

III-61 水圧の変動を考慮した 粘性土地山における覆工に生ずる断面力について

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

覆工に作用する土水圧を算定するにあたり、粘性土では土水一体の考え方方が採用されている。しかし、地下水位の変動やシールドの掘進によって生ずる過剰間隙水圧の影響、また、土圧に対して水圧の卓越するような地山など、水圧の影響が無視できない条件では、土水一体の考え方では、その影響を考慮することが困難であると考えられる。

そこで筆者らは、水圧の影響が卓越する大水深、低土被り粘性土地山を想定したモデル地山による載荷実験を行っており、過剰間隙水圧の消散過程（図-1）および側方土圧係数の経時変化を示した¹⁾。本文ではそれらの結果をもとに、過剰間隙水圧の消散に伴う覆工に発生する断面力（曲げモーメント、軸力）の経時変化を解析により求め、水圧変動が考えられる条件での土水一体の考え方について考察した。また、土水分離の考え方による解析結果も合わせて比較している。

2. 解析方法

覆工を曲げ剛性一様リングとしてフレーム解析を行った。次に、解析に用いた諸条件を示す。

(1) 地山条件

- ① 土被り（Z）：水深（h） = 1 : 3
- ② 地山材料は、カオリンと水を 2 : 1 の重量比で練り混ぜたものであり、単位体積重量（γ）は 1.67 gf/cm³である。

(2) 荷重条件（図-2）

- ① 土圧、および水圧については土水分離、土水一体それぞれ表-1に示されている計算式から算定する。

なお、過剰間隙水圧が消散し理論静水圧に達したときに計算される水平方向全土圧と土上被り荷重から逆算して得られる側方土圧係数をここでは理論側方土圧係数（表-2）としている。また、この値から算定される土圧、および解析によって得られる断面力も理論値とした。

- ② 地山材料は非常に軟らかい粘性土であるため、地盤反力は考慮しない。

表-1 土圧、水圧の算定式

		船直方向土水圧	水平方向土水圧
土水分離	$p_{w1} = \gamma_w h$	$q_{w1} = \gamma_w h + \Delta u$	
	$p_{w1} = (\gamma - \gamma_w) Z$	$q_{w1} = \lambda_z \{ (\gamma - \gamma_w) Z - \Delta u \}$	
	$p_{w2} = \gamma_w (h + 2R_o)$	$q_{w2} = \gamma_w (h + 2R_o) + \Delta u$	
土水一体	$p_{w2} = (\gamma - \gamma_w) Z$	$q_{w2} = \lambda_z \{ (\gamma - \gamma_w) (h + 2R_o) - \Delta u \}$	
	上と同じ	$q_{w1} + q_{w2}$ $= \lambda_z \{ \gamma_w h + (\gamma - \gamma_w) Z \}$	
		$q_{w2} + q_{w1}$ $= \lambda_z \{ \gamma_w (h + 2R_o) + (\gamma - \gamma_w) (Z + 2R_o) \}$	

λ_z : 実測値を逆算することにより得られた土水分離の側方土圧係数
 λ_z : 土水一体の側方土圧係数
 Δu : 過剰間隙水圧

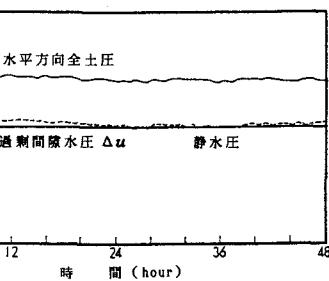


図-1 水平方向全土圧、間隙水圧の経時変化

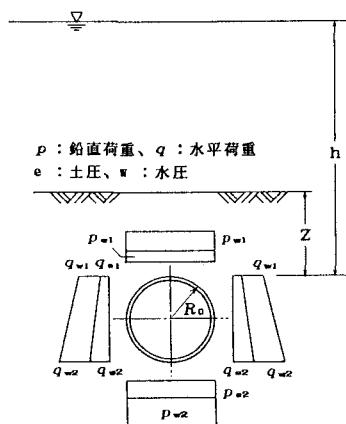


図-2 荷重条件

表-2 理論側方土圧係数

	理論側方土圧係数	トンネル標準示方書による側方土圧係数
土水分離	0.60	
土水一体	0.93	0.85~0.75*

* “非常に軟らかい粘性土”的場合

表-3 断面力の比較

	M _{max}	M _{min}	N _{max}	N _{min}
土水分離	0.33~0.45	0.26~0.37	1.00~1.02	1.23~1.43
土水一体	0.29~0.40	0.23~0.33	1.02~1.04	1.24~1.44

3. 解析結果および考察

(1) 水平方向全土圧の経時変化(図-3、図-4)

土水分離では、理論値を上回るところが初期に若干見られるだけであり、ほぼ理論値と等しいとみなすことができる。一方、土水一体では、初期に理論値よりも上回っている点は土水分離の場合と同様であるが、理論値に達するまで長期間を要している。これは、過剰間隙水圧が残存している期間では、土水一体の考え方では水圧の影響が考慮できないためである。

(2) 断面力の経時変化(図-5、図-6)

土水分離では、全土圧が初期に理論値を上回っていることに起因した差異が認められるが、長期的には±5%以内にある。一方、土水一体では、やはり初期における理論値との差異が認められ、土水分離と比較して大きく、特に M_{max} は長期的にみても変動が著しい。これは、土水一体の考え方では水圧の影響を考慮しない考え方であるのに対し、本解析で用いた側方土圧係数は、過剰間隙水圧の消散、つまり水圧の変動を考慮して算定したものであり、その差が結果として現れたものである。

軸力についてもどちらも変動が小さく、理論値との差異も小さい。

なお、表-3に側方土圧係数としてトンネル標準示方書の値を用いて土圧を算定し、解析した断面力を1としたものと、土水分離、土水一体の理論値を比較した結果を示したものである。示方書よりも曲げモーメントがかなり小さく軸力が卓越するモデルとなっている理由は、理論側方土圧係数がかなり大きな値であり、地山が水に近い材料と評価されてしまうためである。

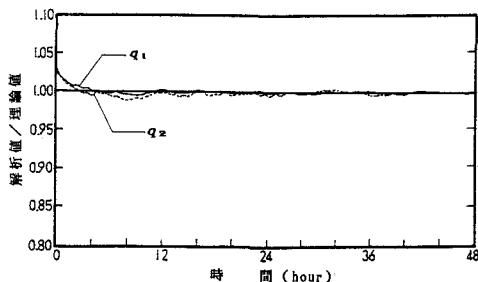


図-3 水平方向全土圧の経時変化(土水分離)

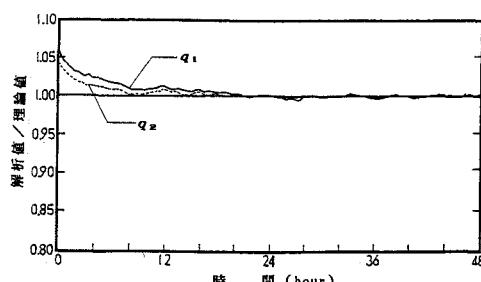


図-4 水平方向全土圧の経時変化(土水一体)

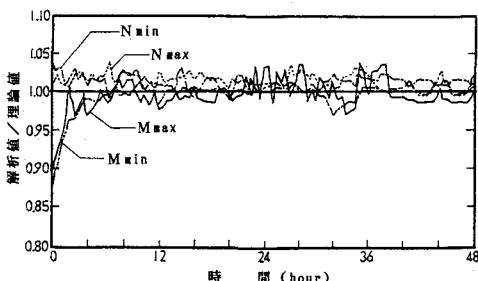


図-5 断面力の経時変化(土水分離)

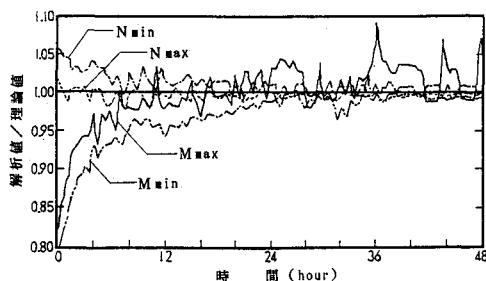


図-6 断面力の経時変化(土水一体)

4. 今後の課題

- ① 土水一体における理論側方土圧係数が、示方書で与えられているものよりもかなり大きいことから、実験方法(モデル地山作成法、計測方法など)を再検討する必要がある。
- ② 実験で計測された土圧は覆工に作用する土圧とは言い難いため、トンネルモデルを作製しそれに作用する土圧を計測し、理論値との関係について整理する。
- ③ 本解析では考慮されていない地盤反力などの関係を整理し、解析するための条件として加える。

などが今後の検討課題である。

【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(その2)、第47回年次学術講演会講演概要集第3部、pp.80-81、1992