

# シールド発生土の添加材および改質材に関する基礎試験

地井 直行\*

Naoyuki Jii

佐藤 靖彦\*\*

Yasuhiko Sato

石渡 寛之\*

Hiroyuki Ishiwata

## 1. はじめに

泥土圧シールド工法における発生土（以下、シールド発生土）は、泥状を呈さず、第4種建設発生土基準（コーン指数  $qc \geq 200 \text{ kN/m}^2$ ）を満足すれば、土砂として取扱うことができる。また、さらなる強度増加を図り、第3種建設発生土基準（ $qc \geq 400 \text{ kN/m}^2$ ）を満足することで、盛土等に有効利用先を拡大することができる。

今回、シールド発生土を土砂として取扱え、かつ種々の受入候補地での受入基準（強度、pH等）を満足させるため、改質に関する検討を行った。本報では、実際の土壌試料を用いて、添加材および改質材の配合に関して実施した基礎試験の結果について報告する。

## 2. 実験材料

### (1) 土壌試料

土壌試料は、シールド工事現場の4箇所（試料①～試料④）を選定し、コアボーリングにより採取した。試料①および試料②は砂分主体、試料③はシルト分と砂分主体の洪積層で、試料④はシルト分主体の沖積層である。

### (2) 添加材および改質材

泥土圧シールドの切羽添加材として、起泡材2種類および分子量の異なる高分子材2種類を用いた（表一）。また、シールド発生土の強度を増加させる改質材として、マグネシウム化合物、カルシウム化合物、もしくは石膏を主成分とする改質材A～改質材Eの5種類を用いた。

## 3. 実験方法

土壌試料はボーリングコアの1mごとあるいは地層ごとに破碎しながら篩を用いて9.5mmアンダーとした後、実際のシールド掘削面の断面比率となるように混合し「掘削断面試料」を作製した。その後、泥土圧シールドチャンバーからの排土の再現を目的に掘削断面試料に所定量の切羽添加材（起泡材および高分子材）を添加混合した「発生土再現試料（添加材のみ）」と、さらに強度

\* 技術研究所地域環境グループ

\*\* 技術研究所

表一 本検証試験で用いた添加材

種類		主成分
起泡材	起泡材 A	$\alpha$ -オレフィンスルホン酸
	起泡材 B	ポリオキシエチレン アルキルエーテル硫酸塩
高分子材	高分子材 A	アクリル系水溶性ポリマー (分子量: 1,400~1,800 万)
	高分子材 B	アクリル系水溶性ポリマー (分子量: 1,800~2,200 万)

表二 発生土再現試料（添加材のみ）のコーン指数および含水比

試料	高分子材	コーン指数 $\text{kN/m}^2$	含水比 %
試料①	A	885	35.2
	B	635	35.2
試料②	A	4,059	25.8
	B	3,763	25.9
試料③	A	663	22.1
	B	667	22.1
試料④	B	65	48.0

改善を目的に改質材を添加混合した「発生土改質試料」の2種類を作製した。改質材の添加量は  $30 \text{ kg/m}^3$  とした。

発生土改質試料は、強度やpH等の経時的な挙動を確認するため、1日、3日、7日、14日、28日、84日の材齢別に小分けし、現場での仮置きを想定したほぐした状態で  $20^\circ\text{C}$  で密封養生した。

養生後の発生土改質試料に対して、コーン指数試験（JIS A 1228）、土懸濁液 pH 試験（JGS 0211）、重金属等の土壌溶出量試験（平成3年環境庁告示第46号）を実施した。

## 4. 実験結果および考察

### (1) コーン指数

発生土再現試料（添加材のみ）のコーン指数および含水比を表二に示す。試料①では  $635 \sim 885 \text{ kN/m}^2$ 、試料②では  $3,763 \sim 4,059 \text{ kN/m}^2$ 、試料③では  $663 \sim 667 \text{ kN/m}^2$  と第4種建設発生土基準（ $qc \geq 200 \text{ kN/m}^2$ ）を満足して土砂として取扱えることが確認された。一方、強度の低い試料④では、分子量のより大きい高分子材 B を用いても  $65 \text{ kN/m}^2$  と第4種建設発生土基準を満足できなかった。

改質材を添加混合した発生土改質試料（試料①～試料③）のコーン指数の経時変化を図一に示す。発生土改質試料のコーン指数は、すべての改質材とも改質後に経時的に減少する傾向を示したが、試料①の高分子材 B 以外は、すべての改質材とも材齢84日時点でも第3種建設発生土基準（ $qc \geq 400 \text{ kN/m}^2$ ）を満足していることが確認された。コーン指数が経時的に減少した原因として、試料をほぐした状態で養生した後に締固めたことで、改質

材による強度発現の効果が小さくなったと考えられる。また、改質前の試料の含水比が高く、高分子材 B を用いた場合にこの傾向が大きいことから、試料の含水比が高い場合、分子量の大きい高分子材 B が試料中の水分を保持し、改質材の強度発現の効果をさらに低下させたことが示唆された。

(2) 土懸濁液 pH

改質材を添加混合した発生土改質試料の土懸濁液 pH の経時変化を図-2 に示す。掘削断面試料原土の土懸濁液 pH は、すべての試料でアルカリ性 (pH 8.7~9.9) を示したが、改質材の添加混合後は速やかに中性化が進行し、試料①の改質材 A 以外は材齢 7 日以内に受入基準 pH 8.6 を下回った。材齢 14 日以降は、すべての改質材で pH 8.6 を下回り、材齢 84 日でも pH 7.9~8.4 であった。すべての改質材とも材齢の進行に伴う空気酸化による大きな pH 低下は認められず、安定的な中性化が確認された。

(3) 重金属等の土壌溶出量

改質材を添加混合した発生土改質試料の自然由来重金属等 8 項目 (カドミウム、六価クロム、水銀、鉛、セレン、ヒ素、ふっ素、ほう素) の土壌溶出量を確認した。結果の詳細は割愛するが、すべての発生土改質試料において、自然由来重金属等 8 項目は土壌環境基準を満足していることが確認された。

5. まとめ

実際の土壌試料を用いて、添加材および改質材の配合に関する基礎試験を実施した。その結果、以下に示す、施工に有益な知見を得ることができた。

- ① 原土の強度が低い (沖積層の) 場合、分子量の大きい高分子材を用いても、第 4 種建設発生土基準を満足することができなかった。そのため、このような区間の施工においては、シールド発生土が汚泥か土砂かを日常的に管理する必要性が示された。
- ② 改質材 A~改質材 E を用いた場合の改質について、主成分の違いから強度改善の効果発現に差は見られたものの、いずれも同傾向を示し、同等程度の改質効果があった。
- ③ 分子量の大きい高分子材を用いると、試料の含水比に依存して強度の発現が小さくなり、その後の改質材による強度発現にも影響を与える可能性が認められた。
- ④ 発生土改質試料の土懸濁液 pH および重金属等の土壌溶出量は、材齢 14 日で受入基準ないし環境基準を満足し、以降材齢 84 日まで安定的に推移した。

謝辞. 本試験の実施にあたり、ご協力いただいた関係各位に心より謝意を表す。

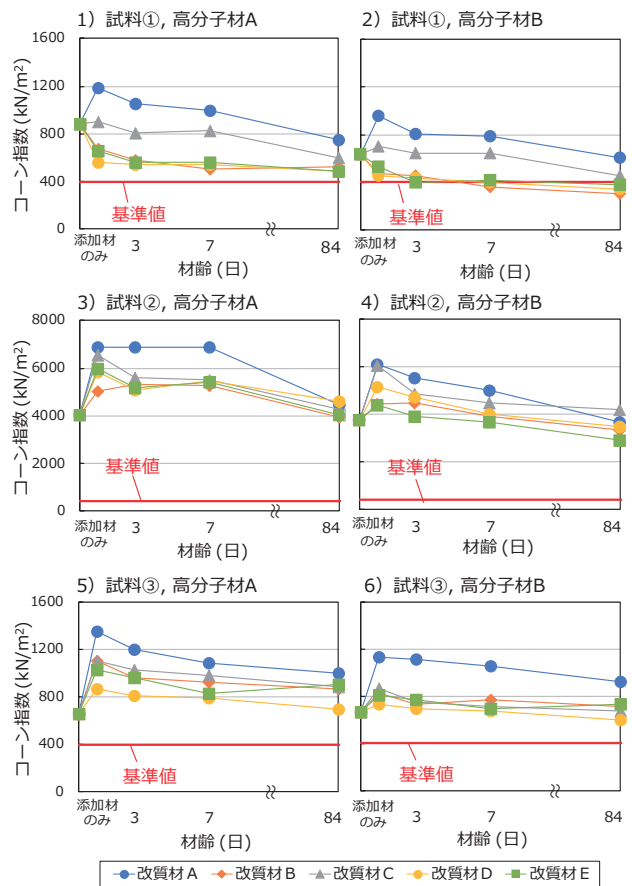


図-1 発生土改質試料のコーン指数

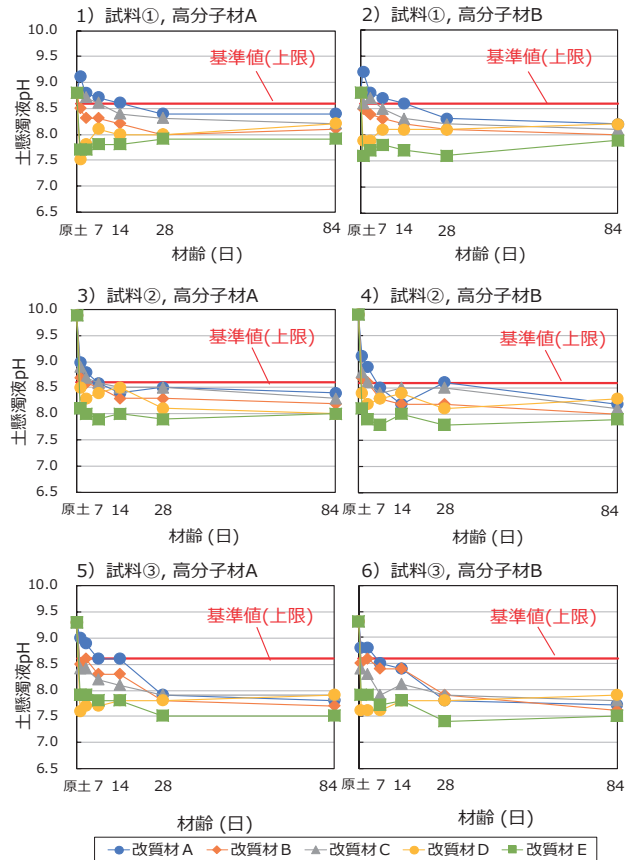


図-2 発生土改質試料の土懸濁液 pH