小型応力測定装置の降下床実験への適用と地盤内挙動の推定

九州大学大学院	学	川村	顕大	九州大学大学院	F	落合	英俊
九州大学大学院	正	安福	規之	九州大学大学院	学	杉本	知史

1.はじめに

一層過密化の進展する都市部では、地下空間の有効利用が求められている。その一手段として、都市トンネルは多用されているが、このような円形空洞を施工する場合、円形空洞の内空空空位に伴う周辺地盤内の力学的挙動を把握することは、安全性、経済性の観点からも重要である。本研究では、アルミ棒積層体を用いた降下床実験による検討を行う。そこで、ひずみゲージを用いた地盤内応力の小型測定装置(以下、応力計と称す)を開発し、降下床実験における模型地盤内の応力変化を定量的に測定した。変位計測の結果と合わせ、地盤内変位および地盤内応力変化の視点から周辺地盤の力学挙動の解明を試みる。

<u>2.小型応力測定装置(応力計)の仕様</u>

図1はアルミ棒積層体内において、任意の位置での応力を測定するために開発した応力計の模式図である。地盤材料である アルミ棒間に作用する荷重を線載荷でとらえ、かつ十分に小さなひずみを計測するために剛な棒に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。ゴム板表面には市販の3 軸型ロゼットゲージを貼付し、ゴム板のひずみを直接測定する 構造としている。また、これら3方向のひずみから平面応力状態かつ弾性状態を仮定することにより、測定したい方向の応力 を算出している^{1),2)}。

応力計の検定を行うため、図2に示すような装置を用いて、 剛板を介して水平・鉛直荷重を載荷する二軸等方圧縮試験を行 った。供試体材料には、直径1mm と 1.6mm のものを重量比で 3:2の割合で混合した異形アルミニウム丸棒を用いた。供試体中 央部に応力計を埋設し、等方応力状態となるような所定の荷重 が作用するまで載荷し、その後、除荷した。この検定において、 載荷板外部に設置したロードセルにより算定した平均応力と埋 設した応力計の出力値との関係を図3に示す。異なる応力計に おいて、いずれも載荷過程では線形関係、除荷過程では最大荷 重が載荷された状態を頂点とする二次放物線と近似することが 可能であった。ただし応力計に固有の材料定数を決定するには 至らなかったため、後述する降下床実験では、初期に土被り圧



図1 応力計模式図(単位;mm)



図 2 二軸等方圧縮試験装置(検定用)







が応力計に作用していると仮定し、ヤング率・ポアソン比を与え、地盤内応力を算出した。加えて、本 節で得られた近似曲線で測定値を補正し、初期土被り圧で正規化した値で以下議論を行っている。

<u>3.応力計を用いた降下床実験</u>

応力計および画像解析装置を用い、図4 に示す降下床実験を行った。この実験は降下床を下降させる ことで、地盤内のゆるみを再現可能である。ここでは、土被り高さを700mmとし、降下床(幅2B=100mm) を一定速度で5mm降下させた。この時、応力計を装置底部から鉛直方向に50mm間隔で500mm高さの 位置まで、またそれぞれ装置中央(C.L.)から35mm間隔で6個ずつ埋設した。さらに、同条件で数回にわ

キーワード:降下床実験、アルミ棒積層体、地盤内応力測定、応力再配分、ひずみゲージ 連絡先:〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 工学部 4 号館 4 階地盤工学研究室 092-642-3286 0.5

-0.5

0.5

0

-0.5

0.5

-0.5

たって、繰り返し地盤内応力を測定した。

図 5 は土槽底部からの埋設高さ(h =0~500mm)における正規化鉛直応力変化 (Δσ_y/σ₀,σ₀=γz)の平均値で、プロット上の短 線はそのばらつきを表している。降下床直 上から鉛直方向に離れるに従って、鉛直応 力の減少量幅が低下傾向にある。また図 5 において で示した応力の減少から増加に 転じる位置は、図6に示した変位ベクトル から推定される滑り線と良く一致している。 ここで、変位ベクトル長は20倍のスケール で表示している。滑り線は同一の土被り高 さにおいて、変位量が急激に減少する位置 から推定した。

また図7は、正規化水平・鉛直土圧変化 (Δσ/σ₀)の分布を示したものである。C.L.上 かつ土槽底部より 200mm 付近では、水平土 圧が著しく上昇しており、埋設位置によっ ては、初期水平土圧の2倍以上の土圧も計 測された。これはアーチ作用によるものであると考え られる。鉛直土圧変化では、土槽底部より 200mm 付 近までは、大きく鉛直土圧が減少するものの、それよ り上部では、減少傾向が急に小さくなることがわかっ た。また、降下床直上付近では、水平応力が一度増加 し減少に転じる傾向がみられ、アーチ作用が拡大して いく過程を捉えたものと考えられる。また、推定され る滑り線より外側では、相対的に変位は小さなもので しかないが、水平土圧は僅かながら減少しており、滑 り線から離れるにしたがってその減少幅は低下して いる。最後に、図8において最大・最小主応力(絶対 量:kPa)とその方向を示すが、この図からアーチ作用 による力の伝達をおおよそ捉えることができている。 以上より、新たに作製した応力計による土圧変化の計 測は、アルミ棒積層体を用いた模型地盤内の力学挙動 を把握する上で有用であるものと考えられる。



700 r

図 7 正規化土圧変化分布図

200

<u>4.おわりに</u>

本研究では、アルミ棒積層体内の応力変化を測定するための装置を開発し、 降下床実験における模型地盤内の挙動を地盤内応力変化、地盤内変位の視点か らの推定を試みた。降下床実験を例に、模型地盤内の任意の点に小型応力計を 埋設することによって、地盤内応力変化を定量的に把握することが可能である ことを示した。また今後は、任意の位置での地盤内応力の計測を重ね、DEM 解析等と比較を行うことで地盤内に生ずるアーチ作用の広がりについて検討 していきたい。

【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)川村ら: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,土木学会第 58回年次学術講演概要集, -475



100

Distance from C.L. (mm)

150

200

図 8 主応力方向分布図

0

50

100

Distance from C.L. (mm)

150