地層処分施設における処分坑道の耐震性検討

原子力発電環境整備機構]

正会員 〇窪田

○窪田 茂,末広 俊夫,玉田潤一郎,藤崎 淳鹿島建設(株) 正会員 新保 弘,江崎 太一

1. はじめに

原環機構では、地層処分施設における処分坑道の 耐震性について検討をすすめており、概略検討の成 果として技術報告書「地層処分施設の耐震性評価¹⁾

(以下「技術報告書」)を公表した.2011年東北地方 太平洋沖地震による甚大な被害,原子力発電所の事 故状況等を踏まえ,想定すべき事象とその対策に関 して必要な情報収集及び分析を行っている.その一 環として,東北地方太平洋沖地震で観測された地震 波を用いて処分坑道の耐震性について検討したので, その結果を報告する.

技術報告書では,建設サイトが特定されていない ため、マグニチュード: M_j=8.0,等価震源距離: X_{eq} =25km に相当する耐専スペクトルに基づき作成し た地震動(以下,検討用地震動という)を用いて耐 震性評価を実施している.今回は,東北地方太平洋 沖地震の際に観測された地震波を用いて処分坑道の 地震応答解析を実施し,検討用地震動による解析結 果と比較する.

2. 解析条件

(1) 地盤条件

地盤条件は,技術報告書と同様に,図-1に示す 軟岩モデル(砂質岩-泥質岩-砂質岩の3層構造) である.表-1に地盤物性を示す.

項目	物性値	
飽和密度 ρ(Mg/m ³)	2.20	
引張強度 σ _t (MPa)	2.10	
粘着力 c(MPa)	3.00	
内部摩擦角 φ(deg)	28	
静弾性係数E(MPa)	3,500	
静ポアソン比 v	0.30	
動弾性係数 G₀(MPa)	ρVs²	
動ポアソン比 v _d	$\frac{V_{p}^{2}-2V_{s}^{2}}{2(V_{s}^{2}-V_{s}^{2})}$	
減衰定数 h	0.02	

表-1 地盤物性一覧



図-1 解析モデル

(2) 坑道諸元

表-2に処分坑道の諸元を示す.技術報告書と同様に,支保工の弾性係数は,掘削時は弱材齢強度に 基づく値を,地震時は28日強度に基づく値を設定する.

表-2 処分坑道諸元

処分坑道諸元(吹付コンクリート)		断面形状	
設計基準強度 f' _{ck} (MPa)	40	吹付コンクリート (t=500mm)	
弾性係数 E (MPa)	4,000 (掘削時) 31,000 (地震時)	000	
ポアソン比 v	0.20	44	
密度 ρ (Mg/m³)	2.30	R5,000	
減衰定数 h	0.05		
許容限界 σ _{ca} (MN/m²)	30.9	300	

(3)入力地震波

入力地震波は、東北地方太平洋沖地震における K-NET, KiK-net の観測波から①地表付近の増幅の影 響が小さいと考えらえる地震波であり、②振幅の大 きな地震波を選定した.図-2に選定した K-NET 牡 鹿観測波と検討用地震動の応答スペクトルの比較を 示す.

キーワード 地層処分, 耐震, 地中構造物, 2011 東北地方太平洋沖地震

連絡先 〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23 三田 NN ビル 2 階 原子力発電環境整備機構 技術部

3. 解析結果

掘削後の応力状態(常時)を二次元静的 FEM 解析, 地震時増分応力を二次元動的 FEM 解析により求め, それらを重ね合わせて地震時安全性を評価する.常時,地震時共に図-1の解析モデルを用い,モデル 幅は処分坑道中心間距離(12.5m)とする.境界条件 は,常時は底面を固定境界,側方を鉛直ローラーと し,地震時は底面を粘性境界,側方を周期境界とす る.地震時解析は,牡鹿観測波の水平動(NS,EW) と鉛直動(UD)を解析モデル底面(GL-1200m)に 同時入力する.



(1) 周辺地盤の安定性

図-3, 図-4に地震時の周辺地盤の局所安全係 数と最大せん断ひずみの分布を示す.



いずれのケースも局所安全係数が 1.2 未満の領域 及び最大せん断ひずみが限界せん断ひずみを超える 領域は,空洞安定性の指標となる掘削径の 20%未満 である.表-3に最大せん断ひずみの値の比較を示 す.最大せん断ひずみの地震時増分は常時に比べて 小さく,地震の影響は小さいことがわかる.

表-3 最大せん断ひずみ

	常時	地震時増分	地震時		
検討用地震動	0.0202	0.0005	0.0204		
牡鹿観測波(NS)	0.0202	0.0002	0.0202		
牡鹿観測波(EW)	0.0202	0.0006	0.0205		
最大値発生要素が異なるため、常時と地震時増分の合計が地震時の値にけならない					

また, 牡鹿観測波の解析結果については, 最大加 速度の小さな EW 波での解析結果の方が, NS 波での 解析結果よりも地盤の最大せん断ひずみが大きい.

(2) 支保工の安定性

図-5に、支保工応力の地震時増分を示す.支保 工応力の地震時増分は、検討用地震動を用いたケー スと牡鹿観測波(EW)を用いたケースで大差ない. また、周辺地盤の安定性同様に、EW 波での解析結 果の方が NS 波での解析結果よりもアーチ部の支保 工応力の地震時増分が大きい.最大加速度は NS 波の 方が EW 波よりも大きいが、周期 0.2 秒以上の成分 が EW 波の方が大きいためと考えられる.



4. まとめ

検討用地震動と東北地方太平洋沖地震の観測波を 用いて比較解析を行った.その結果,空洞周辺地盤 の安定性は,両解析結果で大きな差はなかった.ま た,常時と比べて地震時の影響は小さいことがわか った.支保工応力は,検討用地震動及び観測波によ る解析結果共に許容限界以下であることを確認した.

なお,防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net の観 測記録を使用しました.記して感謝します.

参考文献

1) 地層処分施設の耐震性評価(NUMO-TR-10-13), 2011 年 3
月,原子力発電環境整備機構