

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

群馬大学大学院 学生会員 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
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 高見 満

1.はじめに

現在、高レベル放射性廃棄物の地層処分において、人工バリア材としてNa型ベントナイトを用いることが検討されており、ベントナイト砂混合土がコンクリートから受ける各種作用を把握することは重要である。本研究では、コンクリートから溶出するCaイオンに注目し、CaイオンがNa型ベントナイトに及ぼす影響を電気的手法を用いて検討した。また、ベントナイト砂混合土の基礎物性についても調べた。

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、砂は最大粒径を5.0mmと1.2mmに調整した陸砂を2種類、水は蒸留水を用いた。ベントナイトと砂は質量比7:3でオムニミキサにより混合した。練混ぜ後、試料をポリエチレン袋に入れ一晩放置したのち、再度オムニミキサで練り混ぜてから締固めを行った。締固め方法は質量が2.5kgのランマーを30cmの高さから落下させ、落下回数は250回/1層とした。予備実験より求めたベントナイト砂混合土の締固め曲線を図-1に示す。含水比が約15%付近に乾燥密度のピークが見られるため、15%を最適含水比とし、本研究で使用するベントナイト砂混合土の含水比とした。

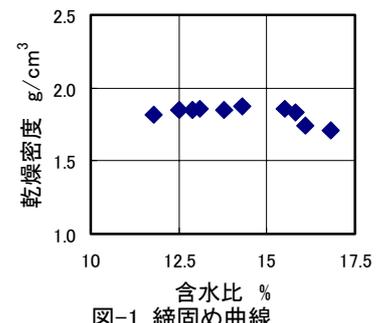


図-2 透気試験装置図

(2)ベントナイト砂混合土の透気特性

図-2に示すような装置を用いて、10×5cmの供試体に窒素ガスを圧力を変化させながら透過させ、透気特性を調べた。供試体の円周面にはエポキシ樹脂を塗布し、接着剤を用いて厚さ1mmのゴムシートと密着させた。ゴムシートと試験装置はステンレス針金を用いて固定した。図-3に透気試験結果を示す。本研究で用いる含水比が15%のベントナイト砂混合土の透気係数はゲージ圧が0.1MPaから0.35MPaの間において減少していき、 $15 \times 10^{-11} \text{mm}^2$ に収束した。

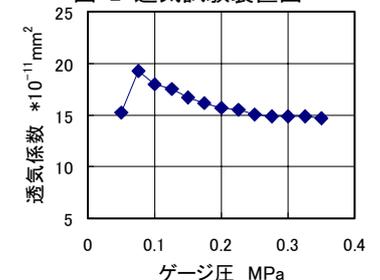


図-3 透気試験結果
直流通電圧 15V

(3)電気泳動試験方法

図-4に示すセルを用いて、47~52日間、供試体の作製条件を変えた2体を電気泳動試験した。供試体の作製条件を表-1に示す。減圧吸水を行った10×2cmのコンクリートの上面に厚さが2cmになるようにベントナイト砂混合土を締め固めた後、電極をセットし、さらに厚さが1cmになるように締め固めた。セルに直流定電圧を15V印加し、経時的に電流を測定した。試験前と試験後の試料についてベントナイト砂混合土の膨潤力、pH、伝導率、浸出陽イオン量を測定し、XRDおよびTG-DTA分析を行った。

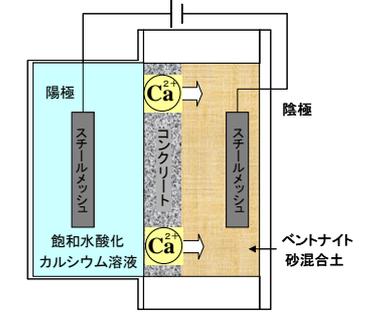


図-4 電気泳動試験装置図

3.実験結果

電気泳動試験結果

電気泳動試験中の電流の経時変化を図-5に示す。供試体、ともに経時的に電流は減少し、2~3mAと小さな値に収束している。電極でのガスやイオンの生成

表-1 供試体の作製条件の違い

供試体	(1)	(2)
ベントナイト砂混合土の砂の最大粒径 mm	5.0	1.2
コンクリートのW/C%	40	45
コンクリートの減圧吸水に使用した溶液	水道水	飽和水酸化カルシウム

キーワード 硬化コンクリート ベントナイト砂混合土 界面性状 Ca型化

連絡先：〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 0277-30-1610 FAX 0277-30-1601

量は少ないと思われる。電気泳動試験を終了した後装置を解体し、ベントナイト砂混合土の試料を回収した。回収した試料の写真を図-6に示す。試料には円周面上と内部に波のように白く変色した部分がみられた。コンクリートからCaイオンが浸透した部分であると考えられるため、試料を1cmずつ3層に切断して、各分析試験に供した。コンクリート側から1層目と称する。なお、供試体の一部は変色部と、無変色部とに分けて各分析試験に供した。

膨潤力、pH、伝導率、MB吸着量、浸出陽イオン量の結果

表-2に分析結果を示す。初期値で14ml/2gあった膨潤力が、電気泳動試験後の1層目及び変色部は50%程度以下に減少していた。これはNa型ベントナイトより膨潤力が低いというCa型ベントナイトと同じ特性¹⁾を示している。

浸出陽イオン量より、各層に浸出してきたCaイオンの割合に注目すると、1層目及び変色部の浸出陽イオンの約80%以上をCaイオンが占めていた。これは、ベントナイトの主成分であるモンモリロナイト層間に存在するNaイオンがコンクリートから浸出してきたCaイオンと交換された可能性がある。

1、2層目及び変色部のMB吸着量が減少しているため、電気泳動試験によりこの付近のモンモリロナイト量が減少したことがわかる。

2層目及び3層目の伝導率は増加しており、陰極電極の付近に陽イオンが蓄積している可能性がある。

XRD、TG-DTA分析結果

モンモリロナイトの底面原子間隔はNa型では約12~12.5、Ca型では約15であることが知られている²⁾。これはXRD測定においては、Na型では $2\theta = 7.0 \sim 7.5^\circ$ 、Ca型では $2\theta = 5.7 \sim 6.0^\circ$ にピークがみられることを示す。図-7にXRDの結果を示す。初期値や無変色部ではNa型の中にピークがあったものが、変色部においてはCa型の範囲へピークが移動していることが認められる。

ベントナイトはおよそ500から700の間にモンモリロナイト結晶構造の水酸基の熱分解による脱水の吸熱を伴う減量がみられる³⁾。そこでTG-DTA分析によるモンモリロナイト量の定性的な評価を試みたが、本研究では、500から700付近の間での吸熱を伴う減量は初期値、試験後ともに差がみられなかった。これはMB吸着量試験結果と異なる結果であり、TG-DTA分析によるモンモリロナイト量の定性的な評価は難しいといえる。

供試体の作製条件を変えて試験を行ったが、今回の実験では試験結果への著しい影響は認められなかった。

4.まとめ

本研究で用いたセルに直流定電圧を47~52日間15V印加した結果、膨潤力、浸出陽イオン量、XRDの各分析結果より、コンクリートの界面から1cm程度の付近、特に白色に変色した部分のベントナイト砂混合土はCa型化する傾向がみられた。よって、本研究で提案する試験方法はベントナイト砂混合土のCa型化を検討するのに有効であると考えられる。

参考文献 1) 三原守弘:ナトリウム型ベントナイトのカルシウム型化に伴う透水係数及び核種の実行拡散係数の変化 サイクル機構技報 6 (2000.3) 2) 黒澤進他:高アルカリ性条件下でのベントナイトの変質とコロイドろ過効果に及ぼす影響 日本原子力学会和文論文誌 vol.1, No.2 3) 日本ベントナイト工業会標準試験方法

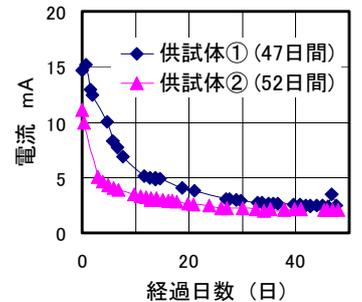


図-5 電流の経時変化

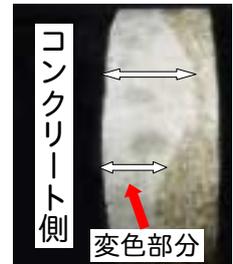


図-6 供試体①の円周面上の変色の様子

表-2 初期値と試験後の分析結果

	初期値	電気泳動試験後								
		①-1層	①-2層	①-3層	②-1層	②-2層	②-3層	②-変色部	②-無変色部	
膨潤力 ml/2g	14.0	4.8	13.3	13.5	7.1	11.3	13.5	5.0	10.5	
pH	10.1	9.8	12.1	12.2	9.6	10.7	10.4	11.1	10.6	
伝導率 mS/m	36.3	13.4	79.1	105.9	19.9	65.5	73.7	56.0	92.3	
MB吸着量 mmol/100g	40.0	28.0	32.0	40.0	28.0	28.0	36.0	22.0	36.0	
浸出陽イオン量 meq/100g	Ca ²⁺	36.9 (43)	56.8 (93)	69.3 (54)	64.9 (31)	68.5 (77)	75.2 (55)	48.6 (37)	104.3 (81)	50.7 (32)
	Na ⁺	48.4 (56)	2.4 (4)	56.3 (44)	143.8 (68)	18.5 (21)	60.4 (44)	82.1 (62)	23.0 (18)	106.0 (67)
	K ⁺	1.6 (2)	1.9 (3)	3.7 (3)	3.0 (1)	1.8 (2)	2.0 (2)	1.7 (1)	2.0 (2)	2.1 (1)
	Total	86.9	61.1	129.3	211.7	88.8	137.6	132.4	129.3	158.8

※ カッコ内はTotalに占める各陽イオンの割合 (%)

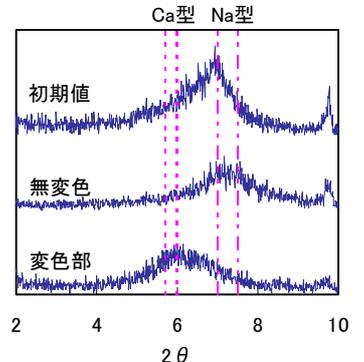


図-7 XRD測定結果