

初期せん断応力下における粘性土地盤の地震時安定性の評価

復建調査設計株式会社 藤井照久 山口大学工学部 助教授 兵動正幸  
 山口大学工学部 教授 村田秀一 復建調査設計株式会社 福田直三

1. まえがき

従来の地盤の耐震検討において、粘土は砂に比べ地震時に安全視されている。ところが実際には、過去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<sup>1)</sup>。このことは粘性土地盤が盛土等上部構造物の自重により初期せん断が増加して動的強度が低下したためではないかと考えられる。従って粘性土地盤については、初期せん断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。本研究では、様々な大きさの初期せん断を受ける粘土の繰返し三軸試験結果を用い粘土地盤上の盛土の地震時安定解析を行った。

2. 初期せん断応力下の粘性土の動的強度

本論では、まず様々な種類の初期せん断応力下で粘性土の非排水繰返し三軸試験を行い粘性土の動的強度を求めた。図-1がその結果で図中各々の初期せん断応力  $q_c$  に対応した繰返しせん断強度線がそれぞれ描かれている。図-2は、 $N=20$  における動的強度と初期せん断応力との関係を粘土及び豊浦砂について示した。等方圧密下及び初期せん断応力の低いところでは、粘土は砂に比べ高い強度を示しているが、初期せん断応力が大きくなるに従い、両者の強度は逆転し、高い初期せん断応力においては粘土の方が砂よりも低い強度になっていることがわかる。これは、砂が破壊に近づくにつれ正のダイレイタンスーを起し、排水強度を増大させるのに対し、粘土は critical state に近づくにつれ強度を弱め変形を増大する特徴を有することに起因するものと思われる。このことは盛土の基礎地盤においては、地震時に砂よりむしろ粘土の方が注意を要し、安定検討を行うべきであることを示唆している。

3. 粘性土地盤の地震時安定解析法

地震時の飽和砂地盤の問題に対し、飽和粘性土の問題は水平地盤上で地震時に飽和砂と比較して安全であるため、初期せん断応力下においても安全であろうという推定から、ほとんど初期せん断応力を考慮した地震時斜面安定検討が行われていないのが現状である。本論では、種類の初期せん断応力下で行った繰返しせん断強度の結果を用い、粘性土の地震時安定解析を行う。本解析では、図-3の概念に従い、安全率が次式で得られる修正フェレニウス法を若干修正した式を用い滑動力の算定を行う。

$$F_d = \frac{\text{抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{\sum \{ (\sigma_v + \sigma_d) / \sigma_v \} \cdot 1}{\sum W \cdot \sin \alpha / \sum W \cdot \cos \alpha + k_h \cdot \sum \{ W \cdot (y/R) \} / \sum W \cdot \cos \alpha} \dots \dots (1)$$

式(1)の安全率  $F_d$  が最小となる円弧を様々な初期せん断応力と繰返しせん断応力の組み合わせにより見だし、それを地震時に最も危険なすべり面と仮定し検討を行う。

4. 地震時の粘土地盤を基盤とした盛土の安定計算例

本論では、粘性土基礎地盤に着目し、過去の地震被害例の解析を行った。解析に使用した初期せん断応力を受ける粘性土の動的強度は、先に述べた初期せん断応力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応力比と初期せん断応力(盛土の自重分)を加えた値で評価する。

今回解析対象とした地盤は、1964年の新潟地震の際、破壊した新渡地区の最上川河川堤防である。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、壊滅的な破壊を起し、地表面に約40cmの沈下が生じたことが土木研究所より報告されている<sup>1)</sup>。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。本解析手法では、震度の大きさにより地震時すべり面の形状も異なる。本解析断面では、図-4にも示しているように、震度の増加に伴いすべり面は法尻方向に推移していく傾向が見られた。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  $\sigma_v / \sigma_h$  は減少し、 $\sigma_d / \sigma_h$  は増加する傾向にあり、結果的に動的安全  $F_d$  率が低下していることがわかる。水平震度0.20において、安全率は1以下となり破壊を示している。地震記録においても約200Galの加速度が記されていることから、解析結果は妥当な結果を与えているものと考えられる。また、このときのすべり面形状は、実際の被害報告で示されているすべり形状と良好な対応が見られた。

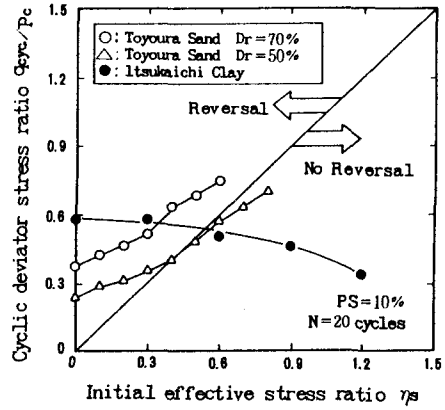
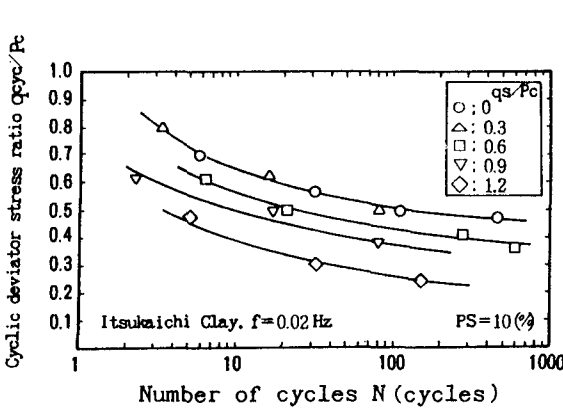


図-1 初期せん断下における粘土の動的強度

図-2 繰返しせん断応力比と初期せん断応力比の関係 (五市市粘土と豊浦砂の比較)

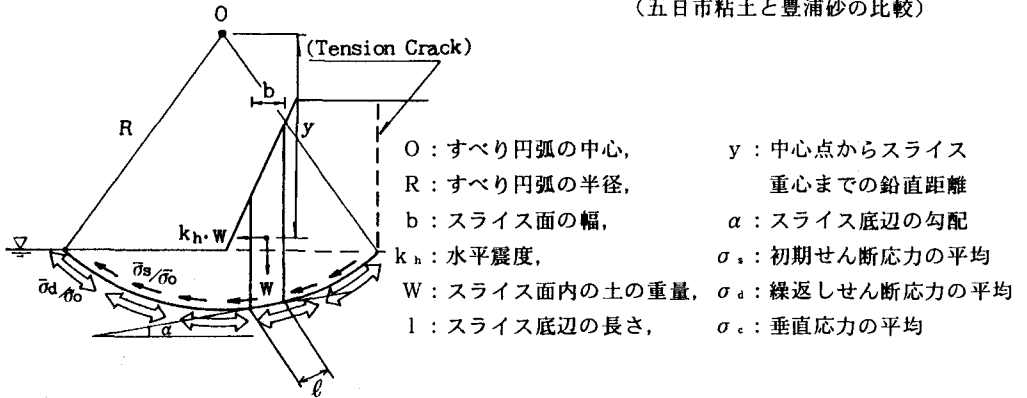


図-3 円弧すべりによる地震時安定解析の考え方

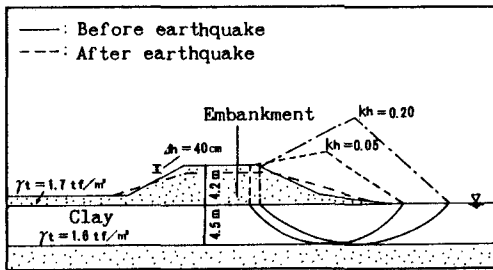


図-4 解析対象断面

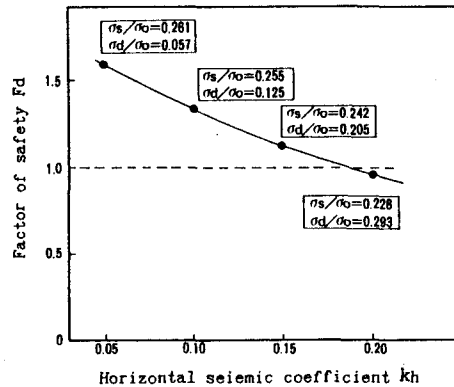


図-5 安全率～震度関係

参考文献

1) 建設省土木研究所動土質研究室: 土構造物の地震被害事例, 土木研究所資料, 1980. 3.