

III-104

積層導坑トンネルの内部土掘削シミュレーション実験

東京工業大学 学○酒井 貴之 正 廣岡 明彦
 東京工業大学 正 竹村 次朗 正 木村 孟
 清水建設(株) 正 尾上 篤生

1. はじめに

導坑積層トンネル¹⁾は、直径20m以上の大口径トンネルを比較的経済的に建設する工法の一つと考えられ、これまでに遠心模型実験によりこの安定性について検討を加えてきた。^{2) 3) 4)} これまでの実験は小型模型に遠心加速度を徐々に付与させるものであり、これよりトンネルの内部土掘削完了後の安定性を評価することはできるが、内部土掘削過程の積層導坑トンネルの挙動を捉えることは難しい。そこで、今回は、内部土の掘削過程をシミュレートした遠心模型実験を2種類の相対密度の砂地盤について行い、掘削中のトンネルの挙動を調べた。

2. 実験方法

容器前面のレキサシシートを外した状態で、遠心容器を倒し、外周部の小口径シールドトンネルの模型となるアルミロッド20本を組み立てる。実験に使用した積層導坑トンネル模型および梁型圧力計については既報^{1) 2)}に詳しい。トンネル内底部に圧力計を設置した後、トンネル内部にゴムバックを入れる。各センサーのコード及びゴムバックの給水口と排水口となるシンフレックスチューブを容器背面

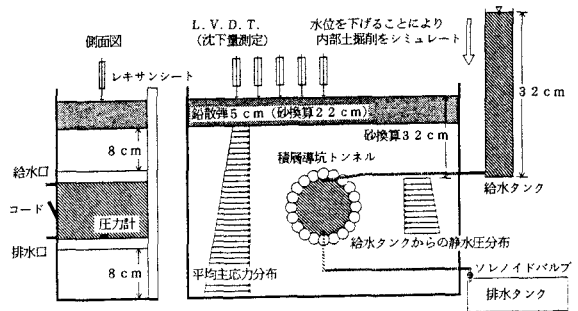


図-1 実験システム概略図

にあけた穴から出し、容器を倒した状態で乾燥砂を空中ポアリングさせることにより、相対密度が70%と90%の砂地盤を作成する。その後、レキサシシートを取り付け、容器を立たせ、砂層の上部に22cm厚さの砂層の圧力に相当する鉛散弾を敷設し、地表面沈下量測定用のL. V. D. T. をセットする。シンフレックスチューブにより、図-1に示すように、ゴムバック上端を給水タンクに、下端をソレノイドバルブを介して排水タンクに接続する。このようにして組み立てた実験システムを遠心模型実験装置に搭載した後、給水タンクに鉛散弾を砂に換算した高さまで水で満たした状態に保ちながら、遠心加速度を100Gまで上昇させる。これによりトンネル内部に図-1に示すような圧力が作用することとなる。遠心加速度が100Gに達した後、ソレノイドバルブを開き、液体の水位を下げることで、トンネル内圧を減少させて内部土掘削過程のシミュレーション実験を行った。

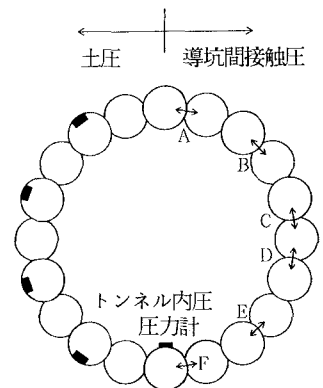


図-2 各センサー類の位置

実験中、図-2に示す位置で導坑間接触圧およびトンネルに作用する土圧を測定した。なお、本実験では流下させる液体に水を使用し砂の ρ_s が 1.6 kgf/cm^3 であるため、内部土掘削前のトンネル内の初期の深さ方向の圧力分布は、砂の K_0 値を約0.4としたときの深さに応じた平均主応力分布にはほぼ相当する。

3. 実験結果

3.1 導坑間接触圧

内部土掘削シミュレーション中の導坑間接触圧をトンネル内圧に対してプロットしたものを図-3に示す。

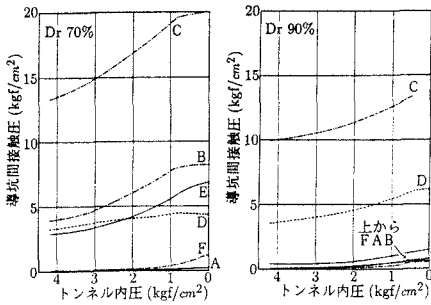


図-3 内部土掘削過程での導坑間接触圧

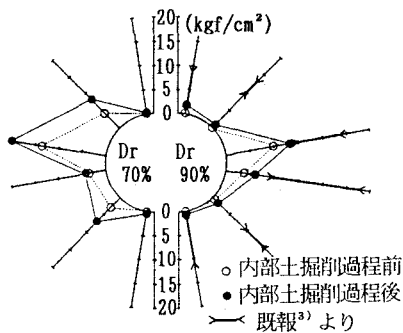


図-4 導坑間接触圧分布

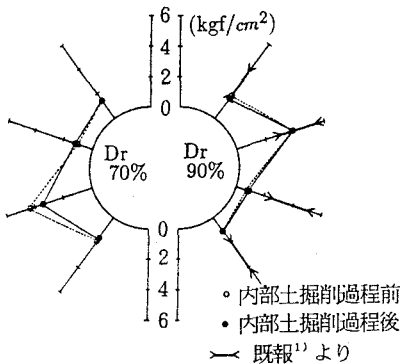


図-5 土圧分布

	中央部	端部
Dr70%	14mm	13mm
Dr90%	16mm	11mm

表-1 地表面沈下量

また、図-4は導坑間接触圧分布を示したものであり、Dr90%の図中には既報³⁾の100G時の測定値の範囲も併記している。いずれの導坑間にも圧縮の接触圧が生じており、内部土掘削過程において、その接触圧が減少することはなかった。スプリングラインの上方9°の測定位置(C)で最大値をとり、また、内部土掘削過程での接触圧増加量も最も大きい。梁型圧力計の受圧梁側面に働く摩擦の影響により、今回の実験では接触圧の測定値がやや小さなものとなったが、既報と同様な分布形状となった。また、相対密度が90%の砂地盤では、導坑間接触圧がスプリングライン付近(C, D)のみに集中しているのに対し、相対密度が70%の砂地盤では、より大きな導坑間接触圧がスプリングライン上方9°に生じたのにくわえて、スプリングラインから上下45°(B, E)の導坑間接触圧においても、相対密度90%の砂地盤のものに比べて、かなり大きな接触圧が生じた。砂地盤の相対密度の小さいものほど、より広い範囲にわたってより大きな導坑間接触圧が生じる結果は、剛性の小さな粘性土地盤の方が砂地盤よりも広い範囲で大きな接触圧が生じた前報⁴⁾の結果と対応している。

3.2 トンネルに作用する土圧

内部土掘削過程前後のトンネルに作用する土圧の分布を図-5に示す。ここでもDr90%の結果に既報¹⁾の100G時の測定値の範囲を併記している。Dr70%, 90%ともスプリングライン付近で最も大きな土圧を生じており、これも既報と同様の結果となった。また、内部土掘削によるトンネルに作用する土圧の変化は非常に小さく、この原因として、積層導坑トンネルの変形が極めて小さく、周辺土の変形がほとんど発生していないことが考えられる。

3.3 地表面沈下量

内部土掘削により中央部と端部(中央部から実物換算16m)に発生した実物換算地表面沈下量を表-1に示す。ここで、地表面沈下量は鉛散弾層の上から測定しているので厳密には絶対量を評価できないが、鉛散弾層を同重量の砂層に置換した時に砂層に生じるアーチング効果を考慮すると実際にはこの値よりも小さくなることが考えられる。今回の測定範囲では、最大の沈下量を生じた中央部のものと端部の沈下量の差はほとんどなく、また、トンネルに作用する土圧でも述べた通り、トンネル自体の変形が極めて小さいため、沈下量も非常に小さな値となった。

1) 尾上, 堀田, 風間 ほか: 「積層導坑トンネルの施工法と遠心力荷重模型実験」, 第2回トンネル工学研究発表会論文集, pp. 89~94

2) 尾上, 堀田, 風間 ほか: 「導坑積み重ねタイプトンネルの部材力と安定性について(その1)」, 第27回土質工学研究発表会講演概要集, pp. 2061~2062

3) 堀田, 尾上, 風間 ほか: 「積層導坑トンネルの導坑間接触圧について」, 土木学会第47回年次学術講演会概要集, pp. 682~683

4) 尾上, 堀田, 風間 ほか: 「粘性土地盤における積層導坑トンネルの挙動について」, 第28回土質工学研究発表会講演概要集, 投稿中