

樹木を保全した斜面安定工法に関する実験的検討

東京農工大学農学部

中村浩之

〃

笹原道之

長崎県長崎林業事務所

市村正彦

○ 日鐵建材工業（株）

岩佐直人

1、はじめに

従来、斜面を安定化する工法としては、切り土を行った後、コンクリート等による法枠を築造し、その交点にアンカー等を設置する工法等が採用され、国土防災に大きな役割を果たしている。一方、近年、国民の景観・環境に対する意識の高まりとともに、斜面安定工法に対しても、緑豊かな斜面をできるだけ残して欲しいという要求が高まっている。

このような中で、樹木を保全した状態で斜面を安定化させる新しい工法に関して室内模型実験を行い、その効果について検証を進めている段階であるが、今回その結果の一部について報告をする。

2、試験概要

(1) 試験方法

図2-1に試験装置の概要を示す。

室内模型試験に使用している土槽はプラスチック製で上下2段からなり、下部土槽を傾けることにより上部土槽が滑る構造になっている。

なお、下部土槽と上部土槽の境には、上部土槽が滑りやすいようビニールシートを敷いている。

模型斜面は、表層土層と基盤岩盤からなる自然斜面を想定して、下記手順により作成した。その後、下部土槽下端に設置したジャッキにより徐々に土槽を傾け、1度傾ける度に3分程度放置し、上部土槽の滑りが止まったら再び土槽を傾けるという作業を繰り返し、滑りが制御できなくなるまで、またはジャッキ能力が最大となる角度約50度まで傾けた。

その過程において、上部土槽が滑り始めてからの滑動量（変位量）と勾配を計測した。表2-1に試験条件を示す。

< 模型斜面作成手順 >

- ① 高さ26cm、長さ68cm、奥行き41cmのプラスチック製の下部土槽を水平に置き、ソイルセメント（ポルトランドセメントを重量比10%で配合）を詰め、ロックボルト模型材を垂直に設置する。なお、ロックボルトの模型材（以下補強材）には、直径3mmのりん青銅棒（端部は3

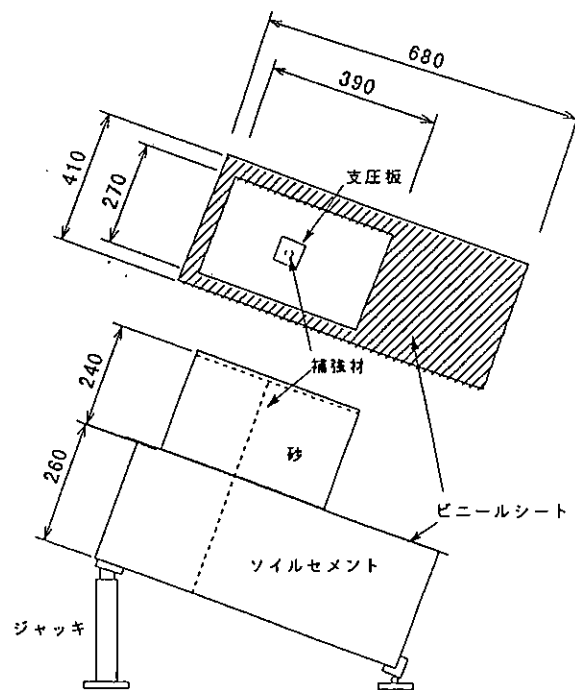


図2-1 試験装置概要図

cmねじりが施してある)の周囲にエポキシ系接着剤を塗り、成田砂を付着したものを使用している。

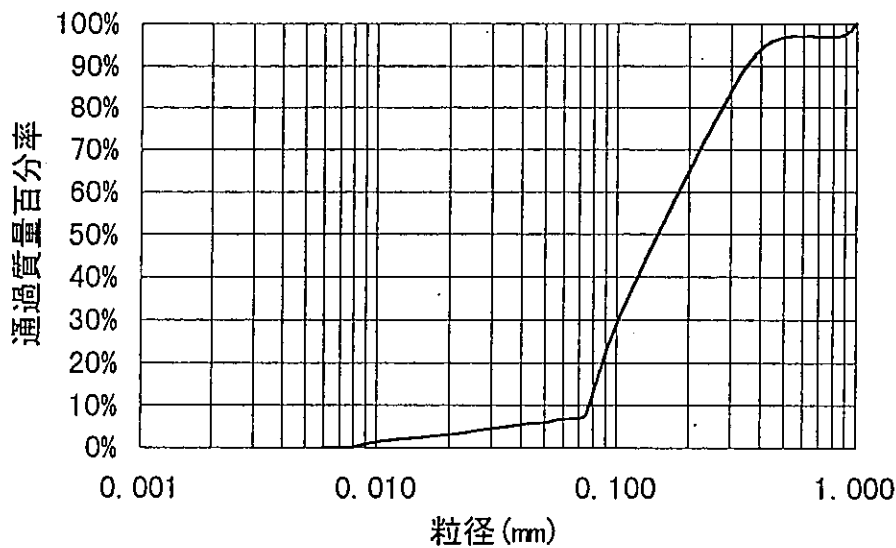
②その上に、高さ24cm、長さ39cm、奥行き27cmのプラスチック製の上部土槽を設置し、成田砂(湿潤単位体積重量 $1.5t/m^3$)を、補強材頭部が1cm程度出るまで中詰めを行う。

図2-2に成田砂の粒径加積曲線を示す。

③補強材頭部に所定の大きさの支圧板を取り付ける。支圧板は、小(10mm×10mm)、中(30mm×30mm)及び大(50mm×50mm)の3種類の大きさのものを準備し、支圧板の効果について確認した。また初期緊張力を与える場合は支圧板をねじ部一杯に締め付けることで対応した。

表2-1 試験条件

ケース	補強材		支圧板			初期緊張力		
	無	有	無	小	中	大	無	有
CASE-1	○							
" 2		○	○				○	
" 3		○		○			○	
" 4		○			○		○	
" 5		○				○	○	
" 6		○			○			○
" 7		○				○		○



最大粒径	1 mm
D60	0.18mm
D50	0.15mm
D10	0.078mm
均等係数	2.3
曲率係数	0.71

図2-2 成田砂粒径加積曲線

3、試験結果

図3-1は、補強材を設置していない条件における、斜面角度と変位量との関係を示している。なお、補強材を設置していない試験は、4回実施している。

この図より、補強材を設置していない場合は、斜面角度 20° ~ 23° で上部土槽が滑り始め、角度が 26° ~ 28° になると滑りの制御が困難となり変位量の計測

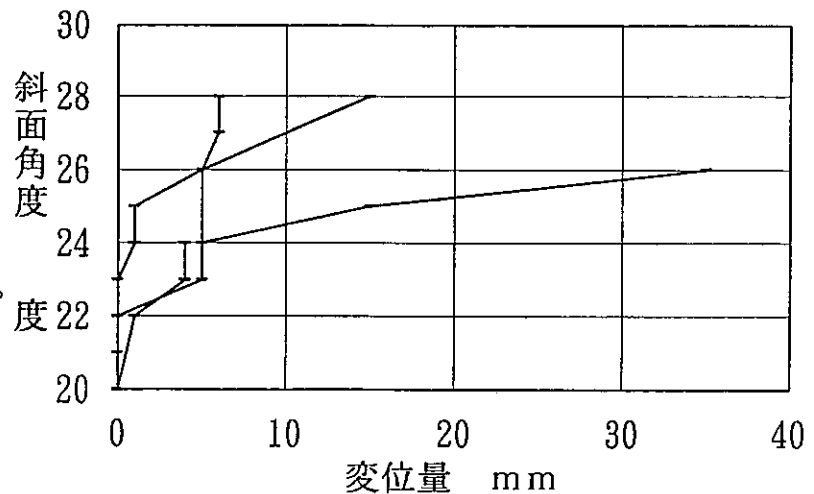


図3-1 無補強時の斜面角度と変位量の関係

が不可能となった。

なお、無補強時の試験結果を用いて、斜面の極限つりあい状態から、上部土槽と下部土槽間に敷いたビニールシートと上部土槽内土砂との平均摩擦係数： μ を求めると、 $\mu = 0.4$ であった。

図3-2は、各試験条件の斜面角度と変位量との関係を示したものである。この図より、補強材を設置した斜面の特長を整理する。
 ○補強材を設置することで、滑り始める角度がやや大きくなる。
 ○変位量が小さいうちは、支圧板及び初期緊張力の影響はほとんど見られないものの、変位量が大きくなるにつれ、支圧板が大きいほど、また初期緊張力があるほど同一斜面角度における変位量が小さくなる。

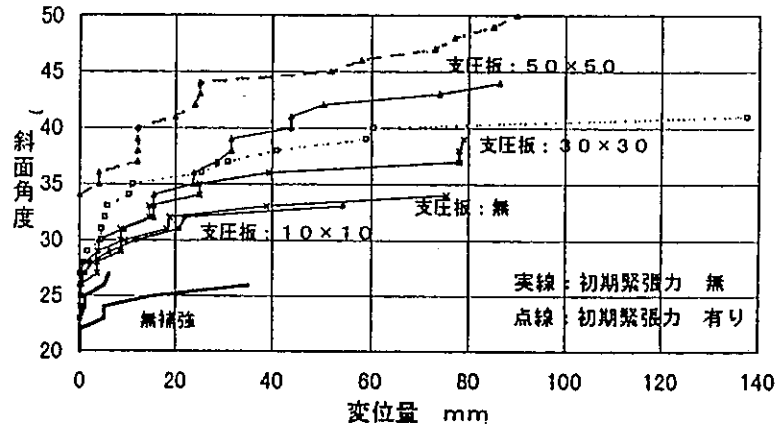


図3-2 各試験条件の斜面角度と変位量との関係

○支圧板を設けても、10 mm × 10 mm程度の大きさでは、支圧板がない場合とほぼ同じである。したがって、補強材を設置することで斜面の安定性が向上し、また支圧板・初期緊張力は土塊を拘束する効果があると考えられる。なお、変位量が小さい段階では、補強材設置による効果が顕著に見られない。この原因説明が、今後の課題である。

斜面の安定性向上を、式(1)で示す補強率という概念で整理し、各試験条件別に比較したものが、図3-3である。

$$\text{補強率} = \frac{\text{滑動開始角度}}{\text{無補強時平均滑動開始角度}} \dots\dots \text{式(1)}$$

同図より、以下のことがわかる。

- 補強材を設置することで、無補強時より補強率が10～20%程度向上する。
- 初期緊張力を与えれば、無補強時より30～50%補強率を増加させることができる。
- 滑動開始時では、支圧板の大きさによる違いが明確に現れていない。

なお、式(1)で示す補強率は、滑動開始時に着目した値であるため、図3-2で示されるような変位の増加に伴う支圧板の効果及び初期緊張力の効果については、的確に反映されていないという欠点がある。

そこで、図3-4に示すように、任意の斜面角度における模型斜面に作用する力のつりあい状態を考え、無補強斜面で滑動した角度より大きな

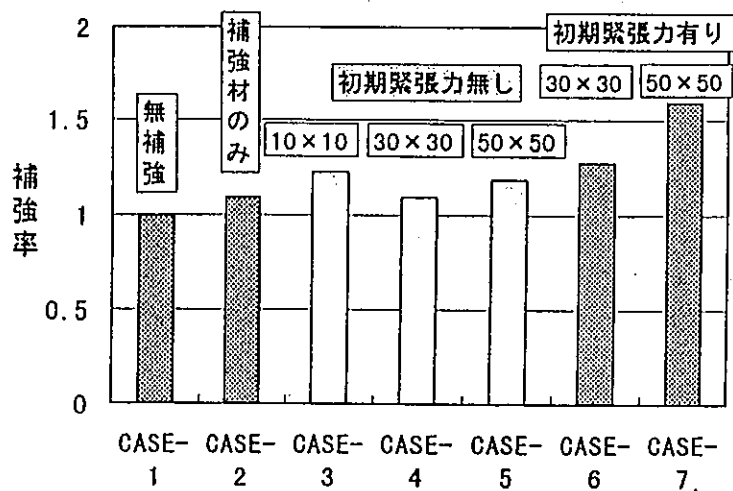


図3-3 各試験条件の補強率比較

角度においても上部土槽の滑動を抑制している力：補強力Rを求めた。

図3-4において、

$$N = W \cos \theta$$

$$S = W \sin \theta$$

であるから、補強材がない模型斜面の極限つりあい状態では、上部土槽と下部土槽間の摩擦係数を μ とすると、 $\mu \cdot N = S$ となり、このときの安全率は式(2)で表される。

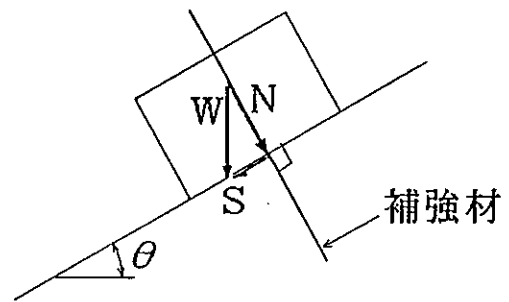


図3-4 模型斜面に作用する力

$$\frac{\mu \cdot N}{S} = \frac{\mu W \cos \theta}{W \sin \theta} = 1.0 \quad \dots \text{式(2)}$$

また図3-2、図3-3からわかるように、補強材が上部土槽の滑動を抑制していると考えられることから、上部土槽の滑動を抑制している力：補強力Rを考慮したときの安全率： F_s は、式(3)で求められる。

$$\frac{\mu \cdot N + R}{S} = \frac{\mu W \cos \theta + R}{W \sin \theta} = F_s \quad \dots \text{式(3)}$$

したがって、各変位量における状態を極限状態と仮定すると($F_s = 1.0$ とおく)、式(3)は式(4)のようになる。

$$R = W \sin \theta - \mu W \cos \theta \quad \dots \text{式(4)}$$

$$\mu : 0.4 \text{ (無補強時の試験結果より)}$$

$$W : 38.8 \text{ kgf}$$

図3-5は、式(4)で求めた補強力と変位量との関係について表したものである。同図より、

- 変位量が10mmより小さい段階では、補強力には支圧板の影響はほとんど現れていない。これは、図3-3と同様の結果である。
- 支圧板がない場合、10mm×10mmの支圧板の場合には、変位量20mm付近から補強力はほぼ一定となり、その値は補強材の最大引き抜き力とほぼ等しい。

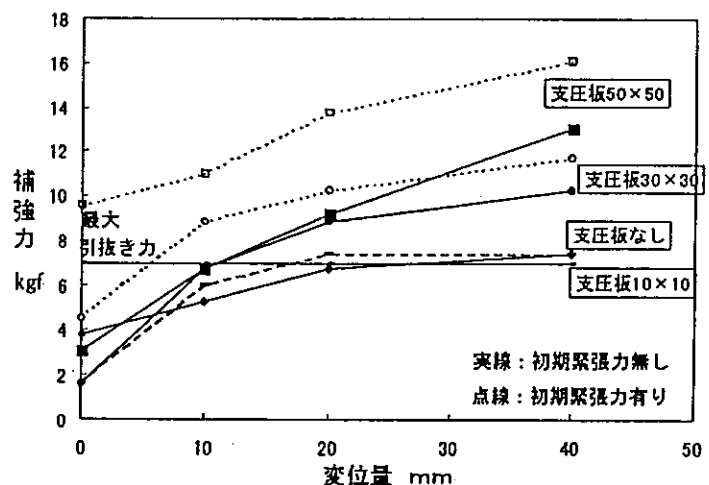


図3-5 補強力と変位量の関係

○30mm×30mmの支圧板・50mm×50mmの支圧板の場合には、変位量が増加するに従い補強力も増加する

傾向は見られるものの、30mm×30mmの支圧板の場合は、変位量20mm付近から50mm×50mm支圧板と比較してその増加量は小さくなっている。一方50mm×50mmの支圧板は変位量の増加に伴い、補強力は比例的に増加している。

以上より、補強力増加に対する支圧板の影響は、斜面変位量に関係していることがわかる。

また、初期緊張力を与えることで補強力が増加する傾向が見られるが、これは式(4)及び図3-2からもわかるように、同一変位における斜面角度 θ が大きいためである。今回の試験結果からは、斜面安定性に初期緊張力がどのようなメカニズムで作用しているのか明確にすることはできないが、初期緊張力を与えることで、斜面の変位を抑制する働きがあることは言えよう。

4、まとめ

- (1) 補強材を挿入すると補強材がない場合より、滑動し始める角度が若干大きくなる。
- (2) 同一斜面角度における変位量(滑動量)は、「支圧板がないケース」、「支圧板があるケース」、「初期緊張力を与えたケース」の順に小さくなる。
- (3) 変位量の大きさは、「支圧板の大きさ」・「初期緊張力の有無」と関係がある。

樹木を保全した状態で斜面を安定化させる新しい工法を確立するために、今回、補強材1本の挙動に着目した室内模型実験を行い、定性的ではあるが本工法が斜面の安定性に対して有効であることを確認できた。

今後は、斜面安定性に関する主要素の定量的データを把握し、合理的な設計手法の確立を図っていく予定である。

<参考文献>

- 「補強土工法」：地盤工学会
- 「鉄筋補強土工法による斜面補強効果の理論的研究」
：中村浩之、正野光範 新砂防、1995