

地山補強土工法の補強方式の違いによる補強効果に関する研究

— 大型一面せん断試験による比較検討 —

昭和地下工業(株) 正会員 ○吉田 健二
九州産業大学工学部 正会員 奥園 誠之
(株)千代田コンサルタント 正会員 三橋 晃司

1. はじめに

近年、斜面安定工法として地山補強土工法が多用されている。その一つとして鉄筋補強土工法があり、これは削孔ーグラウト注入ー補強材挿入といういわゆるたて込み方式が一般的であるが、削孔に多くの時間と労力が費やされる。この時間を削減し施工性を向上させる方式として地山に直接打ち込む方式が考えられている。しかし、施工実績が少なく原理的にも未解明な部分を含んでいると言え、補強材と地山との摩擦特性に不明瞭な点が多い現状である。

本研究は地山補強土工法におけるたて込み方式と打ち込み方式の補強効果について、両方式で模型地盤の大型一面せん断試験を行い補強効果に関して比較検討するものである。

2. 実験試料および実験概要

実験に用いた試料は、福岡県杵木町から採取したまさ土(砂質土)で、2mmふるい通過分($\rho_s=2.69\text{g/cm}^3$)を $\omega_0=16.0\%$ 、湿潤密度 $\rho_t=1.6\text{g/cm}^3$ に調整し使用した。実験供試体概念図を図-1に示す。

模型地盤(直径60cm、層厚20cmの円筒形)は1次圧密が終了するまで油圧ジャッキにより鉛直方向に $\sigma=98.1\text{kPa}$ (先行圧密圧)载荷して作製した。この模型地盤を用いて再度、鉛直方向に $\sigma=19.6, 58.9, 98.1\text{kPa}$ 载荷し変位制御式(変位速度0.5mm/分)で全15ケースの一面せん断試験を行った。そして所定のせん断変位に達した後、実験を終了した。

打ち込み方式は、供試体作製後 $\phi 2.4\text{mm}$ の鋼棒を6cm(49本)および12cm間隔(16本)で模型地盤に直接挿入し、再圧密後せん断試験を行った。たて込み方式は、 $\phi 4.2\text{mm}$ の $\text{ガ}\text{ト}\text{ハ}\text{イ}\text{7}^\circ$ を挿入し圧密した。その後、 $\text{ガ}\text{ト}\text{ハ}\text{イ}\text{7}^\circ$ を抜くことによってできた穴に石膏を注入した後、補強材を挿入し再圧密後せん断試験を行った。

3. 実験結果および考察

せん断中の水平変位量および鉛直変位量を把握する為、一面せん断試験機周辺に図-1のように変位計を設置し測定した。方式、打設間隔別のせん断変位 D_H とせん断応力 τ の関係を図-2、図-3に示す。この結果をみると過圧密下においては打ち込み方式よりたて込み方式が若干ではあるが、補強効果が得られている。また、打設間隔が狭いほど補強効果が得られていると言える。しかし、正規圧密(先行圧密圧)の状態では方式、打設間隔別ともあまり傾向が表れていない結果となった。

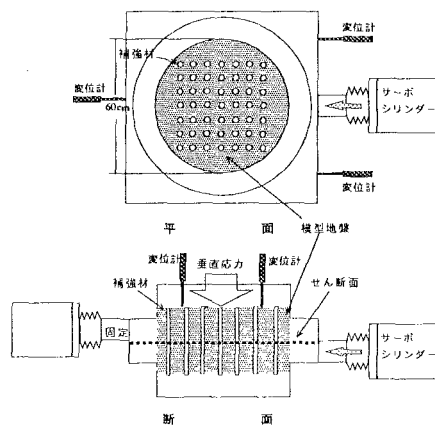
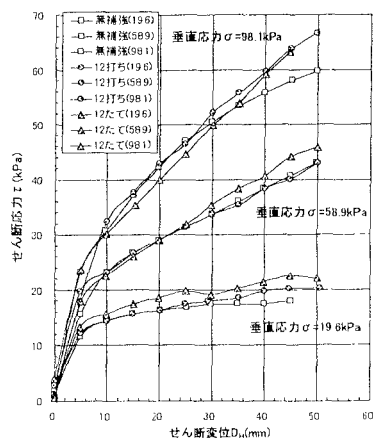


図-1 実験供試体概念図

図-2 打設間隔12cmでの $\tau-D_H$ 曲線

補強土工は変形をある程度許し、また、変形が生じたときに補強材の引張力が働き補強効果が得られる。

ここでは、せん断変位40mmにおける見かけのせん断強さを整理する。図-4に垂直応力とせん断応力の相關図（ $c-\phi$ の相關図）を、せん断強さ定数を表-1に示す。

また、補強効果を具体的に斜面の安全率として評価するため図-5に示す仮想すべりにおいて両方式と無補強の安全率を比較する。この結果を表-1に示す。

この結果より無補強と比べ両方式とも強度増加がみられる。打ち込み方式に比べ、たて込み方式の見かけの粘着力が増加しているのは、たてこみ方式の方が一本あたりの周面面積が大きいためにより大きい補強材の引張り力が働いたものと考えられる。

表-1 せん断強さ定数および安全率一覧表

方 式	粘着力 c (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ ($^\circ$)	安全率 の比較
無 補 強	8.4	26.0	1.00
12cm打ち	9.2	27.0	1.09
6cm打ち	11.6	26.3	1.31
12cmたて	12.1	25.6	1.35
6cmたて	12.4	26.3	1.38

見かけの粘着力は、いずれの値も増加傾向であるが、せん断抵抗角については無補強とほぼ同等の値と言える。

安全率は12cm打ち込みで、9%の上昇が確認され、それ以外は30%程度の上昇となった。同方式においても打設間隔が狭い方がより高い安全率が得られる結果となった。6cm打ち込みに関してははたて込みとほぼ同等の結果が得られ、打設間隔が狭い場合の打ち込みとたて込みの差は小さいものとなった。

4. まとめと今後の課題

本研究では、模型地盤を一面せん断することで打ち込み方式とたて込み方式の補強効果の比較を行い、打ち込み方式よりたて込み方式の方が補強効果があることが確認された。これは周面面積の差に大きく左右されていると考えられる。安全率の上昇からも同じことが言える。しかし、その差は小さく6cm打ち込みに関してははたて込みと同等の結果が得られた。したがって、打ち込み方式も経済性、現場施工性等の条件が合えば補強効果は期待できるものと考えられる。

今後は、同じケースの実験回数を増やすことでデータの精度を上げ、また、模型地盤の層厚、せん断面と補強材の角度等を変化させ補強効果の検討を行う予定である。

謝 辞：

本研究に多大なご協力をいただいた九州産業大学奥園研究室の皆様に感謝の意を表す。

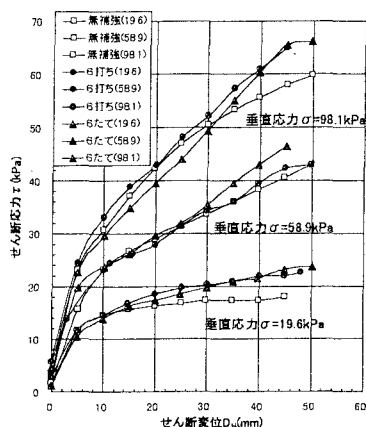


図-3 打設間隔6cmでの $\tau-D_v$ 曲線

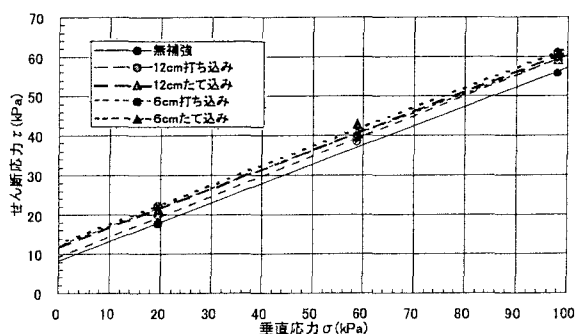


図-4 $c-\phi$ の相關図

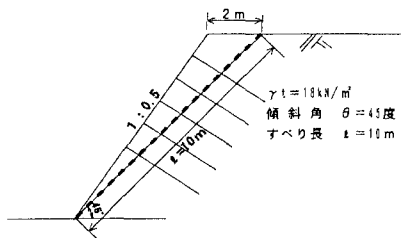


図-5 仮想すべり図