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

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。

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 $\rho = 1.21 \sim 1.29 g/cm^3$ 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 $\rho = 1.20 \sim 1.22$ g/cm³であり、盛土試料とほぼ同 様とした。補強部材の厚さは 2cm (≒H/8)とし、奥行 方向(29cm)に3分割して設置した。

| 香川高等専門学校 | 学生会員 | 〇山内 | 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 |

表-1 実験ケース



図-2 補強部材の配置(ケース No.2~4)

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 α =730gal におい て円弧すべりが発生し(図·3 左)、α =800gal 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 ¹⁾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 α =820gal にお 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)。 α =900gal 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)。

法面補強

法面補強盛土(No.3)は、加振加速度 α =730gal にお いてテンションクラックが天端と右側法面に発生し、 α=810gal 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 α = 840~880gal で補強部 材に接した盛土内部にクラックが複数発生し、α=920 ~960gal 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。α=1090gal 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。 α=1110gal のとき盛土は完全に崩壊した。



図-3 無補強盛土の崩壊状況(ケース No.1)







法面補強盛土の崩壊状況(ケース No.3) 図-5

テンションクラック発生 (880gal) 天端補強部材の沈下・傾斜(960gal) 滑動と円弧すべり発生(1090gal) 全体崩壊 (1110gal)

図-6 全表面補強盛土の崩壊状況(ケース No.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

振動台実験で円弧すべりにより崩壊した加速度 αf から水平震度 Kh= a fg を設定し、地震時の円弧すべり 安定解析を行った。各ケースの水平震度 Kh と安定解 析で得られた安全率 Fs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。ケース No.1 と 2 では安全率 Fs=1.0±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。ケース No.3 と 4 の F_sが 1.0 より小さい原因とし て、実験の崩壊が円弧すべりではなく直線すべりある いは複合すべりの傾向が見られることが挙げられる。

表-2 斜面安定解析結果



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。

参考文献

1) 例えば、地盤工学会: 地震時における地盤災害の課 題と対策、2011年東日本大震災の教訓と提言(第二 次)