

III-B 55

曲面切羽に関する研究

東京都立大学 正員 今田 徹
東京都立大学 正員 山崎 良一

1、はじめに

山岳トンネル工法は、切羽が自立することが前提である。切羽の自立性が確保されない場合は、切羽を小断面に分割して掘削する方法や切羽を補強して自立性を改善する手法がとられる。小断面に切羽を分割する方法は、基本的な方法であるが、大型の機械化施工になじまず、最近は切羽を補強して自立性を改善する手法が多く用いられている。補強の方法には、切羽ボルト、切羽吹付け、フォアパイルなどの先受け工が用いられるが、いずれの方法も施工速度の低下、コスト増加の原因となり、また、切羽直下での作業を伴うので慎重な作業が要求される。一方、機械の大型化は掘削作業を切羽から離れた支保済み区間から行う可能性を拡げてきている。未支保部分に直接入らないでも作業ができれば、小さな落石など切羽の小さな不安定は適当な機械の防護によって対処することができ、従来はできなかったより安定な切羽形状の選択が可能となる。すなわち、従来の切羽形状の選択の考え方は、リングカットにみられるように切羽前面に切羽を安定させるための地山を残し対処する方法であったが、これは切羽周辺の応力の流れからすると適当な方法ではない。応力の流れから考えると、切羽に曲面を持たせドーム上にするのが有利である。もし、ドーム状にすることによって切羽の安定性が改善されれば、特別の対策を必要としない地山の範囲を拡げることができ、トンネル施工の合理化に役立つことになる。そこで、切羽に曲面を与えたときの切羽の安定性について模型実験により簡単な検討を加えた。

2、実験方法

切羽の安定は種々の点から検討しなければならない。すなわち、初期地山応力に対する切羽周辺地山の応力分布特性と安定性、過剰応力による破壊モード、不連続面の影響による緩み、緩んだ地山の重力の直接的な作用による不安定性などの検討が必要である。本報告では切羽で最も直接的に問題となると考えられる緩んだ地山の重力の直接支配による現象についてモデル化することにした。重力の影響はベースフリクション装置を用いて近似した。用いたベースフリクション装置のテーブルの大きさは50x60cmで、その一部に曲面切羽をもうけた。実験した切羽は図-1に示すように、直壁切羽、トンネル高さの半分の奥行きを持つ曲面切羽（円形切羽と呼ぶ）、その半分の奥行きの曲面切羽（楕円切羽）及び参考として行ったベンチ型切羽の4種類である。地山には高さ15mm径5mm、高さ15mm径10mmの2種類の円柱ブロックを用い、径5mmのブロックを単独に用いた場合、10mmと5mmを混合して用いた場合の2種類の地山について実験を行った。切羽の安定性の検討は、切羽の崩壊の様子を観察することおよび切羽を安定させるために必要な水平方向の力を測定することによって行った。水平方向の力の測定は、それぞれの切羽の形状に合わせたアクリル板を作り、このアクリル板に作用する力をロードセルにより測定することによって行った。

3、実験の結果と考察

安定性に関する実験結果の例として最終段階での切羽の様子を写真-1-3に示す。写真-1は直壁切羽であり、早い段階から不安定になり、地表面における沈下が広い範囲に及んでいる。写真-2は楕円切羽で、崩壊はしているが直壁切羽に比べると地表面における沈下の範囲は狭くなっている。写真-3は円形切羽で崩壊せず安定を保つ

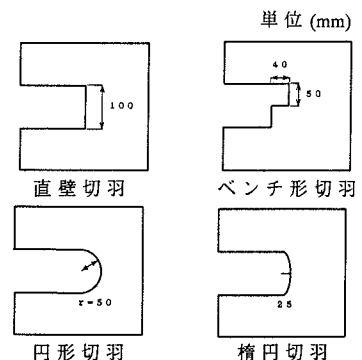


図-1 切羽形状

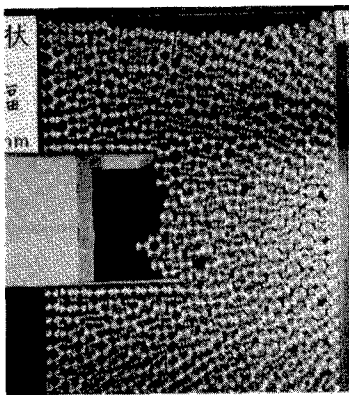


写真-1 直壁

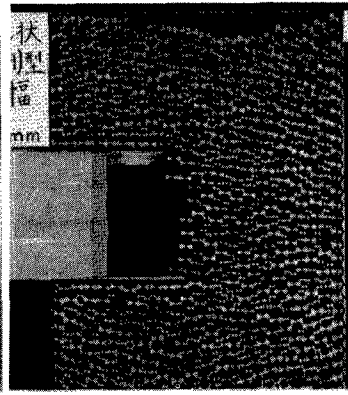


写真-2 楕円

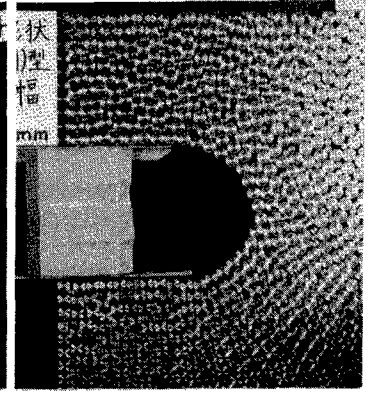


写真-3 円形

ている。ベンチ形切羽は、直壁切羽より安定性はよいが、ほぼ同様の傾向を示している。径5mmのブロックを単独で用いた場合は、すべての切羽の形状で崩壊した。崩壊の様子は円柱という形状に支配されて正三角形にブロックが形成されて崩壊していくという様子が観察され、一旦崩壊が生ずるとその範囲は円形切羽の方が広くなる傾向が観察された。崩壊が生じてしまうと切羽の形状が失われることになり、切羽の観察からのみでは安定性は評価できない。切羽の形状を保つことが必要であり、そのために必要な条件を明らかにする必要がある。

切羽の安定化の対策には種々の方法が考えられ、それぞれの対策と切羽の形状との関係を明らかにする必要があるが、ここでは切羽圧との関係で評価することとし切羽形状を保つために必要な力を測定した。測定の結果を図-2および図-3に示す。図-2は径5mmの場合であり、図-3は混合地山の場合である。いずれの場合も直壁切羽が最も大きな力を必要とし、次に楕円切羽、最も小さいのが円形切羽となっている。曲率が大きい切羽の方が切羽を安定にする力は小さくて済み、曲面切羽は切羽形状として有利な形状であることを示している。また、径5mmと混合の場合を比較すると必要とする力は半分程度になっており、地山そのものの安定性を表す結果となっている。

4、おわりに

山岳トンネルにおける切羽の形状はベンチ形切羽のように切羽を押さえる機構で形状が選ばれてきたが、ここでは応力的に有利な形状として曲面切羽を検討した。その結果、曲面切羽は切羽形状として安定性に優れた形状であることを示す結果が得られた。切羽安定化対策として吹付けコンクリートが広く用いられているが、直壁切羽より曲面切羽の方が吹付けコンクリートは有効に働くのは明らかであり、安定化対策の点からも有利で、曲面切羽の実用化の検討が望まれる。なお、本研究における実験は生天目慎一君（現日本道路公団）の手を煩わした。ここに謝意を表する。

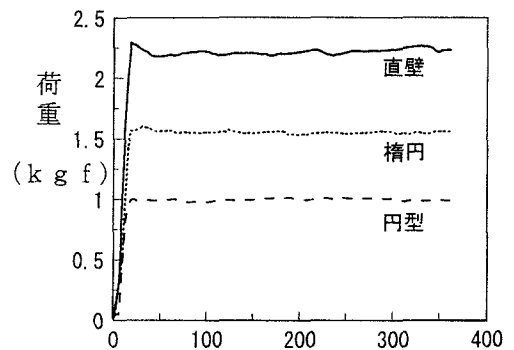


図-2 径5mmブロック単独

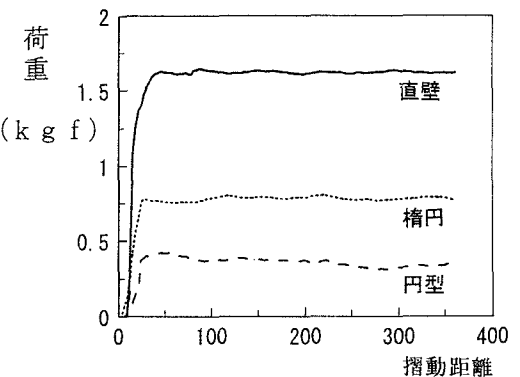


図-3 10mmと5mmの混合