

残土搬出における火山灰質粘性土に対する石灰改良材の検討

国土交通省関東地方整備局 東京外かく環状国道事務所

野口 彰

(株)大林組 正会員 ○三浦 桂子 森山 信 羽根 浩史

1. はじめに

工事現場で発生する掘削土は、現場内での転用や仮置きができない場合、場外の建設発生土受入地(以降、受入地)へ搬出される。各受入地では、搬入土砂の受入基準を設けており、第3種建設発生土以上(コーン指数： $q_c=400\text{kN/m}^2$ 以上)であることを条件とする受入地が多い。しかしながら、工事現場の現地地盤からは受入基準に満たない軟弱な土砂が掘削されることが多々ある。

ここでは、東京外かく環状道路建設事業の東京外環中央 JCT 北側ランプ改良工事(以降、当該工事)にて確認された軟弱な火山灰質粘性土を、土質改良によって場外の受入地へ搬出した施工事例を紹介する。

2. 土質改良計画

(1) 掘削土改良の背景

当該工事は、深さ約20～30m×延長約250m×幅約80mの地下道路トンネルを構築するものである。掘削土量約46万 m^3 のうち、事前調査で約6万 m^3 の掘削土が搬出先の受入基準に満たない軟弱な土砂であることが判明していた。当初計画では軟弱な土砂の受入地がなく、天日乾燥を行う仮置き場も現場内に確保できないことから、掘削工程の遅延回避を目的に、掘削土を改良し搬出する必要がある。土質改良の配合量は、現地の土質性状・改良材の特性・施工方法・養生期間が影響するため、室内配合試験で改良土の強度発現特性を把握し、当該工事の条件に合う適切な配合量を検討した。

(2) 改良対象土の特性

改良対象土は、GL-1.20m～-10.00mの範囲に堆積した火山灰質粘性土(Lm)のうち、GL-4.50～-10.00mのLm層下部で確認された、高含水比状態のLmや水成堆積物の凝灰質粘性土である。改良対象土のコーン指数は $q_c=52\sim 252\text{kN/m}^2$ の軟弱な土質性状であり、自然含水比 W_n も液性限界 W_L に近いことから、乱すと著しく強度低下しやすい状態にあった。他方、GL-1.20～-4.50mのLm層上部は、自然含水比 W_n も液性限界 W_L よりも低く液性指数 I_L も小さいことから、掘削時に土を乱しても比較的安定し

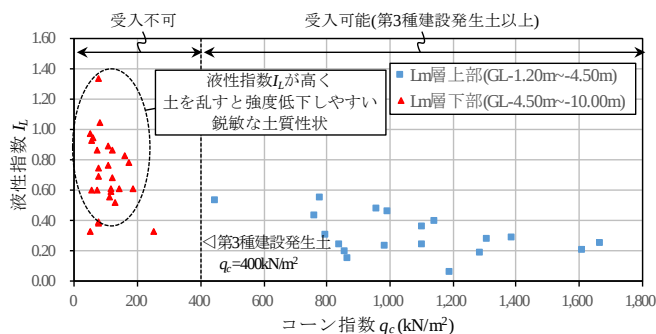


図-1 コーン指数と液性限界

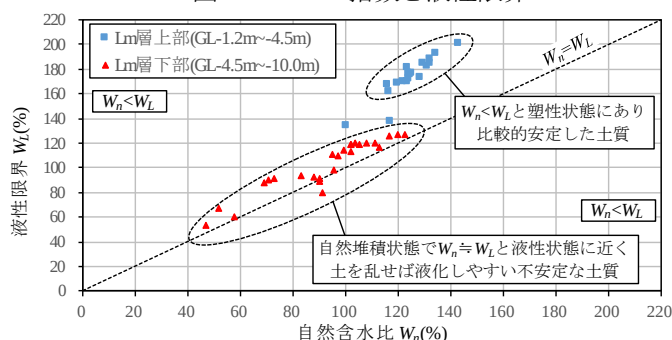


図-2 自然含水比と液性限界

表-1 改良対象土の土質性状

項目	No.1	No.2	No.3
地盤材料の分類記号	VH2S	VH2S	VH2S
湿潤密度 ρ_t g/cm^3	1.403	1.401	1.387
土粒子の密度 ρ_s g/cm^3	2.615	2.661	2.679
自然含水比 W_n %	105.3	102.0	107.9
液性限界 W_L %	118.5	118.5	119.8
塑性限界 W_p %	85.0	81.5	83.0
塑性指数 I_p	33.5	37.0	36.8
液性指数 I_L	0.606	0.554	0.677
最適含水比 W_{opt} %	83.5	76.6	76.2
コーン指数 q_c kN/m^2	186	110	119

ており搬出可能な土質性状である(図-1,2)。よって、GL-4.50～-10.00mのLm層から3試料採取して室内配合試験を実施した。改良対象土の土質性状を表-1に示す。

(3) 室内配合試験の概要

当該工事では施工ヤードの制約により、掘削土は当日のうちに改良し搬出する必要がある。このため、養生期間を1日として室内配合試験を実施した。また、受入地の条件より六価クロムの溶出がない石灰改良とし、改良材の特性による強度発現の傾向を把握するために、生石灰と石灰系固化材の2種類の改良材を用いて実施した。試験概要を表-2に示す。

キーワード：火山灰質粘性土、石灰改良、コーン指数

連絡先：(株)大林組 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟 TEL：03-5769-1322 FAX：03-5769-1978

表-2 室内配合試験概要

試験方法	締固めた土のコーン指数試験(JIS A 1228)
採取試料	Lm層(GL-4.50m~-10.00m)×3試料
改良材	生石灰及び石灰系固化材※1
目標強度	(現場目標強度) 400kN/m ² ※2 (室内目標強度) 800kN/m ² ※3
養生期間	1日(σ _i)

※1：生石灰に石膏・スラグ等の添加材を混合し、硬化反応を付与した改良材
※2：第3種建設発生土(コーン指数：400kN/m²)以上とする。
※3：現場での施工はバックホウ攪拌とし、バックホウ使用時の(現場/室内)強度比=0.3~0.7¹⁾から0.5と設定し、室内目標強度を現場目標強度の2倍とした。

3. 試験結果及び考察

(1) 添加量の違いによる発現強度

No.1~No.3 試料における 2 種類の改良材の添加量を、それぞれ 80,100,120,160kg/m³ と変化させた時のσ_i 強度を図-3 に示す。生石灰と石灰系固化材とも、添加量を増やすに従って強度が増加する傾向は同様であるが、生石灰の強度発現はばらつきが大きかったのに対し、石灰系固化材ではばらつきが小さかった。また、室内目標強度 q_c=800kN/m² を満足する配合量も、生石灰は 102~135kg/m³ とばらつきが大きくなり、石灰系固化材は 105~107kg/m³ と比較的安定した配合量となった。以上より、確実な強度を得るための配合量を、生石灰は 135kg/m³、石灰系固化材は 110kg/m³ とした。

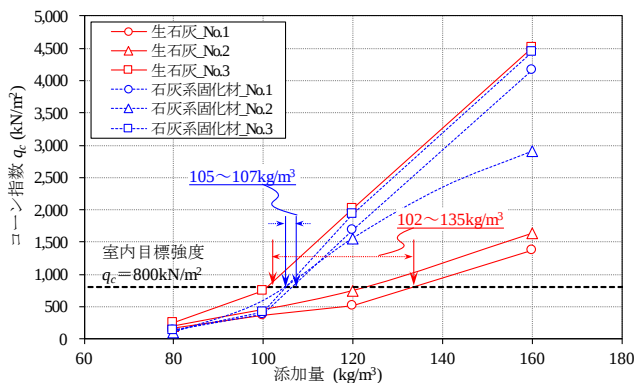


図-3 コーン指数 (σ_i)

(2) 添加量の違いによる含水比低減量

σ_i 強度における各試料の含水比低減量を図-4 に示す。石灰改良では、石灰と土中の水分とが反応(消化吸收反応)することで含水比が低下し、コーン指数が増大する。本試験でも、添加量を増加することで最適含水比まで改善される傾向を確認した。なお、石灰改良による含水比低減量は式(1)より推定することができる¹⁾。

$$W = (W_n / 100 - 0.77 \times a / 100) / (1 + 1.32 \times a / 100) \quad \cdots \cdots \text{式(1)}$$

ここに、W；改良後含水比(%), W_n；自然含水比(%), a；土の乾燥質量に対する生石灰添加量(%)。

含水比改善効果は生石灰の方が高くなったが、改善後の含水比は実測値と計算値で差が生じた。一方、石灰系固化材では改善後の実測値は計算値に近い値となった。

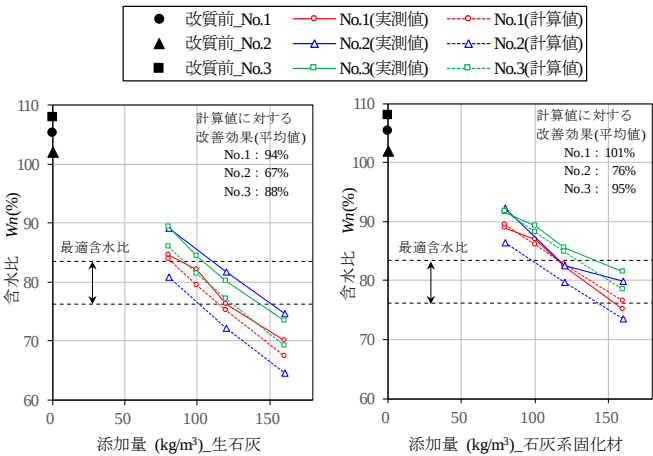


図-4 実測値と計算値における含水比改善効果

(3) 試験結果の考察

生石灰の初期における強度発現作用は、消化吸收反応による脱水作用とイオン交換反応による土粒子の凝集作用(団粒化)である。(1)(2)の結果から、改良対象土は自然堆積状態で液性限界に近い高含水比状態であったが、脱水作用により最適含水比程度まで改善され強度が得られたことが確認できた。しかし、一定の含水比改善効果が得られたものの、それぞれの土質性状の違いから強度のばらつきが生じたと考えられる。また、土中に有機物が含まれているとイオン交換反応を阻害して土粒子同士を凝集しにくくすることもあり、強度にばらつきが生じた可能性もある。一方、石灰系固化材は生石灰の強度発現作用に加え、添加物である石膏・スラグにより生成されるエトリンガイト結晶の土粒子拘束作用が付加される。脱水作用による含水比の改善効果は生石灰と同様の傾向であるが、異なる土質性状でもエトリンガイト結晶が土粒子同士を拘束することで、一定の強度を得られたと考えられる。

また、含水比低減量は石灰添加量と比例関係にあるが、(2)の結果より、石灰系固化材では計算値と実測値に近い値を示したことから、消化吸收反応が効率的に行われたと考えられる。

4.まとめ

生石灰及び石灰系固化材とも火山灰質粘性土に対しての改良効果を確認できた。そのうえで、当該工事における掘削土の土質性状のばらつき、施工条件、改良効果と経済性などを総合的に評価した結果、当該工事では石灰系固化材が適切であるといえる。

[参考文献] [1][2] 日本石灰協会: 石灰による地盤改良マニュアル 改訂7版, pp111-112, pp17-18, 2016.