

繰返し水平せん断を受ける粘土の shake down について

山口大学工学部

(株)ニュージェック

山口大学大学院

正 員 兵動正幸 中田幸男

正 員 吉本憲正

学生員 ○矢吹浩祐 松山知美

1. まえがき

近年、工費の削減・環境保全・海砂の不足という観点から、防波堤や護岸構造物の工事において地盤改良を必要としない工法の開発が望まれている。軟弱地盤着底式防波堤（以下、軟着堤）は、上記のようなニーズから開発された新形式の防波堤である。しかし、施工実績が少ないことから、この防波堤の適用には、波高、水深、地盤の強度に対してある程度制限が設けられている¹⁾。さらに、軟着堤直下の地盤に作用する波浪による繰返し外力の影響についても明確にされていない。そこで、上記のような海洋構造物下の軟弱地盤に、波浪などによる繰返し水平応力が作用する場合に生じる地盤の沈下（shake down）を把握する必要がある。本研究では、繰返し直接せん断試験を行い、供試体の初期異方圧密比と繰返しせん断応力比を種々に変化させて、正規圧密粘土の繰返し直接せん断挙動と鉛直ひずみの発生形式について調べる。

2. 試料及び試験方法

試験に用いた試料は小野田粘土再構成試料であり、試料の物性値は比重 $G_s=2.593$ 、液性限界 $w_L=72.5$ 、塑性限界 $w_p=28.3$ 、塑性指数 $I_p=44.2$ である。用いた試験装置は、直接せん断試験装置であり、基本的な構造は、供試体上部から鉛直荷重やせん断力を作用させる仕組みになっている。また、繰返し直接せん断試験は、拘束圧 $\sigma_{mc}'=50\text{kPa}$ の下で種々の初期異方圧密比 $K(=\sigma_h'/\sigma_v')$ で圧密を行った後、初期異方応力状態を保ち、側方及び鉛直方向の変位自由の条件で、非排水状態で繰返しせん断を加えることにより行った。

3. 試験結果

図-2(a),(b)は、繰返しせん断応力比 $\tau_d/\sigma_{mc}'=0.330$ におけるせん断応力 τ ～せん断ひずみ両振幅 γ_{DA} 関係を示したものである。図-2(a) ($K=0.683$) においては、繰返しせん断を受けることにより、せん断ひずみが次第に大きくなる挙動が観察される。図-2(b) ($K=0.333$) においては、繰返しせん断を受けても、せん断ひずみの増減はあまり見られず、定常なループを描く挙動を示している。これらのことから、初期異方圧密比が小さくなるとせん断ひずみの発生は抑制されることがわかる。

図-3(a),(b)は、 $\tau_d/\sigma_{mc}'=0.330$ におけるせん断応力 τ ～鉛直ひずみ ε_{ver} 関係を示したものである。いずれにおいても、繰返しせん断を受けることにより、鉛直ひずみは増加している。図-3(a) ($K=0.683$) において、その増加量は、繰返しが進むにつれて次第に大きくなっているのに対し、図-3(b) ($K=0.333$) においては、その増加量は、繰返しが進むにつれて、小さくなり最終的には、収束する様子が認められる。

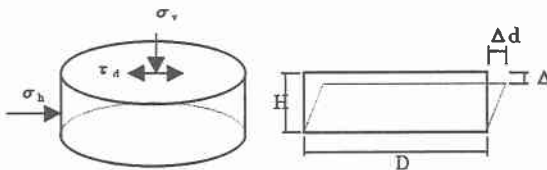


図-1 供試体に作用する応力と変形

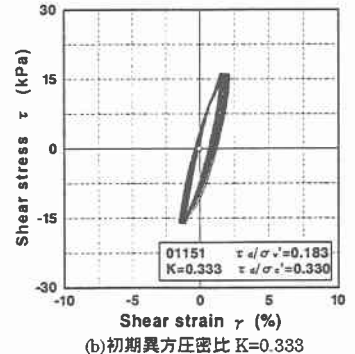
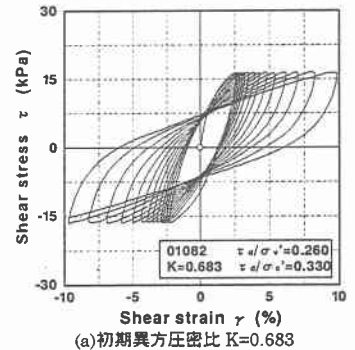


図-2 せん断応力 τ ～せん断ひずみ両振幅 γ_{DA} 関係

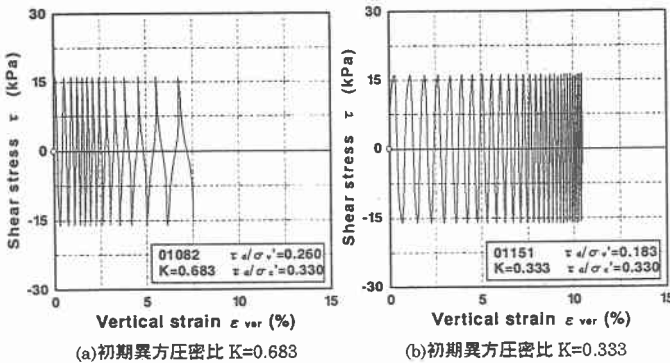
図-3 セン断応力 τ ~鉛直ひずみ ε_{ver} 関係

図-4 は、鉛直ひずみ ε_{ver} ~せん断ひずみ両振幅 γ_{DA} 関係を初期異方圧密比 K と繰返しせん断応力比 τ_d/σ_{mc}' をパラメータとして示したものである。図-4 の $K=1.000$ の場合は、繰返しせん断を受けることにより、せん断ひずみ両振幅は増加するのに対し、鉛直ひずみは、ほとんど生じていないことが認められる。また、繰返しせん断応力比 τ_d/σ_{mc}' による違いは、あまり認められない。図-4 の $K=0.683$ の場合は、繰返しせん断を受けることにより、せん断ひずみ両振幅が増加するに伴い、鉛直ひずみも増加していることが認められる。また、繰返しせん断応力比 τ_d/σ_{mc}' が、小さくなると、せん断ひずみ両振幅の増加に伴う鉛直ひずみの増加が大きくなることが認められる。図-4 の $K=0.478, 0.333$ の場合は、繰返しせん断応力比の違いによるバラツキはあるが、ひずみの発生はせん断ひずみ両振幅と比較して、鉛直ひずみが卓越していることが認められる。これらのことから、初期異方圧密比 K が小さくなるにつれて、せん断ひずみが発生しやすい状態から、鉛直ひずみが発生しやすい状態に変化する傾向が認められる。つまり、せん断ひずみが大きく発生する時は、鉛直ひずみはほとんど発生せず、逆にせん断ひずみがほとんど発生しない時は、鉛直ひずみが大きく発生することが認められる。

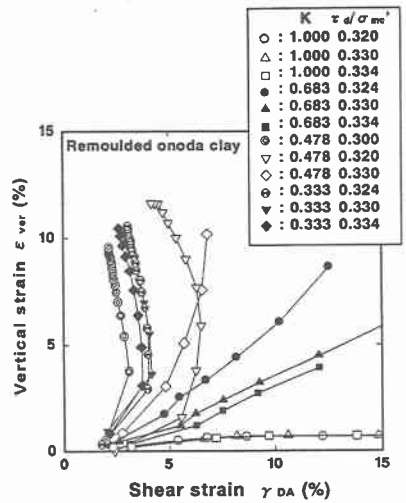
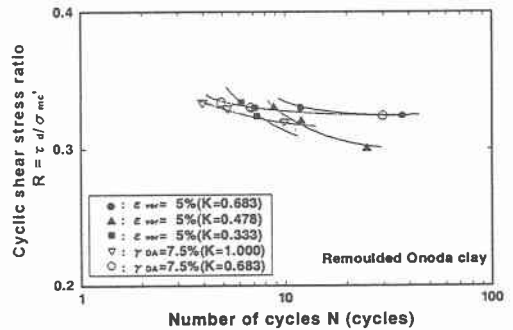
図-4 鉛直ひずみ ε_{ver} ~せん断ひずみ γ_{DA} 関係図-5 所定のせん断ひずみ及び鉛直ひずみに至るに必要な繰返しせん断応力比 $R(\tau_d/\sigma_{mc}')$ ~繰返し回数 N 関係

図-5 は所定のせん断ひずみ γ_{DA} 及び鉛直ひずみ ε_{ver} に至るに必要な繰返しせん断応力比 τ_d/σ_{mc}' ~繰返し回数 N の関係を初期異方圧密比 K をパラメータとして示したものである。ただし、初期異方圧密比 K によって鉛直ひずみ又は、せん断ひずみのいずれかが卓越するので、せん断ひずみ $\gamma_{DA}=7.5\%$ と鉛直ひずみ $\varepsilon_{ver}=5\%$ に着目して整理を行っている。この図から初期異方圧密比 K が小さくなると、所定のせん断ひずみ γ_{DA} を許容する強度は増加することが認められる。一方、初期異方圧密比 K が小さくなると、所定の鉛直ひずみ(shake down)を許容する強度が低下することが認められる。

4. あとがき

繰返し水平せん断を受けることにより、①初期異方圧密比 K が小さくなると、所定の大きさのせん断ひずみで規定する強度は増加することが認められる。②初期異方圧密比 K が小さくなると、shake down を許容する強度が、弱まると考えられる。

【参考文献】

- 1) 兵動・中田・小笠原・池上・平尾・吉本：下部構造形式に着目した軟弱地盤着底式防波堤の安定性に対する解析的検討，第32回地盤工学研究発表会概要集，pp.1343-1344，1997。