

人工バリアモデルの振動実験

防災科学技術研究所 正員 御子柴 正
 防災科学技術研究所 小川 信行
 防災科学技術研究所 箕輪 親宏
 動力炉・核燃料開発事業団 石川 博久

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアシステムでは、長期にわたって地下水の接触やそれに伴って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発揮できるための前提条件として、地震等に対しても人工バリアシステムが健全な状態で存在することが必要である。本研究では、人工バリアシステムの小型モデルを製作し、振動実験により緩衝材中に置いた模擬オーバーパックの応答特性を求め検討を行った。ここでは、緩衝材が乾燥状態の時の振動実験の概要を紹介する。

2. 試験体概要及び振動実験

地層処分は、高レベル放射性廃棄物を炭素鋼などの頑丈な密封容器（オーバーパック）に入れ、深層地下の岩盤（天然バリア）に掘った空洞（処分孔）にすきまなく詰められた緩衝材（ベントナイト）の中に置かれる。本研究で製作した人工バリアモデルは、天然バリアを拘束容器、オーバーパックを炭素鋼塊、緩衝材をベントナイトで模擬した。大きさは実物の1/5スケールであり、横置きに設置するモデルである。このモデルの概要を下記に示す。

・拘束容器：

内部を直接観察することができるアクリルの胴体にステンレス鋼で補強しており、内部圧力は最大5 kg f/cm²程度まで耐えられる構造になっている。

・オーバーパック：

重量は約100kg程度であり、振動実験時にセンサーが緩衝材の抵抗にならないように加工を施してある。

・ベントナイト：

このモデルで最も重要なベントナイトは、含水比を約10%に調整した粉末ベントナイトであるクニゲルV1を使用した。充填は、今後の注水を容易にし現象の顕在化を考慮した結果、乾燥密度0.85で充填を行った。充填方法は、一定重量を段階的に充填した。

計測では、センサーとして加速度計及び土圧計を使用した。加速度計はオーバーパック（OX1, OX2, OY1, OY2, OZ1, OZ2）とベントナイト中（CX1, CX2, CZ1, CZ2）に、また、土圧計はオーバーパック（BX2, BX4）と拘束容器内側（BX1, BX3）に設置した。試験体全景を写真1に示すとも

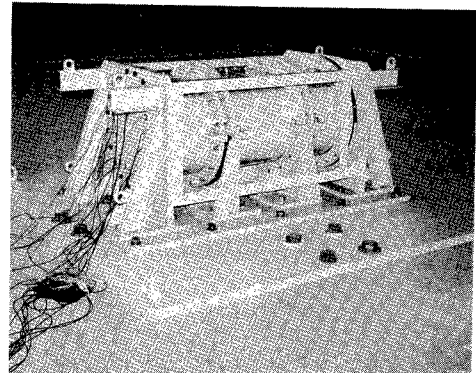


写真1 試験体全景

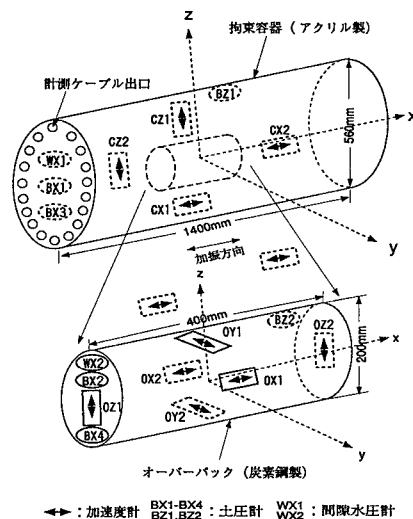


図1 センサー配置

に、センサーの配置を図1に示す。

振動実験は、入力波として正弦波スイープ及び実地震波を用いた。加振方向は水平1方向とし、実験に使用した振動台は大型耐震実験装置（加振台15m×14.5m、最大振幅±220mm）である。

4. 実験結果と考察

1) 固有振動数と応答倍率

今回の振動実験では、オーバーパック及びベントナイトの固有振動数を求めるのが目的の一つである。固有振動数及び応答倍率の検索は、正弦波スイープで周波数帯15Hz～65Hzを加振レベル50, 100, 200及び300galで加振を行った。固有振動数と加振レベルを図2に、応答倍率と加振レベルを図3に示す。オーバーパック（OX1, OX2）及びベントナイト（CX1, CX2）の固有振動数は、図2のようになっており、加速度が大きくなるに従って小さくなる傾向を示した。このことから、顕著な非線形特性（ソフトスプリング）を示すことがわかった。また、応答倍率は、オーバーパックがベントナイトのほぼ2倍であり、減衰比は、オーバーパックで約0.2、ベントナイトで約0.3であった。

2) 実地震波

実地震波加振では、表面波を含んだ実地震波（エルセントロ、宮城県沖仙台及び十勝沖八戸）と岩盤で観測した実地震波（1993年9月6日岩手県南部地震、釜石鉾山での記録）の2種類を使用した。ここでは、釜石鉾山での記録（観測点K1-X、標高865m）を使用した結果を述べる。K1-Xは10Hz付近をピークとしたパルス波的な実地震波である。この実地震波を入力として、100gal程度から最大1G近くまで段階的に加振レベルを大きくして加振を行った。最大加速度比を図4に、最大圧力を図5に示す。振動台に対するオーバーパック及びベントナイトの最大加速度比は、加振レベルが大きくなっても目立った変化はなく、オーバーパックで、1.3倍辺り、ベントナイトで1倍辺りを前後していた。また、最大圧力は、オーバーパック及びベントナイトとも、加振レベルが大きくなるに従って圧力も大きくなる傾向を示した。

5. おわりに

今後、本モデルの緩衝材に注水し、浸潤飽和させた状態で同様の振動実験を行い、地震時の人工バリアシステムの振動挙動を更に検討する予定である。

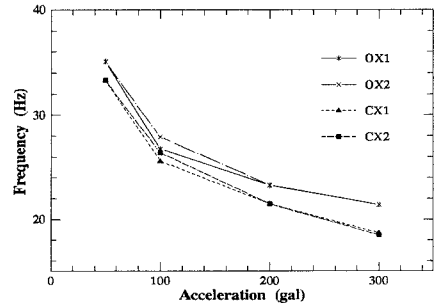


図2 固有振動数と加振レベル

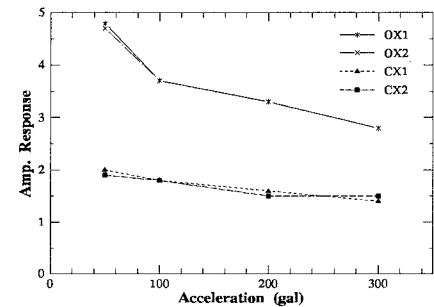


図3 応答倍率と加振レベル

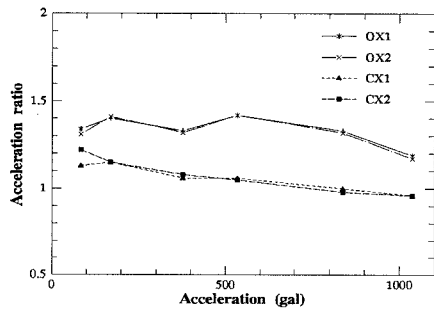


図4 K1-Xの最大加速度比

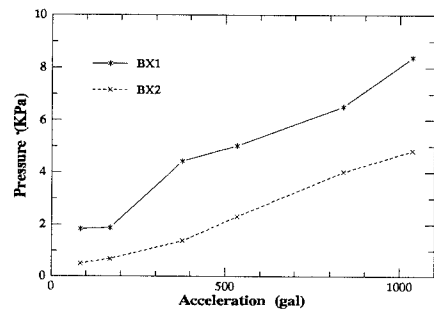


図5 K1-Xのベントナイト最大圧力