

(Ⅲ - 16) 短繊維補強粘性土のせん断強さ

長岡技術科学大学 学会員 ○遠藤 之康
 長岡技術科学大学 正会員 小川 正二
 三菱建設株式会社 正会員 田島 健司

1. まえがき

補強土工法として普及しつつあるジオテキスタイルを用いた工法は、その補強効果が優れているものの、施工が容易であるとは言えず、工費が高いなどの難点もある。また、土構造物の補強としてはジオグリッドの敷設など種々の工法があるが、これらの工法は土要素のせん断強さを高かめる手法ではない。

本報告は土要素のせん断抵抗力の増大を目的として、土中に短繊維を直接混入したときの補強効果を検討するために行った短繊維補強土の静的及び動的試験の結果について述べている。

2. 実験方法

試験に使用した試料は、新潟県柏崎市米山麓付近より採取した粘性土であり、試験には、この土を気乾状態とした後、 $850\mu\text{m}$ ふるい通過分を用いた。表-1に粘性土試料の物理的性質を示す。

表-1 米山粘性土の物理的性質

G_s	W_L (%)	W_P (%)	I_P	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
2.82	64.2	36.6	27.6	42.5	29.5	28.0

また、補強材は表-2に示す5種類のナイロン繊維であり、以後これらは S_1, S_2, S_3, S_4, D_1 の記号で表す。さらに、繊維混入率(n)は繊維を含む補強土の重量($w_s + w_f$)に対する繊維の重量(w_f)の比として定義した。

表-2 補強材の諸元

記号	繊維形状	平均直径 (mm)	繊維長さ L (cm)
S_1	円形	0.25	2.0
S_2	円形	0.50	2.0
S_3	円形	0.48	1.0, 2.0, 4.0
S_4	異形	0.79	1.0, 2.0, 4.0
D_1	円形	0.79	1.0, 2.0

試験としては、静的試験として一面せん断、三軸圧縮試験、及び動的三軸試験とし、供試体の含水比は静的試験においては最適含水比の $w=31\%$ で、動的試験では最適含水比を挟んで高含水比($w=40\%$)と低含水比($w=25\%$)とした。また、繊維長さ(L)はいずれの場合も 2cm とした。

表-3 動的三軸試験試験条件

排水条件	非圧密非排水試験
繰り返し応力比	0.05, 0.1, 0.2
載荷周期	0.5sec (2Hz)
載荷回数	500回
制御方式	応力制御

さらに、一面せん断試験での垂直

応力は $\sigma_v = 12.5, 25.0, 37.5, 50.0$ KPaとし、せん断速度は 1.0mm/sec とした。三軸圧縮試験は、拘束圧力を $\sigma_c = 50, 100, 200$ KPaとして、非圧密非排水条件で行った。動的三軸試験では、繊維長さを $1\text{cm}, 2\text{cm}$ とし試験条件は表-3に示す。

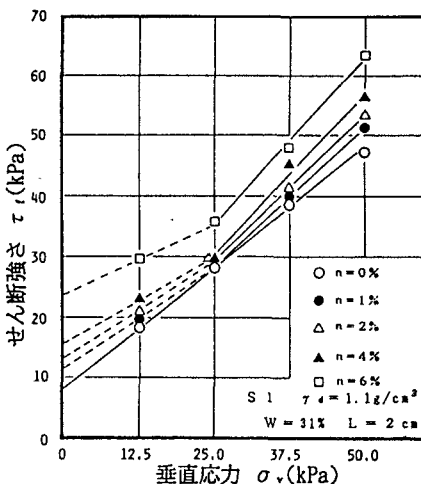


図-1 垂直応力とせん断強さの関係

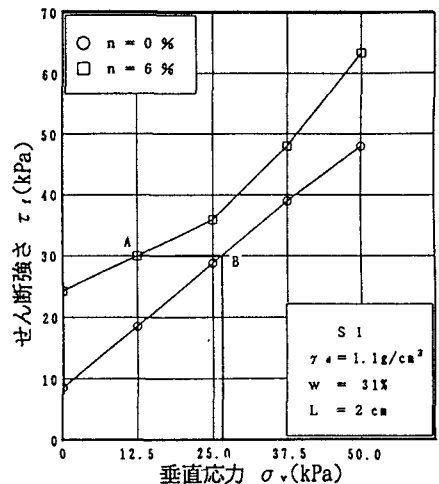


図-2 垂直応力とせん断強さの関係

3. 静的試験による繊維補強土のせん断特性

3.1 一面せん断試験によるせん断特性 実験に用いたナイロン繊維は土に比較して引張強さ、せん断強さがかなり大きいために、繊維補強土のせん断面における抵抗力は当然のこととして増大する。図-1に無補強土、補強土の破壊線の一例を示すが、繊維で補強することにより τ_f は明らかに増大することがわかるが、特に、低垂直応力範囲でのせん断強さの増加率が大きい。いま、図-2に示すように $\sigma_v=1.25\text{kPa}$ でせん断した時のせん断強さ(τ_f)はA点で表される値となり、この値は $n=0$ である無補強土の $\sigma_v=26.0\text{kPa}$ のB点のせん断強さに相当する。従って、繊維で補強することは土に作用する垂直応力を増大させたと同じ効果を示すことになる。

3.2 一軸及び三軸圧縮試験によるせん断特性 短繊維補強土のせん断強さは繊維の混入率が多いほど大きくなることが知られている。いま、全付着面積(S_a)と一軸圧縮強さ(q_u)の関係を示す図-3をみると、繊維形状に関係なく両者は直線関係にあり、短繊維による補強効果は土要素と繊維の付着面積に支配されていることがわかる。このことは一面せん断の場合でも同様である。

さらに、三軸圧縮試験の結果である図-4によると、 $\sigma_3=20\text{ kPa}$ のB点の状態がOCR=1に相当するとすれば、AB線は正規圧密土の $(\sigma_1-\sigma_3)\sim\sigma_3$ の関係を示すことになる。従って、同じ大きさの拘束圧力でのせん断強さは繊維混入率(n)が増すと増大し、それぞれの $(\sigma_1-\sigma_3)\sim\sigma_3$ 関係が無補強土と同じ関係と交わる点はB点からF点へと σ_3 の大なる点に移動するので短繊維で補強することは事前の圧密圧力を増大させたことと同じ意味を持つことになる。

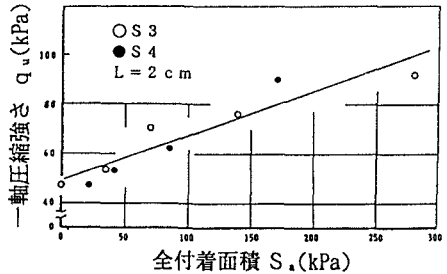


図-3 一軸圧縮強さと全付着面積の関係

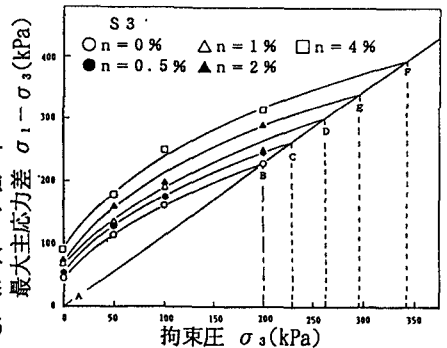


図-4 最大主応力差と拘束圧の関係

4. 動的三軸圧縮試験による繊維補強土の動的弾性特性

補強土と非補強土の動的弾性係数の比と繊維混入率の関係をみる。ここで、簡単のために以下、これらの比を動的弾性係数補強比と呼ぶ。繊維混入率と動的弾性係数補強比の関係は図-5のごとくで、繊維を混入すれば、含水比には関係なく、動的弾性係数を増大させることが出来ることがわかる。しかし、繊維長さの影響は少なく、繰り返し応力比の大きさに関係なく低含水比($w=25\%$)の場合、動的弾性係数補強比は高含水比($w=40\%$)のそれより大きく補強効果が大いと言える。

5. まとめ

- ① 短繊維を混入すると土要素のせん断抵抗力を増大させることになる。特に、低拘束圧力範囲での補強効果が大きく、クーロンの破壊線での粘着力を増大させる。このことはリングせん断試験による飽和粘性土の過圧密効果⁽¹⁾と同じような傾向にある。
- ② 短繊維による硬化効果は当然のこととして繊維混入率の大なるほど大きい、その補強効果は土と繊維の全付着面積にほぼ比例する。また、動的弾性係数補強比は含水比・繰り返し応力の大きさに影響され、低含水比の場合は高含水比と比較して補強効果が大い。

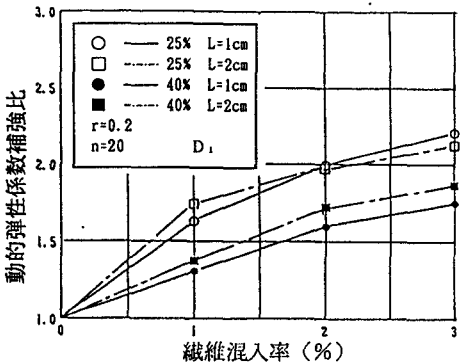


図-5 繊維混入率と動的弾性係数補強比の関係

参考文献 (1)小川他3:繊維材料を混入した土のせん断強さ, 土木学会第43回年次学術講演会概要集pp. 48~49