

緩衝材の塑性化を考慮した地下空洞型処分施設への地震影響についての検討

清水建設(株) 正会員 ○福田 毅, 新美勝之, 杉橋直行
 (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
 東電設計(株) 正会員 鈴木康正, 田坂嘉章, 伊藤喜広

1. はじめに

地下空洞型処分施設の地震影響に関する既往の検討¹⁾によると、地震動の大きさによっては緩衝材が弾性範囲を超えて塑性化する可能性があることが指摘されている。そこで、本検討では緩衝材の弾塑性挙動を考慮した非線形地震応答解析を実施し、緩衝材が塑性化した場合の施設の挙動をより詳しく検討する。

2. 検討条件

(1) 検討対象と解析モデル

検討は、確証試験施設²⁾の横断面を対象に、周辺地盤も含めて平面ひずみ問題として扱った。周辺地盤は、確証試験の実施箇所近傍の地質構造を参考に水平成層としてモデル化した。施設の状態としては、廃棄体定置・廃棄体間充填が完了して埋戻し材を設置した直後を想定する。解析モデルを図-1に示す。

(2) 材料モデル

部材の材料モデルは、弾性体を基本とし、周辺地盤は剛性と減衰のひずみ依存性を修正 R-0 モデルを用いて考慮した。緩衝材には、Mohr-Coulomb の破壊基準に基づく弾塑性挙動を考慮できる破壊型修正 R-0 モデルを適用した。破壊型修正 R-0 モデルのせん断応力とせん断ひずみの履歴のイメージを図-2に示す。

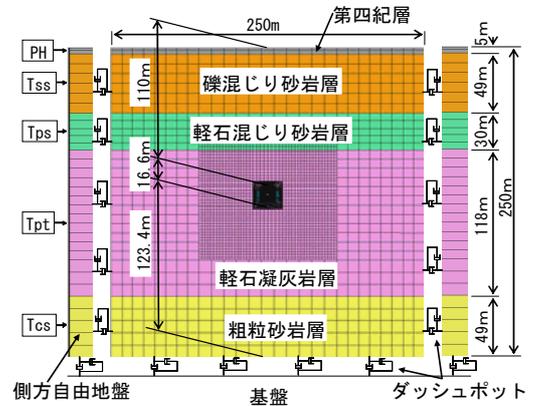
(3) 検討用地震動

検討には確証試験施設近傍で設定されている水平方向最大加速度 450Gal の地震動を用いることとし、それが Tps 層上面で定義されているとした。地震動の加速度時刻歴を、図-3に示す。

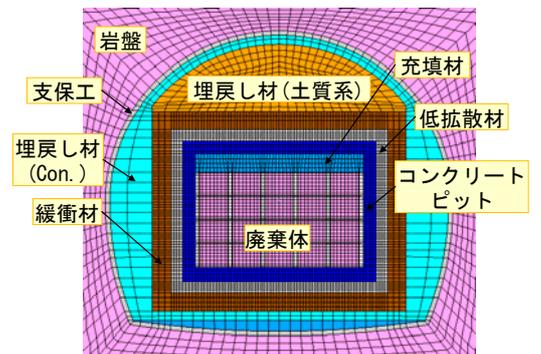
3. 地震応答解析に基づく影響検討

地震応答解析で得られた結果から、底部緩衝材中央の上下面間の水平方向相対変位の時刻歴を図-4に、相対変位が最大となった時刻 46.14s における施設の変形形状を図-5に示す。周辺地盤のせん断変形の影響を受けて、空洞全体が右方向にせん断変形しており、右側の側部緩衝材の上部は大きく変形して、他の部材との間で剥離が生じていることがわかる。

右下隅角部の緩衝材のせん断応力-せん断ひずみの履歴曲線を図-6に示す。応力状態が Mohr-Coulomb の破壊基準に達して塑性化した際に、せん断応力の変化に比べてせん断ひずみが大きく変化しており、その後修正 R-0 モデルの履歴ループがもとの位置から大きくずれている様子が確認できる。



(1) 全体



(2) 施設周辺

図-1 解析モデル

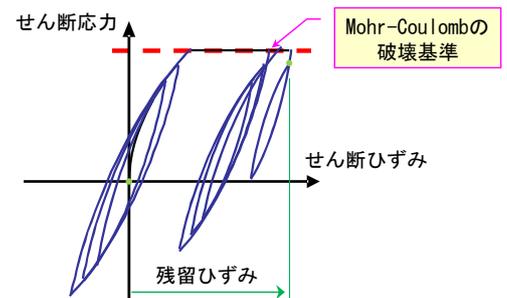


図-2 破壊型修正 R-O モデルのせん断応力とせん断ひずみの履歴のイメージ

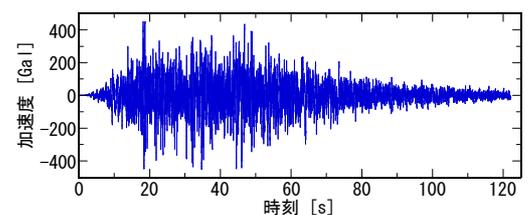


図-3 検討用地震動時刻歴(加速度)

キーワード：地下空洞型処分, 地震時挙動, 緩衝材, 塑性化, Mohr-Coulomb 破壊基準, 地震応答解析
 連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 TEL : 03-3561-3895 FAX : 03-3561-8672

緩衝材の塑性化の発生進展状況を図-7 に示す。塑性化の領域が、徐々に広がっていく様子が確認できる。

解析終了時の緩衝材の塑性化の状況を図-8 に、比較のために実施した緩衝材の塑性化を考慮しない弾性解析の結果から評価した緩衝材の破壊基準に対する局所安全係数の履歴最小値の分布を図-9 に示す。本解析で塑性化した領域は、線形解析で局所安全係数の履歴最小値が 1.0 以下の領域よりも大きく拡大しており、これは塑性化の進行に伴う応力再配分の影響と考えられる。一方で、弾性解析で右側の側部の上部の内側や左下隅角部で局所安全係数が 1.0 以下であった領域では塑性化しておらず、弾塑性挙動の考慮の有無で異なる評価が得られる結果となった。

解析終了時の状態から、地震後の緩衝材の着目位置における厚さ方向の残留変化量を図-10 に示す。緩衝材の縮む方向での変化量は最大で 0.49mm であり、もとの緩衝材の厚さ 1000mm に対して非常に小さい。

4. まとめ

本検討では、緩衝材を完全弾塑性モデルとして非線形地震応答解析を実施し、緩衝材に塑性化領域が発生進展することを明らかにした。今後は、緩衝材が塑性化した際の性能の評価が必要であり、解析で得られた応力・ひずみレベルを考慮した室内試験等に基づく検討が必要であると思われる。本研究は経済産業省からの委託による「平成 25 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証試験)」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 鈴木他：地下空洞型処分施設への地震影響についての基本検討，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013
- 2) 公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター：平成 24 年度 管理型処分技術調査等事業 地下空洞型処分施設性能確証試験 報告書 (2013)
- 3) 雨宮清他：ベントナイトクニゲル GX の基本特性試験(その 5) 動的力学特性に関する検討，土木学会第 64 回年次学術講演会，2009

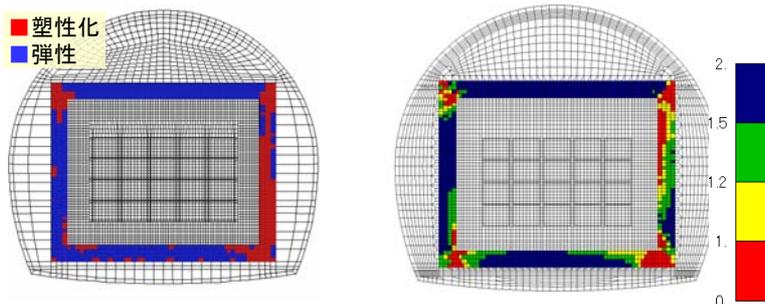


図-8 緩衝材の塑性化状況 (解析終了時, 130s)

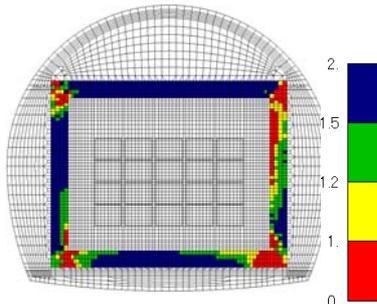


図-9 線形解析結果から評価した局所安全係数分布

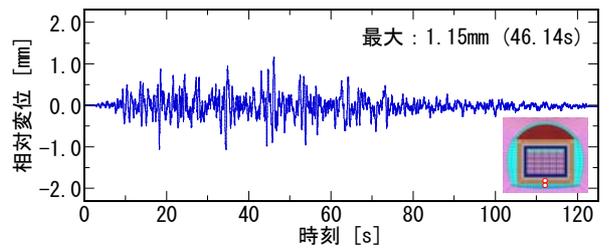


図-4 底部緩衝材の上下面間の水平方向相対変位の時刻歴

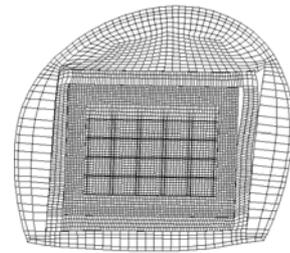


図-5 施設の変形形状 時刻 46.14s 変位 200 倍

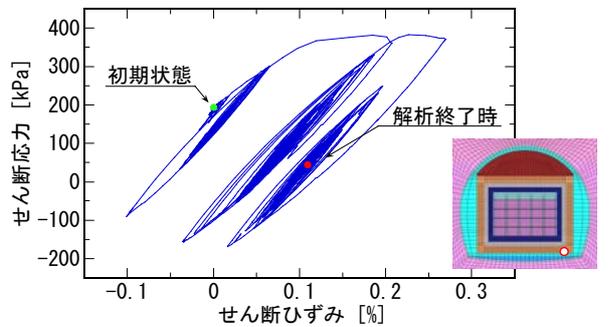


図-6 緩衝材のせん断応力とせん断ひずみ関係

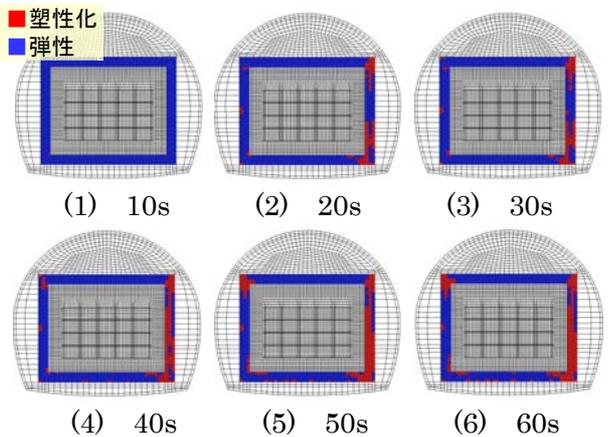


図-7 緩衝材の塑性化状況

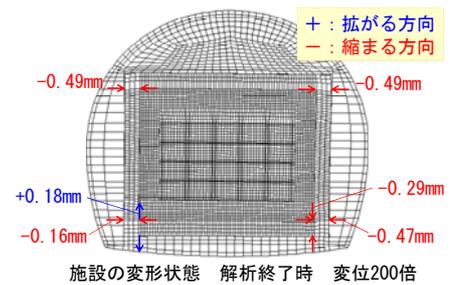


図-10 緩衝材の厚さの残留変化量