

砂の一面せん断特性に及ぼす初期繰返しせん断の影響

長岡技術科学大学

学生会員 ○船久保 麻利

日建設計中瀬土質研究所

正会員

西村 正人 片桐 雅明

1. はじめに

土と構造物の動的相互作用を考える場合、それらの間の摩擦特性を把握しておく必要がある。その基礎検討として、本研究では砂のみの繰返し一面せん断試験を行い、繰返しせん断時の挙動と繰返しせん断後の単調せん断挙動に及ぼす繰返し回数の影響について検討したので報告する。

2. 試験方法

本試験に用いた試料は、珪砂 7 号 ($\rho_s = 2.630 \text{ g/cm}^3$ 、 $\rho_{dmax} = 1.570 \text{ g/cm}^3$ 、 $\rho_{dmin} = 1.196 \text{ g/cm}^3$)である。

供試体 ($\phi = 60 \text{ mm}$ 、 $H = 20.2 \text{ mm}$)は、空中落下法により、初期相対密度 Dr_0 が 50 % と 80 % を目標に作製した。

繰返し一面せん断試験では、垂直圧力 98 kPa の定圧条件下で繰返しせん断を加えた後、単調せん断を行った。図 1 に示すように、繰返しせん断では、0.2 mm/min のせん断速度で、原点を中心とする $\pm 0.5 \text{ mm}$ のせん断変位を所定の回数 ($N = 1, 3, 5, 10, 20$ 回)与えた。その後、 $\delta = 0 \text{ mm}$ を原点として $\delta = 7 \text{ mm}$ に達するまで単調せん断を行った。

繰返しせん断変位を与えたせん断特性と比較するため、繰返しせん断の単調せん断開始前における相対密度 Dr_s に対応する供試体を作製し、それを用いて定圧一面せん断試験も行った。

3. 試験結果

3.1 繰返しせん断時の挙動

図 1 に示すように、繰返しせん断 N 回時の $\delta = 0.5 \text{ mm}$ におけるせん断応力を τ_N とし、その時の相対密度を Dr_N とした。

Dr_N と繰返し回数 N の関係を図 2 に示す。 $N = 0$ の相対密度 Dr_0 は、繰返しせん断開始前の相対密度を示している。図より、 $Dr_N - N$ 関係は一本の曲線となり、各実験の再現性がよいことがわかる。繰返し回数の増加に伴って Dr_N は大きくなるが、その増加率は減少し、 Dr_N は一定値に収束する傾向が認められる。 Dr_N の増加量は Dr_0 によって異なり、 $N = 20$ 回では、 $Dr_0 = 80 \%$ で 10 % 程度、 $Dr_0 = 50 \%$ で 20 % 程度増加した。

τ_N と繰返し回数 N の関係を図 3 に示す。図より、 $\tau_N - N$ 関係は 5 % 程度のばらつきの範囲内に存在し、各実験の再現性がよいことがわかる。 τ_N は繰返し回数の増加に伴って増加し、一定値に収束する傾向が認められる。 τ_N の増加量は Dr_0 によって異なり、 $N = 20$ 回の τ_{20} は、 $N = 1$ 回の τ_1 に対して、

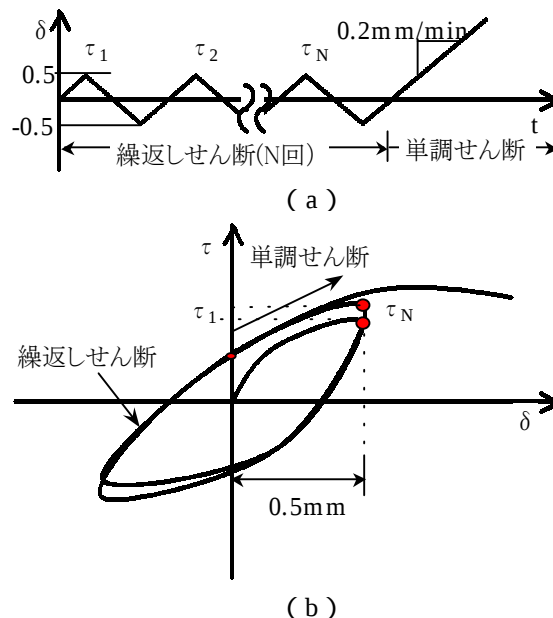


図 1 繰返し定圧一面せん断試験

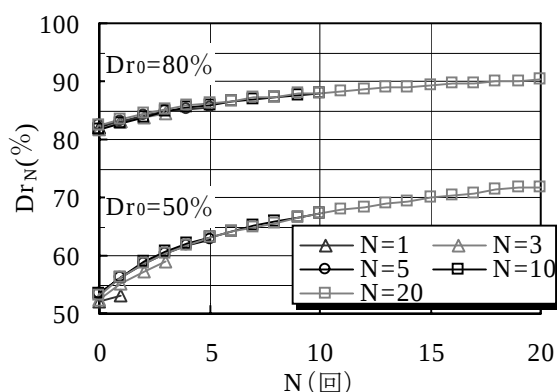


図 2 繰返しせん断時の相対密度の変化

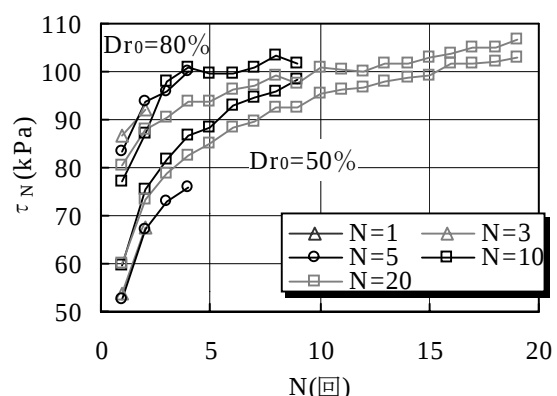


図 3 繰返しせん断時のせん断応力の変化

キーワード：砂、一面せん断試験、繰返し、相対密度

$Dr_0 = 80\%$ で 1.3 倍程度、 $Dr_0 = 50\%$ で 1.9 倍程度となった。

3.2 繰返しせん断後の単調せん断

初期相対密度 $Dr_0 = 50\%$ の繰返しせん断後の単調せん断におけるせん断挙動($N = 1, 3, 20$)を図 4 に示す。なお、同図には、繰返しせん断を与えていない $Dr_0 = 50\%$ の単調せん断も示してある。 $\Delta H - \delta$ 曲線は、繰返しせん断後の $\delta = 0$ mm の垂直変位 ΔH を 0 として整理した。

$\tau - \delta$ 曲線に着目すると、繰返し回数の増加に伴ってピークせん断強度は大きくなり、ピーク時のせん断変位は小さくなっている。また、 $\Delta H - \delta$ 曲線では、繰返し回数の増加に伴って膨張量は大きくなり、 $\Delta H - \delta$ 曲線の接線勾配が最大となるせん断変位は小さくなることわかる。なお、図には示していないが、 $Dr_0 = 80\%$ にも同様の傾向が見られた。

3.3 単調せん断との比較

繰返しせん断を与えたものと単調せん断のみのせん断挙動を比較するため、一例として、 $N = 3$ 回($Dr_3 = Dr_s \approx 59\%$)の試験結果を図 5 に示す。 $\tau - \delta$ 曲線から、繰返しせん断を与えることによって、ピークせん断強度 τ_p は大きくなり、ピーク時のせん断変位は小さくなった。また、 $\Delta H - \delta$ 曲線に関しても、繰返しせん断を与えた方が、最大接線勾配 $\Delta H/\delta$ が大きくなり、接線の変曲点のせん断変位は小さくなった。

他のデータについても同様に、 $\tau - \Delta H - \delta$ 曲線からピークせん断強度 τ_p と最大接線勾配 $\Delta H/\delta$ を読み取り、それらと Dr_s との関係を調べた。その結果を図 6、図 7 に示す。

図 6 より、単調せん断の $\tau_p - Dr_s$ 関係は、初期相対密度 Dr_0 に関係なく単調な増加傾向をしている。一方、繰返しせん断を与えた場合の τ_p は単調せん断のみの場合より大きい。単調せん断との τ_p の差は、 $Dr_0 = 50\%$ のほうがより顕著である。

図 7 より、単調せん断の $\Delta H/\delta - Dr_s$ 関係は、初期相対密度 Dr_0 に関係なく単調な増加傾向を示している。繰返しせん断を与えた場合の $\Delta H/\delta$ は、単調せん断のみに比べて大きい値を示している。その差は $Dr_0 = 50\%$ の方がより顕著に現れている。

4. まとめ

本研究より、以下の結果が得られた。

- 1) 繰返し回数の増加に伴い、供試体の体積が収縮して相対密度が大きくなり、せん断応力も増加した。
- 2) 繰返しせん断後の単調せん断におけるせん断挙動は、繰返し回数に大きく影響される。
- 3) 同じ相対密度でも、繰返しせん断履歴の有無によってピーク強度や変形などのせん断特性が変化する。

今後、金属と砂の繰返し一面せん断試験を実施し、摩擦特性を明確にしていく予定である。

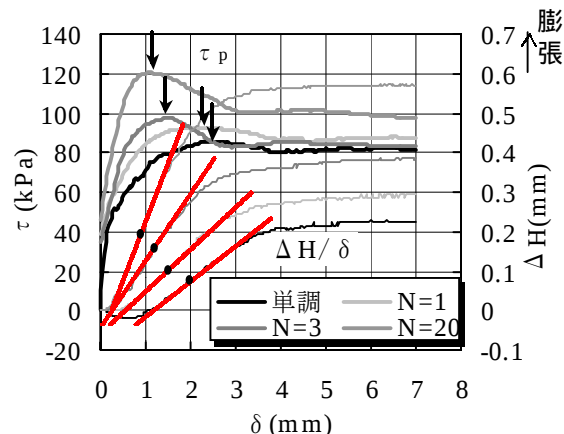


図 4 繰返しせん断後の単調せん断($Dr_0 = 50\%$)

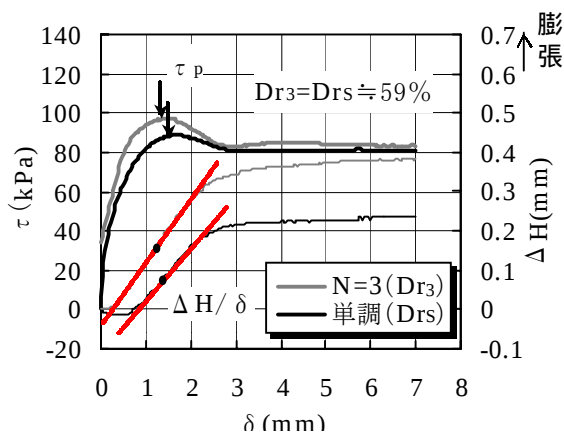


図 5 繰返しによるせん断挙動の変化

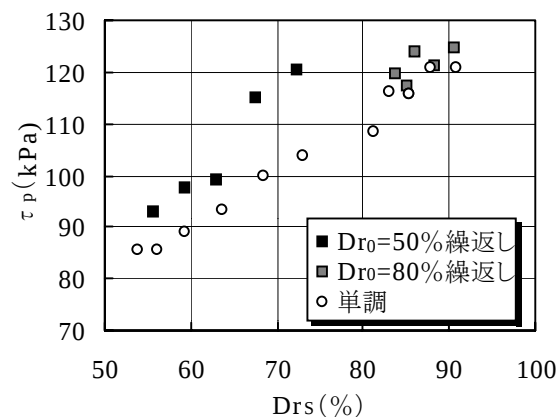


図 6 $\tau_p - Dr_s$ の関係

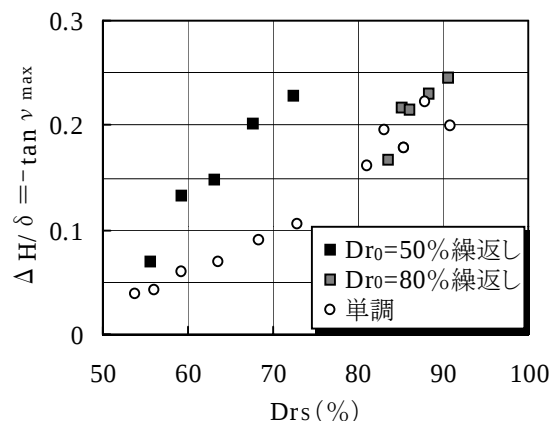


図 7 $\Delta H/\delta - Dr_s$ の関係