

ことの欠点をもっている。そこで、先の論文³⁾では直径可変の金属円筒をアルミ棒積層地山内にあらかじめ埋設しておき、徐々に直径を縮小させてトンネル掘削をシミュレートし、緩み域がどのように進展するかを調べた。その結果、かぶりが浅いと緩み域が地表面にまで達するが、かぶりが増加すると緩み域は逆に縮小することを明らかにした。

本研究は改良型の直径可変装置を用いて、より詳細に地山内の変位挙動を調べる室内モデル実験を実施するとともに、トンネル掘削によって地山内に生ずる不連続的な変位挙動を説明し得る解析手法を検討するため、弾塑性要素とジョイント要素を用いた2種類の有限要素解析を行って、解析手法の適否を考察したものである。

2. 実験方法と実験結果

本実験は村山¹⁾、村山・松岡²⁾の研究を踏襲して、砂質地山トンネルの掘削による地山内の変位挙動を調べ、下記の諸点に対する基礎資料を求めるためのものである。

a) グランドアーチが形成されない浅いトンネルとグランドアーチが形成される深いトンネルを区別するかぶり厚の境界を検討する。

b) 砂質地山トンネルの現場計測結果の評価に供するため、かぶりによる変位分布の差異を明らかにする。

c) 地山の変位挙動を適切に記述し得る解析手法の検討に供する資料を与える。

地山は豊浦砂の粒径加積曲線と平行な粒度配合となるよう、長さ5 cm、直径1.6および3.0 mmのアルミ棒を重量比3:2で混合したものを積み上げて準備する²⁾。トンネル掘削シミュレーション装置は Fig. 2 に示すように直径8 cmで、ハンドルを回転すると直径が縮小するように設計されている。なお、初期間隙比は0.24である。

実験は Photo 1 に示す幅50 cmの枠内に、下端より20 cmにトンネル掘削シミュレーション装置の中心軸が位置するように置き、トンネル天端からのかぶりとして所定の高さまでアルミ棒を積む。その後、トンネル径を徐々に縮小させ、地山の変位挙動を写真で記録する。本研究で用いたかぶり高さは $1D_0$ (8 cm)、 $2D_0$ (16 cm)、 $3D_0$ (24 cm) および $4D_0$ (32 cm) の4種である。なお、 D_0 は初期のトンネル直径である。

Fig. 3 はかぶりの浅い場合 ($H=1D_0$, 8 cm) を例に、トンネル半径を δ_R だけ縮小したとき、 $\delta=2$ mmの等変位線がいかに拡大していくかを示している。これより、トンネル径の縮小に伴われ大きな変位を示す領域が天端上方に向かって急速に拡大し、 $\delta_R=3.3$ mmでは $\delta=2.0$ mmの等変位線が地表面にまで達することがわかる。なお、 $\delta_R=1.7$ mmで、 $\delta=2.0$ mmの変位を生ずるのは、

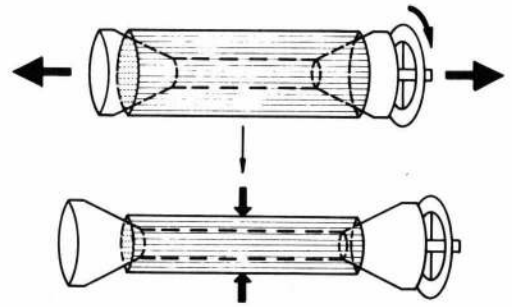


Fig. 2 Schematic diagram of diameter reducible device to simulate tunnel excavation.

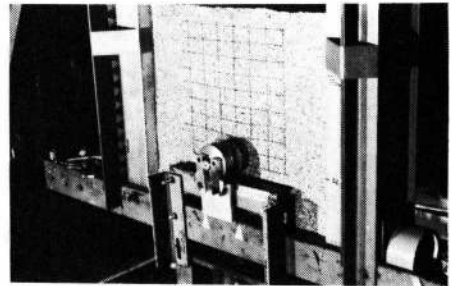


Photo 1 View of apparatus used in model tests.

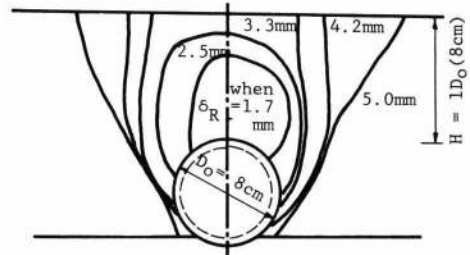


Fig. 3 Enlargement of equi-displacement line of $\delta=2$ mm with the reduction of tunnel radius, δ_R .

トンネル壁面に沿って上部のアルミ棒が下方に回り込むためである。また、Fig. 3 および以下の図中の下部の水平線は、Photo 1 に示すように実験装置上、水平線以下の挙動が観察できないため、その限界線を示している。

Fig. 4 (a), (b), (c), (d) はかぶり $H=1D_0$, $2D_0$, $3D_0$ および $4D_0$ において、トンネルの直径を $\delta_0=10$ mm縮小したときの地山内の変位挙動を示している。各図の左半分には地表から行う多層沈下計による計測に対応するものとして、トンネル中心軸鉛直線上とそれから $D_0/2$, D_0 および $3D_0/2$ だけ離れた地山内の鉛直方向変位の分布を与えている。一方、右半分には変位ベクトルと変位の絶対値に関する等変位線を与えている。これらの図から得られる知見は以下のようなものである。

a) かぶりが浅い場合 ($H=1D_0$)、天端直上の鉛直

