

建設省土木研究所 正 員 常田 賢一

建設省土木研究所 正 員 吉田 精一

1. まえがき

地震時における飽和砂質地盤の流動化については既に多数の調査研究が実施されており、流動化の判定もかなり頻繁に実施されるようになってきているのが実情である。しかし、地盤の流動化が構造物に及ぼす影響程度あるいはその耐震設計上の取扱い方法については検討例も皆無であり、今後詳細な調査を行い土木構造物の耐震設計に反映してゆく必要がある。本文は地震時の間ゲキ水圧の発生を踏えた土木構造物の安定解析等を行う際の内部摩擦角の取扱い方法に関して実施した室内試験の結果を報告するものである。

2. 実験方法

実験では豊浦標準砂 ($G_s = 2.64$, $D_{50} = 0.16 \text{ mm}$) を用いて、直径5 cm, 高さ10 cmの供試体を作成し圧密排水三軸圧縮試験を行った。供試体は相対密度が約50%になるようモールドで作成し、凍結して三軸セルにセットした後融解した。融解後は、炭酸ガス、脱気水を供給して B 値が0.96以上となるよう飽和した後、1.0%, 2.0%, および3.0%の拘束圧 (σ'_c) で等方圧密を行った。3時間の圧密の後、強制的に供試体内の間ゲキ水圧 u を上昇させたが、拘束圧に対する間ゲキ水圧の比 u/σ'_c は0.0, 0.1, ..., 0.9の10段階設定して、その下で三軸圧縮試験を行った。圧密終了時の供試体の単位体積重量 (γ_{tc}), 間ゲキ比 (e_c) および相対密度 (D_{rc}) は表-1のとおりである。また、載荷は全制御1%/minである。

3. 実験結果・考察

図-1は $u/\sigma'_c = 0.0$, 0.4および0.8の場合の三軸圧縮試験結果例である。圧密拘束圧の高い方がせん断抵抗力が大きいのは周知であるが、 u/σ'_c が大きい程せん断抵抗が小さくなるのがわかる。また、図-2はすべての実験結果をまとめたものである。同図には各 u/σ'_c 毎にモールドの抱路線を描いている。

一般に有効応力に関する土のせん断強度 τ は(1)式で表わされるが、ここでは摩擦抵抗を表わす第2項に着目して、地震時等に発生する過剰間ゲキ水圧を考慮した摩擦抵抗について検討を試みた。

三軸圧縮試験の直前に供試体内の間ゲキ水圧を強制的に上昇させたのは、飽和砂質地盤が地震荷重を受けて過剰間ゲキ水圧の発生する過程を再現しようとしたもので

$$\tau_f = C' + \sigma'_f \tan \phi' = C' + (\sigma'_f - \sigma_{uf}) \tan \phi' \text{ ---- (1)}$$

ここに、 C' : 粘着力, σ'_f : 有効直応力, σ : 全応力
 ϕ' : 内部摩擦角, σ_{uf} : 過剰間ゲキ水圧

あり、引続いて実施した三軸圧縮試験は過剰間ゲキ水圧が或る割合(u/σ'_c)である状態の圧縮強度を求めようとしたものである。そして、図-3の結果は過剰間ゲキ水圧が或る割合に達した状態での排水試験結果であるとみなせるので、同図の抱路線は過剰間ゲキ水圧の発生を踏えたせん断強度あるいは内部摩擦角の変化特性を示すものと考えられる。図-4は各 u/σ'_c 毎の内部摩擦角 ϕ' とそれに基づく $\tan \phi'$ および $u/\sigma'_c = 0.0$ の過剰間ゲキ水圧が発生しないときの内部摩擦角 $\phi'_0 (= 36^\circ 50')$ を基準とした比率 $\tan \phi' / \tan \phi'_0 (= K_\phi)$ とする)の関係をまとめた結果である。

以上のことより、過剰間ゲキ水圧の発生による摩擦抵抗の低減を考慮したせん断強度の推定式は(2)式で表わされる。一方、(1)式のように過剰間ゲキ水圧の発生の影響を有効直応力のみで考慮する場合のせん断強度 τ は、

$$\tau_f = C' + \sigma'_f \cdot K_\phi \cdot \tan \phi'_0 \text{ ---- (2)}$$

$$\tau_f = C' + (\sigma'_f - \sigma_{uf}) \tan \phi'_0 = C' + \sigma'_f (1 - \frac{\sigma_{uf}}{\sigma'_f}) \tan \phi'_0 \text{ ---- (3)}$$

ここに、 σ'_f : 初期有効直応力, ϕ'_0 : 初期内部摩擦角
 $K_\phi = \tan \phi' / \tan \phi'_0$ (図-3参照)

(3)式で表わされる。(2)式と(3)式の差は K_ϕ と $1 - u/\sigma'_c$ の違いであり、図-3に両者の u/σ'_c に対する変化特性を示す。このように、本実験で用いた飽和豊浦標準砂では(2)式によるせん断強度の方が大きいことになる。

4. あとがき

地震時の河川堤防、盛土等の構造物の流動化の影響を考慮した安定計算の際に必要な地盤のせん断抵抗に対す

る過剰間ゲキ水圧の影響を明らかにするための試みとして室内試験を実施し、摩擦抵抗に及ぼす過剰間ゲキ水圧の影響を実験的に明らかにした。今後地盤の諸条件を考慮した検討を行う予定である。なお、本実験に際して、(株)応用地質調査事務所の協力を得た。ここに御礼申し上げる。

表-1 供試体の圧密終了時の諸特性

σ'_c (kg/cm ²)	γ_{tc} (g/cm ³)	e_c	D_{rc} (%)
1.0	1.426 ~ 1.499	0.761 ~ 0.851	31.1 ~ 56.8
2.0	1.438 ~ 1.521	0.736 ~ 0.836	35.4 ~ 64.1
3.0	1.454 ~ 1.523	0.733 ~ 0.815	41.4 ~ 64.9

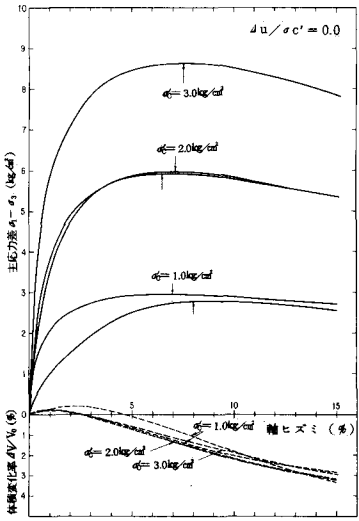


図-1(A) 三軸圧縮試験結果例 ($\Delta u/\sigma'_c = 0.0$)

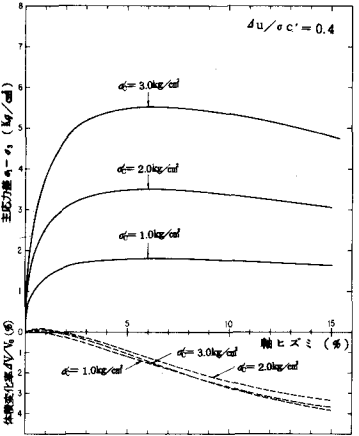


図-1(B) 三軸圧縮試験結果例 ($\Delta u/\sigma'_c = 0.4$)

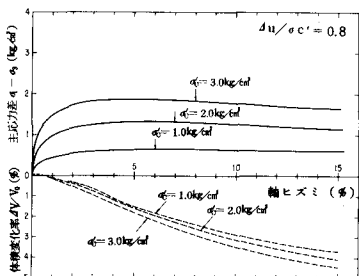


図-1(C) 三軸圧縮試験結果例 ($\Delta u/\sigma'_c = 0.8$)

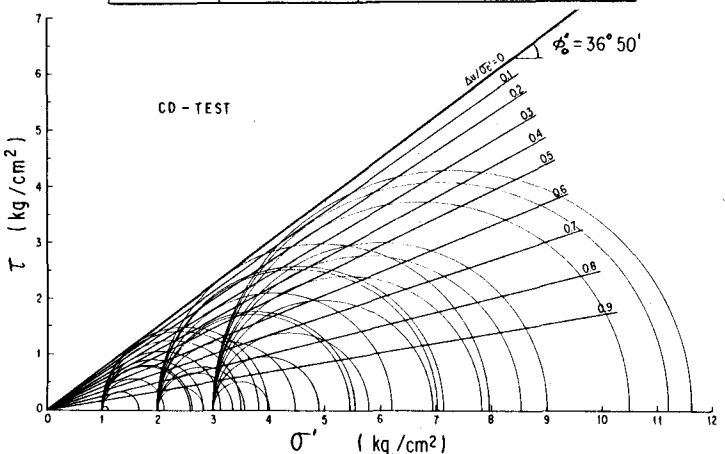


図-2 静的三軸圧縮試験結果

$\Delta u/\sigma'_c$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
ϕ'	36° 50'	35° 30'	33° 40'	30° 50'	28° 50'	26° 30'	22° 50'	18° 50'	14° 00'	9° 50'
$\tan \phi'$	0.749	0.713	0.666	0.597	0.551	0.499	0.421	0.341	0.249	0.173
$\frac{\tan \phi'}{\tan 36^\circ 50'}$	1.00	0.952	0.88	0.797	0.736	0.666	0.562	0.455	0.332	0.231

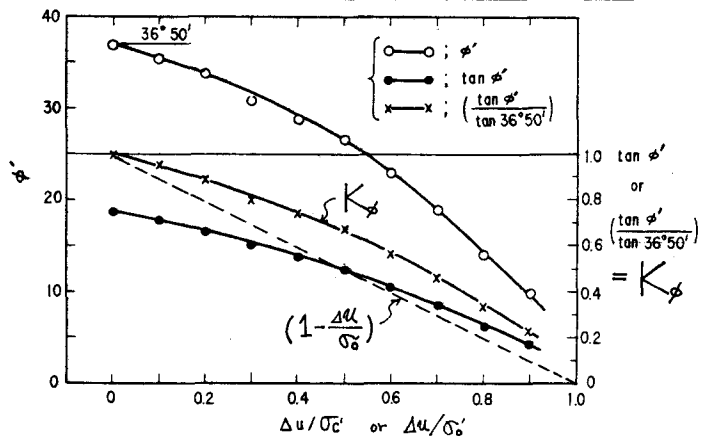


図-3 過剰間ゲキ水圧による内部摩擦角の変化 (豊有博草由)