

トンネルの支保効果に関する基礎的研究について

京都大学防災研究所 正員 足立 紀尚
 " 正員 八嶋 厚
 京都大学大学院 学生員 〇木村 亮

1. はじめに

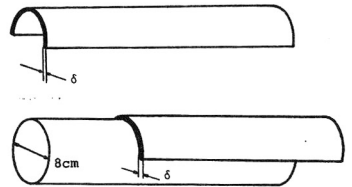
"地山は緩めずに弾性変形させる" ということとは、柔軟な1次覆工によって反力を与えながら、地山が平衡状態に落着くまで変形を許すことであり、これにより、1次覆工内に過度の曲げモーメントが発生せず、地山への反力が一様分布となる。このことは、トレーシングペーパーのように薄い覆工でもあらかじめ設けておけば、先の研究で明らかにしたように、土かぶり50cmの乾燥砂中に直径8cm程度のトンネルを掘削できるということを意味する。

そこで、本研究はトンネル掘削をある程度シミュレートするために、トンネル周辺部の地山に前もってゆるみを与えた同様の土槽実験と(試料として乾燥砂を用いた)、ゆるみ減衰などのように拡大するのを見るために、アルミ棒を用いた降下床実験を行った。

2. 実験概要

(1) 緩みを与えた後覆工する場合の支保効果に関する実験(実験A)

i) ケント紙とガムテープで厚さ1mm及び3mmの図-1(a)に示す半円筒を作る。ii) 半円筒を図-1(b)のように覆工の上面に載せる。iii) 覆工と半円筒を密着させた状態で砂を入れ締固める。iv) 金属円筒を引き抜く前に、半円筒を土槽内から引き抜くことにより、地山を緩めたこの状態でトンネルが破壊するまでの切羽の進行量(トンネル掘進長と呼ぶ)を記録する。



(2) アルミ棒による降下床実験(実験B)

長さ50mmのアルミ棒を水平に積み上げた積層体として地山を形成させるが、積層体は直径1.6mm及び3mmのアルミ棒を、標準砂の粒径加積曲線にほぼ平行になるように、重量比3:2で混合して準備した。降下床の降下量測定はダイヤルゲージを用い、土かぶりは30cmを採用した。また左右の仕切り壁間の距離は約50cmであるが、降下床幅(8cm)及び土かぶりに対して十分広く、トンネル周辺地山の動きに対して影響を及ぼさないものと思われる(写真-1参照)。

図-1 覆工材料の概観

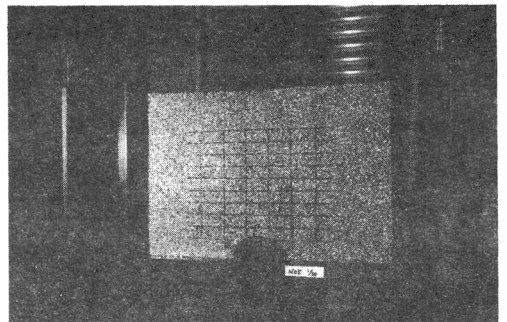


写真-1 アルミ棒を用いた降下床実験装置

降下床の降下による地山の動きは、地山に固定

Toshichisa ADACHI, Atsushi YASHIMA, Mamoru KIMURA

したカメラを用いて、降下床が所定量を降下する間の変化を同一のフィルムに重ね撮りすることで記録した。これによると降下床の降下による地山の緩み領域は、不鮮明な画像として写り、地山の移動部分を調べることができる。

3. 実験結果

実験Aの結果を図-2に示しているが、ばうつきはあるものの緩み量 $\delta=1\text{mm}$ では掘進長8cm前後で破壊し、他方緩み量 $\delta=3\text{mm}$ では掘進長7cm前後で破壊に至っており、緩み量が0から3mmと増加するに従い掘進長は減少して不安定となる様子がわかる。これは、地山を緩めることによってトンネル近傍地山内の応力分布が変化し、覆工反力が一様とならず、覆工内部に曲げモーメントが発生することによるものと考えられる。

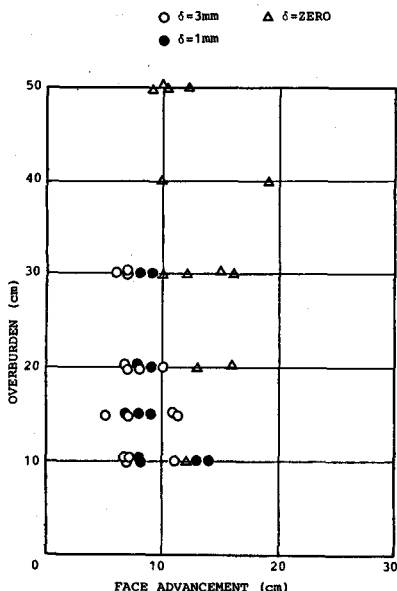


図-2

緩み量と掘進長の関係

実験Bにおける重ね撮り写真結果を図化したものを図-3に示す。図-3から緩み領域はトンネル肩部より一種のすべり面が形成され、降下量が增大するにつれてうすくのたのように上部に拡大している。降下床の形態がトンネルと同じ場合、2次領域²⁾と静止領域を分ける外側境界面はスプリングラインから上方40°のあたりでトンネル壁面と交わり、外側境界面を境にトンネル土圧が不連続、すなわち外側域に応力集中が生ずるものと考えれば、実験Aにおいて、変形がトンネルの肩の部分から始まることが観測された事実をうまく説明できる。

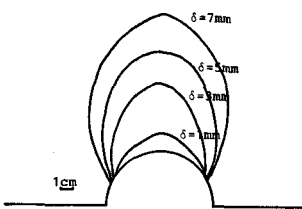
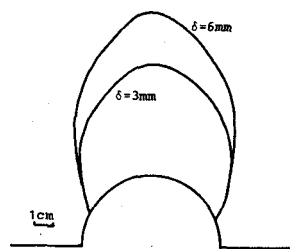


図-3

緩み領域が拡大して
いくようす

4. おわりに

本研究より得られる主な知見は、

- (1)、地山を緩めると地山は不安定になり、掘進長は減少する。
- (2)、トンネルはスプリングラインから上方45°近辺で破壊が発生する。
- (3) トンネル掘削に伴って、ゆるみ領域はトンネル天端上部方向に拡大していく。

(参考文献)

- 1) 足立紀尚, 竹田一夫, 新川正典: トンネルの支保働界に関する実験, 土木学会第36回年次学術講演会講演概要集第3部, 1981, pp.428~429.
- 2) 村山孝郎, 松岡元: 砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第187号, 1971, pp.95~108