

緩衝材の長期廃棄体支持性能に関する研究（その１）

- 遠心载荷模型実験によるシミュレーション -

(株)東京電力 正会員○斎藤 典之

(株)大林組 正会員 高橋 真一、森 拓雄、中岡 健一

名古屋大学 正会員 市川 康明

東京工業大学 河村 雄行

１．はじめに

高レベル廃棄物処分における人工バリア要素である緩衝材は、長期に亘ってオーバーパック周辺に健全な状態で存在することが必要であるため、緩衝材の候補材料であるベントナイトのオーバーパック支持性の評価は重要な課題の一つとされている。これまで筆者らはミクロ構造に基づいた長期力学的挙動評価を行ってきた^{1),2)}。既存の研究では、オーバーパックの沈下挙動を対象にした遠心模型実験³⁾が実施されたことはあるが、緩衝材の挙動についてのデータは少ない。そこで今回、図 - 1 に示す処分概念をモデル化した遠心载荷模型実験を行ない、モデルの妥当性検証と遠心場での相似則を考慮して実機の挙動予測を行なった。

２．実験概要

図 - 2 に今回行なった実験のフローを示す。モデルの縮尺すなわち遠心加速度は、遠心力場での圧密時間および模型の緩衝材厚さなどを考慮して 80G（重力の 80 倍）とし、1/80 模型を作製した。奥行き方向は 150mm で、緩衝材の厚さは 12.5mm である。廃棄体の重量は、実機で想定される最も重いケースとして $\rho = 3.4\text{g/cm}^3$ とした。排水条件は、土槽の上下左右 4 面をポーラスメタルで作製し、遠心载荷模型実験中は、水タンクによって約 200kPa の水圧がかかる状態を維持した。

2.1 供試体の作製

緩衝材模型の作製方法は、自然含水比の粉体ベントナイト（クニゲル V1， $\omega =$ 約 7%）を実験土槽内に投入し圧縮整形する方法とした。緩衝材の密度は、所定の透水係数が確保できかつ最も大きな変形が見込まれる条件として $\rho_d = 1.2\text{g/cm}^3$ とした。奥行き方向の均一性を確保するため、1 層あたりの仕上げ厚さを変化させた圧縮整形の予備試験を実施し、3 層（1 層あたり $5\text{cm} \times 3 = 15\text{cm}$ ）に分けて模型を完成させた。飽和は負圧をかけながら 0.1Mpa の水圧で注水する方法とした。飽和についても予備試験を実施し 95%以上の飽和度が確保できることを確認した。

2.2 遠心模型実験

遠心载荷模型実験は、約 75 時間の連続運転とした。これを実物に換算すると、約 55 年間のシミュレーションを行なったことに相当する。载荷中は廃棄体模型に埋込んだ、土圧計および水圧計のほか画像センサー⁴⁾で

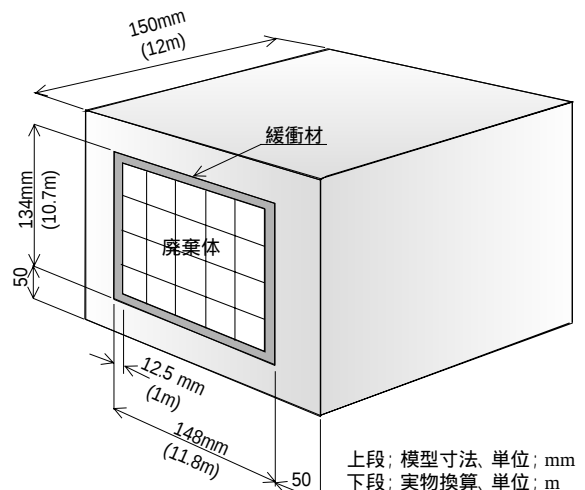


図 - 1 処分概念のモデル化

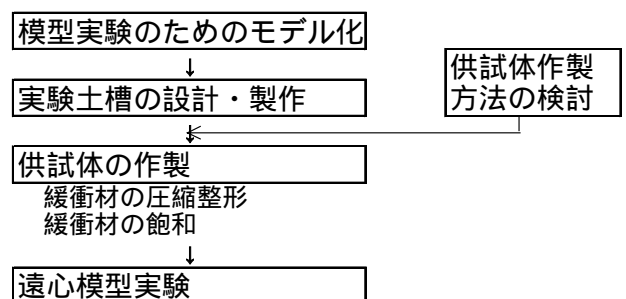


図 - 2 緩衝材の遠心载荷模型実験フロー

キーワード 人工バリア，ベントナイト，遠心模型実験，圧密，変形，膨潤

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 0424-95-0910

廃棄体と緩衝材の動きを観測した。なお、再現性を確認するため同じ条件で3回の実験を行なった。

3. 実験結果

3.1 供試体の作製

緩衝材模型の圧縮整形は、応力約 2MN/m^2 (10kN / 緩衝材断面積 64.25cm^2) で所定の密度に仕上がった。緩衝材の飽和は約 28 日間で行なった。飽和中の土・水圧の変化（4 面の平均値）を図-3 に示す。飽和開始直後、負圧の -0.1Mpa で始まり、水の浸透とともに、圧力が上昇している。土圧計と水圧計の差が、ベントナイトの膨潤圧と考えられるが、約 0.2Mpa の圧力が発生している。

3.2 廃棄体および緩衝材の沈下挙動

写真-1 に遠心模型実験前の土槽を示す。点線で囲まれた部分が廃棄体模型で、白く見えているのは摩擦を低減するためのテフロン板である。テフロン板には変位計測のためのマーキングをした。廃棄体外側の濃い灰色の部分が緩衝材で、白色と青色のビーズが変位計測の標点として埋込まれている。図-4 は、これらの標点を画像センサーで計測した沈下量の経時変化である。緩衝材は沈下量が最も大きくなった下面の沈下量をプロットした。廃棄体は時間とともに沈下し、圧密現象的な挙動を示した。沈下は約 30 時間程度で収束し、遠心実験終了時の

沈下量は約 0.1mm 程度あった。一方、緩衝材の沈下は、廃棄体よりも小さく、の基盤に近い位置の緩衝材は、ほとんど変形しない。なお、廃棄体の変形量が 30 時間後から上昇しているのは廃棄体模型の回転によるものと考えられる。

4. まとめ

以上の結果、緩衝材の密度 $\rho_d = 1.2\text{g/cm}^3$ と廃棄体重量 $\rho = 3.4\text{g/cm}^3$ の条件で施工を行なった場合、約 55 年後の廃棄体の沈下は緩衝材厚 1m に対して 8mm 程度で、 0.8% 程度のひずみが発生すると予測される。

<参考文献>

- 1) 中岡ほか、第 57 回土木学会全国大会 2002 年、CS10-42、pp.465-466.
- 2) 長谷川ほか、第 57 回土木学会全国大会 2002 年、CS10-41、pp.463-464.
- 3) 中村ほか、第 37 回地盤工学研究発表会 2002 年 No.142 pp281-282
- 4) 森ほか、第 37 回地盤工学研究発表会 2002 年 No.656 pp1306-1307

* 本研究は、北海道電力(株)、東北電力(株)、東京電力(株)、中部電力(株)、北陸電力(株)、関西電力(株)、中国電力(株)、四国電力(株)、九州電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による電力共通研究成果の一部である。

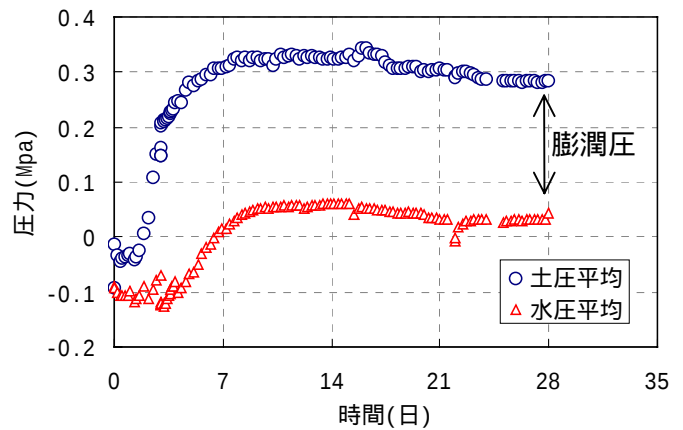


図-3 飽和中の土水圧変化

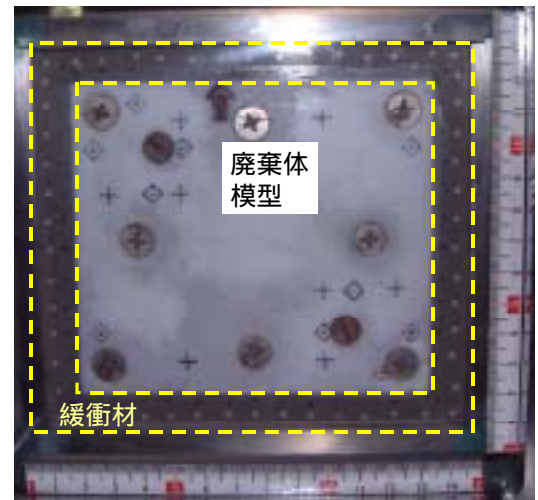


写真-1 遠心実験土槽（正面）

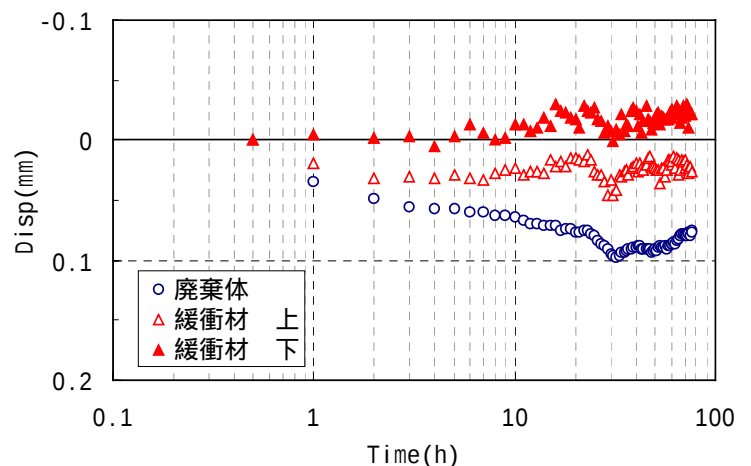


図-4 緩衝材と廃棄体の動き