

Ⅲ-B166

遠心模型実験による水平方向の超近接トンネルの土圧評価

鹿島技術研究所 ○正会員 永谷 英基
正会員 五十嵐 寛昌
正会員 杉原 靖彦

1. はじめに

都市部地下空間において大断面トンネルを構築する際、用地幅や既設埋設物等の制約によって、一般的な円形シールド工法では必要有効断面を確保することが困難な場合が増加してきている。そこで、複数の矩形小断面シールドを用いてトンネル外殻部を構築し、内部土砂を掘削することにより矩形大断面トンネルを構築する工法が注目されている。著者らは、上記工法における合理的な設計・施工法を開発することを目的として、水平及び鉛直方向に複数の落とし戸を有する実験装置を用いて遠心模型実験を実施している。今回は、水平方向に超近接する3本のトンネルを構築した場合のトンネル作用土圧について検討したので報告する。

2. 実験装置

実験装置は、図-1に示すように内寸で幅500mm、高さ400mm、奥行き350mmの土槽で、幅50mm、奥行き350mmの落とし戸を底面に10個（以下、底板）、側壁に4個（以下、側板）有している。また、落とし戸機構は、遠心力場での作動を考慮し、軸受けユニット付きのスライド機構とした。なお、落とし戸制御は1mm/minの変位制御とした。

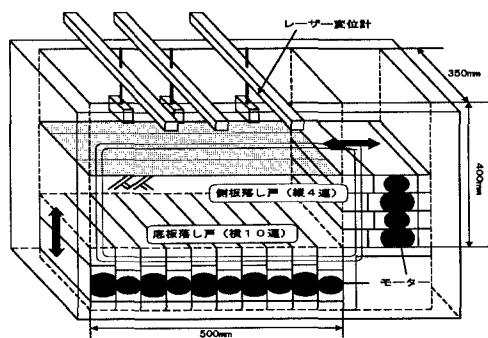


図-1 多連型落とし戸実験装置概要図

3. 実験概要

模擬地盤は気乾状態の豊浦標準砂を用いて、自由落下法により土被り11.3cm（実規模換算：11.3m）、相対密度90%（単位体積重量1.61kgf/cm³、内部摩擦角 $\phi=45^\circ$ ）の砂地盤を作成した。なお、土槽壁面には砂地盤と土槽との摩擦の低減を図るために、グリースを塗布し、メンブレンを貼付した。

実験は、水平方向に3本のトンネルを超近接施工する場合を想定し、図-2に示すように底板を⑥→⑤→⑦と順次降下させることによって、シールド掘進時のテールボイドの発生を模擬して行った。なお、底板の移動量は実施工のテールボイド量を考慮して1mmとした。また、計測機器位置を図-3に示すが、底板、側板及び側壁に設置した計39個のひずみゲージ式土圧計により作用土圧を、底板及び側板に設置した計14個のポテンショメータ式変位計によりそれらの移動量を、地表面に設置したレーザー式変位計により地表面沈下量を計測した。

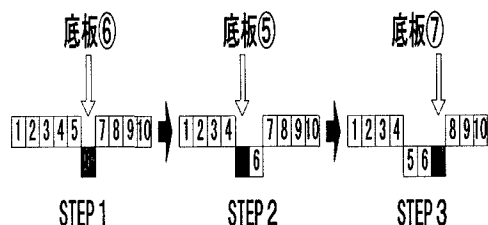


図-2 実験手順

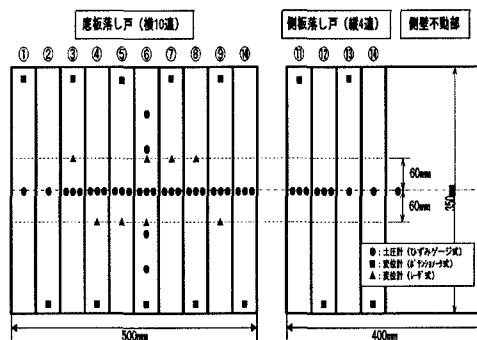


図-3 計測機器配置図

Key Words：シールドトンネル, 遠心模型実験, 作用土圧, 超近接施工

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1, TEL 0424(85)1111, FAX 0424(89)7034

4. 実験結果

(1)作用土圧 各掘削 STEP における底板の作用土圧を土被り圧によって正規化した荷重比分布図を図-4 に示す。まず、先行底板の作用土圧について着目すると、底板⑥の作用土圧は、STEP1 ではアーチ作用によって土被り圧の3割程度にまで減少するが、その後掘削 STEP の進行に伴い増加し STEP3 では土被り圧の1.3 倍程度にまで達することがわかる。また、STEP1~3 の荷重比の分布推移から、底板の降下による周辺地盤の土圧変化の範囲は2D（D：底板幅）程度であることがわかる。

次に、底板降下時に生じるゆるみ土圧について着目し、ゆるみ土圧分布を図-5 のように仮定し、後行底板に作用する土圧を算出した。その結果を Terzaghi の土圧式¹⁾及び村山（モンテカルロ法）の式²⁾によるゆるみ土圧と併せて、荷重比換算して表-1 に示す。この表から、掘削 STEP によらず後行底板の作用土圧はほぼ一致しており、先行底板降下による地盤の乱れに関係なくゆるみ土圧が発生していることがわかる。また、理論値と比較すると、村山の式ではやや過大評価するものの、Terzaghi の式によって後行底板に作用する土圧をほぼ予測できると考えられる。

(2)地表面沈下 各掘削 STEP における地表面沈下量をもとに、STEP 毎の増分量を算出して図-6 に示す。この図から、STEP1 では降下底板を中心とした左右対称な沈下形状となっているのに対し、STEP2, 3 ではいずれも先行底板側の方が沈下量が大きく、最大で反対側の2 倍程度になっていることがわかる。これは、密な砂地盤においては先行底板降下によって地盤にゆるみが生じて間隙比が大きくなるため、後行底板降下時には先行底板側の地盤の方が大きく沈下すると考えられる。

5. まとめ

今回、水平方向に3本の超近接トンネルを構築した際の作用土圧及び地表面沈下の変化について検討を行った。今後、鉛直方向に超近接するトンネルを対象に検討を行い、外殻先行型シールド工法における作用土圧評価方法、及び周辺地盤挙動予測手法を開発する予定である。

【参考文献】

- 1)土木学会：トンネル標準示方書（シールド工法編）・同解説,1996,pp.42~44
- 2)村山朔朗・松岡元：砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究,土木学会論文報告集第187号,1971.3

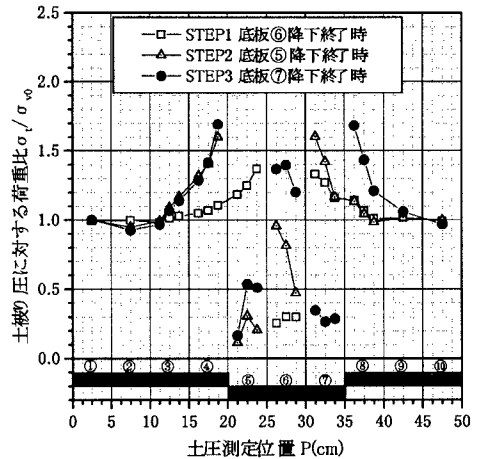


図-4 荷重比分布図

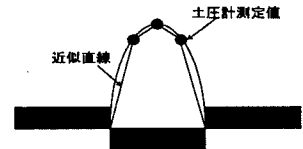


図-5 ゆるみ土圧分布模式図

表-1 降下底板に作用する土圧

項目	平均荷重比
土被り圧	1.00
STEP1の降下底板⑥に作用する土圧	0.21
STEP2の降下底板⑤に作用する土圧	0.16
STEP3の降下底板⑦に作用する土圧	0.22
Terzaghiの土圧式	0.22
村山(モンテカルロ法)の式	0.27

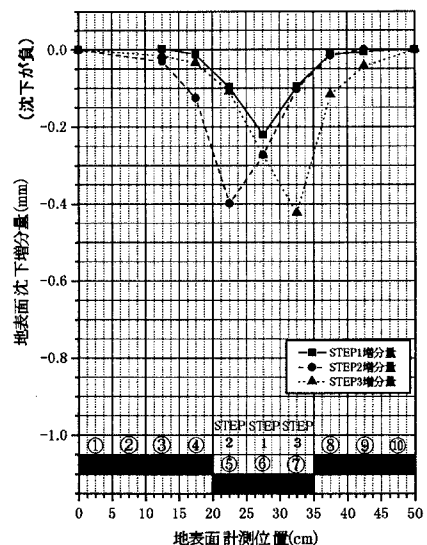


図-6 地表面沈下増分分布図