

# 地山補強土工法の打設方式の違いによる補強効果に関する模型実験

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。その一種である鉄筋補強土工法は、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最近、削孔に費やされる多くの時間と労力を削減し施工性を向上させる方式として地山に補強材を直接打ち込む方式が考えられている。しかし、この方式は施工実績が少なく、補強材と地山との摩擦特性に不明瞭な点を持つ現状である。

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、室内斜面模型実験および大型一面せん断試験を行い、両方式の補強効果に関して検討するものである。

## 2. 実験試料および実験概要

### 2.1 室内斜面模型実験

試料は福岡県内のまさ土であり、2mm通過分を含水比 $\omega = 16.0\%$ に調整した試料を湿潤密度 $\rho_t = 1.6\text{g/cm}^3$ になるように密度管理で実験地盤を作製した。実験は水平状態で幅15cmの載荷面に $19.6\text{kN/m}^2$ 載荷し実験土槽を $10^\circ$ 傾斜させた。切土(35cm前面反力除荷)後は、さらに $5^\circ$ づつ傾斜させながら垂直および水平変位を測定した。(図-1) 補強材の打設間隔は12と6cm、補強材径は2.5mmとした。たて込み方式は $\phi 4.2\text{mm}$ のガトパイプで先行削孔した孔に石膏を注入後補強材を挿入し、打ち込み方式は地盤に直接挿入した。なお、補強は前面反力を除荷させながら段階的に打設した。

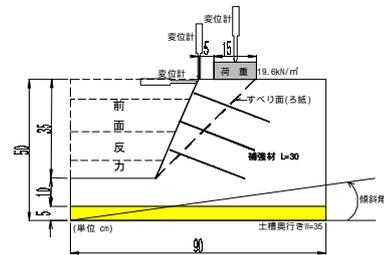


図-1 土槽概略図

### 2.2 大型一面せん断試験

2.1と同条件の試料を湿潤密度 $\rho_t = 1.6\text{g/cm}^3$ になるようにせん断箱に詰め込み供試体を作製した。供試体(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垂直応力 $\sigma = 98.1\text{kN/m}^2$ 載荷(予圧密)し、その後、各打設間隔で補強材を挿入し模型地盤を作製した。この模型地盤に垂直応力 $\sigma = 19.6, 58.9, 98.1\text{ kN/m}^2$ 載荷し変位制御により大型一面せん断試験を行った。(図-2)

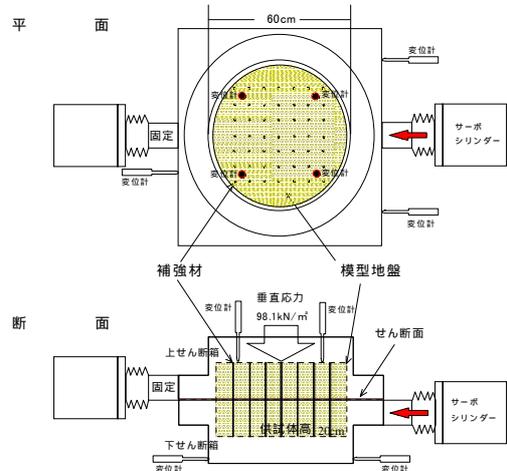


図-2 模型地盤概念図

補強材の打設間隔は12と6cm、強材径は2.5mmとした。たて込み方式は $\phi 4.2\text{mm}$ のガトパイプを挿入し圧密後、パイプを引き抜くことによってできた孔に石膏を注入し補強材を挿入し、再圧密後せん断試験、打ち込み方式は補強材を模型地盤に直接挿入し、再圧密後せん断試験を行った。

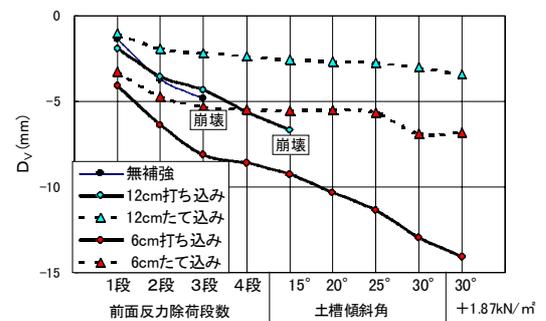


図-3 応力条件とのり肩垂直変位の関係

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 室内斜面模型実験

図-3に前面反力除荷、土槽傾斜時の応力条件とりの肩垂直変位の関係を示す。この結果より15°傾斜させた場合に崩壊した無補強と比較し、両方式とも補強効果が表れている。特にたて込み方式は変位を押さえる効果が大きい傾向を示した。打設間隔6cm打ち込みは、変位は大きいものの崩壊には至らなかった。

#### 3.2 大型一面せん断試験

図-4に打設間隔6cmのせん断変位  $D_H$  とせん断応力  $\tau$  の関係を示す。この結果より無補強と比較して両方式とも若干ではあるが補強効果が表れていると言える。特にせん断変位40mm以降その傾向が顕著である。

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と言えるため、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-5の垂直応力とせん断応力の相関図より得られるせん断強さ定数(c,  $\phi$ )を表-1に示す。

この結果より無補強と比較し、両方式とも平行移動する形で強度増加がみられる。つまり、見かけの粘着力は無補強と比較していずれの値も増加傾向であるが、せん断抵抗角は無補強とほぼ同等の値を示した。

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 <sup>2</sup> )	せん断抵抗角 $\phi$ (°)	安全率 Fs
無補強	8.4	26.0	1.00
12cm打ち込み	9.2	27.0	1.07
6cm打ち込み	11.6	26.3	1.20
12cmたて込み	12.1	25.6	1.22
6cmたて込み	12.4	26.3	1.25

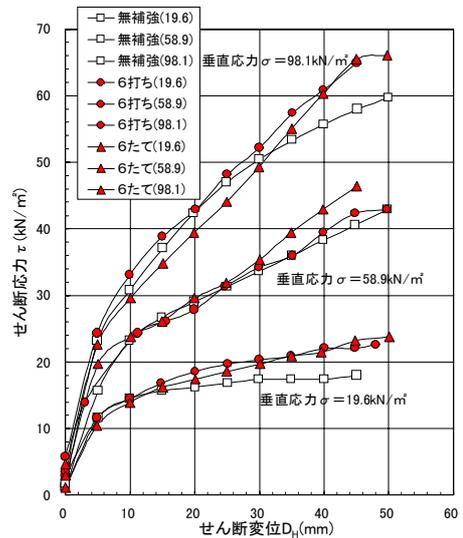


図-4 せん断変位とせん断応力の関係

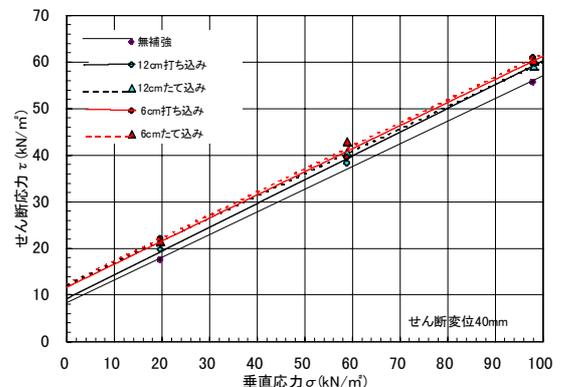


図-5 垂直応力とせん断応力の関係

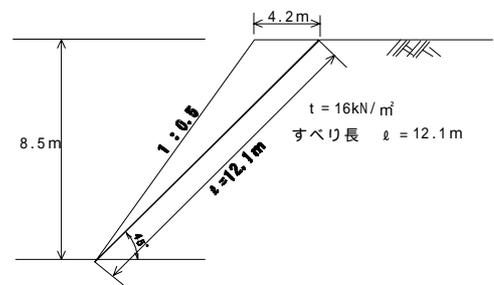


図-6 仮想すべり図

これらの補強効果が実際の斜面に与える影響を評価するために図-6に示す仮想すべりにおいて無補強と両補強方式との安全率を比較する(表-1)。

安全率は12cm打ち込みで7%、それ以外は20%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を示す結果となった。打設間隔6cmでは、両方式とも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

本研究では、室内斜面模型実験と大型一面せん断試験により両補強方式の補強効果の比較を行い、打設間隔6cmではその差は小さいものとなった。つまり、打ち込み方式でも打設間隔を密(模型では6cm)にすれば20%程度の安全率の上昇が期待できる。一般に現場での補強は安全率を1.0前後から1.2(設計安全率)程度の上昇を期待して行われていることを考慮すると、経済性、現場施工性等の条件さえクリアできれば十分実用の可能性があると考えられる。