

軟弱地盤上における海岸堤防の地震時安定性の評価

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 中田幸男
山口大学大学院 学正員 ○大村祥平

1. まえがき

阪神大震災を契機に、全国の河川堤防や海岸堤防の耐震評価が行われている。その際軟弱な粘性土地盤を基礎とすることも多く遭遇するが、粘性土の動的な評価方法が確立されていないため、一軸強度を用いた震度法で済ましているのが現状である。過去の地震被害においても粘土地盤上の道路盛土や河川堤防の被害事例が報告されており^{1),2)}、的確な震度評価法の確立が望まれる。本研究は、粘土地盤上に構築された海岸堤防を対象に繰返し三軸試験を行い地盤の動的強度特性を踏まえたうえで、海岸堤防基礎粘土地盤の地震時安定性のを行うものである。

2. 海岸堤防基礎粘土地盤の繰返しせん断強度

図-1は今回対象とした海岸堤防および基礎地盤の断面を示すものである。図より厚い粘土地盤上に堤体が築堤されていることがわかる。実験に用いた試料は、海岸堤防および背後地の5ヶ所から固定式シンウォールサンプラーで採取した不攪乱海成粘土である。試料の物性は場所によってばらつきがあったが $G_s=2.624 \sim 2.730$, $W_L=43.8 \sim 111.5$, $I_P=N.P \sim 67.3$ であり堤体基礎付近の粘土地盤の塑性指数は $I_P=60$ 程度であった。構造物付近の粘土地盤を再現するために、実験では初期せん断応力を変化させ正規圧密状態で非排水繰返し三軸試験を行った。図-2は破壊に至るに必要な繰返しせん断強度 R_f と繰返し回数 N の関係を両対数上に示したものである。図中、様々な塑性指数からなる結果が含まれているが塑性指数 I_P の違いによらず初期せん断応力比 $q_s/2\sigma'_c$ 毎にほぼ同一の傾きを直線で表せることがわかる。図-3はそれぞれの初期せん断応力比に対する繰返し回数 $N=1$ 回の繰返しせん断強度 $\kappa_{(ANC)}$ を等方正規圧密粘土の繰返し回数 $N=1$ 回の強度 $\kappa_{(INC)}$ で正規化した $\kappa_{(ANC)}/\kappa_{(INC)}$ と初期せん断応力比の関係を示したものである。この図より両者の間に

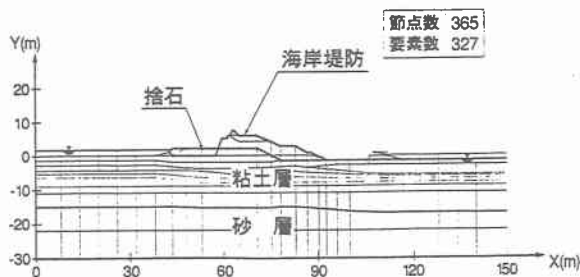


図-1 解析対象断面図

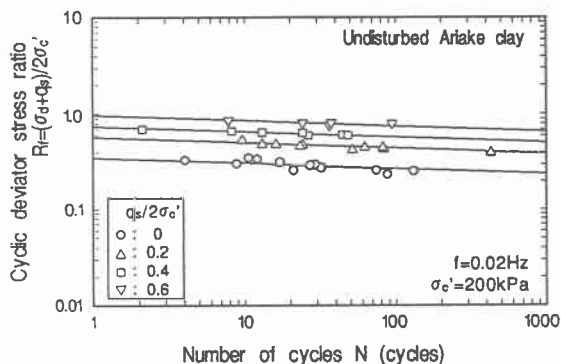


図-2 繰返しせん断強度 R_f と繰返し回数 N の関係

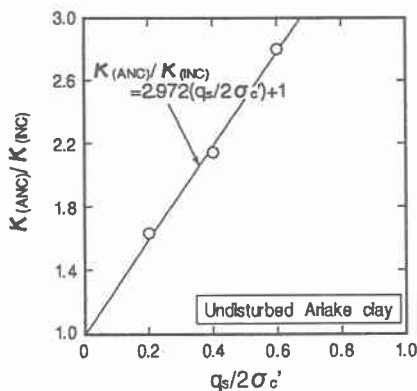


図-3 $\kappa_{(ANC)}/\kappa_{(INC)}$ と $q_s/2\sigma'_c$ の関係

直線による対応関係が得られた。従って、図-2、図-3より粘土地盤の繰返しせん断強度 R_f は次式で定式化されることが明らかとなった。

$$R_f = \kappa \left(\frac{1}{N} \right) \left[a \left(\frac{q_s}{2} \sigma'_v \right) + 1 \right] N^{\beta} = 0.344 \left[2.972 \left(\frac{q_s}{2} \sigma'_v \right) + 1 \right] N^{\beta} \quad (1)$$

3. 解析方法および解析結果

海岸堤防基礎粘土地盤の動的安定性の評価を行うために、兵動・藤井³⁾の動的円弧すべり解析法を用いて安定解析を行った。図-4は、動的円弧すべり解析の結果を示したものである。図中実線は最小安全率を示すすべり面、破線は堤頂部を通るすべり面をそれぞれ示している。水平震度 $K_h=0.13$ で行った結果いずれも

安全率が 1.0 を切る結果となった。次に H-D モデルによる非線形 FEM 解析を行った。入力地震波には 1961 年日向灘地震板橋波を最大値 130gal として用いた。解析によって得られた堤体の自重により発生する初期せん断応力比と地震によって発生するせん断応力比の和を滑動力 R 、実験結果より得られた式(1)による地盤の繰返しせん断強度を抵抗力 R_f とし抵抗力と滑動力の比 R_f/R を求めることによって動的安全率 F_d の評価を行った。図-5は動的安全率 F_d の分布を示すものである。図より黒塗りの安全率 $F_d < 1.0$ となる領域が堤外および堤内部直下の粘土層に確認できる。図-6は残留せん断ひずみ分布を示すものである。ここでせん断破壊はせん断ひずみの発生量が 10%以上発生した場合と仮定する。図より黒塗りのせん断破壊をした領域が安全率 $F_d < 1.0$ となる位置に集中していることがわかる。以上のことから堤防基礎地盤は地震時にせん断破壊を起こし堤頂部を含む範囲ですべり破壊が生じると予測され安定性が懸念される結果となった。

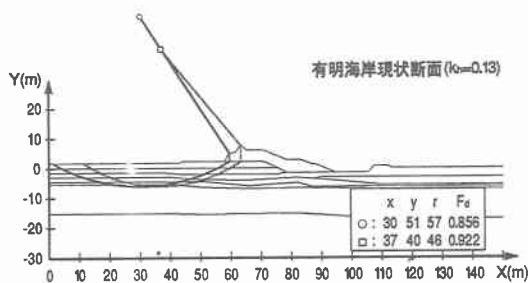


図-4 動的円弧すべり結果



図-5 動的安全率分布



図-6 ひずみ分布

参考文献

- 1) 佐々木康・谷口栄一・松尾修・館山悟：土構造物の被害事例，土木研究所資料，第 1576 号，1980.
- 2) 佐々木康：土構造物の耐震設計・その 1，土木技術資料，vol.26, No.1, pp.47-55, 1984.
- 3) 藤井・兵動・村田・福田：初期せん断応力下の粘性土地盤の地震時安定性，第 9 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.811-816, 1994