

清洲橋バックルプレート床版の損傷機構の解明

法政大学 学生会員 ○真部洋大, 法政大学 准教授 正会員 藤山知加子
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

1. 目的および背景

東京都が策定したバックルプレート床版（以下 BP 床版と称する）延命化技術開発計画の一環として、重要文化財である清洲橋（写真-1）の BP 床版の基礎的な破壊特性を明確にすることを本稿の目的とする。関東大震災後の震災復興から昭和初期に設計された BP 床版は現在国内に数橋残るのみである。清洲橋 BP 床版の基礎的な破壊モードを明確にすることは、他の同様な床版を用いた歴史的橋梁の延命化を考慮する上でも必要不可欠であると考えられる。

2. 研究方法

東京都で実施された BP 床版試験体の静的載荷試験¹⁾を 3 次元有限要素解析で再現し、床版の破壊モードの検討を行う。解析には、東京大学で開発された解析ソフト COM-3D を用いる。図-1 に解析モデル、表-1 にコンクリートの材料特性を示す。

3. BP 床版のモデル化

3.1 バックルプレートとコンクリート界面の付着特性

BP 床版は、下に凸型に加工されたバックルプレートとコンクリートの界面にスタッド・リブが無いのが特徴である。そこで、バックルプレートとコンクリートの界面の付着特性に着目し、静的載荷によるモデルの検討を行った。表-2・表-3 に初期付着力・摩擦係数の検討条件を示す。図-2 に、初期付着力を変化させたモデルごとのバックルプレート中央のたわみ図を示す。図-2 から、初期付着力による押し抜きせん断耐力の変化が見られる。実験の押し抜きせん断耐力は約 650kN なので、実験との整合性から解析における初期付着力の値は、1～2N/mm² が妥当であると考えられる。

図-3 に、摩擦係数を変化させたモデルごとのバックルプレート中央のたわみ図を示す。図-3 から、摩擦係数を変えることにより、押し抜きせん断耐力に至った後の耐力に大きな違いが確認された。特に、摩擦係数 1～2 の間で大きく変化する結果となった。以上の結果から、初期付着力が押し抜きせん断耐力に大きな影響を与え、摩擦係数が押し抜きせん断耐力に至った後の挙動に大きな影響を与えることがわかった。



写真-1 清洲橋全景

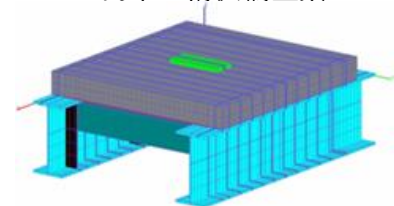


図-1 解析モデル

表-1 コンクリート材料特性

弾性係数	16700	N/mm ²
圧縮強度	25.5	N/mm ²
引張強度	2.55	N/mm ²
ポアソン比	0.2	
単位重量	0.023	N/mm ³

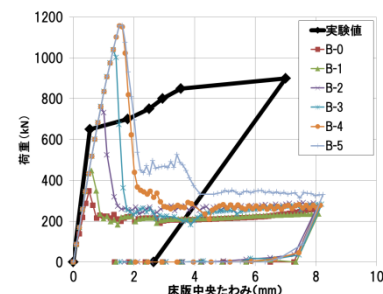


図-2 荷重-たわみ図

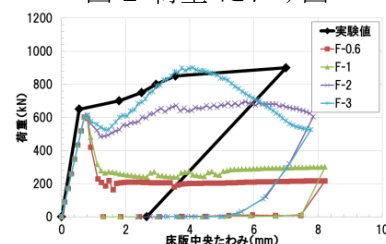


図-3 荷重-たわみ図

表-2 初期付着力の検討表

	B-0	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
摩擦係数	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
開閉剛性(closure mode)	16700	16700	16700	16700	16700	16700
せん断剛性(closure mode)	6958.3	6958.3	6958.3	6958.3	6958.3	6958.3
開閉剛性(open mode)	5	5	5	5	5	5
せん断剛性(open mode)	5	5	5	5	5	5
初期付着力(開閉方向)	0	1	2	3	4	5
初期付着力(せん断方向)	0	1	2	3	4	5

表-3 摩擦係数の検討表

	F-0.6	F-1	F-2	F-3
摩擦係数	0.6	1	2	3
開閉剛性(closure mode)	16700	16700	16700	16700
せん断剛性(closure mode)	6958.3	6958.3	6958.3	6958.3
開閉剛性(open mode)	3	3	3	3
せん断剛性(open mode)	3	3	3	3
初期付着力(開閉方向)	1.5	1.5	1.5	1.5
初期付着力(せん断方向)	1.5	1.5	1.5	1.5

キーワード バックルプレート床版、鋼とコンクリートの付着特性、静的載荷試験、床版の破壊特性
〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 TEL1406

3.2 床版支持条件

3.1 の検討では、実験結果との整合を考えると、摩擦係数は2~3という値が妥当であると判断されるが、一般的には0.4~0.7程度が採用されている²⁾。そこで、床版支持条件を加え、主桁、スタッド・リベット、支持桁の補剛材の影響を調べた(スタッドは実験時に端部のアップリフトを押さえるため支間の外側に設けられたものであり、実橋には存在しない)。その結果、スタッド・リベットの存在による凹凸が最大耐力、補剛材がモデルの変形図に大きな影響を与える(図-4)ことが確認された。よってバックルプレートとコンクリートの界面の付着特性・床版支持条件を再度検討し、摩擦係数0.6とした。バックルプレート中央の荷重-たわみ図による解析と実験の比較を図-5に示す。押し抜きせん断耐力・最大耐力・残留たわみに着目すると、解析結果と実験結果はほぼ同程度の値となった。

4. 静的荷重試験の再現解析

解析モデルは図-1と同様である。荷重板上面全点のZ軸方向の変位を拘束し、変位制御による荷重を行った。図-6に床版内部のひずみ分布を示す。たわみ0.7mmで一旦耐力が低下した時点でのひずみは、コンクリート下面の2点に集中している(図-6(a))。この時のコンクリート部分でのひずみの最大値は約1000 μ である。支間中央が最も版厚が大きくなる特殊な形状であることから、支間中央よりやや外側に発生した曲げひび割れが進展したものと推察される。図-6(b)では、せん断スパン中間部にて斜めひび割れが進展し、床版は既に破壊している。コンクリート部分でのひずみの最大値は約28000 μ である。また、この時点でのバックルプレート中央の応力は約180 N/mm²であり、降伏点には至っていない。そのため、コンクリートのみが押し抜きせん断破壊していると推察される。図-7に床版のひび割れ進展の模式図を示す。解析結果から、バックルプレート床版の基礎的な破壊特性は、押し抜きせん断破壊であることを示した。

5. 結論

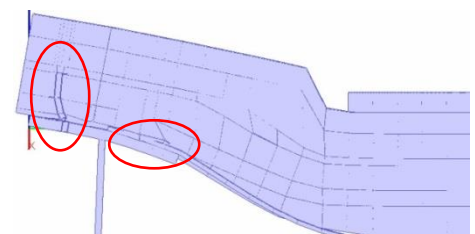
BP床版のモデル化において、バックルプレートとコンクリートの界面の付着・床版支持条件がBP床版耐力性能に与える影響を示した。また、実験供試体における支持条件も詳細にモデル化することで、実験と整合性の高いモデルを構築することができた。

静的荷重試験の再現解析から、BP床版の基礎的な破壊特性は、床版のせん断スパン中間部に発生した斜めひび割れを主因とした押し抜きせん断破壊であることを示した。

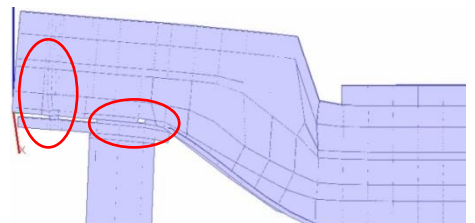
今後は、輪荷重走行試験の再現解析により、バックルプレート床版の疲労による破壊モードの検討を行う。

参考文献

- 1) 関口：バックルプレート床版の耐力性能について，土木学会第67回年次学術講演会講演概要集 DVD版 I-580，2012
- 2) 日本建築学会：鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構，pp.31，pp.33



(a) 補剛材無し



(b) 補剛材有り

図-4 変形図 (倍率 25:1)

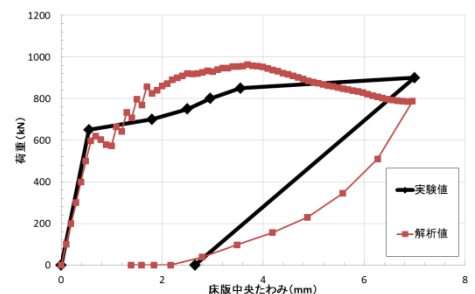
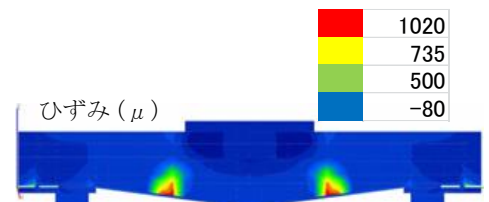
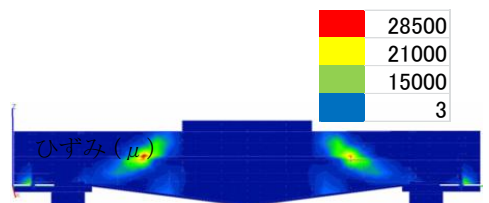


図-5 荷重-たわみ図



(a) 押し抜きせん断耐力時



(b) コンクリート破壊時

図-6 床版内部ひずみ



図-7 ひび割れ・破壊モード