清洲橋バックルプレート床版の疲労耐久性に関する実験的検討

東京都土木技術支援・人材育成センター　　正会員　○関口幹夫，大石雅登
法政大学　准教授　正会員　藤山知加子

1.　目的と背景

供用 80 年を超えて健在の重要文化財である写真-1 の清洲橋や永代橋の床版には，国内では少数のバックルプレート床版（以下，ＢＰ床版）が採用されている．両橋共に昭和 62 年に写真-2 のように底鋼板で腐食が進行していることから，コンクリート部分を撤去して防錆処理後に人工軽量コンクリートに打替えている．現状の健全性は，補修するレベルにないが，将来の維持管理計画を策定しておくことが重要である．ＢＰ床版に関する疲労を含む耐久性の検討事例は見受けられないので，清洲橋実物大モデルによる静的載荷実験[1)]を行っている．引続きＢＰ床版の輪荷重走行疲労実験により疲労耐久性を検討した．

写真-1　清洲橋

写真-2　底鋼板の腐食状態

2.　実験概要

試験体の概要を表-1 に形状を図-1 に示す．清洲橋ＢＰ床版パネルの最大寸法と最小床版厚をモデル化した．プレート（底鋼板）の材質は一般構造用鋼材 SS400 で代用，板厚は設計値 7.9mm 相当の 8.0mm（試験体名 BP-8.0），昭和 62 年の打替え時の腐食量 2mm を考慮した 6.0mm（BP-6.0），将来の補修限界を想定した 4.5mm（BP-4.5）の 3 タイプである．プレートの凹み（サグ量 76mm）は，プレスの型がなく溶接構造とし，縦桁及び横支材とプレートの取合いは，リベット構造をトルシア型高力ボルトで代用した．コンクリート床版は，縦桁上のスタッドで浮き上がりを防止した．コンクリートは，2 種軽量で普通ポルトランドセメントの設計基準強度は打替え時と同じ 21N/mm^2 とし，生コン（21-18-15N）を使用した．材齢 28 日圧縮強度は 23.2N/mm^2，静弾性係数 15.4kN/mm^2，ポアソン比 0.17，単位体積質量 1.776t/m^3 である．

表-1　試験体の概要

試験体名	底鋼板厚	最小コンクリート床版厚	サグ量	コンクリート		配筋
				種類	基準強度	
	(mm)	(mm)	(mm)		N/mm^2	(mm)
BP-4.5	4.5	200	76	2種軽量	21	D6 150×150 かぶり50
BP-6.0	6.0					
BP-8.0	8.0					

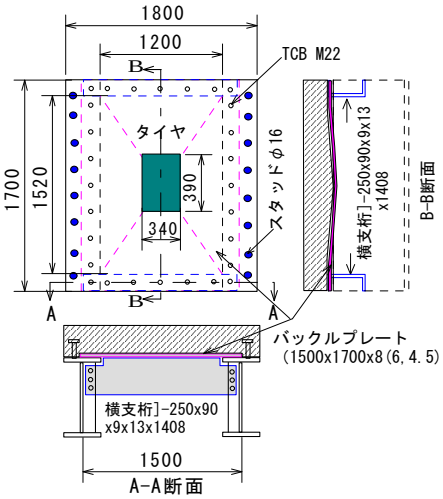

図-1　試験体寸法

走行載荷は，大型航空機用ゴムタイヤ自走式試験機のベッドに図-1 の試験体を 3 体並べて高力ボルトで固定し，床版支間中央の 6m 区間を 24 時間で 8,000～9,000 回往復する方式である．タイヤの有効接地面積は，160kN 載荷時で幅 340mm 長さ 390mm である．走行載荷プログラムは図-2 に示す階段載荷であり，荷重ステップは 100kN～240kN の範囲とする．タイヤで静的載荷を行いたわみとコンクリート上面，底鋼板および横支材のひずみを測定する．

3.　実験結果

3.1　破壊時走行回数と破壊パターン

BP-4.5 は，累計 98.5 万回で破壊したが，BP-6.0 と BP-8.0 は未破壊である．BP-4.5 走行面の破壊状況は，写真-3 に示すとおりタイヤ幅外縁に沿って 5～10mm 押し込まれ，一部骨材化（砂利化）状態になっている．底鋼板とコンクリート床版の付着は，打音点検の結果 BP-4.5 では走行回数 1 万回から横支材取付け部からはく離が始まり，累計 40 万回で約 40%，50 万回でほぼ 90%に進展した．桁と底鋼板の接合ボルト部では，滑りや変形は確認できない．

キーワード　バックルプレート床版，人工軽量コンクリート，輪荷重走行実験，疲労耐久性，重要文化財
連絡先　〒136-0075　東京都江東区新砂 1-9-15　東京都土木技術支援・人材育成センター　技術支援課　TEL 03-5683-1578

コンクリート床版切断面のひび割れ状況を写真-4 に示す. 写真-4 A)の橋軸直角方向ではタイヤ外縁よりほぼ 45 度の角度で発生している．一方，写真-4 B)の橋軸方向は上面から約 10cm の深さに RC 床版で観察される水平ひび割れに類似したひび割れが見られ，それより深い位置ではブロック化した状態が観察できる．ＢＰ床版のコンクリート床版部のひび割れや破壊パターンは，ＲＣ床版と類似した形態であると考えられる．

3.2　たわみと底鋼板ひずみ

ここでは，98.5 万回までのデータを取りまとめて比較する．活荷重たわみと 100kN 換算走行回数（S=N 線図の傾きの逆数 m=12.76 と仮定）の関係は図-3 に示すとおりで, BP-4.5 では走行回数 1.0E+09 回以降に急増して破壊後は最大 7.4mm となった．BP-4.5 の橋軸直角方向のたわみ分布図-4 では，写真-4A)のひび割れ先端部の変位が中央より大きくなる W 型のたわみ形状が特徴である．一方，図-5 の BP-6.0 の橋軸直角方向のたわみ分布は，底鋼板とコンクリート床版の付着切れとひび割れがない状態であることから W 型のたわみ形状に変化していない．(BP-8.0 も同様である)

活荷重ひずみと 100kN 換算走行回数の関係を図-6 に示す．BP-4.5 では，走行回数 1.0E+09 回以降に一旦減少し，その後急増して破壊している．床版中央のひずみの最大値は約 450 μ であるが，W型たわみ形状での最大値は約 1,200 μ であった．

4.　まとめ

ＢＰ床版の疲労耐久性は，底鋼板厚が 4.5mm に減耗したモデル（BP-4.5）でも十分高耐久と考えられる．疲労破壊の形態は，コンクリート床版部のみが押し抜きせん断破壊する．その破壊機構は，RC 床版と類似しているが，橋軸直角方向のたわみ分布の形状は，押し抜きせん断ひび割れ発生後では静的破壊実験[1]同様に W 型に変化する特徴が確認できた．

今後は，底鋼板厚 6mm および 8mm のモデルの走行疲労実験を継続すると共に COM-3D[2] による疲労解析で検討する．

参考文献

1) 関口，大石，内山：バックルプレート床版の耐荷性能について，土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集 DVD 版 I -508，2012.

2) 真部，藤山，関口，大石：バックルプレート床版の損傷機構の解明，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集，投稿中，2013.

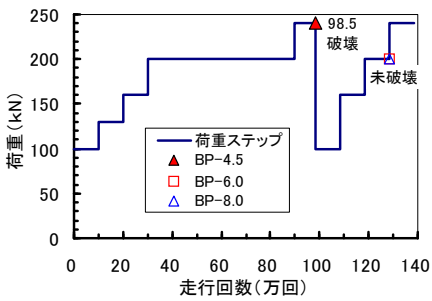

図-2　載荷プログラムと破壊回数

写真-3　BP-4.5 の上面破壊状態

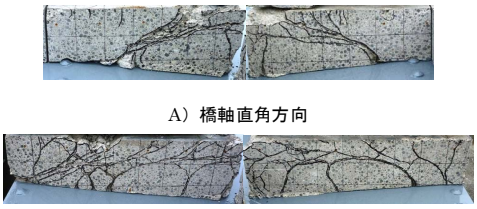

写真-4　BP-4.5 切断面のひび割れ

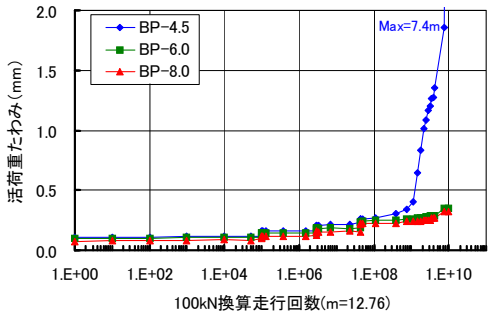

図-3　床版中央の活荷重たわみ

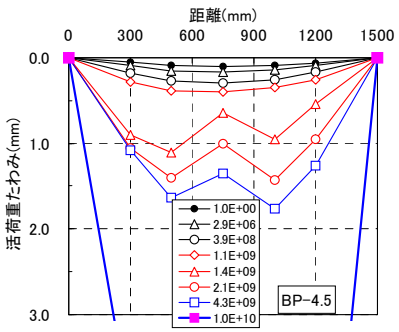

図-4　橋軸直角方向活荷重たわみ

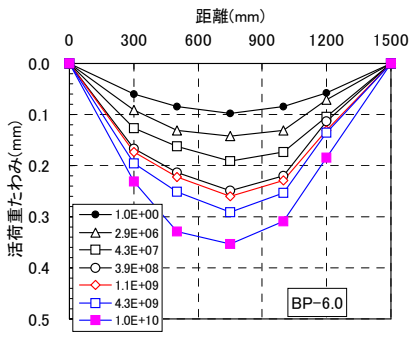

図-5　橋軸直角方向活荷重たわみ

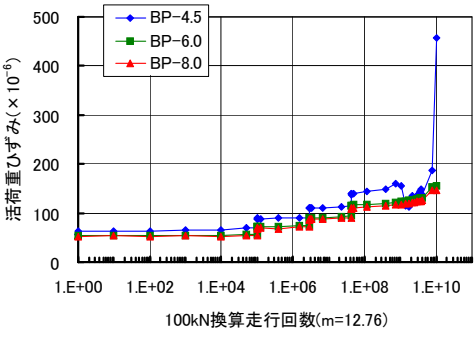

図-6　床版中央の活荷重ひずみ