

III-277 トンネルの変形と支保荷重に関する研究

東亜建設工業(株) 正員 北市 仁  
 建設省土木研究所 正員 猪熊 明  
 ” 吉永 優

1. はじめに

トンネルは地山自体及びトンネル支保工の両者の支持機能により地下空間を保持する構造であり、トンネルの合理的な設計・施工を行うには、支保工に作用する荷重がトンネルの変形とともに変化するという地山の挙動特性を有効に活用しなければならない。そのためには、支保工に作用する荷重とトンネルの変形量の関係を地山条件と対応させて明らかにする必要がある。砂質土においては土のアーチ効果に比較的信頼が置けると判断された場合には、設計計算用土圧として一般にTerzaghiの式による緩み土圧を採用することも可能になる。一方、粘性土においては、設計計算用土圧に緩み土圧を採用することは不明確な点も多いので、トンネルに作用する土圧の推定には慎重な検討が必要である。そこで、今回は粘性土地山におけるトンネルの変形と支保荷重および周辺地山の土圧の关系到地山条件(土盛りや水)がどのように影響を与えるのか基礎的な知見を得ることを目的とし、地山上部に存在する水位の影響について報告する。

2. 試験方法

実験装置は、図-1に示すように、実験槽、落し戸、降下装置及び、荷重・変位の測定器からなっており、落し戸の降下には、1mm/minのスピードで20mm程度まで降下させることが出来る手動式マイクロジャッキを使用した。

荷重の変化は、落し戸下部にセットした荷重計と、落し戸周辺の底盤に5cm間隔に埋め込んだ小型土圧計にて測定し、地表面沈下は地山モデル材料充填後、地表中央部にセットした変位計にて測定する。実験ケース及び地山材料は、表-1、図-2に示す通りである。地山材料としては石粉を使用し、そのまま自然乾燥状態で用いる乾燥地山を想定した実験と、水位下の地山を想定した実験(これは自然乾燥状態の石粉に適量の水を加えてスラリー状に攪拌した後、実験槽内において沈澱させ、所定の土盛り及び水位をもたせようとするものである)の2種類を行った。実験は、各地山材料について土盛り及び水位を変化させ落し戸の降下によって落し戸にかかる荷重の変化を測定した。

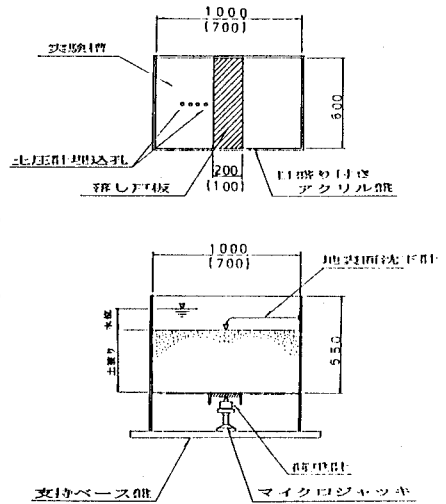


図-1 落し戸実験装置

表-1 実験ケース及び物性値

地山状態	乾燥地山	水位下の地山
土盛り (cm)	5, 10, 20, 40	10, 20, 40
水位 (cm)	-----	5, 10, 20
粘着力 c (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.011	0.014
内部摩擦角 φ (°)	38.5	38.0

注) 物性値は圧密排水三軸試験による

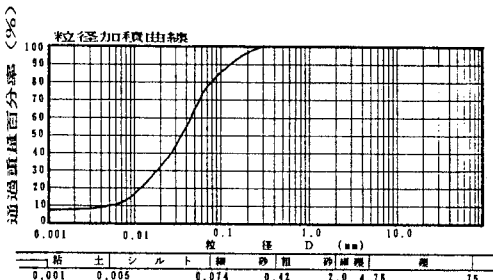


図-2 地山材料の粒度分布

3. 試験結果及び考察

1) Terzaghi式との比較

この理論は本来、粘着力のない乾いた粒状体の土について考えられたものであるが、粘着力がさほど大きくない地山で、地表面から比較的浅い位置にトンネルを掘る場合の支保工や覆工に作用する土圧は、Terzaghiのせりもち作用に基づき理論から以下の式で推定できる。

$$p_v = \frac{B(\gamma - \frac{2c}{B})}{2k \tan \phi} (1 - e^{-\frac{2k \cdot \tan \phi \cdot z}{B}}) + q \cdot e^{-\frac{2k \cdot \tan \phi \cdot z}{B}}$$

ただし、 $p_v$  : 落し戸にかかる荷重

$k$  : 係数(1.0を使用)

$B$  : 落し戸幅

$\gamma$  : 地山の単位体積重量(湿潤重量)

上式において $q$ を初期荷重(落し戸降下0mm)とすれば、落し戸の降下量 $z$ と落し戸にかかる荷重 $p$ との関係を示す。 $k$ の値はTerzaghiの実験によると、幅 $B$ に相当する高さにわたって係数 $k$ は1.0~1.5まで次第に増加し、2.5B以上の高さでは下層の変位はもはや応力状態に影響しなくなり、そこではアーチ形成も行われなくなることを見いだした。<sup>1)</sup>また、この図-3より乾燥状態の地山では比較的計算値と良い相関を示している。

水位下の地山においては、図-4(1)に示すように荷重としての水位分(図-1)を差し引いただけでは、計算値と実験値はまったく違う傾向を示している。そこで、土水の分離を行う意味で、実験値から全水頭を引き示したものが図-4(2)である。図-4(2)より、実験値は乾燥地山と同じように土被り比に関係なく、ほぼ同じ値を示しているが支保荷重は、計算値よりも低い値を示し、落し戸にはほとんど荷重がかかっていない事と、図-4(1)・(2)より水位下の地山を考える場合、土水一体の考えではTerzaghiの式と合っていないが、土水分離を考えた場合、乾燥地山ほど相関は良くないが計算値と実験値は比較的良い相関を示している事がわかる。

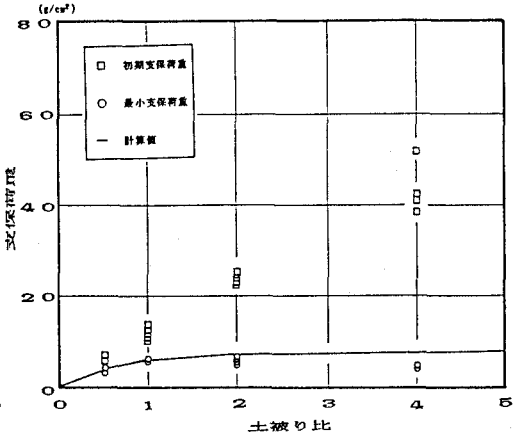


図-3 土被り比と支保荷重の関係(乾燥地山)

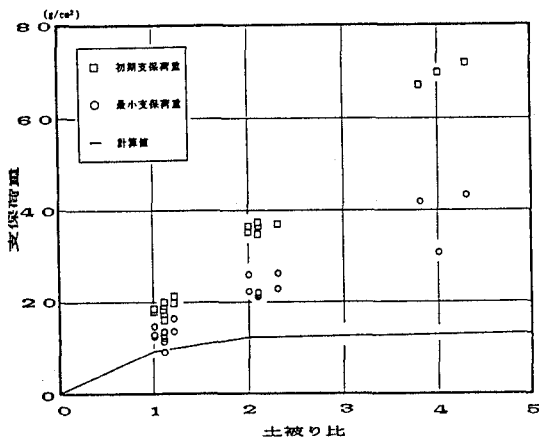


図-4(1) 土被り比と支保荷重の関係(水分を除く、湿潤重量)

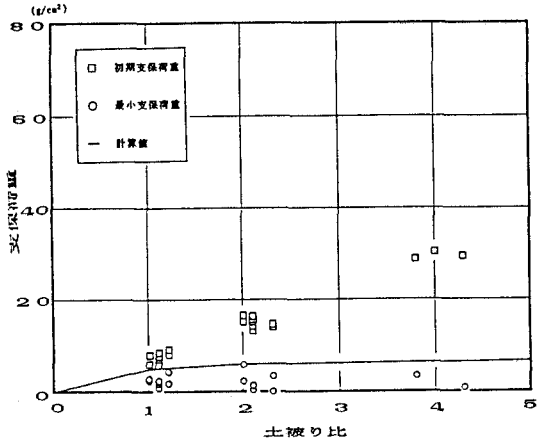


図-4(2) 土被り比と支保荷重の関係(全水頭を除く、水中重量)

参考文献 1) K. Szechy 著、島田 隆夫 訳：トンネル工学-理論・設計・施工-、鹿島出版会