

石灰系固化材を使用した火山泥流掘削土砂の改良について

株式会社 新東京ジオ・システム ○丹野堅司，佐藤祐輔

1. はじめに

コーン指数・CBRが確保できない軟弱な泥流堆積層の粘性土及び礫質土を高速道路の盛土に使用するため、安定処理で多く使用されている「高炉Bセメント・セメント系固化材・生石灰」に加えて、セメント成分を含まない「石灰系固化材」について配合試験を実施した。

今回は、配合試験の結果から得られた「添加率とコーン指数・CBRの関係」ならびに「添加率と六価クロム溶出量の関係」をもとに、経済性・施工性・環境性に優れた「石灰系固化材(セメント不含有品)」を使用して、盛土施工を行った事例について紹介する。

2. 掘削発生土の特性

施工場所は、山形県の南東部、山形盆地と上山盆地との境に位置し、蔵王火山の活動により発生した「酢川泥流堆積物」が台地状に堆積している。

掘削土は、泥流台地を通るトンネルの坑口掘削土砂で、φ100mm～1500mm程度の粗石・転石を多く混入した「火山灰質粘性土～火山灰質礫」が主体で、盛土に使用する場合はφ300mm以上の巨石を除去して使用する。

表-1・図-1に配合試験を行った2試料の土性値を示す。

表-1 掘削土砂の物理特性・強度特性

試料名	土砂A	土砂B
盛土使用箇所	下部路体	上部路体
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.644	2.668
自然含水比 W_n (%)	36.0	38.2
液性限界 W_L (%)	47.8	45.5
スレーキング率(礫分) (%)	13.9	88.5
W_n における乾燥密度 ρ_{dn} (g/cm ³)	1.327	1.264
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.453	1.380
最適含水比 W_{opt} (%)	25.7	26.0
修正CBR ($V_a=10\%$) (%)	0.4	0.5
コーン指数 q_c (kN/m ²)	110	125
六価クロム溶出量 (mg/L)	0.005以下(測定下限値以下)	

※ q_c ・CBRは、B法(2.5kgランマー・15cmモールド・55回/3層)で実施

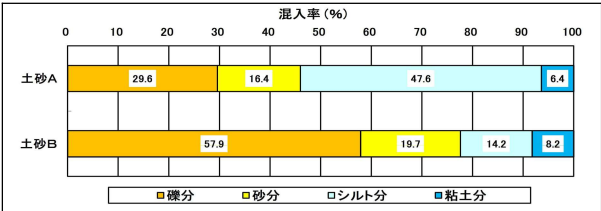


図-1 掘削土の粒度分布特性

- ・土砂A：砂礫質火山灰質粘性土(低液性限界)(VLSG)
 - ・土砂B：火山灰質砂質礫(GVS)(礫は脆く細粒化する)
- 2試料とも、下部路体の必要コーン指数 $q_c=300\text{kN/m}^2$ ならびに上部路体の必要修正CBR=2.5%を下回る軟弱材料のため改良が必要と判断された。

3. 配合試験を行う改良材の選定

改良材の選定に当たっては、施工土量が多いため、経済性が最も優先されるが、改良場所や転石の混入状況を考慮し、保管場所や施工性についても検討を行った。

・改良材の保管について(生石灰が該当)

現場が広いため保管庫による一括管理は難しい。

酸化カルシウムの含有量が80%を超える場合は、保管庫を設置し、消防署への届け出が必要なため、シート養生などの簡易保管では許可されない可能性がある。

・施工時間の規制について(セメント含有品が対象)

セメント安定処理は、改良材の混合から転圧まで2時間以内で行う必要がある。混合後、掘削時に除去しきれなかった「300mm以上の転石の除去」ならびに「盛土場への運搬」の作業があり、2時間以内での施工は難しい。

以上のことを踏まえて表-2に示す4種類を選定した。

表-2 現場の状況を考慮した改良材の評価順位

改良材の種類 (代表5種類)	価格※2 (円/t)	溶出試験	CaO (%)	時間 制限	順位
高炉Bセメント	13,900	必要	0.0	有り	2
セメント系※1	15,800	必要	53.1	有り	3
石灰系固化材	22,000	なし	76.5	なし	1
生石灰・粉体	22,500	なし	96.4	なし	4

※1 特殊土用(六価クロム抑制型)

※2 フレコン1t当たりの価格

※2 高炉B：指示価格

固化材及び生石灰：建設物価 2019年5月号(仙台)

4. 配合試験方法

(1) 供試体の作成方法

供試体の作成は、NEXCO試験方法の「安定処理土の突固めによる供試体作成方法¹⁾」に準じて行った。なお、材料の自然含水比が高く、締固め曲線における締固め度95%の含水比 $W_{95} < W_n$ であったため[BS-1]を採用した。
● $W_{95} < W_n$ の場合[BS-1]法：2.5kgランマー・55回/3層
・ $W_{95} > W_n$ の場合[ES-1]法：4.5kgランマー・92回/3層

(2) 養生日数

試験目的と改良材の種類により表-3の日数で行った。

表-3 試験項目と養生日数¹⁾

試験目的	改良材の種類	養生日数
コーン指数	関係なし	空気養生3日
溶出試験	高炉Bセメント	空気養生3日 計
CBR試験	セメント系固化材	水浸養生4日 7日
CBR試験	生石灰	空気養生6日 計
	石灰系固化材	水浸養生4日 10日

5. 配合試験結果

(1) 六価クロム溶出試験

図-2に添加率と六価クロム溶出量の関係を示す。

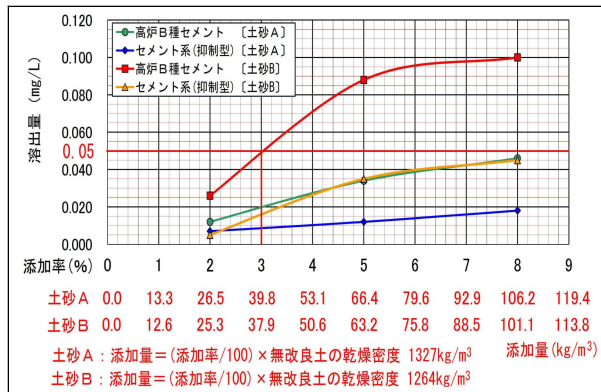


図-2 添加率－六価クロム溶出量曲線

土砂 B は、添加率の増加に対して六価クロム溶出量の増加が多く、高炉 B セメントは、添加量 38kg/m³ で環境基準値 0.05mg/L を上回った。このため、土砂 B の「高炉 B セメント」配合試験は中止した。

(2) コーン指数試験(土砂 A)

図-3に添加率とコーン指数の関係を示す。

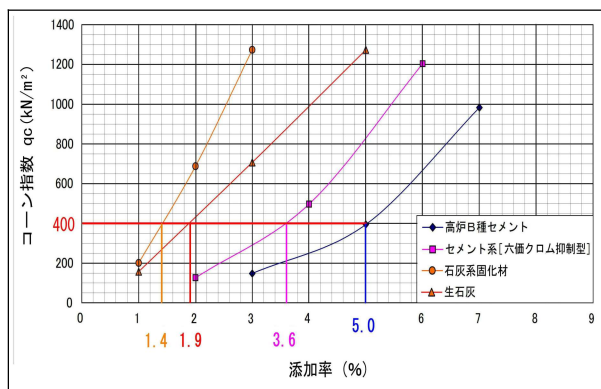


図-3 添加率－コーン指数曲線(土砂 A)

図-3より、湿地ブルドーザーの走行に必要な改良後のコーン指数「 $q_c = 400 \text{ kN/m}^2$ 」を得るのに必要な添加量・金額を求め表-4にまとめて示す。なお、土砂 A は無改良土の乾燥密度が $\rho_{dn} = 1.327 \text{ g/cm}^3$ で $\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ 未満のため「最少添加量 30kg/m³」²⁾ とする。

表-4 土砂 A 配合試験結果

改良材の種類	添加率 (%)	添加量 (kg/m³)	価格 (円/kg)	金額 (円/m³)
高炉 B	5.0	67	13.9	932
セメント系	3.6	47	15.8	743
石灰系	1.9	30(25)	22.0	660
生石灰	1.4	30(18)	22.5	675

- ・添加量 = (添加率/100) × 無改良土の乾燥密度 1327kg/m³
- ・添加量の赤字は必要最少添加量
- ・土砂 A の改良には「石灰系固化工材」が有効である。

(3) CBR試験(土砂 B)

土砂 A の配合試験で生石灰よりも石灰系固化工材の改良効果が大きかったため、「石灰系固化工材」と「セメント系固化工材」の2種類で行った。

図-4に添加率と C B R の関係を示す。

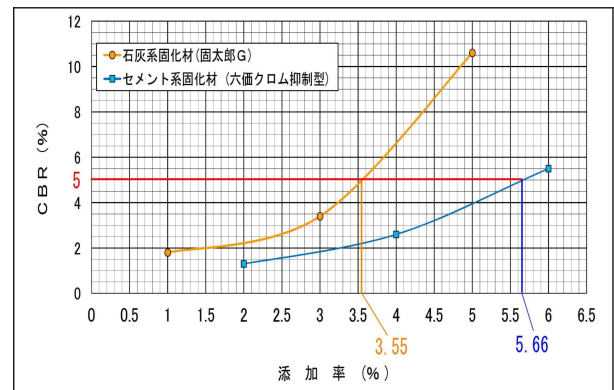


図-4 添加率－CBR曲線(土砂 B)

図-4より、上部路体の改良必要 C B R「 $\text{CBR} = 5\%$ 」を得るのに必要な添加量・金額を求め表-5にまとめて示す。なお、土砂 B は「スレーキング率が (88.5%) 50% 以上」と高い値を示していることから「最少添加量 50kg/m³」²⁾ とする。

表-5 土砂 B 配合試験結果

改良材の種類	添加率 (%)	添加量 (kg/m³)	価格 (円/kg)	金額 (円/m³)
セメント系	5.66	72	15.8	1,138
石灰系	3.55	50(45)	22.0	1,100

- ・添加量 = (添加率/100) × 無改良土の乾燥密度 1264kg/m³
- ・添加量の赤字は必要最少添加量
- ・土砂 B の改良には「石灰系固化工材」が有効である。

6. まとめ

(1) 現場におけるモデル施工の実施

実際の盛土場所において、石灰系固化工材改良土のモデル施工を実施した。固化工材混合後、除礫や運搬に時間がかかり、改良土を2日間仮置きしたが、土砂 A ・土砂 B とともに強度低下(オーバーコンパクション)を起こすことなく転圧作業を行えた。転圧試験の結果、最適転圧回数は2試料とも「6回」であった。

(2) 今後の課題

石灰系固化工材は、生石灰と比べて価格は若干安価で、保管庫等の設備も不要で、取り扱いに優れた改良材であり、六価クロム溶出試験の必要もないことから、今後も配合試験に取りれていく必要があると感じた。

《引用・参考文献》

- (株) 高速道路総合技術研究所：NEXCO試験方法 第1編 土質関係試験方法 p. 18～19
- (株) 高速道路総合技術研究所：NEXCO設計要領 第一集 土工編 p. 2-72～2-88