

初期せん断を考慮した飽和粘性土地盤の地震時安定解析

復建調査設計 会 員 〇藤井照久
 山口大学工学部 会 員 兵動正幸
 山口大学大学院 学生員 杉山太宏 河田頼治

1. まえがき

粘土は砂に比べ地震時に比較的安定であると考えられているが、これまでの地震災害の中で粘土地盤上の盛土崩壊事例が多く報告されている¹⁾。粘性土は、初期せん断応力の増加と共に強度が低下することが兵動ら²⁾によって報告されており、初期せん断応力を考慮した動的安定性の検討が不可欠であると考えられる。本研究は、繰返し三軸圧縮試験結果を用いて粘土地盤上の盛土の安定解析を行った。さらに著者らの提案する繰返しせん断を受ける粘土の残留せん断ひずみの予測モデル³⁾を適用し、地盤内に発生する平均的な残留せん断ひずみの算出を行った。

2. 初期せん断応力を受ける粘土地盤の地震時安全率および繰返しせん断ひずみの評価方法

初期せん断応力を受ける粘性土の動的安定率は、先に兵動らが広島市で採取された五日市粘土 ($G_s=2.532, W_L=124.2\%, I_p=72.8$) を用いて行った図-1 に示すような異方圧密下の非排水繰返し三軸圧縮試験結果から得られた繰返しせん断強度 $R_r (= (q_{cyc} + q_s) / p_c')$ と初期せん断応力および地震外力によって発生するせん断応力比 $R (= (q_{cyc} + q_s) / p_c')$ で評価する。

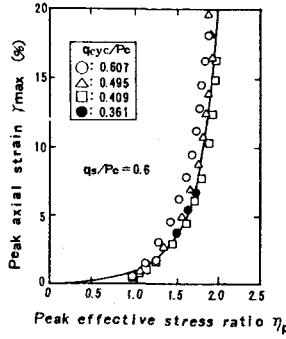


図-1 初期せん断応力下の動的強度

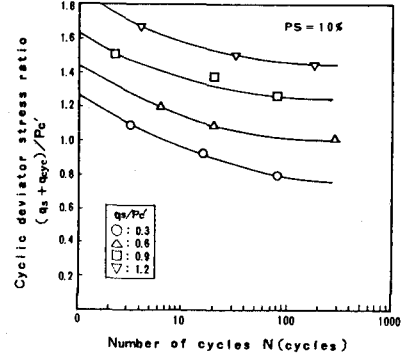


図-2 $\gamma_{max} \sim \eta_p$ 関係

また、兵動らは非排水繰返し三軸

試験結果より各サイクルのピーク時における有効応力比 η と最大ひずみとの間に、繰返しせん断応力の大きさは無関係に図-2 に示すような一義的な関係があることを示した。この関係より、繰返しせん断中における各サイクルピーク時の有効応力が既知であれば、最大せん断ひずみ γ_{max} の評価が可能となる。そこで各サイクルピーク時における有効応力の評価のため次のような関係を利用した。ここで、まず各サイクルピーク時の有効応力比 η が初期及び破壊時の有効応力比に対する相対的位置関係を表す η^* を定義する。次に、地震外力 R と動的強度 R_r との比 R/R_r を取り上げてみる。この η^* と R/R_r との関係は初期及び繰返し応力あるいは繰返し回数に関係なく一本のユニークな曲線で表せる。これらの関係の詳細については参考文献 3. に詳述している。 R/R_r は一様振幅の繰返しせん断応力下において、 R が一定であり R_r が繰返し回数の増加と共に低下していくので、次第に増加して行き $R/R_r = 1$ に至って破壊となる。各初期せん断に対する強度・繰返し関係が図-1 のように実験で得られているので、各繰返し回数毎の強度 R_r がわかり、 R/R_r は各サイクル毎に求めることができる。各サイクルにおける R/R_r が既知であれば η^* が定まり、これより有効応力比が求められる。この η を用いて $\gamma_{max} \sim \eta$ 関係よりすべり面のせん断ひずみ γ_{max} の評価が可能になり、さらに求

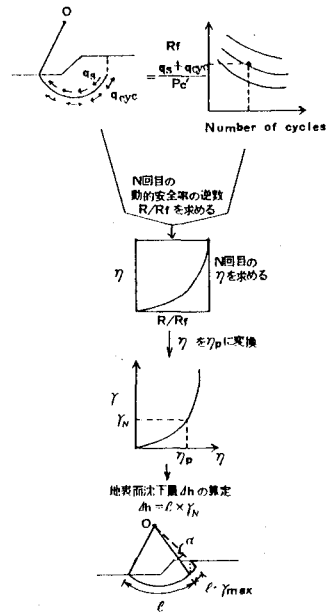


図-3 せん断ひずみ・沈下量の算定法

めた γ_{max} とすべり面のスライス長から地表面における沈下量を概算的に求めることが可能となる。以上の手順に従ったせん断ひずみ、地表面沈下量の算定方法のフローチャートを図-3に示す。

3. 安定計算例

今回解析対象とした地盤は、1964年の新潟地震の際、破壊した赤川黒森地区の河川堤防である。この河川堤防は地震により盛土下の軟弱な飽和粘土層が円弧すべりをおこし、壊滅的な破壊を起こしたことが土木研究所より報告されている¹⁾。図-4がその断面であり、地震により粘土層上の盛土が破線の形まで変形したことが示されている。図-5は繰返し回数 $N=20$ の場合に限定して計算を行った結果である。この図から震度の増加と共に q_s/p_c' は減少、 q_{cyc}/p_c' は増加する傾向にあり、結果的に動的安全率が低下していることがわかる。図-6は、地震時安全率に及ぼす繰返し回数の影響を示した結果である。この図より繰返し回数増加に伴い安全率が低下していく様子が認められる。次に、ここで求めた地震時安全率を用い発生する平均的な最大せん断ひずみ及び地表面沈下量の算定を2.で述べた手法に基づき行った。沈下量はすべり面の最大せん断ひずみから盛土表面部分の鉛直ひずみを推定して求めた。図-7がその結果であり、図中に被害報告に示されている被害時の推定震度 $K_H=0.17$ を示す。この図から $K_H=0.15$ 付近より震度の増加と共に急激にせん断ひずみあるいは沈下量が増加している様子がみられ、実際に被災した事実と本解析手法が良好な対応関係にあることを確認した。

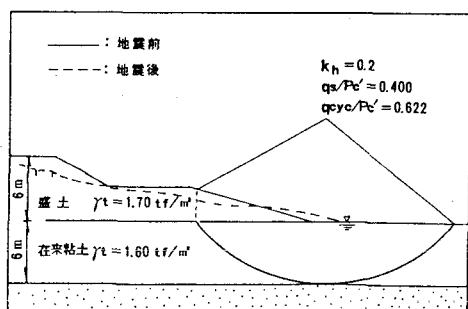


図-4 解析対象断面

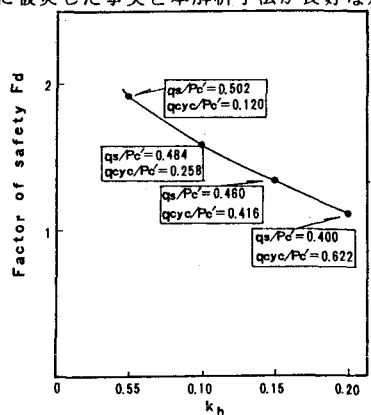


図-5 安全率～震度関係

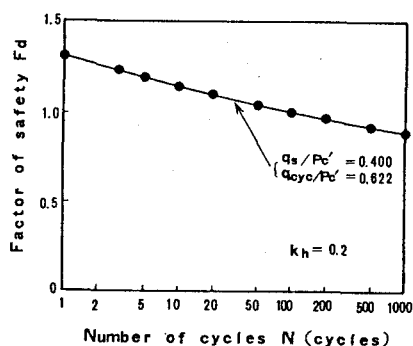


図-6 安全率～繰返し回数関係

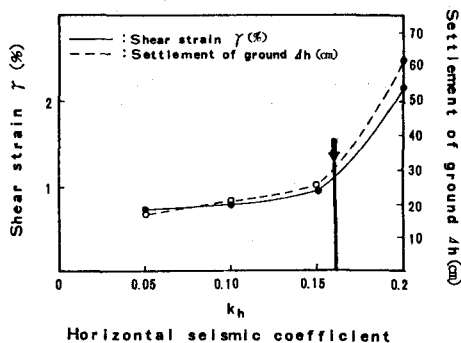


図-7 せん断ひずみ、沈下量～震度関係

参考文献

- 1) 建設省土木研究所土質研究室：土構造物の地震被害事例，土木研究所資料，1980.3.
- 2) 兵動他：異方圧密粘土の非排水繰返しせん断強度について，第27回土質工学研究発表，1992.
- 3) Hyodo, M. et al.: Undrained cyclic shear strength and residual shear strain of saturated sand by cyclic triaxial tests, Soils and Foundation, Vol.31, No.3, pp.60-76.