

東京都立大 正会員 山本 稔

佐藤工業㈱ 正会員 大野一昭, 山田 稔

1 まえがき

ロックボルトはNATMにとって重要な支保メンバーの一つである。しかし、そのロックボルトの役割については未だ不明な点が多い。これは岩盤の性状によ、てロックボルトの作用効果は様々に変わってくるためと思われる。そこで、筆者らは塑性地山を対象にロックボルトの作用効果を実験的に研究する手段として落し戸の実験を重ねてきたが、今回、落し戸を2枚にして実験を行なったので、その結果について報告する。

2 実験概要

2-1 実験装置 実験槽-大きさ110×140×60<sup>cm</sup>の鋼製砂箱。底面の中央部に矩形の穴を設け、落し戸を設置する。地山材料-直径1~2<sup>mm</sup>の乾燥砂  $\gamma = 1.6 \sim 1.8 \text{ t/m}^3$ ,  $\phi = 40 \sim 45^\circ$  ロックボルト-径6<sup>mm</sup>の鋼棒で全長にわたってネジを切、てある。落し戸-大きさ16×60<sup>cm</sup>のアクリル板(厚さ13<sup>mm</sup>)2枚。中心線上に10<sup>cm</sup>間隔で6本のボルトが配置されている。落し戸は傾きをも、て設置され、その傾度は0<sup>°</sup>(水平)、15<sup>°</sup>、30<sup>°</sup>、45<sup>°</sup>とした。

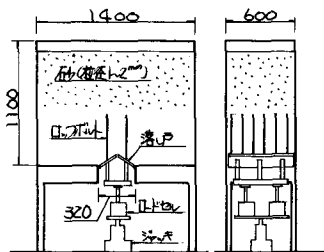


図-1 実験装置

2-2 実験方法 実験槽上部から乾燥砂を平均単重  $\gamma = 1.7 \text{ t/m}^3$  となるように一様に敷き詰め、土被り高は落し戸中の3倍(496<sup>mm</sup>)とした。落し戸はロードセルを介してジャッキで支持し、落し戸の降下と共に落し戸の反力、変位及びボルトの張力を測定した。落し戸の降下速度は1<sup>mm/s</sup>とした。実験はケース1 ボルトを重力方向に設置した場合、ケース2 落し戸に対して直角方向に設置した場合について行なった。

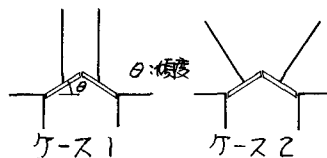


図-2 実験ケース

3 実験結果と考察

落し戸に作用する土圧を推定するため、ボルトを取り付けないで実験を行なった。図-3はゆるみ土圧(落し戸に作用する最小土圧)を示したものであり、縦軸に落し戸の反力、横軸に降下変位をとった。2枚落し戸のゆるみ土圧は1枚落し戸の4倍となった。これは落し戸に作用する土圧は全体の落し戸中Lによ、て決定される(1枚マ、て落し戸中ではなく)ことを示している。また、落し戸を傾けるとゆるみ土圧は減少する。

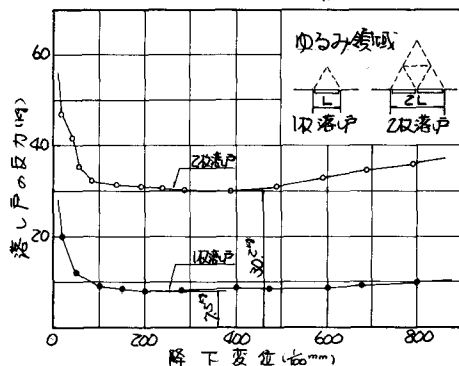


図-3 ゆるみ土圧の比較

落し戸にボルトを取り付けた場合の2,3の例を図-4,7に示す。図-4は落し戸の傾度  $\theta = 0^\circ$  (ケース1)の場合で、ボルトの張力が落し戸に作用する土圧+落し戸の自重とつり合う(図中で言うて作用土圧曲線とボルト張力が一致する)と落し戸は安定し、自立する。しかし、ボルトの長さが短く、十分な張力が得られない場合に、落し戸は単落する。図-5は  $\theta = 30^\circ$  (ケース1)の場合であるが、上記と同様にボルトの張力と作用土圧のつり合い条件で説明できる。以上のことから、次のように推定される。

(1) ロックボルトはその張力が地山の流動を止める条件を満たすように定まる。また、ロックボルトによる支保工の機能は内圧的作用に置き換えて考えられるので、他の支保工と類似している。

の落し戸に作用する土圧はボルトの存在に左右されず、降下変位によって定まる。NATMの特徴である地山強度を利用して支保することとは、この変位に伴う作用荷重の減少を意味する。

ケース2の場合の結果を図-6に示す。落し戸に作用する土圧よりも小さなボルト張力で自立する。これはボルトによって支持する方向が異なるため、小さなボルト張力でつり合い安定状態となり、落し戸は自立するものと考えられる。

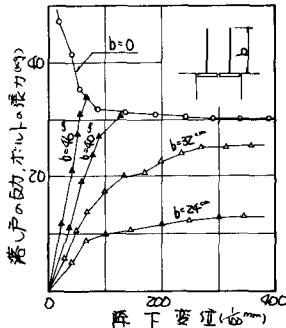


図-4 ケース1 ( $\theta=0^\circ$ )

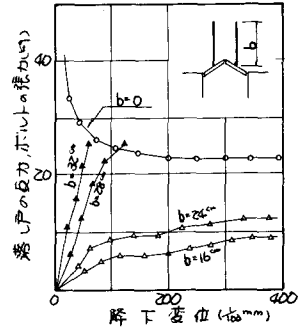


図-5 ケース1 ( $\theta=30^\circ$ )

図-7は自立した落し戸のボルト張力を解放して再び実験をくり返した結果である。降下変位が増加しても作用土圧とつり合うだけのボルト張力が得られれば、落し戸は何度でも自立する。このことは砂のような流動性地山では、ルーズになってもはげマカリ角の存在によって団体としての性質を保有するため、ロックボルトの効果も保存されることによると考えられる。したがって、ロックボルトは施工時期に左右せず、効果を発揮するものと思われる。

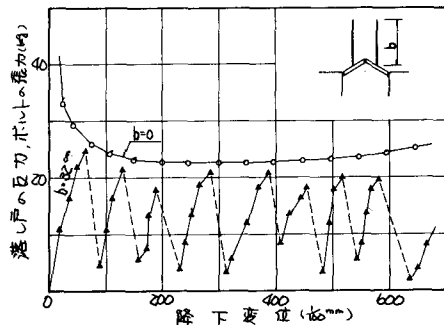


図-7 ボルト張力くり返し試験

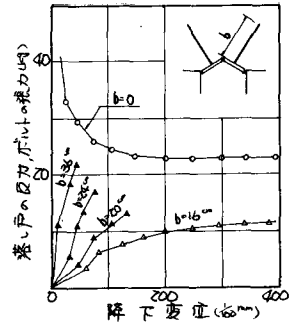


図-6 ケース2 ( $\theta=30^\circ$ )

#### 4 ロックボルトの作用効果について

岩盤の種類によってロックボルトの作用効果は大きく異なる。硬岩の場合には、トンネル周辺のゆるんだ岩層を健全な地山へめい付けるといっすり下げ効果的な働きが大きく、また砂地盤の場合にはロックボルトのせん断抵抗能力によってトンネルに作用する土圧とつり合いを保って安定を図るという働きが大きい。どちらの場合にも基本的にはロックボルト回りの地山が一体化し、一つのブロックを形成し、互いにせり持つて石積みアーチのごとく安定するものと考えられる。

岩盤の強度が低く、塑性変位が発生するような岩盤におけるロックボルトの作用効果のフローチャートを図-8に示す。

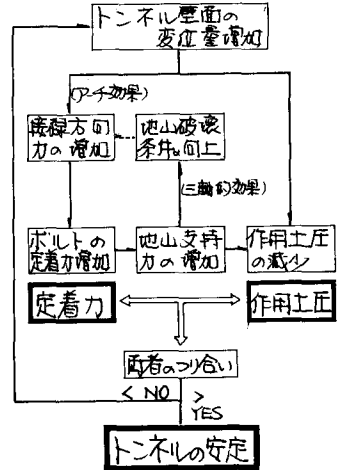


図-8 ロックボルトの作用効果フローチャート

#### 5 あとがき

この報告は模型実験によるロックボルトの挙動を明らかにし、トンネルにおけるロックボルト工の適用について考察したものである。実験は塑性地山を対象として行なったが、今後地山条件を変えてロックボルトの作用効果を実証的に明らかにしたいと考えている。

#### 参考文献

- 山本, 大野「ロックボルトの作用効果について」 第33回年次学術講演会
- 山本, 大野「ロックボルトの基礎実験-アーチ型トンネルの模型実験」 第34回年次学術講演会