

アルミ棒を用いた2次元積層体内の応力測定装置の開発とその適用

九州大学 学生会員 川村 顕大  
 九州大学 F 会員 落合 英俊 正会員 安福 規之  
 九州大学 正会員 山田 正太郎 学生会員 杉本 知史

1. はじめに

これまで、アルミ棒積層体を用いた模型実験は数多く行われてきている。アルミ棒積層体内の応力測定的手法として、光弾性材料を用いた測定法などが挙げられるが、測定の簡便さや精度の点ではいくつかの問題点を有する。地盤内応力を知ることはアルミ棒積層体を用いた模型実験の有用性が増すばかりでなく、地盤内の様々な現象を把握する上で有効である。そのためには有用かつ簡易な方法で模型地盤内の応力を測定する新たな手法の開発が必要となる。本研究では、一般的に用いられているひずみゲージを用いた地盤内応力の測定装置（以下、応力計と称す）の開発を行うとともに、アルミ棒積層体を用いた降下床実験や擁壁に関する土圧実験への適用性に関する検討を行った。

2-1. 応力測定装置（応力計）の開発

1) 応力計の仕様 今回開発した応力計の模式図を図1に示す。地盤材料であるアルミ棒は積み方により線載荷とならない恐れがあり、さらに十分に小さなひずみを計測する必要がある。そこで、剛体の棒に2つの円形状のゴム板(硬度70)を貼り、2点で支える構造とした。ゴム板の表面には市販の3軸型ロゼットゲージ(FRA-1-11-1L)を貼付し、ゴム板のひずみを直接測定する構造としている。

2) 応力算出手順 ここで用いているひずみゲージは図1に示すように3方向のひずみを測定することが可能であり、それら3方向のひずみ(ε<sub>a</sub>, ε<sub>b</sub>, ε<sub>c</sub>)からMohrのひずみ円を描くことができる。

円の中心位置  $a = (\epsilon_a + \epsilon_c) / 2$  (図2参照)

円の半径  $r = \frac{1}{2} \sqrt{(\epsilon_a - \epsilon_c)^2 + \{2\epsilon_b - (\epsilon_a + \epsilon_c)\}^2}$

ε<sub>a</sub>と主応力方向のなす角  $\tan 2\phi = \frac{2\epsilon_b - (\epsilon_a + \epsilon_c)}{\epsilon_a - \epsilon_c}$

これらより測定したい方向のひずみが導出できる。本研究では平面応力状態を想定しているため、地盤内の水平応力σ<sub>h</sub>、鉛直応力σ<sub>v</sub>は、

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

を用いて算出することが可能である。

3. 応力計の検定

1) 一軸圧縮試験 ひずみゲージおよびゲージ用接着剤がゴム板の変形を拘束し、かつ応力計が一樣な硬さとならないため、ゴムにひずみゲージを貼った状態での力学特性を調べる必要がある。直方体ゴム板の一軸圧縮試験において、図3からひずみゲージで計測した応力-ひずみ関係には線形性が確認された。E=500MPa, ν=0.26 という値が得られた。

キーワード アルミ棒積層体、地盤内応力測定、応力-ひずみ関係、降下床実験、主働・受働土圧

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 工学部4号館(水工)4階地盤工学研究室 092-642-3286

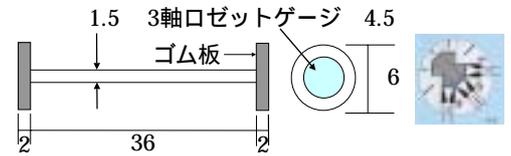


図1 応力計模式図(単位:mm)

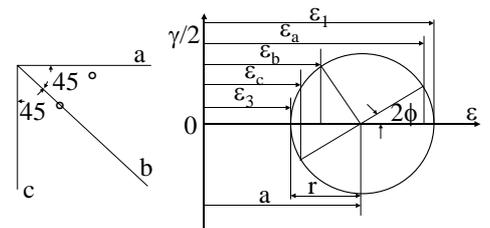


図2 Mohrのひずみ円

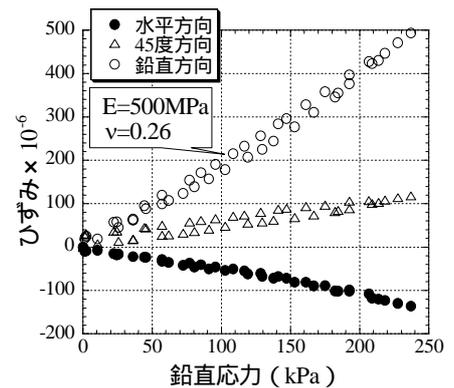


図3 一軸圧縮試験

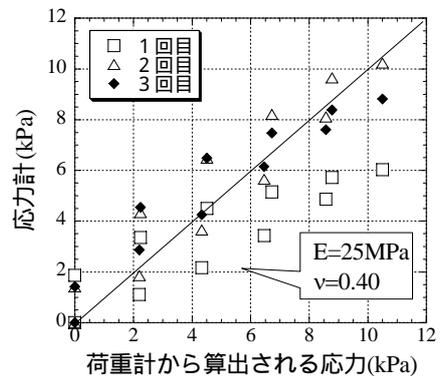


図4 段階載荷・除荷試験

2) 段階載荷・除荷試験 本試験は、アルミ棒積層体底部に応力計を埋設し、アルミ棒を100mmずつ500mmまで段階的に載荷・除荷を行い、荷重計から得られる応力と比較するというものである。図4に示すような土槽底部(0mm高さ)で鉛直荷重を測定可能な装置を用い、荷重計から算出される鉛直応力と応力計から得られる鉛直応力との比較を行った。応力算出にあたっては、図4で示すように荷重計での応力と1:1の関係になるよう $E=25\text{MPa}, \nu=0.40$ と決定した。

1),2)の結果より、本研究では $E, \nu$ を決定するには至らなかった。そのため初期土被り圧で正規化した応力として以下の適用例に用いている。

#### 4. 応力計の適用例

1) 降下床実験への適用例 応力計の適用例として、図5に示す実験装置を用いた降下床実験を行った。この実験は降下床を降下させることで、地盤内のゆるみを再現可能である。この時、応力計を模型地盤下部から鉛直方向に0, 100, 200, 300mm高さの位置に埋設し、地盤内応力の変化を測定した。また図6は荷重計の直上の、(図5参照)に応力計を埋設した結果である。このケースでは荷重計と同様の応力変化を得ており、荷重計と応力計の比較的良い対応がみられた。ただし、同じ位置にあっても応力変化や挙動は決して同じにはならず場合によっては応力変化が見られないものもあった。これは、粒状体としての応力カラムの存在や不均質な応力伝播が主な理由であると考えられる。

2) 可動擁壁を用いた土圧模型実験への適用例 さらに応力計を用いて、可動擁壁の回転に伴う模型地盤内の主働・受働土圧変化の測定を行った。模型地盤は、幅700mm、土被り高さ600mm(主働),400mm(受働)のアルミ棒積層体であり、応力計を均等に10個埋設した(図7参照)。壁面付近では、壁面摩擦の影響により大きな応力変化が生じた。またすべり面付近(、付近)は、壁面ほど応力値は変動しないが各実験による土圧のばらつきが目立った。これは、実験ごとにすべり面位置が多少変化し、応力計との相対的位置関係に起因すると思われる。壁面から離れるにしたがって、土圧の変化は減少傾向を示していることが確認された。本実験では、 $\nu$ を0.36と設定し、応力を算出している。

#### 6. おわりに

本報告では、アルミ棒積層体内の応力を測定することを目的とした応力計の開発とその適用について述べた。その応力を算定するにあたり、ヤング率・ポアソン比を決定するには至らなかった点が、今後の課題である。この課題を解決するためには、応力計の含む誤差として各々の応力計の特性の誤差と、粒状体の特性による誤差を区分する必要がある。しかしながら、応力変化の傾向という視点からは荷重計の変化と同様の挙動を示すなど信頼できる部分もあるので、有用性については今後、十分に期待できるものと考えられる。

【参考文献】1) 渡辺 理：ひずみゲージとその応用，日刊工業新聞社 pp240-249

2) 杉本 知史：シールドトンネルの近接施工時における周辺地盤のゆるみの存在が既設地中構造物に及ぼす影響，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，ppA270-271，2002

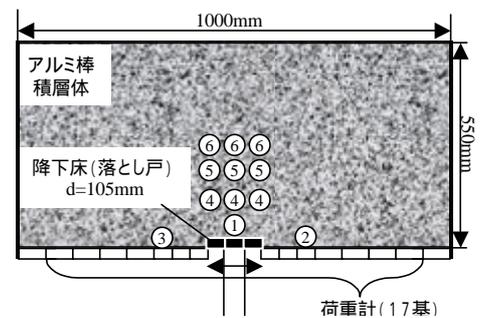


図5 応力計埋設位置（降下床）

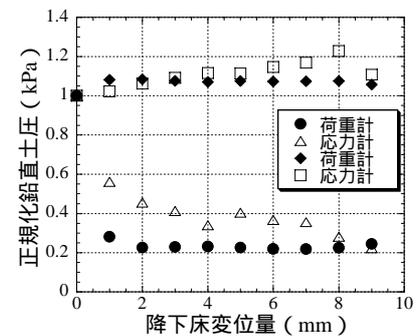


図6 降下床実験，(0mm高さ)

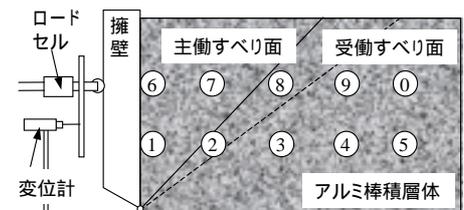


図7 応力計埋設位置（可動擁壁）

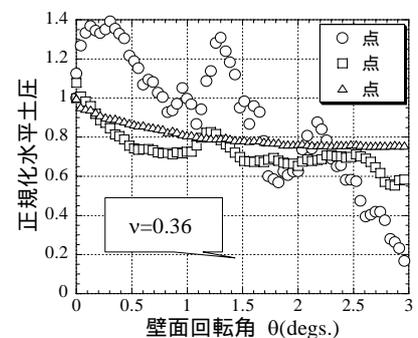


図8 主働状態における正規化土圧

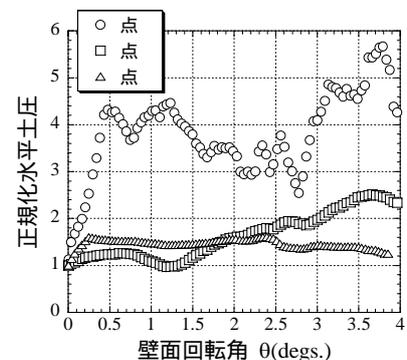


図9 受働状態における正規化土圧