

トンネル安定性に及ぼす石灰岩の空洞の影響に関する研究

三寶技術團 取締役 秋哲淵
三寶技術團 社長 李斗禾

Seoul National Uni. Jeon Seok-Won
三寶技術團 取締役 金永根

Seoul National Uni. Hong Chang-Woo
三寶技術團 會長 朴慶夫

1. はじめに

岩盤内でトンネルを掘鑿すると初期應力の平行状態が崩れ應力の再分配現象が生じ、岩盤あるいはトンネルの變形が発生する。さらに、様々な大きさや形状の空洞が分布している層状構造の石灰岩内を掘鑿する場合には層理面及び空洞の影響でトンネルの應力や變形特性が非常に複雑な挙動を見せる。すなわち、石灰岩の岩盤の中でトンネルなどの地中構造物を施工するにおいて、石灰岩の空洞がトンネルの周辺に存在すればトンネルの安定性に重大な影響を与えられる(Goodman, 1976)。

本研究では縮小模型実験を行ないトンネルの周辺に石灰岩の空洞が存在する場合、石灰岩空洞の諸特性(空洞の大きさと位置、トンネルとの離隔距離、空洞の充填状態など)によってトンネル挙動や安定性に如何なる影響を与えるかを実験的に検討・分析した。

2. 実験模型

2.1 次元解析

現場の石灰岩と模型実験材料との物性値を比較して縮小率を計算し(Table 1)、層状構造の石灰岩中でのトンネルの縮小模型を製作した。

Table 1. The scale factors of the experimental models

Physical Property	Dimension	Karstic Limestone	Scaled model	Scale
Length	[L]	Tunnel width : 12 m Tunnel height : 9 m	Model tunnel width : 9 cm Model tunnel height : 6.75 cm	1/133
Mass	[M]			$1/(4.92 \times 10^6)$
Time	[T]			1/11.5
Density	[ML ⁻³]	2.68 g/cm ³	1.28 g/cm ³	1/2.09
Young's modulus	[ML ⁻¹ T ⁻²]	110,000 ~ 660,000 kg/cm ²	1200 kg/cm ²	1/280
Strength	[ML ⁻¹ T ⁻²]	300 ~ 1200 kg/cm ²	5 kg/cm ²	1/280
Acceleration	[LT ⁻²]			1
Poisson's ratio				1

2.2 実験模型の形状及び実験装置

石灰岩の密度、一軸圧縮強度、弾性係数などを考慮し、砂:石膏:水の重量比率の3:1:2の混合物を模型材料として用いた。また、模型は角度30°の層状構造を含む横48 cm、縦48 cm、高さ10 cmの大きさに製作した(Fig. 1)。

実験装置は油圧式の二軸圧縮装置として4方向に20トン容量の複動式ラムが設置されており、装置の大きさはFig.3のように横150 cm、縦150 cm、高さ20 cmであり平面歪み条件下で実験を行った。模型試料に加わる應力は垂直應力と水平應力の比が1:1となるように調節した。また、荷重は0.5 kg/cm²ずつ増加しながら、段階毎に写真撮影を行ないトンネルや岩盤の變形様子を記録した(Fig. 2)。

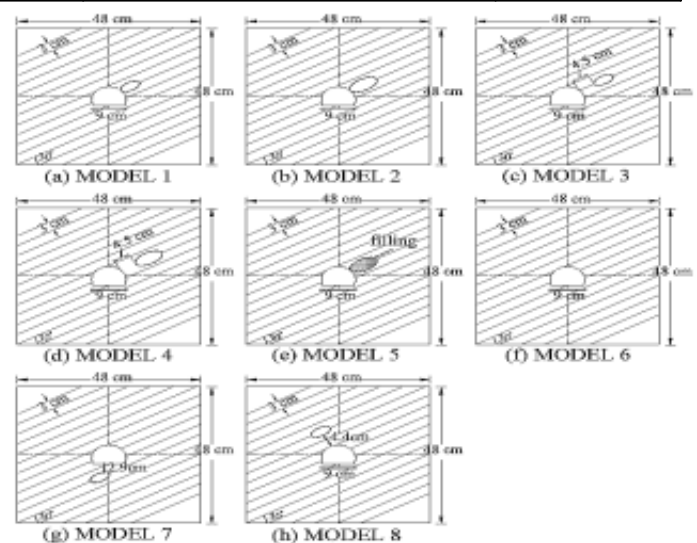


Fig. 1. Eight different models

キーワード トンネル、石灰岩、空洞、模型実験、補強

連絡先 〒138-834 200-2 Pang-i 1 Dong, Songpa-Gu, Seoul, Korea SAMBO ENG. CO., LTD. TEL 02-3433-3000

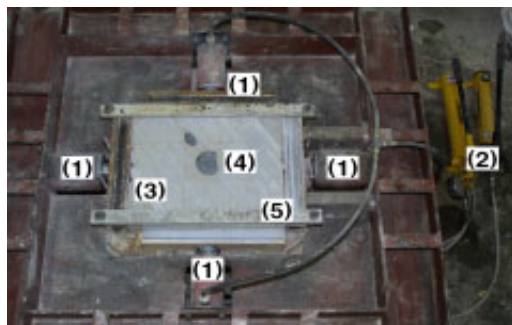


Fig. 2. The biaxial testing machine: (1) loading rams, (2) loading hand pumps, (3) specimen, (4) tunnel and cavern excavated in the specimen, (5) restraint to keep the specimen in plane strain

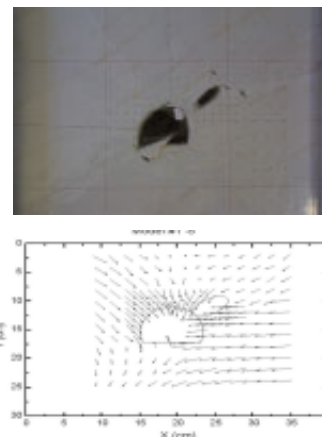


Fig. 3. The photograph and displacement vector plot of Model 1 (Typical results)

3. 実験結果及び結論

空洞の大きさや位置、トンネルとの離隔距離、充填状態などを組合わせて製作した8種類の異なった模型試料に對して二軸圧縮実験を行ない下記のような結果が得られた。

- ① 空洞の大きさや位置のうち、位置はトンネルの安定性に及ぼす影響は比較的に少ないが、空洞の大きさでは大きいほどトンネル周辺での變形量の多いことが觀察された。
- ② 空洞とトンネルとの離隔距離がトンネルの安定性に及ぼす影響に對する實驗では、空洞の大きさより空洞の位置の依存性が強く、トンネルに近づくほど變形量が大きいことがわかった。これは、トンネルの安定性に何らかの問題を引き起こす可能性が大きいので追加補強が要求される。
- ③ 空洞の位置がトンネルの安定性に及ぼす影響を整理すると次のようである。
 - ・ 空洞がトンネルの右上側にある3番模型の實驗結果、力學的安定性は比較的に保たれているが、掘鑿の際に空洞中の充填物の急激な放出に注意しなければならない。
 - ・ 空洞がトンネルの下部にある場合でも力學的には安定するが、運營時の交通荷重などを考えると空洞をモルタルなどによる充填補強が必要と思われる。
 - ・ 空洞がトンネル左上側にある場合が實驗結果のなかで最も力學的に不安定であった。
- ④ 空洞の充填の効果を調べた實驗では充填しない場合にはトンネルの左上側で大きな變位が発生したが、充填したときには僅かな變位しか発生しなかった。さらに、充填された空洞の付近では應力集中は殆んど見られず石灰岩の空洞の補強工として充填工法が最も適切であると思われる。

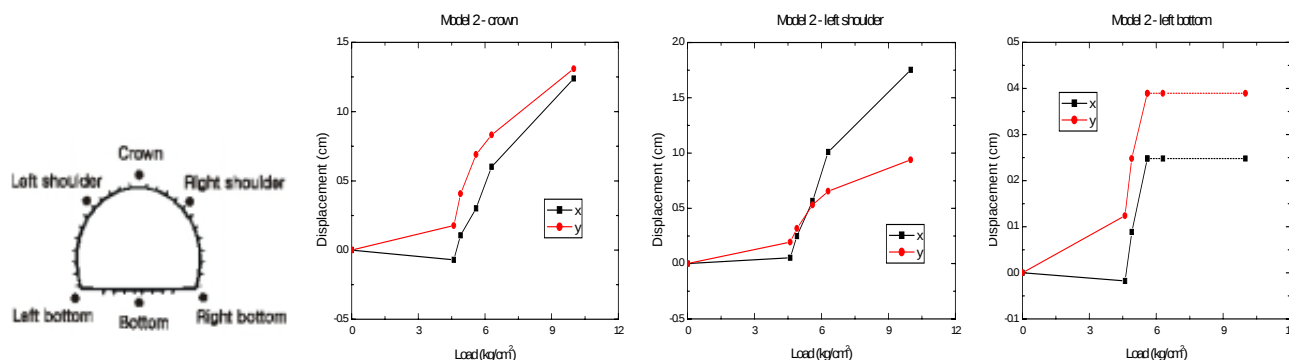


Fig. 4. The load vs. displacement plot around the tunnel of Model 2 (Typical results)

4. 参考文献

R.E, Goodman, 1976, Methods of geological engineering in discontinuous rock; West Publishing Company.