

III-407 気泡シールド工法開発に関する模型実験について

（株）熊谷組 正真 北原 陽一
 〃 島津 久陽
 〃 河村 良之

1. まえがき

最近のシールドは、砂礫地盤に適した泥土圧シールドが多用されている。しかし、この工法では、掘削する土砂中に多量の粘性土分を注入するため、排出土が泥状化することが多く、何らかの処理を必要とするケースが増えている。また、加泥枚により掘削土に流動性を与えても、カッタートルク等機械負荷が大きく、面板等の摩耗が進行したり、加泥枚がチャンバ内等に付着するといった問題も生じている。筆者らは、これらの問題を解決する新しい土圧シールド工法として、加泥枚の代わりにシェービングクリーム状の強化気泡を注入して掘削し、更に、排出された土砂中の気泡を消泡することによって、掘削土を気泡注入前の地山に近い状態に戻す「気泡シールド工法」を開発した。本文では、基礎実験の総まとめとして行った模型実験の結果と考察について述べる。

2. 実験の目的

模型実験は、密閉された状態での連続的なシステムとしての効果の確認を目的とした。つまり、大気中での実験で把握が困難であった適正な発泡倍率の検討、気泡と土砂の連続混合状況、土・水圧載荷時の気泡土の流動性、動きのある中での止水性、機械的な最適条件の把握、切羽安定機構の解明などを目的とした。

3. 実験装置と実験方法

実験装置（写真1）は、130ℓ土槽、φ30cm土圧シールド模型機、30ℓ加圧水槽、注入設備から成る。土槽は上蓋にエアバックを取り付け、土圧が載荷できる。また、水圧は加圧水槽により載荷し、この水槽の水位計測から掘進中の土中水の動きを測定した。シールドは、外径φ30cm、機長70cmでセンターシャフト方式である。スクリーコンベア（S.C.）は内径φ66mm、羽根ピッチ50mmで、排土口はスライドゲートとした。また、カッターディスク（C.D.）、S.C.および攪拌翼は脱着可能な構造とし、注入孔は、C.D.・隔壁にそれぞれ3ヶ所、S.C.内に2ヶ所設けた。

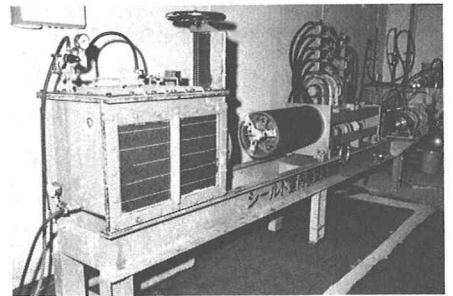


写真1 模型実験装置全景

実験は、所定の締め固め含水比になるよう調整した試料土を7層に分けて突き固め、飽水させた後、土・水圧を載荷して模擬地盤を作成する。一方、シールドのチャンバ、S.C.および土槽エントランス部に発進時の土砂崩壊防止を目的として、同一試料土ならびに実験ケースに即した注入枚を混合充填する。この後、土槽ゲートを開放し掘進を開始した。掘進は原則として掘進速度（1.5cm/min）、S.C.ゲート角度を一定にし、土圧がほぼ一定に保たれるようS.C.回転数のみを操作し、50cmの掘進を行った。

4. 実験材料と実験ケース

試料土は、図1の4種類、注入枚は表1に示す配合で、起泡枚は5%注入とした。また、消泡剤は気泡土化に要した起泡剤量と同量を使用した。したがって、掘削土1m³当りに使用する起泡枚・消泡枚は表2となる。実験ケースは、表3に示す因子を組合せ、計58ケースを実施した。

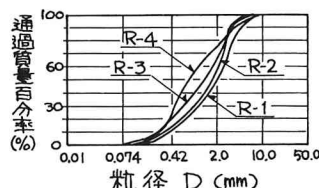


図1 試料土の粒径加積曲線

表1 注入枚の配合および特性

	1m ³ 当りの配合		特 性	
	枚 種	使用量	比 重	粘 性
起 泡 枚	起泡剤	8 ℓ	1.005	200 c.p.
	添加剤	20 kg		
加 泥 枚	水	972 ℓ	1.35	2300 c.p.
	粘土	500 kg		
	ベトナイト	100 kg		
	水	760 ℓ		

表2 掘削土1m³当り材料使用量

材 料 名	使用量
特殊起泡剤	0.4 l
起泡添加剤	1 kg
水	48.6 l
計	50 l
特殊消泡剤	0.4 l
消泡添加剤	0.06~0.10 g
水	3.6~39.6 l
計	4~40 l

表3 因子と水準

記号	因 子	水準1	水準2
R	土 質	4水準(図1)	
A	注入カ所	チャンバ	切 羽
B	面板形状	開口率25%	開口率75%
C	発泡倍率	4 倍	8 倍
D	カッター回転数	6 r.p.m.	12 r.p.m.
E	攪拌翼形状	プロペラ	ゴトク
F	注入方式	プレフォーム	シックスフォーム
G	加泥材注入量	150%地山1m ³	300%地山1m ³
H	低粘性添加剤	有	無
I	消泡剤濃度	4水準(1,2,5,10%)	

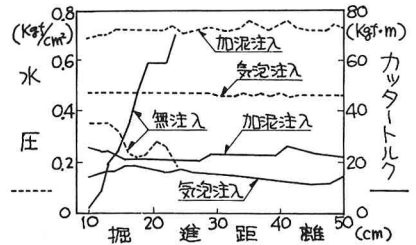


図2 水圧・カッタートルクの変動

5. 実験結果と考察

実験結果の一例として、図2・写真2に同一条件で実験を行ったケースの比較を示す。気泡注入・加泥注入と最も安定した掘進状態を保っているが、気泡注入の場合、水圧・トルクとも加泥注入より低くなっている。また、掘削後の土槽上面の状況から気泡注入の方が地山へ無理な力が働いていないことがわかる。写真3は気泡注入時のチャンバ内の充填状況である。なお、短い掘進であるにもかかわらず、加泥注入にはチャンバ内付着がみられたが、気泡注入では付着が全くなかった。

収集したデータならびに掘進1分毎に3段階評価した排土性状(表4)から、適切な掘進条件を判定した結果を表5に示す。

表4 排土性状の評価基準

ランク	評価基準
A	土水が分離せず固めのドロ状
B	ドロドロ状の排土
C	土水が分離した状態

表5 最適条件の検討結果

有意となった要因(有意率5%)	最適条件
主効果	12 r.p.m.
交互作用	ゴトク
交互作用	25%開口率
交互作用	チャンバ・切羽
交互作用	75%開口率
交互作用	4倍
交互作用	8倍

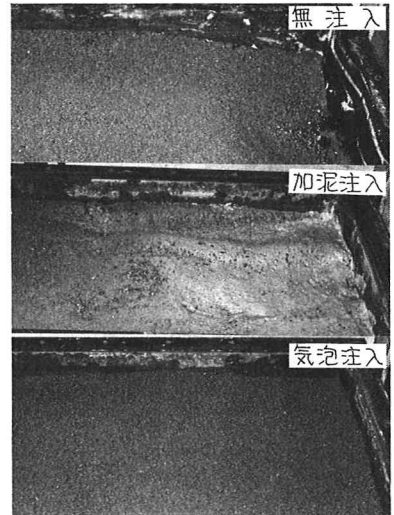


写真2 掘削後の土槽上面の状況

図3は、排土性状と水の動きの関係を示したもので、含水比差は土槽内試料含水比-排土含水比、水量変動とは加圧水槽内の水量の変動を表わしたものである。排土性状が良好な時には、土砂中の間隙水が気泡に置き換えられ含水比が低く、不良の場合には地下水を呼び込んでいると判断される。

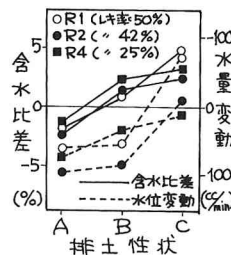
また、排土性状とチャンバ内土圧の関係は、排土性状が良好である時でもR4試料土以外は主働土圧を発生させることができなかった。これは、土被りが8cmと薄いため、水圧と気泡注入圧の圧差が大きくなると気泡が上部へ逃走したり、地山側の地下水と置換してしまったためと考えられる。

表6は、消泡剤使用前後のS.C.トルクの比を表わしたもので、濃度の小さい方が消泡効果に優れている結果となっている。これは、注入量が微量で、S.C.での攪拌効果が望めなかったものと考えられる。また、排出土に噴霧器を使い散布する方法では、目視ではあるが十分な消泡効果が得られた。

6. あとがき

模型実験は、定量的な判断に難しい面もあったが、多くのケースを実施することで定性的にはあるが当初の目的を達成した。また、実施工ではできない制御や操作を行うことによって、土圧シールドに關する多くの知見が得られた。本発表は、この模型実験により有効性が確認され、現場実験、実施工と進められ評価を受けている。

(参考文献) ① 津浦ほか：新しい土圧系シールド工法の開発、熊本技報、37号、1985.7



注)含水比差と水量変動は両者を対比できるスケールにしてある。

図3 排土性状と水の動き



写真3 チャンバ内充填状況

表6 消泡効果

濃度	S.C.トルク比
1%	3.66
5%	1.70
10%	1.33