

応力制御型トンネル掘削シミュレーション実験装置の改良と検証

神戸大学工学部 正会員 芥川 真一
 神戸大学大学院 学生員 ○吉田 千
 神戸大学工学部 学生員 得能 達生

1. はじめに

著者らはエアバッグを用いた応力制御型実験に注目し、アルミ棒積層体を地盤材料としたトンネル掘削シミュレーション実験を行ってきたが、エアバッグを1個だけ用いて行う実験¹⁾においては、トンネル周辺地盤の初期応力状態を的確にモデル化できないという難点があった。そこで、今回は複数のエアバッグをもちいて初期応力状態を現実のものに近くし、掘削シミュレーション実験を行い、これまでに得られているエアバッグ1個だけの実験結果と比較した²⁾。また、側圧による降伏部への影響³⁾を考慮にいれて、トンネル周辺の変形挙動と作用土圧の相互作用について基礎的な実験装置の動作確認を行った。

2. 側圧比を0.7とした基礎実験の概要と結果

実験は、内寸幅90cm、高さ65cm、奥行き5cmの十分な剛性を持つ枠内で行った。その枠内にD(直径)=15cmの2次元横断面トンネルモデルを設置し、その内部を実際の土圧の状態に近づけるために6つに分割し、それぞれにエアバッグが設置できるようにした。また、実験領域はトンネルモデルより左右2.5D、下0.5D確保した。地山材料には、アルミ棒積層体を用い、図-1に示すような圧力制御装置でエアバッグ内の圧力をそれぞれの土被り圧に等しくなるように調整しながら、所定の土被り高さ $H(=1D)$ まで積み上げ、地山を作成した。そして、掘削をシミュレートするために土被り圧より減圧ピッチ0.98Kpaで、各減圧ステップにおいては変形が収束したとみなされるまで圧力を保持しながら徐々に減圧し、地山の崩壊までの挙動を観察した。

天端においては図-2の沈下曲線を見ると、どちらのケースも勾配の急な直線的な部分から始まっている。そして、次第にカーブを描き始め、減圧に対する変位増加も増えていくことがわかる。このことは変形の進行に伴う地山材料特性の変化が生じている事をよく示している。また、従来の実験では天端でのエアバック圧力が12.25KPaで崩壊しているのに対し、今回の実験での崩壊時における天端部のエアバック圧は5.88KPaと今までのものより大分小さくなっている。これは今まで考慮されていなかったトンネル側部、下部の空気圧が影響を与えたものと考えられる。これまでの実験結果を天端部において見れば、今回の2倍以上の値と非常に大きな差があったことが伺われる。さらに、崩壊時の圧力を示す最小支保圧力の数値を表-1に示す。最小支保圧力は1系統では11.27KPaだったが、6分割トンネルに上段から3段階の圧力を送った3系統の場合、圧力平均は9.73KPaと減少した。一方、トンネル下部の影響をみるために側部と下部の圧力を等しくした2系統においては10.19KPaと上昇した。これにより最小支保圧に関しては、トンネル側部から下部にかけての影響が強く反映されることがわかる。

3. 側圧比を変化させた実験の概要と結果

側圧比を変化させた実験は、内寸幅90cm、高さ70cm、奥行き5cmの鋼枠で行った。トンネル径、実験領域も上記と同様である。次に、図-3のように枠の内側の両側面部と底面部に台を設置し、その領域での土圧を測れるように、ロードセル(幅25mm)を5cmの間隔で計28個設置した。なおその間にはロードセルと同形のダミー(幅25mm)を設置し、隙間ができないようにした。また、側面部のフレーム枠を押すことのできるボルトが3本ずつ備わっており、必要量の強制変位を与えることにより、側圧を変化させることができるようにした。アルミ棒を土被り高さ1Dまで積み上げた場合、側面部にかかる水平荷重の最大は受圧幅25mmに対して約500gf、底面部にかかる鉛直荷重は平均で約700gfであることより、1Dにおける側圧比は0.7であった。ここで図-5にロードセル計測値の初期及び終局値を示す。また側圧比を1.4と2.0に上昇させ、圧力制御装置によってエアバックの空気圧を減圧し、地山の崩壊までの挙動を観察した。この時の天端沈下曲線を図-4に示す。側圧比が1.4の場合、崩壊時期は最小支保圧力が4.90KPa

Keywords: 土被りの浅いトンネル、応力制御型実験、最小支保圧、側圧比

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 Tel 078-803-6015 Fax 078-803-6069

の時点と、通常の時より遅くなった。これは側圧が増したことが影響したものと思われる。また、側圧比が 2.0 の場合も同様に崩壊は 4.90 KPa であった。これらより、側圧が増すことで地山の安定は増し、最小支保圧力は減少することがわかる。

4. 結論

側圧比を変化させた実験により、地山の側圧比が増す場合、地山の最小支保圧力は減少し、トンネルは安定することが示された。また、6 分割実験を従来までのものと比較すると、圧力を 4 系統にし実際の地山応力状態に近づけることで、これまで行われてきた 1 系統のエアーバック実験よりも地山の安定が増した。これはこれまで考慮されてこなかったトンネル側部、下部の応力状態の影響が大きいことを示すと考えられ、今後さらに詳細に検討する必要があると思われる。

参考文献 1) 桜井春輔, 川嶋幾夫, 川端康祝, 皿海章雄: 土被りの浅いトンネルの力学的挙動に関するモデル実験, 木学会論文集, No.487, pp271-274, 1994.3. 2) 得能達生: エアーバックを用いた応力制御型のトンネル掘削実験の改良, 神戸大学工学部建設学科, 卒業論文, 2001. 3) Wong,R.C.K, Kaiser,P.K, Performance assessment of tunnel in cohesionless soils, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE,vol.117, no.12, pp.1880-1901, 1985

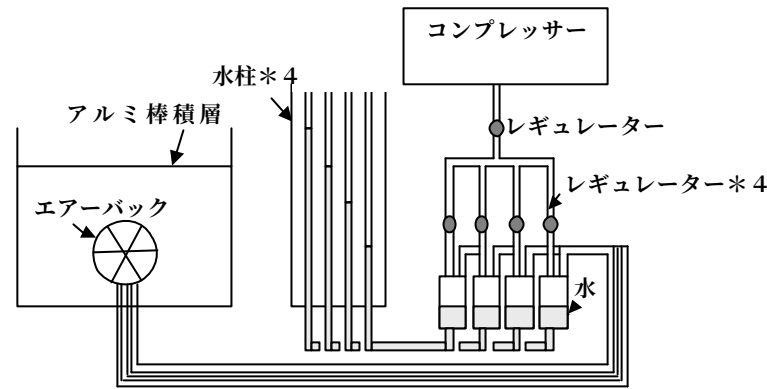


図-1 圧力 4 系統制御型実験装置

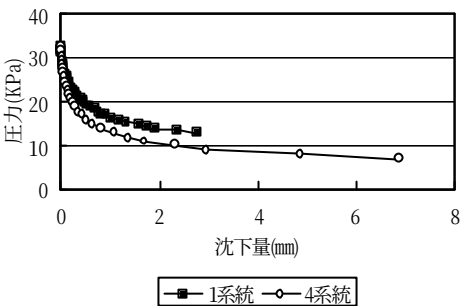


図-2 天端沈下曲線(6 分割実験)

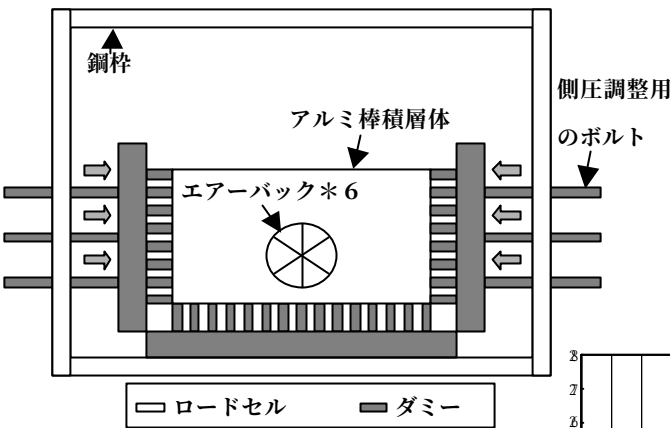


図-3 側圧用実験装置

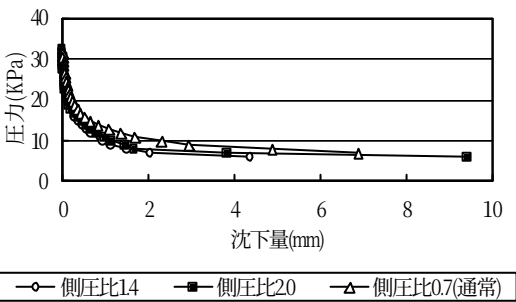


図-4 天端沈下曲線(側圧実験)

表-1 応力分布の変化に伴う最小支保圧の比較

従来	3系統	2系統
11.27	(天端) 5.08	(天端)8.82
	(側部) 8.72	(側部)10.88
	(下部)14.60	(下部)10.88
	(平均) 9.73	(平均)10.19

(単位: KPa)

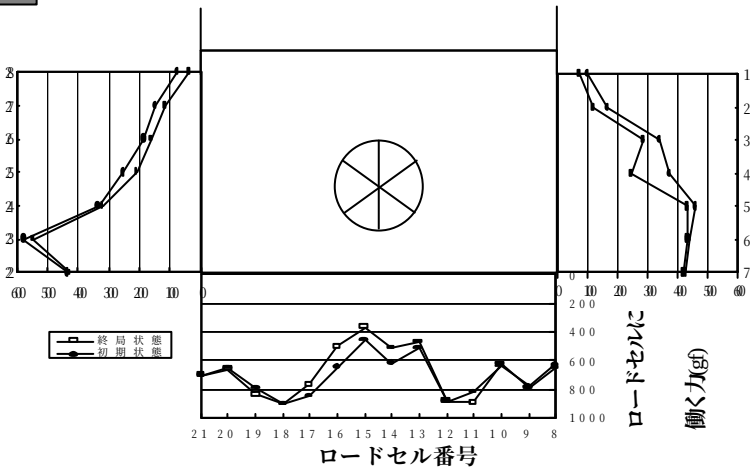


図-5 側圧比 0.7 においてロードセルに働く荷重