

低塑性粘土地盤の地震時安定性の評価

山口市 正員 ○大村祥平
 山口大学工学部 正員 兵動正幸
 山口大学大学院 学正員 原本利徳 吉本憲正

1. まえがき

近年、我が国では土地・海洋空間を有効利用するために種々の重要大型構造物が地盤条件の厳しい軟弱粘土地盤上に建設されている。その中でも治水安全性および土地の有効利用を目的として建設されるスーパー堤防は、堤内側の傾斜部分を緩やかにすることによってその部分を土地利用するものであり、その分通常の堤防よりも高い耐震安全性が必要とされる。よって、堤体基礎粘土地盤の耐震評価を行うことは今後の重要な課題である。今回は低塑性粘土地盤を対象として非排水繰返し三軸試験を行いその強度特性を踏まえた上で地震時安定解析を行いその安定性の評価を行うものである。

2. 動的円弧すべり解析法による盛土・基礎地盤の安定解析

今回の解析に用いた粘土は、低塑性の荒川粘土であり、その繰返しせん断特性は山口大学で調べられた。¹⁾ 対象とした地盤の断面は、建設省土木研究所で行われた動的遠心模型実験と同様のものを用いており、基礎地盤として地盤改良なしの粘土地盤(M1)、法尻下部粘土地盤を途中までフローティング式で改良したもの(M2)および基盤まで着底させ改良したもの(M3)である。それぞれの断面に対し、水平震度 $k_h=0.1\sim 0.3$ 程度の範囲で4ステップ入力し、兵動・藤井²⁾の動的円弧すべり解析法を用いて安定解析を行った。すべり面での安全率の計算は次式によった。

$$F_d = \frac{\text{初期せん断応力下における非排水繰返しせん断強度}(R)}{\text{自重によって発生するせん断応力+地震によって発生するせん断応力}(R)} = \frac{\left\{ \frac{\sigma_3 + \sigma_d}{\sigma_3} \right\}}{\sum W \cdot \sin \alpha / \sum W \cdot \cos \alpha + k_h \cdot \left\{ W \cdot (v/r) \right\} / \sum W \cdot \cos \alpha} \quad (1)$$

ここで分母は、任意の仮想すべり面上に作用している初期および繰返しせん断応力の和であり、分子は、仮想すべり面内に作用している初期せん断応力と繰返し回数から決定される初期せん断応力下の動的強度である。この両者の比 ($F_d=R_f/R$) 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解析を行った。なお、本解析では、便宜上、地下水以浅は地震時の引張り力よりテンションクラックを生じるものと仮定し解析を行った。粘土地盤の動的強度は、図-1、2に示すように種々の初期せん断応力に対し調べられている。¹⁾

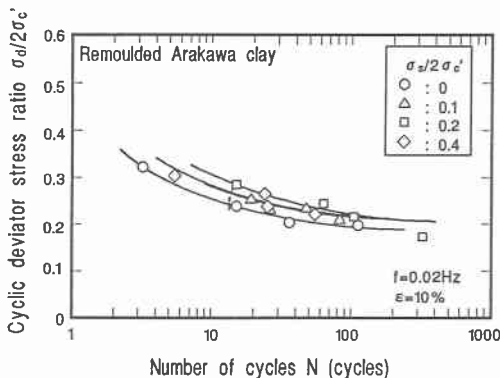


図-1 用いた粘土の繰返しせん断破壊に至るに必要な繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma'_c$ と繰返し回数 N の関係

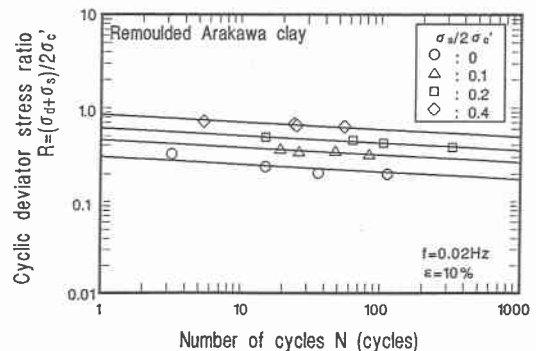


図-2 用いた粘土の繰返しせん断破壊に至るに必要な繰返し応力比 $(\sigma_3 + \sigma_d)/2\sigma'_c$ と繰返し回数 N の関係

図-2の関係から、動的強度として、次式を求め用いた。

$$R_f = \{(\sigma_s + \sigma_d) / 2 \sigma_0\}^{\beta} = \kappa N^{\beta} \quad (2)$$

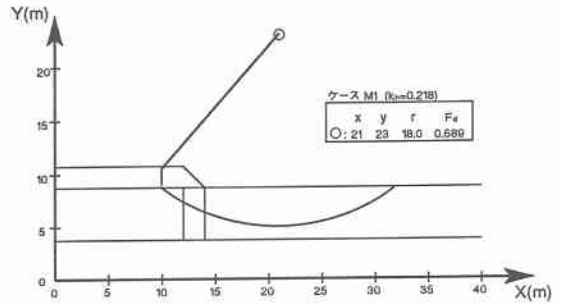
ここで、 β は両対数上における動的強度線の勾配であり、 κ は、繰返し回数1回における R_f の値である。今回の粘土において、 $\beta=0.08$ であり、 κ は、初期せん断応力との間に次式のような関係が認められた。

$$\kappa = 0.300 + 1.395(\sigma_s / 2 \sigma_0) \quad (3)$$

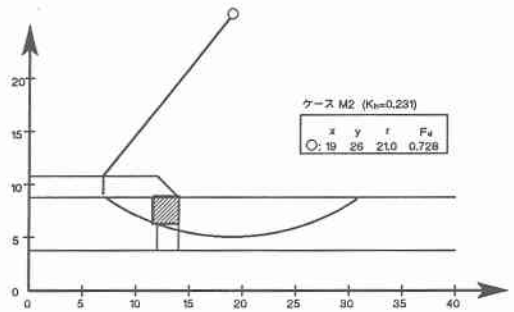
したがって、初期せん断応力が既知であれば任意の繰返し回数における R_f は、式(2)、(3)を用いることにより容易に求めることが可能である。本解析では、改良体の繰返しせん断を行わなかったため、動的強度を基礎粘土地盤の2倍と仮定し、計算を行った。

図-3(a)、(b)は、それぞれM1、M2の第2ステップ目の入力水平震度 $k_h = 0.2$ を与えた解析結果であり、最小安全率を示す円弧を描いたものである。安全率は、M1、M2共に1を切っており、破壊しているが、M3で同じステップを解析したところ安全率は、1.296となり、破壊しない結果となった。M2で破壊が生じたのは、M1の場合と円弧の大きさがさほど変わらなかったためであり、安全率を高めるには、もう少し深い位置までの地盤改良が必要であることが示唆される。

図-4は、本解析より得られたそれぞれの実験ケースに対する最小安全率、沈下量と加速度の関係を示す。M1、M2は、水平震度 k_h が0.2を越えたあたりで安全率が1を切る結果となり、また、この付近から、沈下が急増することに対応している。M3は、水平震度が0.3を越えると安全率が1をわずかに切る結果となり、この結果も沈下量と対応している。今後は、改良体の動的強度を正確にとらえ、解析に適用したいと考えている。



(a) M1



(b) M2

図-3 円弧すべり安定解析による最小安全率の円弧

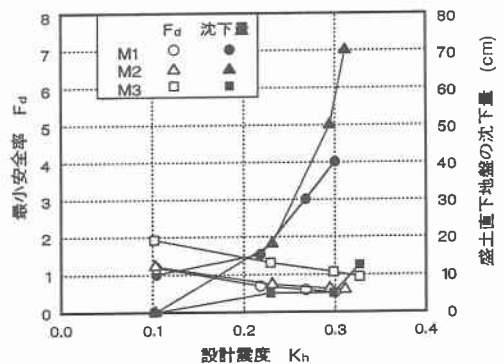


図-4 円弧すべり安定解析による安全率および盛土下粘土の沈下量と水平震度の関係

〈参考文献〉

- 1) 兵動・村田・中田・松山：低塑性粘土の非排水繰返しせん断特性，平成9年度土木学会中国支部研究発表会（投稿中）
- 2) 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