

Để áp dụng các bước thiết kế trình bày trong tiêu chuẩn này thì các dòng xe hỗn hợp phải được quy đổi ra số tải trọng trục đơn tương đương 80kN. Các bước để quy đổi gồm:

- (1) Xây dựng các hệ số tải trọng tương đương,
- (2) quy đổi dòng xe hỗn hợp thành tải trọng trục đơn tương đương 80kN (ESAL), và
- (3) xem xét phân bố theo làn xe.

Để thể hiện các tải trọng trục khác nhau dưới dạng một tham số thiết kế đơn thì việc xây dựng các hệ số tương đương về tải trọng trục là cần thiết. Những hệ số này khi nhân với số tải trọng trục thuộc cấp tải trọng đã biết thì sẽ đưa ra số lượng tải trọng trục đơn tương đương 80kN có ảnh hưởng tương đương đến sự làm việc của kết cấu mặt đường.

Hệ số tải trọng trục đơn tương đương đại diện cho tỷ lệ số lần lặp lại cần thiết của bất kỳ tải trọng trục và cấu tạo trục (trục đơn, trục đôi và nhiều trục) nào để làm giảm về PSI giống như một tải trọng trục đơn tương đương 80kN. Hệ số tải trọng trục tương đương có nguồn gốc từ các thí nghiệm về đường của AASHTO được trình bày trong Bảng 3.2 và 3.3 cho một khoảng của tải trọng trục, chỉ số kết cấu mặt đường và giá trị năng lực phục vụ cuối cùng của đường vào khoảng 2,0 và 2,5. Những số liệu này dựa trên phương trình lũy thừa 4 và được sửa đổi đến lũy thừa 4,5 trước khi đem sử dụng ở Việt Nam.

Việc dự báo xe (theo ESALs) để thiết kế phải dựa trên các thông tin về lượng xe trong quá khứ, có tính đến hệ số tăng trưởng hoặc những thay đổi khác có thể xảy ra.

Để thu được ESAL thiết kế, thì cần phải giả thiết chỉ số kết cấu (SN) của mặt đường mềm sau đó chọn hệ số tải trọng tương đương ở trong Bảng 3.2 hoặc 3.3. Sử dụng SN bằng 5,0 để xác định hệ số tải trọng trục đơn tương đương 80kN thường cho kết quả đủ chính xác để thiết kế, mặc dù thiết kế cuối cùng có thể khác một chút so với giả thiết. Nếu có sai số thì giả thiết này thường do đánh giá quá cao tải trọng trục đơn tương đương 80kN. Khi yêu cầu độ chính xác cao và thiết kế tính toán khác nhiều (2,5 cm bề tông asphalt) so với giá trị giả thiết thì phải giả thiết một giá trị mới và tính toán lại ESAL thiết kế, và xác định lại kết cấu theo trị số ESAL mới. Các bước phải được thực hiện tiếp tục cho đến khi giá trị giả thiết và giá trị tính toán gần như nhau.

**Bảng 3.2. Các hệ số tương đương của tải trọng trục đối với mặt đường mềm,
trục đơn và P_t bằng 2.0**

Tải trọng trục xe (kips)	Chỉ số kết cấu mặt đường (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	0,009	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009
8	0,030	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	0,075	0,085	0,090	0,085	0,079	0,076
12	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	0,325	0,338	0,354	0,350	0,338	0,331
16	0,589	0,598	0,613	0,612	0,603	0,596
18	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	3,71	3,62	3,43	3,33	3,40	3,51
26	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	10,4	10,0	9,2	8,6	8,7	9,2
32	14,0	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	18,5	17,9	16,3	15,0	14,9	15,6
36	24,2	23,3	21,2	19,3	19,0	19,9
38	31,1	29,9	27,1	24,6	24,0	25,1
40	39,6	38,0	34,3	30,9	30,0	31,2
42	49,7	47,7	43,0	38,6	37,2	38,5
44	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	76,1	73,0	65,6	58,3	55,7	57,0
48	92,9	89,1	80,0	70,9	67,3	68,6
50	113	108	97	86	81	82

1 kip = 4,5kN

Bảng 3.3. Các hệ số tương đương của tải trọng trục cho mặt đường mềm, trục đơn và P₁ bằng 2,5

Tải trọng trục xe (kips)	Chỉ số kết cấu mặt đường (SN)					
	1	2	3	4	5	6
2	.0004	.0004	.0003	.0002	.0002	.0002
4	.003	.004	.004	.003	.002	.002
6	.011	.017	.017	.013	.010	.009
8	.032	.047	.051	.041	.034	.031
10	.078	.102	.118	.102	.088	.080
12	.168	.198	.229	.213	.189	.176
14	.328	.358	.399	.388	.360	.342
16	.591	.613	.646	.645	.623	.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.98
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102.	79	60.	53	55.

1 kip = 4.5kN

Nếu số tải trọng trục tương đương đại diện tổng số tải trọng của tất cả các làn theo cả hai hướng xe chạy thì phân chúng theo hướng và theo làn để thiết kế. Phân bố theo hướng thường thực hiện bằng cách lấy 50% lưu lượng xe cho mỗi hướng, trừ khi có sự xem xét đặc biệt (ví dụ nhiều xe có tải đi theo một hướng còn nhiều xe không tải đi theo hướng khác) thì phải có cách phân bố khác. Về việc phân bố theo làn, chỉ định 100% lưu lượng xe của mỗi hướng (50% của tổng số) cho làn thiết kế.

3.6.2. TÍNH TOÁN SỐ LẦN TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG TRỤC ĐƠN TƯƠNG ĐƯƠNG

Khi tính toán tải trọng trục đơn tương đương để thiết kế một dự án cụ thể nào đó, cách thuận tiện là chuyển phân bố xe đã ước tính thành các hệ số tải trọng. Có 2 phương pháp tính tải trọng xe được tóm tắt ở các phần dưới đây.

- (1) Khi các số liệu về tải trọng trục có sẵn tại các trạm cân thì các số liệu đó có thể giả thiết là đại diện cho lưu lượng xe của mặt đường được thiết kế, hệ số tải trọng có thể được tính toán trực tiếp. Ví dụ, giả thiết dữ liệu trong hình 3.1 minh họa việc cân xe của các xe sơ mimosóc 5-trục, tại một trạm cân cụ thể. Các hệ số tương đương tải trọng trục lấy từ bảng 3.3, số lượng các trục đại diện cho nhóm hoặc sự phân bố trọng tải trong các khoảng tải trọng trục được đề cập đến. ESAL theo các khoảng tải trọng trục được tổng cộng lại để đưa ra tổng số của ESAL cho 165 xe cùng loại được cân. Hệ số tải trọng được lấy là 1.5464. Một tập hợp các tính toán tương tự có thể được thực hiện đối với mỗi loại xe (Các hệ số tải trọng tương đương nêu trong Bảng 3.3 có nguồn gốc từ các thí nghiệm của AASHTO).

Nên lưu ý rằng hệ số tải trọng này dựa trên mức độ phục vụ cuối cùng của mặt đường giả thiết là 2,5 và chỉ số kết cấu là 5,0. Trong hầu hết các trường hợp, những giả thiết như vậy sẽ đảm bảo đủ độ chính xác đối với mục tiêu thiết kế. Khi đòi hỏi độ chính xác cao hơn thì phải tính lại hệ số tải trọng xe với một hệ số tương đương mới như đã nêu ở trên.

- (2) Khi không sẵn có các số liệu trực tiếp từ các trạm cân thì phải dùng giá trị đại diện cho mỗi loại xe khác nhau. Không thể điều chỉnh mức độ phục vụ hoặc chiều dày khi sử dụng dữ liệu thay thế này. Phương pháp này dường như hay được sử dụng nhất.

Biểu 3.4 có thể dùng để tính toán ESAL bằng cách dùng các hệ số tải trọng trục thu được trực tiếp từ các trạm cân hoặc dựa trên các giá trị đại diện do cơ quan thiết kế cung cấp. Biểu 3.5 đưa ra các giá trị sẽ được dùng ở Việt Nam trừ khi những người thiết kế được hướng dẫn khác.

Cột đầu tiên (cột A) giới thiệu giá trị đếm xe hàng ngày của từng loại xe của năm cơ sở lấy từ số liệu thu thập được ở các trạm đếm xe đại diện tại nơi thiết kế.

Cột thứ 2 (cột B) đưa ra hệ số tăng trưởng chỉ định cho mỗi loại xe khác nhau. Việc tính toán này phải tính đến thực tế là tỉ lệ tăng trưởng của mỗi loại xe thường khác nhau. Biểu 3.6 đưa ra các số nhân phù hợp với mỗi tỉ lệ tăng trưởng và thời gian thiết kế.

Bất kỳ hệ số tăng trưởng giao thông nào được lựa chọn cũng phải phản ánh được các xem xét về các sự thay đổi đã đề cập trong phần 3.6.1.

Cột thứ 3 (cột C) cơ bản là kết quả của tích 2 cột đầu nhân với 365. Đó là tổng số lần tác dụng tích lũy của các loại xe cụ thể trong thời kỳ phân tích.

Cột thứ 4 (cột D) đưa ra giá trị tải trọng trục đơn tương đương riêng cho mỗi loại xe. Bảng 3.5 đưa ra giá trị tải trọng trục đơn tương đương cho mỗi cấp xe tải.

Cột thứ 5 (cột E) là cột mở rộng của cột (C) và (D) đưa ra tổng tải trọng trục đơn tương đương (theo loại xe) có thể áp dụng cho các đoạn mẫu trong thời kỳ phân tích. Tổng hợp các giá trị này là tổng tải trọng trục đơn tương đương 80kN và giá trị này sẽ được dùng để thiết kế kết cấu mặt đường.

Số tải trọng trục đơn tương đương thu được do sử dụng các bước tính toán đại diện cho toàn bộ lưu lượng giao thông ở các làn xe và theo cả 2 chiều. Số liệu này sau đó phải được phân chia theo hướng và theo làn xe như nêu trong phần 3.6.1.

3.6.3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN ESAL

Một số ví dụ dưới đây sẽ trình bày rõ hơn các bước thực hiện tính toán ESAL. Bảng 3.7 chỉ ra cách tính tải trọng trục đơn tương đương 80kN cho một đường có đặc trưng giao thông điển hình của đường ô tô ngoài đô thị. Các giả thiết trong ví dụ:

- (1) Lưu lượng xe (gồm xe khách, xe buýt, xe tải nhỏ) tỉ số tăng trưởng 2% mỗi năm, tỉ lệ tăng trưởng 4% đối với xe kéo bán rơ moóc và xe rơ moóc, và 5% đối với xe rơ moóc kéo.
- (2) Tải trọng trục xe của các loại xe khác nhau sẽ cố định trong suốt thời kỳ phân tích.
- (3) Mức độ phục vụ cuối cùng (P_f) là 2.5.
- (4) Thời kỳ phân tích là 20 năm; vì không kể đến phân kỳ xây dựng, nên thời gian phục vụ của đường cũng là 20 năm.
- (5) Chỉ số kết cấu SN = 5.

Bảng 3.4. Tính toán yếu tố tải trọng xe tải cho các xe tải có 5

hoặc lớn hơn 5 trục với hệ số kết cấu SN = 5 và $P_t = 2.5$

Tải trọng trục xe	Hệ số tải trọng tương đương	Số trục		Tải trọng trục đơn tương đương 18 kip
Các trục đơn	$P = 2,5$ $SN = 5$			
Dưới 3,000	0,0002	x	0	= 0,000
3,000 - 6,999	0,0050	x	1	= 0,005
7,000 - 7,999	0,0320	x	6	= 0,192
8,000 - 11,999	0,0870	x	144	= 12,528
12,000 - 15,999	0,3600	x	16	= 5,760
26,000 - 29,999	5,3890	x	1	= 5,3890
Nhóm trục đôi				
Dưới 6,000	0,0100	x	0	= 0,000
6,000 - 11,993	0,0100	x	14	= 0,140
12,000 - 17,999	0,0110	x	21	= 0,924
18,000 - 23,999	0,1480	x	44	= 6,512
24,000 - 29,999	0,4260	x	42	= 17,892
30,000 - 32,000	0,7530	x	44	= 33,132
32,001 - 32,500	0,8850	x	21	= 18,585
32,501 - 33,999	1,0020	x	101	= 101,202
34,000 - 35,999	1,2300	x	43	= 52,890
Tải trọng trục đơn 18 kip đối với tất cả				= 255,151

$$\text{Yếu tố tải trọng xe tải} = \frac{\text{Tổng tải trọng được cân sau khi chuyển về 18 kip}}{\text{Số xe tải đã được cân}} = \frac{255.151}{165} = 1.5464$$

1 kip = 4.5 kN

Bảng 3.5. Biểu tính toán số lần tác dụng của tải trọng trục đơn tương đương (ESAL)

Vị trí		Thời kỳ phân tích = _____ Năm			
		Trị số kết cấu SN hoặc D = _____			
Loại xe	Lượng xe hiện tại (A)	Tỷ lệ tăng trưởng xe (B)	Lượng xe thiết kế (C)	Yếu tố ESAL (D)	ESAL thiết kế (E)
Xe khách Ô tô buýt					
Xe tải quảng cáo và tải nhẹ Các xe tải 2 trục - 4 bánh Các xe tải 2 trục - 6 bánh Các xe tải 3 hoặc nhiều hơn 3 trục Tổng các xe tải đơn					
Sơ mi móc 3 trục kéo theo Sơ mi móc 4 trục kéo theo Sơ mi móc 5 trục kéo theo Tổng các sơ mi móc kéo theo					
Moóc kép 5 trục Moóc kép 6 trục Tổng các xe moóc kép					
Moóc tải 3 trục Moóc tải 4 trục Moóc tải 5 trục Tổng các moóc tải					
Tổng số				ESAL thiết kế	