

III-36

ECL工法(TELS工法)における 複胴スライド部の注入材の検討

東京電力㈱ 正会員 川村祥二
㈱ 大林組 正会員 中山高明
㈱ 奥村組 正会員 岡田 章

1. まえがき

ECL工法(TELS工法)では、覆工品質を向上させるため掘削と覆工工程の分離が可能となるシールド構造として複胴式シールドマシンを採用している。複胴式とした場合有利となる点として次のものが挙げられる。

①掘削作業と覆工作業の施工トラブルによる相互影響が解消できる。

②覆工作業におけるコンクリートプレス時間を自由に選択できる。

本工法における複胴式のシールドマシン(マシン外径 ϕ 3000程度)では、構造上前胴推進から後胴推進が完了するまでの間、複胴スライド部に厚さ50mm程度のボイドが発生する。その時間は、サイクルタイム上では185分(掘削:50分+鉄筋組・型枠組・コンクリート打設:120分+後胴推進:15分=185分)である。

自立性の小さい地盤の場合、複胴スライド部に発生したボイドにより地山の肌落ち等を起す危険性があると思われる。そのため前胴推進時に複胴スライド部にボイドを発生させず、鉄筋組・型枠組・コンクリート打設の間地山を支援し、なおかつ後胴推進をスムーズに行なうため、複胴スライド部に注入材を注入する必要がある。

そこで、注入材の検討を行うために飽和砂地盤条件下で複胴スライド部を模擬した装置での実験を行なった。なお、注入材は地盤の支援が可能と思われる既存の材料より下記の3種類を選択して実施した。比較対象としてCMC溶液を使った実験も行なった。

2. 実験概要

1) 模擬地盤材料

模擬地盤作成用材料($q_c=8\text{kgf/cm}^2$ 程度)に鹿島砂を使用した。

2) 注入材 : 注入材の要求品質として次のものが挙げられる。

①高い地山支援能力 ②長時間流動性保持が可能

③水中不分離性が高い

以上の要求品質を考慮して他工法での施工で類似した目的で使用されている実績を勘案し実験材料として次の3つを選んだ。

滑 材 推進工法
ベントナイト溶液 地中連続壁, 土圧式シールド
気 泡 気泡シールド

3) 実験ケース

3種の配合について右の実験ケースの検討フローに従いながら実験を行なった。なお、土圧は 1.0kgf/cm^2 一定とする。

表-1 実験ケース一覧表

①空押し引き実験 CASE01	空押し引き実験を行ない無表層の場合の地山状況・作動抵抗等のデータを得る
②支援判定試験 CASE02(滑材), CASE03(気泡), CASE04(ベントナイト, 140kgf/m^2), CASE05(ベントナイト, 100kgf/m^2), CASE06(CMC, 13kgf/m^2)	実験手順に従って注入圧力を変化させながら地盤の変状を起こさない材料が否か、また注入圧はどの程度に設定するかについて検討する。 CASE02~04: ゲル性の比較的高い材料 CASE05, 06: 粘性が非常に小さく液状に近い材料
③判 定	支援判定試験で支援できなければ別材料の検討を行なう。
④圧力変化試験 CASE07(気泡), CASE08(ベントナイト, 140kgf/m^2), CASE09(滑材)	各支援判定試験をもとに圧力変化試験用の圧力パターンを設定し圧力の振幅による地盤変状等を計測し地盤への影響の少ない材料の選定を行なう。
⑤水中不分離性確認試験	濡水砂層では、注入材料が水中にて分離希釈されることが考えられるため水中での分離性の判定を行なう。

5) 実験装置

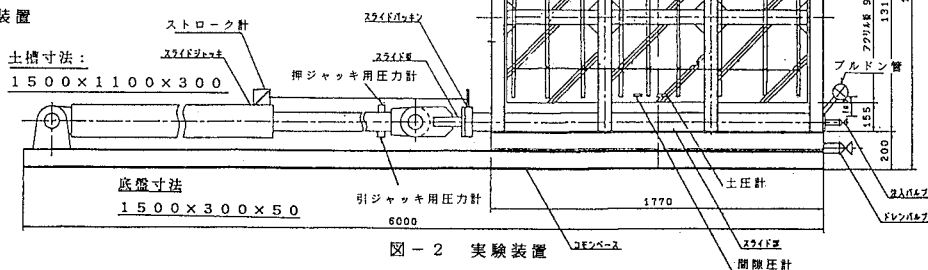


図-2 実験装置

4) 実験ケース検討フロー 土圧 (1.0kgf/cm^2)

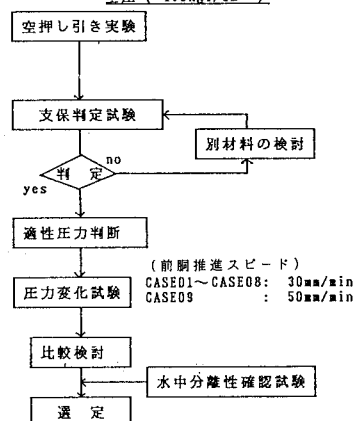


図-1 実験ケース検討フロー

3. 実験結果および考察

下表にCASE06～CASE09について実験結果一覧を、下図にCASE06、CASE08について各測点ストローク相対距離毎の地中変位量を示す。

1) 注入材料の比較検討

要求品質ごとに3材料を比較する。

①地山支保能力： 下図に示すベントナイト溶液（140kgf/m³、CASE08）およびCMC溶液（13kgf/m³、CASE06）での各測点別ストローク相対距離毎の地中変位の状況よりCMC溶液では支保できないがベントナイト溶液では支保できることが分った。また下表の滑材・ベントナイト・気泡の3材料についても最大地中変位量に大差がなく高い地山支保能力を有していた。

②流動性保持： 下表の注入材抵抗より3材料とも注入材による抵抗が小さく長時間流動性保持が可能である。

③水中不分離性： 滑材およびゲル化したベントナイト溶液は分離しにくいこと、ベントナイト溶液はゲル化材なしでは水中で分離しやすいこと、気泡は水中で消泡しやすいことが分った。

2) 地山支保のメカニズム

高粘性・低粘性の注入材・気泡の支保メカニズムについて、以下のような違いがあると思われる。

①高粘性の注入材（滑材、ベントナイト溶液140kgf/m³）：注入材料の粘性が高いため注入圧によって脱水が生じず、マッドフィルムが形成されない。注入材が粘性の高い状態で地山を支保している。

②低粘性の注入材料（ベントナイト溶液100kgf/m³、CMC 13kgf/m³）：ベントナイト溶液の場合、注入圧によって脱水が生じ、地山との境界面に難透水性のマッドフィルムが形成される。この膜によって逸液が防止され土圧と釣り合う注入圧によって地山を支保する。

また、CMC溶液の場合、粒状のものが存在しないので難透水性のマッドフィルムが形成されない。そのためCMC溶液が地山に浸透して行き、地山を支保が困難となる。

③気泡：注入圧を加えることによって気泡内の内圧が高まり、気泡の膜を介して地山を支保する。

4. あとがき

3材料とも支保能力が高いことが分った。しかし、滑材では材料費が高いこと、ベントナイト溶液ではゲル化材なしでは水中で分離すること、気泡は消泡するため常時フレッシュな気泡の供給をする必要があること等の問題点がある。また、流動性が高い材料であると切羽に回る可能性が高い。そのためある程度の粘性を確保する必要があると考えられる。

実施工に適用して行くには、地山条件との関係・注入設備との関係等詳細な検討を行う必要がある。今後、3材料を基本に検討を重ねて行きたいと考える。

表-2 実験結果一覧表

	CASE05	CASE06	CASE07	CASE08	CASE09	
試験名	支保判定試験	支保判定試験	圧力変化試験	圧力変化試験	圧力変化試験	
引速度	30mm/min	30mm/min	30mm/min	30mm/min	50mm/min	
材 料	ベントナイト	CMC	気 泡	ベントナイト	滑 材	
配 合 (m^3)	ベントナイト 100kg 水 900ℓ	CMC 13 kg 水 1000ℓ	特殊起泡材10ℓ 起泡添加材 8kg 水 982ℓ 発泡倍率 7倍	ベントナイト 140kg 水 900ℓ	ベントナイト100 kg アットイル 40 kg ハイゲル 2 kg CMC 2 kg 水 900ℓ	
測 定 値	比 重	1.07	1.00	1.09	0.98	
	粘 性 (CPS)	500	800	9800	8800	
	ロータNo	4	4	4	4	
	rpm	30	30	30	30	
	温度 (℃)	12	12	12	12	
支保能力	変位量 最大地中 (mm)	2.1	61.9	1.8	1.3	1.0
流動性	注入材抵抗 (kgf/cm^2)	1.3	15.8	0.8	1.3	1.1
注入材抵抗：注入材によるスライド部への抵抗						
水中不分離性	完全分離時間	0.5hr	落下直後より水に溶けて行く	落下直後より消泡して行く、常にフレッシュな気泡の供給が必要である	24hr ハイゲル添加の場合分離しない	分離せず

注入材抵抗：注入材によるスライド部への抵抗

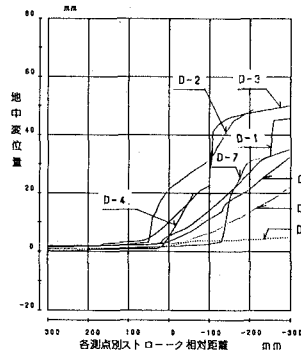


図-3 地中変位量 (CASE06, CMC)

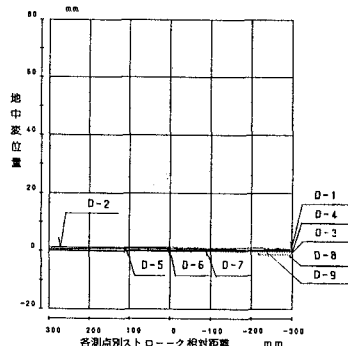


図-4 地中変位量 (CASE08, ベントナイト)