トンネル周辺地盤の適切な改良に関する実験的検討

京都大学大学院	学生会員	○平坂 友里恵
名城大学	正会員	崔瑛
京都大学工学研究科	正会員	岸田 潔
京都大学産官学連携本部	正会員	木村 亮

1. 研究の目的

従来,未固結地山において小土被りトンネルの掘削は,シールド工法や開削工法が用いられることが一般的であった.しかしながら,近年では支保パターンの多様化や様々な補助工法の開発¹⁾により,NATMが小土被りの未固結地山においても採用されるようになってきた.

東北新幹線や北陸新幹線の延伸工事区間では、未固結地山において小土被りトンネルが建設されたが、地盤沈下を 防ぐため、トンネルを掘削する前に地上からトンネル周辺部分を改良(以下、地山改良工と称す)し、NATM で施工 されたケースもあった²⁾. 改良範囲や改良強度は、土被り、地質、地山条件、沈下許容量などにより異なり、トンネ ル掘削時における最適な改良範囲については改良効果が定量的に評価されておらず、明確な決定法が示されていない. したがって、実際には、経験により試行錯誤的に様々な改良形式を適用しているのが現状である.

本稿では,改良地盤を模擬した3次元降下床実験を実施し,NATMを用いて未固結地山に小土被りトンネルを掘削 する際,地山改良工による地盤沈下抑制効果ついて検討を行った.

2. 模型実験の概要

2.1. 実験装置

本実験では、図1および図2に示す3次元降下床実験装置を用い て実験を行った.3次元降下床実験装置は、土槽(1000 mm×1000 mm ×150 mm) 底面に, 降下床パネルを6つ (図2に番号を記す) 設置し たものである. 降下床パネル 2~5 は,一辺 150 mm の正方形,降下 床パネル1,6は150mm×200mmの長方形である.降下床パネルの幅 (D=150mm)はトンネル径に相当すると考える.そこで,本実験では, 未固結地山における小土被りトンネルの掘削を想定しているため, 地盤高さH=1Dとした.降下床パネルの下部には、ジャッキが接続 されており、降下床パネルを鉛直下方に下降することができる.本 実験では、降下床 1~4 を順に 2.0mm ずつ順に下降させることで、ト ンネル掘削時の応力開放を模擬した. また, 土槽の上部には, 図1 に示すように、地表面計測装置を設置し、レーザー式変位計に より、降下床下降の前後の差をとることで、地表面沈下量を測定し た. さらに、図2の示すように、降下床3の周辺に土圧計を設置し、 降下床3の周辺に作用する鉛直土圧を計測した.

2.2. 実験材料

本実験の基礎地盤は,乾燥した珪砂 6 号を気中落下法により相対 密度 70%になるように作成した.地盤改良は,珪砂 6 号に水を散布 し,含水比を 5%に調整したもので模擬した.地盤改良の強度は,コ ーン貫入試験による計測の結果,基礎地盤の約 3 倍であった.

キーワード 降下床,山岳トンネル,地盤改良

連絡先 〒606-0015 京都市西京区京都大学桂 京都大学ローム記念館 315 Tel: 075-383-3041





2.3. 実験ケース

本研究では、表1に示す4ケースの実験を行った. Caes-1は、 地盤改良を施さないケースである.また、地盤改良を施したケー スでは、Caes-3 が基本ケースとなり、Case-2 が改良深さを浅くし たケース、Case-4 が改良幅を広くしたものである.図3に、地盤 改良の範囲と降下床パネルの関係を示す.地盤改良は奥行きに一 様に作成を行った.

3. 実験結果

図4は、降下床1から順に下降させていき、降下床3まで下降 させた時点における降下床3の中央を通る地表面計測線(図2参照) の地表面形状を示す.横軸に、降下床パネル中心からの距離、縦 軸に地表面沈下量を示す.

地盤改良を施していない Case-1 と比較して,他の Case-2~4 で は地盤改良により地表面沈下が抑制されることが確認できる.

Case-2 と Case-3 の比較より,深くまで地盤改良を施した Case-3 の方が地表面沈下量が抑制されたことが分かる.一方, Case-3 と さらに改良幅を広げた Case-4 を比較すると,ほぼ同程度の地表面 沈下が生じており,本実験では改良幅による地表面沈下抑制効果 は確認できなかった.

図5は、降下床1から4を順次下降させた時の、降下床3の周辺に設置された土圧計(図2における土圧計設置位置参照)で計測された土圧の推移を示す. 横軸はそれぞれの降下床を下降させた時点での土圧であることを示しており、縦軸は初期土圧で計測土圧を除した規準化土圧を示す. ここで、規準化土圧が1.0よりも大きい値は、降下床に作用していた土圧が降下床の下降により周辺地盤に再配分されるため、周辺に作用する土圧が増加したことを表している.

図より,降下床1,2を下降させた時点では,規準化土圧はいず れのケースにおいてもほとんど増加していない.しかしながら, 降下床3を下降させると,Case-1とCase-2では増加が顕著に見ら れないのに対して,Case-3とCase-4では大きく規準化土圧が増加 する.Case-3とCase-2の比較により,地盤改良を深くすることで, 土圧の再配分が広範囲に及んでいることが確認できる.また,



Case-3 と Case-4 の比較では、改良幅を広げても大きな差が見られない.

また,降下床4を下降させたとき,Case-3とCase-4では規準化土圧がさらに増加している.つまり,地盤改良を 施してトンネル掘削を進行させると,後方にも土圧の再配分が生じることが考えられる.

4. まとめ

本実験の結果から、改良深さを深くすることで地表面沈下量が抑制され、土圧の再配分も広範囲で及ぶことが確認 された.一方、改良幅に関する検討では、本研究では、明確な効果の違いが確認できなかった.

参考文献

1) 土木学会トンネル工学委員会編:トンネルライブラリー第20号 山岳トンネルの補助工法-2009年度版-, pp.53-143, 2009.

2) 北川 隆,磯谷 篤実,奥津 一俊,川口 隆徳:地山改良とサイドパイルで小土かぶり土砂地山を掘削 東北新幹線 牛鍵 トンネル,トンネルと地下,2004.