

棒状補強材による補強盛土の対策効果に関する動的遠心力载荷実験

盛土補強 遠心力载荷実験 地震 高速道路総合技術研究所 国際会員 ○中村 洋丈 正会員 細田 寿臣
 正会員 藤岡 一頼
 八千代エンジニアリング 正会員 吉川 修一 正会員 佐々木 直也

1. はじめに

既設盛土の補強対策工法として、筆者らは鉄筋挿入による補強対策の設計施工方法を検討してきており、これまでに振動台実験による効果等を確認した¹⁾²⁾。しかしながら、地震時を想定した動的な盛土全体挙動や補強材の作用、またのり面工の効果は不明確であり、合理的な対策を検討するため、動的遠心载荷実験により補強効果を確認することとした。本論文では、動的遠心载荷実験から得られた補強材やのり面工による補強効果を報告する。

2. 実験条件と実験ケース

遠心载荷実験は、無補強の状態、補強材の補強効果、のり面工がある場合の補強効果を検証するため 3 ケースで実施した。盛土は盛土段数 3 段の高さ 21m を想定し、実験ではその規模の 1/50 スケールとした。のり面勾配は 1:1.8 とし、補強材があるケースでは、予め安定計算により必要な補強材配置を求めた。実験条件を表-1 に示す。試験土層 (幅 1,500×高さ 500×奥行 300mm) の土層内に、砂質土を密度比 80% となるように 1 層厚 25mm で締め固め、盛土形状は上幅 480×下幅 1,200×高さ 400×奥行 300mm で作成した。各ケースのモデル盛土を図-1 に示す。Case-1 は無補強の盛土である。この盛土はレベル 2 地震動時にニューマーク法で算出した残留変形量は約 110cm となる。Case-2 は補強材のみで補強したケースである。盛土内に長さ 400mm の補強材を 5 段、奥行き方向に 2 列配置した。剛性は実スケールの鉄筋 D32 の相似則からその 1/50 に設定している。Case-3 は Case-2 の補強材にのり枠をつけたケースである。のり枠は実スケールで枠角 300×300mm、鉄筋 D16×4 本とした。また、のり枠は補強材頭部のみで交差する格子状になっており、素材は幅 10mm、厚さ 3mm の銅である。縦梁がのり面に面しており、縦梁上に横梁を配している。なお、計測は、図の各所に示す加速度、補強材のひずみ、盛土のり面変位、色砂による盛土内の変形を計測した。遠心加速度は 50G で、50G に達した後に加振する入力波は、100Hz の正弦波で 1 加振につき 0.4 秒間、10,20,30,35G の加速度を段階的に加振した。

表-1 実験条件

| 項目 | 試験条件 |
|--------|---|
| 寸法 | 1/50 スケール、盛土下幅 1200mm 上幅 480mm、盛土高 400mm、奥行き 300mm、のり面勾配 1:1.8 |
| 盛土 | 材料：江戸崎砂(茨城県稲敷市産)、分類[S-F] 礫分 0.2(%)、砂分 89.5(%)、細粒分 10.3(%) 作製含水比 $w_a=16.3(%)$ ※最適含水比 作製乾燥密度 $\rho_d=1.334(g/cm^3)$ ※密度比 80% $C_u=1.9(kN/m^2)$ $\phi u=25.3(^{\circ})$ JGS0521(UU 条件) |
| 補強材のり枠 | 材料：銅 $\phi 2mm$ 、長さ 400mm、間隔 140mm のり枠：銅 10×3mm 縦梁 804mm 横梁 292mm 補強材とのり枠はネジ留めで結合 |
| 遠心及び加振 | 遠心加速度は 2G/分で増加させ 50G まで行う 50G に達した後、加振 0.4 秒間 加振波形は 100Hz 正弦波 10,20,30,35G、波数 40 波 |

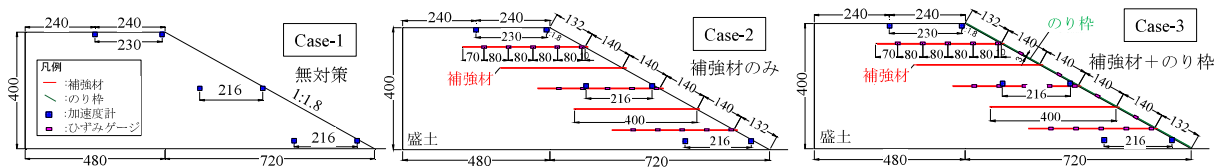


図-1 各ケースのモデル図



図-2 各ケースの 30G 加振後の変形状況

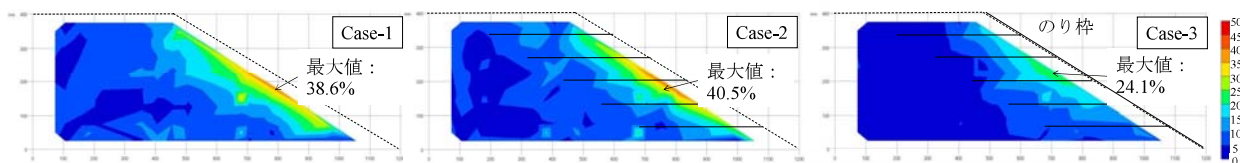


図-3 各ケースの 30G 加振後のせん断ひずみ分布

3. 実験の結果

(1) 加振後の変形とひずみ 各ケース 30G 加振後の変形状況を図-2 に示す。盛土の締固めは事前の予備試験の結果から、加振による変形が生じるように締固め度を 80% とした。実験では締固め度が高くないため、加振の際に盛土に 50-60mm 程度の揺すりこみ沈下が生じた。図の格子状に 50mm 間隔で配置した色砂の移動位置をみると、盛土天端位置の沈下は格子 1 マス程度、水平変位は盛土中上部にかけてのり面付近で 1 マス程度変位している。各ケースを比較すると Case-2,3 の補強対策を実施したものは、Case-1 の無補強よりも変位が小さいようにみえるが、破壊まで至るような大きな差異はない。そこで、盛土の変形状況を詳細に確認するため、格子 1 マスのせん断変形からせん断ひずみを算出した。その結果を図-3 に示す。Case-1 では薄い青色のせん断ひずみが 10% を超える範囲が盛土上部から下部にわたって、のり面から内部に 200-300mm 範囲で広がっている。Case-2 ではのり面の局所にせん断ひずみが大い箇所があるが、ひずみの広がりには Case-1 に比べて小さくなっている。Case-3 では Case-1,2 に比べて最大せん断ひずみは小さく、ひずみの広がりも明らかに小さい。特に盛土のり面下部のひずみが抑制されている。

(2) 盛土の応答加速度 各ケース 30G 加振後の盛土応答加速度の時刻歴を図-4 に示す。なお、図の加速度及び時間は実スケール換算としている。盛土下部は入力波とほぼ同様で 600gal 程度、盛土上部では 900gal 程度まで増幅している。盛土上中下部ともに各ケースでの違いはほとんどない。のり面側をみると、のり面上部では各ケースともに波形に乱れが生じていて、特に Case-1 では乱れが大きい。のり面中部でも Case-1 が大きくなっており、のり面側は加振とともに土のゆるみが顕著に生じていると推測される。Case-3 はのり面上中部で Case-1,2 に比べて応答が小さい。

(3) 補強材の軸力分布 Case-2,3 の 30G 加振後の補強材の軸力分布を図-5 に示す。Case-2 は盛土上部では軸力はのり面から離れた盛土内部に大きく出ている。Case-3 では盛土上部では圧縮、中段ではのり面側に圧縮、盛土内部には引張、盛土下部ではのり面側に大きな引張が生じている。なお、下部ののり面からの距離 90cm 以降は 30G ではデータ欠損したが、10,20G 時の傾向から、のり面から内部に向かって軸力は徐々に減少する分布となっており、盛土のり面側の加振によるゆるみを抑制している。

(4) 対策効果のメカニズム 図-6 に実験結果から推測される Case-3 の対策効果のメカニズムを示す。せん断ひずみ分布は、無対策に比べて、値が大きい範囲が小さく、また盛土下部のひずみを抑制している。補強材は特に盛土中部の盛土内部と盛土下部ののり面側に軸力が発揮される。また別途計測したのり枠のひずみは、盛土下部の曲げモーメントが大きくなっている。したがって、補強材の効果は盛土すべり範囲を小さくし、また、ひずみ増加に伴って盛土下部がのり面側にはらみだそうとする変形を、補強材とのり枠が一体となって抑制していると推測される。図-3 から Case-2 の補強効果も認められるが、Case-3 のように更のにり枠を設けることによって、特に盛土下部の補強材が効果的に発揮され、下部の変形を抑えることによって、すべり全体に対しての変位抑制になっていることも推測できる。

4. まとめ

本実験では盛土補強の補強材の効果、及びのり枠を設けることによって更に効果的に発揮されることが確認できた。本実験では大きな崩壊を再現できなかった、また砂質土を用いているので、今後は、補強対策の対象としている脆弱岩を用いて大きな崩壊が生じるような試験により、補強効果を明確にしていきたいと考えている。

- 参考文献 1) 中村ら：棒状補強材による補強盛土の対策効果に関する動的遠心力荷重実験，第 52 回地盤工学発表講演集，2017。
2) 吉川ら：盛土補強土工法における棒状補強材の合理的配置に関する検討，土木学会第 72 回年次学術講演会，2017。

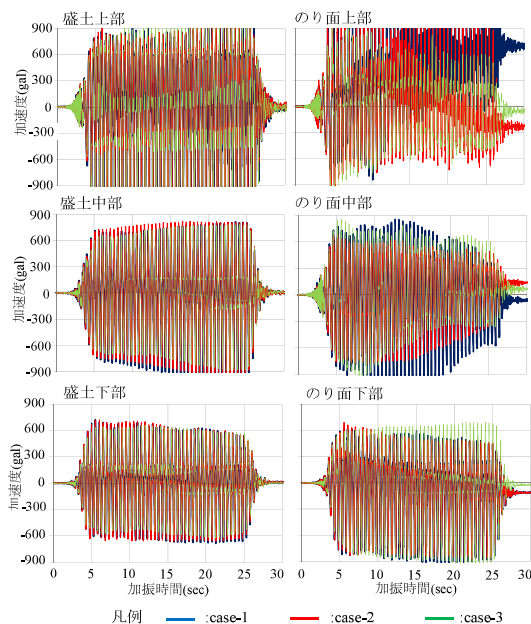


図-4 各ケースの 30G 加振時の盛土応答

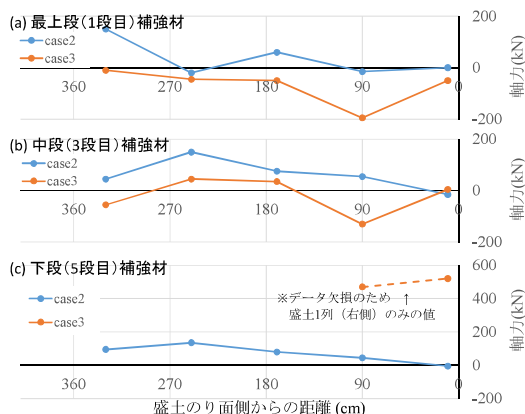


図-5 ケース 2,3 の 30G 加振後の補強材軸力分布

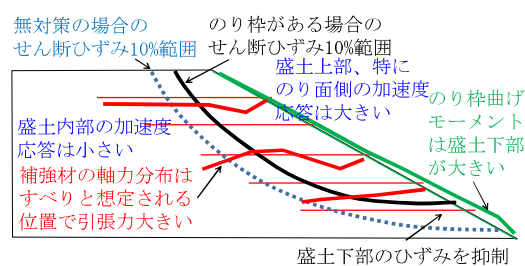


図-6 実験まとめと対策効果のメカニズム