

パイプルーフ工法における地盤変形解析

早稲田大学 ○中西 陽太, 田添 郷一
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
 尼崎築港株式会社 正会員 岡部 安治

1. 研究背景および目的

都市部の地下工事では、工事現場に近接して既設の構造物が存在することが一般的なので、工事に伴う既設構造物への影響をできる限り小さくすることが要求される。一方、パイプルーフ工法は、山岳トンネル掘削時の補助工法として開発され、都市トンネルでの利用もみられる。地盤変状を抑制するとされている本工法の設計は経験的に行っており、地盤変状メカニズムは未だ解明されていない。本工法での内部掘削作業や本体構造物構築を行う際の地下埋設管・構造物、地上部および工事の安全性への影響が懸念され、安全で経済的な設計・施工を行うためにもパイプルーフ工法の地盤変状抑制メカニズムの解明は急務となっている。

そこで本研究では、パイプルーフ工法を用いた工事の現場計測データと現場の施工過程をモデル化した弾性有限要素法 (Finite Element Method : 以下 FEM) シミュレーションでの解析データを比較することにより、本工法における地盤支保メカニズムを解明することを目的とした。

2. 施工過程概要

前節で述べた課題認識にたつて、本研究ではパイプルーフ工法を都市部の軟弱地盤に適用した具体的工事事例として、2009年3月に開業した阪神西大阪延伸線鉄道工事を取り上げる。本路線は開業時に阪神なんば線と名付けられた。阪神なんば線は阪神西九条駅を起点に、近鉄難波駅に至る建設延長 3.4km の路線である。そのうち、九条駅に近い中央大通り交差部は図 2.1 に示すように阪神高速道路高架の基礎、水道、下水、電力、NTT、ガスなどの工作物が輻輳しているため、開削による切りまわし工事は困難であった。そのため、パイプルーフ工法が採用された。

図 2.2 は中央大通り交差部における施工部分を西九条側から見た断面図である。パイプルーフ打設後に先進導坑、上半掘削および下半掘削が施工された。図 2.3 は掘削部の平面図上に先進導坑および上半掘削の掘削手順を示したものである。また九条側に近い測点 1・2 の 2 箇所層別沈下計、傾斜計による 3 次元地盤変状計測が実施され、その他に導坑掘削時に支持杭には軸力計測器が、パイプルーフ No.16,21 鋼管内に鉛直変位計測器が設置されている。

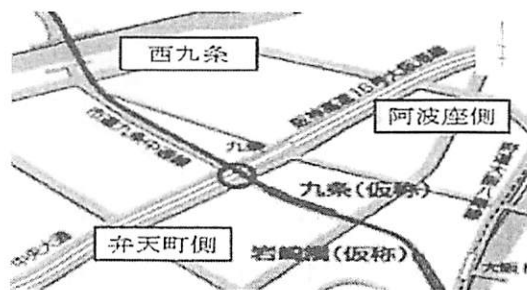


図 2.1 工事位置概要図

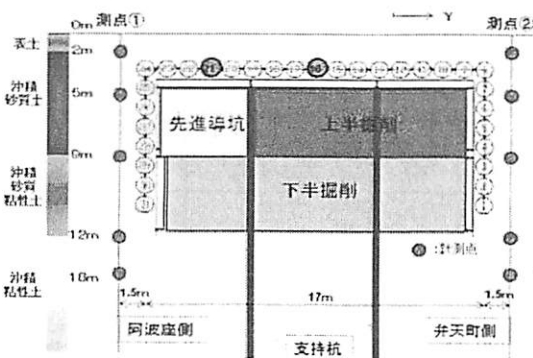


図 2.2 掘削断面図

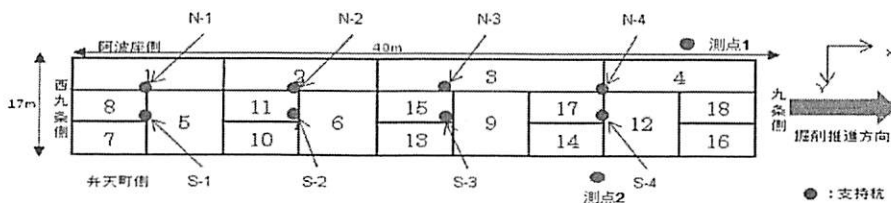


図 2.3 平面図

キーワード パイプルーフ, 有限要素法, 支保工

連絡先 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 西早稲田キャンパス 58-205 赤木研究室 TEL03-5286-3405

3. 既往研究の成果

図 3.1 は現場における x, y, z 方向の変位量である。これに対し、図 3.2 は今までの研究にて解析した結果である。z 方向の変位量はかなり近い値になっているが、y 方向の変位量には大きな差がある。他にもパイプの変形量や支持杭の軸力は実測値と大きな開きがあった。そのため、今まで解析に使用していた 3 次元メッシュでは適切に現象を再現できないと考え、新たな 3 次元メッシュを作成することとした。

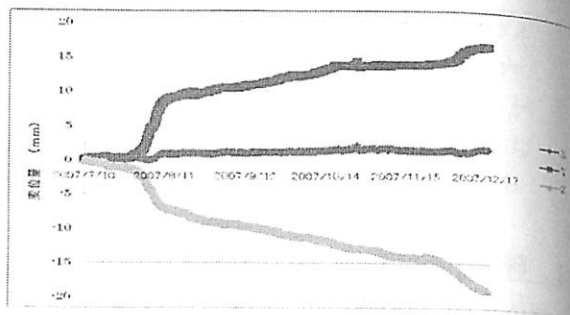


図 3.1 実測値

4. 新しい 3 次元メッシュとその妥当性

図 4.1 は今まで考慮していなかったジョイント要素を、パイプルーフの周囲(x, y, z 方向)と支持杭の周囲(x, y 方向)に加えて作成した 3 次元メッシュである。また、表 4 は解析に使用した各材料名とそれぞれのヤング率を示したものである。ただし、ジョイント要素のヤング率は、仮に地盤材料番号 2), 3), 4) の値を平均して 100 で除した値とした。この新しい 3 次元メッシュの妥当性を調べるために、材料を全て番号 1) の表土にして解析を行い、各深さにおける z 軸方向垂直全応力を求めた。それを示したものが図 4.2 である。図 4.2 から分かる通り、垂直全応力は材料の自重 $\gamma=15.7(N/m^3)$ に対応した値が得られたので、妥当なメッシュを準備できていることがわかる。

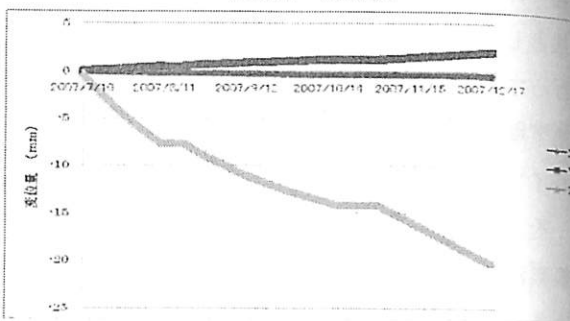


図 3.2 解析値

表 4 各材料のヤング率

材料	ヤング率(kN/m ²)
1) 表土	1.00×10 ³
2) 沖積砂質土	5.54×10 ²
3) 沖積砂質粘性土	6.91×10 ²
4) 沖積粘性土	4.60×10 ²
5) 地盤改良土	1.40×10 ³
6) パイプルーフ	2.42×10 ⁷
7) 支持杭	9.03×10 ⁷
8) ジョイント要素	5.68

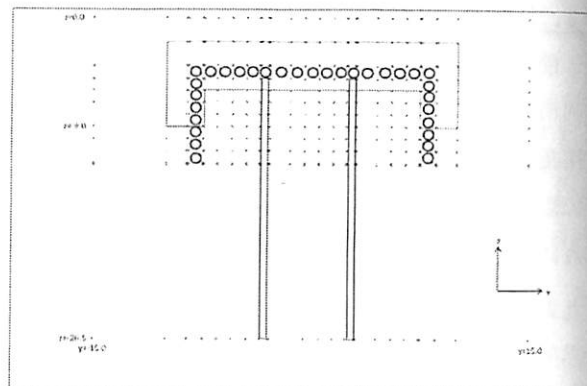


図 4.1 3 次元メッシュ(断面図)

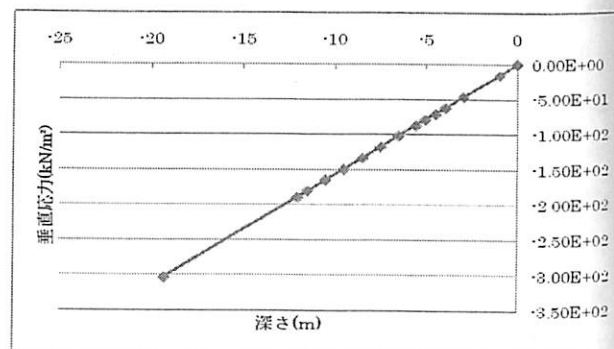


図 4.2 各深さにおける鉛直方向の垂直応力

5. まとめとこれからの課題

今回作成した 3 次元メッシュは妥当なメッシュであり、これからの解析に使用していくことができる。これからの課題としては、ジョイント要素のヤング率の推定や実測値と解析値のフィッティングが挙げられる。フィッティング後に掘削手順を変更し、今回の工事において採用された掘削手順の妥当性を検討する予定である。

(参考文献)

赤木, 小宮, 岡部, 田添 ; パイプルーフ工法の施工過程を考慮した地盤変状解析

土木学会第 64 回年次学術講演会(平成 21 年 9 月) P625 - P626