

三軸試験における間げき水圧の挙動に関する実験的研究

広島大学工学部 工博 正 員 網干 寿夫
大 阪 府 工 修 正 員 石井 敬一
広島大学大学院 学生員 〇佐々木 康

1 はじめに 飽和粘土のせん断機構を究明するための一助として著者らは、三軸試験における供試体内の間げき水圧特性を調べてきた。土の力学的挙動が有効応力によって支配されるであろうことは周知のことである。一般に三軸試験における間げき水圧の測定は、供試体の底面でなされるが、著者らの実験によれば供試体内に発生する間げき水圧はその位置によって異った様相を呈する、という結果を得たのでここに報告する。

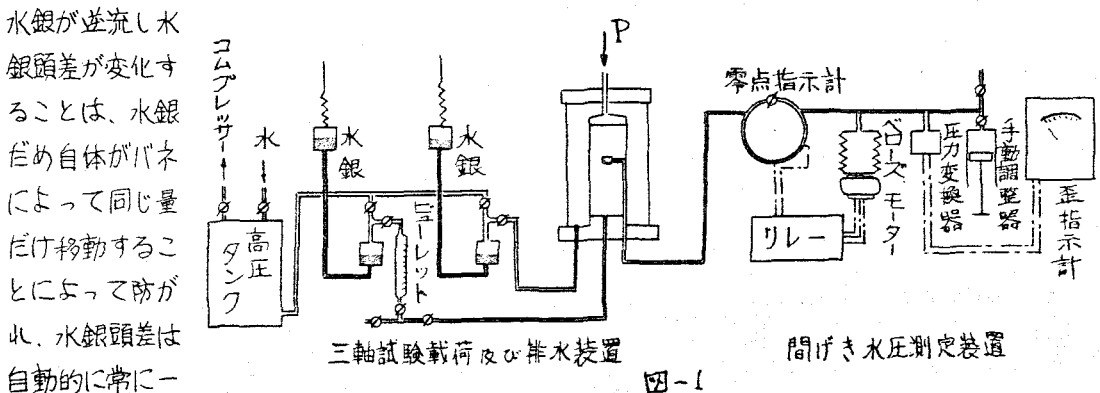
2 試料、実験装置および実験方法 実験に使用した試料は広島県福山市福山港沖合より採取したものをミキサーで完全に攪乱し、 0.5 kg/cm^2 で再び圧密したものである。

表-1 試 料

単位体積重量 g/cm^3	1.47	G	2.68
一軸圧縮強さ kg/cm^2	0.26	L.L. %	109.0
自然含水比 %	80.1	P.L. %	39.0
三角座標による分類			粘土

供試体寸法は直径8cm、高さ20cmの円筒形で、供試体内の2点および底面の合計3点で間げき水圧を測定した。供試体内の間げき水圧は横断面中央に直径5mm、長さ10mmの円筒形のポラスチップを封入し、それらのお互いの高さの間隔を最小4cmとして1つの試験を行う。そしてこの高さは幾連分の試験でその位置を変えて、最終的には供試体内の2cmおきの9つの点における間げき水圧の値を知ってその分布を知ろうというわけである。このポラスチップは蒸留水で煮沸され、後に述べる間げき水圧測定装置への接続、供試体の三軸セル内へのセットなどはすべて水中で行われるものであることはいうまでもない。

供試体側面には圧密加速のための、ろ紙をかご状にしたペーパー・ドレーン¹⁾を巻きつけてある。^{2), 3)}
この試験において試料は完全に飽和していなくてはならないが、そのためバック・プレッシャーを採用し、その大きさは 0.5 kg/cm^2 とし圧密前に載荷することとした。バック・プレッシャーを載荷する時期としては圧密前および後の2つの方法があるが圧密前に載荷するとき、装置が少し複雑となる。供試体からの排水管の出口にも同じ圧力を与えて、側圧と排水管の圧力による水頭差を以って圧密圧とした。図-1に見るように排水量はビューレットにより測定し、排水された水によって水銀だめに水銀が逆流し水銀頭差が変化することは、水銀だめ自体がバネによって同じ量だけ移動することによって防がれ、水銀頭差は自動的に常に一



定となるようにしてある。

圧密圧は、1.0, 2.0, 3.0 kg/cm²の3種類とし、ひずみ速度は、2.0, 0.05 %/min の2種類とした。

間げき水圧の測定装置は以前にも発表したが⁴⁾、その大要は図-1 のようである。その一番大きな特徴は供試体からの間げき水の流出入を、間げき水圧測定に際して防ぐための圧力平衡装置が自動的に作動することである。順次簡単に説明すると次のようである。

零点指示計は Bishop の方法にヒントを得て作製したもので、試験開始に当って零点位置を調節するとき、供試体に容積変化を生ぜしめずに簡単に調節できるという点で優れている。

圧力平衡装置は、リレー、モーター、ベローズおよび手動調整器からなり、零点指示計から送られる電気的信号に従って自動的に圧力調整が行われる。圧力追従能力は 0.22 %/min である。これ以上の急激な圧力変化、例えば圧密荷重の瞬時載荷などの場合には、圧力変化が前記速度に減少するまで手動で調節することによって同調できるようになっている。

圧力変換器は圧力変化をひずみに変換するもので、共和電業製 P.H.A. 型、5 % および 10 % を使用した。

ひずみ指示計は共和電業製 P.M.-5L である。

3 実験結果 圧密圧 3.0, 2.0, 1.0 kg/cm² のすべてに通じて、ひずみ速度の違いのものでは大きな相異はないが、2 %/min のひずみ速度のものでは間げき水圧が発生する様子は、せん断面、非せん断面で異っている。その一例を図-2 および表-2 によって比較してみると、2 %/min のものではせん断面での間げき水圧の発生傾度 (du/de) が大きいということがわかる。($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max} の点付近ではそれ程の差はないが、それ以前のせん断初期に、せん断面上で間げき水圧の発生、上昇が急激に行われることを示している。

表-3 ($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max} における各値の比較

ひずみ速度	圧密圧		($\sigma_1 - \sigma_3$) _{max}	U	σ_1'	σ_3'	σ_1'/σ_3'	A
2 %/min	1	せん断面	0.73	0.59	1.12	0.39	2.84	0.81
		非せん断面	0.72	0.59	1.09	0.37	2.97	0.98
		底面	0.73	0.49	1.26	0.53	2.37	0.67
	2	せん断面	1.57	0.75	2.73	1.16	2.34	0.48
		底面	1.56	0.74	2.88	1.32	2.18	0.47
	3	せん断面	2.26	1.43	3.83	1.58	2.44	0.68
0.05 %/min	1	せん断面	2.26	1.07	4.10	1.84	2.23	0.47
		底面	2.24	0.98	4.31	2.07	2.08	0.44
	2	せん断面	0.65	0.63	0.91	0.26	3.49	0.97
		底面	0.65	0.67	1.02	0.37	2.78	1.03
	3	せん断面	1.07	1.10	1.89	0.82	2.31	1.03
		非せん断面	1.07	0.91	2.14	1.07	2.01	0.84
		底面	1.07	1.57	1.52	0.44	3.42	1.47
	3	せん断面	1.86	1.84	2.89	1.03	2.80	0.99
		底面	1.87	2.55	2.25	0.39	5.84	1.37

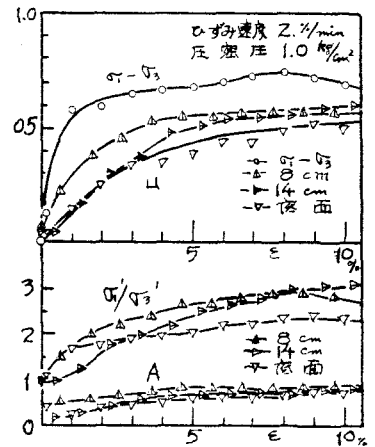
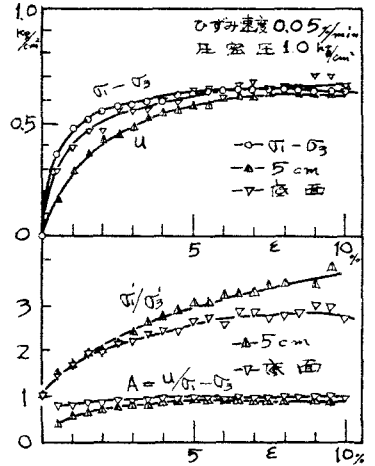


図-2 $E - (\sigma_1 - \sigma_3)$, u , σ_1'/σ_3' , A

表-2 間げき水圧発生傾度 du/de

ひずみ速度	圧密圧	せん断面	非せん断面	底面
2 %/min	1	0.67	0.28	0.23
	2	-	0.32	-
	3	0.54	0.32	0.30
0.05 %/min	1	0.41	-	0.52
	2	0.52	0.52	0.86
	3	1.36	-	1.35

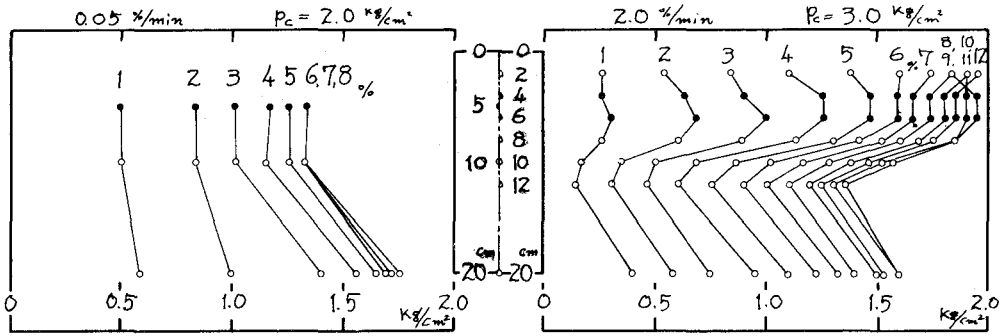


図-3 間 げ き 水 圧 分 布 (→ せん断面)

ひずみと間げき水圧分布との関係(図-3)によって上述のことがさらに明らかにされる。

この図で底面の方がせん断面より大きな間げき水圧を示しているが、これは端部拘束による影響と思われる。例えば、P.W.Rowe & L.Bardon⁶⁾の試験においてFree endとFixed endの底面で測定した間げき水圧はFixed endのものの方が大きくなっている。

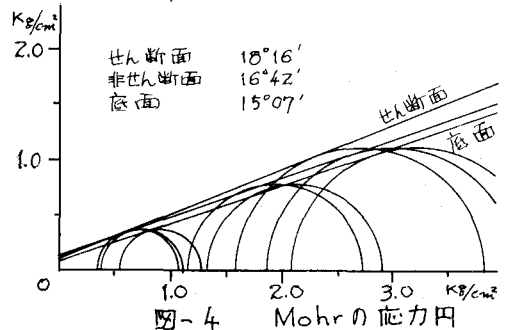


図-4 Mohrの応力円

($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max}のときのMohrの応力円を描くと図-4のようになる。底面とせん断面ではその値は約3°の差がある。

また、供試体内の応力が変化する様子はRendulicの図を用いて示すと図-5のようになる。

表-3には($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max}における各値を挙げてある。

4 おわりに 三軸試験における供試体内の間げき水圧は一樣ではなく、一般に行われている底面での間げき水圧測定により求めた応力の変化過程は、せん断面のものとかなりの差が生じている。しかし($\sigma_1 - \sigma_3$)_{max}の点においてこれらの値の差が小さいことはMohrの応力円で表示しても、その結果がそれほどちがってこないことになる。Remolded Clayについて行われたこの実験はひき続きUndisturbed Clayについても行われる予定である。

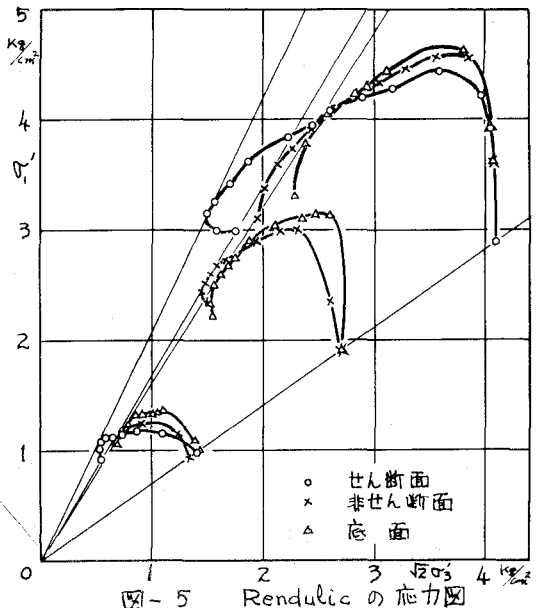


図-5 Rendulicの応力図

5 参考文献

- 1) Bishop & Henkel; Triaxial Test, 1962 (p.69-70)
- 2) 赤井浩一他; 土木学会論文集 第91号
- 3) Lowe & Thonson; Shear Conf. 1960, (p.819)
- 4) 網干寿夫他; 土木学会第9回年次学術講演会概要
- 5) Bishop & Henkel; 前出1) (p.81)
- 6) Rowe & Bardon; Proc. ASCE, S.M. & F.D. 1964, 1.