

## 論文

## 輪荷重走行疲労実験におけるRC床版の水平ひび割れの発生時期の推定および診断

佐藤大輝\*, 阿部忠\*\*, 木内彬喬\*, 小林稔\*, 褚楚\*

\*日本大学大学院, 生産工学研究科土木工学専攻 (〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

\*\*博(工), 日本大学教授, 生産工学部土木工学科 (〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1)

道路橋 RC 床版は, 輪荷重の走行により, 下面からのひび割れや床版内部に水平ひび割れが発生する. しかし, 床版内部の水平ひび割れは非破壊検査では発見しにくい損傷である. そこで本研究は, RC 床版供試体に小径コアを穿孔し, 輪荷重走行疲労実験の過程で, 水の減水深さから水平ひび割れが発生する等価走行回数およびたわみを検証した. その結果, 輪荷重走行疲労実験の過程においてたわみが床版支間 L の 1/370 付近から水平ひび割れの発生が確認された. また, 破壊時においてはコア採取による柱状サンプルより, ひび割れの発生位置は圧縮鉄筋付近であることも確認された.

キーワード: RC 床版, 輪荷重走行疲労実験, 等価走行回数, 水平ひび割れ

### 1. はじめに

国土交通省の橋梁点検要領<sup>1)</sup>における道路橋 RC 床版の点検は, 床版下面からはひび割れ発生状況, 漏水・遊離石灰の発生, 鉄筋の露出・腐食状況が主であり, 平成 26 年に改定され点検要領では, ひび割れ状況と漏水・遊離石灰発生による複合損傷による判定基準が示されている. また, 上面からの点検においては, アスファルト舗装に発生するひび割れ状況, 石灰分の滲出, ポットホール<sup>2)</sup>の発生状況から RC 床版の損傷状況が点検されている. いずれもコンクリートの表面からの点検が主である. しかし, 疲労損傷を受けた RC 床版や RC 床版を用いての輪荷重走行疲労試験においても, 輪荷重が繰り返し走行することによる内部コンクリートには水平ひび割れが発生している<sup>2)</sup>. RC 床版の水平ひび割れの診断においては各種試験装置を用いた非破壊検査が実施されているものの, 水平ひび割れの発見には難を来している. したがって, 輪荷重走行による水平ひび割れ損傷は, ほとんどが劣化した床版を撤去した後に確認される場合が多い. 一方, 劣化した RC 床版上面においては, 耐疲労性の向上を図るために鋼繊維補強コンクリートを用いた上面増厚補強が施されているが, これらの補強床版においても補強界面での離れが生じている. 以上のように, 実橋 RC 床版においては疲労や劣化による水平ひび割れが発生するものの, その発生時期の推定に至っていないのが現状である.

そこで本研究では, モデル化した RC 床版供試体の走行面に, 小径孔を穿孔し, 孔に水を満水させ, 輪荷重走行疲労実験の過程で, 水の減水深さから水平ひび割れの発生状況を検証する. また, 破壊時における RC 床版の

走行面に小径コアを採取し, 蛍光色を混入させた浸透性接着剤を注入し, 外周をコアドリルで柱状サンプル<sup>3)</sup>を採取し, 水平ひび割れ発生位置の診断を行い, 橋梁点検において RC 床版の水平ひび割れ発生時期と健全度との整合性を示した.

### 2. 道路橋RC床版の水平ひび割れ発生状況

#### 2.1 高速道路RC床版の水平ひび割れ発生状況

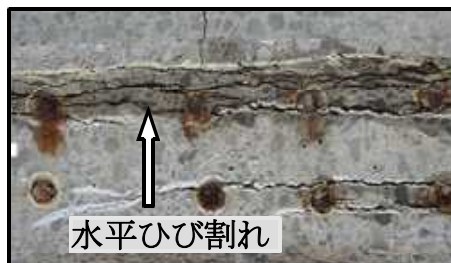
高速道路の RC 床版の水平ひび割れ発生状況を写真-1 に示す. この RC 床版は, 疲労損傷と凍結防止剤の散布による塩害, さらに凍害の複合劣化により, 供用開始後 38 年で撤去された. 写真-1(1)は, 撤去後の切断面の水平ひび割れが発生状況であり, 雨水や融解水が侵入し, 土砂化となっている. また, 写真-1(2)は, 圧縮鉄筋および引張鉄筋配置付近に水平ひび割れが発生している. さらに, 長期間にわたり, 凍結防止剤や融雪材の散布による塩害で, 鉄筋に錆びが発生し, この影響による水平ひび割れも発生している.

#### 2.2 疲労実験における水平ひび割れの発生状況

阿部ら<sup>2)</sup>は, 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写真-2 として与えている. これによると, せん断スパン比  $ald = 25$  の範囲は斜めひび割れが発生, 曲げ領域  $b$  の区間の圧縮鉄筋付近には水平ひび割れが発生している. しかし, 実験中はどの時点で発生するかは不明である. これらの水平ひび割れは, ハンマーを用いての打音法等で検証を行っても判明しにくい損傷である. とくに, 交通量の多い床版での打音法による発見は困難であると考えられる.



(1) 水平ひび割れと土砂化



(2) 水平ひび割れ

写真-1 高速道路 RC 床版の損傷状況

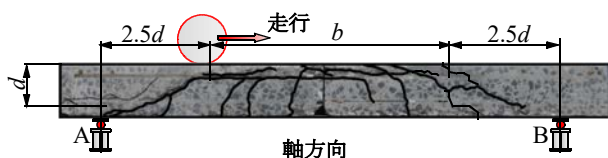


写真-2 輪荷重疲労実験における水平ひび割れ<sup>2)</sup>

以上より、RC 床版の長寿命化を図るためにも水平ひび割れの発生時期の推定が必要であると考える。

### 3. RC床版供試体の使用材料および寸法

#### 3.1 使用材料

道路橋 RC 床版に使用するコンクリートの設計基準強度は 1980 年以降の道路橋示方書・同解説<sup>4)</sup> (以下、道示とする) では  $24\text{N/mm}^2$  以上と改定され現在に至っている。そこで、RC 床版供試体に用いるコンクリートの配合条件は、設計基準強度を  $24\text{N/mm}^2$  と  $30\text{N/mm}^2$  の 2 種類とする。よって、供試体に用いるコンクリートには、普通ポルトランドセメントと 5mm 以下の砕砂および 5mm ~ 20mm の砕石 (JIS-A5005) を使用する。また、鉄筋には SD295A の D13 を用いた。ここで、RC 床版供試体のコンクリートおよび鉄筋の材料特性値を表-1 に示す。なお、圧縮強度は、実験時における圧縮試験の結果であり、鉄筋はミルシートによる値である。

#### 3.2 供試体寸法および鉄筋の配置

本供試体の寸法は、道示の規定に準拠し、設計条件は支間 2.4m、荷重 B 活荷重、大型車両の 1 日 1 方向の計画交通量 2,000 台以上として設計し、3/5 モデルとする。ここで、3/5 モデルとした供試体寸法および鉄筋の配置を図-1 に示す。

RC 床版供試体の寸法は、全長は 1,600mm、支間 1,400mm、

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 ( $\text{N/mm}^2$ )	鉄筋(SD295A)		
		降伏強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	弾性係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )
RC-30	29.8	384	526	200
RC-35	35.3			

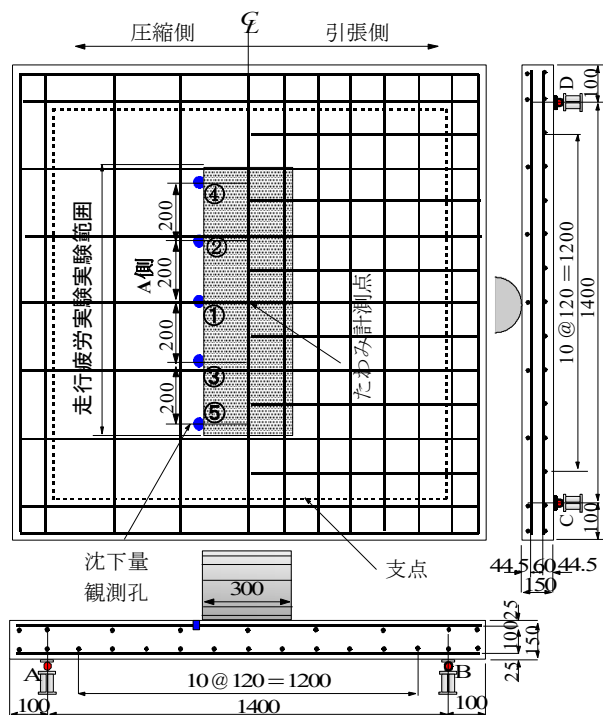


図-1 供試体寸法および水平ひび割れ計測位置

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。その有効高さは、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。

### 4. 水平ひび割れの測定法および破壊時の水平ひび割れの検証

#### 4.1 水平ひび割れの測定法

水平ひび割れの発生状況の検証位置を図-1 および検証方法・手順を図-2 に示す。

輪荷重走行疲労実験における水平ひび割れは図-1 に示す軸方向の走行範囲の曲げ領域、すなわち写真-1 に示す軸方向の両支点からの距離  $L$  からせん断スパン比  $a = 2.5d$  を除いた曲げ領域  $b$  の範囲とし、中央から 200mm ごとに計 5 箇所とする。

水平ひび割れ発生の測定法は、水平ひび割れ付近、すなわち圧縮鉄筋配置付近まで  $\phi 12\text{mm}$  の孔をドリルで穿孔し、水を満水し、ひび割れ発生に伴う減水深さを計測するものとする。ここで、簡易的な水平ひび割れの測定方法を図-2 に示す。図-2 ①に示すように、 $\phi 12\text{mm}$ 、圧縮鉄筋位置、深さ 25mm まで孔を削孔する。本実験では、たわみの増加ごと、孔に水を満水し (図-2 ②)、5

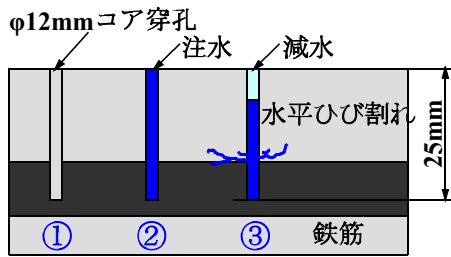


図-2 水平ひび割れの測定法

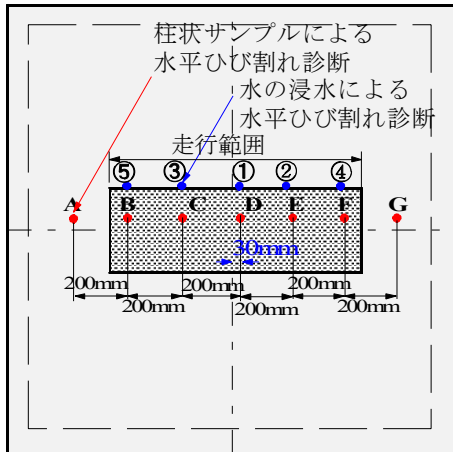


図-3 柱状サンプル採取位置

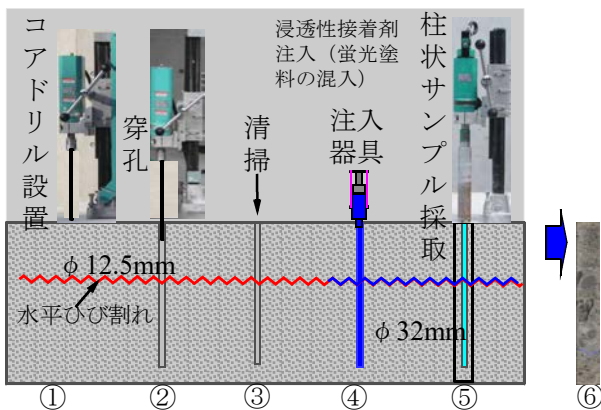


図-4 柱状サンプルによる水平ひび割れ診断

分後に減水深さを計測する (図-2 ③)。

筆者らの既往の研究<sup>5)</sup>において、たわみが床版支間  $L$  の  $1/400$ 、すなわち本供試体ではたわみが  $3.5\text{mm}$  までは、水平ひび割れの発生は確認されない結果を得ている。そこで、水平ひび割れ発生計測は、輪荷重走行疲労実験の過程で、たわみが  $2.5\text{mm}$ 、 $3.0\text{mm}$ 、 $3.5\text{mm}$ 、の時点で実施し、 $3.6\text{mm}$  から  $4.1\text{mm}$  までは  $1\text{mm}$  ごと、その後は  $4.5\text{mm}$  の時点で行うものとする。

#### 4.2 破壊後の水平ひび割れの検証

破壊時の水平ひび割れの検証は、輪荷重走行疲労実験において、供試体が破壊した後に柱状サンプルを採取し、検証する。ここで、柱状サンプルを採取する位置を図-3に示す。図-3より、輪荷重走行範囲の軸方向中央付近から  $200\text{mm}$  間隔で7カ所て診断する。本来試験体を軸方向に切断することで水平ひび割れの発生状況が確認でき

る。しかし、維持管理においては床版の切断は不可能であることから、筆者らは、小口径コアドリル試験機を用いて RC 床版のコンクリート内部を診断する「コンクリート構造部材の柱状サンプル採取方法」<sup>3)</sup>を提案した。この手法を用いることで床版内部に発生した水平ひび割れが適切に検証される<sup>7)</sup>。

そこで、本実験においてもこの手法を用いて検証する。ここで、柱状サンプルによる診断手順を図-4に示す。図-4に示すように、コアドリル装置を用いて、ドリル径  $\phi 12.5\text{mm}$  で深さ  $140\text{mm}$  までコアを穿孔する (図-4 ①、②)。コアが穿孔した後孔内を清掃し (図-4 ③)、蛍光塗料を混合した浸透性接着剤を注入し (図-4 ④)、水平ひび割れに浸透させる。この浸透性接着剤はひび割れ幅  $0.05\text{mm}$  まで浸透することが確認されている<sup>8)</sup>。8時間の養生後、水平ひび割れを一体化した外周、 $\phi 25\text{mm}$  のコアを採取し (図-4 ⑤)、これを柱状サンプル (図-4 ⑥) として、ブラックライトにより水平ひび割れの発生状況を写真撮影する<sup>3)</sup>。

### 5. 輪荷重走行疲労実験および等価走行回数

#### 5.1 実験方法

輪荷重走行疲労実験では、RC 床版の中央から両支点方向に  $450\text{mm}$  (走行範囲:  $900\text{mm}$ ) の範囲に輪荷重 (幅  $300\text{mm}$ ) を供試体が破壊するまで繰り返し走行させる。走行面に板厚の異なる供試体 RC-30 には  $3.2\text{mm}$ 、RC-35 には  $4.5\text{mm}$  の鋼板を敷いて輪荷重走行疲労実験を行った。輪荷重走行疲労実験におけるたわみの計測は、輪荷重走行  $1, 10, 100, 1,000, 5,000$  回および  $5,000$  回以降は  $5,000$  回走行ごとにたわみを計測する。また、輪荷重走行後に最大たわみがそれぞれの計測位置に達した後、実験を中断して、各孔に水を満水し、減水深さを計測する。

#### 5.2 等価走行回数

本実験に用いる供試体は道示に準拠し、3/5 モデルとした供試体を用いて、一定な荷重  $100\text{kN}$  で破壊するまで輪荷重走行疲労実験を実施した。よって、基準荷重と実験荷重が異なることから等価走行回数  $N_{eq}$  を算出して耐疲労性を評価する。等価走行回数の算定式は式(1)として与えられる。なお、式(1)における基準荷重  $P$  は設計活荷重の  $3/5$  に安全率  $1.2$  を考慮した  $72\text{kN}$  として等価走行回数を算出する。S-N 曲線の傾きの逆数  $m$  の絶対値には松井らが提案する  $12.7$  を適用する<sup>9)</sup>。

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

ここで、 $N_{eq}$ : 等価走行回数 (回)、 $P_i$ : 載荷荷重 (kN)、 $P$ : 基準荷重、 $n_i$ : 実験走行回数 (回)、 $m$ : S-N 曲線の傾きの逆数 (=  $12.7$ )

## 6. 実験結果および考察

### 6.1 等価走行回数

本実験に用いた RC 床版供試体の実験走行回数および等価走行回数を表-2に示す。

RC 床版供試体の破壊時の等価走行回数  $N_{eq}$  は、供試体 RC-30 が  $6.409 \times 10^6$  回、RC-35 は  $12.336 \times 10^6$  回である。圧縮強度  $35 \text{N/mm}^2$  の供試体は 1.9 倍の等価走行回数となった。よって、圧縮強度を高くすることで等価走行回数は大幅に向上している。

### 6.2 たわみと等価走行回数

たわみと等価走行回数の関係を図-5に示す。図-5には、疲労損傷による補修・補強の推定して、たわみが床版支間  $L$  の  $1/400^{\circ}$ 、すなわち  $3.5 \text{mm}$  の位置も併記した。

コンクリートの圧縮強度  $29.8 \text{N/mm}^2$  の供試体 RC-30 の荷重  $100 \text{kN}$  で 1 走行後の初期たわみは  $1.09 \text{mm}$  である。たわみが  $3.5 \text{mm}$  に達した時点の等価走行回数は  $3.566 \times 10^6$  回である。その後の走行を繰り返すことでたわみが増加し、破壊荷重時では  $7.39 \text{mm}$  である。

次に、コンクリートの圧縮強度  $35.3 \text{N/mm}^2$  の供試体 RC-35 の初期たわみは  $0.94 \text{mm}$  であり、圧縮強度が高ことから供試体 RC-30 を下回っている。たわみが  $3.5 \text{mm}$  に達した付近の等価走行回数はそれぞれ  $6.484 \times 10^6$  回である。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  $9.0 \text{mm}$  である。なお、両供試体ともにたわみが床版支間  $L$  の  $1/400$  に達した時点で、打音法による水平ひび割れの発生状況の診断を行った結果、水平ひび割れの発生の確認はできない。

### 6.3 水平ひび割れの検証

輪荷重走行疲労実験の過程で、水平ひび割れの検証結果を図-6に示す。

供試体 RC-30 は、図-1に示す計測点①～⑤に、それぞれ  $\phi 12 \text{mm}$ 、深さ  $25 \text{mm}$  の孔に、線香を挿入し、水を満水した後の 5 分後に水の減水深さを測定し、図-6に示した。

供試体 RC-30 は図-6(1)に示すように、たわみが  $2.5 \text{mm}$  の時点の減水深さの平均は  $1.82 \text{mm}$  である。たわみが床版支間  $L$  の  $1/400$ 、すなわち  $3.5 \text{mm}$  の時点の減水の深さの平均が  $3.75 \text{mm}$  である。たわみが  $3.7 \text{mm}$  付近から減水の深さの平均が  $5.06 \text{mm}$  であり、やや多くなっている。

たわみが  $3.8 \text{mm}$  の時点の減水深さの平均は  $7.04 \text{mm}$  であり、この時点のたわみは床版支間  $L$  の  $1/368$  である。とくに、中央の①の減水深さは  $9.3 \text{mm}$  であり、水平ひび割れに浸透している。たわみが  $4.1 \text{mm}$  の時点では計測点①、②、③では減水深さが  $22 \text{mm} \sim 24 \text{mm}$  に達し、水平ひび割れに浸透していると考えられる。

次に、供試体 RC-35 は図-6(2)に示すように、たわみが  $2.5 \text{mm}$  での減水深さの平均が  $1.73 \text{mm}$  である。たわみ

表-2 実験走行回数および等価走行回数

供試体	走行回数	荷重 $100 \text{kN}$
RC-30	実験走行回数	98,850
	等価走行回数	6,409,941
RC-35	実験走行回数	190,300
	等価走行回数	12,336,901

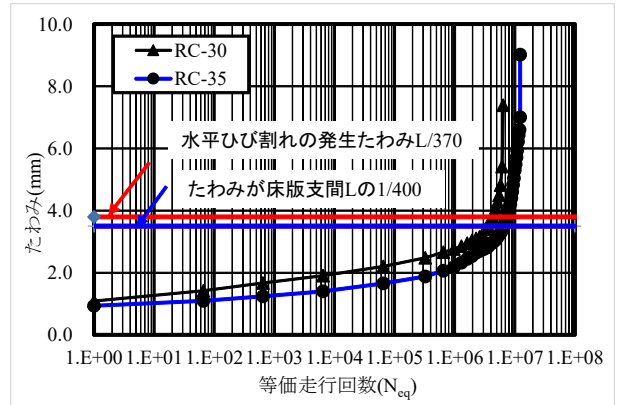
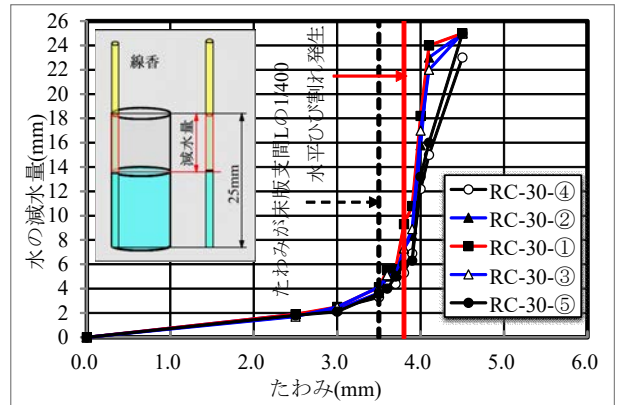
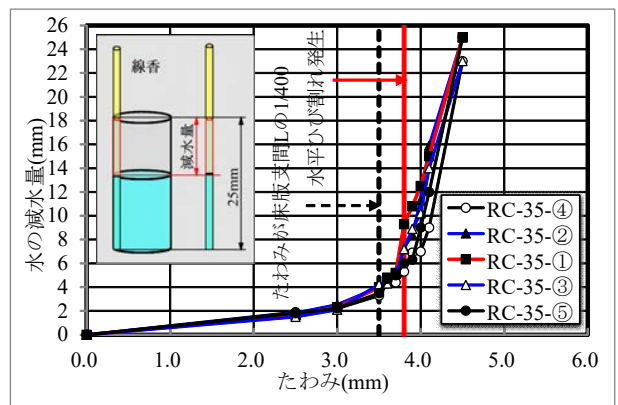


図-5 たわみと等価走行回数の関係



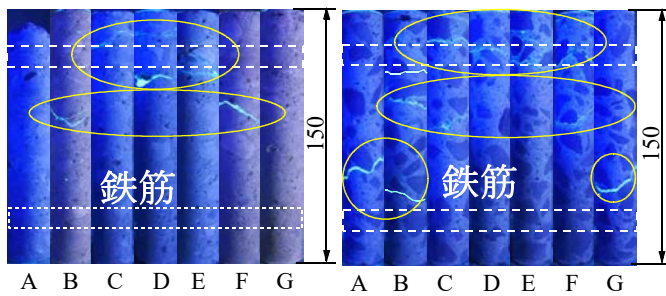
(1) 供試体 RC-30



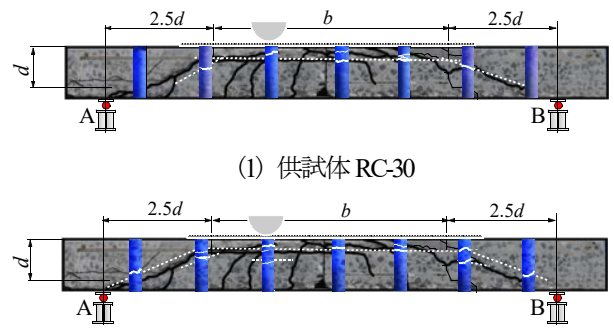
(2) 供試体 RC-35

図-6 水の沈下量とたわみの関係

が  $3.5 \text{mm}$  の時点の減水深さの平均が  $3.8 \text{mm}$  である。たわみが  $3.8 \text{mm}$  での減水深さの平均は  $7.0 \text{mm}$  であり、この付近から減水深さも多くなり、水平ひび割れに浸透していると考えられる。この時点のたわみは床版支間  $L$  の  $1/368$  である。たわみが  $4.1 \text{mm}$  での計測点①、②、③の減水の平均は  $20 \text{mm}$  となり、減水深さが多くなっている。たわ



(1) 供試体 RC-30 (2) 供試体 RC-35  
写真-3 柱状サンプルによるひび割れ発生状況



(1) 供試体 RC-30 (2) 供試体 RC-35  
写真-4 断面方向のひび割れ発生状況

みが 4.5mm では、各計測点で 23mm 以上となっている。  
以上より、本実験の範囲内では、たわみが床版支間 L の 1/370 付近から漏水が発生することから、この付近が水平ひび割れの発生時期と推定できる。

#### 6.4 柱状サンプルによる水平ひび割れ診断

小径コアドリルを用いて、採取した柱状サンプルの結果を写真-3 に示す。この柱状サンプルは、ブラックライトを用いての撮影した結果である。また、写真-2 に示す断面方向のひび割れ状況との関係を写真-4 に示す。

供試体 RC-30 の実験終了後のひび割れ状況は写真-3 (1) に示すように、微細な水平ひび割れ発生位置に、浸透性接着剤が浸透している。写真-3(1), A, G は端部の計測点であり、水平ひび割れの発生は確認されない。写真-3(1), B, F は端部から 300mm 付近の損傷状況であり、上縁から 65mm 付近に発生している。これを写真-2 のひび割れと一致すると写真-4(1) に示すせん断領域付近であり、斜めひび割れ発生位置と同位置である。次に、写真-3(1), C, D, E は曲げ領域であり、圧縮鉄筋付近に水平ひび割れが発生している。断面方向のひび割れ状況との関係は、写真-4(1) に示すように、圧縮鉄筋付近にひび割れが発生している。また、水の減水深さから確認しても図-6(1) に示す④、⑤の位置および①、②、③の減水量からも一致できる。

次に、供試体 RC-35 のひび割れ状況を写真-3(2) に示す。一部のひび割れに樹脂が浸透されない位置についてはひび割れを加筆した。

写真-3(2), A, G は、端部から 100mm 付近の計測点であり、床版上面から 95mm 付近にひび割れが発生している。写真-2 に示す断面方向のひび割れと重ねると写真-4(2) に示すように、せん断領域であることから、斜めひび割れとほぼ一致している。写真-3(2), B は、端部から 300mm 付近の損傷状況であり、上縁から 55mm 付近に斜めひび割れと上縁から 35mm 付近、圧縮鉄筋の下縁に水平ひび割れが発生している。F の位置も上縁から 65mm 付近に斜めひび割れ、25mm 付近に水平ひび割れが発生している。断面方向の写真-4(2) とラップさせるとほぼ同位置にひび割れが発生している。写真-3(2), C, D,

E は、鉄筋配置付近に水平ひび割れが発生している。写真-4(2) に示す曲げ領域の範囲の圧縮鉄筋付近に水平ひび割れが発生している位置とラップしている。また、水の減水深さから確認しても図-6(2) に示す①から⑤の範囲には水平ひび割れが発生していることから減水深さが多くなっているのと一致されている。

以上より、破壊後に  $\phi 12.5\text{mm}$  の小径コアに蛍光塗料を混入した浸透性接着剤を注入させ、その後  $\phi 32\text{mm}$  のドリルで採取した柱状サンプルにおいても、接着剤の効果により、水平ひび割れが接着され、柱状サンプルが採取でき、これにブラックライトを用いることで、ひび割れ発生位置が確認された。

### 7. 水平ひび割れの発生と劣化過程・健全度との関係

#### 7.1 累積損傷度と劣化過程の関係

玉越ら<sup>10)</sup>は、疲労による累積疲労損傷度  $D$  を「基本輪荷重の繰り返し回数」を「破壊に至る繰り返し回数」で徐し、式(2)として与えている。

$$D = N/N_f \quad (2)$$

ここで、 $D$ : 疲労損傷度、 $N$ : 繰り返し回数、 $N_f$ : 疲労破壊に至る繰り返し回数

玉越らは、疲労による累積損傷度と土木学会が示す劣化過程の関係を次のように示している。これによると累積損傷度が  $0.2 \leq D < 0.5$  の範囲の劣化過程は進展期、 $0.5 \leq D < 0.65$  の範囲が加速速度(前期)、 $0.65 \leq D < 0.8$  が加速期(後期)、 $0.8 \leq D$  が劣化期としている。

そこで、本供試体の疲労実験における累積損傷度と等価走行回数 ( $= D \times N_{eq}$ ) およびたわみと等価走行回数の関係から累積損傷度・等価走行回数と支間 L に対するたわみの関係を表-3 に示す。さらに、国土交通省の橋梁点検要領に示す健全度の判定区分の関係についても提案し、表-3 に併記した。

表-3 より、供試体 RC-30 の破壊時の等価走行回数に対して累積損傷度  $D = 0.2$  の範囲の等価走行回数は  $1281 \times 10^6$  回であり、この時点のたわみは床版支間 L の 1/490 である。この範囲の劣化過程は潜伏期、橋梁点検要

表-3 累積損傷度と等価走行回数・たわみの関係

累積損傷度 $D=N/N_f$	供試体RC-30		供試体RC-35		劣化過程	健全度 区分
	等価走行回数	たわみ(L:支間)	等価走行回数	たわみ(L:支間)		
$0 < D \leq 0.2$	0 ~ 1,281,988	0 ~ L/490	0 ~ 2,468,005	0 ~ L/510	潜伏期	I
$0.2 < D \leq 0.5$	1,281,988 ~ 3,204,971	L/490 ~ L/410	2,468,005 ~ 6,170,014	L/510 ~ L/415	進展期	II
$0.5 < D \leq 0.65$	3,204,971 ~ 4,166,462	L/410 ~ L/370	6,170,014 ~ 8,021,018	L/415 ~ L/345	加速期(前期)	III
$0.65 < D \leq 0.8$	4,166,462 ~ 5,127,953	L/370 ~ L/325	8,021,018 ~ 9,872,022	L/345 ~ L/270	加速期(後期)	
$0.8 < D \leq 1.0$	5,127,953 ~ 6,409,941	L/325 ~ L/189	9,872,022 ~ 12,340,027	L/270 ~ L/155	劣化期	IV

領が示す健全度の区分はIとなる。また、阿部ら<sup>5)</sup>が提案している、床版の修繕時期の推定であるたわみが床版支間 L の 1/400 に達した時点の劣化過程は進展期、健全度区分は III に相当する。また、水平ひび割れの発生は本実験よりたわみが床版支間 L の 1/370 付近、すなわちたわみが 3.78mm (= 1400/370) に達する等価走行回数回数は  $4.260 \times 10^6$  回であり、累積損傷度 D は 0.65 (=  $4.260 \times 10^6 / 6.409 \times 10^6$ ) となる。したがって、劣化過程は加速期(後期)、健全度 III に相当する。

次に、供試体 RC-35 は、供試体 RC-30 に対して圧縮強度が  $5N/mm^2$  高いことと、実験において走行面に 4.5mm の鋼板を敷いたことから等価走行回数も 1.9 倍向上したものの累積損傷度 D と等価走行回数、たわみの関係および土木学会の劣化過程、点検要領に示す健全度区分は、供試体 RC-30 と同等である。したがって、維持管理が必要な健全度 III に達するたわみは床版支間 L の 1/400 である。また、水平ひび割れが発生する累積損傷度  $D = 0.61$  (=  $7.489 \times 10^6 / 12.336 \times 10^6$ ) であり、加速期(前期)に相当する。

以上より、水平ひび割れの発生する時期は、たわみが床版支間 L の 1/370 であり、加速期(前期)の後半から加速期(後期)の前半で発生することからこの時期には、コア採取により、水平ひび割れの点検が必要となる。

## 8. まとめ

- (1) 輪荷重走行面端部に  $\phi 12.5mm$ 、深さ 25mm のコアを削孔し、輪荷重走行疲労実験の過程で、所定のたわみに達した時点で、コアに水を満水し、ひび割れの発生位置に浸透することで減水深さから、ひび割れ発生状況を検証した。その結果、供試体 RC-30 および RC-35 とともに、たわみが 3.8mm、すなわちたわみが床版支間 L の 1/370 に達した付近から減水量が多くなり、この時点から水平ひび割れが発生したものと考えられる。
- (2) 破壊後に樹脂注入し、小径コアドリルを用いて柱状サンプルを採取し、水平ひび割れ発生位置を検証した結果、輪荷重走行により、せん断領域には斜めひび割れ、曲げ領域には圧縮鉄筋付近に水平ひび割れが発生していることが確認された。
- (3) 輪荷重走行疲労実験における破壊の等価走行回数を

基に累積損傷度からそれぞれ劣化過程ごとの等価走行回数および床版支間 L とたわみを算定し、整合性を検証した。水平ひび割れが発生する累積損傷度は  $D = 0.65$  であり、劣化過程は加速期前期後半であり、橋梁点検要領に示す健全度区分は III に相当する損傷である。

## 参考文献：

- 1) 国土交通省：橋梁点検要領，2016
- 2) 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，pp.39-54，2011.1
- 3) 阿部忠，大窪克己，高野真希子：コンクリート構造部材の柱状サンプル採取方法，特願 2017-130224
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I，II，2002
- 5) 阿部忠，木田哲量，高野真希子，小森篤也，児玉孝喜：輪荷重走行疲労実験における RC 床版上面増厚補強法の耐疲労性の評価法，構造工学論文集，Vol. 56A，pp.1270-1281，2010.3
- 6) 阿部忠・伊藤清志・大野晃・山下雄史：RC 床版上面損傷に用いる補修材の提案およびサイクル補修における耐疲労性の評価，構造工学論文集，Vol. 60A，pp.1122-1133，2014.3
- 7) 木内彬喬，阿部忠，高野真希子，大窪克己：小径コアドリルおよび浸透性接着剤を用いたコンクリート構造部のひび割れ診断技術に関する研究，日本大学生産工学部第 50 回学術講演会講演概要，pp. 1043-1044，2017.12
- 8) 大野晃，伊藤清志，山下雄史，阿部忠：超速硬繊維補強セメントモルタルを用いた道路橋 RC 床版の部分補修技術に関する研究，コンクリート構造物の補修・補強アップグレード論文・報告集，第 13 巻，pp.357-264，2013.11
- 9) 松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理，森北出版，2007.10
- 10) 玉越隆史，大久保雅憲，渡辺陽太：道路橋の計画的な管理に関する調査研究 - 橋梁マネジメントシステム (BMS) -，国総研資料，第 523 号，2009

(2018年7月20日受付)