

コンクリートの圧縮強度が道路橋 RC 床版の耐荷力性能および疲労耐久性に及ぼす影響

Effects of compressive strength of concrete on the load-carrying capacity and fatigue durability performances of RC slabs in highway bridges

大塚裕太^{*1}, 阿部 忠^{*2}, 木田哲量^{*2}, 澤野利章^{*2}, 李 鴻鈞^{*3}

Yuta OTSUKA^{*1}, Tadashi ABE^{*2}, Tetsukazu KIDA^{*2}, Toshiaki SAWANO^{*2} and Lee, Hug-Chun^{*3}

^{*1} 株式会社太平洋コンサルタント (〒285-8655, 千葉県佐倉市大作 2-4-2)

^{*2} 日本大学 生産工学部 土木工学科 (〒275-8575, 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

^{*3} 淡江大学 建築研究所 (〒25137, 台湾台北県淡水鎮英専路 151 号)

Focusing on the compressive strength of concrete, i.e. one of the factors affecting the punching shear strength of concrete, the author conducted a static load test, running load test, and constant running load test using reinforced concrete (RC) slab test specimens of two different compressive strengths, i.e. 21 N/mm² and 32 N/mm², to evaluate the effects of compressive strength of concrete on the load-bearing and fatigue durability performances of RC slabs. The results showed that the load-bearing capacity of test specimen with compressive strength of 32 N/mm² was about 1.2 times larger than the specimen with compressive strength of 21 N/mm², and the number of running cycles during which the test specimen with compressive strength of 32 N/mm² failed was about 5.2 times more than the specimen with compressive strength of 21 N/mm². The results also revealed that the load-bearing and fatigue durability performances of RC slabs were substantially improved by increasing the compressive strength of concrete.

Key Words: compressive strength of concrete, RC slab, load-carrying capacity performance, fatigue durability performance

1. はじめに

道路橋床版の設計について、床版に要求される性能を規定し、破壊に対する安全性を確保することを目的とした性能照査型設計法の構築が進められている。その基本性能には、安全性、使用性、社会・環境適合性の3つの性能が定められており、安全性を具体的に確保するための性能として、耐荷力性能、疲労耐久性能、材料耐久性能が位置づけられている。

道路橋 RC 床版の耐荷力性能は、一般的に押抜きせん断耐荷力として評価されている。しかし、押抜きせん断耐荷力は、コンクリートの圧縮強度、有効高さ、鉄筋比、載荷板の周長など非常に多くの因子の影響を受けるため、正確に評価することは困難である。したがって、十分な耐荷力性能および疲労耐久性を確保するためにも、押抜きせん断耐荷力における影響因子が道路橋 RC 床版の耐荷力性能および疲労耐久性に及ぼす影響度を明確にする必要がある。

そこで本研究では、押抜きせん断耐荷力の影響因子の1つであるコンクリートの圧縮強度に着目し、圧縮強度の異なる2タイプの供試体を用いて、静荷重実験、走行荷重実験、走行疲労実験を行い、コンクリートの圧縮強度が道路橋 RC 床版の耐荷力性能および疲労耐久性に及ぼす影響について評価する。また、既往の研究による押抜きせん断耐荷力式^{1)~5)}および S-N 曲線^{6), 7)}との整合性を検証し、道

表 - 1 材料特性値

供試体	コンクリート	鉄筋 (SD295 A, D10)		
	圧縮強度 N/mm ²	降伏強度 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	ヤング係数 kN/mm ²
C21	21.0	370	511	200
C32	32.0	368	516	

路橋 RC 床版の押抜きせん断耐荷力式および疲労耐久性の評価方法の確立への一助とする。

2. 供試体概要

2.1 使用材料

本供試体のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと最大寸法 20mm の粗骨材を使用し、鉄筋には SD295A の D10 を用いた。コンクリートおよび鉄筋の材料特性値を表 - 1 に示す。なお、供試体名称はコンクリートの圧縮強度が 21N/mm² の供試体を C21、圧縮強度が 32N/mm² の供試体を C32 とする。

2.2 供試体寸法

供試体寸法は、道路橋示方書・同解説 II⁸⁾の規定に基づいて、床版支間を 2.4m、大型自動車の 1 日 1 方向の計画交通量を 2000 台以上として床版厚を決定し、その 1/2 モデルとした。よって、全長 147cm、支間長 120cm、床版厚 13cm である。鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側は軸直角方

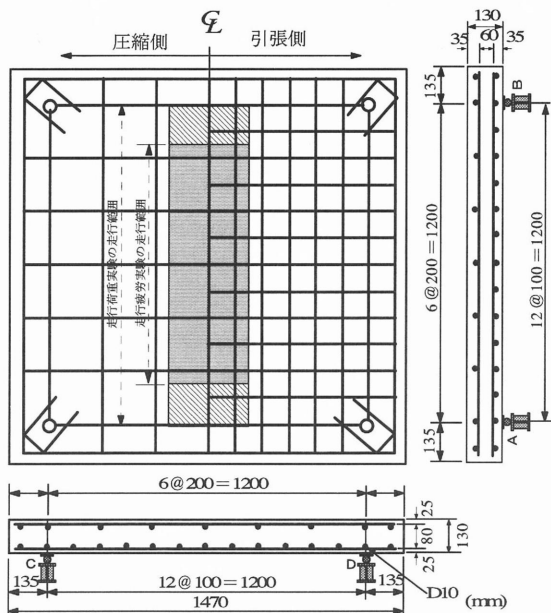


図 - 1 供試体寸法および鉄筋配置

向および軸方向に D10 を 10cm 間隔で配置し、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。また、有効高さはそれぞれ 10.5cm, 9.5cm とした。供試体は 4 辺単純支持とする正方形版とし、供試体寸法および鉄筋の配置を図 - 1 に示す。

3. 実験概要

3.1 実験装置

本実験に用いた走行振動疲労試験装置は、鋼製の反力フレーム (400kN) のほりに、鋼製の車輪 (幅 25cm, 直径 45cm) と油圧式の振動疲労試験機 (300kN) を固定し、供試体を設置した台車をモーターとクランクアームにより水平方向へ往復運動させて荷重の走行状態を実現するものである。走行振動試験装置を写真 - 1 に示す。

3.2 実験方法

(1) 静荷重実験

静荷重実験は、最大応力の生じる床版中央に輪荷重を載荷する実験である。荷重の大きさは、引張主鉄筋が降伏するまでは 10kN ずつ増加させ、鉄筋の降伏後は 5kN ずつ供試体が破壊するまで荷重を増加させる段階荷重とした。供試体名称は C21-S, C32-S とする。

(2) 走行荷重実験

走行荷重実験は、車輪を供試体の床版中央に停止した状態で載荷させ、載荷位置から左右両支点方向に 1 往復走行させた後、元の支間中央に停止させる実験である。荷重の大きさは 1 走行ごとに引張鉄筋が降伏するまで 10kN ずつ増加させ、鉄筋降伏後は 5kN ずつ増加させる段階荷重とする。なお、走行速度は 1 往復 2.4m を 13sec で走行する 0.18m/s とする。供試体名称は C21-R, C32-R とする。

(3) 走行疲労実験

走行疲労実験は、床版中央から ±45cm の範囲に輪荷重を繰返し走行させる実験である。載荷方法は、供試体寸法

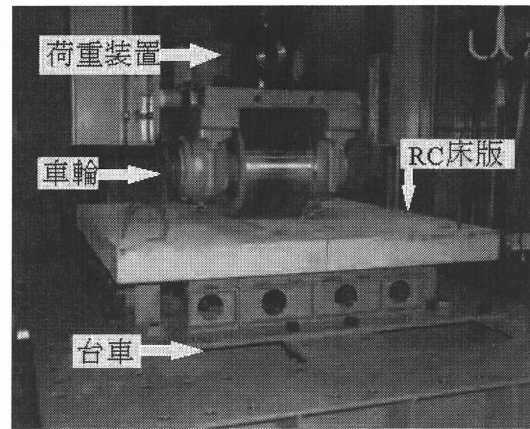


写真 - 1 走行振動試験装置

表 - 2 実験押抜きせん断耐力

供試体	実験押抜きせん断耐力 kN	平均耐力 kN	耐力比	
			$\frac{C32}{C21}$	$\frac{R}{S}$
C21-S-1	180.3	182.7	—	—
C21-S-2	185.1			
C32-S-1	221.3	223.4	1.22	—
C32-S-2	225.4			
C21-R-1	140.1	140.5	—	0.77
C21-R-2	140.8			
C32-R-1	170.0	170.2	1.21	0.76
C32-R-2	170.4			

C21, C32 : コンクリートの圧縮強度 21N/mm², 32N/mm², S : 静荷重実験, R : 走行荷重実験

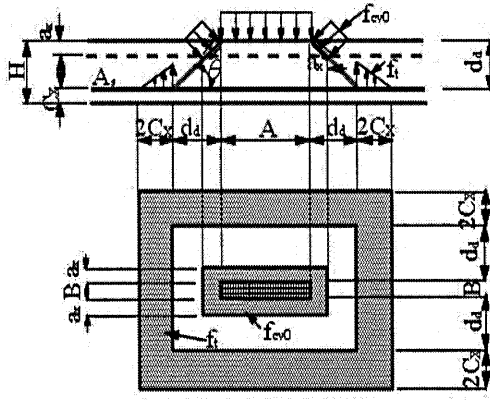
を実橋床版の 1/2 モデルとしたことから、設計活荷重は 50kN であり、これに安全率 1.2 を考慮した 60kN を初期荷重とし、20,000 回走行ごとに荷重を 20kN ずつ増加させる。なお、走行速度は 1 走行 0.9m を 6.5sec で走行する 0.14m/s とする。供試体名称は C21-R-F, C32-R-F とする。

4. 実験押抜きせん断耐力

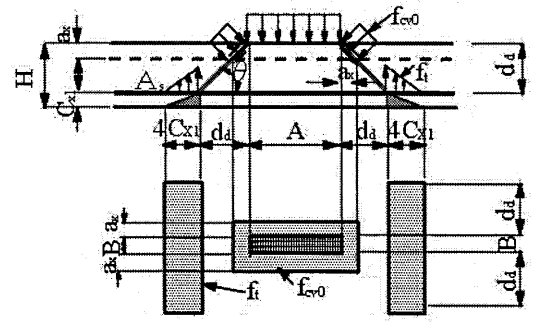
静荷重実験および走行荷重実験における実験押抜きせん断耐力を表 - 2 に示す。なお、走行荷重実験における実験押抜きせん断耐力は 1 往復走行を維持した最大荷重とする。

静荷重実験における供試体 C21-S の平均耐力は 182.7kN であり、供試体 C32-S は 223.4kN である。この供試体 C21-S と C32-S の耐力を比較すると供試体 C32-S が供試体 C21-S の 1.22 倍となった。また、走行荷重実験においては、供試体 C21-R の平均耐力は 140.5kN であり、供試体 C32-R は 170.2kN である。供試体 C21-R と C32-R の耐力を比較すると供試体 C32-R が供試体 C21-R の 1.21 倍となった。したがって、コンクリートの圧縮強度が押抜きせん断耐力に大きく影響する結果となった。

次に、静荷重実験と走行荷重実験の耐力を比較すると、供試体 C21 の場合は走行荷重が作用することにより 23%、供試体 C32 の場合は 24% 耐力が低下しており、走行荷重による耐力の低下率はほぼ同程度である。なお、破壊モードは全ての供試体で押抜きせん断破壊となった。



(1) 静荷重が载荷した場合



(2) 走行荷重が载荷した場合

図-3 破壊荷重付近の押抜きせん断破壊モデル

5. 理論押抜きせん断耐荷力

5.1 押抜きせん断耐荷力式

本研究ではRC床版の押抜きせん断耐荷力式に土木学会式、松井式、筆者らが提案する押抜きせん断耐荷力式を適用し、実験押抜きせん断耐荷力(以下、実験値)との整合性および理論押抜きせん断耐荷力(以下、理論値)におけるコンクリート圧縮強度の影響を検証する。

(1) 土木学会式¹⁾

コンクリート標準示方書による押抜きせん断耐荷力式は式(1)とし与えられている。

$$V_{pcd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_r \cdot f'_c \cdot u_p \cdot d / \gamma_b \quad (1)$$

ここで、 β_d ：寸法効果の係数、 β_p ：鉄筋比の影響を表す係数、 β_r ：載荷板周長の影響を表す係数、 f'_{pcd} ：コンクリートの強度の影響を表す係数、 u_p ：載荷板から $d/2$ 離れた断面周長、 u ：載荷面の周長、 d ：有効高さ、 f'_c ：コンクリートの設計圧縮強度(本研究では実験耐荷力との整合性を評価することから、表-1に示したコンクリートの圧縮強度 f'_c を適用する)、 γ_b ：部材係数(=1.0)

(2) 松井らが提案する押抜きせん断耐荷力式

松井らが提案している押抜きせん断耐荷力式は、コンクリートの圧縮強度が $20\text{N/mm}^2 \sim 50\text{N/mm}^2$ を適用範囲としており、静荷重載荷の場合は式(2)、走行荷重載荷の場合は、はり状化を考慮した式(3)として与えられている。

1) 静荷重載荷による押抜きせん断耐荷力式²⁾

$$\begin{aligned} P_0 &= f_t [2(a+2x_m)x_d + 2(b+2x_d)x_m] \\ &\quad + f_t [2(a+2d_m)C_d + 2(b+2d_d+4C_d)C_m] \\ f_t &= 0.656f'_c{}^{0.606} \\ f_t &= 0.269f'_c{}^{2/3} \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 a 、 b ：載荷板の主鉄筋、配力筋方向の辺長、 x_m 、 x_d ：主鉄筋、配力筋方向の中立の深さ、 d_m 、 d_d ：主鉄筋、配力筋の有効高さ、 C_m 、 C_d ：主鉄筋、配力筋からのかぶ

り、 f'_c ：コンクリートの圧縮強度、 f_t ：コンクリートのせん断強度、 f_t ：コンクリートの引張強度、

2) はり状化後の押抜きせん断耐荷力式³⁾

$$\begin{aligned} P_0 &= 2B(f_t x_m + f_t C_m) \\ B &= b + 2d_d \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 B ：はり状化のはり幅、 b ：載荷板の配力筋方向の辺長

(3) 筆者らが提案する押抜きせん断耐荷力式

本提案式は、限界状態設計法を適用した終局限界状態における破壊荷重付近の押抜きせん断耐荷力式であり、松井らがせん断強度の分布範囲を上面から中立軸の位置までとしているのに対し、筆者らはせん断強度の分布範囲を等価応力ブロックの大きさとした。また、コンクリートのせん断強度式には、筆者らの提案式⁹⁾を適用し、コンクリートの引張強度式には岡村式¹⁰⁾を適用した。押抜きせん断破壊モデルにおいては、コンクリートのせん断強度は輪荷重の接地面から 45° で等価応力ブロックの大きさの位置まで分布すると仮定し、コンクリートの引張強度はダウエル効果の影響を考慮し、静荷重が載荷する場合は引張鉄筋のかぶりの2倍、走行荷重が載荷した場合は4倍に分布するものとする。

押抜きせん断破壊モデルを図-3、静荷重および走行荷重が載荷した場合の押抜きせん断耐荷力を式(5)、(6)として提案する。

1) 等価応力ブロック

本供試体の圧縮鉄筋が降伏していないことから、圧縮鉄筋が降伏していない場合の等価応力ブロックの大きさを式(4)より算出する。なお、破壊荷重付近の等価応力ブロックの大きさの算出には鉄筋の引張強度 f_y を適用する。

$$\begin{aligned} a/d &= m/2[p-p'(\epsilon'_a \cdot E_s/f_y) \\ &\quad + \sqrt{\{p-p'(\epsilon'_a \cdot E_s/f_y)\}^2 + p' \cdot 4\beta/m \cdot d'/d \cdot \epsilon'_a \cdot E_s/f_y}] \end{aligned} \quad (4)$$

表-3 理論押抜きせん断耐力

供試体	実験押抜きせん断耐力 kN	理論押抜きせん断耐力 (kN)					
		V_{pcd}	実験値 理論値	P_0	実験値 理論値	V_{cp}	実験値 理論値
C21-S-1	180.3	154.8	1.16	175.1	1.03	179.1	1.01
C21-S-2	185.1		1.20		1.06		1.03
C32-S-1	221.3	191.0	1.16	209.1	1.06	210.5	1.05
C32-S-2	225.4		1.18		1.08		1.07
C21-R-1	140.1	154.8	0.91	72.1	1.94	138.6	1.01
C21-R-2	140.8		0.91		1.95		1.02
C32-R-1	170.0	191.0	0.89	82.5	2.06	156.8	1.08
C32-R-2	170.4		0.89		2.07		1.09

$$m = f_y / 0.85f'_{cd}, \quad p = A_s / bd, \quad p' = A'_s / bd$$

ここで、 f'_{cd} : コンクリートの圧縮強度、 f_y , f'_y : 引張鉄筋および圧縮鉄筋の引張強度、 E_s , E'_s : 引張鉄筋および圧縮鉄筋のヤング係数、 A_s , A'_s : 引張側および圧縮側の鉄筋量、 d : 有効高さ、 d' : 圧縮縁から圧縮鉄筋の図心までの距離、 b : 床版支間

2) 静荷重載荷による押抜きせん断耐力式⁴⁾

静荷重が載荷した場合の押抜きせん断破壊モデルは図-3(1)、押抜きせん断耐力式は式(5)として与えられる。

$$V_{cp} = f_{cv0}\{2(B+2a_x)a_x+2(Ax a_x)\} + f_t\{2(4C_x+2d_d+B)C_x+2(A+2d_d)C_x\} \quad (5)$$

$$f_{cv0} = 0.688f'_c{}^{0.610}$$

$$f_t = 0.269f'_c{}^{2/3}$$

ここで、 A , B : 載荷板の主鉄筋方向の辺長および配力筋方向の辺長($B=b \times f_{yd}/f_y$)、 b : 部材幅、 a_x : 主鉄筋と配力筋方向の等価応力ブロックの大きさの平均、 d_d : 主鉄筋と配力筋方向の有効高さの平均、 C_x : ダウエル効果が影響を及ぼす範囲、 C_d : 主鉄筋と配力筋方向のかぶりの平均、 f_{yd} : 鉄筋の降伏強度、 f_y : 鉄筋の引張強度、 f'_c : コンクリートの圧縮強度、 f_{cv0} : コンクリートのせん断強度、 f_t : コンクリートの引張強度

3) 走行荷重載荷による押抜きせん断耐力式⁵⁾

走行荷重が載荷した場合の押抜きせん断破壊モデルは図-3(2)、押抜きせん断耐力式は式(6)として与えられる。

$$V_{cp} = f_{cv0}\{2(B+2a_x)a_x+2(Ax a_x)\} + f_t\{4(2d_d+B)C_x\} \quad (6)$$

5.2 押抜きせん断耐力式との整合性

土木学会式、松井式、本提案式より算出した理論値を表-3に示す。また、理論値とコンクリートの圧縮強度の関係を図-4に示す。

土木学会式より算出した理論値は、供試体 C21, C32 でそれぞれ 154.8kN, 191.0kN である。実験値と理論値を比較すると、静荷重実験においては、供試体 C21-S-1, 2 でそれぞれ実験値が理論値の 1.16 倍、1.20 倍であり、供試体 C32-S-1, 2 はそれぞれ実験値が理論値の 1.16 倍、1.18 倍である。また、走行荷重実験においては、供試体 C21-R-1,

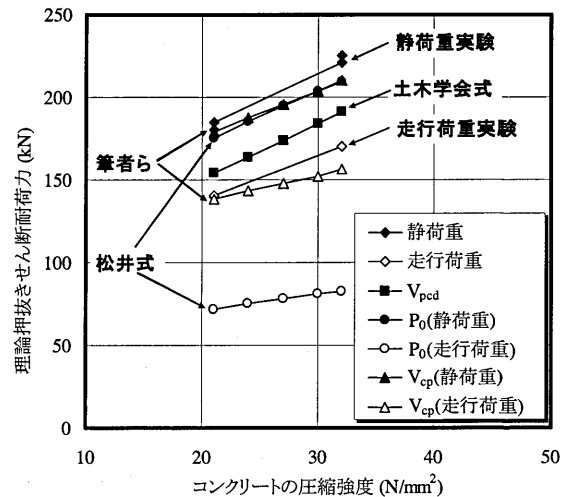


図-4 理論値とコンクリート圧縮強度の関係

2 は実験値が理論値の 0.91 倍であり、供試体 C32-R-1, 2 は実験値が理論値の 0.89 倍となった。土木学会式においては、静荷重実験の場合は、供試体 C21-S, C32-S とともに実験値が理論値を上回る結果となったが、走行荷重実験においては実験値が理論値を下回る結果となった。また、供試体 C21 と供試体 C32 の理論押抜きせん断耐力を比較すると、供試体 C32 が供試体 C21 の 1.23 倍となり、実験値の影響度と概ね近似する結果となった。

松井式より算出した理論値は、静荷重実験の場合は、供試体 C21-S, C32-S でそれぞれ 175.1kN, 209.1kN であり、走行荷重実験の場合は、供試体 C21-R, C32-R でそれぞれ 72.1kN, 82.5kN である。実験値と理論値を比較すると、静荷重実験においては、供試体 C21-S-1, 2 でそれぞれ実験値が理論値の 1.03 倍、1.06 倍であり、供試体 C32-S-1, 2 はそれぞれ実験値が理論値の 1.06 倍、1.08 倍である。また、走行荷重実験においては、供試体 C21-R-1, 2 でそれぞれ実験値が理論値の 1.94 倍、1.95 倍であり、供試体 C32-R-1, 2 はそれぞれ実験値が理論値の 2.06 倍、2.07 倍となった。松井式においては、静荷重実験の場合は、供試体 C21-S, C32-S とともに近似する結果となったが、走行荷重実験の場合は実験値が理論値を約 2 倍上回る結果となった。また、供試体 C21 と供試体 C32 の理論値を比較すると、静荷重実験の場合は、供試体 C32 が供試体 C21 の 1.19 倍、走行荷重実験の場合は、1.14 倍となり、静荷重および走行荷重実験ともに実験値の影響度よりも小さい結果となった。

本提案式より算出した理論値は、静荷重実験の場合は、供試体 C21-S, C32-S でそれぞれ 179.1kN, 210.5kN であり、走行荷重実験の場合は、供試体 C21-R, C32-R でそれぞれ 138.6kN, 156.8kN である。実験値と理論値を比較すると、静荷重実験においては、供試体 C21-S-1, 2 でそれぞれ実験値が理論値の 1.01 倍、1.03 倍であり、供試体 C32-S-1, 2 はそれぞれ実験値が理論値の 1.05 倍、1.07 倍である。また、走行荷重実験においては、供試体 C21-R-1, 2 でそれ

表 - 4 破壊走行回数

供試体	破壊走行回数 回	平均破壊走行回数 回	C32 C21
C21-F-R-1	709,202	1,224,112	—
C21-F-R-2	1,739,023		
C32-F-R-1	5,546,882	6,356,949	5.19
C32-F-R-2	7,167,017		

ぞれ実験値が理論値の 1.01 倍, 1.02 倍であり, 供試体 C32-R-1, 2 はそれぞれ実験値が理論値の 1.08 倍, 1.09 倍となった。本提案式においては, 静荷重実験および走行荷重実験で供試体 C21-S, C32-S とともに近似する結果となり, 道路橋示方書・同解説Ⅱに規定されているコンクリートの設計基準強度の範囲内で整合性がとれた。また, 供試体 C21 と供試体 C32 の理論値を比較すると, 静荷重実験の場合は, 供試体 C32 が供試体 C21 の 1.17 倍, 走行荷重実験の場合は, 1.13 倍となり, 静荷重および走行荷重実験ともに実験値の影響度よりも小さい結果となった。

6. 破壊走行回数

走行疲労実験における破壊走行回数は, 式(7)より算出した等価繰返し回数である。なお, S-N 曲線の傾きの逆数 m には, 松井らが提案する S-N 曲線⁹⁾の傾きの逆数 12.76 を適用した。

$$N_{eq} = \sum (P_i/P)^m \times n_i \quad (7)$$

ここで, N_{eq} : 等価繰返し回数, P_i : 作用荷重, P : 基準荷重 (=60kN), n_i : 荷重 P_i の走行回数, m : S-N 曲線の傾きの逆数

式(7)より算出した破壊走行回数を表 - 4 に示す。供試体 C21-F-R の破壊走行回数の平均は 1,224,112 回であり, 供試体 C32-F-R は 6,356,950 回である。供試体 C21-F-R と供試体 C32-F-R の破壊走行回数を比較すると供試体 C32-F-R が供試体 C21-F-R の 5.2 倍程度となり, 破壊走行回数においてコンクリートの圧縮強度の影響が顕著となった。なお, 破壊モードは全ての供試体において押抜きせん断破壊となった。

7. S-N 曲線

道路橋 RC 床版の疲労強度は, 輪荷重走行試験より得られた S-N 曲線によって評価される。本研究では, 松井らによる S-N 曲線と(独)土木研究所による S-N 曲線を用いて, 実験より得られた破壊走行回数との整合性を検証した。また, 押抜きせん断耐荷力(P_{sx})には, 走行荷重実験より得られた実験値と松井式より算出した理論値を適用する。

7.1 既往の研究による S-N 曲線

松井らによる S-N 曲線と(独)土木研究所による S-N 曲線として, 式(7), (8)を図 - 5 に示し, 本実験より得られた破

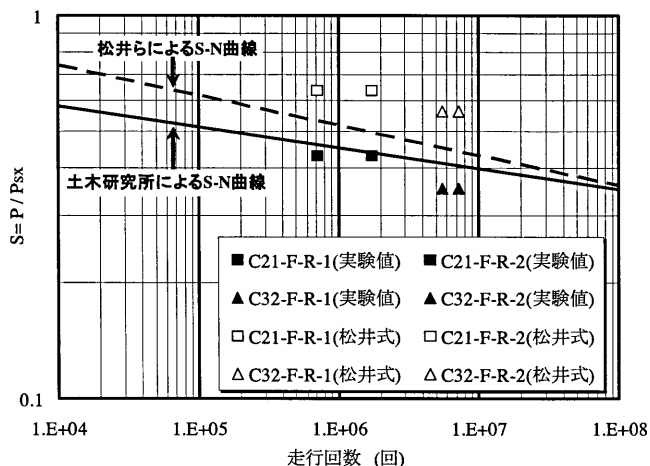


図 - 5 S-N 曲線と実験結果

壊走行回数をプロットした。

(1) 松井らによる S-N 曲線⁹⁾

$$\log (P/P_{sx}) = -0.784 \log N + \log 1.52 \quad (7)$$

ここで, P : 作用荷重, P_{sx} : 押抜きせん断耐荷力, N : 走行回数

(2) (独)土木研究所による S-N 曲線⁷⁾

$$\log (P/P_{sx}) = -0.545 \log N + \log 0.957 \quad (8)$$

ここで, P : 作用荷重, P_{sx} : 押抜きせん断耐荷力, N : 走行回数

7.2 既往の S-N 曲線との整合性

図 - 5 より, 松井らによる S-N 曲線と本実験より得られた破壊走行回数を比較すると, P_{sx} に松井式より算出した理論値を適用した場合は, 供試体 C21-F-R, C32-F-R とともに破壊走行回数が松井らによる S-N 曲線よりもかなり上方にプロットされた。しかし, P_{sx} に走行荷重実験より得られた実験値を適用した場合は, 供試体 C21-F-R, C32-F-R とともに破壊走行回数が松井らによる S-N 曲線よりもかなり下方にプロットされた。これは, 松井式より算出した理論値が走行荷重実験より得られた実験値の約 50% 程度と小さいためである。

次に, (独)土木研究所による S-N 曲線と本実験より得られた破壊走行回数を比較すると, P_{sx} に松井式より算出した理論値を適用した場合は松井らによる S-N 曲線と同様, 供試体 C21-F-R, C32-F-R とともに破壊走行回数が(独)土木研究所による S-N 曲線よりもかなり上方にプロットされた。また, P_{sx} に走行荷重実験より得られた実験値を適用した場合は, 供試体 C21-F-R においては, (独)土木研究所による S-N 曲線よりも下方だが比較的近い位置にプロットされ, 供試体 C32-F-R は S-N 曲線よりもかなり下方にプロットされた。

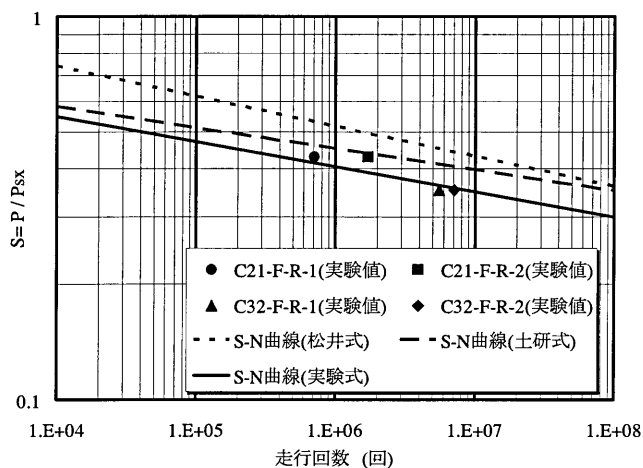


図 - 6 本実験における S-N 曲線

7.3 本実験より得られた S-N 曲線

本実験より得られた S-N 曲線は式(9)となり, S-N 曲線を図 - 6 に示す。

$$\log(P/P_{sx}) = -0.0656 \log N + \log 1.004 \quad (9)$$

本実験より得られた S-N 曲線は, 松井らおよび(独)土木研究所による S-N 曲線より下方に位置している。また, 松井らによる S-N 曲線の勾配が 1/13 程度, (独)土木研究所による S-N 曲線の勾配が 1/18 程度であるに対して, 本実験より得られた S-N 曲線の勾配は 1/15 程度である。

8. まとめ

- ① 押抜きせん断耐力において, 静荷重実験および走行荷重実験ともにコンクリートの圧縮強度が 32N/mm^2 の供試体が 21N/mm^2 の供試体の 1.2 倍程度となり, コンクリートの圧縮強度の影響が顕著となった。
- ② 静荷重実験および走行荷重実験の押抜きせん断耐力を比較すると, コンクリートの圧縮強度が 21N/mm^2 , 32N/mm^2 の供試体ともに走行荷重による耐力の低下率は 24%程度であり, 耐力の低下率においてコンクリートの圧縮強度の影響は見られなかった。
- ③ 本提案式の整合性においては, 静荷重実験および走行荷重実験で実験値と理論値が近似し, コンクリートの設計基準強度の範囲内で整合性がとれた。
- ④ 理論押抜きせん断耐力におけるコンクリートの圧縮強度の影響度は, 土木学会式の場合は実験押抜きせん断耐力とほぼ同程度であり, 松井式および提案式の場合は, 実験押抜きせん断耐力よりもやや小さい結果となった。
- ⑤ 破壊走行回数においては, コンクリートの圧縮強度が 32N/mm^2 の供試体が 21N/mm^2 の供試体の 5.2 倍程度となり, 疲労耐久性においてもコンクリートの圧縮強度の影響が顕著となった。

⑥ P_{sx} に松井式より算出した理論耐力を適用した場合は, コンクリートの圧縮強度が 21N/mm^2 , 32N/mm^2 の供試体ともに破壊走行回数が松井らおよび(独)土木研究所による S-N 曲線よりも上方にプロットされたが, P_{sx} に走行荷重実験より得られた実験耐力を適用した場合は, 下方にプロットされた。これは, 松井式より算出した理論耐力が実験耐力の約 50%程度と小さいためである。

⑦ 本実験の破壊走行回数と松井らおよび(独)土木研究所による S-N 曲線に差が生じた。その差は松井らによる S-N 曲線においては, コンクリートの圧縮強度が 21N/mm^2 , 32N/mm^2 の供試体ともに同程度であり, (独)土木研究所による S-N 曲線においては, コンクリートの圧縮強度が 21N/mm^2 の供試体よりも圧縮強度 32N/mm^2 の供試体の方が差が大きい結果となった。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書（構造性能照査編），土木学会，（2002）。
- 2) 前田幸雄，松井繁之：鉄筋コンクリートの床版の押抜きせん断耐力の評価式，土木学会論文集，第 348 号，V-1，pp.133-141，1984。
- 3) 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講演会論文集，9-2，pp.627-632，1984。
- 4) 阿部 忠，木田哲量，徐銘謙，澤野利章：道路橋 RC 床版の押抜きせん断耐力評価式に関する研究，構造工学論文集，Vol.53A，pp.199-207，2007。
- 5) Tadaki ABE, Tetsukazu KIDA, Ming-Chien HSU, Toshiaki SAWANO：Evaluation Formula on Punching Shear Load-Carrying Capacity of RC Slabs Under the Running-Load，THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS JAPAN, Vol.56, pp.47-56.2007。
- 6) 松井繁之：橋梁の寿命予測- 道路橋 RC 床版の寿命予測-，安全工，Vol.30，No.6, pp.432-440, 1991。
- 7) 国土交通省：道路橋床版の疲労耐久性に関する試験，国土技術総合研究所資料第 28 号，2002。
- 8) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ，2002。
- 9) 高野真希子，木田哲量，阿部 忠，加藤清：コンクリートの圧縮応力場におけるせん断強度と一面せん断強度との多要因相関に関する研究，セメント・コンクリート論文集，pp.232-237，2001。
- 10) 岡村甫：コンクリート構造の限界状態設計法，コンクリートセミナー4，共立出版，pp.17-18，1979。