

Ⅲ-B99 粘性土地盤のシールド 土圧実験における間隙水圧挙動の検証

東京都立大学大学院 工学研究科 正会員 土門 剛

東京都立大学大学院 工学研究科 正会員 西村和夫

1. まえがき

シールド覆工に作用する土水圧算定における土水一体の概念は、掘削によって掘削面近傍に発生する自由水が自然水頭に達するまでの期間、土水分離として設計すると覆工が危険な状態におかれること、さらにその自由水の挙動が今のところ明確となっていないことから、粘性土の設計時に考慮される考え方である¹⁾。これを踏まえ、著者らはこれまでに地盤内の間隙水圧の挙動と土圧の挙動、特に水平土圧の挙動との関連性を明らかにするために、見かけの側方土圧係数をパラメータとして透水係数の異なる様々な地盤に対する土水分離の適用性について考察している²⁾。ところが、著者らが用いてきた地盤材料は、飽和度が約90から100%であるにもかかわらず、水圧载荷実験において载荷あるいは除荷直後の間隙水圧に時間依存性挙動を伴っていることが多くみられた。

表-1 過去の実験で用いた地盤材料の飽和度

実験ケース	重 量 比			飽 和 度 (%)	
	材リ：標準砂	ベントナイト		練り混ぜ直後	実験直後
A	10	0	0	98.0	97.9
B	8	2	0	95.2	88.6
C	7	3	0	94.6	97.9
D	6	4	0	—	99.0
E	7	2	1	88.0	—

そこで本研究では、実験で現れた間隙水圧の時間依存性挙動が実際に地盤中に現れている現象なのか、あるいは間隙水圧計自体の構造に起因するものなのかを明確にするために、水を入れた袋を地表面上に載荷し、そこで得られた間隙水圧の挙動から、過去に実施された水圧载荷実験で多くみられた間隙水圧の時間依存性挙動について検証したのでここに報告する。

2. 過去の実験における間隙水圧挙動について

過去に用いた材料の飽和度は表-1に示すとおり、約90～100%である。厳密に言えば、飽和度が100%より少しでも下回ると、载荷によって地盤内の間隙空気が圧縮され、それとともなって地盤も変形するため結果的に有効土圧の変化をもたらす。一方、このような高い飽和度の粘性土では間隙内の水がすべて連通していると考えられるため、水圧の大小によらず間隙水圧の時間依存性はあらわれないと考えられる。すなわち飽和土では、図-1の点線円で囲んだ部分のように、载荷時における間隙水圧の浸透過程や、除荷時における消散過程は理論上存在しない。そこで、実験であらわれた間隙水圧の時間依存性挙動が実際に地盤中にあらわれている現象なのか、あるいは間隙水圧計自体の構造に起因するものなのかを検証するために、次に示す実験で間隙水圧の経時変化を観察することとした。

3. 载荷実験

実験には同一レベル内での材料の均質性を確保する目的で円筒形の装置を用い（図-2）、载荷方法と計測レベルについては次のように変更または追加した。载荷方法は、水圧载荷実験のように地表面上に直接水

キーワード：シールドトンネル、载荷実験、間隙水圧、土圧

〒192-03 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学大学院 工学研究科

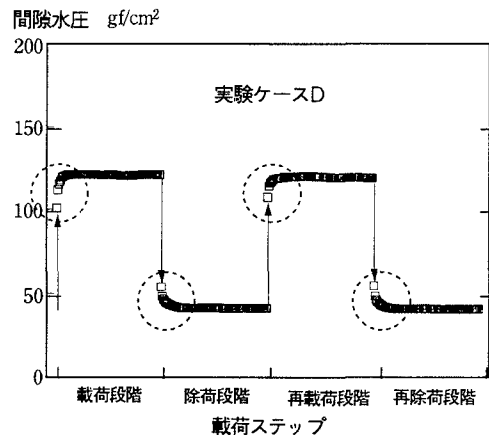


図-1 水圧载荷実験における間隙水圧挙動の例

圧载荷をするのではなく、水を入れた袋（約13kg）を载荷する方法、つまり簡単な圧密実験を実施した。この実験によって、飽和度が極めて高くしかも間隙水が連通しているならば、载荷と同時に過剰間隙水圧が発生し（ピーク到達までの時間遅れはない）その後消散する過程が現れるはずである。計測レベルについては、これまでのレベル（レベル1）に加え、その上部に75mm間隔に2レベル（レベル2、3）追加した。追加した理由は、図-1のような間隙水圧の時間依存性挙動があらわれた場合、それが载荷重あるいは土被りの大きさに依存するものなのかを判定するためである。なお、その挙動が現れなかった場合には、時間依存性挙動が実際に地盤中に現れている可能性が高い。

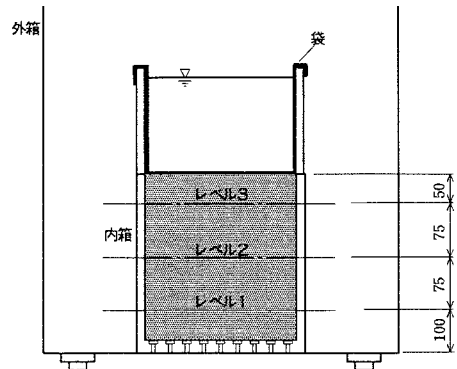


図-2 実験装置概略図

次に、実験結果を示す。なお、実験中に衝撃を受けたことによって計測値がシフトしたため、このシフト量を修正して示した。図-3は、载荷直後から約50時間後までの間隙水圧の経時変化を示している。図から明らかに2つの挙動に分類することができる。第一に、レベル3の間隙水圧挙動である。载荷に対して即時に応答しその後過剰間隙水圧の消散過程が明瞭に現れている。第二は、レベル1および2の挙動であり、これらの挙動はピークまでの到達時間、消散速度などどれも酷似している。水圧载荷直後には即時的な応答はなく、時間遅れを伴って過剰間隙水圧のピークに達し、その後、間隙水圧はかなりの時間を要して理論静水圧に達している。この大別して2つの挙動が現れたことによって次のように考察した。1)前者の挙動、すなわち過剰間隙水圧の発生と消散過程となって現れた理想的な挙動、がみられたことから水圧計の問題は考えられない。2)後者から、このレベルにおいて連通していない部分がかかなり存在すると予想される。これは、材料打設時の問題、例えば計測コードが錯綜しているためにレベル1、2における打設がしにくい、などが原因の一つと思われる。そのためレベル1、2の間隙水圧計周囲に空隙を残したまま地盤材料を打設した結果、载荷実験期間内では空隙部分が完全に水で満たされるまでに至っていないことが原因と考えられる。以上から、過去においてみられた間隙水圧の時間依存性挙動は、空隙内に水が移動する浸透現象としてあらわれていたと考えられる。

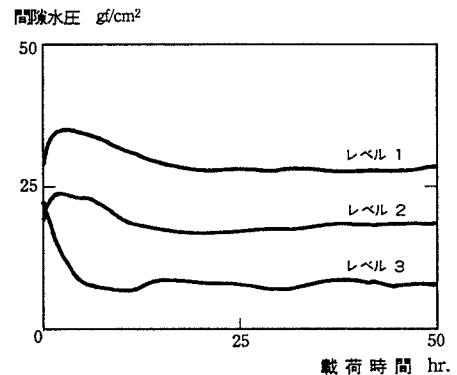


図-3 間隙水圧の経時変化

4. おわりに

土水一体の考え方を適用することによって長期的には過剰な覆工設計となる場合も考えられることがしばしば指摘されている。そこで、主荷重としては粘性土においても土水分離を採用し、掘削による土水圧変動の影響は従荷重として別に考慮するのも一案ではないかと考えている。ただしその場合にも、側圧係数の値や従荷重として考慮する場合のパラメーターなど、定量的な手法がなければならないことは言うまでもない。それを踏まえ、今後さらに綿密に研究を実施していかなくてはならない。

なお、本研究における実験は青柳茂男君（都立大学大学院生）の手を煩わした。ここに謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 土木学会トンネル工学委員会：都市NATMとシールド工法との境界領域、土木学会、1996
- 2) 土門ら：透水係数の異なる粘性土地山におけるシールドの側圧係数に関する研究、第51回年次学術講演会、Ⅲ-B106、1996.9