

神戸大学工学部 学生会員 川端康祝

神戸大学大学院 学生会員 〇皿海章雄

神戸大学大学院 学生会員 川嶋幾夫

神戸大学工学部 正会員 櫻井春輔

1. はじめに

未固結の土砂地山に、土被りの浅いトンネルを掘削した時の地山の挙動を調べることを目的として、モデル実験が広く行われている。このモデル実験においては、地山を村山ら¹⁾の開発したアルミ棒の積層体によりモデル化するのが簡便であり、広く用いられている。これまでに、村山ら¹⁾は落し戸、足立ら²⁾はトンネルモデルの直径可変装置を用いて実験を行っているが、いずれも変位境界によって掘削をシミュレートする方法であり、圧力境界によって掘削をシミュレートする方法は、これまでにほとんど行われていない。本研究では、圧力境界により掘削をシミュレート（トンネルモデルから地山に作用する圧力を低減させて掘削をシミュレート）する装置を開発し、地山の変形挙動について足立らの変位境界による方法と比較した。

2. 実験装置と実験の要領

ここで開発した実験装置を図-1に示す。地山材料は、村山らの開発したアルミ棒の積層体を用いる。この積層体をアクリル板(1cm厚)および鉄板(3mm厚)の間に積み上げ、その端面は、アクリル板および鉄板とは約1mm離し、接触しないようにする。このアルミ棒積層体でモデル化した地山にトンネル部分（掘削する部分）を設定し、そこにエアバックを設けた。このエアバックに連結したホースは途中、弁を介して、水圧～空気圧置換槽、水槽（昇降可能）に繋いだ。よって水槽を昇降することによってエアバック内の圧力を調節することができる。このとき、水圧～空気圧置換槽で水圧から空気圧に置換しているが、水圧～空気圧置換槽は口を2つ設けた容器で、下側の口を水槽に上側の口をエアバックに連結している。なお、水槽の水位は

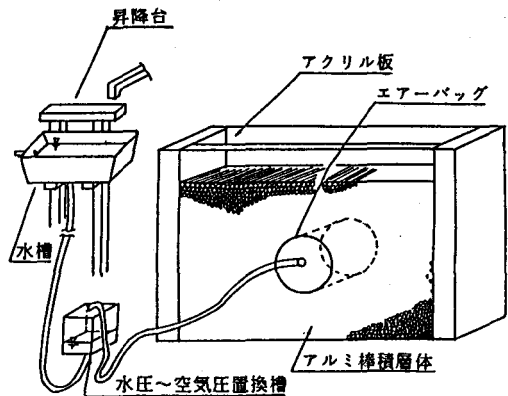


図-1 実験装置

一定になるように常に給水した。次にモデル地山の作成の手順を示す。アルミ棒を積み上げる前に、まず掘削するトンネルの部分に鉄板で作った型を設置し、その状態でその型枠の外側にアルミ棒を積み上げた。次に、型枠の内側でエアバックを膨らませ、エアバック内の空気圧を上載圧と等しくして、型枠を取り外した。このとき、型枠周辺のアルミ棒が移動しないように留意した。この状態でアルミ棒の積層体に標点を記し、その後水槽を順次降下させることにより、エアバック内の圧力を降下させて掘削をシミュレートした。この掘削のシミュレートにより地山が変形し、その天端沈下量が約1cmになったところで実験を終了した。なお、掘削シミュレーション前および終了後の標点をトレーシングペーパーに写し取った。

3. 実験結果と考察

図-2 a)に本実験における変形挙動を、b)の足立らの実験と対比して示す。このとき、本実験ではトンネルの直径(D)が10cm、天端沈下が約10mmになった時の変形挙動であり、足立らの実験は、直径8cmでトン

ネルを10mm収縮させた時のものである。変形挙動は、足立らの実験にならぬ図の右半分には地山の各点における変位ベクトル、等変位線を、左半分には鉛直方向変位の分布を示している。このとき、変形前および変形後のそれぞれのトンネルモデルの面積と等しくなる円の半径の差をもって基準変位量とし、これが、a), b)について同じ長さになるように調整をして、変位ベクトルおよび鉛直方向変位の分布を示した。またa), b)それぞれについて基準変位量を100%として、100, 80, 60, 40, 20%の変位に対して等変位線を描いた。本実験では、足立らの実験と比べて、トンネルの下半部の壁面においての変位がほとんどないことから、変位が上半部に限られていることが分かる。また、変位ベクトルの方向については、a), b)ともほとんど変わらない。等変位線については、本実験では、100, 80, 60, 40%の等変位線が密になっているため、変形が大きい領域と小さい領域が明瞭に分けられていることがわかる。図の左半分の鉛直方向変位の分布図から、本実験では、トンネルから離れるに従い変形量が極端に減少していることから、変形する領域がトンネル周辺に限られていることが分かる。また、本実験では、いずれの鉛直方向変位の分布にもピークは一つであるのに対し、足立らの実験では、ピークが二つ存在するところがある。それより、足立らの実験では、トンネルの側方からトンネル下部にアルミ棒が回り込むような、トンネル底盤近くからの”すべり”の挙動が発生しているのではないかと考えられる。

4. 結論

- 1) 本研究においては、アルミ棒積層体を用いたモデル実験において圧力境界によって掘削をシミュレートする方法を開発した。
- 2) 圧力境界により掘削をシミュレートした本実験と、変位境界による足立らの実験を変形挙動について比較した結果、次のことが分かった。
 - ① 本実験では変形がトンネルの下半部において変形がほとんど生じない。
 - ② 本実験では変形の大きい領域と小さい領域が明瞭に分けられる。
 - ③ 本実験では変形の大きい領域がトンネル近傍に限られる。
 - ④ 足立らの実験ではトンネル下半部の地山を変形させているため、いわゆるすべりの挙動を起こしていると考えられる。

参考文献

- 1) 村山朔朗、松岡元：粒状土地盤の局部沈下現象について、土木学会論文報告集、第172号、pp. 31～41、1969年
- 2) 足立紀尚、田村武、八嶋厚、上野洋：砂質地山トンネルの挙動と解析に関する研究、土木学会論文集、第358号、pp. 129～136、1985年

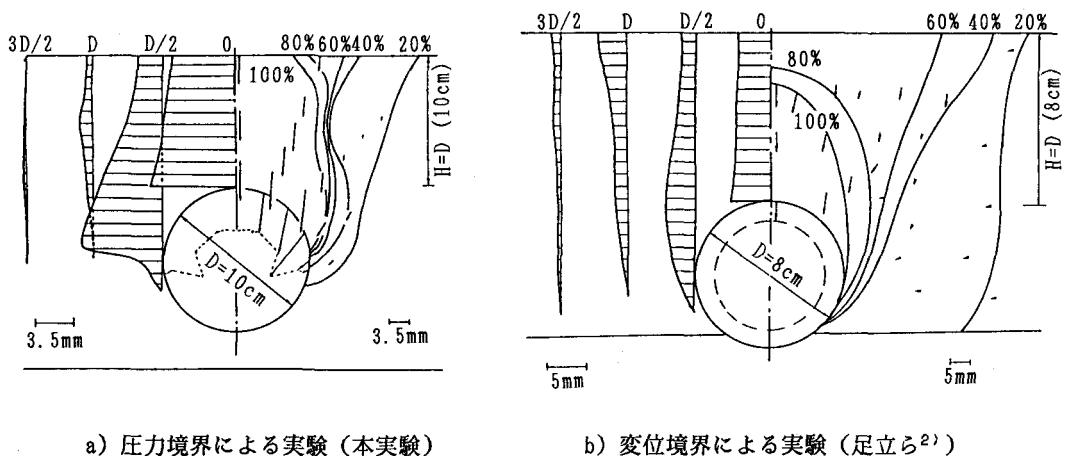


図-2 掘削シミュレーションの方法の違いによる変形挙動の差違