

部分補強による盛土の耐震性能向上に関する基礎的研究

香川高等専門学校 学生会員 ○山内 彩加
香川高等専門学校 正会員 小竹 望
香川高等専門学校 非会員 松原 三郎

1. はじめに

河川堤防や貯水池堤体などの耐震強化が遅れており、土構造物の経済的な耐震補強技術の開発が要求されている。本研究では、盛土の部分補強について位置・範囲など諸元に関する基本パターンを設定し、模型盛土の振動台実験により、補強パターンの違いによる盛土の崩壊形態や耐震性向上効果を確認することを目的とする。また、斜面安定解析による実験の再現を検討した。

2. 実験方法

2.1 実験ケースと模型盛土モデル

表-1に示す無補強盛土と部分補強盛土の計4ケースの振動台模型実験を実施した。図-1に高さ6mで法面勾配1:1.5の実物の盛土を想定し、縮尺を1/40とした模型盛土を示す。図-2に実験No.2～No.4の部分補強盛土における補強部材の配置を示す。なお、No.4の天端と法面の補強部材は結合していない。

表-1 実験ケース

No.	盛土	補強部分
1	無補強	—
2	部分補強	天端
3		法面
4		全表面

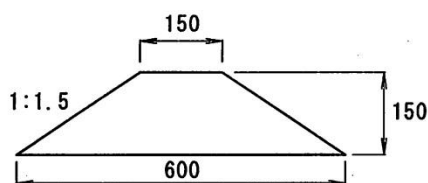
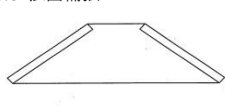


図-1 1/40 縮尺模型盛土

No.2 天端補強



No.3 法面補強



No.4 全表面補強

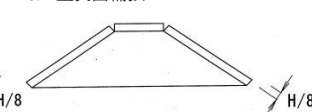


図-2 補強部材の配置(ケース No.2～4)

2.2 部分補強盛土模型の作製

振動台上に固定した高さ56cm×幅100cm×奥行29cmのステンレス製土槽の内部に模型盛土を作製した。剛で粗面を持つ基礎地盤として、表面に硅砂8号を接着剤で付着させた合板を用いた。模型盛土の土質材料として、硅砂8号にNSFカオリンを2%混合させた試料土を加水により含水比2%に調整して使用した。これは、模型盛土の崩壊形態が再現できるように比較的小さい粘着力を与えたものである。試料土を下から厚さ5cmずつ撒き出し締固める方法で段階的に盛土を作製した。模型盛土の密度は $\rho = 1.21 \sim 1.29 \text{ g/cm}^3$ であった。

補強部材を設置する場合は、模型盛土成形後に補強部材を設置することで部分補強盛土を作製した。本実験では、補強部材として固化体を用いた。人工軽量骨材の質量比に対して早強ポルトランドセメント40%、水20%を混合し、型枠を用いて作製した。補強部材の密度は $\rho = 1.20 \sim 1.22 \text{ g/cm}^3$ であり、盛土試料とほぼ同様とした。補強部材の厚さは2cm ($\approx H/8$)とし、奥行方向(29cm)に3分割して設置した。

3. 実験結果と考察

本実験では油圧サーボ式振動台実験装置を用いた。加振方法は、正弦波で周波数を一定(5Hz)とし、5秒間程度加振した。加振加速度を50～100galずつ段階的に増加させ、盛土の著しい崩壊が生じるまで加振した。崩壊形態は高速度カメラで撮影した。

3.1 無補強盛土

無補強盛土(No.1)は、加振加速度 $\alpha = 730 \text{ gal}$ において円弧すべりが発生し(図-3左)、 $\alpha = 800 \text{ gal}$ のときテンションクラックが発生して全体が崩壊した(図-3右)。この崩壊形態は、地震による河川堤体等の崩壊形態と類似していると考えられる。

3.2 部分補強盛土

1) 天端補強

天端補強盛土(No.2)は、加振加速度 $\alpha = 820 \text{ gal}$ にお

キーワード：部分補強，盛土，耐震性能，振動台実験，斜面安定解析

連絡先：〒761-8058 香川県高松市勅使町355 香川高等専門学校，TEL：087-869-3927

いて補強部材の左側面と盛土の境界からすべり面が発生し、法面に到達する円弧すべりが生じた(図-4 左)。
 $\alpha=900\text{gal}$ のときテンションクラックが天端と右側法面に複数発生し、全体が崩壊した(図-4 右)。

2) 法面補強

法面補強盛土(No.3)は、加振加速度 $\alpha=730\text{gal}$ においてクラックが天端と右側法面に発生し、 $\alpha=810\text{gal}$ のときさらに複数発生(図-5 左)し、天端部分から法尻にかけて大きな円弧すべりによって崩壊した(図-5 右)。

3) 全表面補強

天端と法面を補強した全表面補強盛土(No.4)は、図-6 に示すように加振加速度 $\alpha=840\sim 880\text{gal}$ で補強部材に接した盛土内部にクラックが複数発生し、 $\alpha=920\sim 960\text{gal}$ で天端補強部材は沈下、傾斜し始めた。このとき盛土内でテンションクラックがさらに増加し、斜めすべり線が発生したが、法面の補強部材によって崩壊が抑制されているようであった。 $\alpha=1090\text{gal}$ で天端の補強部材の傾きが大きくなり、左側法面が補強部材と共に滑動し、天端から法面全体が滑動するすべりが発生した。 $\alpha=1110\text{gal}$ のとき盛土は完全に崩壊した。

4) 部分補強の効果

部分的な補強でも崩壊時の加振加速度が無補強盛土よりも大きくなり、耐震性が向上することが確認できた。また、表面に設置した補強部材が小さな崩壊を抑制することにより、大きなすべりで崩壊したと考えられる。今回実験した部分補強盛土では全表面補強したケースの耐震性が最も向上した。

4. 斜面安定解析

振動台実験で盛土が崩壊した加速度 α_f から水平震度 $K_h=\alpha_f/g$ を設定し、地震時の円弧すべり安定解析を行った。各ケースでクラックあるいはすべりの発生した加速度について、その水平震度 K_h と安定解析で得られた安全率 F_s を表-2 に示す。図-7 に示すように安定解析で得られた臨界円(ケース No.2)が振動台実験で確認された崩壊形態を再現していることが分かる。円弧すべりの発生したケース No.1 と No.2 では安全率 $F_s=1.0\pm 0.1$ の範囲にあり、模型実験の崩壊をほぼ再現していると思われる。一方、ケース No.3 と No.4 については、実験でテンションクラックならびに複合的なすべりが発生した加速度からそれぞれ水平震度 K_h を設定した。テンションクラック発生時の安全率は、

$F_s=0.838\sim 0.869$ であり、円弧すべり計算が安全率を過小評価する傾向がみられた。

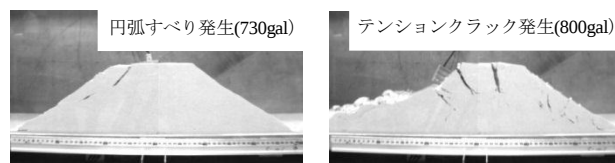


図-3 無補強盛土の崩壊状況(ケース No.1)

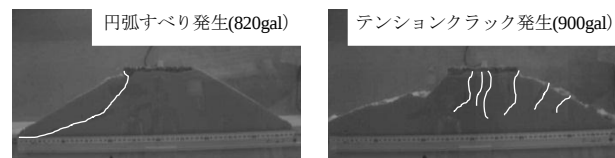


図-4 天端補強盛土の崩壊状況(ケース No.2)

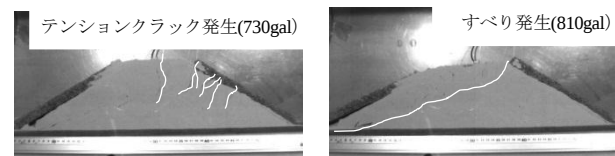


図-5 法面補強盛土の崩壊状況(ケース No.3)

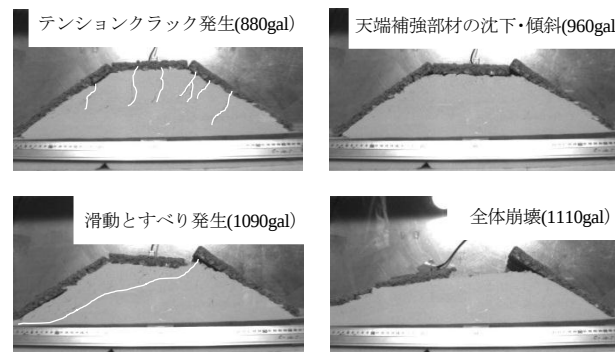


図-6 全表面補強盛土の崩壊状況(ケース No.4)

表-2 斜面安定解析結果

No.	盛土	実験	K_h	F_s
1	無補強	円弧すべり	0.73	0.909
2	部分補強	天端 円弧すべり	0.82	1.088
3		法面 テンションクラック	0.73	0.838
		複合すべり	0.81	0.769
4		全表面 テンションクラック	0.88	0.869
		複合すべり	1.09	0.714

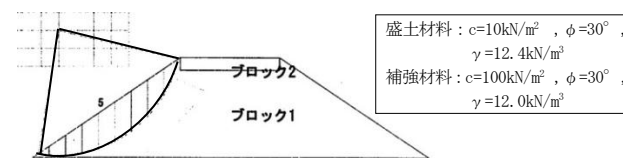


図-7 天端補強盛土(ケース No.2)の安定解析結果

5. まとめ

振動台模型実験によって、地震による盛土の崩壊が再現でき、盛土の部分補強が全体系の耐震性を向上させる効果が確認できた。また、斜面安定解析によって振動台実験を概ね再現できることが確認できた。