

ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG TRỤC XE VÀ ÁP LỰC BÁNH XE ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA KẾT CẤU ÁO ĐƯỜNG MỀM Ở VIỆT NAM

NGUYỄN QUANG PHÚC - Trường Đại học Giao thông Vận tải
NGUYỄN VĂN THÀNH - Viện Khoa học và Công nghệ GTVT

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, ảnh hưởng của sự gia tăng tải trọng trục và áp lực xe tác động lên kết cấu mặt đường mềm làm giảm tuổi thọ của mặt đường là một chủ đề quan trọng được nhiều người quan tâm nghiên cứu. Bài báo đánh giá ảnh hưởng của tải trọng trục, áp lực bánh xe và loại bánh xe đến sự làm việc của kết cấu áo đường mềm ở Việt Nam.

Abstract: In recent years, the effect of increased axle load and increased tire pressure on flexible pavements responses has become a subject of great concern. This paper aims to evaluate the effects of axle load, tire inflation pressure and wheel type on flexible pavements performance in Vietnam.

Keywords: axle load, tire pressure, wheel type, load equivalence factor, pavement performance.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm qua, hệ thống đường bộ Việt Nam đã và đang được cải tạo, nâng cấp, đầu tư xây dựng mới cả về số lượng cũng như nâng cao về chất lượng và áp dụng tiêu chuẩn kỹ thuật cao hơn. Hệ thống đường bộ Việt Nam đã góp phần quan trọng thúc đẩy các lĩnh vực kinh tế, xã hội phát triển. Tuy nhiên, sự gia tăng rất nhanh số lượng các phương tiện tham gia giao thông, đặc biệt là các xe chở hàng quá tải trọng cho phép lưu hành diễn ra phổ biến [3] đã gây hư hỏng hệ thống cấu trúc đường với các dạng thức và mức độ khác nhau, các hư hỏng này xuất hiện, phát triển theo thời gian, làm suy giảm khả năng chịu tải bộ phận kết cấu và toàn bộ công trình.

Bằng phương pháp lý thuyết kết hợp với phân tích đánh giá, bài báo trình bày những kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tải

BẢNG 1. Các kết cấu mặt đường và thông số vật liệu

TT	Lớp vật liệu	Mô đun đàn hồi E (MPa)			μ	Kết cấu áp dụng					
		Trượt	Kéo uốn	Dộ võng		KC1	KC2	KC3	KC4	KC5	KC6
1	BTN tạo nhám	250	1.200	320	0,30	3	3				
2	BTN chặt lớp trên	300	1.800	420	0,30	5	5	6	6	5	
3	BTN chặt lớp dưới	250	1.600	350	0,30	7	7	8	8	7	7
4	ATB	250	800	350	0,30	10			13		
5	CPDD gia cố XM	600	600	600	0,25			14			
6	CPDD loại 1	300	300	300	0,30	33	40	15	40	15	15
7	CPDD loại 2	250	250	250	0,30	35	45	31		30	30
8	Subgrade		42		0,35						
Tổng chiều dày kết cấu (cm)						93	100	74	67	57	51
Mô đun đàn hồi chung lạch (MPa)						216	216	215	196	172	160

trọng trục xe, áp lực tiếp xúc của bánh xe lên mặt đường đến sự làm việc của các kết cấu mặt đường mềm phổ biến đang được áp dụng ở Việt Nam.

2. Mô hình đánh giá

Phương pháp thiết kế mặt đường mềm theo tiêu chuẩn 22TCN-211-06 [1] hiện hành ở Việt Nam là phương pháp lý thuyết-thực nghiệm dựa trên kết quả bài toán với mô hình bán không gian vô hạn đàn hồi nhiều

lớp. Trong nghiên cứu sử dụng mô hình này với các kết cấu mặt đường, mô đun đàn hồi của vật liệu, mức độ liên kết các lớp khác nhau chịu tác dụng của tải trọng.

2.1 Các kết cấu mặt đường:

Các kết cấu mặt đường và thông số tính toán được tổng hợp trong Bảng 1. Có nhiều mức độ liên kết giữa các lớp khảo sát là từ dính chặt tuyệt đối đến trượt hoàn toàn.

2.2 Thông số tải trọng:

Có hai loại trục xe khảo sát là trục đơn, bánh đôi và trục đơn, bánh đơn. Áp lực thẳng đứng p_v và áp lực ngang $p_h = 0.2p_v$ của bánh xe tác dụng lên mặt đường thông qua diện tiếp xúc như Hình 1.

Tải trọng trục đơn, bánh đôi tiêu chuẩn có thông số:

$$d = 32\text{cm}; P = 4F_v = 100\text{kN};$$

$$p_v = 700\text{ kPa}; p_h = 0.2p_v;$$

$$D = 2r = 21.32\text{cm}; r = 10.66\text{cm};$$

Tải trọng trục đơn, bánh đơn tiêu chuẩn có thông số:

$$P = 2F_v = 50\text{kN}; p_v = 700\text{ kPa};$$

$$p_h = 0.2p_v; D = 2r = 21.32\text{ cm};$$

$$r = 10.66\text{cm};$$

Theo [4] thì quan hệ giữa tải trọng bánh F_v (kN), áp lực p_v (kPa) và bán kính r (m) như ở (1):

$$r = \sqrt{\frac{F_v}{\pi p_v}} \quad (1)$$

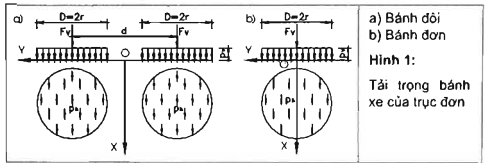
Khảo sát tải trọng trục đơn, bánh đôi có: $P=40; 60; 80; 100; 120; 140; 180; 200; 220; 240\text{kN}$ và áp lực tác dụng $p_v=500; 550; 600; 650; 700; 750; 800; 900; 1000; 1100\text{ kPa}$.

Khảo sát tải trọng trục đơn, bánh đơn có: $P=20; 40; 60; 80; 100; 120; 140\text{kN}$ và áp lực tác dụng $p_v=500; 550; 600; 650; 700; 750; 800; 900\text{ kPa}$.

2.3 Tiêu chuẩn phân tích phá hoại kết cấu mặt đường

Có 2 tiêu chuẩn đánh giá tuổi thọ kết cấu mặt đường được chấp nhận rộng rãi [4, 5, 6, 8]:

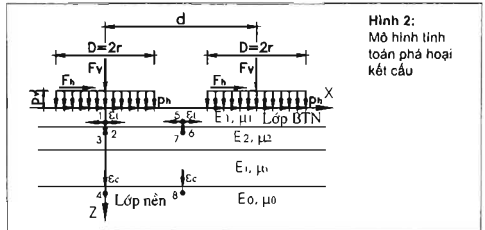
1. **Tiêu chuẩn môi:** Tuổi thọ môi của lớp bê tông nhựa (BTN) được tính bằng số lần tác dụng của tải trọng N_f (lần) với biến dạng



a) Bánh đôi
b) Bánh đơn

Hình 1:

Tải trọng bánh xe của trục đơn



Hình 2:
Mô hình tính toán phá hoại kết cấu

kéo theo phương ngang lớn nhất ở đáy lớp BTN ϵ_t (m/m) và mô đun đàn hồi của BTN E_t (MPa) - Phương trình (2);

2. **Tiêu chuẩn lún vết bánh:** Quan hệ giữa tuổi thọ do lún vết bánh của kết cấu N_{ϵ_t} (lần) với biến dạng nén thẳng đứng tác dụng trên đỉnh nền đường ϵ_c (m/m) - Phương trình (3);

$$N_f = f_1(\epsilon_t)^{-f_2}(E_t)^{-f_3} \quad (2)$$

$$N_{f2} = f_4(\epsilon_c)^{-f_5} \quad (3)$$

Rất nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được các hệ số hồi quy f_1, f_2, f_3, f_4 và f_5 [4, 5, 6, 8]. Bài báo này sử dụng các hệ số (hệ SI) theo Viện Asphalt Hoa Kỳ (AI): $f_1=4.32 \times 10^{-3}$; $f_2=3.291$; $f_3=0.854$; $f_4=1.365 \times 10^{-9}$ và $f_5=4.477$. Mô hình và các điểm nghiên cứu thể hiện ở Hình 2.

2.4 Hệ số tải trọng trục tương đương LEF (Load Equivalency Factor)

Hệ số tải trọng trục tương đương được xác định bằng tỷ số

giữa số lần tác dụng của tải trọng trục tiêu chuẩn N_{ss} và số lần tác dụng của tải trọng trục thực tế N_t để gây ra mức độ hư hỏng cho kết cấu mặt đường tương đương nhau. Các phương pháp xác định LEF là: a) Phương pháp thực nghiệm, điển hình là xác định LEF theo AASHTO đánh giá cùng mức độ tổn thất khả năng phục vụ PSI; b) Phương pháp lý thuyết, tính toán tác dụng phá hoại môi và phá hoại lún vết bánh tương đương; và c) Phương pháp cơ học thực nghiệm [6, 7].

Từ định nghĩa LEF và các phương trình (2), (3) đưa ra được công thức xác định LEF theo các mô hình phá hoại môi và lún vết bánh như sau:

- Mô hình phá hoại môi:

$$LEF = \left(\frac{\epsilon_{tj}}{\epsilon_{ts}} \right)^{1/f_2} \quad (4)$$

Với ϵ_{ss} là biến dạng kéo lớn nhất tại đáy lớp BTN (hoặc lớp ATB) dưới tác dụng của trục tiêu chuẩn $P=100\text{kN}$, $p_v=700\text{kPa}$; ϵ_t là

là biến dạng kéo lớn nhất tại vị trí đang xét do tải trọng trục thực tế có áp lực j gây ra.

Mô hình phá hoại lún vết bánh:

$$LEF = \left(\frac{\epsilon_{\text{tr}}}{\epsilon_{\text{cu}}} \right)^{4.177} \quad (5)$$

Với ϵ_{cu} là biến dạng nén thẳng đứng lớn nhất trên đỉnh nền đường dưới tác dụng của trục tiêu chuẩn $P=100\text{kN}$, $p_v=700\text{kPa}$; ϵ_{cu} là là biến dạng nén thẳng đứng lớn nhất tại vị trí đang xét do tải trọng trục thực tế có áp lực j gây ra.

2.5. Phần mềm sử dụng:

Sử dụng các phần mềm KENLAYER, BISAR3.0 và EverStressFE để xác định E_{cu} của toàn kết cấu và ứng suất, biến dạng trong các lớp kết cấu dưới tác dụng của tải trọng trục thay đổi.

3. Kết quả tính toán và thảo luận

3.1 Dự báo tuổi thọ của kết cấu khi tải trọng và mức độ liên kết giữa các lớp thay đổi

+ Khảo sát cho cả 6 kết cấu: KC1, KC2; KC3; KC4; KC5; và KC6;

+ Tải trọng tính toán: Trục đơn bánh đôi $P=100\text{kN}$ và $p_v=700\text{kPa}$; và $P=200\text{kN}$, $p_v=700\text{kPa}$;

+ Mức độ liên kết giữa các lớp: Đinh chặt; Đinh 80%; Đinh 20% và Trượt hoàn toàn.

Kết quả dự tính tuổi thọ mỗi và lún vết bánh thể hiện ở Bảng 2.

Các nhận xét sau được rút ra:

- Các kết cấu khác nhau có tuổi thọ khác nhau. Tuổi thọ mỗi và tuổi thọ lún vết bánh với cùng

TC	P (kN)	Tuổi thọ tính theo (10 ⁴ lần)					Tuổi thọ tính theo biến dạng (10 ⁴ lần)				
		Đinh 100%	Đinh 80%	Đinh 50%	Đinh 20%	Trượt 100%	Đinh 100%	Đinh 80%	Đinh 50%	Đinh 20%	Trượt 100%
KC1	100	36 510	32 166	18 165	4 816	0 501	31 797	26 560	22 213	11 245	5 557
	200	5 618	4 487	2 665	0 940	0 125	4 471	1 296	0 935	0 426	0 269
KC2	100	7 088	5 995	4 148	2 061	0 421	40 376	36 045	32 699	21 684	14 623
	200	1 434	1 285	0 965	0 546	0 115	1 891	1 747	1 434	0 906	0 536
KC3	100	30 380	23 785	13 036	4 583	0 417	6 225	5 550	4 106	1 911	0 913
	200	7 778	5 962	3 263	0 985	0 083	0 297	0 255	0 173	0 073	0 045
KC4	100	42 730	36 041	21 139	6 092	0 460	4 065	3 873	2 862	1 381	0 433
	200	5 931	4 770	2 835	0 931	0 075	0 196	0 171	0 121	0 053	0 022
KC5	100	3 714	3 252	2 362	1 189	0 198	0 557	0 511	0 411	0 250	0 351
	200	0 910	0 793	0 575	0 287	0 045	0 027	0 025	0 019	0 011	0 018
KC6	100	2 367	2 114	1 583	0 785	0 083	0 203	0 183	0 143	0 083	0 064
	200	1 274	1 057	0 678	0 251	0 019	0 010	0 009	0 007	0 004	0 003

BẢNG 2.

Dự báo tuổi thọ của kết cấu

P (kN)	TC	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
		500	600	650	700	750	800	900	1000	1100	
40	Môi	0 08	0 06	0 08	0 08	0 08	0 06	0 08	0 06	0 06	0 08
	Lún	0 02	0 02	0 02	0 02	0 02	0 02	0 02	0 02	0 02	0 02
60	Môi	0 20	0 20	0 21	0 21	0 21	0 22	0 22	0 23	0 23	0 23
	Lún	0 10	0 10	0 10	0 10	0 10	0 10	0 10	0 10	0 10	0 10
80	Môi	0 46	0 48	0 49	0 50	0 52	0 53	0 53	0 55	0 56	0 57
	Lún	0 37	0 37	0 37	0 37	0 37	0 37	0 37	0 37	0 38	0 39
100	Môi	0 87	0 91	0 94	0 97	1 00	1 02	1 05	1 08	1 11	1 14
	Lún	0 98	0 99	0 99	1 00	1 00	1 03	1 01	1 01	1 01	1 02
120	Môi	1 43	1 51	1 58	1 64	1 70	1 74	1 79	1 87	1 93	1 98
	Lún	2 20	2 21	2 22	2 24	2 24	2 25	2 26	2 27	2 28	2 29
140	Môi	2 15	2 29	2 41	2 52	2 62	2 71	2 79	2 93	3 05	3 14
	Lún	4 33	4 36	4 39	4 41	4 43	4 45	4 47	4 50	4 52	4 54
160	Môi	4 04	4 38	4 68	4 95	5 20	5 42	5 63	5 99	6 30	6 57
	Lún	13 01	13 15	13 25	13 34	13 42	13 49	13 55	13 66	13 76	13 82
200	Môi	5 19	5 68	6 10	6 49	6 86	7 18	7 49	8 02	8 48	8 99
	Lún	20 61	20 67	20 72	21 19	21 34	21 45	21 56	21 72	21 95	22 22
220	Môi	6 48	7 11	7 70	8 24	8 74	9 20	9 63	10 39	11 03	11 60
	Lún	31 18	31 57	31 89	32 18	32 40	32 61	32 78	33 10	33 34	33 56
240	Môi	7 82	8 67	9 45	10 19	10 86	11 48	12 08	12 69	13 30	14 77
	Lún	35 48	36 11	36 59	37 03	37 43	37 78	38 04	38 53	38 95	40 24

BẢNG 3.

Giá trị LEF của kết cấu KC1

kết cấu không như nhau;

- Điều kiện liên kết giữa các lớp ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ. Các lớp liên kết tốt thì tuổi thọ cao và ngược lại;

- Với cùng một áp lực tiếp xúc, khi tải trọng tăng lên gấp 2 thì tuổi thọ mỗi giảm đi từ 2-7 lần, tuổi thọ lún vết bánh giảm đi từ 20-26 lần. Điều này phù hợp với 22 TCN 211-06 [1] khi tải trọng trục tăng 2 lần lưu lượng xe tính toán mũ 4,4 sẽ tăng lên 21 lần;

- Các kết cấu KC1; KC3; KC4 có lớp móng ATB (CPĐĐ gia cố nhựa) hoặc CTB (CPĐĐ gia cố xi măng) có khả năng chịu kéo uốn tốt nên tuổi thọ mỗi chung của toàn kết cấu cao hơn;

- Các kết cấu KC1; KC2 có tổng chiều dày lớn nên tuổi thọ lún vết bánh cũng tăng lên.

3.2 Hệ số LEF cho tải trọng trục đơn, bánh đôi

Khảo sát với tất cả các kết cấu, với mô đun đàn hồi của các lớp xử lý nhựa ở các nhiệt độ khác nhau, với các điều kiện liên kết khác nhau. Kết quả nhận thấy hệ số LEF, tùy thuộc mô hình tính toán phụ thuộc nhiều vào kết cấu, tải trọng và áp lực tiếp xúc. LEF phụ thuộc ít vào mô đun đàn hồi và mức độ liên kết giữa các lớp (vì tỷ số giá trị của biến dạng do tải trọng tính toán và tải trọng tiêu chuẩn thay đổi rất ít).

Bảng 3 là giá trị LEF cho kết cấu KC1, được lấy làm điển hình cho các nhận xét:

- LEF tăng khi tải trọng và áp lực tiếp xúc tăng. Khi P tăng làm cho LEF tăng lên rất nhanh. Ảnh hưởng của p_v đến LEF phụ thuộc vào giá trị của P, khi P nhỏ thì

BẢNG 4. Giá trị LEF theo trục đơn, bánh đôi

P (kN)	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
40	0.057	0.058	0.059	0.060	0.061	0.061	0.062	0.063	0.063	0.064
60	0.197	0.202	0.207	0.212	0.215	0.218	0.220	0.225	0.229	0.232
80	0.459	0.477	0.491	0.504	0.515	0.525	0.534	0.550	0.561	0.572
100	0.984	0.998	0.994	0.998	1.000	1.024	1.046	1.083	1.112	1.138
120	2.198	2.213	2.224	2.235	2.243	2.251	2.258	2.270	2.281	2.289
140	4.331	4.363	4.388	4.414	4.433	4.452	4.471	4.497	4.517	4.537
180	13.013	13.147	13.251	13.342	13.433	13.494	13.555	13.662	13.755	13.817
200	20.609	20.822	21.015	21.188	21.340	21.449	21.558	21.757	21.889	22.023
220	31.184	31.566	31.892	32.160	32.401	32.612	32.794	33.059	33.345	33.561
240	45.479	46.110	46.587	47.027	47.431	47.756	48.041	48.534	48.947	49.239

a) Kết cấu KC1

P (kN)	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
40	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066	0.066	0.067	0.068	0.069	0.070
60	0.202	0.210	0.217	0.223	0.227	0.232	0.236	0.247	0.247	0.251
80	0.450	0.476	0.496	0.516	0.532	0.546	0.559	0.580	0.597	0.612
100	0.976	0.983	0.990	0.996	1.000	1.037	1.067	1.122	1.165	1.200
120	2.169	2.189	2.207	2.223	2.233	2.247	2.255	2.271	2.284	2.297
140	4.255	4.298	4.338	4.373	4.400	4.427	4.449	4.485	4.517	4.544
180	12.665	12.838	12.992	13.117	13.231	13.326	13.410	13.559	13.677	13.774
200	19.954	20.522	20.522	20.744	20.952	21.117	21.268	21.527	21.722	21.896
220	30.068	30.566	31.010	31.376	31.705	31.995	32.245	32.665	33.004	33.303
240	43.642	44.441	45.142	45.715	46.238	46.682	47.102	47.779	48.320	48.785

c) Kết cấu KC3

P (kN)	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
40	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.065	0.065	0.066	0.067	0.068
60	0.201	0.208	0.214	0.219	0.224	0.227	0.231	0.236	0.241	0.245
80	0.452	0.476	0.495	0.513	0.527	0.540	0.551	0.571	0.586	0.599
100	0.963	0.974	0.984	0.993	1.000	1.032	1.062	1.110	1.149	1.182
120	2.121	2.151	2.178	2.200	2.218	2.237	2.251	2.277	2.297	2.314
140	4.118	4.187	4.247	4.298	4.341	4.380	4.414	4.471	4.519	4.559
180	12.037	12.295	12.521	12.709	12.876	13.026	13.153	13.373	13.552	13.702
200	18.806	19.211	19.622	19.955	20.293	20.560	20.722	21.158	21.423	21.690
220	28.041	28.815	29.378	29.949	30.412	30.881	31.236	31.835	32.443	32.812
240	40.319	41.492	42.540	43.301	44.073	44.855	45.329	46.451	47.266	47.928

e) Kết cấu KC5

pv ảnh hưởng đến LEF ít và khi P lớn thì ảnh hưởng của pv đến LEF nhiều hơn;

- LEF_{môi} và LEF_{lun} khác nhau với cùng P và p_v. Khi tải trọng P nhỏ và vừa (40-80kN) thì LEF_{môi} > LEF_{lun}, nhưng với tải trọng nặng và rất nặng thì LEF_{lun} > LEF_{môi} nhiều;

Lấy giá trị LEF lớn hơn để tính toán được các kết quả ở Bảng 4 a); b); c); d); e); f)

Với các kết cấu khác nhau thì giá trị LEF khác nhau, khi P tăng thì LEF tăng lên nhanh, khi pv tăng thì LEF cũng tăng lên. Phân tích số liệu thấy sự thay đổi của LEF theo P là quy luật hàm mũ với số mũ α=4-5 tùy thuộc vào kết cấu và áp lực p_v.

3.2 Hệ số LEF cho tải trọng trục đơn, bánh đôi

Tương tự, với bánh đơn khi thay đổi P và pv thì bán kính r thay đổi theo công thức (1) Hình 3 là

P (kN)	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
40	0.060	0.062	0.063	0.064	0.065	0.065	0.066	0.067	0.068	0.069
60	0.201	0.208	0.215	0.220	0.225	0.229	0.233	0.239	0.244	0.247
80	0.452	0.478	0.495	0.513	0.528	0.541	0.553	0.574	0.590	0.603
100	0.983	0.989	0.994	0.998	1.000	1.033	1.062	1.112	1.153	1.187
120	2.199	2.215	2.227	2.235	2.243	2.251	2.259	2.271	2.279	2.287
140	4.337	4.364	4.397	4.417	4.438	4.458	4.472	4.499	4.520	4.534
180	13.038	13.164	13.275	13.371	13.435	13.516	13.565	13.678	13.760	13.825
200	20.651	20.876	21.058	21.218	21.356	21.495	21.587	21.774	21.915	22.032
220	31.274	31.647	31.961	32.214	32.469	32.661	32.821	33.144	33.372	33.568
240	45.639	46.224	46.729	47.154	47.539	47.840	48.143	48.577	48.971	49.279

b) Kết cấu KC2

P (kN)	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
40	0.055	0.057	0.058	0.059	0.059	0.060	0.060	0.061	0.061	0.062
60	0.196	0.200	0.204	0.208	0.211	0.213	0.216	0.220	0.223	0.226
80	0.462	0.477	0.490	0.501	0.511	0.519	0.526	0.539	0.550	0.560
100	0.973	0.981	0.989	0.995	1.000	1.020	1.039	1.071	1.099	1.121
120	2.159	2.180	2.201	2.218	2.232	2.244	2.254	2.273	2.289	2.300
140	4.222	4.273	4.317	4.357	4.389	4.417	4.442	4.482	4.519	4.548
180	12.513	12.714	12.881	13.022	13.144	13.259	13.354	13.517	13.653	13.761
200	19.673	20.025	20.316	20.569	20.784	20.974	21.152	21.427	21.663	21.859
220	29.583	30.156	30.628	31.050	31.421	31.739	32.021	32.477	32.880	33.190
240	42.875	43.759	44.511	45.174	45.744	46.245	46.699	47.439	48.057	48.577

d) Kết cấu KC4

P (kN)	Áp lực tiếp xúc (kPa)									
	500	550	600	650	700	750	800	900	1000	1100
40	0.057	0.058	0.059	0.059	0.060	0.060	0.061	0.061	0.062	0.062
60	0.198	0.204	0.208	0.212	0.215	0.217	0.220	0.223	0.226	0.228
80	0.455	0.476	0.493	0.507	0.518	0.528	0.537	0.550	0.561	0.569
100	0.955	0.969	0.981	0.992	1.000	1.028	1.051	1.090	1.118	1.140
120	2.091	2.127	2.159	2.187	2.210	2.232	2.245	2.280	2.305	2.326
140	4.036	4.120	4.191	4.253	4.306	4.353	4.394	4.465	4.522	4.569
180	11.660	11.972	12.245	12.478	12.663	12.853	12.998	13.287	13.484	13.683
200	18.100	18.603	19.116	19.508	19.839	20.108	20.447	20.860	21.280	21.563
220	26.844	27.698	28.425	29.109	29.743	30.203	30.668	31.424	32.001	32.585
240	38.450	39.807	40.968	41.912	42.875	43.608	44.351	45.611	46.510	47.422

f) Kết cấu KC6

kết quả nghiên cứu vết tiếp xúc ở [9] khi giữ nguyên p=720kPa và thay đổi Fv.

+ Khảo sát cho các kết cấu KC1; KC2; và KC4;

+ Tải trọng tính toán: Trục đơn bánh đôi thay đổi P=40-140kN và p_v=500-900kPa;

Kết quả được thể hiện ở Bảng 5 và Hình 4, các nhận xét sau được rút ra.

- Đối với bánh đơn khi P và pv

tăng thì LEF cũng tăng lên. Phá hoại môi là chính đối với tải trọng P nhỏ và trung (P dưới 100kN), khi P lớn thì phá hoại lún vết bánh là chính;

- Với cùng tải trọng trục P và áp lực pv thì giá trị LEF của bánh đơn lớn hơn bánh đôi từ 1,5-2 lần. Nếu lấy LEF=1 để không chèn và với áp lực trung bình $p=600-700\text{kPa}$ thì tải trọng trục đơn, bánh đơn không được lớn hơn 70kN (xem Hình 4).

Nếu giữ nguyên diện tích tiếp xúc của bánh đơn có bán kính chuẩn $r=10.66\text{cm}$, thay đổi tải trọng tác dụng P thì áp lực tiếp xúc p sẽ thay đổi và giá trị LEF tính toán được thể hiện ở Bảng 6.

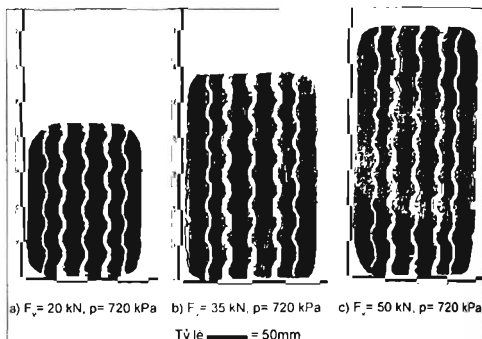
Từ kết quả Bảng 6 nhận thấy với tải trọng trục đơn, bánh đơn thì phá hoại môi là chủ yếu. Kết cấu KC6, chỉ có 1 lớp BTN thì phá hoại môi do tải trọng trục đơn bánh đơn gây ra là lớn nhất. Những kết cấu có tổng chiều dày lớp xử lý nhựa lớn thì tuổi thọ môi cao.

Nếu chỉ lấy các kết quả LEF của KC1 đến KC5 thì với tải trọng trục đơn, bánh đơn 100kN thì giá trị LEF lớn nhất trong khoảng từ 2.5 đến 9.7 và giá trị trung bình cũng vào khoảng 6.4.

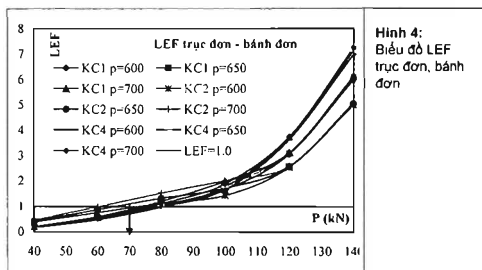
4. Kết luận và các hướng nghiên cứu

Qua những kết quả tính toán được và nhận xét ở trên có thể rút ra các kết luận:

- Tải trọng trục và áp lực bánh xe có ảnh hưởng lớn đến tuổi thọ của kết cấu áo đường. Khi tải trọng trục và áp lực bánh xe tăng thì tuổi thọ của kết cấu áo đường mềm giảm;



Hình 3: Vết tiếp xúc của bánh đơn khi tải trọng thay đổi [9]



Hình 4: Biểu đồ LEF trục đơn, bánh đơn

BẢNG 5. Giá trị LEF của trục đơn, bánh đơn – KC1

P (kN)	TC	Áp lực tiếp xúc (kPa)							
		500	550	600	650	700	750	800	900
40	Môi	0.166	0.177	0.188	0.197	0.205	0.213	0.219	0.231
	Lún	0.024	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
60	Môi	0.448	0.491	0.530	0.566	0.601	0.632	0.660	0.713
	Lún	0.146	0.147	0.148	0.149	0.149	0.150	0.150	0.151
80	Môi	0.842	0.943	1.038	1.126	1.210	1.291	1.367	1.504
	Lún	0.514	0.519	0.524	0.528	0.531	0.533	0.536	0.540
100	Môi	1.311	1.493	1.671	1.841	2.006	2.163	2.313	2.594
	Lún	1.359	1.375	1.391	1.402	1.413	1.422	1.430	1.444
120	Môi	1.816	2.103	2.389	2.667	2.937	3.201	3.457	3.840
	Lún	2.994	3.039	3.074	3.110	3.135	3.161	3.181	3.218
140	Môi	2.335	2.742	3.155	3.562	3.967	4.362	4.752	5.501
	Lún	5.810	5.909	5.993	6.070	6.130	6.190	6.234	6.321

- Điều kiện liên kết giữa các lớp cũng ảnh hưởng đến tuổi thọ của kết cấu, khi các lớp liên kết tốt thì tuổi thọ của kết cấu cao và ngược lại;

- Các kết cấu có lớp móng ATB hoặc CTB có khả năng chịu kéo uốn tốt thì tuổi thọ mỗi chung của toàn kết cấu tăng lên. Các kết cấu có tổng chiều dày lớn thì tuổi thọ lún vết bánh cũng tăng lên;

- Khi tải trọng trục nhỏ và vừa thì phá hoại chủ yếu là do mỏi, khi tải trọng trục lớn thì phá hoại lún vết bánh rất lớn với luật hàm mũ có số mũ $\alpha=4-5$;

- Nếu giới hạn tải trọng trục đơn bánh đôi theo [2] là $P \leq 100 \text{ kN}$ thì tải trọng trục đơn bánh đơn nên giới hạn $P \leq 70 \text{ kN}$;

- Có thể tham khảo các hệ số LEF tính toán được để làm sáng tỏ cách quy đổi trục theo [1].

Các nội dung sau được tiếp tục nghiên cứu: a) Nghiên cứu ảnh hưởng của khoảng cách các trục đến hệ số LEF, tải trọng giới hạn của các cụm trục 2, trục 3; b) Nghiên cứu tác dụng động của tải trọng đến tuổi thọ của kết cấu áo đường mềm; c) Xây dựng mô hình tải trọng động, xét đến lưu biến của bê tông nhựa, phi tuyến của vật liệu, nền đất và ảnh hưởng hữu hạn của lề đường ■

BẢNG 6. LEF trục đơn, bánh đơn, $r=10.66 \text{ cm}$

Kết cấu	TC	Tải trọng trục tác dụng P (kN)						
		20	40	60	80	100	120	140
KC1	Mỏi	0.015	0.148	0.560	1.445	3.010	5.482	9.111
	Lún	0.001	0.021	0.126	0.457	1.242	2.810	5.603
KC2	Mỏi	0.035	0.050	1.307	3.367	7.018	12.789	21.227
	Lún	0.001	0.016	0.125	0.454	1.230	2.784	5.553
KC3	Mỏi	0.048	0.474	1.799	4.635	9.669	17.612	29.241
	Lún	0.001	0.023	0.140	0.507	1.378	3.117	6.215
KC4	Mỏi	0.013	0.124	0.471	1.216	2.531	4.613	7.665
	Lún	0.001	0.024	0.148	0.536	1.454	3.288	6.560
KC5	Mỏi	0.046	0.448	1.701	4.385	9.139	16.652	27.656
	Lún	0.001	0.028	0.174	0.631	1.715	3.878	7.732
KC6	Mỏi	0.138	1.348	5.116	13.183	27.486	50.076	83.157
	Lún	0.002	0.033	0.206	0.745	2.024	4.577	9.124

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Giao thông Vận tải (2006), Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế - 22TCN 211-06, Nxb GTVT, Hà Nội.
- Bộ Giao thông Vận tải (2010), TT số 07/2010/TT-BGTVT và TT số 03/2011/TT-BGTVT, Quy định về tải trọng, khổ giới hạn của đường bộ khi tham gia giao thông trên đường bộ.
- Trung tâm kỹ thuật đường bộ (2003), Báo cáo kết quả đếm lưu lượng xe, cân tải trọng xe trên QL1, QL5, QL51.
- Yang H. Huang (2004), Pavement Analysis and Design, ISBN 0-13-142473-4, Second Edition, Pearson Prentice Hall, United States of America
- M.E. Abdel-Motaleb (2007), "Impact of high-pressure truck tires on pavement design in Egypt", Emirates Journal for Engineering Research, 12 (2), 65-73.
- Feng Wang (2005), Mechanistic-empirical study of effects of truck tire pressure on asphalt pavement performance, PhD Thesis, The University of Texas at Austin
- University of Minnesota (2005), Load testing of instrumented pavement sections, Final report, Minnesota Department of Transportation, USA
- H.M.A. Salem (2008), "Effect of excess axle weights on pavement life", Emirates Journal for Engineering Research, 13 (1), 21-28
- Morris De Beer, Colin Fisher, Louw Kannemeyer (2008), Towards the application of stress-in-motion (SIM) results in pavement design and infrastructure protection, Proceedings 8th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions, South Africa

