

III-28 大水深、低土被りにおけるシールドトンネルの
土圧に関する基礎的研究

東京都立大学 正会員 土門 剛
東京都立大学 正会員 今田 徹
東京都立大学 正会員 西村 和夫

1. はじめに

現在のシールドトンネルの覆工を設計するにあたっての土圧に対する考え方は、土と水の力学的挙動が互いに独立であるとする“土水分離の考え方”と、土と水の力学的挙動が区別できず両者を包含するという“土水一体の考え方”がある。特に水平土圧を算定するにあたっては、“土水分離の考え方”では土にのみ側方土圧係数を乗じ（（1）式）、“土水一体の考え方”では土と水に側方土圧係数を乗ずることになる（（2）式）。実際の設計では、“土水分離の考え方”は砂質土において採用され、“土水一体の考え方”は粘性土において採用されているが、明瞭な区分が示されているわけではなく、しかも自然の地山は、こうしてはっきりと2分されて存在しているわけではないので、ここに現設計法の問題点と限界がある。また、大水深でかつ低土被り土のように、土に対する水の影響が大きい場合、覆工に作用する水圧の影響が大きくなり、“土水一体の考え方”を取ると曲げが卓越して設計には不利となる。

$$P_h = K \cdot (\gamma - \gamma_w) \cdot Z + \gamma_w \cdot h \quad (1)$$

$$P_h = K \cdot \{ (\gamma - \gamma_w) \cdot Z + \gamma_w \cdot h \} \quad (2)$$

P_h ：水平全土圧、 K ：側方土圧係数、
 γ ：土の飽和単位体積重量、 Z ：土被り、
 γ_w ：水の単位体積重量、 h ：水深

本研究の目的は、このような背景をもとに、今後、大水深でかつ低土被りな地山におけるトンネル覆工に作用する土圧を、モデル実験を行い、力学的考察を加えて、その結果を設計に反映させようとするものである。本研究は過去3年にわたって基礎実験を行ってきたが、いずれも実験装置に問題点があったため、今回の実験では第1段階として、新たに作製した実験装置が今後のモデル実験を進めていくうえでの問題点を解消できたか、を検証することに主眼が置かれた。

2. 実験方法

昨年までの実験装置（図-1）では、圧力変化によるトンネルモデルの浮き沈みや、実験槽の壁面の変形が生じ、土圧を正確に評価できなかった。そこで今回は、図-2のような外箱と内箱の二重構造の実験槽を作製した。内箱壁面の内側には土圧計が埋め込まれていて、そこで計測される土圧を覆工に作用する土圧とした。圧力変化による内箱の変形を抑えるために、内箱と外箱の間には水が入れられている。また、大水深で低土被りな地山をモデル化する方法として、上載荷重としての水を空気圧に置き換えて載荷した。地山材料には、砂質土と粘性土の代

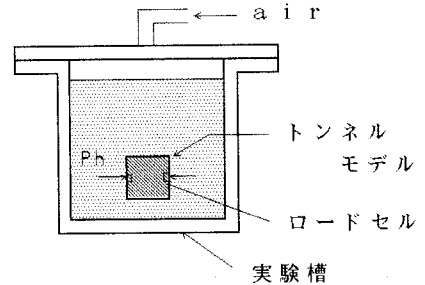


図-1

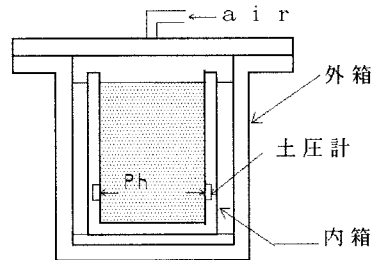


図-2

表的なものを選び“土水分離の考え方”に対応する地山として標準砂を、“土水一体の考え方”に対応する地山としてカオリン粘土を用いた。実験は砂質土、粘性土ともに、土被りは25cm(地表面と地下水位面を一致させた地山)、最大載荷圧は50gf/cm²(土被り:水深=1:3に相当)であるが、実験での載荷条件は、標準砂では、載荷・除荷を1サイクル、カオリン粘土では打ち込み後72時間養生したのち、載荷・除荷を続けて2サイクル行った。なお、実験中同時に間隙水圧も計測している。

3. 実験結果および実験装置の評価

2種類の地山モデルのうち、代表例として標準砂の結果を示す。図-3は空気圧と水平方向の全土圧(以下、全土圧とする)の関係で、載荷した分だけ全土圧も増し、除荷した分だけ減少しているようすがリニアに現れている。昨年までは空気圧実験の前後では、実験槽の壁面の変形からくる残留土圧があったことを考えると、実験槽の壁面変形の問題は解消されたと考えられる。図-4は空気圧と水平方向の有効土圧(以下、有効土圧とする)の関係である。有効土圧は、

$$\text{有効土圧} = \text{全土圧} - \text{間隙水圧}$$

であるが、実験中間隙水圧の計測が不良であったため、ここでは地山が標準砂であることを考慮し、間隙水圧は計算上の静水圧(25gf/cm²)に空気圧の値を加えたものを代入した。空気圧の値に関わらず、有効土圧の値がほぼ一定していることから、上載荷重分はすべて水が担っていることがわかる。図-5は、(1)式及び(2)式に、計測した全土圧を代入し、逆算することによって得られた側方土圧係数をプロットしたグラフである。標準砂の場合、明かに“土水分離の考え方”が採用できる。

一方、カオリン粘土の地山モデルにおける短期間実験を行ったが、時間依存性の影響が大きく、よい結果が得られなかったが、標準砂の土圧の挙動が合理的であったことから、当初の目的はクリアした。

4. 今後の展望

実験装置の問題はクリアしたことから、第2段階としてカオリン粘土において長期間実験を行い、短期と長期の土圧の挙動の違いについても検討する予定である。以後、より中間的な材料を用いての実験も加え、大水深かつ低土被りにおけるシールドトンネルの土圧に対する考え方を明瞭化していこうと考えている。

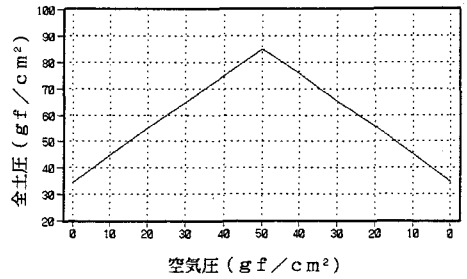


図-3

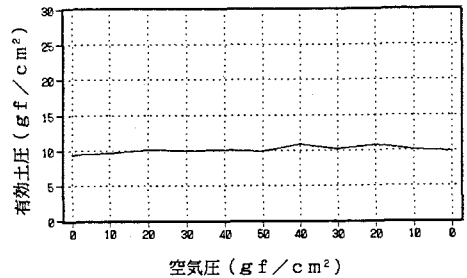
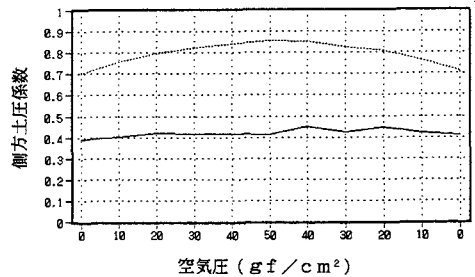


図-4



— 土水分離 ····· 土水一体

図-5