

短繊維混合・高圧噴射攪拌工法（ファイバージェット工法）の施工実験と混合繊維量の推定

安藤ハザマ 正会員 ○木村 誠 三反畑 勇
 同上 正会員 浦野 和彦 足立 有史
 東興ジオテック 佐久間孝夫 大野喜代孝

1. はじめに

近年、既設構造物を地盤改良によって耐震補強する事例が増えてきている。著者らは耐震補強に用いる地盤改良工法に対して、短繊維を混合して強度特性を改善することで地盤改良範囲や排泥量を低減することを期待している。短繊維混合改良土の配合試験を参考に行った動的 FEM 解析から、地盤改良に短繊維を混合した場合には地盤改良範囲を最大 30%程度低減できる結果も得られている¹⁾。本報告では、高圧噴射攪拌工法を用いて行った短繊維混合・高圧噴射攪拌工法（以下、ファイバージェット工法）の施工実験の概要と改良体内の繊維量の定量化手法について述べる。

2. ファイバージェット工法の概要

ファイバージェット工法では、通常の高圧噴射攪拌工法においてノズルから噴射する硬化材、水、エアに加えて、短繊維を供給しながら地盤改良体を造成するため、図 1 に示す四重管式ノズル・モーターを開発した。短繊維は目詰まりが生じることなく定量供給が可能となるように、気泡と混合して圧送した。造成時には、噴射モーター上段ノズルからの高圧水によるプレジェットで地盤を緩めて繊維を供給できる空間を形成し、当該位置に中段吐出口から気泡と混合した短繊維を圧入する。同時に下段ノズルから硬化材を噴射して短繊維混合地盤改良体を造成する。また、改良体内の残留気泡は硬化材に消泡剤を添加することで消泡する。

3. 施工実験の概要

施工実験は比較的軟弱な粘性土が厚く分布する地盤に直径 2.6m 程度の短繊維地盤改良体(CASE 2)と従来型のセメント系地盤改良体(CASE 1)を造成して改良強度の比較を行った。図 2 に施工実験の地盤条件と施工後に行った品質確認項目の概要を示し、写真 1, 2 は出来形写真とサンプリングコアの繊維の混合状況を示す。施工仕様と品質確認の詳細は文献 2), 3) を参照されたい。表 1 に使用した繊維の仕様と混合量を示す。地盤は表 2 に示すように高含水比で、有機分も比較的多く含む粘性土が主体の地盤条件であった。

表 1 繊維仕様と混合量

材質	直径	長さ	引張強度	弾性係数	繊維混合量
ビニロン	16 μ m	12mm	1.57GPa	36.3GPa	0.25vol.%

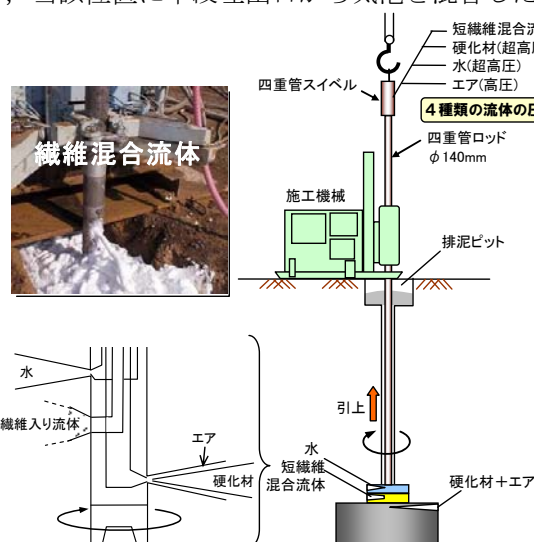
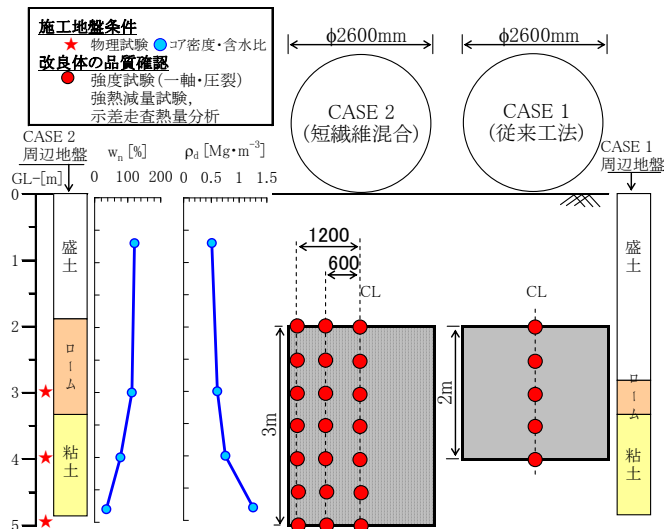


図 1 ファイバージェット工法の概要



表 2 CASE2 周辺地盤の物理特性

		ローム	粘土	砂質土
土粒子の密度 ρ_s	$\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$	2.757	2.675	2.642
液性限界 w_L	%	146.9	78.9	39.7
塑性限界 w_p	%	89.2	52.7	30.8
塑性指数 I_p	—	57.7	26.2	8.9
強熱減量 L_i	%	13.25	8.61	4.16
細粒分含有率 F_c	%	83.5	65.9	25.2

キーワード 地盤改良, 繊維補強, 耐震補強

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所 TEL029-858-8813

4. 改良体内の繊維混合量の定量化

改良体内の繊維混合量は、繊維を混合する場合としない場合の強熱減量試験による減量差から推定できる可能性があることを模擬砂地盤での施工試験⁴⁾を通じて確認している。図3に繊維補強の効果が顕著に現れる引張強度と併せて強熱減量および強熱減量から推定したビニロン繊維の体積比を示す。今回実施した有機分を多く含む粘性土主体の地盤では原地盤の強熱減量が高いことに加え、実際に混合した繊維量が0.25%程度と小さい点や原地盤のバラつき等により、推定された繊維量は非常に大きな値や負の値も見られ、良好な推定手法としては適用できなかった。そこで、示差走査熱量分析(DSC分析)によって得られるビニロン繊維が融解する際の熱量を用いて繊維混合量の定量化を試行した。DSC分析は図4に示すように、繊維の吸熱ピークを明確にするため、今回使用した繊維の融点240℃程度よりも低い温度領域で2サイクルの昇温を繰り返す前処理を行っている。繊維混合量はビニロン繊維単体の融解熱量に対するCASE 1, CASE 2のサンプルの融解熱量から体積比に換算した。なお、繊維単体のDSC分析においても繊維混合改良土と同様な前処理を行っている。また、1回のDSC分析に供するサンプル量は数10mg程度と少量であることから、分析結果のバラつきを鑑みて同一深度で各点3回の分析を行い平均化した。

図3にDSC分析による融解熱量から換算したビニロン繊維の体積比の深度分布を示す。多少のバラつきは見られるものの、CASE 1の繊維を混合していない従来工法では繊維の融解温度付近で吸熱ピークは認められず、CASE 2では0.2~0.3vol%程度の幅に分布しており、実際の混合量と概ね整合が得られた。なお、同一深度での3回の分析に顕著なバラつきは認められなかった。また、CASE 2では、引張強度の深度分布と推定された繊維混合量との関係も比較的良好であり、繊維混合量に応じて引張強度が高い傾向が認められる。図5に引張強度と繊維混合量のカラー図を示すが、空間的にも概ね良好な整合が得られたことから、有機分を多く含む地盤に対して繊維混合量を推定する手法としてDSC分析が有効であることが確認できた。

参考文献: 1) 木村ほか: 繊維混合改良土の杭基礎耐震補強効果の試験解析 (その2), 第47回地盤工学研究発表会, pp.815-816, 2012.2) 三反畑ほか: 短繊維混合・高圧噴射攪拌工法の施工実験 (その1), 第48回地盤工学研究発表会, 2013(投稿中). 3) 木村ほか: 短繊維混合・高圧噴射攪拌工法の施工実験 (その2), 第48回地盤工学研究発表会, 2013(投稿中). 4) 木村ほか: 高圧噴射攪拌工法による繊維改良地盤の造成, 土木学会第66回年次学術講演会, pp.47-48, 2011.

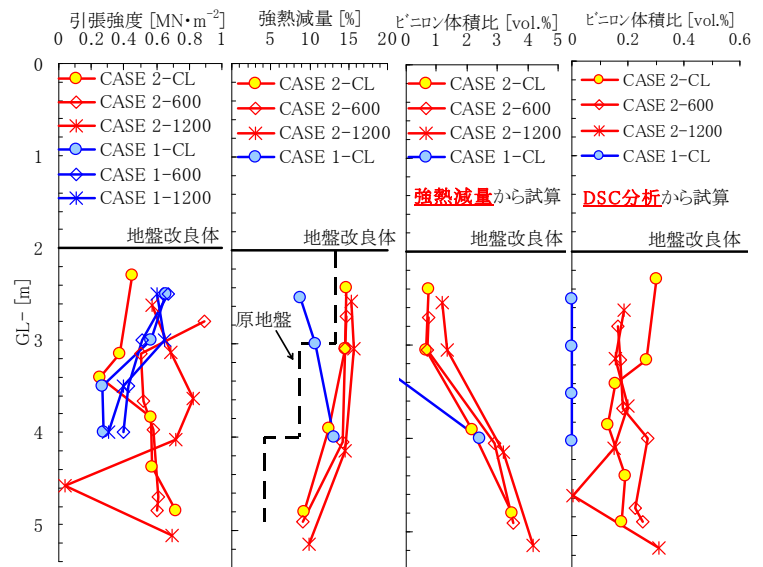


図3 引張強度とビニロン体積比の深度分布

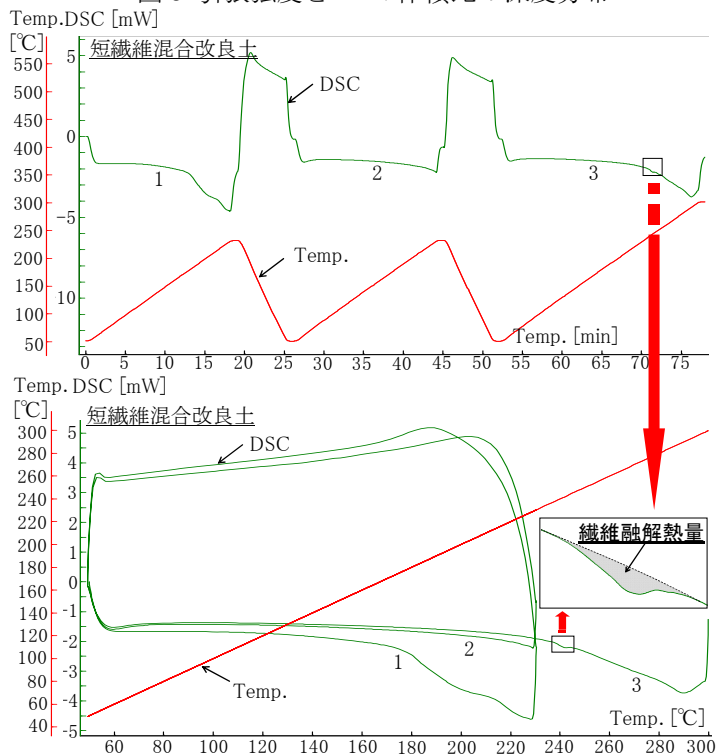


図4 DSC分析結果例 (繊維混合改良土)

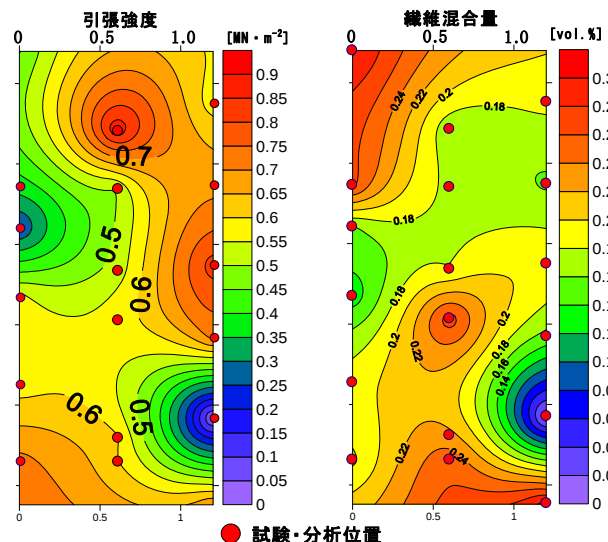


図5 引張強度と繊維混量のコンター (繊維混合改良土)