

建設省土木研究所

○船ヶ山敏彦

浅井涌太郎

寺本和子

三井宏人

大浦二期

1 はじめに

近年、切土斜面に鉄筋などの部材を挿入し、土と補強材との相互作用により、斜面全体の安定性や強度を高める方法が用いられるようになってきた。しかし、補強材による地盤補強のメカニズムや補強効果に及ぼす影響因子については研究が進んでいるものの、現在の設計手法にその成果が反映されているとは言えない。そこで今回の実験では、それらの問題点を解明する基礎実験として図-1のような自然地山の崩壊形態を想定し、鉄筋補強工を用いた場合の補強効果と補強材の挙動について、大型一面せん断試験機を用いて検討した。

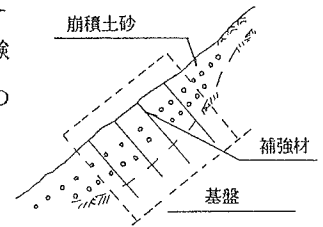


図-1

2 実験装置及び方法

2-1 実験装置

実験装置は、図-2に示すように、①せん断箱、②補強材、③載荷装置、④計測装置に分けられる。せん断箱は、上下両箱ともく

1.0×2.0×1.5(m)の大きさで、上箱には試料砂を、下箱にはソ

イルセメントを充填し

てある。補強材は、そ

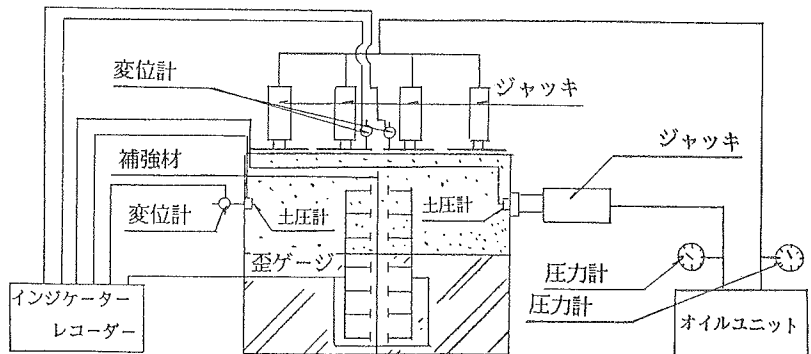


図-2 実験概念図

の挙動を解析し易くするため鉄板を用い、その大きさは(1850×700×0.5(mm))で、下箱に固定している。載荷装置は、油圧方式により制御される。また、計測装置は、圧力計、土圧計、変位計、歪ゲージである。

2-2 実験方法

実験は、まず補強材を建て込み、下箱にソイルセメントを打設、養生後、上箱に試料砂を充填する。その後せん断を行う。試料砂は、粘着力 $c = 0$ $\frac{tf}{m^2}$ 、土の内部摩擦角 $\phi = 47^\circ$ 、平均湿潤密度 $\gamma = 1.66 \frac{tf}{m^3}$ (平均含水比 $w = 3.6\%$)、初期間隙比 $e = 0.69$ のものを使用した。ソイルセメントの強度は、 $100 \frac{kgf}{cm^2}$ (2日養生) である。

せん断は、速度 1mm/minの歪制御方式で行い、鉛直荷重は、60.0 t (2kgf/cm²) で行った。

3 実験結果

3-1 無補強地盤と補強地盤の比較

無補強地盤と鉄板補強地盤のせん断応力とせん断ひずみ (=せん断時の水平変位量) の関係を図-3 に示す。図-3 より、せん断ひずみが小さいときは鉄板補強の有無に係わらずせん断応力の増加はほぼ等しく、せん断ひずみがある程度以上になると、補強地盤は無補強地盤と比べてせん断応力の増分が大きくなるのがわかる。これより鉄板の補強効果は、土の変形が小さい段階では十分に発揮されず、土の変形がある程度進んで土の破壊ひずみ以降になるとせん断応力の増分が大きくなり、補強効果が発揮されると言える。尚、無補強地盤の破壊ひずみは、上載荷重 60.0tで、2.2% (= 44mm) であった。

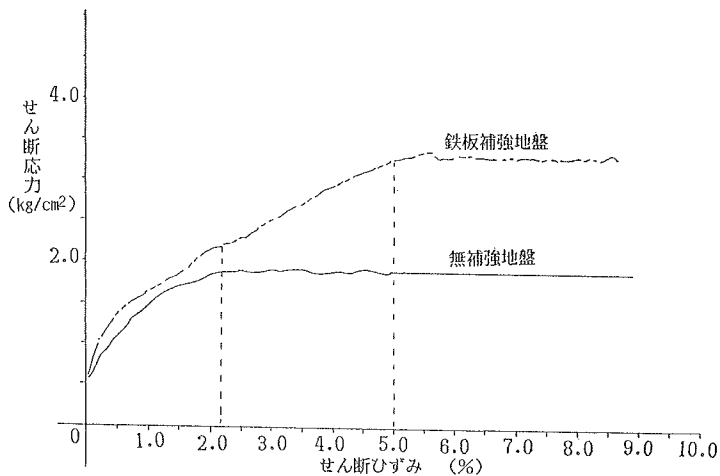


図-3 せん断ひずみとせん断応力の関係

次に、せん断ひずみ 5% (=100.0mm) 時について無補強地盤と補強地盤のせん断強度を比較すると、補強地盤は無補強地盤より約=1.7倍の強度増加があり、補強効果が高いことを示している。

3-2 補強材の変位挙動と補強効果

今回の実験において、どのような補強効果によりせん断応力が増加するかを、上部せん断層に配置した砂柱の挙動及び補強材の変位より考察する。

3-2-1 補強材の存在する領域

上部せん断箱内の土層の動きは計測装置より得られる情報からでは確認出来ないため、あらかじめせん断箱内に設置した砂柱よりその動きを確認する。そこで図-4 に示される上部砂柱の変位挙動から、補強材は次の3の領域にわたって存在していると考えられる。

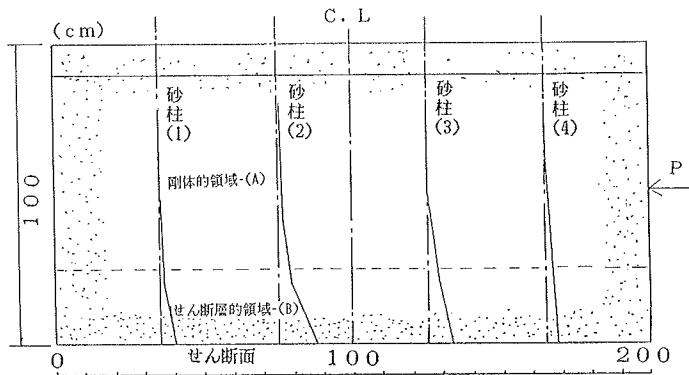


図-4 上部せん断層に配置した砂柱の挙動

①補強材がせん断箱と一緒に移動している領域 (剛体的領域-(A))、②補強材がせん断面の影響を受けている領域 (せん断層的領域-(B))、③補強材がせん断に対し挙動していない領域 (剛体的領域-(C))。また、図-5に

プレートのせん断初期変位を示す。0mmから40mmまでの初期せん断においては、補強材は剛体的領域-(A)に応じ、引張りの挙動を示している。これらのことより今回の実験では、剛体的領域-(A)とせん断層領域-(B)との変位差により補強材に軸力(引張り力)が作用していると考えられる。

3-2-2 補強材の挙動

3-2-1で述べた補強材の変位補強材軸力の関係を模式的に図-6に表す。この図を基に、この関係を算定し検討を行う。

図-7にせん断ひずみと補強材軸力の関係を示す。この図より土の破壊ひずみ(= 2.2%)以降に補強材軸力(引張り力)が大きくなるのがわかる。このことは土の破壊ひずみ以降、変位量が大きくなるために補強効果が発揮されたと言える。つまり、変位量が大きくなると補強材のひずみ量が大きくなり、図-5に示される T_1 、 T_2 が大きくなり補強効果が增大するためである。ここで T_2 は、補強材と土の摩擦により増加する鉛直力である。

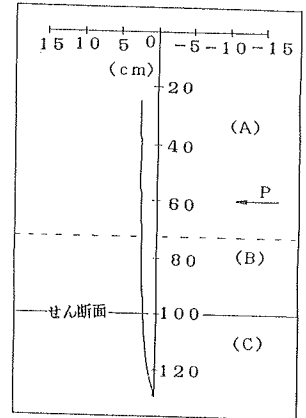


図-5 プレートのせん断初期変位

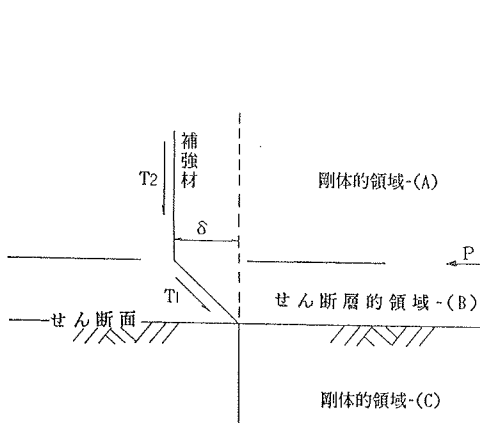


図-6 補強材に作用する力

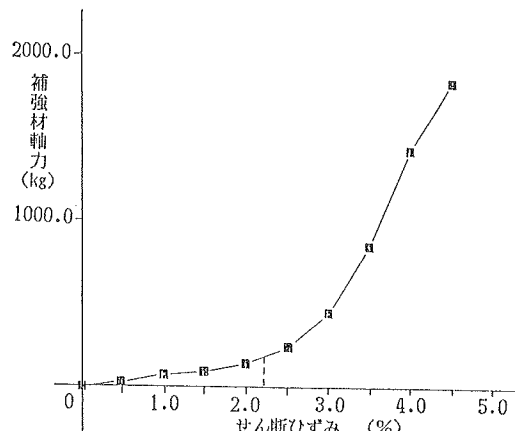


図-7 補強材軸力とせん断ひずみ

以上より今回の実験において補強効果に及ぼす要因は、補強材周囲の表面積であると言える。また3.2.1で述べた様な変位の不連続面を横切る補強材の場合、図-5の T_1 、 T_2 の力を発揮させる為には土塊の変位量が大きくなる必要がある。

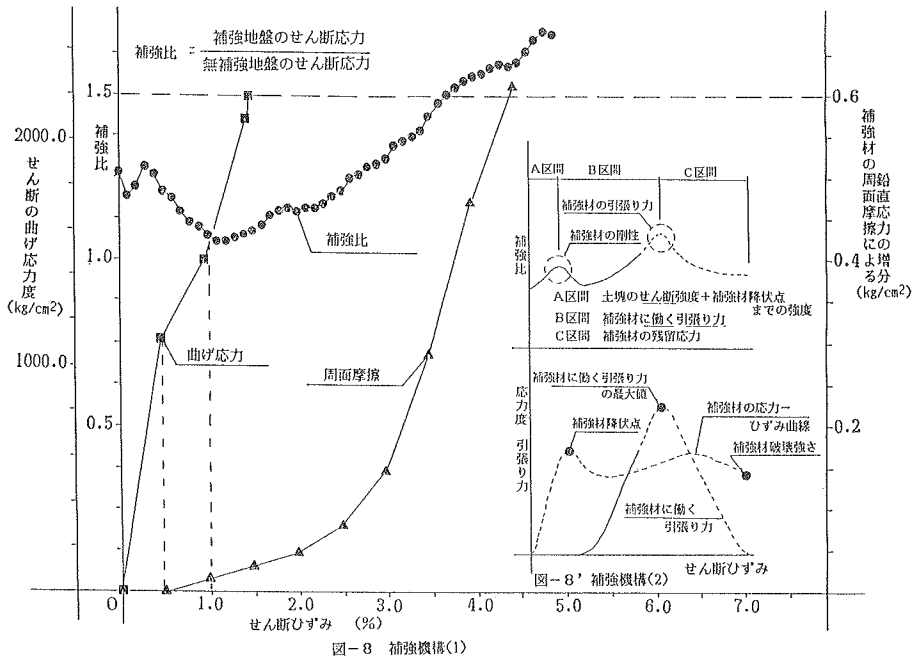
3-3 補強機構

図-8、図-8'に補強比と補強材の関係について示す。図-8において補強比がいちおうのピークをむかえるせん断ひずみ0.5%までと、1.0%以降について検討する。

せん断ひずみ0.5%までの補強効果は、

1. 補強材のピーク(せん断ひずみ0.2%~0.4%)をすぎると補強材のせん断面における曲げ応力度が補強材(SS41 $\sigma_y=2200\text{kg}/\text{Cm}^2$)の降伏応力を越える。

2. 補強地盤でせん断応力を増加させる要因は補強材剛性と補強材による鉛直応力(=引張り力)の増加の2つであるが、このひずみの段階では補強材による鉛直応力の増加は見られない。



以上の理由により、補強材の降伏点までのモーメント、せん断応力が発揮されたことによる効果である。

せん断ひずみ1.0%以降の補強効果は、

1. 補強材による鉛直応力の増加が見られる。特に、土の破壊ひずみ以降鉛直応力の増加が顕著である。
2. 補強比と増加鉛直応力の関係を見ると、補強比が大きくなるに従って補強材の増加鉛直応力が大きくなる。

以上の理由により、周囲のひずみに起因した軸力(引張り力)が発揮されたことによる効果である。

以上より推定される補強機構の概念図を図-8'に示す。今回の実験により得られた補強機構では、せん断初期で土塊のせん断強度と補強材剛性(降伏点まで)により抵抗し、土塊のせん断ひずみが大きくなると補強材の周面摩擦による鉛直応力の増加によりせん断抵抗を増加させる。最終的には、補強材の残留応力により抵抗するという事が考えられる。

4 まとめ

- (1). 補強地盤のせん断強度の増加は、無補強地盤に比較し、1.7倍の強度増加が見られた。
- (2). 変位の不連続面を横切る場合の補強効果はせん断層で補強材が引張り材となり、補強材周面の摩擦抵抗により鉛直応力を増加させダイレイタンスを拘束し、せん断強度を増加させる効果である。
- (3). 補強機構については、まず、せん断初期で土塊のせん断強度と補強材剛性により抵抗し、土塊のせん断ひずみが大きくなると補強材の周面摩擦による鉛直応力の増加によりせん断抵抗を増加させ最終的には、補強材の残留応力により抵抗すると考えられる。