# 氷荷重を受ける氷海構造物基礎粘土地盤の安定性の評価

ガイアートクマガイ（株）　正　員○中山宏之
山口大学工学部　正　員　兵動正幸
山口大学大学院　学生員　原本利徳

## 1.　まえがき

氷海構造物の基礎地盤には、構造物の重量による静的荷重と氷の衝突・破壊時に生じる繰返し荷重が作用する。氷荷重は、構造物を介して地盤に繰返し水平・鉛直・モーメント荷重を与え、沈下等を引き起こすことが考えられる。これまでに地盤の動的挙動については、地震時の砂地盤の液状化の問題が多く取り上げられ、すでに多くの実験データなどが蓄積されているが、氷荷重による繰返し外力は地震とは異なり片振りであることや数時間にも及ぶ振動であることから、今後これに関するデータの蓄積が必要である。本研究では、構造物の支持地盤としては静的に最も不安定な粘土地盤を対象とし、氷荷重による繰返し荷重作用下の基礎地盤の動的挙動を把握するために、実験および解析による評価を行った。

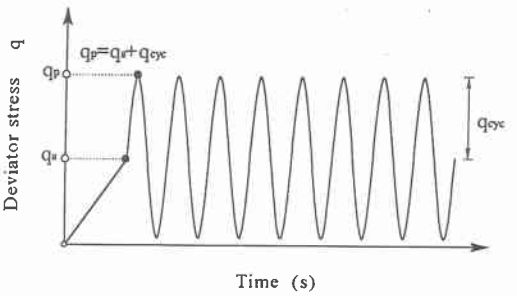


図-1　氷荷重によるせん断波形の概念

## 2.　地盤の動的変形および強度の評価のための繰返し三軸試験

非排水繰返しせん断試験は、図-1に示すように、ピーク時の応力を $q_p$ とし、初期せん断応力 $q_s$ と繰返し応力 $q_{cyc}$ の組み合わせを変化させ、様々な大きさの氷荷重による波形をシミュレートして行った。用いた試料は、高塑性の五日市粘土($G_s$=2.532,$I_p$=72.8)を撹拌後、予圧密圧力 50kPa を段階的に載荷して作成した正規圧密再構成試料である。図-2は、各サイクルにおけるピーク軸ひずみ $\varepsilon_p$ と繰返し応力ピーク時の有効応力比 $\eta_p$ の関係を示したものである。図から、両者の間にはピーク時の応力比 $q_p/p_c$ や初期せん断応力比 $q_s/p_c$ と繰返し応力比 $q_{cyc}/p_c$ の組み合わせによらない一義的な関係が存在していることが認められる。図-3は、ピーク軸ひずみ $\varepsilon_p$=5%に至るに必要なピーク時の応力比 $q_p/p_c$ と繰返し回数 N の関係を示したものである。図から、ピーク時の応力比の違いによらず、一本の曲線で強度評価が可能であることが見てとれる。

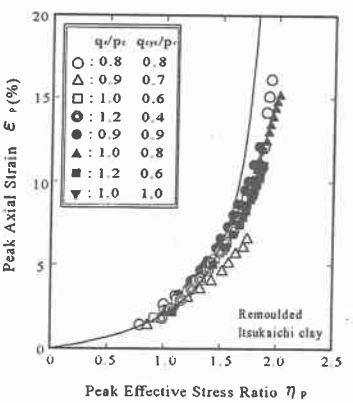


図-2　$\varepsilon_p$～$\eta_p$ 関係

## 3.　繰返しせん断を受ける地盤の安定および変形評価のためのモデル化

図-4は、繰返しせん断強度 $R_f$ と繰返し回数 N の関係を両対数上に表したものである。図から、両者の間には、良好な直線関係が存在していることが認められる。よって、繰返しせん断強度 $R_f$ は、次式で表される。

$$R_f\left(=\left(q_{cyc}+q_s\right)/p_c\right)=\kappa\cdot N^{\beta}=2.145\cdot N^{-0.055} \qquad (1)$$

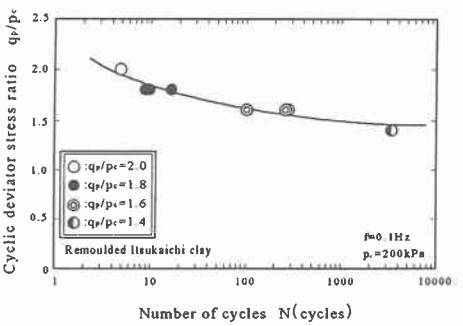


図-3　繰返し強度線

次に、先程示した図-2における一義的な関係を次式のように双曲線で近似し、せん断ひずみの定量化を行った。

$$\varepsilon_p = \eta_p \Big/ \left(1 - \eta_p / 2\right) \qquad (2)$$

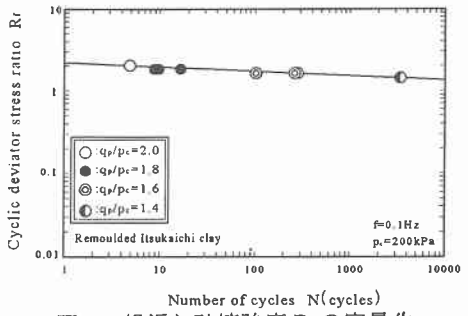


図-4　繰返し破壊強度 $R_f$ の定量化

## 4.　氷荷重を受ける構造物基礎地盤の安定および変形評価のための解析

本研究では、氷海構造物基礎地盤が正規圧密粘土地盤である場合を想定し、有限要素解析により氷荷重による地盤内応力の算定と、その地盤内応力が繰返し作用することによる基礎地盤の安定性および変形の評価を行った。変形予測には、上述の提案モデル [1]を用いた。図-5に解析対象断面の有限要素図を示す。地盤上面に構造物基礎としての剛棒要素を導入し、その中央に氷荷重・構造物系の解析により得られた水平力とモーメントを入力した。ここでの解析は静的解析とし、慣性力と減衰の影響を無視した。解析により得られた各土要素の最大せん断応力が、繰返し作用する状態を想定し、以下の解析を行った。氷荷重による繰返し応力の繰返し回数は、一事象の継続時間により異なるが、本研究では、一例として繰返し回数1000 回の場合における検討を行った。解析結果の各土要素の繰返しせん断応力比Rと図-4の実験による動的強度 $R_f$ の比 $R_f/R$ が各土要素の動的安全率 $F_d$ として評価でき、図-6に安全率の分布を描いた。図中 $F_d < 1$ の部分は土要素が局所的に破壊を起こしたところである。図のように構造物基礎前・後端に破壊した部分が見られる。また、その周辺には、破壊には至らずとも比較的安全率の低い部分が認められる。図-7に、上述の提案モデルを用いて予測したせん断ひずみの分布を描いた。図のように構造物近傍で、少なくとも1%以上のひずみが生じている。

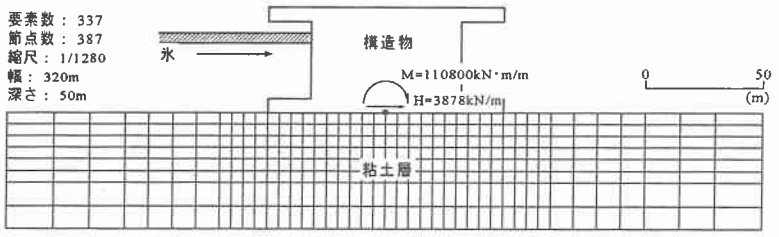


図-5　解析対象断面の有限要素モデル

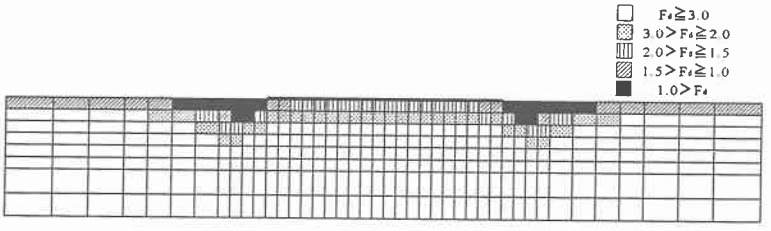


図-6　動的安全率分布

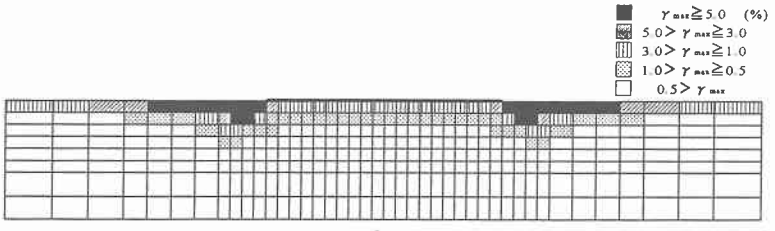


図-7　最大せん断ひずみ分布

## 5.　まとめ

この得られた最大せん断ひずみを沈下量に換算すると、構造物基礎前・後端部付近で約 30cm の沈下が生じることが予測される。この変形は、構造物の不等沈下を招くもので、さらに繰返し回数が増すことによる破壊域の増加とともに増大していくことが懸念される。

【参考文献】　1)米村公貴：初期せん断を受ける不撹乱粘土の動的挙動と安定解析，平成７年度修士論文