

まさ土と高炉スラグ微粉末による固化処理土の強度・変形特性

○福岡大学 学生会員 谷 大地
 福岡大学 正会員 西 智美
 福岡大学 正会員 村上 哲

1. はじめに

平成 28 年に発生した熊本地震により、表層 3~5m の液状化層に甚大な宅地地盤の液状化被害が及ぼされた。その液状化対策として、表層改良工法を用いることで被害を軽減出来る。これは、セメント系固化材と土を混ぜ合わせて地盤に投入し宅地地盤の強度を高める工法であるが、コストがかかることが問題である¹⁾。その解決策として鉄の副産物であり、コスト削減効果や環境低減効果を持つ高炉スラグ微粉末を固化材にすることが期待されている。

鶴ら²⁾の先行研究では豊浦砂と高炉スラグ微粉末の混合砂について、初期 pH の違いに加え固液比を大きくした条件の下で pH の変化と強度特性の関係や変形係数と強度特性の関係を検討した。初期 pH7~10 と初期 pH12 とでは、養生開始後の pH の変化が異なるということ、pH の違いと一軸圧縮強さの関係はないという結果が得られた。しかし pH が上昇する原因を解明することが課題となった。そこで本研究では、自然に分布し、かつ液状化被害の影響を受けやすい試料である理由から、まさ土と高炉スラグ微粉末の混合砂について、実地盤環境に近づけた条件の下で養生した供試体について一軸圧縮試験を実施し、まさ土と高炉スラグ微粉末による固化処理土の強度特性・変形特性について検討した。

2. 実験概要

本研究では、母材に 75mm ふるい通過分のまさ土、固化材に高炉スラグ微粉末を添加率 10%、15%で混合した試料を混合砂とする。土粒度にばらつきがあるまさ土の特徴を考慮し、まさ土と高炉スラグ微粉末の関係性を確認するために 75 mmふるい通過分の試料を用いた。また、土粒子密度(それぞれ $\rho_s=2.626\text{Mg/m}^3$ (添加率 10%), 2.751Mg/m^3 (添加率 15%))、最小・最大密度 (それぞれ $\rho_{dmin}=1.336\text{Mg/m}^3$, $\rho_{dmax}=1.782\text{g/m}^3$ (添加率 10%), $\rho_{dmin}=1.336\text{Mg/m}^3$, $\rho_{dmax}=1.791\text{Mg/m}^3$ (添加率 15%))より相対密度 50%で供試体に詰める質量を決定した。供試体は、モールドの底に有孔板と濾紙を設置し、試料を締固めながら 3 層に分けて充填し作製した。養生容器の中で、養生水は水酸化カルシウム水溶液(初期 pH10)、固液比は 1:5 の条件下で養生を行う。これらの供試体を 7、14、28、56、84 日間養生した後に一軸圧縮試験を行った。また、7 日ごとに養生液の pH を測定した。

3. 養生液のpH、一軸圧縮強さ、変形係数と養生日数の関係

図-1 に養生日数と養生液 pH の関係、図-2 に養生日数と養生液の関係(先行研究)を示す。図-1 より添加率 10%の供試体は pH10 以下、添加率 15%の供試体は pH10 以上付近で安定していることが分かる。図-2 の先行研究の豊浦砂の結果と比較すると、まさ土の最終的な pH の値は低く異なる傾向を示すことが分かる。以上よりまさ土と高炉スラグ微粉末の固化処理土は、豊浦砂混合砂より環境配慮できる固化材であると考えられる。

まさ土の混合砂供試体の応力ひずみ曲線(添加率 15%)を図-3、応力ひずみ曲線(添加率 10%)を図-4、豊浦砂の混合砂供試体の応力ひずみ曲線(先行研究) を図-5 に示す。これらの結果は、供試体 5 本のうちの 1 つの結果を示している。

また図-3 の点線部は、試験で得られたデータ(84 日養生)の最大値を示す。図-3、図-4 より、養生 56 日から強度が発現し、強度は経時的に増加傾向にあることが分かる。更に図-3、図-4 と図-5 を比較すると、養生日数の経過に伴い強度は上昇するが、まさ土混合砂の強度発現は遅い傾向にある。また、一軸圧縮試験を実施できる強度が発現するには

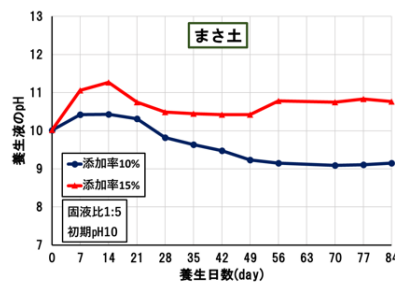


図-1 養生日数と養生液の pH の関係

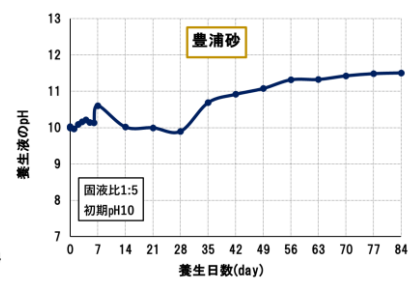


図-2 養生日数と養生液の pH の関係(先行研究)²⁾

28 日以上の養生が必要だとわかった。

まさ土と豊浦砂の養生日数と一軸圧縮強さの関係を図-6 に、養生

日数と変形係数の関係を図-7 に示す。図-6、7 より添加率 10%の供試体は、一軸圧縮強さと変形係数は極めて低い値を示した。また添加率 15%の供試体は、養生日数の経過とともに一軸圧縮強さと変形係数の値は 28 日以降で大幅に増加している。更に、養生 84 日のピーク値において、豊浦砂と比較すると一軸圧縮強さは約 0.03 倍 (添加率 10%)、約 0.9 倍 (添加率 15%)、変形係数は約 0.02 倍 (添加率 10%)、約 0.4 倍 (添加率 15%) となった。これよりまさ土 (添加率 15%) は豊浦砂に比べ、強度に大きな差はないが変形係数は小さいことが分かった。

4. まとめ

まさ土と添加率の異なる高炉スラグ微粉末の混合砂を 7~84 日間養生した供試体について一軸圧縮試験を実施し、豊浦砂混合砂の結果と比較しながら、まさ土と高炉スラグ微粉末による固化処理土の強度・変形特性について検討した。得られた知見を下記に示す。

1. 養生条件(pH10 固液比 1:5)で調整した養生液中の pH の変化において、まさ土の供試体は添加率 10%と 15%では pH が安定する値が pH10 前後で異なるということ、その値は豊浦砂の供試体よりも低いということが分かった。まさ土は豊浦砂と比較すると、同様の固化条件において pH の安定する値が低いため、液状化対策において環境に配慮した固化処理土であると考えられる。
2. 強度変化において、まさ土の粒度にばらつきがあるという特性により強度に個体差が生じるということ、まさ土は豊浦砂よりも強度発現に時間がかかることが分かった。また、本研究におけるまさ土と高炉スラグ微粉末の固化処理土は、一軸圧縮試験を実施できる強度が発現するには 28 日の養生が必要であることが分かった。
3. 一軸圧縮強さと変形係数の変化において、添加率 10%はいずれの値も低い値を示し、添加率 15%は 28 日以降いずれの値も大幅に増加した。まさ土と豊浦砂の供試体と比較すると、養生日数 84 日では強度に大きな差はないが、まさ土の供試体の方が変形係数は小さいことが分かった。

【謝辞】

本研究を進めるに当たり、樋口産業株式会社よりまさ土を提供していただいた。記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所：平成 28 年度 (2016 年) 熊本地震による建築物等被害第 4 次調査報告(建築物及び地盤の被害に関する目視調査速報), p16, 2016.
- 2) 鶴うらら, 村上哲, 西智美：養生液の初期 pH の違いが高炉スラグ微粉末混合砂の強度・変形特性に及ぼす影響, 令和 3 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.319~pp.320, 2022.

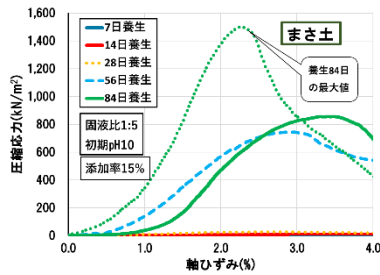


図-3 応力ひずみ曲線 (添加率 15%)

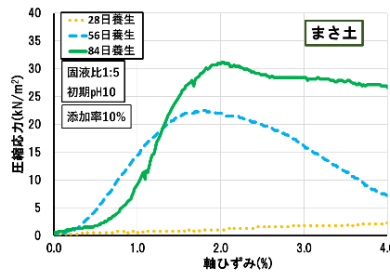


図-4 応力ひずみ曲線 (添加率 10%)

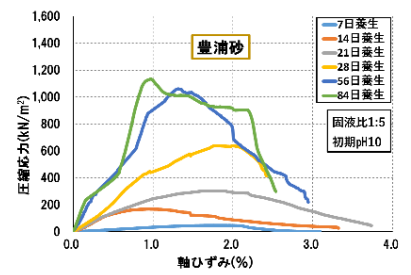


図-5 応力ひずみ曲線²⁾ (添加率 10%, 母材豊浦砂)

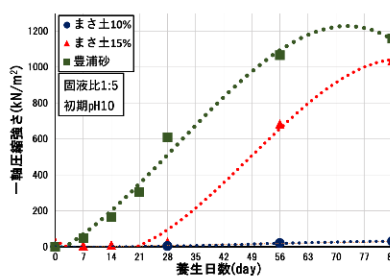


図-6 養生日数と一軸圧縮強さの関係

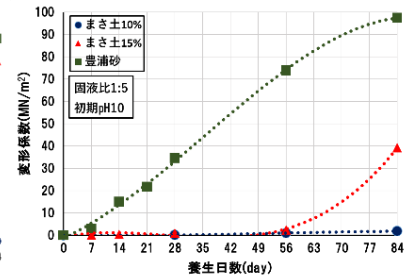


図-7 養生日数と変形係数の関係