



流動化処理土の圧密及び透水特性に関する実験的研究

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2025-06-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Xi, Bingyu メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/0002000339

氏 名	Xi Bingyu (シ ビンユ)
学位論文題目	Experimental Study on Consolidation and Permeability Characteristics of Liquefied Stabilized Soil (流動化処理土の圧密及び透水特性に関する実験的研究)
論文審査委員	主査 教授 木幡 行宏 教授 川村 志麻 准教授 菅田 紀之

論文内容の要旨

地盤工学において、透水性は重要な役割を果たしており、土構造物の強度、変形、および長期的な性能に直接影響する。流動化処理土 (LSS) は持続可能な埋め戻し材として大きな注目を集めているが、低透水性を必要とするプロジェクトでの適用に関する研究はまだ限られている。本研究は、低透水性裏込め材としての適性を評価するため、一連の一次元圧密・透水試験を実施し、LSS の圧密・透水特性を検討したものである。試験条件は、スラリー密度を 1.216, 1.280, 1.344 g/cm³、セメント添加量を 100 kg/m³、繊維材添加量を 0 および 10 kg/m³、養生期間を 7, 28, 56, 120 日とした。

本研究では、異なる泥水密度で作製された LSS の圧密・透水特性を比較するとともに、繊維材混合の影響を検討した。その結果、LSS の圧密係数は、泥水密度および繊維材の混合量に伴い増加すること、特に泥水密度が主要な影響因子であることが示された。繊維材の混合量は、圧密係数に比較的小さい影響を及ぼす一方で、LSS の圧密係数は、圧密圧力の増加とともに全体的に減少し、圧密降伏応力に対応する明確な変曲点が示された。また、LSS の透水係数は、泥水密度、繊維材の混合量、および供試体の初期間隙比と密接に関連しており、泥水密度および繊維材の混合量が増加することで透水係数が著しく低下することが明らかとなった。LSS の透水係数に及ぼす繊維材の影響は相対的に小さいものの、繊維材の混合により LSS の遮水性が向上することが示された。本研究において、LSS の平均透水係数は約 3×10^{-6} cm/s であり、高い遮水性を有することが示された。

さらに、養生期間が LSS の圧密および透水特性に与える重要な影響が示された。本研究では、NSF-Clay を母材とする LSS において、養生期間が長くなるにつれて圧密係数が増加し、透水係数が減少する傾向が見られた。LSS の圧密係数は圧力の増加とともに全体的に減少するが、この減少は養生期間が長いほど顕著であり、繊維材の影響は比較的小さいものであった。一方で、LSS の透水係数は圧密圧力の増加に伴い減少し、9.8~1256 kN/m² の圧力範囲で 1~2 桁低下する傾向が見られた。繊維材と比較して、養生期間は LSS の透水性により大きな影響を及ぼすことが明らかにされた。

また、本研究では LSS と母材である NSF-Clay の圧密および透水特性を比較・検討した結果、LSS は NSF-Clay に比べて大きな圧密係数、小さい透水係数、および安定した間隙比を示すこと

が明らかとなった。これは、セメント系固化材の添加により、軟弱粘土のマトリックス内の粒子配列が大きく変化し、より密な LSS 構造が形成されるためと考えられる。

結論として、本研究は LSS を圧密および透水特性に関する地盤工学に応用するための実験的な知見を提供するとともに、今後の研究の基盤を築いた。今後の研究では、繊維材の長さが圧密および透水特性、さらには LSS の全体的な力学特性に与える影響を評価し、工学的応用における性能をさらに最適化することに焦点を当てる必要がある。

ABSTRACT

Permeability plays a crucial role in geotechnical engineering, directly affecting the strength, deformation, and long-term performance of soil structures. Liquefaction stabilized soil (LSS) is of great interest as a sustainable backfill material, but research on its application in projects requiring low permeability is still limited. This study discusses the consolidation and permeability property of LSS conducted to a series of 1-D consolidation and permeability tests to assess its suitability as a low-permeability backfill material. Test conditions were set at slurry densities of 1.216, 1.280, and 1.344 g/cm³, cement content of 100 kg/m³, fiber content of 0 and 10 kg/m³, and curing periods of 7, 28, 56, and 120 days.

In this study, the consolidation and permeability characteristics of LSS at different slurry densities and the effect of fiber addition were investigated. Based on the test results, it is found that the coefficient of consolidation of LSS increases significantly depending on both slurry density and fiber content. Especially, the effect of slurry density is considered the primary influencing factor. The overall trend of LSS' s coefficient of consolidation decreased with increasing pressure with a notable inflection point corresponding to the consolidation yield stress. On the other hand, it is revealed that the coefficient of permeability of LSS is closely related to slurry density, fiber content, and the initial void ratio of the specimens. That is, as slurry density and fiber content increase, the coefficient of permeability decreases significantly. And while fiber content has a relatively minor influence among these factors, adding fiber enhances LSS' s impermeability. In this study, the average coefficient of permeability of LSS was approximately 3×10^{-6} cm/s, indicating high impermeability.

Moreover, in this study, it is revealed that the significant influence of curing time on the consolidation and permeability properties of LSS made by NSF-Clay as base material. The coefficient of consolidation increases with curing time, while the coefficient of permeability decreases. Permeability decreases by one to two orders of

magnitude within a pressure range of 9.8 to 1256 kN/m², with curing time exerting a more significant influence than fiber content.

This study also compared the consolidation and permeability properties of LSS with those of the base material, NSF-Clay, and it is found that LSS exhibits a higher coefficient of consolidations, lower coefficient of permeability, and a stable void ratio compared to NSF-Clay. The addition of a cement stabilizer significantly alters the internal particle arrangement within the soft clay matrix, resulting in a denser LSS structure.

In conclusion, this study not only provides experimental knowledge for the application of LSS in geotechnical engineering related to consolidation and permeability property but also lays a foundation for future research. Future studies should focus on evaluating the effects of various fiber lengths on the consolidation and permeability properties and the overall mechanical behavior of LSS to further optimize its performance in engineering applications.

論文審査結果の要旨

本研究では、流動化処理土（LSS）の圧密・透水特性を明らかにすることを目的として、一連の一次元圧密・透水試験を実施し、流動化処理土の圧密・透水特性を比較・検討するとともに、繊維材混合の影響について検討した。本研究の内容は、以下のよう要約される。

(1) LSSの圧密係数は、泥水密度および繊維材の混合量に伴い増加すること、特に泥水密度が主要な影響因子であることが示された。繊維材の混合量は、圧密係数に比較的小さい影響を及ぼす一方で、LSSの圧密係数は、圧密圧力の増加とともに全体的に減少し、圧密降伏応力に対応する明確な変曲点が示された。また、LSSの透水係数は、泥水密度、繊維材の混合量、および供試体の初期間隙比と密接に関連しており、泥水密度および繊維材の混合量が増加することで透水係数が著しく低下することが明らかとなった。

(2) LSSの透水係数に及ぼす繊維材の影響は相対的に小さいものの繊維材の混合によりLSSの遮水性が向上することが示された。本研究において、LSSの平均透水係数は約 3×10^{-6} cm/sであり、高い遮水性を有することが示された。

(3) LSSの圧密係数は圧力の増加とともに全体的に減少するが、この減少は養生期間が長いほど顕著であり、繊維材の影響は比較的小さいものであった。一方、LSSの透水係数は圧密圧力の増加に伴い減少し、9.8～1256 kN/m²の圧力範囲で、1～2桁低下する傾向が見られた。繊維材を混合したLSSの場合と比較して、養生期間は、LSSの遮水性に、より大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

(4) LSSと母材であるNSF-Clayの圧密および透水特性を比較・検討した結果、LSSはNSF-Clayに比べて大きな圧密係数、小さい透水係数、および安定した間隙比を示す

ことが明らかとなった。これは、セメント系固化材の添加により、軟弱粘土のマトリックス内の粒子配列が大きく変化し、より密なLSS構造が形成されるためと考えられる。

以上より、本研究は、流動化処理土の圧密及び透水特性に関して、地盤工学に応用するための多くの新たな知見を提供するとともに、今後の研究に対する基盤が示された。

これらの成果から、本論文は、流動化処理土の圧密及び透水特性に関する実験的研究に大いに貢献するものである。よって、博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。