

第2次取りまとめにおける地層処分の工学技術的検討（その6）

ニアフィールドの耐震安定性評価

核燃料サイクル開発機構 正会員 谷口航・高治一彦・杉野弘幸

コンピュータソフト開発（株） 正会員 森康二

1. はじめに

わが国のような地震多発国における高レベル放射性廃棄物地層処分では、その耐震性を評価する必要がある。核燃料サイクル開発機構では、科学技術庁・防災科学技術研究所との共同研究として、廃棄体定置後の人工バリアの耐震安定性評価に資するため、緩衝材の力学的非線形特性を考慮した動的解析コードを開発するとともに、模型人工バリアの振動実験結果¹⁾を用いて、解析コードの適用性を確認してきている²⁾。本論では、開発した解析コードを用いて、主に緩衝材のせん断応力、せん断ひずみ、および人工バリアの応答加速度と変位に着目し、ニアフィールドを解析領域とした耐震解析を行った。

2. 緩衝材動的物性値および解析手法

解析に用いた緩衝材の動的力学特性を図1に示す。これから、せん断ひずみとせん断剛性 G および減衰定数 h の関係は、一般の土質材料と同様な動的な非線形特性を示し、Ramberg-Osgood モデルで適切に表現できることが分かった。したがって、本論では、緩衝材に Ramberg-Osgood モデルを適用し、ガラス固化体、オーバーパック、岩盤は線形材料とした時間領域での解析とした。また、緩衝材周囲の境界面にはジョイント要素を用い、その特性には、緩衝材-岩盤接触部の一面せん断試験で得られたデータを用いた。

3. 解析条件

解析は硬岩系岩盤の処分坑道横置方式（処分深度：1000m）について図2に示す3次元モデルを用いて実施した。緩衝材の状態としては、廃棄体定置直後の乾燥状態と地下水の浸潤を想定した飽和状態について検討を行った。また、緩衝材周囲の境界面の影響を考察するため、ジョイント要素を設ける場合と設けない場合での検討を行った。境界条件として、モデル上底面では有限な系での地盤の半無限性を考慮するため粘性境界とし、側方は隣接する人工バリアの相互影響を考慮するため多点拘束条件とした。入力地震波に関しては、まず Imperial Valley 地震（観測地；南シアラ電力会社エルセントロ発電所 NS 成分）が地層処分施設の地表での処分坑道軸方向水平成分となるとし、重複反射理論により処分深度における地震波を求め、それを入力地震波とした。

4. 解析結果

図3に緩衝材（飽和状態）周囲の境界面にジョイント要素を用いない場合のオーバーパックおよび緩衝材の加速度特性を、図4に緩衝材（飽和状態）周囲の境界面にジョイント要素を用いた場合のオーバーパックおよび緩衝材の加速度特性を示す。これから、ジョイント要素を設けない場合は、オーバーパックの加速度特性が特に増幅することなく、人工バリアは周辺岩盤と剛体となって挙動する結果となった。一方、ジョイント要素を設ける場合は、周波数 4Hz 以上で人工バリアが周辺岩盤に対して増幅される結果となった。ただし、人工バリア内に着目すると、オーバーパックの加速度特性はほとんど増幅せず、緩衝材と一体となって挙動する結果となった。また、せん断応力分布に着目すると、ジョイント要素を設けない場合に周辺岩盤近傍一部の緩衝材で一軸圧縮強度の $1/2$ を若干越えるが、ジョイント要素を設けた場合には、緩衝材において一軸圧縮強度の $1/2$ を越える領域は無い結果となった。また、せん断ひずみに関しては、全ての解析ケースで、緩衝材の力学的非線形特性が顕著となるレベルに達しなかった。これらの結果より、人工バリアは概ね剛体に振動挙動し、緩衝材がせん断破壊する可能性も小さく、耐震性を有していると推測された。しかし、

人工バリアが周辺岩盤とも剛体となって挙動するためには、緩衝材-岩盤間の接合面の取り扱いが重要であることが分かった。

5. おわりに

高レベル放射性廃棄物の地層処分における廃棄体定置後のニアフィールドの耐震解析を実施し、人工バリアの動的挙動およびその耐震安定性を評価した。その結果、人工バリアは概ね耐震安定性を有しているが、緩衝材-岩盤間の境界の取り扱いが解析結果に影響することが確かめられた。

参考文献 1)御子柴正ほか、深層地下空洞及び内部構造物の振動挙動に関する研究、科学技術庁平成 6 年度国立原子力機関試験研究成果報告書、1996、2)谷口航ほか、深部地下空洞および内部構造物の振動挙動に関する研究(2)、サイクル機構公開技術資料、JNC TN8400 99-055、1999

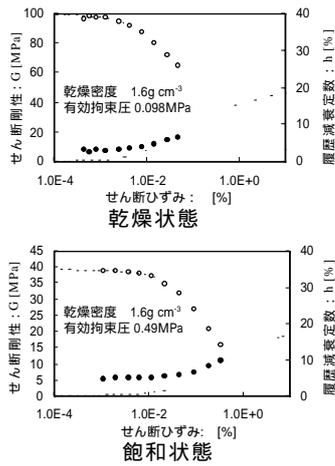


図 1 緩衝材の動的力学特性

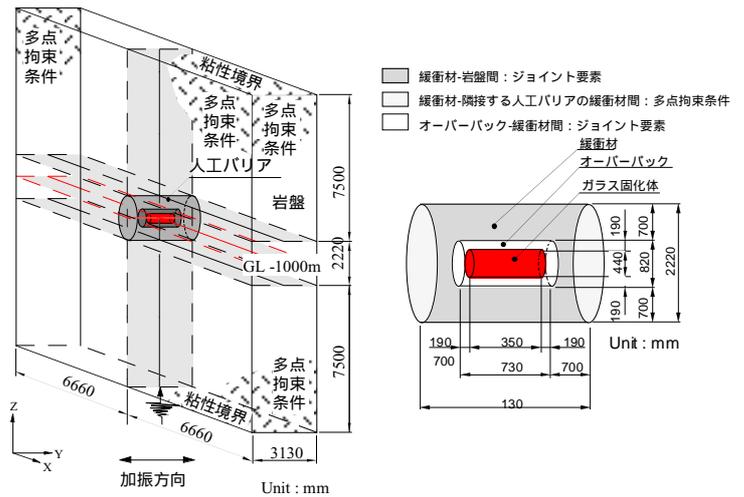
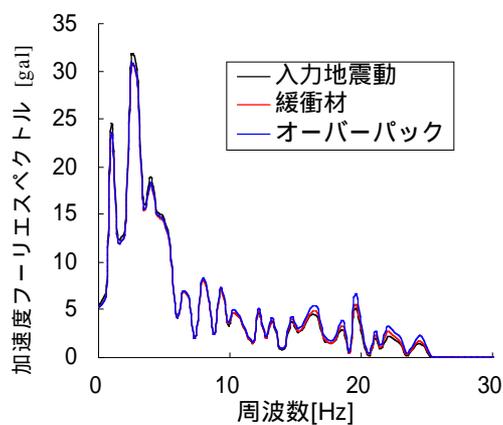
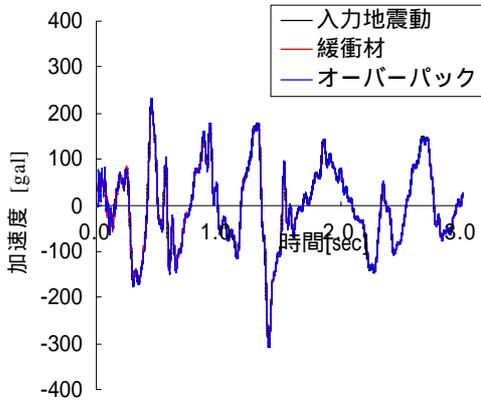


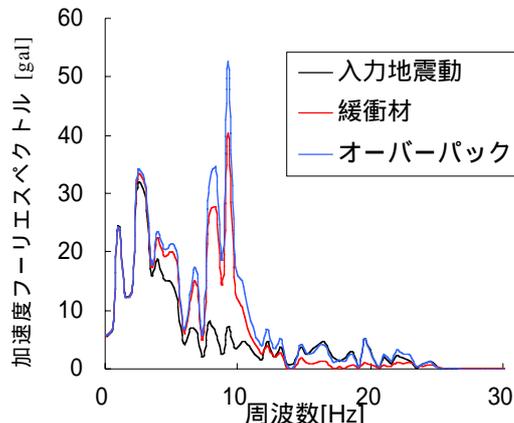
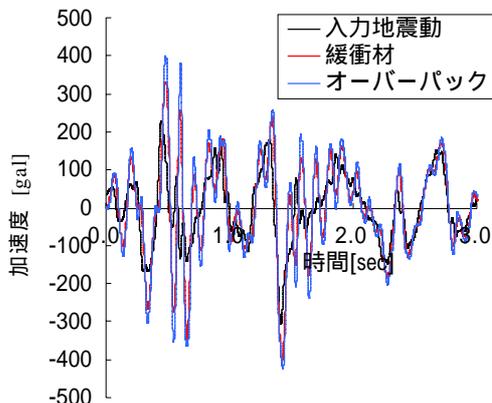
図 2 解析モデル



加速度時刻歴

加速度フーリエスペクトル

図 3 解析結果 (緩衝材飽和状態, ジョイント要素なし)



加速度時刻歴

加速度フーリエスペクトル

図 4 解析結果 (緩衝材飽和状態, ジョイント要素あり)