

大成建設(株) 正員 ○森田信吾
京都大学工学部 正員 亀田弘行

1. はじめに 近年、都市高速道路橋床版の損傷が進み、維持管理上の問題点が顕在化しつつある。本研究では活荷重のくり返し作用によるRC床版の破壊を疲労モデルで表現し、RC床版の疲労寿命に対する活荷重の影響の推定を試みた。はじめに、実測活荷重データに基づき、通行車面のうち床版の疲労損傷に影響を持つ車種(影響車種)を限定する。その結果と大型車の累積交通量および床版パネルの補修データから、実床版の疲労パラメータを逆算した。用いたデータは阪神高速道路に関する資料である。

2. 活荷重データの概要 阪神高速道路・尼崎集約料金所における活荷重の実測から、各車種の軸重期待値および1車線あたりの日交通量が表1のように得られた。 P_1 、 P_2 はタンデム軸(ただし、 $P_1 > P_2$)を表わす。車種の内容は表2に示すとおりである。

3. RC床版の疲労に対する影響車種 ランダム軸重 P の作用下でのRC床版の疲労寿命 N_f の平均値 $\bar{N}_f$ は、Palmgren-Miner則により、疲労パラメータ C 、 m を用いて式(1)で表わす。¹⁾

$$\bar{N}_f = 0.83 \cdot C / E(P^m) \quad (1)$$

ただし、 C 、 m はS-N図の縦距と傾きから決まる疲労パラメータである。 C を設計荷重 P_d 、静的耐力 P_s および1回の走行載荷に対する耐力 P_w で表わし、式(1)を次のように書き改める。

$$\bar{N}_f = 0.83 \cdot (P_d \cdot \frac{P_s}{P_d} \cdot \frac{P_w}{P_s})^m / E(P^m) \quad (2)$$

次に、作用軸重 P の m 次モーメント $E(P^m)$ は、各車種の車面1台の活荷重作用 G の日交通量 N による加重平均で与えられる。

$$E(P^m) = \frac{\sum_j \{ N_j \cdot \sum_k E(P_{jk}^m) \}}{\sum_j N_j} = \frac{\sum_j N_j \cdot G_j}{\sum_j N_j} \quad (3)$$

ただし、 $G_j = \sum_k E(P_{jk}^m) \doteq \sum_k \{ E(P_{jk}) \}^m$

ここに、 j は考慮する車種の番号、 k は1台の中で考慮される輪軸の番号、 P_{jk} は車種 j 、輪軸 k に対する軸重を表わす。 $N_j \cdot G_j$ が大きい車種から順次式(3)に組み入れて、床版の平均疲労寿命を算出した例を図1の実線を示した。ただし、疲労寿命は日数に換算した、 $\bar{N}_d = \bar{N}_f / \sum_j N_j$ で示してある。同図において、たとえば車種番号8に対応する $\bar{N}_d$ は、車種4、14、8(表1参照)のみを考慮した場合の平均疲労寿命を表わす。同図において、平均疲労寿命は大型貨物積載車である6車種(表1にアンダーラインで示す)のみで決まることがわかる。パラメータの値を変化させた場合についても同様の結果が得られた。以下、これらの6車種を「(床版

表1 尼崎における活荷重データ

車種番号	車種	軸重期待値 (ton)	日交通量 N (台)
1	大型・2軸・無積載車	2.10	66
2	大型・2軸・積載車	4.70	91
3	3軸(1)車 無積載車 $P_1/P_2 > 1.25$	P_1 2.37 P_2 1.46	182
4	3軸(1)車 積載車 $P_1/P_2 > 1.25$	P_1 5.21 P_2 3.20	338
5	3軸(1)車 無積載車 $P_1/P_2 \leq 1.25$	P_1 2.05 P_2 2.01	47
6	3軸(1)車 積載車 $P_1/P_2 \leq 1.25$	P_1 4.45 P_2 4.36	19
7	3軸(2)無積載車	前輪 P_1 2.43 後輪 P_2 2.38	94
8	3軸(2)積載車	前輪 P_1 2.43 後輪 P_2 2.38	90
9	4軸 $P_1/P_2 > 1.25$	P_1 2.43 P_2 1.73	8
10	4軸 $P_1/P_2 \leq 1.25$	P_1 2.55 P_2 2.53	18
11	セミトレーラー(1)無積載車	P_1 1.40 P_2 1.23	113
12	セミトレーラー(1)積載車	P_1 4.73 P_2 4.15	61
13	セミトレーラー(2)無積載車	P_1 2.14 P_2 1.96	36
14	セミトレーラー(2)積載車	P_1 5.51 P_2 5.05	26
15	中型車類	1.25	2115
16	乗用車類	0.38	9325
合計			12629

(注) アンダーラインのある車種番号は影響車種を示す。

表2 軸種および軸形状

軸種	軸形状
2軸	○————○
3軸(1)	○————○—○ P_1, P_2
3軸(2)	○—○————○ P_1, P_2
4軸	○—○————○—○ P_1, P_2 P_1, P_2
セミトレーラー(1)	○—○————○—○ P_1, P_2
セミトレーラー(2)	○—○—○————○ P_1, P_2

疲労に対する「影響車種」と呼ぶ。

4. 実高速道路橋RC床版の疲労特性の推定 有効率 f_e も各路線の全料金所集計交通量に対する断面交通量の比と定義する。本研究では、阪神高速道路・大阪面宮線・尼崎集約料金所および神戸面宮線・芦屋集約料金所における昭和57年度のデータから、 f_e として1.0, 0.75, 0.5の3通りを考える。表3は全料金所集計累積大型車交通量に影響車種の大型車全体に対する混入率を乗じて求めた影響車種の累積交通量の推定値($f_e=1$)、RC床版の累積補修率は阪神高速道路の各路線について示したものである。同表の累積補修率は、疲労破壊した床版パネル数の全パネル数に対する割合を表わすものと仮定する。疲労寿命の信頼性

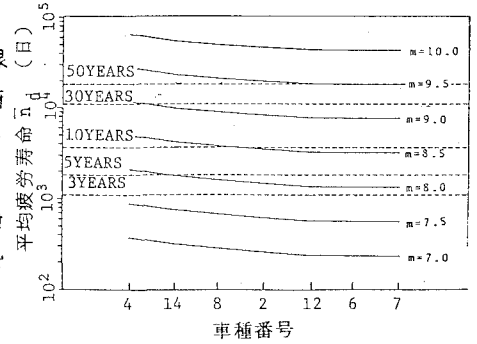


図1 平均疲労寿命 $\bar{n}_d$ の収束 ($P_d=8.0, P_s/P_d=8.0, P_w/P_s=0.6$)

関数としてワイブル分布を考え、表3のデータより $\bar{n}_f$ および $\bar{n}_f$ の変動係数 Ω を推定した。 $\bar{n}_f$ は f_e に比例するので、 $f_e=1.0$ の場合のみを表4に示す。

S-N図の傾きに関するパラメータ m は疲労寿命の推定において非常に重要な量である。現状ではその推定は困難であるが、ここでは P_s/P_d に関して次式のような大胆な仮定を置いて m の値を試算した。

$$\frac{P_s}{P_d} = 6.0 \cdot \left(\frac{P_d}{8.0} \right) \cdot \left(\frac{\alpha}{18.0} \right)^{1.6} \quad (5)$$

ただし、 α は床版厚である。式(5)も式(2)に代入し、文献2)より $P_w/P_s=0.7$ とし、さらに式(3)と表4の結果を用いると、疲労パラメータ m の推定値 m_s が表5のように得られる。

5. おわりに 都市高速道路における実測活荷重データを用いて、床版の疲労問題における交通車面の産業効果の評価を行うとともに、その結果と床版補修記録とから、逆問題として既設床版の疲労パラメータの推定を試みた。交通荷重による床版疲労の物理特性は、移動輪荷重による実験的検討が本格的に開始された段階であり、今後の成果が待たれるが、実構造物における交通荷重からみて床版の疲労特性の定量的目安を得ようとした本研究の結果が参考になれば幸である。

参考文献

- 1) Ang, A. H. S., "Bases for Reliability Approach to Structural Fatigue, ICOSSAR, 1977, Munich, Germany, pp. 97-114.
- 2) 船越・園田・堀川: 輪荷重の反復の下でのRC床版の挙動, 土木学会第38回年次学術講演会概要集第1部, pp. 81-82.

表3 路線別累積影響交通量の推定値 N_e と累積床版補修率 r ($f_e=1.0$ の場合)

路線番号	昭和51年度		昭和55年度	
	N_e (台)	r (%)	N_e (台)	r (%)
1	1.60×10^6	2.68	2.62×10^6	13.81
2	6.20×10^5	7.72	1.15×10^6	22.71
3	1.42×10^6	25.46	2.55×10^6	54.74
4	4.22×10^5	5.14	9.23×10^5	13.53
5	3.92×10^6	1.35	6.86×10^6	7.39

表4 各路線の平均疲労寿命影響台数 $\bar{n}_f$ と $\bar{n}_f$ の変動係数 Ω ($f_e=1.0$)

路線番号	$\bar{n}_f$	Ω
1	4.12×10^6	0.321
2	2.10×10^6	0.557
3	2.61×10^6	0.615
4	3.79×10^6	0.788
5	1.41×10^7	0.352

表5 各路線の床版厚 a と疲労パラメータ m の推定値 m_s ($P_d=8.0, P_w/P_s=0.7$)

路線番号	a (cm)	m_s		
		$f_e=1.0$	$f_e=0.75$	$f_e=0.5$
1	18	8.21	8.05	7.84
2	18 21	7.85 6.95	7.70 6.81	7.49 6.63
3	18	7.97	7.81	7.60
4	18	8.16	8.01	7.80
5	18 21	8.85 7.84	8.70 7.70	8.49 7.51