

Ⅲ-784

地山補強土工法を用いた鉛直掘削に関する模型実験

日本道路公団試験研究所 正○田山 聡 前野 宏司

成瀬 隆弘

1. まえがき

地山補強土工法を用いて安定勾配（標準勾配）より急勾配で切土を行ったり、構造物掘削等を急勾配で行う場合がある。このような場合の、設計法の確立や地山の挙動の把握を目的として、鉛直掘削を想定した模型除荷実験を行っている¹⁾。

ここでは、本工法の設計で多く用いられる極限つり合い式の適用性と、補強材の配置パターンの影響について報告する。

2. 実験概要

図1に実験装置の概要を示す。この装置は鉛直掘削の掘削過程を想定して作成したものであり、多段に設置した受圧ブロックを、上から順に電動モーターにより、変位制御で除荷できる構造である。

模型地盤は、豊浦標準砂を用いて空中落下法により作成し、補強材には銅棒（φ2mm）に砂を付着させたものを用いた。

実験ケースは2つのシリーズ（シリーズⅠ及びシリーズⅡ）に分けられる。シリーズⅠは、補強材長さ、1段当たりの補強材本数及び補強材の設置段数を変化させて行ったものであるが、各ケース毎には材長さ及び密度は一樣である。シリーズⅡは、補強材の配置位置の影響を調べるためのもので、補強材の長さまたは補強材密度を、上部2段または下部2段だけ変化させた実験ケースである。

3. 実験結果

（1）極限つり合い式の適用性

シリーズⅠの実験ケースにおける自立高さ、すべり面の形状及びのり肩の水平変位については、一部をすでに報告している¹⁾ので割愛する。図2は、観察されたすべり面より奥に入っている補強材の長さの合計（総根入れ長さ）とすべり面形状から（1）式を用いて、崩壊時の $Fs=0.95$ として逆算で求めた逆算補強効果の関係を示したものである。

$$Fs = \frac{c \cdot l + W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi + PR}{W \cdot \sin \theta} \quad \dots (1)$$

ここに、 Fs ：斜面の安全率、 W ：すべり土塊の重量、 θ ：すべり面勾配、 c ：地盤の粘着力、 ϕ ：地盤の内部摩擦角、 PR ：補強効果である。同図より逆算補強効果と総根入れ長さは線形関係に

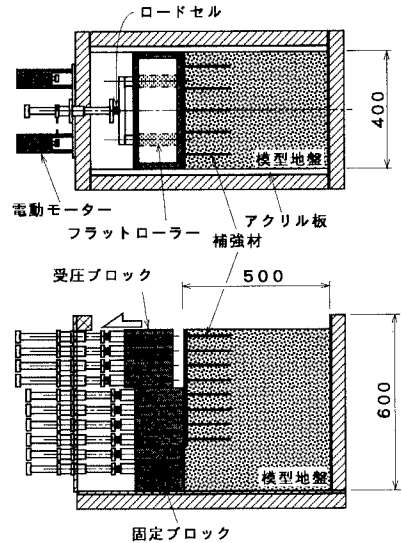


図1 実験装置概要

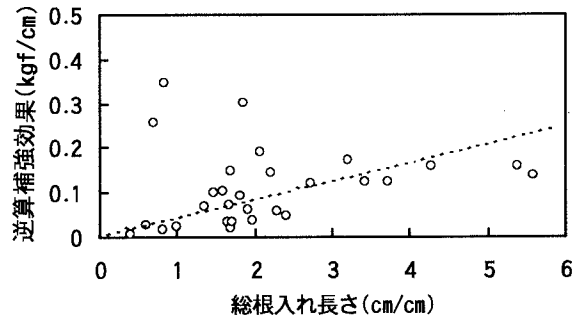


図2 逆算補強効果と総根入れ長さの関係

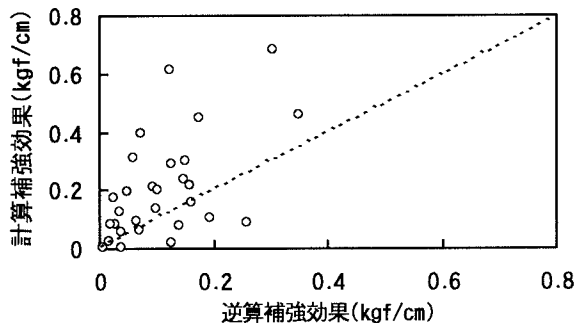


図3 計算補強効果と逆算補強効果の関係

あるといえ、補強効果が補強材のすべり面より奥での引抜き抵抗に依存することが推察される。

のり面崩壊の対策工として本工法を適用する場合の安定計算式として、道路公団では（１）式のPRを（２）式としている。

$$PR = \lambda \cdot T \cdot (\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \phi) \quad \cdots (2)$$

ここに、T：補強材の引張り力、 λ ：補強材引張り力の低減係数（＝0.7）、 β ：すべり面と補強材のなす角度である。

この式を用いて総根入れ長さから、次のような過程を経て計算した計算補強効果と逆算補強効果の関係を示したのが図3である。総根入れ長さから補強材引張り力を求めるには、別途実施した図4に示す引抜き試験結果を用いて拘束圧の影響を考慮した。ただし、除荷により地盤の鉛直応力が減少する。代表的なケースのFEM弾性解析によると、補強領域内では平均約70%に減少した。従って、これにより引抜き抵抗の低減を行った。計算補強効果は逆算補強効果に比べると、やや大きめの値を示し、線形性もなくなっている。これは、拘束圧の評価を簡易な方法で行っていることなどが原因と考えられるので、今後詳細に検討を行いたい。

（２）補強材の配置位置の影響

表1は、補強材配置パターンの影響を調べるための実験ケースと自立段数を示したものである。自立段数をみるとⅡ-6のケースが補強材を設置した段数より1段多くまで自立しているが、他のケースは全て補強材を設置した段数と自立段数が同じで、有意な差は認められない。

図5は、各ケースののり肩の水平変位と除荷段数の関係を示したものであり、上2段の補強材を長くあるいは密にしたケースを実線で、下2段の補強材を長くあるいは密にしたケースを破線で示している。実線で示したケースの水平変位は、3段目除荷時までほとんど0で、4段目除荷以降に増加してくる。一方、破線で示したケースの場合は、1段目除荷時から増加しはじめる。また、ケースⅡ-6をみると5段目除荷までに、大きな変位が生じているため、補強材を7本設置した6段目除荷時にも変位が増加し、7段目除荷時に崩壊した。このことより、上部の補強材を長くあるいは密にして変位を抑える方が効果的といえる。

4. あとがき

以上の実験結果から次のことがわかった。①補強効果は補強材の総根入れ長さに比例する。②極限つり合い式の適用性に関しては、模型地盤内の応力変化も考慮して検討する必要があるが、明確とはならなかった。③上段の補強材を長くするまたは密にすることにより、のり肩の水平変位を抑えることができる。

〔参考文献〕 1) 田山他：地山補強土工法を用いた急勾配切土に関する模型実験。

土木学会第49回年次学術講演会講演概要集，pp.1644-1645，1994。

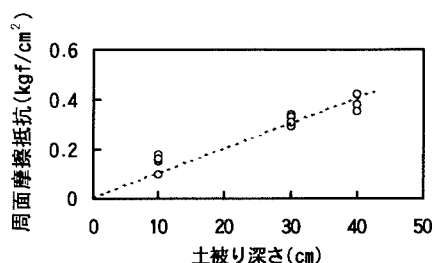


図4 引抜き試験結果

表1 シリーズⅡの実験ケースと自立高さ

ケース番号	補強材長さ	補強材本数	自立段数
Ⅱ-1	1, 2段, 15cm 3~5段, 7.5cm	5本	5段
Ⅱ-2	1~3段, 7.5cm 4, 5段, 15cm	"	5段
Ⅱ-3	10cm	1, 2段, 7本 3~5段, 3本	5段
Ⅱ-4	"	1~3段, 3本 4, 5段, 7本	5段
Ⅱ-5	"	1, 2段, 7本 3~7段, 3本	6段
Ⅱ-6	"	1~5段, 3本 6, 7段, 7本	7段

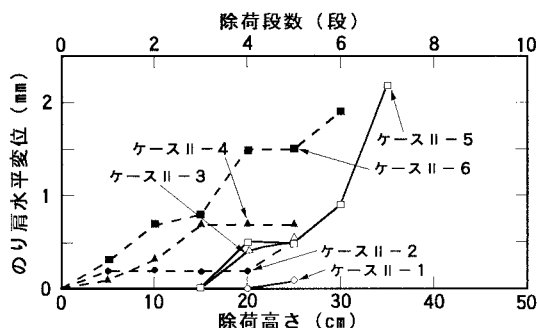


図5 のり肩水平変位と除荷高さ（段数）の関係