

京都大学防災研究所 ○足立紀尚
 京都大学大学院 竹田一夫
 大阪ガス KK 新川正典

1. はじめに

わが国においても NATM によるトンネル工事の事例が増え、その論議も盛んである。NATM を筆者なりに解釈すると、次の要約とめられる。

- (1). "トンネルは地山で持ちこたえる" というトンネル掘削の基本概念に基づき、
- (2). 地山の強度維持と本覆工への土圧を均等に分布させ、かつ軽減さすべく"地山は緩めず弾性変形させる"という考えに立ち、それを達成するため薄肉柔覆工構造として吹付コンクリートやロックボルトを適用し、
- (3). 現場計測によつて上記機能の確保と本覆工施工時期の指示を行はう。

"トンネルは地山で持ちこたえる"や"地山は緩めず弾性変形させる"というトンネル掘削の基本概念は NATM の一々卓見特許ではなく、長年の経験から培われてきたトンネル掘削の基本的思想である。従つて NATM の獨創性は薄肉柔覆工構造として、吹付コンクリート及びロックボルトを用いて、上に述べたトンネル掘削の基本概念を具現化し、という工学的意義にあると考える。

そこで、柔覆工ならびにロックボルトの効果がどのようなものであるかを、地山材料に乾燥した豊浦砂を用い、吹付コンクリートとロックボルトを紙でモデル化した実験によつて定性的に説明を試みた。

2. 実験方法

実験には高さ 80cm、幅 90cm、奥行 30cm の土槽と直径 8cm の金属円筒を準備し、乾燥した豊浦標準砂を地山材料に用いた。覆工としての紙は表-1 に示すが、ロックボルトは No.1 のゲント紙を使用した。行はつた実験の種類は表-2 に示す A、B、C の三種である。A は覆工の厚さを違いを調べるため、紙の厚さを変えて行はつた。B は覆工とロックボルトの相乗効果を調べるため、覆工にロックボルトをのり付けた。C はロックボルトを覆工にのり付するため、のりしろの覆工の剛性に与える影響を調べるためのものである。

実験は以下の手順で行はつた。

- (1). 写真-1(a) のように金属円筒を土槽に差し込む。
- (2). 実験 A では図-1(a) のように、また実験 B では図-1(b) のように紙を金属円筒の外側に巻き、紙円筒と前面のガラスとの接触面をすき間から砂がはきこめるを防ぐためグリースを一様にかき塗る。写真-1(b) の二段階の状態を示している。
- (3). 砂を土槽に入れ、所定のかさばり厚で 10cm 厚ごとに一様にかき固める。トンネル軸の中心から高さとして土かさばりは 10cm、20cm、30cm、40cm、50cm と変化させ(写真-1(c))。
- (4). 各土かさばりに対して、金属円筒を引き抜き、トンネルが破壊し

表-1. 実験に使用した覆工材料(紙)

	紙の種類	重量(g/m ²)	厚さ(mm)
No.1	ゲント紙	154.3	0.180
No.2	"	53.9	0.063
No.3	トレーシングペーパー	50.0	0.050
No.4	"	40.0	0.045

表-2. 実験の種類

実験	実験の種類	パラメーター
A	覆工のみ	覆工の厚さ, 土かさばり
B	覆工+ロックボルト	ロックボルト長, 土かさばり
C	覆工のりしろ	土かさばり

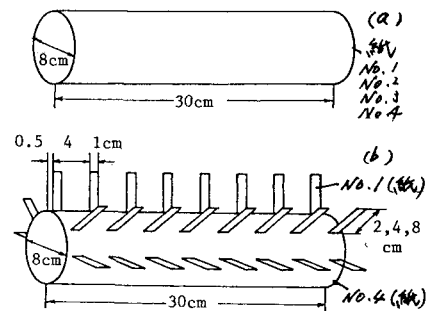


図-1. 覆工及び覆工+ロックボルトの寸法と配置 (a) 実験 A, (b) 実験 B

りとその引き抜き量を記録する。以下、引き抜き量をトンネルの掘進長と呼ぶことにする。

3. 実験結果

図-2(a)は実験A, すなわち覆工の厚さの効果を調べる実験のNo.3, No.4の覆工に対する結果を示している。図から求まる知見は

(1). 覆工No.4はトンネル掘進長が5cm近傍でかぶり高さによらず破壊する。これは村山・松岡による降下床の実験において、最小安定時の土圧合力は降下床の幅によって大きく変化するが、土かぶりにはあまり影響されぬという事実と一致する。

(2). 覆工No.3において破壊時トネル掘進長は増大しており、図に示す通り、No.1, No.2の場合にはトンネル掘進長はすべて30cmでトンネルは破壊しない。

図-2(b)は実験B, すなわち覆工(No.4)+ロックボルトの実験結果が示している。この実験Cの結果を示している。この図から得られる結論は

(1). 長さ2cm, 4cmのロックボルトの場合、図-2(a)の覆工(No.4)のみの場合よりトンネルの掘進長は約2cm, 5cmとそれぞれ大きいが、実験Cによるおりの影響を考慮すると2cmのロックボルトの効果は認められぬ。

(2). 8cmの場合にはトンネルの変状は認められても破壊は生じず、ロックボルトは長くなる程支保効果は増大する。従って村山・松岡のいう一次領域(ゆるみ領域)外にまで達するものが有効に作用するものと考えられる。

4. おわりに

本実験の結果をまとめると

(1). 薄肉柔覆工の効果は明らかで、乾燥砂から成る地山でも覆工と地山の相互作用圧によって安定性を確保できる。

(2). ロックボルトはゆるみ領域外にまで到達させてはじめて効果が現れる。

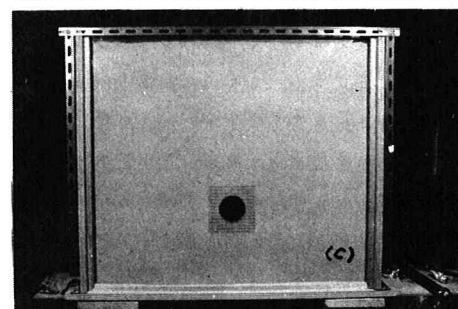
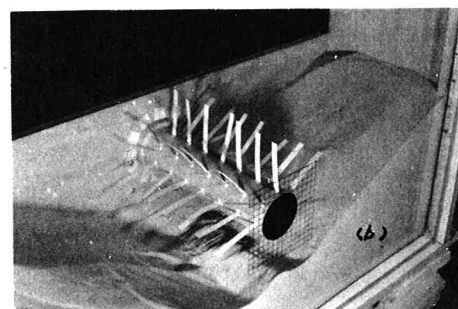
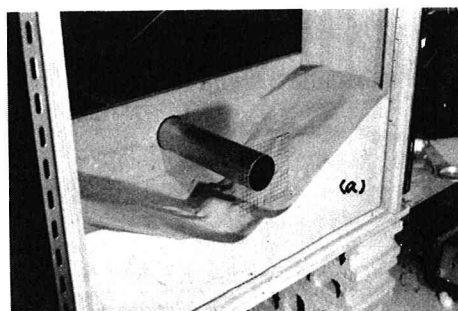


写真-1. 実験の手順 (a), (b), (c)

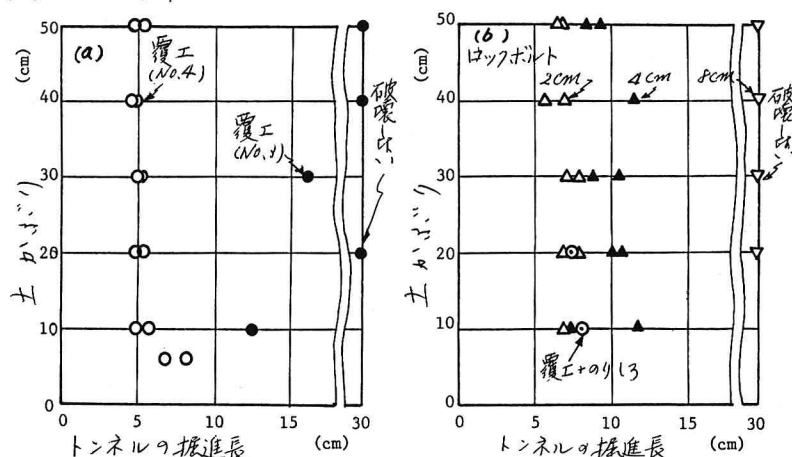


図-2. 破壊時トネル掘進長と土かぶりの関係 (a)実験A, (b)実験B, C

参考文献: 村山翔郎・松岡 元: 砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 187, 1971