

# 輪荷重走行振動疲労実験におけるRC床版の衝撃係数に関する研究

日本大学大学院 学生会員 木内彬喬 日本大学 フェロー会員 阿部 忠  
日本大学 正会員 澤野利章 日本大学 正会員 水口和彦

## 1. はじめに

道路橋 RC 床版のひび割れ損傷や陥没の多くは、伸縮継手付近で発生している。その原因の 1 つに大型車両が伸縮継手の段差部や路面の凹凸を通過した際に発生する荷重変動が挙げられる。例えば、タンDEM式ダンプトラックが 20mm の段差を通過した場合の荷重分布と包絡線の関係<sup>1)</sup>については、段差部から 2m, 8m 付近で最大荷重が生じており、動的係数が 1.0 以下に減衰される位置は 14m にも及んでいる。したがって、荷重変動が作用した場合の動的影響について検証する必要がある。そこで本研究は、RC 床版供試体を用いて走行一定荷重および走行振動荷重による輪荷重走行疲労実験を行い、荷重変動が RC 床版の耐疲労性に及ぼす影響の検証およびたわみによる動的増幅率から実験衝撃係数を評価した。

## 2. 供試体の使用材料・寸法

(1) 使用材料 供試体のコンクリートには、普通セメントと 5mm 以下の砕砂および 5mm ~ 20mm の砕石を使用した。また、鉄筋には SD295A, D13 を配置した。ここで、輪荷重走行疲労実験に用いる RC 床版供試体の材料特性値を表-1 に示す。

(2) 供試体寸法および鉄筋の配置 RC 床版供試体は、道路橋示方書・同解説（以下、道示とする）<sup>2)</sup>の規定に準拠して制作し、その 3/5 モデルとした。よって、供試体の寸法は、図-1 に示すように、全長 1600mm, 支間 1400mm, 床版厚 150mm の等方性版とする。鉄筋配置は複鉄筋配置とし、引張側の軸直角方向および軸方向に D13 を 120mm 間隔で配置した。主鉄筋の有効高さはそれぞれ 125mm, 112mm である。また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。

## 3. 実験方法および等価走行回数

(1) 実験方法 輪荷重走行疲労実験は、RC 床版の中央から両支点方向に 450mm（走行範囲 900mm）を一往復 9.0sec で連続走行させる実験である。走行一定荷重を作用させた供試体を RC30 とし、荷重 100kN で破壊にいたるまで連続走行させた。

次に、荷重変動を考慮した走行振動荷重による疲労実験は、走行一定荷重の 100kN に対して荷重振幅 ±20%（最大 120kN, 最小 80kN）, ±30%（最大 130kN, 最小 70kN）, 振動数 1.0Hz の正弦波形片振荷重載荷とした。ここで、荷重振幅 ±20%, ±30%を作用させた供試体名称をそれぞれ RC30-V20,-V30 とする。計測は走行回

キーワード：RC 床版, 走行一定荷重, 走行振動荷重, 動的影響, 実験衝撃係数

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 047-474-2468

表-1 材料特性値

供試体	コンクリートの 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	鉄筋(SD295A)			
		使用鉄筋	降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
RC床版	30.0	D13	355	498	200

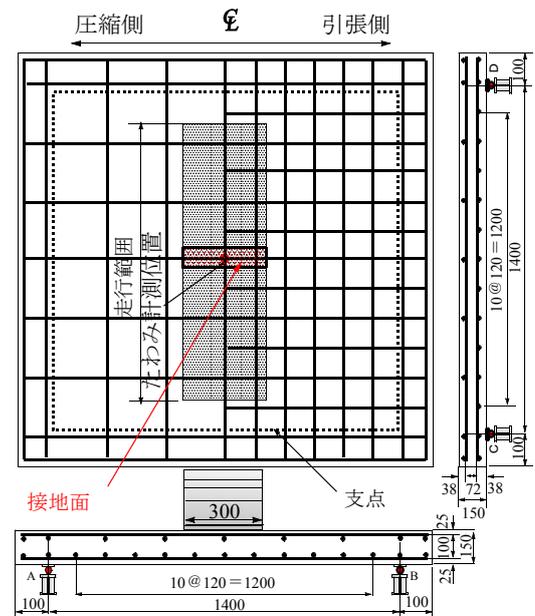


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

数 1, 10, 100, 1000, 5000 回, 以降は 5000 回ごとに床版中央でたわみを動的に計測した。

(2) 等価走行回数 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。式(1)における基準荷重  $P$  は 72kN (= 100kN×3/5×1.2) とする。また、式(1)における  $m$  には、松井ら<sup>3)</sup>が提案する RC 床版の S-N 曲線式における傾きの逆数の絶対値  $m = 12.7$  を適用する。

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

ここで、 $N_{eq}$ ：等価走行回数(回),  $P_i$ ：載荷荷重(kN),  $P$ ：基準荷重(72kN),  $n_i$ ：実験走行回数(回)

(3) 実験衝撃係数の算定方法<sup>4)</sup> 本研究では、走行振動荷重が作用した場合の動的影響を実験衝撃係数として評価する。衝撃係数は、たわみ応答値による動的増幅率（以下、DAF とする）より得るものとし、支間中央における DAF を図-2 に示す。DAF は最大動的たわみ値 ( $y_{d,max}$ ) と最大静的たわみ値 ( $y_{s,max}$ ) の差を最大静的たわみ値 ( $y_{s,max}$ ) で除したものと

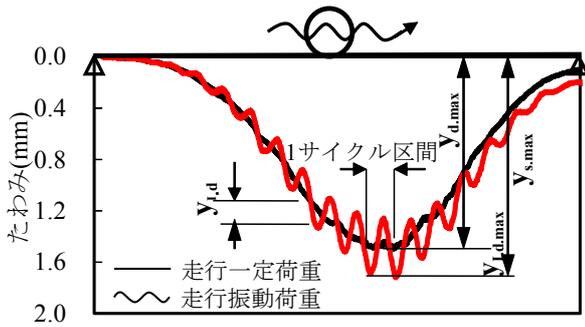


図-2 動的増幅率(DAF)<sup>4)</sup>

して定義され、式(2)で与えられる。また、道路橋における衝撃係数を DAF から算出する場合、式(3)として与えられる。本実験では、走行一定荷重を作用させた疲労実験による最大静的たわみを  $y_{s,max}$ 、走行振動荷重を作用させた疲労実験による最大静的たわみを  $y_{d,max}$  とする。

$$DAF = 1 + \frac{y_{d,max} - y_{s,max}}{y_{s,max}} \quad (2)$$

$$I = DAF - 1 \quad (3)$$

ここで、DAF：動的増幅率、 $y_{d,max}$ ：最大動的たわみ値、 $y_{s,max}$ ：最大静的たわみ値、I：衝撃係数

4. 結果および考察

(1) 等価走行回数 一定荷重で疲労実験を行った供試体 RC30 の等価走行回数は  $9.045 \times 10^6$  回である。これに対して、振動荷重  $\pm 20\%$  の荷重振幅で走行した供試体 RC30-V20-1 の等価走行回数は  $3.876 \times 10^6$  回である。供試体 RC30-V20-2 の等価走行回数は  $3.248 \times 10^6$  回である。一定荷重で疲労実験を行った供試体 RC30 の等価走行回数との比は、それぞれ 0.43, 0.36 である。次に、供試体 RC30-V30-1, 2 の等価走行回数はそれぞれ  $1.167 \times 10^6$ ,  $0.920 \times 10^6$  回であり、供試体 RC30 との比はそれぞれ 0.13, 0.10 である。よって、振動荷重が及ぼすことで耐疲労性が大幅に低下している。

(2) 実験衝撃係数 実験衝撃係数は、各走行回数毎にたわみと走行時刻の関係から、一定荷重および振動荷重  $\pm 20\%$ ,  $\pm 30\%$  で走行した場合の最大たわみをそれぞれ  $y_{d,max}$ ,  $y_{s,max}$  とする。ここで、走行一定荷重および走行振動荷重における 10,000 回走行（等価走行回数 648,352 回）のたわみと走行時刻の関係の一例を図-3 に示す。また、各走行回数毎の式(2), (3)より算定した実験衝撃係数を表-3 に示す。

振動荷重  $\pm 20\%$  の供試体 RC30-V20-1, 2 の 1 回走行後の実験衝撃係数はそれぞれ 0.372, 0.365 である。また、10,000 回走行後の衝撃係数は 0.505, 0.513 である。次に、振動荷重  $\pm 30\%$  の供試体 RC30-V30-1, 2 の 1 回走行後の実験衝撃係数はそれぞれ 0.661, 0.668 である。また、10,000 回走行後の衝撃係数は 0.810, 0.841 である。よって、走行回数が増大することによって衝撃係数も大きくなっている。これは、走行毎に発生するひ

表-2 等価走行回数

供試体名称	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	接地面積 (mm×mm)	等価走行回数の合計	等価走行回数比
RC30	30.0	300×45	9,045,895	—
RC30-V20-1			3,876,442	0.43
RC30-V20-2			3,248,741	0.36
RC30-V30-1			1,167,278	0.13
RC30-V30-2			920,802	0.10

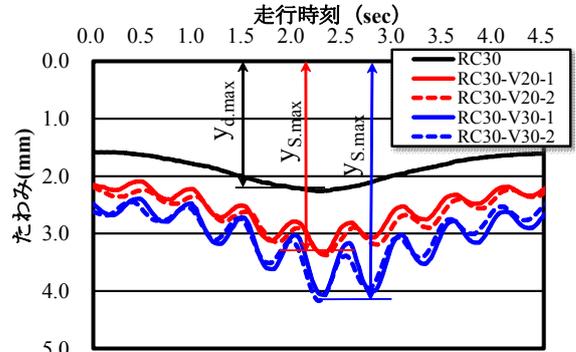


図-3 たわみと走行時刻の関係 (10,000 回)

表-3 走行回数と衝撃係数

実験走行回数(回)	等価走行回数(回)	RC30-V20-1	RC30-V20-2	RC30-V30-1	RC30-V30-2
1	66	0.372	0.365	0.661	0.668
10	649	0.400	0.410	0.705	0.714
100	6,486	0.440	0.435	0.747	0.747
1000	64,846	0.475	0.484	0.780	0.797
5000	324,227	0.489	0.499	0.802	0.836
10000	648,452	0.505	0.513	0.810	0.841

び割れにより、残留たわみが大きくなることで衝撃係数が大きくなるものと考えられる。また、振動荷重における荷重振幅の増大に伴い、衝撃係数の値も大きくなることから、表-2 に示すように等価走行回数が大幅に減少したものと推測される。

5. まとめ

一定荷重に対して荷重振幅  $\pm 20\%$ ,  $\pm 30\%$  の荷重が作用した場合の等価走行回数は一定荷重での走行に対して耐疲労性が大幅に減少する結果が得られた。また、実験衝撃係数は荷重振幅  $\pm 20\%$  に対して荷重振幅  $\pm 30\%$  と荷重振幅が増大するに伴って実験衝撃係数も大きくなるとともに、疲労損傷の進行に伴い衝撃係数は大きくなる。よって、伸縮装置付近の段差については可能な限り、一定な荷重での走行を可能とするような維持管理対策を講じることが重要であると考えられる。

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(I-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, 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. 4)阿部 忠, 木田哲量, 澤野利章, 星埜正明, 加藤清志:走行荷重および変動荷重が作用する RC はりの耐荷力と動的影響, 構造工学論文集, Vol.47A, PP.313 ~ 320(2001)