柔な法面工を有する地山補強土工法の補強メカニズムに関する遠心模型実験

東京都市大学大学院　学生会員　○佐野和弥
東京都市大学　（現　株式会社フジタ）　田中直希
東京都市大学　正会員　伊藤和也　正会員　田中剛　正会員　末政直晃
日鉄建材(株)　正会員　岩佐直人　正会員　石垣拓也　正会員　國領ひろし

1. はじめに

地山補強土工法は鉄道分野と道路分野で法面工の仕様が異なり，道路分野では支圧板など独立した仕様のものが存在するため，移動土塊の抜け出しを考慮する必要がある．そのため，道路分野では法面工の種類や形状に応じた法面工係数 fa から法面工低減係数 μ を設定して地山補強土工法が設計されている [1]．現在様々な法面工があるが，剛な法面工を対象に検討された法面工低減係数で各法面工の特性が一様に評価されている点が課題であると考えた．そこで本研究は，地山補強土工法の法面工の大きさ・剛性に着目し，μ 値の算出方法について実験的な検討を行っている．本報告では遠心模型実験装置を用いて段階載荷による斜面崩壊実験を行い，「支圧板のみ」，「支圧板＋ネット」の二つの法面工に関する μ 値について検討した．

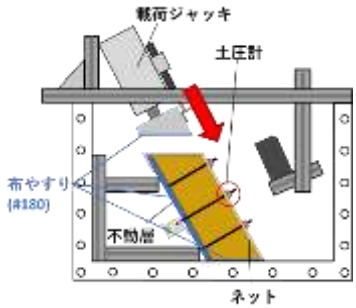

図-1　土槽概要図

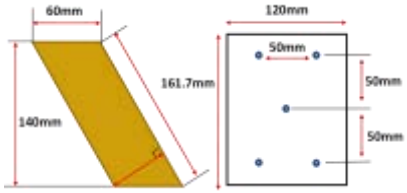

図-2　地盤と補強材配置寸法

2. 遠心模型実験による斜面天端からの載荷実験

実験は遠心加速度 40G 場にて実施した。**図-1** に土槽概要図を示す。載荷ジャッキ(エアーシリンダー)を用いて斜面天端を載荷し，その際の変形や荷重を計測した．使用した試料は，青粘土と珪砂 7 号を 1:3 の乾燥重量比で混合したものを使用し，含水比が 13%，湿潤密度は Dc=85%となるように 1.78g/cm^3 に調節した．締固めは側面から複数回に分けて行い，各段階で補強材を配置している．補強材配置寸法は，**図-2** に示すものであり，補強材は曲げ剛性の相似則を異形鉄筋 D19 と等価とするため直径 2mm の両端ねじ切り加工したテフロン製のものを使用し不動層面側の所定の位置に固定した．なお，補強材表面には，珪砂 7 号を付着させて「粗」の状態とした．支圧板は移動層側の補強材上端に支圧板（レジン製，8mm×8mm，実地盤換算で 320mm×320mm）を M2 ナットによって締め付けた．また，**写真-1** に示すように中央の補強材に取り付けた支圧板に小型圧力センサーを 2 つ取り付けた．法面工を模擬したネットは，塑性変形をする水切りネット(ポリエチレン製)を用いた．また，ネットは不動層面側に上端部を固定し，補強材の支圧板と M2 ナットで締めつけることで固定した．計測項目は，**図-1** のように変位計，ロードセル，レーザー変位計，圧力計とした．中央部補強材に作用する荷重をロードセル，ジャッキの変位量及び中央補強材の上部の斜面孕み量をひずみ型変位計，レーザ

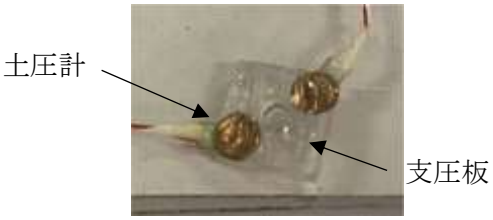

写真-1 使用した支圧板と土圧計

写真-2 無対策における実験後

写真-3 支圧板設置における実験後

キーワード　地山補強土工法　遠心模型実験　μ 値
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：g2081613@tcu.ac.jp

© Japan Society of Civil Engineers

一変位計，支圧板圧力を圧力センサーで計測した．実験は 40G 到達後，約 2 分間放置し，斜面の沈下や変形が無いことを確認してから載荷を開始した．載荷重は 0kPa から 2 分間で無補強では 17.5kPa,法面工があるケースでは 8.7kPa, ずつ増加させ斜面変形を観察した．実験ケースは無対策，補強材＋支圧板，補強材+支圧板+柔な材料であるネットの 3 ケースである。以下の実験結果はすべて実地盤換算して示す．

写真-4 ネット設置における実験後

3. 実験結果

写真-2, 3, 4 に各ケースにおける実験後の斜面側面及び斜面正面の状況を示す．図-3 に無対策のジャッキ変位とレーザー変位の時間ごとの関係のグラフを示す(全ケースとも 0s を遠心加速度 40G 到達時刻としている)．図-3 から 200s 付近と 600s 付近でそれぞれジャッキの変位とレーザー変位が大きく動いており，載荷によって斜面崩壊が発生した．図-4 に補強材＋支圧板のジャッキ変位とレーザー変位とロードセル荷重の時間ごとの関係を表す．ジャッキの変位と同時に引張方向にロードセルに荷重が加わり，荷重値はその後-9kN 程度に収束傾向となった．また最終載荷後も崩壊は発生しなかった．図-5 に補強材設置＋支圧板＋ネットでのジャッキ変位とレーザー変位とロードセル荷重の時間ごとの関係を表す．この実験でも支圧板設置の実験と同様に最大まで載荷を行ったが崩壊に至ることはなかった．

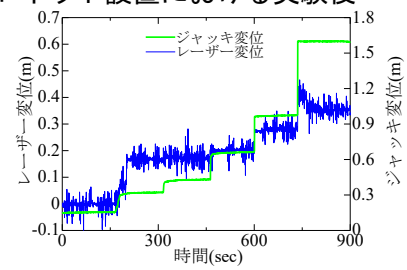

図-3 無対策でのジャッキ変位とはらみの関係

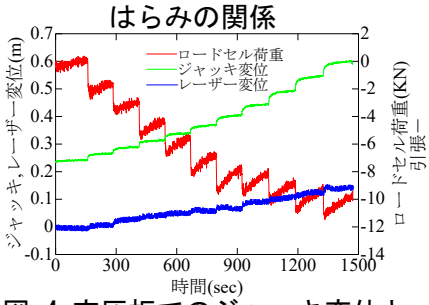

図-4 支圧板でのジャッキ変位とはらみの関係

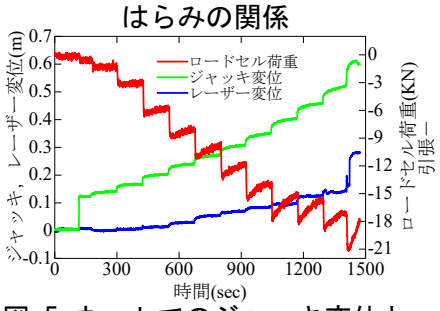

図-5 ネットでのジャッキ変位とはらみの関係

4. 法面工低減係数 μ の算出

支圧板を設置した土圧計(T0)とロードセル荷重(T0+Tf)から，載荷実験中の法面工低減係数 μ の経時変化を次式から算出した．

$$\mu = T_o / T_{MAX} = T_o / (T_o + T_f)$$

ここで　T_o: 支圧板にかかる土圧，T_f: 移動層摩擦力

支圧板のみと支圧板＋ネットを設置した実験での法面工低減係数 μ と孕み出し量の関係を図-6 に示す．いずれのケースとも法面工低減係数 μ は，はらみ出し量が大きくなると増加する傾向がみられた．支圧板のみで最大の μ 値 0.5 を与えるはらみ出し量で，支圧板＋ネットの μ を評価すると，0.7～0,9 となった．これは，はらみ出しに対するネットによる抑制効果が生じたため，μ が大きくなったものと考える．

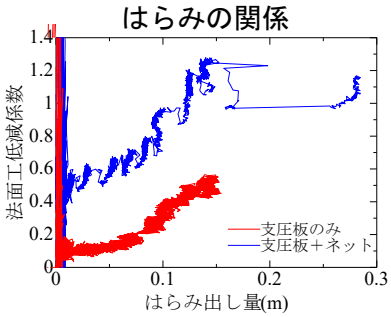

図-6 各変位時点での法面工低減係数

5. まとめ

地山補強土工法の法面工として，支圧板のみ，支圧板＋ネットに関する μ 値について検討した．その結果，いずれの法面工の μ 値は，斜面孕み出し量が増加するとともに大きくなり，32cm 四方支圧板の μ 値は 0.5，支圧板＋ネットの μ 値は-7～0.9 となった．.

参考文献

1)地山補強土工法　総合技術情報サイト　http://www.japanhokyoudo.jp/ 3)東日本高速道路株式会社他：切土補強土工法設計・施工要領

© Japan Society of Civil Engineers