

最大せん断ひずみによる法面工低減係数の検討

東京都市大学大学院 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
日鉄建材株式会社 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併用されており、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。法面工の補強効果を示す法面工低減係数は支圧力が関係することから変位量の影響を受けることが推定されるが、その研究は少ない。

本研究は、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、法面工低減係数と最大せん断ひずみの関係について検討を行ったので報告する。

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 場にて空圧ジャッキを用いて天端から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/cm³（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。表-1に実験ケースを示す。法面工は、大きな支圧板として実地盤換算で 0.7m×0.7m の支圧板（大）、モルタル吹付のような剛な法面工として OHP シート（厚さ 10cm のモルタル吹付と曲げ剛性を等価）をそれぞれ使用した。

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
キーワード 遠心模型実験、斜面載荷、法面工低減係数、最大せん断ひずみ

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

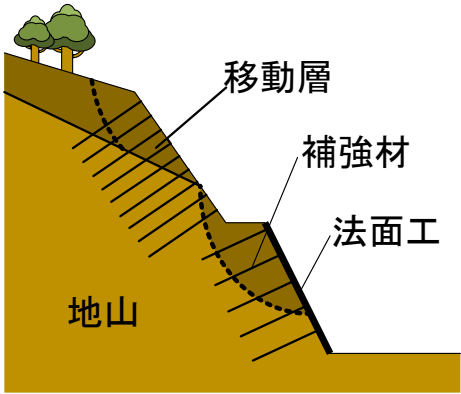


図-1 地山補強土工法

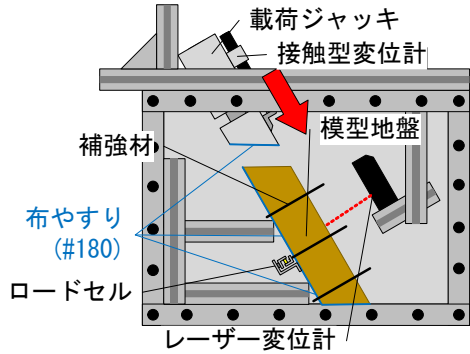


図-2 実験概要図

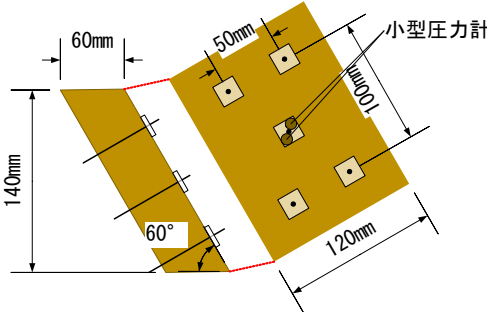


図-3 模型地盤寸法と補強材配置

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

荷した。計測項目は、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。また、補強材を用いたケースでは、斜面中央部の補強材をロードセルに差し込み、補強材に作用する引張力を測定した。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。以下の結果は実地盤換算にて記載する。

3. 最大せん断ひずみによる法面工低減係数の検討

本研究では画像解析 (TN-SKIP) により最大せん断ひずみの検討を行った。図-4 に画像解析結果の一例としてモルタル吹付のケースの結果を示す。凡例は、寒色系から暖色系に変化するにつれて最大せん断ひずみが大きくなっていることを表しており、各ケースとも斜面にすべり線が確認できた箇所では最大せん断ひずみが発生していた。

また本報告では、本実験で実施したケースに加え、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) + ネットのケース²⁾の最大せん断ひずみの検討を行った。図-5 にはらみ出しと最大せん断ひずみの関係を示す。はらみ出しが 0.055m、最大せん断ひずみが 0.05 を超えてからグラフの傾きが各ケースとも大きくなる傾向があり、特に無対策と支圧板 (小) のケースが顕著であった。

次に、法面工低減係数 μ の算定を行った。法面工低減係数 μ は以下の式 (1) より求めることができる。

$$\mu = \frac{T_0}{T_0 + T_f} \quad (1)$$

ここで、 T_0 は法面工が発揮する支圧力、 T_f は補強材の周面摩擦抵抗力である。 T_0 と T_0+T_f (以下、 $T_{\max}$ と称す) の値は、それぞれ支圧板に取り付けた土圧計の値 ($=T_0$) と、補強材に取り付けたロードセルの荷重値 ($=T_{\max}$) から算出した。図-6 に最大せん断ひずみと法面工低減係数の関係を示す。最大せん断ひずみが増加するにつれ、法面工低減係数も増加していることがわかる。また、一般的に法面工低減係数は 1.0 を超えないものとされるが、支圧板 (小) + ネットとモルタル吹付のケースは 1.0 をこえている。これは、斜面の载荷に伴って補強材に曲げが生じたことにより、ロードセルの計測値 ($T_{\max}$) が正確でなかったことと、一方で土圧計から得られた計測値 (T_0) については増加し続けたことが原因であると考えられる。

4. 考察

法面工の形状等を変化させた遠心場斜面载荷実験を行い、画像解析から得られた最大せん断ひずみと法面工低減係数の関係について検討を行った。本実験で用いた実験条件での法面工低減係数の適用範囲としては、補強材に曲げが生じていない範囲で評価することが望ましいと考えられる。本実験では、図-5 より補強材の曲げが発生している可能性の低い、はらみ出し 0.055m または最大せん断ひずみ 0.05 ままでと考えられ、その時の法面工低減係数は、支圧板 (小) で $\mu=0.1$ 程度、ネットと併用した場合で $\mu=0.7$ 、モルタル吹付で $\mu=0.6$ 、支圧板 (大) で $\mu=1.0$ となった。

<参考文献>

- 1) 上野勝利ら：サブピセル精度をもつ相互相関法の2次元模型実験への適用，日本実験力学会講演論文集，No.2，pp.256-261，2002年
- 2) 佐野和弥ら：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-110，2021年

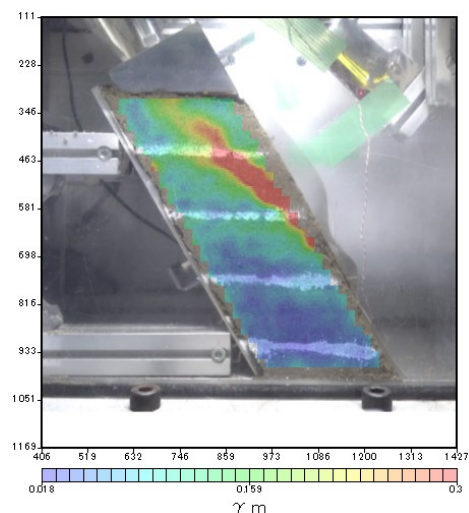


図-4 画像解析結果 (モルタル吹付)

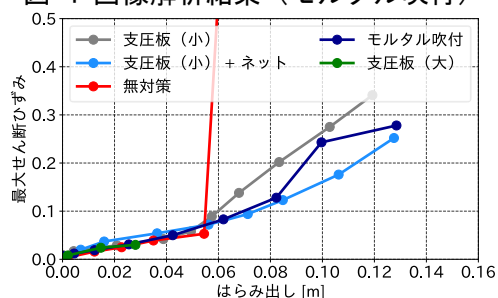


図-5 はらみ出しと最大せん断ひずみ

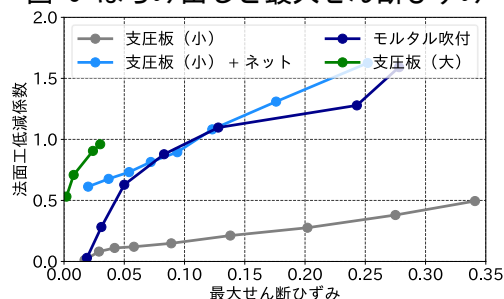


図-6 最大せん断ひずみと法面工低減係数