

コンクリートの圧縮強度がRC床版の耐疲労性に及ぼす影響に関する研究

日本大学大学院 学生会員 ○佐藤浩弥 日本大学 正会員 阿部 忠
日本大学 正会員 澤野利章 中日本ハウエイ・エンジニアリング 東京(株) 正会員 高野真希子

1. はじめに

道路橋 RC 床版には、伸縮継手の段差や路面の凹凸により発生する大型車両の動的影響の作用を受け、疲労寿命が低下している。さらに、積雪寒冷地域では融雪剤の散布による塩害と凍害の影響に加え、疲労が複合され、疲労寿命の低下が著しい。また、コンクリートの経年劣化によりコンクリートの圧縮強度が設計基準強度を下回るなどの事例もある。そこで本研究は、RC 床版コンクリートの経年劣化による圧縮強度の低下を想定し、設計基準強度 24N/mm^2 を基準に、数種類の圧縮強度による RC 床版供試体を製作し、動的影響を考慮した走行振動荷重(荷重振幅 $\pm 20\%$, 30%) による疲労実験を行い、コンクリートの圧縮強度が耐疲労性に及ぼす影響について検証する。

2. 供試体概要

(1) 使用材料 RC 床版コンクリートには、普通ポルトランドセメントと 5mm 以下の砕砂、 $5\text{mm} \sim 20\text{mm}$ の砕石を使用した。また、鉄筋には SD295A, D10 を使用し、降伏強度は 365N/mm^2 , 引張強度は 510N/mm^2 , ヤング係数は 200kN/mm^2 である。ここで、各供試体の実験時におけるコンクリートの圧縮強度を表-1 に示す。

(2) RC床版 供試体寸法は平成 22 年改訂の道路橋示方書・同解説 I, II¹⁾ に準拠し、その 1/2 モデルとした。供試体の全長は $1,470\text{mm}$, 支間 $1,200\text{mm}$, 床版厚 130mm , 鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側の軸直角方向および軸方向に 100mm 間隔で配置した。その有効高さは 105mm , 95mm とした。ここで供試体寸法および鉄筋配置を図-1 に示す。

3. 実験概要

(1) 実験方法 一定荷重による輪荷重走行疲労実験は、荷重 80kN で $20,000$ 回まで走行し、以降は 100kN で破壊に至るまで走行する。次に、振動荷重による輪荷重走行疲労実験は、基準荷重 60kN に対して荷重振幅 $\pm 20\%$, 基準荷重 80kN に対して荷重振幅 $\pm 20\%$, 30% の正弦波形による疲労実験を実施する。振動数は 1.0Hz とする。ここで、基準荷重 80kN に対して荷重振幅 $\pm 20\%$, 振動数 1.0Hz による走行振動荷重および一定荷重で走行した場合の荷重変動の一例を図-2 に示す。また、計測は走行回数 $1, 10, 100, 1,000$ 回とし、 $1,000$ 回以降は $5,000$ 回ごとにたわみの計測を行う。

(2) 等価走行回数 本実験における走行疲労実験は、段階荷重載荷としたことから等価走行回数を算出して耐

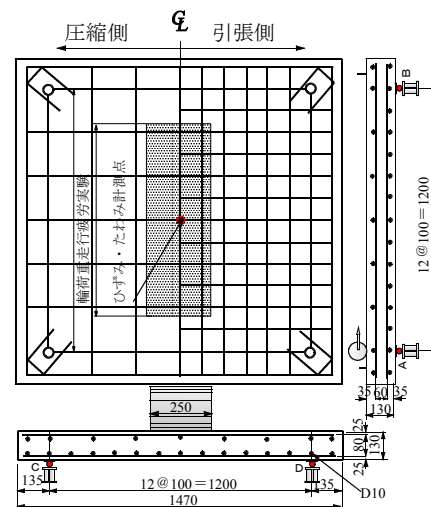


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

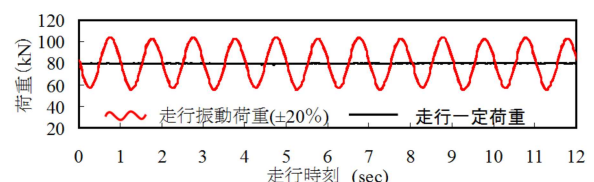


図-2 本実験における荷重変動の一例

疲労性を評価する。等価走行回数は、マイナー則に従うと仮定すると式(1)として与えられる。曲線の傾きの逆数 m には、松井らが提案する RC 床版の S-N 曲線の傾きの逆数 12.7 を適用する²⁾。式(1)における基準荷重は 60kN とし、載荷荷重 P_i は振動荷重の上限荷重とする。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^n (P_i/P)^m \times n_i \quad (1)$$

ここで、 N_{eq} : 等価走行回数(回), P_i : 載荷荷重(荷重 60kN で $\pm 20\%$ の場合 72kN , 荷重 80kN で $\pm 20\%$, $\pm 30\%$ の場合は 96kN , 104kN とする), P : 基準荷重($=60\text{kN}$), n_i : 実験走行回数(回), m : S-N 曲線の傾きの逆数($=12.7$)

4. 結果および考察

(1) 等価走行回数 等価走行回数を表-1 に示す。供試体 RC-1, 2 の平均等価走行回数は 7.93×10^6 回である。供試体 RC-3 では 0.77×10^6 回であり、圧縮強度 35N/mm^2 の供試体の 9% となり、ほとんど寿命は見られない。次に、供試体 RC60 $\pm 20\%$ の平均等価走行回数は 0.32×10^6 回となり、供試体 RC-1, 2 の供試体の 4% である。供試体 RC80 $\pm 20\%$ -1, 2 および供試体 RC80 $\pm 30\%$ -1, 2, 3 の平均

キーワード: 走行振動荷重, 輪荷重走行振動疲労実験, 等価走行回数, 圧縮強度

連絡先 〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL 047-474-2459

表-1 圧縮強度および等価走行回数

供試体	コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²)	実験走行回数 (回)	等価走行回数 (回)	等価走行回数の平均 (回)
RC-1	35.0	30,010	7,347,504	7,938,359
RC-2	35.0	31,809	8,529,213	
RC-3	20.0	20,100	776,102	
RC60±20%-1	20.0	32,448	328,693	328,065
RC60±20%-2	19.6	32,324	327,437	
RC80±20%-1	26.0	5,918	2,314,722	
RC80±20%-2	30.0	16,892	6,607,009	4,460,866
RC80±30%-1	28.0	3,166	3,422,264	
RC80±30%-2	30.0	4,100	4,431,865	
RC80±30%-3	27.3	2,050	2,215,933	3,356,687

等価走行回数は、それぞれ 4.40×10^6 回、 3.356×10^6 回であり、RC-1, 2 の平均等価走行回数に比して、それぞれ 56%, 42%である。以上より、耐疲労性にはコンクリートの圧縮強度の影響が顕著となった。

(2) 等価走行回数と圧縮強度の関係 走行振動荷重疲労実験による等価走行回数と圧縮強度の関係を図-3に示す。コンクリートの圧縮強度が耐疲労性に及ぼす影響について、阿部らはコンクリートの圧縮強度が 21N/mm^2 から 35N/mm^2 の同一寸法を有する RC 床版を用いて一定荷重による輪荷重走行疲労実験を行い、等価走行回数と圧縮強度の関係を示し、式(2)が報告されている³⁾。そこで本研究における走行振動荷重による疲労実験で得られた等価走行回数と圧縮強度の関係は式(3)となる。

$$\text{文献}^3) : N_{eq} = 4.90 \times 10^5 \cdot f_c - 8.8 \times 10^6 \quad (2)$$

$$\text{実験} : N_{eq} = 4.94 \times 10^5 \cdot f_c - 9.5 \times 10^6 \quad (3)$$

ここで、 N_{eq} : 走行回数、 f_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

走行一定荷重 (式(2)) と走行振動荷重 (式(3)) による疲労実験における等価走行回数 N_{eq} を算出すると走行振動荷重が及ぼすことにより約 7%低下している。

次に、圧縮強度が 24N/mm^2 における等価走行回数とコンクリートの圧縮強度の関係を図-4に示す。コンクリートの圧縮強度が 24N/mm^2 を基準とし、式(3)より算出した等価走行回数 (N_{eq24}) を基準に、本実験より得られた等価走行回数 (N_{eq}) の比率の関係は式(4)となる。

$$N_{eq}/N_{eq24} = 0.212 \cdot f_c - 4.088 \quad (4)$$

ここで、 N_{eq} : 等価走行回数、 N_{eq24} : 圧縮強度 24N/mm^2 における等価走行回数、 f_c : コンクリートの圧縮強度

以上より、圧縮強度 24N/mm^2 の等価走行回数を基準にするとコンクリートの圧縮強度が 19.6N/mm^2 の供試体 RC-3 は 0.07 倍、供試体 RC-1, 2 の圧縮強度が 35.0N/mm^2 の場合は 3.3 倍となる。よって、維持管理においてはコンクリートの圧縮強度について適切に診断する必要があると考えられる。

(3) たわみと等価走行回数の関係 たわみと等価走行回数の関係を図-5に示す。供試体 RC-1, 2 のたわみと等価走行回数は図-5に示すように、たわみが 3.0mm の床版支間の $1/400$ を越えた付近から急激に増加し、破壊に至っている。破壊時のたわみの平均は 7.0mm である。走行振動荷重が作用した供試体 RC60±20%は圧縮強度が低いこ

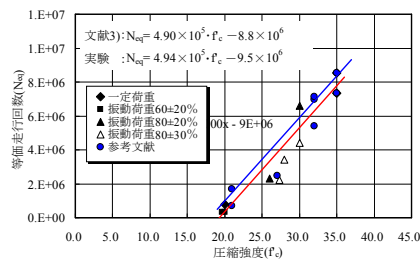


図-3 等価走行回数と圧縮強度

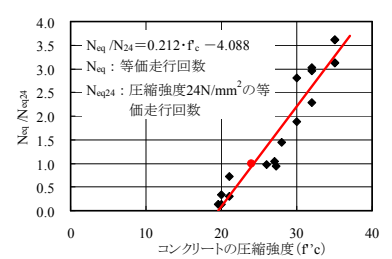
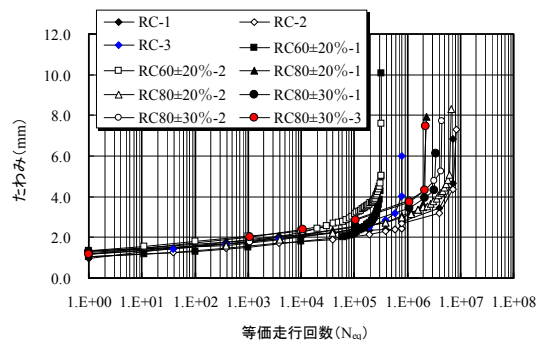
図-4 N_{eq}/N_{eq24} と圧縮強度

図-5 たわみと等価走行回数

とからたわみの増加も著しい。次に、供試体 RC80±20%, ±30%の振動荷重においてもたわみが 3.0mm を越えた付近からたわみの増加が著しくなり、破壊に至っている。

5. まとめ

(1) 走行一定荷重での疲労実験における等価走行回数に比して、振動荷重で疲労実験を行った供試体 RC60±20%は圧縮強度が低いことから等価走行回数は少なく、耐疲労性は評価されない。また、供試体 RC80±20%および供試体 RC80±30%においても、一定荷重で疲労実験を行った供試体に比して等価走行回数がそれぞれ 44%, 58%減少している。なお、疲労寿命の予測においては S-N 曲線式および押抜きせん断耐荷力 P_{sx} の関係から評価されるものである。

(2) コンクリートの設計基準強度 24N/mm^2 を基準に等価走行回数を算定すると、圧縮強度が 24N/mm^2 を下回ると耐疲労性が大幅に低下し、また、圧縮強度が 30N/mm^2 の場合は 2.2 倍の耐疲労性が得られる。したがって、コンクリートの圧縮強度は耐疲労性に大きく影響する。

(3) たわみと等価走行回数の関係においては、いずれの供試体においてはたわみが床版支間 L の $1/400$ を越えた付近から増加が著しくなっている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I, II, III (2004)
- 2) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, (2007)
- 3) 阿部忠, 木田哲量, 高野真希子, 川井豊：道路橋 RC 床版の押抜きせん断耐荷力および耐疲労性の評価, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.67, No.1, 39-54, (2011)