

Ⅲ-B298

補強土斜面における地盤内挙動の実験的研究

榊松村組 正会員 堤 則男
正会員 古田 泰久

1. はじめに

地山に配置したプレストレスを与えない補強材が、地盤の変形にともなって受動的に抵抗力を発揮し、地山の安定性を向上させる地山補強土工法は、耐震対策や景観・環境対策とともに、急傾斜地対策として有効な手段になっているが、まだ歴史が浅く設計法も確立されているとはいえない。

筆者らは、切土および掘削時の斜面崩壊防止や掘削土量削減などについて、より有効な方法の研究開発に取り組んでおり、今回、補強材の効果を検討するため、室内模型実験を行ったので以下に報告する。

2. 実験概要

(1) 実験装置とセンサー取付位置：実験は、図-1に示す鋼製の実験土槽（長さ200cm、奥行き60cm、高さ110cm）を使用して行った。この実験装置は、土槽側面方向に対する変形の拘束と側面摩擦の除去を考慮して、2次元平面ひずみ状態が確保できるようにしている。側面摩擦の除去では、側壁と模型地盤との間に、摩擦除去層としてシリコングリースとメンブレンゴム（厚さ0.20～0.25mm）を介している。また、前面の側壁には透明なアクリル板を用い、荷重に伴う地盤の動きを目視観察できるようにしている。斜面の形状、補強材の位置、センサーの取付け位置を図-2に示す。

(2) 補強材と模型地盤材料：本実験では補強材に $\phi 3\text{mm}$ のFRP棒（引張強さ 50kgf/mm^2 、弾性率 4200kgf/mm^2 ）とステンレス棒（引張強さ 83kgf/mm^2 、弾性率 22000kgf/mm^2 ）を使用し、模型地盤の材料に6号けい砂（ $D_{50}=0.2\text{mm}$ ）を使用した。

(3) 実験方法：模型地盤は、含水比を5%に調整した後、単位体積重量が約 1.55t/m^3 になるように1層当たり10～15cmずつ所定の高さまで均等に締固めた。補強材は所定の位置に、締固め作業を行いながら水平に設置し、締固め終了後、計画した斜面形状になるように、掘削・整形を行った。この掘削時に、コアカッターによって地盤の密度測定を行っている。荷重は、底面に砂を付着させた剛な鉄板（ $60\text{cm} \times 40\text{cm}$ ）を載荷板として、荷重制御による段階式荷重で行った。実験ケースとそれぞれの湿潤密度測定結果を表-1に、補強材の配置を図-3に示す。

3. 実験結果

(1) 最大荷重と沈下量：各ケースごとの崩壊時最大荷重と載荷板沈下量を図-4に示す。最大荷重は無補強斜面が一番小さく、補強斜面では L/H （補強材長さ／補強材ピッチ）の増加に伴って大きくなっている。載荷板沈下量においては、無補強斜面が最も小さい沈下量で崩壊したのに対して、補強斜面では沈下

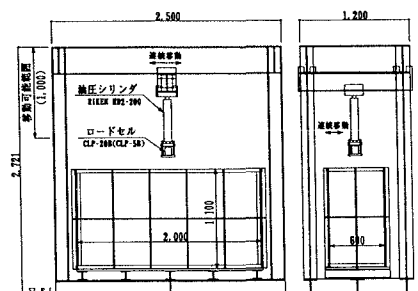


図-1 実験装置の概要

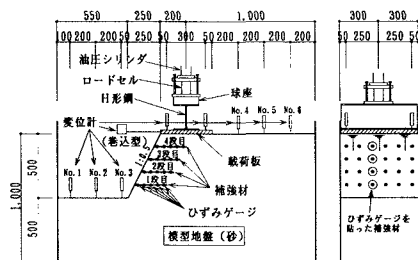
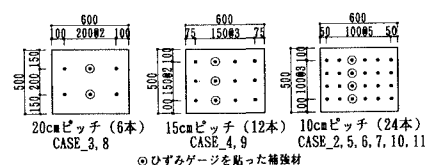


図-2 斜面形状・センサーの取付位置

表-1 実験ケースおよび湿潤密度

実験ケース	補強材	長さ (mm)	ピッチ (mm)	本数 (本)	L/H	湿潤密度 $\rho_w (\text{g/cm}^3)$
CASE 1	無補強	—	—	—	—	1.556
CASE 2	FRP	100	100	24	1.00	1.554
CASE 3		200	60	6	1.25	1.539
CASE 4		150	12	12	1.67	1.554
CASE 5		100	24	24	2.50	1.563
CASE 6	ステンレス	400	100	24	4.00	1.569
CASE 7		100	100	24	1.00	1.551
CASE 8		200	60	6	1.25	1.570
CASE 9		150	12	12	1.67	1.565
CASE 10		100	24	24	2.50	1.568
CASE 11		400	100	24	4.00	1.552



量は大きくなるが、2～9割増しの荷重まで崩壊に至らなかった。また、無補強斜面の最大荷重(0.84kgf/cm²)相当時における各補強斜面の沈下量は、無補強斜面と同等か小さくなっており、沈下の抑制効果を有することがわかる。周辺地盤の変位量を図-5に示す。掘削側の変位では、補強斜面のL/△Hが大きくなるにつれて、より広い範囲で隆起が起こっており、その量も大きくなっている。これは、すべり面の形状が無補強斜面の場合は斜面先破壊であるのに対し、補強斜面ではすべり面が斜面先より前方を通る底部破壊になっているためである。

載荷板の同一沈下量時における補強斜面の載荷重を無補強斜面の載荷重で割った値で整理すると図-6になる。全体的に沈下量が増すにつれて補強率が大きくなっていることがわかる。これは、補強材による地山の補強効果は、変形が大きくなるほど発揮されてくることを示している。

(2)補強材の軸力：図-7は、CASE_5の載荷時に得られた補強材の軸力分布を示したものである。補強材に発生した軸力はすべて引張り力で、載荷重の増加に伴い大きくなっており、同一荷重では上段にある補強材の方が下段よりも大きくなっている。軸力は山形の分布を示しており、上段ほど深部の方が大きく、下段になるほど斜面の方に移行する傾向にあり、そのピークはすべり面にほぼ対応しているようである。また、法面工のない補強斜面であるため、拘束圧が低い斜面近傍では軸力がかなり小さくなっている。

補強ピッチが等しく材長の異なる各ケースの最上段補強材の平均軸力を図-8に示す。図から、平均軸力は載荷板の沈下に伴い増加しており、補強材が長くなるほど平均軸力も大きくなっていることがわかる。また、補強材の違いによる比較では、ステンレスの方がFRPよりも軸力が大きくなっており、補強材の剛性が大きい方が軸力も大きく働くことがわかる。しかし、材種の違いによる平均軸力の差に比べ、最大荷重に大きな差がないことから、補強材と地盤との周面摩擦抵抗による影響が大きいと思われる。なお、平均軸力は各測点(ひずみゲージ)における軸力と測定間隔の面積を積算し、補強材長さで割って算出している。

4. あとがき

以上、今回の実験によって補強材による補強効果が引張り力によることや補強効果がL/△Hに比例して大きくなることを確認できた。また、法面工のない補強材だけでは補強効果が十分に発揮されないこともわかった。今後、さらに条件を変えて実験を行い、検討を重ねて行く必要があると考えている。

参考文献

- 1) 土質工学会編：「補強土工法」，1986。
- 2) 地盤工学会編：地山補強土工法に関するシンポジウム発表論文集，1996。

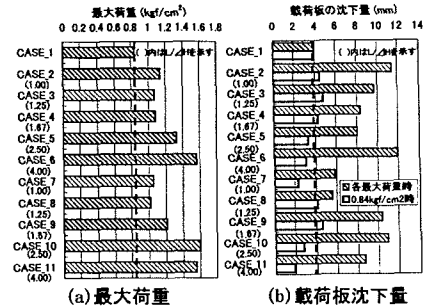


図-4 最大荷重と載荷板沈下量

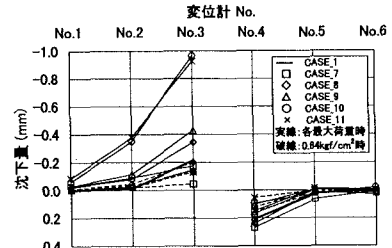


図-5 周辺地盤の変位

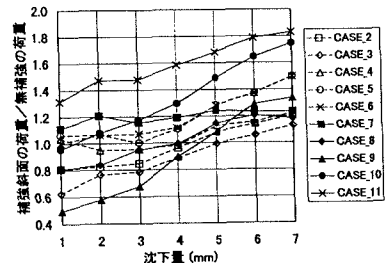


図-6 同一沈下量に対する荷重比

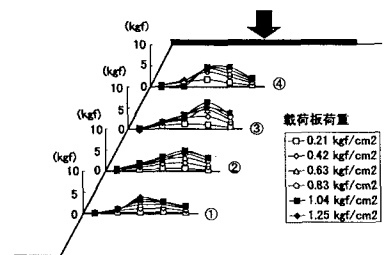


図-7 補強材の軸力分布(CASE_5)

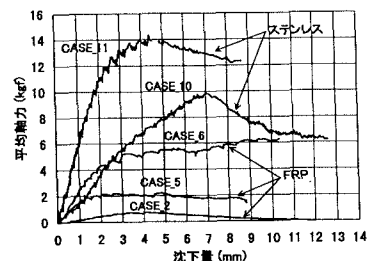


図-8 平均軸力と載荷板沈下量の関係(最上段の補強材)