

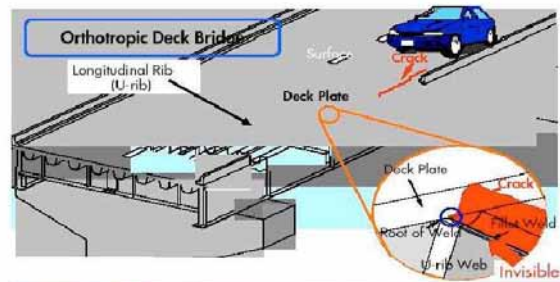
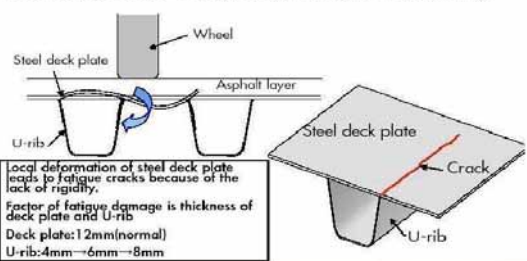
**I. Giới thiệu chung:**

Dự án cầu Thuận Phước, thành phố Đà Nẵng với tổng chiều dài cả phần cầu và đường dẫn hơn 4200m, được xây dựng nối liền hai trục đường ven biển Liên Chiểu - Thuận Phước và Sơn Trà - Điện Ngọc tạo nên một đường vành đai du lịch liên tục cho thành phố. Tổng chiều dài cầu 1856m, trong đó cầu chính có kết cấu bản mặt cầu thép treo trên dây võng với 3 nhịp liên tục  $L = 125m + 405m + 125m = 655m$ . Chiều rộng cầu 18m bao gồm 4 làn xe chạy cho hai chiều. Mặt cầu thép được cấu tạo theo dạng bản trực hướng (Orthotropic)

**II Kết cấu các lớp phủ mặt cầu:**

Sự làm việc của lớp phủ bê tông nhựa trên mặt cầu thép-loại bản trực hướng dưới tác dụng của tải trọng xe cộ và các điều kiện về môi trường rất phức tạp. Kết cấu bản mặt cầu thép có cấu tạo hình học đặc biệt và các tấm bản thép có độ đàn hồi gây ứng suất và biến dạng lớn trong lớp phủ mặt cầu. Đặc biệt tải trọng trùng phức của xe cộ gây ra hiện tượng mỏi trong BTN, là một yếu tố đặc biệt quan trọng khi thiết kế và lựa chọn lớp BTN phủ mặt cầu.

Nứt lớp mặt do mỏi - Dạng nứt đặc trưng trên mặt cầu thép



Hư hỏng mặt đường trên mặt cầu Nguyễn Văn Trỗi (Đà Nẵng), nhiều nhất ở các nhịp phía đông



Hư hỏng lớp phủ mặt cầu Jangyin – Trung Quốc. Đây là cây cầu treo với bản mặt thép sử dụng SMA lần đầu tiên ở Trung Quốc

Bê tông nhựa trên mặt cầu, đặc biệt là mặt cầu thép, ngoài các chức năng yêu cầu như đối với bê tông nhựa trên đường, còn phải có các chức năng riêng biệt khác. Lớp BTN này phải đảm bảo kín nước để đóng vai trò lớp phòng nước, phải đủ độ đàn hồi để chịu được các trạng thái ứng suất-biến dạng xuất hiện trong lớp này dưới tác dụng của hoạt tải phân bố, vốn rất khác so với lớp phủ của mặt đường mềm thông thường. Ngoài ra do các vết bánh xe có chiều hướng cố định ở 1 vị trí (xe chạy đúng làn) nên yêu cầu chống lún vết bánh xe (rutting) và nứt do mỏi (fatigue cracks) cũng là chỉ tiêu rất quan trọng trong việc chọn loại vật liệu áp dụng trên mặt cầu. Đối với loại mặt cầu thép dạng bản trực hướng loại kín, một yêu cầu khác cũng cần được đặc biệt quan tâm khi lựa chọn vật liệu lớp phủ mặt cầu, đó là tình trạng lớp phủ mặt cầu phải làm việc ở điều kiện thời tiết bất lợi (nhiệt độ cao kéo dài trong ngày) do kết cấu hộp kín của dầm thép.

## 2.1. Cấu tạo điển hình hệ lớp phủ mặt cầu

Lớp phủ trên mặt cầu thép có 3 tác dụng chính, bao gồm:

- Cung cấp bề mặt xe chạy với độ bám lớp phủ hợp,
- Cung cấp cốt dọc xe chạy êm thuận bằng việc bù vênh các chỗ lồi lõm của bản mặt thép;
- Bảo vệ bản mặt cầu bằng việc cung cấp lớp phủ phòng nước.

Một loại vật liệu riêng biệt không thể đáp ứng toàn bộ các yêu cầu trên, do đó cần phải có một hệ lớp với chức năng khác nhau để làm hệ thống lớp phủ mặt cầu. Nhìn chung, Hệ thống lớp phủ mặt cầu sẽ bao gồm lớp dính bám, lớp liên kết, lớp cách ly và lớp phủ mặt chống mài mòn.

- lớp liên kết: để đảm bảo độ dính bám đủ mạnh giữa mặt cầu thép và lớp cách điện
- lớp cách ly: để bảo vệ mặt cầu thép dưới chống lại sự ăn mòn và tạo ra sự chuyển tiếp linh hoạt giữa lớp mài mòn và mặt cầu thép
- lớp dính bám: để đảm bảo độ dính bám đủ mạnh giữa lớp cách ly và lớp mài mòn bitume
- lớp chống mài mòn: để nhận và chuyển tiếp tải trọng từ xe cộ đến kết cấu dưới và cung cấp sức chống trượt cần thiết

Các chức năng phân chia như trên không phải lúc nào cũng áp dụng đúng 100%. Đôi khi một lớp có thể đóng vai trò nhiều chức năng, cũng có thể có 2 hoặc nhiều lớp bổ sung cho nhau để làm một chức năng.

## 2.2. Yêu cầu về vật liệu

Các yêu cầu chung cho vật liệu của bề mặt trên bản cầu thép trực hướng gồm:

1. Vật liệu dùng phủ mặt phải có đủ độ bền chống được vết lún bánh xe
2. Ở nhiệt độ thấp, vật liệu phải hoặc có độ đàn hồi tốt hoặc sức chịu kéo cao để tránh nứt do mỏi.
3. Độ dính bám giữa các lớp khác nhau phải giữ được nguyên vẹn
4. Vật liệu phủ bề mặt phải có đủ độ bám lớp

Ở nhiệt độ cao, bề mặt BTN phải đáp ứng được các yêu cầu về độ cứng và tại nhiệt độ thấp thì nó phải không bị nứt hoặc không bị mất tính dính bám đối với mặt cầu thép. Đây là các yêu cầu rất khó đáp ứng được đầy đủ.

### 2.3. Các yêu cầu chung đối với các lớp khác nhau

**a. Lớp liên kết:** Lớp này phải có khả năng:

- Tạo một sự bảo vệ tin cậy chống lại sự ăn mòn
- Đảm bảo độ dính bám đủ mạnh giữa các lớp nằm trên và mặt cầu thép, vì thế nó cũng phải có khả năng bền vững đối với lực cắt.

**b. Lớp cách ly:** Lớp này sẽ bảo vệ mặt thép khỏi sự ăn mòn và tạo ra sự truyền tải trọng một cách êm thuận từ lớp phủ mặt xuống bản mặt thép. Điều này có nghĩa là lớp cách ly cần phải:

- Bền vững để chống lại dầu, nước và khoáng chất,
- Ít nhạy cảm với các điều kiện thời tiết
- Có khả năng kháng môi

**c. Lớp dính bám:** Lớp này phải cung cấp độ dính bám tốt giữa lớp nhựa đường và các lớp nằm phía dưới. Ngoài ra, các đặc tính yêu cầu còn bao gồm:

- Độ bền
- Độ tin cậy
- Dễ thi công

**d. Lớp phủ mặt:**

i) Để đảm bảo việc lái xe an toàn và thoải mái cho người sử dụng đường bộ, lớp phủ mặt cần có các đặc tính sau:

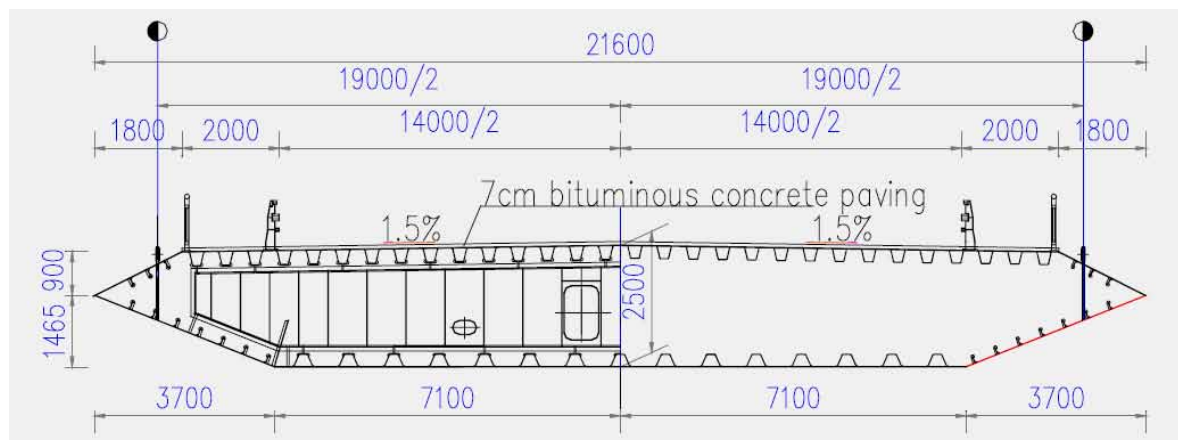
- Độ chống trượt tốt
- Bề mặt phẳng
- Độ ồn xe chạy thấp

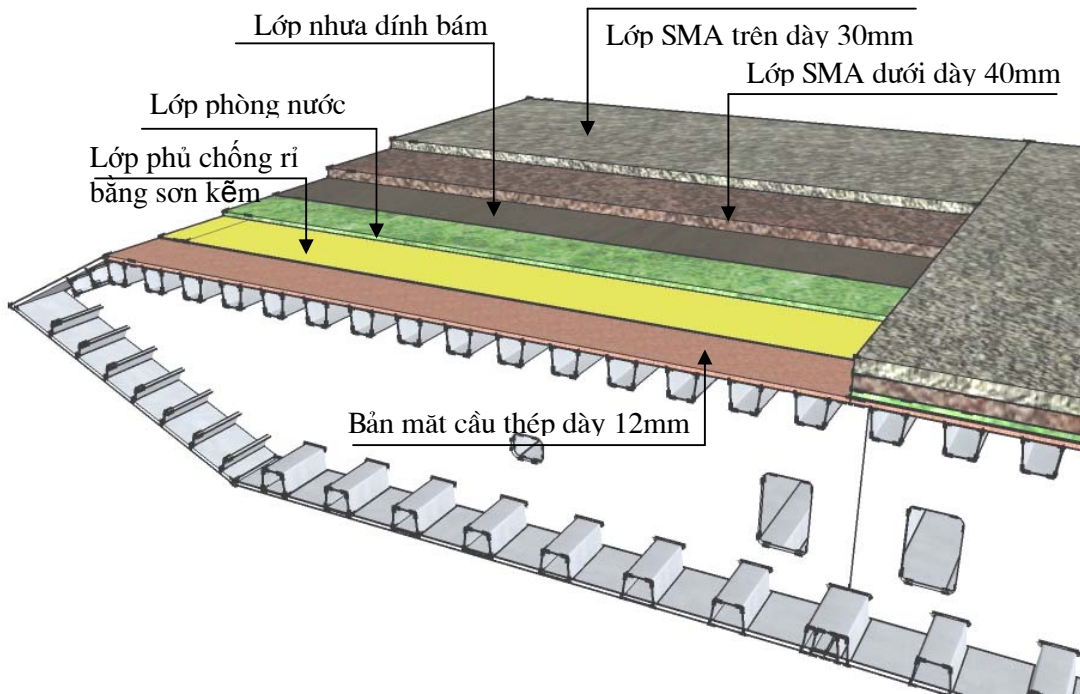
ii) Để đảm bảo tính bền vững, các đặc tính yêu cầu của lớp phủ mặt cần có:

- Đủ độ bền vững để chống lại sự biến dạng
- Đủ bền vững để chống lại tác hại của dầu, nước và khoáng chất
- Ít nhạy cảm với thời tiết
- Độ ổn định cao
- Bền vững chống môi
- Có khả năng phân bố lại tải trọng dàn đều lên mặt các lớp dưới

### 2.4 Kết cấu mặt đường theo đề xuất của đơn vị thiết kế:

Theo đề xuất của đơn vị Thiết kế (Tư vấn 533) mặt đường trên bản mặt cầu thép bao gồm lớp phòng nước và dính kết, lớp SMA phía dưới và lớp SMA phủ mặt phía trên





### III. Vật liệu dính bám trên bản mặt cầu thép

#### 3.1 Chức năng yêu cầu của lớp dính bám trên mặt cầu thép:

- ✚ Có khả năng chống thấm trong suốt thời gian thiết kế, chống ăn mòn cho mặt thép phía dưới.
- ✚ Có độ dính bám tốt với các lớp phủ SMA phía trên và với lớp sơn kẽm bảo vệ bản mặt cầu
- ✚ Có độ bền kháng trượt do lực hãm xe, tăng giảm tốc, lực ly tâm khi xe rẽ hướng
- ✚ Giữ được độ dính bám tốt khi nhiệt độ thay đổi
- ✚ Có khả năng làm việc tương thích với bản thép phía dưới và lớp phủ phía trên khi chịu tải.
- ✚ Có độ dẻo cần thiết để cho phép chuyển vị giữa các lớp mặt cầu dưới tác dụng của lực truyền từ bánh xe (lực thẳng đứng, lực hãm, lực tăng tốc, chuyển hướng).

#### 3.2 Các loại vật liệu dính bám hay được sử dụng cho mặt cầu thép:

##### 3.2.1 Lớp dính bám bằng nhựa đường cải tiến Pôlime

Được sử dụng phổ biến ở Nhật Bản và các nước Châu Âu trên các mặt cầu thép, với lớp phủ mặt là SMA hoặc bê tông nhựa đúc GussAsphalt



Cầu Oresund nối liền Thụy điển và Đan mạch



Cầu Akashi Kaikyo - Nhật Bản

**Ưu điểm:** Giá thành thấp, độ dính bám với bản thép và lớp BTN phía trên tốt, không có điểm yếu về môi nối

**Nhược điểm:** Thi công rải nóng, phải đun nóng đến nhiệt độ chảy trước khi áp dụng  
Vật liệu gốc nhựa đường nên khi nhiệt độ làm việc cao, tính năng làm việc giảm. Chiều dày thi công cần được kiểm soát chặt chẽ.

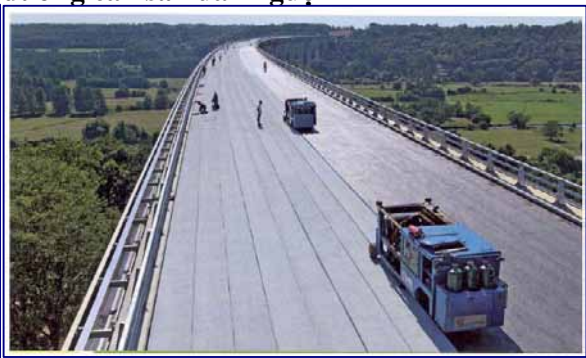
### 3.2.2 Lớp dính bám bằng màng bitum cải tiến cán sẵn (Dán nóng hoặc dán nguội)

Được sử dụng phổ biến ở các nước Châu Âu và châu Á, với lớp phủ mặt là BTN dùng nhựa đường cải tiến hoặc SMA

#### Màng vật liệu gốc nhựa đường cán sẵn dán nguội



Cầu trên đường vào Hầm Hải Vân



Cầu Risle trên tuyến A38 - Cộng hoà Pháp

#### Màng vật liệu gốc nhựa đường cán sẵn dán nóng bằng đèn khò



**Ưu điểm:** Thi công đơn giản, tốc độ nhanh, giá thành thấp, độ dính bám với bản thép và lớp BTN phía trên tốt. Chiều dày được khống chế.

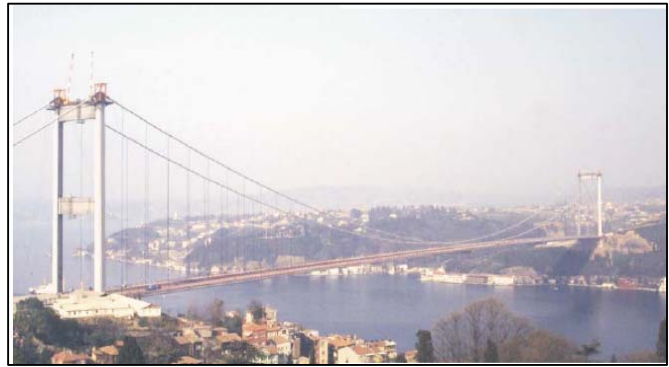
**Nhược điểm:** Hay có hiện tượng bọt khí nếu dán không cẩn thận hoặc bề mặt không bằng phẳng. Điểm yếu là các khe nối dọc và ngang của tấm.  
Vật liệu gốc nhựa đường nên khi nhiệt độ làm việc cao, tính năng làm việc giảm.

### 3.2.3 Lớp dính bám bằng vật liệu gốc Methylmecrilate (MMA) 2 thành phần phun tạo màng

Được sử dụng phổ biến với lớp phủ mặt là GussAsphalt hoặc SMA



Cầu Murry Mackay-Canada



Cầu Bosphoros – Thổ Nhĩ Kỳ

**Ưu điểm:** Tính năng dính bám với bề mặt phía dưới rất tốt, độ bền chống mài mòn cao. Cường độ dính ổn định với thay đổi nhiệt độ, tuổi thọ cao.

**Nhược điểm:** Thi công cần có thiết bị chuyên dụng để trộn hai thành phần và phun tạo màng. Cần có lớp nhựa dính bám đặc chủng để kết dính với lớp BTN phía trên. Giá thành đắt, Phải thi công bởi đơn vị chuyên dụng được chấp thuận.

### 3.2.4 Lớp dính bám bằng vật liệu Polyurea hoặc Polyurethane 2 thành phần phun tạo màng

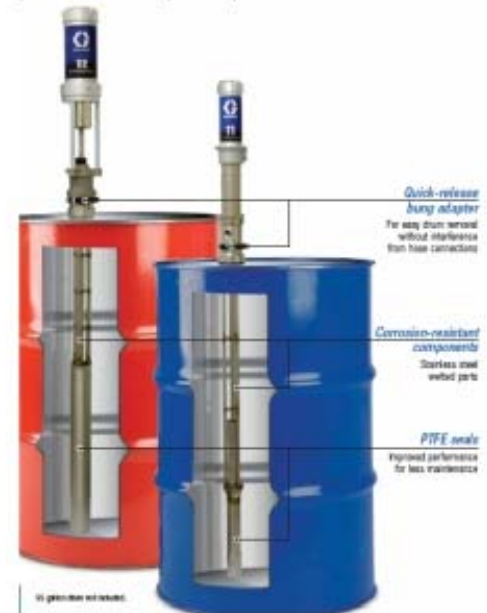
Được sử dụng phổ biến với lớp phủ mặt là GussAsphalt SMA hoặc BTN Pôlime, trên cả mặt cầu thép và mặt cầu bê tông



Cầu Mussafah – Các tiểu Vương quốc Ả rập thống nhất



Cầu Tyne – Vương Quốc Anh



Thiết bị chuyên dụng để phun màng chống thấm / chống ăn mòn Polyurea



Phun cát hoặc đá xay lên bề mặt Polyurea để tăng độ dính bám với lớp SMA phía trên



Thi công lớp tack coat bằng nhựa đường cải tiến Pôlime đặc nóng ở trên

**Ưu điểm:** Tính năng dính bám với bề mặt phía dưới rất tốt, độ bền chống mài mòn cao  
Cường độ dính ổn định với thay đổi nhiệt độ, tuổi thọ cao.

**Nhược điểm:** Thi công cần có thiết bị chuyên dụng để trộn hai thành phần và phun tạo màng  
Cần có lớp nhựa dính bám đặc chủng để kết dính với lớp BTN phía trên  
Giá thành đắt, Phải thi công bởi đơn vị chuyên dụng được chấp thuận.

### 3.2.5 Lớp dính bám bằng vật liệu nhựa đường Epoxy 2 thành phần phun tạo màng

Được sử dụng phổ biến với lớp phủ mặt là Bê tông nhựa Epoxy, đầu tiên ở Mỹ và gần đây là ở Trung Quốc.



Cầu qua Vịnh Oklan – Hoa Kỳ



Cầu treo Runyang – Trung Quốc

**Ưu điểm:** Tính năng dính bám với bề mặt phía dưới và lớp BTN phía trên rất tốt  
Không cần dùng lớp dính bám phía trên  
Cường độ dính ổn định ở dải nhiệt độ cao thường xuyên. Tuổi thọ cao.

**Nhược điểm:** Thi công cần có thiết bị chuyên dụng để trộn hai thành phần và phun tạo màng  
Có thể trộn thủ công nhưng phải khống chế thời gian trộn và quét  
Giá thành đắt do phải nhập khẩu duy nhất từ một hãng ở Mỹ.

## IV. Các loại vật liệu lớp phủ mặt cầu thép thông dụng

### 4.1 SMA (Bê tông vữa nhựa)

SMA là một hỗn hợp BTN cấp phối gián đoạn với đặc điểm chủ yếu là cốt liệu thô và chất kết dính. Trong hỗn hợp này, vữa nhựa đường làm đầy kín độ rỗng trong khung cốt liệu thô. Vật liệu này có tính năng chịu nhiệt, chống thấm cao và cung cấp lớp mặt ổn định. Trong nhiều năm qua vật liệu này được sử dụng cho lớp phủ bề mặt cầu thép tại Đức và Nhật. Trung Quốc đã sử dụng vật liệu này cho lớp phủ mặt cầu thép vào những năm 90.

### 4.2 Gussasphalt (Bê tông nhựa đúc)

Gussasphalt là một loại hỗn hợp BTN đặc biệt được trộn và thắm ở nhiệt độ cao (khoảng 240 – 260 độ C). Nhờ hàm lượng nhựa đường cao và cấp phối mịn, hỗn hợp có thể chảy dễ dàng ở nhiệt độ cao. Nhờ tính dễ chảy, có thể rải BTN Gussasphalt không cần lu lèn vẫn đạt được độ rỗng không khí rất thấp, có ưu thế tạo cho lớp phủ mặt ngăn cản không cho nước thấm xuống mặt cầu thép. Vật liệu này được sử dụng nhiều nhất tại Nhật bản và Âu châu.

Có 2 vấn đề chính đối với BTN Gussasphalt. Vấn đề thứ nhất là ở tính chất giữ nhiệt cao của nó. Với nhịp dầm thép Thuận Phước là dầm thép hộp. Vào mùa hè, hơi nóng tích lại bên trong



dầm hộp kín, làm nhiệt độ của lớp mặt gia tăng đáng kể. Theo các đo đạc thực tế, khi nhiệt độ môi trường 30°C nhiệt độ lớp mặt có thể tăng lên 70°C, thậm chí cao hơn. Tại một nhiệt độ cao như vậy BTN Gussalphalt sẽ bị mềm và chảy vì vậy gây nên hiện tượng xô lệch và lún vệt bánh xe trên lớp mặt.

Vấn đề thứ hai liên quan đến phương pháp và thiết bị thi công. Do biện pháp thi công của BTN Gussalphalt rất khác với các hỗn hợp nhựa khác, yêu cầu hàng loạt các thiết bị thi công đặc biệt bao gồm lò nung cấp phối mịn, xe vận chuyển, máy thăm, máy rải san hạt mịn tầm nhũ tương. Tất cả các máy móc trên cần phải được thiết kế đặt biệt, vận hành cẩn thận, phải nhập khẩu từ nước ngoài. Các yêu cầu đặc biệt này cũng có thể ảnh hưởng đến tiến độ thi công.

Ngoài ra, trong quá trình thi công cần đặt biệt lưu tâm đến hiện trạng của bề mặt mặt cầu thép. Do hỗn hợp có độ rỗng không khí rất nhỏ, theo danh định là không có độ rỗng, lớp mặt hoàn thiện hoàn toàn không thấm thấu. Nếu có một vài dấu hiệu có nước hoặc dầu trên bề mặt mặt cầu thép trước khi thăm hỗn hợp, hiện tượng bong rộp sẽ xuất hiện ngay sau khi hoàn tất thi công, hoặc thậm chí ngay trong lúc đang thi công. Sự cố này thường hay gặp khi thi công nhựa Gussalphalt tại Nhật Bản, cầu Tsing Ma Hồng Kông cũng gặp phải sự cố này cách đây 2 năm. m.

### **4.3 Bê tông nhựa Epôxy**

BTN Epoxy là vật liệu do Công ty hoá dầu Shell Petroleum đầu tư nghiên cứu, dùng để thăm nhựa cho đường trong sân bay với yêu cầu loại BTN có khả năng chống ăn mòn do nhiên liệu và tác động của động cơ máy bay. Năm 1967 Epoxy lần đầu tiên được sử dụng như một vật liệu lớp mặt cho cầu mặt thép trục hướng San Mateo-Hayward Hoa Kỳ. Thành phần BTN Epoxy gồm có nhựa asphalt, nhựa epoxy và chất bảo dưỡng. Chất nhựa epoxy, sau khi phản ứng với chất bảo dưỡng, sẽ trở thành một lớp vật liệu nhiệt rắn với cường độ và độ dẻo khá cao. BTN Epoxy được dùng làm vật liệu lớp mặt phổ biến cho các cây cầu tại Hoa Kỳ, chẳng hạn như cầu Golden Gate, Cầu San Diego, cầu Long Beach, cầu Hale Boggs và cầu Luling.

Người ta đã tiến hành điều tra đối với 2 cầu thăm epoxy là cầu Golden Gate và cầu San Mateo-Hayward tại Hoa Kỳ, cả 2 cầu đều nằm trên Vùng Vịnh bang California. Cầu Golden Gate là cầu thép dầm giàn liên hợp cho phép bộ hành đi qua. Cầu San Mateo-Hayward là cầu dầm dầm hộp thép, xe hơi không được phép dừng trên cầu. Vì vậy lớp mặt cầu của cầu Golden Gate có thể quan sát được gần hơn, trong khi đó lớp mặt của cầu San Mateo-Hayward chỉ có thể quan sát lướt qua khi ô-tô chạy với tốc độ chậm. Lớp mặt của 2 cầu đều đã trải qua hơn 20 năm khai thác. Dầu vậy hình dạng tổng thể lớp mặt của 2 cầu đều rất tốt. Ngoại trừ một số khe nứt ngang tại các đường nối với phần dầm liên hợp và các hư hỏng nhỏ, hầu hết phần lớp mặt đều còn nguyên vẹn với bề mặt thô nhám. Với một mật độ lưu thông hằng ngày rất lớn của cả hai cầu, BTN Epoxy có triển vọng là một vật liệu tốt dùng cho lớp phủ mặt cầu thép.

Hiện tại có một Công ty ở Thái Lan đã nhập khẩu thiết bị thi công bê tông nhựa Epôxy cho Dự án nâng cấp 13 Cầu vượt bán mặt thép ở thủ đô Bangkok. Với ưu thế về khoảng cách địa lý, có thể tận dụng cơ hội này để thuê lại thiết bị đặc chủng để thực hiện phủ mặt cầu Thuận Phước bằng Bê tông nhựa Epôxy với chi phí thấp nhất. Về kỹ thuật thiết kế và thi công, các Kỹ sư Việt Nam hoàn toàn có thể thực hiện được công việc này, với sự trợ giúp ban đầu của các chuyên gia nước ngoài.

**V. Xác định các chỉ tiêu chính cần thí nghiệm để đánh giá sự làm việc của hệ thống lớp phủ mặt cầu.**

Như đã nêu ở phần đầu, sự làm việc của lớp phủ bê tông nhựa trên mặt cầu thép-loại bản trực hướng dưới tác dụng của tải trọng xe cộ và các điều kiện về môi trường rất phức tạp. Kết cấu cầu Thuận Phước có cấu tạo hình học đặc biệt làm tăng nhiệt độ làm việc bất lợi của lớp phủ và các tấm bản thép có độ đàn hồi gây ứng suất và biến dạng lớn trong lớp phủ mặt cầu. Do vậy vấn đề quan trọng là phải xác định được các chỉ tiêu thực nghiệm cần thiết để đánh giá sự làm việc và dự kiến được tuổi thọ của lớp phủ nhằm đưa ra chương trình duy tu bảo dưỡng phù hợp. Ngoài ra các kết quả thực nghiệm này chính là cơ sở chính xác nhất để điều chỉnh thành phần hỗn hợp của vật liệu lớp phủ nhằm đạt được các thuộc tính cần thiết nhất cần có với điều kiện cụ thể của Dự án.

**5.1. Thí nghiệm độ dính bám của các loại vật liệu riêng biệt với nhau:**

Lớp phòng nước với bản mặt thép, lớp phòng nước với lớp phủ phía trên, dính bám giữa các lớp phủ với nhau.

**5.2. Thí nghiệm uốn tĩnh xác định độ võng của kết cấu bản thép trong trường hợp có và không có lớp phủ, xác định ứng suất xuất hiện trong bản thép và trong lớp kết cấu mặt đường khi chịu uốn tĩnh. Để mô phỏng sát với điều kiện bất lợi về nhiệt độ đã xác định trên cầu Thuận Phước, thí nghiệm cần được tiến hành ở nhiệt độ 70°C.**

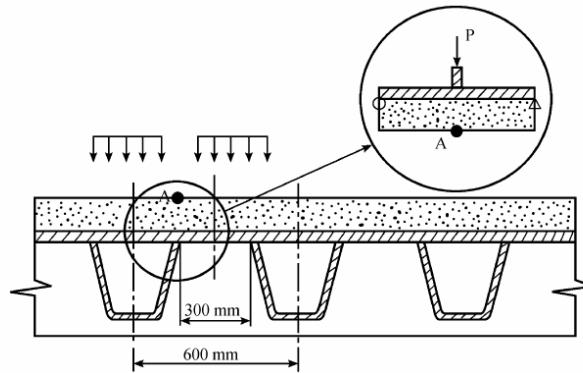
Hai mẫu thí nghiệm sẽ được chuẩn bị gồm 2 tấm thép bản dày 12,5mm rộng 150mm. Một tấm để trơn, một tấm có lớp phủ với chiều dày như đề xuất, được đưa vào thiết bị chuyên dụng để thí nghiệm uốn tĩnh. Các thông số xác định từ thí nghiệm này là độ võng và ứng suất trong tấm mẫu khi chịu tác dụng của tải trọng tĩnh ở các cấp khác nhau.



**5.3. Thí nghiệm uốn động xác định cường độ chống nứt do mỏi của mẫu tổ hợp gồm bản thép, lớp dính bám và các lớp phủ mặt cầu. Giới hạn số lượt gia tải 5.000.000.**

Cường độ mỏi là chỉ tiêu quan trọng nhất trong thiết kế và lựa chọn lớp phủ mặt cầu thép. Thông thường việc xác định cường độ mỏi được tiến hành trên mẫu thử và hệ tải trong phòng thí nghiệm trên các thiết bị chuyên dụng.

Thí nghiệm mỏi được tiến hành trên Hệ Thống Thí nghiệm Vật liệu (MTS) tại 60°C. Cùng một loại tải và cùng một tần số lặp lại được áp dụng trên mẫu bản thép với lớp phủ mặt đề xuất sử dụng.



Mẫu thép tấm dày 12mm được phủ các lớp SMA theo thiết kế hiện tại hoặc một lớp BTN Epoxy dày 41mm (để so sánh) được chế bị và đưa vào thí nghiệm môi trên thiết bị chuyên dụng. Tấm mẫu được gối trên 3 giá đỡ phía dưới và lực được truyền từ 2 điểm đặt phía trên để mô phỏng điều kiện chịu uốn thực tế của bản mặt cầu. Nhiệt độ thí nghiệm được duy trì ở 70°C bằng lồng chụp đặt biệt có bộ phận kiểm soát nhiệt độ. Lực lặp lại trong thí nghiệm được áp dụng có độ lớn tối thiểu 0,5kN, tối đa 11kN với tần suất áp dụng 10 Hz và tổng cộng 16.000.000 chu kỳ lực đã được áp dụng. Ứng suất và biến dạng trong quá trình thí nghiệm được ghi lại tự động bằng phần mềm vi tính. Sau khi thực hiện xong đủ số lượt, tháo mẫu và để nguội xuống bằng nhiệt độ phòng. Bắt đầu kiểm tra chi tiết mẫu bằng mắt và ghi chép lại tất cả các dạng hư hỏng nếu có.

#### 5.4 Thí nghiệm độ lún vệt bánh xe của vật liệu lớp phủ mặt cầu:

Thí nghiệm này phản ánh độ ổn định ở nhiệt độ cao của hỗn hợp. Hỗn hợp thí nghiệm được đổ vào một khuôn tạo mẫu tấm, sau đó được cán với một bánh xe thành một tấm kích thước 300mm x 300mm x 50mm. Tại nhiệt độ 60°C một bánh xe có áp lực 0,7 PMA lăn đi chiều trên tấm vật liệu. Theo dõi sự thay đổi của chiều sâu vệt lún bánh xe với các lần lăn qua của bánh xe. Độ ổn định động của mẫu được xác định theo số lần lăn qua của bánh xe khi chiều sâu của vệt bánh xe tăng lên.

Do giới hạn về thời gian và kinh phí của Dự án nên chỉ cập nhật các thông tin thí nghiệm đã thực hiện trên các Dự án ở nước ngoài (Xem chi tiết trong báo cáo lựa chọn lớp phủ mặt cầu Nam Kinh-Trung Quốc). Thí nghiệm ở Dự án Nam Kinh cho thấy DMA và SMA có độ ổn định động gần giống nhau, điều đó có nghĩa là chúng có độ bền nhiệt gần nhau. Gussasphalt có tính bền nhiệt rất thấp nên trong mùa hè khi nhiệt độ lớp mặt lên tới 60°C, rất dễ xảy ra hiện tượng dòn và vệt lún bánh xe dưới tác động của các hoạt động giao thông. BTN Epoxy có được các thuộc tính vượt trội ở nhiệt độ cao. Điều này dễ hiểu vì BTN Epoxy là vật liệu nhiệt rắn, ở nhiệt độ cao chất kết dính có thể bị mềm nhưng không nóng chảy.

Mẫu cốt liệu của Dự án đã được chuyển sang Phòng thí nghiệm của Hãng Shell ở Thái Lan để chế bị mẫu làm thí nghiệm lún vệt bánh xe. Kết quả thí nghiệm dự kiến sẽ có vào ngày **4 tháng 6 năm 2009**, trước khi tiến hành thi công thăm đại trà, để có thể tiến hành điều chỉnh công thức trộn nếu cần thiết.

#### VI Các nghiên cứu và thực nghiệm kiểm chứng đã thực hiện:

Ở Việt Nam, cầu Thuận Phước là cây cầu dây võng đầu tiên với bản mặt cầu thép trực hướng được triển khai thực hiện. Lớp phủ mặt cầu đã được lựa chọn là SMA phủ trên

lớp phòng nước/dính bám. Về lớp phòng nước và dính bám, đã có nhiều loại vật liệu và công nghệ được đề xuất với các ưu nhược điểm và giá thành, tuổi thọ khác nhau. Trong đề xuất của đơn vị Tư vấn thiết kế Công ty Cổ phần Tư vấn 533, vật liệu Bithuthene 5000 của Hãng Grace Construction (USA) đã được đề xuất sử dụng làm lớp phòng nước/dính bám với một số ưu thế nhất định về biện pháp thi công và giá thành thấp. Ủy ban nhân dân Tp Đà Nẵng đã có văn bản số 1806/QĐ-UBND ngày 10 tháng 3 năm 2009, phê duyệt Thiết kế - Dự toán điều chỉnh, bổ sung cho hạng mục lớp phủ mặt cầu thép - Cầu treo dây võng Thuận Phước.

Do điều kiện làm việc và yêu cầu khai thác đối với lớp mặt của mặt cầu thép có tính nhạy cảm hơn nhiều so với điều kiện và yêu cầu đối với vật liệu mặt đường thông thường hoặc mặt đường trên cầu Bê tông xi măng, việc lựa chọn loại vật liệu sử dụng cho lớp phủ mặt cầu là mối quan tâm kỹ thuật rất quan trọng.

Để xác định loại vật liệu cũng như công nghệ tối ưu sử dụng đối với mặt cầu thép cầu Thuận Phước, đảm bảo khai thác trong thời gian 10 năm không bị hư hỏng, chúng tôi đã tiến hành một **Đề án thí nghiệm lựa chọn Vật liệu và Công nghệ**, dựa trên các loại vật liệu đã được đề xuất, các tư liệu tham khảo về lớp phủ mặt cầu trên thế giới và đặc biệt là kinh nghiệm thiết kế và thi công lớp phủ mặt cầu ở các cầu treo ở Trung Quốc trong thời gian gần đây, nơi có điều kiện về khí hậu và tải trọng xe gần giống Việt Nam .

## 6.1 Các vật liệu tham gia đợt thực nghiệm

### Vật liệu phòng nước/dính bám:

1. Màng cán sẵn tự dính dán nguội Bituthene 5000 của hãng Grace Construction (USA)
2. Màng cán sẵn khô nóng Poliflex HV 25AV của Hãng Polyglass (USA)
3. Vật liệu Poplytop (Phun tạo màng) của hãng ATEX (Hàn Quốc)
4. Vật liệu Bridge Deck Membrane (Phun tạo màng) của hãng **BridgePreservation**
5. Nhựa đường cải tiến **Pôlime PMB III** của hãng Shell, có trộn sợi hữu cơ
6. Nhựa đường Êpôxy của Hãng Chemco System (Hoa Kỳ)

### Vật liệu SMA:

Hỗn hợp SMA theo Tiêu chuẩn KT do Liên danh MBA biên soạn, có điều chỉnh phù hợp với điều kiện Việt Nam, thành phần có sử dụng sợi khoáng cenlulô, dùng hàm lượng nhựa cao (6,5-7,0%) để tăng độ đàn hồi, khả năng chống mỏi cũng như khả năng chống lão hoá của lớp mặt đường.

### Vật liệu Bê tông nhựa Êpôxy:

Hỗn hợp bê tông nhựa Êpôxy và lớp dính bám nhựa đường Êpôxy chuyên dụng cho bản mặt cầu thép với khác biệt chính là dung nhựa đường Êpôxy thay cho nhựa đường thông thường. Đặc trưng khác biệt của vật liệu này là khả năng ổn định các chỉ tiêu cơ lý ở nhiệt độ cao.

## 6.2 Các thông tin dự kiến thu được từ đợt thử nghiệm

1. Tính dính bám và khả năng chống trượt của toàn kết cấu mặt đường khi làm việc đồng thời, ở các dải nhiệt độ khác nhau, với vật liệu Bituthene 5000 và các loại vật liệu so sánh khác.

2. Kiểm tra khả năng tự dính lại của vật liệu gốc nhựa đường sau khi đã bị bong tách dưới tác dụng của nhiệt độ cao và tải trọng xe chạy.
3. Kiểm tra tính phù hợp của vật liệu đã đề xuất với công nghệ thi công SMA theo thiết kế cụ thể của Dự án
4. Kiểm tra khả năng cho phép chuyển vị lớn và khả năng hồi phục của loại vật liệu gốc nhựa đường.
5. Đánh giá về tình hình làm việc của các loại vật liệu phòng nước khác nhau hiện đang sử dụng trên thị trường Việt Nam (Hiện nay vẫn chưa có đánh giá định lượng)

### 6.3 Thí nghiệm xác định tính dính bám trực tiếp của vật liệu chống thấm

Chế bị các mẫu thép tấm dày 12mm, đường kính 100mm, sử dụng loại vật liệu giống như vật liệu làm bản mặt cầu Thuận Phước. Các tấm thép này được xử lý phun cát và sơn kẽm tại công trường theo đúng quy trình thi công và vật liệu kẽm lỏng dùng cho bản mặt cầu Thuận Phước, nhằm mục đích mô phỏng sát nhất điều kiện làm việc thực tế của mẫu thí nghiệm. Trên tấm thép đã được gia công 2 lỗ 6mm tại tâm của mỗi tấm để lắp đồ gá thí nghiệm.



Thi công dán các loại vật liệu chống thấm / dính bám đề xuất lên mặt các tấm thép đã được chuẩn bị như mô tả trên. Sử dụng hai tấm một được dán lại với nhau bằng vật liệu phòng nước/dính bám.

Sau khi dưỡng hộ, các tấm thép này sẽ được đưa vào thiết bị thí nghiệm chuyên dụng để xác định các chỉ tiêu dính bám theo TN nhỏ và TN trượt ở các dải nhiệt độ khác nhau, cụ thể đề xuất như sau:

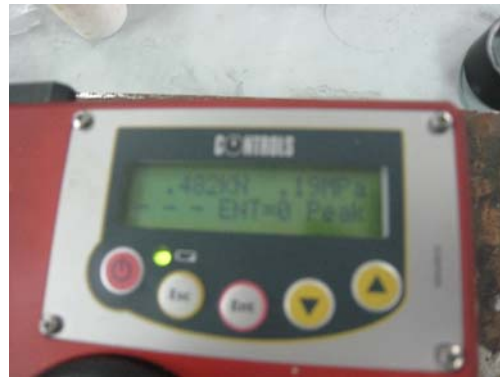
Dải nhiệt độ thông thường: **20 – 30 độ C**  
 Dải nhiệt độ cao : **40 – 50 độ C**  
 Dải nhiệt độ rất cao : **50 – 70 độ C**



#### Mô tả thí nghiệm nhỏ

Mặt trên của mẫu được đem dán với đầu đĩa của thiết bị đo bằng chất kết dính có cường độ bám dính cao (ví dụ như epoxy, polyeste...).

Sau 4 giờ trong điều kiện tiêu chuẩn, lắp quai kéo của thiết bị đo cường độ bám dính vào núm cầu của đầu đĩa. Vận và điều chỉnh để ba chân giá đỡ từ nhẹ vào vùng thử, giữ máy ở vị trí sao cho tạo ra lực kéo đúng tâm và thẳng góc với mặt mẫu thử. Không vận các chân giá đỡ quá chặt vì có thể làm bong mẫu trước khi kéo.



Thiết bị thí nghiệm nhỏ Pull off Test của hãng Controls (Italia)

Nhẹ nhàng quay đều tay máy theo chiều kim đồng hồ để kéo đứt mẫu khỏi mặt thép. Tốc độ tăng tải giữ trong khoảng  $(0,1 \pm 0,02 \text{ N/mm}^2.s)$ . Khi mẫu thử đứt, ngừng tay quay, ghi lại giá trị cường độ bám dính trên đồng hồ đo. Xem xét tình trạng đứt của mẫu. Đứt theo mặt tiếp xúc giữa lớp màng dán với mặt thép, đứt trong lớp vật liệu màng, đứt tại lớp keo dán đầu đĩa với mặt gạch:

- Nếu đứt theo mặt tiếp xúc giữa lớp màng dán với mặt thép thì chính là kết quả cường độ bám dính của lớp màng.
- Nếu đứt ở lớp keo dán thì cần đánh sạch lớp keo bám trên bề mặt mẫu thử và mặt đầu đĩa dán của thiết bị đo. Dán lại đầu đĩa đo với mặt gạch mẫu và tiến hành thao tác lại theo các bước trên.

Kết quả TN là giá trị trung bình cộng của 3 kết quả thử, lấy chính xác tới  $0,01 \text{ N/mm}^2$ .

**Bảng 1: Khối lượng mẫu đơn cần chế bị để thí nghiệm**

Số T T	Loại vật liệu phòng nước/dính bám	Nội dung/ điều kiện thí nghiệm						Ghi chú
		Lực dính bám, $\text{N/mm}^2$			Lực chống trượt, $\text{N/mm}^2$			
		28 °C	40 °C	60 °C	28 °C	40 °C	60 °C	
1	Bituthene 5000	3	3	3	3	3	3	
2	Polytop PT200	3	3	3	3	3	3	
3	Polyglass	3	3	3	3	3	3	
4	Bridge Deck Membrane	3	3	3	3	3	3	
5	Pôlime PMB III và sợi Cيلول 15%	3	3	3	3	3	3	
6	Nhựa đường Epoxy BId	3	3	3	3	3	3	
<b>Tổng cộng (viên mẫu)</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	

#### 6.4 Thí nghiệm với mẫu tổ hợp (Bản thép - Lớp dính bám - vật liệu SMA)

Sau khi lựa chọn thành phần hạt, hàm lượng nhựa và phụ gia hữu cơ phù hợp các chỉ tiêu cơ lý yêu cầu, tiến hành đúc mẫu Marshall của vật liệu SMA trên các tấm thép đã được gia công để thí nghiệm cùng với vật liệu phòng nước/dính bám.



Các mẫu tấm thép với lớp phòng nước đã được chế bị SMA lên trên



Tạo nhiệt độ thí nghiệm trên mẫu bằng cách dùng súng khô hơi nóng và kiểm soát bằng nhiệt kế hồng ngoại

Với 06 loại vật liệu phòng nước/dính bám và ở các nhiệt độ 30°C, 40°C và 60°C, tổng cộng cần chế bị 18 tổ mẫu để thí nghiệm nhỏ và 18 tổ mẫu để thí nghiệm trượt, cụ thể theo bảng dưới đây

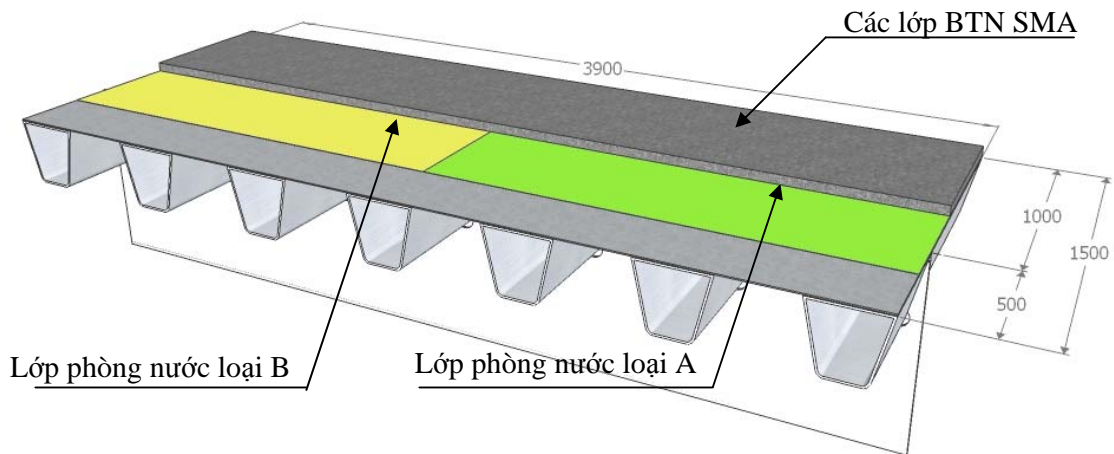
**Bảng 2: Khối lượng mẫu tổ hợp cần chế bị để thí nghiệm**

Số T T	Loại vật liệu phòng nước/dính bám	Nội dung/ điều kiện thí nghiệm						Ghi chú
		Lực dính bám, N/mm <sup>2</sup>			Lực chống trượt, N/mm <sup>2</sup>			
		28 °C	40°C	60°C	28°C	40°C	60°C	
1	Bituthene 5000	3	3	3	3	3	3	
2	Polytop PT200	3	3	3	3	3	3	
3	Polyglass	3	3	3	3	3	3	
4	Bridge Deck Membrane	3	3	3	3	3	3	
5	Pôlime PMB III và sợi Cenu-lô 15%	3	3	3	3	3	3	
6	Nhựa đường Epoxy BId	3	3	3	3	3	3	
<b>Tổng cộng (viên mẫu)</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	

Kết quả thí nghiệm được tổng hợp trong các bảng ở phụ lục số ...

**6.5 Thí nghiệm với mẫu mô phỏng kích thước lớn**

Để kiểm tra sự làm việc đồng thời của các lớp kết cấu trên bản mặt cầu, ứng với các loại vật liệu khác nhau trong cùng điều kiện chịu tải, một mẫu mô phỏng mặt trên của dầm hộp đã được chế bị. Kích thước của mẫu đủ lớn để có thể tiến hành rải thảm và lu lèn trên mẫu này bằng lu giống như quá trình thảm đại trà. Mặt trên của bản thép được phun cát làm vệ sinh và sơn kẽm đúng theo quy trình của Dự án cầu Thuận Phước. Tầm mẫu sẽ được bố trí ở vị trí thăm thử BTN SMA để có thể tiếp nhận lớp SMA lên trên gắn sát với điều kiện thực tế.



**Các thí nghiệm dự kiến sẽ được tiến hành trên mẫu thử kích thước lớn:**

Số TT	Nội dung thực hiện	Đơn vị tính	KL thực hiện	Ghi chú
1	Thí nghiệm đo nhiệt độ mặt cầu trong điều kiện có lớp SMA ở trên			
2	Khoan mẫu đường kính 100mm tại hiện trường để xác định lực dính bám thực tế giữa 2 lớp SMA và giữa lớp SMA với bản mặt thép (thông qua lớp dính bám)	Lõi	3	
3	Thực hiện thí nghiệm mô phỏng khi thắng xe để xác định sức bền của vật liệu SMA và lớp phòng nước.	Lần	3	
2	Thí nghiệm dính bám SMA khi chịu uốn	Tổ mẫu		

**6.6 Thí nghiệm trộn thử và rải thử SMA.**

Vị trí thăm thử được lựa chọn với sự đồng ý của Chủ đầu tư là đoạn đầu tuyến Tỉnh lộ 605, nơi Nhà thầu đã hoàn thiện công tác thi công cấp phối đá dăm, sẵn sàng cho công tác thảm nhựa. Diện tích thực hiện công tác thăm thử dài 40m rộng 7m. Đoạn dầm thép mô phỏng dầm cầu Thuận Phước đã được Liên danh MBA lắp đặt trên đoạn thử nghiệm này. Chiều dài đoạn thử nghiệm được chia thành 03 đoạn, mỗi đoạn dài 13m, có cấm băng và kê sơn để lái máy thi công để quan sát lu lèn theo sơ đồ thiết kế.

Sau khi đã chuẩn bị vật tư, nhiên liệu, mặt bằng và thiết bị thi công đầy đủ, Liên danh MBA đã tổ chức tiến hành rải thảm thử nghiệm hỗn hợp SMA vào ngày 22/4/2009, khối lượng thực hiện:

- Hỗn hợp Dmax 9,5 là 30 tấn
- Hỗn hợp Dmax 12,5 là 23 tấn



Tổng cộng 53 tấn hỗn hợp SMA đã được trộn và rải trên đoạn thử nghiệm.



Tấm mẫu được phun cát và sơn kẽm tại công trường cơ khí Công ty 623



Và được áp dụng các lớp phòng nước lên trên để sẵn sàng tiếp nhận lớp SMA



Tấm mẫu đã chuẩn bị được đưa đến đoạn dự kiến thăm thử trên tuyến tỉnh lộ 605



Tại đây tấm được lắp đặt trên đường với cao độ mặt tấm bằng với cao độ mặt đường



Chuyên gia của Hãng Shell và MBA kiểm tra trạm trộn trước khi sản xuất



Kiểm tra tình trạng tấm thép mẫu trước khi thăm thử (Đã quét lớp dính bám)



Máy rải Dynapact F141C của Cienco6 đã được sử dụng cho đoạn rải thử



Rào chắn cảnh báo đảm bảo an toàn giao thông trong thời gian rải thử



Kiểm tra hiện trường đánh giá đoạn thử



Khoan lấy lõi thí nghiệm đánh giá đoạn thử



Kiểm tra các chỉ tiêu trên các lõi khoan lấy ở hiện trường đoạn thử



Tiến trình và kết quả thí nghiệm trên đoạn rải thử được trình bày chi tiết trong báo cáo riêng, được đóng trong phụ lục số...

**Bảng 3: Tóm tắt kết quả thí nghiệm trên mẫu kéo trực tiếp**

Số TT	Loại vật liệu phòng nước/dính bám	Nội dung/ điều kiện thí nghiệm						Ghi chú
		Lực dính bám, N/mm <sup>2</sup>			Lực chống trượt, N/mm <sup>2</sup>			
		28 °C	40°C	60°C	28°C	40°C	60°C	
1	Bituthene 5000	0.51	0.35	0.21	0.32	0.20	0.15	
2	Polytop PT200	3.27	3.10	2.92	2.92	2.80	2.56	
3	Polyglass	1.02	0.73	0.23	0.92	0.51	0.20	
4	Bridge Deck Membrane	3.75	3.61	3.20	3.12	3.05	2.86	
5	Pôlime PMB III và sợi Cenlulô 15%	0.75	0.42	0.15	0.52	0.33	0.12	
6	Nhựa đường Epoxy Asphalt	2.35	2.20	2.18	2.37	2.30	2.11	6

**Bảng 4: Tóm tắt kết quả thí nghiệm trên mẫu tổ hợp lớp phòng nước và SMA**

Số TT	Loại vật liệu phòng nước/dính bám	Nội dung/ điều kiện thí nghiệm						Ghi chú
		Lực dính bám, N/mm <sup>2</sup>			Lực chống trượt, N/mm <sup>2</sup>			
		28 °C	40°C	60°C	28°C	40°C	60°C	
1	Bituthene 5000	0.23	0.15	0.07	0.18	0.10	0.05	
2	Polytop PT200	0.25	0.17	0.05	0.15	0.10	0.07	
3	Polyglass	0.59	0.35	0.20	0.55	0.32	0.12	
4	Bridge Deck Membrane	0.30	0.19	0.08	0.45	0.32	0.20	
5	Pôlime PMB III và sợi Cenlulô 15%	0.25	0.17	0.08	0.22	0.15	0.06	
6	Nhựa đường Epoxy Asphalt	1.35	1.20	1.18	1.37	1.30	1.11	

**Các nhận xét từ chuỗi thực nghiệm:**

- Ở nhiệt độ thường (30 độ C), các phá hoại khi nhỏ xảy ra ở các vị trí khác nhau
  - Với lớp Bituthene 5000, phá hoại xảy ra giữa mặt bản thép và lớp nhựa đường cao su hoá.
  - Với vật liệu gốc Polyurea (Pôlytop hoặc Bridge Deck Membrane), phá hoại đều xảy ra ở lớp dính bám giữa SMA và mặt lớp phòng nước.
- Ở nhiệt độ trên 40 độ C, với lớp Bituthene 5000 phá hoại đa số xảy ra ở lớp màng Polyester gia cường.
- Ở nhiệt độ cao (trên 60 độ C), tất cả các phá hoại xảy ra ở lớp nhựa dính bám (tack coat)
- Loại vật liệu gốc Polyurea (Pôlytop hoặc Bridge Deck Membrane) có độ dính bám và chống trượt ổn định khi nhiệt độ thay đổi (Thí nghiệm kéo trực tiếp).

- Với nhiệt độ thí nghiệm lên đến 70 độ C, ngoại trừ loại nhựa đường Epoxy, tất cả các loại nhựa dính bám hiện có trên thị trường đều không duy trì được khả năng dính bám, gây hiện tượng tách lớp dễ dàng giữa SMA. Điều này cực kỳ nguy hiểm cho độ bền của lớp phủ mặt cầu thép do các lớp không làm việc đồng thời trong điều kiện bản thép phải chịu biến dạng trùng phục liên tục dưới tác dụng của tải trọng xe cộ.
- Với nhiệt độ làm việc trên 60 độ C, trong thời gian dài trong ngày, lớp vật liệu SMA, mặc dù đã sử dụng loại nhựa đường cải tiến Polime đặc biệt PMB 3 có nhiệt độ hoá mềm khá cao (trên 80 độ C), vẫn có các chỉ tiêu cơ lý khá thấp, nên có các rủi ro về nứt dọc và lún vệt bánh xe vào mùa hè, khó đảm bảo tuổi thọ lâu dài như dự kiến

#### Kiến nghị lựa chọn loại vật liệu phòng nước và hệ thống phủ mặt cầu:

Qua các kết quả thí nghiệm trên, kết hợp nghiên cứu các tài liệu liên quan về tình hình thiết kế và thi công các lớp phủ mặt cầu trên thế giới, để đảm bảo tính an toàn cho kết cấu mặt đường trên cầu và phù hợp với tiến độ thi công của Dự án, chúng tôi kiến nghị chọn loại vật liệu **Epoxy Asphalt Id** của **Hãng Chemco System (Hoa Kỳ)**. Đây là loại vật liệu nhựa đường cải tiến Polime có thêm thành phần Epoxy Resin, sau khi phân tích sẽ tạo thành một màng vật liệu polime có tính năng chống thấm, chống ăn mòn rất cao, tuổi thọ lâu dài, có tính dính bám cực tốt với tất cả các loại bề mặt, đặc biệt là mặt cầu thép và các lớp phủ phía trên. Đặc trưng của loại vật liệu này là sự hình thành cường độ đạt được từ phản ứng hoá học của hai thành phần vật liệu, được định liều, trộn và phun bằng máy chuyên dụng, do vậy cường độ dính bám và các chỉ tiêu kỹ thuật khác không giảm khi nhiệt độ tăng, phù hợp với điều kiện làm việc đặc biệt của các lớp phủ trên nhịp cầu thép Thuận Phước.

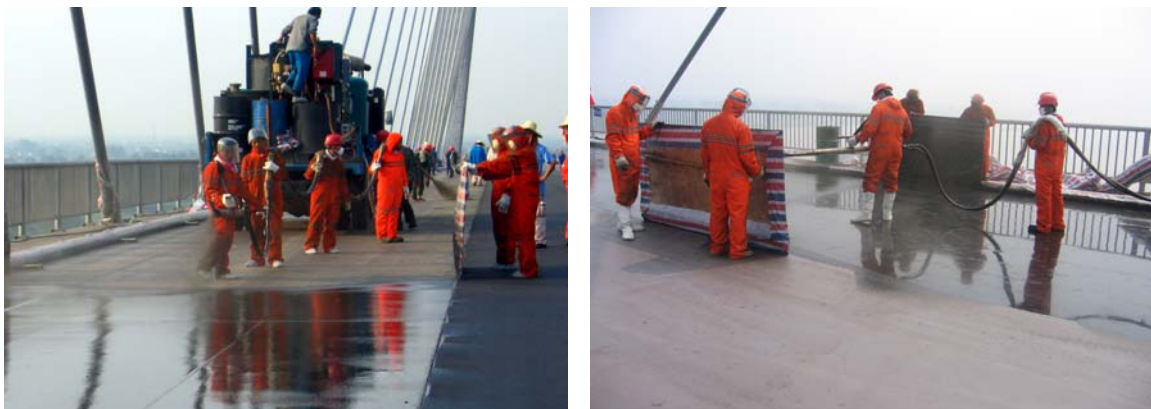
Đồng bộ với kết cấu lớp phòng nước, chúng tôi kiến nghị chọn kết cấu bê tông nhựa Êpôxy dày 41mm với tuổi thọ và độ bền nhiệt tốt, phù hợp với điều kiện làm việc khắc nghiệt của mặt cầu thép.

Phần lè bộ hành với bề rộng 2m mỗi bên sẽ được thảm bằng SMA, được tiến hành trước khi hoàn thiện phần xe cơ giới, mục đích để tạo độ bằng phẳng cho phần bộ hành và bảo vệ mặt cầu.

Hiện nay trên tất cả cầu có bản mặt thép thi công gần đây ở Trung Quốc, đều sử dụng nhựa đường Epoxy làm lớp dính bám và bê tông nhựa Êpôxy cho lớp phủ thay vì dùng SMA.

Ở Thái Lan, hiện đang có Dự án sửa chữa 13 cầu vượt ở Bangkok, đa số là cầu có bản mặt thép, trong đó toàn bộ mặt đường trên cầu đều được thay bằng bê tông nhựa Êpôxy với lớp dính bám / chống thấm bằng **Epoxy Asphalt Id**.

#### Một số hình ảnh về thi công lớp màng chống thấm / Dính bám Epoxy ở Trung Quốc



Thi công lớp nhựa dính bám (Epoxy Bond coat) trước khi thảm BTN



Thiết bị đặc chủng dùng trộn, đun nóng và phun đều lớp phòng nước / dính bám Epoxy



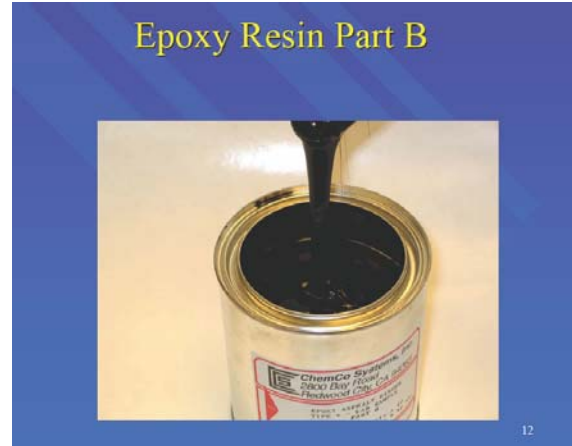
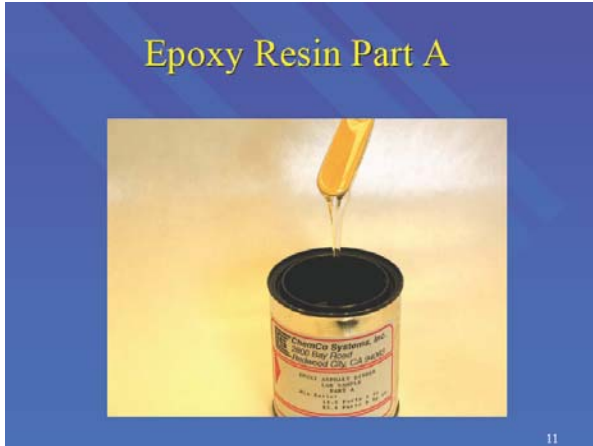
Đại diện Chủ đầu tư và BQL Dự án đi kiểm tra thiết bị thi công Êpoxi tại Thái Lan



Cầu Rama IX-Bangkok - nhịp thép hộp tương tự cầu T.Phước, sẽ thảm BTN Êpoxi cuối 2009

## VII GIỚI THIỆU VỀ BÊ TÔNG NHỰA EPOXY

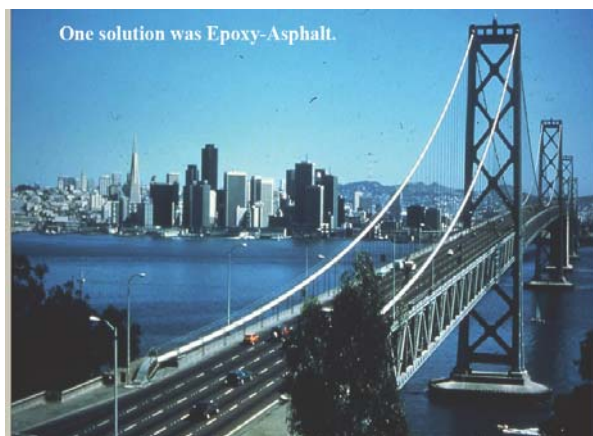
Epoxy Asphalt là loại bê tông polymer được hình thành bởi chất kết dính dạng Epoxy phân tích chậm trộn với cốt liệu giống như bê tông nhựa thông thường trong các trạm trộn BTN thông thường. Các chất kết dính của Epoxy Asphalt Binder là một hệ thống hóa học hai pha trong đó pha liên tục là một axit epoxy đã phân tích và pha gián đoạn là hỗn hợp asphalt đặc biệt.



Trước khi thảm Epoxy Asphalt phải thi công lớp dính bám bằng cách phun nóng nhựa đường Epoxy. Epoxy Asphalt được rải và đầm lên sử dụng các thiết bị thảm BTN thông thường. Mặt đường Epoxy Asphalt thi công xong có thể đạt cường độ ban đầu đủ để thông xe ngay sau khi nhiệt độ của nó giảm xuống bằng nhiệt độ môi trường Cường độ của mặt đường này sẽ phát triển đầy đủ trong vòng hai đến 4 tuần tùy thuộc nhiệt độ môi trường.

Bê tông nhựa Epoxy Asphalt là một loại bê tông polymer có 43 năm lịch sử được sử dụng làm mặt đường trên bản mặt cầu với độ bền rất cao. Tính từ năm 1967, trên 250 triệu pao (125.000 tấn) vật liệu này đã được thi công trên các bản mặt cầu với tổng diện tích hơn 85 triệu feet vuông. Việc áp dụng loại vật liệu này đã cho thấy hiệu quả làm việc tuyệt vời của mặt đường trên cầu, trong đó có cầu San Francisco-Oakland Bay, nơi có lưu lượng xe mỗi lần trên 30000 xe ô tô du lịch mỗi ngày và các lớp phủ đã làm việc bền vững sau hơn 32 năm sử dụng ở điều kiện tải trọng rất nặng (trên 250 triệu lượt xe từ ngày thi công).

Epoxy Asphalt cũng đã được Cục đường bộ bang California (Caltrans) chỉ định dùng cho nhịp phía Đông của cầu mới (đang xây dựng).



Ở Trung Quốc, nơi điều kiện khí hậu gần tương tự Việt Nam, tính đến nay đã có trên 24 cầu dạng bản trực hướng sử dụng BTN EPOXY để phủ mặt cầu, trong đó chỉ riêng năm 2007 đã có 5 cầu lớn sử dụng loại vật liệu này.

**Các ứng dụng phổ biến nhất của Epoxy Asphalt là:**

- 1) Dùng làm lớp phủ mặt mỏng (dày 3/4 đến 2 inch) trọng lượng nhẹ trong các dự án sửa chữa hoặc làm mới
- 2) Làm mặt đường trên bản mặt cầu thép dạng trực hướng (orthotropic) nơi độ cứng chắc và độ đàn hồi phối hợp của vật liệu là các chỉ tiêu quan trọng

Các ưu điểm khác bao gồm:

- Độ rỗng thấp ngăn được hiện tượng rỉ bản thép
- Có độ dính rất tốt với bề mặt bên dưới
- Có độ bền và độ đàn hồi rất tốt
- Có thể thi công dạng thảm mỏng (dày 3/4 inch) ở những nơi giới hạn về trọng lượng lớp phủ
- Có thể thông xe ngay trong vòng 1,5 đến 2 giờ sau khi thi công
- Cường độ lớn hơn BTN thông thường 3 đến 4 lần
- Không có hiện tượng lượn sóng hoặc lún vệt bánh xe
- Sản xuất và thi công bằng thiết bị dùng cho BTN thông thường
- Có thể dùng với cốt liệu nhẹ
- Độ co ngót khi phân tích xong không đáng kể

Công ty dầu Shell chế tạo Epoxy Asphalt vào cuối những năm 50 như là một chất kết dính đặc biệt có khả năng kháng dầu và kháng mài mòn dùng cho sân bay. Vào năm 1967, Công ty Adhesive Engineering đã cung cấp Epoxy Asphalt cho ứng dụng thương mại đầu tiên là mặt đường trên một cây cầu có bản mặt thép dạng trực hướng - cầu San Mateo-Hayward trên vịnh San Francisco với chiều dài một dặm. Hệ mặt cầu này vẫn còn trong tình trạng rất tốt sau 43 năm khai thác. Hiện nay, Công ty ChemCo System, với bộ khung nhân sự của công ty Adhesive Engineering trước đây, đang cung cấp các kinh nghiệm sản xuất, quảng bá và cung cấp các dịch vụ kỹ thuật và tiếp tục các nghiên cứu cải thiện hiệu quả làm việc của Epoxy Asphalt.

**Các yêu cầu về vật liệu cho Bê tông nhựa Épôxy**

1. **Cốt liệu thô:** nhìn chung phải phù hợp với những yêu cầu cấp phối dưới đây và phải gồm đá xay từ mỏ. Đá có thể nguồn gốc granit hoặc đá vôi hoặc bazan, nhưng loại granit là phù hợp hơn cả. Vật liệu đá sử dụng phải thỏa mãn các chỉ tiêu cơ lý ở bảng sau

**Bảng 4. Các chỉ tiêu cơ lý quy định cho đá dăm**

TT	Chỉ tiêu	Quy định	Phương pháp thí nghiệm
1	Giới hạn bền nén của đá gốc, daN/cm <sup>2</sup>	Min 900	TCVN 1772-87 (lấy chứng chỉ từ nơi sản xuất đá)
2	Độ hao mòn Los Angeles ( LA ), %	max. 25	22 TCN 318-04
3	Hàm lượng hạt trôi dẹt, %	max. 15	TCVN 1772-87

TT	Chỉ tiêu	Quy định	Phương pháp thí nghiệm
4	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét (tính theo khối lượng đá dăm), %	max. 2	TCVN 1772-87
5	Hàm lượng sét (tính theo khối lượng đá dăm), %	max. 0,25	TCVN 1771-87
6	Lượng đá mềm yếu, phong hoá (tính theo khối lượng đá dăm), %	max. 5	TCVN 1771, 1772-87

2. **Cốt liệu mịn:** Cốt liệu mịn sẽ bao gồm các hạt đá xay có tính bền, sạch không bị vón cục sét, hoặc các vật chất có hại khác. Dạng cát xay này phải được sản xuất bằng cách nghiền đá sạch không lẫn bùn sét và phải được đánh đồng riêng biệt.

3. **Bột khoáng trong hỗn hợp EA (AASHTO M17-88)**

Bột khoáng phải bao gồm bột có nguồn gốc đá Cacbônát (đá vôi), đolômit, xi măng Portland, tro bay, bụi lò xi măng hoặc một loại khoáng chất tự nhiên không dẻo khác . Bột khoáng không được lẫn các tạp chất hoặc chất có hại khác.

4. **Nhựa đường dùng cho hỗn hợp EA và lớp dính bám**

Nhựa sử dụng cho hỗn hợp EA là nhựa đường êpôxy loại V. Với lớp dính bám sử dụng nhựa đường các êpôxy loại Id, cung cấp bởi hãng Chemco System (Hoa Kỳ). Cả hai loại này phải đảm bảo đạt được các chỉ tiêu cơ lý sau đây:

<b>Phần keo (Thành phần A dùng cho lớp dính bám và dùng cho hỗn hợp EA)</b>		
Thuộc tính	Giá trị	Phương pháp TN
Độ nhớt ở 23°C. Poise	110 to 150	ASTM D 445
Epoxide equivalent weight	182 to 192	ASTM D 1652
Color, Gardner. max.	4	ASTM D 1544
Độ ẩm tối đa. % .	0.05	ASTM D 1744
Nhiệt độ chớp cháy tối thiểu,(TN chén hờ Cleveland). °C.	200	ASTM D 92
Dung trọng ở 23°C.	1.16 to 1.17	ASTM D 1475
Dáng vẻ bề ngoài.	Chất lỏng không màu	Nhìn thấy được

<b>Phần nhựa (Thành phần B dùng cho lớp dính bám và dùng cho hỗn hợp EA)</b>			
	Bond Coat	Binder	
Tên sản phẩm	Loại Id	Loại V	
Thuộc tính	Giá trị	Giá trị	Phương pháp TN
Độ nhớt ở 100°C. cP, min.	800	140	Brookfield
Dung trọng ở 23°C	0.98 to 1.02	0.98 to 1.02	ASTM D 1475
Màu sắc	Đen	Đen	Nhìn thấy được
Acid Value, mg KOH/g.	60 to 80	40 to 60	ASTM 664
Nhiệt độ chớp cháy tối thiểu,(TN chén hờ Cleveland). °C.	250	200	ASTM D 92
<b>Thành phần A và B phối trộn sau khi phản ứng</b>			
	Lớp dính bám	Nhựa	
Tên sản phẩm	Loại Id	Loại V	
Thuộc tính	Giá trị	Giá trị	Phương pháp TN
Tỷ lệ pha trộn theo trọng lượng A/B	100/445	100/585	



Cường độ chịu kéo ở 23°C. psi,	tối thiểu 1000	tối thiểu 220	ASTM D 638
Độ giãn dài khi đứt ở 23°C. %	tối thiểu 190	tối thiểu 200	ASTM D 638
Độ nhớt gia tăng đến 1000 cP ở 121°C, tính bằng phút	tối thiểu 20	tối thiểu 50	<b>Xem thí nghiệm</b>
Thuộc tính rắn nhiệt ở 300°C	Không bị chảy	Không bị chảy	Mẫu vật liệu nhỏ đặt trên tấm thép
Độ dính bám với bản thép và với lớp EA phía trên, thí nghiệm ở nhiệt độ phòng và nhiệt độ bất lợi đến 80 độ C	Tối thiểu 2 Mpa		ASTM D4451 BD47/94

Ghi chú: cP = centipoise

## 5. SO SÁNH CÁC THÔNG SỐ CỦA BTN EPOXY VÀ BTN THÔNG THƯỜNG

Thuộc tính	Phương pháp TN (ASTM)	BTN thường	BTN Epôxy
<b>Độ ổn định Marshall ở 60°C</b>	D1559	11,12 KN	35 kN đến 62 kN
<b>Độ ổn định Marshall ở 204°C</b>	D1559	chảy	17 kN
<b>Độ hồi phục tối thiểu (%)</b>	D1559	0	60
<b>Cường độ nén dọc trục ở 25°C</b>	D695		23,4 Mpa
<b>Mô đun đàn hồi khi nén ở 25°C</b>	D695		1151,4 Mpa
<b>Độ rỗng dư (%)</b>	D2041	3 đến 5	1 đến 2

**Độ dính bám của nhựa đường Epôxy làm lớp phòng nước / dính bám.**

Thuộc tính	Phương pháp thí nghiệm (ASTM)	Giá trị	Vị trí phá hoại
<b>Độ dính bám lên bề mặt thép đã sơn kẽm (Mpa)</b>	ACI 503R	<b>2 – 3.4</b>	Lớp dính bám
<b>Độ dính bám lên bề mặt bê tông xi măng (Mpa)</b>	ACI 503R	<b>1,6 – 2.8</b>	Bê tông xi măng

Lớp phủ BTN Epoxy được thiết kế phù hợp, khi áp dụng trên mặt cầu thép sẽ cung cấp một lớp bề mặt bền vững có khả năng chống được hiện tượng nứt mặt đường do mô men âm trên các sườn tăng cường dọc. Ngoài ra do tính dính bám cực tốt với bản thép, lớp mặt đường này sẽ làm việc đồng thời với bản thép, làm giảm độ võng của bản thép dưới tác dụng của tải trọng xe cộ nên làm tăng tuổi thọ chống mỏi của bản thân bản thép mặt cầu.

### So sánh về độ võng của bản mặt cầu

Load, kN - Tải trọng	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
<b>Độ võng của thanh thép bản không có lớp phủ (mm)</b>	0.06	0.16	0.26	0.36	0.46	0.57	0.67	0.78
<b>Độ võng của thanh thép bản có lớp phủ BTN (mm)</b>	0.03	0.12	0.18	0.26	0.34	0.42	0.51	0.60

Các thí nghiệm động đã được tiến hành trong các Phòng thí nghiệm độc lập cho thấy mặt đường Bê tông nhựa Êpôxy có độ bền chống nứt do mỏi cao trong rất nhiều điều kiện khác nhau. Bảng dưới đây thể hiện tóm tắt các kết quả gần đây nhất.

**Kết quả thí nghiệm mỏi trên mẫu Bê tông nhựa Êpôxy và tấm thép**

Nhiệt độ (°C)	Độ võng tĩnh (mm)	Độ võng động (mm)	Số lượt tải khi hư hỏng
0	0.25	0.02	12x10 <sup>6</sup> with no failure
18	0.35	0.18	12x10 <sup>6</sup> with no failure
60	0.61	0.58	12x10 <sup>6</sup> with no failure

Các thí nghiệm trên được thực hiện trong một đề tài do Trường Đại học Giao thông Vận tải Đông Nam – Trung Quốc tiến hành vào năm 2000.



Thí nghiệm mỏi vật liệu thực hiện trong thiết bị động, tiến hành ở 18°C



Dùng thùng chụp để tạo môi trường nhiệt độ thí nghiệm 0 và 60 °C

**TÓM TẮT KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM MỎI ĐÃ THỰC HIỆN TRÊN VẬT LIỆU BÊ TÔNG NHỰA EPÔXY VÀ BẢN THÉP MẶT CẦU THỰC HIỆN TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM MPAD (THÁI LAN) THÁNG 3 NĂM 2009**

**1. THÍ NGHIỆM UỐN TĨNH (STATIC BENDING)**

Hai mẫu thí nghiệm đã được chuẩn bị gồm 2 tấm thép bản dày 12,5mm rộng 150mm. Một tấm để trơn, một tấm có phủ một lớp BTN Êpôxy dày 25mm dùng cốt liệu địa phương, được đưa vào thiết bị chuyên dụng để thí nghiệm uốn tĩnh. Các thông số xác định từ thí nghiệm này là độ võng và ứng suất trong tấm mẫu khi chịu tác dụng của tải trọng tĩnh ở các cấp khác nhau.

**Tóm tắt kết quả**

Mẫu TN	Lực áp dụng(Kgf)	Ứng suất (ksc)	Độ võng(cm)
Mẫu thép trơn	0.00	0.00	0.00
	106.40	425.57	0.13
	211.20	855.05	0.24
	315.70	1297.89	0.34
	420.83	1758.16	0.45
Mẫu thép có phủ lớp BTN Epoxy dày 25mm	0.00	0.00	0.00
	106.40	349.36	0.11
	211.20	687.44	0.19
	315.70	1024.21	0.28
	420.83	1333.99	0.36

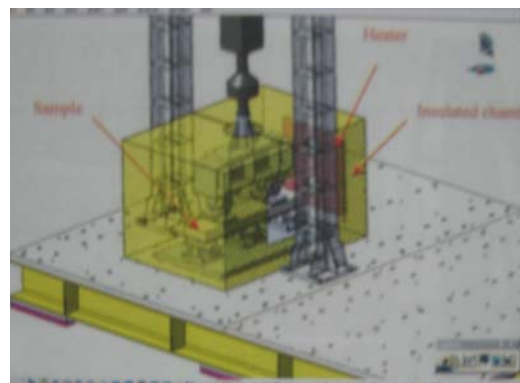
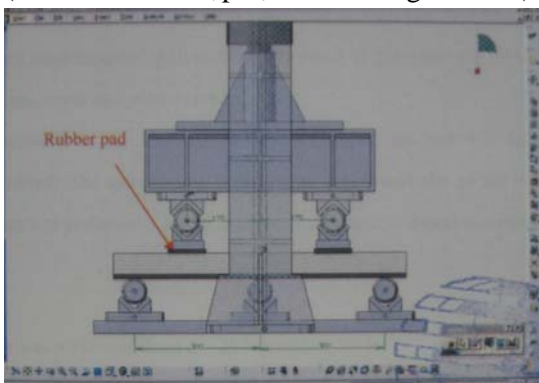


**2. THÍ NGHIỆM MỎI (UỐN ĐỘNG – FATIGUE TEST) VỚI CHU KỲ UỐN 16.000.000 LẦN**

Mẫu thép tấm dày 12.5mm được phủ một lớp BTN Epoxy dày 41mm dung cốt liệu địa phương, được chế bị và đưa vào thí nghiệm mỏi trên thiết bị chuyên dụng. Tấm mẫu được gối trên 3 giá đỡ phía dưới và lực được truyền từ 2 điểm đặt phía trên để mô phỏng điều kiện chịu uốn thực tế của bản mặt cầu. Nhiệt độ thí nghiệm được duy trì ở 60°C bằng lồng chụp đặt biệt có bộ phận kiểm soát nhiệt độ.

Lực lặp lại trong thí nghiệm được áp dụng có độ lớn tối thiểu 0,5kN, tối đa 11kN với tần suất áp dụng 10 Hz và tổng cộng 16.000.000 chu kỳ lực đã được áp dụng. Ứng suất và biến dạng trong quá trình thí nghiệm được ghi lại tự động bằng phần mềm vi tính. Sau khi thực hiện xong đủ số lượt, tháo mẫu và để nguội xuống bằng nhiệt độ phòng. Bắt đầu kiểm tra chi tiết mẫu bằng mắt và ghi chép lại tất cả các dạng hư hỏng nếu có.

Với mẫu thí nghiệm này, kết quả kiểm tra cho thấy mẫu không hề có dấu hiệu hư hỏng nào (Xem các ảnh chụp cận cảnh trong báo cáo).



**Mô hình hoá sơ đồ thí nghiệm bằng phần mềm máy tính**



**Thiết bị thí nghiệm độ mỏi động: các ứng suất và biến dạng được ghi lại tự động**



**Mẫu tấm thép có phủ BTN Êpôxy dày 41mm sau thí nghiệm ở 16.000.000 lượt tải**

### Sản xuất BTN Epoxy Asphalt

EA có thể được sản xuất trong các trạm trộn bê tông nhựa nóng thông thường với vài điều chỉnh về hệ thống phun nhựa. Ở Dự án này, nhà thầu sẽ trộn BTN Epoxy trong trạm trộn Asphalt của Công ty 630-Cienco6 với dung tích mỗi mẻ trộn 1,1 tấn.

Các thành phần chất kết dính Epoxy Asphalt do Công ty ChemCo System cung cấp sẽ được vận chuyển bằng đường thủy đến trạm trộn trong các thùng phuy 55-gallon (200 lít).



**Tập kết vật liệu dính bám tại cầu**



**Trạm trộn BTN nóng với máy trộn BTN Êpôxy**

Các thành phần của nhựa đường Êpôxy được cung cấp trong các thùng phuy 200 lít, có đánh dấu rõ tên thành phần trên vỏ thùng. Các thùng này sẽ được cất nắp và đổ vào các bồn chứa riêng biệt tại trạm trộn. Thành phần BV có thể chứa trong bồn nhựa thông thường của trạm

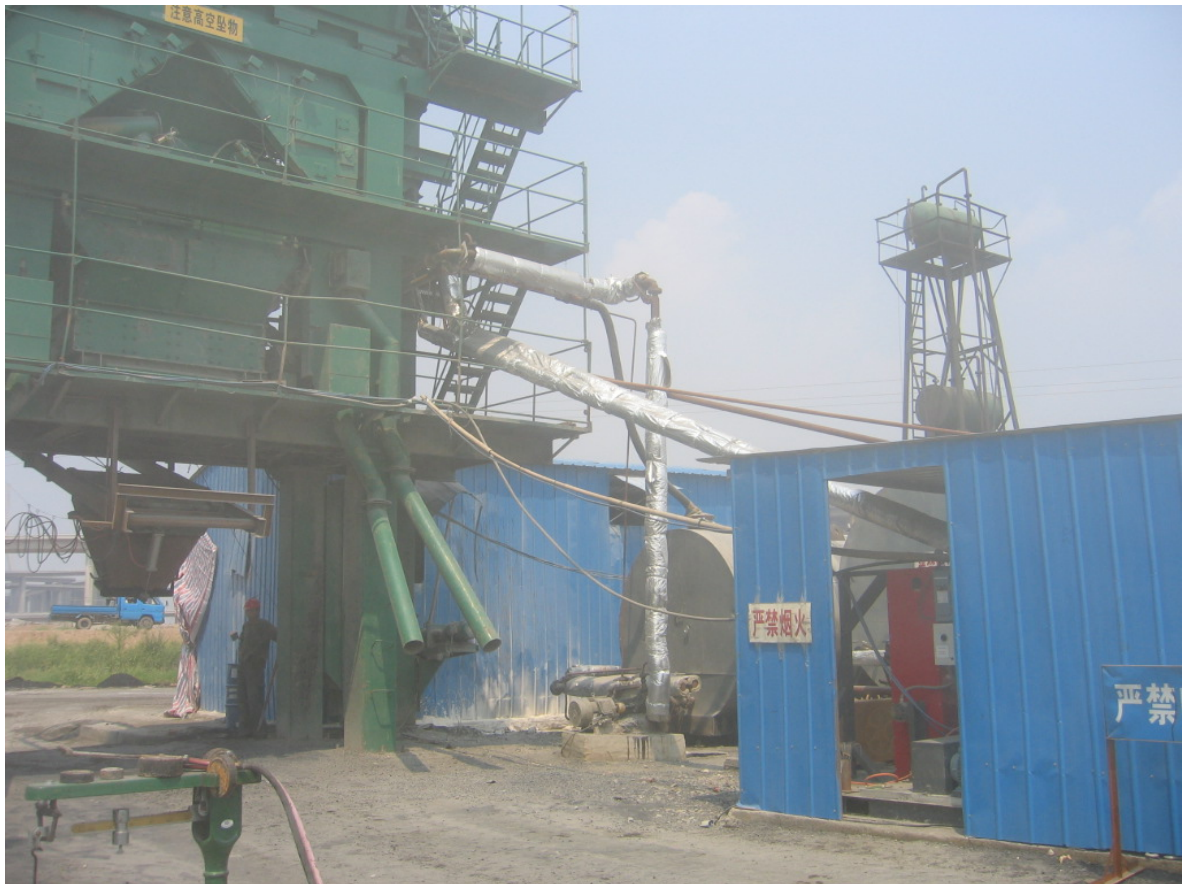
trộn, có bộ phận gia nhiệt để tăng tốc độ chuyển vào máy trộn chuyên dụng của Chemco. Thành phần A được chứa trong bồn riêng, được làm vệ sinh sạch sẽ.

Các thành phần của nhựa đường phải được đun nóng đến nhiệt độ yêu cầu khác nhau cho mỗi thành phần. Cụ thể với phần A nhiệt độ yêu cầu là **82<sup>o</sup>C đến 93<sup>o</sup>C**. Với thành phần BV thì nhiệt độ yêu cầu là **121<sup>o</sup>C đến 135<sup>o</sup>C**. Nhiệt độ và liều lượng trộn của nhựa đường êpôxy sẽ được kiểm soát tự động thông qua thiết bị chuyên dụng của Hãng Chemco System (USA).

Yêu cầu kỹ thuật của Dự án quy định phải kiểm soát nghiêm ngặt về thời gian vận chuyển BTN đến công trường vì các thành phần của Epoxy Asphalt bắt đầu phản ứng và gia tăng độ sệt của hỗn hợp. Thời gian trên xe quá lâu có thể làm cho hỗn hợp quá cứng sẽ khó khăn khi đi qua guồng xoắn của máy rải và khó đầm chặt đầy đủ.



Thiết bị cấp nhựa được chở đến lắp tại trạm trộn bê tông nhựa



Trạm trộn BTN đã được lắp đặt hệ thống phun nhựa Epôxy đặc chủng thông qua các đường ống riêng

### Thi công rải bê tông nhựa Êpôxy

Máy rải Dynapac của Cienco6 sẽ được sử dụng để rải BTN Êpôxy trên mặt cầu Thuận Phước. Đây là thiết bị hiện đại nhất trong khu vực Đà Nẵng, đã được sử dụng rải bê tông nhựa trên các Dự án lớn như WB2 (Quốc lộ 1A đoạn qua Đà Nẵng, Đèo Hải Vân), dự án đường Ngô Quyền, dự án tuyến tránh Đà Nẵng, tuyến tránh thị trấn Lăng Cô (Huế). Máy rải có trang bị hệ thống cảm biến tự động dùng laser để đảm bảo độ bằng phẳng và chiều dày lớp rải.



Trước khi thảm BTN Epoxy, cần phun một lớp dính bám Epoxy Asphalt loại Id trên bản mặt cầu thép đã được sơn kẽm bảo vệ trước đó. Epoxy Asphalt Id là một phiên bản có độ sệt lớn hơn nhựa đường Epoxy Asphalt, sau khi phân tích sẽ tạo thành một màng Pôlime cứng hơn so với nhựa đường Epoxy làm chất kết dính.

Một xe trộn và tưới nhựa dính bám, cũng sẽ được cung cấp bởi Công ty ChemCo System, đốt nóng các thành phần của lớp dính bám, định liều và trộn các thành phần với nhau và phun lên bản mặt cầu ở nhiệt độ khoảng 150 ° C thông qua một hệ thống vòi phun.



### Thiết bị chuyên dụng dùng để gia nhiệt, trộn và phun lớp phòng nước / dính bám



### Lớp phòng nước / dính bám Bond coat được phun bằng thiết bị chuyên dụng

**Lu lèn lớp BTN Êpôxy**

Việc lu sơ bộ phải được hoàn tất trước khi nhiệt độ hỗn hợp giảm xuống dưới 82 ° C và việc lu hoàn thiện phải được hoàn tất trước khi nhiệt độ hỗn hợp giảm xuống dưới 65 ° C. Các giới hạn về nhiệt độ được quy định để bảo đảm rằng hỗn hợp bê tông nhựa được thấm sẽ tiếp nhận được tất cả các công đầm nén cần thiết trước khi phản ứng hóa học của các thành phần làm tăng đáng kể độ sệt của nhựa đường.

Việc lu hỗn hợp sẽ bao gồm 3 thao tác riêng biệt sau đây: Thời gian sau khi rải

- Lu sơ bộ 0-10 phút
- Lu lần thứ hai hoặc lu lèn chặt 10-20 phút
- Lu hoàn thiện 20-45 phút



**Kiểm soát nhiệt độ tại phễu xả**

**Xả hỗn hợp BTN Asphalt lên xe tải**



**BTN được chuyển vào máy rải thông qua băng chuyền**

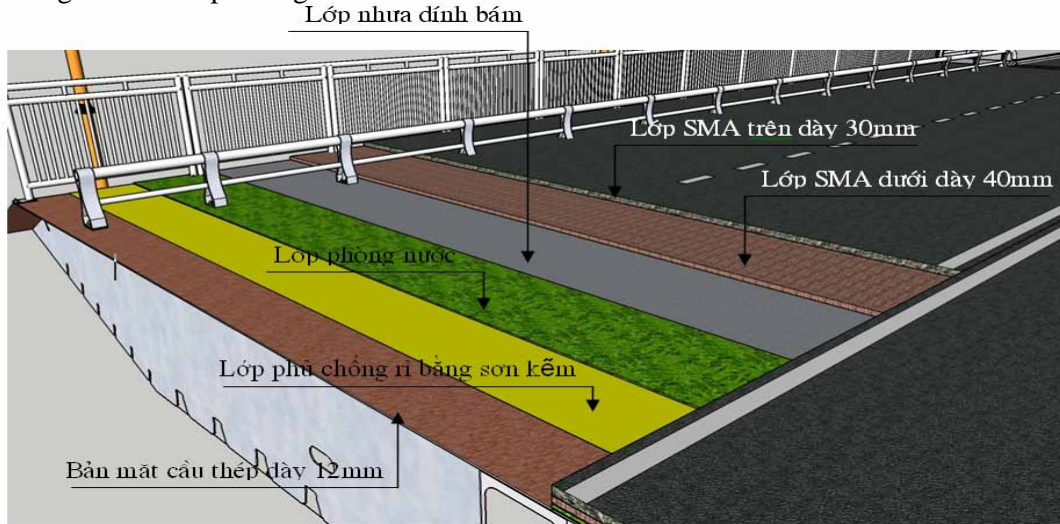


**Dây chuyền thấm BTN Epoxy trên cầu**

**VIII Hỗn hợp bê tông asphalt vữa nhựa (SMA) dùng nhựa đường cải tiến Pôlime:**

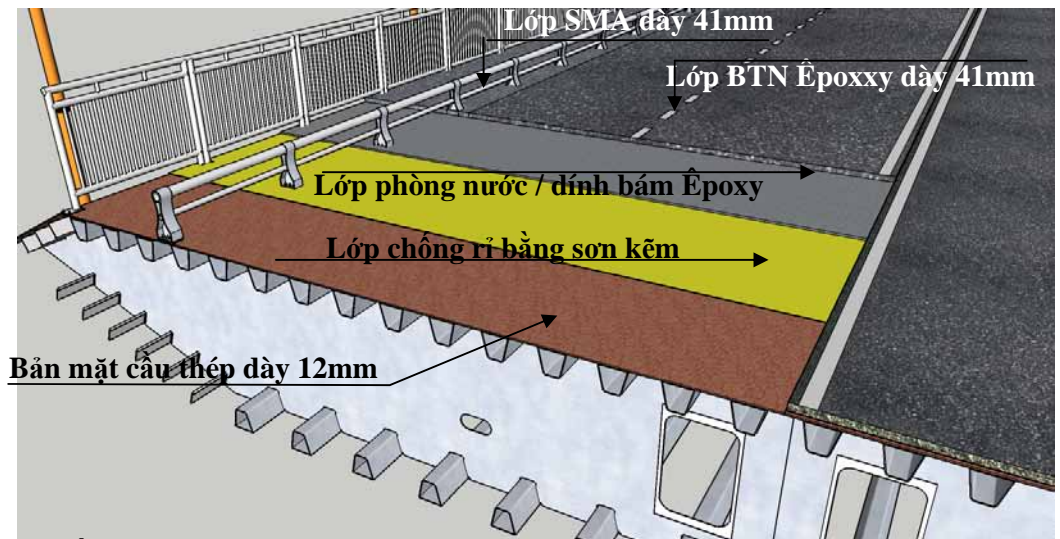
(Kiến nghị áp dụng cho phần lề bộ hành).

Theo thiết kế hiện tại, mặt đường nhựa SMA sẽ được thảm kéo dài đến sát mép dầm thép, nghĩa là SMA sẽ phủ luôn cả phần bộ hành, được phân cách khỏi các làn xe chạy bằng lan can thép không rỉ.



Qua khảo sát thực trạng thi công mặt cầu thép hiện tại để chuẩn bị cho công tác thi công các lớp phủ mặt cầu, chúng tôi nhận thấy các bản thép và bulông chờ của lan can phân cách bộ hành đã được hàn chết trên mặt cầu, do vậy không thể thảm vệt bộ hành cùng lúc với làn xe thô sơ bằng máy rải tự động.

Do giá thành của BTN Êpoxi rất cao so với các loại BTN khác trong khi nguồn kinh phí của Dự án hạn chế, kiến nghị chỉ thảm lớp BTN Êpoxi cho phần xe chạy, còn phần bộ hành sẽ tiến hành thảm SMA với cao độ bằng cao độ lớp Êpoxi, vẫn đảm bảo tuổi thọ của lớp phủ trong điều kiện làm việc khắc nghiệt về nhiệt độ và yêu cầu cao về độ đàn hồi của hỗn hợp. Để giải quyết vấn đề thảm qua vị trí có bulông chờ như đã nêu trên, thiết kế bản là đặc biệt gắn thêm vào máy rải hiện tại. Chi tiết cấu tạo bản là bổ sung và biện pháp thi công chi tiết được trình bày riêng trong phần phụ lục số ....



**Giới thiệu về công nghệ SMA:**

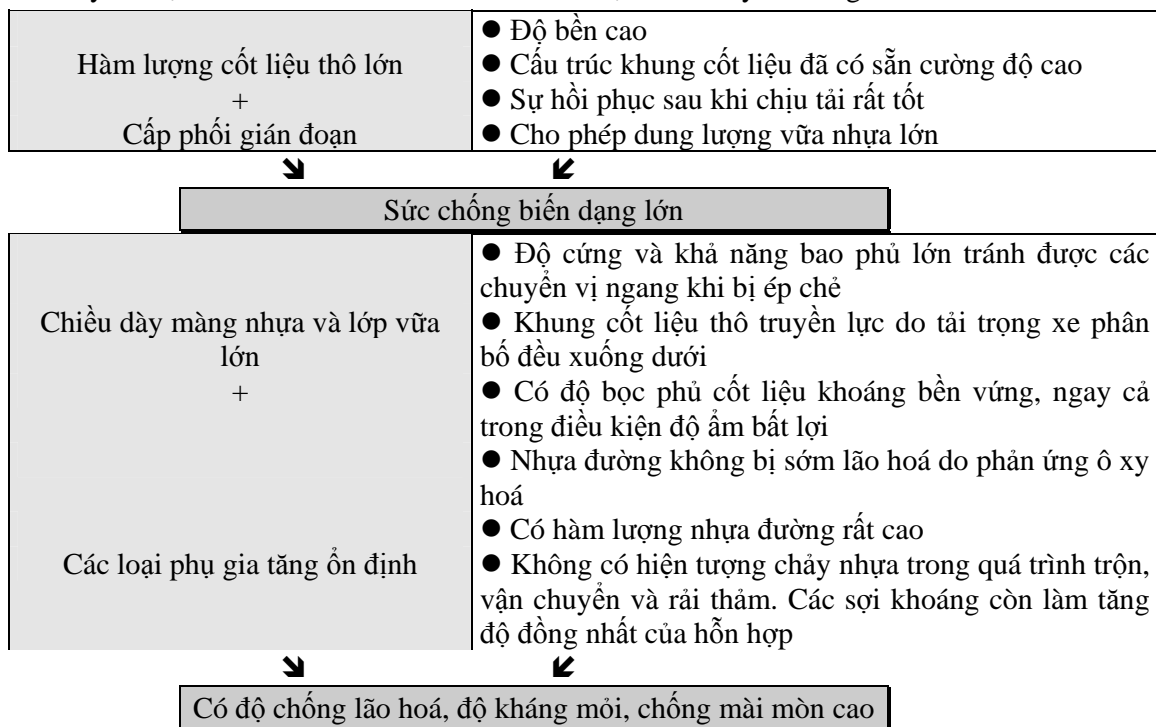


Hỗn hợp bê tông asphalt vữa nhựa (Stone Mastic Asphalt-SMA) được phát triển lần đầu tiên tại Đức vào cuối những năm 60, SMA có khả năng chống lún và độ bền cao, dùng làm các lớp thảm mỏng, dùng cho các đường có tải trọng xe cộ lớn. Điểm khác biệt cơ bản của SMA với bê tông nhựa chặt thông thường là dùng cấp phối gián đoạn và nhựa đường được cải tiến để cung cấp thêm một số chức năng theo yêu cầu theo mục đích sử dụng.

**Ý tưởng cơ bản của công nghệ SMA:**

Thành phần cấu tạo cốt liệu khoáng, được thiết lập theo nguyên tắc cấp phối gián đoạn, cung cấp một bộ khung cốt liệu vững chắc. Lực do tải trọng giao thông vì thế được cốt liệu thô hấp thụ và được phục hồi nhờ vào sự phân bố áp lực đều trên mỗi phân tử/ hạt trong cốt liệu kiểu đá chông đá này. Do vậy kết cấu SMA luôn có đủ không gian để chứa lượng vữa nhựa nhiều hơn và kéo theo là hàm lượng nhựa cao, được ổn định bằng phụ gia chống chảy nhựa. Lượng vữa nhựa này sẽ gắn kết cấu bộ khung cốt liệu thành một lớp kết cấu bền chắc và giới hạn độ rỗng trong hỗn hợp ở mức độ phù hợp.

Sau đây là một số ưu điểm của SMA so với các loại BTN truyền thống



**So sánh thành phần SMA và bê tông nhựa chặt thông thường (Cấp phối liên tục).**



**Vật liệu đá vữa nhựa**



**Bê tông nhựa chặt**

SMA bao gồm một lượng lớn các cốt liệu thô gắn kết với nhau tạo nên một bộ khung cốt liệu nhằm chống lại sự biến dạng lâu dài. Bộ khung đá được lấp kín bằng vữa nhựa đường và bột khoáng và có thêm các sợi hữu cơ để tạo độ ổn định cho bitum và ngăn sự chảy tách của nhựa đường trong thời gian vận chuyển và thi công.

**Bảng 8.1: Yêu cầu kỹ thuật của hỗn hợp SMA**

Thông số thiết kế Marshall (1)	Yêu cầu kỹ thuật
1) Số chày đầm mỗi mặt	75
2) Độ rỗng còn dư % (2)	3 ~ 4
3) Hàm lượng nhựa (%) (3)	min 6,0
4) Độ rỗng khung cốt liệu khoáng (4)	min 17
5) Độ ổn định (N)	Min 6200
6) Độ ổn định còn lại (sau khi ngâm mẫu trong nước 60°C trong 24h so với độ ổn định ban đầu) %	Min 85
7) Độ dẻo (0,1mm)	30 ~ 60
8) Độ chảy nhựa (%) (5)	max 0,3 (số đọc 1 giờ)

Ghi chú:

(1) Phương pháp Marshall xem AASHTO T245.

(2) Độ rỗng căn cứ AASHTO T166, T209, T269.

3) Hàm lượng nhựa tính theo % khối lượng cốt liệu khô.

(4) VMA Căn cứ sổ tay MS - 2 của Hiệp hội Nhựa đường.

(5) Thí nghiệm độ chảy nhựa AASHTO T305-97 (2001).

(6) Thí nghiệm chiều sâu vết hằn bánh xe bằng thiết bị APA căn cứ theo AASHTO TP63-03; bằng thiết bị HWTD căn cứ theo AASHTO T324-04. (Không bắt buộc)

8.1.1 **Nhựa đường dùng trong SMA** : là loại nhựa cải tiến Polime do hãng Shell cung cấp, đạt tiêu chuẩn **PMB III** theo 22 TCN 319-04.

**Bảng 8.2 . Tiêu chuẩn kỹ thuật vật liệu nhựa đường polime PMB III (22 TCN 319-04)**

TT	Các chỉ tiêu	Đơn vị	Trị số tiêu chuẩn
1	Nhiệt độ hóa mềm (Phương pháp vòng và bi)	°C	min. 80
2	Độ kim lún ở 25 <sup>0</sup> C	0,1 mm	40-70
3	Nhiệt độ bắt lửa	°C	min. 230
4	Lượng tổn thất sau khi đun nóng ở 163 <sup>0</sup> C trong 5 giờ	%	max. 0,6
5	Tỷ số độ kim lún của nhựa đường polime sau khi đun nóng ở 163 <sup>0</sup> C trong 5 giờ so với độ kim lún của nhựa ở 25 <sup>0</sup> C	%	min. 65
6	Lượng hòa tan trong Trichloroethylene	%	min. 99
7	Khối lượng riêng ở 25 <sup>0</sup> C	g/cm <sup>3</sup>	1,00 -1,05
8	Độ dính bám với đá	cấp độ	min. cấp 4
9	Độ đàn hồi (ở 25 <sup>0</sup> C, mẫu kéo dài 10 cm)	%	min. 70
10	Độ ổn định lưu trữ (gia nhiệt ở 163 <sup>0</sup> C trong 48 giờ, sai khác nhiệt độ hóa mềm của phần trên và dưới của mẫu)	°C	max. 3,0
11	Độ nhớt ở 135 <sup>0</sup> C (con thoi 21, tốc độ cắt 18,6 s <sup>-1</sup> , nhớt kế Brookfield)	Pa.s	max. 3,0

Việc kiểm soát chất lượng, thí nghiệm kiểm tra nhựa đường Polime được tiến hành theo quy định của quy trình 22 TCN 319-04.

**4.2 Đá dăm dùng cho SMA:** Đá dăm được nghiền từ đá tảng, đá núi lấy từ mỏ đá Đà Sơn, Đà Nẵng có các chỉ tiêu cơ lý thỏa mãn các yêu cầu quy định tại Bảng 3.

**Bảng 4.3 Các chỉ tiêu cơ lý quy định cho đá dăm**

TT	Chỉ tiêu	Quy định		Phương pháp thí nghiệm
		Lớp trên	Lớp dưới	
1	Giới hạn bền nén của đá gốc, daN/cm <sup>2</sup>			TCVN 1772-87 (lấy chứng chỉ từ nơi sản xuất đá)
	- Trầm tích	min. 900	min. 800	
2	Độ hao mòn Los Angeles ( LA ), %	max. 25	max. 30	22 TCN 318-04
3	Hàm lượng hạt thoi dẹt, %	max. 15		TCVN 1772-87
4	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét (tính theo khối lượng đá dăm), %	max. 2		TCVN 1772-87

TT	Chỉ tiêu	Quy định		Phương pháp thí nghiệm
		Lớp trên	Lớp dưới	
5	Hàm lượng sét (tính theo khối lượng đá dăm), %	max. 0,25		TCVN 1771-87
6	Lượng đá mềm yếu, phong hoá (tính theo khối lượng đá dăm), %	max. 5		TCVN 1771, 1772-87
7	Độ dính bám của đá với nhựa đường polime, cấp độ	min. cấp 4		22 TCN 279-01

**4.3 Cát:** Cát dùng để chế tạo SMA là cát xay từ cùng mỏ đá, thỏa mãn các yêu cầu quy định theo 22 TCN 356-06, theo bảng dưới đây:

**Bảng 4.4. Các chỉ tiêu cơ lý quy định cho cát**

TT	Chỉ tiêu	Yêu cầu	Phương pháp thí nghiệm
1	Mô đun độ lớn (MK)	min. 2	TCVN 342-86
2	Hệ số đương lượng cát (ES), %	min. 50	AASHTO T176-02
3	Hàm lượng chung bụi, bùn, sét (tính theo khối lượng cát), %	max. 3	TCVN 343-86
4	Hàm lượng sét (tính theo khối lượng cát), %	max. 0,5	TCVN 344-86
5	Độ góc cạnh của cát (độ rỗng của cát ở trạng thái không đầm), % - Lớp mặt trên - Lớp mặt dưới	min. 45 min. 40	AASHTO T 304-96 (2000) (Phụ lục C)

**4.4 Bột khoáng:** Đề xuất sử dụng bột khoáng Nghệ An, thỏa mãn tất cả các yêu cầu về bột khoáng dùng cho Bê tông nhựa Pôlime theo 22 TCN 356-06, cụ thể theo bảng dưới đây:

**Bảng 4.5. Các chỉ tiêu cơ lý quy định cho bột khoáng**

TT	Chỉ tiêu	Quy định	Phương pháp thí nghiệm
1	Thành phần hạt (lượng lọt sàng qua các cỡ sàng mắt vuông), % - 0,600 mm - 0,300 mm - 0,075 mm	100 95-100 70-100	22 TCN 58-84
2	Độ ẩm, % khối lượng	max. 1,0	22 TCN 58-84

3	Độ trương nở của hỗn hợp bột khoáng và nhựa đường polime, % thể tích	max. 2,5	22 TCN 58-84
4	Chỉ số dẻo của bột khoáng nghiền từ đá các bô nát, %	max. 4	AASHTO T89, T90

#### 4.5 Phụ gia tăng ổn định, chống chảy nhựa:

Phụ gia tăng ổn định là vật liệu kết hợp với chất kết dính làm tăng tính đồng nhất của hỗn hợp. Thời gian đầu người ta dùng sợi amiăng để làm phụ gia tăng ổn định cho SMA. Về kỹ thuật thì sợi amiăng rất phù hợp với chức năng này, nhưng lại bị cấm vì các vấn đề về sức khoẻ. Hiện nay có rất nhiều sản phẩm khác nhau được sử dụng làm phụ gia tăng ổn định.

Với tiến độ yêu cầu của Dự án, kiến nghị sử dụng loại sợi hữu cơ tự nhiên **Oceanpower Asphalt Power** do công ty Oceanpower cung cấp, mục đích để chống hiện tượng chảy nhựa khi vận chuyển và thi công, đồng thời tăng khả năng kháng nứt của hỗn hợp SMA.

**Bảng 4.6. Các chỉ tiêu cơ lý quy định cho sợi hữu cơ dùng cho SMA**

TT	Chỉ tiêu	Quy định	Phương pháp thí nghiệm
1	Chiều dài sợi	<6mm	JT/T 533 - 2004
2	Đường kính sợi	<25	JT/T 533 - 2004
3	Hàm lượng tro	18 ± 5	JT/T 533 - 2004
4	Độ PH	7.5±1.0	JT/T 533 - 2004
5	Độ hấp thụ dầu	max. 4	JT/T 533 - 2004
6	Độ ẩm (% theo trọng lượng)	<5,0	JT/T 533 - 2004
7	Độ bền nhiệt ở 210 độ C, 2 giờ	Cơ bản không thay đổi màu và bó sợi. Độ giảm trọng lượng do nhiệt không lớn hơn 6%	JT/T 533 - 2004

#### 4.6 Các yêu cầu về thành phần hỗn hợp SMA:

Hỗn hợp vật liệu SMA bao gồm: cốt liệu, bột khoáng và nhựa đường cộng với cốt sợi. Cấu tạo điển hình của SMA bao gồm khoảng 70-80% cốt liệu thô, 8-12% bột khoáng, 6.0-7.0% vật liệu dính kết và 0.3%-0.5% sợi khoáng

**Bảng 4.7: Thành phần cấp phối cốt liệu hỗn hợp SMA (tỷ lệ % khối lượng)**

Loại SMA	SMA 12,5	SMA 9,5
Cỡ hạt lớn nhất danh định	12,5 mm	9,5mm
Kích thước mắt sàng vuông (mm)	Lượng lọt qua sàng (%)	

19	100	-
12,5	90 – 100	100
9,5	50 – 80	70 – 95
4,75	20 -35	30 – 50
2,36	16 – 24	20 – 30
1,18	-	8 – 21
0,6	-	8 – 18
0,3	-	8 – 15
0,15	-	-
0,075	8 – 11	8 – 12

#### 4.7 Sản xuất SMA

Cần phải có các lưu ý đặc biệt trong quá trình sản xuất và rải thảm SMA so với các loại BTN khác. Do SMA có hàm lượng cốt liệu mịn và cát trong thành phần hỗn hợp thấp, lượng cốt liệu thô sẽ bị đốt nóng nhiều hơn trong trống trộn, có thể vượt qua ngưỡng để tạo được một màng nhựa dày và ổn định bao bọc các hạt cốt liệu. Do đó các đầu đốt trong trống trộn phải được cài đặt sao cho tiến trình đốt không làm cốt liệu quá nhiệt và phải giữ nhiệt độ của cốt liệu ở mức không đổi trong suốt quá trình sản xuất SMA, càng ít thay đổi càng tốt. Trong bất kỳ trường hợp nào cũng không được phép để nhiệt độ của hỗn hợp sau khi đã trộn xong vượt trên 180° C

SMA sẽ được trộn tại trạm trộn của Cienco6 (đặt tại xã Hòa Nhơn). Đây là trạm trộn nhập khẩu mới do Hàn Quốc sản xuất với công suất trộn 110-120 tấn / giờ.



Các bước tiến hành sản xuất SMA tại trạm trộn cơ bản như sau

1. Cân đong và cho tất cả thành phần cốt liệu ( đá, cát, bột khoáng) trong cấp phối vào máy trộn, thông qua băng tải và hệ thống cân định lượng vật liệu.
2. Cân đong và cho sản phẩm sợi hữu cơ vào máy trộn. Có thể bỏ trực tiếp cả bao sợi khoáng đóng sẵn vào máy trộn mà không cần mở bao.

3. Trộn cấp phối với fiber cellulose trong vòng 5 đến 15 giây. Đây là quá trình trộn khô. Quá trình trộn khô này cực kỳ quan trọng vì nó sẽ làm cho hạt sợi hữu cơ rơi ra và từng sợi hữu cơ sẽ đồng nhất với cốt liệu.
4. Cân đong nhựa, cho vào máy trộn và bắt đầu quá trình trộn ướt. Thời gian trộn ướt 35 giây.

Tỷ lệ cấp phối vật liệu tại hiện trường (kết quả sàng thi công) sai lệch cho phép so với tỷ lệ cấp phối thiết kế tuân thủ điều 5.3.3 và bảng 7 – 22TCN 356:2006. Cụ thể:

+ Đối với sàng 19,0mm/12,5mm	:	+6%.
+ Đối với sàng 9,5mm/4,75mm/	:	+5%.
+ Đối với sàng 2,36mm/1,18	:	+4%.
+ Đối với sàng 0,6/0,3mm	:	+3%.
+ Đối với sàng 0,15/0,75mm	:	+2%.
+ Sai số cho phép về hàm lượng nhựa	:	+0,2%.

#### Thi công rải SMA.

Máy rải Dynapac của Cienco6 sẽ được sử dụng để rải các lớp SMA trên mặt cầu Thuận Phước. Máy rải có trang bị hệ thống cảm biến tự động dùng laser để đảm bảo độ bằng phẳng và chiều dày lớp rải.



Hỗn hợp SMA được vận chuyển từ trạm trộn đến cầu bằng xe tự đổ loại 15 tấn, có bạt che đậy và cách nhiệt để đảm bảo vận chuyển đến nơi, hỗn hợp vẫn có nhiệt độ theo qui định. Do cự ly từ trạm trộn đến vị trí cầu tương đối xa, để giảm thiểu việc dừng thăm nhiều lần ảnh hưởng đến độ bằng phẳng của mặt đường, tối thiểu phải có 4 xe ô tô chờ trước khi khởi động hoặc tái khởi động máy rải.

Sự khác biệt đầu tiên trong việc thi công SMA so với bê tông nhựa chặt là quy trình đầm chặt. Không nên sử dụng lu lớp nhiều bánh do có thể gây ra hiện tượng dính bánh lu và bóc tách vật liệu do loại vật liệu này có chứa khá nhiều nhựa trong hỗn hợp và cả trên bề mặt. Nếu do giới hạn về thiết bị buộc phải sử dụng lu lớp thì cần phải xử lý bôi trơn bánh tốt trước và trong khi

lu. Việc cho thông xe trên mặt đường khi SMA vẫn còn ẩm cũng sẽ tạo ra hiện tượng như trên. Thông thường thì chỉ nên cho lưu thông xe cộ khi nhiệt độ bề mặt nhựa đường xuống dưới khoảng 40°C.

Với cầu Thuận Phước, phương pháp đầm chặt được đề xuất là sử dụng lu bánh thép nặng và không rung. Nếu không có thì có thể sử dụng lu rung thay thế, nhưng nên để chế độ rung ở mức tối thiểu nhằm tránh làm vỡ các hạt cốt liệu thô hoặc đẩy nhựa đường lên trên bề mặt của lớp rải.

**Sau đây là các quy tắc cơ bản cần tuân thủ khi rải thảm và đầm nén SMA**

- Nhiệt độ ở máy rải tối thiểu phải là 150°C
- Tiến trình rải phải được tiến hành liên tục
- Thông thường cần phải lu càng sớm càng tốt nghĩa là cần đi sát vào máy rải nhưng tránh không làm bóc lớp vữa nhựa.
- Với các lớp đủ dày (chiều dày lớp lớn hơn 3 lần kích cỡ hạt danh định) thì nên dùng các máy rải có độ tự đầm nén càng lớn càng tốt.
- Tối thiểu phải hai lu cho mỗi lần rải
- Có thể dùng lu tĩnh hoặc lu rung loại nặng hoặc lu 3 bánh (tải trọng hoạt động phải lớn hơn 9 tấn)
- Việc lu rung phải được thực hiện sao cho đảm bảo
  - Phải lu ở nhiệt độ cao và lu sau khi lu sơ bộ bằng lu tĩnh
  - Tối đa chỉ được 3 lượt lu rung. Chế độ rung ở mức tối thiểu
- Lu lớp chỉ có thể được dùng với mức độ nhất định. Đặc biệt khi nhiệt độ hỗn hợp cao nếu dùng nhiều lượt lu lớp sẽ dễ dẫn đến hiện tượng trôi vữa tập trung trên bề mặt của lớp SMA.



Bảng 2: Tốc độ lu lèn của máy lu (km/h)

Loại hình máy lu	Lèn lượt đầu	Lèn lại	Lèn lượt cuối
Lu tĩnh bánh sắt	3 - 4	4,0 – 5,0	5 - 8

Tốc độ xe lu không vượt quá 8km/h, bám sát máy rải, máy lu phải khử hết vệt bánh xe và đạt số lượt tối thiểu trước khi nhiệt độ cuối cùng 116<sup>0</sup>C. Để phòng tránh việc hỗn hợp dính vào bánh lu, dùng hỗn hợp nước xà phòng hoặc vật liệu khác được phép sử dụng để duy trì độ nhờn ướt của bánh lu. Việc sử dụng nhựa đường cải tiến Pôlymer có thể làm giảm độ linh động của hỗn hợp nên cần phải tăng cường đầm chặt để có thể đạt được các yêu cầu cao về độ



đậm chặt. Đáp ứng được các tiêu chuẩn cao về độ chặt và giảm độ rỗng được coi là nhân tố quan trọng trong tính năng hoạt động của tất cả các sản phẩm SMA.

## IX. Kết luận và kiến nghị

Dựa trên các thông tin về vật liệu và tính năng phục vụ và các kết quả thí nghiệm tại các phòng thí nghiệm khác nhau trên thế giới, lớp SMA đã được đề xuất và lựa chọn làm lớp phủ mặt cầu thép Thuận Phước với các ưu thế so với các loại hỗn hợp khác đã được sử dụng như BTN chặt thông thường, bê tông nhựa cải tiến Pôlime, Gussasphalt....

Dựa trên các thí nghiệm môi được thực hiện trên mẫu mô phỏng với SMA dùng cốt liệu cụ thể của Việt Nam, có thể biết trước được tuổi thọ phục vụ của lớp phủ cũng như có các điều chỉnh cần thiết về công thức trộn tối ưu. Ngoài ra từ thông tin này có thể xây dựng kế hoạch duy tu bảo dưỡng hợp lý để đảm bảo có thể kéo dài tối đa tuổi thọ của lớp phủ mặt cầu

Lớp phủ bằng BTN Epoxy, với các ưu điểm vượt trội so với các loại vật liệu khác, đặc biệt với điều kiện khắc nghiệt về nhiệt độ làm việc của kết cấu phủ mặt cầu trong suốt thời gian khai thác. Đây là kết cấu vật liệu đã được kiểm chứng là có độ bền cao nhất, đặc biệt ở các vùng khí hậu nhiệt đới và kết cấu mặt cầu bản trực hướng dạng dầm hộp kín. Hiện nay trên tất cả cầu có bản mặt thép thi công gần đây ở Trung Quốc, đều sử dụng nhựa đường Epoxy làm lớp dính bám và bê tông nhựa Epoxy cho lớp phủ thay vì dùng SMA. Ở Thái Lan, hiện đang có Dự án sửa chữa 13 cầu vượt ở Bangkok, đa số là cầu có bản mặt thép, trong đó toàn bộ mặt đường trên cầu đều được thay bằng bê tông nhựa Epoxy với lớp dính bám / chống thấm bằng **Epoxy Asphalt Id**.

Để phù hợp với nguồn kinh phí của Dự án, kiến nghị thảm Bê tông nhựa Epoxy với chiều dày 41mm (chưa kể bù vênh) trên phần xe cơ giới của cầu, còn lại phần bộ hành sẽ tiến hành thảm SMA với chiều dày tương đương. Toàn bộ mặt cầu được phun lớp phòng nước / chống ăn mòn bằng vật liệu Epoxy Bond Coat Id, phun bằng thiết bị phun chuyên dụng của hãng Chemco System (Hoa Kỳ). Chúng tôi đã liên hệ được với một công ty ở Thái Lan, đã nhập khẩu mới 100% thiết bị này, có thể dùng cho Dự án đáp ứng được tiến độ yêu cầu. Các chuyên gia của Hãng Chemco sẽ có mặt trong thời gian thi công để hướng dẫn và giám sát công tác thi công lớp phòng nước / dính bám và lớp BTN Epoxy. Công tác thảm SMA phần lề bộ hành sẽ được tiến hành dưới sự hướng dẫn và giám sát của các chuyên gia từ Hãng Shell và Công ty BK-ECC.