

瑞浪超深地層研究所主立坑の地震時健全性について

核燃料サイクル開発機構 正会員 佐藤 稔紀、見掛 信一郎、今津 雅紀
清水建設株式会社 正会員 延藤 遵、西川 洋二

1. はじめに

瑞浪超深地層研究所の主立坑（掘削径：7.3m）は、深度 1,000m 程度の掘削が計画されており、その地盤条件は、深部においては堅牢な花崗岩が存在するが、地表から 170m 程度の区間は堆積岩の分布が予想されている。堆積岩部においては、立坑近傍の岩盤は掘削に伴い塑性化することが想定され、地震時の健全性評価においては、塑性化の影響を考慮することが必要と考える。

そこで、本稿では主立坑を対象として、FEM 動的解析と数種類の等価震度を用いた応答震度法を比較することより適切な等価震度の算定方法について検討した。次に、選定した等価震度を用いた応答震度法により、掘削の影響を考慮した非線形解析を行い、主立坑の地震時健全性を評価した（図 1）。

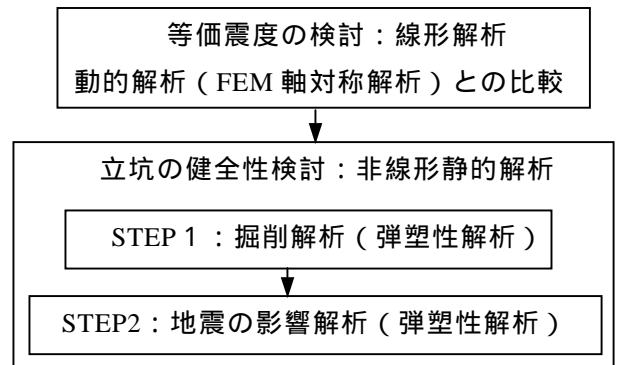


図 1 検討フロー

2. 等価震度の算定

想定した岩盤物性を表 1 にまとめて示す。入力地震動としては、近傍の活断層を考慮して設定した加速度応答スペクトル（最大 1500gal：h=5%）を有する人工地震波を使用した（最大加速度 478.6gal）。同波を、工学的基盤面に入力し、「SHAKE」により解析上の基盤面（GL-1500m）における入力波を算定し、解析モデルの下端に入力した。次に、表 2 に示す 4 種類の手法により等価震度を算定し（図 2）、応答震度法による静的 3 次元線形解析（図 3）を実施し、動的解析結果と比較した。比較結果のうち、地震による影響が大きい覆工コンクリートの面内せん断力（ N_z ）を図 4 に示す。同図より、方法 1 による結果が、立坑全長において動的解析結果に最も近いことがわかる。尚、岩盤の変形特性として

表 1 岩盤盤物性一覧表

地層レベル (m)	岩種	岩盤等級	弾性係数 (GN/m ²)		ポアソン比		
			静的	動的	静的	動的	
0	砂岩・泥岩	C _L	2.15	5.11	0.31	0.40	
63.2	礫岩	D	0.63	8.05	0.38		
79.2	砂岩・泥岩			5.11			
124.2	礫岩	C _L	2.15	8.05	0.31	0.34	
175.2	花崗岩	B	35.6	35.7	0.35		
234.2		C _H					30.1
247.2		C _M					24.5
262.2		C _H					30.1
309.2		C _M					24.5
359.2		C _H					30.1
435.2		C _M	24.5	31.2	32.7		
466.2		B	35.6	47.5			
482.2		C _H	30.1				
508.2		B	35.6				
576.2		C _H	30.1	30.1			
598.5		B	35.6				
826.2		C _H	30.1	30.1			

表 2 等価震度の算定方法

方法 1	最大せん断力分布より算定
方法 2	地表面においてせん断応力が最大となる時刻（t=3.71s）におけるせん断力分布より算出
方法 3	立坑の上端と下端の相対変位が最大となる時刻（t=3.16s）におけるせん断力分布より算出
方法 4	各時刻におけるせん断力分布より等価震度の時刻歴を算定し、その最大値分布を算出

キーワード： 応答震度法、FEM 動的解析、FEM 非線形解析、立坑
連絡先： 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館

は、表1中の動的物性を使用し、減衰定数は一律1%と仮定した。

3. 立坑の健全性評価

掘削による影響を考慮した地震時の健全性検討を行うために、掘削時と地震時の2ステップからなる非線形解析を実施した。掘削時においては、表1中の静的物性を使用し、初期地圧は側圧係数2:1の偏圧を想定した。一方、地震時においては、立坑から

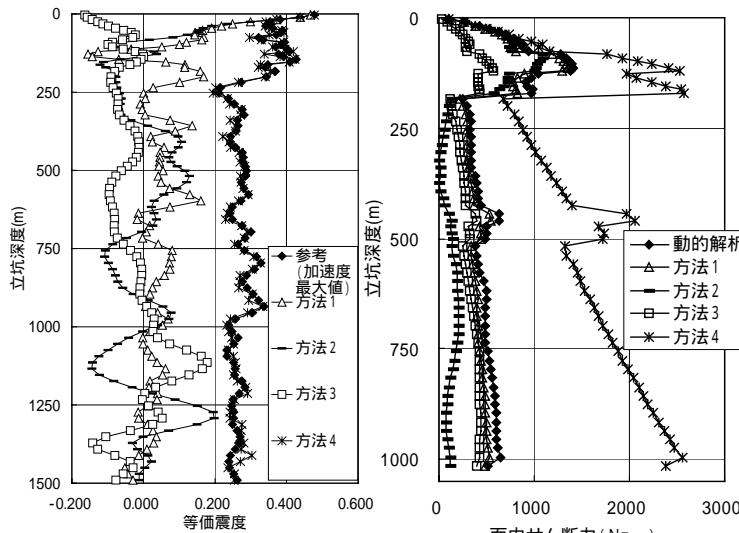


図2 等価震度算定結果

図4 面内せん断力

2.5D=18.25m (D:掘削径)より離れた領域(図5中のゾーン2)については、動的な物性値を使用した。立坑から2.5D以内の領域(図5中のゾーン1)については、掘削に伴う発生ひずみレベルが高く一部塑性化しているため、静的物性を有する非線形材料としてモデル化した。方法1による等価震度を作用させた結果

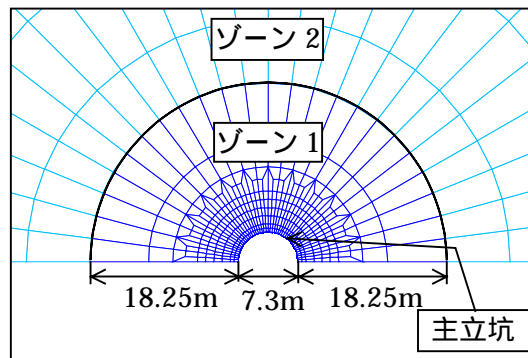


図5 岩盤領域の定義

として、覆工コンクリート発生断面力のうちの円周方向軸力と面内せん断力を図6に示す。同図より、掘削時に卓越していた円周方向軸力は地震時増分は小さく、むしろ地震時には面内せん断力が卓越することがわかる。また、覆工(無筋コンクリート、堆積岩部はH鋼により補強)に発生する応力を表3にまとめて示す。同表より、地震時において覆工コンクリートの発生応力度は高々12.7N/mm²であり、地震による影響は小さく、圧縮破壊には至らないことがわかる。

4. まとめ

動的解析と応答震度法の解析結果の比較より、等価震度の算定は最大せん断力によることが適切であると判断した。また、掘削に伴う影響を考慮した地震時検討の結果、主立坑の地震時健全性を確認した。尚、本検討においては一部の岩盤データについて推定値を用いているため、今後は、岩盤調査の進展に伴い、適宜本検討内容を見直す必要があると考える。

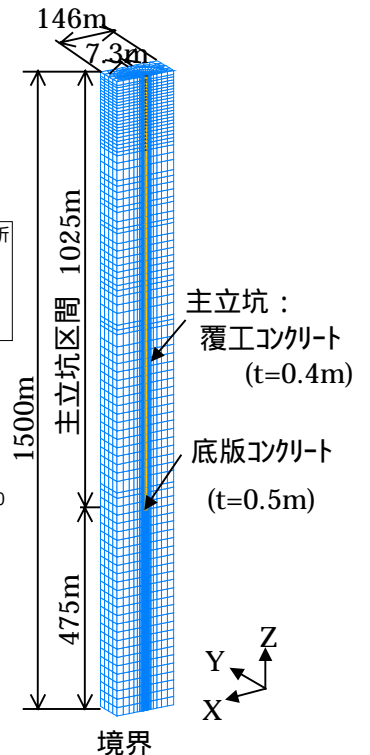


図3 解析モデル

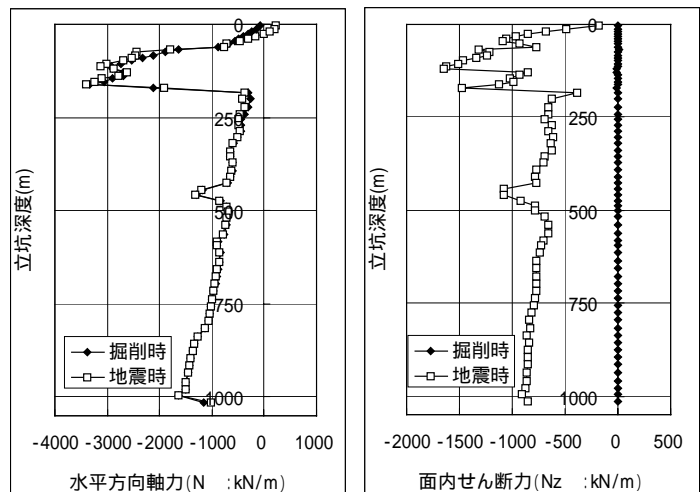


図6 覆工コンクリート発生断面力

表3 発生応力度一覧表

覆工材料	状態	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)
コンクリート (f'ck=40)	掘削時	9.6	10.0
	地震時	12.7	26.1
H鋼	掘削時	131	160
	地震時	130	245