# 地層処分施設の構造的特徴を考慮した地震時挙動特性の把握

立坑と水平坑道の交差部の検討

原子力発電環境整備機構	正会員	〇玉田	潤一郎,	窪田	茂,	高橋	鉄一
清水建設株式会社	正会員	新美	勝之,	新宮	康之,	戸栗	智仁

## 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分施設は,大深度の地下に大 規模な連接坑道群を有し多くの交差部が存在するという点で, 従来の地下構造物とは異なる構造的な特徴を持つ.一方,地層 処分施設の耐震性については,これまで HLW 2 次とりまと め<sup>1)</sup>と TRU 2 次とりまとめ<sup>2)</sup>において検討されているが,いず れも坑道の一般部を対象としており,交差部については実施さ れていない.

したがって、本検討では、地層処分施設において特徴的な部 位である立坑と水平坑道の交差部を対象として 3 次元地震応 答解析を実施し、当該部位の地震時挙動について検討を行った.

#### 2. 検討条件

本検討の対象領域を図-1 に, 立坑および水平坑道の断面形状 を図-2 に示す.地盤条件については, HLW 2 次とりまとめ等 で設定した軟質系岩盤(砂質岩と泥質岩の互層地盤)を想定し た.解析物性値を表-1 に示す.なお,地盤の弾性波速度につい ては,深度依存性を考慮し,地盤深度および岩種に応じて図-3 のように設定している.また,入力地震動(水平地震動)は, JEAG4601<sup>3)</sup>を参考に,距離減衰式に基づく経験的な方法に基づ き,マグニチュード M=8.0 および等価震源距離 X<sub>eq</sub>=25km の条 件のもと作成した.(図-4)

### 3. 加振方向の検討

3 次元の地震応答解析を実施するに当たり,応答震 度法を用いたパラメータスタディを実施することに より,地震動の加振方向の違いが交差部に与える影響 の評価を行った.検討に際しては,図-5 に示す交差部 周辺の FEM 解析モデルを用い,応答震度法による載 荷方向を図-6 に示すように水平坑道の軸に対して 0°から90°まで22.5°ピッチでパラメトリックに変









表-1 解析物性值							
項目	記号 [単位]	値					
飽和密度	$\rho$ [Mg/m <sup>3</sup> ]	2.20					
		【泥質岩】 H:深度 [m]					
弾性波	$V_P$	$1.8 + 1.4 \{1 - \exp(-0.000572 \rho H)\}$					
(P 波) 速度	[km/s]	【砂質岩】					
		$3.0 + 1.3 \{1 - \exp(-0.00120\rho H)\}$					
		【泥質岩】					
弹性波	Vs	$0.6 + 1.0 \{1 - \exp(-0.000661\rho H)\}$					
(S 波)速度	[km/s]	【砂質岩】					
		$1.4 + 1.1 \{1 - \exp(-0.00128\rho H)\}$					
動せん断	Gd	$C = a W^2$					
弾性係数	[GPa]	$G_d = p V_s$					
		$V_{_P}^2-2V_{_S}^2$					
動ホアソン比	Vd	$V_{d} = \frac{1}{2(V_{p}^{2} - V_{s}^{2})}$					
減衰定数	h	0.02					

キーワード 地層処分施設,交差部,耐震設計,地震時挙動,地震応答解析 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

更させて, 交差部への影響が最も大きいと考えられる載荷方向を調べた. なお, 地震力として作用させる等価 震度は、一次元重複反射解析(SHAKE)の結果より、水平坑道の天端と底部の深度の相対変位が最大になる 時刻における加速度分布に基づき設定した.載荷方向と坑道周辺岩盤内に発生する最大せん断応力および主応 力との関係を図-7 に示す. 同図から,荷重を水平坑道に対して 90°方向に載荷した場合が,最大せん断応力

80m

立坑

と最大主応力のいずれについても最も大きいことが 捉えられる.したがって、地震応答解析では、90°方 向に加振することとした.

## 4. 交差部周辺の地震時挙動

図-1 に示す解析領域に対して3次元地震応答解析 を実施した. 解析モデルは, 坑道周辺岩盤については 8節点ソリッド要素で、支保工については4節点シェ ル要素とし(交差部周辺は図-5参照),境界条件は, 側方をエネルギー伝達境界,上端および下端を,それ ぞれ自由境界,粘性境界としている.そして,図-4 に示す地震動をモデル底面に入力し,時刻歴で応答解 析を行った.評価に際しては、水平坑道の上下間で相 対変位が最も大きい時刻 t = 14.08s を対象に、交差部 周辺岩盤の発生応力と、別途実施した立坑および水平 坑道単体の場合の発生応力を比較することによって 行った.図-8 に立坑と水平坑道の接合部から 0.5D,

1.0D, 2.0D 離れた断面での最大せん断応力分布を水 平坑道単体の場合とともに示す.また,図-9に接合部 からの距離と最大発生応力との関係を示す.この結果 から, 交差部周辺の岩盤に発生する応力は, 一般部に 比べて最大でも1.1 倍程度しか大きくならないことを 確認した.

## 5. おわりに

今回の検討から,立坑と水平坑道の交差部の地震時 挙動として, 岩盤内の地震時増分応力については, 一 般部に対してほとんど差がないことが把握できた. 交 差部の耐震性に関しては、今後、水平坑道同士の交差 部も含めて、常時の応力状態も考慮することにより検 討を加えていく予定である.

### 参考文献

- 1) 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
- 2) TRU 廃棄物処分技術検討書 一第 2 次 TRU 廃棄 物処分研究開発取りまとめ-, 電気事業連合会・ 核燃料サイクル開発機構, 2005.9
- 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



GL-480m

80m