Một số nguyên nhân hư hỏng mặt đường bê tông nhựa phổ biến ở Nam bộ và hướng giải quyết

TS. NGUYỄN THỐNG NHẤT
ThS. NCS. TRẦN VĂN THIỆN
Trường Đại học Tôn Đức Thắng

Tóm tắt: ***Bài báo trình bày các dạng hư hỏng phổ biến của mặt đường bê tông nhựa trên các quốc lộ ở Nam bộ. Các nguyên nhân gây dư hỏng mặt đường bê tông nhựa, trong đó lý do chính là do tải trọng vượt tải và nhiệt độ cao của mặt đường bê tông. Bài báo này chỉ ra một số chú ý trong thiết kế, xây dựng và khai thác để hạn chế những hư hỏng mặt đường bê tông nhựa khu vực Nam bộ nhằm nâng cao độ bền khai thác và hiệu quả cho mặt đường bê tông nhựa.***

Abstract: ***The article introduces the popular forms of corruption on asphalt pavement on national highway in the Southern area. Among the reasons of the corruption on the asphalt, the main reason is from the over loading capacity and the high temperature road surface. Some petitions in designing, constructing exploitation are given with the purpose of reducing the corruption on the asphalt pavement in the Southern area and improving the life service, duration and the effectiveness of asphalt pavement.***

1. Đặt vấn đề

Sự tăng trưởng nhanh của nền kinh tế trong những năm gần đây kéo theo tăng rất nhanh về lưu lượng và tải trọng trên đường. Kết cấu mặt đường bê tông nhựa được sử dụng rộng rãi, chiếm trên 80% diện tích mặt đường ở Nam bộ và là sự lựa chọn hàng đầu khi thiết kế các công trình đường cao tốc và đường cấp cao khác. Trong thực tế, xây dựng đường ở nước ta còn một số tồn tại cần được nghiên cứu giải quyết. Trong đó, vấn đề vượt tải và nhiệt độ mặt đường là hai vấn đề cần quan tâm nhằm hạn chế nguyên nhân gây hư hỏng mặt đường ở khu vực Nam bộ.

Hiện nay, rất nhiều tuyến đường bê tông nhựa ở nước ta nói chung và khu vực Nam bộ nói riêng sau thời gian ngắn đưa vào sử dụng đã xuất hiện những hiện tượng phổ biến như: Xô dồn, nứt trượt lớp mặt bê tông nhựa, hằn lún vệt bánh xe, rạn nứt bong bật, lún nứt cao su, gây hư hỏng nghiêm trọng mặt đường cũng như ATGT. Đây là mối quan tâm hàng đầu của các nhà quản lý giao thông và nhà xây dựng công trình.

2. Các dạng hư hỏng phổ biến

Có thể phân loại các hư hỏng mặt đường bê tông nhựa thành bốn dạng hư hỏng cơ bản phổ biến là: Biến dạng mặt đường, nứt, mất mát vật liệu bề mặt và lún nứt "cao su".

2.1. Biến dạng

Biến dạng mặt đường là dạng hư hỏng phổ biến hiện nay thường thể hiện ở ba dạng hư hỏng sau: Hằn lún vệt bánh xe, lún lõm và lượn sóng.

Vệt lún bánh xe thường xuất hiện dọc theo vệt bánh xe và có khuynh hướng phát triển ra phía lề đường, được hình thành do các nguyên nhân: Sự biến dạng của bê tông nhựa do tác dụng đầm nén của bánh xe, do ứng suất cắt lặp đi lặp lại của bánh xe tác dụng (đây là nhân tố cơ bản).

Hình 1: Hư hỏng mặt đường dạng lún vệt bánh xe

Hằn lún vệt bánh xe là dạng hư hỏng do hỗn hợp vật liệu mặt đường di chuyển khi chịu tải trọng tác dụng của bánh xe. Hiện tượng này có thể xảy ra do hiện tượng đầm nén thứ cấp của tải trọng giao thông hay do hỗn hợp mất ổn định trong trạng thái dẻo - chảy, thông thường là do cả hai và phụ thuộc vào *điều kiện nhiệt độ môi trường và điều kiện tác dụng của tải trọng*.

Ngoài ra, các nhân tố do vật liệu cũng ảnh hưởng đến độ lún vệt bánh xe: Thành phần cấp phối, độ nhám bề mặt cốt liệu, hình dạng hạt và cỡ hạt, loại nhựa sử dụng, độ rỗng dư, độ rỗng cốt liệu, phần trăm lỗ rỗng lấp đầy bằng nhựa đường, độ ẩm, *nhiệt độ, độ lớn của áp lực tác dụng và số lần tác dụng của tải trọng.*

Giải pháp chung cho vấn đề này là cải tiến nâng cao chỉ tiêu cơ lý của bê tông nhựa theo hướng sử dụng nhựa cải tiến, biện pháp ổn định nhiệt độ cao trong hỗn hợp bê tông nhựa, bê tông nhựa cốt sợi, sử dụng cốt liệu đá có cường độ cao, đường cong cấp phối hạt thiết kế phải trơn liên tục trong khoảng giữa hai miền giới hạn, không đột biến gẫy khúc. Ngoài ra, còn phải cải tiến về khâu thiết kế, công nghệ chế tạo bê tông nhựa và thi công mặt đường bê tông nhựa.

Lún và lượn sóng là hiện tượng hư hỏng do biến dạng trượt trong lớp kết cấu mặt đường có nguyên

nhân chủ yếu từ độ ổn định của kết cấu mặt đường. Chất lượng hỗn hợp bê tông nhựa kém, sử dụng loại nhựa không phù hợp, hàm lượng nhựa lớn và sự liên kết các lớp vật liệu trong kết cấu áo đường không tốt là các nguyên nhân chính của hiện tượng này. Ngoài ra, còn có nguyên nhân kết hợp là do tải trọng ngang của bánh xe lên mặt đường.

2.2. Nứt

Nứt có nhiều loại hình nứt khác nhau, xuất phát từ các nguyên nhân khác nhau. Một số dạng nứt mặt đường như nứt ngang, nứt dọc, nứt lưới, nứt hình parabol... bắt nguồn từ các nguyên nhân như: Tải trọng, thi công không đảm bảo chất lượng, nhiệt độ trong hỗn hợp, độ ẩm cao của nền đường (chứa nước), thay đổi độ ẩm và nhiệt độ trong các lớp phía dưới. Sau đây, xét một số dạng nứt mặt đường bê tông nhựa:

Hình 2: Hư hỏng mặt đường dạng lún nứt thành ổ gà

- Nứt do mỏi:

Dạng này xảy ra khi các tải trọng tác dụng gây ra ứng suất kéo vượt quá cường độ chịu kéo của bê tông nhựa. Dấu hiệu sớm của dạng này là sự xuất hiện các vết nứt dài không liên tục theo vệt bánh xe, sau đó phát triển dần lên do một số điểm các vết nứt trong cấu trúc trong hỗn hợp nối lại với nhau hình thành vùng nứt lớn hơn. Các vết nứt phát triển cho đến khi hình thành nứt kiểu da cá sấu. Mặt đường sẽ tiếp tục nứt nặng hơn nữa đến khi xuất hiện "ổ gà".

Hiện tượng nứt mỏi xảy ra thông thường do phối hợp các nguyên nhân: *Tải trọng nặng trùng phục nhiều trên mặt đường, lưu lượng và xe nặng tăng vọt quá mức dự báo của thiết kế.* Ngoài ra, mặt đường có bề dày nhỏ hay các lớp dưới yếu làm xuất hiện độ võng lớn trên mặt đường khi có tác dụng của tải trọng. Độ võng mặt đường lớn làm tăng ứng suất kéo ở phía đáy của lớp bê tông nhựa làm phát sinh vết vứt. Chất lượng xây dựng kém, đầm nén không đủ, thi công trong thời tiết bất lợi, hàm lượng nhựa thiếu, thoát nước mặt đường kém làm giảm cường độ của nền móng bằng vật liệu không gia cố cũng góp phần làm tăng khả năng phát sinh vết nứt hay chất lượng lớp dính bám kém làm tăng ứng suất kéo dưới đáy bê tông nhựa.

+ Nứt dọc:

Nứt dọc thường có nguyên nhân từ việc mở rộng nền, mặt đường làm biến dạng không đều giữa các phần đường mới và đường cũ. Nứt dọc theo vết lún bánh xe do ứng suất kéo của tải trọng xe gây ra vượt quá giới hạn chịu kéo của bê tông nhựa.

+ Nứt thành lưới:

Là loại hư hỏng phát triển từ vết nứt ngang và nứt dọc, nguyên nhân thường là nứt do nhiệt kết hợp với hiện tượng sơ hóa bề mặt vết nứt. Loại nứt này thường xuất hiện trên những khu vực rải bê tông bề mặt lớn. Đây là hiện tượng hư hỏng có liên quan đến chiều dày bê tông nhựa chưa đạt yêu cầu hay do dính bám không tốt. Quá trình xuống cấp mặt đường diễn ra khá nhanh do xuất hiện vết nứt thứ cấp và bong bật từng mảng vật liệu bề mặt.

Hình 3: Hư hỏng mặt đường dạng nứt thành lưới

+ Nứt phản ánh:

Nứt phản ánh do các nguyên nhân sau: Nứt từ khe nối của mặt đường bê tông xi măng phía dưới, truyền vết nứt do nhiệt của mặt đường bê tông nhựa cũ, truyền từ nứt Block của mặt đường phía dưới.

2.3. Mất mát vật liệu bề mặt

Mất mát vật liệu bề mặt thể hiện qua việc bong tróc vật liệu do tính dính kết của chất kết dính trong hỗn hợp bê tông nhựa không đảm bảo, thường xảy ra khi có nước giữa bề mặt hạt cốt liệu và màng nhựa đường xung quanh.

Độ bền cố kết của cấu trúc hỗn hợp bê tông nhựa phụ thuộc vào tính dính kết trong cấu trúc vật liệu, tức là sự dính bám cốt liệu và nhựa đường, lực ma sát và chèn móc của bộ khung cốt liệu hạt. Khả năng dính bám giữa bề mặt hạt cốt liệu và nhựa đường phụ thuộc vào tính chất của nhựa đường, tính chất của cốt liệu, điều kiện môi trường, điều kiện giao thông, công nghệ thi công, công nghệ chế tạo hỗn hợp bê tông nhựa và phụ gia dính bám sử dụng khi chế tạo hỗn hợp bê tông nhựa.

Hình 4: Hư hỏng mặt đường dạng mất mát vật liệu bề mặt

Khi nhựa đường có độ nhớt lớn, có khả năng chống lại ảnh hưởng của nước. Tuy nhiên, trong quá trình trộn, nhựa đường có độ nhớt lớn sẽ yêu cầu nhiệt độ trộn cao để tạo khả năng bao bọc của nhựa đường với cốt liệu. Mặt khác, nếu sử dụng nhựa đường có độ

nhớt lớn lại tăng khả năng nứt ở nhiệt độ thấp hay nứt do mỏi. Cho nên, để tăng khả năng dính bám của nhựa đường với cốt liệu, người ta thường dùng giải pháp hóa học hơn là giải pháp vật lý, tức là chọn loại nhựa có độ nhớt cao.

2.4. Hư hỏng do lún nứt cao su

Ở khu vực Nam bộ, dạng lún nứt cao su khá phổ biến, dạng nứt này do nguyên nhân đất nền bị ngậm nước đạt đến mức hạn độ dẻo mà không có lối thoát ra tạo thành một túi chứa nước (hiện tượng nước treo). Khi có tải trọng xe tác dụng tạo thành dạng lún nứt cao su. Lúc thi công không xử lý tốt thoát nước hay do nước mặt có điều kiện theo kẻ nứt thâm nhập vào nền. Nhiều trường hợp do mở rộng nền đường trong khu vực có ao trũng chứa nước mà không xử lý triệt để lượng nước và bùn khi san lấp cũng gây ra dạng hư hỏng này.

3. Nguyên nhân chính gây hư hỏng mặt đường

Đối với bê tông nhựa có hai vấn đề là *độ lớn, thời gian tác dụng của tải trọng, lưu lượng xe và nhiệt độ mặt đường* cần được quan tâm giải quyết vì nó ảnh hưởng đến độ bền khai thác và tuổi thọ công trình. Đây cũng là hai nguyên nhân cơ bản gây ra hư hỏng mặt đường trong điều kiện giao thông ở nước ta nói chung và khu vực Nam bộ nói riêng.

Các nguyên nhân gây ra hư hỏng đã được đề cập trong từng loại hư hỏng cụ thể. Ở đây, bài báo nhấn mạnh nguyên nhân chính có thể khắc phục được trong quá trình quản lý khai thác cũng như thiết kế, thi công mặt đường bê tông nhựa.

3.1. Vượt tải, tải trùng phục, tốc độ chậm và lưu lượng xe

Theo số liệu đếm xe của khu vực đường bộ VII, trong hai năm 2012 và 2013 trong bảng dưới đây, cho thấy mức độ gia tăng nhanh chóng các loại tải trọng nặng trên một số quốc lộ khu vực Nam bộ như sau:

Tỷ lệ tăng trưởng của tải trọng và lưu lượng xe các Quốc lộ khu vực Nam bộ

Tên đường	*Xe tải trung* (2 trục- 6 bánh)	*Xe tải nặng* (3 trục)	*Xe tải nặng* (4 trục)	*Tổng cộng xe ô tô*
Quốc lộ 1	5,66%	12,1%	43,19%	13,41%
Quốc lộ 20	9,35%	38,1%	409,73%	52,05%
Quốc lộ 22	2,19%	7,32%	20,25%	40,8%
Quốc lộ 50	-6%	2,42%	11,51%	4%

Từ bảng tổng hợp trên, ta thấy rõ mức độ tăng trưởng tải trọng và lưu lượng xe trên các quốc lộ là rất lớn đến mức nguy hiểm. Điều này ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ của mặt đường bê tông nhựa. Khi lượng xe, xe tải trọng nặng tăng trưởng cao, tình trạng vượt tải phổ biến và kẹt xe làm cho tải trọng nặng, thời gian tác dụng của tải trọng đều tăng, gây bất lợi trực tiếp đến trạng thái ứng suất và biến dạng của mặt đường. Đây là nguyên nhân chính làm cho mặt đường bê tông nhựa có các hư hỏng phổ biến như đã phân tích.

3.2. Nhiệt độ mặt đường

3.2.1. Những ảnh hưởng của bê tông nhựa trong điều kiện nhiệt độ cao

Lớp bê tông nhựa mặt đường tiếp xúc trực tiếp với điều kiện nhiệt độ khí quyển nên chịu ảnh hưởng và có mối quan hệ trực tiếp với nhiệt độ khí quyển. Chu kỳ thay đổi nhiệt độ của lớp mặt đường ảnh hưởng bởi với chu kỳ thay đổi nhiệt độ của khí quyển. Ở TP. Hồ Chí Minh, nhiệt độ của mặt đường bê tông nhựa có thể lên đến 65°C [3]. Các tỉnh miền Đông Nam bộ còn nóng hơn nữa và biến đổi chênh lệch nhiệt độ trong ngày là lớn nhất so với các lớp còn lại của kết cấu áo đường mềm.

Như vậy, nhiệt độ của lớp mặt đường sẽ phụ thuộc vào khả năng đối lưu nhiệt giữa khí quyển và kết cấu mặt đường. Khả năng đối lưu nhiệt giữa không khí và mặt đường phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài như nhiệt độ không khí, bức xạ mặt trời, tốc độ gió, lượng mưa, độ ẩm không khí, lượng bốc hơi. Trong đó, nhiệt độ không khí và bức xạ mặt trời là quan trọng nhất. Nhiệt độ không khí còn ảnh hưởng bởi địa hình, chế độ gió mùa và hướng núi.

Các nhân tố bên trong gồm hệ số truyền nhiệt của vật liệu, suất hấp thụ bức xạ mặt trời, nhiệt dung riêng của vật liệu. Hệ số truyền nhiệt phụ thuộc vào kết cấu vật liệu, độ rỗng và độ ẩm của vật liệu. Suất hấp thụ bức xạ mặt trời phụ thuộc vào loại vật liệu và độ nhám của mặt đường. Đối với mặt đường bê tông nhựa, hệ số truyền nhiệt bằng 1,21 - 3,1 w/mK và suất hấp thụ bức xạ mặt trời bằng 0,85 - 0,95.

Nhược điểm cơ bản của bê tông nhựa là cường độ và khả năng chống biến dạng luôn thay đổi phụ thuộc vào nhiệt độ làm việc của mặt đường. Do bê tông nhựa là vật liệu đàn hồi - nhớt - chảy dẻo, nên khi nhiệt độ thấp, bê tông nhựa làm việc như một vật thể đàn hồi là chủ yếu, nhưng khi làm việc ở nhiệt độ cao, bê tông nhựa bị biến dạng nhớt là chủ yếu, còn biến dạng đàn hồi thì không đáng kể.

3.2.2. Hư hỏng mặt đường nhựa trong điều kiện nhiệt độ cao

Các nghiên cứu về hư hỏng do nhiệt độ của mặt đường bê tông nhựa cho thấy, khi làm việc ở nhiệt độ cao, một điều bất lợi của mặt đường bê tông nhựa là cường độ chống trượt giảm, mặt đường ngoài chịu lực đứng của bánh xe còn phải chịu tác dụng của lực ngang do xe hãm phanh khi khởi hành hay tăng tốc, làm cho mặt đường thường tồn tại các dạng hư hỏng trượt hay dồn nhựa mặt đường (do ứng suất cắt trượt) và lún vệt bánh xe (biến dạng dẻo và tích lũy biến dạng dẻo).

Vì vậy, khi làm việc trong điều kiện nhiệt độ cao, ở lớp mặt bê tông nhựa thường xuất hiện các dạng hư hỏng như lún vệt bánh xe, trượt, dồn ụ nhựa mặt đường. Có thể thấy khi nhiệt độ thay đổi thì bản chất vật liệu thay đổi làm cho cơ chế chịu tải và phá hoại cũng thay đổi theo.

3.3. Số lượng các công trình sửa chữa do các hư hỏng phổ biến đã nêu, ở TP. Hồ Chí Minh trong những năm gần đây

Số liệu thống kê của Sở Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh cho thấy, phải sửa chữa mặt đường hư hỏng từ năm 2006 đến nay như sau:

(Xem tiếp trang 30)

đến sa bồi cục bộ ở một số vị trí là rất có khả năng xảy ra. Đặc biệt tại vũng quay tàu vào 02 bến khởi động được bố trí gần đầu hạ lưu kênh Hà Nam.

- Cần có nghiên cứu sâu hơn kết hợp với các số liệu quan trắc thực tế tại từng đoạn luồng để đánh giá được ảnh hưởng của tàu đối với ổn định, sa bồi luồng tàu để có các phương án nạo vét duy tu hiệu quả đồng thời đưa ra các khuyến nghị trong quá trình khai thác.

3. Kết luận

Để xác định được khối lượng duy tu nạo vét cần xác định được mức độ bồi lắng của luồng tàu và các điểm sa bồi cục. Đã có nhiều đề tài nghiên cứu, dự báo về bồi lắng luồng tàu nhưng vẫn chưa có được đánh giá phù hợp với điều kiện cụ thể của từng vùng. Thông thường, tốc độ bồi lắng của luồng tàu được xác định thông qua các mô hình tính toán về trường dòng chảy, trường sóng và chuyển động bùn cát để dự báo lượng bồi lắng luồng tàu do sóng biển, dòng phù sa từ các sông đổ ra. Tuy nhiên, lượng phù sa lơ lửng do hoạt động của tàu thì chưa được xem xét từ góc độ nghiên cứu trên mô hình toán.

Hiện nay, Cục Hàng hải Việt Nam đang tiến hành triển khai xây dựng một số dự án lớn về luồng hàng hải như: Luồng tàu trọng tải lớn vào các cảng trên sông Hậu và luồng tàu vào cảng cửa ngõ Quốc tế Hải Phòng. Ngoài ra, Cục Hàng hải Việt Nam còn quản lý tất cả các luồng tàu quan trọng như luồng tàu Hải Phòng, luồng vào các cảng trên sông Sài Gòn, Soài Rạp… Do vậy, nghiên cứu áp dụng mô hình tính toán dòng phù sa lơ lửng do hoạt động của chân vịt tàu là hết sức cần thiết cho việc dự báo để kiểm tra giám sát, theo dõi và lập kế hoạch duy tu nạo vét luồng hàng năm ❑

Tài liệu tham khảo

[1]. Propeller Wash Scour Near Quay Walls, *Journal Of Waterway, Port, Coastal, And Ocean Engineering,* Hamill, G. A.; Johnsto, H. T.; and Stewart, D. P, July/ August 1999.

[2]. Determintion of the Efflux Velocity from a Ship's Propeller, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Maritime Engineering*, Hamill, G.A; McGarvey J.A; and Hughes, D.A.B, 2004.

[3]. Ship Effects at the Bankline of Navigation Channels, *Proceeding of the Institution of Civil Engineers, Maritime Engineering",* Maynord, Stephen T. June 2004.

[4]. Physical Forces Near Commercial Tows, *Interim Report,* U.S. Army Engineer Research and Development Center, Maynord, Stephen T, 2000.

Ngày nhận bài: 20/6/2014
Ngày chấp nhận đăng: 07/7/2014
Người phản biện: GS. TS. Phạm Văn Giáp
TS. Bùi Việt Đông

MỘT SỐ NGUYÊN NHÂN...

(Tiếp theo trang 27)

Năm	Số công trình	Dạng hư hỏng
2006	21	"Xuống cấp"
2007	29	"Xuống cấp"
2008	23	"Xuống cấp"
2009	30	"Xuống cấp"
2010	21	"Xuống cấp"
2011	20	"Xuống cấp"
2012	22	"Xuống cấp"
2013	23	"Xuống cấp"

"Xuống cấp" *là hư hỏng bao gồm: Biến dạng, nứt, mất mát vật liệu mặt đường, lún nứt cao su.*

4. Kết luận

- Tải trọng nặng, trùng phục, dòng xe có tốc độ chậm là ba nhân tố làm hư hỏng mặt đường bê tông nhựa hàng đầu, để tránh những hư hỏng trên, rất cần những biện pháp cấp bách nhằm khắc phục những nguyên nhân xuất phát từ công tác quản lý GTVT của nước ta và của các địa phương.

- Bê tông nhựa là vật liệu có tính nhạy cảm với nhiệt độ, tính chất này là do sự tồn tại của bitum trong hỗn hợp. Bản chất vật liệu của bê tông nhựa phụ thuộc vào nhiệt độ, vật liệu có tính chất đàn hồi ở nhiệt độ thấp và dẻo - chảy ở nhiệt độ cao. Vì vậy, rất cần sự nghiên cứu của các nhà chuyên môn quan tâm đặc biệt đến vấn đề ổn định nhiệt cho hỗn hợp bê tông nhựa khi thiết kế và chế tạo nó.

5. Kiến nghị

- Hiện nay, Bộ GTVT đang quyết tâm giải quyết vấn đề xe vượt tải. Đây là việc làm được dư luận quan tâm và đồng tình vì vấn đề vượt tải không những làm hư hỏng cầu đường mà còn là vấn đề ATGT nhằm kéo giảm tai nạn trên đường bộ. Tuy nhiên, việc làm này phải làm thường xuyên với quyết tâm cao, không để tình trạng vượt tải lặp lại.

- Cần nghiên cứu sâu sắc về ảnh hưởng của nhiệt độ, độ bền khai thác của mặt đường bê tông nhựa phụ thuộc vào các yếu tố như: Nhiệt độ, không khí, nước, bản chất cốt liệu, thành phần hỗn hợp bitum - cốt liệu, độ chặt khi đầm nén mặt đường, tải trọng và thời gian tác dụng của tải trọng. Trong đó, nhiệt độ đóng vai trò quan trọng và chi phối rất lớn.

- Bê tông nhựa hiện nay chủ yếu sử dụng nhựa đặc bán cứng 60/70, với loại nhựa này, nhiệt độ hóa mềm thấp hơn 56°C. Như vậy, với điều kiện khí hậu ở Nam bộ, nhiệt độ mặt đường lên đến 65°C, thì việc nghiên cứu ổn định nhiệt cho mặt đường là cần thiết.

Bài toán khắc phục những hạn chế của bê tông nhựa dưới tác động của môi trường có điều kiện nhiệt độ cao, tải trọng xe lớn, ở Nam bộ nói riêng và Việt Nam nói chung cần được giải quyết, nhằm nâng cao tuổi thọ và tránh sự cố công trình xảy ra ❑

Tài liệu tham khảo

[1]. PGS. TS. Trần Thị Kim Đăng, *Độ bền khai thác & tuổi thọ kết cấu mặt đường bê tông nhựa*, NXB. GTVT, Hà Nội, 2010.

[2]. TS. Đào Văn Đông, *Một số vấn đề liên quan đến chất lượng bê tông asphalt và mặt đường mềm ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số 6/2012.

[3]. GS. TS. Phạm Duy Hữu, PGS. TS. Đào văn Đông, ThS. Nguyễn Ngọc Lân, *Nghiên cứu đánh giá hư hỏng mặt đường bê tông asphalt có liên quan đến xô dồn và trượt nứt trên một số quốc lộ Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số 8/2013.

[4]. TS. Hiromitsu Nakanishi, ThS. Nguyễn Ngọc Lân, *Nâng cao ổn định nhiệt cho bê tông asphalt bằng phụ gia Tafpack-super (TPS)*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 11+12/2012.

Ngày nhận bài: 15/6/2014
Ngày chấp nhận đăng: 10/7/2014
Người phản biện: TS. Phạm Văn Hùng