火山灰質性地盤材料を母材としたベントナイト混合土の遮水性能の評価

熊本大学大学院　学生会員○宮内　陸
熊本大学大学院　　正会員　椋木　俊文
熊本大学技術部　　非会員　志田　賢二

１．はじめに

熊本地震による阿蘇地域の大規模な斜面崩壊は大量の土砂を発生させた．その土砂には特殊土に分類される赤ボクと呼ばれる火山灰質性粘土が含まれている．赤ボクの自然含水比は 140-200%と高く，自然状態では地盤材料として扱いにくいため，地盤改良を試みる研究が行われている[1)]．一般に盛土材料としての再利用を目的とした研究が多く，遮水材料としての効果に着目した研究は少ない．乾燥履歴を受けると物理特性をはじめ力学・浸透特性も変化するが[2)]，難透水性材料を添加することによる赤ボクの透水性の評価に関する研究は少ない．そこで本研究の目的は，熊本地域特有の特殊火山灰質粘性土である赤ボクを対象とした新遮水材料を開発することである．本報では，赤ボクの乾燥履歴後の鉱物組成の変化および赤ボクベントナイト混合土の塩化カルシウム水溶液に対する遮水性について報告する．

２．赤ボク

赤ボクは，自然含水比より乾燥させていくと，土粒子の団粒化が非可逆的に進み，土のコンシステンシー，透水性に影響を及ぼす．表-1 に赤ボク，および赤ボク（A）にベントナイト(B)を 10%，15%添加した混合試料(それぞれ以下より A，B，A+B10，A+B15)の各物性を示す．また，図-1 に A，A+B10，A+B15 の液性限界試験によって得られた流動曲線を示す．これらから，A に対して B の添加率が増加することで液性限界，すなわち土の保水性が高く，自然状態の A は液性限界に近い含水状態で存在することがわかる．図-2 は，不攪乱状態における直径 3 ㎜の赤ボク試料のマイクロ X 線 CT 画像である（1 画素 4μm）．赤ボクの CT 画像では，空隙を 4.7%含む状態であった．143%の含水比を有する赤ボクの間隙は，マイクロ CT 画像の解像度でも可視化できないミクロポアに存在していると考えられる．ただし，間隙率(n)が，81%と以上に高く，赤ボク中に含まれる水は，吸着水がほとんどで自由水が少ない状況にあると考えらえるが，この割合については定量評価できる手法はない．

表-1　各試料の基本物性

Case	A	B	A+B10	A+B15
w_n(%)	143	5	161	169
pH	5.9			
ρ_s(g/cm^3)	2.67	2.61	2.66	2.66
ρ_d(g/cm^3)	0.51		0.50	0.48
n(%)	81		51.3	51.9

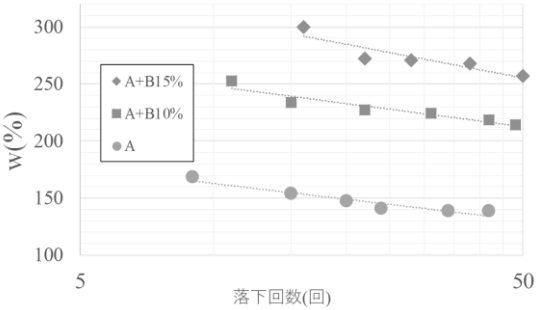

図-1　流動曲線

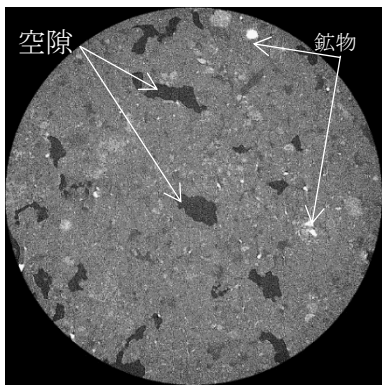

図-2　不攪乱赤ボクの CT 画像

３．XRD(X 線回析法)および赤ボクの鉱物組成の同定

XRD(X-ray Diffraction)は対象試料に X 線を照射した際，X 線が原子の周りにある電子によって散乱，干渉した結果起こる回析を解析することを測定原理としている．この手法を用いることで構成成分の同定や定量，結晶サイズや結晶化度等を把握することができる．また，XRD は結晶質と非晶質の物質を判別することができる唯一の手段でもある[3)]．図-3 に A の自然状態，絶乾状態の試料に対する XRD の結果を示す．

キーワード　火山灰質粘性土，遮水，流動曲線，ベントナイト
連絡先　　〒860-8555　熊本市中央区黒髪 2-39-1　熊本大学　TEL:096-342-3691（椋木教員室）

図-3 より，A が乾燥を経たことによる土粒子の結晶構造にほとんど変化は見られないが，非晶質成分が減少したことが分かる．また，ピークが顕著にみられる 3 つの箇所ではそれぞれアノーサイト，石英であると同定できた．以上より，赤ボクの鉱物組成はカオリン鉱物に酷似した結晶構造であること，乾燥を経ることで起こる鉱物組成の変化として非晶質の減少が挙げられ，これが赤ボクの乾燥に伴う工学的性質の変化を及ぼす原因の一つであることが考えられる．

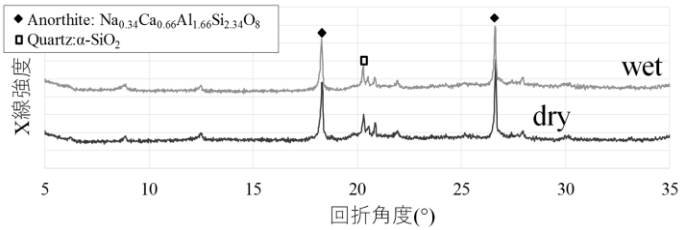

図-3 XRD 結果

４．定流量透水試験結果

本研究では液性限界以上の状態に加水して調整した赤ボク（A）に対し，粉末状のナトリウム型ベントナイト（B）を 10%および 15%添加したのち十分に攪拌させて圧密させて供試体を作製した．定流量透水試験では，蒸留水と塩化カルシウム水溶液($CaCl_2$:1000ppm，2000ppm)を順に流入させ，累積流入量（PV）が 1.5～2.0 における透水係数(k)を評価した．図-4 は，豊浦砂にベントナイトを 10%添加した場合の透水係数と今回の実験 Case とを比較した結果である．ベントナイトを 10%添加した時においては母材が赤ボクである場合，その透水係数は豊浦砂が母材の場合と比較して 100 倍低い透水性を発揮している．一方，ベントナイトを 15%添加した時においては両者ともにほぼ等しい透水性であることが分かる．

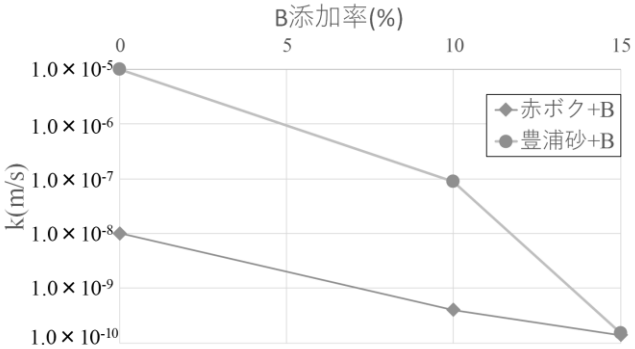

図-4 ベントナイト添加率と透水係数の比較

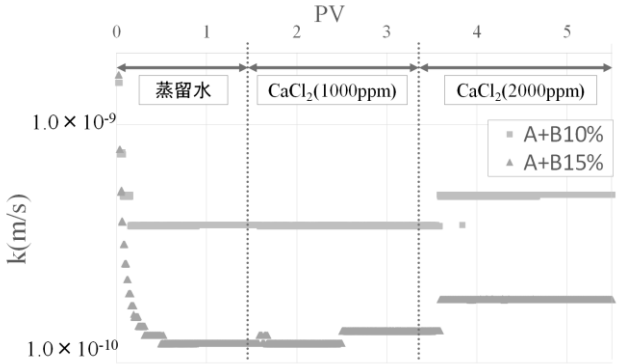

図-5 定流量透水試験結果

図-5 は，定流量透水試験における累積流入量（PV）に伴う透水係数の変化を示している．これらの結果から，蒸留水流入時と $CaCl_2$(1000ppm)流入時では A+B10%，A+B15%ともに透水係数はほとんど変化していないが，$CaCl_2$(2000ppm)の流入時において両者ともに透水係数が徐々に増加していることが分かる．これは，塩化カルシウムの濃度が増加したことで混合したナトリウム型ベントナイトに対し、ナトリウムとカルシウムのイオン交換が生じ，ベントナイトの遮水性能が低下したことを示唆している．以上より，ベントナイト添加率が 15%以上である場合，母材となる土が砂質土，粘性土関係なく遮水性能はベントナイトの低透水性が支配的な効果を発揮することが分かった．また，赤ボクを母材とした際のベントナイト混合土は，濃度が 1000ppm までは塩化カルシウム水溶液の影響を受けにくく遮水性を維持できることがわかった．

５． おわりに

今後は，ベントナイト混合土の XRD 分析を行い，赤ボク内におけるベントナイトの遮水メカニズムについて言及する予定である．また，拡散・吸着実験を実施し，赤ボクおよびベントナイト混合土の物質輸送パラメータについても評価を行っていく予定である．

参考文献

1) 北園芳人，林康弘，鈴木敦巳（2002）：火山灰質粘性土の物理・化学特性による分類，火山灰地盤の工学的性質の評価法に関するシンポジウム論文集，地盤工学会，pp.161-166.
2) 宋 永焜, 遠藤 和人, 浅野 滋之（2000）：関東ロームのアロフェン含有量が環境地盤工学的性質に及ぼす影響，材料 Vol. 49 (2000) No. 1 P 10-13.
3) 弘楓（2017）：粘土鉱物の表面構造制御による埋立土の減容化に関する研究,熊本大学修士論文