

繊維補強した地盤改良体の静的力学特性に関する基礎的検討

ハザマ 正会員 ○山田淳夫, 足立有史, 浦野和彦, 三反畑勇

1. はじめに

既設構造物の耐震補強を目的に行う地盤改良は、狭隘な施工ヤードでの作業となり、高圧噴射攪拌工法が採用されることが多い。しかし、高圧噴射攪拌工法は多量の排泥が発生するなど、環境面、コスト面での負担が大きい。このような場合のコスト、工期および環境負荷の低減のためには、地盤の改良範囲を小さくすることが有効である。そのためには改良土の剛性・じん性・強度を大きくする必要がある。

本研究では、改良土に繊維を混合させた場合の静的力学特性を把握するために、各種の基礎的室内試験を行ったのでその結果について報告する。

2. 試験の概要

表-1 に改良土の基本配合を示す。セメントは高炉 B 種セメントを用いた。粘性土と砂質土を想定し、粘土はカオリン（ジョージア産）、砂は豊浦標準砂を用いた。改良土に混入させる繊維はビニロンとし、表-2 にその諸元を示す。繊維径は 13μm、長さは 4mm と 10mm の 2 種類を用いた。

試験ケースを表-3 に示す。繊維の混入量は体積比で 1.0%とした。繊維補強の効果について、今回は繊維の長さをパラメータとして検討し、合計 6 ケースを行った。

供試体作成は、まずセメントミルクを練り、その中に粘土や砂を少しずつ投入して攪拌し、スラリー状になるようにした。このスラリーの中に所定量の繊維を分散させるように混入させ、ファイバーボールができないようにスラリーを練り混ぜた。供試体寸法は、φ50mm×H100mm を基本とし、曲げ試験のみ H40mm×B40mm×L160mm とした。

供試体は湿潤養生し、養生期間は 1 週間と 4 週間とした。試験は表-3 に示す通り、一軸圧縮、圧裂、曲げおよび直接引張の 4 種類の試験¹⁾²⁾³⁾を行った。写真-1 に、一軸圧縮試験直後の供試体の例を示す。繊維補強した改良土は、無補強と比べると明確なせん断断面が現れにくく、圧壊するような壊れ方をしているのがわかる。

3. 試験結果

表-3 に試験結果を合わせて一覧表にまとめた。ただし、同表では複数回実施した結果の平均値をまとめている。

表-3 試験ケースと結果一覧表（平均値）

ケース	地盤種類	繊維長さ mm	湿潤密度 ρ _t (Mg/m ³)	一軸圧縮試験		E ₅₀		圧裂 (kPa)	曲げ引張 (kPa)	直接引張 (kPa)
				q ₇ (kPa)	q ₂₈ (kPa)	q ₇ (MPa)	q ₂₈ (MPa)			
C-non	粘性土	なし	1.501	914.9	1359.3	260.2	572.6	369	987	197
C-4		4	1.489	1282.2	2290.9	376.3	735.2	576	1617	258
C-10		10	1.491	1342.2	2142.9	425.3	568.9	378	2602	780
S-non	砂質土	なし	1.524	490.4	1332.1	103.6	427.1	269	1047	304
S-4		4	1.520	633.6	1552.9	198.7	414.2	370	961	341
S-10		10	1.518	879.2	1468.4	150.0	258.0	386	1750	257

表-1 改良土の基本配合

	セメント C	水 W	砂 S	カオリン S	W/C	W/(C+S)	比重
単位	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³			
粘性土	237	711	0	561	3	0.89	1.51
砂質土	237	711	280	280	3	0.89	1.51

表-2 ビニロン繊維の基本特性

繊維直径	カット長	引張強度	弾性係数	切断伸度	比重
μm	mm	GPa	GPa	%	
13	4, 10	1.62	36.3	7.0	1.31



(左) S-non (右) S-10

養生 4 週後

写真-1 一軸圧縮試験後の供試体の例

キーワード 地盤改良, 繊維補強, 力学特性, 高圧噴射攪拌工法

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 ハザマ技術研究所 TEL:029-858-8813

図-1 に一軸圧縮試験の圧縮応力～ひずみ関係の例を示す。粘性土，砂質土ともにピーク強度とじん性は，無補強の場合よりも繊維補強したケースの方が大きい結果となった。ピーク強度が大きくなる傾向は，粘性土よりも，砂質土の方が顕著であり，粘性土では60%，砂質土では15%程度増加した。

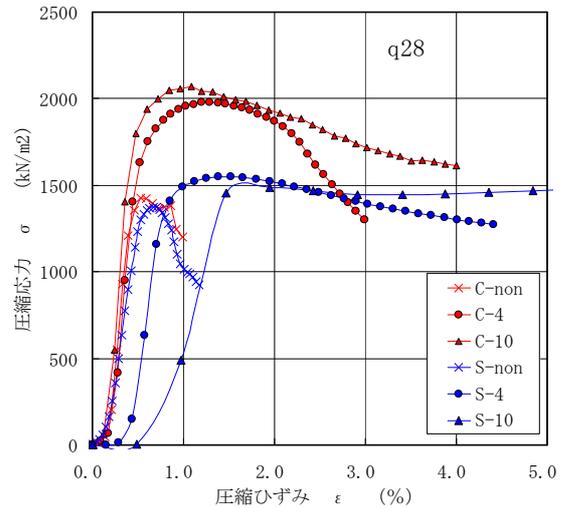


図-1 圧縮応力～ひずみ関係の比較例

図-2 に一軸圧縮強度と変形係数 E_{50} との関係を示す。供試体ごとのばらつきが認められるが，通常のセメント改良土の場合と同様に，一軸圧縮強さと変形係数の間に正の相関性が見られ，4 週強度では $E_{50}=140q_u \sim 450q_u$ の範囲に分布した。これは，センター指針⁴⁾に示されている値 (130～260 q_u) よりも若干大きい値となった。

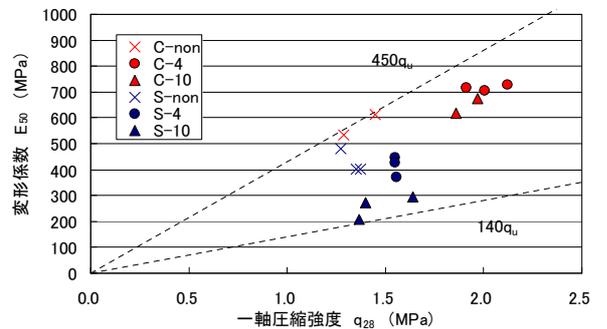


図-2 一軸圧縮強度～変形係数関係

図-3 に曲げ試験における荷重～変位関係の例を示す。曲げ試験の場合でも，一軸圧縮強度のときのように，繊維補強をした方が無補強の場合よりもピーク強度とじん性が大きくなった。さらに，繊維は長いほど補強効果が高い結果が得られた。

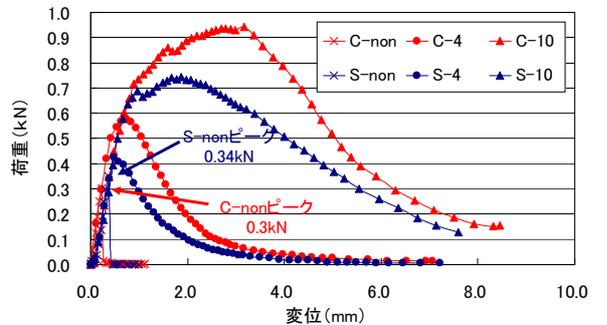


図-3 曲げ試験の荷重～変位関係の例

図-4 に 3 種類の引張試験の結果を示す。3 種類の各試験とも，一部を除き引張強度は，無補強よりも繊維補強した方が大きく，繊維長も 4mm よりも 10mm の方が大きくなる傾向を示した。3 種類の試験の中で最も効果が大きく出た曲げ試験では，粘性土で 2.5 倍程度，砂質土で 1.7 倍程度の強度が増加した。

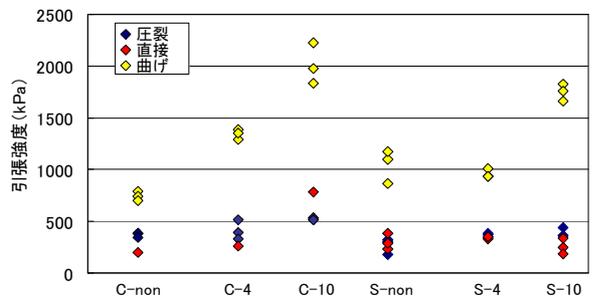


図-4 引張強度の試験結果

4. まとめ

粘性土および砂質土を対象にした改良土と，これらをビニロン繊維 ($\phi 13\mu m$, $l=4$ or 10 mm, 体積比 1% 混入) で補強した場合の力学特性について，以下の試験結果が得られた。

- ① 一軸圧縮強度，引張強度（曲げおよび直接引張）試験では，繊維補強により強度およびじん性の改善効果を確認できた。（一軸圧縮強度で 10 数%～60%程度，引張強度（曲げ試験）で 1.7 倍～2.5 倍程度）。
- ② 繊維補強の効果は，砂質土よりも粘性土を対象にしたケースの方が大きく現れた。

参考文献

1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009。
 2) Tsutomu NAMIKAWA, Junichi KOSEKI：Evaluation of tensile strength of cement - treated sand based on several types of laboratory tests, SOILS AND FOUNDATIONS Vol. 47, No. 4 657-674, 2007。
 3) 山田淳夫，三反畑勇，足立有史，浦野和彦：繊維混合改良土の静的・動的力学特性に関する基礎的検討，第 45 回地盤工学研究発表会 平成 22 年度発表講演集，2010.8（投稿中）
 4) 日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針-セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法-，1997.7