

地盤・構造連成解析(FEM)における 3D モデルの適用について

日本工営株式会社 正会員 ○伊東 希典, 福田 謙太郎, 石原 義之, 中野 雅章, 中村 ゆかり

1. はじめに

本検討では、大規模地下工事に伴う地表面沈下および土留め壁の変状について Building Information Modeling (以下, BIM) モデルから 3 次元 FEM モデルに変換を行い、大規模施工解析により実務上の問題の検討や構造性能評価などを行う方法の構築を試みた。本研究は、日本工営株式会社で行っている「ベトナム国ホーチミン市都市鉄道建設事業」の一環として、トンネル工区の地盤改良中に発生した地盤沈下と土留め壁の変状事例を解析し、現地定点計測値との比較をもって検討した。

2. 目的と評価方法

本検討では、高圧噴射攪拌工法による地盤改良の地中乱れの影響範囲を把握することにより、それらが土留め壁にもたらす影響を定量的に評価することを目的としている。

FEM モデルは BIM モデルから必要な節点および座標データを抽出し、地盤と土留め壁(RC 地中連続壁, 以下 DW とする)のジオメトリを市販の FEM ソフト(SoilPlus)¹⁾ に取り込んでそれぞれのサーフェスとソリッドを作成した。さらにサーフェスを境界面とし、各地層と構造を分割し、物性値や境界条件を設定した。最後に解析精度を考慮して再分割を行った。FEM モデルの作成工程を図-1 に示す。

本解析では、主に①地中連続壁の作用水圧(壁体内外の圧力差)、②水位低下による有効応力の増大時の荷重および③地盤改良の影響を対象とした。また、本解析の地盤定数は土質調査報告書²⁾ よりそれぞれ設定した(Sec.8~10)。地盤改良の施工ステップを施工時期に合わせて図-2 のように 11 ブロックに分割し、解析では 11 ステップの段階を経てその影響を検討した。なお、地盤改良の影響は掘削による周辺地盤の応力開放と改良地盤の物性変更による自重増加により表現した。さらに地中連続壁内外の水位差と地盤改良の相互作用に着目し、パラメータスタディにより現場計測データと合う条件を整理し最適な FEM 解析を行った。

3. 地盤改良に伴う周辺地盤の乱れ検討

3.1 解析設定方法

地盤改良の施工は深度が深い箇所から浅い箇所にかけて実施されるため、本解析では、地盤改良体周辺の地盤の乱れを深度的に検討するとし、厚さ 3m の地盤改良体の直上が高圧噴射により地盤が乱されると仮定した。地盤改良体周辺地盤の乱れについて

では乱れ域のメッシュを一度削除するこ

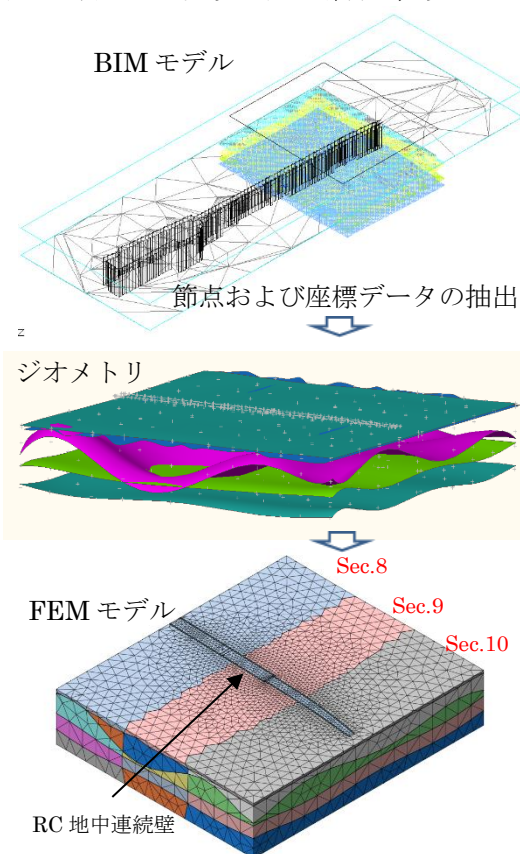


図-1 FEM モデルの作成

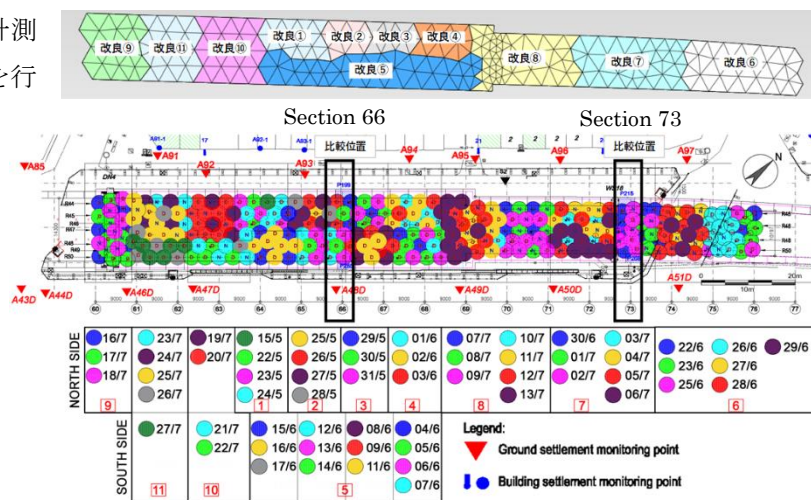


図-2 地盤改良 11 ステップの施工時期(下図)と FEM モデル化(上図)

キーワード BIM, FEM, 地下構造物, 施工監理, 都市鉄道

連絡先 〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6 日本工営株式会社 TEL 03-3238-8030

とによる応力解放で考慮する方針とした。また、応力解放後の強度の発現については、原地盤の土質定数を与えることで考慮した。地盤の乱れを考慮するタイミングは、地盤改良体が掘削されるタイミング（メッシュが削除される

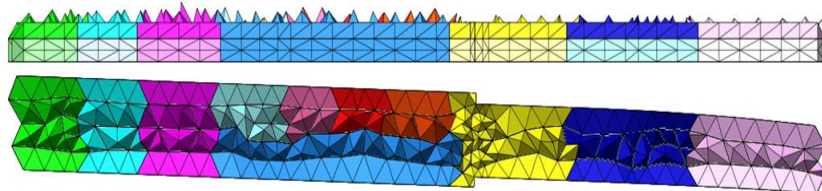


図-3 地盤改良体と直上の応力乱れ域

タイミング)とし、合わせて乱れ域も削除した。したがって、地盤改良体と乱れ域が同時に掘削されるため、応力解放範囲は広くなる。図-3に地盤改良範囲と直上の応力乱れ域を示す。

3.2 解析結果

図-4にSection-66と73の現場計測点との比較結果を示す。各図が示す解析値(実線)は、乱れ域の有無および地盤改良と水圧のみの影響をそれぞれ示している。地盤改良の乱れを考慮する場合と考慮しない場合とでは、考慮する場合の方が水平変位が約2mm大きい。現場計測値と比べると、全体の変形のうち特に深度が深い位置で解析が再現できていない。ただし、変位量の傾向としては解析値と相関がみられる。地中連続壁北側では地盤改良より水圧の影響が大きく、地中連続壁南側では水圧より地盤改良の影響が大きい。これらは、南側よりも北側の方が水位が高く、外水圧の差異によるものと考えられる。

今回の解析結果では、地盤改良と坑内外の水位差の複合的な要因によって水平変位が大きくなることが明らかになったが、地盤改良のみの場合の水平変位は北側・南側ともに同程度であり、坑内外の水位差が変位量の決定係数となりうる可能性がある。

4. おわりに

本検討は、複雑な地盤と構造物を対象として土留め壁の変状の原因を考察した。その結果、FEM解析結果と現場計測データの間に変位量の相関が得られた。今後は、地下水位を考慮できる地盤の有効応力解析や、地盤の圧密沈下解析および浸透流解析などにより、空間的、時間的な地盤沈下の変化を再現してより精度の高い施工監理に活用できる3次元連成モデルの構築を目指す。

参考文献

- 1) ITOCHU Techno-Solutions Corporation & MIDAS IT., Soil Plus 2017 Revision1、2017
- 2) HCMC MRT Line1 Geotechnical survey report June 2013

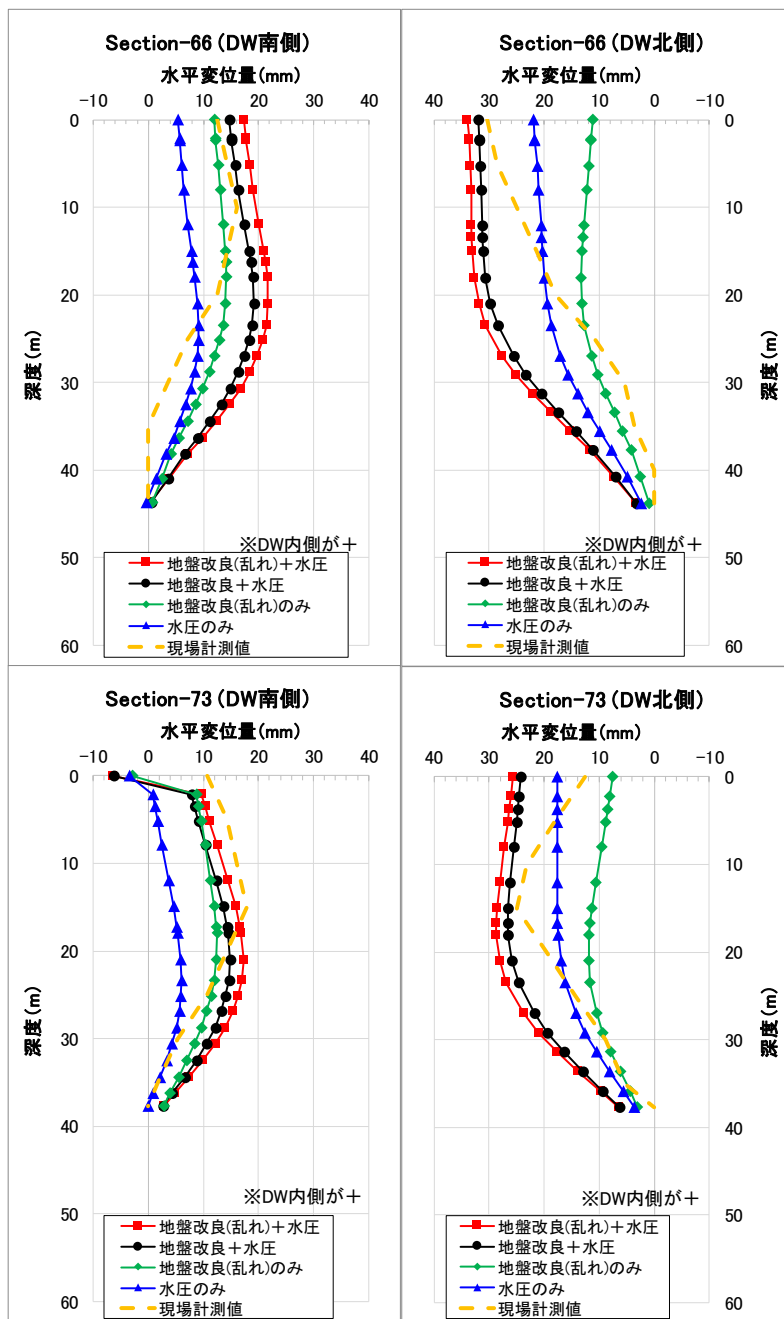


図-4 地中連続壁の水平変位量の解析値と現場計測値