

輪荷重走行試験による RC 床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の検討 (その1) 試験の概要とリファレンス計測による損傷程度の評価

鹿島建設(株) 正会員 ○古市耕輔, 新井崇裕, 岩井 稔
前田建設工業(株) 正会員 小原孝之

1. はじめに

RC 床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の適用性について検討することを目的として、輪荷重走行試験を行いリファレンスデータ、および各種モニタリング技術(後述する7技術)によるデータを採取した。本報では、(その1)として輪荷重走行試験の概要とリファレンス計測による損傷程度の評価について述べる。

2. 輪荷重走行試験の概要

(1) 試験体

試験体は、老朽化した RC 床版を模擬することを想定し、道路橋示方書の旧基準(昭和39年版)を参考にして設計した。試験体の概要を図-1に、コンクリートの配合、および試験開始時における特性値を表-1、2にそれぞれ示す。試験体の形状寸法は、幅2,200、長さ4,000、厚さ190mmであり、内部には上段主鉄筋 SD295A D16、下段主鉄筋 SD295A D16、および上段配力鉄筋 SD295A D10、下段配力筋 SD295A D13 をそれぞれ300mm間隔で配置した。

(2) 試験方法

輪荷重走行試験は、写真-1に示す山口大学工学部所有の試験機(自走式)を用いて行った。試験体は、試験機の線支承の上に配置し床版支間は2,000mmとした。境界条件は、輪荷重走行方向の2辺を線支承で支持し、直角方向の2辺は自由端とした。また、輪荷重走行時の負反力による滑動を抑制する目的で、線支承上の6箇所において床版上面を試験機に固定した(図-1)。載荷荷重は、15,000移動往復回毎に段階的に値を大きくした(89, 100, 110kN)。各載荷荷重における0, 100, 1,000, 5,000, 15,000回の移動往復回時に静的載荷を行った。ここで、本試験機は油圧の加圧速度を制御できない仕様のものであったため、静的載荷は所定の荷重まで40~50程度にステップを分割し、載荷と除荷を繰り返しながら徐々に荷重をあげることでデータを採取した。このため、一般的な静的載荷よりも載荷速度は速いものとなっており、続編における加速度データ等も採取した。載荷荷重と移動載荷回数との関係を図-2に示す(結果として、試験は累積走行回数45,167回(載荷荷重110kN)のときに床版の抜落ちにより終了した)。

(3) リファレンス計測とモニタリング技術

リファレンス計測では、高感度変位計によるたわみ量、目視観察によるひび割れ状況、パイ型変位計によるひび割れ幅(19箇所)をそれぞれ測定した。また、モニタリング技術は、表-3に示す7種類を用いた(今回は、続編で②, ③, ④, ⑦の技術について報告する)。

3. 損傷程度の評価

リファレンス計測における残留変形角(残留たわみ/(床版支間/2))、

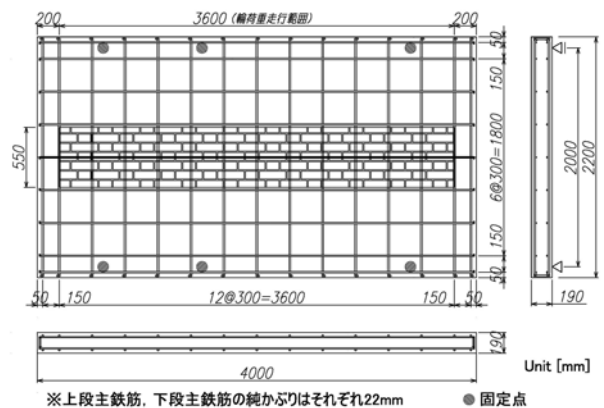


図-1 試験体の概要

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 [mm]	セメントの種類による記号	水粉体比 [%]	単位量 [kg/m ³]				
			セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
20	N	67.5	253	171	916	942	2.53

表-2 コンクリートの特性値

圧縮強度 [N/mm ²]	割裂引張強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [kN/mm ²]	ポアソン比 [%]
30.4	3.20	27.2	0.2

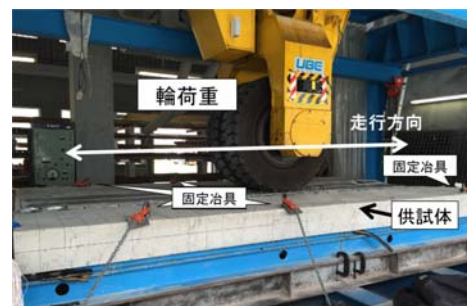


写真-1 輪荷重走行試験の状況

キーワード RC 床版, 疲労, 劣化, 輪荷重走行試験, 損傷評価, モニタリング技術

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6706

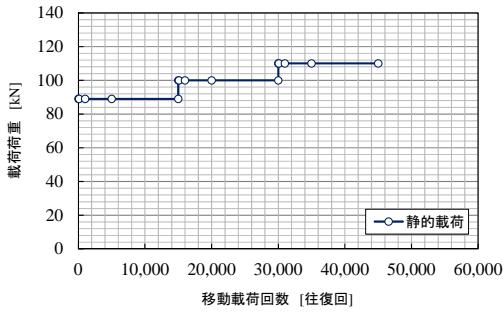


図-2 載荷荷重と移動載荷回数との関係

ひび割れ密度 D 、床版支間直角方向の残留ひび割れ幅 W 、平均ひび割れ間隔 l 、床版下面のひび割れ状況、および表面状態の6つの指標から床版の損傷程度 (a~e) の評価を試みた。評価にあたり、松井の提案¹⁾、および橋梁定期点検要領²⁾を参考に、表-4に示すような閾値を設定した。

損傷程度の評価結果として、残留変形角、ひび割れ密度、残留ひび割れ幅、平均ひび割れ間隔を図-3に、床版下面のひび割れ状況を図-4にそれぞれ示す(図-3の青太線は評価結果を示す)。また、表面状態として、部分的な角落ちは5,000回のときに生じた。ここで、6つの指標における損傷程度の評価結果の平均値(端数切捨て)を取ることにより損傷程度の定量化を試みた結果を図-5に示す(参考として、残留変形角も併記)。この損傷程度の定量化を基本として、各モニタリング技術の効果的な適用範囲について考察を試みた(結果は続編で報告する)。

4. おわりに

今後は、輪荷重走行試験や現場計測でのデータを増やすことにより、モニタリング技術の適用性や床版の損傷程度に応じた効果的な適用範囲の精度向上について検討を行っていきたいと考えている。

謝辞 本研究は、モニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)が実施した研究であり、内閣府の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である。

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，2007.4.
- 2) 国土交通省：橋梁定期点検要領，2014.6.

表-3 モニタリング技術の一覧

モニタリング技術		劣化指標
①	加速度センサ(周波数範囲:広い)	振動数
②	加速度センサ(周波数範囲:狭い)	たわみ量, 振動数
③	振動センサ	共振周波数
④	光ファイバ	ひび割れ総延長
⑤	静画像解析	ひび割れ幅, ひび割れ状況
⑥	動画像解析	ひび割れ幅, ひび割れ状況
⑦	アコースティックエミッション法	AEエネルギー

表-4 RC床版の損傷程度の評価指標と閾値

損傷程度の評価指標		a	b	c	d	e
残留変形角	[-]	-	1/400	1/300	1/200	1/100
ひび割れ密度D	[m/m ²]	D ≤ 1	D = 1~3	D = 3~5	D = 5~7	D ≥ 7
残留ひび割れ幅W	[mm]	-	最大値が0.05mm以下	0.1mm以下が主(一部0.1mm以上も存在)	0.2mm以下が主(一部0.2mm以上も存在)	0.2mm以上が目立つ
平均ひび割れ間隔l	[m]	-	l ≥ 1.0	l ≥ 0.5	l = 0.2~0.5	l ≤ 0.2
ひび割れ状況	[-]	なし	一方向のみ	一または二方向	一または二方向	一または二方向
表面状態	[-]	損傷なし	ヘアークラック程度			部分的な角落ち

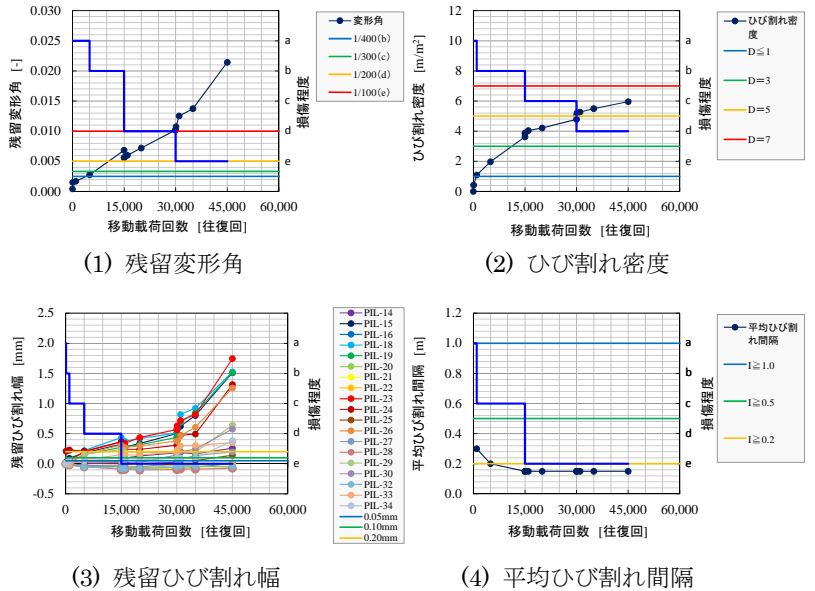
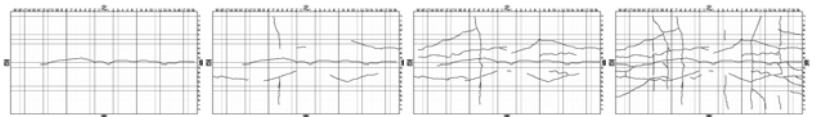


図-3 各評価指標による損傷程度の評価



(1) 100回(b) (2) 1,000回(c) (3) 5,000回(d) (4) 15,000回(e)

図-4 床版下面のひび割れ状況による損傷程度の評価

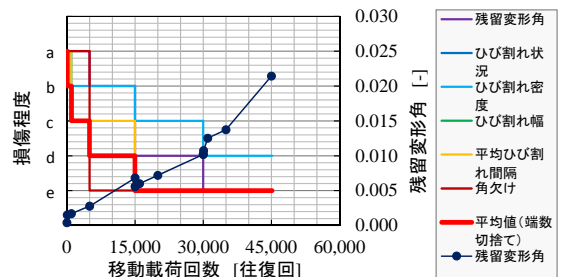


図-5 損傷程度の定量化