

III-446 加泥式(泥漿式)シールド工法における掘削土砂改良実験

(株) 錢高組 田口 武雄
 同上 正会員 斎藤 優

1. はじめに

加泥式(泥漿式)シールド工法は、従来の無添加の土圧系シールドに、泥漿と呼ばれる粘性付与材を添加し、対象となる地盤領域の拡大を図ったものである。しかし、地盤条件によっては施工が困難な場合も生じ安定した掘進を維持するためには掘削土砂の土性値の改良が重要となってくる。

実験では、改良が必要と考えられる3種類の地盤に対し、類似したモデル地盤を作成し、その改良度合を確認した。また、泥漿による改良が困難であるモデルには、気泡を泥漿の助剤とすることで流動性改善効果が高いことが判明したので、検討を加え報告する。

2. 実験方法

実験は予め準備した乾乾状態の砂・砂利をモデル別に計量し、1バッチ(16kgf)ごとに容器に入れ、その後散水し掘削土砂の自由水を除去した状態(含水比で5%程度)にし24時間以上養生した。骨材中に充分吸水させたのち20ℓ用コンクリートミキサーに投入し、1分間混練後、順次泥漿を加え攪拌した。

図-1に混練手順、図-2にモデル地盤の粒径加積曲線、表-1に泥漿の配合を示す。

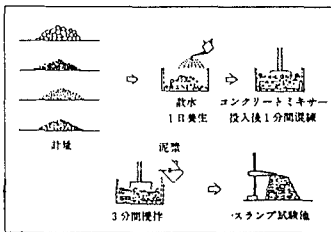


図-1 混練手順

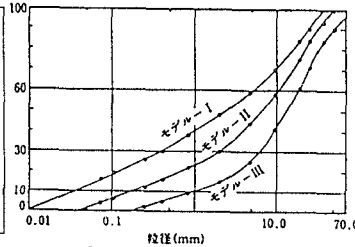


図-2 モデルI~III粒径加積曲線

種類	泥漿I	泥漿II
水 (Qw) kgf	1000	1000
ベントナイト (Wv) kgf	175	175
粉末粘土 (Vv) kgf	425	425
砂 (Vc) kgf	300	300
比重 (γs)	理論値 1.31	1.42
	実測値 1.28	1.46
粘性 (s)	31.2	59.0

ベントナイト (群馬産250#) 粉末粘土 (SCP-B)

$$r_m = \frac{Wc + Wv + Qv}{Qv + (Wc + Wv) r_s} \quad r_s: \text{固形物の比重} 2.66$$

3. 実験結果及び考察

スランパ試験及び変水位透水試験にて掘削土砂の流動性(コンシステンシー)、止水性を調査した。

泥漿の添加により置換排除される地盤間隙水は、原地盤の間隙率に関連していることや、注入した泥漿と地盤の砂との混合で、コンクリートでいうモルタルを形成させる必要があることなどから、有効間隙率及び細骨材率の考え方を導入した。また、泥漿添加率はモデル別の泥漿無添加時の混練密度から体積換算し、体積比率での泥漿添加量とした。(以下添加率という)

試験結果を図-3~6に示す。

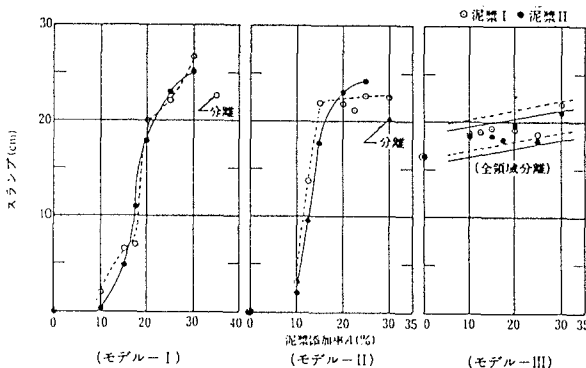


図-3 添加率→スランパ

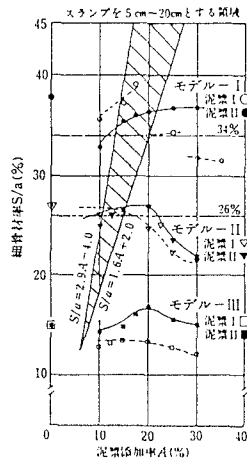


図-4 流動性確保の領域 (全モデル)

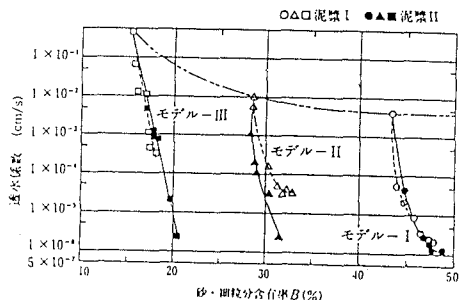


図-5 砂・細粒分率～透水係数(全モデル)

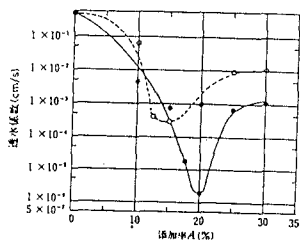


図-6 添加率～透水係数(モデルⅢ)

結果から次のことが検討できる。

- 1) モデルⅢは泥漿Ⅰ、Ⅱとも流動性の改善は不可能だが、止水性の改善は泥漿Ⅱで可能であった。
- 2) 流動性の改善が可能な領域では、ほぼ止水性の改善が可能である。
- 3) 礫分及び細粒分をつなぐ「砂」の役割は、泥漿との混合でサスペンション効果が期待できることから、各モデルともほとんどの添加率で泥漿Ⅱの優位性がうかがえる。
- 4) 改良上の流動性、止水性の改善は単位水量、細骨材率、砂・細粒分含有率に相関があり、砂分及び細粒分の含有量は単位水量に制約される。

表-2 改良含水比・単位水量

地盤	泥漿	添加率と含水比の関係	スランプが15～20cmの範囲		
			含水比(%)	単位水量(l/m ³)	
モデルⅠ	I	$w = 0.21A + 9.56$	12.4～13.5	250～270	
	II	$w = 0.32A + 5.69$	10.6～12.7	207～265	
モデルⅡ	I	$w = 0.14A + 8.91$	10.4～10.5	220	
	II	$w = 0.25A + 5.14$	7.6～9.8	156～213	
モデルⅢ	I	$w = 0.15A + 7.37$	—	—	
	II	$w = 0.23A + 5.58$	—	—	

w : 含水比 A : 添加率

地盤	泥漿	透水係数が $10^{-5} \sim 10^{-6}$ cm/sの範囲	
		含水比(%)	単位水量(l/m ³)
モデルⅠ	I	10.6～17.1	229～322
	II	7.9以上	171～310
モデルⅡ	I	10.2～12.2	217～253
	II	8.8～11.7	188～246
モデルⅢ	I	—	—
	II	9.4～10.9	195～222

5) 改良に必要な添加率は、いずれも有効間隙率より5%程度低く、細骨材率を最大とする添加率と透水係数を最小とする添加率は、ほぼ同一である。

6) 流動性改善に必要な細骨材率 (S/a) はモデルⅠで34%以上、モデルⅡで26%以上必要で、添加率 (A) と次式で関係づけられる。

$$2.9 \ A - 4.0 \geq S/a \geq 1.6 \ A + 2.0$$

また、次のスランプ値 (S) が推定できる。

$$S = \frac{(A - (S/a + 4.0)/2.9) \times 15.0}{\{(S/a - 2.0)/1.6 - (S/a + 4.0)/2.9\} + 5.0}$$

7) 細骨材率と単位水量 (M) は次の関係が得られた。

$S/a > 0.16M + 1.25$ ……閉塞傾向・閉塞領域

$0.16M + 1.25 \geq S/a \geq 0.16M - 9.21$ ……改良領域

$S/a < 0.16M - 9.21$ ……分離傾向・分離領域

4. 気泡を泥漿の助剤とした場合、

モデルⅢでのスランプ試験結果例を図-7に示す

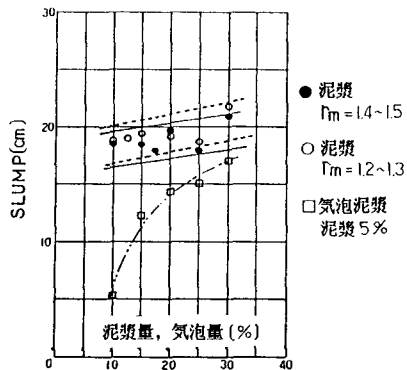


図-7 泥漿、気泡～スランプ

図では、泥漿と気泡の場合（気泡泥漿）では、流動性改善効果が高いことがうかがえる。

これは、泥漿による土砂改良を、気泡が助勢する役割を果たすものと想定できる。

5. あとがき

本報告は大気中での掘削土砂性値改良実験であり、泥漿注入により地盤中の自由水を切羽に押出すことが前提となっている。今後は、泥漿と気泡との配合比率混合方法等の研究を中心に、圧力条件下での模型実験・検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐々木：「土工系シルド工法」鹿島出版会 1982
- 2) 吉川他：「泥漿シルド工法・技術資料」日立造船(株)1984.1