

モジュラーチ工法の有効性に関する研究（その8）

澤村 康生*

1. 研究の目的

モジュラーチとは、肩部にヒンジ構造を有する2ヒンジ式プレキャストアーチカルバートである。本構造は、周辺地盤の土圧をアーチの軸力に変換して安定するが、モジュラーチを設置する基礎地盤が縦断方向に勾配を有する条件で施工された場合に不具合が発生する事案が報告されている¹⁾。現行の設計では、基礎地盤の縦断勾配は10%以下と定められているが²⁾、基礎地盤の縦断勾配とリング間のジョイントに作用する引張り応力の関係は明らかになっていない。そこで本研究では、盛土内に設置されたモジュラーチを対象に、基礎地盤の縦断勾配がモジュラーチの変形とリング間に作用する引張り応力に与える影響を把握することを目的として、有限要素法による数値解析を行った。

2. 研究の方法

本研究では、有限要素解析ソフト COMSOL Multiphysics を用いた。図-1, 2, 3 に対象とするモジュラーチの構造 (64/64), 解析モデルの全体図, 縦断方向のモジュラーチのモデル化をそれぞれ示す。対象は外幅 $D = 12.1$ m, 高さ $H = 7.5$ m, 土被り 2.0 m のインバートタイプとした。インバートとサイドウォールの連結部は剛結とし, 場所打ちのインバートは縦断方向に 3 か所 (坑口から 14.0 m, 28.0 m, 42.0 m) の目地が設けられている条件とした。モジュラーチと地盤の接触面には, インターフェイス要素を配し, 法線方向における荷重の伝達と接触条件 (接触または剥離), せん断方向における摩擦特性 (摩擦係数 $\mu = 0.4$) を考慮した。一方, コンクリート同士の接触面については, 法線方向の

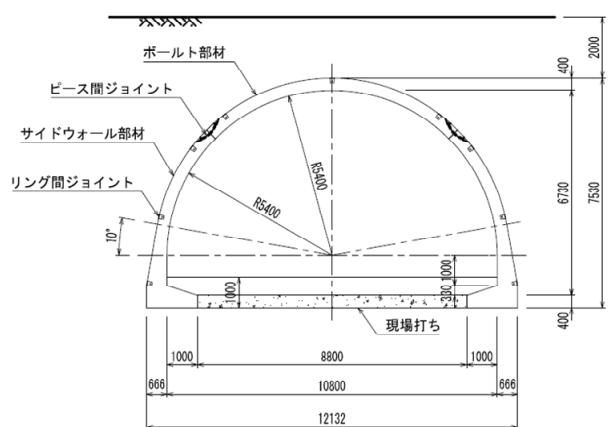


図-1 解析対象とするモジュラーチの構造 (64/64)

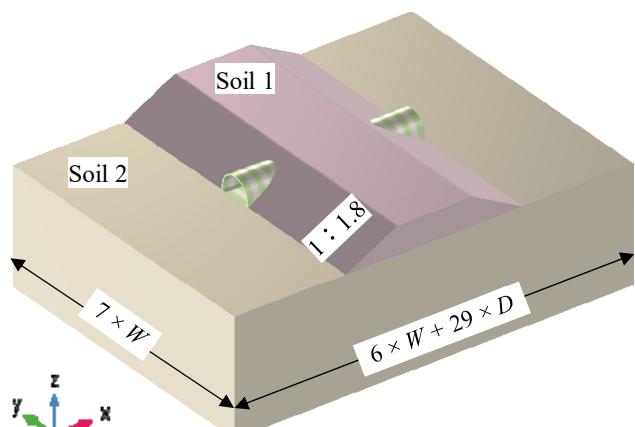


図-2 解析モデル

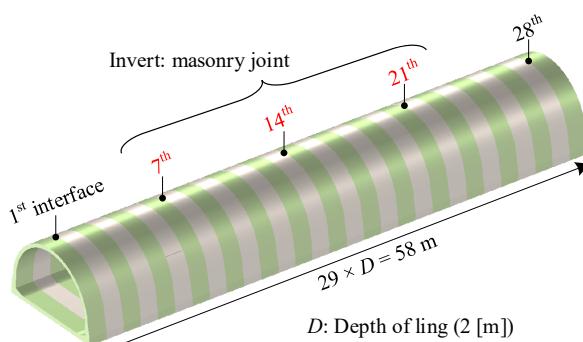


図-3 モジュラーチのモデル化)

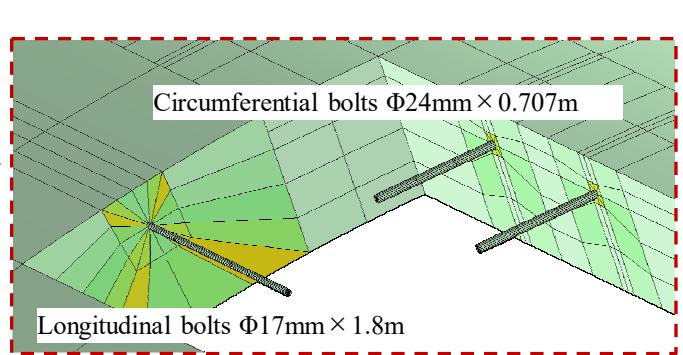


図-4 リング間およびピース間ジョイントのモデル化

*京都大学・大学院工学研究科・准教授

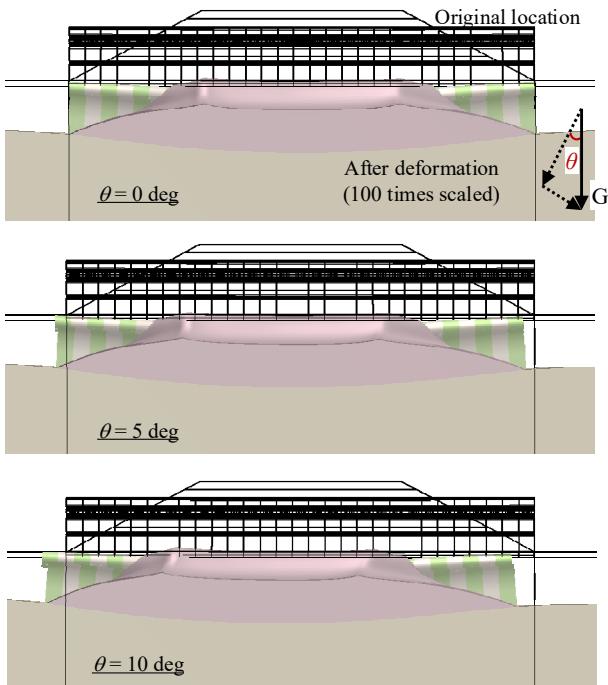


図-5 自重解析後の変形図（変位出力 100 倍）

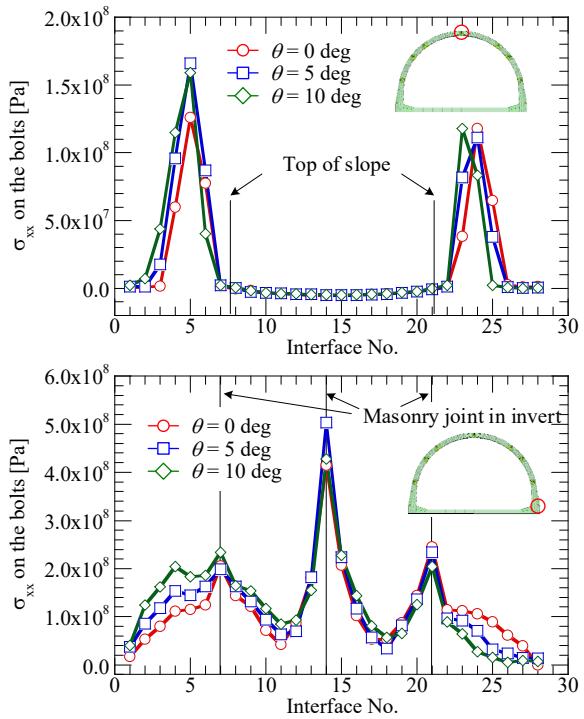


図-6 リング間ジョイントに発生する引張り応力

接触条件のみを考慮することとし、せん断方向の荷重は伝達しない条件とした。リング間のジョイント 9 本と肩部のピース間ジョイント 4 本（片側 2 本）については、図-4 に示す通り Solid 要素を用いて詳細にモデル化した。ジョイントのヤング率は 210 GPa、ポアソン比は 0.3 とした。基礎地盤と盛土の N 値はそれぞれ 50 と 5 と仮定し、N 値を基にヤング率をそれぞれ 140 MPa と 14 MPa とした。一方、ポアソン比と密度はどちらも 0.3 と 1900 kg/m³ とした。

本研究では、重力の作用方向を鉛直下向きから時計回りに θ 傾けることで縦断勾配を表現した。具体的には、 $\theta = 0, 5, 10$ 度と設定することで、縦断勾配が 0, 5, 10 度の場合を表現した。

3. 得られた成果

図-5 には、自重解析後の縦断方向の変形図（変位出力 100 倍）を示す。同図より、縦断勾配 0 度の場合には、モジュラーチは土被りによる鉛直荷重が大きい中央を中心として、弓なりに変形することが確認できる。一方、縦断勾配がある場合には、モジュラーチを含む盛土全体が下流側に変位しており、その程度は縦断勾配が大きい 10 度のケースにおいてより顕著である。図-6 には、頂部およびインバート脚部のリング間ジョイントに発生する縦断方向の引張り応力を示す。頂部では、盛土の法肩付近において、リング間ジョイントに大きな引張り応力が発生していることが確認できる。この結果は、過去に実施された遠心模型実験の結果¹⁾と同様である。一方サイドウォールの脚部では、インバートに設けられた目地の位置（坑口から 14.0 m, 28.0 m, 42.0 m）で大きな引張り応力が発生する。これは、インバートは目地部において引張りに抵抗しないため、近接するサイドウォールの脚部で引張りに抵抗するためである。縦断勾配の大きさに着目すると、頂部とサイドウォール脚部の両方において、縦断勾配が大きいケースでより大きな引張り応力が発生する。今後は、ジョイントに発生する引張り応力を精緻に分析し、ジョイント部に使用するボルトに求められる性能についても明らかにする必要がある。

4. 謝 辞

本研究は、モジュラーチ工法協会より委託されたものであり、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所、株式会社高速道路総合技術研究所、国立学校法人京都大学工学研究科：プレキャスト部材を用いた既設カルバートの耐震性能評価と補強方法に関する共同研究報告書（その 2），2020.
- 2) 一般財団法人地域地盤環境研究所、モジュラーチ工法協会：Modularch 技術マニュアル，2017.