

移動輪荷重下における RC 床版の疲労耐久性評価式の提案

A proposal of fatigue life prediction equation for RC slabs under travelling wheel-type load

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 濱田那津子(Natsuko Hamada)
北海道大学大学院工学研究院北方圏環境政策工学部門 正会員 佐藤靖彦(Yasuhiko Sato)

1. はじめに

近年、橋梁の長寿命化を目指した適切な維持管理が求められている。ここで言う適切な維持管理とは、過不足のない補修の提案であり、そのためには残存耐力の把握が前提となる。

本研究では RC 床版の疲労耐久性について取り上げる。床版の破壊形態としては押抜きせん断破壊が考えられる。定点載荷を対象とした研究としては、角田らの研究¹⁾²⁾がある。しかし、定点載荷試験では実床版の押抜きせん断破壊が再現できず、輪荷重走行試験によって再現できることが確認されている³⁾。

本研究は、過去のデータをもとに輪荷重走行荷重を受ける RC 床版の疲労耐久性評価式を提案する。

2. 実験データの概要

本論文では、文献 4)から 9)に示されている 50 体の輪荷重走行試験結果を用いた。それらの床版厚さ、主鉄筋比、配力鉄筋比、スパン長、コンクリート強度の範囲を表 1 に示す。

3. RC 床版の破壊機構に基づく棒部材へのモデル化

3.1 基本とするせん断耐力式

既往の研究において、輪荷重走行試験における RC 床版は、床版は主鉄筋方向に一種の梁のように破壊に至ることが報告されている。そこで、本研究では、棒部材から面部材までのせん断耐力を統一的に整理することを念頭に、コンクリート標準示方書における棒部材のせん断耐力式に基づく方法を考える。

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (1)$$

ここで、 $f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}}$ 、 $\beta_d = \sqrt[4]{1/d}$ 、 $\beta_p = \sqrt[3]{100p}$

f'_{cd} : コンクリート圧縮強度、 d : 主鉄筋方向の有効高さ
 p : 主鉄筋比、 b_w : 腹部の幅、 γ_b : 部材係数

3.2 棒部材と梁状化された棒部材の差異

輪荷重により梁状化された部材間には配力鉄筋によって部材軸直角方向に、引張域では引張力が圧縮域では圧縮力が作用している。これが、棒部材との大きな差である (図 1 参照)。

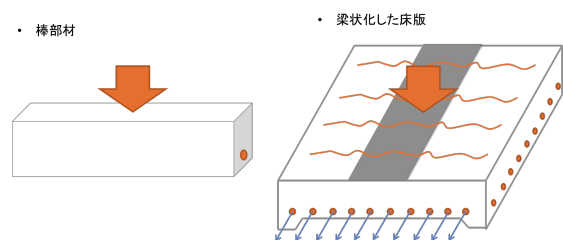


図 1 棒部材と梁状化部材のイメージ

この場合、梁状化された部材の幅をどのようにモデル化するかが問題となる。本研究では、松井による提案式⁵⁾により求めることとする。

$$b_{w,e} = b + 2d_a \quad (2)$$

ここで b : 載荷版の橋軸方向の辺長、 d_a : 主鉄筋方向の有効高さ、である。

4. 疲労耐久性評価式

図 2 は、作用荷重を式(1)により求めた棒部材のせん断耐力で除した値と疲労破壊回数との関係を示す。縦軸との切片は 1.0 を上回っている。すなわち、式(1)は、梁状化した RC はりとしての静的せん断耐力を表現できていない。また、乾燥条件と湿潤条件と比較してみると、湿潤条件の方が等しい疲労寿命を与える際の作用荷重比が相対的に小さく、また、S-N 曲線の傾きが乾燥条件とは逆である。

そこで本研究では、式(1)に以下に示す形で主鉄筋と配力鉄筋の影響を考慮することとする。

$$V_{bc} = \alpha_e \cdot \beta_{p1} \cdot \beta_{p2} \cdot \beta_d \cdot f_{vcd} \cdot b_{w,e} \cdot d \quad (3)$$

ここで、 α_e は乾燥条件と湿潤条件の際を表す係数、 β_{p1} は主鉄筋の影響を、 β_{p2} は配力鉄筋の影響を表す項であり、次式により表される。

表 1 使用した RC 床版の概要

文献	スパン長(cm)	床版厚さ(cm)	コンクリート強度(kg/cm ³)	主鉄筋比 (%)	配力鉄筋比 (%)
4	180	19	302 to 415	1.32	1.14
5	180	19	331	1.38	0.348
6	180	19	170 to 415	1.32 or 1.38	0.348 to 1.186
7	180	18, 19, 22	331 to 551	1.32 to 1.59	0.348 to 1.186
8	180	18, 19	330 to 550	1.32 to 1.38	0.601 or 1.186
9	80,100	7, 7.2	221 to 478	1.02 to 1.06	0.57 to 1.41

$$\beta_{p1} = (100p_1)^{0.8} \quad (4)$$

$$\beta_{p2} = m \left(1 + \frac{p_2^q}{8p_1} \right) \quad (5)$$

ここで、 p_1 は主鉄筋比、 p_2 は配力鉄筋比であり、式(5)中の係数 m は 1.64、 q は乾燥条件で 1、湿潤条件で 0.6 とする。また、係数 α_e は、乾燥条件では 1.0、湿潤条件では 0.44 とする。

図 3 は、式(3)により求めたせん断耐力により作用荷重 P を除した値と疲労寿命との関係を示す。乾燥条件においても湿潤条件においても疲労寿命が 1.0 から直線的に低下する。その関係は、次式により表される。

$$\frac{P}{2V_{bc}} = 1 - K \log N \quad (6)$$

ここで、乾燥条件の場合 $K=0.063$ 、湿潤条件の場合 $K=0.038$ である。

図 4 と図 5 に、式(6)の値を実験における作用荷重と式(3)により求めたせん断耐力との比で除した値と主鉄筋比もしくは配力鉄筋比との関係を示す。鉄筋比の大きさによらずほぼ 1.0 となっており、本評価式は鉄筋比の影響を適切に考慮できていると考えられる。

5. まとめ

配力鉄筋の影響を考慮できる梁状化された部材のせん断耐力式と移動輪荷重を受ける RC 床版の疲労寿命を予測できる疲労耐久性評価式を開発した。

6. 参考文献

- 1)前田幸雄・松井繁之：鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐荷力の評価式，土木学会論文集第 348 号，1984
- 2) 角田与史雄、藤田嘉夫：RC スラブの疲労押抜きせん断強度に関する基礎的研究，土木学会論文集第 317 号，1982
- 3) 松井繁之：道路橋コンクリート系床版の疲労と設計法に関する研究，大阪大学提出学位論文，1984
- 4)松井繁之・前田幸雄：道路橋 RC 床版の劣化度判定の一提案，土木学会論文集第 374 号，pp.419～426，1986
- 5)松井繁之：移動荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次報告集，pp.627-632，1987
- 6)園田恵一郎・堀川都志雄：輪荷重の反復作用下での道路橋 RC 床版の低サイクル疲労特性，土木学会論文集第 390 号，pp.97-106，1988
- 7)奥村武司・松井繁之・前田幸雄・池田龍也：輪荷重走行試験による道路橋 RC 床版の疲労実験，土木学会昭和 59 年度年次講演会，1984
- 8)松井繁之・福本昤士・水本雅夫・沖野真：RC 床版の疲労に及ぼす水の影響について，土木学会第 42 回年次学術講演会，1987
- 9)松井繁之：床版損傷に関する水の振舞い，土木学会第 43 回年次学術講演会，1988

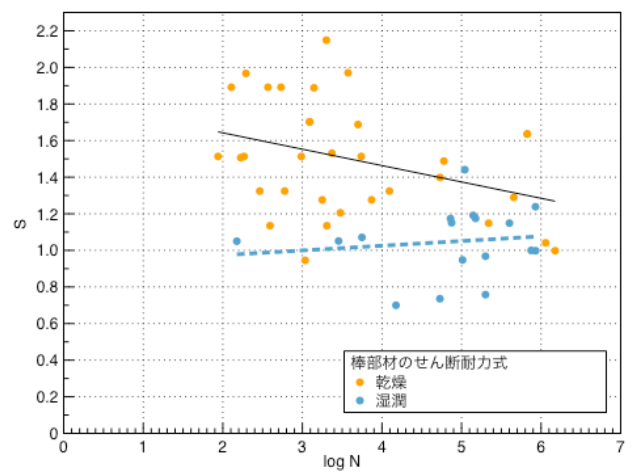


図 2 棒部材のせん断耐力式による S-N 曲線

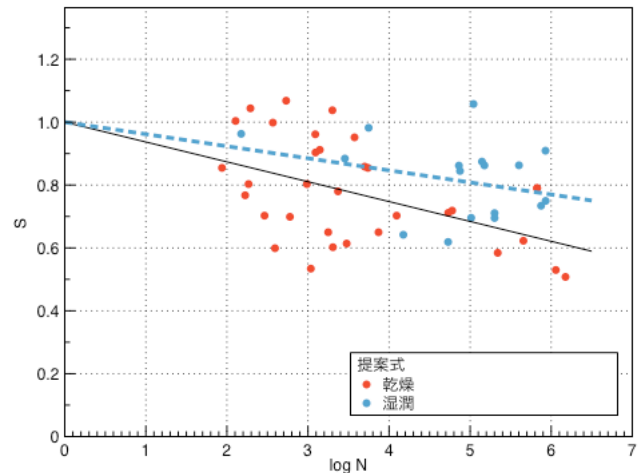


図 3 提案式による S-N 曲線

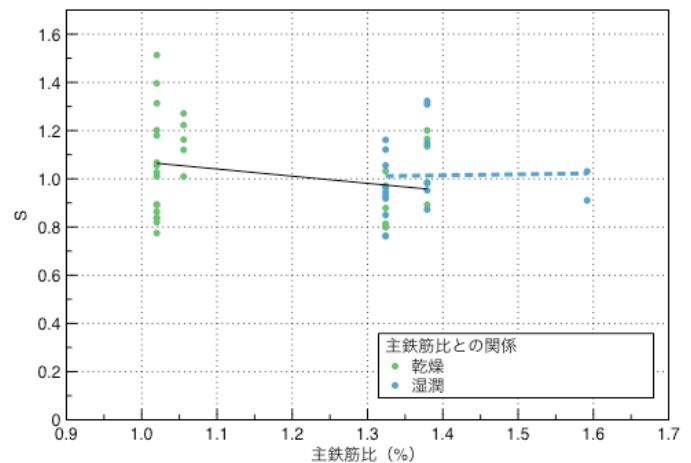


図 4 提案式と主鉄筋比の関係

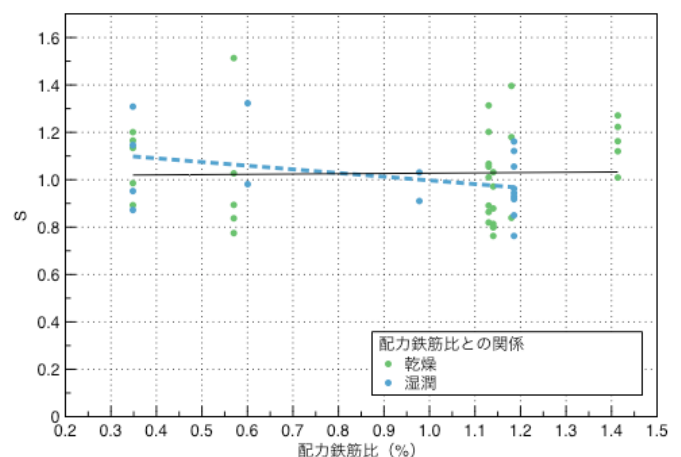


図 5 提案式と配力鉄筋比の関係