

深部地下空洞の近接施工による相互影響の評価

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
 長崎大学工学部 学生員 杉野秀一 長崎大学工学部 学生員○今長谷秀亮

1.はじめに

大規模な地下開発利用が注目されている中、今後多数の地下空間が開発される可能性が大きく、近接する空間の相互影響を考慮した上で、安定性を検討する必要がある。また、用地取得の観点からも、できるだけトンネル等の地下構造物を近接施工することが有利であると思われる。

本研究は、深さや地山の強度などを考慮した上で、近接施工された地下空洞の相互影響を底面摩擦試験装置を用いて実験的に評価することを目的とする。

2. 底面摩擦模型実験の概要

2.1 実験装置の概要

底面摩擦模型実験は、一定速度で移動する摩擦面上に二次元の縮小地盤模型を水平に設置し、その模型の底面に摩擦を与えることにより重力場を表現し、空洞およびその周辺地盤の挙動をシミュレートする模型実験である。この実験の特徴は、現地盤との幾何学的および力学的相似則をとともに満足でき、モデルの変形・破壊挙動を連続的にかつ視覚的に観察できることである。

2.2 画像解析システムの概要

模型の変形や破壊挙動は、図-1に示される画像解析システムによって処理される。この画像解析システムは、大別して2つのブロックに分かれる。1つは、画像を撮影し8mmビデオに記録する収録ブロック(図-1(a))で、精度を高めるためアクチュエーターを用いてズームレンズを取り付けたCCDカメラを自動的に移動させて模型を分割して撮影する。もう1つは再生画面を解析処理する解析ブロック(図-1(b))で、8mmビデオに収録された画像をパソコンに取り込み、画像処理ソフトを用いて解析作業を行う。そして実験前後の各標点の座標変化から変位ベクトルを求めることができる。

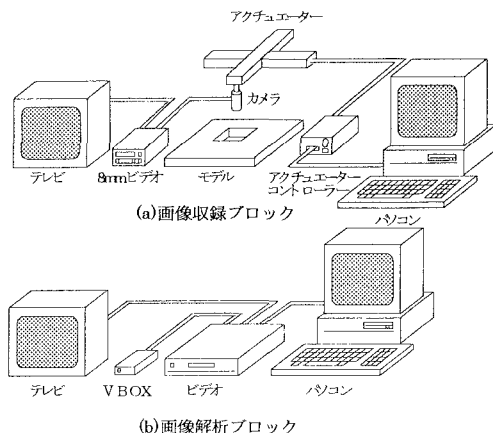


図-1 画像解析システム

3. 実験材料と実験条件

連続性地盤のモデル材料として、Karlsruhe 大学で開発された混合試料(硫酸バリウム:酸化亜鉛:ワセリンを重量比で70:21:9で配合)を用いた。模型は、この配合試料をある一定圧力で密度 ρ が 2.0g/cm^3 になるまで押し固め、 $46\text{cm} \times 30\text{cm}$ の地盤モデルを作製した(図-2参照)。この模型に直径 $D=9\text{m}$ の既設空洞を地表面下40mに掘削した場合を想定した。また、本研究では深度40mを想定するため、模型の上部からジャッキにより上載圧を、側部から側圧を与えた。実験は、既設トンネルと新設トンネルの中心間距離を $1.5D$ 、 $2.0D$ 、 $2.5D$ (D はトンネル径)と変化させ、その中で地山が破壊を生じたパターンに対して新設トンネルの深度を変化させるパターンと補強を考慮したパターンを併せ

表-1 模型と原地盤の力学的特性

	モデル	原地盤
$\rho(\text{g/cm}^3)$	2.0	2.5
$\sigma_d(\text{MPa})$	0.138	0.756
$c(\text{MPa})$	0.049	0.268
$\phi(\text{deg.})$	32	32
$E(\text{MPa})$	11.25	61.54

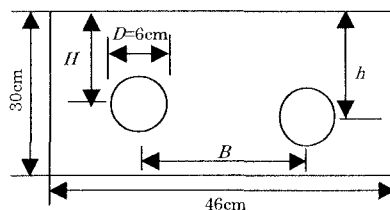


図-2 連続性地盤モデル($\Lambda=150$)

行った。なお、本研究では空洞内に支保(弾性バネ)を設置することにより空洞の変形挙動に対する補強効果を定性的に把握する。ここで、幾何スケールは $\Lambda=150$ 、模型の厚さは $t=2.0\text{cm}$ 、模型とプレートとの間の摩擦係数は $\mu=0.685$ であるため、応力スケールが $\Sigma=5.47$ と求まった。原地盤およびモデルの力学的特性はそれぞれ表-1に示す。

4.実験結果

一例として、中心間距離 $B=2.0D$ で $h/H=1.0$ のパターンと、 $B=1.5D$ で $h/H=0.6, 1.4$ の位置にトンネルを近接施工した場合の実験結果を写真-1に示す。写真-1(a)では、まず既設トンネル掘削時にトンネルの左上部と下部に亀裂が生じ、さらにピラー部にも亀裂が延びた。それから、新設トンネルを掘削すると更に既設トンネルの周辺に亀裂が生じた。また、新設トンネルの掘削のみによる変位量はほとんどなかったが、既設トンネル掘削による影響を考慮すると既設トンネル天盤の総変位量は実スケールで約 16.5cm と大きく沈下した。また、写真で掲載していないが $B=2.5D$ ではトンネル周辺にもピラー部にも亀裂はまったく確認できなかった。写真-1(b)では、両空洞周辺の挙動はほとんど確認できなかった。写真-1(c)では、既設トンネル掘削時に空洞上部に亀裂が生じ、新設トンネルを掘削するとその亀裂が更に進展し、既設トンネル周辺に多数の亀裂が新たに生じた。また、ピラー部にも両空洞を繋ぎ合わせるような亀裂が生じ、ピラー部が無補強であると完全に破壊するといえる。

以上の実験結果から、下記の知見を得られた。

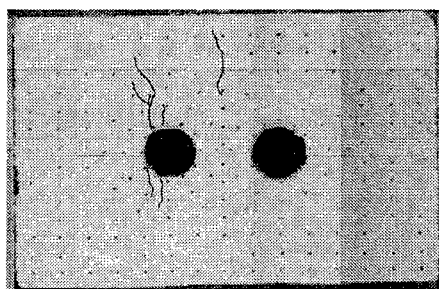
- ① 無支保では空洞の中心間距離が $2.0D$ 以内であると相互に大きく影響する。
- ② 新設空洞を既設空洞よりも上に掘削する場合は相互の影響を受けにくくなるのに対し、下に掘削する場合は既設空洞を沈下させ、相互に影響を受けやすい。
- ③ 新設空洞の掘削により既設空洞の方が新設空洞よりも大きく変形する。

5.おわりに

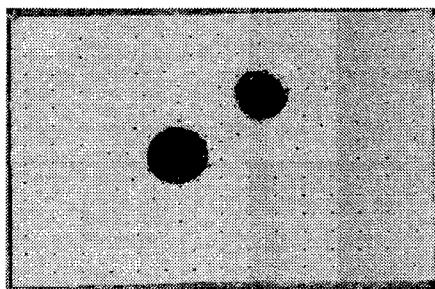
本報告では、様々な場合で近接施工された素掘りの空洞の相互影響について述べた。それらより、新設空洞を掘削することで既設空洞周辺地山の更なる変形や破壊を生じさせること、また素掘りの空洞を近接施工する場合には、空洞の中心間距離を $2.0D$ 以内とすると相互に影響し合うことが明らかになった。今後は、支保による補強を再現し、補強のある空洞の近接施工による相互影響の評価に努める予定である。

参考文献

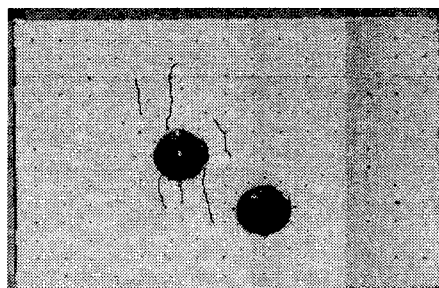
- 1) 西田・江崎・亀田・中川：九大生産科学研究報告，第74号，pp.17-26，1983



(a) $B=2.0D, h/H=1.0$



(b) $B=1.5D, h/H=0.6$



(c) $B=1.5D, h/H=1.4$

写真-1 実験結果