

地震を考慮した数値解析手法による地すべり解析の適用性

財団法人砂防・地すべり技術センター ○向井啓司, 相楽 渉
 国土技術政策総合研究所河川環境研究室 富田陽子*
 国土交通省三峰川総合開発工事事務所 林 満*
 (*前国土交通省富士砂防事務所)

1 はじめに

これまで、地震を考慮した数値解析手法は、アースダムや堤防等の分野を中心に発展してきた。しかしながら地すべり対策を対象とした数値解析手法が実用レベルで示されていないのが現状であると考えられる。ここでは、地震を考慮した数値解析手法を地すべり対策の観点から評価するとともに、簡易なモデルを用いて試行計算を実施し、地すべり解析への適用性について考察する。

2 地震数値解析手法の整理

地すべりを対象とした場合、既往の数値解析手法は図-1 のような分類が考えられる。すなわち、外力の作用、解析の次元、現象の評価、地震動の増幅といった条件から数値解析手法を分類したものである。これに地下水(間隙水圧)を条件に加えると、FEM(有限要素法)は全応力法と有効応力法に分類することができる。

また、地震および地すべり対策の観点から主な数値解析手法の特性を評価すると表-1 のようになる。

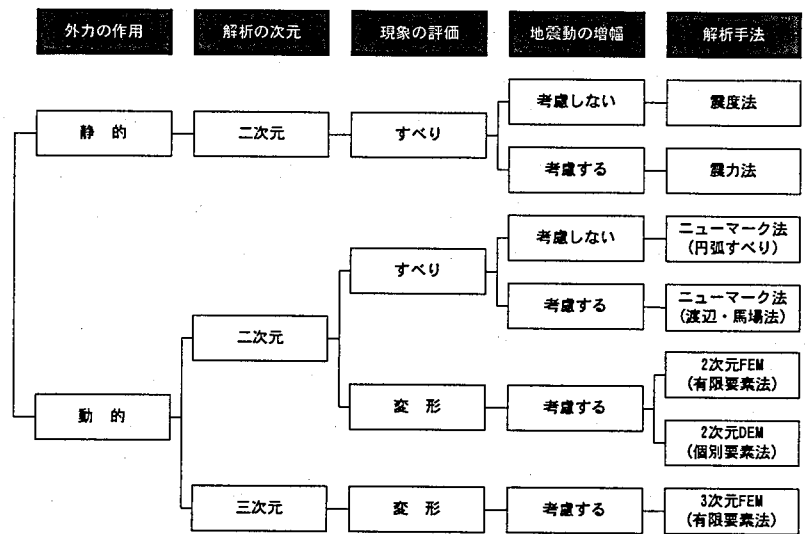


図-1 数値解析手法の分類

表-1 数値解析手法の特性

数値解析手法	解析種別	時刻暦 波形	間隙 水圧	すべり 安全率	変形量	対策工のモデル化			
						土工	排水	アンカー	杭
震度法	静的	×	△*	○	×	○	△*	×	×
震力法	静的	×	△*	○	×	○	△*	×	×
ニューマーク法(円弧すべり)	動的な円弧すべり	○	△*	○	○	○	△*	△*	△*
ニューマーク法(渡辺・馬場)	2次元FEM+動的な円弧すべり	○	△*	○	○	○	△*	△*	△*
2次元 FEM(全応力法)	2次元FEMによる動的変形解析	○	×	×	○	○	○	○	○
2次元 FEM(有効応力法)	2次元FEMによる動的変形解析	○	○	×	○	○	○	○	○
2次元 DEM	2次元DEMによる動的変形解析	○	×	×	○	○	×	○	○

△*モデル化された間隙水圧や対策工を解析に組み込むことは可能

3 地震数値解析による地すべりの試行計算

図-2 に示すモデルを作成し、ニューマーク法(鉄道総研法)、ニューマーク法(渡辺・馬場法)および2次元FEM(全応力法)を用いて試行計算を実施した。地震波の最大加速度は751galと設定し、解析条件とした物性値を表-2に示す。

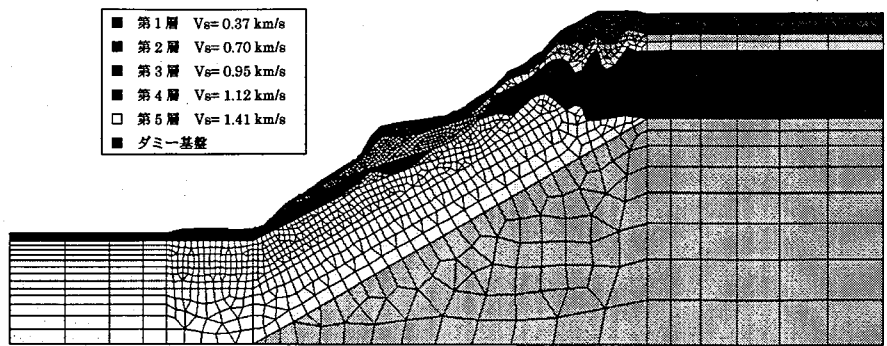


図-2 解析メッシュ

表-2 物性値一覧表

区分	ρ	ν	G_0	$\gamma_{0.5}$	h_{max}	c	ϕ
	kN/m ³	-	GPa	$\times 10^{-4}$	-	kN/m ²	Deg
第1層	17.0	0.421	0.23	5	0.25	100	20
第2層	17.7	0.411	0.87	30	0.20	500	25
第3層	18.3	0.407	1.65	60	0.15	1000	30
第4層	18.7	0.405	2.35	120	0.15	1500	35
第5層	19.4	0.403	3.86	200	0.10	2000	40
基盤	21.0	0.400	40.00	弾性		10000	40

試算結果として以下のような明らかとなった。

- ① 円弧すべり対応の安定解析式に鉄道総研法を採用すると、変位量が小さくなる傾向がある。
- ② 地震前の安全率が $F_s=1.0$ の場合、変位量が大きくなる。
- ③ 水平震度を地震波から直接算出する方法とFEM解析で求める方法では、後者の方が最終変位量は小さくなる傾向にある。
- ④ 鉄道総研法と円弧すべり式の組み合わせが、最終変位量を最も小さく示す傾向にある。
- ⑤ FEMで発生した残留変位・残留ひずみの発生部位は、モデル斜面中部の凸部であった。

4 今後の課題

- ① 試算結果から、FEM解析結果をもとに作成した水平震度が、入力波そのものよりも低いレベルにあったことは、今後の検討課題と考えられる。
- ② ニューマーク法とFEMでは、出力される地表面加速度は概ね良好な応答をしているものの、残留変位量のオーダーが異なり、原因の精査が必要である。
- ③ 試算結果からは、FEMで求まるすべり領域と想定すべり面は一致しなかったことから、地震時の地すべり現象の想定が今後の課題であると考えられる。

以上、地震を考慮した数値解析手法を用いた地すべり解析の適用性について考察した。地盤の地震解析は、堤防やアースダム等を中心に発展してきた経緯があるが、試行計算結果からは概ね地すべりに対しても適用性があるものと考えられる。しかしながら解析対象となる地盤としては、地すべりは不連続であり不均質な性状を有している特徴があり、対象となる地すべりに対して、解析条件となる物性値の設定やそれらを組み入れるモデルの構築が非常に重要であると考えられる。