

地層処分施設の耐震性評価における静的地震力の設定方法に関する検討

原子力発電環境整備機構 フェロー会員 ○末広 俊夫, 正会員 山本 陽一, 窪田 茂
清水建設株式会社 正会員 新美 勝之, 小林 伸司, 征矢 雅宏, 福田 毅

1. はじめに 大深度の地下に構築される地層処分施設の耐震性評価において、地震による施設の応答値を静的解析を用いて評価する場合、静的地震力の設定方法が課題となる。静的地震力として、地上構造物と同様に深さ方向に一樣な震度を作用させる場合には、深くなるほど応答値を過大に評価することになることが指摘されている。そのため、震度を深さ方向に低減する方法が提案¹⁾されている。そこで、大深度における地盤の地震応答を静的解析によって評価する際の静的地震力(水平震度)の設定方法について、地盤の動的解析の結果と比較して検討した。

2. 検討方法 地層処分施設の地下施設は、比較的硬い岩盤内に建設されることから、地震時の挙動は周辺地盤に支配される。また、地下空洞の耐震性は、周辺地盤に発生するせん断応力と関係が深い。そこで本検討では、水平成層を想定した地盤を対象とした一次元解析において、地震に対する応答値として地盤に発生するせん断応力に着目することとした。

静的地震力の設定方法として、一樣震度分布と深さ方向の低減を考慮した震度分布¹⁾を検討する。後者は、地表で設定した震度が深さ方向に低減する特性を考慮するものである。水平正規化震度の分布形状モデルを図-1に、パラメータの設定方法を表-1に示す。この震度分布と、検討用地震動による地盤の動的解析で得られた最大せん断応力分布に基づく等価震度を比較する。

3. 検討条件 検討は、表-2に示す3種類の地盤モデルを

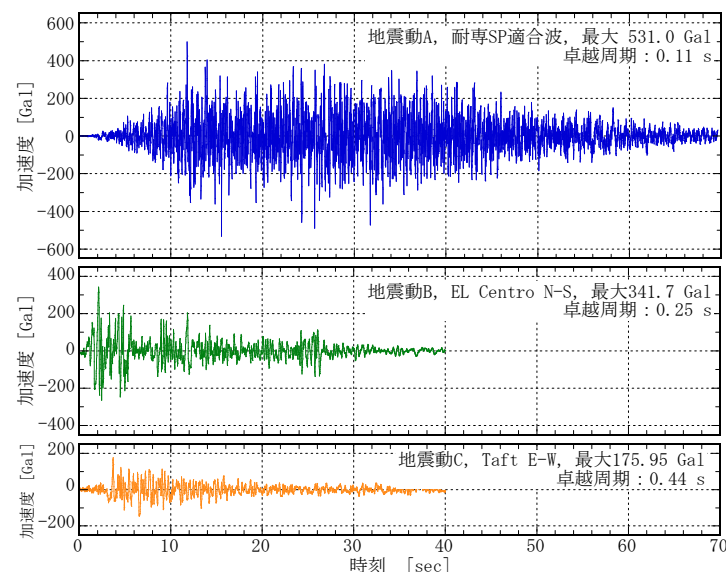


図-3 検討に用いた地震動の加速度時刻歴

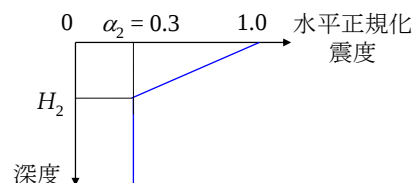


図-1 水平正規化震度分布形状モデル¹⁾

表-1 水平正規化震度の設定値の算出方法¹⁾

設定値	単位	算出方法
H_1	m	$\frac{1}{4} V_s T$
H_2	m	1.5 H_1 (硬岩) 1.3 H_1 (軟岩)
α_2	—	0.3

V_s : 基盤より表層のせん断波速度 [m/s]

T : 入射波の加速度応答スペクトルの卓越周期 [s]

表-2 地盤モデル

	地盤モデル	備考 (出典)
1	硬岩地盤モデル	HLW 2次とりまとめ ²⁾ 等
2	軟岩地盤モデル	HLW 2次とりまとめ ²⁾ 等
3	IWK モデル	電力中央研究所報告 ¹⁾ , 硬岩

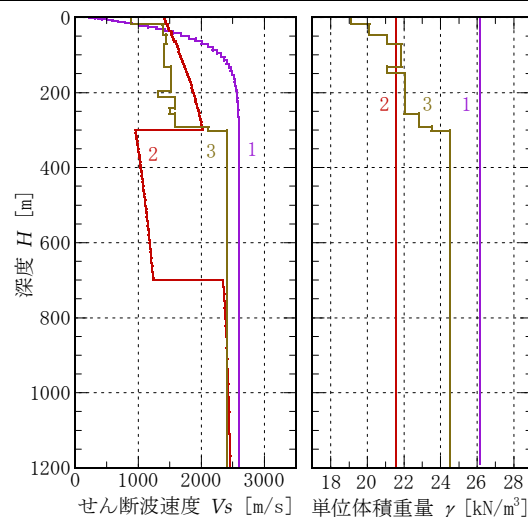


図-2 地盤モデル (物性値の深度方向分布)

表-3 検討に用いた地震動

	地震動	備考
A	耐専 SP 適合波 ³⁾	$M=8.0, X_{eq}=25\text{km}$
B	EL Centro	N-S 方向
C	Taft	E-W 方向

キーワード 地層処分施設, 耐震性評価, 静的地震力, 地中低減, 等価震度

連絡先 〒1080014 東京都港区芝 4 丁目 1 番 2 号 原子力発電環境整備機構 技術部 TEL : (03)6371-4004

対象とした。地盤モデルのせん断波速度と単位体積重量の分布を図-2 に示す。なお、減衰定数は 2%とした。また、等価震度を評価する際の地震応答解析に用いる検討用地震動は、表-3 に示す 3 種類とした。検討用地震動の加速度時刻歴を図-3 に示す。

4. 震度分布の比較 深さ方向の低減を考慮した水平正規化震度分布の折れ点の深度 H_2 について、地震動の卓越周期を用いて算定した結果を表-4 に示す。また、水平正規化震度の分布と地盤の動的解析結果から評価した等価震度の分布を、図-4 に比較して示す。なお、等価震度の分布は、それぞれの地表の等価震度で正規化した。水平正規化震度は、折れ点までは等価震度をほぼ包絡しており、折れ点以深では等価震度の平均値よりも大きいことから、保守側の設定になっているものと考えられる。

5. せん断応力の分布 モデル地盤に対して、一様な震度分布と深さ方向の低減を考慮した震度分布を作用させた際の、地盤のせん断応力の分布を図-5 に示す。なお、地表の震度 k_H は 0.2 と設定した。比較のために、動的解析で得られた最大せん断応力の分布を、地表の等価震度が 0.2 になるように補正して示す。一様震度を作用させた場合のせん断応力の分布は、深度に比例して増加しており、大深度になるほど動的解析の結果との乖離が大きくなり、過大に評価していることがわかる。一方、震度を低減した場合は、地表面から深度 300m 程度までの部分では、動的解析の結果とよく対応しているが、300m 以深では過大な評価になっており、深度が増すほど差が大きく開いている。深度 300m 以深の正規化等価震度の平均値を算定すると(表-5), 最大でも 0.08 程度であり、 $\alpha_2=0.3$ の 4 分の 1 程度と小さいことがわかる。

6. おわりに 深さ方向に震度を低減する方法は、今後地下深部の地震観測記録の分析やシミュレーションを実施してデータを収集して検討を進めることで、更なる合理的な評価が可能になるものと考えられる。

参考文献

- 1) 地中地震動の深さ方向の低減特性とその定式化, 電力中央研究所報告: U88022, 1988
- 2) わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—, 核燃料サイクル開発機構, 1999.11
- 3) 原子力発電所耐震設計技術指針, 日本電気協会原子力規格委員会, 2010.12

表-4 水平正規化震度の折れ点深度 H_2 [m]

地盤モデル	1	2	3
地震動	硬岩	軟岩	IWK
A: 耐専 SP 適合波	103.1	70.1	61.9
B: EL Centro N-S	234.4	159.4	140.6
C: Taft E-W	412.5	280.5	247.5

表-5 深度 300m 以深の正規化等価震度の平均値

地盤モデル	1	2	3
地震動	硬岩	軟岩	IWK
A: 耐専 SP 適合波	0.0332	0.0799	0.0194
B: EL Centro N-S	0.0069	0.0495	0.0492
C: Taft E-W	0.0029	0.0332	0.0606

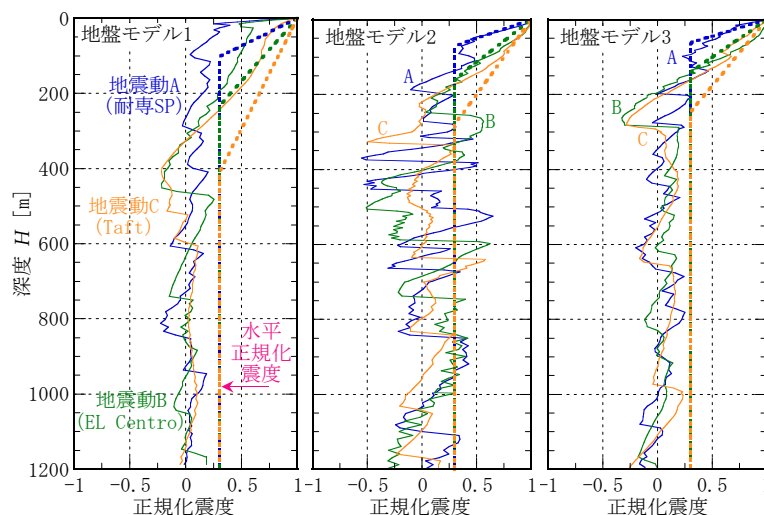


図-4 水平正規化震度 (破線) と正規化等価震度の分布比較

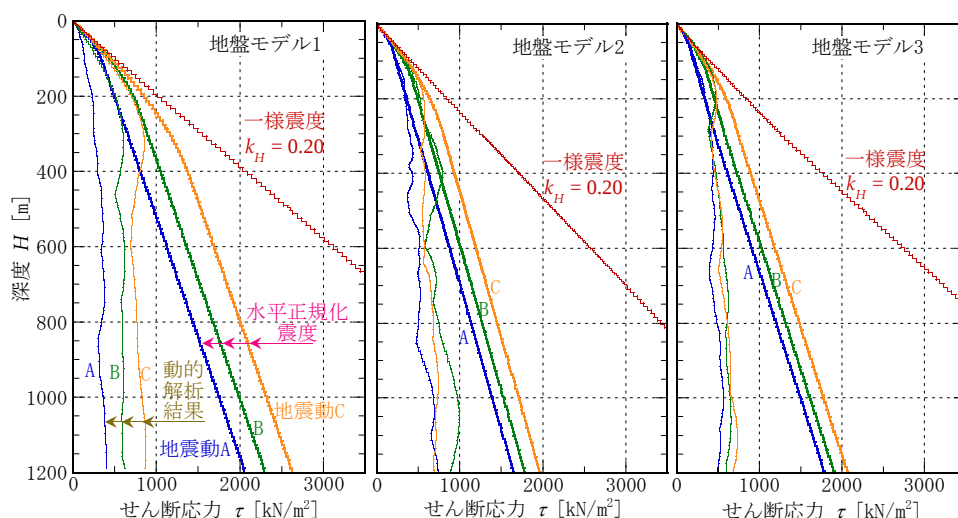


図-5 せん断応力分布の比較