

VI-99 高水圧下における土圧式シールドの止水機構に関する理論式とその応用

フジタ 正会員 和久昭*
フジタ 正会員 吉野広司
神戸大学正会員 櫻井春輔

1. はじめに

筆者らが提案した高水圧下における土圧式シールドの止水機構に関する理論式¹⁾について、理論式とシールドの施工時における現象との対比、及び実施工物件のデータを用いた理論式による試算を行い、考察を加えた。その結果、提案した理論式が十分実施工の現象を表現し得ること、また実際のシールド機を設計する上で十分有効な算定式となっていることが明らかになった。

2. 切羽の止水機構に関する理論式（図-1 参照）

提案した理論式、及び主要記号は下記のとおりである。

$$P = \frac{\gamma_t (\mu \cos \theta + \sin \theta) - \Delta P_{wp} / L_p}{4 \cdot \mu K_s x / (d_2 - d_1)} \cdot [\exp \{4 \cdot \mu K_s x / (d_2 - d_1)\} - 1] \quad (1)$$

Pの正負は、分子第1項の正負に依存する。

これをΦとおいて判別式とする。

$$\Phi = \gamma_t (\mu \cos \theta + \sin \theta) - \Delta P_{wp} / L_p \quad (2)$$

3. プラグゾーン抵抗力の増大対策

土圧式シールドにおける切羽の安定を得るためには、排土の安定を図ることが必要条件となる。この基本的な

考えに基づき、切羽水圧、掘削土砂の透水性等の地山条件、スクリー部長、プラグゾーン長等の機械条件、及びスクリー回転数という運転条件をパラメータとし、排土の安定性とこれらパラメータとの相関関係を考察した結果を図-2に示す。

安定排土状態を確保するためには、 $P \geq 0$ すなわち $\Phi \geq 0$ でなければならない。 $\Phi \geq 0$ となるためには機械諸元を固定値とすると、プラグゾーン内の土砂を良く締め固め、 γ_t 及び μ の増大を図ることが有効である。実験に使用した細砂と粗砂の締め固め力の違いによる γ_t の違いの例を表-1に示す。また砂と鉄の摩擦力の試験結果を表-2に示す。これらよりP値は、十分締め固めた場合には緩めた場合と比較して約30%の増大を図ることができることがわかる。

4. 切羽水圧の低減対策

ΔP_{wp} はダルシー則により式(3)にて表される。式(4)のようにおいて式(3)を整理すると式(5)を得る。式(5)のmは、切羽水圧の降下量とプラグゾーン内の水圧降下量の比を表す。

またa, bは機械的諸元であるので施工時には一定の値と考えると、mはcに依存することになる。

表-3の実験装置の諸元の内 $L_s = 4.8$ mの場合のmとcの関係を図-3に示す。

このグラフから明らかなようにcとmは反比例の関係にある。安定排土を図るためには切羽水圧を漸次低減し、 P_{wp} をできるだけ小さくすることが必要条件である。これは、cを大きくすることであるから k_p が k_s に対して相対的に大きくなれば良い。 k_s の低減を図る方法としては、スクリーの回転数を遅くして掘削土砂を十分に締め固め、不透水化を図ることや、スクリー部の掘削土砂に添加材等を混入して不透水

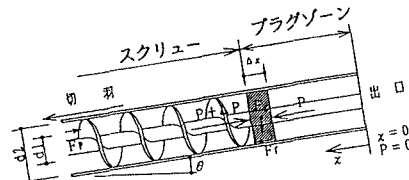


図-1 プラグゾーンにおける圧力作用図

ここに
添字 S: スクリュー部, P: プラグゾーン部
 μ : 鉄と砂の摩擦係数
 K_s : 土砂の主動土圧係数
 γ_t : 土砂の見掛け単位体積重量
 d_1 : スクリュー軸径
 d_2 : スクリューケーシング径
 L_p : プラグゾーン部長
 L_s : スクリュー部長
 P_{wp} : プラグゾーン始端の水圧
 P_{wi} : 切羽水圧
 ΔP_{wp} , ΔP_{wi} : 水圧降下量
 θ : スクリュー傾斜角度
 x : 排土口からの距離
 P : プラグゾーン内の土圧
 k : 透水係数
 A : スクリュー断面積

$$\Delta P_{wp} = \frac{\gamma_w L_p \Delta P_{wi}}{k_p A P \gamma_w \{ (L_s / k_s A_s) + (L_p / k_p A_p) \}} \quad (3)$$

$$a = \frac{L_p}{L_s} \quad b = \frac{A_p}{A_s} \quad c = \frac{k_p}{k_s} \quad m = \frac{\Delta P_{wp}}{\Delta P_{wi}} \quad (4)$$

$$m = \frac{a}{a+bc} \quad (5)$$

キーワード: 土圧式シールド, 高水圧, 止水機構, 理論式, 安定排土,

連絡先: *〒151 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-6-15 TEL 03-3402-1911 FAX 03-3796-2365

化を図ること等が有効である。 k_p の増大を図る方法としては、掘削土砂の排出及び切羽からの湧水の排出を適切なタイミングで行うことが有効である。

4. 実施物件の機械データによる理論式の検証

実施物件のデータを理論式に適用し理論式の妥当性について検討した。工事の土質条件及び機械諸元に関するデータはメーカー5社から得られた62件である。試算対象とした工事物件の選抜条件は、①土圧式シールドであること、②切羽水圧が 2.0kgf/cm^2 以上であることとした。P値を算定した結果を図-4に示す。全体の約80%が $P \geq 0$ （ $\Phi \geq 0$ ）となっており、スクリー部とプラグゾーン部内の土砂のみで切羽水圧の低減を図ることができるように設計されていることがわかる。換言すれば、機械諸元・土質条件が明らかな場合には、本理論式を適用すれば安定排土が可能か否かの判定ができることが明らかになった。

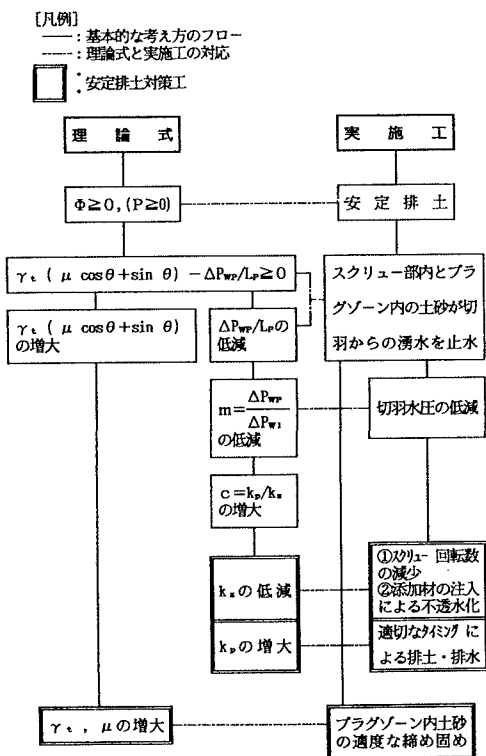


図-2 理論式と実施工の関係

表-1 突き固め条件と γ_s

試料土	突き固め条件		見掛け単位体積重量 γ_s (gf/cm^3)
	シマ重量 (kgf)	突き固め回数	
富士川砂	2.5	10	1.793
		25	1.831
		55	1.869
浜岡砂	2.5	10	1.737
		25	1.780
		55	1.824
	4.5	55	1.821

表-2 砂と鉄の摩擦係数 μ

項目	載荷圧 (kgf/cm^2)	摩擦係数 (τ_h/σ_v)
富士川砂	0.5~1.0	0.418~0.511
浜岡砂	0.5~1.0	0.443~0.498

備考：試料土は湿潤状態

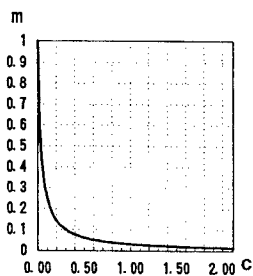


図-3 m-Cの関係

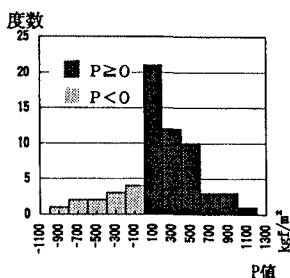


図-4 P値分布図

表-3 実験装置の諸元 単位:m

部位名	記号	諸元
ケーシング径	d_2	0.30
スクリー軸径	d_1	0.14
スクリー羽根ピッチ	p	0.30
スクリー羽根厚	t	0.14

参考文献：1) 和久昭正・宮澤秀治・吉野広司・櫻井春輔：高水圧下における土圧式シールドの止水機構に関する研究，土木学会論文集，NO. 546, pp. 189 ~ 198, 1996.