

伸縮継手の段差により発生する荷重変動がRC床版の耐疲労性に及ぼす影響

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, 澤野利章

1. はじめに

道路橋 RC 床版の損傷は、伸縮継手付近に多く発生している。この原因は伸縮継手を通過する際に発生する荷重変動、すなわち走行振動荷重の影響が大きく寄与しているものと考えられる。そこで本研究では、コンクリートの圧縮強度の異なる 2 タイプの RC 床版供試体を用いて、基準荷重に対して ±20%、±30%の正弦波形（以下、走行振動荷重）による動的荷重で疲労実験を行い、コンクリートの圧縮強度および走行振動荷重が RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響について検証する。

2. 道路橋に作用する荷重変動

土木研究所では、大型自動車伸縮継手の段差部を走行することにより発生する衝撃力に関する調査および実験研究が行われ、研究成果が報告されている¹⁾。実験の対象橋梁は、支間 45m の RC 床版非合成桁橋であり、実験に用いた車両は総重量 205.8kN のタンデム式ダンプトラックで、荷重分担は左中軸で 37.8kN、左後軸で 37.7kN である。これによると、タンデム式ダンプトラックが伸縮継手を通過するときに発生する中軸・後軸の荷重変動は、橋梁の両支点付近で約 ±45%程度生じている。また、支間中央付近では、中軸で約 ±10%、後軸で ±20%程度生じている。このときの振動数は中軸で 15Hz、後軸で 18Hz である。したがって、道路橋 RC 床版は大きな振動荷重を受けることから、これらの荷重変動を考慮した疲労実験を行い、走行振動荷重が及ぼす影響について検証する必要がある。

3. 使用材料および供試体寸法

(1)使用材料 RC 床版のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと 5mm 以下の砕砂、5mm ~ 20mm の砕石を使用した。コンクリートの圧縮強度は、呼び強度 24N/mm² と 30N/mm² の 2 タイプの配合とする。また、鉄筋には SD295A、D10 を用いる。ここで、コンクリートおよび鉄筋の材料特性値を表-1 に示す。

(2)供試体寸法 RC 床版供試体の寸法は、平成 24 年改訂の道路橋示方書・同解説²⁾（以下、道示）に準拠し、その 1/2 モデルとした。ここで、供試体寸法および鉄筋配置を図-1 に示す。供試体の全長は 1,470mm、支間 1,200mm、床版厚 130mm である。鉄筋配置は複鉄筋配置とし、引張側の主筋および配力筋はともに 100mm 間隔で配置し、有効高さは 105mm、95mm とした。圧縮側は引張側鉄筋量の 1/2 とする。

4. 実験方法および等価走行回数

(1)実験方法 基準となる RC 床版は、走行一定荷重による輪荷重走行疲労実験を行う。荷重条件は、80kN で

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

表-1 材料特性値

供試体	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋 (SD295A)			
		使用鉄筋	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
A	26.6	D10	350	498	200
B	31.7				

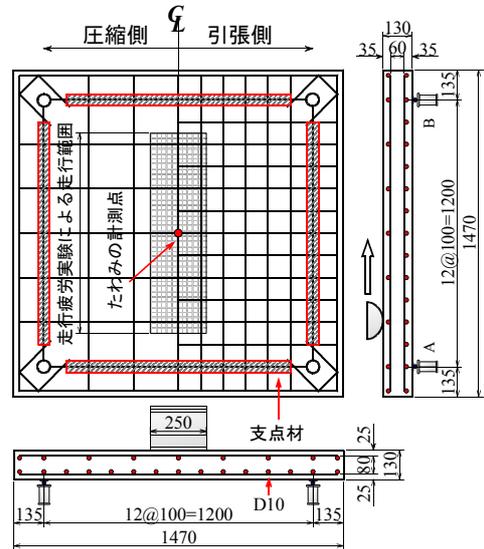


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

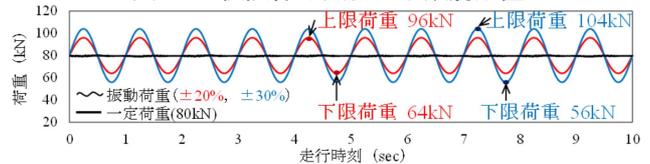


図-2 本研究の走行振動荷重における荷重条件

20,000 回まで走行し、以降は荷重 100kN に増加させ破壊に至るまで走行させる。次に、走行振動荷重による輪荷重走行疲労実験は、RC 床版の走行一定荷重の荷重条件に対して ±20% (80kN に対して上限荷重は 96kN、下限荷重は 64kN である) および ±30%の正弦波形で疲労実験を行う。ここで、基準荷重 80kN に対して荷重振幅 ±20%、±30%で振動数 1.0Hz による荷重条件を図-2 に示す。また、たわみの計測は走行回数 1, 10, 100, 1,000, 5,000 回および 5,000 回以降は 5,000 回走行ごとに行う。

(2)等価走行回数 本実験における走行疲労実験は、段階状載荷とすることから等価走行回数を算出して耐疲労性を評価する。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³⁾。

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

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数(回)、 P_i ：載荷荷重(荷重 80kN で $\pm 20\%$ 、 $\pm 30\%$ の場合は 96kN、104kN とする)、 P ：基準荷重(走行一定荷重=60kN、走行振動荷重=50kN)、 n ：実験走行回数(回)、 m ：S-N 曲線の傾きの逆数(=12.7)

5. 結果および考察

(1) 等価走行回数 走行一定荷重および走行振動荷重による疲労実験から得られた等価走行回数を表-2 に示す。

呼び強度 24N/mm^2 の供試体 RC24 の等価走行回数は 5.04×10^6 回である。次に、荷重振幅 $\pm 20\%$ 、 $\pm 30\%$ の振動荷重で疲労実験を行った供試体 RC24-V20、V30 の等価走行回数は、それぞれ 4.22×10^6 回、 3.48×10^6 回であり、供試体 RC24 に比して等価走行回数が 16%、31%低下する結果が得られた。また、供試体 RC24-V20 に比して V30 の供試体は 18%低下する結果となった。

呼び強度 30N/mm^2 の供試体 RC30 の等価走行回数は 7.21×10^6 回であり、呼び強度 24N/mm^2 の供試体 RC24 に比して 1.4 倍の等価走行回数を得られた。また、供試体 RC30-V20、V30 の等価走行回数は、それぞれ 5.83×10^6 回、 4.85×10^6 回であり、供試体 RC30 に比して 19%、33%低下している。また、供試体 RC30-V20 に比して V30 の供試体は 17%低下する結果となった。

(2) たわみと等価走行回数の関係 本実験におけるたわみと等価走行回数の関係を図-3 に示す。図-3 より、たわみが 3.0mm を超えた付近からたわみの増加が著しいことからたわみが 3.0mm に達した時の等価走行回数を得て、耐疲労性を考察する。

呼び強度 24N/mm^2 の供試体 RC24 のたわみが 3.0mm 時の等価走行回数は、 0.77×10^6 回である。供試体 RC24-V20、V30 の 3.0mm 時の等価走行回数はそれぞれ 0.37×10^6 回、 0.14×10^6 回であり、供試体 RC24 に比してそれぞれ 51%、82%と大幅に減少する結果となった。次に、等価走行回数 1.95×10^6 回時のたわみを比較すると供試体 RC24 が 3.5mm、V20、V30 の供試体がそれぞれ 3.9mm、4.4mm であり、供試体 RC24 に比してそれぞれ 1.1 倍、1.3 倍となり、走行振動荷重が作用することによりたわみが増加する結果となった。

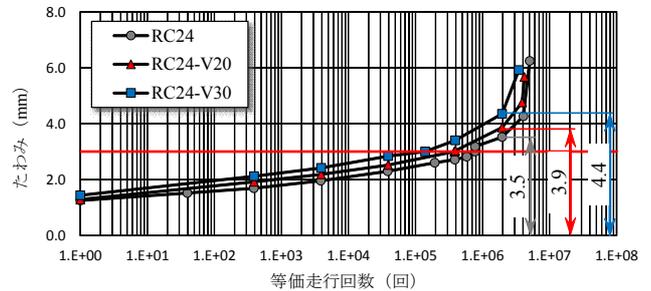
一方、呼び強度 30N/mm^2 の供試体 RC30 のたわみが 3.0mm 時の等価走行回数は 2.60×10^6 回であり、供試体 RC30-V20、V30 のたわみが 3.0mm 時の等価走行回数は、それぞれ 1.47×10^6 回、 0.45×10^6 回である。供試体 RC30 に比して V20、V30 はそれぞれ 43%、83%と大幅に低下する結果となった。また、等価走行回数 1.95×10^6 回時のたわみを比較すると供試体 RC30 が 2.9mm、RC30-V20、V30 がそれぞれ 3.2mm、3.7mm であり、それぞれ 1.1 倍、1.3 倍にたわみが増加する結果となった。呼び強度 24N/mm^2 の供試体と比較するとたわみ量が約 17%低下している。

6. まとめ

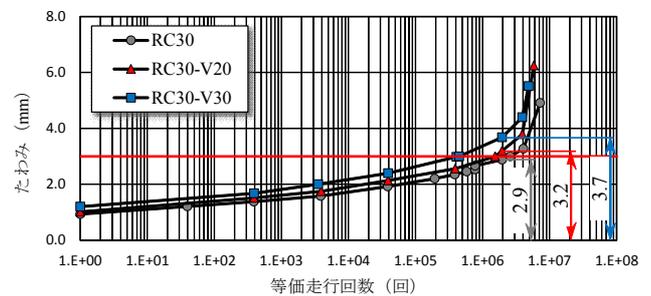
(1) 荷重振幅 $\pm 20\%$ 、 $\pm 30\%$ の振動荷重で疲労実験を行った結果、呼び強度 24N/mm^2 の供試体は一定荷重に比して 16%、

表-2 等価走行回数

供試体名	等価走行回数	低減率	
RC24	5,041,892	—	—
RC24-V20	4,224,231	16%	—
RC24-V30	3,477,168	31%	18%
RC30	7,209,562	—	—
RC30-V20	5,827,874	19%	—
RC30-V30	4,850,043	33%	17%



(1) 走行振動荷重 (呼び強度 24N/mm^2)



(2) 走行振動荷重 (呼び強度 30N/mm^2)

図-3 たわみと等価走行回数の関係

31%低下し、呼び強度 30N/mm^2 の供試体は 19%、33%低下した。したがって、荷重振幅が大きくなることによって耐疲労性が著しく低下することから、荷重振幅を $\pm 20\%$ 以下となるように伸縮継手の段差量を管理する必要があると考えられる。

(2) 呼び強度 24N/mm^2 の供試体と呼び強度 30N/mm^2 の供試体の等価走行回数を比較すると、呼び強度 30N/mm^2 の供試体が 1.4 倍となり、コンクリートの圧縮強度を高くすることで耐疲労性が向上する結果となった。

(3) 呼び強度 24N/mm^2 、 30N/mm^2 の供試体に荷重振幅 $\pm 20\%$ 、 $\pm 30\%$ の振動荷重が作用する場合は、たわみの増加が一定荷重による疲労実験に比して、それぞれ 1.1 倍、1.3 倍程度、増加する結果となった。また、呼び強度 24N/mm^2 に比して呼び強度 30N/mm^2 は、たわみの増加が抑制される結果となった。したがって、伸縮継手部の段差量を $\pm 20\%$ 以下の荷重振幅となるように維持管理する必要がある。また、コンクリートの圧縮強度もたわみの増加に大きく寄与している結果となった。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所構造研究室：橋梁設計動荷重に関する試験調査報告書(Ⅷ-1985)、土木研究所資料、No.2258、1985。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I、II、III、2012。
- 3) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理、森北出版、2007。