

## 人工バリア緩衝材の動的特性把握のための予備振動実験

独立行政法人防災科学技術研究所 正会員 御子柴 正

### 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、緩衝材の動的特性を把握するために慣性マスの慣性力を利用した試験体での予備実験を実施した。振動実験は、緩衝材が乾燥状態及び緩衝材に注水を行い飽和した状態の2ケースである。なお、緩衝材が飽和した状態では間隙水圧の計測を試みた。

### 2. 試験体の概要

試験体は容器の外箱、慣性マスの中箱及びウエイトから構成されており、緩衝材は振動台に固定された外箱と振動台には固定されず4トンのウエイトを搭載した中箱の間に充填した。隙間は左右対称に1箇所（A側及びB側）あり、幅122mmである。この試験体は、加振周波数を一定にして加振加速度が小さなレベルから大きなレベルまで任意に変化させて加振が行える特徴を持っている。計測に用いたセンサーは、加速度計、土圧計及び間隙水圧計である。センサーの設置位置として、加速度計（AC01-AC10）は、A側の外箱及び中箱の中央縦に各3ヶ所、B側の外箱及び中箱の中心に各1ヶ所の計8ヶ所と振動台に2ヶ所とした。土圧計（EP01-EP12、緩衝材が乾燥状態ではEP01-EP04）は、外箱A側及びB側とも各両端縦に3ヶ所、計12ヶ所とした。また、間隙水圧計（PW1-PW8）は、A側及びB側とも外箱及び中箱の各両端に1ヶ所、計8ヶ所とした。試験体全景を写真1に示すとともに、各センサーの配置概略を図1に示す。

実験ケースは、緩衝材が乾燥状態（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飽和した状態（ケース2）の2ケースである。緩衝材は、埋設後の人工バリアシステムが長期間経った状態を模擬・想定するために候補材であるベントナイトとケイ砂を混合（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）して用いた。乾燥密度は、短期間に注水を行う制約等から地層処分と考えられている密度よりかなり低くした。そのため緩衝材は粉末状のものを使用し、圧縮成型用ジグを用いて圧縮充填を行った。また、緩衝材への注水は、外箱及び中箱のA側及びB側に50mmの注水口をそれぞれ20ヶ所開けて、外箱から中箱に通水できるように10ミクロンのポーラスストーンを取り付けてある。注水は注水装置を用いて、注水圧力0.1~0.2MPa程度でたれ流し状態にして飽和度を高めた。

### 3. 実験結果と考察

ケース1の振動実験は、乾燥密度を変えて計3回行った。乾燥密度は、実験その1が $1.0\text{g/cm}^3$ 、その2は $1.2\text{g/cm}^3$ 及びその3は $1.4\text{g/cm}^3$ である。実験手順は、まず、ランダム波加振から中箱の固有振動数を求めた。次に、この固有振動数で15秒間の定常サイン波を生成し、100gal程度から100gal毎に段階的に上げて行き最大1.5G近くまでの加振を行った。実験の結果、中箱の固有振動数は29Hzであり、この周波数の定常サイン波による土圧計（EP03）の応答は、各乾燥密度とも加速度レベルが大きくなるに従って最大圧力は大きくなった。加速度レベルが1000gal程度の時、EP03の最大圧力は実験その1で4KPa前後、その2では8KPa前後また、その3では13KPa前後であった。なお、実験後の乾燥密度は、実験その1では $1.18\text{g/cm}^3$ になっ

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

たが他の乾燥密度では変化がなかった．加速度レベルによる最大圧力を図2に示す．

緩衝材が飽和した状態では，乾燥密度を  $1.0\text{g/cm}^3$  とした．この試験体に 85 日間の注水を行い，実験後の飽和度は A 側 108%，B 側 107%であった．実験は，ランダム波加振により中箱の固有振動数を求めたところ 55Hz，応答倍率は約 1.5 倍であった．次に，この固有振動数で生成した 15 秒間の定常サイン波と緩衝材の変形量を大きくするために約半分の 25Hz，更に変形量を大きくするために 10Hz の定常サイン波（30 秒間）も生成して振動台への入力波とした．加振方法は乾燥状態の時と同様に，加速度 100gal 程度から 100gal 毎に段階的に上げて行き最大 1.5G 近くまで加振を行った．なお，55Hz における加振は振動台限界性能である 800gal 近くまで行った．実験の結果，計測点 EP03 における緩衝材の加速度レベルによる最大圧力は，各入力周波数において，加速度レベルが大きくなるに従って大きくなった．しかし，最大圧力は，25Hz 加振時が一番大きかった．これは，加振周波数と変位との関係から緩衝材への加力が最も大きかったと考えられる．加速度レベルによる最大圧力を図3に示す．

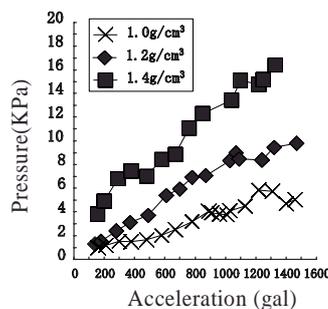
間隙水圧の計測においては，上昇が顕著に認められた 25Hz 加振時の PW2 及び PW5 について述べる．図4に示した軸ひずみと累積過剰間隙水圧の関係から，ひずみ振幅 0.05% 辺りから間隙水圧が上昇し，0.1% を超えると増加の度合いが大きくなった．また，図5に示した PW2 の累積繰り返し応力と累積過剰間隙水圧の関係から，繰り返し回数は各応力段階で同一であることから，750 回の繰り返し回数で，応力振幅を次第に大きくすると累積過剰間隙水圧も比例して増加する．この関係はほぼ指数関数で近似できる（相関係数 0.95）ことから，蓄積される過剰間隙水圧は，繰り返し回数が同一な時，応力振幅の増加に伴い指数関数的に増加すると考えられる．

4. 終わりに

振動台を用いて緩衝材の動的特性を把握するための予備実験を行い，基本データの取得及び間隙水圧の計測を試みた．本実験において間隙水圧の上昇は認められたがごく微量であった．今後，せん断フレーム等の試験体を用いた振動実験から緩衝材の動的特性の把握を行う予定である．



写真1 試験体全景



（緩衝材が乾燥状態）  
図2 加速度レベルによる最大圧力

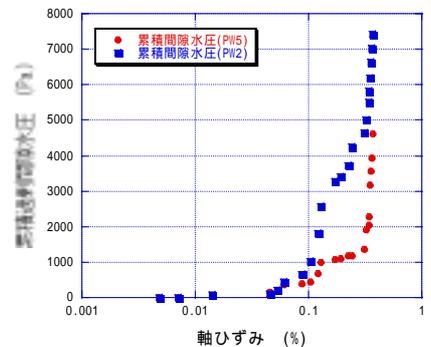


図4 軸ひずみと累積過剰間隙水圧の関係

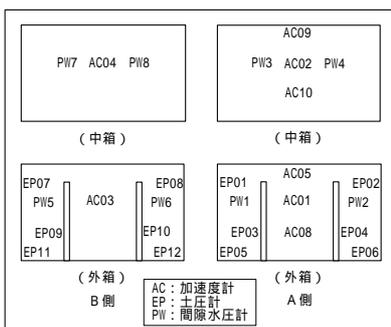
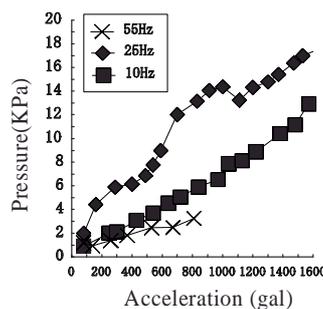


図1 センサー配置



（緩衝材が飽和した状態）  
図3 加速度レベルによる最大圧力

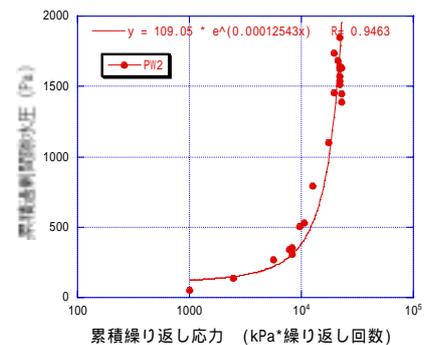


図5 累積繰り返し応力と累積過剰間隙水圧の関係