

信州大学工学部 学生員 〇藤澤泰雄

信州大学工学部 正員 小西純一

1.はじめに 近年高まりつつある地盤の数値解析を行なう上で必要とされる応力～ひずみ式を定式化するために、通常の三軸圧縮試験機を用いて、砂の降伏・変形特性を調べてみた。

2.試料および試験方法 試料として豊浦標準砂($G_s=2.660$, $e_{max}=0.976$, $e_{min}=0.616$)を用いた。供試体は、直径7cm、高さ14cmの円柱とし、煮沸した試料を水の中へスプーンで注ぎ込み、飽和供試体とした。Denseな供試体は突き棒で突き固め、 $e=0.67\sim0.70$ 、Looseな供試体は注ぎ込むだけで、 $e=0.80\sim0.83$ である。

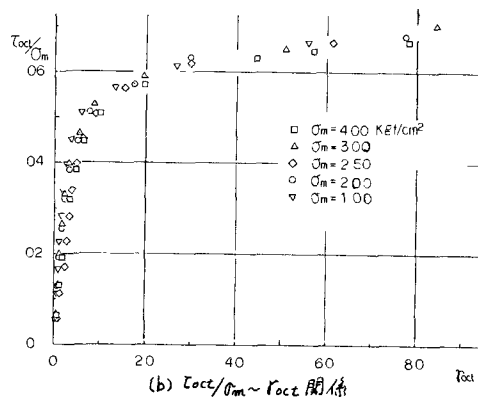
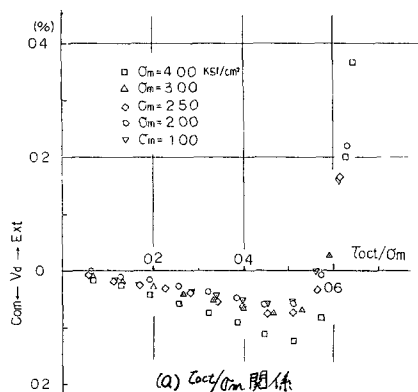
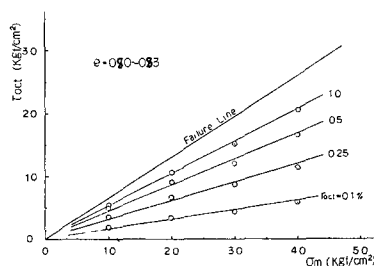
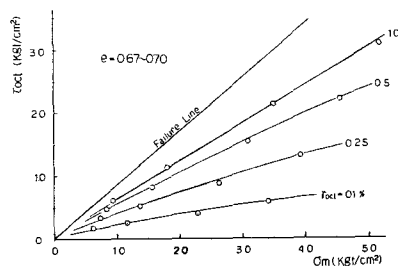
また、Looseな供試体は飽和度を増すために、 2.0kgf/cm^2 のバックプレッシャーが負荷されている。試験方法は、全排水状態で、Denseな供試体はひずみ速度が0.74%のひずみ制御による割圧 σ_r ＝一定試験、Looseな供試体は荷重制御の平均主応力 σ_m ＝一定試験と過圧密された供試体の σ_m ＝一定試験の三通りである。今回は主として、Looseな供試体について報告する。

3.試験結果 Looseな供試体における平均主応力一定のもとでの応力比 $\tau_{oct}/\sigma_m \sim \bar{v}_a$ 、 $\tau_{oct}/\sigma_m \sim \bar{v}_{oct}$ 関係を図1(a),(b)に示す。ここで、 $\bar{v}_a$ はダイレイタンシーによる体積変化、 $\bar{v}_{oct}$ は八面体せん断ひずみである。Skemptonが、体積変化を平均主応力の増分によるものと、せん断によるダイレイタンシーによるものとに分けて考えられると仮定していることを考えると、 σ_m ＝一定試験はせん断特性を示すものであると言える。図より、平均主応力の大きさに係わりなく、応力比 τ_{oct}/σ_m で整理することにより、その変形は一義的に決えられる。

a)降伏特性 図2,3に Looseな供試体とDenseな供試体の等 σ 線を示す。等 σ 線が降伏軌跡と類似な形となることを考えると、降伏関数はほぼ原点を通る直線と考えられる。

図を注意してみると Denseの方が少し上に凸な曲線となるようである。これは、龍岡¹⁾の提案と一致する。

b)過圧密の影響 図4(a)に過圧密砂の $\tau_{oct}/\sigma_m \sim \bar{v}_a$ 関係を、図4(b)は龍岡²⁾が行なったように、

図1. σ_m ＝一定試験の変形特性(正規圧密)図2 等 σ 線 (Loose)図3. 等 σ 線 (Dense)

正規圧密砂と同じせん断変形特性を示すようなところまで過圧密砂のグラフをずらしマアロットしたものである。図から過圧密砂は、ある応力までは体積歪とせん断歪はともに小さいが、これを過ぎると正規圧密砂と同じ変形特性を示すようになり、この傾向は過圧密比が大きくなるに従って著しい。これは過圧密砂と正規圧密砂の降伏関数は別々に議論されるべきであることを示唆している。実際、龍岡²⁾は、過圧密砂に対する降伏関数を図6のように提案している。

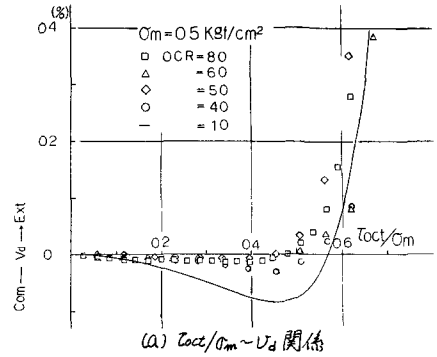
c) Normality rule の成否 砂を弾塑性体として扱う場合、降伏関数と塑性ポテンシャルが一致するといういわゆる Normality rule が成立かどうか議論の多いところである。このことを調べるために、ひずみ増分ベクトルを描いてみたのが図6(a),(b)である。これらを図5と対照してみると、ひずみ増分ベクトルと降伏曲線とは必ずしも直交していない。ひずみ増分ベクトルから想像される塑性ポテンシャル面は、上に凸ないわゆる Cap 型をしているようであり、Normality は成立しないようである。また、正規圧密砂(図6(a))と過圧密砂(図6(b))で、ベクトルの方向はほぼ同じ方向を向いており、塑性ポテンシャルは類似な形をとることが予想される。

4.まとめ 以上をまとめると 1)砂の降伏関数は、間げき比により多少異なるが、近似的には応力比により表わされよう。 2)正規圧密砂と過圧密砂で降伏関数は異なる。 3)正規圧密砂と過圧密砂の塑性ポテンシャルは類似な形となる。

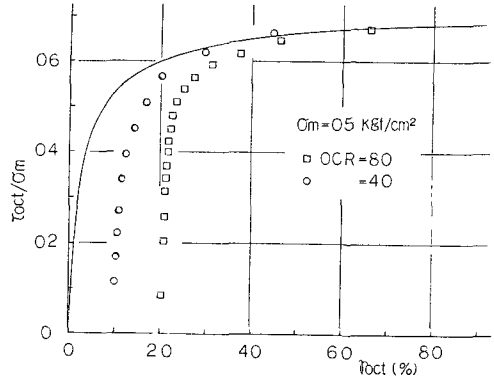
引き続き、降伏関数・塑性ポテンシャルを具体的に決定し、nonassociated flow rule に基づく弾塑性論により、応力~ひずみ関係を計算して実験値との検証を行なっているが、結果については講演時に述べたい。

参考文献

- 1) 龍岡・石原 "YIELDING OF SAND IN TRIAXIAL COMPRESSION" SOILS AND FOUNDATIONS, 1974, Vol 14, No. 2
- 2) 龍岡・石原 "三軸試験における砂の降伏特性について" 第9回土質工学研究発表会



(a) $Toc/\sigma_m \sim V_g$ 関係



(b) $Toc/\sigma_m \sim Toc$ 関係

図4. σ_m -一定試験の変形特性(過圧密)

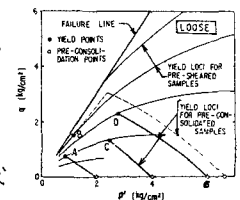


図5 過圧密の降伏関数(龍岡²⁾)

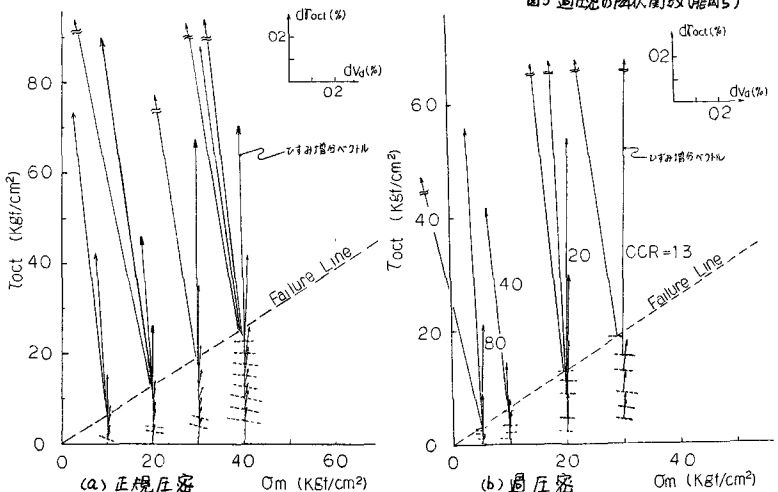


図6. ひずみ増分ベクトル