

建設省土木研究所 ○吉岡 元司

吉松 弘行

西川 純一

大浦 二郎

1. はじめに

近年、自然斜面、切土斜面等において鉄筋を挿入することにより斜面の安定性を高める工法が発達し、施工例も増加している。この工法は用地の制約がある場合、標準的な勾配での切土工によって長大斜面が形成される場合等において有効に使われる可能性を持っている。また、その設計方法については各所で研究が進められておりその一般化が望まれている。土木研究所においても鉄筋挿入による斜面補強のメカニズムを解明するため昭和61年度より実験が進められており⁽¹⁾⁽²⁾、本年度は、鉄筋挿入による補強効果のうち、補強材の頭部工、挿入角度、配置密度の影響について一連の実験を行なった。

2. 実験方法

2.1 実験装置及び方法

実験は図-1に示すような模型斜面装置を用い、自然斜面のうち表層土層と岩盤の二層構造を持つ斜面を想定して実施した。模型斜面装置は、①模型斜面、②補強材、③地盤材料、④計測装置からなる。模型斜面は、長さ2000mm、高さ600mm、幅500mmの鋼製箱であり、この中に長さ1500mm、高さ500mm、幅500mmの地盤を作成し、上部に設置したジャッキ4本を用い、載荷箱を介して地盤をせん断破壊させる。またこの時の斜面勾配は 30° である。補強材は $\phi 3\text{mm}$ のりん青銅棒であり、表面には摩擦効果を持たせるため砂を付着し、斜面の底面に固定してある。また補強材に発生するひずみを測定するため、1本当たり4ヶ所についてひずみゲージを取り付けてある。地盤材料は気乾状態の豊浦標準砂であり、これを空中落下させることにより斜面を作成した。この時の地盤密度はほぼ 1500kg/m^3 である。④計測装置は載荷部のジャッキ、圧力変換器、ロードセル、変位計、ひずみゲージおよびこれらより得られたデータ

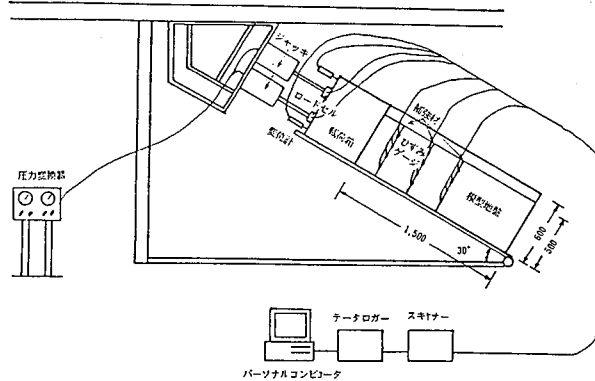


図-1 実験装置の概要

表-1 実験ケース

		補強材本数(幅×横)	
間 隙 工 を 変 え た 実 験	無 補 強 工 程	な し	
	プレートなし	3本×2本	
	プレートなし	3本×3本	
	2cm角	3本×2本	
	5cm角	3本×2本	
	10cm角	3本×2本	
	羽 付	3本×2本	
		3本×3本	
	連 結 付	3本×2本	
		3本×3本	
挿入角度を 変えた実験	羽付+連結付	3本×2本	
		3本×3本	
	傾斜角を 変えた実験	-10°	3本×2本
		+10°	3本×2本
配置密度を 変えた実験	0.5倍 プレート 5cm角	+20°	3本×2本
			3本×1本
			3本×3本
			1本×2本
			5本×2本
			5本×3本

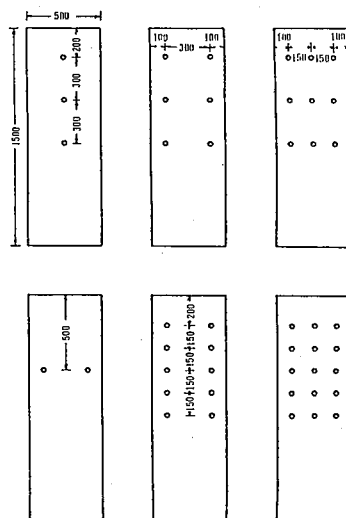


図-2 補強材の平面配置

を収録するためのデータロガー、スキャナー、パーソナルコンピュータからなる。ジャッキによる載荷速度は1 mm/分で、通常80 mmまで変位させてある。

2. 2 実験内容

実験ケースは、表-1に示すように、①無補強実験、②頭部工実験、③挿入角度実験、④配置密度実験からなる。頭部工実験ではプレートを取り付け、その大きさを変えたもの、頭部に羽材を取り付けたもの、頭部を連結材で繋いだもの、および羽材と連結材を組み合わせたものからなる。挿入角度実験は斜面に直角に設置したケースから上方に10°、下方に10°、20°と傾けて設置したものである。配置密度実験は縦、横方向に補強材本数を変化させたものであり、その本数は2、3、6、9、10、15本である。

各実験における補強材の平面配置を図-2に示す。

3. 実験結果および考察

3. 1 頭部工

プレートの大きさを変えた場合の結果を図-3に示す。これより無補強の場合と比較して各ケースとも同一のせん断変位に対してせん断応力は増加している。また2 cm角についてはそのプレートによる効果はほとんど見られないが5 cm角、10 cm角とプレート面積を大きくするとせん断応力の増加は顕著となる。羽材、連結材、両者の組み合わせ、及び頭部工を取り付けないケースの結果について、縦3本、横2本の場合を図-4、縦3本、横3本の場合を図-5に示す。いずれも頭部工を取り付けない場合に比べて、羽材、連結材、両者を組合せたケースともこの順でせん断応力が大きくなっ

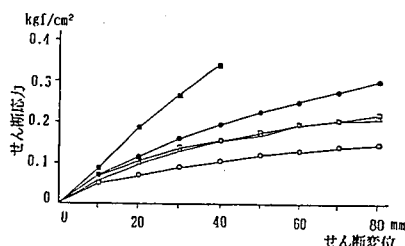


図-3 せん断変位とせん断応力の関係
(頭部プレートの大きさを変えた実験)
補強材の配置は縦3本、横2本
○ 無補強 △ プレートなし □ 2cm角プレート
● 5cm角プレート ■ 10cm角プレート

ていることがわかる。但し、縦3本、横3本の場合、羽材に対して連結材のせん断応力が大きくなるのはせん断変位60mm以降である。プレート面積による補強効果の増分を図-6に示す。これより補強効果は2 cm角の場合にはほとんど効果がみられないが、プレート面積が大きくなるにつれてそれも比例して大きくなることがわかる。羽材、連結材、両者を組み合わせた場合の補強の増分を図-7に示す。これより縦3本、横2本の場合については5 cm角のプレートの補強効果に対して羽材は小さく、連結材はほぼ同じであり、両者を組み合わせたものは各々による補強効果

を足したものにほぼ一致している。縦3本、横3本の場合においても連結材による補強効果は、5 cm角のプレートによる補強効果にみられるように縦3本、横2本に比べ、増加するのが当然と考えられるが今回の実験に

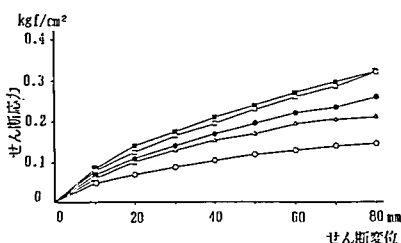


図-4 せん断変位とせん断応力の関係
(頭部工の種類を変えた実験)
補強材配置は縦3本、横2本
○ 無補強 △ 頭部工なし ● 羽材
□ 連結材 ■ 羽材+連結材

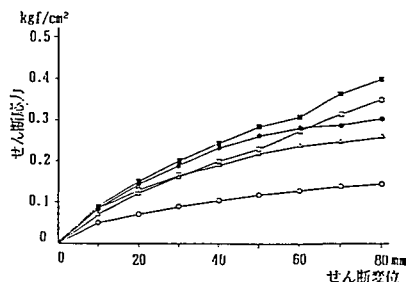


図-5 せん断変位とせん断応力の関係
(頭部工の種類を変えた実験)
補強材配置は縦3本、横3本
○ 無補強 △ 頭部工なし ● 羽材
□ 連結材 ■ 羽材+連結材

おいてはみられなかった。

3.2 挿入角度

補強材の挿入角度を変えた場合については、補強材を斜面に直角に設置したのに対して、 -10° 、 $+10^\circ$ 、 $+20^\circ$ ともにせん断応力に差はみられなかった。これは、補強材を斜面のひずみ分布

に対して最小主ひずみの増分の方
向、今回のような実験では頭部を下
方に傾けて挿入することによって補強効果が高まることが知られているが⁽³⁾、今回の実験では角度の小さいこと
により、補強効果に差が現れなかったと推定される。

3.3 配置密度

補強材の配置密度を変えた実験について、縦3本、横1、2、3本の場合の結果を図-8、横2本、縦1、3、5本の場合を図-9に示す。横方向、縦方向について補強材本数を変えた場合、共に本数の増加に伴ってせん断応力は増加傾向を示すが、図-10に見られるように補強材本数の増加に伴い、補強効果は増加するがその割合は鈍化する傾向がみられ、また補強材本数9本のケースが10本のケースより補強効果が大きいように、その増え方は配置形態により変化することがわかる。これらのことは載荷箱に近い補強材ほど補強効果に及ぼす影響が大きいことを示しており、このことは図-11に示す補強材に発生した軸応力からも確認できる。

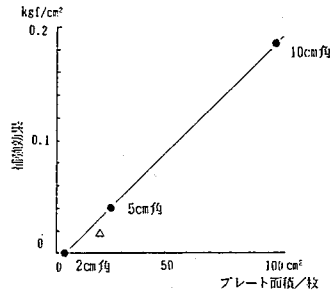


図-6 プレート面積と補強効果の関係

せん断変位40mmにおける比較。補強効果は各せん断応力から
プレートをつけない場合のせん断応力を差し引いたもの。
 Δ は羽材の面積と補強効果の関係を示したものを。

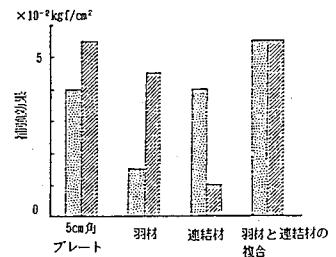


図-7 各頭部工の補強効果の比較

左：補強材縦3本 横2本、右：補強材縦3本 横3本
補強効果はせん断変位40mmにおける頭部工を
付けないケースとのせん断応力の差。

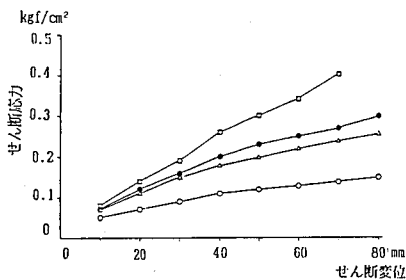


図-8 せん断変位とせん断応力の関係

(補強材の配置密度を変えた場合)

補強材の縦方向の配置本数が3本、頭部工は5cm角プレート

○ 無補強 Δ 横1本 ● 横2本 □ 横3本

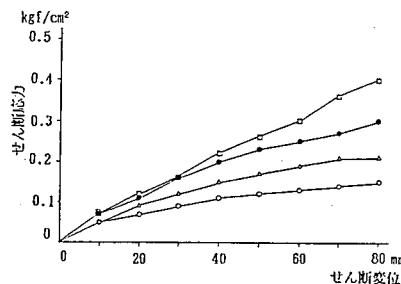


図-9 せん断変位とせん断応力の関係

(補強材の配置密度を変えた場合)

補強材の横方向の配置本数が2本、頭部工は5cm角プレート

○ 無補強 Δ 縦1本 ● 縦3本 □ 縦5本

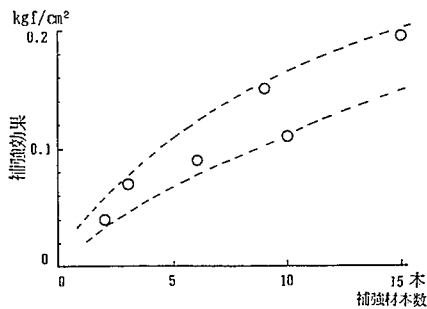


図-10 補強材の挿入本数と補強効果の関係
補強効果はせん断変位40mmにおける無補強のせん断応力との差。

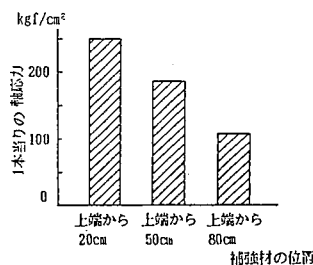


図-11 補強材の配置と発生する軸応力(1本当り)の違い
補強材縦3本 横2本、頭部工なしの実験ケースで
せん断変位40mmのときに発生した1本当りの軸応力を示す

3. 4 補強機構

3. 1～3. 3で頭部工、挿入角度、配置密度による補強効果についてせん断応力の増加分により検討してきた。そのせん断応力の増加と補強材と地盤との摩擦により生じた軸応力の関係については前に示したが、ここで軸応力から求めた地盤のせん断面の応力の増分と補強効果の比は、図-12、13にみられるようにせん断変位に対してほぼ一定の値を示している。これは補強材の軸応力により補強効果すなわち地盤強度の増分について推定できる可能性を示唆している。

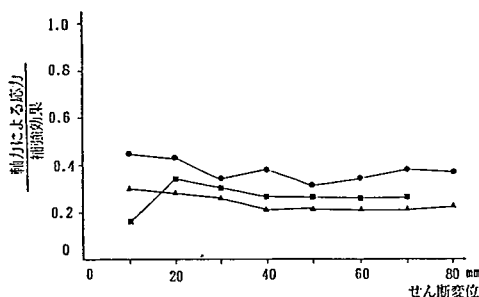


図-12 せん断変位と、軸力による応力と補強効果の比の関係
▲ 縦3本 横1本 ● 縦3本 横2本 ■ 縦3本 横3本

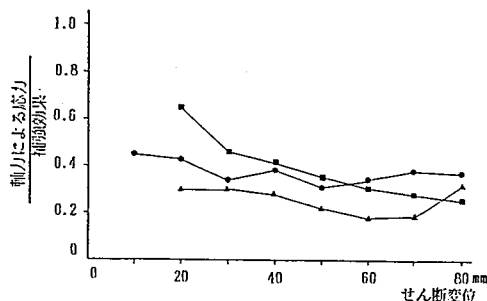


図-13 せん断変位と、軸力による応力と補強効果の比の関係
▲ 縦1本 横2本 ● 縦3本 横2本 ■ 縦5本 横2本

4. まとめと今後の課題

今回、模型斜面を用いた実験を行ない、鉄筋挿入による斜面の補強効果の要因として頭部工、挿入角度、配置密度をとりあげ、補強効果の発生機構について検討してきた。これにより頭部工、配置密度による補強効果の変化について確認でき、またこの補強効果は補強材に発生する軸応力と対応していることがわかった。今後、鉄筋挿入工法の設計方法を確立していく上で、補強材に発生する軸力の設計上での取扱い、その他の補強材抵抗力の取扱い、地盤の許容変位等について検討していく必要がある。

参考文献

- (1) 吉松 弘行, 三井 宏人, 大浦 二郎, 船ヶ山 敏彦: 大型せん断実験による鉄筋挿入工の効果の検討, 土木技術資料, 30巻, 4号, 土木研究センター, PP204～210, 1988年4月
- (2) 吉松 弘行, 三井 宏人, 大浦 二郎, 船ヶ山 敏彦: 鉄筋挿入による斜面補強工法に関する一面せん断試験, 土木研究所資料, 2626号, 建設省土木研究所, 1988年3月
- (3) 土質工学会: 土質基礎工学ライブラリー-29 補強土工法, P30, 1986年5月