

前田建設工業株式会社
 土木設計部
 技術研究所

正会員 平野富生夫
 小林健郎
 正会員 杉浦研五

1. まえがき

最近、各メーカー、建設会社等により削土密閉型シールド(工圧系シールド)が多数開発されているが、これらの削土密閉型シールドの掘削において、切羽土質により隔壁内に土砂の付着、固化が生じ掘削が不可能となる場合がある。被圧水下の砂層、玉石、礫層を除く切羽土質でこのような事態に到るのは、粒度分布、 $-74\mu m$ 含有率、粘着力、摩擦角等の因子によって形成されるアークアクションによるものと考えられる。

そこで今回は、屋外シールド実験、施工実績等から帰納された、切羽の土質性状から削土密閉型シールドでの掘削可否、難易を予測する一判定方法について述べるものである。

2. 検討方法

検討は表-1に示すように、屋外シールド実験(写真-1)で箱城砂、川砂、シルト質砂、鋭和箱城砂の4枚料の掘削状況を、施工実績では現場の実測データを利用して削土密閉型シールドの掘削難易の比較検討を行った。

被圧水下の砂層、玉石、礫層を除く切羽土質で、掘削に支障が生じるのは、隔壁内で土砂の付着、固化が生じ、スムーズな土砂移動が阻害された場合である。

写真-1に示す屋外シールド実験で、隔壁への土砂付着、固化の度合は、箱城砂>川砂>シルト質砂>鋭和箱城砂の順に小さくなり、付着、固化の影響因子の中で特に乱した後のせん断強度($\tau=Cu+P\tan\phi_u$)の大きさに影響を受けることが分かった。

つまり、表-1、図-1に示すように屋外シールド実験枚料の各乱した後のせん断強度を比較すると、屋外実験での静止土被り圧(≒先端推進力) $P\approx 2.0\frac{tf}{m^2}$ で箱城砂>川砂>シルト質砂>鋭和箱城砂の順にせん断強度が小さくなり、付着、固化の度合(掘削難易)と同順となった。

この現象は掘削の難易、可否を検討する際、重要な手がかりになり、さらに次のように考える。

カッターにより掘削され、乱されて隔壁内に移動した土砂は、カッタースリットからの静止土被り圧により、

写真-1 実験装置



表-1 各切羽の土質性状 ※面板型カッター

	箱城砂	川砂	シルト質砂	鋭和箱城砂	A 現場	B 現場	* C 現場	* D 現場	* E 現場	* F 現場
シールド径(m)	0.6	0.6	0.6	0.6	2.47	3.05	2.67	3.72	2.52	2.87
湿潤単位体積重量 γ ($\frac{tf}{m^3}$)	1.8	1.5	1.8	1.8	2.0	1.9	1.8	1.6	1.7	1.7
シールド中心までの土被りH(m)	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	7.5	6.5	24.0	9.3	7.5
静止土被り圧 $P=K_0\gamma H$ ($\frac{tf}{m^2}$)	1.8	1.5	1.8	1.8	10.0	14.0	11.7	38.4	15.8	12.8
一面せん断による粘着力 C_u ($\frac{tf}{m^2}$)	4.5	0	0	0	0.3	2.0	4.0	4.5	2.8	2.5
一面せん断による摩擦角 ϕ_u (度)	22.0	36.0	30.8	29.0	34.6	20.0	35.0	15.0	25.3	22.7
せん断強度 $\tau=C_u+P\tan\phi_u$	5.2	1.1	1.1	1.0	6.9	7.0	12.2	14.8	10.8	7.8

隔壁内に付着、固化の非流動化域を形成する。その非流動化域の持つせん断強度 ($\tau = Cu + P \tan \phi_u$) が静止土被り圧 (\equiv 先端推進力) より小さければ、付着、固化の非流動化域はその先端推進力により破壊され、流動化に転ずると考え、今回の屋外シールド実験、施工実績のデータを基に掘削の難易、可否の判定方法について検討する。

3. 検討結果

上述の検討方法により、屋外シールド実験材料について図-1を利用し比較、検討を行なう。

図-1に示すように、各材料の乱した後のせん断強度は、静止土被り圧 $P = 20 \text{ t/f/m}^2$ で稲城砂 5.3 t/f/m^2 、川砂 1.5 t/f/m^2 、シルト質砂 1.2 t/f/m^2 、飽和稲城砂 1.1 t/f/m^2 の値になり、静止土被り圧を上回るのは稲城砂、下回るのは川砂、シルト質砂、飽和稲城砂である。

一方、各材料での実験状況は、稲城砂で付着、固化の非流動化によりカッター、スクリーコンベアが停止し、流動性を増す調整剤が必須となり、他の川砂、シルト質砂、飽和稲城砂では付着、固化が生ずるものの調整剤を必要とせず掘削出来る。

このことは、シールド中心までの静止土被り圧 (\equiv 先端推進力) P がその土被り圧でのせん断強度 ($\tau = Cu + P \tan \phi_u$) よりも大きければ、掘削はスムーズに行なわれ、逆に、小さければ掘削に障害が表われ、流動性を増す調整剤が必要となってくることを示している。

この関係をまとめると次のようになる。

$$P \geq Cu + P \tan \phi_u \text{ ----- (1)}$$

$P > Cu + P \tan \phi_u$ の時 掘削しやすい

$P < Cu + P \tan \phi_u$ の時 掘削しにくく、調整剤必須

ただし、 Cu 、 ϕ_u はカッターで乱された程度での一面せん断強度定数との判定方法により削土密閉型シールド (実験機をモデル写真-2)

を使用したA現場、B現場に適用すると、表-1、図-1に示すように、いずれも乱した後のせん断強度が静止土被り圧より下回り、掘削が可能と判断出来る。また、掘削難易の度合は、静止土被り圧に対するせん断強度との比により判断出来、A現場で0.69、B現場で0.50となりB現場の方が掘削しやすいことになる。事実その通りであった。

4. あとがき

カッタースリットが十分に大きい場合 (スポーク型カッター)、静止土被り圧 (\equiv 先端推進力) とその土被り圧による隔壁内の土のせん断強度とを比較することにより、掘削の難易、可否が検討出来ることを示したが、スリットの小さい面板式カッターの場合についても、表-1に示すように隔壁内の土砂に切羽保持の土圧が生じている限り適用出来 (C現場では掘削に困難を窮め、スリットの拡大と改造を行なった)、今後、さらに削土密閉型シールドの施工データを集積し、スポーク型、面板式のカッターによらず、それぞれに対応する削土密閉型シールドの適用可否、難易の判定方法について検討して行きたいと思っている。

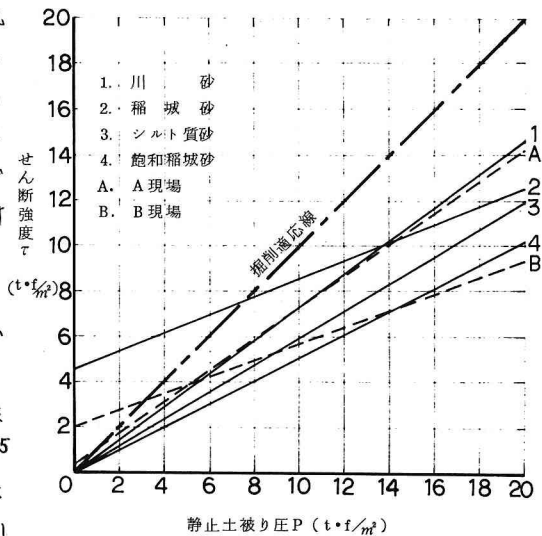


図-1 せん断強度と静止土被り圧

写真-2

