

地山補強土工法の補強効果に関する遠心場土槽せん断装置の開発

東京都市大学 学○木村快 正 伊藤和也 正 田中剛

東京都市大学大学院 学 友岡亮太郎

日鉄建材(株) 正 岩佐直人 正 石垣拓也 正 國領ひろし

1. はじめに

わが国は地震や豪雨など、毎年数多くの災害が発生する自然災害大国である。図-1は国土交通省が令和元年の土砂災害発生件数の速報値を公表したものである¹⁾。令和元年の土砂災害発生件数は、集計を開始した昭和57年以降4番目に多い1995件を記録した。また、10月に発生した台風第19号は、台風に伴う土砂災害としては過去最多の952件となった。近年は平均発生件数(1081件)を超過することが多く、土砂災害対策は全てのインフラ整備の基礎として極めて重要である。このような土砂災害の防止対策の一つとして地山補強土工法がある。この工法は棒状の補強材(図-2)を法面や地山の表面に多数挿入し、土塊や斜面上の岩塊を安定化させる工法であり、構造系が非常に簡単であり、経済性や施工性に優れていることからトンネル坑口などの斜面安定化工法として採用されて以降、土留め工や既設法面の急勾配化工事、基礎の補強工事等に採用されている。鉄筋等の線状補強材を用いた場合の補強力の発生メカニズムは中村・正野によって図-3のように示されている²⁾。これらの詳細は文献が詳しいが、以下に簡単に説明する。斜面に垂直に打設された補強材は、地盤の変形によって補強材が図-3のように変形することで、すべり面においてせん断力と補強材と地盤の間の摩擦力に起因する軸力が生じる。すべり面上では軸力による摩擦力に加えて、軸力のすべり面に垂直な分力での地盤の締め付け力も加わる。これらの補強力は同時に発生するわけではないことから累積での評価は危険側となる。そのため、補強材の補強力発生について詳細な検討が必要である。

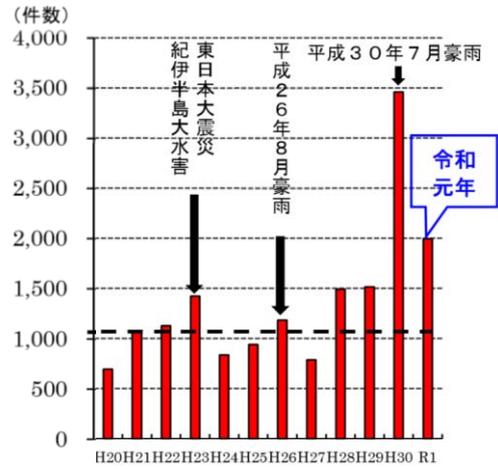


図-1 土砂災害発生件数の推移¹⁾

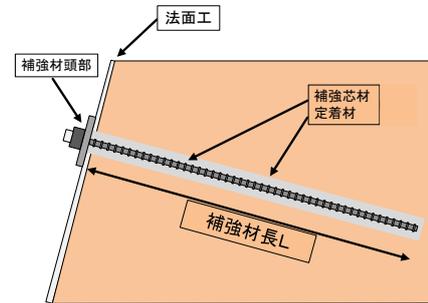


図-2 地山補強土工法

本研究では、鉄筋挿入などの地山補強土工法の補強効果を確認するために移動層と不動層を有するせん断土槽を遠心模型実験装置内で傾斜させて自重で滑り崩壊させる装置(遠心場傾斜せん断装置)を開発した。本報告では、遠心場傾斜せん断装置の概要とそれを用いた実験結果の一部について紹介する。

2. 実験概要

2-1. 遠心模型実験装置と遠心場傾斜せん断装置

本実験で使用した遠心模型実験装置は、東京都市大学が所有するカップ式振り上げ遠心載荷装置である。内部構造はドラム部が二重構造になっており、回転半径が350mmとなっている。本研究で行う遠心場傾斜せん断実験は、アルミ製模型土槽(幅300mm×高さ200mm×奥行120mm)内に移動層と不動層を有するせん断土槽を遠心場震度法シミュレーター³⁾によって傾斜させるものである。使用するせん断土槽を写真-2に示す。せん断土槽は、上箱(移動層)と下箱(不動層)に分かれており、内寸幅210mm、上箱高さ100mm、下箱高さ70mm、奥行き100mmのアルミ製である。なお、上箱と下箱の間の摩擦を除去するために、上下箱が接する両側壁部に幅3.74mm×深さ1.87mm×長さ73.7mmの直角溝をそれぞれ2箇所配置し、溝内に直径3mmの鋼球を3個ずつ設置した。

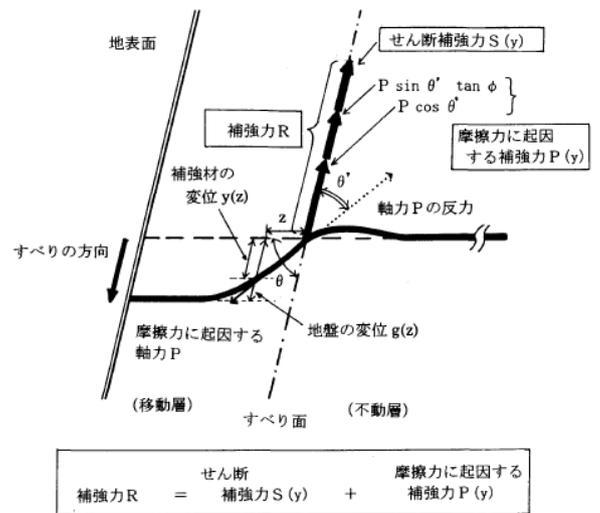


図-3 補強力発生メカニズム²⁾

キーワード 地山補強土工法 遠心模型実験 補強効果

連絡先 〒158-8557東京都世田谷区玉堤1丁目28-1 東京都市大学 Email : g1618026@tcu.ac.jp

2-2. 実験方法

本実験で使用した試料は青粘土：珪砂7号を1：3の重量比率で混合し、含水比13%に調整したものを使用した。この混合試料を湿潤密度1.45g/cm³となるように3層に分けて地盤を作製した。模型にて使用した補強材は、遠心加速度25G場において曲げ剛性EIの相似則が鋼材D29とほぼ等しくなる直径3mmのMCナイロン(写真-3)を使用した。なお、補強材表面には珪砂7号を接着して完全粗の状態としている。小型補強材を挿入した土槽の全体図を図-3に示す。地盤高さは3.5m程度を想定して、140mmとした。補強材配置は図-3のように縦4m×横2mの実物を想定して160mm×80mmの千鳥配置とした。ここで、側壁付近の4つの補強材は側壁による境界条件の影響を受けると考えられるため、中央部の補強材を中心として議論を行う。この補強材は両端がネジ切り加工を施しており、土槽下部にあるアクリル板(肉厚10mm)の所定位置にネジ穴をあけて補強材を取り付けることで土槽下部に固定できる。なお、土槽中央部には、ネジ穴付き小型ロードセルを設置しており補強材に直接固定されている。また、補強材上部には直径6mm、肉厚1mmのアルミ丸パイプにひずみゲージを取り付けて作成したロードセルを、支圧板(プラスチック製、10mm×10mm)の上に設置してナットで締めた。また移動層上部には変位計を設置して水平変位を計測する。また、遠心場震度法シミュレーターの土槽設置面には、加速度計を設置しており、遠心加速度や傾斜角度を計算することができる。また、実験の様子を確認するためのHDVカメラ(GoProHeroSession5)を2箇所を設置した。

実験は遠心加速度25Gまで連続的に上昇させ、所定の遠心加速度に達した後、0.16°/秒の速度で傾斜させ、最大30度まで傾斜させた。

3. 実験結果

移動層変位量と傾斜角度(黒)及び中央補強材下部の荷重(赤)の関係を図-5に示す。傾斜勾配が約14度付近から移動層の変位が発生し、傾斜勾配の増加と共に変位量も増加している。中央補強材の土槽下部に設置した荷重は25G到達前までに約-50Nと引張荷重が作用していたが、移動層変位が発生する前までに-60Nと減少した後には圧縮方向に転ずるような挙動を示した。また、上部ロードセルは正しく計測されなかった。この原因としては、25G到達前までに地盤が沈下したため、支圧板とロードセルとの間に隙間が発生してしまったためと考えられる。今後は、一度予備圧密によって地盤の圧縮変形を終了させたのちに支圧板とロードセルを設置するなど、補強材の上での荷重の時系列変化を把握出来るようにしたい。

4. まとめ

鉄筋挿入などの地山補強土工法の補強効果を確認するために移動層と不動層を有するせん断土槽を遠心模型実験装置内で傾斜させて自重で滑り崩壊させる遠心場傾斜せん断装置を開発し、補強材を挿入して実験を行った。その結果、所定勾配にて移動層が変形することが確認され、一部測定できなかった項目があったが、補強材に作用する荷重の計測ができた。今後は、補強材上部の荷重測定について再検討を行い、補強材間隔や支圧板の効果などを検討していきたい。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省 砂防NEWS, <http://www.mlit.go.jp/report/press/>.
- 2) 中村, 正野: 鉄筋補強土工法による斜面補強効果の理論的研究, 新砂防, Vol. 48, No. 4, pp.3-10, 1995.
- 3) 伊藤直幸, 野々山勝智, 末政直晃, 田中剛, 片田敏行, 荒井郁岳: 盛土崩壊を模擬した遠心場傾斜実験, 第43回地盤工学研究発表会 発表講演集, pp.1963~1964, 2008.



写真-2 せん断土槽

写真-3 模型補強材

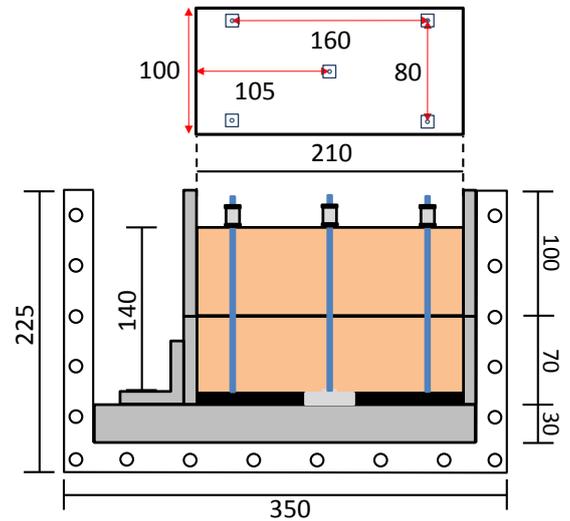


図-3 補強材設置土槽図

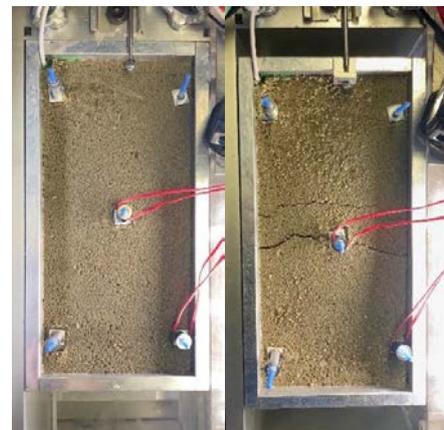


写真-4 傾斜前後の様子

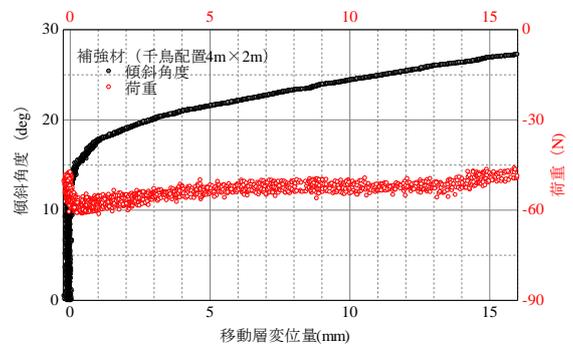


図-5 移動層変位~傾斜角度(黒)・補強材荷重(赤)