

北海道大学工学部 正員 三浦 清一
 北海道大学工学部 正員 土岐 祥介
 電源南路土木設計部 正員 〇佐藤 専夫

〔まえがき〕 筆者らは原位置における砂地盤の応力～ひずみ関係や液状化特性を推定するための基礎的研究として、飽和砂の変形・強度特性におよぼす応力(ひずみ)履歴の影響に関する実験結果を報告している^{1),2),3)}。本文はそれらの結果および新たに行なった他の応力経路の実験事実に基づき、砂の降伏関数、塑性ポテンシアル、硬化関数について考察し、応力履歴を有する飽和砂のダイレイタンシー特性を弾塑性論の立場から解明するうえでの適用性や尚懸点について論じたものである。

〔試料および実験方法〕 実験に用いた試料は豊浦標準砂($G_s=2.65$, $e_{max}=0.988$ ⁵⁾, $e_{min}=0.622$ ⁵⁾)で、あらかじめ数時間煮沸したのち、メンブレンを装着したモールド内に水中で流し込み、適宜モールド側面を叩くことにより圧密完了後に所定の相対密度 D_r (そのバラツキは最大±3%)が得られるようにした。等方および異方圧密完了時の有効平均主応力はすべて 2.0 kg/cm^2 として、表-1に示すせん断試験を実施した。

	Consoli. condi.	Shearing condition	Notation
1	Consoli. and Swell.(iso.)		CIRI
2	Iso.	$\sigma'_r = \text{const.}$ Comp. Ext.	CIMCL CIMED
3	Iso.	$p = \text{const.}$ Comp. Ext.	CIPCD CIPED
4	Iso.	$\sigma'_r = (\text{Comp.} \rightarrow \text{Ext.})$ const.(Ext. $\rightarrow$ Comp.)	CISLL CISCL
5	Aniso.	$\sigma'_r = \text{const.}$ Comp. Ext.	CKWCD CKMED
6	Aniso.	$\sigma'_r = (\text{Comp.} \rightarrow \text{Ext.})$ const.(Ext. $\rightarrow$ Comp.)	CKSEL CKSCL

Table 1

また、側圧の変化を伴う試験では、メンブレン貫入補正を行なっている³⁾。以下の議論において、その都度説明を加えない記号は前報²⁾のそれと同一である。

〔応力～ひずみ関係の予測〕 ここでは種々の応力履歴を有する飽和砂の変形特性の予測を弾塑性論に基づいて考察するが、これに先立って降伏関数 f 、塑性ポテンシアル g および硬化関数 h の適切な表現式が必要である。一般にある応力増分 $d\sigma_{ij}$ によるひずみ増分 $d\epsilon_{ij}$ は、 $d\epsilon_{ij} = (d\epsilon_{ij}^e) + (d\epsilon_{ij}^p) + (d\epsilon_{ij}^s) + (d\epsilon_{ij}^c) \dots (1)$ ($i, j = 1, 2, 3$) 弾性論によれば、⁶⁾塑性ひずみ増分 $(d\epsilon_{ij}^p)$ は、 $(d\epsilon_{ij}^p) = h \cdot \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \cdot \frac{\partial f}{\partial \sigma_{kl}} \cdot d\sigma_{kl} \dots (2)$ ($k, l = 1, 2, 3$) で示され、砂に関する f, g, h の情報が必要となる。一方、(1)式において等方応力成分すなわち p の変化によるひずみ増分 $(d\epsilon_v)$ は、等方圧密・膨張試験(図-1参)より明らかなように、その塑性成分を無視できない。従ってここでは、弾性成分および供試体内の局所的すべり現象に起因すると思われる塑性成分を図-1の結果(両対数紙上で直線関係)に基づいて、せん断成分とは別個に評価する。

砂の降伏条件に関しては、Poorooshasb⁷⁾, Tatsukawa⁸⁾, Lade⁹⁾などの多くの研究があるが、いずれも p' の増加に対し q も増加するとするもので、形状的には類似している。そこでここでは、(3)式のような簡単な形で f を表現できると見做した。 $f = \phi p \dots (3)$ 一方砂においては、一般に粘土で用いられている associated flow ruleは適用できないとする報告が多く、筆者らのデータでもその傾向を確認している³⁾。従って軸対称応力条件でのエネルギー式から(4)式のように導かれる塑性ポテンシアル g によって塑性ひずみ増分を規定した。 $g = \phi p + m \ln p \dots (4)$ ただし m は $(d\epsilon_v)_p = 0$ 点における (ϕp) 値で、本研究で用いた砂では $m = 1.15$ (圧縮側), $m = -0.82$ (伸張側)である。この g と塑性ひずみ増分比方向は、ほとんど直交することを確かめている³⁾。次に(2)式に(3), (4)式を代入すると、平均主応力一定圧縮試験に対して硬化関数 h を次式のように決定できる。 $h = \frac{3}{2} p d\phi / (\phi p - m) d \dots (5)$

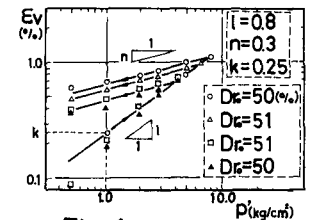


Fig. 1

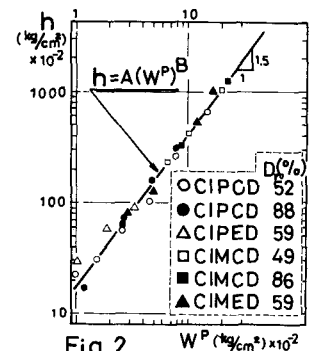


Fig. 2

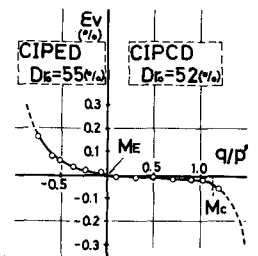


Fig. 3

