

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5401664号  
(P5401664)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月8日(2013.11.8)

(51) Int.Cl.	F 1		
<b>G 2 1 F</b> 9/36 (2006.01)	G 2 1 F	9/36	5 4 1 Z
<b>G 2 1 F</b> 9/34 (2006.01)	G 2 1 F	9/34	C
<b>E 2 1 D</b> 9/04 (2006.01)	G 2 1 F	9/36	5 4 1 D
<b>E O 2 D</b> 3/12 (2006.01)	G 2 1 F	9/36	5 4 1 M
	E 2 1 D	9/04	A
請求項の数 6 (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2009-211509 (P2009-211509)  
 (22) 出願日 平成21年9月14日(2009.9.14)  
 (65) 公開番号 特開2011-59044 (P2011-59044A)  
 (43) 公開日 平成23年3月24日(2011.3.24)  
 審査請求日 平成24年2月28日(2012.2.28)

特許法第30条第1項適用 発行者名：社団法人 土木学会 刊行物名：土木学会第64回年次学術講演会講演概要集 第145～146頁 CD-ROM 発行年月日：平成21年8月3日

(出願人による申告)平成20年度、経済産業省資源エネルギー庁、地層処分技術調査等委託費「高レベル放射性廃棄物処分関連：地下坑道施工技術高度化開発」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者 505374783  
 独立行政法人日本原子力研究開発機構  
 茨城県那珂郡東海村村松4番地49  
 (73) 特許権者 000166432  
 戸田建設株式会社  
 東京都中央区京橋1丁目7番1号  
 (73) 特許権者 000003296  
 電気化学工業株式会社  
 東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号  
 日本橋三井タワー  
 (74) 代理人 100127513  
 弁理士 松本 悟

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 注入材の施工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

球状シリカ微粉と消石灰微粉を含有する注入材であってその硬化体からの浸出水のpH値が11以下となる注入材を、注入し加圧脱水させることを特徴とする放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法。

【請求項2】

前記注入材を前記岩盤の亀裂内で、加圧脱水させることを特徴とする請求項1に記載の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法。

【請求項3】

前記球状シリカ微粉に対する前記消石灰微粉のモル比が、CaO/SiO<sub>2</sub>に換算したモル比で1.5未満であることを特徴とする請求項1又は2に記載の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法。

【請求項4】

分散剤として高性能減水剤を使用することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法。

【請求項5】

前記球状シリカ微粉の最大粒径が1μm以下であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法。

【請求項6】

前記消石灰微粉の最大粒径が1 μm以下であることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地下深部の岩盤内に建設される放射性廃棄物処分場で使用する注入材の施工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

通常、地下坑道掘削では湧水があるため、掘削時の障害とならないように、水抜きを行ない、さらに注入材を注入して、止水を行った後に掘削が行われる。

【0003】

地下深部の岩盤内に建設される放射性廃棄物処分場においては、操業時の作業性を考慮して湧水量が通常の地下構造物より厳しく制限される可能性が高い。このため、微細な亀裂からのわずかな湧水に対しても確実に止水することができる高浸透性の注入材が求められる。また、高い地下水圧が加わることが想定されるため、高強度の注入材が求められる。さらに、注入材には、操業期間の止水性を確保する耐久性が要求される。

【0004】

注入材としては、セメント系、水ガラス系、コロイダルシリカ系、有機樹脂系等がある。

セメント系は、強度が高く耐久性が高いが、浸透性が他の材料系と比較して低く、より高い浸透性が求められていた。浸透性を改良した高炉スラグ含有の微粒子あるいは、超微粒子セメント（特許文献1参照）が開発されているが、最大粒径が18 μm程度であり、亀裂開口幅が数十 μmの岩盤亀裂に対しては、ほとんど浸透しない。また、セメントの水和により水酸化カルシウムが生成し、その高アルカリ性の影響が天然バリアとなる岩盤や工学的なバリアとなる人工バリア材料の変質を引き起こすことが想定され、結果として処分場の長期的な隔離性能への影響が懸念されている。

【0005】

水ガラス系（特許文献2参照）は、浸透性が高く、止水性が良好である。しかしながら、ゲル強度が低いため、高い水圧がかかるとゲル体が押し出される可能性があること、シリカの溶出などによる耐久性の低下などの問題点があった。

【0006】

コロイダルシリカ系（特許文献3参照）は、低アルカリ性であるが、ゲル体の強度が低く、水ガラス系と同様に高い水圧がかかるとゲル体が押し出される可能性がある。

【0007】

有機樹脂系（特許文献4参照）は付着力が強い利点があるが、有機物及び有機物の分解生成物は放射性核種と錯体を形成することによりキャリアとなって放射性核種の移行を早める可能性があった。

【0008】

これらの問題を解消する方法として、超微粒子普通ポルトランドセメントにシリカフェームなどを配合した低アルカリ性セメント（特許文献5参照）が知られている。

この低アルカリ性セメントは、超微粒子普通ポルトランドセメントをベースとしており、最大粒子径が15 μm程度と超微粒子セメントと同程度である。

【0009】

一方、球状シリカ微粉について、高温気流中でケイ素質材料を溶融することでシリカの球状体（球状シリカ微粉）が得られることは公知であり（特許文献6及び7参照）、これらの特許文献には、球状シリカ微粉を封止材に用いることが記載されているが、注入材に用いることは示唆されていない。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2001-233645号公報

【特許文献2】特開2004-27023号公報

【特許文献3】特開平5-70776号公報

【特許文献4】特開平3-233075号公報

【特許文献5】特開2000-65992号公報

【特許文献6】特開2001-335313号公報

【特許文献7】特開2002-20113号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

地下深部の岩盤内に建設される放射性廃棄物処分場においては、湧水量を低減するために、微細な亀裂に対して、より高い浸透性を有し、高い地下水圧に抵抗するために、高強度の注入材が求められていた。さらに、操業期間における止水性を確保する耐久性も求められていた。また、放射性廃棄物処分場の天然バリアとなる岩盤や放射性廃棄物の周囲に設置される人工バリアには、長期にわたり安定し、変質しにくい性能が求められる。しかし、支保工や止水のための注入材として用いたセメント系材料によって、岩盤や人工バリアと接する地下水が高アルカリ性となる場合には、岩盤や人工バリアの変質が懸念される。このような岩盤や人工バリアの長期性能に及ぼす影響を低減するために、処分環境で用

20

いられる注入材も含めたセメント系材料の開発では、pH値が11以下となることを目標に設定している。

本発明は、上記の課題を解決しようとするものであり、放射性廃棄物処分場に求められる注入材の施工方法であって、高浸透性、高強度、高耐久性で、少なくともpH値が11以下の注入材の施工方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、前記課題を解決するために鋭意検討した結果、浸透性注入材の基材として、球状シリカ微粉を選定することにより達成できることが明らかとなった。球状シリカは、高温気流中でシリカ質材料を熔融することで得られる特許文献6及び7に記載されているようなシリカの球状体である。この球状体を冷却、分級、捕集して本発明で使用する球状シリカ微粉が得られる。球状シリカ微粉は、セメント系材料よりも微粉であり、球状体のため、高い浸透性を示す。球状シリカ微粉を水に入れても、単独では水硬性が得られないが、硬化剤として消石灰微粉を特定量配合することにより、水和反応してカルシウムシリケート水和物を生成し高強度、高耐久、低アルカリ性を示す。

30

【0013】

本発明は、上記課題を解決するために、以下の手段を採用する。

(1) 球状シリカ微粉と消石灰微粉を含有する注入材であってその硬化体からの浸出水のpH値が11以下となる注入材を、注入し加圧脱水させることを特徴とする放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法である。

40

(2) 前記注入材を前記岩盤の亀裂内で、加圧脱水させることを特徴とする前記(1)の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法である。

(3) 前記球状シリカ微粉に対する前記消石灰微粉のモル比が、 $CaO/SiO_2$ に換算したモル比で1.5未満であることを特徴とする前記(1)又は(2)の放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法である。

(4) 分散剤として高性能減水剤を使用することを特徴とする前記(1)~(3)のいずれかの放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法である。

(5) 前記球状シリカ微粉の最大粒径が $1\mu m$ 以下であることを特徴とする前記(1)~(4)のいずれかの放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の

50

施工方法である。

(6) 前記消石灰微粉の最大粒径が1 μm以下であることを特徴とする前記(1)～(5)のいずれかの放射性廃棄物処分場の建設時に地下の岩盤に対して使用する注入材の施工方法である。

なお、本発明に記載する部や%は、記載が無い限りは、質量部、質量%を意味する。

【発明の効果】

【0014】

本発明の注入方法により、地下坑道掘削などで生じる湧水を事前注入で止水できる。セメント系材料では浸透せずに止水しにくい亀裂でも、本方法を使用することにより浸透固化し止水可能となる。注入材の硬化体からの浸出水のpH値は11以下になる。

10

また、注入材はブリーディング量が少なく、注入圧力による注入材の加圧脱水作用もあり、注入硬化体は小さな亀裂に対し充填した後でもブリーディングによる空隙ができない特徴がある。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態につき具体的に説明する。

球状シリカは、高温気流中でシリカ質材料を溶融することで得られるシリカの球状体である。この球状体を冷却、分級、捕集して本発明で使用する球状シリカ微粉が得られる。最大粒径がより小さいものが浸透性の点から好ましい。最大粒径1 μm以下が好ましい。

本発明の消石灰微粉の粒径は、最大粒径が使用する球状シリカ微粉と同等以下のものが好ましい。最大粒径1 μm以下が好ましい。

20

【0016】

本発明においては、球状シリカ微粉に対する前記消石灰微粉のモル比を、CaO/SiO<sub>2</sub>に換算したモル比で1.5未満とすることが好ましく、1.0以下であることがより好ましく、0.8以下とすることが特に好ましい。

CaO/SiO<sub>2</sub>モル比を1.5未満とすることにより、注入材の硬化体からの浸出水のpH値を11以下とすることができる。

また、本発明においては、圧縮強度を向上させる点から、球状シリカ微粉に対する前記消石灰微粉のモル比を、CaO/SiO<sub>2</sub>に換算したモル比で0.04以上とすることが好ましく、0.09以上とすることがより好ましい。

30

【0017】

注入材の濃度は特に限定されるものではないが、水/粉体比で、70～500%が好ましく、90～300%がより好ましく、100～150%が最も好ましい。粉体とは、球状シリカ微粉と消石灰微粉を混合したものをいう。濃度が濃いと強度は高いが浸透性が低下し、薄いと浸透性は高いが強度が低下する傾向にある。

【0018】

分散剤として高性能減水剤を使用することが好ましく、高性能減水剤の成分は特に限定されない。高性能減水剤とは、ポリアルキルアリルスルホン酸塩系高性能減水剤、芳香族アミノスルホン酸塩系高性能減水剤、メラミンホルマリン樹脂スルホン酸塩系高性能減水剤、及び、ポリカルボン酸塩系高性能減水剤などのいずれかを主成分とするものであり、これらの一種又は二種以上が使用される。ポリアルキルアリルスルホン酸塩系高性能減水剤には、メチルナフタレンスルホン酸ホルマリン縮合物、ナフタレンスルホン酸ホルマリン縮合物、及びアントラセンスルホン酸ホルマリン縮合物などがあり、減水率が大きくて空気連行性がなく、凝結遅延性も小さい特徴を有する。市販品としては電気化学工業(株)商品名「FT-500」とそのシリーズ、花王(株)商品名「マイティー100(粉末)」や「マイティー150」とそのシリーズなどが代表的である。高性能減水剤の添加量は特に限定はされないが、球状シリカと消石灰の合計量に対して、固形分換算10%以下が好ましく、5%以下がより好ましい。高性能減水剤の添加量は特に限定はされないが、0.5%以上が好ましく、1%以上がより好ましい。高性能減水剤の添加量によりゲルタイムを調整でき、添加量が多いほどゲルタイムを長くすることができる。

40

50

## 【 0 0 1 9 】

注入材を岩盤の亀裂等に注入するにあたっては、注入し加圧脱水させることが好ましい。注入圧力を湧水圧力より0.5 MPa以上高くし、加圧脱水させることがより好ましい。注入材は亀裂等に浸透し、水和によってゲル化すると、球状シリカと消石灰が結合し粒径が大きくなる。このため、注入材は亀裂の最小部で止められ、後から来る注入材は加圧脱水される。加圧脱水により注入材は高濃度となり、注入開始時の最初に設定されたものより高い強度性状を示す。高い強度の硬化体は水を通しにくくし止水性や耐久性も高くなる。

また、ゲル化前の注入材でも加圧脱水が生じる。浸透していく注入材が最小亀裂部で注入材が浸透できない亀裂幅となる場合に前記同様の加圧脱水作用が生じる。本発明では、積極的に加圧脱水を活用するために設定された最終注入圧まで高圧注入することを原則とし、少なくとも注入開始圧力よりも0.5 MPa以上の注入終了圧力とすることが好ましい。

10

## 【 0 0 2 0 】

施工方法としては、対象地山をボーリングし、岩盤などの地山内に漏れ防止のパッカーを設置する。球状シリカと消石灰をあらかじめ配合するか、別々に水と混合しそれぞれのスラリーを別のポンプで圧送し合流してボーリング孔より圧力注入する。注入速度は通常10～50リットル/分程度で注入される。

## 【 0 0 2 1 】

ゲルタイムは短いと注入孔近くでゲル化し注入範囲は小さくなり、長いと注入範囲は広がる。通常、トンネルなどの地下構造物の止水範囲は地山の良いところでは1.5～2.0D(D：直径)、悪いところでは5D程度で実施されている。ゲルタイムは短くて10～30分、長くて15時間程度のものが使用される。ゲルタイムの長いものは注入後入口のバルブを閉めて硬化待ちを行う。事前に試験注入を行うことにより、地山の亀裂の状況、浸透範囲などを調査しゲルタイムを設定する。

20

本発明の方法では、ゲルタイムの設定は高性能減水剤の添加量、注入材の濃度、注入材の温度などを調整して設定することができる。

## 【 0 0 2 2 】

注入工法としては、二重管ダブルパッカー工法、ストレーナー工法などの注入工法、またスラリーの混合方法として1、1.5、2ショット方法などが使用できる。

30

## 【 実施例 】

## 【 0 0 2 3 】

以下、実施例に基づいて本発明を説明する。

実施例、比較例は、特記しない限りは20で行った。

## 【 0 0 2 4 】

(実施例1)

SiO<sub>2</sub>純度99%以上の球状シリカ微粉(電気化学工業(株)商品名「SFP20M」)を水に分散し50%濃度のスラリーを作製した。粒度分布計による測定結果は最大粒径が1.0 μmであった。

超微粒子の消石灰微粉(純度99%以上)を20%濃度のスラリーとし硬化材を作製した。粒度分布計による測定結果は最大粒径が1.0 μmであった。

40

スラリー状態の球状シリカ微粉/消石灰微粉を容積で1/1(CaO/SiO<sub>2</sub>モル比0.35)とし、直ちに混合して直径5×高さ10cmの型枠に入れ、1日後に脱型、20養生し材齢別に一軸圧縮強度、硬化体からの浸出水のpH値(以下、「硬化体のpH値」という)を測定した。pH値は、注入材の硬化体を粉碎後100gと、水1リットルを混合しガラス電極pHメーターにより測定した。なお、ゲルタイムは20秒であった。

一軸圧縮強度、pH値の測定結果を表1に示す。

## 【 0 0 2 5 】

【表 1】

	材齡 (日)					
	1	3	7	28	84	365
一軸圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>	0.2	0.5	1.6	5.4	6.3	6.6
pH値	10.6	10.5	10.4	10.2	10.1	10.0

10

## 【0026】

(実施例 2)

実施例 1 のスラリー状態の球状シリカ微粉 / 消石灰微粉を容積で 1 / 1 とし、球状シリカ微粉と消石灰微粉の合計に対して固形分換算 2 % の高性能減水剤(花王(株)商品名「マイティー 150」、ナフタレンスルホン酸ホルマリン縮合物)を配合して混合した注入材のゲルタイムは 9 時間、7 日後の供試体圧縮強度は 0.6 N/mm<sup>2</sup>、硬化体の pH 値は 10.4 であった。直径 5 cm 高さ 1 m のアクリル管に 7 号珪砂を詰め、水締めした後に浸透性試験を実施した。注入圧力は空気圧を利用して 0.5 MPa で実施した。1.5 リットルの混合液が 10 分で全通した。材齡 28 日での pH 値は 10.2 であった。

## 【0027】

(比較例 1)

比較のため、超微粒子セメント(電気化学工業(株)商品名「デンカ超微粒子セメント コロイダルスーパー」)の 30 % 濃度スラリーを用いて実施例 2 と同様に 7 号砂への浸透性試験を実施した。10 cm までは浸透したが、それ以上は浸透しなかった。硬化体の pH 値は 12.3 であった。

20

## 【0028】

(実施例 3)

表 2 に示す配合で A 液、B 液を作製し、両液を混合し直径 5 cm 高さ 10 cm の円筒型枠に入れ、硬化体を作製し、材齡別に一軸圧縮強度を測定した。養生温度 20 °C での試験結果を表 3 に示す。分散剤として実施例 2 と同じ高性能減水剤を使用した。材齡 28 日の硬化体の pH 値を測定した。

30

## 【0029】

【表 2】

消石灰添加量 (%)	A液(g)		B液(g)			CaO/SiO <sub>2</sub> モル比
	球状シリカ	水	消石灰	分散剤	水	
0	100	100	0	1.5	20	0.00
5	95	95	5	1.5	25	0.04
10	90	90	10	1.5	30	0.09
15	85	85	15	1.5	35	0.14
20	80	80	20	1.5	40	0.20
30	70	70	30	1.5	50	0.35
40	60	60	40	1.5	60	0.54
50	50	50	50	1.5	70	0.81
55	45	45	55	1.5	75	0.99
60	40	40	60	1.5	80	1.22
65	35	35	65	1.5	85	1.51
70	30	30	70	1.5	90	1.89

10

20

【0030】

【表 3】

消石灰添加量 (%)	材齢(日) 一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )				pH値	備考
	3	7	14	28		
0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	比較例
5	0.2	0.4	0.4	0.4	10.2	実施例
10	0.2	1.1	2.2	2.4	10.2	実施例
15	0.2	1.1	2.8	3.1	10.2	実施例
20	0.2	1.1	3.4	3.8	10.2	実施例
30	0.2	1.2	3.4	4.8	10.3	実施例
40	0.3	1.8	4.2	5.8	10.3	実施例
50	0.3	1.6	3.7	4.9	10.5	実施例
55	0.2	1.4	2.8	3.5	10.6	実施例
60	0.2	1.1	2.0	2.5	10.8	実施例
65	0.1	0.8	1.6	2.1	11.1	比較例
70	0.1	0.7	1.3	1.7	11.4	比較例

30

40

【0031】

(実施例 4)

実施例 3 の消石灰 30% の配合において高性能減水剤の配合量を変化させてゲルタイムを測定した。測定温度は 20 とした。測定結果を表 4 に示す。

高性能減水剤を配合しないものは混合後 10 秒で粘性が上昇し流動性を失いゲル化した。配合量を増加するとゲルタイムは長くなった。

ゲルタイムは、注入材を 200 ミリリットルプラスチック製容器に入れ、傾けても流動

50

性が無くなった時点の値とした。

【 0 0 3 2 】

【表 4】

	高性能減水剤量 (%)			
	0	1	2	3
ゲルタイム	10 秒	1 時間	3 時間	5 時間

高性能減水剤量は、球状シリカと消石灰の合計に対する添加量、固形分換算

10

【 0 0 3 3 】

(実施例 5)

実施例 1 の配合材料を使用して注入材を調整しゲル化させた。またゲル化前に圧縮強度用の供試体をサンプリングした。ゲル化した材料を加圧脱水試験器にて加圧し加圧脱水率とその後の圧縮強度を測定した。測定結果を表 5 に示す。

ゲル化後加圧脱水することで圧縮強度が高くなることが確認された。

加圧脱水率は、(加圧により脱水された脱水量 / 加圧前の全水量) × 100 (%) で示した。

20

【 0 0 3 4 】

【表 5】

加圧脱水圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )	加圧脱水率 (%)	一軸圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )				水/粉体比 (%)
		1 日	3 日	7 日	28 日	
0	0	0.2	0.5	1.6	5.4	171
2	15	0.4	0.8	2.6	9.3	137
5	25	0.5	1.1	2.8	11	115
10	28	0.5	1.2	3.6	14	108
20	30	0.6	1.4	4.5	17	103
50	33	0.6	1.5	5.7	19	97

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 5 】

本発明は、高浸透性で低アルカリ性を示す注入材の施工方法であり、放射性廃棄物処分の施工に利用できる。



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
E 0 2 D 3/12 1 0 1

- (72)発明者 内藤 守正  
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター  
核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 藤田 朝雄  
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター  
核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 関根 一郎  
東京都中央区京橋一丁目7番1号 戸田建設株式会社内
- (72)発明者 関口 高志  
東京都中央区京橋一丁目7番1号 戸田建設株式会社内
- (72)発明者 山田 勉  
東京都中央区京橋一丁目7番1号 戸田建設株式会社内
- (72)発明者 福岡 奈緒美  
東京都中央区京橋一丁目7番1号 戸田建設株式会社内
- (72)発明者 石田 秀朗  
新潟県糸魚川市大字青海2209番地 電気化学工業株式会社 青海工場内
- (72)発明者 平野 健吉  
東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 電気化学工業株式会社内
- (72)発明者 佐々木 崇  
東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 電気化学工業株式会社内

審査官 村川 雄一

- (56)参考文献 特開平08-199165(JP,A)  
特開平08-041455(JP,A)  
特開平07-317052(JP,A)  
特開2007-261884(JP,A)  
特開2008-120892(JP,A)  
特開2009-199933(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 2 1 F 9 / 0 0 - 9 / 3 6  
E 2 1 D 9 / 0 4  
E 0 2 D 3 / 1 2