

## 排水路矢板護岸補強工事における地盤改良の課題と解決策

株式会社村尾技建 ○松澤 輝

## 1. はじめに

本工事は、排水路矢板護岸の老朽化対策を目的とした護岸補強工事である。この工事は、小型施工機械を使用し、矢板の前面にコンクリートパネルを設置するものである。施工中の対応として、トラフィカビリティの確保を目的に、排水路内の有機物を多く含む泥土（以下「泥土」）の地盤改良に着手したが、地盤が固まらず工事進捗の低下、工事期間および施工費が増大したため、工事中止となった。

このような地盤改良不良を解決するため、泥土の土質特性の把握、適切な固化材の選定と配合量の決定を行うため配合試験を提案し実施した。

## 2. 調査地の特徴

調査対象の排水路は砂丘間低地に位置し、住宅が密集する。また、この排水路は鳥屋野潟に流れ込んでいる。鳥屋野潟は、日本の重要湿地 500 に選定されており、豊かな生態系を持つ稀有な湖沼である。

新潟県地盤図<sup>1)</sup>によると、調査地の地質は地表から標高-3m 程度まで軟弱な腐植土層（Ap1）または粘性土層（Ac1）が分布しており、その下には標高-20m 程度まで比較的締まった砂質土層（As1）が分布している。

## 3. 着目点と対応方針

地盤改良の効果が発揮されず固化しなかった原因については、以下の問題が考えられた。

土質特性の問題、固化材の問題、事前の配合試験試料と施工の土質の乖離を考えた。試料の問題について、地盤改良工事の施工写真を確認すると、排水路底盤には薄く水が張っており、土は飽和状態であった。一方、配合試験に用いた試料を確認すると、含水が少ない乾燥～湿潤状態であった。

このため、設計と施工で土質の含水量に乖離があることが地盤改良不良の原因であると考えた。したがって、配合試験では現場状況を再現した試料の調整が必要となった。

## (1) 検討条件

## 1) 近隣住民への配慮

地盤改良工事の際、ラフテレーンクレーンを用いて上空から固化材を散布した。その結果、固化材が発塵し、近隣住民からクレームが寄せられた。

この問題を解決するためには、発塵しにくい施工方法の検討や、適切な固化材の選定が必要となる。

## 2) 生態系への配慮

地盤改良工事ではセメント系固化材などを使用するた

め、六価クロムの溶出や水質の pH 上昇のリスクが懸念される。当該排水路の流末が鳥屋野潟であることから、生態系への影響が問題となる。

このため、pH の管理方法や pH が高くなりにくい固化材の選定、六価クロム溶出抑制が必要となる。

## 4. ボーリング調査結果

調査の結果、泥土層（Ac0）は排水路底から厚さ 0.5～0.9m で分布し、その下に腐植土層（Ap1）が厚さ 0.2～0.9m の厚さで分布していることが分かった。それ以深には粒径均一な砂層（As1）が分布していることを確認した。

## 5. 土の特性と改良材の配合検討

試料の調整方法や固化材の選定、室内強度の設定、試験結果について以下に示す。

## (1) 現場状況を再現した配合試験試料の調整

配合試験試料は、採取効率の高いエクマンパーズ採泥器を用いて採取した。採取した泥土は水と混合していたため、沈降させた後、上澄みを排水して試験試料とした。

## (2) 固化材の選定

固化材の選定について、石灰系とセメント系の固化材の適性を検討した。セメント系は固化作用により強度が増加するのに対し、石灰系は吸水による含水量低下に伴う物性改良効果が大きい。今回は著しく含水比が高いため、吸水効果が小さい消石灰は除外した。

固化材選定にあたり、今回の対象土壌の土質試験結果を以下に示す。

・ 細粒分	57.3～78.8%
・ 砂分（礫含む）	21.9～42.7%
・ 含水比	w=145.7～206.7%
・ 液性限界	wL=77.9～98.7%
・ 湿潤密度	$\rho_t=1.254\sim 1.336\text{g}/\text{cm}^3$
・ 土粒子の密度	$\rho_s=2.634\sim 2.700\text{g}/\text{cm}^3$

この結果から、改良対象土は川底に近年堆積した未固結のもので、有機物を多く含み高含水の状態であることが分かった。また、粒度構成から比較的砂分を多く含んでおり、砂質細粒土と判断される。

以上を踏まえると、固化材については砂質土や有機質土の場合や含水比が液性限界以上の場合にセメント系が有利であることが分かった。また、生石灰は含水比の高さから相当量の添加が必要であり、経済性だけでなく危険物に分類されるため取扱いが困難となることが予想された。

以上より、固化材選定において石灰系は除外した。

セメント系及び石灰系以外の固化材については、情報

収集の結果、含水比が著しく高い場合には強度発現に問題があるものが多いことが分かった。そのため、過去に泥土の施工実績があり、改良効果が確認されている中性固化材を採用候補として選出した。

**(3)室内強度の設定**

当現場での地盤改良の目的は、排水路底泥を改良し、施工機械が走行できるトラフィカビリティを確保することである。排水路内で使用する機械は小型油圧ショベル及び不整地運搬車である。両機械の接地圧は以下の通りである。

- ・小型油圧ショベル：接地圧 23.5kN/m<sup>2</sup>
- ・不整地運搬車（積載時）：接地圧 36.3kN/m<sup>2</sup>

上記機械の走行に必要なコーン指数は300kN/m<sup>2</sup>以上<sup>2)</sup>である。現場と室内の強さは「粉体・泥土」の0.2~0.5<sup>3)</sup>の中間値である0.35と設定した。このため、室内での目標強度はコーン指数(qc)で300/0.35=857kN/m<sup>2</sup>となる。今回実施する配合試験は一軸圧縮試験強度(qu)を測定するため、以下の式で換算した。

$$qu=1/5qc^4)$$

この式より目標とする一軸圧縮強度(qu)は171kN/m<sup>2</sup>≒200kN/m<sup>2</sup>と設定した。

**(4)配合試験結果**

固化材添加量と一軸圧縮強さの相関図(図-1)を作成し、目標強度qu=200kN/m<sup>2</sup>での必要添加量を求めた。

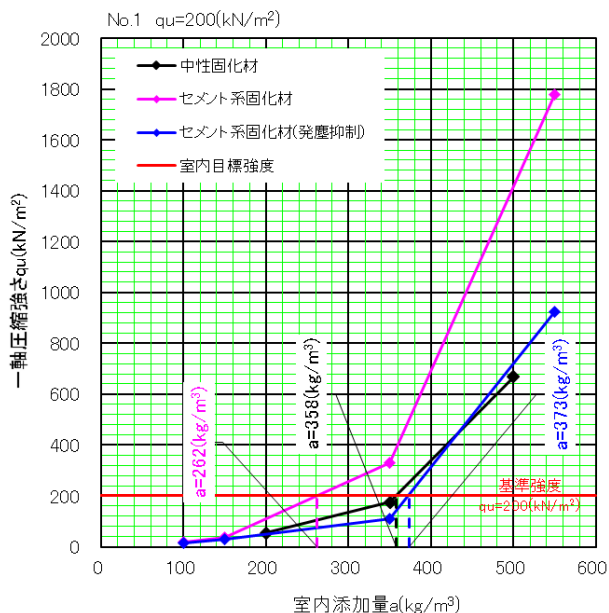


図-1 添加量 - 一軸圧縮強さ 相関図 (No. 1)

試験結果を表-1 に示す。六価クロム溶出量試験の結果は、全ての試料で基準値を満たしていた。pH 試験では全ての試料でpH12 前後という非常に高い値を示した。また、材令 0 日から材令 7 日で顕著な pH の減少傾向はなかった。

以上の結果から、発塵抑制があり、六価クロムの基準値を満たしている「セメント系固化材（発塵抑制）」を最優

先で選定した。

表-1 固化材別試験結果等一覧表

孔番号	固化材の種類	目標一軸圧縮強さ 200kN/m <sup>2</sup> 必要添加量(kg/m <sup>3</sup> )	材料単価 <sup>※1</sup> (円/t)	材料費 (円/m <sup>3</sup> )	六価クロム 基準超過	pH <sup>※2</sup>		発塵抑制
						材令0日	材令7日	
No.1	中性固化材	358	¥30,000	¥10,740	なし	12.8	12.9	なし
	セメント系固化材	262	¥15,500	¥4,061	なし	12.7	12.7	なし
	セメント系固化材 (発塵抑制)	373	¥31,000	¥11,563	なし	12.9	12.8	あり
No.2	中性固化材	360	¥30,000	¥10,800	なし	12.5	12.3	なし
	セメント系固化材	338	¥15,500	¥5,239	なし	12.5	12.3	なし
	セメント系固化材 (発塵抑制)	472	¥31,000	¥14,632	なし	12.9	12.7	あり
No.3	中性固化材	293	¥30,000	¥8,790	なし	12.6	12.4	なし
	セメント系固化材	154	¥15,500	¥2,387	なし	12.7	12.5	なし
	セメント系固化材 (発塵抑制)	188	¥31,000	¥5,828	なし	12.8	12.6	あり
No.4	中性固化材	310	¥30,000	¥9,300	なし	12.8	12.6	なし
	セメント系固化材	181	¥15,500	¥2,806	なし	12.6	12.4	なし
	セメント系固化材 (発塵抑制)	263	¥31,000	¥8,153	なし	12.6	12.5	あり
No.5	中性固化材	269	¥30,000	¥8,070	なし	12.8	12.5	なし
	セメント系固化材	176	¥15,500	¥2,728	なし	12.7	12.3	なし
	セメント系固化材 (発塵抑制)	203	¥31,000	¥6,293	なし	12.8	12.6	あり

※1：積算資料2022年1月の材料単価を参照した。

※2：必要添加量算出区間の最大値とした。

**6. 施工時における pH 管理方法について**

配合試験供試体の土懸濁液の pH は、中性固化材を含む全ての地点・固化材で 12 前後という非常に高い値を示した。地盤改良の施工中に発生した水は、改良体に触れることや滞留することから、pH が高くなる可能性がある。このため、pH 管理方法について以下の提案を行った。

仮締切りの外へ放流する場合は、放流する水の pH を測定する。排水基準値 (5.8 以上 8.6 以下) よりも高い場合は、仮締め切り内の水を一度ノッチタンク等に汲み上げ、タンク内で中和処理を行った後、仮締め切りの外へ放流する。中和処理については、アルカリ中和剤の投入および希釈などが考えられる。中和処理は、水質汚濁防止法による排水基準達成を目標とする。

**7. おわりに**

本事例は、現場の施工状態および土質にあった調査試験を実施せずに発生した工事中的の問題であり、改めて事前調査の重要性を認識した。

調査地付近には住宅密集地に同様な老朽化した水路が多く見られる。今後については、本事例の経験を生かして必要な地質調査の提案を行い、地域に貢献していきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 新潟県地盤図 (2002)：一般社団法人 新潟県地質調査業協会
- 2) 地盤材料試験の方法と解説 (2021)：公益社団法人 地盤工学会
- 3) セメント系固化材による地盤改良マニュアル (2021)：一般社団法人 セメント協会
- 4) 道路土工軟弱地盤対策工指針 (2012)：公益社団法人 日本道路協会