

Study on Promoting Use of Liquefied Stabilized Soil Mixed with Fibered Material as Backfilling Material in Hanoi City

その他（別言語等）のタイトル	ハノイ市における埋戻し材としての繊維材混合流動化処理土の利用促進に関する研究
著者	DO Tuan Anh
学位名	博士（工学）
学位の種別	課程博士
報告番号	甲第433号
研究科・専攻	工学専攻・先端環境創生工学コース
学位授与年月日	2019-03-25
URL	http://doi.org/10.15118/00009906

氏 名 DO TUAN ANH

学位論文題目 ハノイ市における埋戻し材としての繊維材混合流動化処理土の
利用促進に関する研究

論文審査委員 主査 教授 木幡 行宏
教授 菅田 紀之
教授 川村 志麻

論文内容の要旨

本研究は、ベトナム、ハノイ市での埋戻し材としての繊維材混合流動化処理土の適用性を検討したものである。今後、ベトナム、ハノイ市において、流動化処理土の適用を普及する目的で、実験および解析に関する研究が並行して実施された。本研究は、以下のように要約される。

- 1) 繊維材混合流動化処理土の強度・変形特性に及ぼす泥水密度の影響について検討するために、軸ひずみ速度 $0.054 \text{ \%}/\text{min}$ の条件で一連の圧密非排水三軸圧縮試験（CUB 試験）が、繊維材混合量 $0, 10 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、養生日数 $28, 56$ 日の繊維材混合流動化処理土に対して実施された。試験結果から、泥水密度が適切な泥水密度よりわずかに減少すると、最大軸差応力 q_{max} が顕著に減少すると考えられることが明らかにされた。さらに、低泥水密度で作製された繊維材混合流動化処理土でも、繊維材の補強効果で、せん断中にもたらされる局所的な損傷が減少することが明らかにされた。
- 2) 繊維材をそれぞれ、 $0, 10 \text{ kg}/\text{m}^3$ で添加し、養生日数を $28, 58$ 日として作製された室内および原位置供試体による繊維質材料混合流動化処理土の三軸せん断特性の比較・検討を行った。原位置供試体は、モデル地盤からブロックサンプリングにより採取して作製され、室内供試体は原位置供試体と同じバッチで室内養生して作製された。一連の CUB 試験を実施した結果、繊維質材料混合流動化処理土の $q \sim \varepsilon_a$ 関係の q_{max} は、室内養生供試体に比べ、現場養生供試体のほうが概ね大きくなる傾向にあることが明らかとなった。
- 3) ベトナム基準に準拠したハノイ市の一般的な道路を事例として、道路表面から伝播する車両振動の予測手法を提案した。道路表面からの振動伝播は、2次元 FEM により解析された。計算結果より、振動速度から振動速度レベルを評価することが可能であり、提案手法が車両振動予測に適用可能であることが明らかにされた。また、埋戻し砂質土に対して計算された振動速度レベルは、許容値より大きくなることが示されたことから、振動軽減のための適切な対策が必要となることが明らかにされた。
- 4) 提案された解析手法により、埋戻し材として流動化処理土を用いた場合の車両振動の

軽減に対する数値計算結果によれば、流動化処理土の適用が地盤振動を軽減させ得ることが明らかとなった。これは、流動化処理土の適用方法における新たな利点であり、流動化処理土の埋戻し地盤への適用は、車両振動の軽減に対する有効な対策の一つになると考えられる。

以上より、ハノイ市における埋戻し材としての繊維材混合流動化処理土の利用促進が期待できる方法が示されたと考える。

ABSTRACT

In this study, the applicability of Liquefied Stabilized Soil (LSS) mixed with the fibered material as the backfill materials at Hanoi city in Vietnam has been investigated. Research works including experiment and analysis have been conducted simultaneously aiming to promote the application of LSS in Hanoi city in the coming time. This study is summarized as follows.

(1) The influence of slurry density on strength and deformation characteristics of LSS mixed with fibered material was evaluated. A series of Consolidated–Undrained triaxial compression tests with measured pore water (CUB tests) under the condition on an axial strain rate of 0.054%/min have been carried out for LSS mixed with fibered material amount of 0 and 10 kg/m³ at curing time of 28 and 56 days, respectively. Based on the test results, it was found that when the slurry density is slightly decreased from the appropriate slurry density, it is considered that the maximum deviator stress (q_{\max}) decreased remarkably. In addition, it was found that the local damage caused by shearing even in the LSS mixed with fiber material prepared on the low slurry density is reduced by the effect of reinforcement on the fiber material.

(2) The difference in triaxial shear property of LSS mixed with fiber material cured in laboratory and at field was investigated to be carried out a series of CUB tests for both specimens of LSS mixed with fiber material amount of 0 and 10 kg/m³ prepared by trimming LSS retrieved from a model ground by block sampling and cured in laboratory at curing time of 28 and 56 days, respectively. Based on the test results, it was found that the q_{\max} in $q\sim\varepsilon_a$ relations of LSS mixed with fiber material cured at field tend to be larger than that cured in laboratory.

(3) A procedure for prediction of vehicle-induced vibration from a road surface has been established as a case study for a general road in Hanoi city in conformity with Vietnamese Standard. The vibration propagation from a road surface was analyzed by the 2-D FEM. The numerical results in terms of vibration velocity allow estimating the vibration velocity level, and then it is applicable to the prediction of vehicle-induced vibration. The calculated vibration velocity level on backfilling sandy soil indicated to be higher than the allowable threshold, therefore appropriate measures should be taken to decrease these vibrations.

(4) According to the numerical analysis results on a mitigation of vehicle-induced vibration in case using LSS as backfill material by the established analysis method, it is found that the application of LSS can reduce the ground vibration. This will be a new advantage. Then, it is considered that the application to backfilling ground of LSS become one of effective measure for reduction of vehicle-induced vibration. Therefore, it is considered that the application of the LSS mixed with fibered material as backfilling material will be more promoted in Hanoi city.

論文審査結果の要旨

本研究は、ベトナム、ハノイ市での埋戻し材としての繊維材混合流動化処理土の適用性を検討したものである。今後、ベトナム、ハノイ市において、流動化処理土の適用を普及する目的で、実験および解析に関する研究が並行して実施された。本研究による実験的・解析的な種々の検討、及び、本研究の範囲で得られた結果を整理すると、以下の通りである。

1) 繊維材混合流動化処理土の強度・変形特性に及ぼす泥水密度の影響について検討するために、軸ひずみ速度 $0.054 \text{ \%}/\text{min}$ の条件で一連の圧密非排水三軸圧縮試験(CUB試験)が、繊維材混合量 $0, 10 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、養生日数 $28, 56$ 日の繊維材混合流動化処理土に対して実施された。試験結果から、泥水密度が適切な泥水密度よりわずかに減少すると、最大軸差応力 q_{max} が顕著に減少すると考えられることが明らかにされた。さらに、低泥水密度で作製された繊維材混合流動化処理土でも、繊維材の補強効果で、せん断中にもたらされる局所的な損傷が減少することが明らかにされた。

2) 繊維材をそれぞれ、 $0, 10 \text{ kg}/\text{m}^3$ で添加し、養生日数を $28, 58$ 日として作製された室内および原位置供試体による繊維質材料混合流動化処理土の三軸せん断特性の比較・検討を行った。原位置供試体は、モデル地盤からブロックサンプリングにより採取して作製され、室内供試体は原位置供試体と同じバッチで室内養生して作製された。一連のCUB試験を実施した結果、繊維質材料混合流動化処理土の $q \sim \varepsilon_a$ 関係の q_{max} は、室内養生供試体に比べ、現場養生供試体のほうが概ね大きくなる傾向にあることが明らかとなった。

3) ベトナム基準に準拠したハノイ市の一般的な道路を事例として、道路表面から伝播する車両振動の予測手法を提案した。道路表面からの振動伝播は、2次元FEMにより解析された。計算結果より、振動速度から振動速度レベルを評価することが可能であり、提案手法が車両振動予測に適用可能であることが明らかにされた。また、埋戻し砂質土に対して計算された振動速度レベルは、許容値より大きくなることが示されたことから、振動軽減のための適切な対策が必要となることが明らかにされた。

4) 提案された解析手法により、埋戻し材として流動化処理土を用いた場合の車両振動の軽減に対する数値計算結果によれば、流動化処理土の適用が地盤振動を軽減させ得ることが明らかとなった。これは、流動化処理土の適用方法における新たな利点であり、流動化処理土の埋戻し地盤への適用は、車両振動の軽減に対する有効な対策の一つになると考えられる。

これらの成果から、本論文はハノイ市における埋戻し材としての繊維材混合流動化処理土の利用促進に関する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。