

コンクリートアーチ橋の張出し施工に用いる移動作業車台座部の構造性能に関する解析的検討

大成建設（株）技術センター 正会員 ○川端 康平， 正会員 河村 圭亮， 正会員 畑 明仁
鹿島・大成 JV 正会員 村田 哲 大成建設（株） 土木本部 正会員 相浦 聡
中日本高速道路（株） 正会員 原田 拓也

1. はじめに

コンクリートアーチ橋の張出し施工では、勾配変化に対応可能な機構を有する可変式移動作業車が実用化されている¹⁾。作業車からアーチ橋に作用する荷重の支持部に設置する鋼製台座は、図-1に示すようにコンクリート中に埋設した鋼管に鋼製の支持ピン（以下、ピン）を挿入することで固定するが、その構造性能については過去に検証実験が行われている。しかし、打設ブロックの大型化に伴い改良する必要性が生じたため、支持ピンの形状を決定することを目的として、新たに台座部を模擬した実物大試験体での載荷実験²⁾を実施するとともに、試験体をモデル化して三次元 FEM 解析を行った。

本稿では、台座変位とピンの浮上り挙動に関して解析結果と実験結果を比較した。さらに、実験では直接評価することが難しいピンとその周辺コンクリートの応力状態について解析で検討した結果を述べる。なお、実験の詳細は文献 2) を参照されたい。

2. 解析概要

FEM 解析ツールは Abaqus2016 を使用した。解析モデルを図-2に示す。幅方向の対称性を考慮して試験体の 1/2 の範囲について、コンクリートと鋼製台座、ピン受け鋼管、支持ピンを 3 次元ソリッド要素で、鉄筋は埋込鉄筋トラス要素でモデル化した。ピンの素材は SCM435H で、寸法は直径 80mm、埋込深さ 300mm である。材料特性を表-1に示す。コンクリートの圧縮、引張挙動は、それぞれ最大応力後の軟化を考慮した図-3に示すモデルを用い、鋼材および鉄筋は弾性とした。既往の実験を対象にした試行計算より定めたピン周辺の界面条件を図-4に示す。鋼材とコンクリートの界面（赤線部）には摩擦係数 0.5 の接触特性を設定した。ピンと鋼管の間の隙間部分には解の収束性を考慮して、ヤング係数がコンクリートの 1/100 である弾性の隙間要素を作成し、ピンとの界面（黄色線部）は摩擦係数 0.1 の接触特性を設定した。鋼管と隙間要素の界面は完全結合とした。荷重は図-2の鋼製台座上部（赤枠部）に、実験で載荷した荷重の 1/2 である 2500kN を鉛直下向きに作用させた。これは、実施工における最大反力に不均等荷重を考慮した上で安全側の値として定めたものである³⁾。

3. 解析結果

荷重-変位関係を図-5に示す。なお、台座とピンの変位は図-4に

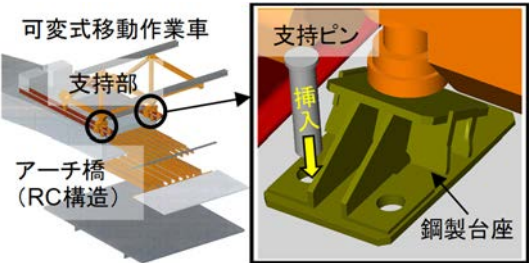


図-1 可変式移動作業車と鋼製台座

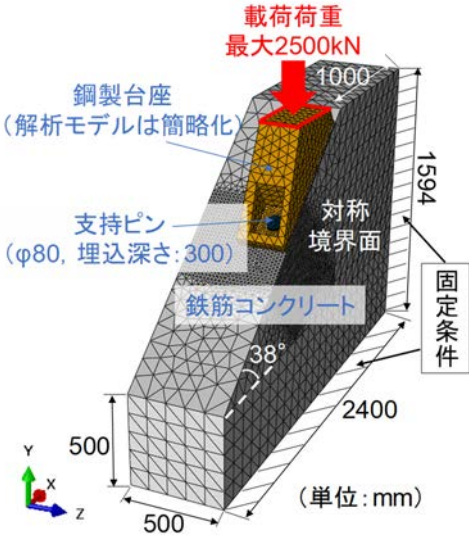
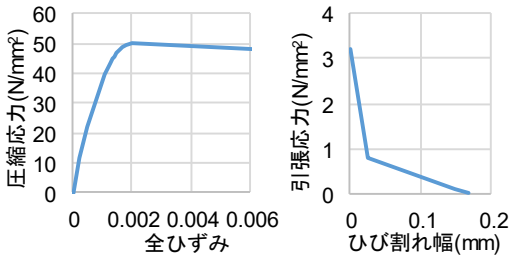


図-2 解析モデル

表-1 材料特性

材料	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	50	29250	0.2
鋼	—	210000	0.3



(a) 圧縮 (b) 引張

図-3 コンクリートの材料モデル

キーワード コンクリートアーチ橋，張出し施工，可変式移動作業車，鋼製台座，支持ピン

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7231

示す矢印の方向を正とする。台座変位は、実験では荷重 3000kN 付近で若干の勾配変化が見られるのに対し、解析では弾性挙動を示した。解析ではピンと鋼管の間に弾性の隙間要素を作成した影響が、差が生じた要因の一つとして考えられる。ピンの浮上り変位については、斜面上側ではコンクリート表面より外側へ抜け出す方向へ、下側では内側へ沈み込む方向へ変位する挙動となり実験と解析で一致した。

ピンの曲げ応力とせん断応力に着目して考察する。なお、ピンの曲げ応力はピンの軸方向応力に着目する。ピンの軸方向応力分布を図-6に示す。上側では引張応力が、下側では圧縮応力が生じており、ピンが曲げ変形していることが分かる。実験でピンの上側に生じた最大引張応力は 63N/mm^2 であり、解析での発生応力はこれよりも大きくなった。これは、実験と解析における荷重時のピン周辺の境界条件が異なることに起因するものと推察するが、ピンの曲げ変形が生じる挙動は実験と解析とも一致していた。せん断応力については、図-6中に示す算出位置の値を用いて検討した。許容せん断応力度³⁾に対する解析値の比率は 0.33 であり、ピンのせん断応力には余裕があることが明らかになった。

図-7にピン挿入部周辺のコンクリートの最小主応力分布を示す。表面付近においてコンクリートの一軸圧縮強度を超えた領域(黒色部)が生じており、実験においても表面に長さ 20~30mm で最大ひび割れ幅 0.04mm のヘアークラックが確認された。なお、実施工では後埋めモルタル施工し、表面含浸剤を塗布することで耐久性に配慮している。コンクリートの発生応力は表面付近が最大で、内部コンクリートの圧縮応力は相対的に小さくなっていることから、ひび割れは表面付近のみに生じるものと推察される。また、黒枠内(図-7中のA)で周囲よりも応力が高い部分は台座変位が大きくなるに従って、ピンの回転変位が生じ、ピンの埋込先端上側部のピン受け鋼管を押す力がコンクリートに伝達したためだと考えられる。この現象は実験結果と一致している。

4. おわりに

直径 80mm、埋込深さ 300mm の支持ピンで固定した鋼製台座部をモデル化して三次元 FEM 解析を行った。その結果、台座変位とピンの浮上り挙動は実験と概ね一致することを確認した。ピンは、浮上り変位と応力分布から実験と同様の曲げ挙動になることが確認され、せん断応力に関しては許容応力度以下となることが明らかになった。また、コンクリートは表面付近の発生応力が大きいため注意が必要であるが、内部にひび割れは生じないものと推察される。

参考文献

- 1) 万仲直也ほか：コンクリートアーチ橋張出し施工用の新型移動作業車の開発，プレストレストコンクリート技術協会 第8回シンポジウム論文集，pp.667-670，1998。
- 2) 河村圭亮ほか：コンクリートアーチ橋の張出し施工に用いる移動作業車台座部の構造性能に関する実験的検討，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，2021。(投稿中)
- 3) (社)土木学会：鋼構造架設設計施工指針 [2012年版]，2012。

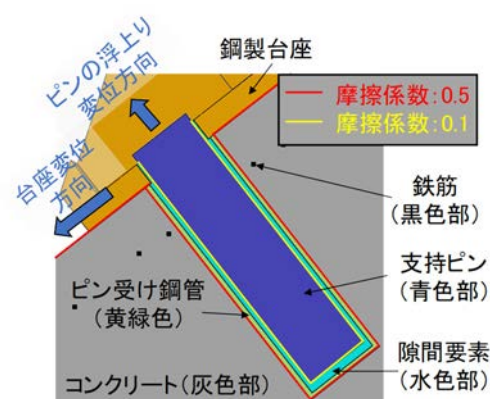


図-4 ピン周辺の界面条件

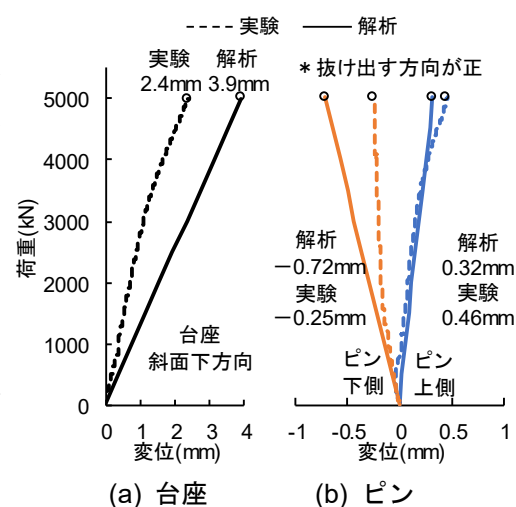


図-5 荷重-変位関係

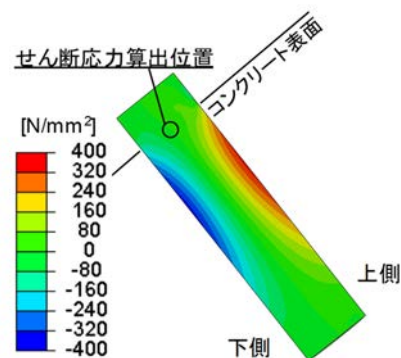


図-6 ピンの軸方向応力分布

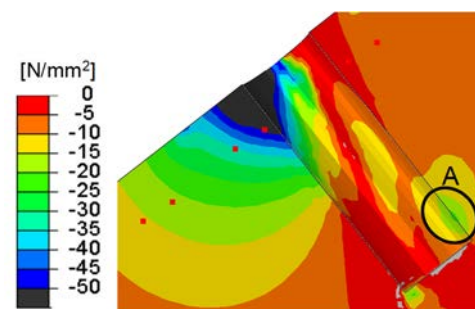


図-7 コンクリートの最小主応力分布