

Dự báo tuổi thọ lún và mỏi của kết cấu mặt đường mềm sử dụng tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm của Ấn Độ

■ TS. TRẦN DANH HỢI - Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm IRC 37 - 2012 của Ấn Độ dựa trên phương pháp tiếp cận cơ học - thực nghiệm, trong đó xem hư hỏng nứt mỏi và lún kết cấu mặt đường dự báo là các tiêu chí chủ yếu để đánh giá kết cấu mặt đường thiết kế Bài báo giới thiệu các kết quả dự báo tuổi thọ mỏi và lún của một số kết cấu mặt đường mềm điển hình ở Việt Nam sử dụng IRC 37 Các kết quả cho thấy mức độ thay đổi tuổi thọ dự báo khi sử dụng các phương án móng mặt đường khác nhau, từ đó định hướng cho việc lựa chọn vật liệu lớp móng phù hợp cho kết cấu mặt đường ở Việt Nam.

TỪ KHÓA: Phương pháp cơ học - thực nghiệm, đá - nhựa chặt, đá - nhựa cường độ cao, mô-đun động ($[E^*]$).

ABSTRACT: Guideline for the design of flexible pavements in India, IRC 37 - 2012, was based on an experimental - mechanical approach that predicted fatigue cracking and pavement rutting were considered as the main criteria of flexible pavements This paper introduces the results of prediction for fatigue and rutting life of some typical flexible pavements in Vietnam according to IRC 37 The results show the change of pavement life when using different base-courses, thereby showing suitable materials for base-courses of flexible pavements in Vietnam

KEYWORDS: Mechanistic Empirical design method, dense bituminous macadam, high modulus base, dynamic modulus ($[E^*]$)

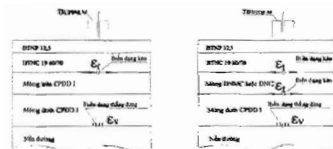
1. GIỚI THIỆU VỀ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO TUỔI THỌ NỨT, MỎI CỦA KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG MỀM THEO TIÊU CHUẨN IRC 37 CỦA ẤN ĐỘ

Trong thiết kế kết cấu mặt đường mềm dựa trên tiếp cận phương pháp cơ học - thực nghiệm, có hai loại hư hỏng liên quan đến chất lượng khai thác mặt đường là lún kết cấu và nứt mỏi của mặt đường bê tông nhựa (BTN) được coi là tiêu chí quan trọng để đánh giá kết cấu mặt đường mềm. Dự báo hư hỏng này dưới tác dụng của tải trọng trùng phục là một vấn đề được quan tâm nghiên cứu, phát triển bởi nhiều trung tâm nghiên cứu lớn trên

thế giới như Viện Asphalt Hoa Kỳ (Asphalt Institute), Bộ Giao thông đường bộ Liên bang Mỹ (Federal Highway Administration) và Bộ Giao thông Ấn Độ (Indian Road Congress).

Để dự báo tuổi thọ lún kết cấu và nứt mỏi của các lớp BTN, biến dạng kéo theo phương ngang tại đáy các lớp BTN (ϵ_x) và biến dạng thẳng đứng tại đỉnh nền đường (ϵ_z) cần phải được xác định. Nếu biến dạng kéo (ϵ_x) lớn quá mức cho phép sẽ gây ra nứt các lớp BTN. Trường hợp biến dạng thẳng đứng vượt quá giới hạn, biến dạng dư phát sinh trong kết cấu mặt đường do tải trọng vượt quá khả năng chịu tải của nền đường và gây ra hư hỏng lún mặt đường [4].

Vị trí các dạng biến dạng kéo và biến dạng thẳng đứng trong các kết cấu áo đường mềm thể hiện ở Hình 1.1.



Hình 1.1: Các vị trí cần xác định biến dạng trong kết cấu mặt đường mềm

Dựa trên nguyên lý của phương pháp thiết kế kết cấu mặt đường mềm của Viện Asphalt Hoa Kỳ, Bộ Giao thông Ấn Độ đã phát triển tiêu chuẩn thiết kế mặt đường mềm IRC 37 [4]. Tiêu chuẩn này xét đến trạng thái giới hạn nứt do mỏi của các lớp BTN (khi các vết nứt xảy ra đạt đến 20% tổng diện tích mặt đường) và tiêu chuẩn giới hạn lún kết cấu (lún kết cấu mặt đường đạt đến giá trị 20mm).

1.1. Dự báo nứt mỏi của kết cấu mặt đường

Phương trình dự báo tuổi thọ mỏi của mặt đường BTN [4] tương ứng với độ tin cậy 90% như sau:

$$N_f = 0,711 \times 10^{-4} \times [1/\epsilon_x]^{3,69} \times [1/M_n]^{0,954} \quad (1)$$

Trong đó:

N_f - Tuổi thọ mỏi - số lần tác dụng tải trọng tiêu chuẩn gây ra mỏi (lần);

ϵ_x - Biến dạng kéo lớn nhất ở đáy lớp BTN dưới cùng;

M_n - Mô-đun đàn hồi động của BTN (MPa).

Các hỗn hợp BTN sử dụng trong nghiên cứu thường được thiết kế với độ rỗng dư 4% và hàm lượng nhựa đường 4,5% khối lượng hỗn hợp (tương đương 11,5% thể tích hỗn hợp). Trong thực tế, hệ số "C" thường được

đưa vào để xét đến ảnh hưởng của độ rỗng dư (V_v) và hàm lượng nhựa (V_p) theo công thức sau:

$$C = 10^{0.4} \quad (2)$$

$$M = 4,84 \cdot \left(\frac{V_p}{V_v + V_p} - 0,69 \right) \quad (3)$$

Khi xét đến ảnh hưởng của V_p và V_v công thức (1) trở thành:

$$N_i = 0,5161 \times C \times 10^{-4} \times [1/\epsilon_i]^{3,89} \times [1/M_i]^{0,854} \quad (4)$$

Công thức (4) xét đến ảnh hưởng của độ rỗng dư và hàm lượng nhựa thiết kế đến tuổi thọ môi của kết cấu mặt đường BTN.

1.2. Dự báo lún của kết cấu mặt đường

Phương trình dự báo tuổi thọ lún kết cấu mặt đường BTN với độ tin cậy 90% như sau [4]:

$$N_i = 1,41 \times 10^{-9} \times [1/\epsilon_v]^{4,537} \quad (6)$$

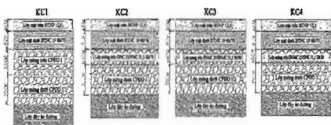
Trong đó:

N_i - Tuổi thọ lún kết cấu - số lần tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn gây phá hoại lún (lần).

ϵ_v - Biến dạng thẳng đứng ở đỉnh nền đất.

2. LỰA CHỌN CÁC KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, 4 kết cấu mặt đường gồm KC1, KC2, KC3, KC4 được lựa chọn để phân tích (Hình 2.1). Các kết cấu mặt đường này có đặc điểm là có hai lớp mặt đường BTN (BTN 12,5 và BTN 19 60/70) và lớp móng dưới cấp phối đá dăm (CPĐĐ) loại II giống nhau. Sự khác nhau giữa các kết cấu mặt đường này là lớp móng trên sử dụng vật liệu khác nhau. Loại vật liệu được lựa chọn cho lớp móng trên lần lượt là CPĐĐ loại 1, ĐNC 60/70, ĐNCM 35/50 và ĐNCM 20/30 tương ứng với các KC1, KC2, KC3 và KC4.



Hình 2.2: Một số kết cấu mặt đường nghiên cứu

3. CÁC THÔNG SỐ TÍNH TOÁN CỦA VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG

Để phân tích ứng xử của kết cấu mặt đường theo tiêu chuẩn IRC 37 của Ấn Độ, cần phải xác định được mô-đun đàn hồi đồng của các vật liệu sử dụng trong kết cấu mặt đường và nền đất.

Trong nghiên cứu này, các kết quả thí nghiệm mô-đun động của BTN 12,5, BTN 19 60/70, BTN 19 35/50 và các hỗn hợp đá - nhựa chặt ĐNC, ĐNCM ở tần số thí nghiệm 10 Hz được sử dụng để tính toán ứng suất và biến dạng trong các kết cấu mặt đường.

Mô-đun động của BTN 12,5, BTN 19 60/70, ĐNC và ĐNCM ở các nhiệt độ khác nhau (Bảng 3.1) tham khảo nghiên cứu [2]. Đối với mô-đun động của cấp phối đá dăm tham khảo nghiên cứu [3].

Bảng 3.1. Mô-đun động của BTN và đá - nhựa chặt [2]

TT	Loại vật liệu	Mô-đun động (MPa) - 10 Hz					
		10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
1	BTN 12,5 PMB III	13575	11225	7010	4320	2430	1120
2	BTNC 19_60/70	14145	10730	3820	3405	1730	705
3	ĐNC 25_60/70	15160	12610	6230	3855	1795	780
4	ĐNCM 25_35/50	15870	13850	8505	4615	2185	930
5	ĐNCM 25_20/30	17220	14260	10735	6370	3185	1925

Bảng 3.2. Mô-đun động của CPĐĐ loại 1 và nền đường [3]

TT	Loại vật liệu	Mô-đun động (MPa), 10 Hz
2	CPĐĐ loại 1	460
3	Đất nền	50

4. TÍNH TOÁN ỨNG SUẤT, BIẾN DẠNG TRONG CÁC LỚP KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG MỀM

Để tính toán biến dạng kéo theo phương ngang tại đáy lớp BTN dưới công suất (ϵ_r) và biến dạng thẳng đứng tại đỉnh nền đường (ϵ_v) trong kết cấu áo đường mềm, sử dụng một số phần mềm như Alizé, Bisar, Kenpave, Vicosroute... Trong nghiên cứu này, phần mềm Alizé được sử dụng để tính toán biến dạng tại các vị trí yêu cầu trong kết cấu mặt đường mềm.

Tải trọng thực tiêu chuẩn để xuất trong nghiên cứu với các thông số sau:

- Tải trọng trục đơn, bánh kép $P = 2 F_v = 100kN$;
- Áp lực tác dụng lên vết bánh: $p_v = 0,6MPa$;
- Đường kính vết bánh tương đương: $d = 2r = 23cm$;
- Bán kính đường đương: $r = 11,5cm$;
- Cự ly giữa 2 vết bánh xe: $3r = 3 \cdot 11,5 = 34,5cm$.

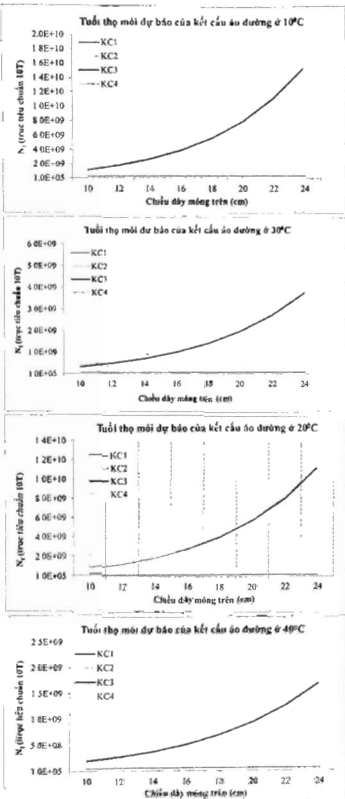


Hình 4.1: Phần mềm Alizé tính toán ứng suất - biến dạng trong kết cấu áo đường mềm

5. KẾT QUẢ DỰ BÁO TUỔI THỌ LÚN, NỨT MỎI CỦA CÁC KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG MỀM

5.1. Kết quả dự báo tuổi thọ nứt mỏi của kết cấu mặt đường mềm

Khảo sát tuổi thọ nứt mỏi theo tiêu chuẩn IRC 37-2012 cho 4 loại kết cấu mặt đường KC1, KC2, KC3 và KC4 với chiều dày lớp móng trên thay đổi từ 10 - 24cm được thể hiện ở các biểu đồ Hình 5.1.



Hình 5.1: Tuổi thọ môi dự báo của một số kết cấu mặt đường mềm

Từ kết quả dự báo tuổi thọ nứt môi của 4 nhóm kết cấu mặt đường ở nhiệt độ 10°C, 20°C, 30°C và 40°C được thể hiện ở các biểu đồ Hình 5.1 có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Tuổi thọ nứt môi dự báo của KC1 sử dụng lớp móng trên CPĐD loại 1 nhỏ hơn đáng kể so với KC2, KC3 và KC4 (lần lượt sử dụng lớp móng trên ĐNC 25 60/70, ĐNMC 25 35/50, ĐNMC 25 20/30).

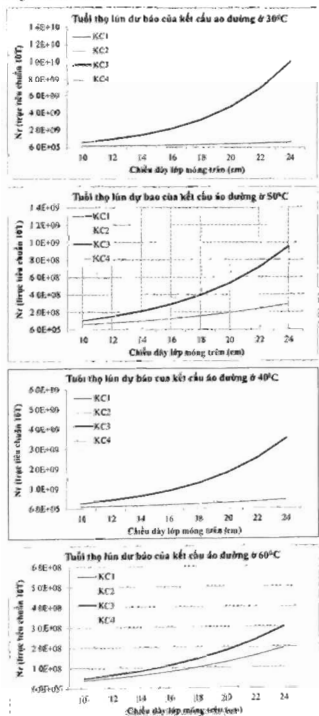
- Đối với trường hợp sử dụng lớp móng trên ĐNC hoặc ĐNMC, khi tăng chiều dày lớp móng này trong

phạm vi từ 10 - 24cm sẽ làm tăng đáng kể tuổi thọ môi dự báo của kết cấu mặt đường. Trong 3 loại móng đá - nhựa, sử dụng lớp móng ĐNMC 20/30 cho kết quả tuổi thọ môi dự báo của kết cấu lớn hơn so với trường hợp sử dụng lớp móng ĐNMC 35/50 và ĐNC 60/70.

- Kết quả phân tích cũng chỉ ra khi tăng chiều dày lớp móng CPĐD loại 1 từ 10cm lên đến 24cm thì tuổi thọ môi dự báo của các KC1 tăng lên không đáng kể. Ở 20°C, khi chiều dày tăng 2,4 lần (từ 10cm lên 24cm) thì tuổi thọ môi chỉ tăng thêm 1,2 lần.

5.2. Kết quả dự báo tuổi thọ lún của kết cấu mặt đường mềm

Kết quả dự báo lún mặt đường của các kết cấu mặt đường theo phương pháp IRC 37-2012 được thể hiện trong các biểu đồ Hình 5.2



Hình 5.2: Tuổi thọ lún dự báo của một số kết cấu mặt đường mềm

Từ kết quả phân tích dự báo lún kết cấu mặt đường ở trên có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Ở cả 4 nhiệt độ khảo sát (30°C, 40°C, 50°C, 60°C), tuổi thọ lún dự báo của KCMĐ mềm sử dụng lớp móng trên CPĐĐ loại 1 đều nhỏ hơn đáng kể so với trường hợp sử dụng lớp móng trên ĐNMC, ĐNC.

- Tuổi thọ lún dự báo tăng lên khi tăng chiều dày lớp móng trên nhưng mức độ tăng này không đồng nhất. Trường hợp sử dụng lớp móng trên CPĐĐ loại 1, tăng chiều dày lớp móng này ảnh hưởng không nhiều đến tuổi thọ lún dự báo. Tuy nhiên, KCMĐ mềm sử dụng lớp móng ĐNMC và ĐNC có mức độ tăng tuổi thọ lún dự báo đáng kể khi tăng chiều dày lớp móng này lên.

6. KẾT LUẬN VÀ CÁC HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

6.1. Kết luận

Từ các kết quả phân tích rút ra một số kết luận sau:

- Có thể vận dụng các phương trình dự báo lún, mô hình của KCMĐ mềm theo tiêu chuẩn IRC 37 của Ấn Độ để dự báo tuổi thọ của các KCMĐ mềm ở Việt Nam.

- Giải pháp thiết kế KCMĐ mềm sử dụng lớp móng trên CPĐĐ loại 1 với việc tăng chiều dày là kém hiệu quả trong việc cải thiện khả năng kháng lún, mô hình của kết cấu mặt đường.

- Các kết quả phân tích dự báo tuổi thọ theo IRC 37:2012 cho thấy, ứng dụng lớp móng ĐNMC và ĐNC là giải pháp tốt để cải thiện tuổi thọ kết cấu mặt đường so với các phương án sử dụng lớp móng CPĐĐ loại 1.

6.2. Các định hướng nghiên cứu tiếp theo

- Nghiên cứu sự thay đổi của các yếu tố chiều dày lớp mặt BTN, loại vật liệu làm lớp móng đến tuổi thọ của KCMĐ theo phương pháp IRC 37:2012.

Tài liệu tham khảo

[1]. Trần Danh Hơi, Trần Thị Kim Đăng (2017), *Nghiên cứu mô-đun động của hỗn hợp đá-nhựa làm móng của kết cấu mặt đường mềm*, Tạp chí Cầu đường, tháng 10.

[2]. Trần Danh Hơi (2019), *Nghiên cứu hỗn hợp đá-nhựa nóng cường độ cao dùng trong kết cấu mặt đường ô tô cấp cao ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT, Việt Nam.

[3]. Ngô Ngọc Quý (2010), *Nghiên cứu thực nghiệm mô-đun đàn hồi động của một số loại vật liệu làm móng và mặt đường ô tô*, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT.

[4]. Congress, I. R. (2012), *IRC 37 - Guidelines for the design of flexible pavements*, India.

Ngày nhận bài: 19/01/2020

Ngày chấp nhận đăng: 04/02/2020

Người phản biện: TS. Bùi Anh Tuấn

TS. Nguyễn Quang Tuấn