

3次元FEMによる地震応答解析 及び地盤安定性評価技術



東電設計株式会社 技術開発本部

技術の特長

3次元不整形地盤や斜面の動的挙動問題及び地盤と構造物との相互作用問題を考えた場合、3次元地震応答解析は実現象に即した解析であります。しかし、3次元地震応答解析は計算量が膨大となることから、これまで多くは行われていません。しかし、近年の計算機能力の向上により、3次元解析が身近に出来る環境が整いつつあります。

技術開発本部では、地盤と構造物との地震時動的相互作用を評価できる3次元FEM解析プログラムを開発しました。また、3次元FEM解析結果に基づく地盤及び斜面の常時、降雨時、地震時安定性評価プログラムも併せて開発しました。



地震による斜面崩壊事例

Sismo de EL SALVADOR 13/01/01 Mw: 7.6

写真：Sergio Mora博士より提供

3次元FEM解析の特徴

大規模な3次元動的FEM解析が可能。地盤問題に適した境界条件が設定可能。

解析手法 : 3次元動的FEM解析
積分法 : 直接法(ニューマーク法)
: 間接法*(PCG法)

材料特性 : 線形
: 非線形*

要素種類 : 固体要素
: はり要素
: ジョイント要素
: シェル要素*

境界条件 : 固定境界
: 自由境界
: 粘性境界(底面及び側方)
側方境界位置での地形形状、地層構成は任意

入力地震動 : 3成分(x,y,z)
組合せは自由

*印は現在開発中

地盤安定性評価の特徴

3次元FEM解析で求められた常時、降雨時及び地震時応力を用いて、任意の指定すべり面について安定性評価が可能です。

また、地すべり面が断層等の弱層がない場合、無数のすべり面を想定した計算が必要となりますが、遺伝的アルゴリズム(GA)の導入により、滑動方向を含めた最も危険なすべり面を効率的に探索することが可能です。

評価手法 : すべり安全率
安全率は抵抗力と滑動力の比

すべり面形状 : 楕円球
: 平面パネルの組合せ
: 円筒

任意形状のすべり面は、すべり面とFEM要素の辺、または面との交点を頂点とする三角形パネルの集合体で表現できます。また、すべり面形状の組合せにより、様々なすべり面形状を指定できます。

東電設計株式会社
〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3

TOKYO ELECTRIC POWER SERVICES CO.,LTD

<本資料に対する問い合わせ先>

営業本部 : TEL.03-4464-5391

FAX.03-4464-5400

技術開発本部 : TEL.03-4464-5596

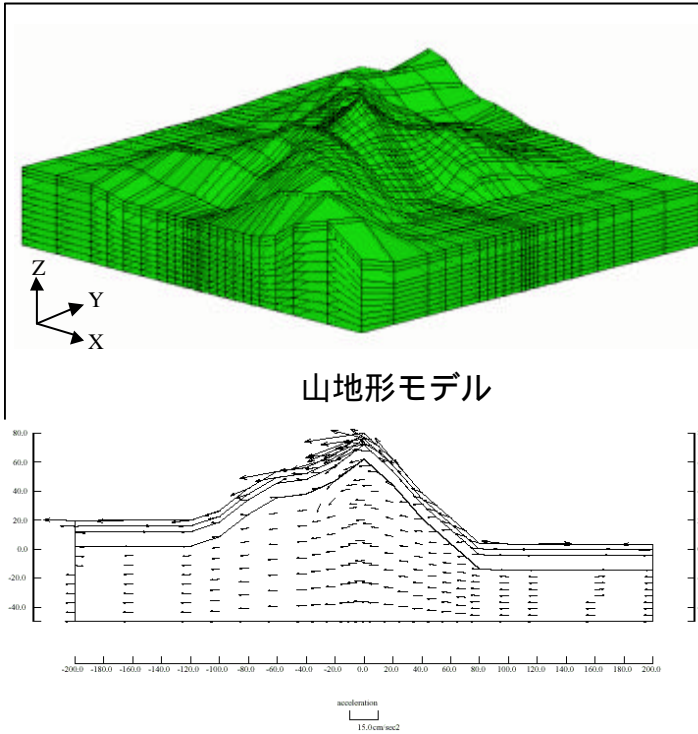
FAX.03-4464-5595

http://www.tepsco.co.jp

3次元FEMによる検討例

山地形を忠実にモデル化することによって、実観測記録をよく再現できています。

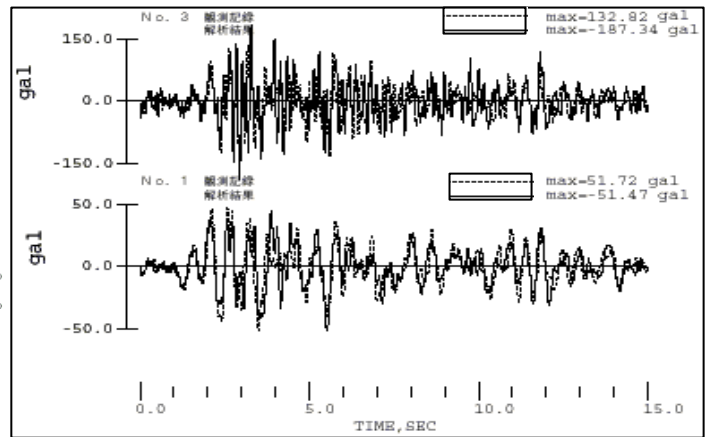
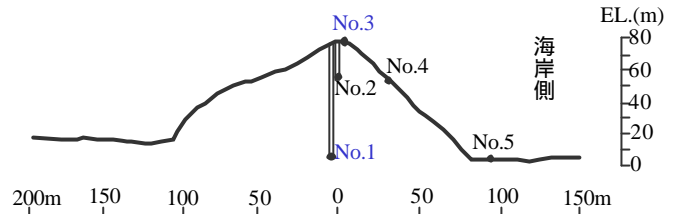
また、山頂付近に地震波動が集中して、増幅率が大きくなる特性や斜面の形状により増幅が異なる特性が分かります。



最大加速度ベクトル分布 (XZ断面)

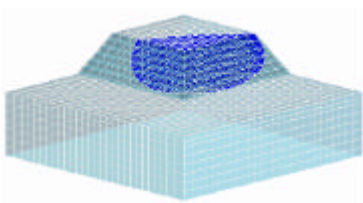
地盤安定性評価の検討例

すべり面形状を楕円球として、すべり安全率が最小となる土塊を探索した結果、凸台地形のすべり面形状は複雑になり、凹台地形のすべり面形状は2次元的になっています。また、3次元解析によるすべり安全率は、2次元解析と比較して大きくなっています。

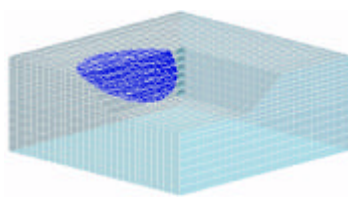


実観測記録と解析結果の比較 (X成分)

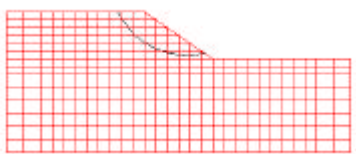
3次元FEMによる検討例



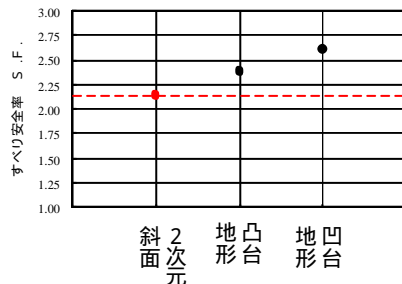
3次元 (凸台地形)



3次元 (凹台地形)

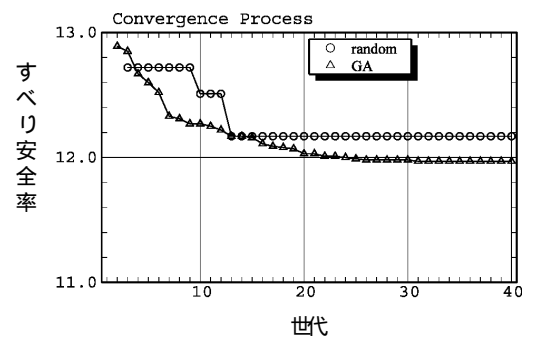


2次元斜面



3次元解析と2次元解析との比較

地盤安定性評価の検討例



ランダムサーチとGAの収束過程の比較

GAを用いた最小すべり安全率の探索は、ランダムサーチを用いた場合と比較すると効率よく行われています。

注) 計算条件: 人口: 150、世代: 40
ランダムサーチの40世代は、試行6000回と等しい。