

京都大学大学院 学生員 ○山本 卓也
 京都大学工学部 正員 島 昭治郎
 京都大学工学部 正員 谷本 親伯

1 まえがき

岩盤の不連続面の変形挙動を説明するためのモデル実験として、平板上に置いた模型材料に層理あるいは節理を想定した切断線を入れ、模型材料を固定したまま底面を移動させることによって重力を持ちこむ「底面摩擦」模型装置（以後フリクシオンテーブルと呼ぶ）が、R.E. Goodman らによって開発された。本研究では従来のフリクシオンテーブルに改良を加え、模型材料として角砂糖を用いた実験によりトンネルの安定と不連続面の性状との関連性を考察した。今回製作した装置（Y T 式側圧付加型フリクシオンテーブル）の大きな特徴は次の二点である。

- ① 材料に側方圧を付加できること。また前後のおもりを加減することによって等分布、三角形分布など種々の側圧分布が得られること。
- ② 固定障壁の部分を片持ち梁に置き換え、両面にひずみゲージを貼って片持ち梁部分にかかる力を測定できるようにしたこと。

2 実験装置および測定方法

2-1 実験装置 側圧付加型フリクシオンテーブルの外枠は縦 540mm ×横 455mm ×高さ 38mm である。片持ち梁部分は外枠の端に位置し、縦 212mm ×横 50mm ×厚さ 1mm のバネ鋼6枚から成っている。バネ鋼は降伏点近辺までは弾性変形をしますので両面にひずみゲージを貼り、増幅器によってそのひずみをビジュグラフに出力させた。模型材料を載せるフリクシオンシートは幅 400mm ×周長 1525mm のエンドレス砂紙ベルトである。またフリクシオンシートは外径 97mm ×幅 410mm のドラム二本によって外側に張られた状態にあり、ドラムの一方を三相交流 220V の電動機にチェーンで連結してあるので 2.27mm/min の等速で移動する。側方圧は模型材料を2組のL型鋼で両側からはさむような格好で与えられる。装置の概略を図1に示す。

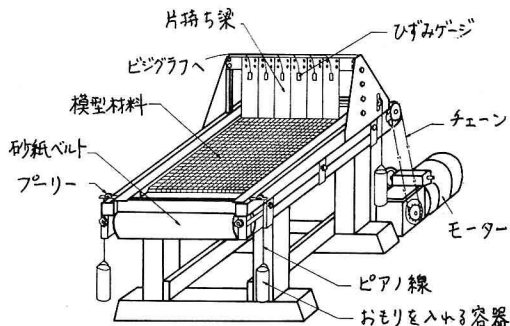


図1 Y T 式側圧付加型フリクシオンテーブル

2-2 測定方法 今回模型材料として用いた角砂糖は並形では縦20個×横18個（計360個）、小形では縦26個×横23個（計598個）を並べて使用した。その中の幾つかを抜き取ることによってき裂を含んだ地山内の四角あるいは円形トンネルを想定し、フリクシオンシートを一定時間（

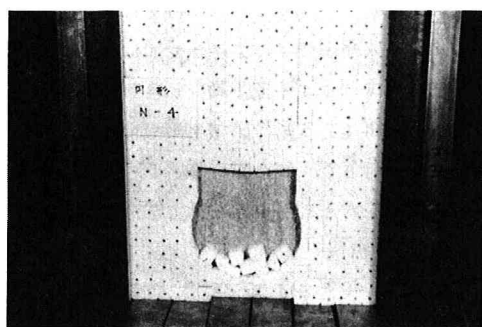


写真1 円形トンネルの例

30秒間）だけ移動させた後のトンネルの天端の変位を測定した。角砂糖の並べ方は平行型と、半分だけずらして並べる千鳥型の二通りとした。側圧は上載圧を0として片持ち梁部全体にかかる力を 19.6N と仮定し、三角形分布となるように簡単なモーメント計算によって上下それぞれ 410.5g 、 700.5g のおもりを釣り下げた。円形トンネルの一例を写真1に示す。

3 測定結果および考察

以上の方法でジョイント数と天端の変位との関係、側圧と天端の変位との関係、ブロックの大きさと天端の変位との関係について測定を行った。ここでジョイント数 m は次のように定義する。

$$m = l/a$$

l : トンネルのスパン(四角トンネルでは1辺の長さ、円形トンネルでは直径を指す)

a : 個々のブロックの水平方向の長さ

また m はスパンあたりのジョイント数である。

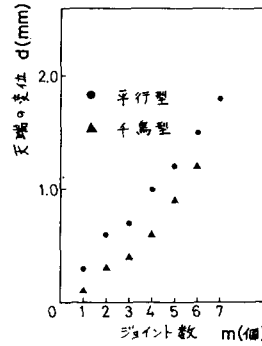


図2 並形四角トンネル

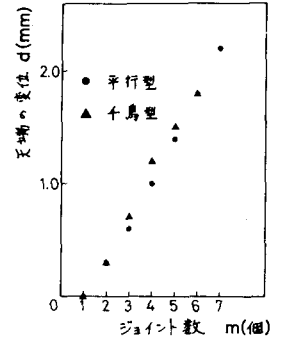


図3 小形四角トンネル

3-1 ジョイント数と天端の変位との関係 図2から図5に測定結果を示す。天端の変位はジョイント数が増加するにつれて四角トンネルではほぼ直線的に、円形トンネルでは放射線的に増加する。平行型と千鳥型では一般に千鳥型の方が天端の変位が小さくなっている。平行型をダイレイタンスーが発生しない状態であるとすれば、千鳥型は半分だけずらして並べているのでダイレイタンスーが最大状態である。千鳥型の場合1つのブロックがすぐ下側のブロックを乗り越えて移動するには大きなせん断力と時間を要するので天端の変位が平行型よりも小さな値になると思われる。

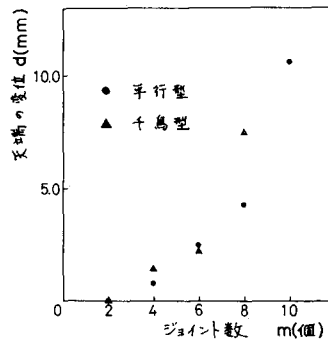


図4 並形円形トンネル

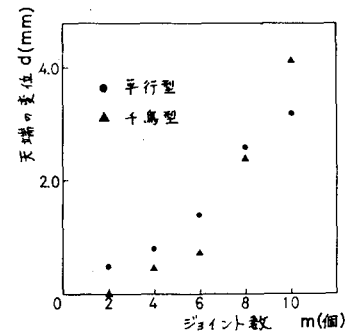


図5 小形円形トンネル

3-2 側圧と天端の変位との関係 図6に示すように側圧を増加させれば天端の変位は減少する。片持ち梁部全体にかかる力が9.8, 19.6 Nの場合は $m=7$ あたりからグラフの勾配が急激に増加しているが、29.4, 39.2 Nになると $m=7$ 以降の曲線は緩やかになっている。

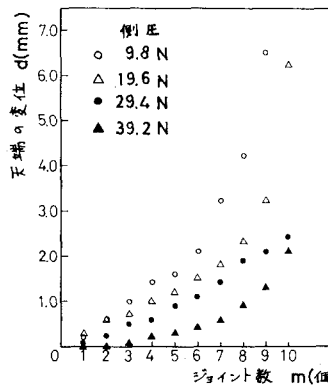


図6 側圧と天端の変位の関係

3-3 ブロックの大きさと天端の変位との関係

図7はブロックの大きさを変えるために角砂糖を接着剤で2個, 3個とつないだときの測定結果である。ブロックの大きさが変われば天端の挙動が大きく異なることがわかる。

4 まとめ

側圧付加型フリクションテーブルは、トンネルの安定におよぼす不連続面の影響を概念的にとらえるには便利であると思われる。今後の方針として、相似律を考慮し現場測定の結果と対比する予定である。

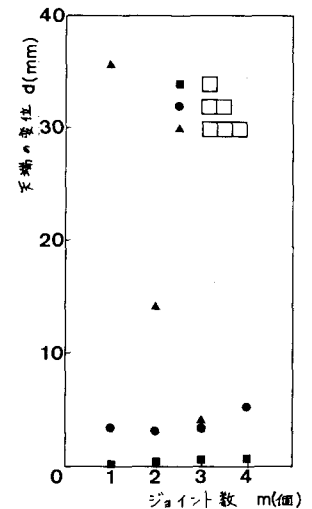


図7 ブロックの大きさと天端の変位の関係