

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、人工バリアシステムにおいて長期にわたり地下水の浸入に伴う核種の溶出移行等を防ぐ観点から様々な物理的・化学的バリア性能を要求される。これらバリア性能が十分に機能するための前提条件として、地震等においても人工バリアシステムが構造的に健全な状態で存在することが重要である。本研究では、処分孔竖置き方式を模擬した小型試験体を製作し、振動実験により緩衝材中に設置した模擬オーバーパックの応答特性を求め、動的挙動の検討を行った。実験ケースは、緩衝材が乾燥状態の時及び地下水の浸入を模擬するために注水を行い緩衝材が浸潤した状態の2ケースである。

2. 試験体の概要

平成6年度から処分坑道横置き方式等を模擬した試験体による振動実験を行ってきた¹⁾。今回報告する実験では処分孔竖置き方式を模擬した試験体による振動実験を実施した。製作した人工バリア模擬試験体は、天然バリアを拘束容器、模擬オーバーパックを炭素鋼塊、緩衝材を粉末ベントナイトとケイ砂の混合とした。大きさは核燃料サイクル開発機構（旧動燃）による仕様例²⁾を基に1/4スケールに縮小した。試験体全景を写真1に示す。

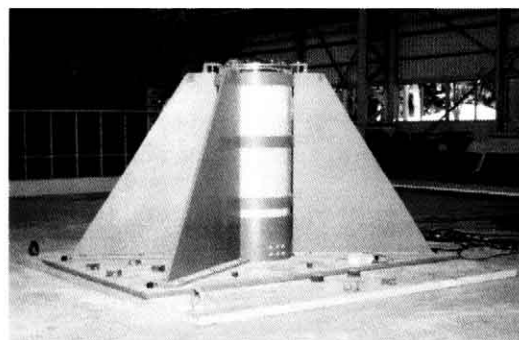


写真1 試験体全景

模擬試験体は、アクリル製の拘束容器（内径460mm×高さ1280mm）に炭素鋼材で補強を行い1 G程度の振動においても耐えられる強度とした。また、模擬オーバーパック（直径260mm×高さ488mm）は重量約200kgの炭素鋼塊である。計測に用いたセンサーは、加速度計と土圧計である。主に加振方向の応答を計測するために設置した。加速度計は模擬オーバーパックに計6箇所（水平2方向及び鉛直方向）、緩衝材中に計4箇所（加振方向及び鉛直方向）設置した。また、土圧計は模擬オーバーパックに計6箇所（加振方向及び鉛直方向）及び拘束容器内側に計5箇所（加振方向及び鉛直方向）である。加振方向の土圧計は容器側と模擬オーバーパックとで緩衝材を挟んで向き合うように設置した。試験体概略とセンサーの配置を図1に示す。

実験ケースは、緩衝材が乾燥状態の時（ケース1）及び地下水の浸潤を模擬するために注水を行い緩衝材が浸潤した状態（ケース2）の2ケースである。充填は、地下水の浸潤を模擬するため短期間に注水を行うなどの制約から実際の地層処分で考えられている密度の半分程度にした。それに伴って緩衝材も、粉末状（粉末ベントナイトとケイ砂を7:3で混合し、ケイ砂は3号と5号を1:1で混合）のものを使用した。なお、ケー

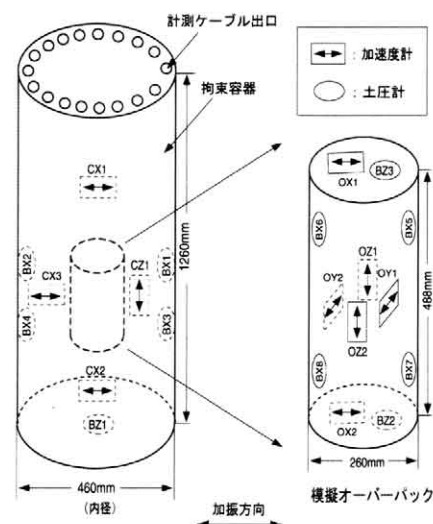


図1 試験体概略とセンサー配置

キーワード：地層処分，人工バリア，オーバーパック，緩衝材，振動実験

連絡先：茨城県つくば市天王台3-1，TEL (0298)51-1611，FAX:(0298)52-8512

ス2の充填は、一定量の緩衝材と蒸留水を段階的に充填を行った。その結果、ケース1では、乾燥密度 1.17g/cm^3 、ケース2では、 1.16g/cm^3 であった。ケース2では、約2ヶ月間の圧力注水（ $0.1\sim0.2\text{MPa}$ 程度）を行い約90%程度まで飽和した。緩衝材の充填密度等を表1に示す。

3. 実験結果と考察

ケース1及びケース2の応答特性を求めるためにランダム波加振を行った。このランダム波は、加速度応答スペクトルが周波数帯 $10\text{Hz}\sim70\text{Hz}$ でほぼ一定になるように調整生成した。時間は30秒である。加振レベルは、2ケースともに 100gal 程度から約 100gal 毎に段階的に上げて最大 1.2G 近くまで加振を行った。

図1で示した計測点OX1及びOX2は模擬オーバーパックに設置した加速度計である。また、CX1、CX2及びCX3は緩衝材中に設置した加速度計である。これらの加速度計と振動台に設置した加速度計から応答伝達関数を求めた。図2に応答伝達関数から求めた加振レベルによる固有振動数及び応答倍率を示す。なお、ケース1のOX2及びCX1は応答倍率が小さく固有振動数は求まらなかった。

ケース1の模擬オーバーパック上部（OX1）の固有振動数は $20\text{Hz}\sim35\text{Hz}$ の範囲であり、加振レベルが大きくなるに従って小さくなる傾向を示した。また、緩衝材中に設置した加速度計（CX3）は模擬オーバーパック（OX1）とほぼ同程度であった。ケース2の固有振動数は、模擬オーバーパック（OX1,OX2）及び緩衝材中（CX1,CX2）ともに 60Hz 近くであった。さらに、加振レベルによる固有振動数の変化はほとんどなかった。応答倍率は、ケース1ではOX1が約5～10倍、CX3が約2倍程度。ケース2ではOX1及びCX1が約10～13倍、CX3が約5～7倍、OX2は2.5倍程度であった。ケース2では、上部（模擬オーバーパック、拘束容器）に行くに従って応答倍率が大きくなることが明らかになった。応答曲線から求めた減衰比は、ケース1ではOX1が約 $0.1\sim0.2$ 、CX3が約 $0.2\sim0.3$ 。ケース2ではOX1,OX2,CX1,CX3ともに 0.03 程度と小さかった。

4. おわりに

ランダム波加振及び実地震波加振の結果から、注水を行い緩衝材が膨潤したケース2の試験体では、固有振動数及び最大加速度比等から、模擬オーバーパックと緩衝材は一体となって振動したと考えられる。今後、処分坑道横置き方式の実験結果を踏まえてこのようなオーバーパックの動的挙動について総合的に評価を行っていく予定である。本研究は、核燃料サイクル開発機構と共同で行っており、振動実験に先立って事前解析は、核燃料サイクル開発機構が行った。

5. 参考文献

- 1) 御子柴正，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年度国立機関原子力試験研究成果報告書
- 2) 高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書 ー平成3年度ー 動力炉・核燃料開発事業団

表1 緩衝材の充填密度等

ケース1（緩衝材は乾燥した状態）

粉末ベントナイト：147 kg
 ケイ砂（3号，5号）：66 kg
 乾燥密度： 1.17 g/cm^3
 湿潤密度： 1.21 g/cm^3
 飽和度：7 %
 充填方法：一定量（約20kg）を段階的に充填

ケース2（緩衝材に注水した状態）

粉末ベントナイト：146 kg
 ケイ砂（3号，5号）：66 kg
 蒸留水：87 l
 注水期間：66日間
 乾燥密度： 1.16 g/cm^3
 湿潤密度： 1.67 g/cm^3
 飽和度：91 %
 充填方法：一定量の緩衝材（約8kg）と蒸留水（約0.8 l）を段階的に充填

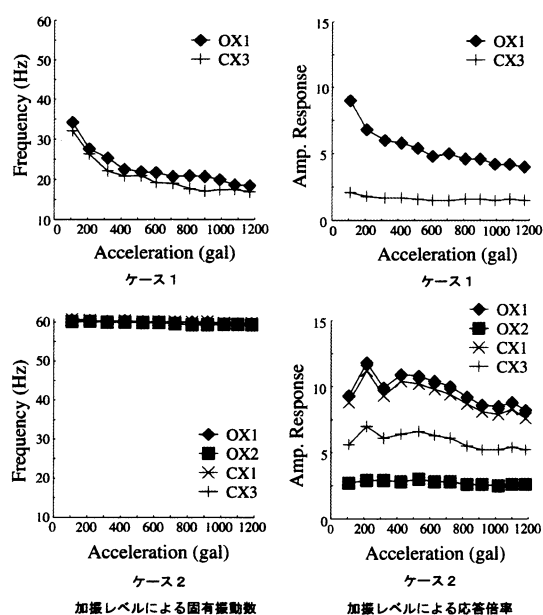


図2 固有振動数，応答倍率と加振レベル