

# 繊維質材で補強された流動化処理土の圧密・せん断特性

ゲン コン ザン<sup>1</sup>・木幡行宏<sup>2</sup>・片桐雅明<sup>3</sup>・大久保達郎<sup>4</sup>

現在、ベトナム、ハノイ市では、交通渋滞の解決を目的とした地下鉄、地下駐車場、地下歩道、地下街の建設など多くの都市地下開発が計画されている。しかしながら、ハノイ市域における地下構造物の建設に伴う地盤の力学的性質は未解明な部分が多い。また、ハノイ市域は、軟弱な粘土地盤が厚く堆積していることが多く、圧密沈下が発生しやすいことから、より強固な地盤に改良する必要がある。そこで、本研究では、近年、埋戻し材としてよく用いられるようになってきた流動化処理土を繊維質材で補強し、その圧密・せん断特性を評価するために、一連の段階的荷重による圧密試験、および圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。その結果、流動化処理土に繊維質材を添加すると、1) 圧密降伏応力が増加すること、2) 繊維質材の補強効果により脆性的な性質が改善され、沈下抑制効果が大きくなること、などの知見が得られた。

キーワード：流動化処理土、繊維質材、圧密特性、三軸せん断特性

## 1. はじめに

ベトナム、ハノイ市では、最近の急速な都市近代化に伴って、工業地区の集中や人口増加による交通渋滞が深刻化し、社会経済発展に大きな影響を及ぼすようになってきており、これらの問題の解決が早急の課題となっている。ベトナム政府によるハノイ市総合開発計画では、市内交通網の近代化が優先的開発項目の一つであるとされており、現在、交通渋滞の解決を目的とした地下鉄、地下駐車場、地下歩道、地下街の建設など多くの都市地下開発が計画されている。地下開発の多くは、開削工法で行われるため、大量の掘削発生土が排出されることが予想される。我が国では、廃棄物処分場の容量の問題や埋戻し材の確保などの問題から、また、循環型社会を推進するため、掘削発生土の再利用方法として、流動化処理土工法が普及するようになってきた<sup>1)</sup>。しかし、流動化処理土はセメント安定処理土と同様に固化材添加量を増やして強度を増加させると、脆性的な挙動を示し耐震性能が低下する恐れがある。したがって、地震に対して粘り強く耐え得るような地盤材料とするためには、流動化処理土の靱性能を向上させることが望まれている。

これまで筆者らは、新聞紙を粉碎したものを繊維質材料として流動化処理土に添加し、一連の配合試験、一軸圧縮試験を行い、繊維質材混合流動化処理土の強度・変形特性を検討してきた。その結果、綿状にした新聞紙を混合することによって、ピーク後の脆性的性質が改善さ

れることが分かった<sup>2)3)</sup>。

そこで、本研究では、ベトナム、ハノイ市に分布している Vinh Phuc CLAY (ヴィン フック クレイ) を母材とした流動化処理土に繊維質材を混合して補強した場合に、その補強効果を調べる目的で、一連の一次元圧密試験および圧密非排水三軸圧縮試験を実施して、著者らによってこれまで検討してきた NSF-Clay 流動化処理土との比較・検討を行い、Vinh Phuc CLAY 流動化処理土の圧密・せん断特性について検討した。

## 2. 試料および試験方法

### (1) 試料

本研究では、ベトナム、ハノイ市の地下鉄建設予定地周辺から得られた Vinh Phuc CLAY を母材とした。その物理特性を表-1に示す。表-2は、これまで検討してきた NSF-CLAY の物理特性である<sup>3)</sup>。表-1および表-2のデータを用いて塑性図による試料の分類を行ったところ、Vinh Phuc CLAY は CL (低液性限界粘土) に、NSF-CLAY は MH (高液性限界シルト) となった。図-1は、Vinh Phuc CLAY の 2 $\mu$ m 以下粒子の X 線回折結果である。Vinh Phuc CLAY は、石英が主体で、図-1より、細粒分には中量の雲母、カオリナイト、緑泥石などの粘土鉱物を含むことが確認されたことから、低液性限界のコンシステンシー特性を示すものであると考えられる。

<sup>1</sup> 地盤工学会正会員、室蘭工業大学大学院、工学研究科、建設工学専攻、博士後期課程 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

<sup>2</sup> 正会員、室蘭工業大学大学院、工学研究科、くらし環境系領域、准教授 (〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1)

<sup>3</sup> 地盤工学会正会員、(株)日建設シビル 地盤調査設計部門 (〒112-0004 東京都文京区後楽 1-4-27)

<sup>4</sup> 地盤工学会正会員、(株)ドーコン (元 室蘭工業大学 大学院生) (〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央 1 条 5 丁目 4-1)

表-1 Vinh Phuc CLAYの物理的性質

土質分類	[CL]
土粒子密度 $s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.722
液性限界 $W_L$ (%)	38.2
塑性限界 $W_P$ (%)	16.5
塑性指数 $I_p$	21.7

表-2 NSF-CLAYの物理的性質

土質分類	[MH]
土粒子密度 $s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.762
液性限界 $W_L$ (%)	60.15
塑性限界 $W_P$ (%)	35.69
塑性指数 $I_p$	24.46

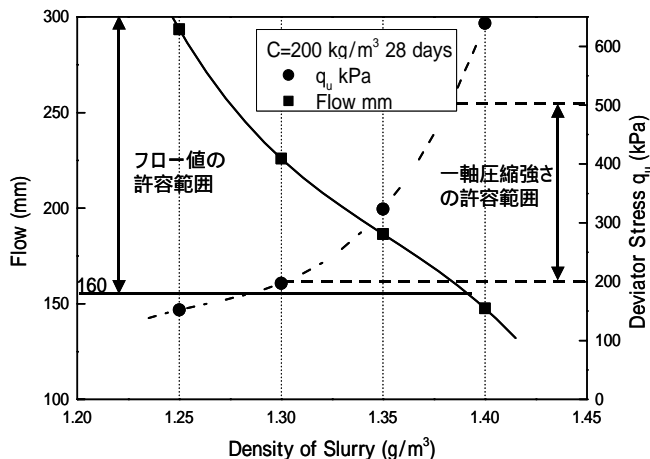


図-2 配合設計基準図

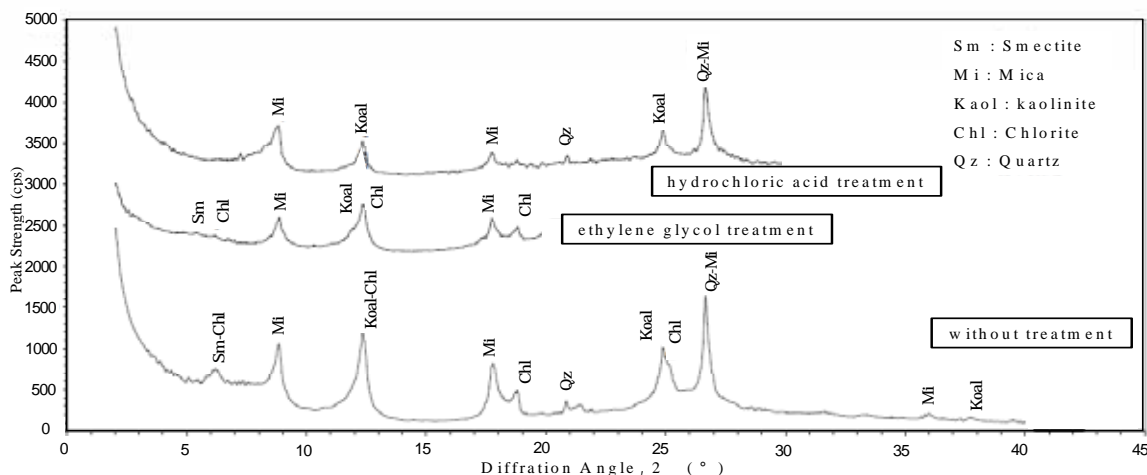


図-1 Vinh Phuc CLAYの2μm以下粒子のX線回折結果

(2) 配合

流動化処理土の混合方法には、泥水式と調整泥水式の2種類ある。泥水式は、発生土に適度の水を加え、密度調整された泥水を作製し、固化材を混合する方法であり、細粒分を多く含む発生土に適用される。調整泥水式は、発生土に加水し、砂または粘性土を調整材として加えて泥水を作製後、固化材を添加する方法である。この方式では、処理土の密度、材料分離抵抗性、流動性などを容易に調整することができる。本研究では、作製過程が簡便でパラメータを少なくすることができる泥水式流動化処理土を採用した。

泥水式流動化処理土の一般的な配合試験は、泥水密度と固化材添加量をパラメータとして、それぞれの値を変化させて行う。配合は、フロー試験、ブリージング試験、28日養生後の一軸圧縮試験を実施し、その結果から得られる特性値(フロー値、ブリージング率、一軸圧縮強さ)を配合設計基準図として作成し、泥水密度と固化材添加量を読み取り、それぞれの値を決定する<sup>1)</sup>。

図-2は、Vinh Phuc CLAYにおける固化材添加量  $C=200 \text{ kg/m}^3$  での一軸圧縮強さとフロー値に対する泥水比重を示した配合設計基準図である。ここで、ブリージ

ング率は、1%以下であったため設計基準図には示していない。目標泥水密度  $\rho_f$  は、一軸圧縮強さを200~500 kPa、フロー値を160~300 mmの許容範囲とし、配合設計基準図から  $\rho_f=1.350 \text{ g/cm}^3$  に決定した。

本研究では、固化材に一般軟弱土用セメント系固化材(太平洋セメント、ジオセット10)を用いた。繊維質材には、最も容易に入手できる新聞紙を綿状にしたものを使用した。新聞紙は、以下に示す手順で綿状に加工した。新聞紙を事務用のシュレッダーで適当な大きさに裁断し、その後調理用のフードプロセッサーを用いて水と共に攪拌する。それを炉乾燥したものを手でほぐし、再びフードプロセッサーで粉碎し綿状に加工した。繊維質材添加量は、泥水  $1 \text{ m}^3$  あたり0, 10, 20 kgの3種類とした。

(3) 供試体の作製及び実験方法

供試体は、密度を調整した泥水に  $C=200 \text{ kg/m}^3$  の固化材を加え、ハンドミキサーにより混練して作製した。なお、作製過程では所定の密度となるように、AEモルタル容器と呼ばれる内容量  $400 \text{ cm}^3$  のステンレス製の容器に処理土を充填し、余盛り部分をガラス板ですり切り、その質量を計測する方法で密度試験を行った。繊維質材を添加する場合は、固化材混合後に添加し、ハンドミキ

サーによってよく攪拌した。処理土作製後、流動性を検討するためにフロー試験（旧日本道路公団規格「エアモルタル及びエアミルクの試験方法、1.2 シリンダー法」、JHSA 313）を行った。なお、本研究の配合条件ではブリージングはほとんど生じなかった。繊維質材を添加することにより処理土に多量の気泡が混入するため、スラリー状処理土に98 kPaの負圧を10分間作用させ、処理土内の気泡を取り除いた。その後、直径50 mm、高さ100 mmの市販のプラスチック製モールドに余盛り用のカラーを取り付け、処理土を充填し上端面を高分子フィルムで被膜した。4時間後に余盛り部分を切り取り、上端面を平坦に整形した後、再び高分子フィルムで被膜し濡れタオルを被せて $20 \pm 3$  のもとで湿潤気中養生を行った。

表-3に繊維質材の添加量別の泥水密度 $\rho_f$ 、繊維質材添加前の処理土密度 $\rho_{LSS}$ 、28日養生後の三軸圧縮試験時における供試体の湿潤密度 $\rho_t$ を示す。 $\rho_t$ については目標泥水密度 $1.350 \text{ g/m}^3$ の $\pm 0.001 \text{ g/m}^3$ の範囲内に収まっている。作製した供試体に対して養生日数28、56日において、圧密非排水三軸圧縮試験（CU試験）を実施した。供試体の飽和は、二重負圧法で供試体に脱気水を通し、さらに背圧196 kPaを加えて行った。その結果、すべての供試体でB値は0.9前後を得た。その後、有効拘束圧 $\sigma'_c = 49, 98, 196 \text{ kPa}$ で等方圧密を12時間行った後、軸ひずみ速度 $0.054 \text{ \%}/\text{min}$ で非排水三軸せん断を行った。三軸圧縮試験装置の概略を図-3に示す。本試験では微小ひずみで除荷・再載荷を行うため、載荷装置には軸変位の制御精度が高く、反転時の「あそび」(バックラッシュ)を無視し得る高精度デジタルサーボモータを使用した。計測器は供試体作製時における端面での乱れやゆるみ層に起因して生じるベディングエラーの影響を避けるために局所変形測定装置（Local Deformation Transducer, LDT）<sup>4)</sup>を供試体対角上に設置して軸変位量を測定した。

なお、圧密・圧縮過程でLDTのパネ力によってメンブレンと供試体の密着が緩み、LDTが伸びてしまう恐れがあるため、供試体側面をわずかに削り、石膏を塗った上に瞬間接着剤を用いてメンブレンと供試体を接着した上でLDTを設置した。LDTの測定範囲外については非接触変位計とダイヤルゲージを併用し、ベディングエラー量を補正した結果を用いた。

### 3. 圧密特性

#### (1) 試験方法ならびに供試体の初期条件

表-4は、各供試体の初期状態を示す。表中、VPCがVinh Phuc CLAY流動化処理土であり、NSFはNSF-CLAY流動化処理土を表す。ここで、各諸量の定義は、図-4に示すように、固体分として「土粒子」、「固化材」、「繊維材」を考え、固体分に対する諸量としている。ただし、固体分の密度は、固体分のほとんどを占める土粒子のものを代用した。

表-3 Vinh Phuc CLAY 流動化処理土の密度試験結果

Test Case	Paper Content	$\rho_f \text{ g/cm}^3$	$\rho_{LSS} \text{ g/cm}^3$	$\rho_t \text{ g/cm}^3$
Pc-0	0 kg/m <sup>3</sup>	1.351	1.459	1.463
Pc-10	10 kg/m <sup>3</sup>	1.35	1.459	1.465
Pc-20	20 kg/m <sup>3</sup>	1.35	1.458	1.472

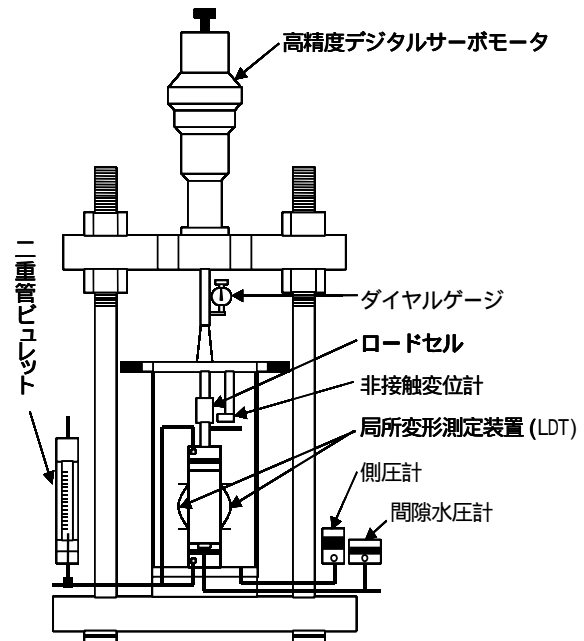


図-3 試験装置概略図

表-4 段階載荷圧密試験の供試体の初期条件

名称	繊維質材 添加量 kg/m <sup>3</sup>	含水比 %	湿潤密度 g/cm <sup>3</sup>	乾燥密度 g/cm <sup>3</sup>	飽和度 %
VPC-0	0	87.4	1.491	0.796	98.0
VPC-10	10	90.4	1.443	0.758	94.8
VPC-20	20	90.6	1.417	0.743	92.4
NSF-0	0	129.8	1.362	0.593	97.8
NSF-10	10	129.4	1.317	0.574	93.7
NSF-20	20	123.1	1.313	0.589	92.0

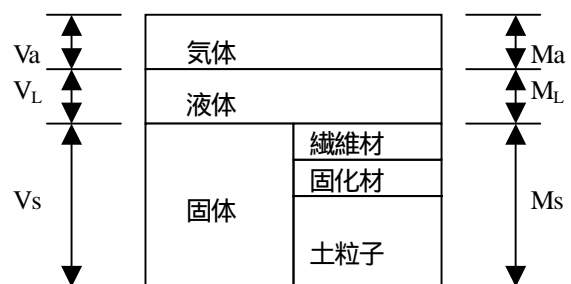


図-4 繊維質材混合流動化処理土の物理諸量の定義

VPC供試体の含水比は90%程度で、NSFのそれは130%程度であった。このように、所定の流動化処理土としての特性を有するために必要な水分量は、母材となる粘性土の種類によって異なることがわかる。

両供試体の湿潤密度/乾燥密度は含水比に依存し、含水比が低いと、両密度は大きくなる。また、繊維質材添

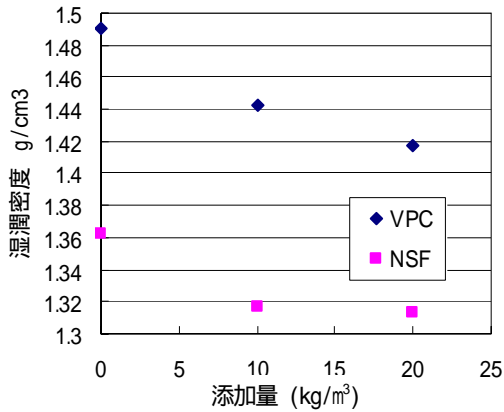


図-5 流動化処理土の湿潤密度に及ぼす繊維材添加量の影響

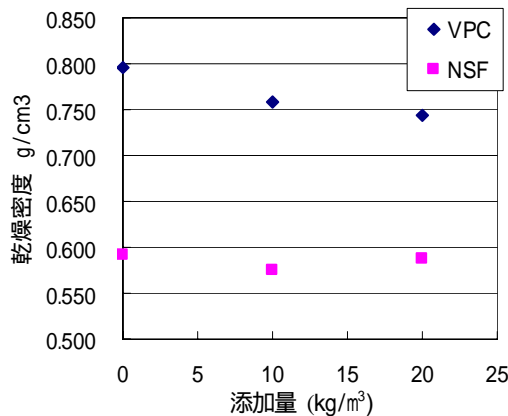


図-6 流動化処理土の乾燥密度に及ぼす繊維材混合量の影響

加量と密度の関係は、図-5,6に示すように、両試料とも添加量が多くなると、密度は低下する。なお、三軸供試体の初期湿潤密度のばらつきは、行った全条件で  $0.015 \text{ g/cm}^3$  程度であった。今回の圧密試験は各ケースとも1試料しか行っていないが、湿潤密度のばらつきは三軸供試体のそれと同程度の  $0.015 \text{ g/cm}^3$  程度と推定される。そこで、物理・力学特性の評価に当っては、湿潤密度でこの程度のばらつきがあることを考慮する。

また、計算から求めた飽和度も紙繊維添加量に影響され、添加量が多いほど飽和度は低下した(図-7参照)。このように、繊維質を混入すると、流動化処理土は軽くなることが確認できた。この軽くなるという性質には、供試体内に空気を包含するという不飽和化もその要因の一つと思われる。

## (2) 圧密挙動

図-8は行った全条件の  $e - \log p$  関係で、初期状態もプロットしてある。一般的な乱さない粘性土と同様、「低応力下で圧縮量が小さく、ある応力状態を超えると圧縮量が増加する」という特徴を有している。そこで、本研究においても、一般的な乱さない粘性土と同様に、圧密降伏応力を求め、それよりも低応力領域を「過圧密領域」、それ以上の圧力領域を「正規圧密領域」と呼ぶことにし

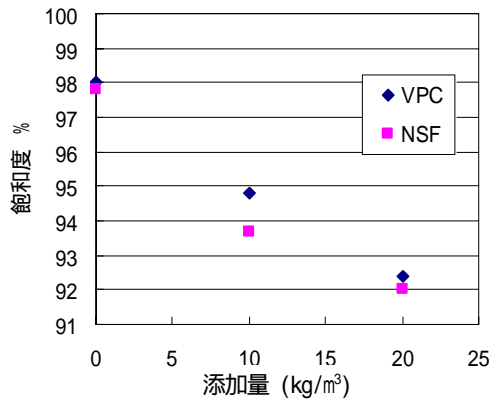


図-7 流動化処理土の飽和度に及ぼす繊維材添加量の影響

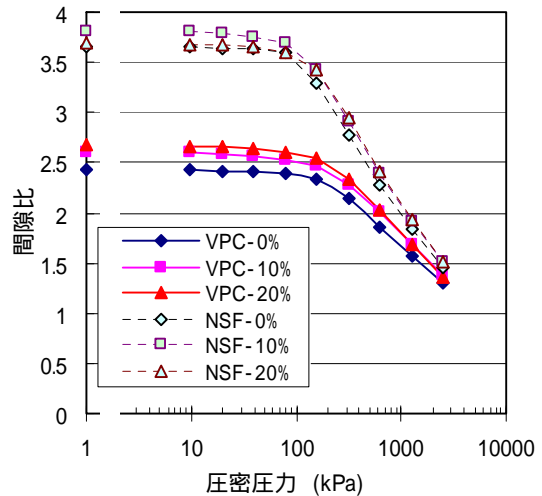


図-8 流動化処理土の圧縮曲線

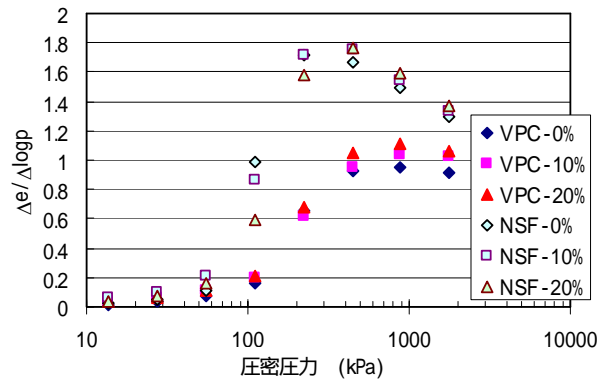


図-9 流動化処理土の  $\Delta e / \Delta \log p$  と圧力の関係

た。

図-9は段階荷荷ごとに生じる  $\Delta e / \Delta \log p$  の変化である。両試料とも、過圧密領域での  $\Delta e / \Delta \log p$  は0.2以下と小さく、正規圧密領域でのそれは1以上となった。NSF試料では、繊維質材添加量の違いによらず、 $\Delta e / \Delta \log p$  値は圧密降伏応力を超えたところで最大となり、それよりも大きな圧力範囲でその値は低下した。VPC試料では、やはり圧密降伏応力を超えたところで、 $\Delta e / \Delta \log p$  が最大値となったが、それを超えた圧力での低下量はほとんどなく、試料によって異なることがわかる。

図-10は、図-8の圧縮曲線の最大勾配である圧縮指

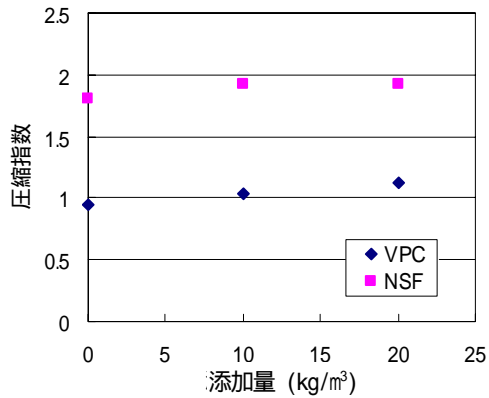


図 - 10 流動化処理土の圧縮指数と繊維質材添加量の関係

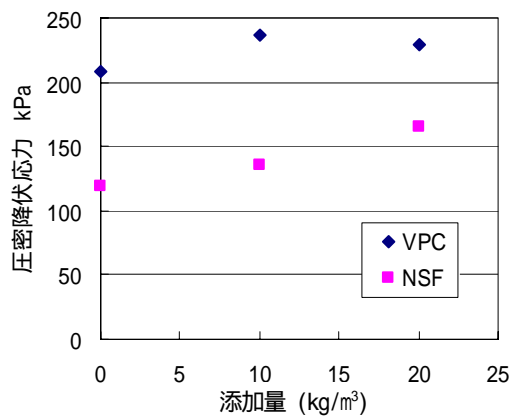


図 - 11 圧密降伏応力と繊維質材添加量の関係

数と繊維質混入量の関係である。検討した実験条件の範囲で、繊維材混合量が低下すると圧縮性も低下する傾向にあることがわかる。

図 - 11は、流動化処理土の圧密降伏応力に及ぼす繊維質混合率の関係を示す。両試料とも、混合率が大きくなるにつれて、圧密降伏応力が増加する傾向にあることがわかる。

図 - 12は流動化処理土の体積圧縮係数と圧密圧力の関係である。一般的な乱さない粘性土と同様の挙動を示し、過圧密領域と正規圧密領域で挙動が異なっている。

図 - 13は、圧密過程の時間沈下曲線からルート t 法を用いて求めた  $\epsilon_{90}$  から算定した圧密係数と圧密圧力の関係を示す。VPC 試料では、正規圧密領域と過圧密領域での圧密係数に差はほとんど見られない。しかしながら、NSF は、通常の乱さない粘土と同様、過圧密領域で圧密係数が大きく、正規圧密領域では 1 オーダー程度小さくなるということが認められた。

#### 4. せん断特性

##### (1) 軸差応力～軸ひずみ関係

図 - 14, 15 は、Vinh Phuc CLAY 流動化処理土および NSF-CLAY 流動化処理土における繊維質材添加量 0, 10,

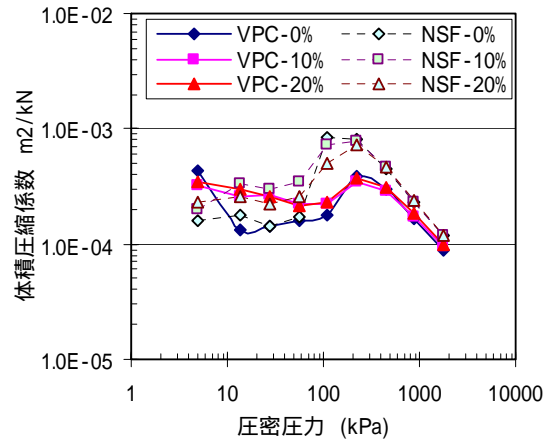


図 - 12 流動化処理土の体積圧縮係数と圧密圧力の関係

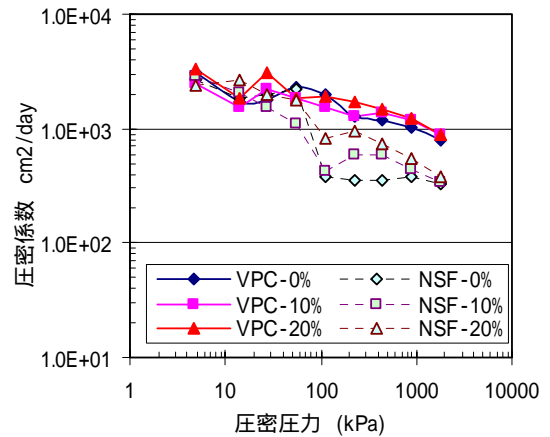


図 - 13 流動化処理土の圧密係数と圧密圧力の関係

20 kg/m<sup>3</sup>でのCU試験の軸差応力  $q$  ( $= \sigma_1 - \sigma_3$ )と軸ひずみ  $\epsilon_a$ の関係である。図において図(a)は養生日数 28 日、有効拘束圧 49 kPa, 図(b)は、養生日数 28 日、有効拘束圧 96 kPa, 図(c)は、養生日数 56 日、有効拘束圧 96 kPa の結果をそれぞれ示している。各試験ケースにおけるピーク後の  $q \sim \epsilon_a$  関係を比較すると、養生日数に関わらず、有効拘束圧  $\sigma'_c = 49, 98$  kPa での無添加のケースでは、ピーク後の  $q$  の減少が顕著であるのに対して、繊維質材を添加したケースでは無添加のケースに比べて  $q$  の減少は小さく、ピーク後の  $q$  はほぼ一定となっている。また、ピーク後の  $q$  の減少率において、いずれのケースでも繊維質材添加量を多くすると小さくなる傾向が見られる。このことから、繊維質材を添加しない場合に見られた脆性的な性質は、繊維質材を添加することによる補強効果によって改善されたといえる。すなわち、母材とする粘性土の種類に関わらず、流動化処理土に繊維質材を添加すると靱性能が向上し、補強効果を発揮すると思われる。

また、Vinh Phuc CLAY 流動化処理土の場合には(図 - 14(b), (c)), 同じ軸ひずみレベルでは、繊維質材の添加量に関わらず、養生日数 28 日のケースに比べ、56 日のケースにおける  $q$  が大きくなっている。これは、養生日数の増加によるセメンテーション効果による影響であると考えられる。一方、NSF-CLAY 流動化処理土の場合に

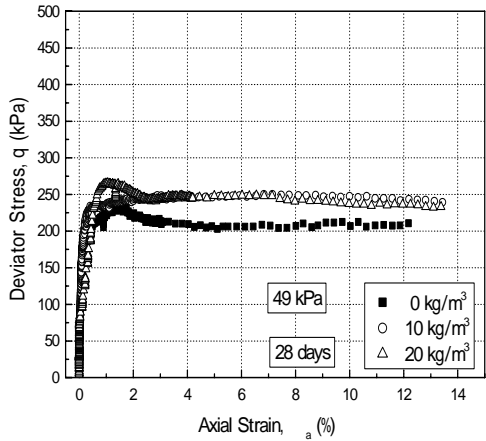


図 - 14(a)  $q \sim \epsilon_a$  関係 :  $c = 49$  (kPa)

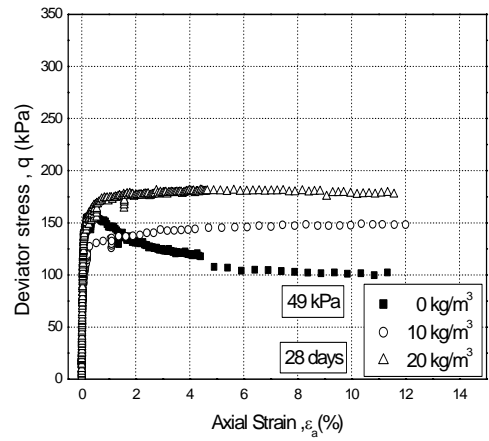


図 - 15(a)  $q \sim \epsilon_a$  関係 :  $c = 49$  (kPa)

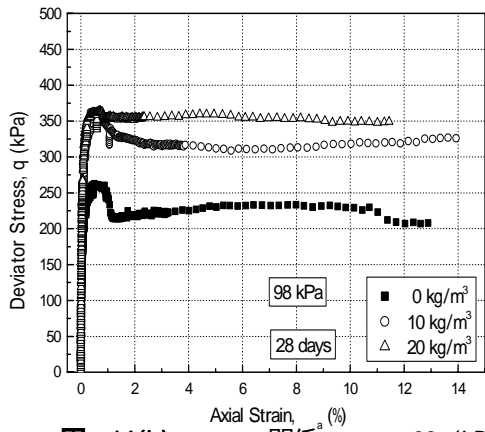


図 - 14(b)  $q \sim \epsilon_a$  関係 :  $c = 98$  (kPa)

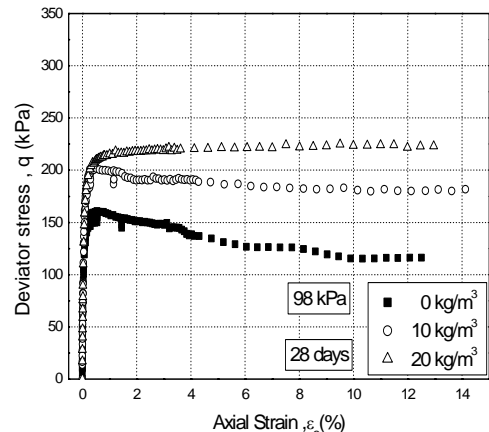


図 - 15(b)  $q \sim \epsilon_a$  関係 :  $c = 98$  (kPa)

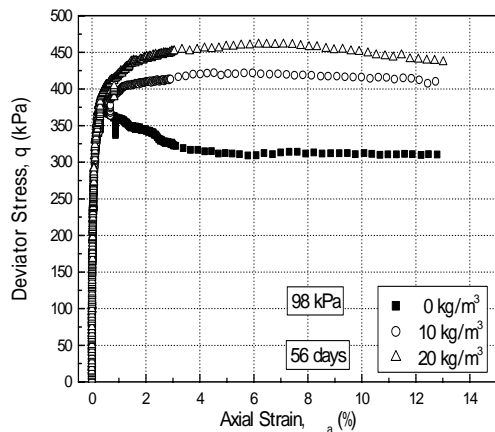


図 - 14(c)  $q \sim \epsilon_a$  関係 :  $c = 98$  (kPa)

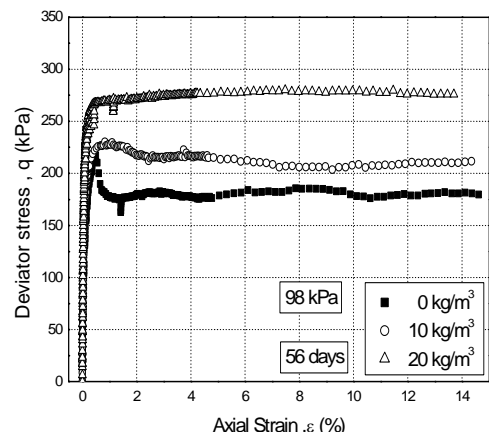


図 - 15(c)  $q \sim \epsilon_a$  関係 :  $c = 98$  (kPa)

は(図 - 15(b), (c)), 養生日数の増加に対して,  $q$  は増加傾向を示さなかったことから, NSF-CLAY 流動化処理土に比べて, Vinh Phuc CLAY 流動化処理土のほうが, 本研究で選択した一般軟弱土用固化材との相性がよく, セメンテーション効果を発揮しやすい地盤材料であることが分かった。

## (2) ダイレイタンシー特性

一般に, 非排水せん断中の間隙水圧変化と排水せん断中の体積変化とは, 表裏一体の関係にあると考えられていることから, 本研究では Vinh Phuc CLAY 流動化処理土と NSF-CLAY 流動化処理土について非排水せん断中の有効応力の変化から間接的にダイレイタンシーに及ぼす繊維質材の影響を調べた。



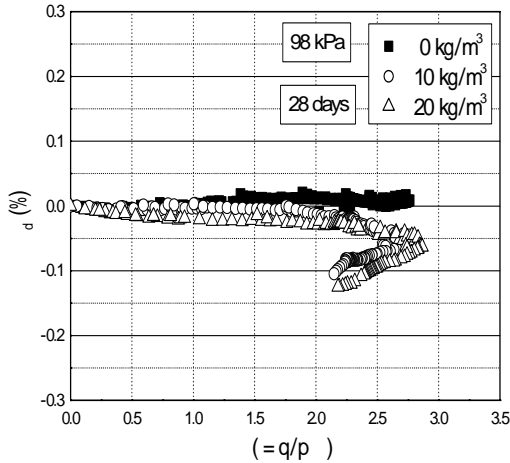


図 - 16(a)  $\sigma_d \sim$  関係:  $\sigma_c = 98 \text{ kPa}$ :  $=3.5$  まで  
Vinh Phuc CLAY 流動化処理土

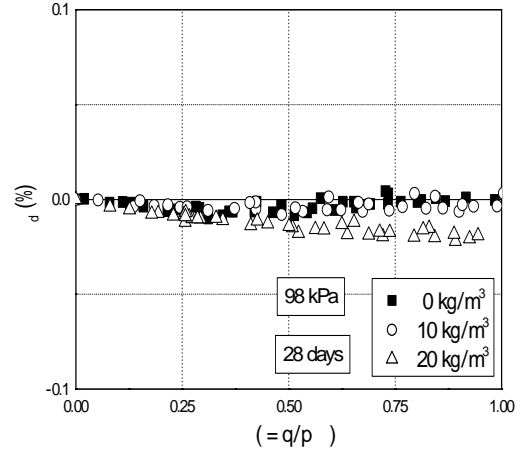


図 - 16(b)  $\sigma_d \sim$  関係:  $\sigma_c = 98 \text{ kPa}$ :  $=1.0$  まで  
Vinh Phuc CLAY 流動化処理土

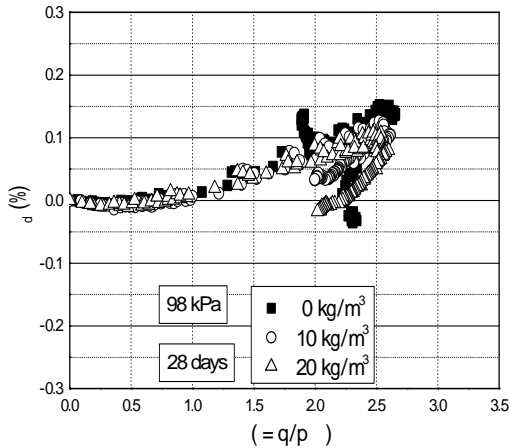


図 - 17(a)  $\sigma_d \sim$  関係:  $\sigma_c = 98 \text{ kPa}$ :  $=3.5$  まで  
NSF-CLAY 流動化処理土

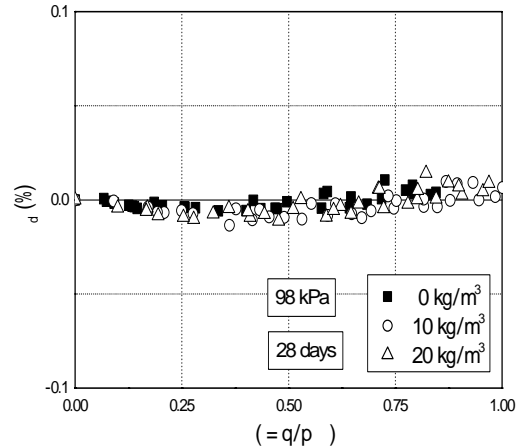


図 - 17(b)  $\sigma_d \sim$  関係:  $\sigma_c = 98 \text{ kPa}$ :  $=1.0$  まで  
NSF-CLAY 流動化処理土

排水せん断中の土要素の全体積ひずみ ( $v_d$ ) を平均有効主応力増分による体積ひずみ ( $v_c$ ) と偏差応力増分による体積ひずみ ( $v_d$ ) の和として考え非排水条件 ( $v_v = 0$ ) を適用することにより、偏差応力増分による体積ひずみ ( $v_d$ ) つまりダイレイタンスを、非排水せん断時における平均有効主応力の変化で以下のように表現できる。

$$v_d = - \frac{1}{(1+e_c)} \ln(p'/p'_c) \quad (1)$$

ここに、 $e_c$  は圧縮指数、 $e_c$  はせん断開始時の間隙比、 $p'_c$  はせん断開始時の平均有効主応力を示す。

図 - 16, 17 は、養生日数 28 日での有効拘束圧  $\sigma'_c = 98 \text{ kPa}$ 、繊維質材添加量 0, 10, 20  $\text{kg/m}^3$  における Vinh Phuc CLAY 流動化処理土および NSF-CLAY 流動化処理土に対する  $\sigma'_c$  試験における軸差応力増分による体積ひずみ  $v_d$  と応力比 ( $\sigma_d/\sigma_v$ ) との関係を示したものである。なお、図(b)は、図(a)のせん断開始直後の小ひずみ部分を拡大したものである。

図 - 16(a)を見ると、Vinh Phuc CLAY 流動化処理土で

は、繊維質材添加量の増加に伴い、 $v_d$  の減少率は大きくなるのが分かる。一方、NSF CLAY 流動化処理土における試験結果を見ると(図 - 17(a))、繊維質材無添加のケースと添加したケースにおいて、 $v_d$  の挙動はあまり変化を示していない。载荷初期に注目すると、図 - 16(b) に示す Vinh Phuc CLAY 流動化処理土の場合には、全てのケースにおいて、せん断開始から応力比 0.25 までの間で、 $v_d$  は減少傾向を示していることから、体積膨張、すなわち正のダイレイタンスを示していることが分かる。一方、NSF CLAY 流動化処理土の場合には(図 - 17(b))、応力比 0.75 以降、全てのケースにおいて、 $v_d$  は増加傾向を示していることから、体積収縮、すなわち負のダイレイタンスを示していることが分かる。

以上より、NSF CLAY 流動化処理土に比べ、Vinh Phuc CLAY 流動化処理土のほうが、繊維質材を添加することによる補強効果を発揮しやすい地盤材料であると考え、このことはせん断面の形成が抑制されるためであると考えられる。

## 5. まとめ

ベトナム、ハノイ市に分布している Vinh Phuc CLAY(ヴィン フック クレイ)を母材とした流動化処理土に繊維質材を混合して補強した場合に、その補強効果を調べる目的で、一連の一次元圧密試験および圧密非排水三軸圧縮試験を実施し、圧密・せん断特性について検討した結果、以下の知見を得た。

- (1) 母材の種類によって流動化処理土の特性が異なる。
- (2) 流動化処理土は、圧縮量が急増する圧密降伏応力に相当する応力が存在する。
- (3) 繊維質材を混入すると、流動化処理土は軽量化になる。また、繊維質材を多く添加すると、圧縮指数ならびに圧密降伏応力は増加する傾向にある。
- (4) Vinh Phuc CLAYによる繊維質材混合流動化処理土の $\bar{C}_U$ 試験における $q \sim \bar{C}_U$ 関係は、繊維質材添加量の増加により脆性的な性質が改善される。
- (5) Vinh Phuc CLAYによる繊維質材流動化処理土は、正のダイレイタンシーを示す地盤材料であり、NSF CLAY流動化処理土は、負のダイレイタンシーを示す地盤材料であることが分かった。また、NSF CLAY流動化処理土に比べ、Vinh Phuc CLAY流動化

処理土のほうが、セメンテーション効果により、過圧密的な挙動を示し、繊維質材を添加することによる補強効果が顕著であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 久野悟郎編著：「土の流動化処理工法～建設発生土・泥土の再生利用技術」，技報堂出版，1997.
- 2) 木幡行宏，對馬広紀，藤川拓：長期養生した繊維材混合流動化処理土の強度・変形特性，地盤工学会北海道支部技術報告集第 43 号，pp.217-224, 2003.
- 3) 木幡行宏，市川昌嗣，Nguyen Cong Giang，加藤勇一：繊維補強した流動化処理土の三軸せん断に伴う損傷特性の検討，ジオシンセティックス論文集，第 22 巻，pp.55-62，2007。
- 4) Goto,S., Tatsuoka,F., Shibuya,S., Kim,Y-S and Sato,T.:A simple gauge for local small strain measurements in the laboratory, Soils and Foundations, Vol.31,No.1,pp.169-180, 1991.

## CHARACTERISTICS OF CONSOLIDATION AND TRIAXIAL SHEARING ON LIQUEFIED STABILIZED SOIL REINFORCED BY FIBERED MATERIAL

Giang C. NGUYEN, Yukihiko KOHATA, Masaaki KATAGIRI and Tatsuro OKUBO

*Key Words : liquefied stabilized soil, fiber material, consolidation property, triaxial shear property*

At Hanoi city in Vietnam, the subway system will be planned for the purpose of modernizing a city's transportation network. In this study, a series of Oedometer tests and Consolidated - Undrained triaxial compression (CUB) tests were performed on Liquefied Stabilized Soil (LSS) based on Hanoi clay and LSS mixed with fibered material. The CUB test results of LSS based on Hanoi clay and NSF-CLAY were compared, and the influence of adding fibered material on effect of reinforcement were discussed. It was found that consolidation yield stress increases as increasing paper content and ductile property of LSS was improved by means of the effect of reinforcement on fibered material. Thus, It was found that the inhibiting effect of settlement increases.