

### 土砂圧送性を考慮した加泥材の検討

(株)大林組 正会員 ○木村志照, 三浦俊彦, 田中善広, 服部鋭啓  
太平洋シールドメカニクス(株) 広渡孝, 小野朝陽

#### 1. はじめに

シールド工法のひとつである泥土加圧シールド工法は、カッターで切削された土砂に加泥材を注入して練混ぜて、掘削土砂を不透水性と塑性流動性を持つ泥土に変換する。その泥土をチャンバーおよびスクリーコンベアに充填させ、土圧を発生させる。この泥土圧によって、切羽の安定性を保持する工法である<sup>1)</sup>。泥土加圧シールド工法の掘削土の排土方法は、「鋼車による排出」、「連続ベルトコンベアによる排出」、「圧送ポンプによる排出」がある。これらの方法は、掘削断面による排出量・掘削距離・施工速度・勾配・線形・可燃性ガスの有無によって決定される。一般的に土砂圧送では、「粘性」「土砂と水分の分離」が重要な要素となる。前者は土砂の粘性が高すぎると圧が高くなり、後者は土砂が脱水されることにより配管閉塞が生じ、圧送できなくなる。そのため、予想される掘削環境に対して適切な加泥材を選定することが重要となる。特に「地下水の塩濃度が高い場合」は、ブリーディングが発生し、脱水されやすいため十分な配慮が必要である。本報告では、「地下水の塩濃度が高い」状況での圧送ポンプによる排出方法での加泥材配合の検討を報告する。

表1 模擬土

模擬土	粒径通過百分率 (%)			含水比 (%)
	0.074mm	0.25mm	2mm	
A	7.4	20.7	73.6	15
B	18.0	41.0	95.1	15

表2 試験ケース

No.	模擬土	含水比調整	加泥材配合		注入率
			材	配合	
1-1	A	水道水	ベントナイト泥水	70 kg/m <sup>3</sup>	25%
1-2	A	海水			
1-3	B	水道水			
1-4	B	海水			

#### 2. ベントナイト泥水の地下水塩濃度影響

加泥材のひとつであるベントナイト泥水は、塩により凝集が生じやすい。まず、ベントナイト泥水の塩影響を調べた。

##### 2. 1 試験方法

表1に示す2種類の模擬土に、人工海水を塩素濃度で7,000mg/Lになるように希釈した水で含水比調整した。表2に示すベントナイト泥水を添加混合し、流動性としてテーブルフローとミニスランプ、土砂分離抵抗性としてブリーディング率を混合直後・1日後・3日後に計測した。なお、流動性の評価は「テーブルフロー (N=15) 130mm以上」「ミニスランプ 4.0cm以上」、土砂分離抵抗性は「ブリーディング率 3.0%以下」とした。

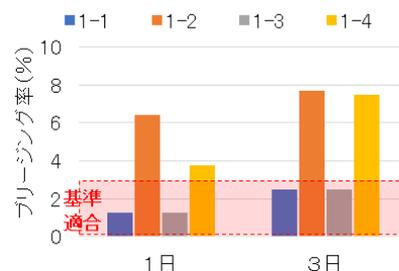


図1 ブリーディング率結果

##### 2. 2 試験結果

テーブルフロー・ミニスランプともに基準以上となった。図1に示すように、海水では、ベントナイト泥水中のベントナイトが塩の影響を受け、凝集しブリーディングが増加した。このことから、塩濃度が高い環境下の圧送による排土では、加泥材としてベントナイト泥水の使用は難しいと判断された。

#### 3. 耐塩性のある加泥材の検討

2.2より、ベントナイト泥水では塩濃度が高い環境では使用が難しいと判断されたため、耐塩性のある加泥材配合を検討した。

表3 耐塩配合の試験ケース

No.	加泥材配合				注入率
	種類	配合	種類	配合	
2-1	ベントナイト泥水	70kg/m <sup>3</sup>	特殊高分子	10kg/m <sup>3</sup>	25%
2-2	ベントナイト泥水	70kg/m <sup>3</sup>	ケイ酸Na	40 kg/m <sup>3</sup>	25%
2-3	特殊高分子	12 kg/m <sup>3</sup>	ケイ酸Na	100 kg/m <sup>3</sup>	25%
2-4	特殊高分子	12 kg/m <sup>3</sup>	—	—	25%

##### 3. 1 試験方法

4種類の候補材料を表3に示す。2.1の試験

キーワード 泥土加圧シールド, 加泥材, 土砂圧送, 耐塩性  
連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 TEL 042-495-4907

条件で最も厳しいと考える「模擬土 A・海水」で比較を行った。試験・評価基準は 2.1 と同様である。

### 3. 2 試験結果

テーブルフローは、全て基準以上となった。またミニスランプは、「No.2-2 ベントナイト泥水+ケイ酸ソーダ」のみ直後で基準を若干下回ったものの、1日後、3日後では10cm以上と増加した。なお、他の配合のミニスランプは、全て基準値以上となった。一方、最も塩濃度の影響を受けやすいブリージング率の結果を図2に示す。No.2-1とNo.2-4は基準を超過した。No.2-1では、特殊高分子による粘性作用はあるものの、ベントナイトが塩と高分子による凝集作用を受けてブリージングしたことが原因と推定される。No.2-4では、試料中の細粒分が少ないことと粘性が不足しているため、土粒子を分散させることができなかったことが原因と推定される。一方、No.2-2とNo.2-3の2種類では3%以内となった。これは、添加しているケイ酸ソーダの粘性とケイ酸塩生成による細粒分の補充による効果と推定される。以上の結果より、耐塩性の加泥材としては、全ての基準を満たす「特殊高分子+ケイ酸ソーダ」の配合が最適であると判断した。

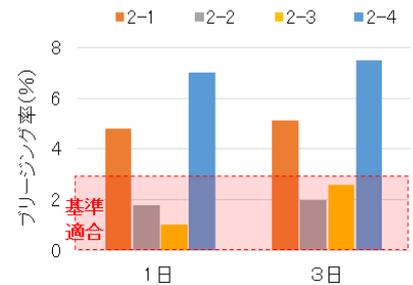


図2 ブリージング率結果

### 4. 加泥材の最適配合の検討

3.2で選定した「特殊高分子+ケイ酸ソーダ」について、配合・注入率の最適化を検討した。

#### 4. 1 試験方法

試験に用いた模擬土は表1に示す2種類を用い、含水比調整は全て海水で行った。加泥材配合を表4に示す。なお、試験・評価基準は2.1と同様である。

表4 最適配合検討の試験ケース

No.	模擬土	加泥材配合		注入率
		特殊高分子	ケイ酸 Na	
3-1	A	12kg/m <sup>3</sup>	100 kg/m <sup>3</sup>	25%
3-2	A	12 kg/m <sup>3</sup>	100 kg/m <sup>3</sup>	20%
3-3	A	8 kg/m <sup>3</sup>	120 kg/m <sup>3</sup>	20%
3-4	B	8 kg/m <sup>3</sup>	120 kg/m <sup>3</sup>	20%
3-5	B	6 kg/m <sup>3</sup>	90 kg/m <sup>3</sup>	20%
3-6	B	6 kg/m <sup>3</sup>	75 kg/m <sup>3</sup>	20%

#### 4. 2 試験結果

結果を図3~5に示す。テーブルフロー・ミニスランプともに全ての配合で基準を満たしていたが、細粒分が多いとやや流動性が低下する傾向にあった。一方、ブリージング率は、No.3-6のみ基準を超過した。これは、加泥材中のケイ酸ソーダの割合が少ないため、細粒分の多いNo.3-6(模擬土B)では、細粒分が塩により凝集しやすくなり、ブリージングが増加したものと推察される。今回の条件において、表3のNo.2-3の配合・注入率よりも少なくしても必要な性能が得られることを確認できた。

### 5. まとめ

- 1) 塩濃度が高い場合、ベントナイト泥水が凝集し、ブリージングが生じるため加泥材として使用できない。
- 2) 耐塩性の加泥材配合として、「特殊高分子+ケイ酸ソーダ」が最も良好な配合と選定された。
- 3) ケイ酸ソーダの配合比率を低くすると耐塩性が低下し、凝集によりブリージングが生じやすくなる。

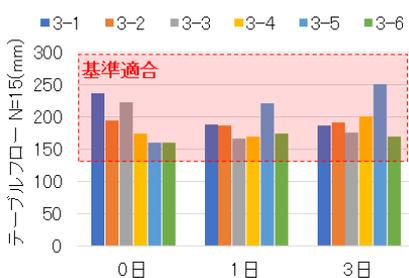


図3 テーブルフロー結果

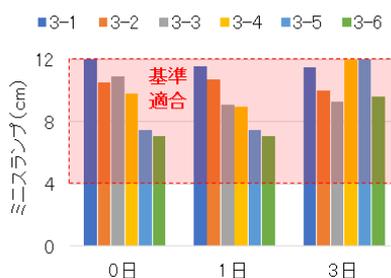


図4 ミニスランプ結果

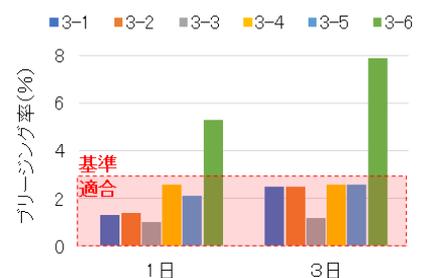


図5 ブリージング率結果

参考文献 1) 泥土加圧シールド工法-技術資料-, シールド工法技術協会, 2011.8