

Mặt Đường Bê Tông Xi Măng Trên Nền Đàn Hồi: Ứng Xử Do Chênh Lệch Nhiệt Độ Và Tải Trọng Xe Đồng Thời

Hoàng Khắc Tuấn

Viện Xây dựng

Trường Đại học Giao thông vận tải

Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

hoangtuangtvtphcm@gmail.com

Phạm Ngọc Thạch

Viện Xây dựng

Trường Đại học Giao thông vận tải

Thành phố Hồ Chí Minh

Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

thach.pham@ut.edu.vn

Tóm tắt - Mặt đường bê tông xi măng có khe nối được sử dụng rộng rãi trong các tuyến quốc lộ, đường vào bến cảng, sân bay, trạm dừng,... Vì lý do đáp ứng nhu cầu vận tải hiện nay, các loại xe có nhiều trục, nhiều bánh đã được sản xuất và đưa vào hoạt động. Sự ảnh hưởng của tải trọng xe khi lưu thông trên đường rất phức tạp do lực tác dụng của tải được phân chia lên bề mặt đường thông qua nhiều cụm trục và cụm bánh xe. Bên cạnh đó các tấm bê tông xi măng cũng được liên kết với nhau bằng các thanh truyền lực tại các khe, điều này dẫn đến việc xác định chính xác nội lực của mặt đường trong quá trình phục vụ trở nên khó khăn. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã thực hiện mô phỏng phần tử hữu hạn trong không gian ba chiều với các thành phần vật liệu đầy đủ như một phân đoạn mặt đường hoàn chỉnh trong thực tế nhằm nghiên cứu ứng xử của hệ mặt đường bê tông xi măng. Toàn hệ được nghiên cứu với tải trọng bánh xe tiêu chuẩn, xe hai trục, ba trục, bốn trục và phân bố nhiệt độ theo chiều dày xảy ra đồng thời. Kết cấu mặt đường bê tông xi măng được nghiên cứu thuộc khu vực miền Trung Việt Nam. Các bước xây dựng mô hình phần tử hữu hạn được kiểm chứng bằng các thí nghiệm tại hiện trường và phương pháp giải tích.

Từ khóa-Mặt đường bê tông xi măng, ứng suất nhiệt, tải trọng xe, phần tử hữu hạn.

I. GIỚI THIỆU

Mặt đường là công trình thường xuyên chịu tác dụng trực tiếp tải trọng bên ngoài thông qua các cụm bánh xe, đồng thời cũng chịu tác động của các yếu tố khí hậu, thủy nhiệt và môi trường xung quanh. Đối với hệ mặt đường bê tông xi măng (BTXM), hai yếu tố chính ảnh hưởng đến ứng xử của hệ bao gồm tải trọng xe và nhiệt độ. Hai yếu tố này đã được đề cập trong một số phương pháp tính toán lựa chọn kết cấu mặt đường hiện nay [1], [2].

Một số phương pháp tính toán hệ mặt đường phổ biến được biết đến như: Tấm trên nền đàn hồi Winkler [3], mô hình tấm trên nền bán không gian đàn hồi [1], mô hình tấm một hoặc hai lớp trên nền đàn hồi nhiều lớp [2]. Bên cạnh đó, phân tích kết cấu

bằng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) cho mặt đường cũng được thực hiện từ nhiều năm nay bằng các mô hình hai chiều (2D) [4]. Tuy nhiên, với mô phỏng trong không gian 3D khắc phục được các nhược điểm từ mô hình 2D truyền thống và có thể mô phỏng đầy đủ các cấu kiện trong hệ mặt đường.

Nhóm tác giả sử dụng phần mềm Abaqus để mô phỏng PTHH cho mặt đường BTXM trong không gian 3D để có thể kể đến các yếu tố quan trọng như tương tác giữa mặt đường và lớp móng, liên kết các tấm BTXM thông qua các thanh thép tại khe nối và mô phỏng trường nhiệt độ trong tấm BTXM.

Một số nghiên cứu tại Việt Nam cũng đã áp dụng phương pháp mô phỏng PTHH để nghiên cứu ứng xử hệ mặt đường do chênh lệch nhiệt độ giữa hai mặt trên và dưới của tấm [5]. Trong thực tế, nhiệt độ phân bố không tuyến tính theo chiều dày và được kiểm chứng bằng thực nghiệm [6], điều này dẫn đến sai lệch đáng kể khi tính toán giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất trong tấm mặt đường BTXM. Hơn nữa, tác động tải trọng của các trục xe, vệt bánh xe vẫn chưa được nghiên cứu. Tải trọng xe luôn là yếu tố được quan tâm hàng đầu trong nghiên cứu và quản lý khai thác mặt đường. Thông qua các nghiên cứu, khảo sát và thống kê cho thấy các loại xe tải có 2 trục với tổng tải trọng trên 15 tấn, xe 3 trục và xe 4 trục có ảnh hưởng lớn trong thiết kế kết cấu áo đường tại Việt Nam [7]. Nhóm vận dụng kết quả khảo sát các loại xe phổ biến nêu trên để nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng đến ứng xử mặt đường BTXM. Mặt đường BTXM có ứng xử phức tạp do gồm nhiều tấm BTXM liên kết với nhau và cùng tham gia làm việc đồng thời. Do đó, cần nghiên cứu để xác định kích thước mô hình PTHH thông qua số lượng tấm cần thiết trong tính toán cũng như trong mô phỏng cho kết quả tin cậy.

Từ các nội dung nêu trên, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu ứng xử mặt đường BTXM với công trình thực tế tại Đà Nẵng, Việt Nam [8] chịu ảnh hưởng

của tải trọng xe, nhiệt độ đồng thời. Trước đó, nhóm trình bày phương pháp mô phỏng (PPMP) và kiểm chứng PPMP hệ mặt đường thông qua kết quả thí nghiệm hiện trường [4] và phương pháp tính giải tích [9].

II. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

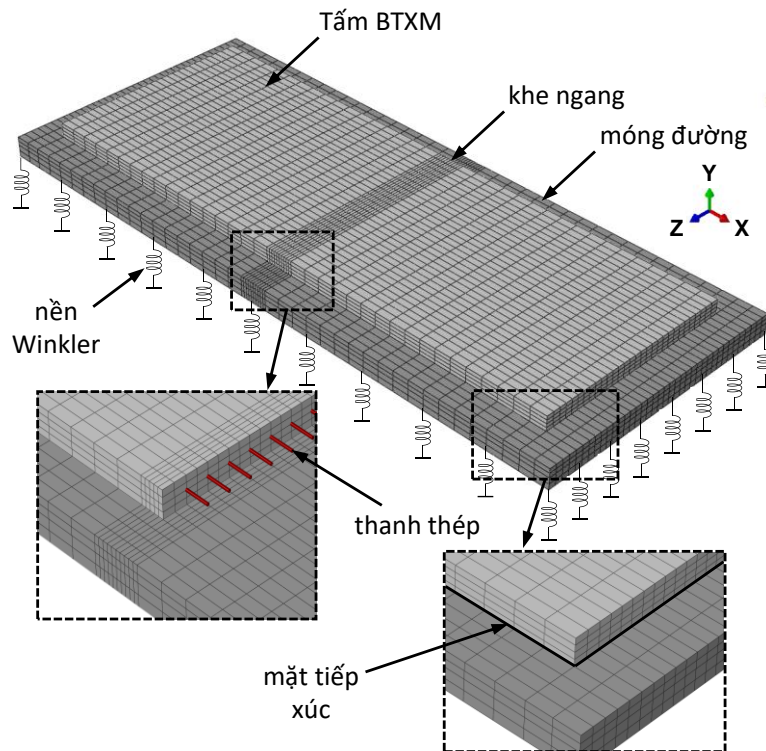
Trong bài báo, nhóm tác giả sử dụng phần mềm Abaqus để mô phỏng PTHH hệ mặt đường BTXM có khe nối, phần mềm này cũng đã được sử dụng cho mô phỏng mặt đường trong một số nghiên cứu trước đây [5], [10]. Đây là phần mềm có thể mô

phỏng các bài toán liên quan đến cơ học và nhiệt đồng thời [11], [12].

Bài toán hệ mặt đường BTXM chịu tải trọng xe và nhiệt độ đồng thời được thực hiện qua các bước sau:

- Bước 1: Toàn hệ chịu ảnh hưởng của trọng lực;
- Bước 2: Tấm mặt đường BTXM chịu ảnh hưởng của nhiệt độ phân bố theo chiều dày;
- Bước 3: Toàn hệ chịu tác động của tải trọng xe (khi có xét đến ảnh hưởng của tải trọng).

Các tính toán của bước sau đều kế thừa các thông số và kết quả phân tích của bước trước.



Hình 1. Các thành phần của hệ mặt đường BTXM.

A. Ứng xử vật liệu

Ứng xử vật liệu đàn hồi, tuyến tính và đẳng hướng với các tham số vật liệu: Mô đun (module) đàn hồi (E) hệ số Poisson (ν) đại diện cho đặc điểm vật liệu của hệ mặt đường bao gồm tấm BTXM, thanh thép truyền lực và thanh liên kết tại các khe nối, các lớp móng đường.

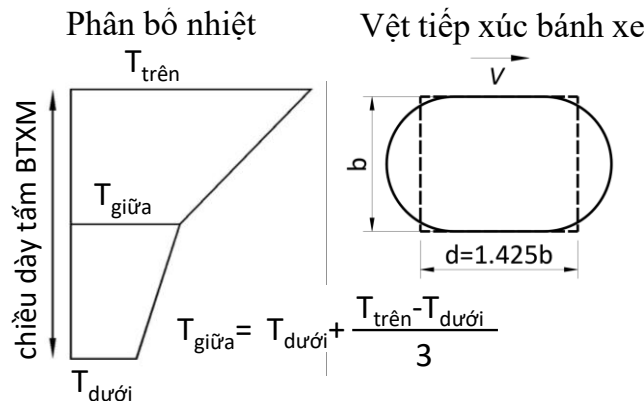
Đối với tấm BTXM mặt đường trong bài toán phân tích liên quan đến tác dụng của nhiệt độ cần được gắn thêm các thông số cần đề cập như: Trọng lượng riêng, hệ số giãn nở nhiệt, độ dẫn nhiệt và nhiệt dung riêng. Mô hình PTHH của các thành phần của hệ được minh họa trên hình 1.

B. Lưới phần tử hữu hạn

Đối với các bài toán thông thường, mặt đường BTXM chỉ chịu tải trọng đơn thuần (không phân tích do phân bố nhiệt độ), tấm BTXM và các lớp móng sử dụng phần tử dạng khối ba chiều (3D có 08 nút, trường chuyển vị bậc 1 và dùng thuật toán tích phân đầy đủ (C3D8) [11], [12] cho kết quả phù hợp với thí nghiệm [4]. Đối với trường hợp khi phân tích có liên quan đến nhiệt độ, tấm BTXM sử dụng phần tử dạng khối C3D20RT [11], [12]. Phần tử ba chiều, 20 nút C3D20RT có trường chuyển vị bậc 2 được dùng cho phân tích ứng suất, biến dạng và nhiệt đồng thời, sử dụng thuật toán tích phân thu gọn cho nội lực nút phần tử. Các lớp móng đường sử dụng phần tử liên tục C3D20R. Phần tử này có tính chất tương tự như

phần tử tấm BTXM nhưng không phân tích nhiệt độ, có 3 bậc tự do (chuyển vị) tại các nút.

Thanh thép truyền lực hoặc thanh liên kết sử dụng phần tử dầm bậc 1 (B31) hoặc bậc 2 (B32) phụ thuộc vào bậc chuyển vị của phần tử dạng khối liên kết với nó. Phần tử dầm có 6 bậc tự do (chuyển vị và xoay) tại các nút [11], [12]. Khi chia lưới phần tử cần tạo sự tương thích vị trí của các nút phần tử dầm và nút phần tử dạng khối thuộc tấm mặt đường BTXM nhằm đảm bảo tính chất truyền lực tại khe nối thông qua sự tương thích ba thành phần chuyển vị của hai loại phần tử khác nhau.



Hình 2. Vệt tiếp xúc bánh xe trên mặt đường và phân bố nhiệt độ.

Theo phương pháp truyền thống, khi tính toán tải trọng bánh xe tác dụng lên mặt đường, áp lực tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường được giả định bằng áp suất trong lốp xe, phân bố đều trên diện tích xấp xỉ hình chữ nhật. Để đơn giản hóa, nhóm tác giả vận dụng kết quả nghiên cứu [13] xác định diện tích vệt tiếp xúc theo dạng hình chữ nhật có chiều rộng (b) bằng chiều rộng lốp xe (chiều rộng lốp được tham khảo từ thông số của cơ sở sản xuất), chiều dài (d) được lựa chọn theo công thức quan hệ xấp xỉ $d = 1.425b$ (hình 2).

Chênh lệch nhiệt độ giữa mặt trên và dưới của tấm BTXM (ΔT) được xác định theo tích số giữa chiều dày và gradient nhiệt độ $0,89^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ được áp dụng cho khu vực miền Trung [8]. Với chiều dày tấm 25 cm có thể dễ dàng xác định $\Delta T = 22.25^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ phân bố theo chiều dày của tấm BTXM được tạo ra trong mô hình PTHH bằng cách gán giá trị nhiệt vào tất cả các nút. Giá trị nhiệt độ của các nút phần tử nằm trên một mặt phẳng tại độ sâu bất kỳ có giá trị như nhau và xem như là một biên nhiệt độ.

Các biên được khai báo gồm mặt trên ($T_{\text{trên}}$), chính giữa tấm ($T_{\text{giữa}}$) và mặt dưới ($T_{\text{dưới}}$) của tấm (hình 2). Giá trị biên nhiệt ở chính giữa tấm được xác định bởi quan hệ công thức với mặt trên và dưới

C. Mô hình tải trọng và chênh lệch nhiệt độ

Tổng tải trọng của xe được truyền lên bề mặt đường thông qua các cụm trục xe và cụm bánh xe. Sự phân phối lực lên các trục xe của mỗi loại xe rất khác nhau. Theo nghiên cứu [7] có thể thấy dựa vào phần trăm trung bình trọng lượng để tính toán tải trọng phân bố trên các cụm bánh xe. Tải trọng bánh xe được xem là tính tải phân bố đều trên một diện tích xác định.

đã được nghiên cứu [14]. Nhiệt độ của các nút phần tử nằm giữa hai biên nhiệt gần nhất được xem là phân bố tuyến tính.

D. Mô hình mặt tiếp xúc

Tiếp xúc giữa tấm BTXM và lớp móng được mô hình bằng ứng xử tiếp xúc theo phương tiếp tuyến và pháp tuyến với mặt tiếp xúc. Ứng xử tiếp xúc sử dụng mô hình ma sát “Coulomb friction” cho phương tiếp tuyến và mô hình “hard contact” cho phương pháp tuyến [11], [12]. Ứng xử tiếp xúc được đặc trưng bằng hệ số ma sát giữa tấm BTXM và lớp móng (μ). Theo AASHTO, hệ số ma sát μ giữa hai lớp vật liệu thường được lấy trong khoảng 0.9 đến 2.2. Tuy nhiên, do có bố trí lớp giấy dầu giữa hai lớp vật liệu nên ma sát giảm đáng kể và hệ số ma sát được chọn là 0.5 [14].

E. Mô hình nền đất

Nền đất dưới lớp móng được mô hình hóa bằng nền đàn hồi theo mô hình Winkler [3]. Mô hình Winkler được lý tưởng hóa môi trường đất thành các phần tử lò xo tuyến tính, đặt thẳng đứng, làm việc độc lập nhau và phân bố đều suốt bề mặt. Độ cứng của các phần tử lò xo là kết quả của tích số hệ số nền (k) và diện tích bề mặt phân bố. Hệ số nền k có thứ

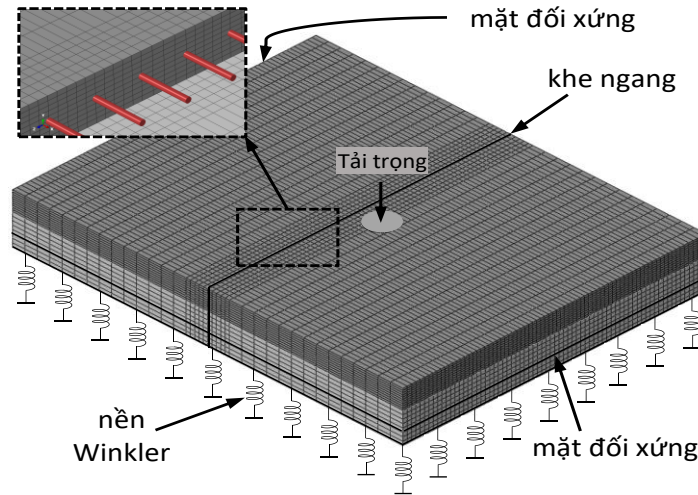
nguyên MPa/m và được xác định từ mối quan hệ $k-E$ [9], [15].

F. Kiểm chứng phương pháp mô phỏng

1) Bài toán hệ chịu tải trọng bánh trong thí nghiệm FWD

Để kiểm chứng sự liên kết giữa các tấm BTXM tại khe nối thông qua hiệu quả truyền tải trọng của

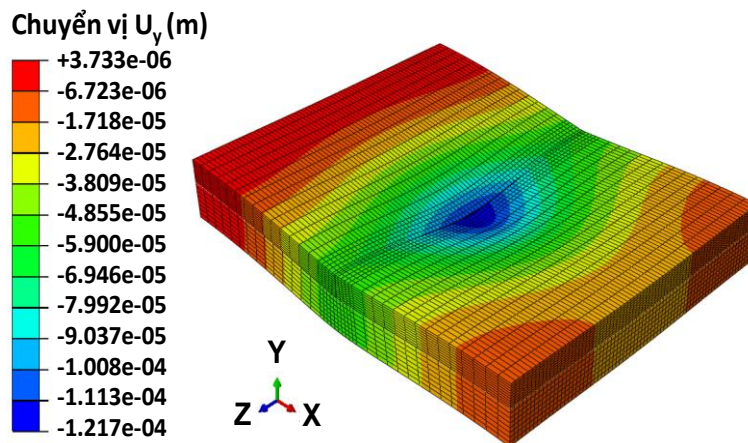
các thanh truyền lực, nhóm tác giả sử dụng kết quả thí nghiệm xác định hiệu quả truyền tải trọng của các thanh truyền lực tại khe ngang của Mackiewicz [4]. Tải trọng có dạng hình tròn tác dụng lên hệ mặt đường BTXM với đường kính 0.32 m và áp lực 0.70 MPa, mép tải trọng được đặt cách khe ngang 0.09 m.



Hình 3. Mô hình PTHH cho bài toán kiểm chứng.

Hệ mặt đường BTXM bao gồm các tấm có kích thước 3.5 m x 4.5 m x 0.25 m. Các tấm BTXM có mô đun đàn hồi và hệ số Poisson là 35 GPa và 0.20, lớp móng trên có mô đun đàn hồi và hệ số Poisson là 2.9 GPa và 0.30; lớp móng dưới có mô đun đàn hồi và hệ số Poisson là 193 MPa và 0.35. Thanh truyền lực có đường kính 25 mm, dài 0.5 m và khoảng cách giữa các thanh truyền lực 0.23 m. Thanh thép truyền lực có mô đun đàn hồi và hệ số Poisson là 210 GPa và 0.30. Nền đường được mô hình hóa bằng nền

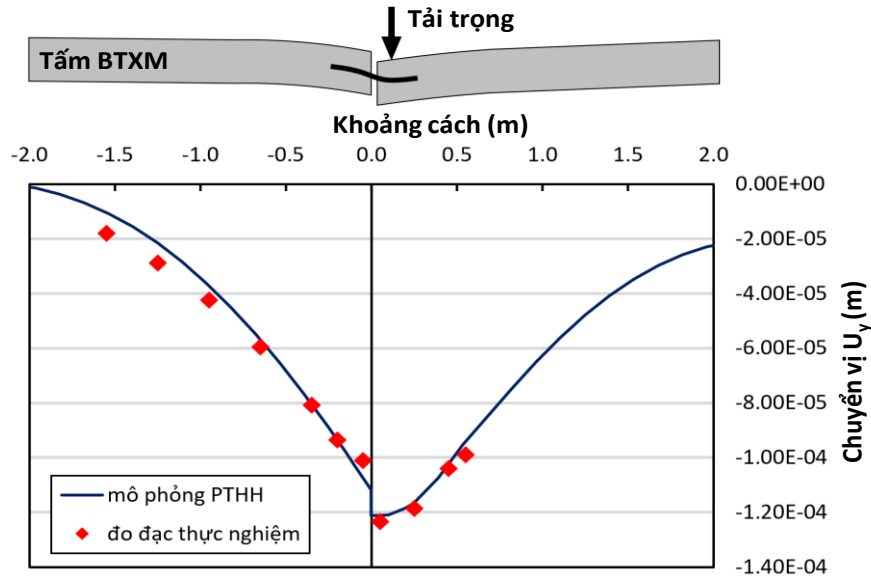
Winkler với mô đun phản lực nền $k = 110$ MPa/m. Tấm BTXM và các lớp móng sử dụng phần tử dạng khối, bậc 1 (C3D8). Thanh thép truyền lực được mô phỏng bằng phần tử dầm bậc 1 (B31). Tổng số lượng phần tử trong mô hình 11300 phần tử. Áp dụng tính chất đối xứng của hệ theo phương dọc tuyến (phương X), chỉ cần mô phỏng một nửa chiều dài của mỗi tấm và sử dụng điều kiện biên chống chuyển vị theo phương X tại các mặt phẳng đối xứng.



Hình 4. Trường chuyển vị của tấm BTXM do tải trọng của thí nghiệm FWD.

Kết quả chuyển vị của mặt đường thông qua các thiết bị đo đạc tại hiện trường được thực hiện bởi Mackiewicz cũng được trình bày trên hình 5. So sánh hai kết quả chuyển vị có độ sai lệch rất nhỏ.

Điều đó cho thấy rằng, phương pháp mô phỏng các thanh thép liên kết các tấm BTXM mặt đường có độ tin cậy.

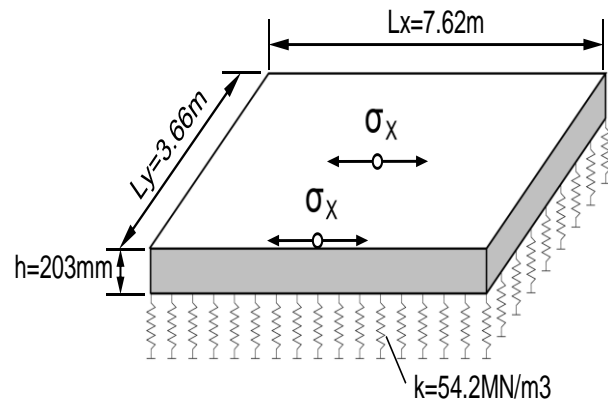


Hình 5. So sánh chuyển vị của tấm BTXM giữa đo đạc thực nghiệm [4] và mô phỏng PTHH.

2) Bài toán hệ chịu chênh lệch nhiệt độ

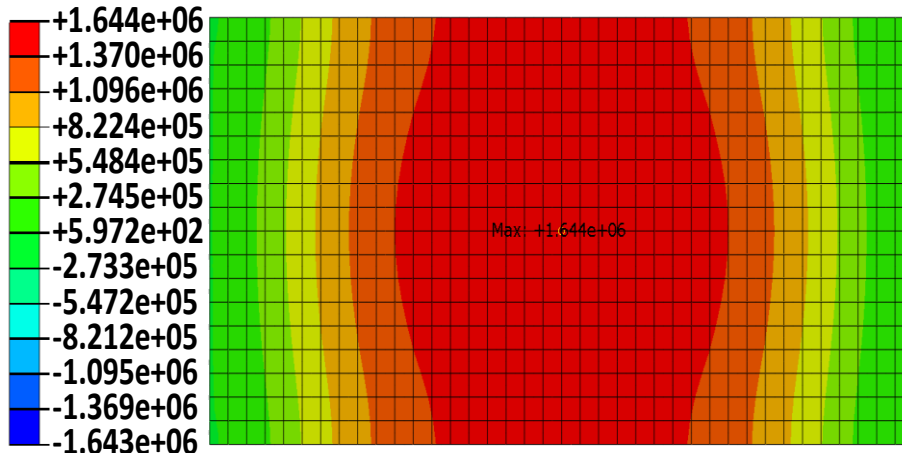
Mô hình kiểm chứng gồm một tấm BTXM chịu ảnh hưởng bởi chênh lệch nhiệt của hai bề mặt trên và dưới, giá trị chênh lệch $\Delta T = 11.1^{\circ}\text{C}$. Tấm có kích thước $7.62\text{ m} \times 3.66\text{ m} \times 0.203\text{ m}$, mô đun đàn hồi vật liệu $E = 27.6\text{ GPa}$ và hệ số Poisson $\nu = 0.15$ đặt trên nền đàn hồi có hệ số nền $k = 54.2\text{ MN/m}^3$. Hệ số giãn nở nhiệt $0,000009\text{ m/m}^{\circ}\text{C}$.

Tấm BTXM không ảnh hưởng bởi hạn chế chuyển vị theo phương và sử dụng phần tử dạng khối C3D20RT, tổng số lượng phần tử sử dụng trong mô hình: 1368. Biên nhiệt độ được gán cho các nút phần tử ở mặt trên và dưới của tấm.



Hình 6. Bài toán kiểm chứng phương pháp mô phỏng tấm BTXM ảnh hưởng bởi chênh lệch nhiệt độ.

Ứng suất σ_x (Pa)



Hình 7. Phân bố ứng suất kéo uốn ở mặt dưới của tấm BTXM.

Hình 7 thể hiện phân bố ứng suất tại mặt dưới của tấm BTXM. Kết quả ứng suất kéo uốn được so sánh với cách tính giải tích theo phương pháp của Bradbury 1938 được thực hiện bởi Y. H. Huang [9].

So sánh giá trị ứng suất kéo uốn do chênh lệch nhiệt độ theo phương dọc tuyến (phương x) tại vị trí giữa cạnh dọc của tấm (vị trí 1) và vị trí chính giữa tấm (vị trí 2).

BẢNG I. SO SÁNH ỨNG SUẤT NHIỆT
CỦA PHƯƠNG PHÁP TÍNH GIẢI TÍCH VÀ PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG PTHH

	PTHH (MPa)	H.Y.Huang [9] (MPa)	Chênh lệch (%)
Vị trí 1	1.497	1.48	1.15
Vị trí 2	1.644	1.64	0.00

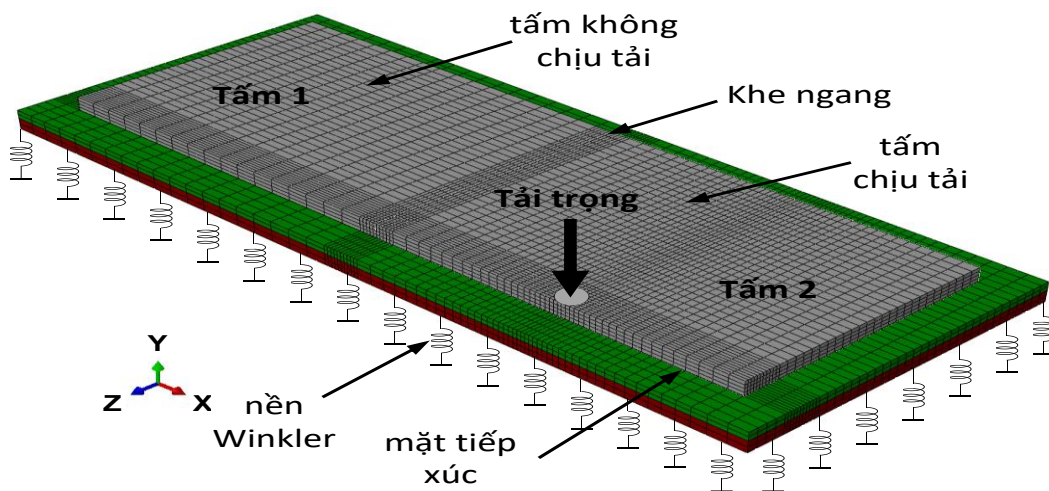
Kết quả so sánh giá trị ứng suất kéo uốn của cả hai phương pháp trùng khớp (bảng I), giá trị chênh lệch rất nhỏ. Từ đó cho thấy phương pháp mô phỏng tấm BTXM với tác nhân phân bố nhiệt độ theo chiều dày có độ tin cậy và có thể tiến hành mô phỏng hệ mặt đường BTXM chịu tải trọng xe và chênh lệch nhiệt độ đồng thời.

III. ỨNG XỬ MẶT ĐƯỜNG BTXM DO TẢI TRỌNG XE VÀ CHÊNH LỆCH NHIỆT ĐỘ

A. Ảnh hưởng của tải trọng bánh tiêu chuẩn và nhiệt độ

Nhóm tác giả sử dụng số liệu của một công trình mặt đường BTXM tại Đà Nẵng [8]. Hệ gồm hai tấm BTXM chịu tải trọng tiêu chuẩn và phân bố nhiệt độ

theo chiều dày. Tải trọng là một bánh xe tiêu chuẩn hình tròn phân bố đều có độ lớn $q = 0.6$ MPa có đường kính vệt bánh xe 33 cm tác dụng lên mặt đường. Mép tải trọng đặt trùng với mép giữa cạnh dọc của tấm 2, tấm BTXM còn lại (tấm 1) không chịu tác dụng của tải trọng. Cả hai tấm đều chịu ảnh hưởng bởi phân bố nhiệt. Loại phần tử sử dụng không thay đổi, lưới phần tử tại vị trí đặt tải trọng được điều chỉnh mịn hơn so với mô hình chỉ chịu ảnh hưởng do nhiệt độ bởi xuất hiện ứng suất tập trung lớn, tổng phần tử sử dụng cho mô hình: 23820 phần tử. Biên nhiệt độ áp dụng cho ba vị trí gồm mặt trên, chính giữa và mặt dưới của tấm với $\Delta T = 22.25^\circ\text{C}$ (mục II.C).

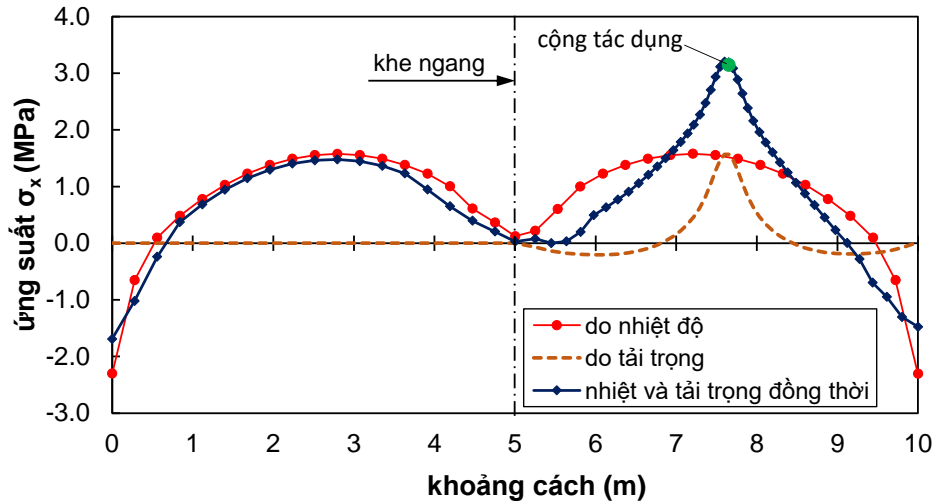


Hình 8. Mô hình PTHH của phân đoạn mặt đường BTXM có ảnh hưởng của tải trọng bánh tiêu chuẩn.

Không hạn chế bất kỳ chuyển vị nào cho các mặt của tấm BTXM. Bốn mặt xung quanh của 2 lớp móng sử dụng điều kiện biên chống chuyển vị theo phương vuông góc với mặt. Nền Winkler bên dưới lớp móng có mô đun phản lực nền $k = 44$ MPa/m. Hình 9 trình bày quả ứng suất kéo uốn theo phương dọc tuyến cho cả 3 trường hợp tấm BTXM chịu ảnh hưởng của nhiệt độ; tải trọng bánh xe tiêu chuẩn; nhiệt độ và tải trọng bánh xe đồng thời.

Giá trị ứng suất kéo uốn khi hệ BTXM mặt đường chỉ chịu ảnh hưởng của nhiệt độ: 1.58 MPa.

Giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất khi hệ chỉ chịu tác dụng của tải trọng: 1.57 MPa. Tổng ứng suất do nhiệt độ và tải trọng theo phương pháp cộng tác dụng 3.15 MPa. Khi mô phỏng ảnh hưởng do tải trọng và nhiệt độ đồng thời cho kết quả ứng suất kéo uốn lớn nhất: 3.19 MPa, giá trị chênh lệch giữa hai phương pháp rất nhỏ chỉ 0.04 Mpa (khoảng 1.25%). Điều đó cho thấy phương pháp cộng tác dụng từ hai tác nhân thành phần là nhiệt độ và tải trọng cho kết quả chính xác.

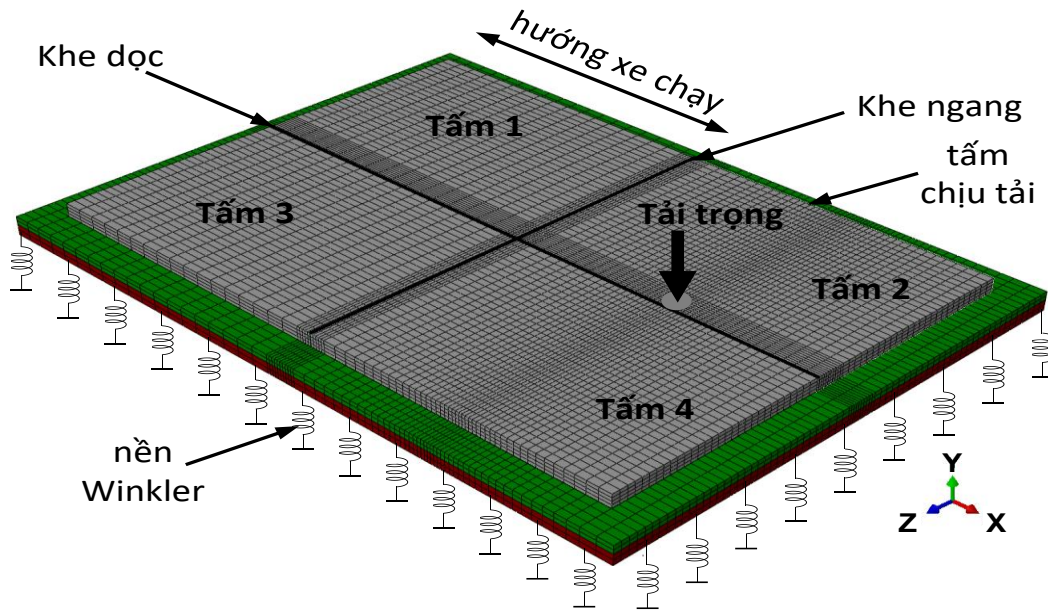


Hình 9. Ứng suất uốn trong tấm BTXM do tải trọng và chênh lệch nhiệt độ.

B. Ảnh hưởng của tấm liền kề

Hai tấm BTXM liền kề nối với nhau bằng khe ngang đã được xem xét ở mục III.A, tại mục này nhóm thực hiện nghiên cứu ứng xử cả hệ mặt đường hoàn chỉnh nhằm tìm ra số tấm cần thiết đảm bảo trong trường hợp mô phỏng tối thiểu vẫn cho kết quả tin cậy.

Thực hiện mô hình PTHH bao gồm 4 tấm BTXM, tấm 3 và 4 được liên kết với tấm 1 và 2 bằng các thanh thép liên kết. Các thanh thép liên kết có đường kính 14 mm, dài 700 mm và cách nhau 800 mm. Tấm 2 chịu tải trọng bánh tiêu chuẩn và ảnh hưởng nhiệt độ đồng thời, các tấm 3 và 4 chỉ chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ như tấm 1.

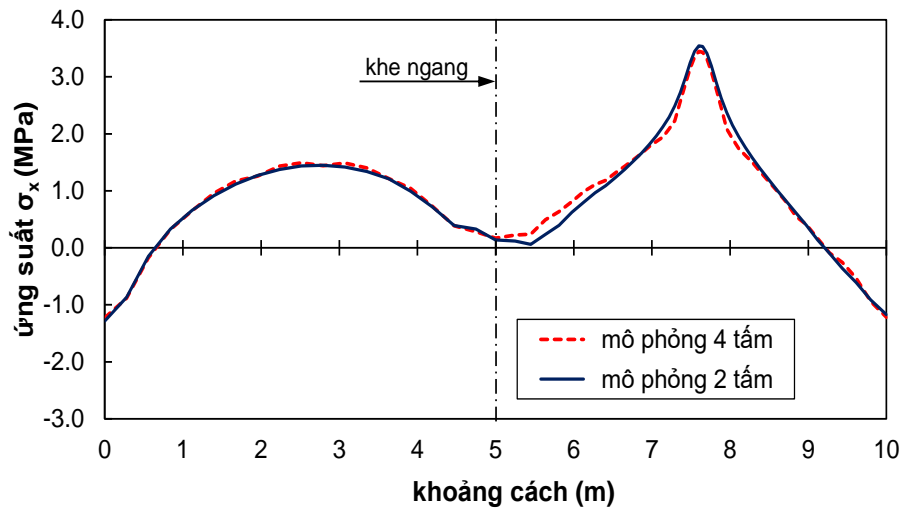


Hình 10. Mô hình PTHH của hệ mặt đường BTXM gồm bốn tấm chịu ảnh hưởng của tải trọng bánh tiêu chuẩn và chênh lệch nhiệt độ.

Hình 11 so sánh giá trị ứng suất kéo uốn của mặt đường BTXM cho cả hai trường hợp khi mô phỏng cho thấy khi mô phỏng bốn tấm BTXM mặt đường liền kết với nhau và chỉ mô phỏng hai tấm đều cho kết quả tương đồng với sai lệch không đáng kể. Do

đó, các tấm lân cận (thông qua khe dọc) không ảnh hưởng nhiều đến kết quả khi mô phỏng hoặc tính toán giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất.

Vì thế, có thể thấy rằng sự truyền lực tác dụng qua khe dọc rất kém.



Hình 11. Ứng suất uốn khi mô phỏng hệ mặt đường gồm 2 tầm và 4 tầm.

C. Ảnh hưởng của các loại xe có nhiều trục

Tác giả thực hiện khảo sát sự ảnh hưởng của một số loại xe tải thông dụng và lưu hành phổ biến tại Việt Nam đến ứng xử của mặt đường. Nghiên cứu [7] đã thống kê và xác định sự ảnh hưởng quan trọng

các loại xe tải có 2 trục, 3 trục và 4 trục trong tính toán thiết kế mặt đường như sau:

- Xe 2 trục có tổng tải trọng trên 15 tấn;
- Xe 3 trục có tổng tải trọng 20 ÷ 30 tấn;
- Xe 4 trục có tổng tải trọng 25 ÷ 44 tấn.

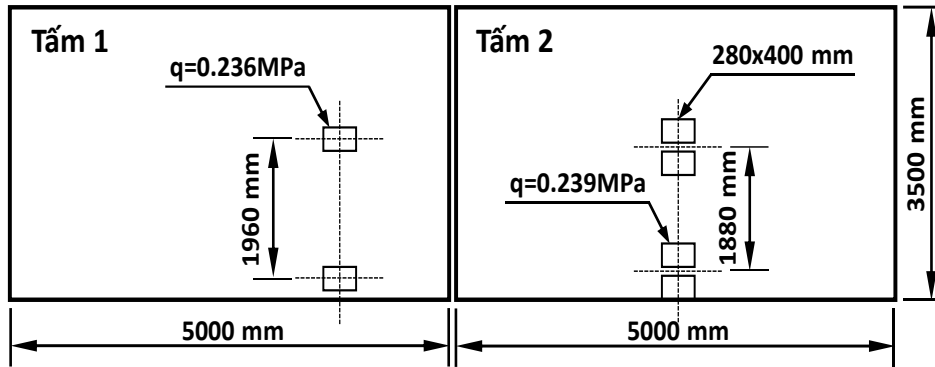


Hình 12. Các loại xe tải được khảo sát ảnh hưởng đến ứng xử mặt đường.

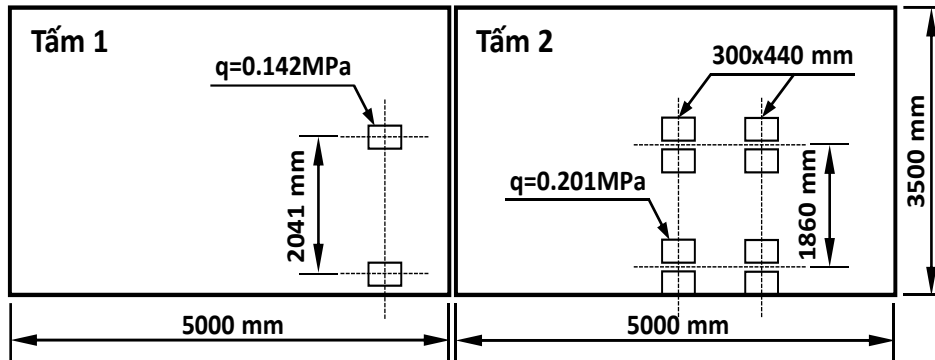
Tác giả tiến hành khảo sát các loại xe đại diện:

- Xe tải Dongfeng, loại xe 2 trục và tổng tải trọng cho phép 16 tấn;
- Xe tải Howo, loại xe có 3 trục và tổng tải trọng cho phép 24 tấn;
- Xe tải Daewoo, loại xe có 4 trục và tổng tải trọng cho phép 40 tấn.

Khoảng cách giữa các trục xe theo phương dọc và phương ngang được tham khảo từ thông số kỹ thuật của từng loại xe. Vị trí các trục trước của xe được đặt tại tầm 1, các trục sau đặt tại tầm 2. Trục sau thứ nhất (tính từ đầu xe) được đặt tại vị trí giữa cạnh dọc của tầm BTXM mặt đường.



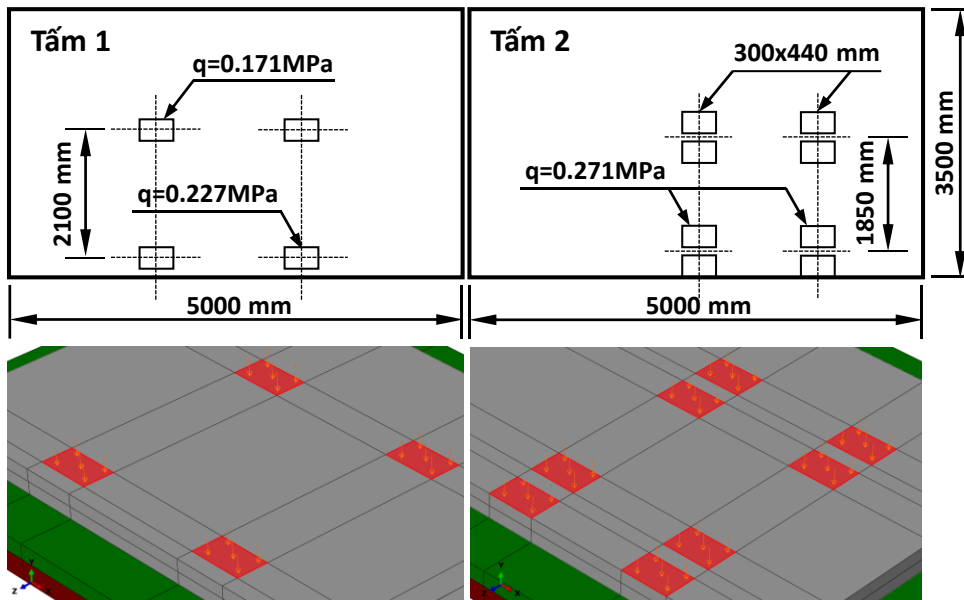
Hình 13. Vị trí tải trọng bánh xe của xe 2 trục.



Hình 14. Vị trí tải trọng bánh xe của xe 3 trục.

Nghiên cứu cho thấy phân bố ứng suất lớn nhất đều tập trung ở tấm chịu tác dụng của tải trọng trực sau. Ảnh hưởng của xe tải 2 trục rất lớn xấp xỉ bằng

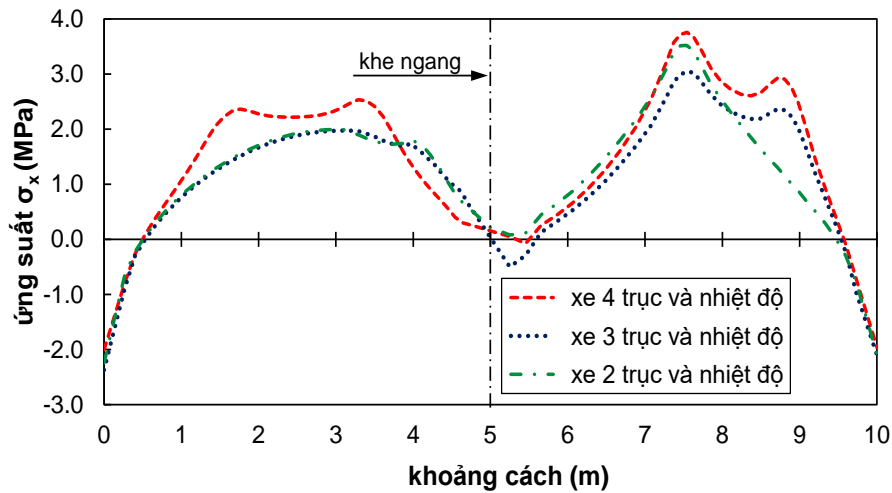
xe 4 trục và lớn hơn nhiều ảnh hưởng của xe 3 trục mặc dù tổng tải trọng của xe 2 trục nhỏ hơn rất nhiều so với các loại xe còn lại.



Hình 15. Mô phỏng tải trọng bánh cho xe 4 trục.

Hình 16 thể hiện ứng suất do nhiệt độ và tải trọng đồng thời đối với các loại xe tải 2 trục, 3 trục và 4 trục. Giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất khi mô phỏng

trường hợp hệ chịu tải trọng xe 2 trục nặng 16 tấn: 3.52 MPa, xe 3 trục nặng 24 tấn: 3.05 MPa và xe 4 trục nặng 40 tấn: 3.75 MPa.

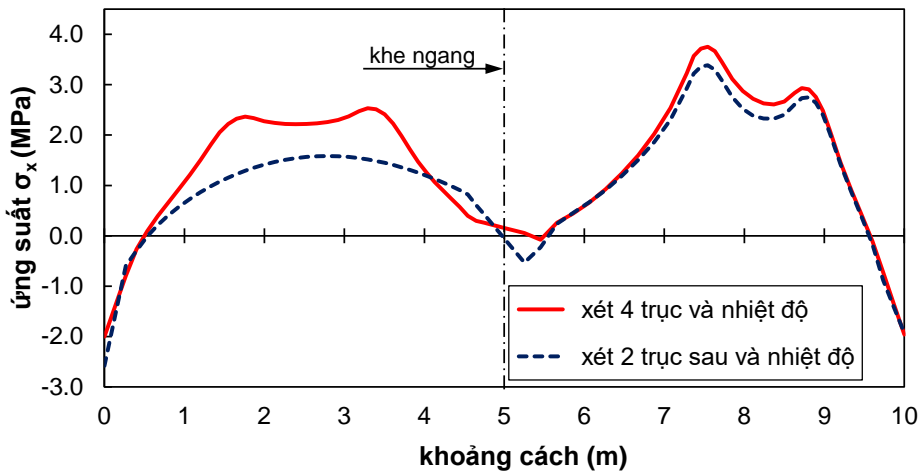


Hình 16. Ứng suất mặt đường do nhiệt độ và tải trọng các loại xe nhiều trục.

D. Ảnh hưởng của số trục xe của xe có nhiều trục

Nhóm tác giả khảo sát giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất do nhiệt độ và tải trọng xe tạo nên. Tải trọng được mô phỏng lần lượt cho các trường hợp với số lượng trục tăng dần của cùng một loại xe. Xe

tải Daewoo có 4 trục và tổng tải trọng cho phép 40 tấn được khảo sát. Các trường hợp khảo sát bao gồm: (1) tác dụng của 2 trục sau, (2) toàn bộ 4 trục bao gồm 2 trục trước và 2 trục sau đồng thời tác dụng.



Hình 17. So sánh ứng suất mặt đường ảnh hưởng bởi nhiệt độ và số trục xe.

Hình 17 cho thấy ứng suất kéo uốn lớn nhất thuộc trường hợp mô phỏng cả bốn trục xe với giá trị 3.75 MPa, trường hợp chỉ mô phỏng hai trục sau của xe cho giá trị ứng suất kéo 3.39 MPa, chênh lệch 0.36 MPa (khoảng 10%). Vì vậy, cần thiết tính toán và mô phỏng tất cả trục xe của xe tải nặng với nhiều trục có thể xuất hiện hoặc lưu thông trên đường.

IV. KẾT LUẬN

Bằng cách tiếp cận mô phỏng PTHH, nhóm tác giả đã nghiên cứu ứng xử của tấm BTXM mặt đường ô tô chịu tác động của tải trọng xe và chênh lệch nhiệt độ đồng thời. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

- Khi mô phỏng hệ mặt đường hoàn chỉnh, giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất do tải trọng và nhiệt độ

xuất hiện đồng thời bằng với phương pháp cộng tác dụng từ hai giá trị ứng suất kéo uốn từng thành phần tải trọng và nhiệt độ;

- Hiệu quả truyền tải trọng qua khe dọc của mặt đường BTXM thông qua các thanh thép liên kết không đáng kể, do đó khe dọc chỉ có tác dụng liên kết các tấm thành một hệ mặt đường hoàn chỉnh;

- Khi tính toán và mô phỏng hệ mặt đường chỉ cần mô phỏng các tấm nối nhau bằng khe ngang, không cần xét đến các tấm liên kết với nhau qua khe dọc. Điều này sẽ tiết kiệm thời gian tính toán và phân tích;

- Trong quá trình thiết kế, quản lý và khai thác đối với mặt đường BTXM cần chú trọng xe 2 trục có tổng tải trọng trên 15 tấn, đây là xe có lượng lưu

thông lớn và ảnh hưởng đến ứng xử mặt đường xấp xỉ bằng xe tải nặng có 4 trục và ảnh hưởng nhiều hơn xe tải nặng 3 trục;

• Để tìm giá trị ứng suất kéo uốn lớn nhất trong tấm BTXM có xét ảnh hưởng của tải trọng xe nặng, nhiều trục, phải tính toán hoặc mô phỏng tất cả các trục của xe.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Giao thông vận tải, “Quy trình thiết kế mặt đường cứng đường ô tô,” 22TCN 233-95, Hà Nội, Việt Nam: NXB Giao thông vận tải, 1995.
- [2] Tổng cục đường bộ Việt Nam, “Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông,” TCCS 39:2022, 2022.
- [3] H. M. Westergaard, “Analysis of stress in concrete pavements due to variations of temperature,” Highway Research Board, vol.6, pp. 201-215, 1926. Available: <https://trid.trb.org/view/105055>. Accessed on: 20/6/2022.
- [4] P. Mackiewicz, “Analysis of stresses in concrete under a dowel according to its diameter and load transfer efficiency,” Canadian Journal of Civil Engineering, vol.141, no.6, 2015. DOI:10.1139/cjce-2014-0110.
- [5] P. N. T. Vy, N. M. Tuấn. “Ứng xử mặt đường bê tông xi măng có khe nối do chênh lệch nhiệt độ bằng phần mềm abaqus”. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 5, tr. 56-59 2016. Available: <https://tapchigiaothong.vn/ung-xu-mat-duong-be-tong-xi-mang-co-khe-noi-do-chenh-lech-nhiet-do-bang-phan-mem-abaqus-18326520.htm>. Ngày truy cập: 20/6/2022
- [6] P. D. Linh, V. Đ. Sỹ, P. C. Thăng, “Nghiên cứu tính toán gradient nhiệt độ và nhiệt độ trung bình trong tấm bê tông xi măng mặt đường trong điều kiện khí hậu Việt Nam,” Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 8, tr. 43-46. Available: <https://tapchigiaothong.vn/nghien-cuu-nhiet-do-trong-tam-be-tong-xi-mang-mat-duong-tai-viet-nam-18388605.htm>. Ngày truy cập: 20/6/2022.
- [7] N. V. Phương; “Khảo sát một số loại xe tải ở Việt Nam và đánh giá ảnh hưởng của chúng đến việc tính toán kết cấu áo đường mềm,” Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, số 1, tr. 32-36. Available: <https://stce.huce.edu.vn/index.php/vn/article/view/26>. Ngày truy cập: 20/6/2022.
- [8] P. Đ. Nguyễn, N. V. Tươi, P. Đ. Nhân, P. H. Khang, “Khảo sát sự chênh lệch nhiệt độ trong tấm bê tông xi măng mặt đường ô tô khu vực miền trung,” Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 12, 2016. Available: <https://tapchigiaothong.vn/khao-sat-su-chenh-lech-nhiet-do-trong-tam-be-tong-xi-mang-mat-duong-o-to-khu-vuc-mien-trung-18336227.htm>. Ngày truy cập: 20/6/2022.
- [9] Y. H. Huang. “Pavement analysis and design,” 2nd Edition, Prentice Hall, 2004.
- [10] P. H. Khang, N. B. Tùng, N. Đ. Chung, “Ứng dụng phần mềm Abaqus tính ứng suất, biến dạng kết cấu mặt đường mềm sân bay,” Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 2, 2017. Available: <https://tapchigiaothong.vn/ung-dung-phan-mem-abaqus-tinh-ung-suat-bien-dang-ket-cau-mat-duong-mem-san-bay-18337706.htm>. Ngày truy cập: 20/6/2022.
- [11] Dassault Systèmes, “Abaqus theory manuals,” 6.11, Simulia Corp, RI, USA, 2016.
- [12] T. Belytschko, W. Liu, B. Moran, K. Elkhodary, “Nonlinear finite elements for continua and structures,” 2nd Edition, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2014.
- [13] V. C. Hàm, N. Đ. Dũng; “Xác định các đặc trưng tiếp xúc trong bài toán tương tác động lực học giữa xe và đường”. Tạp chí Giao thông vận tải, số tháng 9, 2016. Available: <https://tapchigiaothong.vn/xac-dinh-cac-dac-trung-tiep-xuc-trong-bai-toan-tuong-tac-dong-luc-hoc-giua-xe-va-duong-18331146.htm>. Ngày truy cập: 20/06/2022.
- [14] S. R. Maitra, K. S. Reddy, L. S. Ramachandra, “Estimation of Critical Stress in Jointed Concrete Pavement,” Procedia – Social and Behavioral Sciences, vol.104, pp. 208-217, 2013. DOI:10.1016/j.sbspro.2013.11.113.
- [15] D. H. Hải, H. Tùng. “Mặt đường bê tông xi măng cho đường ô tô – sân bay,” Hà Nội, Việt Nam: NXB Xây dựng, 2010.