

輪荷重走行疲労実験におけるRC床版の水平ひび割れ発生とたわみの関係

日本大学 学生会員 佐藤大輝, 日本大学 フェロー会員 阿部 忠
日本大学 正会員 水口和彦, 日本大学 学生会員 木内彬喬

1. はじめに

近年、橋梁点検では損傷が著しい床版において、非破壊検査では発見しにくい水平ひび割れが見られる。また、輪荷重走行疲労実験を実施した RC 床版を軸方向に切断した場合、床版中央では圧縮鉄筋付近に水平ひび割れが発生している。実橋 RC 床版においても水平ひび割れは広範囲に進展しているものの、その発生時期の推定には至っていないのが現状である。

そこで本研究では、RC 床版を用いた輪荷重走行疲労実験におけるたわみと等価走行回数の関係において、たわみの進展とはく離の関係について明らかにした。そして、ひび割れが発生した等価走行回数から健全度との関係についても検証した。

2. 供試体概要および水平ひび割れの測定法

2.1 RC床版供試体の使用材料および寸法

(1) RC床版の材料および特性値 RC 床版は道路橋示方書・同解説¹⁾(以下、道示とする)に準拠して製作した。よって、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、5mm ~ 20mm の砕石を使用した。また、供試体の鉄筋には、SD295A, D13 を使用した。なお、供試体はコンクリートの圧縮強度を 30N/mm² と 35N/mm² の 2 種類で製作した。ここで材料特性値を表-1に示す。

(2) 供試体の寸法 供試体寸法は、道示¹⁾に準拠して 3/5 モデルとした。供試体寸法および鉄筋配置を図-1に示す。供試体寸法は、全長は 1,600mm、支間 1,400mm、床版厚 150mm の等方性版である。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。

2.2 水平ひび割れの発生事例および測定法

(1) 水平ひび割れの発生事例 輪荷重走行疲労実験における破壊時の切断面の損傷状況を図-2に示す。水平ひび割れは両支点からせん断スパン比 2.5d 内側の曲げ領域内の圧縮鉄筋配置付近に発生している。このひび割れの発生と等価走行回数の関係を明らかにすることで、その時期が推定されるものと考えられる。

(2) 水平ひび割れの測定法 水平ひび割れの検証位置は、図-1に示す軸方向の支間中央から 200mm ごとに計 5 箇所をφ12mm、深さ 25mm の孔を削孔し、線香を挿入して水を満水にして、5 分後に減水量を計測する。減水量の計測は、輪荷重走行疲労実験の過程で、たわみが 2.5mm、3.0mm、3.5mm、3.5mm から 4.1mm までは 0.1mm ごとと 4.5mm で計

表-1 コンクリートおよび鉄筋の材料特性値

供試体	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	鉄筋(SD295A)		
		降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
RC-30	29.8	384	526	200
RC-35	35.3			

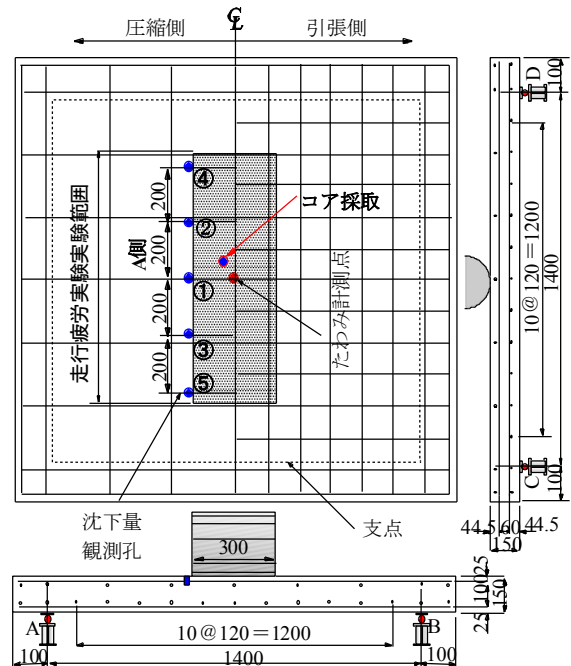


図-1 供試体寸法および水平ひび割れ計測位置

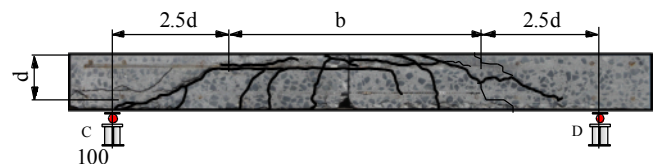


図-2 輪荷重走行疲労実験における水平ひび割れ

測した。一方、輪荷重走行疲労実験後に図-1に示す床版中央付近に蛍光塗料の入った接着剤を注入し、接着剤が硬化後、φ25mm のコアを採取して水平ひび割れの発生状況を確認した。

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における荷重は 100kN で 2 万回走行し、その後 20kN ずつ増加させる段階荷重載荷とした。

(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)で与えられ、式(1)における 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である 12.7 を適用する。なお、基準荷重は 72kN とした。

キーワード：RC 床版、輪荷重走行疲労実験、水平ひび割れ、健全度評価

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

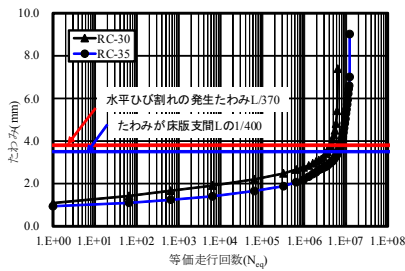
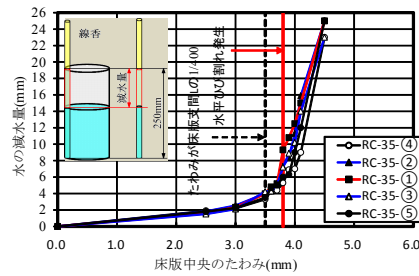
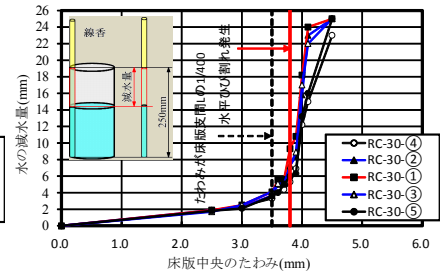


図-3 たわみと等価走行回数



(1) 供試体RC-30



(2) 供試体RC-35

図-4 水の沈下量とたわみの関係

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

ここで、 P_i ：載荷荷重(kN)， P ：基準荷重(=72kN)， n_i ：実験走行回数(回)， m ：S-N 曲線の傾きの逆数(=12.7)

4. 実験結果および考察

(1) 等価走行回数 本実験に用いた RC 床版供試体の破壊等価走行回数 N_f は、供試体 RC-30 が 6.409×10^6 ，RC-35 は 12.336×10^6 回である。

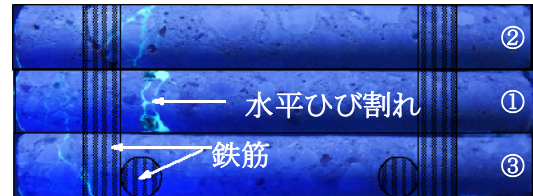
(2) たわみと等価走行回数 たわみと等価走行回数の関係は、図-3に示すように荷重 100kN で 1 走行後の初期たわみは RC-30，RC-35 でそれぞれ 1.09mm，0.94mm であり、圧縮強度 35N/mm^2 の供試体の下回っている。次に、たわみが 3.5mm に達した時点の等価走行回数はそれぞれ 3.487×10^6 ， 6.484×10^6 回である。この時点で打音法によるはく離の診断では水平ひび割れの発生は確認できない。その後、走行を繰り返すことでたわみも徐々に増加している。最大たわみはそれぞれ 7.4mm，9.0mm である。

(3) 水平ひび割れの検証 水平ひび割れの検証は $\phi 12\text{mm}$ ，深さ 25mm の孔に線香を挿入し、水を滞水した後の 5 分後に水の減水量を測定し、図-4に示した。供試体 RC-30 および RC-35 においても、たわみが 3.8mm 付近で減水量が多くなっている。よって、たわみが 3.8mm 付近、すなわち床版支間 L の $1/370$ 付近から水平ひび割れが発生したものと推察される。たわみが 4.0mm 付近では減水量も多くなり、走行面全面に水平ひび割れが及んでいるものと推察される。

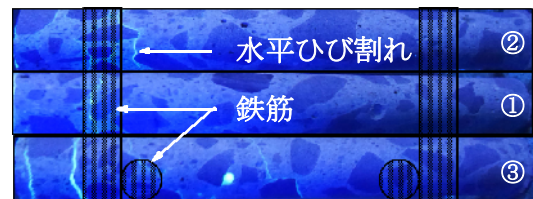
(4) 破壊時の損傷状況 押抜きせん断破壊した供試体からコア採取によるひび割れ状況を図-4に示す。床版上面から 25mm 付近に水平ひび割れの発生が確認できる。以上のように破壊時には輪荷重走行による水平ひび割れの発生が確認された。

5. 水平ひび割れの発生と劣化過程の関係

RC 床版の劣化課程に達するまでの健全度評価において、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 $0.2 \leq D$



(1) 供試体RC-30



(2) 供試体RC-35

図-5 水平ひび割れの発生状況

< 0.5 の範囲の劣化過程は進展期であり、 $0.5 \leq D < 0.75$ の範囲が加速度期(前期)， $0.75 \leq D < 0.8$ が加速度期(後期)， $0.8 \leq D$ が劣化期である。よって、本供試体の水平ひび割れが発生すると推察されるたわみ 3.8mm の等価走行回数を破壊時の等価走行回数で除した損傷度 D は、供試体 RC-30 が $D = 0.66$ ($4.260 \times 10^6 / 6.409 \times 10^6$)，RC-35 が $D = 0.61$ ($= 7.489 \times 10^6 / 12.336 \times 10^6$) であり、加速度期(前期)に相当する。

6. まとめ

輪荷重走行疲労実験においてはたわみの進展とひび割れ発生について実験を行った。その結果、水の減水量から検証した水平ひび割れの発生は、たわみが 3.8mm，すなわち床版支間 L の $1/370$ 付近から水平ひび割れの発生が見られた。また、たわみが 3.8mm に達した時点の等価走行回数を破壊時の等価走行回数で除した疲労損傷度は $D = 0.61$ であり、劣化過程は加速度期前期に相当する損傷である。よって、かなり早い段階で水平ひび割れが発生するものと推察される。

参考文献：

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I，II，III，2014.
- 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.