

空洞断面収縮に伴う地盤内応力変化の実験的考察

長崎大学工学部 正○杉本知史 九州大学大学院 F 落合英俊
九州大学大学院 正 安福規之 国土交通省 非 川村顕大

1. はじめに

浅い地下空洞の掘削では、土の自重による土被り圧の影響を顕著に受けるため、空洞断面の収縮に伴い、地盤内応力の変化が生じやすく、また周辺地山にアーチ効果が現れる場合が多い。地盤内応力の変化は、近接の既設構造物に初期土被り圧以上の作用土圧の増加や土圧分布の偏在といった形で影響を与える。本報では、空洞断面収縮時の地盤内応力の変化に着目し、空洞周りの力学的挙動を簡易な二次元模型実験により明らかにするとともに、その基本的なメカニズムに関する二、三の考察を空洞側方に絞って述べる。

2. 模型実験の概要

土被りの浅いトンネルなどの地下空洞の掘削を対象とした研究は、これまで数多く行われている。空洞周りの地盤内応力に関する検討は、概ね数値計算による方法による部分が多く、現地計測あるいは室内模型実験における地盤内応力の推定あるいは計測は、その方法において困難な点が多く、限定的なものにならざるを得ない部分があった。著者らは、アルミ棒積層体を用いた二次元模型実験において、比較的簡易に地盤内応力を計測する方法を用いた降下床あるいは空洞模型周りの力学的挙動の推定を行ってきた。本報では、新たに明らかにした結果について示すとともに、これに関する考察を付け加える。

図-1は、上述のアルミ棒積層体を地盤材料とした模型地盤内の応力変化を測定する計測装置（以下、応力計）である。装置に関する詳細は、前報¹⁾に譲る。また図-2は、空洞断面の変形をシミュレートする空洞模型であり、半径方向に均一な拡張を再現することができる。これらを図-3に示す土槽に作製する模型地盤内の任意の位置に埋設し、初期段階ならびに空洞断面の変形過程における地盤内応力を計測することで、二次元平面内の応力分布を明らかにする。模型地盤材料には、長さ50mm、直径1.0mmと1.6mmの異径アルミニウム丸棒を重量比3:2で混合したものを用いている。実験条件として、土被り高さ H と空洞直径 D との比（土被り比） H/D が2.0～5.0となるよう設定しているが、紙面の都合上本報ではそれらの結果の一部を示す。

3. 空洞断面収縮時の空洞周りの応力変化

ここでは応力変化の分布を明らかにするため、作用方向を鉛直応力 σ_v 、水平応力 σ_h の二つに固定した応力に着目し、結果を整理している。図-4は、 $H/D=2.0$ 時における初期の空洞直径に対してそれぞれ1%、5%収縮後の σ_v 、 σ_h の正規化量分布を示している。これらの正規化量は、それぞれの箇所での初期土被り圧で正規化している。まず σ_v の分布に着目すると、1%、5%収縮時の両者において、空洞の上方および下方での減少、空洞中心から水平方向に $1.0D \sim 1.5D$ 離れた範囲での一様な増加傾向が確認できる。空洞天端深さの σ_v の分布は、一般的な降下床実験の結果と同様な分布の結果を得ていることが分かる。一方 σ_h の分布は、空洞側方部での顕著な減少傾向とともに、空洞中心から鉛直上方に $1.0D$ 離れた範囲を中心とした増加領域が展開しているこ

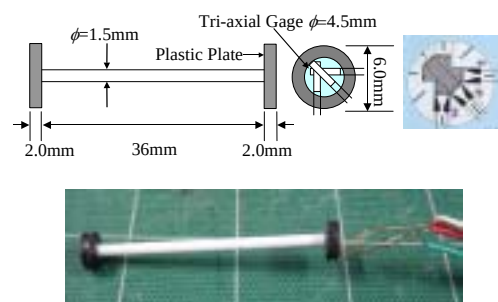


図-1 小型応力測定装置（応力計）

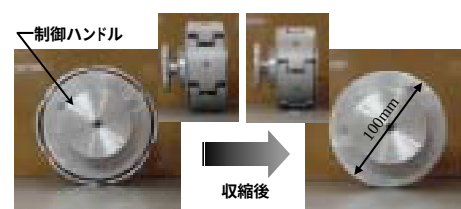


図-2 空洞模型による断面収縮の再現

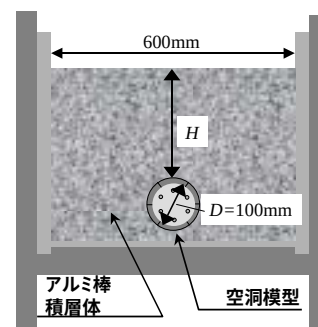


図-3 実験土槽

連 絡 先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2618

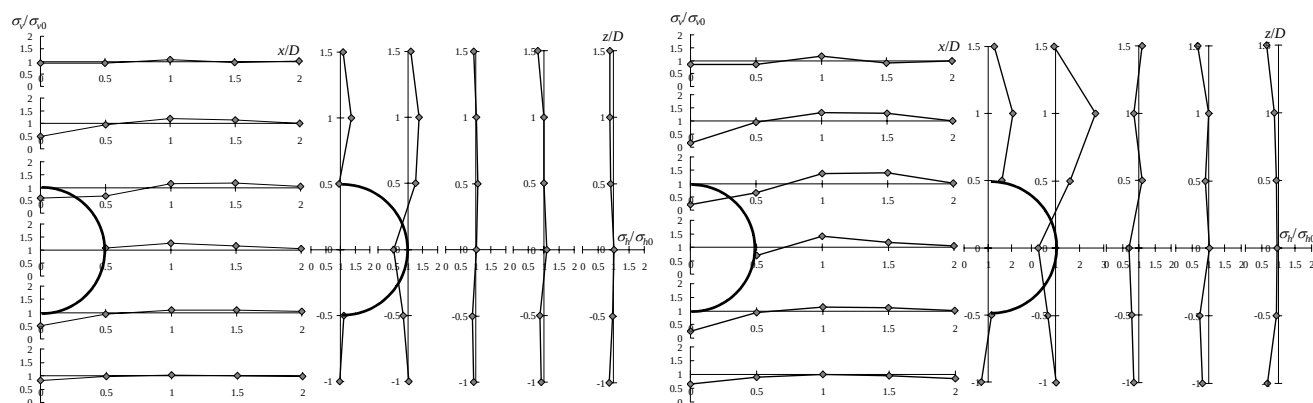


図-4 仮想鉛直，水平断面に作用する σ_v ， σ_h の分布（左：1%収縮時，右：5%収縮時）

とが確認できる。図-5は，初期応力で正規化した水平応力に対する鉛直応力の比と定義した， K_n の値の分布を表している。両者の比により，地盤内応力の偏在の程度を表す目安であり，値が1から離れるほどその程度が顕著であることを示す。これによると，空洞から上方に向かって σ_h が卓越する領域が，側方に向かって σ_v が卓越する領域がそれぞれ展開していることから，アーチ作用の形成が推定できる。そこで例えば，図-6に示す空洞側方における空洞の収縮量と初期応力で正規化した σ_v ， σ_h との関係に着目すると，図-7に示す空洞断面の収縮にともなうアーチ作用の形成過程が推測できる。すなわち，収縮に伴う σ_h の減少の後，空洞側方からアーチ作用の働きによる σ_v の増加が生ずるが，その領域が拡大するに従い σ_v は減少する傾向に転ずるといことが図-6から解釈できる。

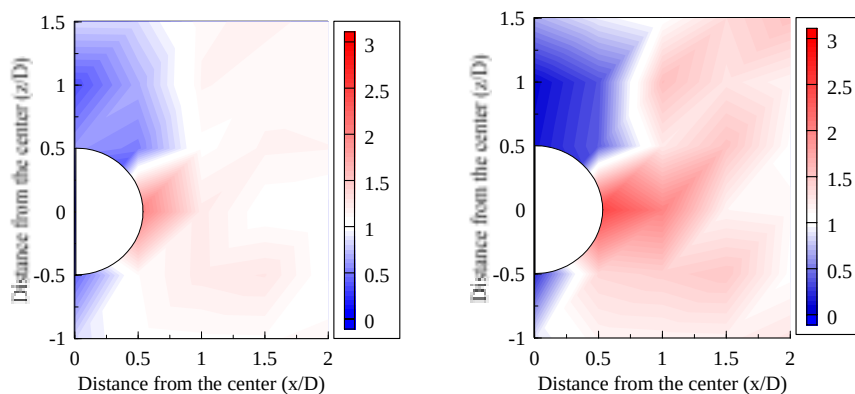


図-5 K_n 値の分布（左：1%収縮時，右：5%収縮時）

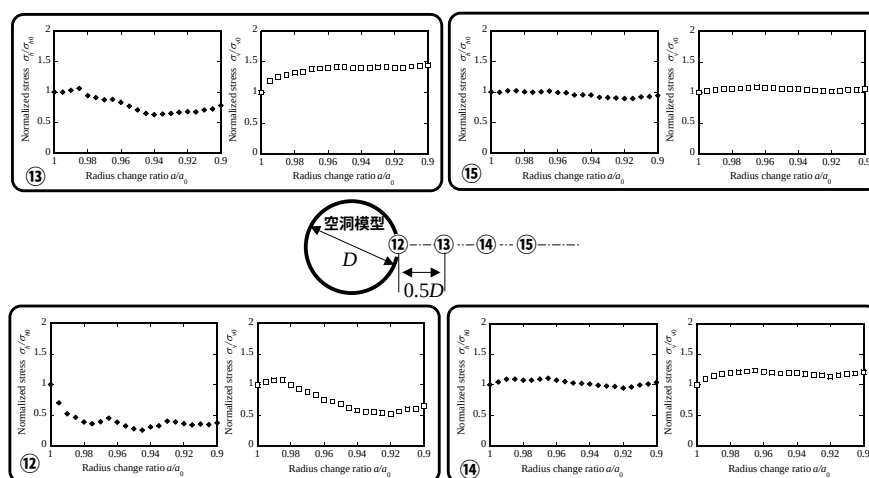


図-6 空洞側方での σ_v ， σ_h の変化

4. おわりに

本報では，空洞断面収縮時における空洞周りの地盤内応力変化に着目した，力学的挙動の基本的なメカニズムに関する考察を述べた。今後は，遠心場での実験を含めた実地盤の状況により近づけた検討を進めるとともに，これを念頭に置いた新たな地盤内応力の計測方法の開発についても，取り組んでいきたいと考えている。

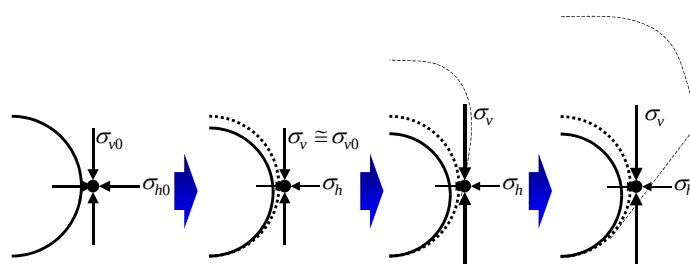


図-7 空洞側方でのアーチ作用の形成

【参考文献】1)川村ら：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，土木学会第59回年次学術講演会，pp.249-250，2004.