

固化改良した火山灰土の液状化抵抗について

小野寺 康浩* 秀島 好昭** 田鹿 秀則***

1. はじめに

北海道には火山灰土が広く分布しており、これらの火山灰土は種々の工事等における土木材料として用いられている。一方、近年の北海道を襲った規模の大きな地震の際には、火山灰土等の砂質土の液状化が生じ、それに伴う土構造物の被害も生じていることから¹⁾、砂質系土の液状化抵抗の向上について再考が必要となっている。

地下埋設のパイプラインの埋戻しは、締固め度85%程度の管理値で実施されるものが多い。このような比較的中位な締固め度を有する砂質系土の液状化抵抗を高める工法として、礫や礫質土等の粗粒材を混入する粒度改良工法を、筆者らは報告している²⁾³⁾。

本報では、火山灰土に生石灰、セメントを添加・固化処理した土を用い、非排水繰返し三軸圧縮試験などから液状化抵抗を検討した。

2. 試料および試験方法

2.1 試料

実験に用いた火山灰土は、十勝支庁管内より採取した砂質系の未風化火山灰土である。その基本的性質を表-1に、粒度分布を図-1に示す。

2.2 試験方法

今回、固化処理土の作成に用いた添加材は、生石灰($\text{CaO}=95\%$)および普通ポルトランドセメントの2種類で、混合比は土の乾燥質量に対して5%とした。

実験は、生石灰・セメント処理土に対して、一軸圧縮試験、非排水繰返し三軸圧縮試験を行った。また、処理・未処理の比較のため、添加材を加えない未処理の試料についても同様の試験を行った。

生石灰処理土の供試体作成では、生石灰と水分の消化反応が十分終わる時間として24時間放置した後、供試体を作成した。また、セメント処理土については添加直後に供試体を作成した。

供試体作成では、処理・未処理土ともに締固め試験(JIS A 1210, A-c法)で求めた最大乾燥密度の85%

の乾燥密度(以下、D値85%)になるように、4層に分けて2.5kgランマーを用いて締固めた。作成時の含水比は、未処理土では最適含水比とし、処理土では添加材を混合した場合の最適含水比とした。

表-1 試料の基本的性質

試料名	火山灰
ρ_s (g/cm^3)	2.44
Fc (%)	27
D ₅₀ (mm)	0.195
U _c	25
コンシステンシー	NP
日本統一土質分類名	SV
W _n (%)	30.6
ρ_{dmax} (g/cm^3)	1.15
W _{opt} (%)	37.4

注) ρ_{dmax} 、W_{opt}はJIS A 1210(A.c)による。

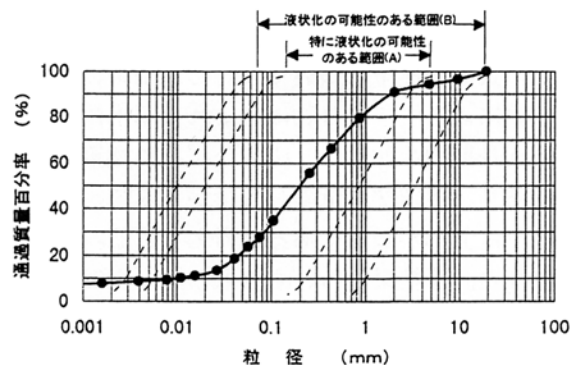


図-1 粒度分布

処理土の養生は、温度約20℃、湿度95%以上のもとで行った。

一軸圧縮試験の供試体は直径100mm、高さ200mmとし、養生日数3日、7日、14日、28日において試験を行った。

非排水繰返し三軸圧縮試験は、直径200mm、高さ400mmの大型供試体を用い、養生日数28日時点で試験を行った。この試験では、有効拘束圧(σ'_c)0.5kgf/cm²にて等方圧密後、繰返し載荷では周波数0.2Hzの正弦波を荷重制御で圧縮側から載荷した。なお、各試験で

は、供試体に CO_2 、脱気水を通し供試体を飽和させており、間隙水圧係数（B 値）は、生石灰改良土で0.90以上、セメント改良土で0.94以上を得ている。

3. 実験結果

生石灰・セメント処理土の養生日数と一軸圧縮強さ（ q_u ）の関係を図 - 2 に示す。

生石灰・セメント処理土のいずれの試料も未処理土（ $q_u = 0.12 \text{ kgf/cm}^2$ ）に比べ強度は大幅に大きくなっている。処理土の強度増加の傾向は、セメント処理土は初期（3日養生）の強度増加が大きく、生石灰処理土はやや遅れて強度発現するようすがみられる。

非排水繰返し三軸圧縮試験に供した養生日数28日の一軸圧縮強さは、生石灰処理土が $q_u = 3.5 \text{ kgf/cm}^2$ 、セメント処理土が $q_u = 3.0 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。

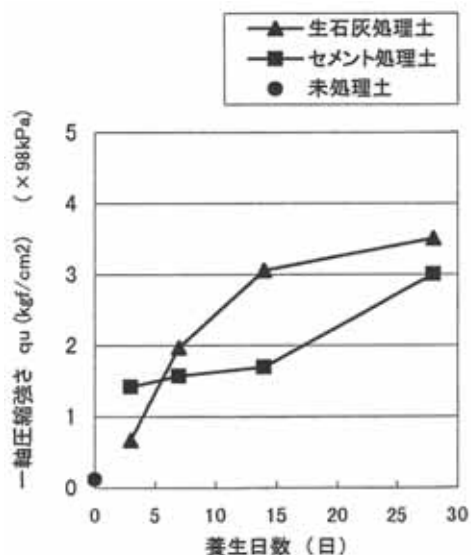


図 - 2 養生日数と一軸圧縮強さ（ q_u ）の変化

図 - 3 は、養生日数28日時点での非排水繰返し三軸圧縮試験から得られた、生石灰・セメント処理土と未処理土の両振幅軸ひずみ2%における載荷回数（ N_c ）と繰返し応力比（ $\sigma_d / 2\sigma'_c$ ）の関係である。

今回の実験における繰返し応力比（繰返しせん断応力 / 拘束圧）の範囲は、未処理土が応力比0.2～0.4、生石灰・セメント処理土の場合は応力比1.4～1.9の範囲にあり、未処理土に比べ処理土の液状化抵抗は大幅に増大していることが分かる。図 - 3 より、繰返し載荷回数 $N_c = 20$ 回での繰返し応力比を液状化強度と定義すると、各試料の液状化強度は未処理土0.3、生石灰処理土1.8、セメント処理土1.7である。今回の実験では処理・未処理土ともに同じD値85%に締固めたものであるが、未処理土の液状化強度に対して、生石灰

処理土は6倍、セメント処理土は5.7倍の液状化強度が得られている。

なお、繰返し載荷中・後の供試体の状況については、未処理土と処理土では次のように異なっていた。

未処理土は繰返し載荷に伴い過剰間隙水圧が容易に上昇しほぼ同時に軸ひずみも急増する。やがて供試体全体が完全に液状化してしまう。繰返し載荷終了後の供試体はメンブレンの中で試料が下方に流動し、自立できない程の大きな変形を起こす（写真 - 1）。

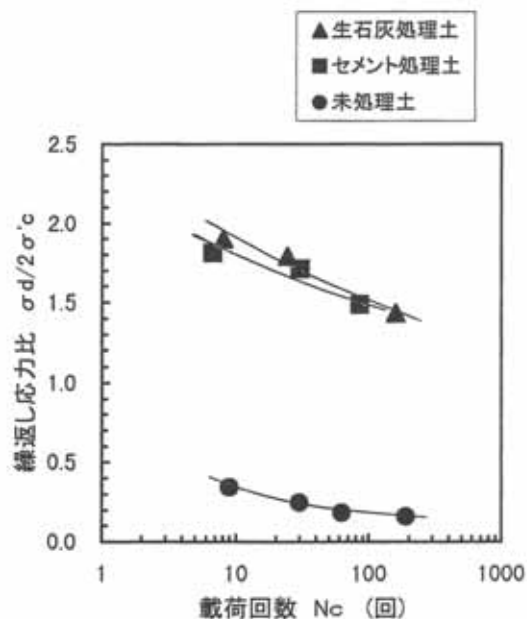


図 - 3 改良土、未改良土の載荷回数と繰返し応力比（ $DA = 2\%$ 、 $\sigma'_c = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ ）



未処理土（火山灰土）の繰返し載荷終了後の供試体の状況。繰返し載荷によって供試体全体が液状化に至っている。メンブレンの中の試料は完全に液状化しており、供試体の下部は液状化した試料が流動して膨らんでいる。

写真 - 1 繰返し載荷後の未処理土の状況



生石灰処理土（添加率5%）の繰返し載荷終了後の供試体の一例。繰返し載荷によって供試体の下部が一部破壊しその部分のみ液状化した。試験後も供試体の大部分は液状化には至らず、試験前と同様に自立している。

写真-2 繰返し載荷後の生石灰処理土の状況



セメント処理土（添加率5%）の繰返し載荷終了後の供試体の一例。繰返し載荷によって供試体にせん断破壊が生じ、その部分が液状化した。試験後も供試体の大部分は液状化には至らず、試験前と同様に自立している。

写真-3 繰返し載荷後のセメント処理土の状況

これに対して、生石灰・セメント処理土では、繰返し載荷に伴う過剰間隙水圧、軸ひずみの発生ともに小さく、過剰間隙水圧、軸ひずみはゆっくりと上昇、増加する。やがて繰返し載荷の継続によって供試体に部分的な弱部が生じ、この部分が液状化を起こすが、繰返し載荷終了後も供試体は自立しており、大きな変形には至らない（写真-2、3）。

非排水繰返し三軸圧縮試験時および試験終了後の供試体の状況観察からは、地震などの繰返し荷重を受けても改良土全体が液状化するには至らないものと考えられる。

4. まとめ

火山灰土に対して、生石灰、セメントを添加・固化改良した供試体について、非排水繰返し三軸圧縮試験を行った。

その結果、生石灰・セメント処理土は繰返し応力を受けても容易に液状化せず、養生日数28日時点においては、ほぼ非液状化土と見なせる状態まで固化していた。また、D値85%に締固めた場合の液状化強度は、未処理土の液状化強度に対して生石灰処理土が6倍、セメント処理土が5.7倍の強度増加がみられた。

参考文献

- 1) 柳沢、安田、吉田、若松：住宅地の被害、1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書、地盤工学会、pp.231 - 275. (1994)
- 2) 小野寺、秀島、江田、松岡：パイプライン埋戻し土の液状化抵抗の検討、開発土木研究所月報No.532、pp.21 - 27. (1997)
- 3) 小野寺、秀島、松岡、江田、明田川：粒度分布の異なる粗粒火山灰土の液状化抵抗について、平成10年度農業土木学会大会講演要旨集、pp.546 - 547. (1998)



小野寺 康浩*

開発土木研究所
農業開発部
農業土木研究室
研究員



秀島 好昭**

開発土木研究所
農業開発部
農業土木研究室
室長
博士（工学）



田鹿 秀則***

開発土木研究所
農業開発部
農業土木研究室
室員