

横浜国立大学大学院 学生員 〇片桐 雅明

横浜国立大学工学部 正会員 今井 五郎

1. はじめに

平時に安定している斜面に降雨などで地下水位が上昇すると、土は水で飽和されるため土の自重が増し、下方にすべろうとして斜面内に働くせん断応力が増加する。また斜面内の間隙水圧の値が上昇するため有効応力の値が減少し、土の発揮しうるせん断強度が減少する。したがってある仮想すべり面上のある部分に働くせん断応力の大きさが、そこで発揮されるせん断強度の値に一致すると、その部分はせん断破壊してしまう。そして仮想すべり面上のどの部分でもこれが一致すれば、斜面全体のすべり破壊が生じると言われている。そこで、本研究では、三軸試験機を用いて、せん断応力を与え、また間隙水圧を上昇させて、その挙動を調べた。また試料土は、間隙水圧の伝わりやすい透水係数の大きな砂(豊浦砂 $G_s=2.64$)を用いた。

2. 実験方法

十分脱気した試料土を、脱気水を満したカラー付きのモールド($D=5\text{cm}$, $h=5\text{cm}$, カラーの高さ 1.5cm)内に静かに入れ、 $D=5\text{cm}$ のトップキャップをピストンロッドにつけて、モールド内で試料を圧密した。その後、カラーを取り、供試体として整形して、負圧を与えて自立させ、供試体の高さ・直径を測定した。ここで供試体の端面は、端面摩擦を軽減するために摩擦軽減層(2層系)をもうけた。その後セル水を入れ、側圧を 0.1kgf/cm^2 にして、flashingを行なった(15分以上)。そしてバックプレッシャー(1.0kgf/cm^2)を与え、2時間後、所定の側圧にして等圧圧密を行なった。圧密時間は30分以上とした。B値はほぼ1.0であった。

三軸試験機は、供試体の上部の排水系を間隙水圧計に接続し、下部の排水系をビューレットに接続する(図-1)。本試験は、せん断試験(S-test)と、間隙水圧を上昇させる試験(P-test)の2つの試験を組合せて行った。S-testは、側圧を減少させ、かつある軸力を与え($N0.7$ は側圧一定)、間隙水圧・軸変位・体積変化を測定した。またP-testは、ビューレットの水面に所定の圧力を与え、それを供試体の下部より供試体に与え、供試体の上部で供試体内の間隙水圧を測定した。同時に軸変位・体積変化も測定した。そして供試体の下部より与えた圧力が上部に完全に伝ったと確認できたら、次のステップに進んだ。S-test, P-testは排水条件で行ったが、S-test, P-testの側圧・軸力・間隙水圧の増減分は非排水条件で与えた。

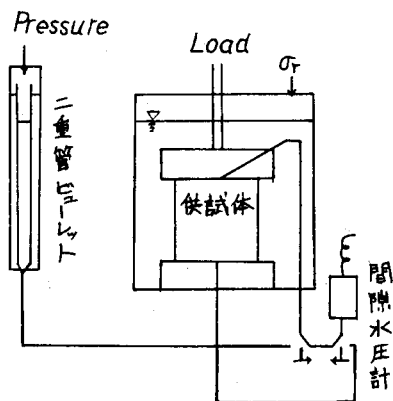


図-1 S, P-testの排水系

3. 試験結果

(A) 有効応力経路; 図-2に本試験の有効応力経路を示す。有効応力状態は、S-testを—△(非排水状態)、—×(排水条件)で、P-testを—○(排水状態)で示している。CD-test($\sigma_r=0.2, 1.0\text{kgf/cm}^2$), CU-test($\sigma_r=1.0\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_r=1.0\text{kgf/cm}^2$ で圧密後 $\sigma_r=0.2\text{kgf/cm}^2$ で再圧密)の結果も示す。

S-testで、水圧増加後から排水後(○→×)は各ステップでの全応力の状態変化を示している。水圧増加後から非排水状態後(○→△)はその間の有効応力の状態変化を示している。従って、非排水状態後(△)と排水後(×)の距離が各ステップで発生した過剰間隙水圧の量を示している。この各ステップでの過剰間隙水圧の大きさは、 $8/p'$ の値が小さい場合には、負であり、 $8/p'$ の値が大きくなるにつれて正に変化していく。その後、 $8/p'$ の値が破壊線近くから以降は、負の値となる。

Figure 1 is a graph showing the relationship between effective pressure (p') and vertical stress (p) for various soil samples. The y-axis represents vertical stress p in kgf/cm^2 , and the x-axis represents effective pressure p' in kgf/cm^2 . The graph includes data points and curves for several samples, categorized by test type and stress level.

Legend:

- $\triangle$ (非排水載荷後) S-test
- $\times$ (排水後) X-test
- $\circ$ (水圧増加後) P-test

Test Data Summary:

Test Type	Stress Level (σ)	Sample	Effective Pressure (p')	Vertical Stress (p)	Notes
CD test	$\sigma = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$	NO. 1	0.797	0.797	$e_f = 0.822$
		NO. 6	0.799	0.799	$e_f = 0.805$
		NO. 7	0.809	0.809	
		NO. 9	0.826	0.826	
		NO. 10	0.827	0.827	
	$\sigma = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$	NO. 6	0.5	0.5	$e_f = 0.839$
		NO. 9	0.826	0.826	
		NO. 10	0.827	0.827	
		NO. 7	0.809	0.809	
		NO. 1	0.797	0.797	
CU test	$\sigma = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$	NO. 1	0.797	0.797	$e_f = 0.822$
		NO. 6	0.799	0.799	$e_f = 0.805$
		NO. 7	0.809	0.809	
		NO. 9	0.826	0.826	
		NO. 10	0.827	0.827	
	$\sigma = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$	NO. 6	0.5	0.5	$e_f = 0.839$
		NO. 9	0.826	0.826	
		NO. 10	0.827	0.827	
		NO. 7	0.809	0.809	
		NO. 1	0.797	0.797	

图-2 有效应力路径

Graph showing the relationship between the axial strain of a reinforcement bar (ϵ_s) and the concrete strain (ϵ_c) for a reinforced concrete beam.

The x-axis represents the axial strain of the reinforcement bar (ϵ_s) in percent, ranging from 0 to 40. The y-axis represents the stress (σ), ranging from 0 to 0.6.

Two curves are plotted:

- Solid Line (NO. 9):** Labeled "CU test" with a slope of $G = 0.2 \text{ kg/cm}^2$. The curve starts at point 'a' (0, 0.15) and passes through points 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', and 'h'. The slope is given as $e_s = 0.826$ and $e(g) = 0.993$.
- Dashed Line (NO. 7):** Labeled "CU test" with a slope of $G = 0.2 \text{ kg/cm}^2$. The curve starts at point 'a' (0, 0.15) and passes through points 'b', 'c', 'd', 'e', 'f', 'g', and 'h'. The slope is given as $e_s = 0.809$ and $e(E) = 0.997$.

Key points on the curves are labeled: a, b, c, d, e, f, g, h.

图-3 $\varepsilon_a \sim \delta$

(b) $E_a \sim g$; 図-3に $\alpha, 0.7, 9$ の軸ひずみ $\sim g$ を示す。図の $A \sim E$, $a \sim g$ は、それぞれ図-2のそれに対応する。供試体の応力状態が、破壊線付近に達するまではほとんど軸ひずみは発生しない($A \sim B$, $a \sim d$)。その後間隙水圧を上昇させると、その P に対して g の値が定まり、その g の値となるように変形していった。すなわち①有効応力状態が、破壊線に達するまではほとんど変形しない。②有効応力状態が破壊線に達すると、抵抗しうる g が減少する。③それと同時に大きな変形が生じる。

4 まとめ

- ① 有効応力状態が、破壊線に到達するまではほとんど変形しないが、破壊線に到達すると抵抗しうせん断強度が減少し、それと同時に大きな変形が生じる。
- ② 非排水載荷後の各点の位置は、CU-testの傾向と似ている。