



NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG SỰ BIẾN ĐỘNG SỐ LIỆU GIAO THÔNG TỐI KẾT QUẢ TÍNH TOÁN KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG MỀM

Nguyễn Việt Phương¹, Ngô Việt Đức², Hoàng Quốc Long³

Tóm tắt: Các số liệu giao thông như lưu lượng, chủng loại, tải trọng xe là một trong số các thông số cơ bản khi thiết kế kết cấu áo đường mềm. Tuy vậy, đây lại là các thông số rất khó dự báo vì tính chất thay đổi liên tục theo thời gian, theo tuyến đường, theo chính sách xã hội, thậm chí theo cả thói quen của người tham gia giao thông. Bài viết giới thiệu kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của tải trọng và lưu lượng xe đến chiều dày các lớp kết cấu áo đường mềm. Kết quả nghiên cứu là một phần thuộc chương trình nghiên cứu đầy đủ, có tính hệ thống nhằm mục đích xây dựng phương pháp điều tra lưu lượng, tải trọng phương tiện phục vụ cho công tác thiết kế kết cấu áo đường.

Từ khóa: Lưu lượng; tải trọng xe; kết cấu áo đường mềm.

Summary: Traffic data, which include traffic flow, vehicle type, vehicle weight and axle loads, are input parameters for flexible pavement design. However, forecasting traffic data can be difficult because traffic data vary temporally and depend on road type, policy and driver habit. This paper introduces influence of traffic flow, vehicle weight and axle loadsto thickness of flexible pavement layers. The study is a part of a large-scale research which is about to propose methods of traffic data collection for mechanistic pavement design.

Keywords: Traffic flow; vehicle weight; axle loads flexible pavement.

Nhận ngày 07/7/2016, chỉnh sửa ngày 21/7/2016, chấp nhận đăng 20/8/2016



1. Giới thiệu tổng quan

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của nền kinh tế đất nước, nhu cầu vận chuyển hàng hoá tăng đột biến. Giao thông Vận tải đường bộ tăng nhanh không những về lưu lượng mà cả về chủng loại xe. Bên cạnh các lợi ích mang lại cho xã hội, các loại xe mới với những cấp tải trọng và cấu tạo trực khác nhau cũng gây ra những ảnh hưởng nhất định đến chất lượng khai thác của đường nói chung mà mặt đường nói riêng. Đặc biệt là các xe quá tải làm cho tải trọng trực tiêu chuẩn tích lũy của các phương tiện giao thông lưu thông thực tế trên đường lớn hơn nhiều so với tải trọng trực tiêu chuẩn thiết kế theo các quy trình hiện hành, đây là một trong số những nguyên nhân quan trọng góp phần gây ra hiện tượng lún vệt bánh xe trên mặt đường đang diễn ra ngày càng phổ biến. Liệu có sự liên quan giữa hiện tượng này và việc gia tăng tải trọng và lưu lượng xe tải như hiện nay; các yếu tố về giao thông như lưu lượng và thành phần dòng xe, nhất là các xe tải nặng, ảnh hưởng như thế nào đến những loại kết cấu áo đường mềm đang được sử dụng phổ biến. Đây là những câu hỏi chúng ta đang tìm lời giải đáp, nghiên cứu cũng hướng tới mục đích đó. Do vậy, nghiên cứu tập trung vào việc phân tích tác động của một số loại xe tải phổ biến, xe tải nặng đến kết cấu áo đường mềm; so sánh, đánh giá ảnh hưởng của chúng đến các thông số thiết kế.



2. Việc sử dụng các thông số về tải trọng và lưu lượng xe trong một số tiêu chuẩn thiết kế kết cấu áo đường mềm trong và ngoài nước

Tải trọng xe tác dụng lên mặt đường gây biến dạng các lớp kết cấu áo đường và trong nền đất; lưu lượng xe thì góp phần tích lũy các biến dạng dư, giảm khả năng hồi phục của kết cấu khi làm việc trong giai đoạn đàn hồi. Trong mỗi một phương pháp thiết kế mặt đường mềm điển hình của các nước tiên tiến đều có riêng một cách xác định tải trọng tính toán cũng như cách sử dụng thông số lưu lượng.

¹TS, Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: viph.dhxd@gmail.com.

²TS, Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng.

³TS, Học viện Kỹ thuật Quân sự



2.1 Theo tiêu chuẩn Việt Nam [1]

Tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn được quy định là trực đơn của ô tô có trọng lượng 100 kN khi thiết kế áo đường mềm cho đường cao tốc, đường ô tô các cấp, các đường đô thị từ cấp khu vực trở xuống. Với đường trực chính đô thị và một số tuyến đường cao tốc hoặc đường ô tô có nhiều xe nặng lưu thông thì có thể sử dụng giá trị 120 kN [1]. Việc quy đổi tải trọng trực xe khác về số tải trọng trực tính toán được thực hiện theo công thức :

$$N = \sum_{i=1}^k C_1 \cdot C_2 \cdot n_i \cdot \left(\frac{P_i}{P_{tc}} \right)^{4.4} \quad (1)$$

trong đó: N là tổng số trực xe tính toán tiêu chuẩn (trục/ngày đêm); n_i là số lần tác dụng của loại tải trọng trực i có trọng lượng trực $p_i \geq 25$ kN (trục/ngày đêm); C_1 và C_2 là các hệ số xét đến số trực và số bánh trong 1 cụm bánh quy đổi; P_i và P_{tc} là tải trọng trực được quy đổi và tải trọng trực tiêu chuẩn (KN).

Vấn đề lưu lượng xe thiết kế được đưa vào quy trình thông qua việc tính tổng số trực xe tiêu chuẩn tích luỹ trên một làn xe trong suốt thời hạn thiết kế kết cấu áo đường. Trị số này không chỉ quyết định việc lựa chọn loại vật liệu làm tầng mặt [1] và bê tông tối thiểu của tầng mặt cấp cao [1] mà còn để tính ra trị số mô đun đàn hồi yêu cầu [1], đây chính là cơ sở để lựa chọn các loại vật liệu phù hợp cũng như tính ra chiều dày cần thiết từng lớp vật liệu trong kết cấu áo đường mềm.

2.2 Theo phương pháp của AASHTO [2]

Ngay trong các phương trình cơ bản thiết kế kết cấu áo đường mềm đã thể hiện rất rõ ảnh hưởng của yếu tố tải trọng và lưu lượng xe thiết kế đến chiều dày các lớp kết cấu :

$$W_{18} = f(SN, M_R, \Delta PSI, Z_R \times S_0) \quad (2)$$

trong đó: W_{18} là tổng số lần tác dụng của tải trọng trực tiêu chuẩn 18kip (82 KN) trên 1 làn xe; M_R là mô đun đàn hồi hữu hiệu của nền đất (psi); ΔPSI là tổng tổn thất mức độ phục vụ của kết cấu; Z_R là độ lệch tiêu chuẩn; S_0 là sai số tiêu chuẩn tổng hợp; SN là chỉ số kết cấu phụ thuộc vào loại vật liệu, chiều dày và điều kiện làm việc của các lớp kết cấu áo đường [2].

Theo AASHTO, tải trọng trực tiêu chuẩn sẽ được quy đổi từ các xe có trực đơn nặng từ 2 đến 30kip, các xe có trực đôi từ 24 đến 48kip và cả các xe có 3, 4 trực. Hệ số quy đổi của loại xe thứ i có thể được tính theo công thức gần đúng sau, với Q_i là tải trọng trực cần quy đổi (kip) [5]:

$$e_i = \left(\frac{Q_i}{18} \right)^4 \quad (3)$$

2.3 Theo tiêu chuẩn Trung Quốc [3]

Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu áo đường mềm của Trung Quốc cũng quy định tải trọng trực tính toán tiêu chuẩn là 100KN [3]. Việc quy đổi các loại xe về tải trọng thiết kế tiêu chuẩn được thực hiện theo nguyên tắc tương đương về độ võng, theo công thức chuyển đổi sau:

$$N_e = \sum_{i=1}^k C_1 \cdot C_2 \cdot n_i \cdot \left(\frac{P_i}{P_{tc}} \right)^{4.35} \quad (4)$$

trong đó: N_e là tổng số trực xe tiêu chuẩn được quy đổi (trục/ngày đêm); n_i là lưu lượng xe loại i (xe/ngày đêm); C_1 và C_2 là các hệ số xét đến số trực và của số bánh xe trong 1 cụm bánh của xe được quy đổi; P_i và P_{tc} là tải trọng trực được quy đổi và tải trọng trực tiêu chuẩn (KN) [3].

Tổng số lần tác dụng của tải trọng (N_e) được sử dụng trong cả 3 điều kiện tính chiều dày kết cấu áo đường của tiêu chuẩn này:

- Độ võng cho phép của mặt đường

$$I_R = 600 \cdot N_e^{-0.2} \cdot A_c \cdot A_s \cdot A_b \quad (5)$$

trong đó: I_R là độ võng đàn hồi cho phép (cm); N_e là số lần tác dụng của tải trọng trực xe tiêu chuẩn cho một làn xe (lần/ngày đêm); A_c , A_s , A_b lần lượt là các hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào cấp hạng đường, loại vật liệu làm mặt đường và loại kết cấu áo đường [3].

- Úng suất kéo uốn gây ra ở đáy các lớp vật liệu toàn khối

Cường độ kéo uốn cho phép của lớp vật liệu cần tính toán :

$$[\sigma_{ku}] = \frac{\sigma_s}{K_s} \quad (6)$$

trong đó: σ_s là khả năng kháng kéo uốn của lớp vật liệu tính toán; K_s là hệ số cường độ của kết cấu, phụ thuộc vào số lần tác dụng của tải trọng N_e :



$$K_S = \frac{0.09}{A_C} N_e^{0.22} \quad (7)$$

- Cường độ chống cắt của lớp mặt đường BTN ở nhiệt độ cao về mùa hè

Ứng suất cắt cho phép của BTN :

$$[\tau] = \frac{\tau}{K_T} \quad (8)$$

trong đó: τ là cường độ kháng cắt của hỗn hợp BTN; K_T là hệ số kháng cắt, được tính theo số lần tác dụng của tải trọng:

$$K_T = \frac{0.35}{A_C} N_e^{0.15} \quad (9)$$

2.4 Theo tiêu chuẩn LB Nga [4]

Tải trọng trục xe dùng để thiết kế kết cấu áo đường mềm có tính đến ảnh hưởng của các trục lân cận, được tính toán như sau :

$$P_{tt} = P_i \cdot k_{qd} \quad (10)$$

Với P_{tt} là tải trọng trục tương đương có xét đến ảnh hưởng trục xe lân cận; P_i là tải trọng bánh xe khai thác; k_{qd} là hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào số trục và khoảng cách các trục [4].

Quy trình này cũng đưa ra công thức quy đổi lưu lượng xe nhiều trục P_{tt} về lưu lượng trục đơn tiêu chuẩn P_{tc} :

$$N_{qd} = N_i \cdot m \cdot \left(\frac{P_{tt}}{P_{tc}} \right)^{4.4} \quad (11)$$

trong đó: N_{qd} là lưu lượng xe quy đổi từ lưu lượng xe nhiều trục (xe/ngày đêm); N_i là lưu lượng xe thứ i (xe/ngày đêm); P_{tc} là tải trọng trục xe tiêu chuẩn (KN); m là số trục xe tính toán [4].

Chúng ta có thể thấy việc sử dụng các thông số về tải trọng xe khi thiết kế kết cấu áo đường mềm trong các quy trình được giới thiệu là khá thống nhất. Tất cả các trục xe thiết kế đều được quy đổi về trục xe tiêu chuẩn để phục vụ cho công tác thiết kế. Giá trị tải trọng trục tiêu chuẩn và cách quy đổi có thể rất gần nhau (quy trình của Việt Nam và Trung Quốc) hoặc có sự khác biệt (quy trình của Nga, AASHTO) nhưng vẫn theo nguyên tắc chung: quá trình quy đổi không chỉ xét đến tải trọng mà còn tính đến cấu tạo của xe (số trục, số bánh, khoảng cách các trục) và việc quy đổi dựa trên ảnh hưởng của chúng đến kết cấu áo đường.

3. Đánh giá ảnh hưởng của loại xe đến quá trình tính toán kết cấu áo đường mềm

Để hiểu rõ hơn ảnh hưởng của tải trọng và lưu lượng đến kết cấu áo đường mềm, ta đã xây dựng quan hệ giữa số trục xe tích lũy và một số thông số như cường độ yêu cầu của mặt đường, sự thay đổi chiều dày kết cấu áo đường, lưu lượng của một số loại xe cơ bản trong dòng xe. Từ đó, giúp người thiết kế có cái nhìn trực quan, cụ thể về ảnh hưởng của lưu lượng cũng như tác động của từng loại xe lên kết cấu áo đường mềm.

Các tính toán được thực hiện với đường ô tô 2 làn xe, không có dải phân cách; mặt đường cấp cao với thời gian thiết kế là 15 năm; hệ số tăng trưởng xe hàng năm là 7%. Xe thiết kế là các xe tải phổ biến trong dòng xe hiện nay (Bảng 1). Tổng số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong thời gian thiết kế giả thiết thay đổi từ 0.1×10^6 đến 100×10^6 (trục xe/làn/ngày đêm).

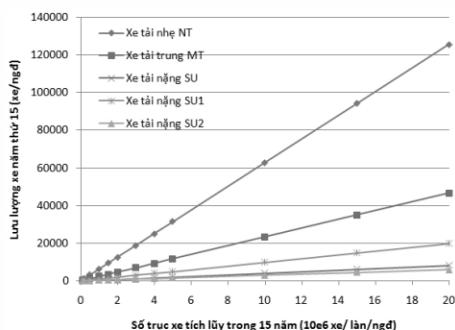
Bảng 1. Thông số một số loại xe tải phổ biến trong dòng xe

Loại xe	Tải trọng trục trước (KN)	Tải trọng trục sau (KN)	Số trục sau
Tải nhẹ NT	18	56	1
Tải trung MT	25.8	69.6	1
Tải nặng SU	48.2	100	1
Tải nặng SU1	23.1	73.2	2
Tải nặng SU2	45.2	94.2	2

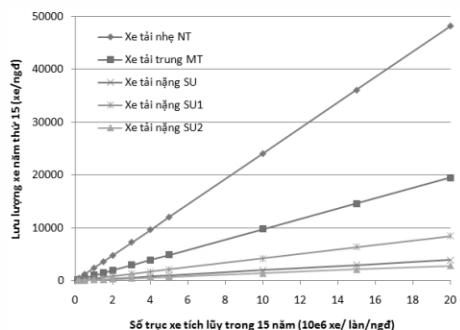
3.1 Quan hệ giữa số trục xe tiêu chuẩn tích lũy và loại xe

Với giả thiết tổng số trục xe tiêu chuẩn tích lũy như trên, sử dụng các công thức quy đổi tải trọng trong các quy trình đã giới thiệu trong phần 2, chúng tôi xây dựng quan hệ giữa tổng số trục xe tiêu chuẩn tích lũy trong 15 năm và lưu lượng của từng loại xe tại năm thiết kế, năm thứ 15.

Kết quả tính lưu lượng xe có sự chênh lệch giữa các quy trình, do có sự khác nhau về cách quy đổi, quy trình của Việt Nam và Trung Quốc tính đến số trục xe, số cụm bánh trong trục; AASHTO quy đổi theo loại xe và có xét đến chỉ số kết cấu SN; quy trình của Nga tính ảnh hưởng của trục lân cận. Hình 1 giới thiệu kết quả tính theo tiêu chuẩn Việt Nam và theo AASHTO. Từ toán đồ này, có thể tính tổng số trục xe tiêu chuẩn tích lũy khi biết lưu lượng của từng loại xe.



a. Theo tiêu chuẩn Việt Nam



b. Theo AASHTO

Hình 1. Quan hệ giữa số trực xe tiêu chuẩn tích lũy và lưu lượng một số loại xe tải

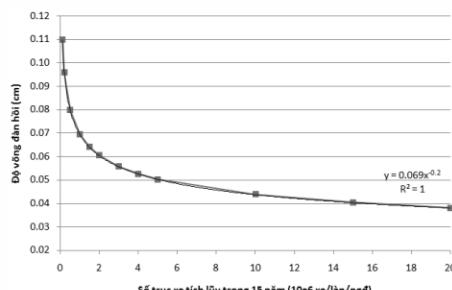
Tuy vậy, giữa các quy trình vẫn có sự thống nhất khi tính đến sự tác động của các loại xe lên kết cấu áo đường. Nếu sử dụng xe tải nặng SU để so sánh, có thể thấy hệ số ảnh hưởng của các loại xe so với xe so sánh là khá thống nhất, Bảng 2. Một xe tải nhẹ NT chỉ có ảnh hưởng bằng khoảng 8% so với xe tải nặng SU, con số này lần lượt là khoảng 20%, 45% và 140% tương ứng với xe tải trung MT, tải nặng SU1 và tải nặng SU2. Kết quả này thể hiện ảnh hưởng rõ rệt của các loại xe nặng lên giá trị tổng tải trọng trực tích lũy, là thông số chính để tính chiều dày và quyết định loại vật liệu dùng trong kết cấu áo đường mềm.

Bảng 2. Hệ số ảnh hưởng của các loại xe tải so với xe tải nặng SU

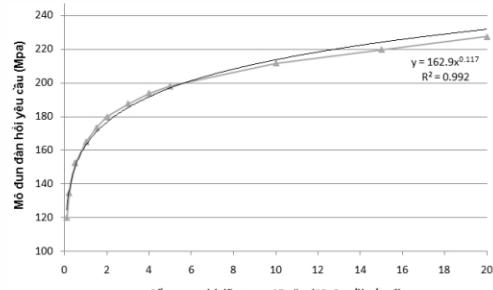
	Loại xe			
	Tải nhẹ NT	Tải trung NT	Tải nặng SU1	Tải nặng SU2
Tiêu chuẩn Việt Nam	0.06	0.17	0.41	1.38
Tiêu chuẩn Trung Quốc	0.06	0.18	0.44	1.42
Theo AASHTO	0.08	0.20	0.47	1.41
Tiêu chuẩn LB Nga	0.11	0.25	0.65	1.79

3.2 Quan hệ giữa số trực xe tiêu chuẩn tích lũy và cường độ yêu cầu của kết cấu áo đường

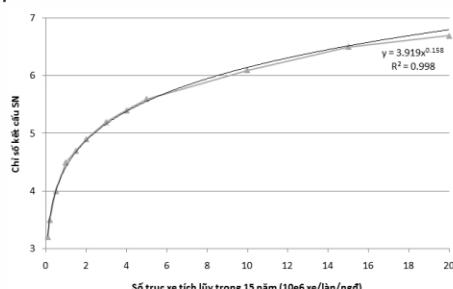
Cường độ yêu cầu của kết cấu áo đường mềm được thể hiện bằng trị số mô đun đàn hồi yêu cầu (Eyc) [1, 4]; bằng giá trị độ võng đàn hồi yêu cầu (I_{dh}) [3] hay bằng chỉ số kết cấu SN [2]. Mỗi quan hệ giữa các thông số này với số trực xe tiêu chuẩn tích lũy có thể coi tuân theo hàm số mũ, Hình 2. Do đó, khi số trực xe tăng quá một giá trị nhất định, cường độ yêu cầu của kết cấu áo đường mềm tăng thêm không nhiều, các thống kê trong Bảng 3 cho thấy rõ điều này.



a. Theo tiêu chuẩn Việt Nam



b. Theo tiêu chuẩn Trung Quốc



c. Theo AASHTO

Hình 2. Quan hệ giữa tổng số trực xe tiêu chuẩn tích lũy và cường độ yêu cầu của kết cấu áo đường mềm



Bảng 3. Trị số gia tăng cường độ yêu cầu của KCAD khi số trực tiêu chuẩn tích lũy tăng thêm 5×10^6 trực/lần/ngày đêm

	Số trực xe tiêu chuẩn tích lũy (trực/lần/ngày đêm)	
	Từ 5×10^6 đến 30×10^6	Từ 30×10^6 đến 100×10^6
Tiêu chuẩn Việt Nam và Nga	0.03	Không tăng thêm
Tiêu chuẩn Trung Quốc	0.05	Không tăng thêm
Theo AASHTO	0.08	0.03

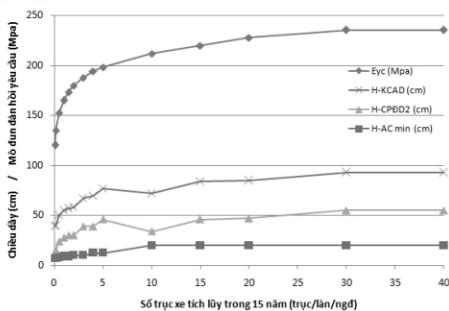
3.3 Quan hệ giữa số trực xe tiêu chuẩn tích lũy và bề dày kết cấu áo đường

Kết cấu áo đường sử dụng để đánh giá là mặt đường cấp cao sử dụng phổ biến hiện nay, các thông số cơ bản được tổng hợp trong Bảng 4. Chiều dày tầng mặt BTN sử dụng giá trị tối thiểu phụ thuộc vào số trực xe tiêu chuẩn tích lũy [1]; chiều dày lớp CPĐD loại 1 chọn theo điều kiện thi công của Việt Nam là 18cm.

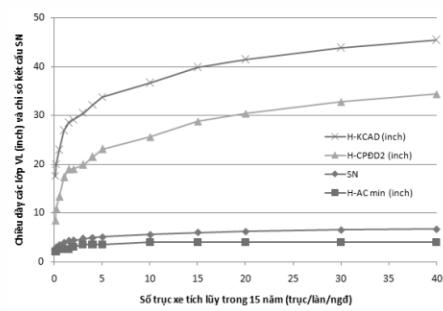
Bảng 4. Đặc trưng tính toán của vật liệu làm kết cấu áo đường [1]

Tên lớp	Loại vật liệu	Mô đun đàn hồi (Mpa)
Tầng mặt	BTN chặt 12.5 (đá dăm ≥ 35%)	350 (ở nhiệt độ 30°C)
Lớp móng trên	CPĐD loại 1; $D_{max} = 25\text{mm}$	300
Lớp móng dưới	CPĐD loại 2; $D_{max} = 37.5\text{mm}$	250
Nền đất		45 (tương đương CBR = 15%)

Ảnh hưởng tác dụng trùng phục của tải trọng xe lên mặt đường được thể hiện thông qua sự thay đổi chiều dày của lớp móng dưới và tổng chiều dày của cả kết cấu, Hình 3. Với tiêu chuẩn Việt Nam, Nga và Trung Quốc, khi số trực xe tiêu chuẩn tích lũy vượt quá 30×10^6 trực/lần/ngày đêm, chiều dày kết cấu áo đường gần như không đổi do có sự giới hạn về giá trị cường độ và độ võng yêu cầu. Còn theo AASHTO, với khoảng giá trị khá lớn của SN, chiều dày tính toán của KCAD vẫn tăng dần theo số trực xe tích lũy, tuy nhiên tỷ lệ tăng chậm dần như giải thích trong mục 3.2.



a. Theo tiêu chuẩn Việt Nam



b. Theo AASHTO

Hình 3. Quan hệ giữa tổng số trực xe tiêu chuẩn tích lũy, cường độ yêu cầu và bề dày các lớp kết cấu áo đường mềm

4. Kết luận và kiến nghị

Các kết quả thể hiện rõ ảnh hưởng của loại xe, tải trọng và lưu lượng xe đến cường độ yêu cầu của mặt đường mềm cũng như chiều dày thiết kế của kết cấu áo đường. Với những mặt đường có chiều dày dưới 80cm, sự ảnh hưởng này rất rõ nét. Khi chiều dày kết cấu tăng thêm, dù trữ cường độ lớn, tác động trùng phục của xe không gây ảnh hưởng nhiều (quy trình Việt Nam, Nga, Trung Quốc) hoặc ảnh hưởng với mức độ thấp hơn đến kết cấu (AASHTO).

Nghiên cứu cũng chỉ rõ tương quan sự ảnh hưởng của một số loại xe đến kết cấu áo đường, giúp người thiết kế có sự đánh giá trực quan về các loại xe, định hướng trong công tác khảo sát dự báo các thông số giao thông đặc biệt là vấn đề tải trọng.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Giao thông Vận tải (2006), 22TCN211-06, Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế..
2. AASHTO (2002), Guide for Design of New and Rehabilitated Pavement Structures.
3. JTG D50-2006, 公路沥青路面设计规范.
4. ОДН 218-046-01-М (2001), Проектные сечения керамических борожких обежб.
5. Dương Học Hải, Nguyễn Xuân Trục (2014), Thiết kế đường ô tô tập 2, Nhà Xuất bản Giáo dục Việt Nam.