



# SƠ BỘ XÁC ĐỊNH CHIỀU SÂU XÈ KHE CỦA TẤM MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG THÔNG THƯỜNG

Phạm Quốc Việt<sup>1</sup>, Hoàng Tùng<sup>2</sup>, Nguyễn Mạnh Hùng<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Khe co trong cấu tạo tổng thể mặt đường bê tông xi măng (BTXM) có vai trò quan trọng trong việc hạn chế và kiểm soát các vết nứt do co ngót. Tuy nhiên, trong các quy định hiện hành của Việt Nam, chỉ dẫn thi công khe co vẫn không xét được các điều kiện cụ thể về điều kiện thi công cũng như các đặc điểm riêng liên quan tới tấm BTXM. Chiều sâu xẻ khe được khuyến cáo chung, dao động trong khoảng từ 1/3 đến 1/5 chiều dày tấm, rất khó áp dụng. Do vậy, nội dung bài báo sẽ đề cập tới việc xác định chiều sâu xẻ khe co thông qua kết quả nghiên cứu trong điều kiện phòng thí nghiệm VILAS 047.

**Từ khóa:** Mặt đường cứng; khe co; chiều sâu xẻ khe.

**Summary:** In design of portland cement concrete pavement (PCCP), joints are very important to control random cracking; however, they are only generally mentioned in relevant existing construction regulations in Vietnam with no consideration of specific conditions of construction and characteristics of the concrete installed. This article therefore tries to determining the appropriate saw-cutting depth for the joint, using research results of the lab VILAS 047.

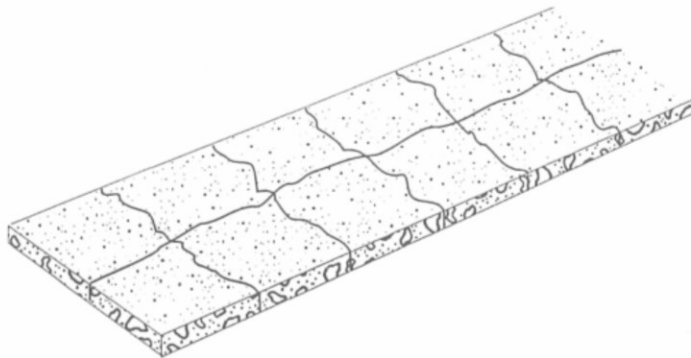
**Keywords:** Rigid pavement; joint; depth of saw-cutting.

Nhận ngày 15/12/2015, chỉnh sửa ngày 30/12/2015, chấp nhận đăng 07/01/2016



## 1. Mở đầu

Trong [1, 2], hạng mục khe co được thiết kế với mục đích rất rõ ràng là giảm các vết nứt không kiểm soát, định hướng các vết nứt tới các vị trí đã xẻ khe. Đồng thời để có thể xử lý khe, bịt kín vết nứt, không cho nước thấm xuống dưới tầng móng. Khi xẻ khe với chiều sâu không đúng có thể gây ra nguy cơ không kiểm soát được vị trí vết nứt, hình dạng và đặc biệt là bề mặt của vết nứt. Từ đó dẫn đến tình trạng tấm bị nứt không kiểm soát, khe khó xử lý, bề rộng khe lớn..., làm tăng nguy cơ nước mặt ngấm xuống tầng móng và xuống nền đường (Hình 1). Do vậy, việc xác định đúng chiều sâu xẻ khe là yếu tố quan trọng trong quá trình thiết kế, xây dựng mặt đường BTXM.



Hình 1. Hiện tượng vết nứt không kiểm soát do co ngót (khi không có khe co) [3]

<sup>1</sup>ThS, Khoa Xây dựng Cầu đường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: vietdhd@gmail.com.

<sup>2</sup>PGS.TS, Khoa Xây dựng Cầu đường. Trường Đại học Xây dựng.

<sup>3</sup>ThS, Sở Giao thông vận tải tỉnh Nghệ An.



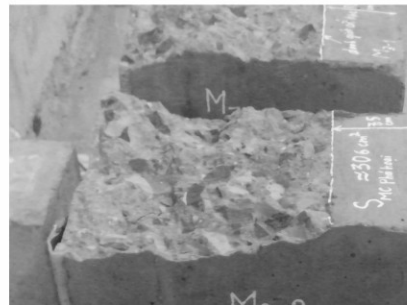
## 2. Sơ bộ về ảnh hưởng của chiều sâu xẻ khe đến chất lượng khe co

Khi chiều sâu xẻ khe quá lớn: Khi chiều sâu xẻ khe  $h_{khe}$  lớn, chi phí thực hiện công tác cắt khe và bảo dưỡng, bịt khe đương nhiên sẽ lớn hơn so với trường hợp có chiều sâu xẻ khe nhỏ. Bên cạnh đó, trong kết cấu mặt đường bê tông xi măng, hiệu ứng ma sát giữa bề mặt của hai tấm liền kề tại vị trí khe co cũng có khả năng truyền lực rất tốt (hiệu ứng interlock), thậm chí theo [7] hiệu ứng ma sát này đạt tới 50% khả năng tương tự khi sử dụng thanh truyền lực.

Khi chiều sâu xẻ khe nhỏ: Khi chiều sâu xẻ khe  $h_{khe}$  nhỏ, tiết diện tấm tại vị trí xẻ khe và tại vị trí lân cận không sai khác nhiều. Do vậy, khi tấm bị co ngót do nhiệt độ, thời điểm xẻ khe không đúng, kết hợp với lực ma sát ở đáy tấm lớn, bê tông chưa có đủ cường độ để thắng lại các lực ma sát này (xem thêm ở mục 3.) thì dễ dàng kéo đứt tấm ở các vị trí khác nhau, ngoài vị trí khe co. Bên cạnh đó, ngay cả khi vết nứt xảy ra ở khe co, thì vết nứt này cũng có nguy cơ không thẳng góc với cạnh tấm, bề mặt khe sẽ có hình dạng không đạt yêu cầu (Hình 2).



a. Vết nứt không thẳng góc



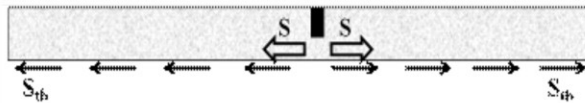
b. Bề mặt của vết nứt

**Hình 2.** Hiện tượng vết nứt không tốt khi chiều sâu xẻ khe nhỏ



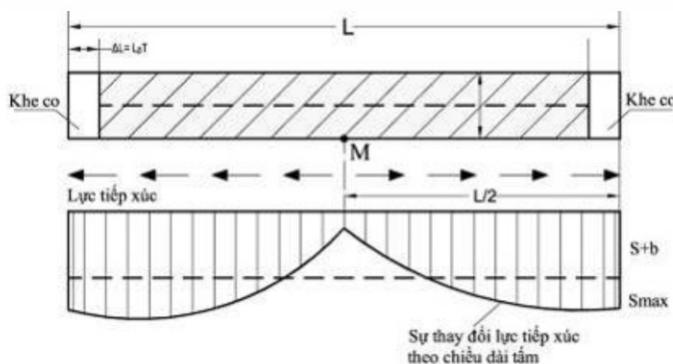
## 3. Cơ sở lý thuyết xác định chiều sâu xẻ khe

Sau khi thi công mặt đường đổ tại chỗ, tấm BTXM có hiện tượng co ngót. Tại đáy tấm tiếp xúc với móng đường xuất hiện lực ma sát. Để cân bằng, trong tấm BTXM sinh ra lực kéo  $S$  tại đáy tấm, làm cho tấm bị kéo lệch tâm (Hình 3).



**Hình 3.** Sự hình thành lực kéo ở đáy tấm và lực kéo đứt tấm tại khe

Tại vị trí khe co, là nơi có tiết diện bị thu hẹp, điều kiện để hình thành khe co là tấm phải bị kéo đứt tại vị trí xẻ khe dưới tác dụng của lực kéo  $S$ . Khi đó, ứng suất  $\sigma_k$  gây ra bởi lực kéo  $S$  phải đủ lớn để thắng ứng suất chịu kéo cho phép  $[\sigma_k]$  của BTXM tại thời điểm xẻ khe. Theo nghiên cứu [5], thời điểm xẻ khe hợp lý nằm trong khoảng trước 1 giờ kể từ khi nhiệt độ trong tấm bắt đầu giảm (7 giờ đến 8 giờ kể từ lúc đổ tấm, tùy thuộc vào điều kiện thi công và loại xi măng). Trong nội dung bài báo này,  $[\sigma_k]$  được đo tại thời điểm nhiệt độ trong tấm bắt đầu giảm, qua thiết bị thí nghiệm trình bày ở mục 4.



**Hình 4.** Sơ đồ xác định ứng suất kéo lệch tâm do lực tiếp xúc ở đáy tấm [6]

Ứng suất  $\sigma_k$  phụ thuộc vào lực kéo do tiếp xúc đáy tấm và diện tích tiết diện còn lại của tấm ở vị trí khe, hay chính là chiều sâu cắt xẻ khe  $h_{khe}$ . Xét cho một phân tố có bề rộng 1 m, theo [6], lực kéo do tiếp xúc ở đáy tấm có sơ đồ phân bố như Hình 4. Càng xa điểm M về phía hai đầu tấm, lực tiếp xúc càng tăng theo quy luật parabol. Do đó, khi nhiệt độ tăng, giảm thì chuyển vị ở hai đầu tấm là lớn nhất và lực kéo lớn nhất (tính cho 1 m dài, đơn vị lực là kG) cân bằng với lực ma sát, được xác định như sau:

$$S_{max} = p \cdot tg\varphi + c = h \cdot \gamma \cdot tg\varphi + c \tag{1}$$

trong đó: p là áp lực của tấm tác dụng lên lớp móng ( $kG/cm^2$ );  $\varphi$  là góc nội ma sát vật liệu lớp móng (độ); c là lực dính của vật liệu lớp móng ( $kG/cm^3$ ); h là chiều dày tấm BTXM (cm) và  $\gamma$  là dung trọng của vật liệu tấm BTXM ( $kG/cm^3$ );

Trị số lực kéo trung bình xác định theo quy luật parabol là:

$$S_{tb} = 0,7 \cdot S_{max} = 0,7 \cdot (h \cdot \gamma \cdot tg\varphi + c) \tag{2}$$

Trên thực tế, chiều dày của tấm ( $h=18-32cm$ ) rất nhỏ so với chiều dài của tấm ( $L=4-5m$ ), đặc biệt là tại vị trí khe co, tiết diện đã bị thu hẹp. Do đó, lực kéo dưới đáy tấm có thể được coi là lực kéo ngang (không lệch tâm), gây ra ứng suất kéo trong tấm. Khi khe chưa nứt, lực kéo lớn nhất tác dụng lên tấm được tính với một nửa chiều dài tấm, có giá trị là:

$$S = S_{tb} \cdot L/2 = 0,35 \cdot L \cdot (h \cdot \gamma \cdot tg\varphi + c) \tag{3}$$

Việc xác định ứng suất  $\sigma_k$  ( $kG/cm^2$ ) hình thành tại khe co sẽ được xác định một cách đơn giản, bằng tỷ số giữa lực kéo S và tiết diện  $F_{khe}$  còn lại của tấm tại khe co:

$$\sigma_k = \frac{S}{F_{khe}} \tag{4}$$

Xét với tấm có bề rộng 1 m,  $F_{khe}$  ( $cm^2$ ) được tính theo công thức:

$$F_{khe} = 1 \cdot (h - h_{khe}) \tag{5}$$

Để khe co có thể hình thành,  $\sigma_k$  phải lớn hơn  $[\sigma_k]$  tại thời điểm xẻ khe.

Từ đó ta có tương quan

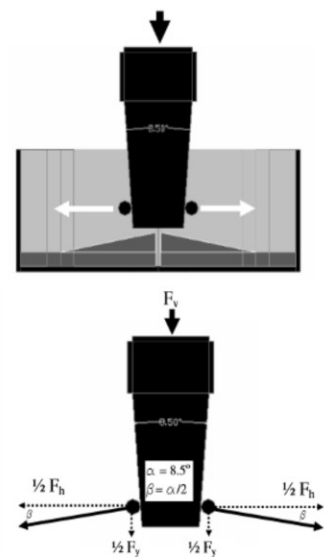
$$[\sigma_k] \leq \frac{0,35 \cdot L \cdot (h \cdot \gamma \cdot tg\varphi + c)}{(h - h_{khe})} \tag{6}$$

$$\text{hay } h_{khe} \geq h - \frac{0,35 \cdot L \cdot (h \cdot \gamma \cdot tg\varphi + c)}{[\sigma_k]} \tag{7}$$

Trong công thức (7) ta thấy rõ sự phụ thuộc của chiều sâu xẻ khe vào kích thước, vật liệu tấm BTXM cũng như vật liệu làm móng. Từ đó, nhóm tác giả đã thực hiện các thí nghiệm để có những kiến nghị về chiều sâu xẻ khe đối với những loại tấm BTXM khác nhau (những loại tấm BTXM được thiết kế với kích thước khác nhau, sử dụng các loại xi măng khác nhau, đặt trên các vật liệu móng khác nhau sẽ có những yêu cầu về chiều sâu xẻ khe khác nhau).

#### 4. Xác định ứng suất chịu kéo BTXM

Sơ đồ thí nghiệm: Như công thức (7), để xác định chiều sâu xẻ khe thực tế của mặt đường BTXM ta đặc biệt quan tâm đến ứng suất chịu kéo cho phép  $[\sigma_k]$  của BTXM. Nhằm xác định giá trị  $[\sigma_k]$  thực tế, nhóm tác giả sử dụng mô hình của [7] như Hình 5. Từ lực nén thẳng đứng  $F_v$  qua hệ thống thanh nêm có độ vát  $\alpha = 8,5^\circ$  tạo ra lực kéo  $F_h$  trong mẫu bê tông. Vị trí tiếp xúc giữa thanh nêm với khuôn mẫu được bố trí các vòng bi để giảm ma sát. Khi tăng lực nén  $F_v$  thì lực kéo  $F_h$  cũng tăng theo, từ lực nén tại thời điểm mẫu bị phá hoại ta có thể xác định được lực kéo trong mẫu BTXM, cùng với tiết diện mẫu BTXM ta xác định được ứng suất chịu kéo cho phép của mẫu BTXM.



Hình 5. Mô hình thí nghiệm xác định ứng suất kéo cho phép của BTXM

$$\text{Lực kéo trong bê tông } F_h \text{ (kG): } F_h = \frac{F_v}{2 \tan(\beta)} \quad (8)$$

$$\text{Ứng suất kéo trong bê tông là: } \sigma_k = F_h/S \quad (9)$$

với  $\beta = \alpha/2 = 4,25^\circ$

S - là diện tích chịu kéo của mẫu bê tông (tại vị trí bị đứt, đã thu hẹp khi xê khe tạm thời).

Giả thiết lực ma sát tiếp xúc giữa thành khuôn với mẫu bê tông, giữa thành đứng khuôn với tấm đáy khuôn, giữa nệm và khuôn là bằng 0.

**Trang thiết bị:** Sử dụng thiết bị chuyên dụng của phòng thí nghiệm VILAS - 047 gồm máy nén 300 tấn nhãn hiệu SANS (Hình 6), khuôn đúc và kéo mẫu, nệm, máy trộn bê tông, đầm dùi và các thiết bị phụ trợ khác. Nhiệt độ trong tấm được đo bằng hệ thống đầu đo nhiệt TDS302 và đầu đo nhiệt kiểu K+ LVD (Hình 7).

**Thiết bị đúc và kéo bê tông:** Bê tông được kéo ở thời điểm xê khe chưa đủ thời gian ninh kết, có cường độ thấp. Do vậy, nhóm nghiên cứu, áp dụng chỉ dẫn trong [7] để thiết kế, chế tạo thiết bị có vai trò vừa là khuôn đúc mẫu, vừa là thiết bị kéo bê tông (Hình 8). Để biết được thời điểm chính xác kéo mẫu bê tông, nhóm nghiên cứu đặt các đầu đo nhiệt nằm trong mẫu, theo [5], đúng thời điểm nhiệt độ trong mẫu giảm thì tiến hành kéo đứt (giống với thời điểm xê khe ngoài hiện trường trước khi bê tông co ngót).



Hình 6. Máy nén SANS



a. Đầu thu số liệu



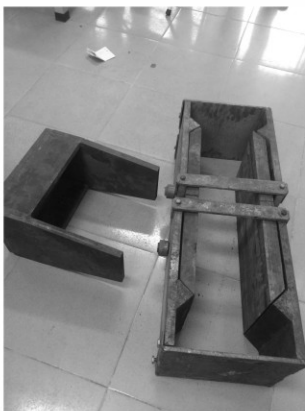
b. Đầu đo nhiệt



c. Cố định đầu đo trong mẫu

Hình 7. Hệ thống thiết bị đo nhiệt

Khuôn được làm bằng thép tấm 10mm, dài 78 cm, rộng 16,5 cm, cao 25cm trên tấm thép đáy, được chia thành hai nửa riêng rẽ như Hình 8. Khu có lực tác dụng theo phương ngang, mỗi nửa khuôn, thông qua cấu tạo của mình sẽ tác dụng lên khối bê tông ở trong lực kéo theo phương ngang. Thiết kế được trình bày chi tiết trong [4]. Để định vị mặt cắt, có thể cắt trước tấm bê tông với chiều sâu khoảng 8 cm tại đúng vị trí tiếp giáp này. Từ đó, lực kéo sẽ làm đứt khối bê tông tại vị trí tiếp giáp giữa hai nửa nêu trên.



a. Khuôn mẫu



b. Mẫu đã tháo ván khuôn



c. Mẫu BTXM và thiết bị nén

Hình 8. Thiết bị đúc và kéo mẫu bê tông

**Vật liệu thí nghiệm:** Hỗn hợp bê tông xi măng thí nghiệm tuân thủ theo 1951/QĐ-BGTVT: Quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông, tương đương với BTXM mác 300 theo tiêu chuẩn thiết kế số 778/1998/QĐ-BXD; Hỗn hợp được tính toán tại phòng thí nghiệm VILAS - 047, sử dụng 2 loại xi măng khác nhau là xi măng Hoàng Mai và xi măng Nghi Sơn. Các yêu cầu chi tiết về vật liệu của hỗn hợp BTXM, cũng như quá trình đúc mẫu, bảo dưỡng mẫu tuân thủ theo đúng quy định hiện hành, được nêu trong [4].



## 5. Kết quả thí nghiệm

Theo kết quả đo nhiệt độ cho 2 loại mẫu thí nghiệm, thời điểm nhiệt độ trong tấm BTXM bắt đầu giảm với mẫu sử dụng xi măng Nghi Sơn là 11 giờ 40 phút từ sau khi thi công tấm và cho mẫu sử dụng xi măng Hoàng Mai là 12 tiếng. Vì vậy đặt sẵn mẫu vào máy tiến hành nén mẫu với tốc độ lực 0.1kN/s cho đến khi mẫu đứt, ghi lại giá trị lực  $F_v$ , tiến hành đo lại diện tích tiết diện bị đứt  $S$ . Thông qua công thức (8) và (9) xác định được ứng suất kéo cho phép của BTXM tại thời điểm xê khe ứng với từng loại xi măng như Bảng 1:

**Bảng 1.** Ứng suất kéo cho phép của mẫu BTXM sử dụng các loại xi măng khác nhau

TT	Loại xi măng	Dung trọng $\gamma$ (kG/cm <sup>3</sup> )	Lực nén $F_v$ (kG)	$\tan \gamma$	Tiết diện $S$ (cm <sup>2</sup> )	Lực kéo $F_n$ (kG)	Ứng suất kéo $[\sigma_x]$ (kG/cm <sup>2</sup> )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=1/2*(3)/(4)	(7)=(6)/(5)
1	Hoàng Mai	0,00241	138,27	0,0743	348,50	930,50	2,67
2	Nghi Sơn	0,002475	139,34	0,0743	306,00	937,67	3,06

$[\sigma_x]$  thí nghiệm phù hợp với giá trị mà Kambiz Raoufi nghiên cứu đề xuất trong [9] (từ 300-400 psi)

Như vậy, cùng một loại cốt liệu, cùng phương pháp thí nghiệm nhưng sử dụng mỗi loại xi măng khác nhau thì cho kết quả ứng suất kéo cho phép tại thời điểm cắt khe của mẫu bê tông khác nhau. Điều này có thể giải thích thông qua sự khác nhau về quá trình hình thành cường độ của bê tông khi sử dụng xi măng khác nhau.



## 6. Nghiên cứu xác định chiều sâu xê khe

Chiều sâu xê khe  $h_{khe}$  được khảo sát thông qua công thức (7), với một số trường hợp tấm BTXM sử dụng 2 loại xi măng Hoàng Mai và Nghi Sơn; có kích thước được kiến nghị trong [2], trong đó chiều dài tấm  $L=4-5m$ ; bề dày tấm  $h=18-32cm$ . Riêng với lớp móng bên dưới tấm BTXM, do chưa có những số liệu thí nghiệm nên tác giả lựa chọn 2 loại chủ yếu với các thông số đã có trong [8] như Bảng 2:

**Bảng 2.** Giá trị lực dính  $c$  và lực ma sát  $\varphi$  của các lớp đáy tấm BTXM

STT	Vật liệu lớp móng	$c$ (kG/cm <sup>2</sup> )	$\tan \varphi$
1	Lớp tạo phẳng bằng cát	0,3	0,7
2	Đá dăm chêm chèn	0,2	1,2

Nhóm tác giả muốn tập trung vào khảo sát tổ hợp các yếu tố xét đến  $c$ ,  $\varphi$  của tầng móng tấm BTXM cùng yếu tố chiều dài tấm  $L$  với các loại xi măng sử dụng khác nhau. Từ đó đưa ra các kịch bản và kết quả như trong Bảng 3; xét đến yêu cầu tối thiểu của tỷ số  $h_{khe}/h$  trình bày như Hình 9 và Hình 10. Các kịch bản được ký hiệu:

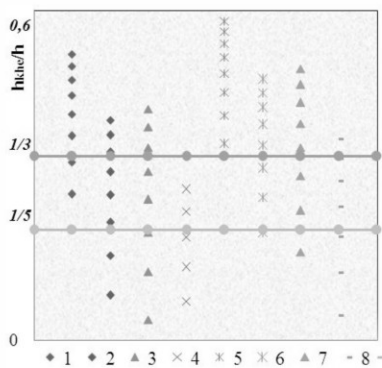
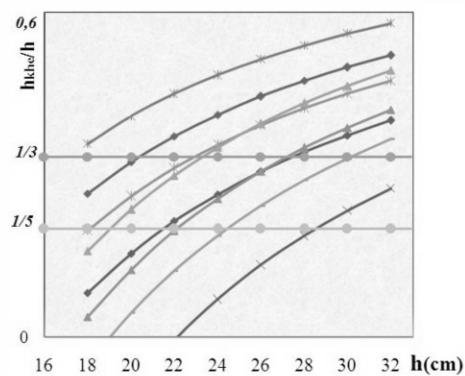
- Kịch bản 1: xi măng Hoàng Mai,  $L=4.0m$ , lớp móng trên là đá dăm chêm chèn: ◆1
- Kịch bản 2: xi măng Hoàng Mai,  $L=5.0m$ , lớp móng trên là đá dăm chêm chèn: ◆2
- Kịch bản 3: xi măng Hoàng Mai,  $L=4.0m$ , lớp móng trên tạo phẳng bằng cát: ▲3
- Kịch bản 4: xi măng Hoàng Mai,  $L=5.0m$ , lớp móng trên tạo phẳng bằng cát: ×4
- Kịch bản 5: xi măng Nghi Sơn,  $L=4.0m$ , lớp móng trên là đá dăm chêm chèn: ✕5
- Kịch bản 6: xi măng Nghi Sơn,  $L=5.0m$ , lớp móng trên là đá dăm chêm chèn: ✕6
- Kịch bản 7: xi măng Nghi Sơn,  $L=4.0m$ , lớp móng trên tạo phẳng bằng cát: ▲7
- Kịch bản 8: xi măng Nghi Sơn,  $L=5.0m$ , lớp móng trên tạo phẳng bằng cát: -8

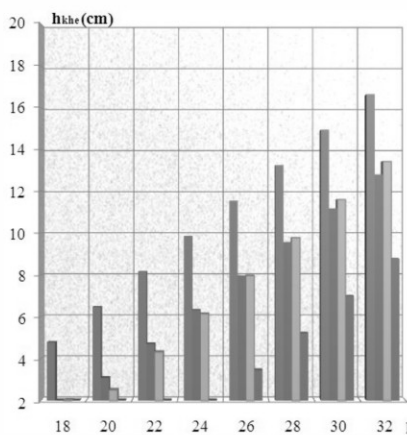
**Bảng 3.** Chiều sâu xẻ khe tối thiểu  $h_{khe}$  (cm) và tỷ lệ  $h_{khe}/h$  theo các kích bản

h (cm)	Kích bản 1	Kích bản 2	Kích bản 3	Kích bản 4	Kích bản 5	Kích bản 6	Kích bản 7	Kích bản 8
	Xi măng Hoàng Mai				Xi măng Nghi Sơn			
18	<u>4,8<sup>(*)</sup></u> 0,27	<u>1,5</u> 0,08	<u>0,7</u> 0,04	<u>-3,7</u> 0	<u>6,4</u> 0,36	<u>3,5</u> 0,20	<u>2,9</u> 0,16	<u>-0,9</u> -0,05
20	<u>6,5</u> 0,32	<u>3,1</u> 0,15	<u>2,5</u> 0,12	<u>-1,9</u> 0	<u>8,2</u> 0,41	<u>5,2</u> 0,26	<u>4,7</u> 0,24	<u>0,9</u> 0,04
22	<u>8,2</u> 0,37	<u>4,7</u> 0,21	<u>4,3</u> 0,20	<u>-0,1</u> 0	<u>9,9</u> 0,45	<u>6,9</u> 0,31	<u>6,6</u> 0,30	<u>2,7</u> 0,12
24	<u>9,9</u> 0,41	<u>6,3</u> 0,26	<u>6,1</u> 0,26	<u>1,7</u> 0,07	<u>11,6</u> 0,48	<u>8,5</u> 0,35	<u>8,4</u> 0,35	<u>4,5</u> 0,19
26	<u>11,6</u> 0,44	<u>7,9</u> 0,31	<u>8,0</u> 0,31	<u>3,5</u> 0,13	<u>13,3</u> 0,51	<u>10,2</u> 0,39	<u>10,2</u> 0,39	<u>6,3</u> 0,24
28	<u>13,2</u> 0,47	<u>9,6</u> 0,34	<u>9,8</u> 0,35	<u>5,2</u> 0,19	<u>15,1</u> 0,54	<u>11,8</u> 0,42	<u>12,1</u> 0,43	<u>8,1</u> 0,29
30	<u>14,9</u> 0,50	<u>11,2</u> 0,37	<u>11,6</u> 0,39	<u>7,0</u> 0,23	<u>16,8</u> 0,56	<u>13,5</u> 0,45	<u>13,9</u> 0,46	<u>9,9</u> 0,33
32	<u>16,6</u> 0,52	<u>12,8</u> 0,40	<u>13,4</u> 0,42	<u>8,8</u> 0,27	<u>18,5</u> 0,58	<u>15,2</u> 0,47	<u>15,8</u> 0,49	<u>11,7</u> 0,37

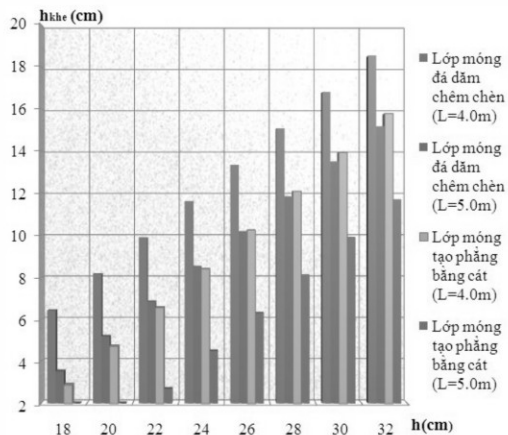
Ghi chú:

$$\frac{6,5}{0,32} \quad \frac{h_{khe} \text{ (cm)}}{h_{khe}/h}$$

 (\*)  $h_{khe}$  tính toán không đảm bảo giá trị tối thiểu 60mm theo quy định của [2].

 a)  $h_{khe}/h$  ứng với các kích bản khảo sát

 b)  $h_{khe}/h$  khi h thay đổi

**Hình 9.** Tỷ số giữa chiều sâu xẻ khe tối thiểu với bề dày tấm BTXM


a) Xi măng Hoàng Mai



b) Xi măng Nghi Sơn

**Hình 10.** Chiều sâu xẻ khe tối thiểu khi sử dụng các loại xi măng

Kết quả tính toán cho thấy, đối với trường hợp sử dụng xi măng Nghi Sơn, chiều sâu khe co có xu hướng sâu hơn so với xi măng Hoàng Mai. Đồng thời giá trị xê khe yêu cầu tối thiểu có thể lên tới h/2 (kịch bản 5).

Chiều sâu xê khe cũng phụ thuộc vào loại lớp móng. Lớp móng tạo phẳng bằng cát có ma sát đáy tấm nhỏ hơn nên chiều sâu xê khe nhỏ hơn loại móng đá dăm chêm chèn. Chiều dài tấm cũng là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp tới chiều sâu xê khe. Với các tấm có chiều dài lớn thì chiều sâu xê khe yêu cầu cũng nhỏ hơn khá nhiều.



## 7. Kết luận và kiến nghị

Trong phạm vi thí nghiệm còn hạn chế, điều kiện xác định các thông số liên quan chưa đầy đủ nên kết quả nghiên cứu mới dừng lại ở việc khảo sát sơ bộ bước đầu chiều sâu xê khe co. Tác giả đã áp dụng và thành công trong việc thí nghiệm xác định ứng suất kéo của vật liệu BTXM ở thời điểm xê khe co khi thi công mặt đường cứng BTXM (là bê tông chưa đủ thời gian ninh kết). Kịch bản khảo sát có nhiều kết quả cho thấy chiều sâu xê khe tối thiểu vượt qua mức quy định h/5-h/3 của tiêu chuẩn hiện hành. Đây cũng là định hướng tốt để tác giả tiếp tục đi sâu hơn vào nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khác như loại xi măng, vật liệu lớp móng, chiều dài tấm... đến quy định chiều sâu xê khe khi thi công mặt đường BTXM hiện nay.

### Tài liệu tham khảo

1. 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*, Ban hành theo Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT ngày 14 tháng 12 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Giao thông Vận tải.
2. Bộ Giao thông Vận tải (1995), *Quy trình thiết kế áo đường cứng 22TCN 223-95*.
3. ACPA (1992), *Design and Construction of Joint for Concrete Streets*, Publication of American Concrete Pavement Association, IS061.01P.
4. Nguyễn Mạnh Hùng (2013), *Sơ bộ nghiên cứu nội dung xê khe co mặt đường bê tông xi măng tại Nghệ An*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng.
5. Hoàng Tùng (2014), "Xác định thời điểm hợp lý xê khe co mặt đường bê tông xi măng", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 22/12-2014.
6. Dương Học Hải, Hoàng Tùng (2010), *Mặt đường sân bê tông xi măng cho đường ô tô - sân bay*, NXB Xây dựng.
7. Their Tony (2005), *Examining the Time and Depth of Saw-Cutting Guidelines for Concrete Pavement*, MSCE, Purdue University.
8. Dương Học Hải, Nguyễn Xuân Trục, *Thiết kế đường ô tô tập 2*, Nhà xuất bản Giáo dục.
9. Kambiz Raoufi et al (2009), *Saw-Cutting Guidelines for Concrete Pavements: Examining the Requirements for Time and Depth of Saw-Cutting*, Publication of Indiana Department of Transportation and the Federal Highway Administration.