

砂地盤中のトンネル掘削に伴う周辺土圧に関するシミュレーション解析について

フジタ	正会員	吉川	和行
鉄道総合技術研究所	正会員	岡野	法之
鉄道総合技術研究所	正会員	仲山	貴司

1. はじめに

トンネル工事の坑口部や線路下横断構造物の施工において、事前の防護工としてパイプルーフ工法が行われることがある。パイプルーフ工法の目的は、地山掘削時の切羽面の崩壊に伴う地表陥没の防止、変状範囲の拡大防止のために行われる。しかしながら、パイプルーフ工法は、それ自体が鋼管を複数本施工する必要があるため周辺地山を乱し、応力の再配分に影響を与える場合も考えられる。そこで、パイプルーフ工法の施工時の影響を解明することを目的に、並列円形落し戸を連続降下する模型実験や数値解析などによる検討を行っている。本報は、有限差分法による並列円形落し戸を連続降下する模型実験のシミュレーション解析の結果について報告する。

2. シミュレーション解析の概要

並列落し戸を連続降下する模型実験の概要や模型実験に使用した乾燥砂の物性値等の詳細は参考文献^{1),2)}を示すとおりである。シミュレーション解析では、並列落し戸を連続降下する模型実験を模擬することを目的とするため、幅 120cm×高さ 71cm を解析領域とし、底盤中央部に掘削を模擬する落し戸（幅 96mm×奥行き 295mm）を 3 つ並列し、これを降下させることでエレメント掘削を再現した。具体的には、落し戸の形状についてはパイプルーフを模擬した半円筒形（曲率半径=48mm，ライズ=48mm，幅=96mm）の落し戸とし、落し戸 A1 を 1mm 毎に 6mm まで降下させた。その後、落し戸 A2 を降下させ、最後に落し戸 A3 降下させた。図 1 に解析メッシュ図を示す。

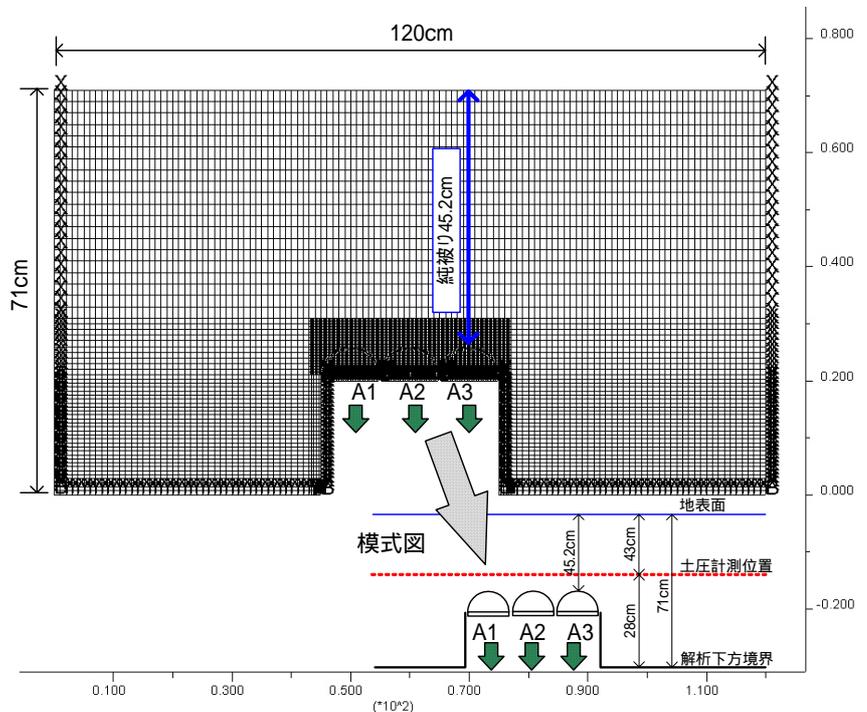


図 1 解析メッシュ図

また、シミュレーション解析は、模型実験を模擬するため 2 次元平面ひずみ状態とし有限差分法による弾性解析とした。解析コードには、FLAC_ver.5.0 を用いた。模擬地盤の物性値等は、単位体積重量 $t=14.8$ (kN/m³)、弾性係数 $E=0.32$ (MPa)、ポアソン比 $\nu=0.3$ の一様地盤とした。ここで、弾性係数については土圧の分布状況から設定した。なお、模擬地盤と半円形落し戸模型との接触は、摩擦角を 35° 、接線ばね定数 (K_s) を 2×10^4 (MPa/m)、法線ばね定数は 2×10^4 (MPa/m) で設定した。

落し戸の降下については、落し戸に変位速度 5.0×10^{-9} (m/step) を与え、時間ステップを 20 万回計算して 1mm の降下を再現した。ただし、各落し戸降下後には地盤より反力が生じるように落し戸を固定した。

キーワード：シミュレーション解析，落し戸，パイプルーフ工法

連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (社)フジタ 技術センター TEL 046-250-7095

3. 解析結果

図2に落し戸降下に伴う各落し戸に作用する荷重比(落し戸に作用する荷重と初期荷重との比)の解析結果と実験値を示す。これより、落し戸降下時の降下した落し戸に作用する荷重(落し戸荷重)は減少するが、隣接している落し戸の荷重(落し戸荷重)は増加しているのが確認できる。ただし、解析値の方が実験値より荷重減少の程度が緩やかとなった。

図3~図5に落し戸A1~A3降下量5mm,6mmにおける地中鉛直土圧の増分分布を示す。鉛直土圧は解析領域下方境界より上方280mmの位置の値であり、落し戸降下開始前の土圧を0kPaとしたものである。

実験値と解析値を比較すると、若干の乖離(例えば、図4では落し戸A3直上の土圧増分が約2kPa、図5では落し戸A2直上の土圧増分の正負が約3kPa)が見られるが、精度よくシミュレートできている。したがって、以下に解析値について考察する。

まず、落し戸A1を降下させた場合(図3)、落し戸A1直上で最も大きく減少し、落し戸A2で増加する。次に、落し戸A2をA1に引き続き降下させた場合(図4)、落し戸A2直上で減少し、落し戸A1直上では、落し戸A1降下時の減少量の半分程度増加する。そして、落し戸A3の土圧が増加する。

最後に、落し戸A3をA2に引き続き降下させた場合(図5)、落し戸A3直上で大きく減少し、落し戸A1, A2ともに落し戸A2降下時の減少量の半分程度増加する。そして、落し戸の外側の土圧が増加し、ほぼ落し戸幅分離れた位置で増分が最大となる。

4. まとめ

本シミュレーション解析より、以下の知見を得た。

- 2次元有限差分法による弾性解析によって半円形落し戸の降下量と落し戸荷重/初期荷重の関係および連続降下する落し戸の地中土圧の分布を精度よくシミュレートすることが可能である。
- パイプーフ工法におけるパイプーフへの作用土圧および周辺地山応力の再分配について把握した。

参考文献

- 1) 仲山, 松岡: 小断面エレメント推進工法の作用土圧に関する研究, 第41回地盤工学研究発表会, pp1753~1754, 2006
- 2) 吉川, 岡野, 仲山: 砂地盤中のトンネル掘削に伴う周辺地盤の力学的挙動について, 第62回土木学会年次講演会, -173, 2007.9

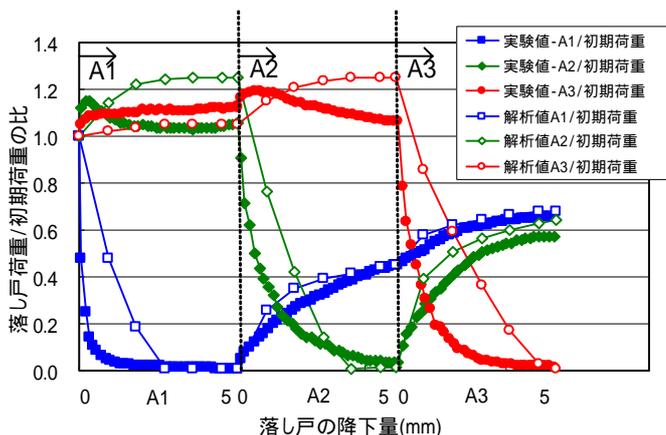


図2 落し戸降下に伴う落し戸荷重/初期荷重の関係

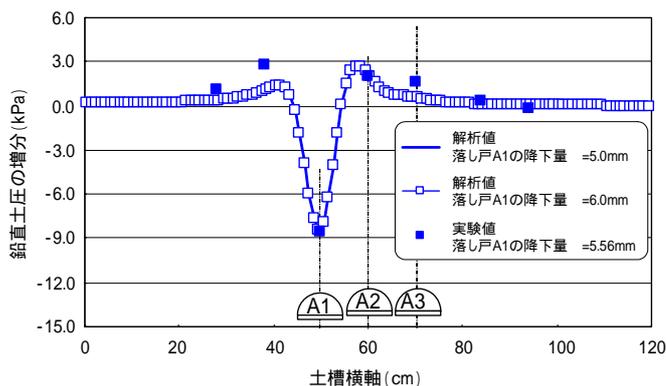


図3 落し戸(A1)降下に伴う鉛直土圧の増分分布

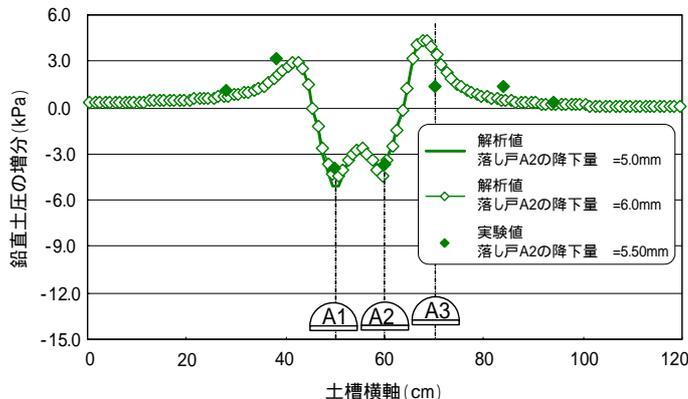


図4 落し戸(A2)降下に伴う鉛直土圧の増分分布

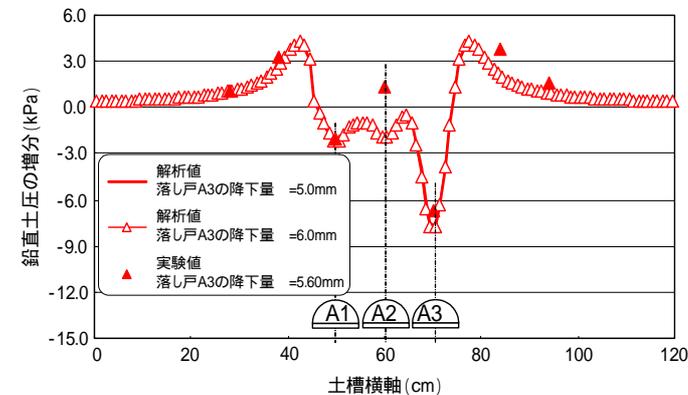


図5 落し戸(A3)降下に伴う鉛直土圧の増分分布