## 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

水平坑道に地震動が斜め下方から入射する場合の挙動の検討

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

1. **はじめに** 震源で発生した地震波は,震源を中心として放射状に地盤の中を伝播していく. その伝播過程で, 弾性波速度の深度分布等の影響を受けて,震源付近では斜めに進行していた地震波も,スネルの法則によって徐々 に鉛直方向に進行し,地表付近では地表面に垂直に近い角度で進行する.高レベル放射性廃棄物の地層処分施設は, 大深度地下に構築される構造物であることから,地上や地表面に近い浅い地下構造物に比べて,地震動が施設に対 して斜めに入射する可能性が高くなる.

本検討では、地層処分施設の耐震設計に資することを目的に、水平坑道に対して地震動が斜め下方から入射した 際の坑道およびその周辺岩盤の挙動を、3次元地震応答解析を用いて検討した.

2. 検討条件 本検討の対象領域と水平坑道の断面形状を図-1 に示す. 地盤条件については, HLW2 次とりまとめ <sup>1)</sup>等で設定した硬質系岩盤を想定した. 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 性を考慮して図-2 のように設定した. また,入力地震動は,JEAG4601<sup>2)</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-3).

地震動の振動方向は坑道の軸線を含む鉛直平面に直交する平面内で水平方向のみ振動する SH 波を対象とし、入 射角度は鉛直に対して 0°, 15°, 30°, 45°の4種類を設定する.地震動の入射のイメージを図-4に示す.

3. 検討方法 検討に用いる 3 次元 FEM 解析は、周波数領域で応答を評価し、解析プログラムは SuperFLUSH/3D

可変(300)

水平坑道

検討対象領域

を使用する.解析モデルは,図-5に示すように水平坑道と 周辺地盤の半無限連続性を考慮できるように境界条件を設 定する.すなわち,3次元モデルの側面と底面には粘性境 界を設け,一方水平坑道の軸方向には,解析モデルの長さ を周波数領域における解析振動数に応じて変更するように 改良した周期境界を導入する.これは,図-6に示すように,



連絡先

〒1058007 東京都港区芝浦一丁目 2-3 清水建設株式会社 土木技術本部 設計第二部 TEL: (03)5441-0598

斜めに入射する地震波が,解析モデルの両端でちょうど1波長分ずれ るように解析モデルの長さを設定することにより,両端の変位が同一 になるようにするものである.また,応答値は,モデルの中央位置に 設定した全解析振動数で共通に扱う長さ30mの領域において評価する.

4. 検討結果 地震動(SH 波)の斜め入射による位相のずれによって, 水平坑道の長手方向にも変形が生じることから,本検討では坑道横断 面内に発生するせん断応力 tyz と,坑道の軸方向に関連するせん断応力 tay と tax を比較して,斜め入射の影響を検討する.3次元地震応答解析 の結果から,坑道周辺に発生するせん断応力の履歴最大値(絶対値) を横断面に投影した分布と入射角度の関係を表-2に示す.また,この 領域内での最大値と入射角度の関係を図-7に示す.通常の2次元横断 面の検討は入射角度 0°に相当するが,このとき tyz は最大となってお り,入射角度が大きくなるにしたがって徐々に小さくなっていく.一 方,長手方向に関連する ty と tax は,入射角度 0°では発生しないが, 入射角度とともに徐々に大きくなる. tay は tyz の分力が全体に発生し, それに坑道の影響が加わっている.最大値は, tay は坑道天端で, tax は 側壁下端部で発生するが,その値は tyz の最大値より大きくなることは ない.また,最大せん断応力 tmax の最大値を比較すると,入射角度が 0° の場合が最大で,徐々に小さくなっている.

5. おわりに 水平坑道に対する地震動の入射角度が大きくなると, 長手方向にもせん断応力が発生するが,その最大値は坑道横断面内に 発生するせん断応力よりも小さいこと,および最大せん断応力は徐々 に小さくなることを確認した.今後は,常時の応力状態を考慮し部位 毎に評価するとともに,SV 波に対しても検討を加えていく予定である. 参考文献

- 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
- 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





