

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU CÁC LỚP PHÂN CÁCH VÀ LỚP MÓNG TRÊN TỐI LỰC TIẾP XÚC TẠI ĐÁY TẦM BÊ TÔNG XI MĂNG MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ

Hoàng Tùng^{a,*}, Nguyễn Thanh Hoài^b, Nguyễn Thị Ngân^c, Phạm Hồng Phước^a,

Phạm Tiến Tới^d, Bùi Văn Dưỡng^e

^aKhoa Cầu Đường, Trường Đại học Xây dựng, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

^bCục Quản lý Đường bộ 2, Bộ Giao thông Vận tải, 58 đường Phan Đăng Lưu, TP. Vinh, Nghệ An, Việt Nam

^cBan quản lý dự án ĐTXD Huyện Gia Lâm, Hà Nội, 2 đường Cổ Bi, thị trấn Trâu Quỳ, huyện Gia Lâm, Hà Nội

^dKhoa Xây dựng dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng,

55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

^eCục Quản lý Hoạt động xây dựng, Bộ Xây dựng, 37 Lê Đại Hành, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội

Nhận ngày 19/11/2020, Sửa xong 01/03/2021, Chấp nhận đăng 01/03/2021

Tóm tắt

Lớp phân cách có ảnh hưởng trực tiếp tới lực tiếp xúc ở đáy tầm bê tông xi măng với lớp móng phía dưới của tầm bê tông xi măng mặt đường ô tô và do đó ảnh hưởng tới tính toán chiều dài tầm bê tông xi măng. Lực tiếp xúc này được đặc trưng bởi lực dính c và hệ số ma sát tan ϕ giữa tầm và móng, phụ thuộc vào bản chất vật liệu lớp móng trên và lớp phân cách. Tuy nhiên, trong tiêu chuẩn Việt Nam cũng như trong thực tế thi công hiện hành, chưa có quy định cụ thể về việc lựa chọn vật liệu lớp phân cách và ảnh hưởng của nó tới các đặc trưng của lực tiếp xúc đáy tầm. Các nội dung trên sẽ được đề cập, phân tích chi tiết trong bài báo này.

Từ khóa: mặt đường cứng; lực tiếp xúc; lớp phân cách; khe co; co ngót.

STUDY ON THE EFFECTS OF ISOLATING LAYER MATERIAL AND BASE LAYER ON THE CONTACT FORCE AT THE BOTTOM OF SLAB FOR ROAD CONCRETE PAVEMENT

Abstract

The isolating layer has a direct influence on the contact force at the bottom of the cement concrete slab with the base layer of the concrete pavement, and thus affects the calculation of the length of the concrete slab. This contact force is characterized by the adhesion force c and the coefficient of friction $\tan \phi$ between the slab and the base layer, depending on the nature of the base and isolating layers material. However, in the Vietnamese standards as well as in the current construction practice, there are no specific regulations on the choice of the isolating material and its impact on the bottom contact force characteristics. The above contents will be mentioned and analyzed in detail in this article.

Keywords: concrete pavement; contact force; isolating layer; joint; shrinkage.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(1V\)-03](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(1V)-03) © 2021 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Giới thiệu chung

Mặt đường bê tông xi măng được cấu tạo gồm tầm bê tông xi măng thuộc tầng mặt đặt trên tầng móng bằng các loại vật liệu khác nhau như bê tông nghèo, bê tông nhựa, cấp phối đá dăm, cấp phối

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: tunggh@nuce.edu.vn (Tùng, H.)

đá dăm gia cố xi măng. Ở giữa tấm bê tông tầng mặt và lớp móng, có bố trí một lớp vật liệu phân cách nhằm giảm lực tiếp xúc giữa tấm và bề mặt lớp móng.

Trong mọi trường hợp, tại đáy tấm bê tông xi măng (BTXM) luôn tồn tại lực tiếp xúc với bề mặt của lớp móng. Khi nhiệt độ trong tấm thay đổi, các lực tiếp xúc này sẽ hạn chế biến dạng dài (do co ngót) của tấm, gây ra ứng suất kéo lệch tâm trong tấm (Hình 1) [1]. Hiện tượng này có thể dẫn tới nứt tấm, nhất là trong điều kiện chênh lệch nhiệt độ cao hoặc khi bê tông chưa ninh kết hoàn toàn. Lực tiếp xúc càng lớn thì nguy cơ xảy ra nứt do co ngót càng cao. Ngược lại, nếu lực tiếp xúc quá nhỏ thì tấm có thể mất ổn định, xô dịch.

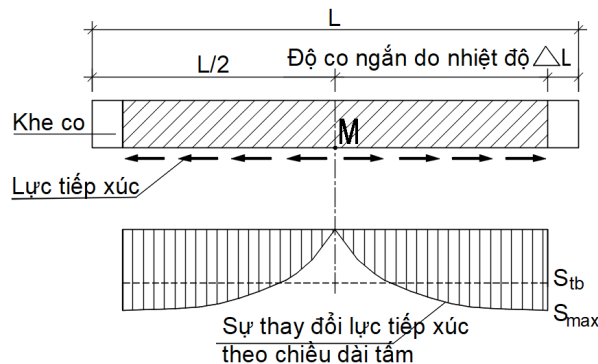
Chính vì thế, lực tiếp xúc đáy tấm là thông số quan trọng liên quan tới tính toán chiều dài tấm (khoảng cách giữa các khe co) và chiều sâu, thời điểm xẻ khe [1–3]. Lực tiếp xúc sẽ gây ra biến dạng cắt trong lớp phân cách ở đáy tấm BTXM. Do vậy, có thể xác định lực tiếp xúc thông qua các đặc trưng kháng cắt của vật liệu lớp phân cách là lực dính c và hệ số ma sát $\tan \phi$. Các thông số này phụ thuộc vào bản chất vật liệu lớp móng trên và lớp phân cách, được nghiên cứu, xác định cụ thể cho từng loại, ở từng trường hợp cụ thể.

Tuy nhiên, trong các tiêu chuẩn thiết kế, thi công hiện hành ở Việt Nam, [4, 5], việc lựa chọn lớp vật liệu phân cách và ảnh hưởng của nó cũng như của lớp móng tới lực tiếp xúc đáy tấm, tới chiều dài tấm lại chưa được đề cập. Vì thế, bài báo được xây dựng nhằm mục tiêu phân tích và khảo sát (bằng thực nghiệm) các đặc trưng c , $\tan \phi$ của một số trường hợp lớp phân cách.

Các thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm bộ môn Đường ô tô – Đường đô thị - Đại học Xây dựng.

2. Về lực tiếp xúc ở đáy tấm và liên hệ với chiều dài tấm

Lực tiếp xúc ở đáy tấm BTXM phân bố như ở Hình 1.



Hình 1. Phân bố lực tiếp xúc dưới đáy tấm BTXM [3]

Theo [6], khi nhiệt độ trong tấm giảm hoặc tăng thì điểm chính giữa của tấm (điểm M) được giả thiết cố định. Càng xa M về phía đầu tấm, chuyển vị đáy tấm theo phương ngang càng lớn, kéo theo lực tiếp xúc càng tăng, theo quy luật parabol. Ở đầu tấm, lực tiếp xúc lớn nhất S_{\max} được xác định như sau:

$$S_{\max} = p \tan \phi + c = h\gamma \tan \phi + c \quad (1)$$

trong đó p là áp lực của tấm tác dụng lên lớp móng; c , $\tan \phi$ là lực dính (kG/cm^2) và hệ số ma sát, có thể coi là đặc trưng kháng cắt của lớp phân cách giữa tấm và móng, phụ thuộc vào bản chất vật liệu lớp móng và lớp phân cách; h là chiều dày tấm; γ là dung trọng của vật liệu tấm.

Nếu xét đến dạng parabol của biểu đồ, thì có thể xác định giá trị lực tiếp xúc trung bình tại đáy tấm là:

$$S_{tb} = 0,7S_{\max} = 0,7(h\gamma \tan \phi + c) \quad (2)$$

Lực tiếp xúc tổng cộng tại đáy tấm có chiều dài L , chiều rộng B là:

$$S_{tb} = \frac{S_{tb}BL}{2} = \frac{0,7(h\gamma \tan \phi + c)L}{2} \quad (3)$$

Lực này có độ lệch tâm là $e = h/2$, gây ra ứng suất kéo lớn nhất ở mặt dưới của tấm khi nhiệt độ giảm là:

$$\sigma_{\max} = \frac{4S}{Bh} = \frac{1,4(h\gamma \tan \phi + c)L}{h} \quad (4)$$

Từ đó, một trong các điều kiện xác định chiều dài tấm BTXM lớn nhất là:

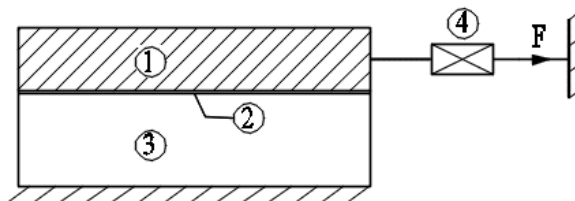
$$L = \frac{[\sigma] \tan h}{1,4(h\gamma \tan \phi + c)} \quad (5)$$

trong đó $[\sigma]$ là ứng suất kéo uốn cho phép của bê tông khi tính ứng suất do lực tiếp xúc đáy tấm gây ra lúc nhiệt độ tấm giảm, thường lấy $[\sigma] = (0,35 - 0,40) R_{ku}$ (R_{ku} là cường độ kéo uốn cho phép của vật liệu bê tông. Như vậy, việc bố trí lớp phân cách có c , $\tan \phi$ nhỏ sẽ cho phép làm giảm lực tiếp xúc đáy tấm, ảnh hưởng trực tiếp tới kết quả tính toán chiều dài tấm như công thức (5).

3. Khảo sát lực tiếp xúc trung bình S_{tb} và các đặc trưng c , $\tan \phi$ ở đáy tấm bằng thực nghiệm

3.1. Về mô hình thực nghiệm

Nội dung phân tích ở mục 2 cho thấy S_{tb} cũng như các đặc trưng (c , $\tan \phi$) không phụ thuộc vào chiều dài, rộng của tấm BTXM; bản thân c , $\tan \phi$ không chịu ảnh hưởng của chiều dày tấm. Do vậy, mô hình thực nghiệm được sơ bộ đề xuất như ở Hình 2, với tấm BTXM có kích thước $50 \times 50 \times 18$ (dài \times rộng \times dày, cm). Trong sơ đồ này, tấm BTXM (1) được đổ trực tiếp trên lớp phân cách (2), phía dưới là lớp móng (3) cố định, đặt trong khuôn bằng gỗ (xem Hình 3). Cơ cấu ra lực của máy Marshall (4) được kết nối vào tấm (1), với tốc độ ra tải là 50,8 mm/phút (theo cấu hình tiêu chuẩn của máy Marshall). Cơ cấu này cho phép thực hiện đồng thời ra tải và đo giá trị lực F tác dụng lên tấm. Khi tiến hành thí nghiệm, bộ phận (4) sẽ sinh ra lực F kéo tấm 1, trong khi móng (3) cố định.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm xác định S_{tb}

Giá trị của lực kéo F sẽ được ghi lại trên phần mềm điều khiển của (4). Lực tiếp xúc S ở đáy tấm sẽ được xác định thông qua lực kéo F và diện tích đáy tấm A : $S = F/A$ (kg/cm²).



Hình 3. Chuẩn bị khuôn và lớp móng (ví dụ)

3.2. Về vật liệu sử dụng cho thí nghiệm

Vật liệu sử dụng trong thí nghiệm là các vật liệu được dùng phổ biến trong các dự án xây dựng đường BTXM hiện nay ở Việt Nam, bao gồm các đường cấp cao và đường giao thông nông thôn. Theo đó, sử dụng bê tông mác 300 cho tấm BTXM. Đối với lớp phân cách, sử dụng hai loại giấy dầu và bạt dứa. Đối với lớp móng, có bốn trường hợp là móng bằng đất đắp chọn lọc, cấp phối đá dăm, cát đen đầm chặt và bằng bê tông xi măng mác 150 (bê tông nghèo). Móng được rải và đầm nén theo quy định tại các tiêu chuẩn thi công nền đường [7] và tiêu chuẩn thi công nghiệm thu lớp cấp phối đá dăm [8].

Chi tiết của các vật liệu có thể tham khảo trong [9]. Các trường hợp thí nghiệm như sau (xem Bảng 1).

Bảng 1. Các trường hợp thí nghiệm

Vật liệu lớp móng	Cát			CP Đá dăm			Đất đắp chọn lọc			Bê tông nghèo	Tổng
	Giấy dầu	Bạt dứa	Đặt trực tiếp	Giấy dầu	Bạt dứa	Đặt trực tiếp	Giấy dầu	Bạt dứa	Đặt trực tiếp	Đặt trực tiếp	
Số lượng mẫu	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30

Việc đưa thêm các trường hợp tấm BTXM đặt trực tiếp trên lớp móng nhằm mục đích làm sáng tỏ hiệu quả của lớp phân cách (theo hướng giảm lực tiếp xúc).

3.3. Về phương pháp xác định lực tiếp xúc và các đặc trưng liên quan thông qua thí nghiệm

Khi tiến hành thí nghiệm, bộ phận (4) sẽ sinh ra lực kéo tấm 1, trong khi móng (3) cố định. Giá trị của lực kéo sẽ được ghi lại ở đồng hồ đo lực (4).

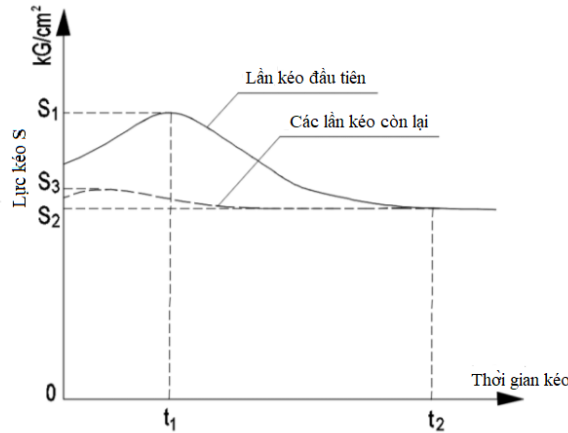
Trong quá trình thí nghiệm, mỗi mẫu được tác dụng và đo lực kéo 3 lần. Diễn biến lực tiếp xúc đo được ở các thí nghiệm trình bày trong Hình 4. Ở lần kéo đầu tiên, lực kéo tăng dần, đạt lớn nhất ở giá trị S_1 , sau đó giảm dần và giữ ổn định ở giá trị S_2 . Sau khi kéo lần thứ nhất (với chuyển vị vừa đủ để không ảnh hưởng tới diện tiếp xúc giữa tấm BTXM và lớp móng), thực hiện lần kéo thứ 2, thứ 3.

Diễn biến lực kéo cũng tăng tới giá trị lớn nhất S_3 rồi giảm dần và ổn định ở giá trị rất gần với S_2 ở lần kéo thứ nhất. Bên cạnh đó, S_3 nhỏ hơn nhiều so với S_1 .

Diễn biến của lực kéo như vừa mô tả được giải thích như sau:

- Ban đầu, có hai thành phần lực dính c và lực ma sát $h\gamma \tan \phi$ tham gia hình thành lên lực tiếp xúc S_{tb} .

- Sau lần kéo thứ nhất, tấm BTXM bị dịch chuyển khỏi vị trí ban đầu, có hiện tượng tách lớp giữa tấm BTXM – lớp phân cách – lớp móng. Khi đó, thành phần lực dính sẽ bị suy giảm rất mạnh.



Hình 4. Diễn biến giá trị lực tiếp xúc đo được từ thí nghiệm

Khi tấm đã bị chuyển vị, lực kéo giảm và ổn định đều ở giá trị S_2 thì chỉ còn thành phần lực ma sát. Lực dính khi đó không còn tham gia đáng kể vào thành phần lực tiếp xúc ở đáy tấm (khi tấm vẫn đang dịch chuyển dưới tác dụng của lực kéo S_2).

Do vậy, có thể đưa ra điều kiện dừng thí nghiệm là khi lực kéo giảm và ổn định ở giá trị S_2 . Từ đó, có thể xử lý kết quả thí nghiệm để có được ba trị số quan trọng gần đúng như sau:

- Lực tiếp xúc trung bình

$$S_{tb} = \frac{S_1}{A} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (6)$$

trong đó A là diện tích đáy tấm BTXM (cm^2).

- Hệ số ma sát $\tan \phi$

$$\tan \phi = \frac{S_2}{Ah\gamma} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (7)$$

- Lực dính c

$$c = \frac{S_1 - S_2}{A} \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (8)$$

3.4. Về kết quả thí nghiệm

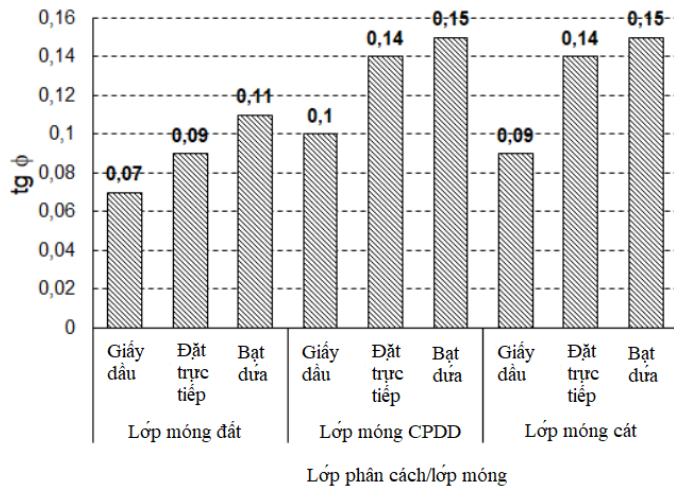
Lực tiếp xúc được lấy trung bình theo số mẫu và các lần kéo tương ứng, cùng với các đặc trưng $\tan \phi$ và c được trình bày trong Bảng 2. Kết quả thí nghiệm phản ánh đúng quy luật về sự thay đổi của lực kéo như đã trình bày tại Hình 3, tương đồng với các nghiên cứu [9, 10].

a. Về ảnh hưởng của lớp móng và lớp phân cách tới hệ số ma sát

Theo kết quả trình bày ở Bảng 2 và Hình 5, trong ba trường hợp, lớp móng trên bằng đất có hệ số ma sát thấp nhất (0,07 - 0,11). Giá trị lớn nhất thuộc về lớp móng cấp phối đá dăm (0,25 - 0,28).

Bảng 2. Kết quả đo đạc, tính toán các đặc trưng của lực tiếp xúc

Lực tiếp xúc, $\tan \phi, c$	Lớp móng/ lớp vật liệu cách ly									
	Lớp móng đất			Lớp móng CPDD			Lớp móng cát			BTXM
	Giấy dầu	Đặt trực tiếp	Bạt dừa	Giấy dầu	Đặt trực tiếp	Bạt dừa	Giấy dầu	Đặt trực tiếp	Bạt dừa	Đặt trực tiếp
Lực tiếp xúc (kG/cm^2)	0,17	0,22	0,21	0,25	0,28	0,27	0,23	0,24	0,21	2,32
Hệ số ma sát $\tan \phi$	0,07	0,09	0,11	0,10	0,14	0,15	0,09	0,14	0,15	-
Lực dính c (kG/cm^2)	0,14	0,18	0,16	0,21	0,22	0,20	0,19	0,18	0,14	-

Hình 5. Ảnh hưởng của vật liệu lớp phân cách và lớp móng tới $\tan \phi$

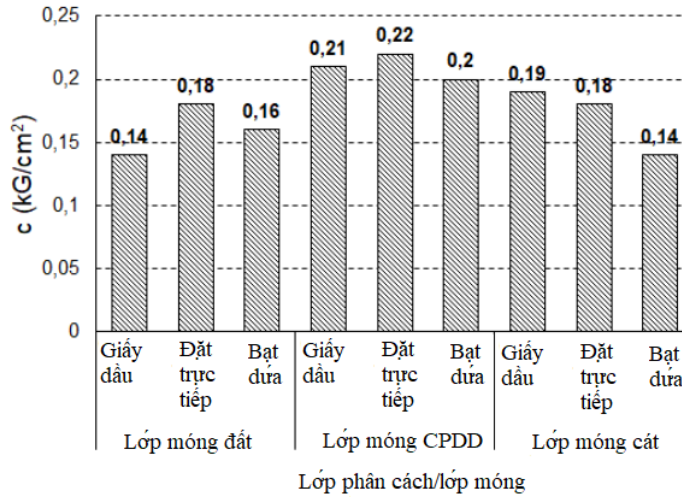
Ở từng lớp móng, giấy dầu là vật liệu cho phép giảm hệ số ma sát giữa lớp móng trên và tấm BTXM nhiều nhất, trong khi bạt dừa lại có hướng ngược lại.

b. Về ảnh hưởng của lớp móng và lớp phân cách tới lực dính

Tại Hình 6, có thể quan sát được cùng một xu hướng ảnh hưởng của vật liệu lớp móng trên tới lực dính như đối với hệ số ma sát. Theo đó, lớp móng CPDD vẫn có ảnh hưởng lớn nhất đối với đặt trưng này ($0,16 \text{ kG/cm}^2$ - $0,22 \text{ kG/cm}^2$). Điểm khác biệt xảy ra đối với chính trường hợp lớp móng này và lớp móng đất, khi mà việc đặt trực tiếp tấm BTXM lên lớp móng (không sử dụng lớp phân cách) lại cho giá trị lực dính lớn hơn cả hai trường hợp còn lại (có sử dụng lớp phân cách giấy dầu hoặc bạt dừa).

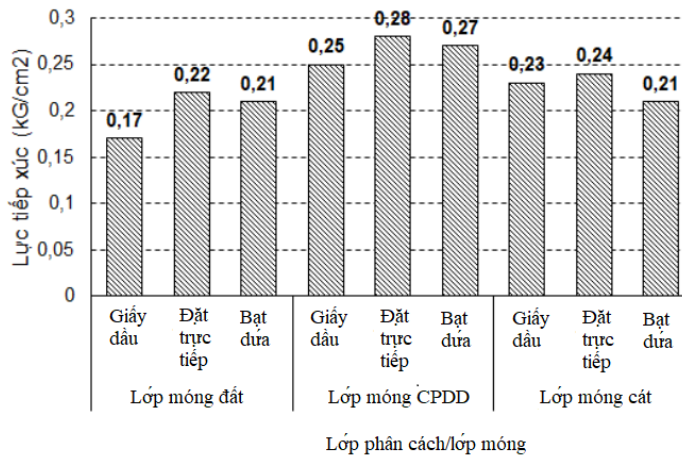
c. Về ảnh hưởng của lớp móng và lớp phân cách tới lực tiếp xúc

Mặc dù xu hướng ảnh hưởng tới hệ số ma sát và lực dính khác nhau, nhưng đối với lực tiếp xúc, việc không sử dụng lớp phân cách đều dẫn tới giá trị của lực tiếp xúc lớn nhất trong từng trường hợp của lớp móng. Xét về ảnh hưởng của vật liệu móng trên, lớp CPDD cho thấy ảnh hưởng mạnh hơn tới giá trị của lực tiếp xúc (theo xu hướng làm tăng giá trị). Cá biệt, theo kết quả tại Bảng 2, lực tiếp xúc khi đặt trực tiếp tấm BTXM lên móng bê tông nghèo có giá trị là $2,32 \text{ kG/cm}^2$, lớn gấp nhiều lần so với các trường hợp còn lại (cũng chính vì thế, trong Hình 7, không biểu diễn giá trị lực dính bám này để có thể quan sát được quan giữa các trường hợp còn lại). Điều này có thể giải thích qua cơ chế dính bám của bê tông lúc còn tươi xuống bề mặt của tấm bê tông nghèo thuộc lớp móng. Với cấu trúc gần



Hình 6. Ảnh hưởng của vật liệu lớp phân cách và lớp móng tới lực dính c

tương đồng, mặc dù không có trong thí nghiệm, nhưng có thể sơ bộ kết luận là xu hướng này sẽ diễn ra tương tự khi sử dụng lớp móng là cấp phối đá dăm gia cố xi măng.



Hình 7. Ảnh hưởng của vật liệu lớp phân cách và lớp móng lực tiếp xúc

So với các trường hợp sử dụng lớp cách li trình bày trong Hình 7, việc đổ trực tiếp tấm BTXM lên lớp móng bê tông nghèo sẽ có nguy cơ xảy ra nứt do co ngót cao hơn rất nhiều.

4. Kết luận

Bài báo đã tổng hợp và đề xuất được nội dung xác định các đặc trưng $\tan \phi$ và c của lực tiếp xúc đáy tấm bê tông xi măng thông qua thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm đã chỉ ra được sự ảnh hưởng của các lớp móng và lớp phân cách tới các đặc trưng của lực tiếp xúc cũng như chính lực tiếp xúc. Theo đó, việc sử dụng giấy dầu làm lớp phân cách là giải pháp ưu việt hơn so với bạt dứa hay đất trực tiếp. Việc đổ trực tiếp tấm bê tông tăng mặt lên trên móng bê tông nghèo và móng cấp phối đá dăm gia cố

xi măng là rất bất lợi, có thể gây ra nứt do co ngót. Bản thân các vật liệu lớp móng cũng có ảnh hưởng nhất định tới lực tiếp xúc đáy tấm và các đặc trưng tan ϕ, c . Từ đó, đối với công tác thiết kế và xây dựng mặt đường BTXM, cần phải có đánh giá, xác định các đặc trưng dính bám tan ϕ, c theo cấu tạo, vật liệu lớp móng, vật liệu lớp phân cách sử dụng cho từng trường hợp cụ thể. Từ kết quả đó, chiều dài tấm sẽ được xác định chính xác theo phương trình (5) với mục tiêu hạn chế được nứt do co ngót.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tùng, H. (2004). *Xác định thời điểm hợp lý xả khe co mặt đường bê tông xi măng*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD, 8(5):60–64.
- [2] ACPA (1992). *Design and Construction of Joint for Concrete Streets*. Publication of American Concrete Pavement Association, IS061.01P.
- [3] Voigt, G. F. (2002). *Early cracking of concrete pavement-causes and repairs*. American Concrete Pavement Association.
- [4] Bộ Giao thông Vận tải (2012). *Quy định tạm thời về thi công, nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông*.
- [5] Bộ Giao thông Vận tải (2012). *Quy định tạm thời về thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường, có khe nối trong xây dựng công trình giao thông*.
- [6] Hải, D. H., Tùng, H. (2010). *Mặt đường sân bê tông xi măng cho đường ô tô - sân bay*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [7] TCVN 9436:2012. *Nền đường ô tô – Thi công và nghiệm thu*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [8] TCVN 8859:2011. *Lớp móng cấp phối đá dăm trong kết cấu áo đường ô tô – Vật liệu, thi công và nghiệm thu*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [9] Hùng, N. M. (2013). *Sơ bộ nghiên cứu nội dung xả khe co mặt đường bê tông xi măng tại Nghệ An*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng.
- [10] Phước, P. H. (2016). *Nghiên cứu xác định lực tiếp xúc tại đáy tấm mặt đường bê tông xi măng trong điều kiện phòng thí nghiệm*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng.