

NGI型単純せん断試験機による飽和砂の繰返しせん断強度特性

山口大学工学部

正 員 ○ 兵動正幸

NGI

Knut H. Andersen

1. まえがき

北欧北海海域においては、海底油田用プラットフォームが多く建造されており、それらの基礎の波浪による繰返し荷重に対する対応が検討課題とされている。プラットフォームの形式としては、重力式およびテンションレグタイプのもものが良く使われており、前者では基礎の支持力問題¹⁾が、後者では基礎アンカーの引抜けの問題²⁾が検討されている。波浪は、通常再来周期数十年から100年の嵐によるものが考えられており、継続時間約30時間でそのうちメインストームと称する大きな荷重の継続時間が約6時間とされている。波浪による繰返し荷重の周期が約10秒であることから、メインストームで約1000～2000サイクルの繰返し荷重の作用が考えられており、主としてこのメインストームに対する対応が行われている。プラットフォーム基礎地盤は、このような大きな嵐の到来以前に、数年再来規模の小さい嵐による繰返し荷重を受けており、このような地盤の繰返しせん断強度を考える場合、小規模の嵐による繰返しせん断履歴の影響を考慮することが必要と思われる。本報は、このような目的で筆者がNGI滞在中に行ったNGI型単純せん断試験機を用いた実験の中で砂の非排水繰返しせん断特性とそれに及ぼす繰返しせん断履歴の影響について述べるものである。

2. 試料及び実験方法

実験に用いた試料は、スウェーデン産商業砂のBaskarp砂であり、北海海底より採取した砂を模擬するために粒度調整を行ったものである。北海の海底砂地盤はかなり密に締め固まっており、相対密度が100%を超えるような所も報告されているが、ここでは、 $Dr=80\%$ を対象に実験を行った。Baskarp砂の物理的性質は、 $G_s=2.654$, $e_{max}=0.888$, $e_{min}=0.523$, $U_c=1.66$, $D_{50}(mm)=0.130$ であり、豊浦砂より若干粒径の細かいやや角ばった石英質の砂である。用いた試験機は GEONOR 製の NGI 型単純せん断試験機であり、供試体は直径8cm、高さ1.6cmの円筒形で、所定の密度まで付き固めおよび打撃により作成したものであり、側方変位を拘束するためのワイアーメンブレンに包まれている。供試体およびペダスタルの状況を図-1に示す。これを試験機本体に取付け、250kPaの上載圧で試料の圧密を行った後、通水し飽和状態とした。繰返し荷重は、空圧制御により0.1Hzの正弦波荷重を上部ペダスタルより水平に加えた。繰返しせん断試験は、非排水状態を模擬してステッピングモーターを用いて試験中供試体高さを一定に保って行った。本研究では、非排水繰返しせん断挙動に対するせん断履歴の影響を調べるために、初期に応力比 $\tau/\sigma = 0.05$ および 0.1 の繰返しせん断応力を $N=400$ cycle 排水で加えた供試体に対し、非排水繰返しせん断試験を主として行った。また、非排水繰返しせん断により破壊に至った供試体を再圧密し、再度非排水繰返しせん断試験を行い、このような大きなひずみ履歴の影響についても調べた。

3. 実験結果

図-2に、本実験により得られたせん断応力、せん断ひずみ、間隙水圧の繰返し回数に対する変化を示す。間隙水圧が繰返し回数と共に増大し、ひずみが急増する形で破壊に至っている様子が認められる。せん断ひずみ振幅 $\gamma_{cr} = 5\%$ を破壊と定義し、破壊に至るに必要なせん断応力比 τ_{cr}/σ_{vc}' と繰返し回数 N との関係を描いたのが図-3である。図中比較のために同じ試料による繰返し三軸圧縮試験結果も示した。三軸試験結果の方が単純試験(DSS)結果よりも強度が高く現れており、これは通常言われているように、単純せん断試験の方が K_0 圧密によるため、三軸に比べて拘束圧が低いことと、主軸の回転による影響が含まれていることなどによるものと思われる。図-4に単純せん断試験結果について、初期繰返し排水せん断履歴を与えた場合と与えないものについて、非排水繰返しせん断強度の比較を行った結果について示す。初期繰返しせん断履歴としては、応力比 $\tau/\sigma = 0.05$ および 0.1 をそれぞれ $N=400$ cycle 与え、履歴を受けない試料の強度と比較を行った。これらの排水繰返しせん断履歴によるせん断ひずみはかなり小さく、 10^{-3} 以下であった。図のように、初期履歴を受けた試料の強度は、受けない試料よりも強度が大きく現れており、履歴応力の大きいものの方が強度も大きくなる傾向が認められる。さらに、図-5に非排水繰返しせん断により破壊を起こした供試体を再圧密してさらに非排水繰返し試験を行った結果を示す。図-4との比較により、強度がかなり大きく低下していることがわかる。これらのことは、小ひずみによる履歴は、続く非排水繰返しせん断強

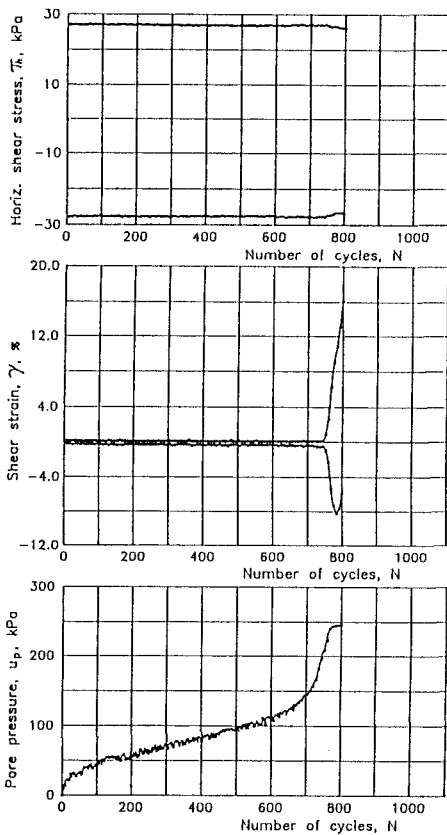


図-2 繰返し単純せん断試験結果，せん断応力，せん断ひずみ，間隙水圧と繰返し回数の関係

度を増大させるが、大ひずみによる履歴は強度を減少させるとした過去の知見³⁾と一致し、粒子構造配列の変化に起因するものと考えられる。また、図-5中、再圧密供試体に排水繰返しせん断履歴 $\tau/\sigma = 0.1$, $N = 400$ cycle を加えた結果も示した。再圧密試料においても履歴による若干の強度増加が認められるが、図-4の初期の強度には及ばないことがわかる。

参考文献

- 1) Andersen, K.H. and Lauritzen, R. (1988): Bearing capacity for foundations with cyclic loads, J. Geotech. Eng., ASCE, Vol.114, No.5, pp.540-555.
- 2) Andersen, K.H., Dyvic, R. and Shroder, K. (1992): Pull-out capacity analyses of suction anchors for tension leg platforms, Proc. Behaviour of Offshore Structures Conference, Boss'92, London.
- 3) Ishihara, K. and Okada, S. (1982): Effects of large preshearing on cyclic behaviour of sand, Soils and Foundations, Vol.22, No.3, pp.109-125.

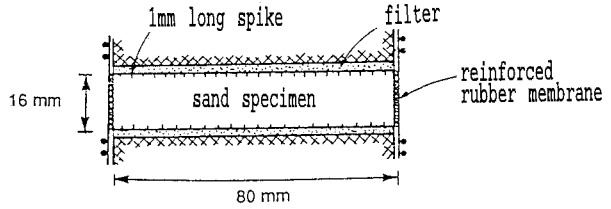


図-1 NGI単純せん断試験供試体

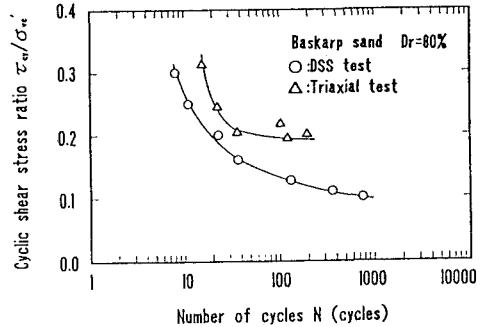


図-3 繰返しせん断強度、三軸との対応

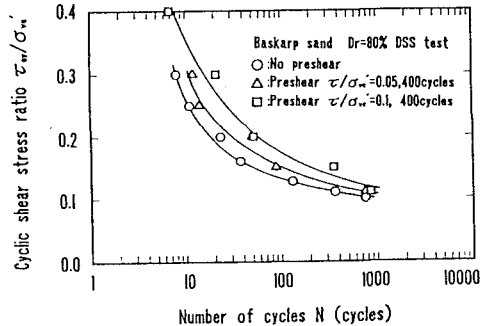


図-4 繰返しせん断強度に及ぼす履歴の影響

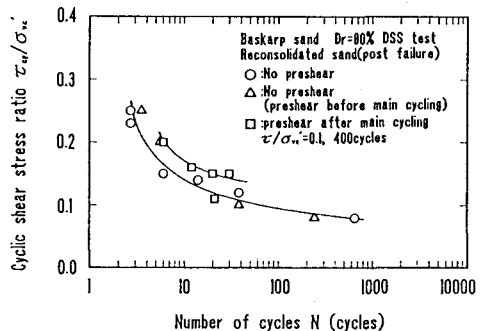


図-5 破壊後再圧密試料の繰返しせん断強度