柔な法面工を用いた地山補強土工法の補強メカニズム

東京都市大学　学生　○名田駿太郎
東京都市大学大学院　学生　佐野和弥　正　岩佐直人
東京都市大学　正　伊藤和也
日鉄建材　正　石垣拓也　正　國領ひろし

1. はじめに

地盤を掘削する場合，掘削面を安定させるために様々な対策を講じる．その中でも，急勾配な切土法面に対する補強工法として，地山内に多数の補強材を打設することで，斜面を安定させる地山補強土工法（**図-1**）がある．地山補強土工法は法面工との併用がなされ，様々な法面工が開発・適用されている．さらに近年では金網のような柔な法面工が開発されている．柔な法面工はある程度の変形が生じないと法面の拘束効果が発現されないため，法面工による補強効果を設計に反映する係数である法面工低減係数μが過大評価される可能性がある．

そこで本研究では，地山補強土工法における柔な法面工の補強メカニズムの解明と柔な法面工での法面工低減係数の適用範囲について把握することを目的とする。本報告では．遠心模型実験を用いた斜面載荷実験を行い，法面工低減係数と変形の関係について検討を行ったので報告する．

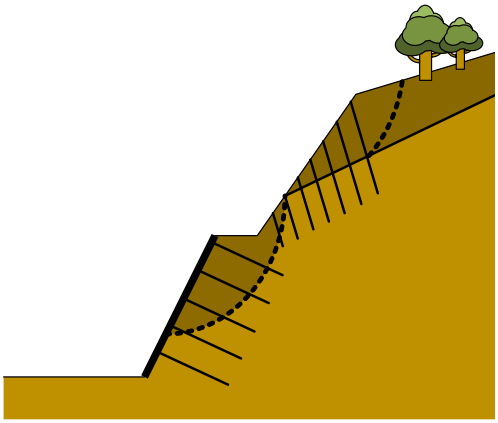


図-1　地山補強土工法

2. 遠心模型実験概要

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型遠心模型実験装置（TCU Mark II Centrifuge）である．**図-2** に実験概要図を示す．模型地盤上部に対し，遠心加速度 40G 場にて天端から空圧ジャッキを用いて斜面傾斜方向に斜め載荷することで補強材挿入と法面工による補強効果を検証した．実験に使用した試料は，青粘土と珪砂 7 号を 1:3 の乾燥重量比で混合し，含水比 13%となるように調整したものである．**図-3** に模型地盤寸法と補強材配置の概要図を示す．模型地盤は湿潤密度 1.78g/cm^3（締固め度 D_c=88%）となるように投入する試料を調整して 4 層に分けて側面から締め固めて作製した．また，補強材があるケースでは各層の所定箇所に補強材も設置した．補強材は鋼材 D19 の曲げ剛性と 40G 場にて等価となるように直径 2mm の両端ネジ切加工したテフロン製のものを使用した．なお，補強材表面には珪砂 7 号を塗付させ，「粗」の状態とした．実験ケースを**表-1** に示す．法面工は，大きな支圧板，モルタル吹付のような剛な法面工として OHP シートをそれぞれ使用した．

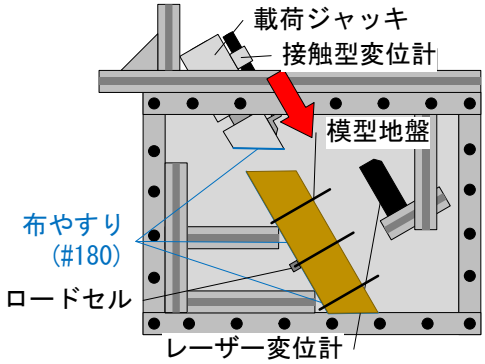


図-2 実験概要図

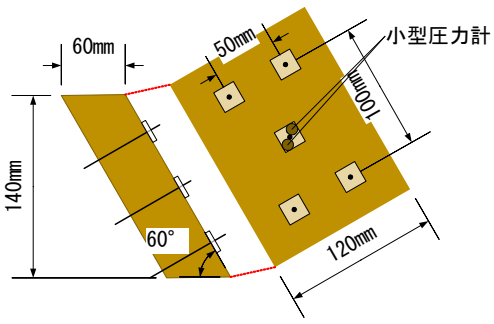


図-3 模型地盤寸法と補強材配置

表-1 実験ケース

実験ケース	材料
無対策	–
支圧板（大）	レジン
モルタル吹付	OHP シート

設定遠心加速度は 40G とし，40G 到達後に 2 分間隔で空圧ジャッキに空圧を供給して設置圧 9.2kPa ずつ載荷した．計測項目は，

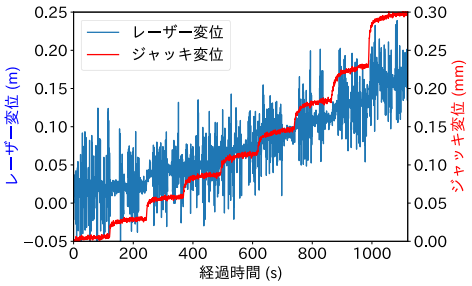
キーワード　遠心模型実験，斜面載荷，法面工低減係数
連絡先　〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104

接触型変位計でジャッキの変位を，レーザー変位計で模型地盤中腹部のはらみ出し量をそれぞれ測定した．支圧板を用いたケースでは，斜面中央部の支圧板の上下に小型圧力計を設置し，支圧板に作用する圧力を測定した．

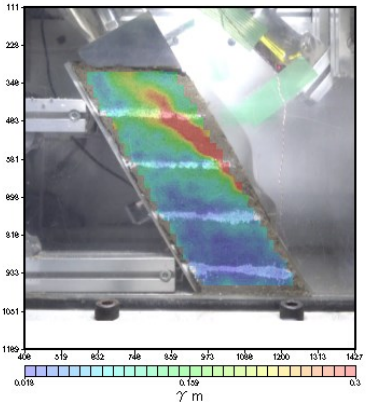
3. 実験結果

本研究では，無対策と，支圧板（大）と，OHP シートを用いてモルタル吹付を模擬したケースを行った．本概要書ではモルタル吹付を模擬したケースの結果を示す．

図−4 にモルタル吹付のレーザー変位とジャッキ変位の関係を表したグラフを，図−5 に 73.6kPa 載荷した際のモルタル吹付の画像解析（TN-SKIP による）の結果を示す．本実験では，最大載荷圧が 73.6kPa まで載荷を行った．グラフより，載荷によって斜面がはらみ出していることがわかる．また，画像解析の結果から，斜面上部に最大せん断ひずみが卓越しており，すべり線が発生していることがわかった．



図−4 モルタル吹付 レーザー変位とジャッキ変位



図−5 モルタル吹付 画像解析の結果

4. 法面工低減係数の検討

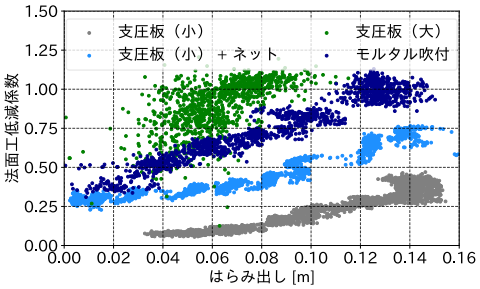
法面工低減係数μとは，法面を設計する際に法面工と補強材のどちらに重点を置くかを図る指標である．地山補強土工法を施工する際，「切土補強土工法設計・施工要領 [1]」を引用して法面工低減係数μを用いた設計を行い，以下の式により算出できる．

$$\mu = \frac{T_0}{T_{max}}$$

T_0 ： 法面工と補強材の結合部に作用する補強材引張力

T_{max} ： 補強材引張力の最大値

本研究では，力のつり合いの関係から T_0 を土圧で計算した．また，T_{max} は各載荷段階での補強材引張力とした．本報告では，支圧板（大）のケースとモルタル吹付を模擬したケースに加えて過去に佐野らの研究で行われた支圧板（小）のケースと支圧板（小）とネットを併用したケース [2]の法面工低減係数の検討を行う．



図−6 はらみ出しと法面工低減係数

図−6 にはらみ出しと法面工低減係数の関係を表したグラフを示す．法面工低減係数は斜面はらみ出し量で異なり，支圧板（大）のような比較的剛な法面工では小さなはらみ出し量で 0.7 から 1.0 を示すことがわかった．モルタル吹付では法面工低減係数は最大 1.0 程度となったが，支圧板（大）と比べてある程度はらみ出しが生じる必要があることがわかった．一方，ネットのような柔な法面工でははらみ出し量が大きくても法面工低減係数は最大 0.75 程度となった．また，ネットや支圧板（小）では法面工低減係数が急激に大きくなる箇所があることがわかった．

5. まとめと今後の予定

今回の研究では法面工低減係数と変形の関係について検討を行った．その結果，対策効果によって法面工低減係数が発現する変形量に差異があることがわかった．今後は，法面工低減係数の適用範囲についての検討を行う．

＜参考文献＞

1) NEXCO：切土補強土工法設計･施工要領,2007 年 1 月

2) 佐野和弥, 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,令和 3 年度 土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会 Ⅲ−110