

KHẢO SÁT SỰ TÁC ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG NGANG ĐẾN ỨNG SUẤT CẮT - TRƯỢT TRONG KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG MỀM

STUDY OF THE EFFECTS OF HORIZONTAL LOAD ON SHEAR STRESS IN FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURES

Phạm Kiên

Phân hiệu Đại học Đà Nẵng tại Kon Tum; phamkienv@gmail.com

Tóm tắt - Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu áo đường mềm 22TCN 211-06 của Việt Nam chưa xét đến lực ngang của bánh xe tác động đến kết cấu mặt đường. Tuy nhiên trong thực tế, luôn có phát sinh ứng suất kéo uốn, ứng suất cắt trượt trong kết cấu áo đường mềm do sự tác động của thành phần lực ngang của xe chạy; Đặc biệt, đối với các trường hợp phát sinh tải trọng ngang lớn như: xe tăng tốc - giảm tốc, dừng xe đột ngột, đường cong bán kính bé, độ dốc dọc của đường lớn. Bài báo này thể hiện sự đánh giá về tác động của tải trọng ngang do xe chạy gây ra đối với kết cấu áo đường mềm và đề xuất mô hình tính toán có xét đến sự tác động đó dựa trên phương pháp tính toán của tiêu chuẩn 22TCN 211-06.

Từ khóa - kết cấu áo đường mềm; lực ngang do xe chạy; tải trọng ngang; dừng xe đột ngột; độ dốc dọc lớn.

Abstract - The Vietnam standards of designing flexible pavement structures 22TCN 211-06 have not considered the effect of horizontal wheel loads on flexible pavement structures. However, in practice, due to the effect of horizontal wheel loads, there always appear a bending tensile stress and a shear stress in pavement structures. Particularly, the increasing or decreasing of the vehicle speed, sudden stops, small-radius curves and steep ramps often generate a big horizontal load. This paper presents an evaluation of the effect of horizontal loads on flexible pavement structures and proposes a calculation model taking into account the effects of horizontal load with reference to the standard 22TCN 211-06.

Key words - flexible pavement structures; horizontal wheel forces; horizontal loads; sudden stops; steep ramps.

1. Đặt vấn đề

Thiết kế kết cấu áo đường mềm đảm bảo các yêu cầu về độ bền khai thác là vấn đề đang được quan tâm sâu sắc của không chỉ các nhà khoa học giao thông vận tải mà còn của các nhà quản lý khai thác hệ thống đường bộ.

Tuy nhiên để xây dựng một mô hình tính toán tối ưu là điều khó khăn khi các điều kiện thực tế rất phức tạp và luôn biến động. Cũng chính vì lý do đó, các nhà khoa học đã và đang cố gắng hoàn thiện phương pháp tính, trong đó cố gắng xét đến tất cả các tác động thực tế có thể.

Vấn đề tải trọng tác dụng là điều kiện đầu vào hiện nay mới chỉ được xem xét là tải trọng tĩnh tác dụng thẳng đứng lên mặt đường thể hiện trong các tiêu chuẩn thiết kế của đa số các quốc gia (Ví dụ: Tiêu chuẩn 22TCN 211-06 của Việt Nam, Tiêu chuẩn AASHTO của Mỹ).

Trong các nghiên cứu trước đây của một số tác giả [2], [3] đã phân tích, mô tả ứng suất kéo - uốn khi phân tích mô hình bánh xe tác động lên kết cấu áo đường mềm đàn hồi, nhiều lớp, trong đó có xét đến tác động của lực ngang do bánh xe gây ra. Tuy nhiên, các nghiên cứu cũng chưa đề cập nhiều đến việc phân tích để làm rõ sự phá hoại kết cấu áo đường do các ứng suất cắt - trượt gây ra.

Romanoschi và cộng sự đã nghiên cứu và phân tích bằng chương trình phần tử hữu hạn ABAQUS để khảo sát sự làm việc của kết cấu áo đường mềm cộng thêm sự có mặt lực ngang của bánh xe tác động đến kết cấu mặt đường [4]. Kết quả nghiên cứu trình bày về một số vấn đề chủ yếu sau:

- Tải trọng ngang tác động trên bề mặt mặt đường dẫn đến đột ngột tăng cường độ biến dạng ở phía trên và phía dưới lớp áo đường và ở trên cùng của lớp kết dính. Điều này lý giải cho việc các vết nứt bắt đầu tại bề mặt đường chứ không phải ở dưới đáy của lớp nhựa đường như thường giả định để tính toán kết cấu áo đường.

- Khi có tải trọng ngang tác dụng, cường độ và biến

dạng nén lớn hơn so với trường hợp không xét đến tải trọng ngang. Điều này có thể ảnh hưởng đến sức kháng của hỗn hợp bê tông nhựa đối với tải trọng lặp.

- Tải trọng ngang ít có ảnh hưởng đến độ lớn và hình dạng của độ võng mặt đường.

Rõ ràng tải trọng ngang có ảnh hưởng đáng kể, nhất là đối với ứng suất cắt trượt trong kết cấu áo đường mềm. Như vậy, việc nghiên cứu nhằm bổ sung các trường hợp tải trọng tác dụng lên kết cấu áo đường làm cơ sở cho việc tính toán, thiết kế kết cấu áo đường mềm đảm bảo các yêu cầu về cường độ, biến dạng, độ bền khai thác là vấn đề cần được quan tâm.

2. Nội dung khảo sát

2.1. Mô hình khảo sát

Để làm rõ hơn các nhận định về tác động của tải trọng ngang, dưới đây xin được trình bày kết quả khảo sát, phân tích sự phát sinh ứng suất cắt trượt đối với các trường hợp tác dụng của tải trọng ngang:

- Khi không có tải trọng ngang tác dụng: xe đứng yên, $P_h = 0$.

- Khi xe tăng - giảm tốc hoặc độ dốc dọc của đường lớn hoặc xe đi vào đường cong có bán kính nhỏ: lấy giá trị của tải trọng P ngang (Ký hiệu P_h) bằng 50% tải trọng thẳng đứng tiêu chuẩn, tham khảo [3];

- Khi xe hãm phanh đột ngột: lấy giá trị của tải trọng ngang bằng 80% tải trọng thẳng đứng tiêu chuẩn, tham khảo [3] - đây được coi là trường hợp tải trọng ngang P_h có giá trị lớn nhất khi khảo sát.

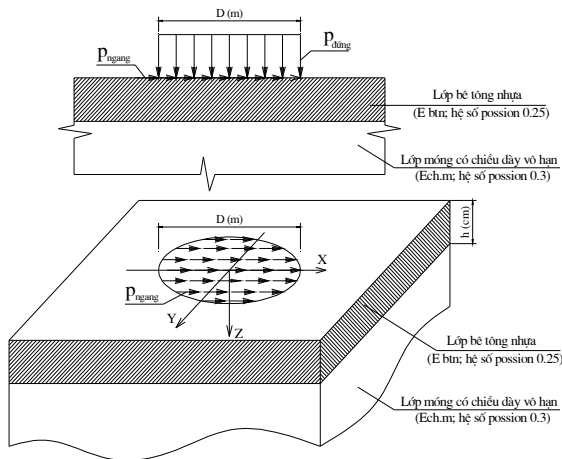
Sử dụng phần mềm BISAR 3.0 để khảo sát kết cấu mặt đường mềm với bài toán hệ đàn hồi nhiều lớp:

- Mô hình bánh xe tác động: trục đơn, tải trọng thẳng đứng: $P_v = 0,6 \text{ MPa}$, được trình bày ở Hình 1.

- Đường kính vệt bánh xe: $D = 33 \text{ cm}$.

- Mặt đường cấp cao A1:

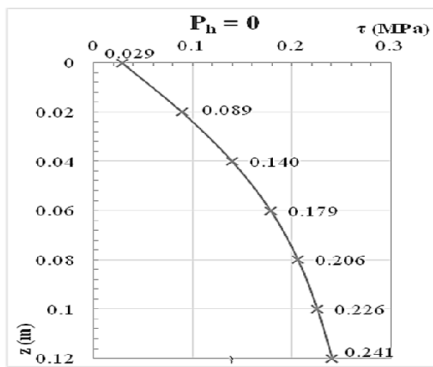
- + Mặt đường Bê tông nhựa (BTN): $h = 12\text{cm}$;
 $E_{\text{btn}} = 224\text{ MPa}$;
 + Kết cấu móng có: $E_{\text{ch.m}} = 142\text{ MPa}$.



Hình 1. Mô hình bài toán hệ đàn hồi nhiều lớp

2.2. Kết quả khảo sát

2.2.1. Trường hợp khi tải trọng ngang $P_h=0$



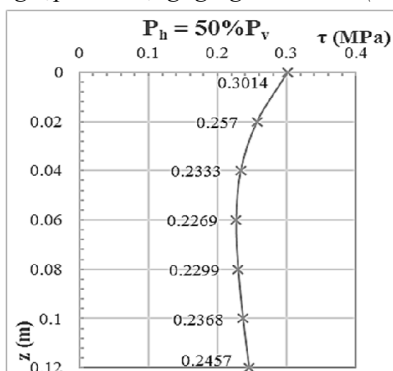
Hình 2. Ứng suất cắt trong mặt đường BTN, trường hợp tải trọng ngang $P_h = 0$

Kết quả trên Hình 2 cho thấy:

Ứng suất cắt tại bề mặt mặt đường có giá trị nhỏ nhất và độ lớn này không có tác động đáng kể đến kết cấu.

Ứng suất cắt có giá trị lớn nhất tại đáy lớp mặt đường. Trường hợp này giống với giả thiết phá hoại do cắt - trượt xảy ra tại các mặt tiếp xúc của các lớp kết cấu trong phương pháp tính toán kết cấu áo đường mềm của Tiêu chuẩn 22TCN 211 - 06 [1].

2.2.2. Trường hợp khi tải trọng ngang $P_h=50\%P_v$ ($P_h=0,3\text{ MPa}$)



Hình 3. Ứng suất cắt trong mặt đường BTN, trường hợp tải trọng ngang $P_h = 0,3\text{ MPa}$

Ứng suất cắt có giá trị giảm dần trong khoảng giữa của lớp mặt đường, sau đó tăng không đáng kể theo chiều sâu đến đáy của lớp bê tông nhựa.

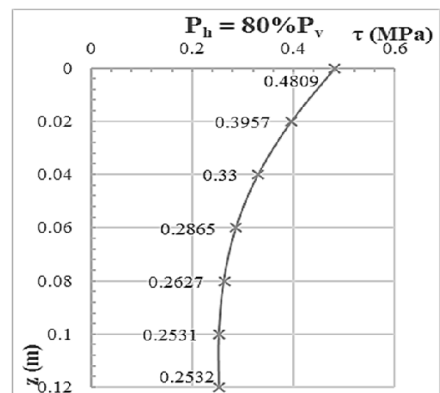
Kết quả cho thấy ứng suất cắt có giá trị lớn nhất tại bề mặt đường, đó có thể là lý do dẫn đến phá hoại sớm thường xảy ra ngay tại bề mặt. Đây là điểm khác biệt so với giả định trong kiểm toán ứng suất cắt trượt của Tiêu chuẩn 22TCN 211 - 06 [1].

2.2.3. Trường hợp khi tải trọng ngang $P_h=80\%P_v$ ($P_h=0,48\text{ MPa}$)

Ứng suất cắt có giá trị lớn nhất tại bề mặt đường và giảm đáng kể theo chiều sâu của kết cấu (Hình 4).

Kết quả khảo sát giúp ta có thể nhận định: Các vị trí mặt đường đang được khai thác trong thực tế thường xuyên chịu lực hãm phanh như: trạm cân xe, điểm dừng điểm đỗ xe, trạm thu phí rất cần thiết được gia cố lớp bề mặt đường.

Các ứng suất cắt có giá trị lớn, xuất hiện với tần số cao sẽ tăng nhanh sự phá hoại bề mặt đường, dẫn đến phá hoại cả kết cấu áo đường.



Hình 4. Ứng suất cắt trong mặt đường BTN, trường hợp tải trọng ngang $P_h = 0,48\text{ MPa}$

3. Kết quả nghiên cứu và bình luận

Với hướng khảo sát và phân tích ứng suất cắt như trên, khi có xét đến sự hiện diện của tải trọng ngang do bánh xe tác động trên bề mặt đường với một giá trị thông thường từ 30% của tải trọng thẳng đứng trở lên sẽ gây ra các ứng suất cắt lớn nhất xuất hiện tại bề mặt đường.

Điều này có thể dẫn đến hiện tượng phá hoại sớm có khả năng xảy ra tại vị trí bề mặt đường trước tiên, sau đó diện phá hoại sẽ tăng dần lên và dẫn tới hư hỏng kết cấu mặt đường nếu không có bất kỳ sự khắc phục nào.

Chính vì thế, cần bổ sung phương pháp kiểm toán ứng suất cắt lớn nhất tại vị trí bề mặt đường trong thiết kế kết cấu áo đường mềm có xét đến lực ngang.

Bước kiểm toán cụ thể như sau:

- Lập biểu đồ tra ứng suất cắt lớn nhất τ_{max} tại các vị trí bề mặt mặt đường của kết cấu áo đường mềm. Ứng suất cắt τ_{max} thay đổi phụ thuộc vào các thông số:

- + h/D (Tổng chiều dày mặt BTN/đường kính vết bánh xe);
- + $E_{\text{btn}}/E_{\text{ch.m}}$ (Mô đun trung bình của lớp mặt BTN/ Mô đun đàn hồi chung của kết cấu móng - nền) thay đổi;

Từ đó xác định được tỉ số τ_{max}/P_v thông qua mối quan hệ với h/D và $E_{\text{btn}}/E_{\text{ch.m}}$.

- Có được giá trị τ_{max}/P_v và biết trước P_v , ta tính được τ_{max} .

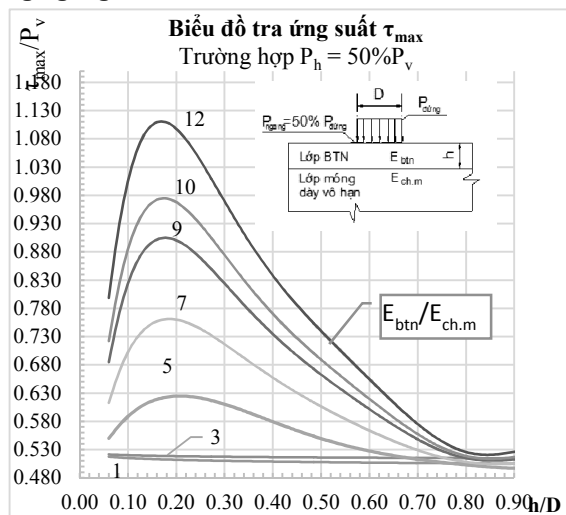
Đối với trường hợp không xét đến tải trọng ngang thì

theo kết quả khảo sát tại mục 2.2.1, đây là trường hợp tương tự mô hình tính toán trong tiêu chuẩn 22TCN 211 – 06. Do vậy, chỉ lập biểu đồ tra đổi với hai (02) trường hợp:

- Tải trọng ngang tác động $P_h = 50\%$ độ lớn của tải trọng đứng P_v ;

- Tải trọng ngang tác động $P_h = 80\%$ độ lớn của tải trọng đứng P_v .

3.1. Biểu đồ tra ứng suất cắt lớn nhất trường hợp tải trọng ngang $P_h = 50\% P_v$



Hình 5. Biểu đồ tra ứng suất cắt lớn nhất, trường hợp tải trọng ngang $P_h = 50\% P_v$

Các số liệu đầu vào:

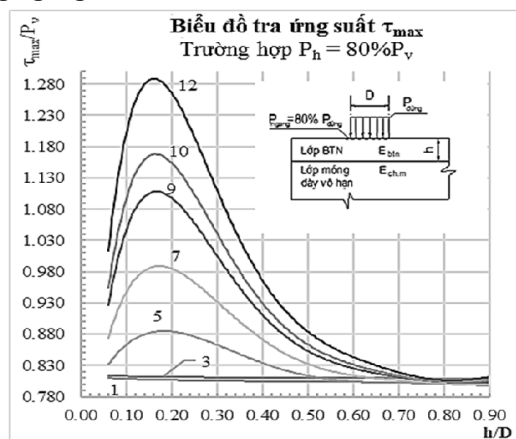
- Số liệu về tải trọng:

- + Lực tác dụng thẳng đứng: $P_v = 1$ Mpa;
- + Lực tác dụng nằm ngang: $P_h = 0,5$ Mpa.

- Số liệu về kết cấu:

- + Tỉ số h/D : thay đổi từ 0 đến 1;
- + Tỉ số $E_{btn}/E_{ch.m}$: thay đổi từ 1 đến 12.

3.2. Biểu đồ tra ứng suất cắt lớn nhất trường hợp tải trọng ngang $P_h = 80\% P_v$



Hình 6. Biểu đồ tra ứng suất cắt lớn nhất, trường hợp tải trọng ngang $P_h = 80\% P_v$

Các số liệu đầu vào:

- Số liệu về tải trọng:

- + Lực tác dụng thẳng đứng: $P_v = 1$ Mpa;

+ Lực tác dụng nằm ngang: $P_h = 0,8$ Mpa.

- Số liệu về kết cấu:

+ Tỉ số h/D : thay đổi từ 0 đến 1;

+ Tỉ số $E_{btn}/E_{ch.m}$: thay đổi từ 1 đến 12.

Đây được coi là trường hợp tải trọng ngang có giá trị lớn nhất tác động đến sự làm việc của kết cấu áo đường.

4. Kết luận

Nếu không xét đến lực ngang, thì giá trị ứng suất cắt lớn nhất $\tau_{\max}$ trong lớp bê tông nhựa xuất hiện tại vị trí đáy lớp nên việc kiểm toán trượt trong lớp bê tông nhựa được thực hiện theo quy trình 22TCN 211-06.

Khi có lực ngang tác dụng thì giá trị ứng suất cắt $\tau_{\max}$ lớn nhất xuất hiện tại bề mặt của lớp bê tông nhựa đối với cả hai trường hợp $P_h=50\%P_v$ và $P_h=80\%P_v$. Do đó, cần có bước kiểm toán đối với các ứng suất cắt lớn nhất này. Cụ thể các ứng suất cắt $\tau_{\max}$ phải đảm bảo điều kiện:

$$\tau_{\max} \leq [\tau] = \sigma \tan \varphi + c$$

Trong đó:

$\tau_{\max}$ - Ứng suất cắt lớn nhất tại bề mặt đường bê tông nhựa;

$[\tau]$ - Sức chống cắt của vật liệu làm mặt đường.

Kết quả lập được biểu đồ tra ứng suất cắt $\tau_{\max}$ sau khi phân tích bài toán hệ đàn hồi, nhiều lớp với hai (02) trường hợp: Độ dốc dọc của đường lớn hoặc xe đi vào đường cong có bán kính nhỏ và xe tăng tốc, giảm tốc, dừng xe đột ngột thông qua hai tỷ số h/D ; $E_{btn}/E_{ch.m}$. Các biểu đồ có thể được sử dụng để tham khảo khi thiết kế các kết cấu mặt đường ứng với hai (02) trường hợp nêu trên.

Hình 5 và Hình 6 cho thấy: Các giá trị của ứng suất cắt lớn nhất $\tau_{\max}$ tăng theo sự tăng cường độ của tải trọng ngang và tỉ số $E_{btn}/E_{ch.m}$.

Kết quả khảo sát được trình bày ở đây đã xem xét, phân tích kết cấu mặt đường với mô hình là bài toán đàn hồi, hệ nhiều lớp, với sự tác động của tải trọng tĩnh. Do đó, việc xem xét, nghiên cứu ứng suất phát sinh trong kết cấu với mô hình làm việc gần với thực tế là rất cần thiết. Các vấn đề cụ thể cần bổ sung cho một mô hình có tính thực tế cao như sau:

- Nghiên cứu sự làm việc của kết cấu mặt đường đối với tải trọng động tác dụng.

- Tính chất, điều kiện của bề mặt tiếp xúc giữa các lớp trong kết cấu áo đường.

- Tính đàn dẻo của mặt đường bê tông nhựa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 211 - 06, *Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế*.
- [2] Trần Thị Kim Đăng, Vũ Đức Chính (2008), Một số vấn đề trong thực tế thiết kế kết cấu mặt đường mềm sử dụng tiêu chuẩn thiết kế hiện hành và giải pháp, Bài báo cáo tại *Hội thảo Chuyên đề Đường Ô tô - Đại học GTVT*, Hà Nội.
- [3] Bùi Xuân Cây, Nguyễn Quang Phúc, Bùi Tuấn Anh (2011), Phân tích ứng suất kéo uốn trong kết cấu mặt đường mềm có xét đến điều kiện dính bám giữa các lớp bê tông asphalt, Bài báo cáo tại *Hội thảo Chuyên đề Giải pháp thiết kế tối ưu đường ô tô - Đại học GTVT*, Hà Nội.
- [4] Stefan A. Romanoschi, John B. Metcalf, (2001), Effects of Interface Condition and Horizontal Wheel Loads on the Life of Flexible Pavement Structures, *Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1778/2001 Design and Rehabilitation of Pavements 2001, Pages 123-131, Publisher: Transportation Research Board of the National Academies.