

九州大学工学部 正員 内田 一郎
同 上 〃 〃 村田 重之

1. まえがき 土の中を水が流れると、土の骨格を構成する土粒子には粘性抵抗が働くため、土粒子は流れの方向に力を受ける。この力は浸透水压と呼ばれ、クイックサンドやパイピングなどを引き起こし、それがひいてはアースダムや河川堤防など土構造物の破壊につながり、社会的にも大きな問題となってくる。これらの破壊現象は、破壊が連鎖反動的に進めいれゆる進行性破壊のひとつとみなされるが、破壊に至る過程においては浸透水压の作用による土の強度低下が問題となってくると思われる。

本研究はこの点に注目し、浸透水压を受けている土のせん断強度がどのように変化するかを明らかにすることを目指している。著者はすでに豊浦砂 ($G_s = 2.64$, 均等係数 1.4) について実験を行ない次のような結果をえている⁽¹⁾。(1) 浸透水压が土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においても間ゲキ水压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。

今回はこれらの結果が一般的な粒度分布の砂についても適用できることなのかどうかを確かめる目的で、試料に九大砂 ($G_s = 2.64$, 均等係数 4.5) を使用し実験を行ない同様の結果がえられたのでここに報告する。

2. 供試体と実験方法 供試体の寸法は直径 5.0 cm, 高さ 12.6 cm の円筒型で、初期间ゲキ比は 0.59 である。供試体の作成および実験方法については紙面の都合上文献(4)を参照されたい。なお今回の九大砂の実験は「透水型」についてのみ行

なったものである。

3. 結果と考察

(1) 透水性

豊浦砂の場合と同様に透水係数(k)は γ_{wh}/σ_3 (γ_{wh} : 浸透水压, σ_3 : 側圧) の増加によってわずかに低下してくる。異なる点は、豊浦砂では圧縮とせん断の両過程を通じてひとつの試験中透水係数にはほとんど変化はなかったのに対し、九大砂ではせん断を始めると透水係数が徐々に低下してきた。

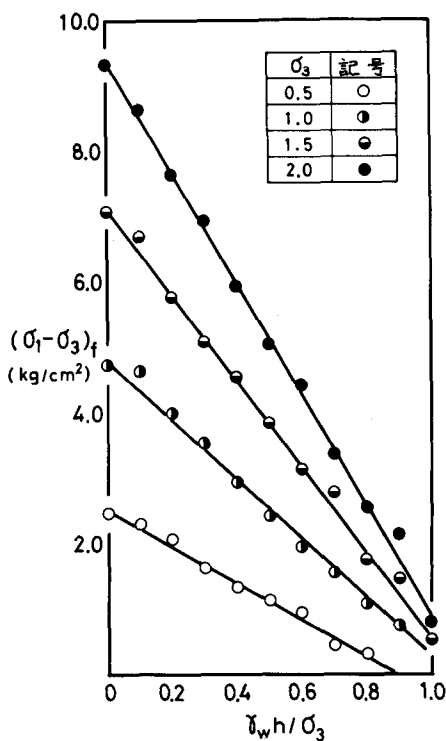


図-1 ピーク時の軸差応力と γ_{wh}/σ_3 関係

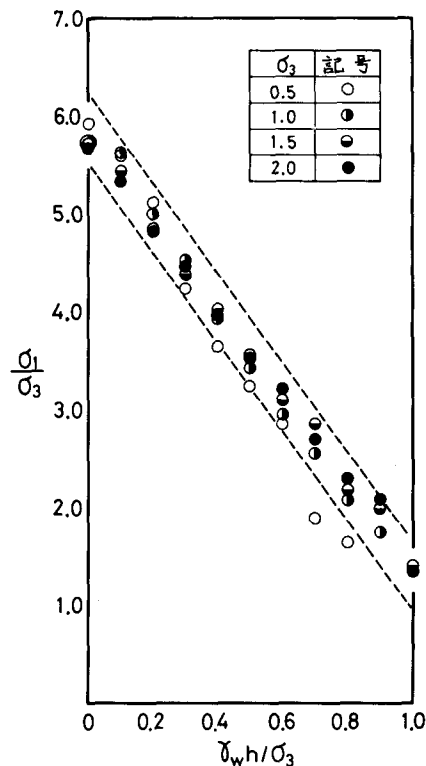


図-2 主応力比と γ_{wh}/σ_3 関係

これはセン断による粒子の再配列によって間ゲキ水の流路に変化が生じ、流れによって動かされ易い微粒子が流路に流れ込んだためと思われる。

(2) 軸差応力

図-1はピーク時の軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と $\gamma_w h / \sigma_3$ の関係を示したものである。この関係は豊浦砂ではわずかに曲線的となったが、今回の九大砂では直線的な関係がえられている。同様なことが図-2の主応力比 σ_1 / σ_3 と $\gamma_w h / \sigma_3$ の関係についてもえられており、これらを総合すると $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と $\gamma_w h / \sigma_3$ の関係が直線的であれば σ_1 / σ_3 と $\gamma_w h / \sigma_3$ の関係も直線になり、直線でない場合は直線とならないようである。

ここで注目しておきたい点は、豊浦砂に比べて九大砂の方が $\gamma_w h / \sigma_3$ の増加による $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の低下が大きいことである。したがって豊浦砂のような粒径の均一な砂より、九大砂のような粒度分布の良い砂の方が浸透水圧の影響を大きく受け強度低下が著しいと言えよう。

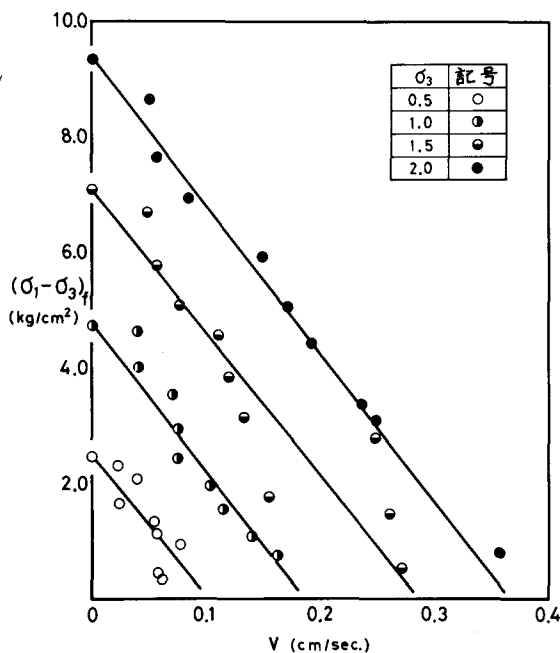


図-3 ピーク時の軸差応力と流速関係

図-3は $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と流速 V の関係を示したものであるが、これも流速が速くなると強度が急激に低下してくるという豊浦砂と同様の結果がえられている。しかし強度の低下する様子は、豊浦砂が曲線で近似できのに対し、九大砂ではバラッキはあるものの直線的な関係となっている。この差異が何に原因するものが明かではないが、粒度分布の違いがかなり影響しているのではないと思われる。いずれにしても強度の低下が流速の増加によって急激に表われ、その低下の割合は側圧の大きさに関係なくほぼ一定のようである。

(3) 強度定数 図-4は内部摩擦角 ϕ と $\gamma_w h / \sigma_3$ の関係を示したものである。豊浦砂の場合と同様に全応力表示による ϕ は $\gamma_w h / \sigma_3$ の増加によって急激に低下してくる。しかしながら浸透水圧の増加によって当然間ゲキ水圧も増加するわけでもうしても有効応力的な見方が必要となってくる。そこで豊浦砂でトライアルによって推定した間ゲキ水圧 ($u = 0.7 \gamma_w h$) を使って有効応力表示によって求めた ϕ' が図中の□印である。しかしこれではまだ有効応力で説明するには不十分で、新たな間ゲキ水圧の推定が必要である。

4. まとめ 以上の結果より、一般的な粒度分布を持つとみなされる九大砂においても豊浦砂とはほぼ同様の結論がえられたが、さらに次のようなことが明らかとなった。(1) 浸透水圧による強度の低下は豊浦砂より九大砂の方が大きく、その低下の割合はほぼ直線的である。

(2) 流速の増加による強度の低下の割合は側圧に関係なくほぼ一定である。

(3) ダルシーの法則の正確には成立しえない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を適用できそうであるが、間ゲキ水圧の大きさは一率には取りえないようである。(参考文献) 内田・村田, 浸透水圧を受ける砂のセン断強度について, 第13回土質工学 研究発表会, P.441-444, 1953年6月

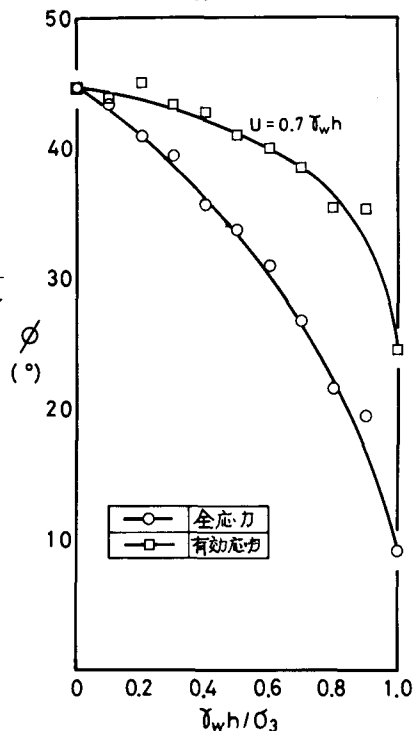


図-4 内部摩擦角と $\gamma_w h / \sigma_3$ 関係