

III-19 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(その2)

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には土水分離の考え方と土水一体の考え方がある。なかでも粘性土の場合は、土と水の力学的挙動の区別が困難であるという点から安全側の土水一体の考え方が採用されているが、必ずしも合理的な設計法であるとはいえない場合もある。特に、土に対して水の影響の大きい大水深、低土被りの粘性土地山の場合には、土水一体の考え方を採用すれば過大な設計となる場合も考えられる。

そのような背景から筆者らは、大水深、低土被りにおけるシールドトンネルを対象として、数年間にわたってモデル実験を行い、土圧の取扱い方を明瞭化し合理的な設計法を与えようと試みている。そこで今回は第1段階として過去に使用されていた実験装置の問題点を検討し、新しく実験装置を開発したことを示した。

今回はその第2段階として、土と水の力学的挙動の区別が困難である粘性土(カオリン：水=2：1の重量比で練り混ぜたもの)を用いた長期間載荷実験を行い、設計定数のひとつである“側方土圧係数”という観点から、大水深、低土被り粘性土地山の土圧の取扱い方について考察した。以下、これについて示す。

2. 実験方法

実験装置および地山の幾何学的条件などは前回と同じであるが、載荷方法として水による載荷を行い、計測期間として、養生期間(48時間)、多段階載荷期間(0～50gf/cm²まで載荷、その間10gf/cm²ごとに3分間ホールドして計測)、さらに最大載荷圧50gf/cm²(土被り：水深=1：3に相当)での載荷維持期間(48時間)の3期間にわたって、水平方向の全土圧および間隙水圧を計測した。

3. 側方土圧係数の計算方法について

トンネル標準示方書(シールド編)・同解説の土圧、水圧の考え方に基づいて、土水分離、土水一体それぞれの考え方による側方土圧係数を表現すると次式ようになる。

$$\lambda = \frac{P_h - \gamma_w h}{(\gamma - \gamma_w) Z} \quad : \text{土水分離}$$

$$\lambda = \frac{P_h}{(\gamma - \gamma_w) Z + \gamma_w h} \quad : \text{土水一体}$$

λ : 側方土圧係数、 P_h : 水平方向全土圧、 γ_w : 水の単位体積重量(1.00gf/cm³)

h : 水深、 γ : 粘性土の単位体積重量(1.67gf/cm³)、 Z : 土被り(25cm)

これらの式に、計測した水平方向全土圧 P_h を代入し、さらに $\gamma_w h$ には静水圧(理論値)を代入したものと、実測の間隙水圧を代入したものの側方土圧係数の値を求めた。

4. 実験結果

4. 1 養生期間(地表面と地下水位面が一致した地山)

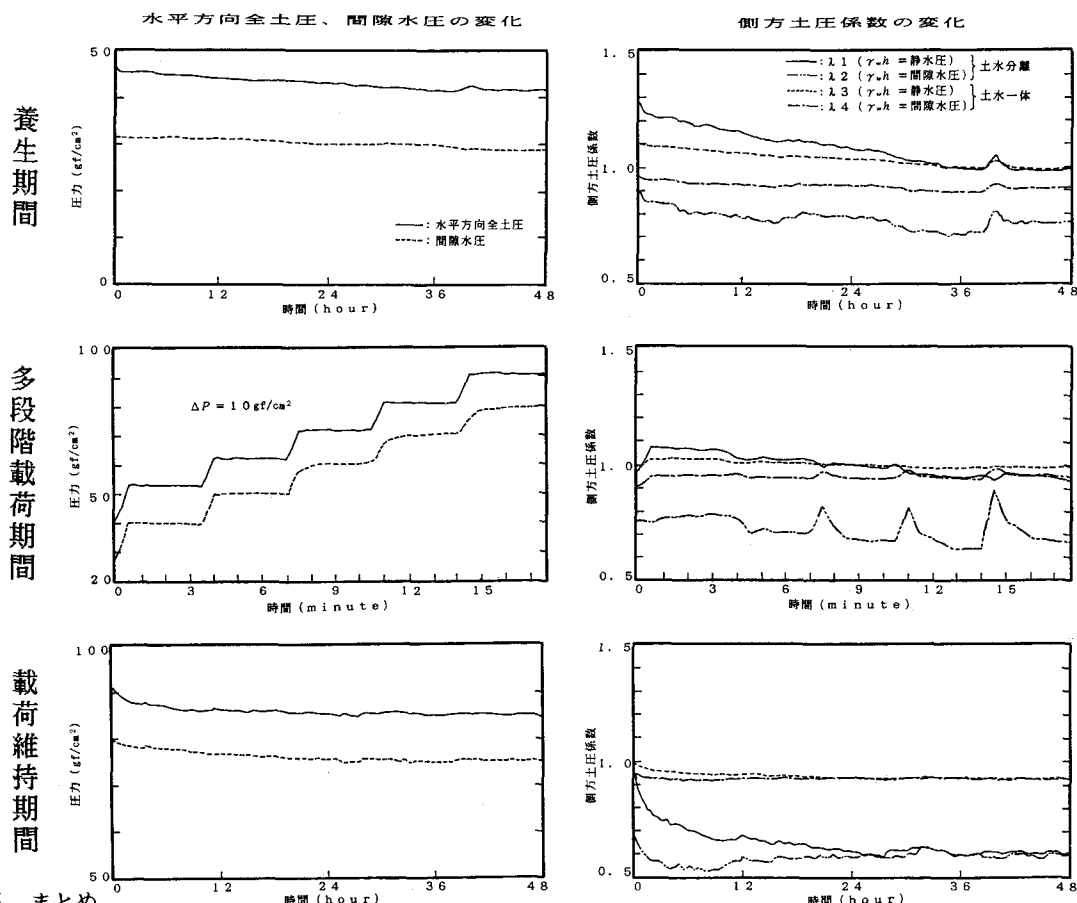
材料打ち込み時に加えられた過剰な圧(側方土圧係数が1を越えているのはこのためである)がクリューにより次第に抜けていく様子がわかるが、養生48時間経過しても過剰間隙水圧が消散しきれずに残っている(理論上の静水圧は25gf/cm²)。このことが土水分離の考え方の側方土圧係数 λ_1 、 λ_2 の間の大きな差としてグラフに表れている。一方、土水一体の考え方の側方土圧係数 λ_3 、 λ_4 を比較してみると、その差は比較的小さい。

4.2 多段階载荷期間

養生期間の場合と同じ理由から、土水分離の λ_1 、 λ_2 の差が大きいことが理解できる。また、 λ_2 が载荷直後に突出している理由は、载荷を行っても間隙水圧はすぐには上がらず、時間遅れを伴っている(中段左側の図)ことから理解できる。

4.3 载荷維持期間(土に対して水の影響が大きい地山)

全土圧、間隙水圧とも約30時間で安定し、間隙水圧は静水圧(75 gf/cm²)となった。これにより土水分離の λ_1 、 λ_2 ともほぼ安定している。特に λ_2 は、養生期間と比べると、载荷維持期間全体を通して比較的安定している。つまり、土に対して水の影響が大きい場合ほど過剰間隙水圧が側方土圧係数(土水分離)に与える影響が少なくなると言える。ただしこれは、実測の間隙水圧を代入した場合であって、水圧成分として静水圧(理論値)を用いて計算したものは短期においては変動が大きい。



5. まとめ

間隙水圧が静水圧(理論値)に至っていない場合、つまり過剰間隙水圧が消散していない間では、土水分離の考え方を適用するには無理があるが、この実験からは、長期的には土水分離の考え方が適用できるということは確認された。

しかし、この実験を通じて現在の設計法に対して何らかの指針を与えるためには、モデル地山の作成法や計測器の精度の問題などを検討し、多くの地山材料について実験する必要がある。

【参考文献】

土門、今田、西村：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、第46回年次学術講演会概要集第3部、pp.78-79、1991