

固化作用のある混和材によるベントナイトの物理化学特性の変化に関する基礎的研究

群馬大学工学部 学生会員 ○嶋倉 ちづる
 群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎
 (株)デイシイ 鯉渕 清

1. はじめに

近年、放射性廃棄物の処分の手法が検討されており、ベントナイト系材料の使用が有効であるとされている。処分施設には超長期の安定性が要求されることから、ベントナイト系材料には、力学的な安定性ととも、高いバリア性能を長期間にわたって安定的に発揮することが求められる。しかしながら、数万年の間には、周囲のセメント系材料からの溶脱成分によってベントナイトが変質し、性能が低下する可能性がある¹⁾。

本研究では、ベントナイトに固化作用のある混和材を混合することで、水和反応による浸透水の化学的な固定や強度増加によって、ベントナイトの止水性能および力学的安定性を向上させる手法の提案を目的とした。基礎的検討として、混和材混合ベントナイト供試体を作製し、処分施設環境下を模擬した養生を行った後、物理化学的特性の変化を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体の種類

本研究では、固化作用のある混和材として、潜在水硬性をもつ高炉スラグ微粉末(以下 BS と示す)およびポゾラン反応を示すフライアッシュ(以下 FA と称す)を用い、検討を行うこととした。

BS 混合供試体は、ベントナイト(クニゲル V1)に比表面積の異なる 2 種類の BS を混合させた供試体(以下 BeBS4-W, BeBS8-W と称す)とした。供試体作製後、処分施設の埋め戻しから再冠水までを模擬して、28 日間の封

緘養生後に水中養生を 28 日間行った(表-1)。

FA 混合供試体は、ベントナイトに FA を混合させた供試体とし、養生環境中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の有無や、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の多少の比較を行うことで、侵入地下水への支保工などのセメント系材料からの溶脱成分の影響を検討することとした。供試体は、イオン交換水による 28 日間水中養生を行った供試体(以下 BeFA-W と称す)、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和溶液による 28 日間水中養生を行った供試体(以下 BeFA-CH と称す)、ベントナイトに FA と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の粉末を 15%ずつ混合させて、28 日間の封緘養生後にイオン交換水による 28 日水中養生を行った供試体(以下 BeFACH-W と称す)とした(表-1)。

ベントナイト単体供試体は、混和材無混合で 28 日封緘養生を行ったベントナイト単体供試体(以下 Be と称す)、混和材無混合で、28 日間の水中養生に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和溶液を用いた供試体(以下 Be-CH と称す)、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の粉末を 30%混合させて、28 日間の封緘養生後にイオン交換水による水中養生を行った供試体(以下 BeCH-W と称す)とし、処分施設の埋め戻し時、地下水による再冠水時について、セメント系材料の溶脱の影響も含めて検討した(表-1)。

2.2 試験項目

養生後の供試体は、混合させた混和材の反応率を測定するための熱分析、ベントナイトの浸出陽イオン量比を測定するための浸出イオン量比、供試体の膨潤性能を測定するための膨潤力測定、供試体の圧縮強度と変形係数を測定するための一軸圧縮強度試験を行った。

表-1 各供試体の概要と測定材齢

供試体	混和材 種類	混和材 混合率[%]	水中養生	測定材齢[日]			
				圧縮試験	熱分析	浸出陽イオン量測定	膨潤力
BeBS4-W	高炉スラグ 微粉末	30	イオン交換水	28, 56	28, 56	—	28, 56
BeBS8-W							
BeFA-W	フライアッシュ	30	イオン交換水	—	28	—	28
BeFA-CH			飽和CH溶液			28	
BeFACH-W		15	イオン交換水	—	28	28	
Be	なし	0	—	28, 56	28	0	28
Be-CH			飽和CH溶液	—		28	
BeCH-W			イオン交換水		28, 56		28, 56

キーワード ベントナイト 高炉スラグ微粉末 フライアッシュ 圧縮強度 膨潤力

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部 建設工学科

3. 実験結果

3.1 熱分析結果

各供試体に混合させた混和材の反応率を図-1に示す。BS混合供試体では、28日封緘養生の間にBSが反応し、水中養生を行うことでさらに反応が進行することが確認された。FA混合供試体は、イオン交換水、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和溶液により水中養生を行った供試体の反応率は低く、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を混合した供試体は材齢初期に反応率が增加することが確認された。

3.2 浸出陽イオン量測定結果

各供試体の Ca^{2+} 、 Na^+ イオン量と浸出陽イオン量比を図-2に示す。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和溶液により水中養生を行った場合について、ベントナイト単体供試体BeとFA混合供試体Be-CHの浸出イオン量比を比較すると、FA混合供試体の浸出イオン量比の方が小さくなっていることが確認できた。また、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を事前混合した場合でも、FAの混合によって浸出陽イオン量比の増加が低減された。これらから、ベントナイトにFAを混合することは、ベントナイトのカルシウム型化を抑制する効果が期待できると考えられる。

3.3 膨潤力測定結果

各供試体の膨潤力測定の結果を図-3に示す。結果から、BeFA-W以外の供試体の膨潤力は、混和材の混合によって膨潤性能が低下したといえる。BeBS-Wの低下は、主として反応生成物の形成などによる供試体の固結化によるものと考えられ、Be-CH、BeFA-CHの低下は水中養生中におけるベントナイトのカルシウム型化によるものと考えられる。BeFACH-W、BeCH-Wに関しては、供試体の固結化とベントナイトのカルシウム型化の2つの要因が影響していると考えられる。

3.4 圧縮強度試験結果

各供試体の圧縮強度と変位係数を図-4に示す。BS混合供試体は、封緘養生後においてもベントナイト単体供試体よりも強度および変位係数が増加し、水中養生によってさらに増加し、試験終了時にはベントナイト単体供試体の10倍以上の値となった。高炉スラグ微粉末を混合することにより、力学的安定性を高めることが可能になるものと考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲では次のことが示された。1) 高炉スラグ微粉末をベントナイトに混合することで、高炉スラグ微粉末が水和反応を起し、変形係数および圧縮強度が大幅に増

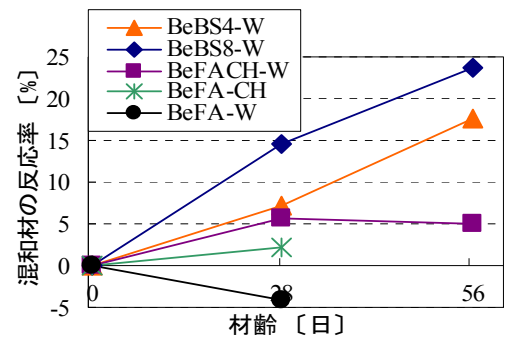


図-1 混和材の反応率

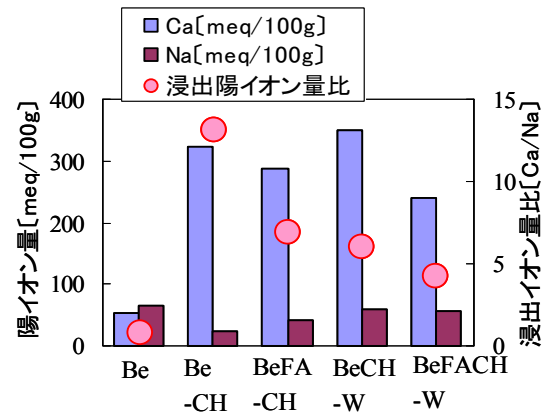


図-2 各供試体の Ca^{2+} 、 Na^+ イオン量と浸出イオン量比

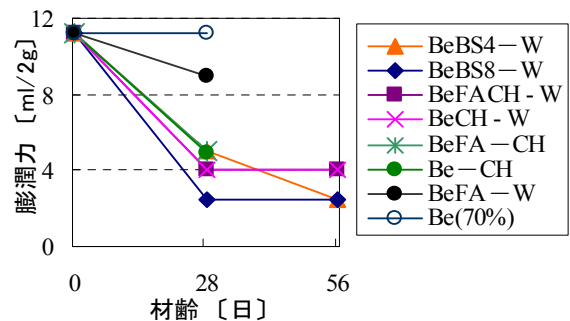


図-3 各供試体の膨潤力

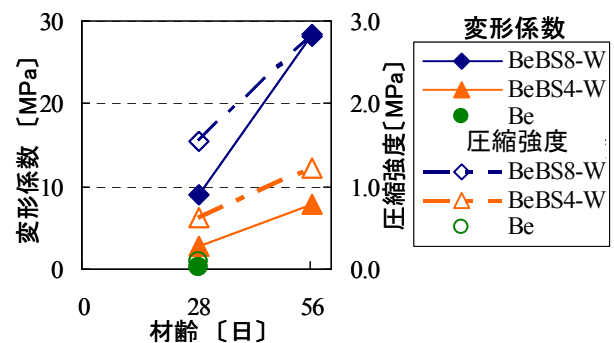


図-4 各供試体の圧縮強度と変位

加する。2) ベントナイトにフライアッシュを混合させると、ベントナイトのカルシウム型の抑制効果が期待できる。

参考文献

1) 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会: 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる各種移行評価パラメータ設定の考え方, 2008