

繰返し波浪荷重をうける粘土地盤上の 海岸堤防の安定解析

山口大学工学部 正 員 兵動正幸
日本地研株式会社 正 員 小林孝洋
山口大学大学院 学生員○荒牧憲隆

1. はじめに

粘土地盤上の海岸堤防の安定性の評価は、圧密による沈下予測や地盤の支持力など静的検討によって行われているのが現状である。しかし、我が国において大型台風の襲来は多く、この様なときの波浪による繰返し荷重も考慮し、評価を行っていく必要性はあると考えられる。そこで、本研究では粘土地盤上に構築された海岸堤防を対象に、大型台風来襲を仮定した繰返し波浪荷重を受けた海岸堤防の基礎粘土地盤の動的安定性・変形の評価をFEM解析によって行った。

2. 解析モデル

図-1に海岸堤防の断面図を示す。堤防の基礎地盤は、数十mの軟弱な粘土層から成り、粘土層の中程に砂層を挟んでいる。これに対して図に示すようなメッシュ分割を行った。

3. 解析方法

基礎地盤の安定性の評価手法として、非線形弾性FEM（有限要素法）解析を用いた。この手法より求めた荒天時の波浪を想定した時のせん断応力と築堤後の自重解析による初期せん断応力を重ね合わせ、非排水繰返し強度と対比して局所安全率を求め安定性の評価を行った。ここで、非排水繰返し強度¹⁾は繰返し三軸試験より求められた結果を利用している。この結果は、繰返し応力比 $(q_{cyc} + q_s)/p_c$ と初期せん断応力比 q_s/p_c の関係を提案しており、次式による指数関数で表されている。 $R_f = (q_{cyc} + q_s)_f / p_c = \kappa N^\beta = (1.0 + 1.5 (q_s/p_c)) N^{-0.771} \dots \dots (1)$ ここに、 R_f : ひずみ ϵ が10%至るに必要な繰返し応力比、 N : 波浪荷重の繰返し回数、 q_s/p_c : 拘束圧で正規化された初期せん断応力である。安全率は、解析結果から得られた繰返し応力比 R と上式の R_f を用い、それらの比において評価を行う。また、この安全率1.0以下となる要素で、この逆数を用い変形の評価も可能であり、この手法については文献1)に詳述されている。

4. 解析結果

堤体に作用する考えられる波圧分布を合田式から計算し、計画潮位から波高を得ている(文献2)3)参照)。そして、過去の台風遭遇時の観測結果を参考に、波圧が台風時に周期 $T=6(\text{sec})$ で、繰返し回数 $N=600$ 回(継続時間 $T=1 \text{ hr}$)について安定解析を行った。ただし、この繰返し波浪荷重の抵抗力として式(1)から計算し求めた。

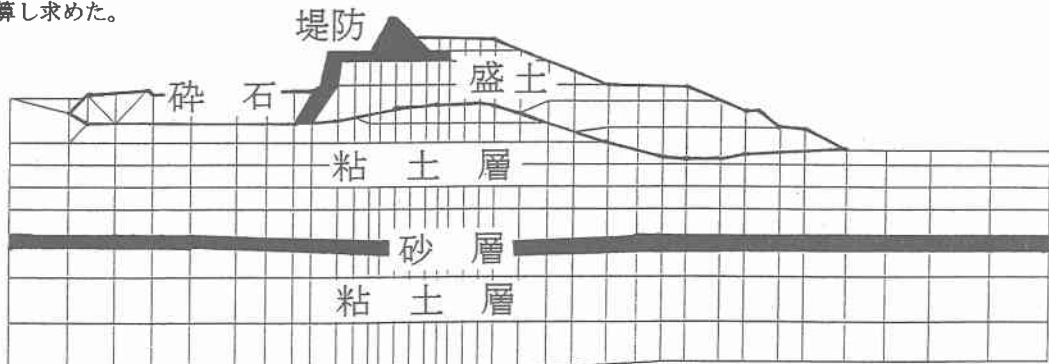


図-1 海岸堤防断面図

1) 地盤の動的強度

図-2は、初期せん断下の繰返しせん断応力比分布を示したものである。堤体中央部、右端直下の浅層部に比較的大きな繰返しせん断応力が作用していることがわかる。

2) 局所安全率

図-3は台風時の局所安全率分布を繰返し回数 $N=600$ 回について示したものである。図中の黒塗りの部分は安全率 $R_f/R < 1.0$ となる領域である。1)と同様に堤体中央部、右端直下の浅層部に安全率 $R_f/R < 1.0$ となる領域が集中しており、繰返し回数が増加するに伴い、安全率 $R_f/R < 1.0$ となる領域が拡大していることが確認された。

3) 変形の評価

図-4は、2)と同様の条件下におけるひずみ ε_p の発生量である。ここで、せん断破壊はひずみの発生量が10%以上の場合と仮定し、黒塗りの要素がせん断破壊を起こした領域である。2)の結果とほぼ同位置の要素に破壊領域が集中していることがわかる。その他の要素では、ほとんどが1%以下のひずみ発生量となっていることが認められた。

4. おわりに

以上のように、今回、過去の大規模台風時の観測結果を参考に主要波浪継続時間が約1時間程度を想定し解析を行ったが、周期 T 、繰返し回数 N を考慮することで長時間に渡る繰返し波浪荷重をうける海岸堤防の安定解析を実施し基礎地盤の安定性・変形の評価を行うことも可能である。

【参考文献】

1) M. Hyodo et al, Undrained cyclic shear behaviour of normally consolidated clay subjected to initial static shear stress, SOILS AND FOUNDATIONS Vol. 34, No. 4, pp1-11, 1994. 2) 兵動・小林・荒牧：繰返し波浪荷重を受ける海岸堤防基礎粘土地盤の安定性の評価，第30回土質工学研究発表会（投稿中） 3) 兵動・小林・川手：繰返し波浪荷重をうける海岸堤防基礎粘土地盤の動的強度と安定性の評価，土木学会中国支部平成7年度研究発表会（投稿中）

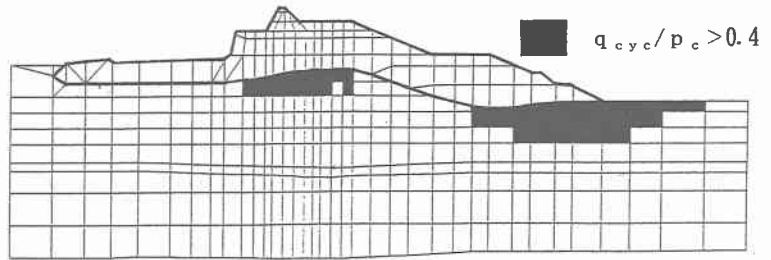


図-2 繰返しせん断応力比分布図

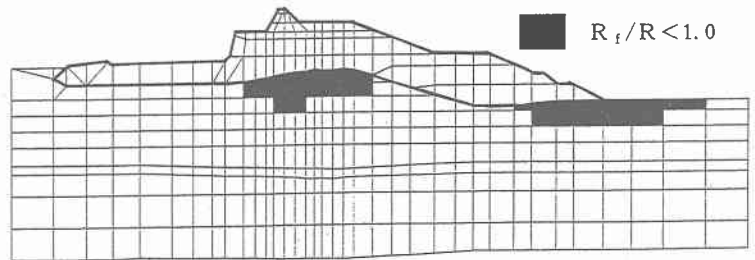


図-3 局所安全率分布図 (N=600)

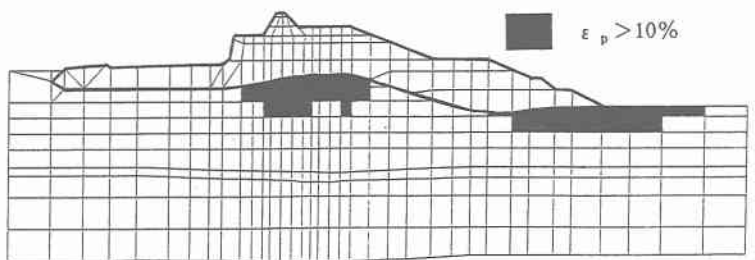


図-4 ひずみ分布図 (N=600)