

Ca(OH)₂ 水溶液の作用下におけるシリカフュームを混合したベントナイトの膨潤特性

群馬大学工学部 学生会員 ○横山 勇気
群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設における人工バリア材として検討されている Na 型ベントナイト(以下 Be)は, 高い膨潤性能を有することから地下水の浸入の抑制や, 周辺地盤との亀裂を埋める自己シール性などの性能が期待されている. しかし, 数万年の間に周囲のセメント系材料からの溶脱成分により, Be の間隙水が高アルカリ化し Be が変質することで膨潤性能などが低下する可能性がある¹⁾.

これまでに著者らの研究²⁾では, セメント系材料からの溶脱成分との反応性を有するシリカフューム(以下 SF)や, フライアッシュを Be に事前に混合することで, 高アルカリ溶液(飽和 Ca(OH)₂ 水溶液)の作用下における Be の膨潤性能の低下抑制を期待し検討を行った. その結果, 特に 1mass%という少量の SF を Be へ混合した場合に効果が大きいことを示したが, 検討範囲が限定されていた.

本研究では, Be への SF の混合によるアルカリ変質抑制効果についてさらに詳細な検討を行うこととした. また, 膨潤変形試験における作用水の Ca 濃度の影響についての事前検討も行った.

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

表-1 に供試体概要を示す. 供試体は, 含水比を 21%, 乾燥密度を 1.3g/cm³と設定し, 練混ぜ後に圧密試験機で直径 60mm, 高さ 5mm の円柱形に静的に締め固めて作製した. 供試体の配合は, Be 単体および, Be に SF を混合したものの 2 種類とし, 作用水は, 蒸留水(以下 W) の他にセメント系材料からの溶脱成分の影響を模擬した飽和 Ca(OH)₂ 水溶液(以下 CH※), 飽和 Ca(OH)₂ 水溶液に Ca(OH)₂ の粉末を加えた溶液(以下 CH)の 3 種類とした. また, 吸水方法は実験器具の構造上, 作用水に粉末を投入しての両面吸水が困難であるため上面からの片面吸水を採用した. なお, 本文中は供試体名を材料-SF の混合割合-作用水として示す.

2. 2 膨潤変形試験概要

Be の膨潤挙動は, 膨潤変形試験により検討した. 試験環

表-1 各供試体の概要

供試体名	材料の 構成割合[mass%]		作用液
	Be	SF	
Be-W	100.0	0.0	蒸留水
BeSF-0.5-W	99.5	0.5	
BeSF-2-W	98.0	2.0	
BeSF-3-W	97.0	3.0	
BeSF-5-W	95.0	5.0	
BeSF-8-W	92.0	8.0	
Be-CH※	100.0	0.0	飽和Ca(OH) ₂ 水溶液
Be-CH	100.0	0.0	飽和Ca(OH) ₂ 水溶液 + Ca(OH) ₂ 粉末
BeSF-0.5-CH	99.5	0.5	
BeSF-1-CH	99.0	1.0	
BeSF-2-CH	98.0	2.0	
BeSF-3-CH	97.0	3.0	
BeSF-5-CH	95.0	5.0	
BeSF-8-CH	92.0	8.0	

境は, SF の反応を促進させるため 40℃とした. 測定期間は, 嶋倉らの実験では 3~4 日間であったが, 本実験では, 事前検討を踏まえ最大膨潤率の測定精度をより高めるために 7 日間とした. また, 一定鉛直圧(10kPa)下における供試体の一次元変形量 ΔS を変位計により経時的に測定した. この ΔS を初期供試体高さ H_0 で除し, その値を百分率表示にしたものを膨潤率 ϵ_s と定義し, 実験結果は膨潤率 ϵ_s と式(1), (2)に定義される最大膨潤率 ϵ_{smax} [%]により整理した.

$$\epsilon_s(\text{time}) = \frac{\text{time}}{a + b\text{time}} [\%] \quad (1)$$

$$\epsilon_{smax} = \lim_{\text{time} \rightarrow \infty} \epsilon_s(\text{time}) = \frac{1}{b} [\%] \quad (2)$$

ここで, time: 時間[day], $\epsilon_s(\text{time})$: 時間 time における膨潤率[%], a, b: 近似により定められる定数である.

3. 実験結果

図-1 に膨潤率の経時変化曲線と最大膨潤率を示す. また, 図-2 に作用水を W および, CH とした場合の SF の混合率と最大膨潤率 ϵ_{smax} [%] の関係を示す. 図-3 は W, 図-4 は CH をそれぞれ作用させた際の膨潤率の経時変化曲線を示す.

キーワード 人工バリア, ベントナイト, シリカフューム, 水酸化カルシウム, 膨潤

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 群馬大学工学部 TEL0277-30-1613 FAX0277-30-1601

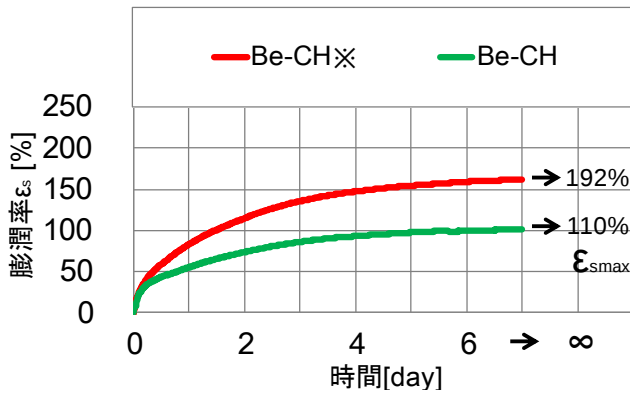


図-1 膨潤率の経時変化曲線と最大膨潤率

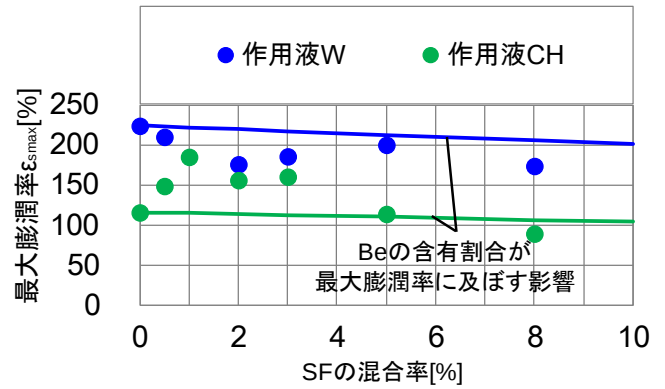


図-2 SFの混合率と最大膨潤率の関係

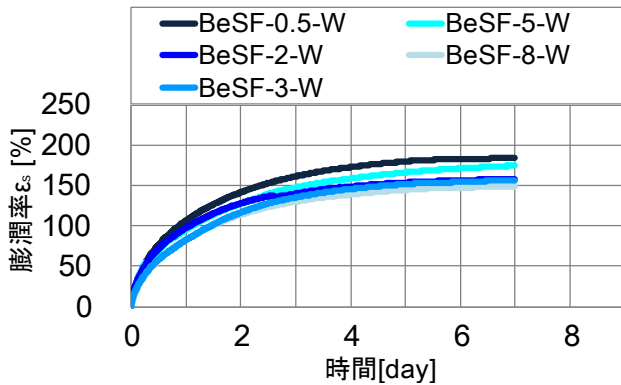


図-3 Wを作用させた場合の膨潤率の経時変化曲線

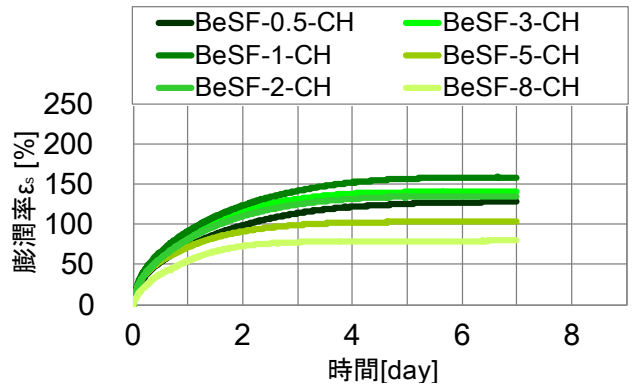


図-4 CHを作用させた場合の膨潤率の経時変化曲線

3. 1 余剰の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の粉末による影響

図-1より、Be-CH*の膨潤率の経時変化曲線がBe-CHに比べ増加している。これは、測定期間の経過につれBeが作用液中のCaイオンを消費するためCH*は常に飽和状態を維持できなかったが、CHは余剰の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の粉末が溶解することにより常に飽和状態を維持し、Beのアルカリ変質が進行したことが原因として考えられる。これより、作用水の濃度の経時変化による影響を受けずに評価をするためには、常に飽和の状態が望ましいためCHを用いることとした。

3. 2 SFの混合効果の検討

図-2より、作用水にWを用いた供試体の最大膨潤率は、SFの混合率が増加するにつれ緩やかに低下する傾向が見られた。これは、図-2中の青の実線で示すSFの混合率の増加に伴うBeの含有割合の減少に加え、SFが蒸留水との反応によって固化したことが原因として考えられる。

また、作用水にCHを用いた供試体の場合、最大膨潤率が最も大きかったものは、SFの混合率が1mass%のものであった。さらに、SFの混合率が1mass%以上の範囲では、SFの混合率の増加に伴い最大膨潤率が緩やかな減少傾向を示した。これは、図-2中の緑の実線で示すSFの混合率の増加に伴うBeの含有割合の減少と、作用水にWを用いた場合

に確認されたSFと蒸留水との反応に加え、SFのポズラン反応の影響により固化してしまったことなどが原因だと考えられる。

4. まとめ

本研究では、飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の作用下におけるシリカフュームを混合したベントナイトの膨潤挙動を検討した。

- (1)膨潤変形試験の作用液として飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を用いる場合は、飽和状態を維持するために余剰の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の粉末を加える必要があると考えられる。
- (2)ベントナイトにシリカフュームを少量混合した場合、アルカリ変質による膨潤特性の低下を抑制する効果が確認された。また、シリカフュームの混合率の増加に伴い最大膨潤率が緩やかに低下する傾向が確認された。

5. 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, 土木学会, 2008.
- 2) 半井健一郎, 嶋倉ちづる:水酸化カルシウム水溶液作用下におけるポズラン混合ベントナイトの膨潤変形, 第46地盤工学研究発表会発表講演集, pp.2089-2090, 2011.