

九州大学工学部 正員 内田一郎
〃 〃 村田重之
飯田規寛

1. ま え が き 著者はすでに三軸圧縮試験機を改良した浸透水圧実験(供試体の底部から上部へ向けて種々の圧力の浸透水を流しながらせん断試験を行なう)を豊浦砂と九大砂について行ない、浸透水圧が砂のせん断強度にどのような影響を及ぼしているかを実験的に究明し次のような結果をえている。^{1), 2)} (1)浸透水圧が砂の強度に何らかの形で影響を及ぼしているようで、間ゲキ水が流れを持っている場合無視できない問題となりそうである。(2)間ゲキ水の流速が速くなると強度が急激に低下し、特に抱束圧の小さい場合にはわずかな流速の増加で強度が失われる。(3)ダルシーの法則の正確には成立しない領域(非ダルシー領域)においても間ゲキ水圧の取り方によって有効応力の概念が適用できそうである。これらの結果は全応力解析のもとにえられたものであるが、さらに有効応力的にも確かなものとするために供試体内の間ゲキ水圧を究明に決定する実験を行ない、その結果間ゲキ水圧と浸透水圧との間に非常にユニークな関係があることが明らかになったのでここに報告する。

2. 間ゲキ水圧の測定法 これまでの実験と同様に試料には豊浦砂と九大砂を使用した。供試体の作製および実験方法については文献1)を参照されたい。さて図-1は間ゲキ水圧測定の様式図を示したもので、高さ約12.6 cmの供試体の6点に注射針(豊浦砂は外径0.8 mm, 九大砂は外径1.2 mm)を差し込み測定した。注射針のゴムスリーブへの差し込み口は瞬間接着剤(CC-15A)を使って密着し水漏れを防いだ。実験装置の都合上一度に2点の測定しか行なえず、したがって同一の実験を3回行ない測定した。水圧の測定には小型圧力変換器(PGM-2KC)を2個使用した。なおバックプレッシャーは実験のタイプからして作用できないのでここではかけていない。

3. 結果と考察 (1) 間ゲキ水圧(浸透水圧)分布 間ゲキ水圧の測定は圧密・セン断の両過程を通じて行なったが、両過程とも間ゲキ水圧に変化はなくほぼ一定の値を示していた。図-2(a), (b)に側圧 0.5 kg/cm² の場合の豊浦砂と九大砂の間ゲキ水圧分布を示す。図中の数字は浸透水圧(ぬれ)を表し単位は kg/cm² である。間ゲキ水圧はいずれも台形分布を示しているが、豊浦砂の場合供試体の底部と上部でかなりな違いが生じている。これに対し九大砂ではその違いはあまり顕著ではない。これは透水性の良否と関係があるようで、豊浦砂は粒径が均質のため供試体の初期間ゲキ比 $e_0 \approx 0.65$ 、平均的な透水係数 $k \approx 5 \times 10^{-3}$ cm/sec であるが、九大砂は粒径の少し大きなものから、かなり小さなものまで含み $e_0 \approx 0.59$ 、 $k \approx 2 \times 10^{-3}$ cm/sec と豊浦砂より透水性がや

や低下する。このため豊
兼房は上部への水圧の抜
けが良く、供試体の上下
面で水圧に差が生じるが、
九文房は水圧の抜けが悪
く、供試体全体がほぼ同
一の水圧を受けることにな
ったものと思われる。

また供試体の底部から上部への水圧の分布は、計

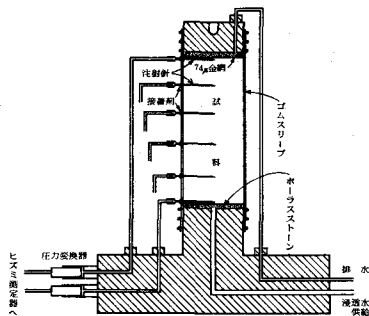


図-1 間ゲキ水压測定の様式図

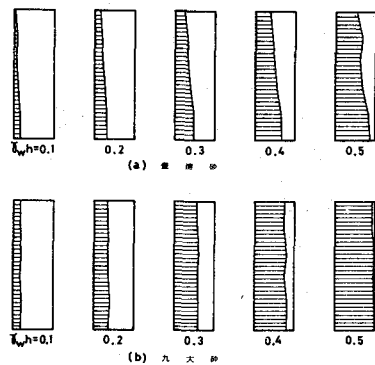


図-2 間ゲキ水圧の分布図

測のバラツキもあって少し凸凹があるが豊浦砂、九丈砂ともほぼ一直線に変化していると見なされる。以上のような傾向は側圧が変化した場合も同様であった。

(2) 強度定数

強度定数を有効応力で求めるにはスベリ面上の間ゲキ水圧の値が必要であり、通常の非排水試験では供試体中の間ゲキ水圧はすべて同一であると考え、供試体の底部または上部で測定した値をもってスベリ面上の間ゲキ水圧と考え解析を行なっているが、今回の実験のように間ゲキ水圧が供試体内で明らかに異なる場合、スベリ面上の間ゲキ水圧は何かの方法で推定しなければならぬ。したがってここでは間ゲキ水圧がほぼ直線的な変化をしていることから、供試体の中央部の間ゲキ水圧をスベリ面上の平均的な値と仮定し有効応力解析を行なった。

図-3, 4 が豊浦砂と九丈砂の全応力で求めた ϕ と、有効応力で求めた ϕ' をそれぞれ同一図面上に示したものである。全応力で求めた ϕ は両者とも浸透水圧の増加 ($\gamma_w h / \sigma_3$ の増加は σ_3 が定まった値であれば $\gamma_w h$ の増加になる) に従って次第に減少しているが、その程度は豊浦砂より九丈砂の方がより急激である。ところで浸透水圧の増加によるこの強度低下がすべて間ゲキ水圧の増加によるものであれば有効応力で求めた ϕ' は、 $\gamma_w h / \sigma_3 = 0$ の試験(飽和した砂の排水試験と同一の試験になる)による $\phi' (= \phi_d)$ と同一の値にならなければならない。さて図-3, 4 を見ると $\gamma_w h / \sigma_3$ が 0.5~0.6 ぐらいまでは ϕ' は ϕ_d とほぼ同じ値であり有効応力で解析することが可能なのであるが、 $\gamma_w h / \sigma_3$ がそれより大きくなると ϕ' の値は ϕ_d の値からはずれてきて有効応力解析が必ずしも万能ではないことを示しているようである。言い換えれば土中水が流れを持っている場合、浸透水圧と抱束圧の比 ($\gamma_w h / \sigma_3$) が 0.5~0.6 付近までは有効応力の概念が通用できるが、それ以上になると有効応力の概念だけでは説明不十分で、浸透水圧を考慮した考え方の導入が必要になってくると思われる。

4. まとめ 注射針を供試体の各部に差し込み間ゲキ水圧の測定を行なった今回の一連の実験により次のようなことが明らかとなった。(1) 浸透水圧を作用させたときの間ゲキ水圧の分布形状は透水係数と深い関係があり、透水係数が大きい場合には三角形分布に、小さい場合は台形ないしは矩形分布に近づく。(2) $\gamma_w h / \sigma_3$ が 0.5~0.6 付近までは $\phi' = \phi_d$ が成り立つが、それ以上になると成立しなくなる。つまり土中水が流れを持っている場合の間ゲキ水の取扱いは有効応力の概念だけでは説明不十分で、これを系統的に表現するためには浸透水圧の考え方を導入する必要があると思われる。

本研究の一部に昭和53年度文部省科学研究費の補助を蒙った。記して謝意を表す。
文献 1) 内田・村田, 第13回土質工学会発表会(1978), 2) 内田・村田, 第33回土木学会(1978)。

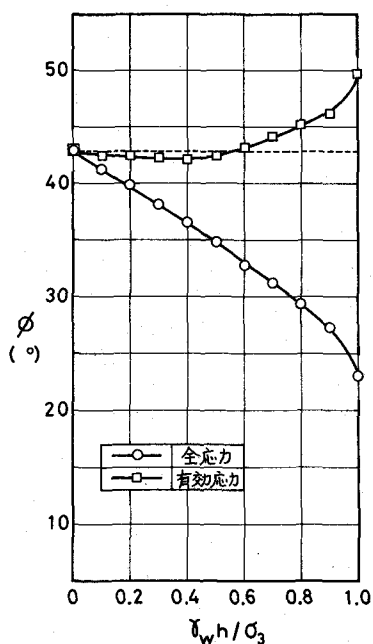


図-3 $\gamma_w h / \sigma_3 \sim \phi$ 関係(豊浦砂)

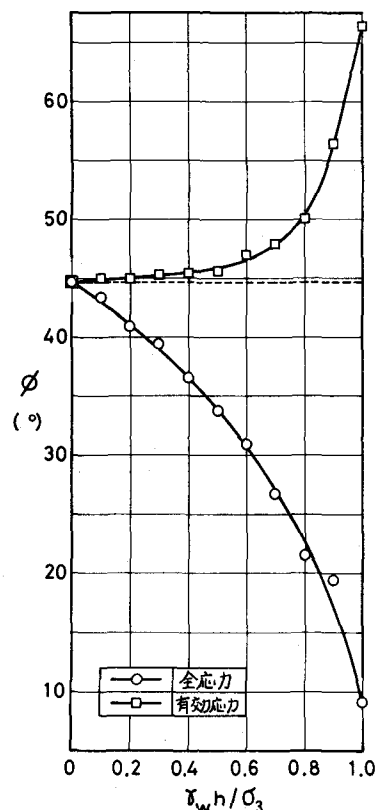


図-4 $\gamma_w h / \sigma_3 \sim \phi$ 関係(九丈砂)