

2次元アルミ棒積層体に適用可能な小型応力計の試作と測定精度の検証

九州大学工学部 学 ○松尾 大樹

九州大学大学院 正 石藏 良平 F 安福 規之 正 アデル・アロウイシー

長崎大学大学院 正 杉本 知史

1. はじめに

表層地盤改良工法の一つにマットレス補強工法がある。この工法はジオテキスタイル内に碎石や砂利などを敷き詰めて、局所的な荷重が作用する浅く軟弱な地盤の中に敷設することで、基礎地盤の支持力の向上や不同沈下の抑制を期待する技術であり、国内で既に広く普及している。

アルミ棒積層体を用いたマットレス補強地盤の支持力発現メカニズムに関するこれまでの研究では、主に载荷した荷重や模型地盤の変位から支持力発現メカニズムの考察が行われている¹⁾。模型地盤内の挙動を、変形・応力場の両面から同時に評価することができれば、補強メカニズムの解明に大きく貢献できると考える。

そこで本研究では、過去にアルミ棒積層体の移動床実験に適用された小型応力計²⁾の仕組みを援用し、マットレス補強に関する研究に活用することを見据えて、地盤内応力を計測するための新たな小型応力計を試作した。

本稿では小型応力計の仕組みについて説明するとともに、応力計の測定精度を確認するため、アルミ棒積層体内で実施したキャリブレーション試験の結果について報告する。

2. アルミ棒積層体の基礎的特性

本研究では、豊浦砂の相似粒度に近づけるため、長さ 50mm で直径 1.0mm と 1.6mm の異径アルミニウム丸棒を、質量比で 3:2 の割合で混合したものをアルミ棒積層体として用いた。アルミ棒積層体の安息角は、図 1 に示す測定装置を傾けてアルミ棒が滑り出す時の角度と定義した。その結果、安息角は 25° であった。装置に敷き詰めたアルミ棒の質量と体積の関係から得られた密度は 2.11g/cm³ であった。

3. 小型応力計の試作

アルミ棒模型地盤内の応力を計測するために、図 2 (模式図) と図 3 (外観写真) に示す小型応力計を作製した。構造としては剛な棒に 2 つの円盤状のゴム板 (クロロプレンゴム製) を固定し、ゴム板側面でアルミ棒積層体と接触させている。ゴム板表面には市販の 3 軸型ロゼットゲージ (東京測器 FRAB-1-11-3LJB-F) を接着剤で貼付している。測定の際、ゴム板は等方にひずむとしてひずみゲージによりゴム板の 3 方向のひずみを直接測定している。クロロプレンゴムの物性からゴム板のヤング率 E とポアソン比 ν は 2.89MPa および 0.49 に設定した。

4. 応力測定の仕事

模型地盤内の応力測定の仕事について説明する。応力計に荷重が作用すると、ロゼットゲージにより 3 方向の直ひずみ $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ を計測することで図 4 に示すモールのひずみ円を描くことができる。この際、縦軸の $\gamma/2$ は便宜

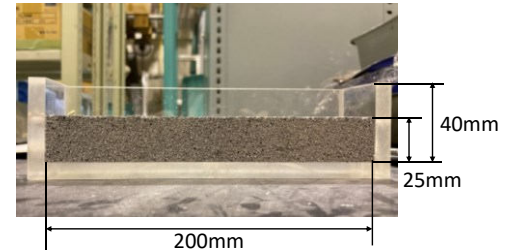


図 1 アルミ棒積層体の安息角測定装置

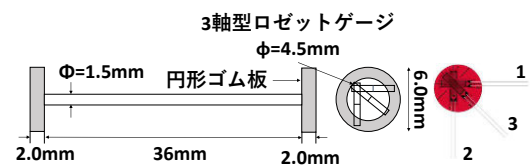


図 2 小型応力計模式図



図 3 小型応力計の外観

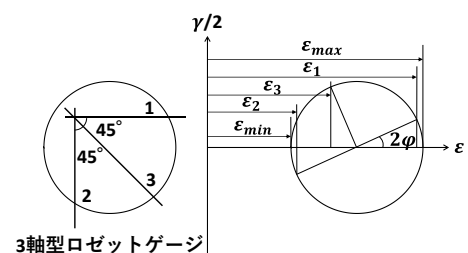


図 4 モールのひずみ円

上のものであり実際にはせん断ひずみを測定していないことに注意されたい。モール円の幾何学的形状から、主ひずみ $\epsilon_{min}, \epsilon_{max}$ が求まる。ここで平面応力状態と等方弾性状態を仮定することで以下のように主応力を算出することができる。

$$\sigma_{max} = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_{max} + \nu\epsilon_{min}) \dots (1) \quad \sigma_{min} = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_{min} + \nu\epsilon_{max}) \dots (2)$$

また、水平方向と鉛直方向のひずみ ϵ_h, ϵ_v を計測すれば以下のように水平・鉛直応力も算出可能である。

$$\sigma_h = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_h + \nu\epsilon_v) \dots (3) \quad \sigma_v = \frac{E}{1-\nu^2}(\epsilon_v + \nu\epsilon_h) \dots (4)$$

5. キャリブレーション試験の結果と考察

図5に示した二軸等方圧縮試験装置を用いて応力計のキャリブレーションを行った。この試験では、応力計を模型地盤(高さ×幅=100mm×100mm)の中央に埋設した状態で剛板を介してエアシリンダーで等方荷重を作用させ、漸増させた。その際、埋設した応力計の測定値と剛板の外側に設置したロードセルによって測定した等方応力(载荷重を側面積で除した値)との関係と比較し、応力計の測定値について検討した。この試験では、エアシリンダーによる水平・鉛直応力を5kPaごとに50kPaまで等方に増加させ、その時に応力計が示す値を読み取りグラフ上にプロットした。試作した6つの応力計(No.1~No.6)について、水平・鉛直方向の結果を図6および図7に示す。各応力計のキャリブレーションは、3回ずつ実施し、その近似線を示している。その結果を図6と図7に示す。No.1の応力計については相関係数Rの値を示している。

図に示されるように、水平・鉛直方向ともに、応力計による測定応力は、ロードセルにより作用させた応力に対して、概ね線形に近似することができた。ただし、等方に作用させた応力に対して、水平・鉛直方向で計測する応力値が異なる傾向がみられる点や、応力計ごとの結果にばらつきが確認されることから、現状では各応力計に対して水平方向と鉛直方向の2種類の近似式が必要であると考えられる。

6. まとめ

小型応力計の試作とアルミ棒を用いた二軸等方圧縮試験を通したキャリブレーションを行い、アルミ棒積層体内での応力測定の可能性についての検討を行った。その結果、応力計による測定値と载荷応力の間には水平・鉛直方向において概ね良い線形関係があることが示された。今後はマットレス補強地盤を想定したアルミ棒積層体模型地盤内に小型応力計を設置して载荷実験を行い、模型地盤の挙動に対する応力場からの評価に取り組む予定である。

【参考文献】1)草野陸・石蔵良平・辻慎一郎・板垣聡・安福規之：荷重分散とジオテキスタイルの引き上げ効果に着目したマットレス補強地盤の支持力特性評価に関する研究, 第15回地盤改良シンポジウム論文集 pp403-406,2022. 2)川村顕大,落合英俊,安福規之,杉本知史：小型応力測定装置の移動床実験への適用と地盤内応力の推定,平成16年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp451-452,2005.3

【謝辞】本研究は科研費 22K04317の支援を受けて実施した。また、九州大学地盤工学研究室技術協力スタッフの中島通夫氏より実験装置作成のご協力を賜り実施された。ここに記して謝意を表する。

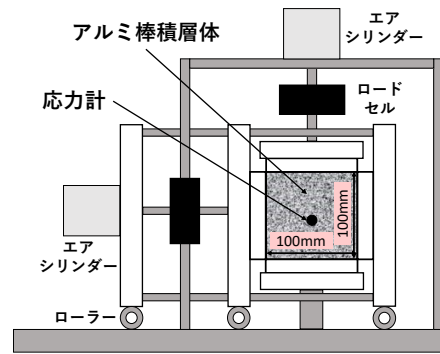


図5 二軸等方圧縮試験装置

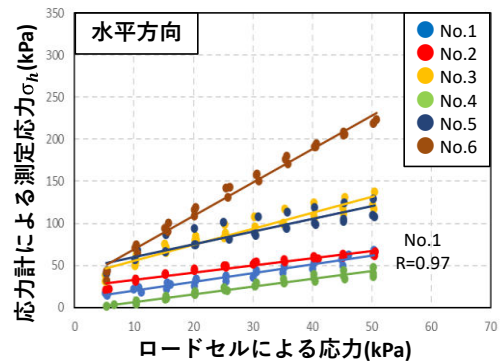


図6 二軸等方試験(水平方向)

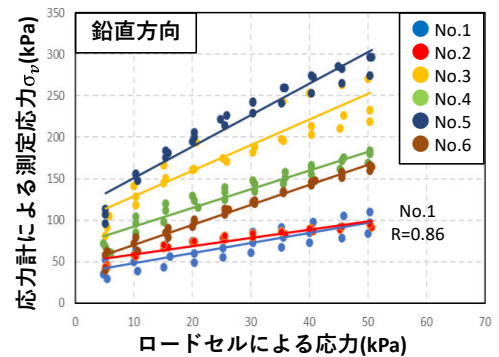


図7 二軸等方試験(鉛直方向)