

Đề xuất bổ sung chỉ tiêu kiểm toán ổn định lún vệt bánh xe mặt đường bê tông nhựa vào tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm 22 TCN 211-06

PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG
Trường Đại học GTVT

Tóm tắt: Việt Nam là nước có khí hậu nhiệt đới, kết cấu áo đường làm việc trong điều kiện bất lợi về nhiệt - ẩm. Tuy nhiên, khi kiểm toán kết cấu áo đường mềm theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành 22 TCN 211-06, đặc biệt là đối với các tuyến đường có nhiều xe tải nặng, đã không xét đến phát sinh biến dạng dẻo trong các lớp bê tông nhựa (hoặc các lớp sử dụng nhựa đường làm chất liên kết) và tích lũy biến dạng dư của lớp móng và nền đường trong quá trình khai thác. Bài báo này phân tích các hạn chế của tiêu chuẩn thiết kế áo đường hiện hành trong việc kiểm soát lún vệt bánh xe mặt đường và đề xuất giải pháp khắc phục.

Từ khóa: biến dạng dư, lún vệt bánh xe, bê tông nhựa.

Abstract: Vietnam is a tropical country. Pavement structures work in adverse conditions of temperature - humidity. However, flexible pavement structures designed according to the current standard 22 TCN 211-06, especially for heavy truck routes did not consider the plastic deformation arising in the layers of asphalt concrete (or layers used asphalt as a binder) and cumulative residual deformation of base, subbase and subgrade layers in the operation. This paper analyses the limitations of the current pavement design standard in controlling pavement rutting and proposes solutions.

Keywords: Residual deformation, rutting, asphalt concrete.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam nằm trong vành đai nội chí tuyến, quanh năm có nhiệt độ cao và độ ẩm lớn. Nhiệt độ trung bình tại Việt Nam dao động từ 21 - 27°C và tăng dần từ Bắc vào Nam. Mùa hè, nhiệt độ trung bình trên cả nước là 25°C (Hà Nội 23°C, Huế 25°C, TP. Hồ Chí Minh 26°C). Việt Nam có lượng bức xạ mặt trời rất lớn với số giờ nắng từ 1.400 - 3.000 giờ/năm [1].

Chính vì vậy, kết cấu áo đường mềm làm việc trong điều kiện rất bất lợi về điều kiện nhiệt - ẩm. Theo các kết quả khảo sát, nhiệt độ trong lớp bê tông nhựa mặt đường ở khu vực phía Nam có thể đạt tới 70°C [2]. Khi nhiệt độ mặt đường cao, bê tông nhựa giảm cường độ, giảm khả năng kháng cắt, dễ dàng làm xuất hiện các biến dạng dẻo trong các lớp bê tông nhựa, đặc biệt khi mặt đường chịu tác dụng của các xe tải nặng. Trong vài năm gần đây, trên hàng loạt tuyến đường cấp cao như QL1A, QL5, đường dẫn cầu Thanh Trì... (khu vực miền Trung, miền Bắc), tỉnh lộ 25B, đại lộ Đông Tây (TP. Hồ Chí Minh) đã xuất hiện các hiện tượng trời nhựa, lún vệt bánh xe với chiều sâu lún lớn từ 8 - 12 cm [3,4].

Tuy nhiên, theo hướng dẫn tính toán tại mục 3.1.2 tiêu chuẩn 22 TCN 211-06 [5] thì chỉ kiểm toán ứng suất cắt ở trong nền đất và các lớp vật liệu chịu cắt trượt kém (kém dính) mà không kiểm toán ứng suất cắt ở trong các lớp bê tông nhựa hoặc vật liệu gia cố nhựa khi kết cấu áo đường chịu điều kiện bất lợi ở nhiệt độ cao.

Bài báo này phân tích tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm của một số nước trong việc kiểm soát lún vệt bánh xe trên mặt đường bê tông nhựa và kiến nghị hoàn thiện tiêu chuẩn 22 TCN 211-06.

2. Phân tích tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm của nước ngoài trong việc hạn chế lún vệt bánh xe mặt đường bê tông nhựa

Nếu các lớp kết cấu áo đường phải chịu ứng suất cắt quá lớn thì sẽ dẫn đến việc lớp mặt bê tông nhựa bị phá hoại đẩy trôi, trượt, cắt hoặc tạo lún vệt bánh. Ứng suất cắt lớn nhất trong kết cấu mặt đường thường xuất hiện tại mép vệt tải trọng bánh xe và kết cấu áo đường thường được kiểm toán năng lực chống cắt theo biểu thức sau:

$$\tau_a \leq \tau_r \quad (1)$$

Trong đó: τ_a - Ứng suất cắt trên mặt phá hoại dưới tác dụng tổng hợp của tải trọng thẳng đứng và nằm ngang của bánh xe, Mpa

τ_r - Ứng suất cắt cho phép của vật liệu mặt đường, Mpa

Tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm của Trung Quốc [6]

Theo lý thuyết Coulomb, cường độ chống cắt τ của bê tông nhựa được quyết định bởi lực dính C , góc nội ma sát φ và ứng suất chính σ_a trên mặt phá hoại, xác định theo công thức sau:

$$\tau = \sigma_a \tan \varphi + C$$

Khi phanh gấp thì dùng trị số lực dính đo động C' để tính toán cường độ chống cắt, $C' = 2C$.

Phá hoại cắt mặt đường thường sinh ra trong tình huống chịu tác dụng khởi động và hãm phanh xe nhiều lần, không được sử dụng trị số cường độ chống cắt dưới tác dụng của một lần tải trọng để đánh giá khả năng phát sinh phá hoại cắt mà phải xét tới tác dụng lặp của tải trọng:

$$\tau_r = \tau / K_r \quad (2)$$

Trong đó: K_r - Hệ số cường độ chịu cắt, phụ thuộc vào tình trạng tác dụng của tải trọng, có thể xác định theo công thức sau:

$$K_r = \frac{0,33}{A_c} N_i^{0,15} \quad (3)$$

Trong đó: N_i - Tổng tải trọng trục tiêu chuẩn tích lũy tại một vị trí dừng xe trong thời hạn thiết kế (tại chỗ

dùng xe buýt hoặc trước nút giao thông, trạm thu phí), trục xe; A_c - Hệ số xét đến cấp hạng đường. Trong tính toán, trị số lực ngang được lấy bằng 20% trị số lực thẳng đứng tại các điểm phanh xe chậm và 50% trị số lực thẳng đứng tại các chỗ phanh xe gấp.

Tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm của cộng hòa Belarus [7]

Ứng suất cắt cho phép τ_r của vật liệu bê tông nhựa mặt đường được xác định theo công thức sau:

$$\tau_r = \frac{C.K}{B_p.K_{cd}} + |\sigma|tg\varphi \quad (4)$$

Trong đó: σ - Ứng suất pháp tuyến trên mặt phá hoại của vật liệu mặt đường, Mpa

K - Hệ số quy đổi, $K = 0,8$; B_p - Hệ số phụ thuộc vào lưu lượng xe qui đổi về tải trọng trục tính toán ngày đêm ở năm đầu khai thác

C - Lực dính của vật liệu mặt đường, Mpa, được lấy ở nhiệt độ tính toán là 50°C

φ - Góc nội ma sát, °; K_{cd} = Hệ số cường độ về chịu cắt trượt

Khi tổng chiều dày các lớp gia cố nhựa lớn hơn 0,30m thì ứng suất cắt tiếp tuyến xác định theo toán đồ của tiêu chuẩn sẽ lấy giảm đi 0,001Mpa cho mỗi 0,01m vượt 0,30m, còn ứng suất pháp được xác định theo toán đồ sẽ lấy tăng lên 0,003Mpa.

Trong tính toán, xét đến thành phần lực ngang (lực ngang được lấy bằng 75% trị số lực thẳng đứng) tại các làn chuyển tốc, trạm dừng xe, đoạn đường có dốc dọc lớn hơn 3,5% hoặc khi lưu lượng xe ô tô ở năm đầu khai thác (tải trọng trục tiêu chuẩn 11,5T) lớn hơn 500 trục xe/ngày đêm.

Tiêu chuẩn thiết kế áo đường mềm của cộng hòa Liên bang Nga [8]

Để tính toán ổn định lún vệt bánh xe của mặt đường bê tông nhựa, cần kiểm toán ổn định lún vệt bánh xe của vật liệu bê tông nhựa (thông qua mẫu bê tông nhựa được chế tạo ở trong phòng thí nghiệm) và kiểm toán tổng biến dạng dư tích lũy của cả kết cấu áo đường (bao gồm lớp mặt, lớp móng và nền đường) trong thời gian phục vụ (thời hạn thiết kế).

a) *Tính toán ổn định của vật liệu bê tông nhựa về lún vệt bánh xe theo 2 tiêu chuẩn:*

- Theo sức kháng cắt khi nhiệt độ tính toán của mặt đường thể hiện đặc trưng của khu vực cho trước.

- Theo tổng biến dạng dư còn lại, tích lũy trong thời gian phục vụ tính toán của mặt đường.

Đối với tiêu chuẩn thứ nhất, giả thiết các biến dạng dẻo từ tác động của các phương tiện giao thông không xuất hiện, nếu như ứng suất cắt lớn nhất ở trong mặt đường không vượt quá sức kháng cắt tính toán của lớp bê tông nhựa:

$$\tau_r \geq \tau_{\max} \quad (5)$$

Trong đó: τ_r - Sức kháng cắt tính toán ở các điều kiện tính toán của tải trọng, MPa

$\tau_{\max}$ - Ứng suất tiếp tuyến lớn nhất ở mặt đường từ bánh xe tính toán, MPa, $\tau_{\max} = 0,75$ MPa

Sức kháng cắt trung bình của bê tông nhựa ở các điều kiện khai thác được xác định trên cơ sở của phương trình Coulomb và mô hình toán học của Barchenhep - Ivanop:

$$\tau_r = p.tg\varphi + C_{tn} \left(\frac{t_{ph}}{t_1 t_{\max} N} \right)^m \exp \left[\frac{mU}{R} \left(\frac{1}{T_{\max}} - \frac{1}{T_{td}} \right) \right] \quad (6)$$

Trong đó:

p - Áp lực bánh xe lên mặt đường, 0,7Mpa

C_{tn} - Lực dính của bê tông nhựa, được xác định trong điều kiện phòng thí nghiệm theo tiêu chuẩn GOST 12801-98, Mpa

t_{ph} - Thời gian trung bình đặt tải của mẫu bê tông nhựa cho đến khi mẫu bị phá hủy, s

t_1 - Thời gian trung bình của một lần tác động của tải trọng bánh xe lên mặt đường, s

N - Lưu lượng xe tính toán trên một làn xe, trục xe/h

m - Hệ số dẻo của bê tông nhựa, xác định theo phương pháp của Ivanop

U - Năng lượng của sự hoạt hóa phá hủy tính

dẻo - nhớt của bê tông nhựa, xác định theo phương pháp của Barchenhep, kJ/mol

R - Hằng số chất khí, 0,008314 kJ/°K mol

$T_{\max}$ - Nhiệt độ tính toán lớn nhất của mặt đường, °K

T_{td} - Nhiệt độ tuyệt đối của mẫu thử ở trong phòng thí nghiệm

Giới hạn về cường độ (tiêu chuẩn 1) chỉ được coi là tiêu chí gần của ổn định cắt trượt, bởi vì ở cùng một cường độ nhưng 2 vật liệu có thể có biến dạng khác nhau. Vì vậy, trong tiêu chuẩn đã bổ sung tiêu chuẩn thứ 2, trên cơ sở tính toán và dự đoán biến dạng không hồi phục: Biến dạng dư ở trong lớp bê tông nhựa mặt đường tích lũy trong thời hạn thiết kế không được vượt quá giá trị cho phép:

$$S_{bntn} \leq S_{cpbntn} \quad (7)$$

Trong đó: S_{bntn} - Biến dạng dư tích lũy của bê tông nhựa (BTN) trong thời hạn thiết kế mặt đường

S_{cpbntn} - Biến dạng tương đối cho phép của BTN khi trượt dẻo, được xác định theo công thức sau:

$$S_{cpBTN} = \frac{S_{bx}.b_{vl}}{2h^2} \quad (8)$$

Trong đó: S_{bx} - Độ lún vệt bánh xe cho phép theo điều kiện an toàn xe chạy, cm; b_{vl} - bề rộng vệt lún bánh xe, cm; h = chiều dày bê tông nhựa, cm.

$$S_{bntn} = K.t_k.N.t_1.\gamma \frac{(\tau_{\max} - p.tg\varphi)^{1/m}}{C_m} \int_{T_{\min}}^{T_{\max}} P(T) \exp \left[-\frac{U}{R} \left(\frac{1}{273,15+T} - \frac{1}{T_{td}} \right) \right] dT \quad (9)$$

Trong đó: K - Hệ số xác suất di chuyển của bánh xe trên một làn xe; t_k - Thời hạn thiết kế của kết cấu áo đường, năm

$T_{\max}, T_{\min}$ - Lần lượt là nhiệt độ tính toán lớn nhất và nhỏ nhất của mặt đường, °C

$P(T)$ - Xác suất phân bố của nhiệt độ mặt đường (giữa nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất) trong thời gian khai thác

b) *Kiểm toán tổng biến dạng dư tích lũy của kết cấu áo đường trong thời hạn thiết kế:*

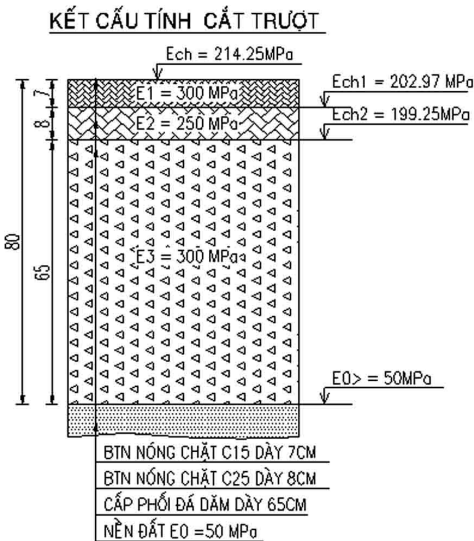
$$S_{kc} \leq S_{cpkc} \quad (10)$$

Trong đó: S_{kc} - Biến dạng dư tính toán của kết cấu áo đường tích lũy trong thời hạn thiết kế, m; S_{cpkc} - Độ lún vệt bánh xe cho phép của kết cấu áo đường, m.

Độ lớn của biến dạng dư tích lũy ở năm cuối thời hạn thiết kế của kết cấu áo đường được xác định theo công thức:

$$S_{kc} = S_{bntn} + S_m + S_{nen} \quad (11)$$

Trong đó: S_{bntn}, S_m, S_{nen} - Lần lượt là biến dạng dư tích lũy trong thời hạn thiết kế của lớp bê tông nhựa, lớp móng và nền đường, được xác định theo các toán đồ.



Hình 1: Kết cấu áo đường của tỉnh lộ 25B, quận 2, TP. Hồ Chí Minh

Để đánh giá sự cần thiết của việc kiểm toán ổn định lún vệt bánh xe của mặt đường bê tông nhựa, xem ví dụ đối với đường tỉnh lộ 25B, quận 2, TP. Hồ Chí Minh với các thông số thiết kế như Hình 1, đường có 4 làn xe, phân cách giữa bằng dải cây xanh, lưu lượng xe của năm đầu khai thác (đã qui đổi về tải trọng trục 12 T) là 1077 trục xe/làn/ngày đêm. Tuyến đường này sau phục vụ chủ yếu cho xe container ra vào cảng Cát Lái, đặc biệt là xe container chỉ chạy chủ yếu trên làn xe ngoài cùng phía lề đường, sau 2 năm đưa vào khai thác mặt đường đã bị lún 8 - 10cm.

Bảng 1. Kiểm toán ứng suất cắt trong lớp bê tông nhựa

TT	Tiêu chuẩn kiểm toán	Giá trị của ứng suất cắt, MPa	
1	Tiêu chuẩn của Trung Quốc	τ_r (lớp trên)	0,21
		τ_a (lớp trên)	0,33
		τ_r (lớp dưới)	0,20
		τ_a (lớp dưới)	0,34
2	Tiêu chuẩn 22 TCN 211-93	τ_r (chung cho 2 lớp)	0,22
		τ_a (chung cho 2 lớp)	0,12
3	Tiêu chuẩn của Belarus	τ_r (lớp trên)	0,32 (0,29)
		τ_a (lớp trên)	0,37 (0,34)
		τ_r (lớp dưới)	0,21
		τ_a (lớp dưới)	0,21
4	Tiêu chuẩn của CHLB Nga	τ_{max} (chung cho 2 lớp)	0,75
		τ_r (chung cho 2 lớp)	0,48

Ghi chú: Các giá trị của bảng trên được tính toán với các giá trị thông thường của các chỉ tiêu cơ lý của bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường 60/70 với nhiệt độ mẫu bê tông nhựa thí nghiệm ở nhiệt độ lớn nhất là 50°C (tiêu chuẩn của CHLB Nga, Belarus), là 60°C (tiêu chuẩn Trung Quốc) . Số trong () là giá trị ứng với chiều dày bê tông nhựa lớp trên là 10cm.

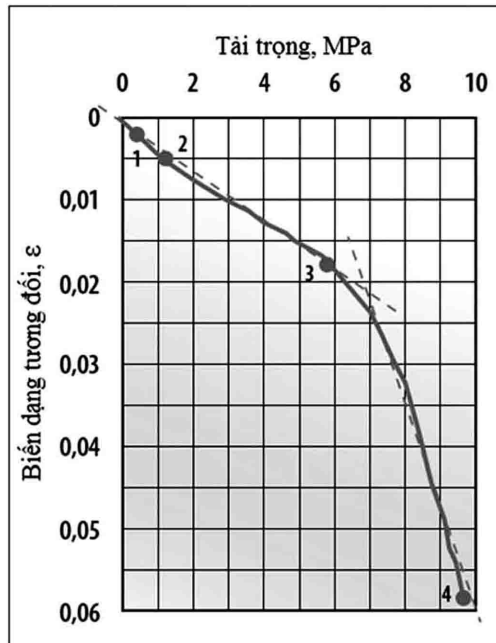
Từ kết quả ở Bảng 1 cho thấy: Kết cấu áo đường không thỏa mãn chỉ tiêu kiểm toán về ứng suất cắt trong lớp bê tông nhựa, trừ khi kiểm toán theo tiêu chuẩn ngành cũ 22 TCN 211-93 [9]. Do trong tiêu chuẩn 22 TCN 211-93, khi kiểm toán ứng suất cắt $\tau_r = K'.C$ ($K'=1,6$ và $C=0,27-0,30$ MPa đối với hỗn hợp hạt lớn; $K'=1,1$ và $C=0,17-0,20$ MPa đối với hỗn hợp hạt nhỏ) thay đổi trong phạm vi rộng và giá trị τ_a được tra theo toán đồ 3.13 [9] cho giá trị thấp hơn rất nhiều so với giá trị τ_a tính toán theo các phương pháp khác. Ngoài ra, do các đường cấp cao mật đường bê tông nhựa thường gồm nhiều lớp với các thành phần hạt, đường cong cấp phối... khác nhau nên việc sử dụng một giá trị lực dính C chung cho các lớp bê tông nhựa là không hợp lý, nên không thể kiểm toán ứng suất cắt trong các lớp bê tông nhựa theo Tiêu chuẩn 22 TCN 211-93. Đối với bê tông nhựa lớp trên của kết cấu không thỏa mãn điều kiện về ứng suất cắt (theo tiêu chuẩn của Belarus), khi tăng chiều dày lớp bê tông nhựa từ 7cm lên 10cm thì $\tau_a = 0,34$ MPa > $\tau_r = 0,29$ MPa (Bảng 1), kết cấu vẫn không thỏa mãn chỉ tiêu kiểm toán về ứng suất cắt trong bê tông nhựa lớp trên, nếu thay bê tông nhựa lớp trên bằng vật liệu có lực dính $C \geq 0,40$ MPa thì kết cấu đáp ứng yêu cầu về sức kháng cắt.

Riêng chỉ tiêu về kiểm toán tổng biến dạng dư của kết cấu TL25B trong 2 năm khai thác là 7,11cm (tác giả tính toán dựa trên các giá trị phổ biến về các chỉ tiêu cơ lý của bê tông nhựa chặt, nhựa 60/70 với nhiệt độ mẫu bê tông nhựa thí nghiệm ở nhiệt độ lớn nhất là 50°C và các số liệu về lưu lượng xe thực tế quan trắc năm 2011) > 2,5cm (giới hạn lún vệt bánh xe cho phép khi tốc độ dòng xe $V < 70$ km/h, mặt đường ở trạng thái bình thường, theo tiêu chuẩn của CHLB Đức, Thụy Điển, CHLB Nga) [8, 10, 11]. Giá trị độ lún vệt bánh xe tính toán gần đúng với giá trị độ lún thực tế đo ngoài hiện trường do sai khác về nhiệt độ tính toán và thiếu các số liệu về các chỉ tiêu cơ lý của bê tông nhựa đang được sử dụng làm mặt đường ngoài thực tế.

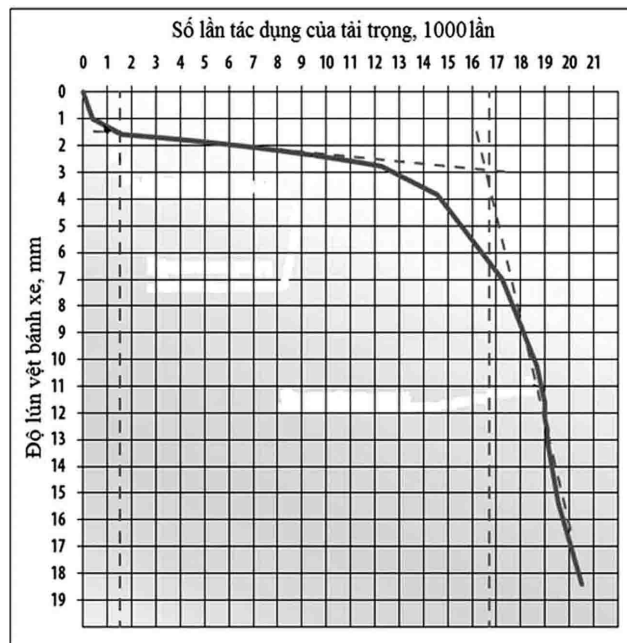
Ngoài ra, theo các nghiên cứu của các tác giả [11] cho thấy, khi bê tông nhựa chịu tải trọng lớn (điểm 3 trên Hình 2) hoặc khi số lần tác dụng của tải trọng lớn hơn 10.000 lần bê tông nhựa làm việc trong giai đoạn đàn dẻo nhớt, từ biến và phá hoại. Do đó, việc kiểm toán ứng suất cắt trong các lớp bê tông nhựa và kiểm toán biến dạng dư của kết cấu áo đường khi ở nhiệt độ cao và chịu tải trọng lớn là cần thiết.

Qua các phân tích ở trên, kết quả tính toán ở Bảng 1 cho thấy, tiêu chuẩn của CHLB Nga, Belarus, tiêu chuẩn của Trung Quốc đều xét đến phá hoại cắt mặt đường khi ở nhiệt độ cao nhưng lại có sự khác biệt về: Nhiệt độ tính toán trong lớp bê tông nhựa, hệ số ma sát lớn nhất giữa bánh xe và mặt đường; hệ số chiết giảm sức kháng cắt khi xét đến ảnh hưởng lặp của tải trọng phương tiện giao thông; mô hình tính toán sức kháng cắt trong các lớp bê tông nhựa, tiêu chuẩn thí

nghiệm xác định lực dính, góc nội ma sát trong của bê tông nhựa... Riêng tiêu chuẩn của CHLB Nga ngoài kiểm toán ứng suất cắt trong lớp bê tông nhựa thì đã bổ sung chỉ tiêu kiểm toán tổng biến dạng dư tích lũy của cả kết cấu áo đường và đã xem xét đến ảnh hưởng hệ số sức kháng nhớt của nhựa đường, tốc độ xe chạy, ảnh hưởng của nút giao thông, độ dốc dọc của tuyến đường... đến giá trị độ lún vệt bánh xe.



a) Đường cong quan hệ tải trọng - biến dạng của mẫu bê tông nhựa loại B HWTĐ



b) Đặc trưng biến dạng của mẫu bê tông nhựa khi thí nghiệm bằng máy

Hình 2: Đặc trưng đường cong biến dạng của bê tông nhựa

3. Kết luận và kiến nghị

Từ các phân tích và các kết quả tính toán ở trên cho thấy, đối với Việt Nam, khi mặt đường chịu tác động bất lợi của nhiệt độ không khí cao và tải trọng xe nặng hoặc lưu lượng xe lớn (đã qui đổi về tải trọng

trực tính toán). Tại các chỗ đường giao nhau, đường có dốc dọc lớn thì việc kiểm toán ổn định lún vệt bánh xe mặt đường bê tông nhựa (hoặc mặt đường sử dụng nhựa đường làm chất liên kết) là hết sức cần thiết và phải kiểm toán theo 2 chỉ tiêu: kiểm toán ứng suất cắt trong các lớp bê tông nhựa và kiểm toán tổng biến dạng dư tích lũy của cả kết cấu áo đường trong thời hạn thiết kế.

Để khắc phục hoặc hạn chế lún vệt bánh xe mặt đường thì giải pháp tăng chiều dày lớp bê tông nhựa khi sử dụng bê tông nhựa thông thường là không hợp lý, cần sử dụng bê tông nhựa lớp mặt có sức kháng cắt lớn khi ở nhiệt độ cao.

Kiến nghị Bộ GTVT xem xét sớm bổ sung chỉ tiêu kiểm toán ổn định lún vệt bánh xe vào Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 211-06 trên cơ sở: Xây dựng phân vùng khí hậu, xác định nhiệt độ tính toán cho từng địa phương; chính xác các thông số thiết kế của tải trọng xe nặng (đường kính vệt bánh xe, áp lực tính toán); xây dựng tiêu chuẩn về giới hạn lún vệt bánh xe cho các cấp đường khác nhau theo tiêu chí về đảm bảo an toàn xe chạy; xây dựng phương pháp thí nghiệm xác định lực dính và góc nội ma sát của bê tông nhựa; bổ sung tiêu chuẩn về dự tính lún vệt bánh xe áo đường mềm □

Tài liệu tham khảo

- [1]. <http://www.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/NuocCHXHCNVietNam/ThôngTinTongHop/dialy>.
- [2]. Nguyễn Xuân Vinh, *Thiết kế đường ô tô và điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu*, NXB. Đại học Quốc gia TP. HCM, 2003, 360 tr.
- [3]. Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Việt Hưng, Lâm Duy Tài, *Đánh giá ảnh hưởng của việc lựa chọn cấu tạo áo đường mềm đối với đường ô tô có nhiều xe tải trọng nặng lưu thông đến tuổi thọ của chúng và đề xuất giải pháp khắc phục*, Tạp chí GTVT, số 5/2013, tr.10 - 13.
- [4]. Kỷ yếu Hội thảo khoa học “Đánh giá tổng quan về những nguyên nhân hư hỏng mặt đường bê tông nhựa trên các tuyến đường chính khu vực phía Nam và đề xuất giải pháp khắc phục”, TP. HCM, 20/06/2013.
- [5]. Tiêu chuẩn 22 TCN 211-06 “Áo đường mềm - các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế” của Bộ GTVT.
- [6]. Lục Đình Trung, Trình Gia Cầu (Đại học Đồng Tế). *Công trình nền - mặt đường*, NXB. GTVT (tập 1, 2), 1995.
- [7]. Автомобильные дороги, Нежесткие дорожные одежды, *Правила проектирования*, Минск, 2009.
- [8]. *Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах*, М., 2002.
- [9]. Tiêu chuẩn 22 TCN 211-03 “Quy trình thiết kế ao đường mềm” của Bộ GTVT.
- [10]. Горячев М.Г. *Обзор по проблеме колееобразования на автомобильных и городских дорогах*.
- [11]. М.П.Костельнов, В.П. Перевалов, Д.В.Паха-ренко. *Практика борьбы с колеиностью асфальтобетонных покрытий может быть успешной*.

Ngày nhận bài: 27/01/2014

Ngày chấp nhận đăng: 25/02/2014

Người phản biện: TS. Lê Văn Bách

TS. Nguyễn Đức Trọng