

振動台実験による盛土堤体の崩壊形態

振動台実験 盛土 部分補強

香川高等専門学校 学生会員 ○溝渕一匡

香川高等専門学校 国際会員 小竹 望

1 はじめに

近年,大規模な災害によって河川堤防や道路盛土などの土構造物が大きな被害を受けている.河川堤防や道路盛土は延長が長いため全てを短期に改修することは難しく,効率的整備の観点において経済的な耐震補強技術が求められている.本研究では,土構造物の表層を部分的に補強することで全体系の耐震性を向上させる低コストの土構造物補強技術を確立することを目的とし,部分補強を行う模型盛土の検討を行った.盛土堤体の締固め度を変更し 1G 場の振動台実験を行い,崩壊形態を確認した.

2 実験方法

2. 1 土質材料

本実験では硅砂 8 号にカオリン粘土を 2%添加し,含水比 $w=2\%$ に調整した土質材料を使用した.土質材料の物性は,土粒子密度 $\rho_s=2.642\text{g/cm}^3$,最大乾燥密度 $\rho_{d\max}=1.483\text{g/cm}^3$,最適含水比 $w_{\text{opt}}=7.0\%$ である.試料中にカオリン粘土を混合した理由は,試料に粘着力を与えることで,実際の破壊形態を再現するためである.

2. 2 実験ケースと模型盛土

本実験では,堤体の目標締固め度 $D=100\%, 92\%, 85\%$ の 3 ケースについて模型盛土実験を行った.

図-1 に法面勾配 1:1.5 で高さ 6m の実物盛土を想定し,縮尺を $S=1/40$ とした模型盛土の断面を示す.図-2 に模型盛土実験の部分補強盛土における補強部材の配置を示す.なお,全表面補強は,天端と法面の補強部材を結合していない.

2. 3 部分補強盛土模型の作製方法

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.模型盛土は,1 層 5cm に分割し,各層ごと 2 回に分け,段階的に試料土を締固め,最後に凹凸を整形して作製した.

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,補強部材として既往実験で作製した板状固化体を用いた.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 $\rho=1.21\text{g/cm}^3$ である.補強部材の厚さは 2cm ($\approx H/8, H$:盛土高さ)とし,奥行方向に 3 分割して設置した.

表-1 実験ケースと結果

(ケース A:本研究,ケース B:既往研究)

補強形態	ケース	締固め度 D(%)		乾燥密度 $\rho_d (\text{g/cm}^3)$	崩壊加速度 $\alpha (\text{gal})$
		目標値	実測値		
無補強	A-1	100	96.3	1.428	1070
	A-4	92	90.7	1.345	1170
	A-5	85	84.4	1.252	900
	B-1	80	80.3	1.190	700
天端補強	A-2	100	96.8	1.436	1080
	A-6	85	83.9	1.244	810
	B-2	80	83.0	1.231	670
法面補強	A-3	100	101.7	1.508	1270
	A-7	85	85.3	1.265	900
	B-3	80	85.4	1.267	770
全面補強	B-4	80	82.1	1.218	780

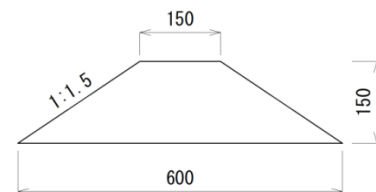


図-1 模型盛土

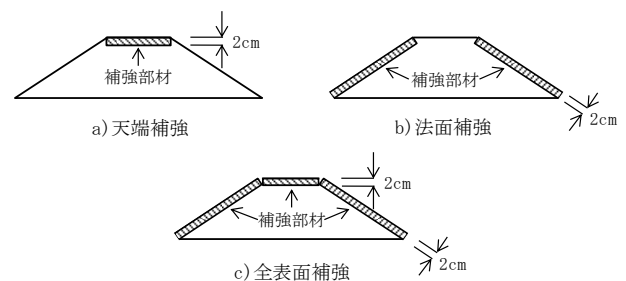


図-2 部分補強盛土の実験モデル

2. 4 加振方法

本実験では油圧タ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 100gal ずつ段階的に増加させ,盛土の崩壊が発生するまで加振を続けた.崩

壊形態は、高速度カメラ及びデジタルカメラを用いて撮影した。

3 実験結果と考察

目標締固め度及び実験結果を表-1 に示す。

表-1 より、崩壊加速度は、締固め度が高いほど大きくなっている傾向があるといえる。また、締固め度が大きい場合 ($D=100\%$, 92%), 強度が過大になり、加振によって部分補強材に分離が発生した。

1) 無補強盛土

A-5 では、加振加速度 $\alpha=800\text{gal}$ においてすべり面、クラックが発生し、加振加速度を増加させ $\alpha=900\text{gal}$ で加振することで、円弧すべり、クラックが発生し (図-3), 全体が崩壊した。

B-1 では、加振加速度 $\alpha=730\text{gal}$ において円弧すべりが発生し、 $\alpha=800\text{gal}$ のときクラックが発生して全体が崩壊した。

2) 天端補強盛土

A-6 では、加振加速度 $\alpha=720\text{gal}$ を加振時に、すべり面、天端付近にクラックが発生した (図-4)。加振加速度をあげ、 $\alpha=810\text{gal}$ において、クラックが発達し、全体崩壊が発生した。

B-2 では、加振加速度 $\alpha=820\text{gal}$ 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。 $\alpha=900\text{gal}$ のとき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。

3) 法面補強盛土

A-7 では、加振加速度 $\alpha=900\text{gal}$ において、右法面の部分補強材が分離し、右法面にクラックが発生した (図-5)。加振を継続すると、左法面の部分補強材も分離し、クラックが発達して全体が崩壊した。

B-3 では、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。

4) 全表面補強盛土

B-4 では、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。

5) 部分補強による効果

A-5 (無補強盛土) と A-6 (天端補強盛土) での崩壊加速度を比較すると、天端補強盛土による耐震性の向上がみられないと評価される。

A-5 (無補強盛土) と A-7 (法面補強盛土) との崩壊加速度を比較した場合、同じ値であったが、図-5を見ると部分補強材が分離した法面から多くのクラックが発生し、部分補強材が分離していない方の法面では、クラックの発生が少ない。このことから法面を部分補強することでクラックの発生を抑制すると考えられる。

4 まとめ

異なる土質条件において、板状固化体による効果は近いものが得られている。従って、板状固化体による部分補強は、法面に設置することでクラックの発生を抑止し、耐震効果の向上につながるものであると考えられる。



図-3 ケース A-5 のおけるすべり面 (900gal)

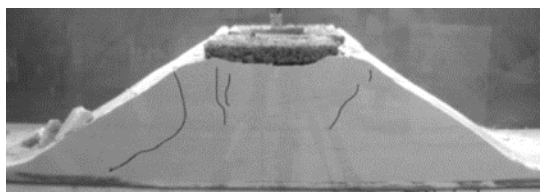


図-4 ケース A-6 のすべり面、クラック (720gal)

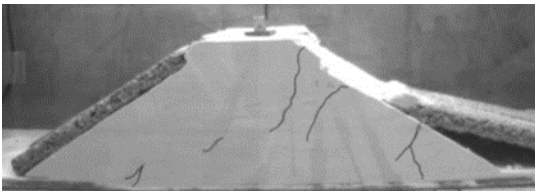


図-5 ケース A-7 におけるクラック (900gal)

参考文献

- 1) 山内, 小竹, 松原: 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, 土木学会平成 26 年度全国大会第 69 回年次学術講演会公演概要, pp. 7-8, 2014