hậu nóng	92
6.4. Lựa chọn thành phần vật liệu khoáng để chế tạo bê tông át phan	103
6.5. Thiết kế thành phần bê tông át phan theo phương pháp AC	108
Chương 7: TẤM POLIME CỐT SỢI CÁC BON (PCSC)	112
7.1. Vật liệu Polime sợi các bon	114
7.2. Nghiên cứu thực nghiệm	121
7.3. Công nghệ Polime sợi các bon	127
7.4. Kết luận - kiến nghị	130
Tài liệu tham khảo	132

In 1.020 cuốn, khổ 19 x 27cm tại Công ty in Giao thông.

Giấy phép xuất bản số 230/XB-QLXB cấp ngày 3/3/2005.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2005.

Chịu trách nhiệm xuất bản

LÊ TỬ GIANG

Biên tập và sửa bài: KS. VŨ VĂN BÁI

Trình bày bìa: VƯƠNG THẾ HÙNG

Chế bản vi tính: DƯƠNG HỒNG HẠNH

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

80B TRẦN HƯNG ĐẠO - HÀ NỘI

ĐT: 9423345 - Fax: 04.8224784

MS $\frac{075(6V)}{GTVT-05}$ 230/08-05

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

80B TRẦN HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI

ĐT: 9423346 – 9423345

FAX: 8224784

TÌM ĐỌC

- TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG
Tập I – Vật liệu và phương pháp thử
- VẬT LIỆU XÂY DỰNG
- VẬT LIỆU XÂY DỰNG MỚI