

棒状補強材とのり面工を用いて補強した盛土の動的挙動特性に関する研究

その1. 小型振動台実験による盛土の破壊挙動および加速度応答特性

神戸大学大学院 正会員 ○丁 経凡 ライト工業株式会社 正会員 歳藤 修一
 神戸大学大学院 正会員 澁谷 啓 ライト工業株式会社 正会員 荒木 豪
 神戸大学大学院 正会員 片岡 沙都紀 ライト工業株式会社 正会員 木村 太一

1. はじめに

近年大規模地震に対する既設盛土の耐震性を向上させるため、盛土の補強対策が実施されている。盛土の耐震補強工として、棒状補強材を盛土に設置して、のり面工と結合すること（いわゆる、地山補強土工法）が多いが、本工法の地震時の挙動特性や抵抗メカニズムについてはまだ不明である。そこで著者らは小型振動台実験を実施して、棒状補強材とのり面工を用いて補強した盛土の動的挙動特性について検討した。本稿では、小型振動台実験の概要と盛土の破壊挙動および加速度応答特性について述べる。

表-1 実験解析ケース

区分	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
補強材	-	アクリル棒	鋼棒	鋼棒
のり面工	-	ワイヤー 連結工	複合型 法面工	吹付 法砕工
締固め度	87.3%	88.2%	85.4%	86.6%
含水比 ^{※1}	14.0%	15.2%	14.4%	14.7%
含水比 ^{※2}	12.6%	14.0%	13.9%	14.6%
飽和度 ^{※1}	56.1%	62.4%	54.5%	57.7%
飽和度 ^{※2}	50.5%	57.4%	52.6%	57.3%

※1:施工時, ※2:加振時

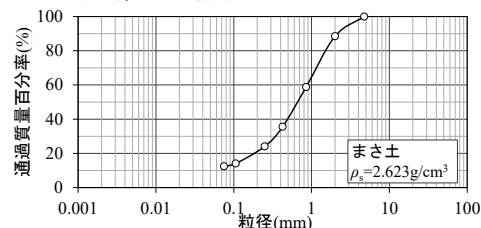


図-1 盛土材の粒径加積曲線

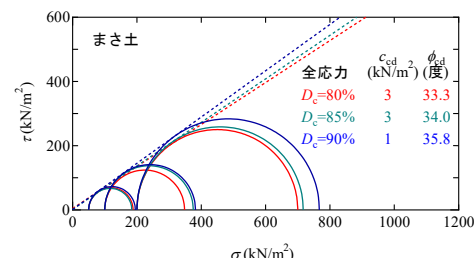


図-2 盛土材の三軸試験結果

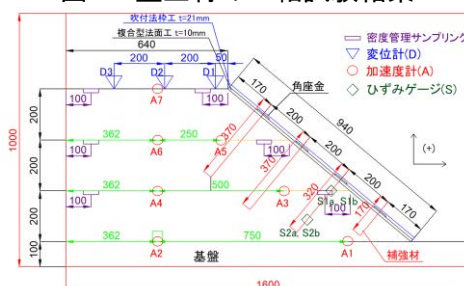


図-3 計測器配置図

2. 小型振動台実験

本研究では土槽(長さ 1600mm, 奥行き 800mm, 高さ 1000mm)の内部に実物の 1/10 スケールを想定した高さ 600mm の模型盛土を製作して、一方向(水平)の振動を与えた実験を実施した。表-1 に実験ケースと各ケースの盛土の状態を示す。ここで、CASE3 の複合型法面工は開口部を設けたモルタル部と植生部の二層構造法面保護工であり¹⁾、本研究では構造体としてモルタル部のみを設置した。盛土材は 5mm 以下のまさ土を用いた(締固め試験 A-b 法: $\rho_{dmax}=1.814\text{g/cm}^3$, $w_{opt}=13.6\%$)。図-1 と図-2 に盛土材の粒径加積曲線と強度特性それぞれを示す。

盛土は締固め度 85%、含水比 15%程度を目標値として制作した。 ϕ 10mm のアクリル棒を補強材として用いたが、実験途中にのり面工との結合部で破断され、CASE3 と CASE4 では同直径の鋼棒を用いた(計測用補強材のみアクリル棒使用)。また、補強材の外周部には盛土との摩擦抵抗を再現するため、接着剤で土粒子を貼り付けた。複合型法面工(重量 12.2kg)と吹付法砕工(重量 10.9kg)は無収縮モルタルを用いて制作した。模型盛土は法面形状(勾配 1:1.2)でアングルを固定して、含水比調整した土を一層(50mm)ずつ所定の土量を入れ、タンパーで締固めながら造成した。また、計 6 か所で土試料のサンプリングを行い、締固め度および含水比を確認した(図-3 参照)。一方、本実験での補強材の

施工手順は、実験の都合上、棒状補強材を盛土施工前に設置し、法面工は盛土施工後に設置して補強材とナットで固定した。本実験では盛土内部に加速度計(水平 7 か所)を設置し、天端には鉛直変位計(3 か所)を設置した。また、1つの補強材の両端部に各 2 個のひずみゲージを貼り、補強材の軸力を測定した。図-3 に計測器の配置位置を示す。なお、加振前後に 3 次元測量を実施し、加振中にはハイスピードカメラにより応答変位を計測した。加振は 5Hz の正弦波(12 波)を 200Gal から 200Gal ずつ増加させて、盛土で破壊が生じるまで行った。

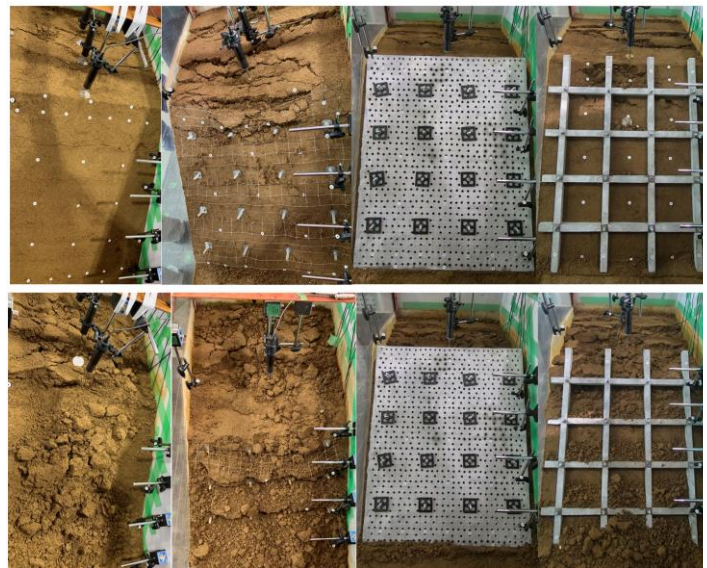
キーワード 盛土, 耐震補強, 棒状補強材, のり面工, 小型振動台実験

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-803-6333

3. 実験結果

3.1 破壊挙動特性

600Gal 以上の加振後の盛土の様子を図-4 に示す。CASE1 では、600Gal 加振時に法面上部および天端でクラックが複数確認されて、800Gal 加振時にはまず法面上部にて破壊が発生した後、法面全体ですべて破壊が発生した。一方、CASE2~4 では、600Gal 加振時にまず最上段の補強材周辺でクラックが発生した後、法肩部で破壊が生じ、とりわけ、CASE2 では深いすべり破壊も伴うような変状が発生した。800Gal 加振時には、CASE2~4 ともに盛土全体で沈下が発生し、法肩部での破壊が広がったが、CASE3 と CASE4 ではのり面工により大きいすべり破壊は抑え込まれた。面状のり面工で法面を抑えている CASE3 の複合型法面工の方が、のり面崩壊軽減がより顕著であった。



(a)CASE1 (b)CASE2 (c)CASE3 (d)CASE4
図-4 加振後の破壊様子(上:600Gal, 下:800Gal)

3.2 加速度応答特性

図-5 に各ケースにおける測点 A6 の応答加速度の時刻歴の例を、図-6 に盛土内部での最大応答加速度(+方向)をプロットして、入力加速度に対する増幅率を示す。ちなみに、計測器の不具合のため CASE1 では 400Gal のデータが取得できなかった。400Gal の加振では、両方向(+,-)の応答加速度の差は少ないが、600Gal では(+方向)の応答加速度が大きいことが分かる(図-5)。一方、加振加速度が大きくなることにより天端での加速度の増幅が大きくなる傾向が分かる(図-6)。また、400Gal まではのり面工による増幅率の差は大きくないものの、600Gal と 800Gal の加振では、CASE2~4 の応答加速度が CASE1 に比べ大きくなっている。盛土状態のバラツキ(表-1)の影響もあるが、600Gal 以上の破壊が発生する程度の加振では、補強材の補強効果が減少し、のり面工の慣性力が盛土に荷重として作用する可能性も考えられる。

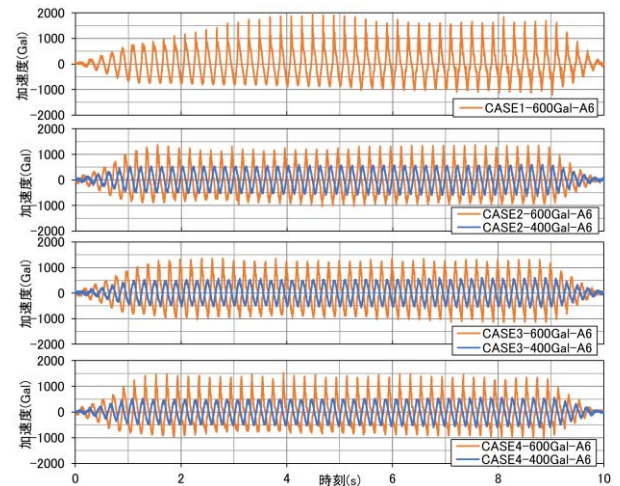


図-5 応答加速度の時刻歴の例(測点 A6)

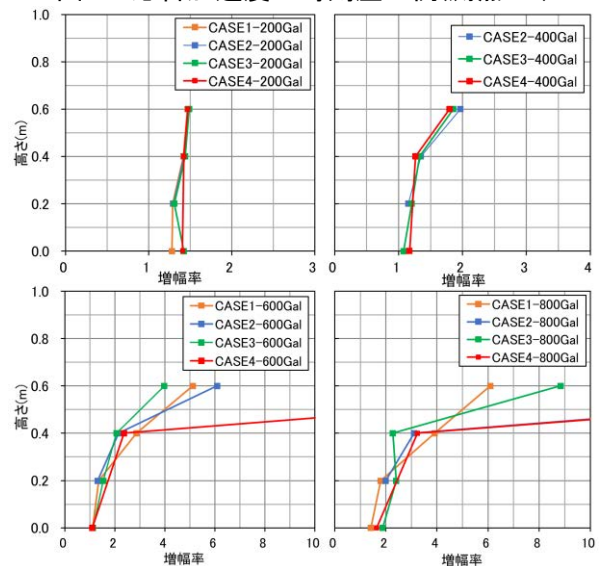


図-6 応答加速度の増幅率(測点 A2, A4, A6, A7)

4. 考察

本実験の結果、のり面工設置により、地震時に大規模すべり破壊を抑制する効果が確認できた。一方、のり面工の剛性が高いほど、また法面を抑える面積が広い程、より効果的であることが分かった。既往の研究^{2),3)}でも指摘されているように、地震時にのり面工の慣性力が応答加速度や盛土の変形に影響を及ぼす可能性も確認された。本振動台実験の盛土の変形については、別稿⁴⁾で議論する。

参考文献 1)荒木ら、複合型法面工法の模型実験によるのり面工低減係数の評価、令和4年度土木学会全国大会講演集、2022。2)藤原ら、地山補強材を用いた盛土の耐震補強に及ぼすのり面工の効果把握を目的とした模型振動台実験、第54回地盤工学研究発表会、pp.1087~1088,2019。3)中島ら、盛土の耐震性に及ぼすのり面工の影響評価を目的とした模型振動台実験、日本地震工学会論文集、第20巻、第1号、pp.183~193,2020。4)歳藤ら、棒状補強材とのり面工を用いて補強した盛土の動的挙動特性に関する研究-その2。小型振動台実験による盛土の変形特性、令和4年度土木学会全国大会講演集、2022。