

III-286

シェイクダウン解析による盛土の地震時安定性の評価

名古屋大学大学院 学生会員 ○藤澤 理
 名古屋大学工学部 正会員 大塚 悟
 名古屋大学工学部 正会員 松尾 稔

1 はじめに

土構造物の安定性の評価は従来、動的な荷重を静的な荷重に置き換えて行われてきた。しかし、荷重の載荷方向やその大きさが変化する動的荷重の場合に、この方法では地盤や荷重の動的な特性を取り入れた構造物の安定性の評価が行えない点に問題がある。本研究ではシェイクダウン解析を適用することによって、荷重の載荷方向の変化やその繰返しといった空間的・時間的な変化を考慮した盛土の地震時安定解析を試みた。

2 動的荷重に対する構造物の安定性評価

ここではシェイクダウン解析の基本定理である Melan の定理を適用する。降伏関数は次式のように与える。

$$f(\sigma(t)) = N^T \sigma(t) - K = N^T (\sigma^E(t) + \sigma^R(t)) - K = 0 \quad (1)$$

但し、 f :降伏関数、 N :降伏関数の外向き法線ベクトルの集合マトリックス、 K :せん断応力の大きさを表すベクトル、 $\sigma(t)$:実際の応力、 $\sigma^E(t)$:荷重に対する弾性応力、 $\sigma^R(t)$:残留応力、である。時間的に変化する $N^T \sigma^E(t)$ を等価せん断応力ベクトル $M(T)$ に変換すると

$$M(T) = \max\{N^T \sigma^E(t) \mid B^T \sigma^E(t) = F(t), 0 \leq t \leq T\} \quad (2)$$

時刻 $0 \leq t \leq T$ における任意の繰返し荷重（慣性力）の影響は全てこのベクトル $M(T)$ によって表されることになる（ $F(t)$:荷重）。従ってこの荷重履歴に対する構造物の安定性は Melan の定理により次式の荷重係数 α によって表される。

$$s = \max\{\alpha \mid \alpha M + N^T \bar{\sigma}^R \leq K, B^T \bar{\sigma}^R = 0\} \quad (3)$$

ここに $\bar{\sigma}^R$ は時間に無関係な残留応力であり、荷重 $F(t) = 0$ とつりあう。

表1 解析定数

$\nu = 0.33333$	
$E = 1000.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$	
$(c_u)_{ps}$	盛土 70.7 (kN/m ²)
	地盤 141.4 (kN/m ²)
	$0 \leq z \leq 7.5$
	地盤 212.1 (kN/m ²)
	$7.5 \leq z \leq 30$
$\gamma_t = 16.96 \text{ (kN/m}^3\text{)}$	
$\gamma_w = 9.8 \text{ (kN/m}^3\text{)}$	
z :地表面からの深さ(m)	

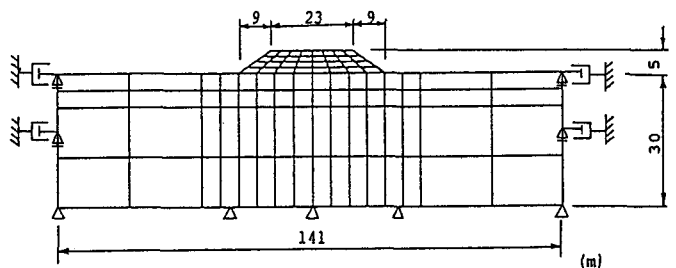


図1 境界条件

3 荷重係数の定義

図1に示す盛土の基盤に動的な加振を与える際の安全率について考える。盛土に作用する荷重には物体力と基盤での加振力が存在することから、この加振に対する荷重係数には次の2種類、すなわち

- (1) 物体力を一定として加振による等価せん断応力ベクトルに対してのみ荷重係数を定義する方法、
 - (2) 物体力と加振力を1つの荷重系と捉え、その等価せん断応力ベクトルに対して荷重係数を定義する方法、
- が考えられる。ここでは後者を安全率の定義として採用した。

図1の基盤でsin波を加振するが、盛土の荷重係数はこのsin波の波数によって変化する。言い換えると、対象とするsin波の時刻歴 $0 \leq t \leq T$ の T によって荷重係数は変化するようになる。本論文では十分な波数の加振によって荷重係数が定常値となる際の値を求めて安全率を算出している。

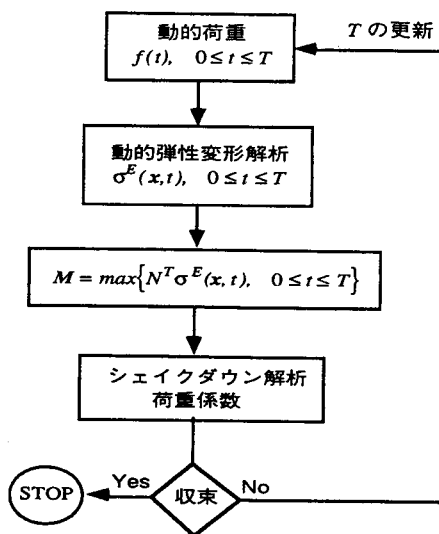


図2 安全率を求めるフローチャート

4 境界値問題の数値解析

地表入力波の振動特性が及ぼす盛土の安定性への影響を調べるために基盤における水平方向の加速度の最大加速度及び角速度を変化させて盛土の安定性の変化を調べた。解析定数を表1に与え、その解析結果を図3に示す。図には静的震度法のように、基盤での最大加速度を静的荷重に置き換えて盛土に荷重方向を変えて繰返し作用させるシェイクダウン解析（静的解析）による安全率も併記している。最大加速度及び角速度を変化させた盛土の安全率は全てこの静的解析による安全率を下回っているが、角速度による安全率への影響は地震の最大加速度によってその傾向が若干異なる。しかし、全体的には短周期の波の場合に盛土の安全率は小さく、地震加速度を静的荷重に置き換えた両振りのシェイクダウン解析結果に近いことがわかる。

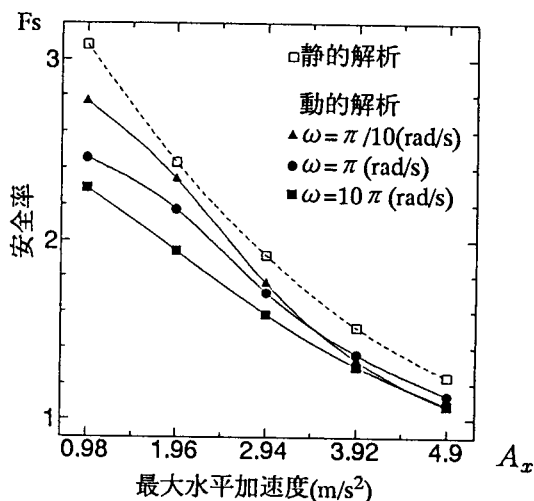


図3 解析結果

5 結論

地震に対する盛土の安定解析法を提案し、地震力を静的に繰返し作用させる場合の安全率との比較を実施した。地震入力特性として最大加速度及び角速度を変化させた場合の事例解析から、静的解析では扱えなかった地震波の入力特性について安全率の違いを見出すことができた。

参考文献

藤澤 理, 大塚 悟, 松尾 稔 (1994): シェイクダウン解析による土構造物の動的安定解析, 第29回土質工学会研究発表会 (掲載予定)