

III-361 トンネル掘削に伴う粒状体地盤の変形挙動がトンネル土圧に及ぼす影響について

早稲田大学理工学部土木工学科 正員 赤木 寛一
同 大学院(現・J R西日本) 学生員 ○ 小林 秀孝

1. はじめに

トンネルなどの地中掘削部に作用する土圧の発生機構などについては未だ解明されていない点が多いため、実際のトンネル設計にはゆるみ土圧などの経験公式を適用しているのが現状である。本研究は、昨年に引続いてアルミ棒積層体による模型地山を利用した降下床実験とトンネル模型実験、切羽模型実験を行い、トンネル掘削に伴う粒状体地山の動きがトンネル土圧に及ぼす影響について詳細に調査し、あわせてこれらのトンネル土圧の実測値とゆるみ土圧などによる種々のトンネル土圧計算式による計算値とを比較検討したものである。

2. 模型実験の概要

模型実験では直径3mmと直径1.6mm(長さ50mm)のアルミ棒を重量比2:1に混合した混合地山を模型地山とし、この模型地山について降下床実験、トンネル模型実験、切羽模型実験を行った。

降下床実験では、図1に示した実験装置からトンネル模型を取り外し、その上にアルミ棒を積み上げ、アルミ棒積層体地山の高さは降下床(幅80mm)より10cm, 20cm, 30cmの3通りとし降下床を降下させながら、降下床荷重の読みを記録した。

トンネル模型実験では、図1に示す模型実験装置の水タンクよりゴムスリーブ内に脱気水を充填して直径 $D=10\text{cm}$ 程度とした後、アルミ棒を積み上げアルミ棒積層体の高さはトンネル模型のクラウン部より10cm, 20cm, 30cmの3通りとした。次にトンネル壁面の収縮に伴うトンネル模型近傍のアルミ棒の移動状況を観測するためカメラをセットする。以上の準備の後、トンネル模型に相当するゴムスリーブ内から脱気水を流出させることによりクラウン壁面を1mm収縮させるごとにゴムスリーブ内の内圧を示す圧力計の読みを記録し、写真はクラウン壁面の収縮の前と後の2回ずつ重ね撮りした。

切羽模型実験では、図1に示した実験装置からトンネル模型を取り外し図2に示す切羽模型(切羽部分の高さ10cm)を取り付け、以後の実験方法はトンネル模型実験と同様、切羽模型に相当するゴムスリーブ壁面を徐々に収縮させた場合の切羽圧力と切羽前方地山の変形状況を実測した。

なお、トンネル模型近傍地山の変形状況はアルミ棒の動きを重ね撮りした写真上で実測して求めた。

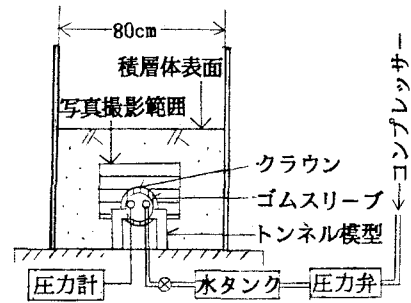


図1 トンネル模型実験装置

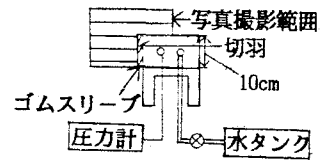


図2 切羽模型

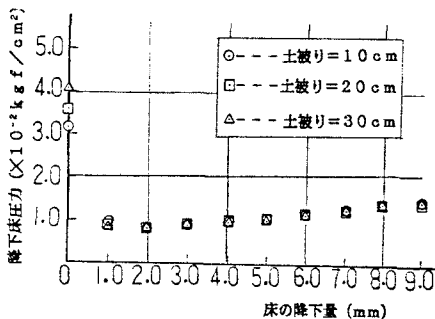


図3 床の降下量と降下床圧力の関係

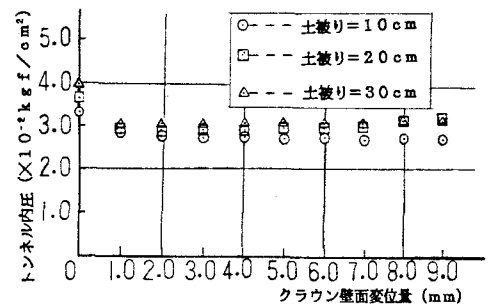


図4 クラウン壁面変位量とトンネル内圧の関係

3. 実験結果及び考察

（降下床実験・トンネル模型実験）

図3には、降下床実験における床の降下量と降下床圧力の関係を示し、図4には、トンネル模型実験におけるクラウン壁面変位量とトンネル内圧の関係を示している。図3、4より床の降下量又はクラウン壁面変位量がゼロの時の初期の降下床圧力及びトンネル内圧は土被り高さに応じてほぼ同等となっている。ところが降下床圧力の最小値とトンネル内圧の最小値を比較すると降下床圧力の最小値は $0.8 \sim 0.9 \times 10^{-2}$ (kgf/cm²)の値を示すのに対して、

トンネル内圧の最小値は $2.8 \sim 3.1 \times 10^{-2}$ (kgf/cm²)で降下床実験の場合よりも3倍以上大きな値となっている。これは、トンネル内圧が最小値を示す時のトンネル壁面と共に移動する領域（一次領域）

の形状が降下床の面端に変位の特異点を持つ降下床実験の一次領域とは異なるためである。このことは降下床実験によりトンネル土圧の検討を行う場合に、その結果の解釈にあたって十分注意する必要があることを示すものである。また、図4で土被り10cmの場合は、一次領域が完全には形成されずその結果移動領域があまり拡大できないためトンネル内圧は初期値から低下した後にはほぼ一定値を示している。これに対して、土被りが20cm、30cmの場合一次領域が形成された後に移動領域が徐々に拡大するため壁面変位量3mmで内圧は最小値を示した後に増加する結果となっている。（図5.6参照）

表1は、実験で得られたトンネル内圧の最小値と種々のトンネル土圧計算式による計算値とを比較したものである。表1より実測値は土被りの大小にあまり影響を受けないが、土被りの小さい場合（1D程度）にはトンネル土圧計算式による値よりも約50%程度大きめの結果となっている。

（切羽模型実験）

図7、8は土被り10cm、30cmの場合に切羽壁面を8mm収縮させた時の地山の变形状況を変位ベクトルと等変位分布線を用い示したものである。図7、8よりトンネル模型実験の場合と同様切羽上前方に徐々に拡大する移動領域は土被り30cmの場合には、土被り10cmの場合に比べて縮小することがわかる。

4. まとめ

（1）トンネル土圧の発生機構の検討にあたっては、降下床実験よりもトンネル内圧を実測するトンネル模型実験の方が有効かつ現実的である。

（2）トンネル内圧の最小値（一次領域形成時の内圧）は、実測値では土被りの大小にあまり影響を受けない。土被りの小さい場合にはトンネル土圧計算式による値よりも実測値が約50%程度大きめの結果となっている。

（3）土被りが大きくなるに従い、一次領域形成後の移動領域はアルミ棒間の接触力の増大により縮小すると考えられる。

（参考文献）赤木・小林：「砂質地盤のトンネル土圧の発生機構に関する基礎的研究」

土木学会 第42回年次学術講演会講演概要集 第3部 520p～521p（昭和62年9月）

STAGE=0～9 (mm)
変位ベクトル←：10mm
土被り=10cm 積層体表面

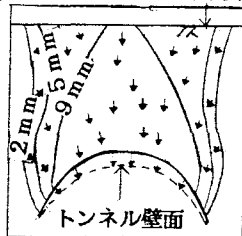


図5 トンネル地山の変位状況

STAGE=0～9 (mm)
変位ベクトル←：10mm
土被り=30cm

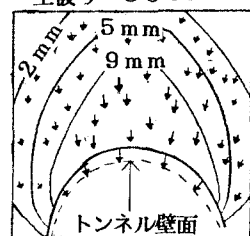


図6 トンネル地山の変位状況

表1 トンネル内圧の実測値とトンネル土圧計算式による値の比較

土被り	実測値 ($\times 10^{-2}$ kgf/cm ²)	Terzaghi ($\times 10^{-2}$ kgf/cm ²)	Culmann ($\times 10^{-2}$ kgf/cm ²)	Bierbaumer ($\times 10^{-2}$ kgf/cm ²)
10cm	2.8	1.8	1.9	2.0
20cm	2.9	2.8	3.0	3.3
30cm	3.1	3.4	3.2	3.8

STAGE=0～8 (mm)
変位ベクトル←：10mm
土被り=10cm 切羽壁面

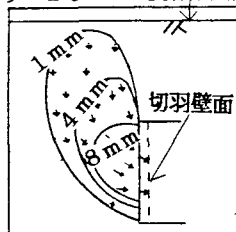


図7 切羽前方地山の変位状況

STAGE=0～8 (mm)
変位ベクトル←：10mm
土被り=30cm

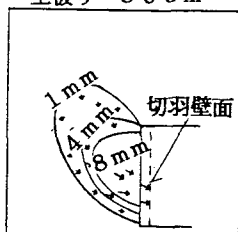


図8 切羽前方地山の変位状況