

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ THIẾT KẾ ĐẾN TUỔI THỌ KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG MỀM BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC THỰC NGHIỆM

EVALUATION OF EFFECTS OF DESIGN PARAMETERS ON PERFORMANCE LIFE OF FLEXIBLE PAVEMENT USING MECHANISTIC-EMPIRICAL APPROACH

Lê Văn Phúc, Nguyễn Văn Du, Nguyễn Văn Đức
Trường Đại học Giao thông vận tải

Tóm tắt: Bài báo đánh giá ảnh hưởng của các thông số thiết kế như thành phần dòng xe, tỷ lệ tăng trưởng giao thông, vận tốc và điều kiện khí hậu đến tuổi thọ thiết kế của kết cấu áo đường mềm sử dụng phương pháp cơ học thực nghiệm (MEPDG). Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy thành phần dòng xe container khi lưu thông trên đường làm giảm tuổi thọ thiết kế trung bình khoảng 10 lần so với các loại xe khác trong khi tỷ lệ tăng trưởng giao thông tăng từ 1% đến 20%, tuổi thọ thiết kế của kết cấu áo đường mềm giảm khoảng 6.5 năm. Bên cạnh đó khi vận tốc vận hành giảm, tuổi thọ kết cấu áo đường ở các vị trí giao lộ cũng như các đoạn ùn tắc giao thông giảm đáng kể. Do đó cần phải đề xuất công nghệ vật liệu cũng như giải pháp kết cấu hợp lý để nâng cao tuổi thọ tại vị trí này. Cuối cùng, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng vùng khí hậu có ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ thiết kế kết cấu áo đường mềm trong khi tiêu chuẩn thiết kế hiện hành chưa xét thông số này trong tính toán thiết kế kết cấu áo đường.

Mã phân loại: 11.2

Từ khóa: MEPDG, tuổi thọ thiết kế, áo đường mềm, các thông số thiết kế.

Abstract: The effects of design parameters such as vehicle class, traffic growth factor, operational speed, and climate conditions on performance life of flexible pavement using mechanistic-empirical pavement design guide (MEPDG) approach. The study results were shown that container tracks causing the performance life of flexible pavement were reduced around 10 times compared to other trucks while the traffic growth factor increases from 1% to 20%, the performance life decreases about 6.5 years. In addition, the operational speed reduces, resulting in the reduction of performance life at the intersections as well as traffic jam locations. Hence, it was proposed material technology as well as a design method to improve the service life for these locations. Finally, the study shows that the climatic region has a great influence on the pavement service life while the current design standards have not considered this parameter in calculating the pavement structural design.

Keywords: MEPDG, performance life, flexible pavement, design parameters.

Classification code: 11.2

1. Giới thiệu

Ở Việt Nam việc quy hoạch giao thông và mạng lưới hạ tầng kỹ thuật chưa đồng bộ với sự phát triển của nền kinh tế kéo theo sự tăng nhanh về lưu lượng xe và tải trọng trên các tuyến đường. Qua đó, tình trạng kẹt xe và ùn ứ xe kéo dài nhiều giờ kết hợp với sự biến đổi khí hậu, dẫn đến các lớp bê tông nhựa (BTN) sẽ bị giảm cường độ, giảm khả năng kháng cắt, dễ dàng làm xuất hiện các biến dạng dẻo, đặc biệt khi mặt đường chịu tác dụng của các xe tải nặng và vận tốc nhỏ. Trong những năm gần đây nhiều tuyến đường quốc lộ đã xuất hiện hiện tượng lún vệt hằn bánh xe. Trong khi thiết kế theo tiêu chuẩn 22 TCN 211-06 [1] chỉ xét đến ứng suất cắt ở trong nền đất và các lớp

vật liệu chịu cắt trượt kém (kém dính), mà không xét ứng suất cắt ở trong các lớp bê tông nhựa hoặc vật liệu gia cố nhựa khi kết cấu áo đường gặp điều kiện bất lợi. Đồng thời tiêu chuẩn này chưa thể hiện rõ ảnh hưởng của các thông số thiết kế đến phá hoại kết cấu mặt đường. Để khắc phục được các khuyết điểm này, phần mềm MEPDG [2] có thể mô phỏng sự làm việc và dự báo tuổi thọ kết cấu áo đường mềm với điều kiện thực tế đầu vào của các thông số thiết kế.

MEPDG là một trong những phương pháp tiên tiến nhất, được nhiều nước trên thế giới nghiên cứu sử dụng trong phân tích kết cấu áo đường. MEPDG có thể xét đến ảnh hưởng của các thông số thiết kế như thành phần dòng xe, tỷ lệ tăng trưởng giao thông,

vận tốc và điều kiện khí hậu đến tuổi thọ thiết kế của kết cấu áo đường mềm.

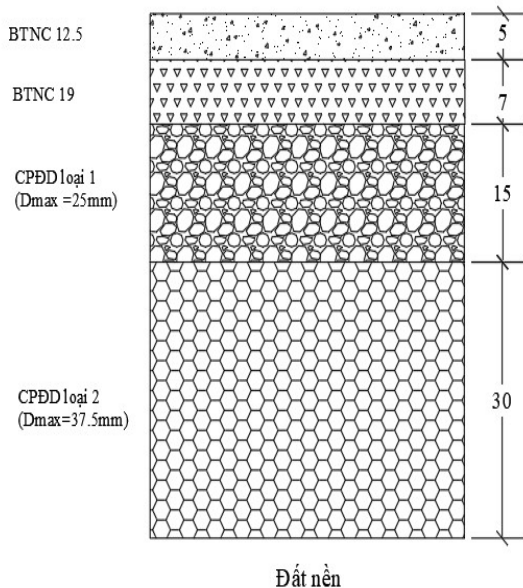
Trong phạm vi bài báo, nhóm tác giả sử dụng phần mềm MEPDG để phân tích kết cấu mặt BTN, chịu ảnh hưởng của các thông số thiết kế như thành phần dòng xe, tỷ lệ tăng trưởng giao thông, vận tốc và điều kiện khí hậu. Trên cơ sở đánh giá tuổi thọ của mặt đường BTN chịu ảnh hưởng của các thông số này, đề xuất các giải pháp vật liệu cũng như kết cấu hợp lý để nâng cao tuổi thọ thiết kế.

2. Phân tích kết cấu áo đường BTN bằng phương pháp MEPDG

Phần mềm MEPDG được sử dụng trong bài báo này là AASHTOWare® Pavement ME Design™ [3].

2.1. Kết cấu phân tích

Trong bài báo này, đề cập phân tích kết cấu áo đường điển hình được sử dụng phổ biến ở Việt Nam với tải trọng trục tiêu chuẩn $P_{tc} = 100\text{KN}$, $V = 60\text{km/h}$. Kết cấu được phân tích có chỉ tiêu kỹ thuật đạt theo tiêu chuẩn 22TCN211-06 [1] được mô tả như hình 1.



Hình 1. Kết cấu áo đường mềm sử dụng phân tích.

2.2. Các thông số sử dụng để phân tích

2.2.1 Thông số khí hậu

Vùng khí hậu của khu vực Thành phố Hồ Chí Minh được sử dụng trong phân tích ảnh hưởng các thông số thiết kế đến tuổi thọ kết cấu áo đường. Số liệu được nhập vào phần mềm MEPDG được xuất từ MERRA của NASA [4].

2.2.2 Thông số vật liệu

Các thông số của các lớp BTN theo mức 2, nghĩa là nhóm tác giả tiến hành thí nghiệm xác định các chỉ tiêu của các loại nhựa 60/70 để nhập vào chương trình, một số thông số về nhiệt theo mức 3 và mặc định của chương trình [5].

Các thông số của lớp cấp phối đá dăm và nền đất theo mức 2 phụ thuộc vào loại vật liệu, cấp phối và chỉ số CBR. Lớp nền đất có mô đun đàn hồi $M_r = 50\text{MPa}$, hệ số poisson = 0.45 các thông số khác được lấy theo mặc định lớp vật liệu nền đất: A-1-a; lớp cấp phối đá dăm loại 1 có mô đun đàn hồi $M_r = 300\text{Mpa}$, hệ số poisson 0.4; lớp cấp phối đá dăm loại 2 có mô đun đàn hồi $M_r = 250\text{Mpa}$, hệ số poisson 0.4.

2.2.3 Thông số tải trọng

Số trục xe tính toán: $N_{tt} = 1160$ (trục/làn.ngày.đêm) cho cả hai chiều; thời gian tính toán 15 năm; hệ số tăng trưởng xe hàng năm 5% theo mô hình hàm mũ (compound); độ lệch chuẩn (hay độ dao động) của bánh xe chạy theo phương ngang trên mặt đường là 25.4 cm; áp lực bánh xe tiêu chuẩn 827 kPa; khoảng cách hai bánh kép 33.27 cm; khoảng cách các trục trong cụm trục: 131.1 cm với cụm trục đôi; 125 cm với cụm trục ba và cụm trục tứ; các thông số khác lấy theo mặc định chương trình.

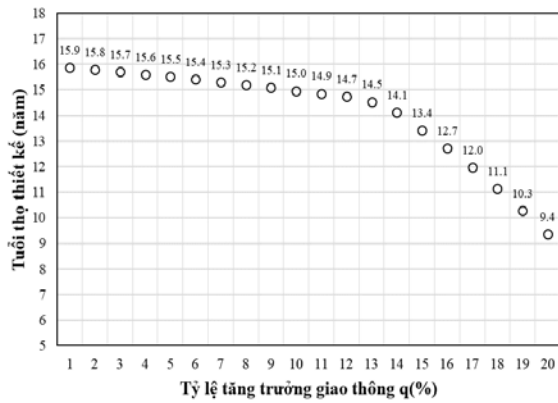
3. Kết quả phân tích

3.1 So sánh tuổi thọ thiết kế theo TCVN211-06 và MEPDG

Phần mềm MEPDG cho kết quả dự báo tuổi thọ của kết cấu áo đường 13 năm. Như vậy so với 22TCN 211-06 hiện hành thì kết cấu này không đạt được tuổi thọ yêu cầu là 15 năm. Để thỏa mãn tuổi thọ 15 năm cần phải tăng chiều dày các lớp vật liệu trong kết cấu. MEPDG phân tích chiều dày lớp BTN của kết cấu phải tăng thêm 3 cm mới đạt yêu cầu.

3.2 Ảnh hưởng của tỷ lệ tăng trưởng giao thông đến tuổi thọ kết cấu áo đường mềm

Trong nghiên cứu này tiến hành thay đổi tỷ lệ tăng trưởng giao thông từ 1% đến 20%. Kết quả phân tích thể hiện như hình 2.



Hình 2. Tỷ lệ tăng trưởng giao thông và tuổi thọ thiết kế.

Khi tỷ lệ tăng trưởng giao thông q tăng từ 1% đến 12% thì tuổi thọ kết cấu áo đường giảm chậm theo quy luật tuyến tính khoảng một năm. Tuy nhiên, khi tăng tỷ lệ từ 13% đến 20% thì tuổi thọ kết cấu áo đường giảm mạnh khoảng 5.1 năm. Điều này cho thấy tỷ lệ tăng

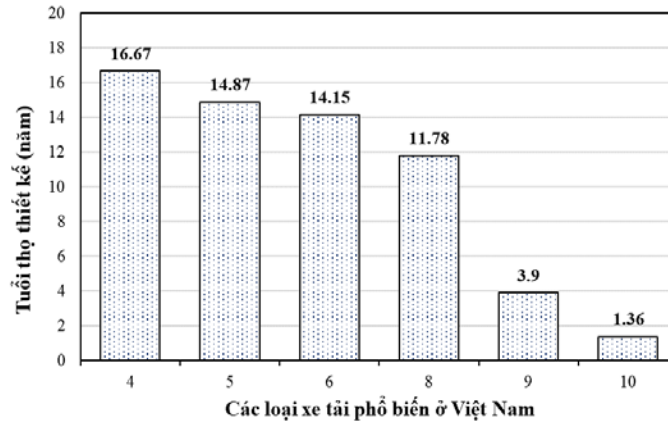
trường giao thông q có ảnh hưởng đáng kể đến tuổi thọ thiết kế của kết cấu áo đường mềm.

3.3. Ảnh hưởng của thành phần dòng xe đến tuổi thọ kết cấu áo đường mềm

Các loại xe tải được sử dụng phổ biến ở Việt Nam dùng để phân tích kết cấu áo đường mềm như trong bảng 1. Kết quả phân tích ảnh hưởng của thành phần dòng xe đến tuổi thọ thiết kế kết cấu áo đường mềm được thể hiện hình 3. Kết quả cho thấy thành phần dòng xe container làm giảm tuổi thọ kết cấu áo đường mềm rất lớn. Cụ thể, cùng điều kiện khí hậu, các thông số đầu vào thì thành phần dòng xe container loại 6 trục làm giảm tuổi thọ kết cấu áo đường trung bình khoảng 10 lần so với các loại xe khác. Như vậy, khi thiết kế kết cấu áo đường mềm mà có thành phần dòng xe container lớn phải chú ý các giải pháp kết cấu áo đường hợp lý để tăng tuổi thọ công trình.

Bảng 1. Phân loại xe sử dụng để phân tích MEPDG ở Việt Nam [5].

Nhóm xe	Hình vẽ mô tả	Đặc tính	Các ký hiệu và xe tương đương
4		Xe Bus thân liền 2 trục Trục trước đơn bánh đơn Trục sau đơn, bánh kép	
5		Xe tải trung thân liền 2 trục Trục trước đơn, bánh đơn Trục sau đơn, bánh kép	R11; P11
6		Xe tải thân liền 3 trục: 1-2 Trục trước đơn, bánh đơn Trục sau kép, bánh kép	R12; P12 SU-12; SU-40
8		Xe container 4 trục Đầu kéo: Trục trước đơn, bánh đơn Trục sau đơn, bánh kép Mooc kéo theo: Trục sau kép bánh kép	TR11S2 2S2 WB-40; WB-20
9		Xe container 5 trục: Đầu kéo: Trục trước đơn, bánh đơn Trục sau kép, bánh kép Mooc kéo theo: Trục sau kép, bánh kép	TR12S2 3S2 WB-62
10		Xe container 6 trục: Đầu kéo: Trục trước đơn, bánh đơn Trục sau kép, bánh kép Mooc kéo theo: Trục sau kép, bánh kép	TR12S3 3S3 WB-67



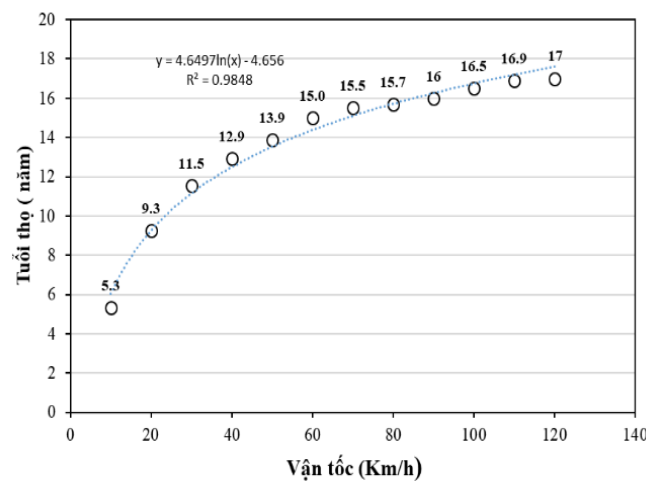
Hình 3. Ảnh hưởng các loại xe đến tuổi thọ kết cấu áo đường.

3.4 Ảnh hưởng của vận tốc thiết kế đến tuổi thọ thiết kế kết cấu áo đường mềm

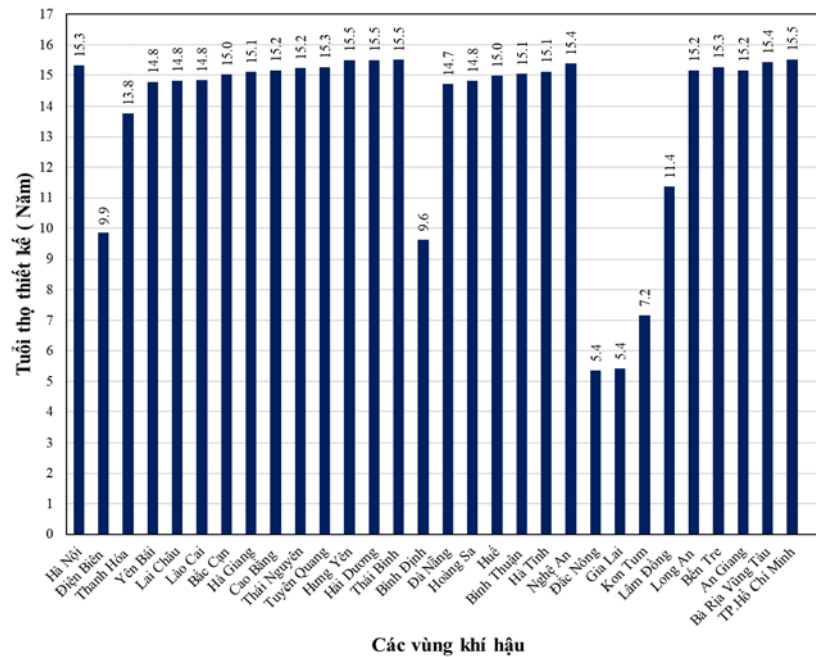
Trong nghiên cứu này sử dụng các vận tốc vận hành của phương tiện 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 km/h để phân tích trong MEPDG. Kết quả phân tích được thể hiện hình 4. Qua đó cho thấy vận tốc và tuổi thọ thiết kế có mối liên hệ theo dạng hàm số logarit. Cụ thể, khi vận tốc giảm từ 60 km/h xuống 10 km/h thì tuổi thọ của kết cấu áo đường sẽ giảm khoảng 10 năm. Như vậy, tại các vị trí giao lộ, các đoạn ùn tắc giao thông vận tốc giảm gây ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ kết cấu áo đường. Do vậy, tại các vị trí này cần gia cường thêm lớp móng và sử dụng loại BTN cường độ cao.

3.5 Ảnh hưởng của các vùng khí hậu ở Việt Nam đến tuổi thọ kết cấu áo đường mềm

BTN là vật liệu đàn hồi nhớt nên khí hậu ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ của kết cấu áo đường. Do vậy, trong nghiên cứu này 30 vùng khí hậu khác nhau trên cả nước được lựa chọn để phân tích ảnh hưởng của khí hậu đến tuổi thọ áo đường mềm. Kết quả phân tích được thể hiện hình 5. Khi tính toán thiết kế kết cấu áo đường mềm ở các tỉnh Tây nguyên tuổi thọ kết cấu áo đường giảm rất lớn. Cụ thể, ở cùng điều kiện giao thông và các thông số vật liệu khi thiết kế kết cấu áo đường, ở khu vực Tây nguyên tuổi thọ kết cấu áo đường giảm khoảng 10 năm so với khu vực Hà Nội và TP.HCM. Do vậy, khi thiết kế các vùng khí hậu này phải tính toán theo tiêu chuẩn Superpave [5] để lựa chọn loại nhựa phù hợp vùng khí hậu.



Hình 4. Ảnh hưởng của vận tốc thiết kế đến tuổi thọ thiết kế kết cấu áo đường.



Hình 5. Ảnh hưởng các vùng khí hậu đến tuổi thọ thiết kế kết cấu áo đường mềm.

3. Kết luận

Bài báo đã đánh giá ảnh hưởng của các thông số thiết kế đến tuổi thọ kết cấu áo đường mềm sử dụng MEPDG. Các thông số thiết kế ảnh hưởng đáng kể đến tuổi thọ kết cấu áo đường mềm, cụ thể như sau:

- Khi tỷ lệ tăng trưởng giao thông q tăng từ 1% đến 12% thì tuổi thọ kết cấu áo đường giảm chậm theo quy luật tuyến tính khoảng một năm. Tuy nhiên khi tăng tỷ lệ từ 13% đến 20% thì tuổi thọ kết cấu áo đường giảm mạnh khoảng 6.5 năm;

- Thành phần dòng xe container lưu thông trên đường làm giảm tuổi thọ kết cấu áo đường trung bình khoảng 10 lần so với các loại xe khác;

- Khi vận tốc giảm từ 60 km/h xuống 10 km/h thì tuổi thọ của kết cấu áo đường sẽ giảm khoảng 10 năm. Do vậy tại các vị trí giao lộ, các đoạn đường có tốc độ lưu thông chậm cần phải có giải pháp kết cấu áo đường cũng như sử dụng các loại vật liệu tăng tuổi thọ thiết kế;

- Tùy thuộc vào khí hậu của từng vùng để đề xuất sử dụng loại nhựa cho phù hợp nhằm nâng cao tuổi thọ kết cấu áo đường mềm.

Kết quả nghiên cứu chỉ thực hiện trên mô hình dự báo tuổi thọ bằng phần mềm MEPDG của Mỹ, cần phải được so sánh với các kết quả đo trực tiếp tại các công trình nhằm hiệu chỉnh các hệ số trong MEPDG để có cơ sở đánh giá toàn kết cấu một cách chính xác hơn □

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Giao thông vận tải (2006), Tiêu chuẩn ngành 22TCN 211-06 - Quy trình thiết kế mềm;
- [2] NCHRP. *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures*. Project 37-1A, National Cooperative Highway Research Program, 2004, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC;
- [3] Phần mềm AASHTOWare® Pavement ME Design™;
- [4] <https://inforpave.fhwa.dot.gov/Tools/MEPDG>
Truy cập: 02/2021;
- [5] PGS.TS. Nguyễn Văn Hùng (2018), *Nghiên cứu sử dụng nhựa 40/50 chế tạo bê tông nhựa làm mặt đường ở Việt Nam*, đề tài cấp Bộ.

Ngày nhận bài: 06/04/2021

Ngày chuyển phản biện: 09/04/2021

Ngày hoàn thành sửa bài: 01/05/2021

Ngày chấp nhận đăng: 07/05/2021

Ngoài hình ảnh, bảng biểu đã chú thích nguồn từ tài liệu tham khảo, những hình ảnh, bảng biểu còn lại đều thuộc bản quyền của tác giả/nhóm tác giả.