# 地下空洞型処分施設性能確証試験におけるベントナイト密度測定方法の検討

大成建設(株) 正会員 〇矢田 勤 藤原 斉郁 山本 卓也 (財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 大沼 和弘 石橋 勝彦 寺田 賢二

## 1. はじめに

地下空洞型処分施設性能確証試験底部緩衝材施工確認試験は、低レベル放射性廃棄物のうち比較的放射性レベルの高い廃棄物等を対象とした地下空洞型処分施設の人工バリア構成のうち、底部緩衝材を実規模大で構築し、施工性の評価や施工時の品質等の確認を行うものである.緩衝材の品質管理においては、密度を透水係数の代用特性として管理を行う計画である.密度測定方法としては、出来型体積と材料重量から算出する方法やボーリングコア試料の測定する方法がある.前者は測定対象全体の平均的な密度を示し、密度分布が把握出来ない他、測定精度が比較的低い.また、後者は測定精度が高いものの、コア採取のために部分的な破壊が生ずるとともに、局所的な測定のため、空間的な密度分布の把握が困難となっている.このため、施工現場において、迅速な密度測定が可能となる非破壊調査手法の適用が重要となっている.

本検討では、密度及び含水比を調整したベントナイト試験体において現場での適用が可能である各種の間接 的な密度測定手法による測定を行い、それぞれの密度測定手法のベントナイト密度測定に対する適用性を検討 した. **表-1 クニグルGXの主な特性値<sup>1)</sup>** 

#### 2. 試験概要

試験体のベントナイト材料はクニゲル GX を使 用する.クニゲル GX の主な特性値を表・1 に示す.

含水比を調整したベントナイト材料を土槽内で 締固め,各所の測定手法による測定を実施し,測定 値と物性試験結果から密度と含水比を比較し,相関 関係を求めた. 今回, 間接的な密度測定方法は, 表 面散乱型 RI 法,小型 FWD 法,動的コーン法,シ ュミットハンマー法, 針貫入法, 高周波容量式水分 計について,適用性を検討した.表面散乱型 RI法 は、非破壊で即時に密度測定が出来る利点がある. 今回使用する測定器具では,水分の測定も可能であ り,その適用性について確認を行う.小型 FWD 法, 動的コーン法では,測定結果から地盤反力係数が得 られる. また, シュミットハンマー, 針貫入法から は、測定結果から一軸圧縮応力度が得られる.得ら れた測定結果と含水比測定データから密度・水分の 相関を検証する.高周波容量式水分計はコンクリー ト表面等で即時に水分測定が出来る実績があり、ベ ントナイトへの適用性について検証する.試験体の 製作仕様及び試験方法について表-2 に、作成した 試験体を図-1に、測定状況を図-2に示す.

| 特性値                       | 使用材料        | 平均值          | 最小·最大值                | 範囲(3 o)             | クニゲル V1  |
|---------------------------|-------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------|
| 最小密度(Mg/m <sup>3</sup> )  | クニゲル GX     | 1.191        | 1.188 • 1.194         | 1.185~1.197         |          |
| 最大密度(Mg/m <sup>3</sup> )  | クニゲル GX     | 1.407        | 1.401 • 1.416         | 1.395~1.419         |          |
| 土粒子密度(Mg/m <sup>3</sup> ) | クニゲル GX     | 2.650        | 2.615 • 2.672         | 2.599~2.701         | 2.7*     |
| 含水比(%)                    | クニゲル GX     | 7.06         | 6.79.7.35             | 6.67~7.45           | 10%以下    |
| 液性限界(%)                   | クニゲル GX 粉砕品 | 346.9        |                       | 330~360             | 416*     |
| 變性限界(%)                   | クニゲル GX 紛砕品 | 22.7         | 19.7 • 24.1           | 20.3~25.1           | . 21*    |
| pH                        | クニゲル GX 粉砕品 | 10.0         | 9.9.10.1              | 9.9~10.1            | 9.5-10.0 |
| メチレンブルー吸着量(mmol/100g)     | クニゲル GX 粉砕品 | 72.2         | 56.0.76.0             | 58.0~86.3           |          |
| モンモリロナイト含有量(%)            | クニゲル GX 粉砕品 | 51.5         | 40.0 • 54.3           | 41.4~61.6           | 46-49*   |
| 膨潤力(ml/2g)                | クニゲル GX 粉砕品 | 14.2         | 12.0.16.0             | 10.5~17.8           | 16以上     |
| 鉱物組成                      | クニゲル GX 粉砕品 | モンモリロ<br>オラ・ | コナイト,石英(も<br>イト,長石,方解 | しくは玉髄), ゼ<br>石, 黄鉄鉱 |          |
| 陽イオン交換容量(meq/100g)        | クニゲル GX 粉砕品 | 65.6         | 60.7 • 76.4           | 55.2~75.9           | 52*      |

表-2 試験体の製作仕様および試験方法

| 土槽     | 試験仕様、試      | 験方法                | 数量               |
|--------|-------------|--------------------|------------------|
| ①大型試験体 | 試験体寸法 (m    | )                  | 幅1.0×長さ1.0×高さ0.2 |
|        | 試験体数 (個     | 5)                 | 3                |
|        | 目標乾燥密度 (M   | g/m <sup>3</sup> ) | 1.5, 1.6, 1.7    |
|        | 目標含水比 (%    | )                  | 21.0             |
|        | 試験方法        |                    |                  |
|        | 表面散乱型RI法 密  | 度、水分               | 9箇所×1方向×測定10回    |
|        | 小型FWD 地     | 盤反力係数              | 16箇所             |
|        | 動的コーン 地     | 盤反力係数              | 16箇所             |
|        | シュミットハンマーー  | 軸圧縮強度              | 16箇所             |
|        | 針貫入 一       | 軸圧縮強度              | 16箇所             |
|        | 高周波容量式水分計水  | 分                  | 16箇所             |
|        |             |                    |                  |
| ②小型試験体 | 試験体寸法 (m    | )                  | 幅0.5×長さ0.5×高さ0.2 |
|        | 試験体数 (個     | 5)                 | 9                |
|        | 目標乾燥密度 (M   | g/m <sup>3</sup> ) | 1.5, 1.6, 1.7    |
|        | 目標含水比 (%    | )                  | 17.0, 18.5, 21.0 |
|        | 試験方法        |                    |                  |
|        | 表面散乱型RI法 密  | 度、水分               | 1箇所×1方向×測定10回    |
|        | 小型FWD 地     | 盤反力係数              | 1箇所              |
|        | 動的コーン 地     | 盤反力係数              | 1箇所              |
|        | シュミットハンマーー  | 軸圧縮強度              | 1箇所              |
|        | 針貫入 一       | 軸圧縮強度              | 1笛 正             |
|        |             |                    | 1回//1            |
|        | 高周波容量式水分計 水 | 分                  | 1箇所              |





図-1 大型試験体

<u> 図-2 測定状況(針貫入)</u>

キーワード 放射性廃棄物,ベントナイト,緩衝材,品質管理,密度測定 連絡先 〒160-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設(株)原子力本部 TEL03-5381-5315

## 3. 測定結果の相関

各測定結果の相関を表・3 に示す.ここで、"測定値"は測定機器により直接測定する値、"比較対象"は相関をとる値を示す. RI 密度・水分計については、各密度測定値、含水比測定値ともに各コア密度、コア含水比との相関が良い結果となった. RI 乾燥密度とコア乾燥密度の相関及び RI 湿潤密度とコア湿潤密度の相関を図・3、図・4 に示す.相関図の 95%信頼区間は共に±0.1Mg/m3 程度の範囲になっている.

高周波容量式水分計,小型 FWD,動的コーン,シュミットハンマー,針貫入法では,密度に関しては簡易動的コーンの貫入量とシュミットハンマーの反発硬度,水分に関しては簡易動的コーンの衝撃荷重と針貫入法の貫入勾配が比較的相関が良いことが判った.一方,小型 FWD と高周波容量水分計は密度・水分ともに期待した成果が得られなかった.

| 測定装置             | 測定値    | 比較対象   | 相関係数   |
|------------------|--------|--------|--------|
| RI密度<br>・<br>水分計 | RI湿潤密度 | コア湿潤密度 | 0.853  |
| ]]               | RI乾燥密度 | コア乾燥密度 | 0.811  |
| ]]               | RI水分密度 | コア水分密度 | 0.850  |
| 11               | RI含水比  | コア含水   | 0.773  |
| 高周波容量水分計         | D値     | 水分密度   | -0.079 |
| 11               | D値     | 含水比    | -0.006 |
| 小型FWD            | 衝撃荷重   | 湿潤密度   | 0.126  |
| 11               | 衝撃荷重   | 乾燥密度   | 0.175  |
| 11               | 貫入量    | 湿潤密度   | -0.293 |
| //               | 貫入量    | 乾燥密度   | -0.328 |
| "                | 衝撃荷重   | 水分密度   | -0.103 |
| //               | 衝撃荷重   | 含水比    | -0.281 |
| 11               | 貫入量    | 水分密度   | -0.066 |
| 11               | 貫入量    | 含水比    | 0.205  |
| 動的コーン            | 衝撃荷重   | 湿潤密度   | 0.445  |
| 11               | 衝撃荷重   | 乾燥密度   | 0.562  |
| ]]               | 貫入量    | 湿潤密度   | -0.528 |
| ]]               | 貫入量    | 乾燥密度   | -0.627 |
| ]]               | 衝撃荷重   | 水分密度   | -0.143 |
| ]]               | 衝撃荷重   | 含水比    | -0.675 |
| "                | 貫入量    | 水分密度   | 0.020  |
| "                | 貫入量    | 含水比    | 0.587  |
| シュミットハンマー        | 反発硬度   | 湿潤密度   | 0.643  |
| 11               | 反発硬度   | 乾燥密度   | 0.609  |
| 11               | 反発硬度   | 水分密度   | 0.573  |
| "                | 反発硬度   | 含水比    | 0.164  |
| 針貫入法             | 貫入勾配   | 湿潤密度   | 0.317  |
| //               | 貫入勾配   | 乾燥密度   | 0.449  |
| //               | 貫入勾配   | 水分密度   | -0.290 |
| ]]               | 貫入勾配   | 含水比    | -0.758 |





図 3 RI 乾燥密度とコア乾燥密度の相関(データ数 21)



#### 4. 密度測定手法の評価

図 4 RI 湿潤密度とコア湿潤密度の相関(データ数 21)

本試験の結果、今回行った測定方法において最も相関の高い結果となった測定装置は、散乱式 RI 密度・水 分計であった.比較対象とした湿潤密度、乾燥密度、水分密度、含水比に対して相関係数は 0.773~0.853 で あった.また、散乱式 RI 密度・水分計は相関図の 95%信頼区間が湿潤密度及び乾燥密度で±0.1Mg/m3 程度 の範囲となっていることから原位置での密度測定方法として有望と考えられる.

また,動的コーン,シュミットハンマー,針貫入法は湿潤密度,乾燥密度,水分密度,含水比に対して相関 が比較的高い(相関係数 0.528~0.758)結果が得られたが,比較的大きなバラツキを示した.今後の緩衝材 施工における品質管理に適用するにあたっては,更にデータを蓄積し,信頼性の向上を図ることが必要と思わ れる.

なお、本報告は経済産業省からの委託による「管理型処分技術調査等」の成果の一部である.

#### 【参考文献】

1) 核燃料サイクル開発機構:わが国における放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2 次とりまとめ-分冊 2, JNC TN4100 99-022, 1999

凡例)相関係数の絶対値:0.6以上は着色箇所