

## 2 次元解析に基づいた地震時の擬似 3 次元地盤安定評価法 (その 2)

(株) 地震工学研究所 正会員 ○大島 快仁  
 同上 正会員 宇高 竹和

### 1. はじめに

複数の 2 次元解析と支配幅の概念を用いて疑似 3 次元地盤安定評価法を提案した。ここでは、簡単なモデルを使用して、2 次元解析と 3 次元解析、及び疑似 3 次元解析のすべり安全率についての比較を行い、適用範囲と解析精度についての検討を行った。

### 2. 簡易モデルによる擬似 3 次元地盤安定評価法の検証

簡易モデルを使用して、提案した地盤安定評価法の精度を検証した。以下にモデル 1 とモデル 2 を使用した場合の検証結果をまとめた。3 次元解析での代表断面位置での応答と 2 次元解析応答結果、及び 3 次元と擬似 3 次元地盤安定評価法とのすべり安全率との比較を行い、提案した評価法の妥当性を検討した。

#### (1) モデル 1

解析で使用した 2 次元と 3 次元 FEM モデルを図 1 に示す。3 次元モデルではあるが、代表断面 A が y (EW) 方向に半無限に広がるモデルである。断面 A の左右の側方は粘性境界とし、底面は半無限地盤を表す粘性境界を使用した。地盤は線形な均一地盤とし、その物性を表 1 に示した。入力動は x (NS) 方向に臨海波を使用した。入力動はモデル底面の半無限地盤上部で入射波として設定した。最大加速は 300gal とし解析最大振動数は 10.0Hz とした。図 2 に加速度波形と応答スペクトルを示す。

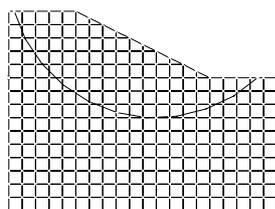
#### ・ すべり安全率の比較

すべり安全率を計算する為のすべり面を図 1(a)に示す。すべり面の決定には 2 次元断面の静的なすべり安全率が最小になるすべり面に対して比較検討を行った。2 次元、3 次元、擬似 3 次元解析のすべり安全率は  $F_s=6.62$  ですべて一致した。

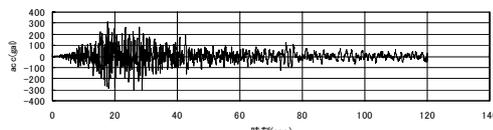
ここですべり面を 3 次元的なお椀型に仮定してすべり安全率を計算した。図 3 にお椀型のすべり面を示す。2 次元解析によるすべり安全率は 6.62 で擬似 3 次元と 3 次元のすべり安全率は 10.60 になり、提案した評価法の優位性

表 1 地盤物性 (モデル 1)

	単位体積重量	せん断波速度 Vs	ポアソン比	減衰定数	粘着力 C	内部摩擦角 $\theta$
均一地盤	1.805 t/m <sup>3</sup>	100.0 m/sec	0.33	0.07 %	23.45 ton/m <sup>2</sup>	21°
半無限地盤	1.80 t/m <sup>3</sup>	200.0 m/sec	0.33	0.07 %	23.45 ton/m <sup>2</sup>	21°



(a) 2 次元 FEM モデル



(a) 加速度波形

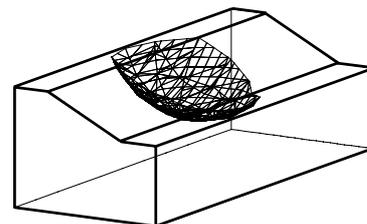
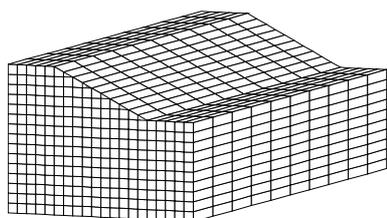
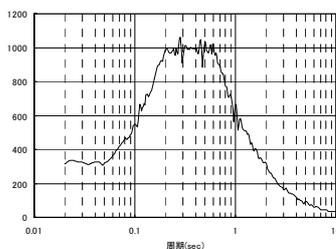


図 3 お椀型のすべり面



(b) 3 次元 FEM モデル



(b) 応答スペクトル

表 2 すべり安全率の比較 (モデル 1)

すべり面の種類	荷重の種類	解析の種類		
		2次元	擬似3次元	3次元
2次元 円弧	常時荷重	9.90	9.90	9.91
	常時荷重+			
	地震時荷重300gal	6.62	6.62	6.63
	地震時荷重600gal	5.00	5.00	5.01
お椀型	常時荷重	—	17.19	17.21
	常時荷重+			
	地震時荷重300gal	—	10.60	10.62
	地震時荷重600gal	—	7.66	7.68

図 1 FEM モデル (モデル 1)

図 2 臨海波

キーワード 地盤安定評価, 3 次元解析, 2 次元解析, 地震応答, すべり

連絡先 〒160-0004 東京都新宿区四谷 4 丁目 27 番 2 号 新宿 Y ビル 3 階 (株)地震工学研究所 TEL03-3226-8733

が証明された。一般的には2次元解析に基づいたすべり安全率は、設計上は安全側に求められることが此処でも証明された。参考のために最大加速度を600galとした場合も計算した。これらの結果を表2に示す。

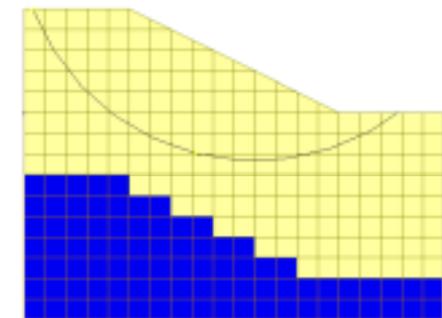
(2) モデル2

解析で使用した3次元FEMモデルを図4に示す。解析モデル2の3次元モデルは、2層構造の地盤がx(NS)方向及びy(EW)方向に徐々に傾斜している。地盤は線形な2層構造地盤とし、物性を表3に示した。ここでは提案した評価法の精度を把握するために、代表断面を1断面、3断面と変化させて提案した評価法の精度を検討した。

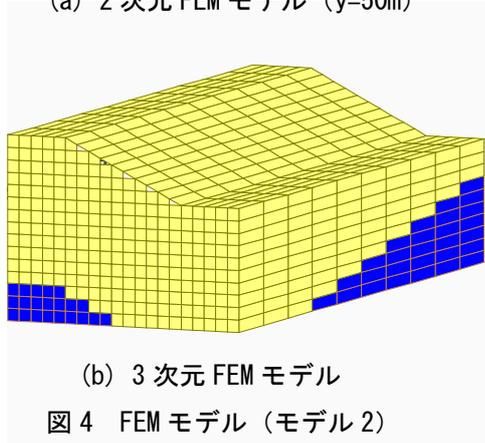
モデル1と同様に各々の代表断面の側方は粘性境界とし、底面は半無限地盤を現す、粘性境界を使用した。代表断面を選んだ場合の2次元断面とすべり面を図4(a)に示した。入力動はモデル1と同様に、x(NS)方向に図2の臨海波を使用した。

・すべり安全率の比較

すべり面の決定には2次元断面の静的なすべり安全率が最小(Fs=9.90)になるすべり面に対して比較検討を行った。ここですべり面を3次元的なお椀型に仮定してすべり安全率を計算した(図3)。擬似3次元と3次元のすべり安全率は各々Fs=9.19~9.23とFs=9.71になり、提案した評価法の優位性が証明された。さらに代表断面を1断面、3断面と細分化することにより精度の向上が認められた。また従来の2次元解析の安全率5.33~5.49に比較して、飛躍的な精度の向上が得られた。結果を表4にまとめた。また、すべり安全率とすべり方向の関係を図5に示した。



(a) 2次元FEMモデル (y=50m)



(b) 3次元FEMモデル

図4 FEMモデル(モデル2)

表3 地盤物性(モデル2)

	単位体積重量	せん断波速度 Vs	ポアソン比	減衰定数	粘着力 C	内部摩擦角 θ
軟弱地盤	1.805 t/m <sup>3</sup>	100.0 m/sec	0.33	0.07 %	23.45 ton/m <sup>2</sup>	21°
硬質地盤	1.80 t/m <sup>3</sup>	200.0 m/sec	0.33	0.07 %	23.45 ton/m <sup>2</sup>	21°
半無限地盤	1.80 t/m <sup>3</sup>	200.0 m/sec	0.33	0.07 %	23.45 ton/m <sup>2</sup>	21°

表4 すべり安全率の比較(モデル2)

荷重の種類	すべり面の種類					
	2次元 円弧			擬似3次元 お椀型		3次元 お椀型
	Y=30m	Y=50m	Y=70m	主断面のみ (Y=50の断面使用)	3断面 (Y=30,50,70使用)	
常時荷重	9.18	9.18	9.23	15.74	15.74	17.87
常時荷重+地震時荷重300gal	5.44	5.33	5.49	9.19	9.23	9.71
常時荷重+地震時荷重600gal	3.88	3.71	3.57	6.49	6.54	6.65

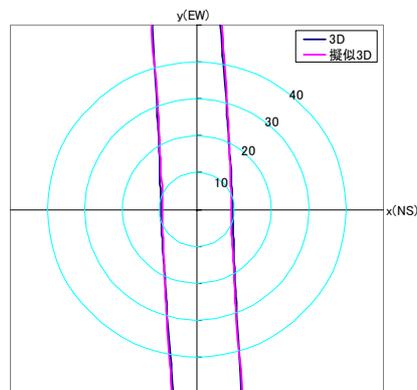


図5 すべり安全率とすべり方向

3. まとめ

提案した疑似3次元地盤安定評価法の適用範囲と精度についての検証を行った。使用した簡単なモデルでは、かなりの精度が得られ、また比較的複雑な地盤形状や物性の変化に対しても十分適用が可能であることが証明されたと思われる。今後は更に複雑な地盤形状と物性の変化が認められる地盤や、強大地震時に考えられる局所的な地盤の破壊を考慮したすべりの安全性の精度に対して、3次元解析と比較し、疑似3次元評価法の妥当性を検討しなければならない。

参考文献

- ・ SuperFLUSH/2D 使用説明書
- ・ FLUSH/3D 使用説明書
- ・ MIDAS/Gen ユーザーマニュアル 第2巻 Analysis&Design