

Ⅲ－21

応力履歴を受けた砂の排水せん断降伏特性について

東北大学 工学部 (学員) ○ 飯川 建一
 東北大学 工学部 (学員) 仙頭 紀明
 東北大学 工学部 (正員) 柳沢 栄司

1 はじめに

現在、実地盤の変形を数値解析法によってシュミレーションされることが盛んに行なわれているが、そのような方法では実地盤の変形挙動を考える上での条件をすべて取り込むことは大変難しく、限界がある。そこで、数値解析法を行なうための土の基本特性、あるいは構成式の開発のために実験によりアプローチする必要がある。そこで本研究では、大型中空ねじりせん断試験装置を用いて、排水条件で様々な過圧密比でせん断試験を行い、砂のせん断降伏変形特性について検討を行なった。

2 実験方法

実験には大型中空ねじりせん断装置を用いた。試料には豊浦標準砂を用い、供試体は多重ふり落下法により作成し、供試体の相対密度は $70 \pm 2.5\%$ の範囲にあるものについて実験を行なった。供試体は、 CO_2 循環、脱気水循環をして飽和させた後、バックプレッシャーを $1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ かけ、 $p=3.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ まで圧密を行ない、 $p=1.0, 1.5, 2.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ まで除荷を行ない、そして平均応力一定のもとでせん断試験を行なった。また中間主応力の相対的な大きさを表わすパラメータ b の値は、全ての実験において 0.5 とした。本実験における応力経路は図-1に示すような応力経路で行なった。

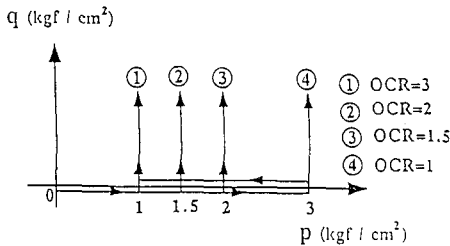


図-1(a) p-q 平面上での応力経路

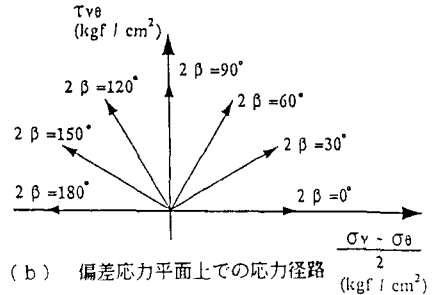


図-1(b) 偏差応力平面上での応力経路

3 実験結果、及び考察

図-2は、 $\beta = 45^\circ$ の応力経路における応力比-ひずみ曲線、及び応力比-体積ひずみ曲線である。図-2(a)において、過圧密比が大きいくほど初期の曲線勾配が大きいくでている。つまり、正規圧密と比べて過圧密することにより供試体が硬くなっていることが分かる。次に図-2(b)の応力比-体積ひずみ曲線について考えてみると、過圧密比が大きくなると弾性域（体積ひずみが0の範囲）が大きくなっており降伏点が大きくなっていることがわかる。また、変相応力比は過圧密比に影響されず、ほぼ一定であるという結果が出ているが、これは変相応力比が固有異方性、誘導異方性の両方の影響を受けない、と言う過去の実験結果とはほぼ一致している。

図-2(a)

応力比-ひずみ曲線
 ($\beta = 45^\circ$)

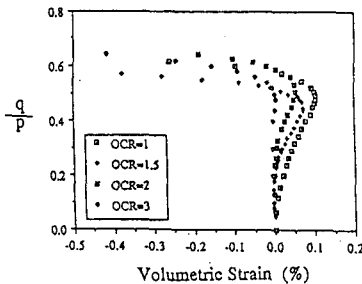
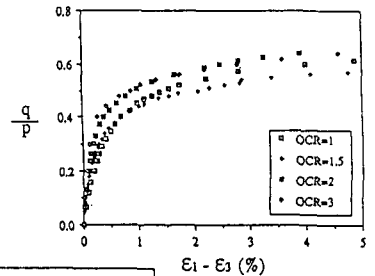


図-2(b)

応力比-体積ひずみ曲線
 ($\beta = 45^\circ$)

図-2を用いて実験により求めた破壊応力比を偏差応力平面上に表したものが図-3である。この図から、多少のばらつきがあるが、過圧密比によらず破壊曲面はほぼ一致していることが読み取れる。この結果と先に述べた変相応力比との関係から考察すると、図-2(a)に示すように過圧密比によって応力比-ひずみ曲線の初期勾配は変化しているが、変相応力比、及び破壊応力比が過圧密比によらず一定であることから、変相応力比以降の応力比-ひずみ関係は過圧密比に影響されず似たような関係をしていると考えられ、過圧密比の影響は、変相前の応力比の部分で大きく影響していると考えられる。

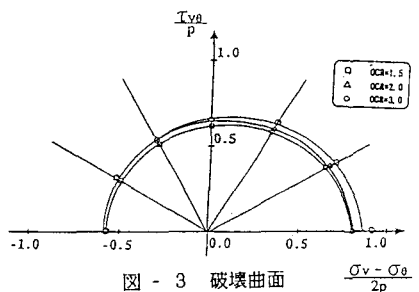


図 - 3 破壊曲面

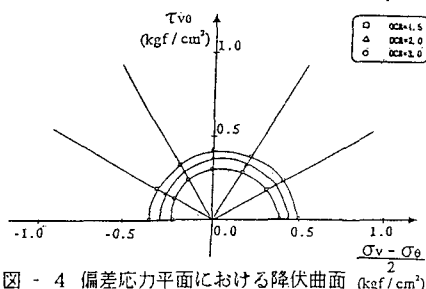


図 - 4 偏差応力平面における降伏曲面

次に過圧密単調載荷試験の降伏について述べてみる。図-4は実験で得られた応力比-ひずみ(体積ひずみ)曲線から得られた降伏点を偏差応力平面上に表わした降伏曲面である。この曲面は中心が圧縮側($\beta = 0^\circ$ 方向)に移動した同心円のような形をしているが、これは固有異方性の影響と考えられる。

また p - q 平面について降伏曲面を表わしたのが図-5である。この曲面について考えてみると、この曲面の形状は圧密降伏支配領域とせん断降伏支配領域の2つに分けて考えることができる。過圧密比が小さい部分($p=2\sim 3 \text{ kgf/cm}^2$)のあたりでは変相線に妨げられることなく圧密による影響により降伏が起こり、Cam-Clay Modelのような降伏曲面があらわれているが、せん断降伏支配領域と考えられる過圧密比の小さい部分では変相線との間が相対的に近いので、変相線に妨げられるようにして降伏曲面があらわれており、Cam-Clay Modelのような降伏曲面は得られず、Poorooshasb 型のような降伏曲面があらわれていると考えられる。ここに載せた p - q 平面は $\beta = 45^\circ$ のものであるが、他の応力径路から得られた降伏曲面でも固有異方性の影響により大きさがかわっているが、同じような形になっている。

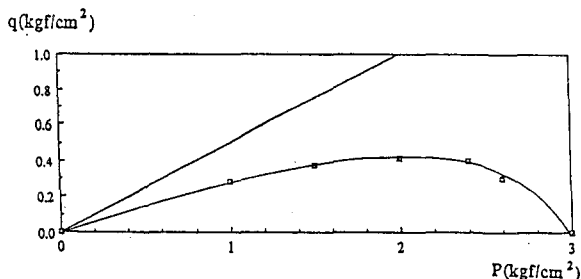


図 - 5 p - q 平面における降伏曲面

以上の結果より本実験について、次のような結論が得られた。

- (1) 過圧密比のせん断変形に及ぼす影響は変相応力比に達するまでは大きく、過圧密比が大きいと降伏応力比も高くなる。
- (2) p - q 平面における降伏曲面は、変相線の影響によって、圧密降伏支配領域とせん断降伏支配領域の二つに分けて考えられる。

4 参考文献

Kenji Ishihara and Shigeru Okada (1978), Yielding of overconsolidated sand and liquefaction model under cyclic stress, Soil and foundations Vol. 18, No. 1 57 - 72

安福 規之、村田 秀一、兵動 正幸、小西 義夫 (1989) 圧縮径路に着目した砂の降伏曲線について 第24回土質工学研究発表会発表講演集 497 - 500