

塩分溶脱作用が有明粘土地盤の地震時残留変形に及ぼす影響

九州工業大学工学部	学生会員	○斎藤容子
九州工業大学工学部	正会員	永瀬英生 廣岡明彦 清水恵介
基礎地盤コンサルタンツ(株)	正会員	田上裕 白井康夫
九州工業大学大学院	学生会員	柴田雄史

1.はじめに

筆者らは、有明粘土に対し塩分溶脱作用が力学特性に与える影響について、室内試験で検討してきた¹⁾。その結果、有明粘土に繰返し荷重を加えた場合、塩分が溶脱された供試体では剛性が低下し易いことが明らかとなってきた。そこで本研究では、それらの塩分溶脱前後の室内試験結果をもとに、有明粘土上の土構造物に対して地震時残留変形解析を行い、地震時の安定性に塩分溶脱作用がどの程度影響するかを検討した。

2.地震時残留変形解析方針

本解析における地震時残留変形は、地震による地盤の軟化現象、つまり、繰返し荷重を受けることによる土の剛性低下に起因する地盤の沈下変形量としている。解析はFEMを用い、原地盤における現象をより忠実に再現するため、地震前の静的解析から動的解析、さらに室内要素試験結果を組み合わせた地震後の静的解析という順序で応力等を引き継ぎながら解析を実施した。本解析のフローを図1に示す。地震前の静的解析では解析プログラム「ALID」²⁾を用いて、地盤上に盛土等の土構造物の構築過程を再現し、地盤の初期応力状態を求めた。動的解析では解析プログラム「FLUSH」を用い、静的解析での各地盤要素の応力、変形状態を引き継いで、地震応答解析を実施した。最後に、動的解析で得られたせん断応力やせん断ひずみを考慮して、これまで行ってきた繰返し載荷後の非排水せん断試験結果¹⁾より地盤の剛性低下率を求め、地震後の解放流動解析およびそれに伴う水圧消散解析を行った。それぞれの解析、剛性低下方法について以下に述べる。

3.剛性低下の考慮方法

本解析にて求める残留変形量は、前述したように地震による土の剛性低下率に依存するものである。図2には、動的解析よりせん断ひずみ、せん断応力を求め、それらを用いて地盤の剛性低下率を求めるまでのフローを示す。剛性低下率の算出方法は、①：動的解析で得られた最大せん断応力 τ_{max} を、20サイクルの繰返しせん断応力 $\tau_d (=0.65\tau_{max})$ に変換する。②：各要素の初期有効拘束圧を σ'_0 として、繰返し応力比 $R (= \tau_d / \sigma'_0)$ を求める。③：②で求めた繰返し応力比を用いて繰返し中空ねじり試験、繰返し載荷後の非排水せん断試験¹⁾を行い、地震後の剛性低下率を求める。このとき剛性低下率の基準となる $G_{0,i}$ は、塩分未溶脱試料の繰返し載荷を行わない場合の、せん断ひずみ $\gamma = 0.1\%$ における割線弾性係数である。なお、この剛性低下率は、図2の $G_i/G_{0,i} \sim \gamma$ 関係¹⁾から分かるように、発生するせん断ひずみに

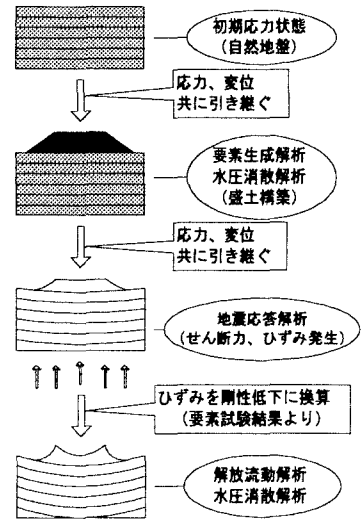


図-1 残留変形解析のフロー

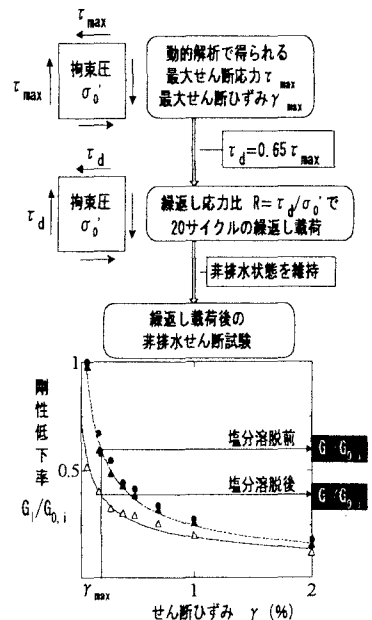


図2 剛性低下率の算出方法

よって異なるため、動的解析より得られるせん断ひずみ分布に従ってグループ分けを行い、グループ毎に決定した。

4. 解析モデルおよび動的解析結果

本解析では、静的解析後の応力状態、変形状を引き継ぎ、そのモデル地盤の基盤より地震動を入力して各要素のせん断応力、せん断ひずみを算出した。応力状態を引き継ぐことで、地盤のせん断剛性が上載圧に依存し、有効拘束圧のべき乗に比例するといった応力依存の特性を考慮できる。

入力地震動には、1968年に八戸港で観測された十勝沖地震のNS成分を用い、最大入力加速度は130gal(2E)とした。解析に用いた

モデル地盤は、図3に示すような盛土高さ6m、有明粘土層厚16mのものとした。図4に動的解析で得られた最大せん断ひずみ分布を示す。この図より、有明粘土層と砂礫層との境界面付近にコンターが集中していることが分かる。これは粘土層と砂礫層との間の剛性の違いが著しいからである。また、盛土下のひずみが若干小さくなっているのは、盛土による原地盤の拘束効果に起因すると考えられる。

5. 残留変形解析結果

ここでは先に述べた方法で、ひずみ分布毎に剛性低下率を算出した後に、再度「ALID」を用いて地震時残留変形量を求めた。解析で得られた残留変形量を図5および図6に示す。なお、この変形量には地震後十分に時間が経過し、剛性低下により発生した水圧の消散に伴う圧密沈下量も含まれている。これらの図より、室内試験の結果からも予想されたように塩分溶脱作用を受けると、地震による粘土地盤の沈下変形量が大きくなっていることが確認できる。一般に有明粘土は塩分が溶脱されると、鋭敏比が3~4倍上昇することからも、この塩分溶脱前後での沈下変形量の違いが予想される。このことより、塩分溶脱作用が地震時残留変形量に与える影響は大きいのではないかと考えられる。

6. まとめ

塩分溶脱前後での地震時残留変形量の比較をすると、盛土直下の沈下量は塩分溶脱前が47cm、塩分溶脱後が111cmで塩分溶脱後の方が大きくなり、塩分溶脱作用が地震時残留変形量に与える影響は大きいと考えられる。

<参考文献>

- 1) 宮下義幸、他：塩分溶脱作用を受けた有明粘土の繰返し載荷後の強度・変形特性：第35回地盤工学研究発表会発表講演集、pp539-540。
- 2) 安田進、他：液状化に伴う地盤の大変形の簡易予測方法、土と基礎、Vol.47、No.6、pp.29~32、1999

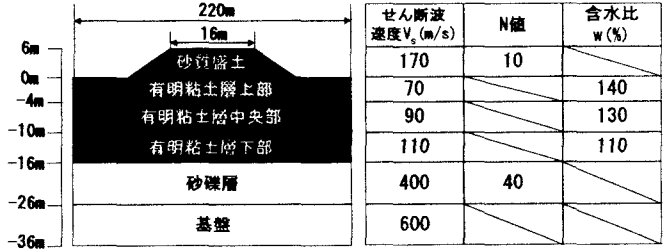


図-3 モデル地盤

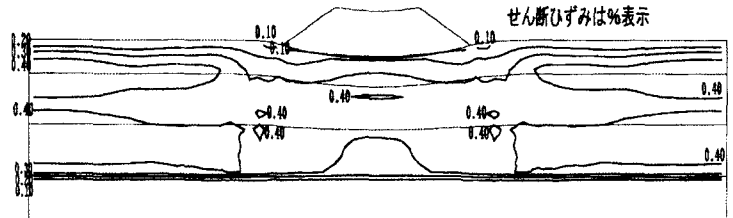


図-4 有明粘土層の最大せん断ひずみ分布

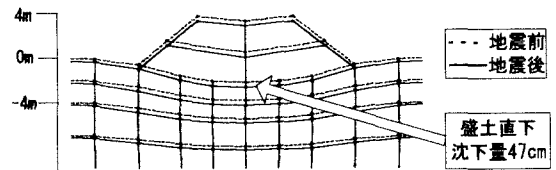


図-5 盛土付近の地震時残留変形 (塩分溶脱前)

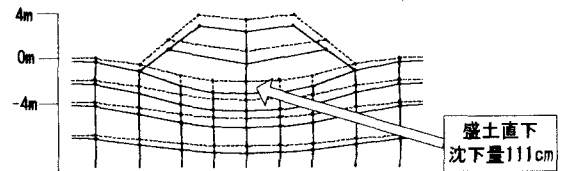


図-6 盛土付近の地震時残留変形 (塩分溶脱後)