

シリカフュームまたは Na_2CO_3 を混合したベントナイトの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液作用下での膨潤

群馬大学大学院 学生会員 ○横山 勇気
 広島大学大学院 正会員 半井 健一郎

1. はじめに

放射性廃棄物の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低透水性や、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⁾。

そこで半井・嶋倉の研究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)やフライアッシュなどを Be に事前に混合することで、高アルカリ溶液(飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 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た検討を行った。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。また、成分変質の観点から、混和材として炭酸ナトリウム(以下 Na_2CO_3)を Be に事前に混合することにより、セメント系材料と Be 系材料の間にカルサイトが生成し、セメントの溶脱とその影響による Be の変質が抑制されるという知見が半井らの研究³⁾において報告されているが、膨潤性能の検討はされていない。

よって本研究では、SF または Na_2CO_3 を混合した Be におけるアルカリ変質抑制効果について、膨潤性能の観点から検討を行うこととした。

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

表-1 に各供試体の概要を示す。供試体は、含水比を 21%、乾燥密度を $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ に設定し、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 のみ、Be に SF を混合したもの、Be に Na_2CO_3 を混合したものの 3 種類とした。

2. 2 試験概要

供試体の膨潤挙動は、膨潤変形試験⁴⁾⁵⁾により検討した。試験環境は、Be のみの供試体および、SF を混合した供試体の場合は SF の反応を促進させるために半井・嶋倉の実験²⁾と同様の 40°C 、 Na_2CO_3 を混合した供試体の場合は半井らの研究³⁾と同様の 20°C とした。作用水は、蒸留水(以下 W)と、セメント系材料からの溶脱成分の影響を模擬した飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液(以下 CH)の 2 種類とした。吸水方法は半井・嶋倉の実験²⁾と同様の上面からの片面吸水を採用した。測定期間は、半井・嶋倉の研究²⁾

表-1 各供試体の概要

材料構成	混和材の混合割合 [mass%]	作用液の種類
Be	—	W (BeSF-1は除く) CH
BeSF	0.5, 1, 2, 3, 5, 8	
Be Na_2CO_3	1, 4	

※Wは蒸留水、CHは飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を示す

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 と定義した。この膨潤率 ε_s を式(1)、(2)⁴⁾⁵⁾に定義される最大膨潤率 $\varepsilon_{s\max}$ [%]により整理し、評価を行った。

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

$$\varepsilon_{s\max} = \lim_{\text{time} \rightarrow \infty} \varepsilon_s(\text{time}) = \frac{1}{b} [\%] \quad (2)$$

ここで、time : 時間[day]、 $\varepsilon_s(\text{time})$: 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

SF を混合した供試体に W および、CH をそれぞれ作用させた場合の膨潤率の経時変化曲線を図-1、図-2 に示す。図-3 に SF の混合率と最大膨潤率 $\varepsilon_{s\max}$ [%]の関係を示す。また、図-4 に Be に Na_2CO_3 を混合した場合の膨潤率の経時変化曲線と最大膨潤率の関係を示す。なお、図-3 中の実線は W、破線は CH を作用させた場合の供試体中の Be の含有割合と最大膨潤率の関係をそれぞれ示す。

3. 1SF の混合効果の検討

図-3 より、作用水に W を用いた供試体の最大膨潤率は、図-3 中に示す実線に比べ低下したため、SF の混合により最大膨潤率が減少することが確認された。これは、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、混合率が 0.5~5mass%の範囲においては、アルカリ変質抑制効果が確認された。その中でも最も効果が表れたのは、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

キーワード 人工バリア、ベントナイト、シリカフューム、炭酸ナトリウム、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

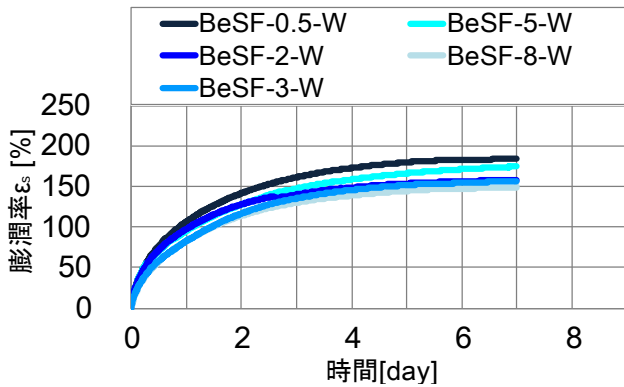


図-1 Wを作用させた場合の膨潤率の経時変化曲線

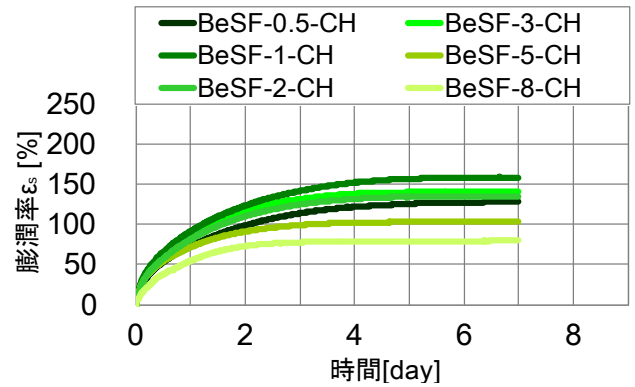


図-2 CHを作用させた場合の膨潤率の経時変化曲線

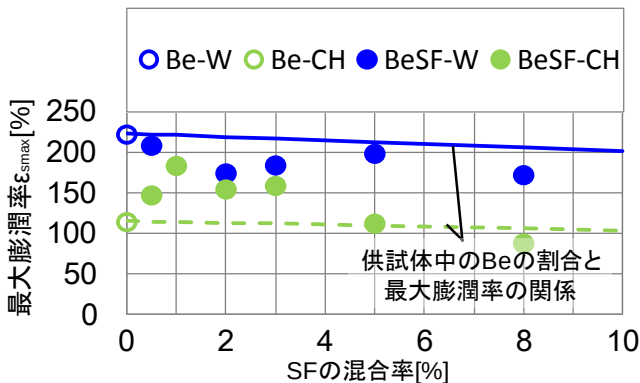


図-3 SFの混合率と最大膨潤率の関係

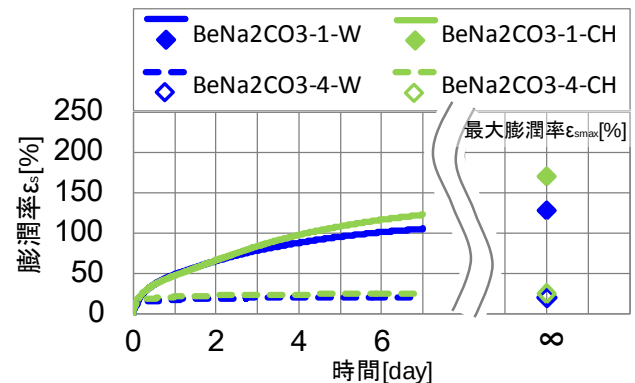


図-4 膨潤率の経時変化曲線と最大膨潤率の関係

潤率が緩やかな減少傾向を示した。これは、図-3 中の実線で示す SF の混合率の増加に伴う供試体中の 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。

3. 2 Na₂CO₃ の混合効果の検討

図-4 より、Na₂CO₃ の混合率が 4mass% においては、膨潤率の経時変化曲線および、最大膨潤率ともに作用液による違いが見られなかった。また、混合率が 1mass% の場合においても、測定期間が初期の段階では作用水による違いが見られなかった。しかし、測定期間が経過するにつれ蒸留水に比べ飽和 Ca(OH)₂ 水溶液を作用させた方が、膨潤率が増加する傾向が確認された。これは、測定期間が経過するにつれ飽和 Ca(OH)₂ 水溶液を作用させた場合はカルサイトが生成するために、Be 間隙水中のイオン強度が低下したことが原因として考えられる。また、混合率が 1mass% の場合は測定 7 日目において供試体の膨潤変形が収束していなかったため、最大膨潤率が正確に評価されなかった可能性も考えられる。

4. まとめ

本研究では、飽和 Ca(OH)₂ 水溶液の作用下におけるシリカフェームおよび、炭酸ナトリウムを混合したベントナイトのアルカリ変質抑制効果を、膨潤性能の観点より検討した。

(1)ベントナイトにシリカフェ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。

(2)ベントナイトに炭酸ナトリウムを 1mass% 混合することにより、アルカリ変質の抑制効果を確認することができた。

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.
- 3) 半井健一郎ほか: 炭酸ナトリウム混合によるベントナイト-セメント境界部の変質抑制, 土木学会第 66 回年次学術講演会発表講演集, pp.99-100, 2011.
- 4) Komine, H. and Ogata, N.: Experimental study on swelling characteristics of sand-bentonite mixture for nuclear waste disposal, Soils and Foundations, Vol.39, No.2, pp.83-97, 1999.
- 5) Komine, H. and Ogata, N.: Experimental study on swelling characteristics of compacted bentonite, Canadian Geotechnical Journal, Vol.31, No.4, pp.478-490, 1994.