コンクリートと接するベントナイト砂混合土のカルシウムイオンの移動による膨潤力の変化

群馬大学工学部　学生会員　○　冨澤　奈緒美
仙台市役所　非会員　福岡　弘誠
群馬大学工学部　正会員　杉山　隆文
群馬大学工学部　フェロー　辻　幸和

１．はじめに

放射性廃棄物の地層処分において、コンクリートとともに Na 型ベントナイトを用いるにあたり、コンクリートから溶出する Ca イオンによって Na 型ベントナイトが Ca 型化することが懸念されている。Ca 型化することで膨潤力が低下すると考えられているが、定量的な評価には Ca 型化したベントナイトを用いる必要がある。しかし、コンクリートとベントナイトの複合供試体では、Ca イオンの移動には長時間要するために、定量化が十分になされていない。そこで本研究では、電気泳動法でベントナイト砂混合土に Ca イオンを移動させた供試体を作製し、Ca イオンの移動による膨潤力の低下を各種分析により、定量的に評価した。

２．実験概要

(1)ベントナイト砂混合土の作製

ベントナイトはクニゲル V1、砂は粒度を 1.2mm 以下に調整した陸砂水は蒸留水をそれぞれ用いた。ベントナイトと砂は質量比 7：3 で混合し、オムニミキサーで練混ぜ後、試料を PE 袋に入れ一晩放置して再度練混ぜを行い、締め固めた。締固め方法は質量 2.5kg のランマーを 30cm の高さから落下させた。落下回数は 250 回/1 層とした。ベントナイト砂混合土の圧縮成型体の含水比は、約 15%であり、乾燥密度は約 1.8g/cm^3 である。

(2)ベントナイト砂混合土とモルタルの複合供試体の作製方法

ベントナイト砂混合土をφ10cm×20cm の円柱型枠を用いて厚さが 8cm になるように 2 層に分けて締め固めた後、電極（陰極）をセットし、その上に厚さが 1cm になるようにベントナイト砂混合土を再度締め固めた。その後、型枠から外し、**図 -1** のように再び型枠に設置し、電極の反対側に厚さが 1cm になるようにモルタルを打ち込んだ。24 時間後、型枠から取り出し、電気泳動試験セルに装着するために円周面をシリコンで固定した。なお、モルタルの養生では、モルタル部分を湿布で覆い、28 日間恒温室で行なった。モルタルの W/C は 45%、S/C は 2.0 であり、普通ポルトランドセメントを用いた。

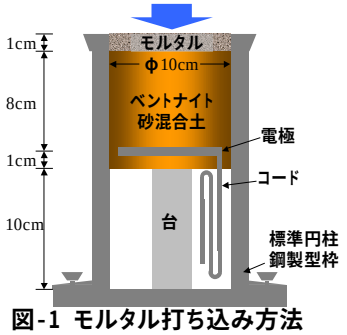

図-1 モルタル打ち込み方法

なお、比較用として、厚さが 5cm のベントナイト砂混合土単体の供試体も作製した。両電極は 3cm 離して共に埋め込んである。

(3)電気泳動試験方法

図 -2 に示す電気泳動試験装置を用いて、モルタル中の陽イオンである Ca イオンを陰極方向であるベントナイト砂混合土中へ溶出させ、モルタル界面側のベントナイトを Ca 型化させた。セルに直流定電圧 15V を印加し、経時的に電流を測定した。試験は、それぞれ 3 体の供試体に対して、約 40 日間行った。そして、試験後の試料について膨潤力、浸出陽イオン量、を測定し、XRD 分析を行った。

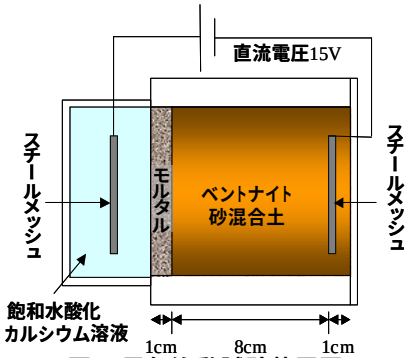

図-2 電気泳動試験装置図

キーワード　コンクリート　ナトリウム型ベントナイト　膨潤力　カルシウム型化　電気泳動法
連絡先：〒376-8515　群馬県桐生市天神町 1-5-1　℡ 0277-30-1610　FAX 0277-30-1601

３．実験結果

(1)電気泳動試験結果

電気泳動試験中の電流は経時的に減少し、一定の値に収束した。電気泳動試験装置を解体し、ベントナイト砂混合土の試料を回収した。試料を陽極側から 1cm ずつ 8 層に切断して、各分析に供した。モルタルとの界面から 1 層目と称する。なお、ベントナイト単体については、5mm 毎に計 6 層に切断し、陽極側を 1 層目とした。

(2)膨潤力、浸出陽イオン量分析結果

膨潤力、浸出陽イオン量の関係を**図 3** に示し、ベントナイト砂混合土のみで電気泳動試験を行なった場合と比較した。縦軸は各層の膨潤力を陰極電極の接していた層の膨潤力で除したものであり、横軸は同じ層の Na イオンと Ca イオンの浸出量の比を示す。ここで、複合体 4 は界面から埋込み電極までの距離が 2cm であり、モルタルではなく、W/C が 45%の硬化コンクリートを使用している。

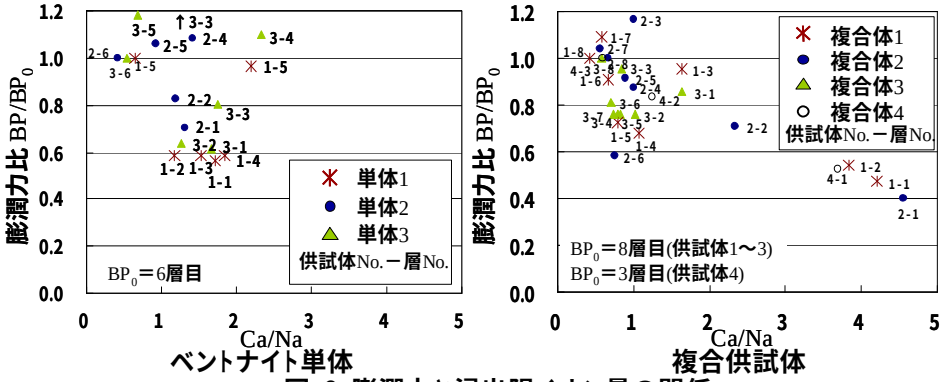

図-3 膨潤力と浸出陽イオン量の関係

ベントナイト単体では、膨潤力比が 0.6～1.2、Ca イオン量が Na イオン量の 0.5～2 倍の範囲に分布がみられた。陰極側の層より陽極側の層で膨潤力が低下していた。一方、複合供試体では、ベントナイト単体の結果と同様にすべての供試体のほとんどの層は膨潤力比が 0.6～1.2、Ca イオン量が Na イオン量の 0.5～2 倍の範囲に分布していた。しかし、複合体 1 の 1 層目、2 層目、複合体 2 と 4 の 1 層目は、膨潤力が 4～5 割程度に減少し、Ca イオン量は Na イオン量の約 4 倍であった。Ca イオンがモルタル、およびコンクリート界面から移動した結果、1 層目付近の膨潤力が低下したと考えられる。複合体 3 は電気量が小さく、Ca イオンの移動が十分でなかったと思われる。

(3)XRD 分析結果

図 4 にベントナイト単体と複合供試体の XRD 測定結果を示す。電気量が同程度の単体 3 と複合体 1 の結果である。ベントナイト単体では 1 層目から 3 層目で 2θ=5.95° 付近にピークがみられ、複合体では 1 層目で 2θ=6.07° の時にピークを示した。モルタルと接していた 1 層目は Ca イオンが移動し、Ca 型化したためと考えられる。しかし、外部から Ca イオンの供給がないベントナイト単体の陽極側の層でも Ca 型のピークが見られたことから、2θ=6.07° では、別の結晶が関係していると思われる。

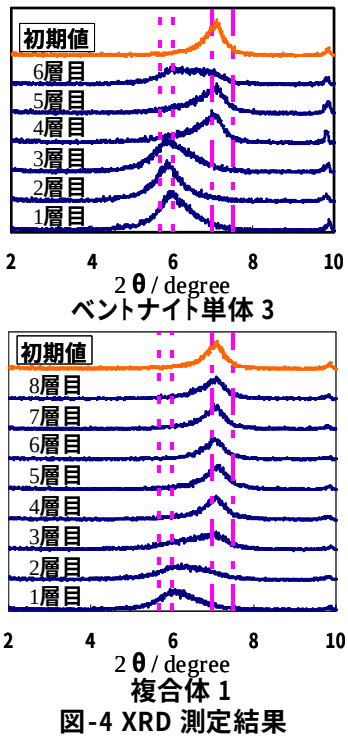

図-4 XRD 測定結果

４．まとめ

電気泳動試験により直流定電圧を約 40 日間 15V 印加し、モルタル中の Ca イオンをベントナイト砂混合土に移動させた結果、モルタル界面から 1cm 付近では Ca イオン量が Na イオン量の 4 倍になり、ベントナイトの膨潤力は 4～5 割まで減少した。

参考文献　1) 福岡弘誠他：コンクリートと接するベントナイト砂混合土の変状に関する基礎実験 土木学会第 59 回年次学術講演会、CS 部門, pp. 71－72、2004.
2) 冨澤奈緒美他：モルタルとベントナイト砂混合土の界面近傍に関する考察　第 32 回土木学会関東支部技術研究発表会、第Ⅴ部門, No.46、2005.