

切羽の形状が安定に及ぼす効果

首都大学東京 学生会員 ○疋島 大彰
正会員 西村 和夫
正会員 土門 剛

1. 研究背景と目的

近年，都市部未固結地山での NATM によるトンネル施工が増え，さらに施工コスト縮減を目的とした大型機械による全断面掘削が増えてきている．しかし，全断面トンネルでは一時的に無支保となる切羽面積が大きくなり切羽の安定性が問題となる．とくに，強度の低い未固結地山では切羽安定性の確保がより難しくなる．切羽安定を得るには一般的に補助工法の適用を考えるが，切羽をドーム状に保ちながら掘削を行えば，切羽面をアーチ効果により安定させることができると考えられる．

このような観点から本研究では，未固結粒状体地山での全断面掘削を前提として，切羽形状がトンネルの安定・崩壊に及ぼす影響とメカニズム，および切羽形状が補助工法のひとつである鏡ボルト工と組み合わせられた場合に，その支保メカニズムがどのようなになるかについて，昨年の模型実験を改良し解明することを目的とした．

2. 研究手法

2.1 実験装置および各モデルの概要

(1) 地山材料

長さ 40mm， $\phi 2.5\text{mm}$ および $\phi 5\text{mm}$ のステンレス棒を重量混合比 3:2 で混合し使用した．

昨年の実験では切羽面と地表面にスポンジを置き，実験中ステンレス棒が倒れるのを防いでいた．これにより，ステンレス棒の動きが抑制され変位の結果に影響を及ぼすと考えられる．今年の研究では切羽面と地表面にスポンジの代わりに $\phi 3.0\text{mm}$ のネオジウム磁石を棒の上に装着することにより，ステンレス棒の動きがより自由となり鮮明な動きを実現することか期待できる．また，等間隔でネオジウム磁石を装着させステンレス棒同士間の磁力により，地山に擬似粘着力を働かせることが可能である．写真 2-1 に地山材料の配置を示す．

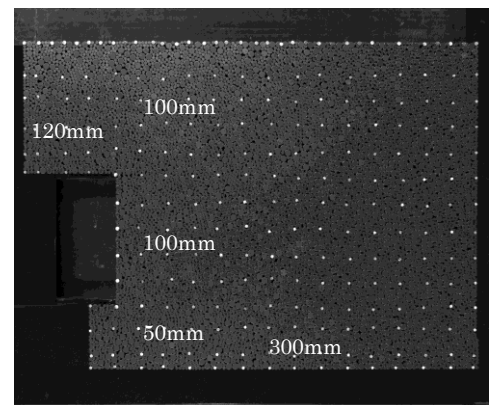


写真 2-1 地山材料配置状況

(2) 実験装置

ベースフリクション装置を用い（写真 2-2），二次元平面上で重力場を擬似的に作用させ，重力作用下における時間経過に伴う地盤挙動を静的に観察する． $\phi 5\text{mm}$ と $\phi 2.5\text{mm}$ のステンレス棒をベースフリクション上のマグネット盤の上に並べ，粒状体地山に見立てた．マグネット盤とステンレス棒両者間の摩擦を磁力により増加させた．実験はマグネット盤をスライドさせることで擬似重力場を発生させ，地山の挙動を調べた．

(3) トンネルモデル

トンネル模型は直径 $D=100\text{mm}$ とし，直壁型の切羽形状を設定した，昨年のトンネルモデル（写真 2-3）は鉄製の円柱できているため切羽面の磁石とトンネルモデルの鉄が反応し引きつけ合ってしまう．そのため磁石の影響を受けないアルミでトンネルモデルを作成した（写真 2-4）．

2.2 実験方法

直壁型の切羽を用いて，無支保時の地山挙動を高感度のカメラを用いて撮影し，動画計測ソフトとひずみ解析ソフトを用いて解析した．

キーワード ベースフリクション装置，切羽，擬似粘着力，磁石
連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 疋島大彰



写真 2-2 実験装置



写真 2-3 昨年のトンネルモデル



写真 2-4 今年のトンネルモデル

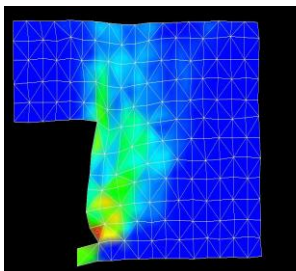
3. 実験結果

3.1 無支保時

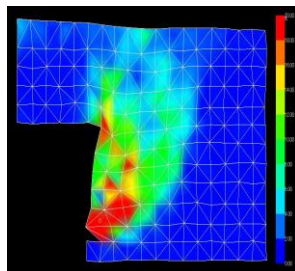
図 3-1 はスライド量 15mm 時の最大せん断ひずみのコンター図である。a) は地表面と切羽面に 10mm 間隔でネオジウム磁石を装着したもの、b) は地山内に 20mm 間隔でネオジウム磁石を装着したもの、そして c) は昨年の実験で行われた直壁型実験の結果である。

今年の実験でも昨年の実験同様、直壁型切羽はインバート部から約 60° の角度で地表面にすべり線が進展している。しかし、今年の実験はインバート部の最大せん断ひずみが昨年と比較して大きい。これはスポンジを排除したことにより、切羽近傍のステンレス棒の動きを拘束してしまっていた昨年とは異なり、今年はスポンジの代わりにネオジウム磁石を装着しステンレス棒の動きを比較的自由にしたことにより、このようにインバート部のひずみに違いが出たものと考えられる。

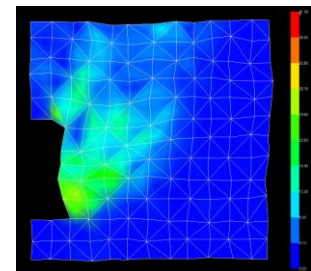
また、コンター図 a) と b) を比較すると最大せん断ひずみ分布に違いがみられる。これは、地山内に磁石の有無によって粘着力の違いを持たせることによって土塊の動きに違いが出たものである。磁石がない場合、土塊の変位は小規模なブロックの形成のみにとどまったが、磁石がある場合、地山には擬似的粘着力を有していることから、粘着力の影響範囲下にある土塊は大きなブロックを形成し、それごと変位したと考えることができる。その結果として、このようなひずみ分布のちがいとしてあらわれたものと推察される。これは粘着力の大きい地山では崩壊する際、大きな塊で崩れていく可能性もあると考えられる。



a) 切羽面と地表面に磁石を装着



b) 2 cm 間隔に磁石有り



c) 切羽面と地表面にスポンジを使用

図 3-1 無支保持の最大せん断ひずみ図 (スライド量 1.5 cm)

4. まとめ

磁石を利用した実験では昨年のスポンジを用いた実験のように切羽直近の地山を拘束することなく実験可能となった。磁石を利用することによりどんな形状の切羽面でも擬似粘着力において自立させることができる。スポンジでは作ることの難しい切羽面の形状でも作ることが可能となり、様々な形状において検証ができる。

今回直壁型での実験しかできなかったが、今後は本研究の目的でもある切羽面をドーム状にしアーチ効果による安定性の検証および補助工法である鏡ボルトの実験モデルの確立に着手していきたい。