

観測データを用いた地下空洞型処分施設の地震挙動分析

東電設計(株) 正会員 ○伊藤 喜広, 田坂 嘉章, 鈴木 康正
 (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 山田 淳夫, 秋山 吉弘
 戸田建設(株) 正会員 関口 高志

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物における地下空洞型処分施設の地震時挙動の特徴を把握するため、試験空洞および試験施設（以下、それぞれ空洞、施設と称す）に地震計を3台設置し、観測された地震動データ（以下、観測データと称す）の分析を行った。また、観測データから作成した入力地震動を用いて、2次元有限要素法による地震応答解析を行い、観測データと解析結果の比較・分析を行った。

2. 地震動観測

(1) 地震計配置

施設内を伝播する地震波を観測するため、地震計は図1のように、空洞底盤上（地震計①）、施設下部（地震計②）および施設上部（地震計③）に配置した。計測方向は、空洞軸方向、空洞横断方向、鉛直方向（それぞれ x , y , z 方向）とした。地震計の仕様を表1に示す。

(2) 観測データ

観測期間（平成25年10月～平成27年2月）において、計19波の観測データを取得した。トリガ条件は、地震計①のいずれかの方向が1Gal以上とした。波形の例として、平成26年8月10日の発生地震の観測データ（地震計①の y 方向）を図2、気象庁発表の地震情報を表2に示す。

(3) 観測データの分析

観測データの中から、最大加速度が大きい5波を選定して、図3に示すフーリエスペクトル分析を行った。地震計①の y 方向のフーリエスペクトル（図3(a)）は、振動数が数Hz程度で大きくなるのに対して、地震計③（図3(b)）は地震計①のような傾向は見られず、地震計①と③のフーリエスペクトル比（図3(c)）は、振動数が15Hz以上で大きくなる傾向が見られる。この結果より、施設周辺岩盤における地震波は振動数が低い波を多く含むが、施設自体は15Hz以上の比較的高い固有振動数を持つことが推察された。

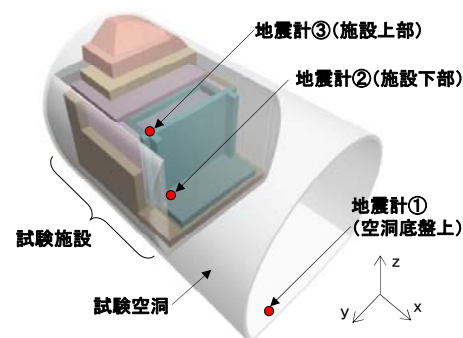
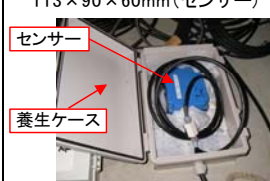


図1 地震計の配置

表1 地震計の仕様

計測範囲	±1.5G
分解能	0.02Gal(水平方向) 0.07Gal(鉛直方向)
サンプリング周波数	200Hz
外形寸法 (富士電機製MEMS 応用感振センサ)	113×90×60mm(センサー)



地震計設置状況

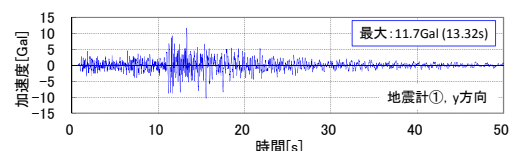


図2 観測データ（平成26年8月10日）

表2 地震情報（平成26年8月10日）

日時	震源地	マグニチュード	震源深さ	震源距離※	震度※
平成26年8月10日 12時43分18秒	青森県 東方沖	M6.1	51km	94km	3

※試験施設から比較的近い青森県六ヶ所村尾駁観測点における値

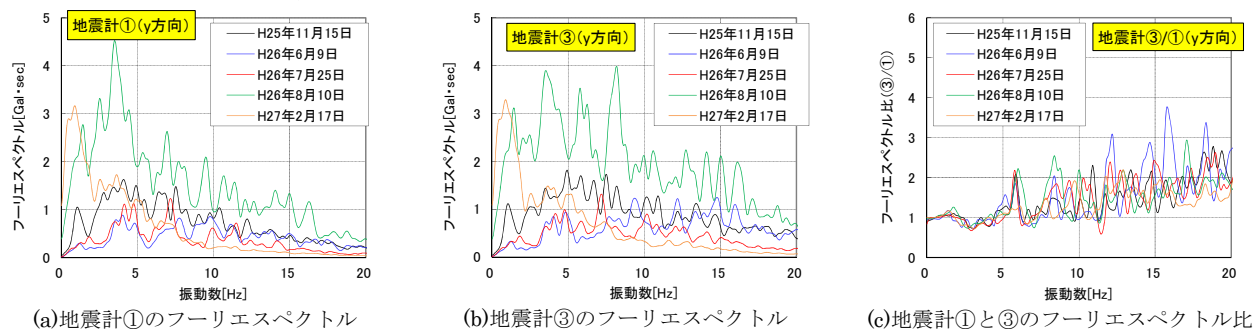


図3 地震計①と③のフーリエスペクトルおよびフーリエスペクトル比

キーワード：放射性廃棄物、地下空洞型処分施設、観測地震動、地震応答解析

連絡先：〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12KDX 豊洲グランスクエア 9F TEL：03-6372-5084 FAX：03-6372-5190

試験施設のような重量構造物と類似した構造物の例として、コンクリート重力ダムが挙げられる。既往文献¹⁾において、コンクリート重力ダムの強震記録データから求めた固有周期と堤高の関係が求められている。

$$T=0.18/100 \times H \pm 0.05 \quad (T: \text{固有周期}[s], H: \text{堤高}[m])$$

この式を用いて施設の固有振動数を求めると 15Hz 以上となり、フーリエスペクトル比から推察した施設の固有振動数と同等になる。なお H (堤高[m]) は、図 5 のように施設の底部低拡散材の下端から上部低拡散材の上端までの高さ (8.84m) とした。

3. 観測データを用いた地震応答解析

(1) 解析条件

解析モデルを図 4 と図 5 に示す。空洞周辺の地質構造は、確認試験の実施箇所近傍の地質構造²⁾を参考に 2 次元水平成層としてモデル化した。側方・底面の境界は、半無限地盤への波動の逸散を考慮するため、ダッシュポットを用いた粘性境界とした。施設の部材構成は、地震動が観測された時点のものとして、解析物性値は、確認試験結果および参考文献³⁾に基づき設定した。入力地震動は、平成 26 年 8 月 10 日の地震計① (y と z 方向) の観測データを、1 次元モデルにより解析モデル下端まで引戻して作成した。

(2) 観測データと解析結果の比較・分析

観測データと解析結果のフーリエスペクトル比 (③/①) を比較した結果を図 6 に示す。振動数が大きくなるほどフーリエスペクトル比も大きくなり、15~20Hz の振動数でピークとなる傾向は両者で類似しており、施設の振動特性が両者で対応することがわかった。しかし、時刻歴の応答加速度やフーリエスペクトル値は両者で乖離が見られた。その要因としては、a) 3 次元構造の 2 次元モデル化の影響、b) 施設近辺の岩盤物性を代用していること、c) 入力地震動作成に用いている地震計①の観測データに施設や空洞の影響が含まれている可能性があることなどが考えられる。

4. まとめ

これまで実施例が少ない軟岩中における大規模地下空洞および実規模大の施設における地震動観測を実施した。観測データの分析より、施設周辺岩盤における地震波の卓越振動数は数 Hz 程度であり、施設の固有振動数 (15Hz 以上) の範囲では地震波は小さいことが推察された。また、施設の振動特性は観測データと解析結果で対応するが、今後、解析条件の精査等が望まれる。地震動観測の拡充として、施設や空洞の影響を受けない空洞近傍での観測や、地表から施設以深の地下深部にわたる鉛直アレー観測等の実施が望まれる。本報告は経済産業省からの委託による「平成 26 年度管理型処分技術調査等事業 (地下空洞型処分施設閉鎖技術確認試験)」の成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 松本徳久他：ダムで観測された強震記録の解析，ICOLD 第 73 回年次例会ワークショップ提出論文，2005 年 10 月
- 2) 富田敦紀他：余裕深度処分埋設施設本格調査のうち試験空洞の支保設計および挙動，電力土木，No. 325，2006. 9
- 3) 日本原燃株式会社：再処理施設及び特定廃棄物管理施設「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に係る耐震安全性評価報告 コメント回答 (基礎地盤の安定性)，原子力安全委員会 地震動解析技術等作業会合，資料第 40-2 号，平成 22 年 6 月

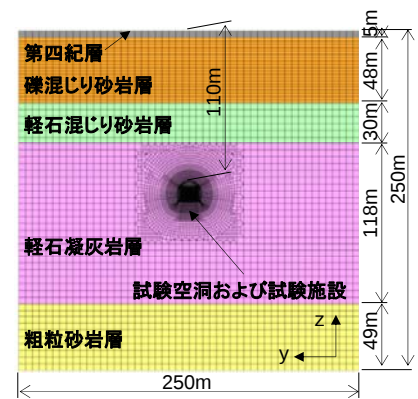


図 4 解析モデル (全体)

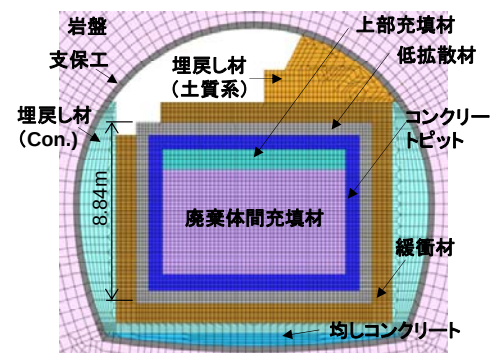


図 5 解析モデル (試験施設周辺)

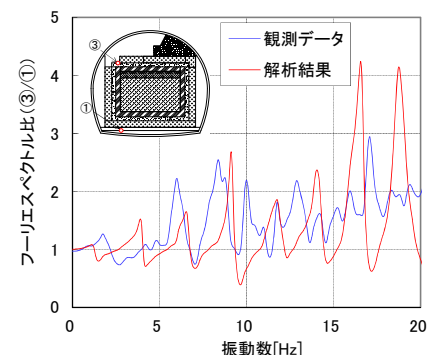


図 6 フーリエスペクトル比の比較