

トンネル切羽の動的崩壊実験とその数値解析

近畿大学理工学部 正会員 久武 勝保
 内外エンジニアリング 谷山 徳二
 関電興業(株) 角谷 俊紀

1. 緒 論

砂質系地盤内におけるトンネル切羽の動的崩壊挙動を明らかにするために、超高速ビデオ撮影による動的実験を3次元模型装置を用いて行なった¹⁾。また、崩壊挙動を定量的にシミュレートするために、CEM解析手法²⁾による結果と実験結果を比較し、予測手法の可能性について検討した。

2. 実験装置と実験手法

図-1に実験装置を示す。本実験では、トンネル軸を通る対称鉛直面に立てたアクリル板を通してトンネル縦断面内の地盤挙動を観察する。切羽の動きを制御する半円形の鏡押さえ板(直径13cm)を半円筒のトンネル覆工(外径 $D=14\text{cm}$ 、内径13cm)先端内部にセットしておき、次に乾燥砂を30cmの高さから落下させ、供試地盤を作成する。使用砂の粒径加積曲線を図-2に示す。なお、地盤の動きを捉えやすくするために使用砂を黒く着色し、これを3cm間隔でアクリル面に接する位置に水平に入れており、鏡押さえ板を坑口方向に瞬間的に移動させ、地盤の動きを超高速ビデオカメラで撮影してその挙動を捉える。鏡押さえ板の移動時において、これと地盤との間に負圧が発生しないように、鏡押さえ板にはスチールネットを取り付けている。ビデオカメラは画像信号をデジタル信号としてICメモリーに記録し、撮影終了後にカメラ内臓のマイコンで画像を構成する。標準4,500枚/秒、最高40,500枚/秒の撮影が可能である⁴⁾。

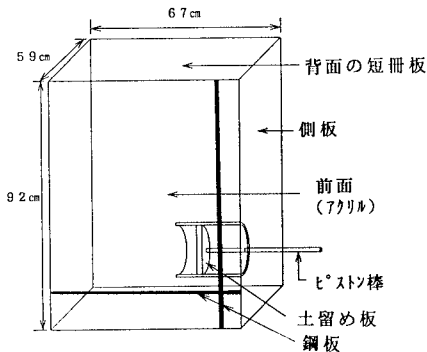


図-1 模型実験装置

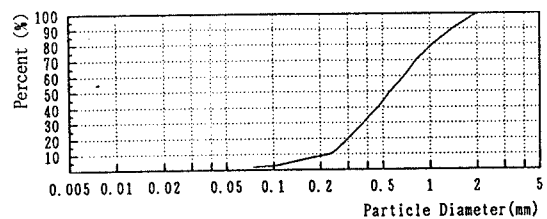


図-2 使用砂の粒径加積曲線

3. 考 察

土被り比(H/D)=1の場合について、図-3の左側に実験結果を示す。ただし、覆工上部の上下3cm程の水平な白い帯状領域は覆工をアクリル板に接着させたテープが写っており、その後方には砂が存在している。鏡押さえ板の移動直後は、切羽は静止状態を瞬間的に保った後、切羽全面が坑口方向に動こうとするが、重力の影響により切羽は斜め下方に動くことになる。静的実験では鏡押さえ板前方の水平黒砂は、当初ほぼ水平を保ちながら下方に移動するが、動的実験ではそのような状況は確認できなかった。また、動的と静的実験における相違点として、崩壊領域の広さが挙げられる。図-4は鏡押さえ板の最大移動時での静的および動的実験の崩壊領域を比較して示したものである。切羽前方地盤においては、動的時のすべり線は静的時のそれよりも前方に位置し、崩壊領域はより広がっている。この理由は、静的時には切羽は常に鏡押さえ板から土圧反力を受けており、水平拘束力を受けた釣り合状態の下で崩壊が進展しているためと思われる。またト

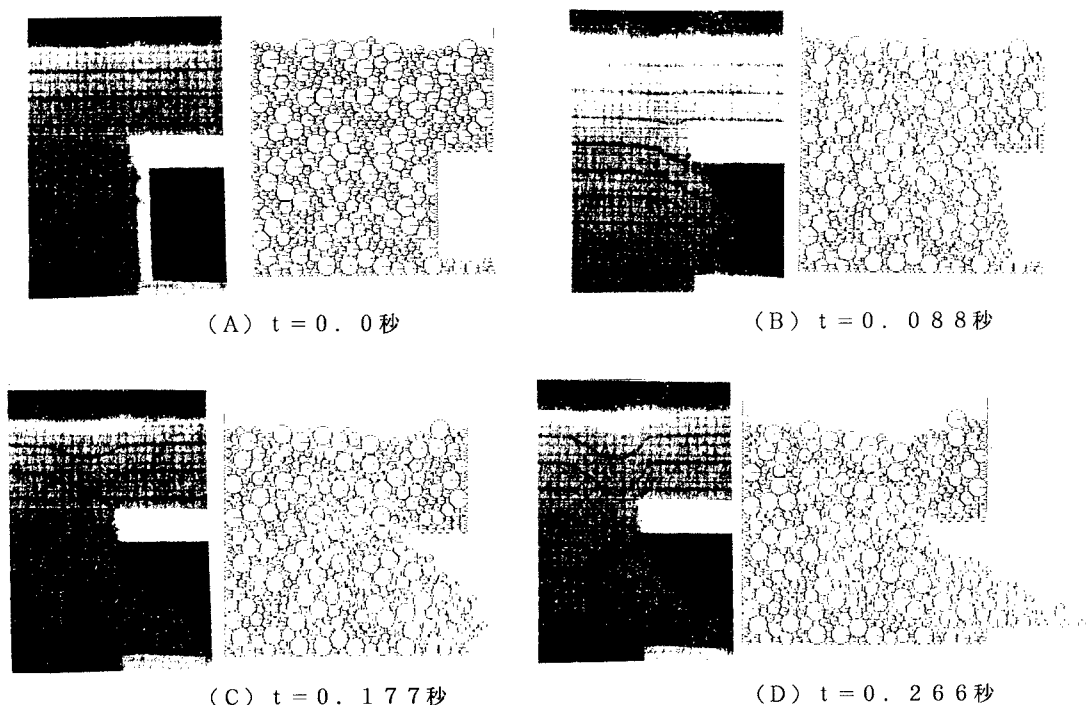


図-3 同一時刻における実験と解析の結果の比較（ t ：鏡押さえ板移動後の時間）

ンネル天端より上部においては、坑口側のすべり線は静的および動の実験であまり違いはないが、もう一方のすべり線は常に動的な場合において、静的な場合よりも t の進行方向側に発達し、したがって崩壊領域は動的時で広がる。またこの特徴は土被りが大であるほど顕著である。このように、動的崩壊は静的崩壊に比べて、速度・加速度項が加わるだけでなく、規模が大きいことを知っておく必要がある。

図-3の右側に鏡押さえ板を取り除いてからの時刻 t を一致させて実験結果と解析結果を比較して示す。ただし解析における力学定数の値は使用地盤に対応させて同定手法で決定^{1), 2), 3)}これを使用している。 $t=0.088$ 秒の実験結果は鏡押さえ板に取り付けたスチールネットからの空気流入の影響のため、砂の微粉末が坑口方向に浮遊している様子が写っているが、いずれの結果も実験での砂粒子の動きは解析結果によく対応している。

4. 結 論

切羽崩壊は動的時と静的時で大きく異なり
またCEM解析により動的崩壊挙動をある程度
定量的にシミュレートできる事が確認できた。

参考文献

- 1)久武：土木学会論文集、No.517、Ⅲ-31、1995.
- 2)Hisatake & Murakami.:Proc.Assessment and Prevention of Failure Phenomena in Rock Engineering, pp.915-920,1993.
- 3)村上・久武・松山：土木学会第49回年次学術講演会、Ⅲ部門、1994.
- 4)江藤：テレビジョン学会誌、Vol.46, No.5, 1992.

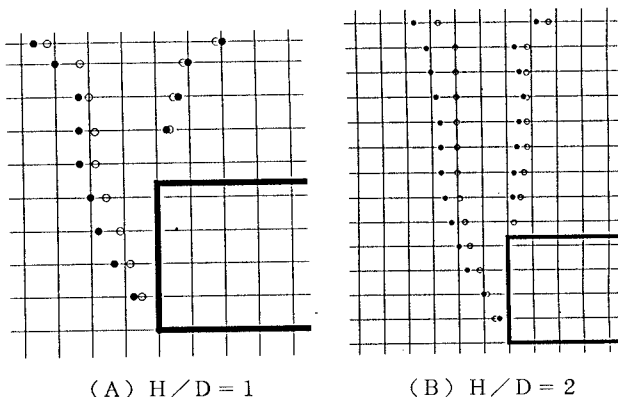


図-4 静的（○）と動的（●）時での崩壊領域の相違