

I-652 境界要素法による横型岩盤空洞の3次元地震応答解析

大成建設(株) 正会員 坂下克之 立石 章

1. はじめに

現在成立性の検討が進められている地下式原子力発電所の岩盤空洞は、従来の岩盤空洞に比べより高い耐震性が要求される。また、

- ・空洞が大規模である
- ・原子炉空洞の形状には開削型、立型、横型がある
- ・施設ごとに空洞が異なり、複数空洞群となる

などの理由により、地震時の空洞安定性評価においては解決すべきいくつかの課題が挙げられている。地下式原子力発電所の既往の検討では、横型空洞の地震時安定性評価は3次元形状効果を考慮せず2次元解析により行っているものが多いが、その妥当性を検討することは課題の1つであると考えられる。そこで、横型空洞の地震時挙動評価への2次元解析の適用性を調べることを目的として、単一の横型空洞を対象として3次元および2次元BEMによる地震応答解析を行い、両者を比較したので報告する。

2. 解析条件

解析対象空洞は地下式原子力発電所の横型原子炉空洞(PWR型)を想定して、図1に示す形状・土被りとし¹⁾²⁾、空洞は素掘り状態、地表面形状は平坦とする。

地盤物性値は地下式原子力発電所の既往の検討において採用されている岩盤の平均的な値³⁾とする。表1に諸元を示す。

入力地震動はエルセントロ波(NS成分)を最大加速度150galに規準化してGL-160mの位置で上昇するせん断波として鉛直入射する。震動方向は横断面方向とする。最高計算周波数は10Hzとする。

3. 解析方法

本報告に使用する2次元および3次元のBEM動的解析コードは、基本解として無限弾性体の解を用いて開発したもので、Wongによる解析解⁴⁾と比較検証を行い、良好な一致を得ている。図2に3次元BEM解析モデルを示す。地表は270m×270mの大きさをモデル化した。2次元BEM解析モデルは横断面を対象として3次元解析モデルとほぼ同等の細かさ

で要素分割した。

4. 解析結果

空洞の地震時挙動を最大加速度分布と空洞上下端の最大水平相対変位により評価した。3次元解析では3次元形状効果である切羽の影響をみるために、空洞の中央部断面と端部断面の2ヶ所で評価した。また参考として、重複反射解析による空洞のない場合の解析も行って比較の対象とした。

(1)最大加速度分布

図3に空洞の最大加速度分布を示す。

水平成分をみると、各ケース間で10%以内の差異しかないことから、水平加速度に関しては入射波に比べ空洞からの散乱波が少ないことがわかる。しかし、空洞上部では空洞がある場合の方がない場合よりも応答がわずかに大きく、空洞下部では大小関係が逆になる傾向が見られる。これは空洞の存在により空洞レベルのせん断変形がわずかながら増幅されたためであると考えられる。

鉛直成分をみると、応答の大小関係は、

2次元 > 3次元中央部 > 3次元端部 > 空洞なし
 となっており、3次元解析において切羽の影響が表れている。応答量は2次元解析の側壁において最大水平加速度の30~40%である。また、3次元解析の中央部に対して2次元解析は1.6倍程度である。

(2)空洞上下端の最大水平相対変位

表2に空洞上下端の最大水平相対変位を示す。応答の大小関係は、

2次元 > 3次元中央部 > 3次元端部 > 空洞なし
 となっており、3次元解析において切羽の影響が表れている。また、3次元解析の中央部に対して2次元解析は1.3倍である。

5. まとめ

横型空洞の地震時挙動評価における2次元解析の適用性を検討することを目的として、地下式原子力発電所の横型原子炉空洞を対象として、3次元および2次元BEMによる地震応答解析を行った。検討の結果、最大水平加速度については散乱波が少ない

ため2次元解析と3次元解析は概ね同じ応答値を示し、最大鉛直加速度および空洞上下端の最大水平相対変位については2次元解析の方が大きく安全側の結果となった。以上より、今回の検討条件では、横型空洞の地震時挙動評価に対して2次元解析は適用性があるものと考えられる。

今後は、入力地震動の斜め入射、地表面形状の影響、複数空洞の3次元的配置などを課題として地震時挙動の評価を検討していくとともに、常時応力との重ね合わせを考慮した地震時安定性についても検討していきたい。

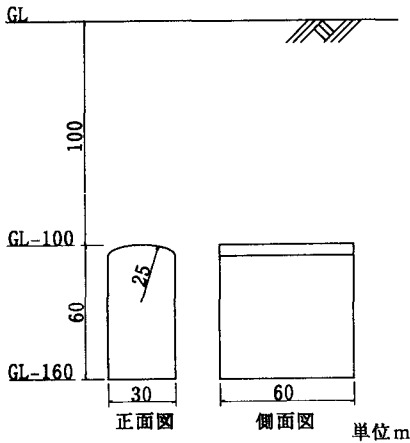


図1 解析対象空洞

表1 地盤物性値

せん断波速度(m/sec)	2000
ポアソン比	0.30
単位体積重量(t/m ³)	2.4
減衰定数 (%)	3

参考文献

- 1) 電万王木技術協会編；電力施設地下構造物の設計と施工, pp. 955~1037, 1986.
- 2) 日比野 他；地下式原子力発電所の施工・保守点検性, 電力中央研究所報告, U16, 1990.
- 3) 日比野 他；地下式原子力発電所の立地調査技術, 電力中央研究所報告, U01, 1987.
- 4) Wong, H. L.; Effect of surface topography on the diffraction of P, SV, and Rayleigh waves, Bull. Seism. Soc. of Amer., 72, pp. 1167~1183, 1982.

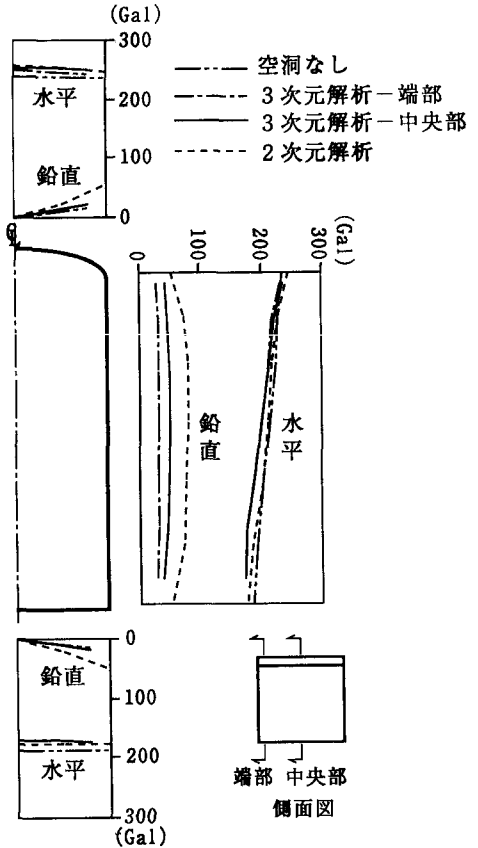
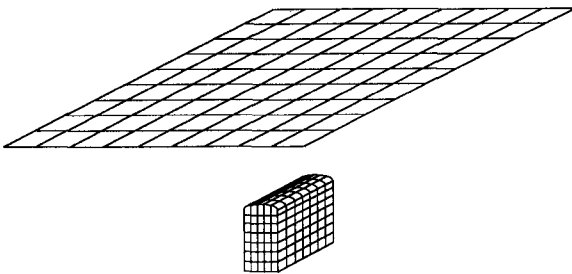


図3 空洞の最大加速度分布



要素数319

図2 3次元BEM解析モデル

表2 空洞上下端の最大水平相対変位

解析ケース	相対変位(cm)	
空洞なし	0.48	
3次元解析	端部	0.65
	中央部	0.74
2次元解析	0.95	