

鹿児島大学工学部

正員

春山 元 寿

児玉 利 貞

米 元 敏 博

はじめに 地震時の地盤や波浪を受ける海中構造物の基礎地盤は繰返し荷重のもとにあり、この荷重条件下では、主応力軸方向が連続的に回転し、せん断方向が変化している。せん断方向の変化を受ける粒状体の挙動は、粒状体の応力・変形特性の応力経路依存性及び降伏条件の問題に分けられるであろう。前報¹⁾でせん断方向を π 面上で 180° 及び 120° 変化させたとき、直ちに塑性的变化が發生することを示した。この塑性的变化が応力経路の影響なのか、降伏条件によるものかの検討が必要である。本報では、比較的大きなひずみと発生させた供試体にせん断方向の変化を与え、その変化角と変形の関係について述べる。

試料及び試験方法 試験装置及び試料は前報¹⁾の通りである。主応力は σ_1 を鉛直方向、 σ_2 と σ_3 を水平方向にとる。供試体は、 1 Kg/cm^2 のもとで等方圧密の後、平均主応力を 1 Kg/cm^2 の一様として応力制御法でせん断した。せん断の方向は、 π 面において σ_1 軸から σ_2 軸の方向へ θ をとり、 $\theta = 0 \sim 180^\circ$ の間で 15° おきに負荷したものを、 $\theta = 0^\circ$ で負荷したものを除荷し、再負荷時に $\theta = 0 \sim 180^\circ$ の間で、 $30n(n=0 \sim 6)^\circ$ のせん断方向の変化を与えたもの、 $\theta = 120^\circ$ で負荷したものを除荷し、再負荷時に $\theta = 120 \sim 360^\circ$ の間で、 $30n(n=0 \sim 8)^\circ$ のせん断方向の変化を与えたものである。応力及び変形のパラメーターは前報¹⁾と同じである。

試験結果 繰返し荷重下におけるせん断方向 θ の変化が変形に及ぼす影響を応力比 S/N ・せん断ひずみ γ 曲線によって検討する。図-1及び2は、それぞれ $\theta = 0^\circ$ ($\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$) 及び 120° ($\sigma_2 > \sigma_1 = \sigma_3$) のもとで0から Q まで載荷し、その後 Q まで除荷し、再載荷曲線 bc の部分で θ に $30n^\circ$ の変化を与えたものである。再載荷過程の S/N ・ γ 関係は、各点からの主ひずみ増分 $d\epsilon_1$, $d\epsilon_2$, $d\epsilon_3$ をもとにして示してある。まず、処女曲線 DAQ について、 $\theta = 0^\circ$ と 120° における同一応力水準での変形量 γ を比較すると、 $\theta = 120^\circ$ のもとにおける方が大きい。この定性的傾向は、 $\theta = 0 \sim 180^\circ$ の間で認められる¹⁾。また、図-1と2からわかるように同じ圧縮応力状態から出発しても、処女圧縮が作用する方向によって、せん断方向角の変化が変形特性に及ぼす影響は異なる。これは鉛直方向と水平方向における供試体の異方性によるものであろう。図-1において $\theta = 0^\circ$ と 120° は圧縮、 $\theta = 30^\circ, 90^\circ, 150^\circ$ は中間主応力一定、 $\theta = 60^\circ$ と 180° は伸張状態である。 $0 \sim 90^\circ, 120 \sim 180^\circ$ の再載荷過程における変形量の増加は非常に大きい。図-2において、 $\theta = 120^\circ, 240^\circ, 360^\circ$ は圧縮、 $150^\circ, 210^\circ, 270^\circ$ は中間主応力一定、 $\theta = 180^\circ, 300^\circ$ は伸張状態である。再載荷時の変形量は、 $120 \sim 180^\circ$ の間で順次増加、 $180 \sim 240^\circ$ の間で減少、 $240 \sim 300^\circ$ の間で増加、 $300 \sim 360^\circ$ で減少となっている。降伏条件¹⁾との関係で考

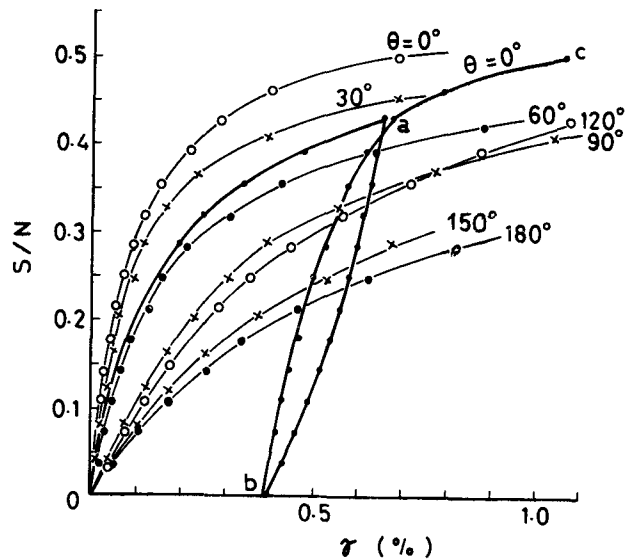


図-1

すると、 $180^\circ \sim 360^\circ$ の間では変形量の連続的減少が考えられるが、 240° と 300° によって傾向をかえている。また、図-1、2ともにせん断方向の差が 30° のものは 0α より強度が増加し、弾性的になっており、それが 60° 以上のものは 0α より強度が低下し、塑性的となっている。ここで図-1における $0 \sim 180^\circ$ 間の強度低下は、降伏条件の影響、図-2における強度増減は異方性の影響と考えておくことにする。いま、もし再載荷曲線が応力経路に独立に決まるとすれば、各 θ における再載荷曲線は、その θ のもとでの処女載荷曲線に一致するはずである。 $\theta = 0^\circ$ 及び 120° についてそれを見ると、それぞれ図-1及び2からわかるように、再載荷過程で必ずみ硬化による強度増加を示していることがわかる。いま、 $\theta = 30^\circ$ と 120° 、及び 150° と 240° における処女曲線(V)と再載荷曲線(R)をそれぞれ図-3及び4に示す。図-3、4ともにRとVは一致してはず、せん断方向の差 30° のものは強度増加、 120° のものは強度低下を示している。他のせん断方向の変化角についても同様な検討を行ったところ、 $\theta = 0^\circ$ 及び 120° からの変化角が 60° 以下では、 $R > V$ 、 60° で $R \approx V$ 、 60° 以上で $R < V$ であった。すなわち強度増減の境界が 60° である。 0° と 120° と最初の載荷に合ったときのせん断方向の 60° の差は供試体堆積に対する鉛直方向と水平方向の関係である。同じ 60° の差であっても 15° と 75° の組合せでは上記のようにならない。RとVの相違は応力経路の影響を意味する。従来応力-変形関係には、この応力経路の影響が強調されていたが、ここでは、降伏条件の乗換えの影響を提示した。

文献1) 春山元寿：三主応力下における球粒子集合体の変形強度特性、土木学会オ44回学術講演会、昭. 54. 10.

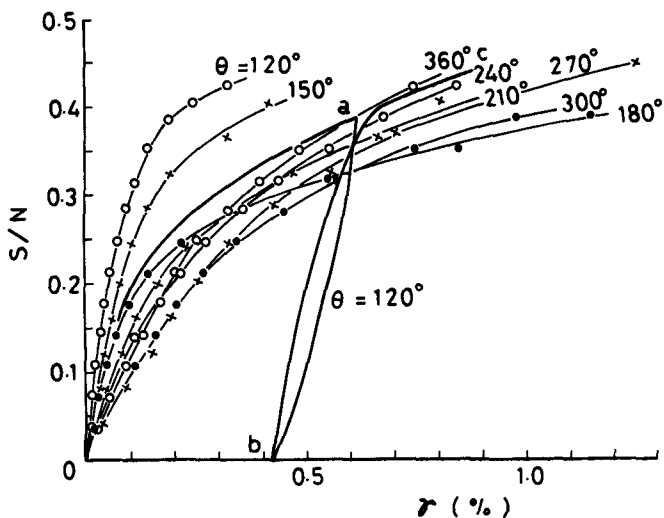


図-2

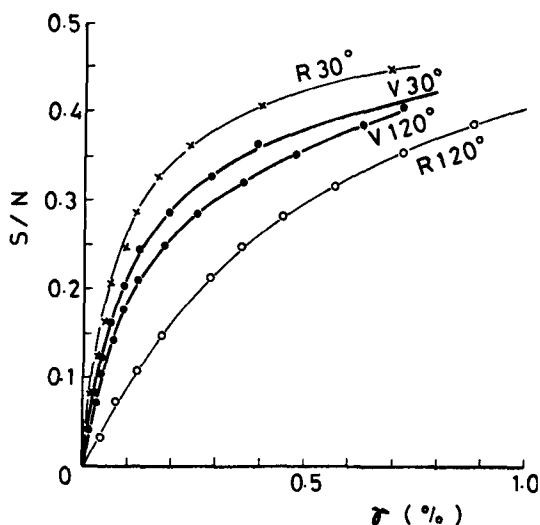


図-3

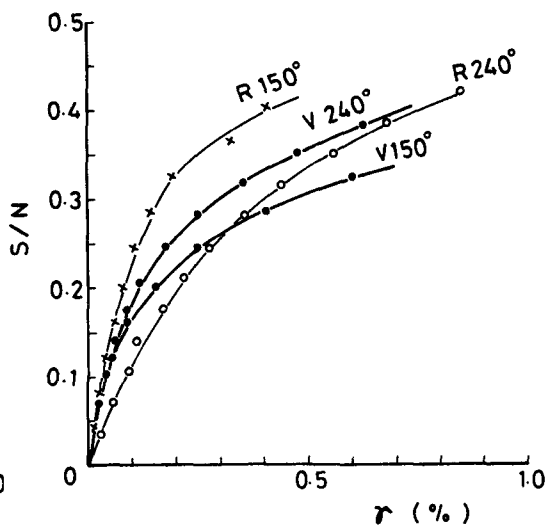


図-4