

# 切羽形状が支保効果に及ぼす影響に関する研究

東京都立大学大学院 学生員 後藤良顕  
 東京都立大学大学院 フェロー 今田 徹  
 東京都立大学大学院 正会員 西村和夫  
 東京都立大学大学院 正会員 土門 剛

## 1.実験の目的

本研究では、粒状体地山を対象に、切羽形状の違いによる切羽崩壊挙動を把握し、さらに切羽安定化工法として切羽吹付けコンクリートと切羽ボルトに着目し、切羽形状がそれらの作用効果に与える影響を定性的に把握することを目的とする。

## 2.実験概要

実験装置にはベースフリクション装置を用いる。この装置によって地山モデルに静的な疑似重力を作用させ、その影響下での直壁型、楕円型、円型の3つの切羽形状の挙動特性について次の3点の検討を行った。

- (1) 切羽無支保時の切羽崩壊挙動
- (2) 切羽に切羽吹付けを施したときのその効果と切羽挙動
- (3) 切羽にロックボルト+切羽吹き付けを施したときのその効果と切羽挙動

実験は、実験装置のフレーム内に図-1のようにアクリル板によって切羽高さ100mm、長さ122.5mmのトンネルモデルを作り、地山モデルとなる円柱形の鉄塊(径が5mmと10mmのものを3:2の重量比で混合)を土被り100mmとなるように敷き詰めて行った。切羽の挙動を観察するために切羽部分のアクリル板(掘進長47.5mm)を取り除き掘削をモデル化した。切羽形状は

従来型である直壁型のほかに縦断面が半楕円形である楕円型、半円形の円型の3種類について比較検討した。また(2)では、吹き付けコンクリートモデルを2種類の紙と2種類の両面テープを用いて計3種類のモデルを作成し、実験ケースは表-1とした。(3)では、(2)で自立しなかった吹き付けコンクリートモデルにロックボルトモデルを付加して行った。ボルトのモデルにはサンドペーパー(No.60)を用い、3種類の長さを用いて行った。実験ケースを表-2に示す。

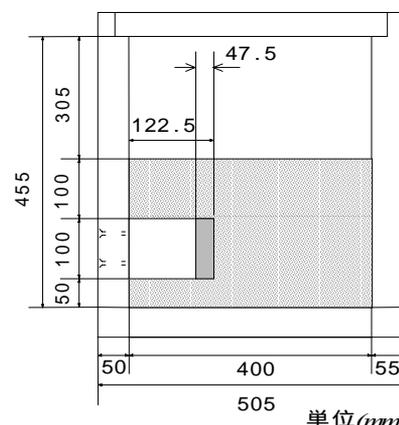


図-1 実験概要図

表-1 吹き付けコンクリートを施した場合の実験ケース

紙の種類	粘着テープの種類	タイプ名	直壁型	楕円型	円型
200ケント紙	弱粘着タイプ	200-b	○	○	—
150ケント紙	強粘着タイプ	150-a	—	○	○
	弱粘着タイプ	150-b	—	—	○

表-2 ボルト+吹き付けを施した場合の実験ケース

ボルトの長さ	切羽形状			
	直壁型 (200-b)	楕円型 (150-a)	楕円型 (150-b)	円型 (150-b)
2cm	○	○	○	○
6cm	○	—	—	—
10cm	○	—	—	—

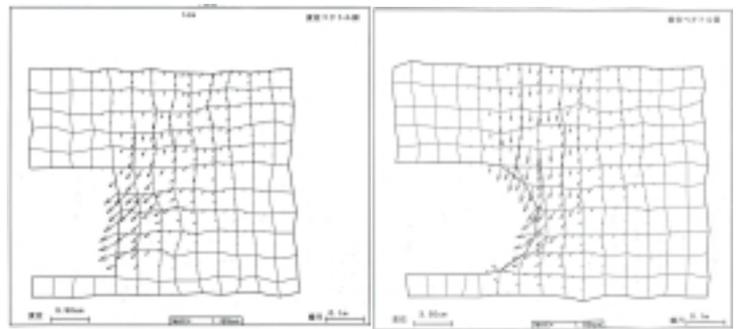
キーワード：支保効果、曲面切羽、ベースフリクション

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院工学研究科 TEL0426-77-1111 (内線 4581)

### 3.実験結果及び考察

#### (1) 切羽無支保時の切羽崩壊挙動

図-2 にスライド量 1cm 時の直壁型と円型の変位ベクトル図を示す。図から、直壁型は内空方向に流れ落ちるように変位し、切羽前方上部の地山が落ちてくるように崩壊していることが分かる。一方、円型は、切羽が無支保にもかかわらず全体的に切羽面を形成する半円のほぼ中心方向を向いていることがわかる。地山がアーチ効果を発揮させ、いったんは自立しようとするが、地山強度が低いた



直壁型（スライド量 1cm）      円型（スライド量 1cm）

図-2 変位ベクトル図

め、切羽面の形状が崩れるためだと考えられる。また、切羽の天端無支保部は変位の絶対値も直壁型に比べて大きく、崩壊した場合は直壁型に比べて円型切羽は危険性が高いと言える。楕円型も円型とほぼ同様の傾向を示している。

#### (2) 切羽に切羽吹き付けを施したときのその効果と切羽挙動

結果を表-3 に示す。曲率の大きい切羽は切羽吹き付けの作用効果を向上させることができるということがわかる。直壁型の場合、切羽に作用する土圧に対して、吹き付けの曲げ強度のみでしか抵抗できないが、曲面切羽の場合は地山との付着力が切羽形状を保たせ、切羽に作用する水平方向の応力を切羽面の円周方向に伝達させやすい状況になるように働き、その結果切羽を安定させることができると考えられる。

表-3 吹き付けを施したときの実験結果

タイプ名	直壁型	楕円型	円型
200-b	×	○	—
150-a	—	△	○
150-b	—	—	×

○安定、×崩壊、△途中まで崩壊

#### (3) 切羽にロックボルト+切羽吹き付けを施したときのその効果と切羽挙動

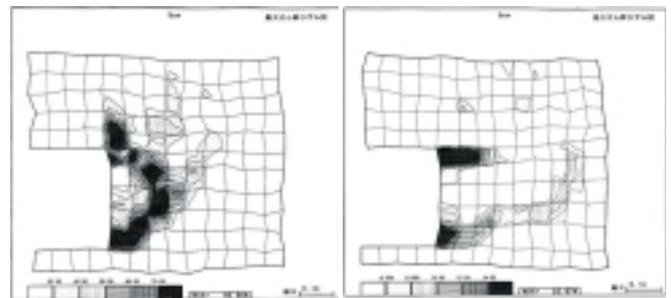
表-4 に結果を示す。(2)と同様に曲率を持った切羽ほどロックボルト+吹き付けコンクリートの作用効果を向上させている。曲率切羽において吹き付けで自立しなかったものが短いボルトを施すことによって安定している。スライド量 3cm の直壁型ボルト

表-4 ボルト+吹き付けを施したときの実験結果

長さ	直壁型	楕円型	楕円型	円型
	(200-b)	(150-a)	(150-b)	(150-b)
2cm	×	○	△	○
6cm	△	—	—	—
10cm	○	—	—	—

○安定、×崩壊、△途中まで安定

長 2cm と 10cm の最大せん断ひずみ図を図-3 に示す。崩壊した 2cm モデルは、吹き付けだけの時と比べると切羽直近の 2cm 部分（約 1 ブロック分）のひずみが減少していることから、ボルトの効果は現れているが不十分であったことが分かる。一方、自立した 10cm モデルは応力が切羽上下に集中し、下部のすべり線が地山奥に移動している。切羽部は吹き付けとボルトによって一体化されていることが分かる。



ボルト 2cm（崩壊）      ボルト 10cm（自立）

図-3 せん断ひずみ図

### 4.まとめ

本研究では以上のように3種類の実験を行い、曲面切羽の安定性に対する定性的評価を試みた。その結果、切羽に曲率を持たせることによって、切羽支保の作用効果を増大させることが分かった。また切羽に吹き付けコンクリートや、ロックボルト+吹き付けコンクリートを施した場合においても、切羽に曲率を持たせることによって、その支保としての作用効果を高めることができるということが分かった。本研究では粘着性のない粒状体地山においてのみ実験を行ったが、粘着性の高い地山や連続体地山においては曲面切羽のアーチ効果がより発揮されやすい状態となり、切羽安定化対策として非常に有利に働くと考えられる。