

III-684

砂・粘土混合地山におけるシールド土圧に関する基礎的実験

東京都立大学工学部 正 会 員 土門 剛
 東京都立大学大学院 学生会員 早崎 篤史
 東京都立大学工学部 正 会 員 西村 和夫

1. はじめに

覆工の設計で考慮する主荷重には、地山条件に支配されるものとして土圧・水圧・地盤反力がある。そのうち、土圧・水圧は、対象とする地山が土と水の力学的挙動の区別できる地山—砂質土—であるか、あるいは区別できない地山—粘性土—であるかによって、それぞれ「土水分離」、「土水一体」の考え方で算定されている。この両者の土水圧に対する考え方は、地山がすべて砂あるいは粘土である場合であれば妥当であると考えられるが、より複雑な地山条件、たとえば砂と粘土の中間的性状を示す地山などに対してはどちらの考え方を採用するかを判断することが困難である。通常このような場合、地山条件の他に施工条件等も合わせて検討し、より安全側の設計となるように土水圧を算定している。したがって、複雑な地山条件では、土水圧を合理的に算定されていない場合も考えられる。

そのような背景から本稿では、現行の考え方は土水圧の算定の困難な地山条件の一例として、砂と粘土を混合して作製した混合土（以下、混合土）の地山モデルをはじめ、砂質土および粘性土の地山モデルについても水圧載荷実験（短期的）をおこない、計測結果から計算される側方土圧係数により、土に対する水の挙動について考察した。

2. 実験概要

地山モデルは軟弱地山を想定していることから、混合土は表-1に示すように比較的粘土分の多い材料を作成した。砂質土および粘性土についても同表に示された材料で地山モデルを作製し、以下に示す方法で水圧載荷実験をおこなっている。

実験装置は、図-1のように外箱と内箱の二重構造になっており、外箱はホースを介してスタンドパイプで連結されている。このスタンドパイプ内の水位を上下させることで地山に対して載荷・除荷させることができる。

水圧載荷実験をおこなう前に、粘性土・混合土は打設による過剰な圧力を消散させるため養生期間を設けた（約40時間）。養生方法は、第一に材料の飽和度を高めること、第二に同一材料を数回実験したときに再現性が確保できることの2点から、内箱底部から排水させて水締めする排水養生をおこなった。この排水養生は、排水させずにそのまま放置しておく養生と比べて、再現性の面で優れていることが確認された。

粘性土・混合土は上述の通り養生期間を設けたのちに図-2の4つのステップで水圧載荷をおこない、砂質土は打設後ただちに水圧載荷した。粘性土・混合土では各ステップとも所定の水位を一定に保ったままで約40時間、鉛直全土圧・水平全土圧・間隙水圧を計測している。なお砂質土については、過去に実施されたもので、土被りが25cm、最大水位が75cmのモデルである。また、計測方法は各ステップとも所定の水位に達したあと3分間計測した。

3. 実験結果および考察

3.1 水平有効土圧（粘性土・混合土）

3種類の地山モデルのうち、粘性土・混合土については土と水の挙動が複雑であると考えられることから、水圧の大きさによる有効土圧について整理し、以下の説明のように「土水分離」、「土水一体」を分類する方法をとる。水圧の大きさによらず有効土圧が不変であれば、水圧載荷分がすべて水で受け持たれていることになる。すなわち、土と水の挙動が明確に分類され、「土水分離」の考え方が適用できる地山に分類される。

表-1 配合・物性値

	配 合	γ (gf/cm ³)	ϕ (°)	C (gf/cm ²)
砂質土	標準砂のみ	1.96	40	—
粘性土	カオリンのみ	1.65	9.8	8.7
混合土	カオリン+標準砂 (細粒分含有率72%)	1.77	26	4.0

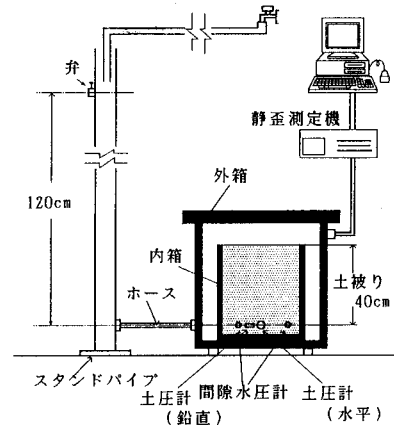


図-1 実験装置

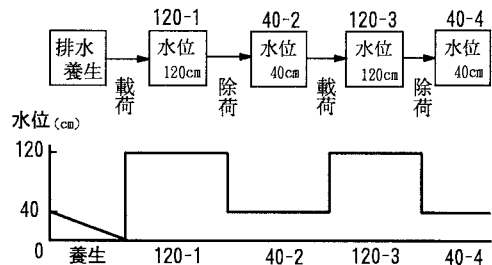


図-2 載荷ステップ

一方、水圧の大きさによって有効土圧が一定の値にならない場合には土と水がそれぞれの程度の割合で水圧載荷分を受け持っているかが不明確であるため、「土水一体」すなわち全土圧的に考えざるを得ない。このような観点から以下の結果について検討していくが、ここでは有効土圧の水平成分（以下、水平有効土圧）のみを示す。なお水平有効土圧は、計測値から以下の式によって計算される。

$$\text{水平有効土圧} = \text{水平全土圧} - \text{間隙水圧} \quad (1)$$

図-3は、各ステップにおける粘性土の水平有効土圧の経時変化を示したものである。図から明らかなように、排水養生による土構造の変化にともなうと考えられる土圧の時間依存性があること、また各ステップにおいて時間の経過とともに土圧は安定する一方で水圧の大きさによってその値が異なっていることの2点から、この粘性土では「土水一体」と分類される。

図-4は、混合土の水平有効土圧の経時変化を示したものである。粘性土のそれとは対照的に、初期の段階で過剰間隙水圧の消散の影響を受けたと考えられる漸増が見られるだけで、どのステップでも土圧はほぼ同じ値である。したがって、この混合土は「土水分離」に分類することができる。

次節では、計測結果から計算される「土水分離」の考え方による側方土圧係数（(2)式）をもとに3種類の土をさらに詳しく検討する。

$$\text{側方土圧係数} = \frac{\text{水平全土圧} - \text{間隙水圧}}{\text{鉛直全土圧} - \text{間隙水圧}} \quad (2)$$

3.2 側方土圧係数

図-5は、(2)式で計算された側方土圧係数を各ステップごとに値をプロットしたものである。なお、養生（載荷前）のデータは土圧が安定したときの値をもとに計算し、その他の各ステップのデータは間隙水圧の値が静水圧に達したときの値をもとに計算したものである。混合土の側方土圧係数は養生時にわずかに値が低くなっていることを除き、砂質土と同様に水深によらずほぼ一定である。ところが粘性土では、水深によって側方土圧係数の値が異なり、その値は水深が高いときには小さく、低いときには大きくなる傾向がある。粘性土におけるこのような影響は、「土水一体」の考え方による側方土圧係数（(2)式の間隙水圧を無視する）で整理すると、水深によらずほぼ一定の値をとることが確認されている。つまり、「土水分離」の考え方によると側方土圧係数が水圧の大きさによって異なるためにその値を算定することは不可能であるが、全土圧的な考え方をすることによって水圧の影響は包含され、側方土圧係数の値を算定することができることを意味している。

4. まとめ

(2)式で計算された側方土圧係数が、「土水分離」か「土水一体」かを判定するひとつの目安になることが確認できた。また、本実験で用いた混合土は粘土分が多いにも関わらず、「土水分離」に分類される結果となったことは非常に興味深い。

今後は、さまざまな材料での実験を数多くおこない、「土水分離」、「土水一体」を分類する上で重要な土質パラメータの選定をするとともに、この2つの考え方以外に土圧を算定する方法についても研究を進めていく予定である。

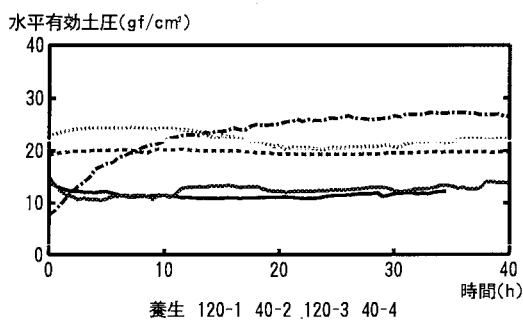


図-3 水平有効土圧の経時変化（粘性土）

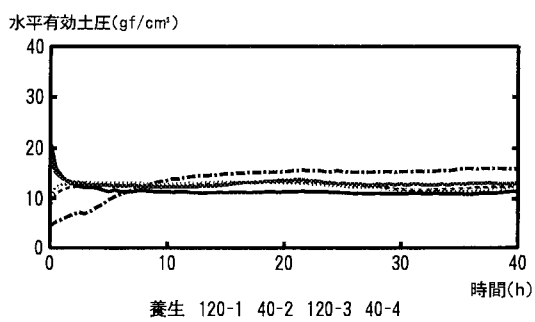


図-4 水平有効土圧の経時変化（混合土）

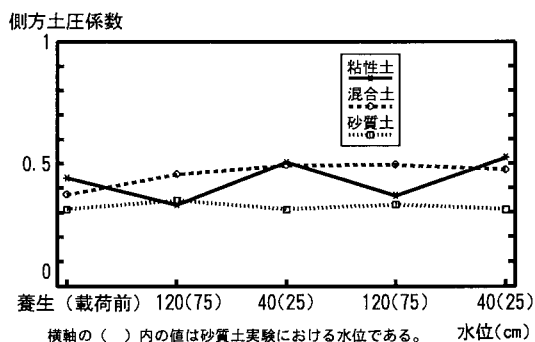


図-5 各ステップの水位と側方土圧係数の関係