

III-262

# 高レベル放射性廃棄物地層処分における地震の影響について

—— 人工バリアの振動挙動に関する基礎的検討 ——

動力炉・核燃料開発事業団 正会員 志水伸二

## 1. はじめに

原子力発電から生じる使用済み核燃料を再処理し、分離された高レベル放射性廃液は安定なガラス固化体として処理される。この高レベル放射性廃棄物の最終処分方法については、地下数百メートル以深に埋設する「地層処分」が最も実現性の高い方式と考えられている。（図-1）この地層処分においては、高レベル放射性廃棄物の人間環境に対する安全を確保しなければならない。このため、高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）はオーバーパックと呼ばれる容器に収納され、深層地下の岩盤に掘った空洞（処分坑道）に詰められた緩衝材中に、長期にわたり安定的に定置する必要がある。オーバーパックの候補材の一つとして炭素鋼、緩衝材の候補材の一つとしてNa型ベントナイトが挙げられている。ガラス固化体、オーバーパック及び緩衝材からなる人工バリアシステムは、様々なバリア性能を保持するため健全な状態で存在することが必要となる。そのため、地震に対する耐震性評価が重要かつ必要となる。

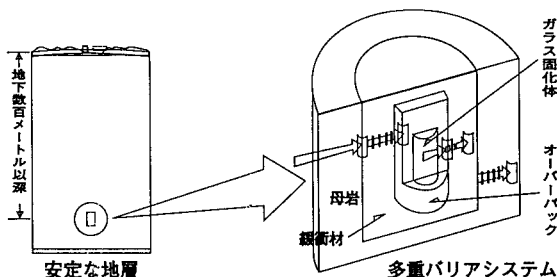


図-1 地層処分の概要

特にオーバーパック（ガラス固化体含む）は、現在の設計では総重量が10数tと想定され、緩衝材中の重量物が地震時にどのような挙動を示すかが重要になる。

そこで、振動特性に関する基礎資料を得るために、圧密したNa型ベントナイトの動的変形試験および動的解析を行った。本文ではその結果について報告する。

## 2. 動的変形試験

動的三軸圧縮試験機を用いた動的変形試験は等方圧密非排水条件のもとで、軸差応力振幅を制御する応力制御により行った。拘束圧 $\sigma_3$ は各乾燥密度グループごとに1、2、4 kgf/cm<sup>2</sup>とした。軸差応力振幅は10段階程度変化させるステージテスト方式により载荷した。動的変形試験には、乾燥密度で0.7、1.0、1.3 g/cm<sup>3</sup>を目標として作成し、水で浸潤させた供試体を用いた。

図-2に各供試体から得られたせん断ひずみ $r$ —せん断剛性 $G$ および減衰定数 $h$ の関係を示す。

図-3に各供試体から得られたせん断ひずみ $r$ —正規化せん断剛性 $G/G_0$ の関係を示す。

試験の結果より、次のことが分かった。

- ①乾燥密度 $\rho_d \approx 0.7$  g/cm<sup>3</sup>のせん断剛性は $G \approx 17$  kgf/cm<sup>2</sup>と小さく、 $\rho_d \approx 1.0$  g/cm<sup>3</sup>のせん断剛性は $G \approx 45$  kgf/cm<sup>2</sup>、 $\rho_d \approx 1.3$  g/cm<sup>3</sup>のせん断剛性は $G \approx 72$

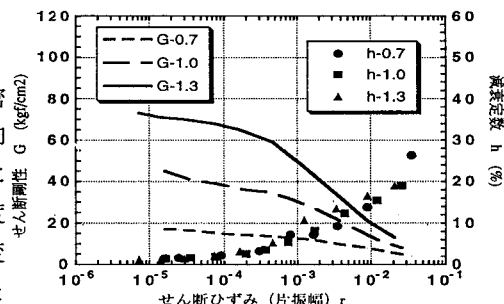


図-2  $G$ 、 $h$ と $r$ の関係（拘束圧1.0 kgf/cm<sup>2</sup>）

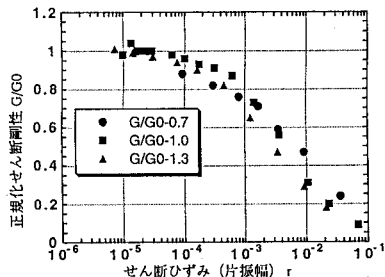


図-3  $G/G_0$ と $r$ の関係（拘束圧1.0 kgf/cm<sup>2</sup>）

kgf/cm<sup>2</sup>となっており、乾燥密度 $\rho_d$ の増加に伴うせん断剛性 $G$ の増加は顕著であった。

②減衰定数 $h$ について見ると、各乾燥密度による有意な差は生じなかった

③正規化せん断剛性 $G/G_0$ が0.5となるせん断ひずみは、乾燥密度が0.7 g/cm<sup>3</sup>の供試体で $r \approx 8 \times 10^{-3}$ 、1.0 g/cm<sup>3</sup>の供試体で $r \approx 4 \times 10^{-3}$ 、1.3 g/cm<sup>3</sup>の供試体で $r \approx 2 \times 10^{-3}$ となっていた。

### 3. 動的解析

試験によって得られた正規化せん断剛性 $G/G_0$ 、減衰定数 $h$ 、せん断ひずみ $r$ を用い、汎用地盤解析システムによる動的解析を行った。本解析は、 $\rho_d \approx 1.3$  g/cm<sup>3</sup>のデータと図-4に示す廃棄物配置方式の一候補である横置方式の二次元解析モデルを用いて、等価線型化法で行った。基盤入射地震波形としては、エルセントロNS波を用いた。

解析の結果より、以下のことが推測された。

- ①変位に関しては、最大値で $2.10 \times 10^{-1}$  cmであり、ベントナイト中でオーバーバックはほとんど動かないことが推測された。
- ②加速度応答に関しては、オーバーバックとベントナイトの境界点での値は約1.70であり、入射波加速度と比較し7割程大きくなっていた。オーバーバック周りの加速度は入射波加速度より大きくなるものと推測された。
- ③せん断応力に関しては最大値が $1.2 \times 10^{-2}$  Mpaであり、ベントナイトのせん断応力に比較し十分小さく、オーバーバックは安定に存在することが推測された。

### 4. まとめ

高レベル廃棄物の地層処分において、人工バリアシステムの健全性の1つを予測するため緩衝材の一候補であるNa型ベントナイトの物性を用いて動的解析を行った。

その結果、本解析の条件においては、振動の影響は緩衝材中で若干見られるものの、人工バリアシステムが安定に存在することが推測された。

今後、人工バリアの振動実験を行い、解析の妥当性を検証するとともに、様々な条件で検討を行い、地震の影響を詳細に検証していきたい。

### （参考文献）

- 1) 土木学会編：地震動・動的物性、動的解析と耐震設計〔第1巻〕
- 2) 土木学会編：動的解析の方法、動的解析と耐震設計〔第2巻〕
- 3) 国生剛治：土の動的変形特性と地盤の非線型振動応答，電力中央研究所報告，総合報告No. 301，1981
- 4) 藤田・五月女・原：緩衝材の力学試験，動燃技術資料〔PNC TN 8410 92-170〕，1992

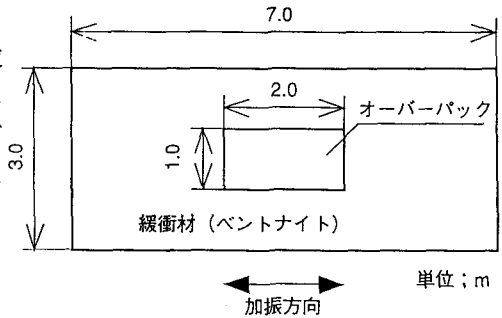


図-4 解析モデル

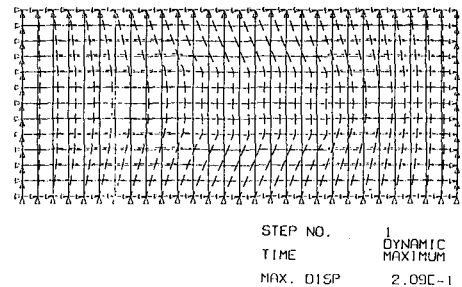


図-5 変形図

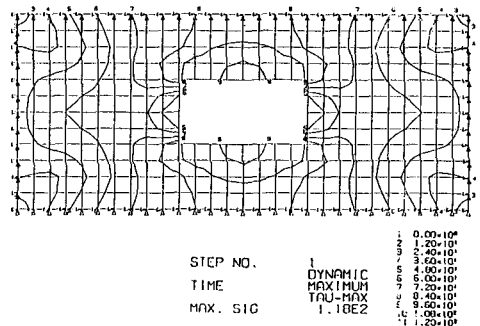


図-6 せん断応力の分布