

超深地層研究所計画における施設設計・施工の現状 - 研究坑道の耐震健全性評価に用いる検討用地震動の試算 -

清水建設株式会社 須原 淳二 萩原 哲也 正会員 ○藤川 智 正会員 延篠 遵
核燃料サイクル開発機構 正会員 佐藤 稔紀 正会員 見掛 信一郎 FID-会員 今津 雅紀

1. 目的

超深地層研究所計画では岐阜県瑞浪市に地下約 1,000m の研究坑道を建設し掘削に伴う地質環境の変化の把握や深地層での立坑の耐震設計法・施工法の妥当性を確認する。ここでは、研究坑道の耐震健全性評価に用いる検討用地震動を試算する。検討用地震動はサイト周辺の地震の発生状況を考慮して作成する。また、発生確率の高いと予想されている想定東海・東南海地震による研究坑道における地震動についても検討する。さらに、地下深部では一般に地震動のレベルは小さいが上下動が水平動と同等になる場合もあることから、上下方向地震動に関する検討を実施する。また、水平方向の地震動による研究坑道の健全性¹⁾について検討する。

2. 水平地震動の作成

水平方向地震動の作成フローを図 1 に示す。過去に発生した地震と活断層からサイトに影響を与えと考えられる地震を選定し地震規模を設定した。次に、原子力発電所の基準地震動策定に用いられている大崎の方法²⁾により岩盤での地震動の応答スペクトルを設定した。模擬地震動の作成における継続時間と振幅の経時変化は既往の代表的な強震記録である Taft1952 の位相を用いることにより評価した。

(1) 歴史地震の評価

サイト周辺で発生した過去の地震を宇佐美、宇津カタログ²⁾及び地震月報²⁾より選定し、金井式による基盤速度を参考にサイトへ影響の大きいと考えられる 4 つの地震を抽出した（図 2 (a)）。

(2) 活断層による評価

新編日本の活断層³⁾に基づき、活動度及び金井式²⁾による基盤速度を参考にサイトに影響の大きいと考えられる 4 つの活断層を選定した（図 2 (b)）。なおマグニチュードは、松田式²⁾に基づき算定、震央距離は地震動を保守的に評価するため活断層とサイトの最短距離とした。

(3) 想定東海・東南海地震の評価

想定東海・東南海地震に対するサイトでの地震動として、愛知県設計入力地震動研究協議会による断層モデル⁴⁾を用いた半経験的手法の一つである統計的グリーン関数法により地震動を作成した。想定東海・東南海地震の断層モデルを図 3 に示す。

3. 水平地震動の作成結果

サイトへの影響が大きいと考えられる 4 つの歴史地震及び 4 つの活断層によるサイトの地震動の応答スペクトルを図 4, 5 に示す。サイト近傍に位置する屏風山断層による応答スペクトルが最大となっている。検討用地震動のターゲットスペクトルは周期 5 秒までのやや長周期成分を速度一定領域として設定した。正弦波合成法により作成した検討用水平方向地震動を図 6 に示す。検討用水平方向地震動の最大加速度は 478Gal となっており、岩盤で定義される地震動として大きな地震動である。なお、想定東海・東南海地震の震源とサイトの距離は離れていることから、サイトでの地震動は NS, EW 成分ともに最大加速度が 150Gal 以下となり検討用水平方向地震動を下回った。

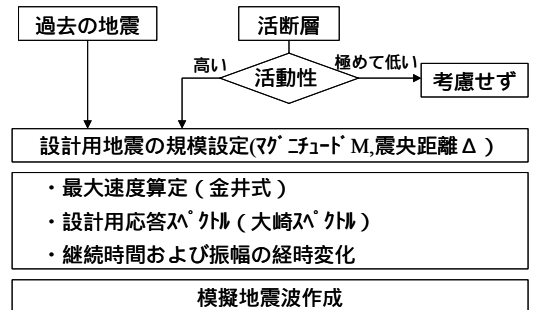
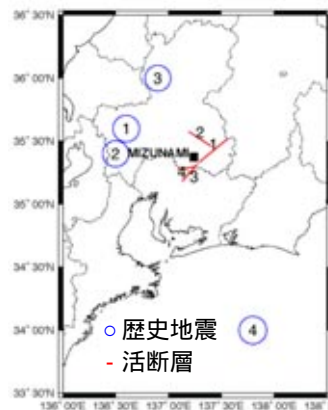


図 1 検討フロー



(c) 歴史地震及び活断層位置

(a) 歴史地震

No.	年月日	地震名	M
①	1891.10.28	濃尾地震	8
②	745.6.5	美濃	7.9
③	1586.1.18	東海・東山	7.8
④	1854.12.23	安政東海地震	8.4

(b) 活断層

No.	断層名	断層長さ (km)	M	震源深さ (km)
1	屏風山断層	32	7.3	13.9
2	赤河断層	24	7.1	11.8
3	猿投山北断層	21	7.0	10.9
4	笠原断層	16	6.8	9.2

図 2 検討対象歴史地震と活断層



図 3 想定東海・東南海地震の断層モデル

キーワード 地震動評価、東海地震、東南海地震、断層モデル、活断層、地盤同定

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 清水建設（株）電力エネルギー本部 TEL：03-5441-0859

4．上下地震動の作成

一般に耐震設計で用いる上下動は水平動の1/2～2/3であるが、岩盤深部では斜め入射等により上下動が水平動と同等になる場合もあることから、岩盤深部で得られた既往の地震記録を用いて、岩盤深部における上下地震動の特性を検討した。防災科学技術研究所のKiK-net観測点のうち地表と地中1,500mで観測されている羽島観測点と岩盤が露出した地表と地中（岩盤、深度615m）で観測された釜石鉱山の記録⁵⁾を用いて、一次元波動論による地盤定数の同定を行った。最適化された地盤モデルを用いて岩盤の露頭波を算定することで表層の影響を解析的に取り除き、水平動と上下動のスペクトル比を比較した。地中と地表の伝達関数を最適化のターゲットとし、遺伝的アルゴリズム(GA)により解析と観測がフィッティングするように地盤同定を行った。同定する物性値は、水平方向はせん断波速度と減衰定数、上下方向は縦波速度と減衰定数とした。

5．上下地震動の作成結果

羽島観測点と釜石鉱山での地中（解析結果）の上下／水平のスペクトル比を図7、8に、釜石鉱山の地表観測記録のスペクトル比を図9に示す。地中のスペクトル比はそれぞれ平均1.0、0.88程度で、地表の平均である0.66に比べて上下動の比率が高くなっている。検討用上下地震動は釜石鉱山の地表の岩盤位置でのスペクトル比を参考に水平地震動の応答スペクトルを全周期において2/3倍としたターゲットスペクトルとして設定した。正弦波合成法により作成した検討用上下方向地震動を図6に示す。検討用上下方向地震動の最大加速度は350Galとなった。

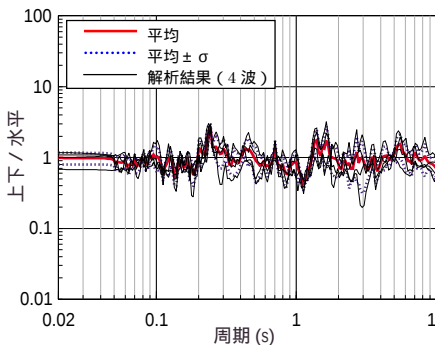


図7 上下／水平スペクトル比
（羽島観測点，地中）

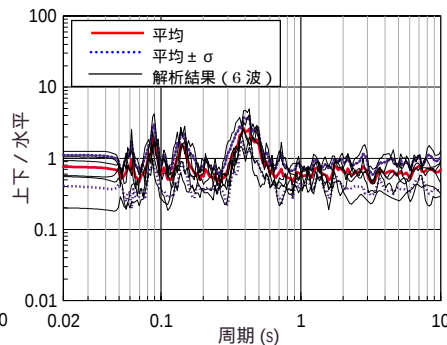


図8 上下／水平スペクトル比
（釜石鉱山，地中）

6．まとめ

超深地層研究所計画の研究坑道の耐震健全性評価に用いる検討用地震動に関する検討を行った。その結果、水平地震動はサイト近傍の活断層によるものが支配的となり岩盤において最大加速度振幅が約500Galとなった。また、想定東海・東南海地震によるサイトでの地震動はこれよりも小さいものとなった。さらに、上下地震動について既往の地震記録を検討した結果、岩盤深部では上下動が水平動と同等になる場合があることがわかった。

今後の課題として、岩盤深部における観測記録の収集と分析により、水平動と上下動の関係や深い地盤中での波動伝播特性の把握が考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤，見掛，今津，延藤，西川：瑞浪超深地層研究所主立坑の地震時健全性について，土木学会第58回年次学術講演会，2003，CS7-060，pp.397-398
- 2) (社)日本電気協会：原子力発電耐震設計技術指針 JEAG4601-1987
- 3) 活断層研究会：新編日本の活断層，東京大学出版会，1991
- 4) 藤川，早川，渡邊，松島，佐藤，壇，福和，久保：愛知県名古屋市を対象とした設計用地震動策定のための強震動予測（その1～3），建築学会大会梗概集，2003
- 5) 佐々木，佐藤，駒田，河村，青木：釜石鉱山の地下深部における地震動特性，電力中央研究所報告，研究報告U99029，1999

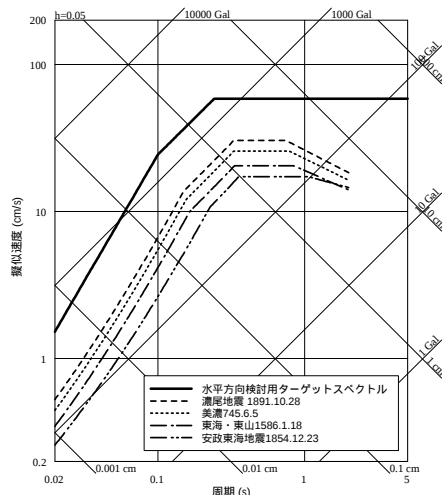


図4 歴史地震によるスペクトル

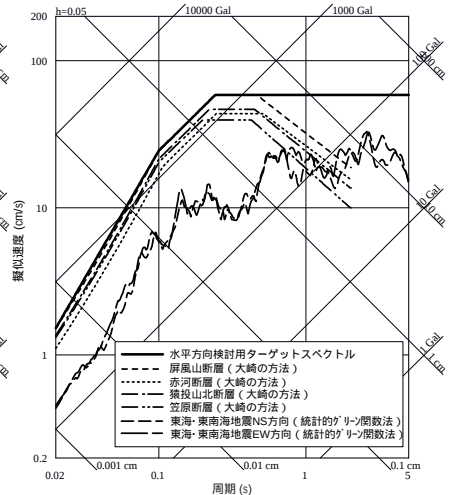


図5 活断層によるスペクトル

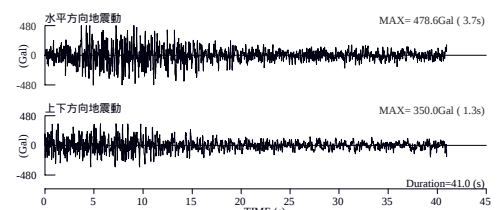


図6 検討用地震動

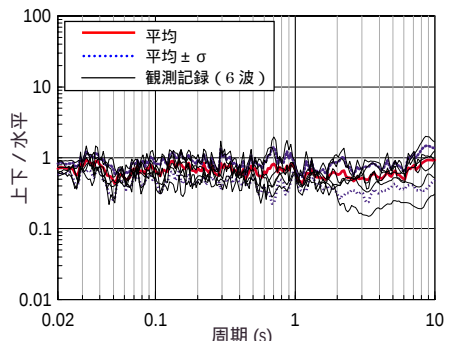
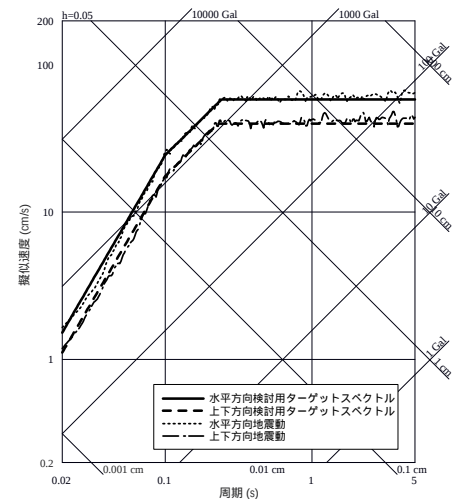


図9 上下／水平スペクトル比
（釜石鉱山，地表）