

実測活荷重を用いたRC床版の疲労寿命の検討

京都大学工学部 正員 亀田弘行
大成建設(株) 正員 ○森田信吾
京都大学工学部 学生員 大石龍巳

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両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推定する方法を論ずる。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, 各車種の輪重期待値および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 はタンデム輪(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 ランダム輪重 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)で表わすことができる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。

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

次に, 作用輪重 P の m 次モーメント $E(P^m)$ は, 各車種の車両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。

$$E(P^m) = \frac{\sum \{ N_i \sum_k E(P_{ik}^m) \}}{\sum N_i} = \frac{\sum N_i \cdot G_i}{\sum N_i} \quad (3)$$

$$\text{ただし, } G_i = \sum_k E(P_{ik}^m) \approx \sum_k \{ E(P_{ik}) \}^m \quad (4)$$

ここに, i 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_{ik} は車種 i , 輪軸 k に対する輪重を表わす。

$N_i \cdot G_i$ が大きい車種から順次式(3)に組み入れて, 床版の平均

表1 尼崎における活荷重データ

車種番号	車種	輪重期待値 (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(2)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 後輪: P_3 : 1.98	94
8	3軸(2)積載車	前輪: P_1 : 2.43 後輪: P_2 : 2.38 後輪: P_3 : 4.80	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	果用車類	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)	
3軸(2)	
4軸	
セミトレーラー(1)	
セミトレーラー(2)	

Hiroyuki KAMEDA, Shingo MORITA, Tatsumi OISHI

疲労寿命を算出した例を図1の実線で示した。ただし、疲労寿命は日数に換算した、 $\bar{n}_d = \bar{n}_f / 24$ 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)のみで決まることかわかる。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「(床版疲労に対する)影響車種」と呼ぶ。

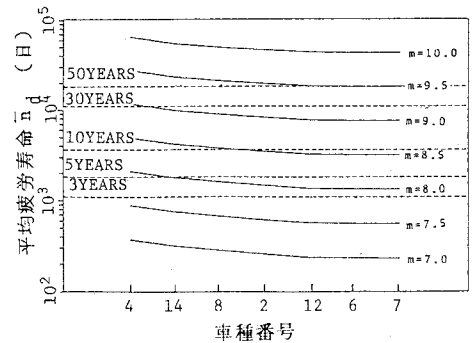


図1 平均疲労寿命 $\bar{n}_d$ の収束
($P_d=8.0, P_s/P_d=8.0, P_w/P_s=0.6$)

4. 実高速道路橋RC床版の疲労特性の推定

表3は影響車種の累積交通量の推定値, RC床版の累積補修率を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 Ω の変動係数を推定した。その結果を表4に示す。

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

路線番号	昭和51年度		昭和55年度	
	N_e (台)	r (%)	N_e (台)	r (%)
1	7.52×10^5	2.68	1.24×10^6	13.81
2	2.92×10^5	7.72	5.42×10^5	22.71
3	6.68×10^5	25.46	1.20×10^6	54.74
4	1.99×10^5	5.14	4.35×10^5	13.53
5	1.84×10^5	1.35	3.23×10^5	7.39

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

路線番号	$\bar{n}_f$	Ω
1	1.94×10^5	0.320
2	9.88×10^5	0.556
3	1.23×10^5	0.615
4	1.79×10^5	0.788
5	6.63×10^5	0.352

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

路線番号	a (cm)	m_s
1	18	7.81
2	18 21	7.45 6.60
3	18	7.57
4	18	7.77
5	18 21	8.46 7.48

図1-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。

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

ただし、 a は床版厚である。式(5)を式(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と床版の

補修記録を疲労理論と結びつけることにより、実在RC床版の疲労特性を推定する試みを行った。この種の問題は移動輪荷重による本格的な実験が緒についた段階であり、今後の研究の進展が期待される。実構造物における交通荷重の影響と床版の疲労特性の関連について、定量的な目安を得ようとした本研究の結果が参考になれば幸いである。最後に、貴重な資料を提供して下さった阪神高速道路公団の関係各位に厚く御礼申上げる。

参考文献

- 1) Ang, A.H.-S., "Bases for Reliability Approach to Structural Fatigue, ICOSAR, 1977, Munich, Germany, pp. 97-114.
- 2) 船越・園田・堀川: 輪荷重の反復下での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.