

粘性土地盤上の盛土の耐震安定性

名古屋大学大学院 学生会員 ○山田英司、寺川邦明
名古屋大学工学部 正会員 大塚 悟、松尾 稔

1. はじめに

従来、地震荷重に対する安定性評価は加速度履歴の中で最も危険と思われる最大加速度を静的荷重に置き換える静的震度法により行われてきた。しかし、静的震度法では動的荷重の荷重履歴や土構造物の動的性質が構造物の耐震安定性評価に反映されない問題点がある。本論文では静的荷重に対する極限状態を自然な形で拡張した動的荷重に対する極限状態を用いて耐震安定性を評価する。事例として粘性土地盤上の盛土を取り上げ、基盤に正弦波加速度を入力して盛土の耐震安定性に影響を及ぼす諸要因について数値解析により検討・考察する。

2. 地震荷重に対する安全率

一般に静的荷重に対する土構造物の極限状態は荷重～変位関係が不定になる条件によって定義される。しかし、動的荷重に対しては、加速度項の助けを借りて荷重に対して変形が常に定義されるために、変形が不定となる状態を定義することができない。地震荷重は通常地盤の基盤における加速度履歴によって表される。この加速度履歴を一つの動的荷重ととらえ、十分な時間が経過した後に同じ動的荷重を仮想的に繰り返し載荷する。その荷重の繰り返しに対してシェイクダウン解析を行い、最終的に弾性応答しシェイクダウンする場合に土構造物は安定、塑性変形が生じる場合を不安定と定義する。

この極限状態の定義に基づく安全率の物理的意味について考察する。以下の解析では図.1および表.1に示す有限要素メッシュおよび地盤定数を用い、基盤に周期 $T=2.0\text{s}$ で最大水平加速度 a_x の異なる正弦波加速度を25波加振して安定解析を行った。本解析ではダンピングに Rayleigh ダンピングのモデルを用い、 $\alpha = 1.0, \beta = 0.0$ と仮定した(ただし減衰マトリックス: $C = \alpha M + \beta K$, M : 質量マトリックス、 K : 剛性マトリックス)。表.2に示すように入力加速度波の最大水平加速度 a_x とその時の安全率との積はほぼ一定値となっていることが分かる。したがって静的荷重の場合と同様に動的荷重に対する安定解析によって得られる安全率は設定した加速度の何倍の大きさの加速度までシェイクダウンするかと言う物理的意味を持つ。

表.1 解析定数

$E = 1000.0 \text{ kN/m}^2, \nu = 0.3$	
$(c_u)_{ps} \left\{ \begin{array}{l} \text{盛土} \\ \text{地盤} \\ \text{地盤} \end{array} \right.$	盛土 70.7 kN/m^2
	地盤 $0 \leq z \leq 7.5 \text{ (m)} : 141.4 \text{ kN/m}^2$
	地盤 $7.5 \leq z \leq 30 \text{ (m)} : 212.1 \text{ kN/m}^2$
z : 地表面からの深さ	
$\gamma_t = 19.6 \text{ kN/m}^3, \gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$	

表.2 動的荷重に対する安全率 ($T=2.0\text{s}$)

$a_x \text{ (m/s}^2\text{)}$	F_s	$a_x \times F_s$
0.98	23.862	23.385
2.94	7.954	23.385
4.90	4.772	23.383

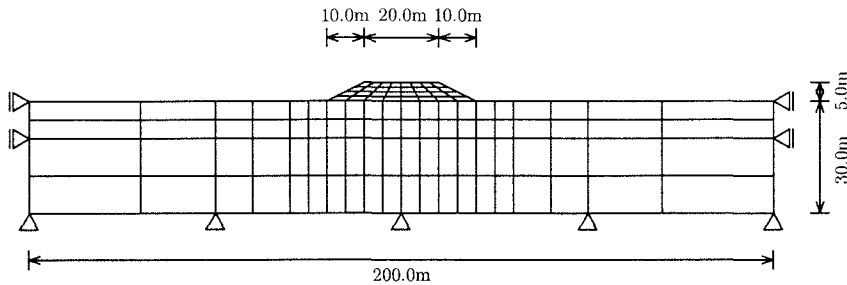


図.2 有限要素メッシュ

3. 盛土の耐震安定性に及ぼす要因

3.1 入力波特性の影響

図.2に入力加速度波の周期～安全率の関係を示す。図中には静的震度法の考え方に基づき、最大水平加速度を静的荷重に置き換えてシェイクダウン解析により求めた安全率も併記している。短周期の入力加速度波に比べ、長周期の加速度波に対する安全率はずいぶん小さい。すなわち同じ最大加速度でも長周期の加速度波の方が危険であることを示している。また長周期になると安全率は減少し静的荷重の両振りに対する安全率に漸近していく。このように同じ最大加速度でも周期が異なると盛土の耐震安定性に大きく影響するが、従来の静的震度法ではこれを評価することができない。図の解析では減衰係数 α, β の設定により減衰が強く効いていると考えられ、共振する事例は見られなかったが、発表当日には減衰係数を変化させた事例についても示す。

3.2 地盤の動的性質の影響

地盤の動的性質は地盤の剛性および幾何形状と解析で設定する境界条件などで定められる。図.3に地盤・盛土の弾性係数を変化させた時の弾性係数～安全率関係を示す。弾性係数により安全率は大きく異なり、地盤の剛性が盛土の耐震安定性に大きく影響していることが分かる。また $E = 10^4 \text{ kN/m}^2$ で安全率は最小値となり、この弾性係数の時に振動の増幅による安全率低下が生じている。

図.4に地盤の弾性係数を $E_g = 10^3 \text{ kN/m}^2$ に固定して盛土部分の弾性係数 E_b を変化させた時の相対弾性係数～安全率関係を示す。本解析で用いた境界条件の下では図に示すように盛土部分の弾性係数が大きくなると安全率は低下していくが、全体の剛性を変えた時ほど安全率は低下しない。

図.5に盛土の天端幅は固定して盛土高さを变化させた時の盛土高さ～安全率関係を示す。ここでは1波加振したときも併記している。1波加振しただけでは盛土高さの影響は現れていないが、十分に加振すると盛土高さが高くなるほど安全率は低下し、幾何形状・境界条件による地盤の動的性質が耐震安定性に反映される。

参考文献 大塚悟, 山田英司, 松尾稔 (1995): 動的荷重に対する土構造物の安定性評価とその考察, 第40回地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.265-270.

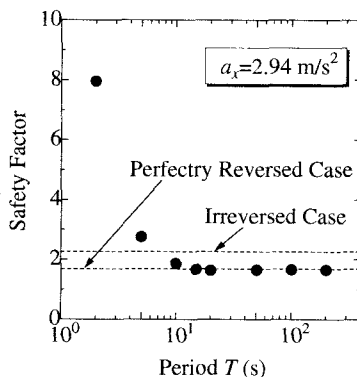


図.2 周期～安全率関係

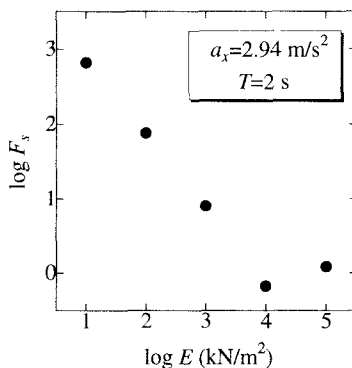


図.3 弾性係数～安全率関係

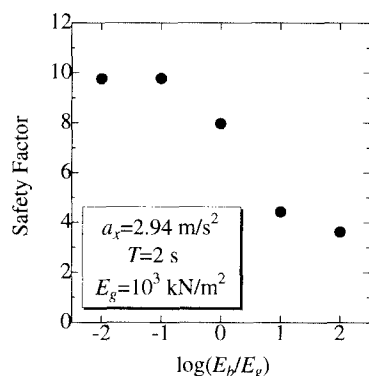


図.4 相対弾性係数～安全率関係

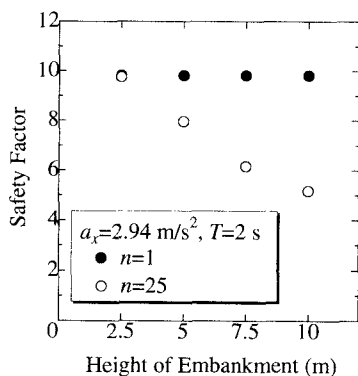


図.5 盛土高さ～安全率関係