

Ⅲ－B11

切羽の安定性に及ぼす切羽形状の影響について

東京都立大学大学院	正会員	西村和夫
日本工営（株）	正会員	堀本 潤
東京都立大学大学院	フェロー会員	今田 徹
東京都立大学大学院	正会員	土門 剛

1.はじめに

近年山岳トンネルでは大断面トンネルの需要が高まっている。また最近では大型掘削機の導入に伴い、その対応性から、全断面掘削による施工への転換が進められている。このような場合切羽安定化対策としては、切羽吹き付けコンクリート工、切羽止めボルト工などのような補助工法の採用が検討されるが、経済性及び安全性に難があり、今後は全断面掘削に対応でき、なおかつ経済性及び安全性の高い新たな切羽安定化対策の方法が求められている状況にある。その方法の一つとして、切羽面に曲率を持たせドーム状に掘削し、そのアーチ効果を利用して切羽の自立性を高めるという方法が考えられる。

本研究はこのような曲率を持った切羽、すなわち曲面切羽の形状効果について定性的な把握を目的として模型実験により検討を加えたものである。

2.実験概要

実験装置にはベースフリクションを用い、この装置のスライド板をスライドさせることによって地山モデルに静的な疑似重力を作用させ、その影響下での曲面切羽の挙動特性について次の3点について検討を行った。

- (1) 切羽崩壊挙動
- (2) 切羽に作用する緩み荷重
- (3) 切羽に吹き付けコンクリートを施したときのその効果

実験は、ベースフリクションのフレーム内（505×455mm）に図-1のようにアクリル板によって切羽高さ 100mm、掘進長 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を土被り 100mm となるように敷き詰めて行った。(1)、(3)では切羽の挙動を観察するために切羽部分のアクリル板を取り除き、(2)ではロードセルを2個設置して、更にアクリル板とロードセルの間に 0.5mm の隙間をあけて緩み荷重の計測を行った。地山モデルは、鉄塊の径が 5mm と 10mm

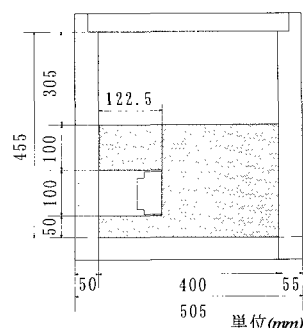


図-1 実験概要図

表-1 切羽吹き付け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	強粘着タイプ	200-a	—	○	—
	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	—	—	○
90 上質紙	強粘着タイプ	90-a	—	—	○

のものを 3：2 の重量比で混合し作成

した。切羽形状は従来型である直壁型、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(3)では、吹き付けコンクリートモデルを3種類の紙と2種類の両面テープを用いて計5種類のモデルを作成し、実験ケースは表-1とした。

キーワード：切羽の安定、切羽安定化対策、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 4567）

3. 実験結果及び考察

（1）切羽崩壊挙動

図-2 にスライド量 1 cm 時の直壁型と円型の変位ベクトル図を示す。この図を見ると、円型の切羽面下部の地山の変位ベクトルが上方方向を向いており、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。切羽面の地山がアーチ効果を発揮させ、その円周方向に応力が働き、いったんは自立しようとするが、地山強度が低いため、切羽面の形状が崩れ、このような変位を生じさせたと考

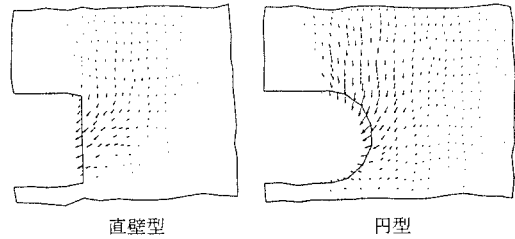


図-2 スライド量 1cm 時の変位ベクトル図

えられる。ただ直壁型はグランドアーチにより切羽前方上部の変位が抑えられているのに対し、円型は切羽上部の変位が落ちるように変位しており、またそ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）切羽に作用する緩み荷重

計測はそれぞれのケースで 5 回ずつ行ったが、そのうちまとまった 3 回を平均し、それらの値をそれぞれの切羽の緩み荷重値と考え検討を行った。結果は表-2 の通りで、直壁型に比べて楕円型の荷重値が 15% 減、円型が 32% 減となり、曲率を持った切羽はその安定を保つための内空圧を軽減させることができるということがわかった。切羽に曲率を持たせることによって、切羽に作用する水平土圧の一部を天端部及びインバート部に伝達させ、その部分の地山で支えていると考えられ、力学的観点からの曲面切羽の安定性向上に対する効果が確認できた。

表-2 緩み荷重計測結果

Data No.	荷重値(kgf)		
	直壁型	楕円型	円型
Data 1	1.40	1.21	0.77
Data 2	1.15	0.98	1.02
Data 3	1.33	1.11	0.86
平均値	1.29	1.10	0.88

（3）切羽に吹き付けコンクリートを施したときのその効果

結果は表-3 のようになった。吹き付けタイプ 200-b は全形状について行ったが、安定したのは円型だけであった。また楕円型は強粘着カタイプの 200-a で安定させることができた。

これらの結果から、曲率を持った切羽は切羽吹き付けコンクリート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った。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 切羽吹き付けを施した場合の実験結果

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

○：安定、×：崩壊、△：途中まで安定

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、切羽の安定性を向上させることができるということがわかった。また切羽に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わかった。すなわち、曲面切羽は全断面掘削における切羽安定化対策として力学上非常に合理的であり、また補助工法として切羽吹き付けコンクリートを施した場合でも経済性の向上が望めると言える。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。