

坑道埋戻し材の密度管理への誘電水分センサーの適用予備試験

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) 正会員 ○榊 利博

日本原子力研究開発機構 正会員 真田祐幸

非会員 大貫賢二, 竹内竜史

1. 目 的

日本原子力研究開発機構の瑞浪超深地層研究所 (MIU) では、坑道の閉鎖 (埋戻し) に伴う地質環境の回復過程を理解し、坑道閉鎖後の地質環境特性の変遷を推定するための解析手法を構築することを目的とした調査研究を実施している (原子力機構, 2014). 坑道埋戻し時の埋戻し材の密度管理は、施工時の埋戻し材の状態が所定の条件 (例えば、周辺岩盤と同等の透水性など) を満たすことを判断する重要な要素である. 本論では、埋戻し終了以降に再冠水挙動をモニタリングするための水分センサーを、埋戻し時には密度管理用のツールとして利用するための適用予備試験とその結果について述べる.

2. 試験概要

本試験は 2014 年 9 月に MIU の主立坑槽内にて実施した. 埋戻し材にはベントナイト : 砂 : 碎石を 15:35:50 (材料 A, 初期含水比~13%), ベントナイト : 砂を 15:85 (材料 B, 初期含水比~16%) の配合 (乾燥重量比) で混ぜたものを用いた. ベントナイトは原鉱を破碎して製造した粒状ベントナイト (クニゲル GX) で、目開き幅 10 mm の土質試験用ふるいを通したものを使用した. 砂は岐阜県東濃地方産のコンクリート砂, 碎石は花崗岩からなるコンクリート用碎石 (1505) を用いた. 図 1 (a,b) に示すように 2 × 3 m の試験領域を設定し、それを 1 × 1 m の 6 つの計測エリアに分割した. 1 層目を初期層厚~10 cm で盛土・転圧後、各計測エリアの中心付近の地点に図 1 (c) に示す誘電式の土壌水分センサーを設置し 2 層目を盛土・転圧した. また、センサー設置方法の検討のため、2 層目と 3 層目の間のセンサーについては 2 層目の頂面を数 cm 掘り込んで設置し、手にて覆土・締固めた後に 3 層目の盛土・転圧を実施した. 転圧は計測エリアごとに図 1 (b) 中に示す回数分実施した. なお、図 1 (b) 中の数字は 2 層目の転圧回数、カッコ内が 3 層目の転圧回数である.

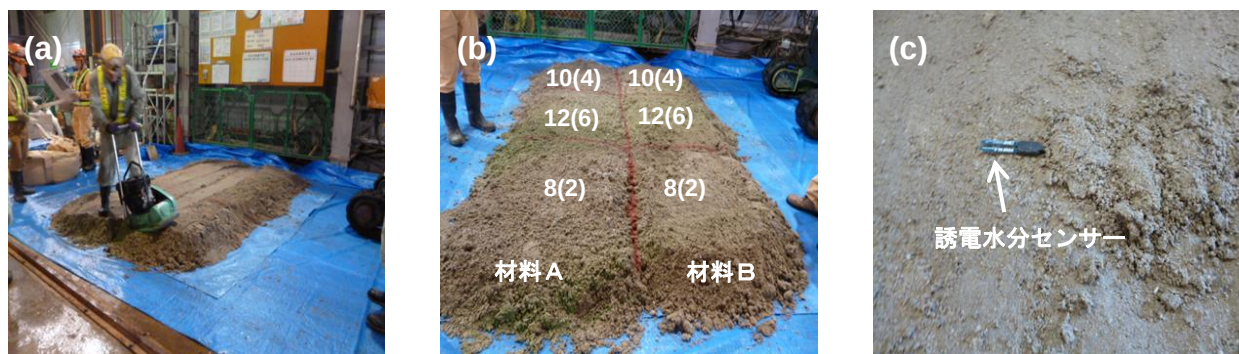


図 1 試験の概要. (a) 転圧状況, (b) 1 層目の盛土直後, (c) 誘電水分センサー EC-5

3. 誘電水分センサーの埋戻し材の密度計としての適用

一般的な土壌水分センサーは、その種類により固有の計測領域を持つ. 埋戻し材は所定の含水比になるように配合されるため、充填密度が高いほどセンサー周辺の計測領域内に多くの水分が存在する. 粒状ベントナイトの埋戻し時に誘電式水分センサーを密度計として利用する研究に関しては、スイスのモンテリ地下岩盤研究所で実施中の Full-scale Emplacement 試験などにおいて先行している (Sakaki et al., 2015a,b). ただし、誘電水分センサーの密度に対する感度はセンサーの種類や埋戻し材の配合などに依存するため材料ごとの確認試験が必要となる. 本試験に用いたものと同種のセンサーを材料 A に類似した材料中 (粉末のベントナイト, その他は同条件) に設置して密度を変化させた場合の出力値を調べた室内試験では図 2 のような相関が得られた

連絡先 Nagra 〒5430 Hardstrasse 73 Wettingen, Switzerland, Phone: +41-56-437-1337

キーワード 坑道埋戻し, 埋戻し材, 誘電式土壌水分センサー, 密度計測

ため、同センサーの出力値より充填時の密度を推定できる可能性が大きいことがわかる。

4. 試験結果

図3に材料Aに設置したセンサーの盛土・転圧時の出力の変化の一例を示す。センサーa, bは、それぞれ1～2層目の間、2～3層目の間に設置されたセンサーある。2層目の材料A区間はセンサーa設置後の9:20に盛土を開始、転圧は9:46より開始した。最初の8回の転圧によって出力は約800まで上昇し、その後の転圧では出力の変化は非常に小さかった。

同日13:00より各計測エリアの2層目頂面を数cm掘り込んでセンサーbを設置し、これにより3層目の盛土・転圧時の挙動を計測するものとした。掘り込み部分は直後に覆土して手で締固めたが、その時点でセンサーbの出力は2層目の盛土のみの場合と比較して大きく上昇した。3層目は翌日の8:45に盛土、9:08に転圧を開始した。転圧2回ごとの変化がわかるように時間を若干あけて実施した。その結果、転圧回数の増加とともにセンサーbの出力が上昇する傾向がみられたが大部分の変化は前日の手による締固めにてよるものであった。

5. まとめ

今回実施した予備試験では、埋戻し材の盛土・転圧時の密度変化に対して誘電水分センサーの出力が有意な変化をすることが確認できた。今回対象とした材料では手による覆土・締固めの影響を除くと最初の4回程度までの転圧で概ね締固められその後の転圧による効果は比較的小さく、3層目の転圧が2層目に与える影響も小さいことがわかった。充填密度に関しては、図3のセンサー出力に類似材料から得た図2の関係が適用できると仮定すると乾燥密度は 1.7 Mg/m^3 前後となる。転圧時の各段階において採取したサンプルでは、乾燥密度は転圧回数に応じて $1.6 \sim 1.8 \text{ Mg/m}^3$ 程度の範囲で変化しており、センサー出力による推定値とも概ね合致している。よって、誘電水分センサーは今回用いたような材料に対しては埋戻し後の再冠水挙動のモニタリングだけでなく、埋戻し時には密度管理のための情報を取得するツールとして利用できる十分な可能性を確認することができた。今後は同センサーの校正を材料A, Bについて実施し図3の結果をより定量的に評価するとともに、原位置での埋戻し試験の評価に役立てていく予定である。

参考文献

- ・原子力機構 (2014), 超深地層研究所計画年度計画書 (2014年度), JAEA-Review2014-035, pp.19-20.
- ・Sakaki, T., S. Köhler, H. R. Müller (2015a), FE Experiment: Density measurement of granulated bentonite mixture in a 2D pre-test using a dielectric moisture profile probe, Clay Conference 2015, March 23-26, Brussels, Belgium.
- ・Sakaki, T., S. Köhler, M. Hertrich, H. R. Müller (2015b), FE/LucocX: Density measurement of granulated bentonite mixture in a full scale mockup test using dielectric tools, LucocX Conference and Workshop, Oskarshamn, Sweden.

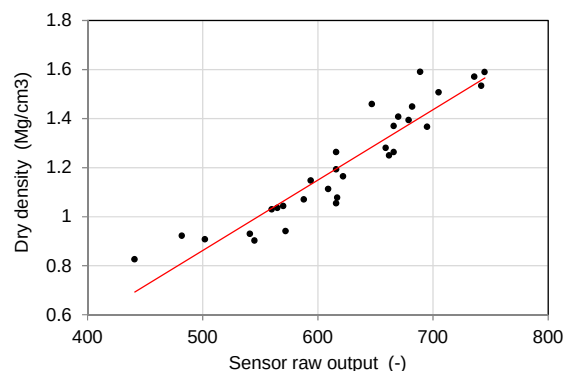


図2 水分センサー出力と乾燥密度の関係
(材料Aのベントナイトが粉末の場合)

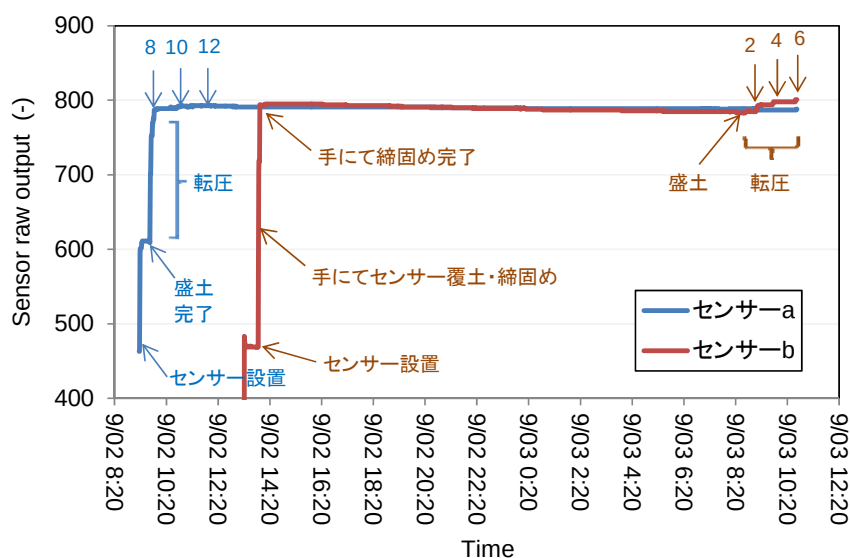


図3 盛土時・転圧時のセンサー出力変化の一例
(材料A, 図中の数値は転圧回数を示す)