

I-397 道路橋RC床版の疲労寿命推定システムの開発

熊本大学 正 員 崎元達郎 運輸省 正 員 衛藤謙介
 大阪大学 正 員 松井繁之

1. まえがき：昭和40年代初め頃から、道路橋RC床版において、コンクリートの剝離や部分的な抜け落ちという事故が多く見られるようになってきた。このようなRC床版の破損や事故は放置し得ない重要な問題である。そこで、RC床版のひび割れ損傷に対する数多くの調査・研究の結果から、RC床版のひび割れ損傷は自動車輪荷重の繰返し载荷による広義の疲労であると定義し、マイナーの累積被害則を適用することでRC床版の寿命を推定する方法が考えられる。本研究は、前述の方法を用い、比較的容易に得られるデータ（日交通量、大型車混入率など）を対話形式で入力し、RC床版の寿命を計算するシステムを開発した。

2. 寿命の推定方法：模型床版中央に移動輪荷重を往復させた場合の疲労実験より図-1及び次式で表されるS-N曲線が得られている¹⁾。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.07835 \cdot \log N + \log 1.51965 \cdots (1)$$

P:作用荷重 Psx:はりの押し抜きせん断耐力 N:繰返し回数

式(1)より、目的の床版の押し抜きせん断耐力が与えられれば基本輪荷重 $P_o (=8t)$ に対するその床版の寿命繰返し回数 N_f が次式で求められる。

$$N_f = 10^{\left[\frac{\log 1.51965 - \log(P_o/P_{sx})}{0.07835} \right]} \cdots (2)$$

これに対して、目的の床版において、荷重のばらつき、通行位置の違い、衝撃の影響を考慮した等価繰返し回数 N_{eq} を求めると次式のようになる。

$$N_{eq} = C_1 \cdot C_2 \cdot (1+i)^m \cdot NT \cdots (3)$$

C_1 :荷重補正係数 C_2 :通行位置補正係数 i :衝撃係数 NT :供用期間中に通過する全軸数

a. 荷重補正係数 C_1 : 疲労実験においては一定の輪荷重を载荷しているので、目的の床版における荷重のばらつきを測定された荷重の頻度分布を用いて基本輪荷重の大きさに修正する²⁾。

b. 通行位置補正係数 C_2 : 通行位置の違いにより床版にかかるせん断力が異なり、このせん断力が交番することが、損傷に大きな影響を及ぼす。図-1のS-N曲線は支間中央载荷の実験値より得られたものであるから、観測された最頻通行位置まわりに正規分布する荷重に対する値となるよう補正を行う²⁾。

c. 供用期間中に通過する全軸数 NT : 通過軸数又は、車数で計算される寿命を年数としての寿命に換算する為に、交通量の時間変化特性を仮定する。検討する路線の交通量の時間変化は、パラメーター a を用いると、次式及び図-2のように記述される。

$$M = -ka / (t+a) + k \cdots (4)$$

M :一日一車線あたりの交通量 t :年数

k :一日一車線あたりの限界交通量

式(4)を積分することにより供用期間中の全通過台数の時間変化 N_s は、次式のようになる。

$$N_s = 365 \cdot \{ -ka \cdot \ln(t+a) + k(t+a) + ka \cdot \ln(a) - ka \} \cdots (5)$$

式(5)に台数を軸数に換算する係数を乗ずれば供用期間中の全通過軸数 NT が図-3のように得られる。

以上の補正を考慮し、等価繰返し回数 N_{eq} が、寿命繰返し回数 N_f に達する時間 t が、寿命年 T_f ということになる。

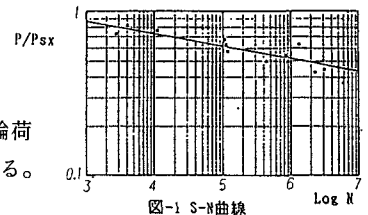


図-1 S-N曲線

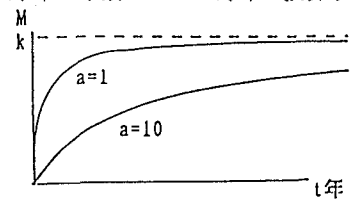


図-2 交通量の時間変化

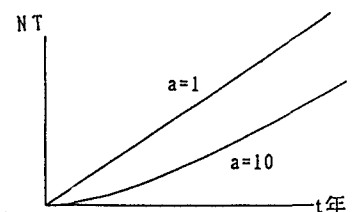


図-3 全通過軸数の時間変化

3. 実橋への適用: 本研究で作成したシステムを用いて、阪神高速道路への適用を試みた。(表-1)

この解析結果と実橋との適合性を見るためにひび割れ密度に注目した。

ひび割れ密度と等価繰返し回数の間には次式及び図-4のような関係が実験床版に対して得られている¹⁾。

$$D/D_f = -0.0864 / (N/N_f + 0.08) + 1.08 \dots\dots (6)$$

D: ひび割れ密度

N: 等価繰返し回数

D_f: ひび割れ密度の限界値(10m/m²)

N_f: 破壊寿命回数

阪神高速道路では、ひび割れ密度2.75m/m²と読み取れ、これから式(6)を用いて破壊損傷度Ng/Nfを計算すると、Ng/Nf=0.0273 となり、解析結果より大きな値となる。解析結果が小さな値となる理由として ①入力データの不確実性、あるいは各種パラメータにモデルを用いたことによる誤差により、Ngが小さく計算された、②解析に用いたS-N曲線は乾燥下で得られたもので雨水の影響を考慮していないため、Nfが大きく計算された、の2つが考えられる。そこで、実測のひび割れ密度と解析のNg又はNfが式(6)を満足するように、①等価繰返し回数の時間変化を修正し、Ngの修正を行う、②S-N曲線を下へ平行移動し、これを雨水の影響を考慮したS-N曲線としてNfの修正を行う、の2法を試みた。

②のように修正したS-N曲線は次のように得られた。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.07835 \cdot \log N + \log 1.38375 \dots\dots (7)$$

表-2に、Ngを修正した場合とNfを修正した場合の解析結果を示す。

これによると、破壊寿命年Tfの値はどちらもほとんど同じものとなっている。このシステムでは、各種パラメータのモデルに阪神高速道路のものを用いており、入力データもよく揃っているため、Ngの解析誤差は小さいと考えられる。よって、この場合は雨水の影響でNfが低下したと考えるのが妥当であろう。

次に天草5号橋への適用を試みる。(表-3)

この結果を見ると、破壊寿命年Tfは雨水の影響を考慮にい

れたS-N曲線を用いた方が、Ngの修正を行った後の値に近づいている。これは、雨水の影響を考慮したS-N曲線を用いることで、本橋に対してもある程度現実に適合した結果を得ることが出来ることを示している。しかしながら、Ng修正後の破壊寿命年Tfの値を見ると、修正前(雨水の影響あり)の約1/2となっている。これは、実橋のひび割れ密度(4.0m/m²、推定値)が解析により推定されるひび割れ密度(1.8m/m²)より大きいこと、Tfが小さくなる側にNgが修正されたことによる。ひび割れ密度の差は、実橋の衝撃係数が伸縮装置の影響等により、解析に用いた衝撃係数(i=20/(50+L))を上回ったこと等が原因と推定される。

4. 結論: このシステムで推定したRC床版の疲労寿命年が妥当なものであるか否かは実床版の破壊寿命との比較を必要とし、判断が難しく、さらに検討すべき点も多い。しかしながら、本システムの計算値は、相対的指標としてはそれなりの意味を有しており、例えば、限られた予算内で多数の実床版の補修・補強を行う必要がある際、本システムにより、その優先実施順位を決定することが出来るものと考えられる。

阪神高速道路管理技術センター(林秀侃氏)、熊本県土木部(戸塚誠司氏)には貴重なデータを頂き、謝意を表します。

[参考文献] 1)松井繁之:「道路橋RC床版の疲労設計法試案」科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書 平成2年3月

2)衛藤・崎元・松井:「道路橋RC床版の疲労寿命の推定について」平成2年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp.680-681

表-1 阪神高速道路解析結果その1

床版の押し抜きせん断耐力P _{sx}	36.76tonf
破壊寿命回数N _f	5.925E10回
現在までに受けた等価繰返し回数N _g	5.044E08回
破壊損傷度N _g /N _f	0.00851
破壊寿命年T _f	1148.33年

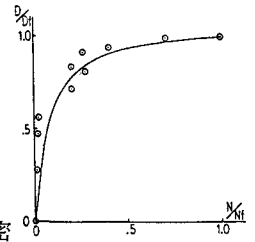


図-4 ひび割れ密度と等価繰返し回数の関係

表-2 阪神高速道路解析結果その2

	Ng修正	Nf修正
P _{sx}	36.76tonf	同左
N _f	5.925E10回	1.792E10回
N _g	1.619E09回	5.044E08回
N _g /N _f	0.02733	0.02815
T _f	366.62年	356.32年

表-3 天草5号橋解析結果

	ひび割れ密度による修正前		ひび割れ密度による
	雨水の影響なし		Ng修正後
P _{sx}	22.53tonf	同左	同左
N _f	1.144E08回	3.461E07回	同左
N _g	5.681E05回	5.681E05回	1.516E06回
N _g /N _f	0.00497	0.01642	0.04706
T _f	351.82年	126.38年	56.02年