

Giải pháp nghiên cứu nâng cao sức kháng cắt cho bê tông asphalt mặt đường ô tô ở Việt Nam

TS. DƯƠNG TẮT SINH
Học viện Kỹ thuật Quân sự
ThS. HỒ XUÂN THẮNG
Bộ Giao thông vận tải

Tóm tắt: Trong bài viết này, tác giả trình bày giải pháp nghiên cứu nhằm nâng cao sức kháng cắt cho các lớp bê tông asphalt mặt đường. Mục đích là để khắc phục hiện tượng hư hỏng do tích lũy biến dạng không hồi phục, gây cản trở và mất an toàn cho chuyển động của người và phương tiện trên đường ô tô ở Việt Nam.

Abstract: In this article, the author presents research solutions to increase the shear resistance of asphalt concrete pavement layers. The aim is to overcome the damage caused by accumulation of irreversible deformation, hinder or unsafe for movement of people and vehicles on highways in Vietnam.

1. Mở đầu

Do có nhiều ưu điểm, bê tông asphalt là loại vật liệu được sử dụng rộng rãi trong xây dựng mặt đường ô tô và sân bay (tạo mức độ bằng phẳng cao, dính kết tốt, thi công nhanh và dễ phân chia giai đoạn, dễ nâng cấp...). Bên cạnh những ưu điểm mang lại thì bê tông asphalt cũng là loại vật liệu có rất nhiều nhược điểm.

Tính đàn - nhót - dẻo của bê tông asphalt đã làm cho các tính chất làm việc của mặt đường dưới tác dụng của tải trọng động và trùng phục có rất nhiều khác biệt so với các vật liệu đàn hồi khác. Do tính đàn - nhót - dẻo của bê tông asphalt phụ thuộc vào nhiệt độ cho nên khả năng chịu lực của mặt đường bê tông asphalt thay đổi đáng kể khi nhiệt độ môi trường thay đổi. Mặt khác, sự lão hóa của vật liệu kết dính trong bê tông asphalt, khả năng mất liên kết đá - nhựa dưới tác động đồng thời của tải trọng và nước... cũng là các vấn đề rất được quan tâm.

Các nhược điểm nói trên là lý do chính để giải thích tại sao bê tông asphalt là loại vật liệu đã có từ lâu nhưng đến nay người ta vẫn phải tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện nhằm duy trì sức chịu lực ổn định cho mặt đường [3;4;5]. Đặc biệt, trong điều kiện bức xạ mặt trời cao như ở Việt Nam và hiện tượng biến đổi khí hậu thì việc nghiên cứu nói trên lại càng cần thiết.

Hiện tượng và các nguyên nhân gây ra hư hỏng của mặt đường bê tông asphalt nói chung có thể được phân loại về năm dạng cơ bản [2]. Một trong các loại hư hỏng phổ biến thường được quan trắc thấy trên các đường ô tô ở Việt Nam hiện nay là biến dạng trượt không hồi phục của các lớp bê tông asphalt mặt đường (gọi ngắn gọn là “biến dạng trượt”).

Biến dạng trượt của các lớp bê tông asphalt mặt

đường thường được biểu hiện dưới dạng mặt đường bị dồn và tạo sóng (trên các đường dẫn, cầu dẫn và trên các đoạn đường có độ dốc dọc lớn) hoặc vết hằn (hay lún) bánh xe kèm theo hiện tượng mặt đường bị dồn và tạo sóng. Hiện tượng hư hỏng nói trên của các lớp bê tông asphalt làm cho mặt đường gồ ghề, mất bằng phẳng, gây mất an toàn cho người và phương tiện trên đường. Ở đây cần lưu ý phân biệt vết lún bánh xe do có nguyên nhân hư hỏng từ các lớp nền, móng bên dưới (Hình 1) và vết lún bánh xe do biến dạng trượt trong các lớp bê tông asphalt mặt đường (Hình 2).



Hình 1: Vết lún bánh xe trên QL1A, đoạn Hà Nội - Lạng Sơn



Hình 2: Biến dạng trượt của lớp mặt đường bê tông asphalt đường Đồng Văn Cống - Liên TL25B, Quận 2 - TP. HCM

2. Các nguyên nhân gây ra biến dạng trượt của các lớp bê tông asphalt

Nguyên nhân gây ra biến dạng trượt trong các lớp bê tông asphalt mặt đường đã được xác định là do khả năng kháng cắt yếu, nó là kết quả của sự tích lũy biến dạng dư (biến dạng không hồi phục) do ứng suất tiếp gây ra dưới tác động và quá trình trùng phục của bánh hơi. Các kết quả quan trắc thực tế cho thấy, biến dạng trượt do ứng suất tiếp gây ra chủ yếu nằm trong khoảng chiều dày 10cm trên cùng của các lớp bê tông asphalt mặt đường [2].

Sự tích lũy biến dạng dư trong các lớp bê tông asphalt mặt đường, có thể có nguồn gốc từ yếu tố tải trọng, cấu trúc vật liệu, nhiệt độ và công nghệ xây dựng với rất nhiều lý do khác nhau, trong đó phải kể đến:

- Về tải trọng: Hiện tượng quá tải của trục xe và cường độ chuyển động so với tính toán.

- Về cấu trúc vật liệu và nhiệt độ: Biến dạng dẻo của các lớp bê tông asphalt vượt quá giá trị cho phép, đặc biệt khi nhiệt độ cao. Lý do là bitum và vật liệu cấp phối có các tính chất cơ lý không phù hợp, thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông asphalt không chuẩn hoặc sử dụng các loại cốt liệu không đủ độ cứng.

- Về công nghệ: Sự không đồng nhất của vật liệu khi sản xuất và thi công bê tông asphalt; không đủ lực dính giữa các lớp bê tông asphalt hoặc giữa bê tông asphalt với móng (trường hợp không đủ lực dính giữa các lớp với nhau, hiện tượng tạo sóng bề mặt thường kèm theo xuất hiện các vết nứt ngang); hiện tượng vỡ, tròn cạnh và thiếu nôm móc của cốt liệu trong các lớp bê tông asphalt; các lớp bê tông asphalt không đủ độ chặt.

Nếu không có các lý do về công nghệ thi công, ta có thể nói một cách ngắn gọn hơn, nguyên nhân chính gây ra tích lũy biến dạng dư trong các lớp bê tông asphalt là thiếu sự tương thích giữa các tính chất lưu biến của bê tông asphalt với các điều kiện khai thác và nhiệt độ. Một cách dễ hiểu hơn là bê tông asphalt không có đủ khả năng kháng lại các ứng suất tiếp do tải trọng gây ra trong các điều kiện khai thác và nhiệt độ cao của mặt đường.

Nhiệt độ mặt đường quan trắc thấy trên các con đường thực tế ở Việt Nam hiện nay vào mùa hè có thể nói là cao hơn rất nhiều so với nhiệt độ tính toán tối đa trong Quy trình thiết kế áo đường mềm hiện hành của Việt Nam [1]. Các thông số cơ lý của bê tông asphalt trong Quy trình thiết kế hiện hành của Việt Nam, chỉ có giới hạn tối đa ứng với 50°C. Điều đó cho thấy, việc áp dụng các thông số trên cho kiểm toán kết cấu mặt đường bê tông asphalt là không phù hợp. Mặt khác, trong kiểm toán kết cấu áo đường theo tiêu chí kháng trượt, chúng ta chỉ bắt buộc kiểm toán sức kháng trượt của nền đất và sức kháng trượt của các lớp vật liệu rời mà không có sự bắt buộc kiểm toán sức kháng trượt của bê tông asphalt ở nhiệt độ cao [1]. Điều này không chỉ riêng ở Việt Nam mà ngay cả ở Liên bang Nga cũng đang được đặt ra là vấn đề cần thiết [3]. Tuy nhiên, vấn đề gây ra trượt của các lớp bê tông asphalt mặt đường có nguyên do từ tiêu chuẩn thiết kế, tác giả không đặt vấn đề chính trong bài viết này.

3. Giải pháp nghiên cứu nâng cao sức kháng cắt cho bê tông asphalt mặt đường

Để có thể khắc phục biến dạng trượt và nâng cao

sức kháng cắt cho bê tông asphalt, chúng ta có thể có trên 10 các giải pháp cụ thể khác nhau [2]. Tuy nhiên, việc áp dụng giải pháp này hay giải pháp khác còn phụ thuộc điều kiện vật liệu xây dựng, điều kiện khai thác đường, khí hậu, nhiệt độ của từng địa phương và công nghệ xây dựng hiện có ở Việt Nam. Vì lý do trên, việc nghiên cứu các tính chất lưu biến của bê tông asphalt, các thông số có liên quan đến sức kháng cắt của nó và sự phụ thuộc của các tính chất, các thông số đó vào nhiệt độ môi trường là rất cần thiết. Từ đó, có cơ sở lựa chọn thành phần vật liệu cấu tạo phù hợp cho bê tông asphalt. Dưới đây là một số các giải pháp nghiên cứu mang tính chất cơ bản có liên quan vấn đề trên.

Từ những năm 70 và 80 của thế kỷ XX, các nhà khoa học chuyên ngành xây dựng đường ô tô và sân bay trên thế giới đã có những đầu tư nghiên cứu rất công phu cho vấn đề nói trên. Người ta đã tiến hành ghép từ các mô hình vật lý đơn giản lại với nhau để có được mô hình vật lý phức hợp, phản ánh được các tính chất làm việc của bê tông asphalt dưới tác dụng của tải trọng. Từ đó, người ta tìm ra các thông số tổng hợp làm cơ sở nghiên cứu và khảo sát sự thay đổi sức chịu lực của bê tông asphalt theo nhiệt độ tùy theo cấu tạo của từng loại bê tông asphalt. Đó cũng là cơ sở để để xuất các loại hỗn hợp bê tông asphalt đáp ứng các tính chất này hay tính chất khác, tùy theo mục đích khai thác.

Trong mô hình phức hợp trên, bao gồm các mô hình đơn mô tả các tính chất của bê tông asphalt:

+ Mô hình Hooke - mô tả tính chất đàn hồi:

$$\sigma = E\varepsilon$$

+ Mô hình Newton - mô tả hiện tượng nhớt:

$$\sigma = \eta_M \dot{\varepsilon}$$

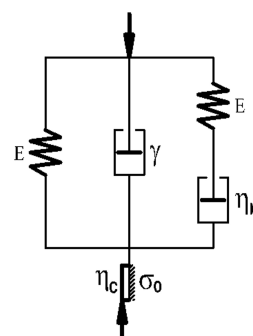
+ Mô hình nhớt còn có thể đặc trưng bằng hệ số nén - nhớt: $\varepsilon = \gamma \sigma$

+ Mô hình Saint-Venant - mô tả dòng chảy dẻo nếu $\sigma \geq \sigma_0$; $\sigma - \sigma_0 = \eta_c \dot{\varepsilon}$

Trong đó: E - Mô đun đàn hồi của vật liệu, Pa; η_M - Hệ số nhớt Maxwell, Pa.s; $\dot{\varepsilon}$ - Vận tốc biến dạng tương đối, 1/s.; $\dot{\sigma}$ - Vận tốc gia tải; γ - Hệ số nén nhớt; σ_0 - Giới hạn chảy dẻo, Pa; η_c - Hệ số nhớt cấu trúc phá hủy (khi xuất hiện chảy dẻo), Pa.s. Khi hình thành ứng suất σ vượt ma sát giới hạn (giới hạn chảy dẻo σ_0), vật thể bắt đầu chuyển động dưới tác dụng của ứng suất $(\sigma - \sigma_0)$ và thắng sức cản η_c .

Một trong các mô hình vật lý phức hợp mô tả được hầu hết các tính chất lưu biến của bê tông asphalt, đó là mô hình có dạng như trên Hình 3.

Trên cơ sở của mô hình vật lý phức hợp trên, người ta xây dựng phương trình vi phân cân bằng cho nó trong trường hợp cấu trúc vật liệu không bị phá hủy (không có phần tử Saint - Venant trong mô hình), sau đó tiến hành giải và tìm được các thông số phản ánh đặc tính động học quá trình biến dạng của bê tông asphalt mặt đường. Các thông số phản ánh đặc tính động học, đó là [2]:



Hình 3: Mô hình vật lý của bê tông asphalt

$$P_1, P_2 = -\frac{\Theta + 0,5\tau}{\Theta\tau} \pm \sqrt{\left(\frac{\Theta + 0,5\tau}{\Theta\tau}\right)^2 - \frac{1}{\Theta\tau}}, 1/s \quad (1)$$

Trong đó: P_1, P_2 - Các đặc tính động học quá trình biến dạng của bê tông asphalt

Θ - Thời gian trùng ứng suất (s), $\Theta = \eta_M / E$

τ - Thời gian trễ hay thời gian giữ chậm biến dạng (s), $\tau = \gamma E$

Đại lượng P_1 - Đặc trưng cho vận tốc giảm độ cứng hay gọi là vận tốc giảm sức kháng ngoại lực của bê tông asphalt. Giá trị P_1 càng nhỏ, tính cứng của bê tông asphalt và sức kháng tác dụng các yếu tố bên ngoài càng được giữ lâu.

Đại lượng P_2 - Đặc trưng cho vận tốc tăng biến dạng đàn - nhớt trong quá trình biến dạng. Giá trị P_2 càng lớn, tính chất đàn hồi của biến dạng càng tăng nhanh hơn so với tính nhớt - dẻo. Như vậy, vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi càng lâu.

Thông số P_1/P_2 - Tỷ số giữa vận tốc giảm độ cứng và vận tốc tăng tính đàn hồi, đó là chỉ số khách quan thể hiện chất lượng của bê tông asphalt (theo quan điểm sức kháng ngoại lực và bảo tồn được tính chất liên khối của vật liệu trong mặt đường).

Vì giá trị $0,5\tau$ là rất nhỏ so với Θ [2], nên từ phương trình (1), người ta tìm gần đúng được giá trị của P_1, P_2 và tỷ số P_1/P_2 như sau:

$$P_2 = -\frac{2}{\tau}, 1/s \quad (2)$$

$$P_1 = -\frac{0,5}{\Theta}, 1/s \quad (3)$$

$$P_1/P_2 = \frac{0,25\tau}{\Theta} \quad (4)$$

Phương trình (2), (3) và (4) cho thấy: P_1 - Nghịch đảo của thời gian trùng ứng suất; P_2 - Nghịch đảo của thời gian giữ chậm biến dạng và tỷ số P_1/P_2 chính là tỷ số của thời gian giữ chậm biến dạng và thời gian trùng ứng suất.

Biến dạng dư là một chỉ tiêu rất quan trọng có liên quan đến bản chất dẻo của bê tông asphalt. Theo quan điểm của độ bền kháng cắt, tỷ số P_1/P_2 thể hiện rõ rệt nhất khả năng tích lũy biến dạng dư và nó là đặc tính khách quan nhất thể hiện chất lượng của bê tông asphalt. Tỷ số P_1/P_2 có thể được sử dụng để dự báo chất lượng của bê tông asphalt mặt đường [2].

Để đảm bảo độ bền kháng cắt, ta phải nghiên cứu thay đổi các thành phần vật liệu, cấu trúc của bê tông asphalt và khả năng chịu nhiệt độ của nó sao có thể làm thay đổi giá trị P_1, P_2 và tỷ số P_1/P_2 theo chiều hướng có lợi nhất.

Một cách khác, cũng theo quan điểm của lưu biến, bê tông asphalt là loại vật liệu dẻo nhiệt phức tạp, nó có thể tích lũy các biến dạng không hồi phục (không thuận nghịch) khi tải trọng tác dụng kéo dài và nhiệt độ khai thác mặt đường cao. Quá trình biến dạng của bê tông asphalt dưới tác dụng của ứng suất tiếp được thể hiện bằng mối quan hệ [3]:

$$\gamma = \frac{\tau}{G_0} + \tau\psi(t) + \frac{t(\tau - p.tg\varphi)}{\eta_{\text{ПА}}^*} \quad (5)$$

Trong đó: γ - Biến dạng trượt tương đối

τ - Mức ứng suất tiếp, MPa

G_0 - Mô đun trượt thời quy ước, MPa

$\psi(t)$ - Hàm từ biến đàn nhớt, MPa^{-1}

t - Thời gian tác dụng của tải trọng, s

p - Ứng suất pháp, MPa

$tg\varphi$ - Hệ số ma sát trong

$\eta_{\text{ПА}}^*$ - Hệ số nhớt dẻo hiệu quả, MPa.s

Hai thành phần đầu tiên trong biểu thức (5) là các biến dạng trượt thuận nghịch. Thành phần cuối của biểu thức (5) mô tả biến dạng trượt không thuận nghịch, nó có mối quan hệ phi tuyến (tính nhớt dẻo phi Newton) với mức ứng suất tiếp và thời gian tác dụng của tải trọng. Động học của sự tích lũy biến dạng không thuận nghịch phụ thuộc vào cấu trúc của bê tông asphalt và các điều kiện biến dạng của nó. Như vậy, đại lượng biến dạng không thuận nghịch là kết quả được tạo ra do các tính chất lưu biến của vật liệu và nó cũng chính là mối quan tâm khi giải quyết vấn đề đảm bảo sức kháng cắt, tránh hiện tượng mặt đường bị tạo sóng gồ ghề và tránh hiện tượng vết hằn bánh xe trong các lớp bê tông asphalt mặt đường.

Vậy, để đảm bảo sức kháng cắt và sự tích lũy biến dạng dư của bê tông asphalt mặt đường nằm trong giới hạn cho phép trong suốt thời kỳ khai thác, ta cũng có thể tiến hành nghiên cứu dựa trên cơ sở công thức (5) để đề xuất thành phần vật liệu sao cho phù hợp điều kiện tải trọng, nhiệt độ khai thác và cho địa phương cụ thể nơi tuyến đường đi qua.

4. Kết luận

Với điều kiện tải trọng khai thác, nhiệt độ môi trường và chất kết dính thường sử dụng ở Việt Nam hiện nay (bitum 60/70), cần có các nghiên cứu cơ bản về bê tông asphalt, các lý thuyết trình bày trên là một giải pháp. Kết quả nghiên cứu về bê tông asphalt của các quốc gia có điều kiện giao thông và khí hậu khác với Việt Nam chỉ là để tham khảo.

Các hư hỏng trầm trọng của các lớp mặt bê tông asphalt quan trắc được hiện nay trên các tuyến đường ô tô ở nước ta, phổ biến và khó khắc phục nhất đó chính là hiện tượng tích lũy biến dạng trượt không hồi phục (biến dạng dư). Nó là nguyên nhân tạo sóng, gây ra gồ ghề trên mặt đường và hình thành các vết hằn bánh xe. Cho nên, việc nghiên cứu đưa ra các cấu trúc của bê tông asphalt phù hợp có thể khắc phục được vấn đề trên là rất quan trọng □

Tài liệu tham khảo

- [1]. 22TCN 211-06, Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.
- [2]. А.М. Богуславский, Л.Г. Ефремов, Асфальтобетонные покрытия, Учебное пособие для повышения квалификации руководящих работников и специалистов автомобильного транспорта и дорожного строительства, М., МАДИ, 1981 г.
- [3]. Расчетные характеристики сдвигоустойчивости асфальтобетонов, Г.Н. Кирихин, зав. Лаб, ОАО СоюздорНИИ, Россия, 143900 Балашиха Московской обл., ш. Этузиастов, Ассоциация исследователей асфальтобетона, Сборник статей и докладов, М., ГТУ, 2009.
- [4]. Анализ поведения дорожных покрытий в условиях высоких температур. Л.А. Горелышева, канд. техн. наук, ФГУП РосдорНИИ, Ассоциация исследователей асфальтобетона, Сборник статей и докладов, М., ГТУ, 2011.
- [5]. Методы повышения колееустойчивости асфальтобетонного покрытия, Проф. В.В. Мозговой, д-р техн. наук, доц. А.Н. Онищенко, канд. техн. наук, Ассоциация исследователей асфальтобетона, Сборник статей и докладов, 0... М., ГТУ, 2012.

Ngày nhận bài: 19/3/2014

Ngày chấp nhận đăng: 03/4/2014

Người phản biện: GS. TS. Nguyễn Xuân Đào
GS. TS. Vũ Đình Phụng