

ベントナイトへの炭酸水素ナトリウムの混合による人工バリアの高耐久化

群馬大学大学院 正会員 ○半井健一郎
 学生会員 渡邊 真樹
 (株) デイ・シイ 正会員 鯉渕 清

1. はじめに

現在検討されている放射性廃棄物の余裕深度処分では、セメント系材料による低拡散層とベントナイト系材料による低透水層からなる人工バリアが計画されている。数万年という超長期の安定性を確保するためには、両者の相互作用に伴うセメント系材料の溶脱劣化や溶脱イオンによるベントナイトのカルシウム型化などによるバリア機能の低下を低減し、高耐久化を実現する必要がある。

一方で、炭酸水素イオンを含む地下水に接することでセメント系材料の溶脱劣化が大幅に抑制されることが報告されている¹⁾。

著者らは、炭酸水素イオンによる溶脱抑制効果をより能動的に活用すると同時に、ベントナイトのカルシウム型化による性能低下抑制を実現することを目的として、あらかじめベントナイト中に炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) を混合する方法を検討している²⁾。本研究では、電気泳動法による促進劣化試験を用い、 NaHCO_3 によるセメント系材料およびベントナイトの劣化抑制効果について検討を行う。

2. 実験概要

超長期の劣化現象を迅速に評価するため、電気泳動法を適用することとした。図-1 に示すようにセメントペーストとベントナイト砂混合土を組み合わせた複合試験体を作製し、電気泳動試験を行った。ベントナイト砂混合土は、クニゲル V1 と最大粒径 1.2mm の陸砂を質量比 7:3 でオムニミキサによって混合した。炭酸水素ナトリウムの混合の効果を検討するため、ベントナイトの質量に対して、0, 0.4, 4.1, 7.1% の NaHCO_3 を混合した。それぞれ、C0, C0.4, C4, C7 とした。ベントナイトの間隙水の濃度は、C4 および C7 において飽和濃度となる。混合後にランマーで締固め、乾燥密度が 1.6g/cm^3 になるようにした。

セメントペーストは W/C=60% とし、普通ポルトランドセメントを用い、セルロースエーテルを主成分とする分離低減剤を 6kg/m^3 添加した。材齢 1 日までの封緘養生後、脱型して水中養生を行った。試験時の材齢は、C0 および C0.4 で 50 日、C4 および C7 で 97 日であった。

複合供試体のベントナイト砂混合土内に陰極、セメントペーストに接する飽和水酸化カルシウム溶液中に陽極を設置し、直流定電圧 5V を印加した(図-1)。試験期間は 140 時間に統一した。試験期間中の各試験体の積算電気量は 12.3~13.7kC であり、ほぼ同等になった。

電気泳動試験後の試験体は、切断して各種分析に供した。セメントペーストは、ベントナイトとの境界面から 0~2mm を界面、10~15mm を中央としてそれぞれ $90\mu\text{m}$ に粉碎し、熱分析によって水酸化カルシウム Ca(OH)_2 量および炭酸カルシウム CaCO_3 量を測定した。また、ベントナイト砂混合土は、セメントペースト境界面を 5mm、その後を 10mm の厚さに切断し、日本ベントナイト工業標準試験方法に準拠して、膨潤力および浸出陽イオン量を測定した。

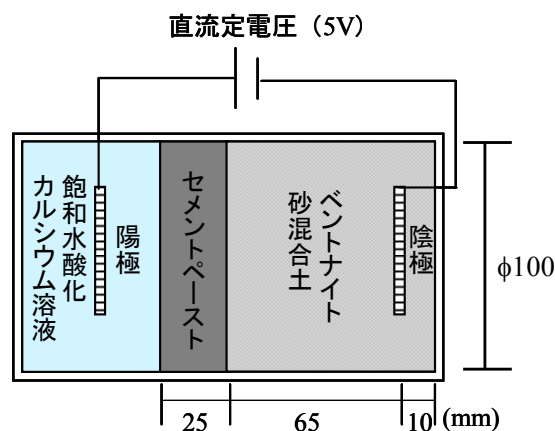


図-1 劣化促進試験の概要

キーワード ベントナイト, 溶脱, カルシウム型化, 人工バリア, 炭酸水素ナトリウム, 炭酸カルシウム
 連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部社会環境工学デザイン工学科 TEL0277-30-1611

3. 実験結果と考察

図-2 に電気泳動試験前後のセメントペーストの熱分析結果を示す。Ca(OH)₂ および CaCO₃ はそれぞれ 800°C における試料質量に対する質量割合である。合計 Ca 量は、Ca(OH)₂ および CaCO₃ に含まれる Ca の総量を、配合を元にセメントペースト単位体積あたりに変換したものである。NaHCO₃ を混合していない C0 や混合量の少ない C0.4 では、Ca(OH)₂ や合計 Ca 量が試験前の初期値と比較して大幅に減少した。一方、混合量の多い C4 や C7 では、Ca(OH)₂ が減少した分 CaCO₃ が増加し、合計 Ca 量は初期値とほぼ同じ値となった。これは、ベントナイト中の炭酸水素イオンとセメントペースト中の Ca(OH)₂ から溶脱した Ca イオンが反応し、CaCO₃ を形成したため、セメントペーストの溶脱劣化の進行が抑制されたものであると考えられる。なお、中央部では、いずれの試験体においても、大きな変化はみとめられなかった。

図-3 に電気泳動試験後のベントナイト砂混合土の膨潤力を試験前の値で除して求めた膨潤力比を示す。いずれの試験体においてもセメントペーストに近い 1 層目側で膨潤力が低下しているが、NaHCO₃ の混合により低下の程度を大幅に抑制できていることが確認できる。これは、前述した溶脱抑制効果によってベントナイトに供給される Ca が減少したことと、あらかじめ多くの Na が含まれていたことによる。

図-4 には、4 試験体の各測定位置における膨潤力比と浸出陽イオン量の関係の分析から、比較的相関が高かった関係を示す。浸出陽イオン量は試料 100g あたりのイオン当量である。横軸は、Ca イオン当量に Na イオン当量を 10 倍したものを加えたものである。多くの Na イオンを含有することにより高い膨潤性能を保持することが確認できる。

4. まとめ

ベントナイトにあらかじめ炭酸水素ナトリウムを混合しておくことにより、セメント系材料とベントナイト系材料からなる人工バリアの性能低下を抑制できることを、電気泳動法による促進劣化試験により確認した。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(若手研究(A) 18686037)により実施したものである。

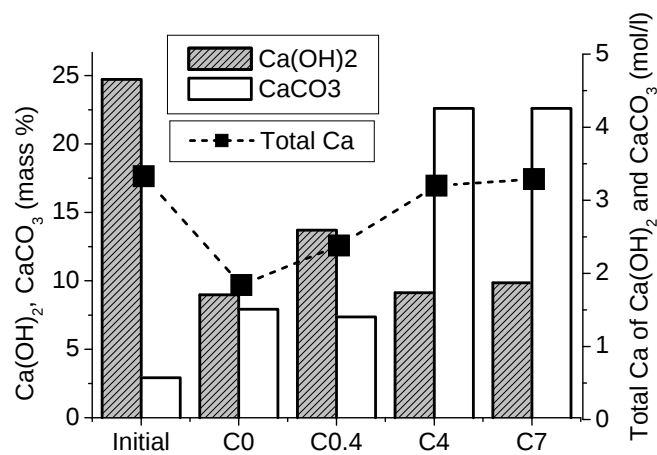


図-2 熱分析結果 (界面)

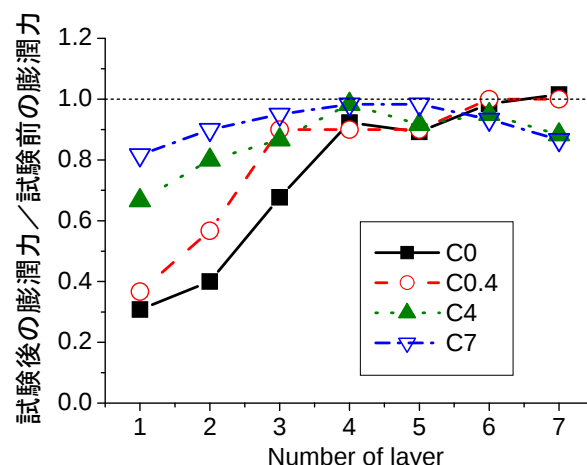


図-3 膨潤力の測定結果

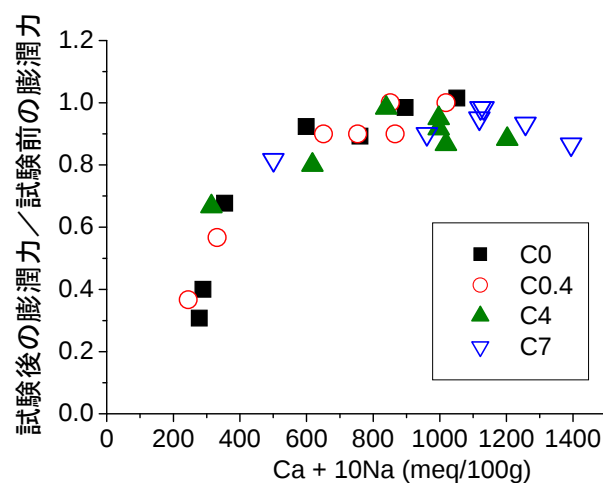


図-4 膨潤力比と浸出陽イオン量との関係

参考文献

- 1) 蔵重勲ほか：地下水含有成分がセメント硬化体の溶脱に及ぼす影響(4)，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.61，CS05-042，pp.289-290，2006。
- 2) 渡辺真樹ほか：ベントナイトへの炭酸水素ナトリウムの混合がセメント系材料の溶脱に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.30，2008.(投稿中)