

アルミ棒積層体を用いた地盤内応力の測定方法

九州大学工学部 学○川村 顕大

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之 正 大嶺 聖

正 山田 正太郎 正 中島 通夫 学 杉本 知史

1.はじめに

今日まで、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。しかしながら、アルミ棒積層体内の応力測定に関しては、光弾性材料を用いた測定法などが挙げられるものの、十分な検討がなされているとは言えず、さらに有用かつ簡易な方法で地盤内の応力を測定する手法の開発が求められる。模型実験において、地盤内応力を知ることは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大変意義のあるものと考えられる。本研究では、3軸ロゼット型のひずみゲージを用いた地盤内応力を簡易に測定するための手法を開発し、実用例の一つとして、地盤内応力の変化の視点からゆるみ領域発生^{*}の現象を考察する。

2.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载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ため剛体の棒に2つの円形状のゴム板(硬度50)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($\epsilon_a, \epsilon_b, \epsilon_c$)からMohrのひずみ円を描くことができる。

円の中心位置 $a = \frac{\epsilon_a + \epsilon_c}{2}$ (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_a と主応力方向のなす角 $\tan \phi = \sqrt{3} \frac{\epsilon_c - \epsilon_b}{2\epsilon_a - \epsilon_b - \epsilon_c}$

これらより測定したい方向のひずみが導出できる。

ここで平面応力状態の場合、例えば地盤内の水平応力 σ_h 、鉛直応力 σ_v はそれぞれ

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

を用いて算出することが可能である。

3) 応力計の検定

a) 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するため、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。ゴム板の一軸圧縮試験において、変位計とひずみゲージから得られる二つのひずみを比較した。図3-1は供試体外部に取り付けた変位計により計測された結果であり、図3-2はひずみゲージによるものであ

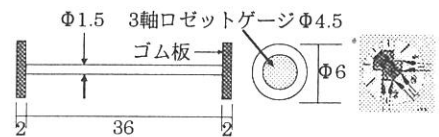


図1 応力計の模式図(単位:mm)

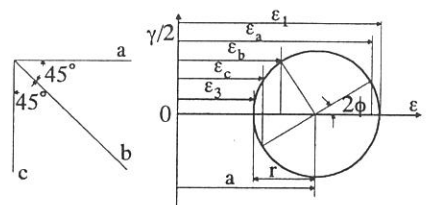


図2 Mohrのひずみ円

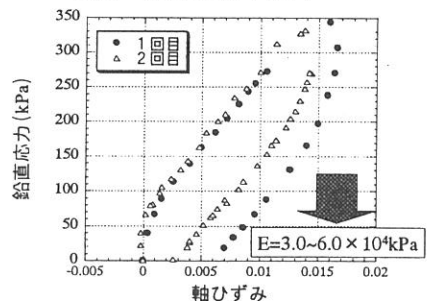


図3-1 一軸圧縮試験(変位計)

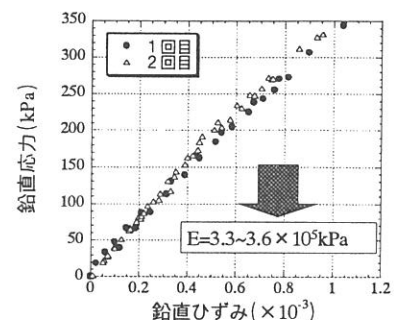


図3-2 一軸圧縮試験(ひずみゲージ)

る。これらの図からまず 1) 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。2) 変位計で計測する軸ひずみと比較したときにヤング率に大きな差が現れた。これはゴム板に比べひずみゲージが硬く、ゴム板の変形を拘束するため応力計が一様な硬さとならないことが主要な要因であると考えられる。3) ポアソン比に関しては 0.40~0.42 という結果を得た。

b) 段階荷重・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 10cm ずつ 50cm まで段階的に荷重・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 5 に示すような土槽底部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。このとき応力計の埋設位置は、図 5 において①である。積層体材料には、 $\Phi 1.6\text{mm}:\Phi 3.0\text{mm}$ を重量比で 3:2 の割合で混合した異形アルミニウム丸棒を用いた。

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 $E=5.0 \times 10^4 \text{ kPa}$, $\nu=0.42$ と決定した。一軸圧縮試験ではヤング率 E を適切に決定できなかったため、この値を以下の適用例に用いている。

3. 降下床実験による地盤内応力

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。これは降下床を降下させることで、地盤内のゆるみを再現するというものである。このとき応力計を模型地盤下部から 0, 150, 200, 250, 300mm 高さの位置に埋設し、地盤内応力の変化を測定した。右に一例を示すが、図 6 からわかるように同じ高さにあっても応力変化は決して同じにはならない。これは、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。特に▲は、応力変化が全く現れてない。また図 7 は荷重計の直上の①、②(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好な対応がみられた。

4. まとめ

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について述べた。その応力を算定するにあたり、段階荷重・除荷試験から得られるヤング率を用いた。一軸圧縮試験のヤング率を決定するには至らなかった点は、今後の課題である。この課題に対しては、ひずみゲージ部のひずみと応力計全体のひずみが異なるので、換算するためのゲージ率等を設定する必要があると思われる。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

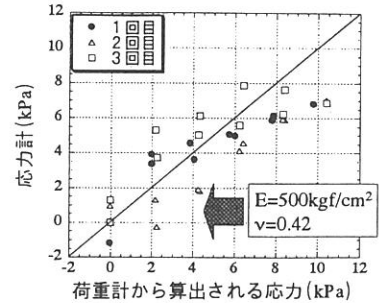


図 4 段階荷重・除荷試験

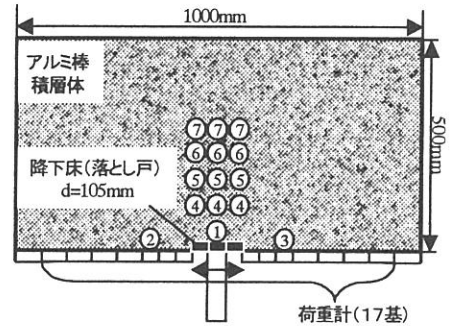


図 5 応力計埋設位置

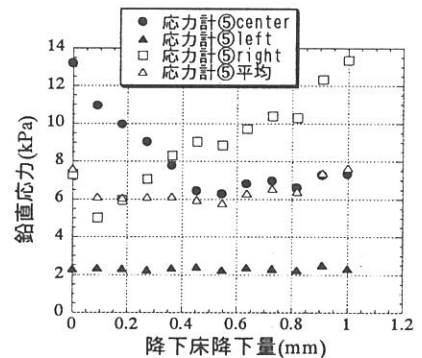


図 6 降下床実験⑤(200mm 高さ)

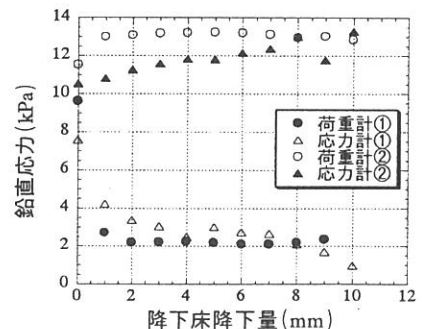


図 7 降下床実験①, ②(0mm 高さ)