

「VASARAシールド工法」の開発（その3）
- 部分拡幅実証実験 -

鹿島建設株式会社	正会員	真鍋 智
鹿島建設株式会社		松浦 正典
鹿島建設株式会社	フェロー	五十嵐 寛昌
石川島建材工業株式会社	正会員	國藤 崇
三菱重工工業株式会社		東 隆史

1. はじめに

部分拡幅シールド工法（VASARA シールド工法）は、円形断面シールドトンネルにおいて、トンネル断面の必要用途に応じて、非開削で断面を部分的に拡幅できる工法である。拡幅に際しては、シールド機による拡幅部分の余掘りと、沈下抑止充填材の注入、そして、シールド機本体とセグメントの拡幅に伴う地盤内からの沈下抑止充填材の回収を行う。そこで、地盤内でのシールド機本体、及びセグメント拡幅部の構造成立性と止水性の確保、余掘り部の地盤安定を図る沈下抑止充填材の注入と回収状態の評価が、技術的に重要な課題であると考え、大型土槽内で拡幅シールド模型を用いた実験を行った。本文では、実証実験における工事への適用性の評価について報告する。

2. 実験目的

シールド機、及びセグメントの地盤内での拡幅に際して、以下の内容を確認する目的で実験を行った。

(1) 拡幅部分への作用荷重の把握

余掘り掘削した地盤内に注入した沈下抑止充填材がトンネル背面にある状態で、拡幅部分に作用する荷重を測定し、拡幅部分や周辺地盤への作用土圧と比較することで、構造設計時の作用荷重設定の参考とする。

(2) 拡幅部分の止水性確認

拡幅部の継手や摺動部分における止水性を確認する（設定水圧 0.6MPa）。

(3) 沈下抑止充填材の機能性評価

拡幅部分の掘削では、地盤内に巨大な空隙が発生することから、これを即時に土留めする必要がある。そこで、大断面シールドの沈下抑止対策として採用実績のある沈下抑止充填材¹⁾²⁾を適用し、注入状態確認とポンプ圧送による大量注入の可否、及び拡幅部分に設けた回収孔からの排出状態を実験で確認する。

3. 実験内容

実験装置は写真1と図1に示すように掘削機外径 1m、長さ約 2.5m規模で拡幅部分を含んだシールドの片側半円部分をモデル化した。容積 5m³の土槽内には、表-1 の特性をもつ試料土を締固めによって投入し、土被り 20m に相当する土水圧（有効鉛直応力 0.16MPa、間隙水圧 0.2MPa）を想定した載荷を行った。

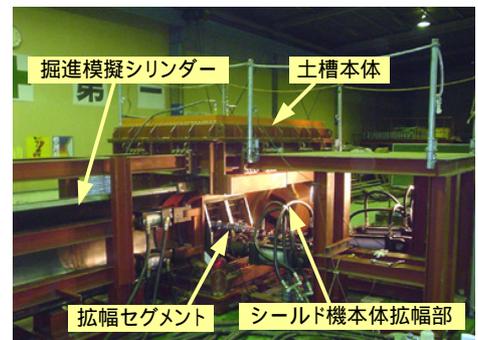


写真1 実験装置外観

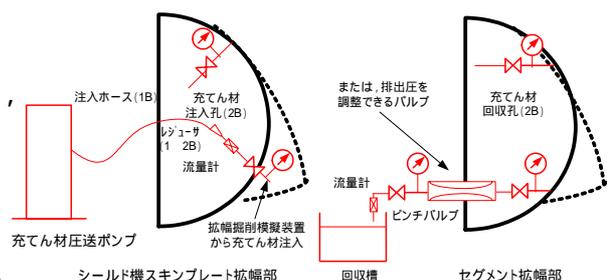
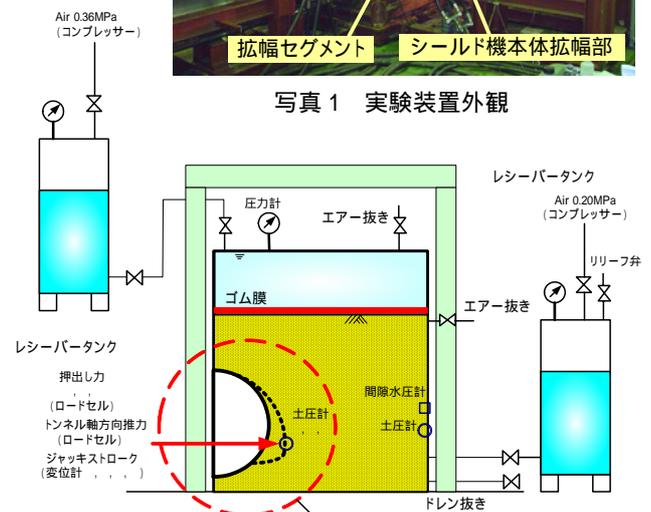


図1 実験装置概略図

キーワード：シールド工法，拡幅シールド工法，沈下抑止充填材

連絡先：鹿島建設(株) 土木設計本部 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL03-5561-2111 FAX03-5561-8073

掘進によって生じる地盤内空隙は、実験用に設けた掘進模擬シリンダーを土槽内から引抜くことで再現し、引抜きと同時に生じた空隙量に合わせて、沈下抑止充填材を注入した。注入後、表2に示す実験条件に従い、シールド機本体側部に設けた拡幅フード（幅1,200mm）とセグメント（幅400mm）2リング分の拡幅を行った（写真2に実験装置の拡幅部を示す）。

シールド機フード拡幅部、及びセグメント拡幅部分には、拡幅に合わせて充填材を排出する回収孔（直径50mm）を設けた。さらに、トンネル軸方向の推力を想定して、軸方向への載荷ができる構造とした。実験の計測内容を表3（図1内の名称番号に対応）に示す。

表2 実験条件

地盤作成条件	止水性確認実験	土水圧載荷実験		沈下抑止充てん材
土槽内容積5.0m ³	水圧 [MPa]	土圧（有効応力） [MPa]	水圧（間隙水圧） [MPa]	注入率（体積％）
湿潤密度 $t = 1.999\text{g/m}^3$	0.6	0.16	0.20	100%

4. 実験結果と考察

土水圧載荷実験で拡幅を行った結果、セグメントには図2に示す状態で土水圧が作用した。拡幅量の増加に伴い、セグメント背面には、静止土圧（0.25MPa）の1.2～1.6倍程度の土圧約0.3～0.4MPaが作用した。写真3に示す状況で、拡幅に伴い回収した沈下抑止充填材は、空隙発生量に対し、約90%の回収率であった。また、土槽壁面土圧の変動が小さいことと、拡幅終了時の土槽内地盤の変状がなかったことから、沈下抑止充填材による山留め効果が発揮されたものと考えられる。

一方、止水性確認実験では、0.6MPaの水圧作用下で拡幅開始から終了時まで漏水はなかった。

今回の実験から、拡幅に際して作用する土圧が受働土圧0.87MPaに対し1/3～1/2程度あることと、周辺地盤への影響を抑えながら拡幅できることが確認できた。

5. おわりに

拡幅状況を模擬した実験の結果から、シールド機とセグメントに対する構造設計上の荷重設定値が把握でき、土水圧作用下での拡幅部分の止水性を実証できた。今後は、部分拡幅シールド工法の実用化に向け、シールド機とセグメントの詳細設計を進めるとともに、沈下抑止充填材の注入や回収管理等の施工管理指標を確立したいと考える。

【参考文献】

- 1) 永谷英基, 五十嵐寛昌, 真鍋智: オクトパス工法の開発(その7) - 余掘部沈下防止充填材の適用性 -, 第56回土木学会年次学術講演会, 部門, p.232-233, 2001.10
- 2) 岡崎弘, 福田昌弘, 五十嵐寛昌, 永谷英基: 大断面矩形シールドトンネル施工時の沈下抑止対策, 第38回地盤工学研究発表会(投稿中), 2003.7

表1 試料土の物性

土粒子の密度 ρ_s	2.673g/cm ³	
粒度	礫分(2～75mm)	21%
	砂分(0.075～2mm)	77%
	シルト分(0.005～0.075mm)	2%
粘土分(0.005mm未満)		
最大粒径	9.5mm	
均等係数 U_c	7.1	
内部摩擦角	38.1°	
最大乾燥密度 d_{max}	1.809g/cm ³	
最適含水比 w_{opt}	15.5%	

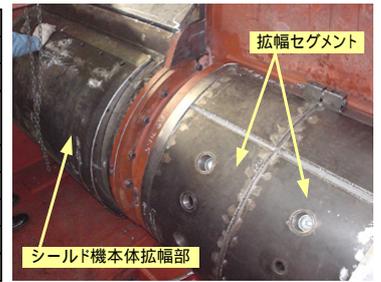


写真2 土槽内拡幅部

表3 実験装置計測内容

項目	内容
実験土槽 耐圧	0.6MPa
土槽載荷方法	ゴム膜を介して水圧を載荷 (有効応力0.16MPa, 間隙水圧0.2MPa)
土槽上部(フタ)	水圧計 加圧バルブ, エアー抜きバルブ
土槽壁面	土圧計, 間隙水圧計 エアー抜きバルブ
シールド機フード拡幅部	土圧計 油圧ジャッキ (荷重, ストローク測定)
セグメント拡幅部	土圧計, 油圧ジャッキ (荷重, ストローク測定)
トンネル軸方向載荷部	油圧ジャッキ (荷重, ストローク測定)
充てん材注入部	圧力計, 流量計
充てん材回収部	圧力計, 流量計 調圧バルブ(ピンチバルブ使用)

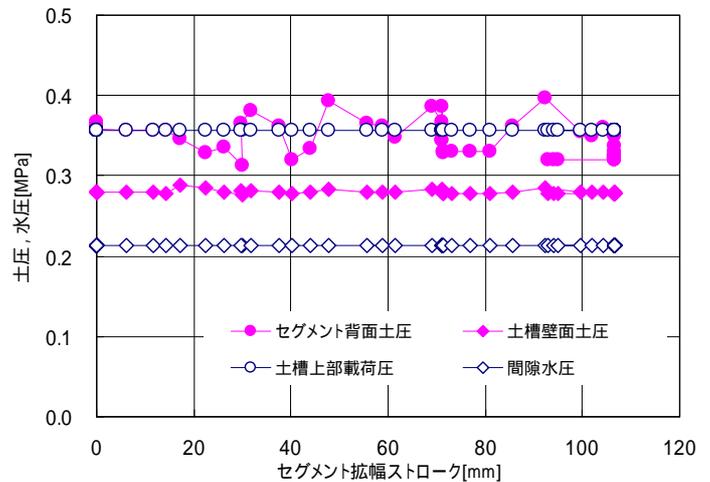


図2 セグメント拡幅時の土水圧測定結果



写真3 沈下抑止充てん材回収状況