

ソイルセメント地中壁による鉛直遮水工の配合設計と品質管理

佐藤工業（株）	正○辻野修一	前田幸男
佐藤工業（株）	正 永尾浩一	宮崎照幸
東京電力（株）	柏木洋之	安部裕幸
東京電力（株）	矢口真光	須能直

1. はじめに

管理型廃棄物処分場の構造が要求される火力発電所灰埋立地にソイルセメント柱列式地下連続壁（SMW）工法により鉛直遮水工を行った。改良対象地盤は物性の変化が著しく、一部、砂礫層の遮水性能が懸念された。このため、原位置の粒度組成が遮水性に及ぼす影響を調べ、透水係数推定し、施工時配合を決定した。施工時品質管理の結果、遮水性能を確保すること、材令に伴う透水係数の低下傾向などが確認された。

2. 工事概要

本工事箇所は、旧海底面まで約 20m を砂質土（山砂）で埋立てた海上埋立地であり、旧海底面下は、古い年代の溺れ谷があり、局所的に土質の変化が著しい複雑な堆積地層となっており（図-1 参照）、また、改良面積の大部分を占める埋土層も、粒度の変化が大きく（図-2 参照）、局所的に砂礫あるいは、シルトがレンズ状に堆積している層が認められた。

遮水壁の要求品質および仕様を以下に示す。

- ・要求品質 / 壁厚 50cm 以上、透水係数 $k = 1 \times 10^{-6}$ cm/sec、根入長：泥岩層 1m、沖積粘土層 2.5m 以上
- ・仕様 / 三軸攪拌完全ラップ式（施工鉛直精度を考慮し、径 ϕ 850 mm、壁厚最小部 602mm）
深さ 18.0 ~ 38.0m、壁延長 1,680m（490m $\times$ 350m）、側面積 41954 m²（1404 セット）

3. 配合検討

予備試験（事前試験、技術提案時）では、砂質土層（Bs, As）の平均粒度（スラリー水セメント比 W/C = 160 ~ 220% の範囲）を対象に実施し、基本配合（C = 330kg/m³, W/C = 180%, 注入率 α = 70%, B = 20kg/m³）を設定した。しかしながら、遮水壁面の大部分を占め、広範囲の粒度分布を示す砂質土層は遮水性の低下が懸念されたため、以下の手順で検討を行った。

検討：粗い粒度条件として、各粒径通過率の最小値および 95% 信頼範囲下限値（図-2：プロット）となるように調整した試料に対して、セメント量 C = 330kg/m³ 一定、W/C = 140, 180, 220% で透水試験を行った結果、粗粒分が多い場合、平均粒度に比べ遮水性に劣ることがわかった。また、粒度の異なる試料のセメント / 総水量（地山水分 + スラリー中水分）～ 透水係数関係（図-3）より、微粒分が多い試料ほど、セメント / 総水量比が大きいほど、28 日材令透水係数 k_{28} は低下することが分かった。

W/C = 220% の場合、材令 90 日では基準値を確保出来るものの 28 日材令では確保できず、また、W/C = 140% では、遮水性は満足するが、根入部粘性土の場合に混練性が懸念されたため、セメント / 総水量 = 40（W/C = 180% 相当）のケースに絞り込み、粒度の影響を調査する検討を行った。

検討：セメント / 総水量 = 40% における各試料の細粒分含有率 F_c および 2mm 以下含有量と透水係数の関係を図-4 に示す。目標値を基準値より 1 オーダー小さく $k_{28} = 1 \times 10^{-7}$ cm/sec 以下とした場合、目標を満たさないと推定

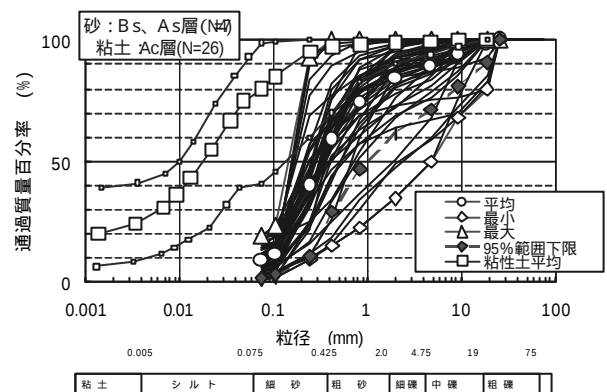


図-2 検討対象層の粒度分布

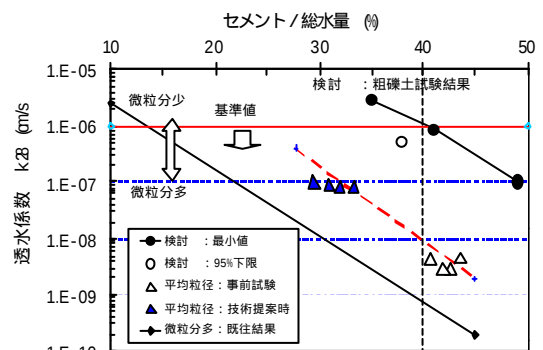


図-3 セメント / 総水量 ~ 透水係数関係

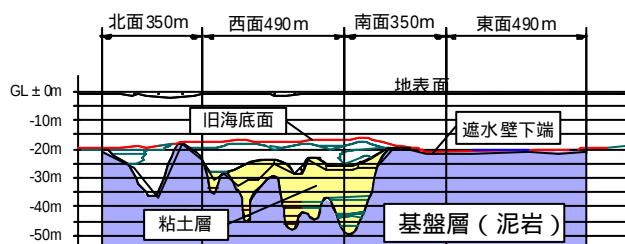


図-1 地層断面および遮水工施工深度

キーワード：ソイルセメント，遮水工，透水係数，管理型処分場

連絡先：〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-20 TEL：03-3661-4794 FAX：03-3668-9484

された以下のケースについて、粒度分布を再現（粒度調整）し透水係数を確認した結果を検討として、図-4中に併記する。

Fc含有率が最も小さい（3%以下の）ケース

2mm以下含有率が最も小さい（72%以下の）ケース

なお、既往調査結果（図-2：N=47）より、上記条件に該当するケースは、ORが5ケース、ANDが1ケースであった（なお、最小値、95%下限は、ANDに該当）。細粒分含有率（条件）、2mm以下含有率（条件）は、粒度曲線の形状（傾き）の違いでもあることから、細粒分含有率Fcと礫分（2mm以上）含有率（ $=100\% - 2\text{mm以下粒径含有率}$ ）の比と透水係数の関係に整理した結果を図-5に示す。なお、検討のケースに細粒分を添加させた場合の結果を併せて表示（a～d）する。

透水係数の上限ラインを同図中のように式化し、既往調査結果（全47データ）に対し、細粒分Fc/礫分含有率比を求め、材令28日の透水係数 k_{28} を算出した結果、以下のように推定され、下表を施工時の配合とした。

$k_{28} < 1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ は 47/47, $k_{28} < 1 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ は 35/47

地山	セメント	ベントナイト	混練水	W/C	注入量
m ³	kg	kg	kg	%	%
1	330	20	594	180	700

4. 施工時品質管理結果

施工時の品質管理は、2000m²に1箇所（2ないし3深度）の汲取りサンプリングを行い品質を確認した¹⁾。この結果、図-6に示すように、 k_{28} は基準値を確保し材令90日では、 1×10^{-7} 以下となること、一軸圧縮強度は目標の $qu_{28} > 300 \text{ kN/m}^2$ を満たすことが確認できた。

透水係数の材令変化は、28～90日間で概ね k_{14} の3/10～1/100程度となることがわかった。本工事では、施工完了から供用開始まで90日間以上あったが、品質の変動を考慮し、品質管理材令を28日とし、材令に伴う遮水性向上分を余裕代とした。

採取深度～ k_{28} 関係を示す図-7をみると、溺れ谷があり土質変化の激しい西面（図-1参照）でバラツキが認められるものの k_{28} と採取深度の相関は余りなく、平均的に深度方向の品質の変化は少ないといえる。

上記品質管理試験に加え、オールコアボーリングによる試料状況確認、透水試験、ボーリング孔を利用した現場透水試験（孔内揚水後の水位変化測定）を実施した。採取試料の状況は、未混合の残留土塊もなく良好で、採取率も高いことが確認され、材令133～154日の透水試験は、室内試験、現場試験ともに、 $k = 1 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ オーダーとなることが確認された。

なお、壁体壁厚については、鉛直精度を攪拌翼ロッドの傾斜より測定した結果、0.1～0.2%であり、規定値（0.5%以下）を十分に満足することが確認された。

5. おわりに

管理型処分場の構造が要求される石炭火力発電所埋立地遮水壁工事を、大規模なSMWにより施工した。地盤条件の変化による遮水性の低下に対して配合検討を行い、実施工では要求品質を確保することができた。

また、品質管理試験とは別途に、3×3エレメントの遮水壁を構築し、この内部を揚水し外部からの浸透水量より壁体としての遮水性を評価する検討なども行ったが、これらについては、別の機会に報告する予定である。

最後に、各種試験にご協力頂いた東電常陸那珂作業所JV、成幸工業（株）の関係各位に感謝致します。

参考文献：1) 柏木ほか：SMW工法による産業廃棄物処分場遮水工の施工と品質管理、電力土木No.303, 2003.1, pp.50-54

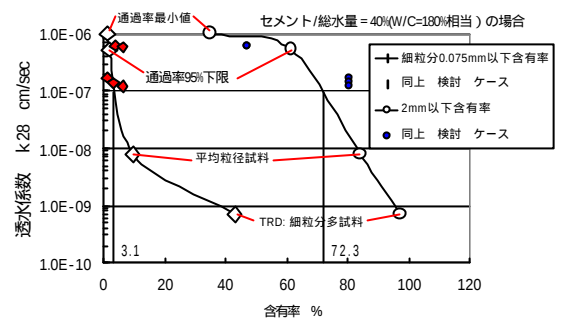


図-4 細粒分、2mm以下粒径含有率と透水係数

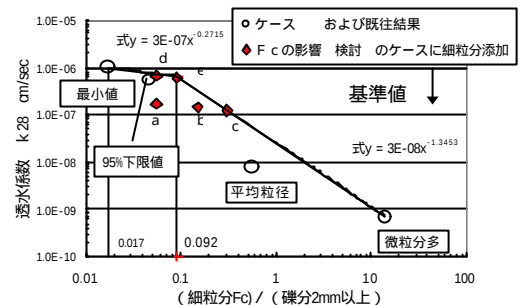


図-5 (Fc / 礫分) ～ 透水係数関係

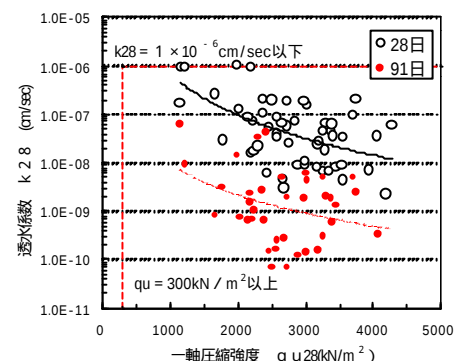


図-6 一軸強度と透水係数の関係

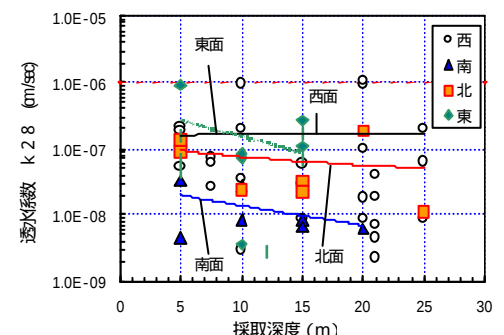


図-7 採取深度と透水係数