

## トンネル実験における内圧除荷方式採用

金沢工業大学 学生員○宇田進一、荒川恭行  
正会員 土屋敬

## 1、はじめに

土屋らは、最適ロックボルトパターンを見いだすため外圧方式によりトンネル模型実験を実施してきた。外圧方式とは、無応力状態の地山にロックボルトを配したトンネルを設け、荷重を地山の外周から加える方式である。トンネルは地圧状態にある地山に空洞があげられるものであり、上記の外圧試験方法はトンネルの掘削過程を表現するものとしては疑義があった。

内圧試験方式は、トンネル部分に内圧発生装置を設置し、地圧状態から内圧を除荷することにより掘削過程を表現する。本報告は本方式を確定するに当たっての予備実験等について報告するものである。

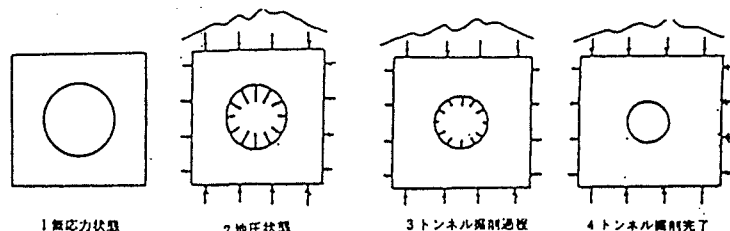


図-1 内圧除荷方式

## 2、トンネル試験装置の概要

## 2. 1 現有装置

1.4×1.6×0.3 mの模擬地山の0.3 mの各4面に200KN×4台、計16台の油圧シリンダーを設置し最大1.9Mpaを発生させる。1.4×1.6 mの面は平面ひずみ状態とするため剛性の大きな蓋となっている。模型トンネルはφ40cmであり、φ268 mmの鋼管の外側に厚み66 mmの半円型枠を設置し、これを除去して作成する。

## 3、ロックボルト

## 3. 1 模型ボルトとそのパターン

ロックボルトはアルミのφ4 mmとし長さ、本数はL(24cm、72本)、M(12cm、144本)、S(6cm、288本)、NONBOLTOの4種類のパターンを予定している。

## 3. 2 設置方法

外圧方式では模型作成時に設置していたが、内圧方式ではより現実に合わせて地圧下で設置する。模型作成時は、鋼製の仮ボルトφ5 mm設置しておき、地圧载荷後これを引き抜き孔を開ける。この孔に2液性樹脂を注入後、アルミロックボルトφ4 mmを挿入する。注入剤は、施工中(2～3時間)は流動性がありその後早期に硬化する必要がある、硬化までの時間が約6時間以内となるように、予備試験にてA、B液の割合を決定する。

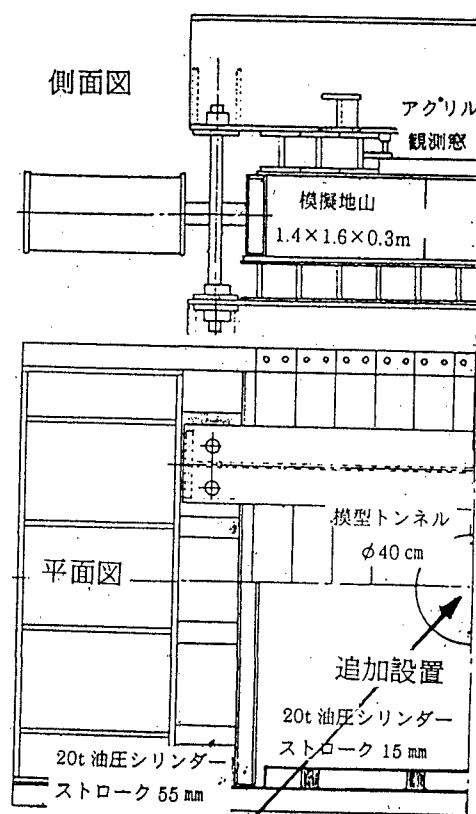


図-2 現有トンネル装置

### 3. 3 A、B液の割合を決定するための予備試験

ボンドの重量比(A:B)を 1:1、2:1、3:1 と変化させ引抜き強度発現時間の関係を調べる。なお、試験時間は 4、6、8、10 時間測定とし、挿入長さは 10 cm とする。また、ボルト挿入方向は全て縦方向とする。

A : 2 液性樹脂 FC01S 重量比、硬化材 : 主材 = 3:7

B : 2 液性樹脂 FC01S に 202S を混ぜ、重量比、硬化材 : 主材 = 3:7、FC01S:202S = 1:1

1) 3:1 は 4 時間後強度が高く不適である。

2) 2:1 は 8 時間後における強度が低い。

3) 1:1 は 4 時間までの強度が低く、8~10 時間で高い強度が得られた。

以上の結果、1:1 が目的に適合しておりこれを採用する。

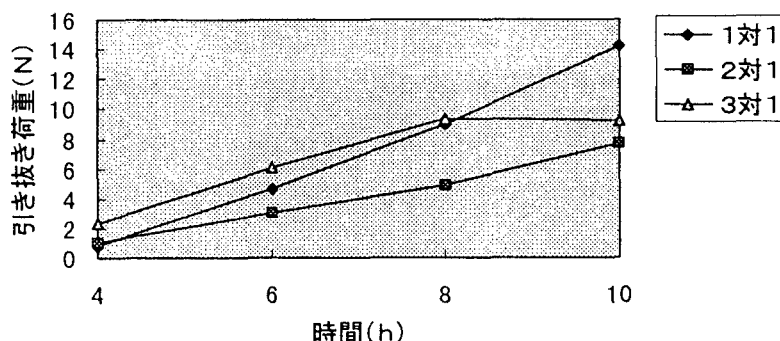


図-3 ボンドの重量比による強度発現時間の関係

## 4. 内圧の载荷

### 4. 1 内圧発生装置

内圧発生装置の設置図 (図-3)

上記トンネル装置の中央トンネル部に、外圧载荷時にトンネルの内壁に地圧に見合った直交する 2 方向に異なった内圧を発生させるため 2 油圧系統を設ける。偏心を避けるため、1 系統 2 台の油圧シリンダーによる。減圧は、手動式スクリュウ型微量吐出ポンプ 30ml による。

### 4. 2 地圧発生時の内圧装置の加圧方法

模型地山硬化後にトンネルを開口して内圧装置をセットする。極微量の内圧を送り内圧装置を地山に密着させる。外圧を载荷すると理想的には内圧がこれに伴い発生するはずであるが、実際には摩擦のために内圧発生装置に伝達されてこない。そこで内圧発生装置にも圧力を供給させる。この圧力は、理論的には外圧に釣り合う量とすべきであるが、試験においてこのように载荷したところ、内圧発生装置が外側に押し出される傾向がある。このため理論値の 80%、40%を試みたが、80%ではなお押し出される傾向があった。40%だとほとんど変位が少なくなった。今後は、40%で試験をして行く。

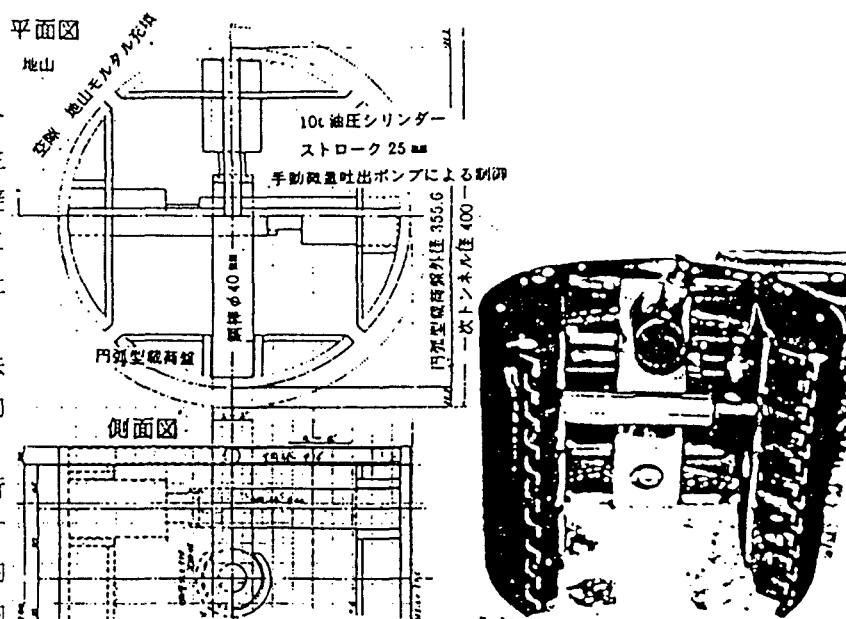


図-4 内圧発生装置

## 5. まとめ

今後、内圧载荷のステップなど項目を本実験に向けて確立し、トンネル実験の内圧方式を実施していく。