

III-A 172 不規則波の加速度履歴を考慮した盛土の耐震安定性評価

○名古屋大学大学院(学) 山田英司, NTT (正) 寺川邦明
長岡技術科学大学(正) 大塚 悟, 名古屋大学(正) 松尾 稔

1. はじめに

従来の土構造物の地震に対する安定性評価は、時間的に変化する加速度を一定の静的荷重に置き換える震度法によって行われてきた。震度法は簡便であるが、安定性に影響を及ぼす地震動の加速度履歴や土構造物の動的特性を考慮できない。本研究の目的は地震動の加速度履歴や地盤・土構造物の動的特性を考慮した土構造物の耐震安定性評価手法の提案を行い、その適用性を明らかにすることである。ここでは盛土を事例に、基盤に過去に観測された地震の加速度履歴を入力し、盛土安全率に及ぼす影響について検討・考察する。

2. 解析方法

本研究ではシェイクダウン定理を応用して、地震に対する盛土の安定性を評価する。震度法の考え方にに基づき、地震の加速度履歴における最大加速度を静的な地震慣性力に置き換える静的解析を Method A とする。ここでは単一方向に地震慣性力が作用する場合 (Method A1) と加速度方向の繰り返し反転を考慮する場合 (Method A2) を考える。また、地震の加速度履歴全体を1つの荷重と考え、この荷重の仮想的な繰り返し載荷に対して安定性を評価する方法を Method B とする。本研究では荷重の繰り返しに対して最終的に弾性応答 (シェイクダウン) する場合に土構造物を安定、塑性変形が際限なく生じる場合に不安定と定義する。

3. 不規則波に対する盛土の耐震安定性評価

図.1に示す盛土について、過去に観測された地震の加速度履歴(図.2(a)~(c))を基盤に入力し、地震に対する盛土の安定性について考察を行う。ここでは十勝沖地震(1968年)の際に八戸で観測されたN-S方向、E-W方向の加速度履歴(図.2(a)(b)), Imperial Valley 地震(1940年)の際に El Centro で観測されたN-S方向の加速度履歴(図.2(c))を用いた。表.1に解析に用いた地盤定数を示す。地盤および盛土は弾・完全塑性体としてモデル化し、粘性土は Mises 材料、砂質土は Drucker-Prager 材料とする。表.2, 3に粘性土地盤および砂質地盤における地震に対する盛土の安定解析結果の比較を示す。

静的解析 (Method A) による盛土の安全率は、最大加速度が最も大きい(c) El Centro 波 (N-S) の場合に最小となる。単一方向に地震慣性力が作用する場合 (Method A1) と加速度方向の反転を考慮する場合 (Method A2) を比較すると、加速度方向の正負の変化が最も大きい(b) 八戸波 (E-W) の場合に安全率の低下は最大となり、粘性土では約25%、砂質土では約55%低下する。また砂質土地盤の場合ほどの地震波の場合も Method A2 では Method A1 に比べ50%程度安全率は低下し、粘性土地盤より繰り返しの影響が大きい。

地震の加速度履歴を考慮した動的解析 (Method B) では、減衰マトリックスを $C = \alpha M + \beta K$ (M : 質量マトリックス, K : 剛性マトリックス, α, β : ダンピング係数) と表わされるレーリー・ダンピングモデルを用いる。地盤・盛土のダンピング係数は $\alpha = 0.1, \beta = 0.0$ (減衰定数 h は約6.5%) を仮定した。地震の加速度履歴によって盛土安全率は大きく異なる。最も安全率が小さいのは(b) 八戸波 (E-W) を入力した時である。この八戸波 (E-W) の最大加速度は他の地震加速度履歴と比べて最小である。この事例は地震に対する盛土の安定性評価において、最大加速度の大きさ以外に加速度履歴の影響が大きいことを示している。また、静的解析 (Method A) と地震の加速度履歴を考慮した安定解析 (Method B) の結果を比較すると、(b) 八戸波 (E-W) を除いて Method B の安全率は Method A の結果より大きくなった。しかし、静的解析の安全率より小さくなる地震波の事例もあり、静的解析は不規則波特性、地盤・盛土の固有周期、ダンピング特性に応じて安全側および危険側の値を与える。

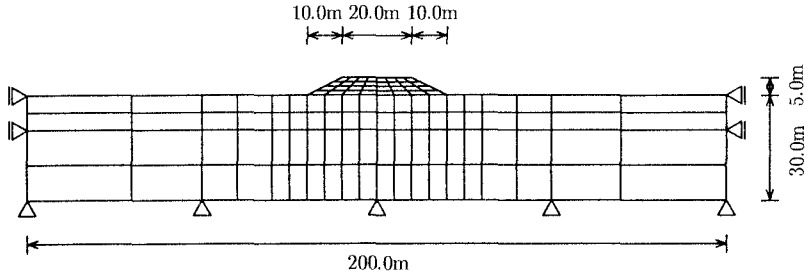


図.1 有限要素メッシュと境界条件

表.1 解析定数

E	1000.0 kN/m ²	ν	0.33333
γ_t	19.6 kN/m ³	γ_w	9.8 kN/m ³
(粘性土地盤) z : 地表面からの深さ			
c_u	盛土	70.7kN/m ²	
	地盤	$0 \leq z \leq 10(\text{m})$: 141.1kN/m ²	
	地盤	$10 \leq z \leq 30(\text{m})$: 212.1kN/m ²	
(砂質土地盤) $c=10.0$ kN/m ² , $\phi=40^\circ$			

表.2 地震波に対する盛土の安全率(粘性土地盤)

地震波	Method A1	Method A2	Method B
(a)	2.86	2.67	10.52
(b)	3.64	2.76	2.98
(c)	2.04	1.61	9.53

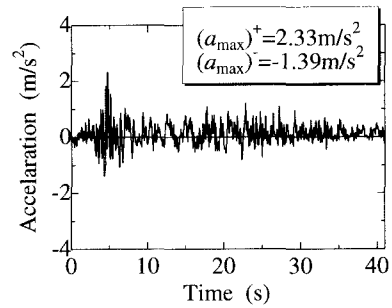
表.3 地震波に対する盛土の安全率(砂質土地盤)

地震波	Method A1	Method A2	Method B
(a)	3.26	1.68	3.19
(b)	4.15	1.77	1.40
(c)	2.33	1.03	4.21

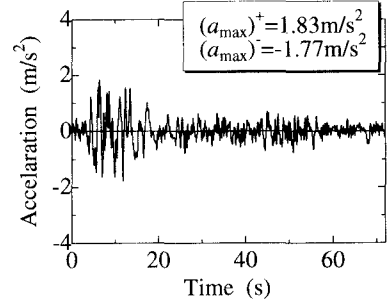
4. まとめ

本解析事例により明らかになったことを箇条書きにする。

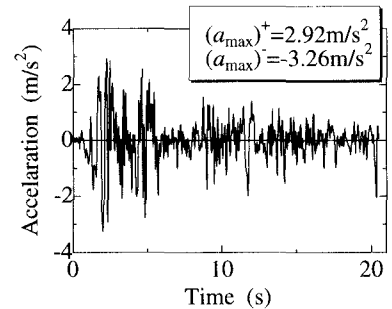
- 1) 従来の震度法では考慮できない地震の加速度履歴が土構造物の安定性評価に重要な役割を果たすこと。
- 2) 地震の加速度履歴の影響が提案する解析 (Method B) によって十分取り入れられること。



(a) 八戸波 (N-S)



(b) 八戸波 (E-W)



(c) El Centro 波 (N-S)

図.2 地震の加速度履歴

参考文献 山田英司, 寺川邦明, 大塚悟, 松尾稔 (1996): 地震動の加速度履歴を考慮した盛土の耐震安定性評価, 第31回地盤工学会研究発表会 (投稿中).