



STUDY AND PROPOSE THE LAYER COEFFICIENTS OF POROUS ASPHALT CONCRETE FOR ASPHALT PAVEMENT STRUCTURE DESIGN ACCORDING TO AASHTO 93

Nguyen Thi Mi Tra^{1*}, Tran Thi Cam Ha¹, Akihiro Kato²

¹University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

²Taiyu Vietnam Co., LTD, Room 302, 3rd Floor, 101 Lang Ha Building, Lang Ha Ward, Dong Da District, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 29/7/2020

Revised: 14/10/2020

Accepted: 2/11/2020

Published online: 28/12/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.9.3>

* *Corresponding author*

Email: nguyenmitra@utc.edu.vn; Tel: 0987757635

Abstract. Porous asphalt concrete has been used in many countries around the world. However, the layer coefficients of this material are not the same. In Vietnam, porous asphalt concrete has also initially been applied on the Phap Van-Cau Gie expressway. In order to serve the design of pavement structures according to AASHTO 93 and continue to be applied in Vietnam, it is necessary to determine the layer coefficient of porous asphalt concrete. The paper presents the main content of the study that is to determine the layer coefficient of porous asphalt concrete based on the analysis of the results of the field dynamic modulus test on the pilot section at Phap Van-Cau Gie expressway. The result of the layer coefficient determined from this study is one of the important aspects to recommend the use of the material in designing pavement structures.

Key words. Porous asphalts concrete, layer coefficient, dynamic modulus, structure number.



NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT HỆ SỐ LỚP CỦA BÊ TÔNG NHỰA RỖNG THOÁT NƯỚC PHỤC VỤ THIẾT KẾ KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG THEO AASHTO 1993

Nguyễn Thị Mi Trà^{1*}, Trần Thị Cẩm Hà¹, Akihiro Kato²

¹Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

²Công ty TNHH Taiyu Việt Nam, Phòng 302, Tầng 3, Tòa nhà 101 Láng Hạ, P.Láng Hạ, Quận Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 29/7/2020

Ngày nhận bài sửa: 14/10/2020

Ngày chấp nhận đăng: 2/11/2020

Ngày xuất bản online: 28/12/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.9.3>

*Tác giả liên hệ

Email: nguyenmitra@utc.edu.vn; Tel: 0987757635

Tóm tắt. Bê tông nhựa rỗng thoát nước đã và đang được sử dụng ở nhiều quốc gia trên thế giới. Tuy nhiên, việc xem xét đưa ra thông số cường độ của lớp vật liệu này không giống nhau. Tại Việt Nam, bê tông nhựa rỗng thoát nước cũng đã bước đầu đưa vào áp dụng trên tuyến cao tốc Pháp Vân-Cầu Giẽ. Để phục vụ thiết kế kết cấu mặt đường theo AASHTO 93 và tiếp tục áp dụng tại Việt Nam thì việc xác định thông số lớp của bê tông nhựa rỗng thoát nước là cần thiết. Bài báo trình bày nội dung chính của nghiên cứu là xác định thông số lớp của bê tông nhựa rỗng thoát nước trên cơ sở phân tích kết quả của thí nghiệm đo mô đun đàn hồi động tại hiện trường trên đoạn thử nghiệm tại cao tốc Pháp Vân-Cầu Giẽ. Kết quả hệ số lớp được xác định từ nghiên cứu này là một trong những cơ sở quan trọng để kiến nghị sử dụng vật liệu này khi thiết kế kết cấu mặt đường.

Từ khóa. Bê tông nhựa rỗng thoát nước, hệ số lớp, mô đun đàn hồi động, chỉ số kết cấu.

© 2020 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. MỞ ĐẦU

Bê tông nhựa rỗng thoát nước theo[1] là loại bê tông nhựa có cấp phối cốt liệu gián đoạn, sử dụng nhựa đường cải thiện, có độ rỗng dư cao (18-22%) và được gọi tắt là BTNRTN.

Bê tông nhựa rỗng thoát nước được nghiên cứu áp dụng đầu tiên tại Viện Franklin

Philadelphia, Mỹ từ thập niên 1970 để làm lớp mặt đường (Porous asphalt pavement) [1], nhằm khắc phục tình trạng kém thoát nước của mặt đường bê tông nhựa chặt, góp phần tăng độ an toàn xe chạy do loại bỏ màng nước giữa bánh xe và mặt đường, tăng khả năng kháng trượt bề mặt mặt đường, đồng thời tăng khả năng chống ồn...[2].

Đến nay, nhiều Bang nước Mỹ (California, Arizona, Florida, Oregon, Georgia, Texas, Alabama, Nevada...); các nước Châu Âu (Thụy Sĩ, Ai-len, Anh, Thụy Điển, Hà Lan, ...) đã tiến hành nghiên cứu về BTNRTN để áp dụng cho đường ô tô cấp cao và đường cao tốc. Tại Nhật Bản, mặt đường này bắt đầu xuất hiện vào năm 1987 với đoạn thử nghiệm hiện trường đầu tiên [3]. Ở Malaysia và Thái Lan, công nghệ BTNRTN cũng được giới thiệu vào đầu những năm 1990 dựa theo tiêu chuẩn châu Âu [3].

Luận án Tiến sỹ kỹ thuật của tác giả Nguyễn Văn Thành “Nghiên cứu các đặc tính chủ yếu của bê tông nhựa rỗng (Porous asphalt) sử dụng dùng làm lớp mặt cho đường ô tô cấp cao ở Việt Nam”(năm 2016) đã đưa ra các chỉ tiêu yêu cầu cho BTNRTN và lựa chọn phương pháp thiết kế thành phần BTNRTN [4], các thông số khi thiết kế kết cấu áo đường theo 22TCN 211-06 [5]. Tuy nhiên để thiết kế kết cấu mặt đường theo AASHTO 1993 (22TCN 274-01) [6,7] thì cần phải có hệ số lớp a_i của vật liệu BTNRTN. Trên thế giới, việc xem xét đưa các thông số cường độ của lớp BTNRTN không giống nhau. Tại Mỹ, hầu như các bang không xem xét để đưa BTNRTN vào thiết kế kết cấu mà chỉ đưa vào trong thiết kế cấu tạo. Vương Quốc Anh đã đưa ra hệ số cường độ của lớp BTNRTN bằng khoảng 66% so với BTNC thông thường [8]. Bỉ đưa ra hệ số cường độ của lớp BTNRTN bằng khoảng 73%-79% so với BTNC thông thường [8]. Nhật Bản đưa ra hệ số cường độ (hệ số lớp) của BTNRTN bằng 1, tương đương với hệ số cường độ của BTNC [8].

Bài báo trình bày phương pháp xác định thông số lớp của bê tông nhựa rỗng thoát nước trên cơ sở kết quả của thí nghiệm đo mô đun đàn hồi động tại hiện trường (FWD).

2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH HỆ SỐ LỚP a_i CỦA BTNRTN

2.1. Hệ số lớp a_i

Hệ số lớp a_i được yêu cầu khi thiết kế kết cấu áo đường mềm theo tiêu chuẩn AASHTO 93 [7,9]. Mỗi lớp vật liệu trong kết cấu được gán một giá trị hệ số lớp để chuyển đổi chiều dày lớp thực tế thành chỉ số kết cấu SN. Hệ số lớp này biểu thị mối quan hệ thực nghiệm giữa SN và chiều dày của lớp vật liệu Di. Phương trình tổng quát về mối quan hệ này được đưa ra như phương trình (1) với hệ số lớp hiệu chỉnh m [6,7] như sau:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \quad (1)$$

Trong đó:

SN: chỉ số kết cấu mặt đường thiết kế

a_1, a_2, a_3 : hệ số lớp tương ứng với lớp bề mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới

D_1, D_2, D_3 : bề dày tương ứng của lớp bề mặt, lớp móng trên và lớp móng dưới

m_2, m_3 : hệ số thoát nước cho các lớp móng trên và móng dưới

2.2. Phương pháp xác định hệ số lớp a_i của BTNRTN

Bài báo trình bày phương pháp xác định hệ số a_i của lớp BTNRTN thông qua thí nghiệm FWD theo tiêu chuẩn 22TCN335-06 [10] trên bề mặt lớp BTNRTN sau khi thi công tại hiện

trường và trên mặt đường cũ. Trên cơ sở kết quả thí nghiệm trên mặt đường cũ (trước khi rải lớp BTNRTN) và mặt đường sau khi rải lớp BTNRTN, tính ra hệ số lớp kết cấu a_i hiện trường.

3. THÍ NGHIỆM FWD TRÊN ĐOẠN ĐƯỜNG THI CÔNG THỬ NGHIỆM BTNRTN

3.1. Đoạn thi công thử nghiệm BTNRTN

Đoạn đường thực nghiệm được xây dựng trên đường cao tốc Pháp Vân-Cầu Giẽ với lý trình từ Km216+200÷Km216+500, nửa đường bên phải tuyến (hướng Cầu Giẽ đi Ninh Bình), bao gồm 02 làn xe cơ giới (làn xe con và làn xe tải) và làn dừng xe khẩn cấp. Chiều dài đoạn thí điểm $L = 300$ m, được chia thành 02 phân đoạn với các phương án kết cấu như sau [11]:

Phân đoạn 1: Chiều dài 200 m (từ Km216+200÷Km216+400); Loại BTNRTN sử dụng là bê tông nhựa rỗng có cỡ hạt lớn nhất danh định là 12,5 mm, chiều dày 5,0 cm. Nhựa đường Petrolimex 60/70 có sử dụng 12% phụ gia TPS, ký hiệu là CP2.TPS, được rải trực tiếp trên mặt đường BTN cũ (gồm các lớp vật liệu: BTN hạt mịn 5cm, BTN hạt trung 7cm, đá dăm đen 10cm, CP đá dăm loại 1 dày 18cm, CP đá dăm loại 2 dày 27cm) sau khi tưới lớp vật liệu dính bám bằng nhũ tương nhựa đường polime CRS-1P (theo TCVN8816 : 2011) với lượng dùng từ 0,4-0,6 l/m². Hỗn hợp bê tông nhựa rỗng thoát nước sử dụng nhựa đường TPS phải thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật theo quy định tại bảng sau:

Bảng 1. Các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp BTNRTN.

TT	Chỉ tiêu	Quy định	Phương pháp thử
1	Độ ổn định Marshall ở 60 ⁰ C (số chày đầm 50x2), kN	$\geq 3,5$	TCVN 8860-1: 2011
2	Độ rỗng dư, %	18-22	TCVN 8860-9: 2011
3	Độ hao mòn Cantabro (Cantabro loss), %	≤ 20	ASTM D 7064
4	Tỉ lệ độ rỗng liên thông (percentage of connected air void), %	≥ 13	Phụ lục B Chi dẫn kỹ thuật
5	Hệ số thấm K, cm/s	$\geq 0,01$	Phụ lục C Chi dẫn kỹ thuật
6	Độ ổn định động (Dynamic stability), lần /mm	≥ 3000	Phương pháp C, Quyết định 1617/QĐ-BGTVT

Phân đoạn 2: Chiều dài 100 m (từ Km216+400÷Km216+500); chiều dày 5,0 cm, Loại BTNRTN sử dụng là bê tông nhựa rỗng có cỡ hạt lớn nhất danh định là 12,5 mm, nhựa đường polime PMB.III của Petrolimex, ký hiệu là CP2.III, được rải trực tiếp trên mặt đường BTN cũ (kết cấu như đã nêu ở trên) sau khi tưới lớp vật liệu dính bám bằng nhũ tương nhựa đường polime CRS-1P (theo TCVN8816 : 2011) với lượng dùng từ 0,4-0,6 l/m². Công ty Phương Thành Trancosin thực hiện thi công theo [12] dưới sự hướng dẫn công nghệ của các chuyên gia Nhật Bản từ công ty Taiyu Kensetsu Co., Ltd và giám sát của Viện Khoa học công nghệ và Giao thông vận tải.

Trước khi thi công lớp BTNRTN, thí nghiệm đo mô đun đàn hồi động được thực trên mặt đường cũ bằng thiết bị FWD (hình 1) với tổng số điểm đo trên cả 2 làn là 31, trong đó 15 điểm trên làn 1 và 16 điểm trên làn 2. Kết quả được trình bày trong bảng 2 [11].

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm đo mô đun đàn hồi mặt đường cũ bằng thiết bị FWD.

TT	Phân đoạn	Làn xe	E_P trung bình (MPa)	Chỉ số kết cấu hữu hiệu SN_{eff}
1	Phân đoạn 1	Làn xe con	1142,4	6,51
		Làn xe tải	1285,6	6,78
2	Phân đoạn 2	Làn xe con	996,8	6,22
		Làn xe tải	1099,0	6,43

Thí nghiệm FWD cũng được tiến hành trên mặt đường BTNRTN (hình 2) ở các thời điểm khác nhau kể từ khi thi công xong (với số điểm đo tương ứng trên mặt đường cũ). Kết quả đo mô đun đàn hồi, giá trị mô đun đàn hồi hữu hiệu mặt đường (E_P) và chỉ số kết cấu mặt đường (SN) các lần đo được thể hiện ở bảng 3 [11].



Hình 1. Đo mô đun đàn hồi bằng thiết bị FWD trên mặt đường cũ.



Hình 2. Đo mô đun đàn hồi bằng thiết bị FWD trên mặt đường BTNRTN.

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm đo mô đun đàn hồi mặt đường sau thi công BTNRTN bằng thiết bị FWD.

TT	Thời điểm thí nghiệm	E_P trung bình (MPa)			Chỉ số kết cấu hữu hiệu của mặt đường hiện tại SN^f		
		Làn 1	Làn 2	Tính cả 2 làn	Làn 1	Làn 2	Tính cả 2 làn
Phân đoạn 1 (CP2.TPS)							
1	3 ngày	1164,3	1134,7	1149,5	7,04	6,98	7,0
2	1 tháng	1247,2	1220,1	1233,7	7,21	7,16	7,2
3	3 tháng	1235,5	1180,5	1208,0	7,19	7,08	7,1
4	6 tháng	1965,7	1869,2	1917,5	8,39	8,25	8,3
5	9 tháng	1700,3	1566,3	1633,3	7,99	7,78	7,9
6	12 tháng	1199,5	1047,3	1123,4	7,11	6,8	7,0

TT	Thời điểm thí nghiệm	E _p trung bình (MPa)			Chỉ số kết cấu hữu hiệu của mặt đường hiện tại SN ^f		
		Làn 1	Làn 2	Tính cả 2 làn	Làn 1	Làn 2	Tính cả 2 làn
Phân đoạn 2 (CP2.III)							
1	3 ngày	1037,7	952,9	995,3	6,78	6,59	6,7
2	1 tháng	1100,1	106,7	1081,9	6,91	6,84	6,9
3	3 tháng	1079,4	1065,9	1072,7	6,87	6,84	6,9
4	6 tháng	1791,8	1698,9	1745,4	8,13	7,99	8,1
5	9 tháng	1643,7	1417,1	1530,4	7,9	7,52	7,7
6	12 tháng	934,0	923,6	928,8	6,55	6,52	6,5

3.2. Xác định hệ số a_i của BTNRTN dựa trên kết quả thí nghiệm FWD

Để xác định hệ số lớp a_i của BTNRTN trên cơ sở các số liệu đo FWD, sử dụng công thức theo AASHTO 1993 [7] như sau:

$$\Delta SN = SN_f - SN_{eff} \quad (2)$$

Với
$$\Delta SN = a_i D_{Btrtn} \quad (3)$$

Như vậy ta có:
$$a_i = \Delta SN / D_{Btrtn} \quad (4)$$

Trong đó:

ΔSN: Chỉ số kết cấu của lớp BTNRTN;

SN_f: Chỉ số kết cấu hữu hiệu của mặt đường hiện tại như bảng 1;

SN_{eff}: Chỉ số kết cấu hữu hiệu của mặt đường cũ trước khi rải lớp BTNRTN;

D_{Btrtn}: Chiều dày lớp BTNRTN, tính theo đơn vị inches. Với D_{Btrtn} = 5/2,54 (inches).

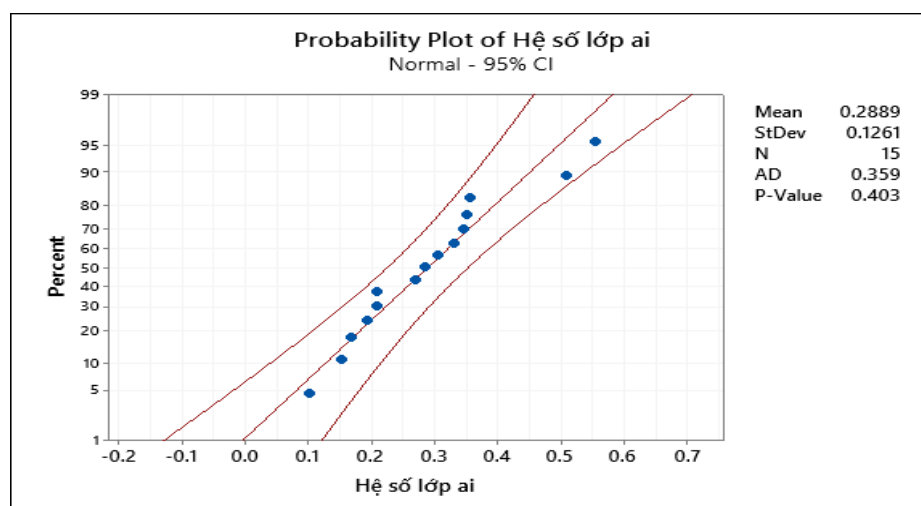
Với các kết quả SN trước khi thi công và sau khi thi công BTNRTN, áp dụng công thức (4) ta tính được giá trị a_i của lớp BTNRTN tương ứng với các làn và các lần đo như bảng 4 (sau khi đã loại bỏ các giá trị thô không phù hợp).

Bảng 4. Bảng tính toán hệ số lớp a_i của BTNRTN trên đoạn thử nghiệm.

STT	Thời gian đo	Làn xe	SN _{eff}		SN _f		ΔSN		a _i	
			Phân đoạn 1	Phân đoạn 2	Phân đoạn 1	Phân đoạn 2	Phân đoạn 1	Phân đoạn 2	Phân đoạn 1	Phân đoạn 2
1	Trước thi công	Xe con	6,51	6,22						
		Xe tải	6,78	6,43						
2	Sau 3 ngày	Xe con			7,04	6,78	0,53	0,56	0,27	0,28
		Xe tải			6,98		0,2		0,1	
3	Sau 1 tháng	Xe con			7,21	6,91	0,7	0,69	0,36	0,35
		Xe tải			7,16	6,84	0,38	0,41	0,19	0,21
4		Xe con			7,19	6,87	0,68	0,65	0,35	0,33

	Sau 3 tháng	Xe tải			7,08	6,84	0,3	0,41	0,15	0,21
5	Sau 9 tháng	Xe tải			7,78	7,52	1,00	1,09	0,51	0,55
6	Sau 12 tháng	Xe con			7,11	6,55	0,6	0,33	0,3	0,17

Tổng số có 15 giá trị hệ số lớp được xử lý thống kê.



Hình 3. Biểu đồ xác định phân phối chuẩn của hệ số lớp a_i (với độ tin cậy 95%).

Hình 3 cho thấy các giá trị a_i thu được tuân theo quy luật phân phối chuẩn với giá trị $p=0,403 (>0,05$ hay 5%). Như vậy có thể sử dụng các công thức của hàm phân phối chuẩn, phân phối t-student để xác định hệ số lớp đặc trưng.

Trình tự tính toán xác định hệ số lớp theo các công thức dưới đây:

Hệ số lớp đặc trưng của đoạn đường thử nghiệm theo biểu thức (5).

$$a_{dt} = \bar{a} - \frac{t_{\alpha} \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Trong đó:

a_{dt} : Hệ số lớp đặc trưng, là khoảng tin cậy 1 phía (phía phải) trong phân phối Student.

\bar{a} : Hệ số lớp trung bình của cả đoạn đường thử nghiệm tính theo biểu thức (6).

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = 0,289 \quad (6)$$

n - Tổng số số liệu hệ số lớp đang xét, $n=15$

S - Độ lệch tiêu chuẩn của các trị số hệ số lớp được xác định theo biểu thức (7).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}} = 0,126 \quad (7)$$

t_{α} - Hệ số được xác định tùy theo xác suất đảm bảo và số liệu kiểm tra n nhiều hay ít; t_{α} có thể được xác định theo hàm $t_{\alpha} = T.INV(0,95,(n-1)) = 1,761$; với xác suất đảm bảo $R=95\%$ cho mặt đường đường cao tốc. Thay các giá trị vào biểu thức (5) ta được $a_{dt} = 0,2315$, quy tròn bằng 0,23.

Như vậy đề xuất lấy giá trị $a_{dt} = 0,23$ là giá trị hệ số lớp kết cấu của bê tông nhựa rỗng thoát nước.

4. KẾT LUẬN

Để thiết kế kết cấu mặt đường theo AASHTO 93 (22TCN 274-01) cần phải xác định hệ số lớp của lớp BTNRTN. Từ kết quả thực nghiệm, sau khi xử lý thống kê nghiên cứu đã xác định được hệ số lớp của BTNRTN bằng 0,23. Đề xuất bước đầu sử dụng giá trị hệ số lớp này để thiết kế kết cấu áo đường và tiếp tục theo dõi, đánh giá, điều chỉnh từ các kết quả thí nghiệm trong phòng và các dự án thực tế.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2020-CT-008. Tác giả xin chân thành cảm ơn các thành viên tham gia đề tài đã hỗ trợ trong quá trình thực hiện đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ GTVT, Quy định kỹ thuật tạm thời về thiết kế, thi công và nghiệm thu lớp mặt đường bê tông nhựa rỗng thoát nước có sử dụng phụ gia Tapack-Super, ban hành kèm theo Quyết định số 431/QĐ-BGTVT, ngày 4/02/2016.
- [2]. Q. Liu, D. Cao, Research on Material Composition and Performance of Porous Asphalt Pavement, Journal of Materials in Civil Engineering, 21 (2009) 135-140. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2009\)21:4\(135\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2009)21:4(135))
- [3]. Hiromitsu Nakanishi, Akihiro Kato, Hiroki Imai, Study on sustainable porous asphalt pavement based on 30 years' experiences in Japan & Asian country, Transport journal, 24-25th November, 2018.
- [4]. Nguyễn Văn Thành, Nghiên cứu các đặc tính chủ yếu của bê tông nhựa rỗng (Porous asphalt) dùng làm lớp mặt cho đường ô tô cấp cao ở Việt Nam, Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông vận tải, 2016.
- [5]. Bộ GTVT, 22TCN 211-06, Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế, 2006.
- [6]. Bộ GTVT, 22TCN 274-01, Chỉ dẫn kỹ thuật thiết kế mặt đường mềm, 2001.
- [7]. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Washington D.C, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
- [8]. Nguyễn Văn Thành, Vũ Đức Chính, Nghiên cứu xác định mô-đun đàn hồi bằng thí nghiệm kéo gián tiếp tải trọng lặp và hệ số lớp ai của bê tông nhựa rỗng thoát nước phục vụ thiết kế kết cấu mặt theo AASHTO, Tạp chí Giao thông vận tải, 12 (2016) 47-50.
- [9]. K. D. Hall, C. W. Schwartz, Development of structural design guidelines for porous asphalt pavement, Transportation Research Record, 2672 (2018) 197-206. <https://doi.org/10.1177/0361198118758335>
- [10]. Bộ GTVT 22TCN 335-06, Quy trình thí nghiệm và đánh giá cường độ nền đường và kết cấu mặt đường mềm của đường ô tô bằng thiết bị đo động FWD (2006).
- [11]. Báo cáo tổng kết, Bê tông nhựa rỗng thoát nước sử dụng phụ gia đường thông thường có thêm phụ gia Tapack-Super (TPS), Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, Phòng thí nghiệm trọng điểm đường bộ I, Hà Nội, tháng 10/2015.
- [12]. Công ty Taiyu Kensetsu, Hướng dẫn kỹ thuật thi công mặt đường bê tông nhựa rỗng, 2011. (bản dịch tiếng Việt)