走行振動荷重が及ぼすRC床版の等価走行回数およびたわみの関係

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　フェロー会員　川井　豊

１．はじめに

RC 床版は過酷な荷重条件に強いられている。とくに，伸縮継手や路面の凹凸により，その付近の RC 床版には大きな荷重変動が連続的に作用することから，抜け落ちのほとんどが伸縮継手を通過した付近の床版である。そこで本研究は，RC 床版供試体を用いた一定荷重による輪荷重走行疲労実験および荷重変動，すなわち基準荷重の ±20%（基準 100kN の場合，上限荷重 120kN，下限荷重 80kN）および ±30%（基準 100kN の場合，上限荷重 130kN，下限荷重 70kN）の正弦波形振動荷重を重畳させた輪荷重走行疲労実験を行い，一定荷重による輪荷重走行疲労実験における走行回数を基準に振動荷重が重畳した場合の耐疲労性を評価する。

２．供試体の使用材料・寸法

(1) 使用材料　　RC 床版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。コンクリートの圧縮強度が 25.0N/mm^2，25.5N/mm^2 の供試体記号を RC25，圧縮強度 30.0N/mm^2 の供試体記号は RC30，圧縮強度 35.0N/mm^2，33.0N/mm^2 の供試体記号を RC35 とする。また，供試体の鉄筋には SD 295A，D13 を配置した。

(2) 供試体寸法および鉄筋の配置　　RC 床版供試体は，1994 年改定以降の道路橋示方書・同解説[1)]（以下，道示とする）に準拠して設計し，本実験における試験機の輪荷重幅が道示に規定する T 荷重幅の 3/5 であることから 3/5 モデルで製作した。よって，供試体の寸法は**図－1**に示すように全長は 1,600mm，支間 1,400mm，床版厚 150mm とする。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 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，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　　RC 床版の輪荷重走行疲労実験は，RC 床版の中央から両支点方向に 450 mm の走行範囲 900mm を連続走行させる実験である。

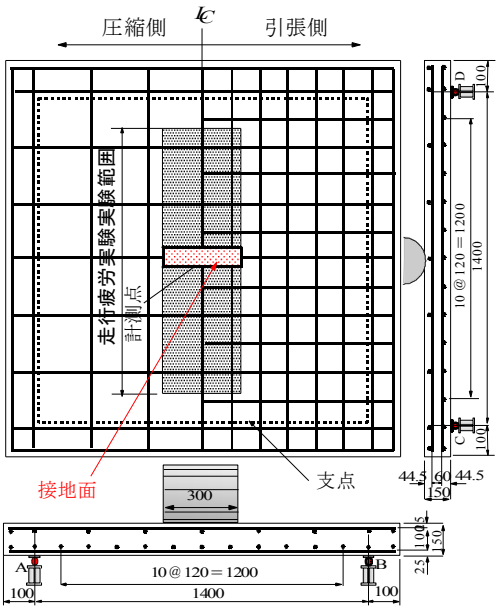
走行一定荷重による実験方法は，輪荷重 100kN 載荷し，供試体が破壊するまで連続走行させる。次に，走行振動荷重による実験においては，一定荷重 100kN に対して ±20%（上限荷重 120kN，下限荷重 80kN）および ±30%（上限荷重 130kN，下限荷重 70kN）の振動荷重とする。振動数は 1.0Hz の正弦波形の片振荷重載荷とし，本実験での振動数は大型車両の中軸および後軸が交互に作用するものと仮定した。

たわみの計測は輪荷重走行 1，10，100，1,000，5,000 回および 5,000 回以降は 5,000 回走行ごととする。計測点は床版中央とする。

(2) 等価走行回数　　本実験における等価走行回数 N_{eq} は，マイナー則に従うと仮定すると式（1）で与えられる。なお，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 S-N 曲線の傾きの逆数 m には，松井ら[2)]が提案する S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値 m ＝ 12.7 を適用する。

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

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）



図－1　供試体寸法

４．結果および考察

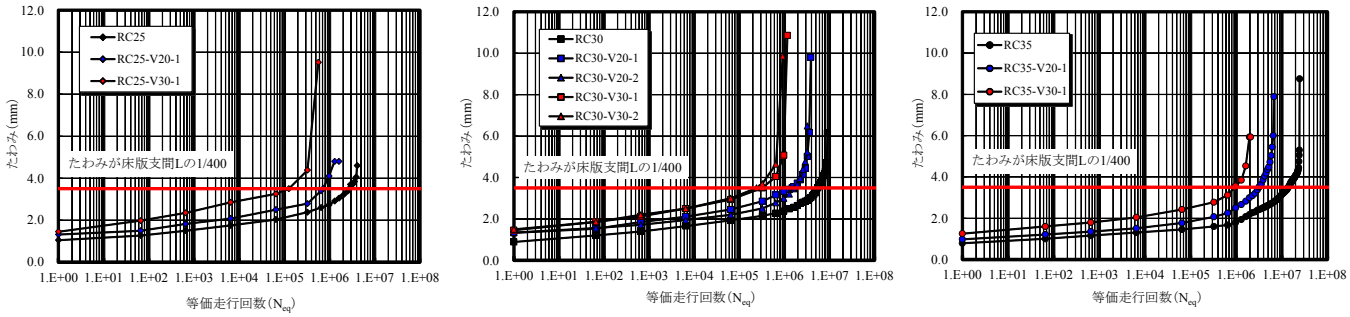
(1) 等価走行回数　　本実験供試体における等価走行回数を**表－1**に示す。

一定荷重で走行した供試体 RC25 の等価走行回数は

表－1　等価走行回数

供試体名称	圧縮強度 N/mm^2	走行回数 / 等価走行回数		等価走行回数（回）	等価走行回数比
RC25	25.0	N	63,100	4,091,728	—
		N_{eq}	4,091,728		
RC25-V20-1	25.5	N	24,910	1,615,293	0.395
		N_{eq}	1,615,293		
RC25-V30-1	25.5	N	8,700	564,154	0.138
		N_{eq}	564,154		
RC30	30.0	N	139,500	9,045,895	—
		N_{eq}	9,045,895		
RC30-V20-1	30.0	N	59,780	3,876,442	0.429
		N_{eq}	3,876,442		
RC30-V20-2	30.0	N	50,100	3,248,741	0.359
		N_{eq}	3,248,741		
RC30-V30-1	30.0	N	18,001	1,167,278	0.129
		N_{eq}	1,167,278		
RC30-V30-2	30.0	N	14,200	920,802	0.102
		N_{eq}	920,802		
RC35	35.0	N	378,800	24,563,332	—
		N_{eq}	24,563,332	(18,331,049)	
RC35-V20-1	33.0	N	104,000	6,743,893	0.275
		N_{eq}	6,743,893		(0.367)
RC35-V30-1	33.0	N	32,000	2,075,045	0.084
		N_{eq}	2,075,045		(0.113)

キーワード：RC 床板，走行一定荷重，走行振動荷重，耐疲労性
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



(1) 供試体RC25　　(2) 供試体RC30　　(3) 供試体RC35

図－2　たわみと等価走行回数の関係

4.091×10^6 回である。これに対して振動荷重 ±20%, ±30%で走行した供試体の等価走行回数はそれぞれ 1.615×10^6 回，0.564×10^6 回であり，一定荷重で疲労実験を行った RC25 との等価走行回数比は 0.395，0.138 である。

供試体 RC30 の等価走行回数は 9.045×10^6 回である。これに対して振動荷重 ±20%，±30%の平均等価走行回数は 3.562×10^6 回，1.044×10^6 回であり，RC30 との等価走行回数比はそれぞれ 0.393，0.115 である。

供試体 RC35 の等価走行回数は 24.563×10^6 回である。また，振動荷重 ±20%，±30%の供試体の等価走行回数は 6.743×10^6 回，2.075×10^6 回であり，その比は 0.275，0.084 である。なお，供試体 RC35 は厚さ 9.0mm の鋼板を敷いて実験を行った結果である。供試体 RC25 および RC30 に対して低下率が低いのはコンクリートの強度差によるものである。そこで，供試体 RC35 のコンクリートの圧縮強度を振動荷重の供試体と同様に 33.0N/mm^2 として押抜きせん断耐荷力を算定し，阿部らが提案する S-N 曲線式から等価走行回数を算定すると 18.331×10^6 回となり，この等価走行回数と振動荷重 ±20%，±30%の供試体の等価走行回数との比はそれぞれ 0.367, 0.113 となり，圧縮強度 25.0N/mm^2，30.0N/mm^2 の供試体と等価走行回数比が近似する結果となる。よって振動荷重が及ぼすことで耐疲労性が大幅に低下する結果となった。

(2)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－2**に示す。なお，たわみが支間 L の 1/400 付近を維持管理時期として提案していることから，たわみ 3.5mm 時を**図－2**に併記した。また，等価走行回数とたわみが 3.5mm に達した時点の等価走行回数を**表－2**に示す。

供試体 RC25，30，35 の一定荷重によるたわみに対して振動荷重 ±20%，±30%で走行し場合のたわみの増加が著しい。

RC 床版の劣化課程に達するまでの健全度評価においては，玉越ら[3]は，劣化過程に達する走行回数（N）を破壊走行回数（N_f）で除した疲労損傷度（D）を提案している。これによると疲労損傷度が 0.2 ≦ D ＜ 0.5 の範囲の劣化過程は進展期であり，0.5 ≦ D ＜ 0.75 の

表－2　等価走行回数とたわみの関係

供試体名称	等価走行回数(N_{eq})	3.5mmの等価走行回数($N_{eq\cdot3.5}$)	$N_{eq\cdot3.5}/N_{eq}$	3.5mmの等価走行回数比(RC-V/RC)
RC25	4,091,728	2,708,000	0.662	—
RC25-V20-1	1,615,293	725,000	0.449	0.268
RC25-V30-1	564,154	126,000	0.223	0.047
RC30	9,045,895	5,511,836	0.609	-
RC30-V20-1	3,876,442	1,938,221	0.500	0.352
RC30-V20-2	3,248,741	1,679,000	0.517	0.305
RC30-V30-1	1,167,278	324,000	0.278	0.059
RC30-V20-2	920,802	241,000	0.262	0.044
RC35	24,563,332	12,969,025	0.528	—
	18,331,049	9,674,893	0.528	
RC35-V20-1	6,743,893	3,165,000	0.469	0.244(0.327)
RC35-V30-1	2,075,045	925,000	0.446	0.071(0.095)

範囲が加速度（前期），0.75 ≦ D ＜ 0.8 が加速期（後期），0.8 ≦ D が劣化期である。**表－2**より，一定荷重が作用した場合のたわみが支間 L の 1/400 に達した時点の損傷度の平均は 0.60，劣化過程が加速期（前期）である。次に，振動荷重 ±20%，±30%で走行し場合は，それぞれ 0.48，0.30 であり，劣化過程は進展期に相当する。よって，振動荷重が及ぼすことで，剛性の低下が著しくなる結果となった。

５．まとめ

① 振動荷重 ±20%, ±30% で疲労実験を行った結果，一定走行荷重に対して振動荷重 ±20%の供試体は 38 %，振動荷重 ±30%の供試体は 12 %に低下する。よって，伸縮継手の段差によって発生する荷重変動が RC 床版の耐疲労性に大きく影響する結果となった。

②たわみが 3.5mm に達した付近が維持管理の時期と提案されており，振動荷重が及ぼすことで，剛性の低下が著しくなることから，伸縮継手の段差を最小限にする必要がある。

参考文献：

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ，Ⅱ，2012.
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)玉越隆史，大久保雅憲，渡辺陽太：道路橋の計画的管理に関する調査研究,，国総研資料，第 523 号，2009.