

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7608876号
(P7608876)

(45)発行日 令和7年1月7日(2025.1.7)

(24)登録日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(51)国際特許分類

C 04 B	28/10 (2006.01)	F I	C 04 B	28/10
C 04 B	22/14 (2006.01)		C 04 B	22/14
C 04 B	22/06 (2006.01)		C 04 B	22/06
C 04 B	24/22 (2006.01)		C 04 B	24/22
C 04 B	24/30 (2006.01)		C 04 B	24/30

請求項の数 7 (全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-35512(P2021-35512)
(22)出願日 令和3年3月5日(2021.3.5)
(65)公開番号 特開2022-135591(P2022-135591)
A)
(43)公開日 令和4年9月15日(2022.9.15)
審査請求日 令和5年10月26日(2023.10.26)

(73)特許権者 513026399
三菱ケミカルインフラテック株式会社
東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
(74)代理人 100086911
弁理士 重野 剛
(74)代理人 100144967
弁理士 重野 隆之
(72)発明者 瀬谷 昌明
東京都千代田区丸の内一丁目1番1号
三菱ケミカル株式会社内
審査官 田中 永一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

水硬性セメント、石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、石膏、並びに水を含む主材液と、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む硬化材液とを含む土質安定用薬液であって、

前記主材液と硬化材液とを混合した際のゲルタイムが30～600秒であり、

前記石灰の含有量が全薬液400Lあたり7～30kgであり、

前記減水剤が、前記石灰に対して0.2質量%～1.0質量%含まれ、

前記有機カルボン酸及び／又はその塩が、前記石灰に対して0.3質量%～1.0質量%含まれ、

前記非晶質水酸化アルミニウムの含有量が、全薬液400Lあたり2～20kgであり、前記アルカリ金属炭酸塩の含有量が、全薬液400Lあたり2～12kgであり、

前記主材液と前記硬化材液の容量比が7：3～3：7である、土質安定用薬液。

【請求項2】

ゲルタイムが60秒未満のとき、ブリージング量が2%以下である、請求項1に記載の土質安定用薬液。

【請求項3】

ゲルタイムが60秒以上100秒未満のとき、ブリージング量が4%以下である、請求項1又は2に記載の土質安定用薬液。

【請求項4】

10

20

前記減水剤は、ナフタリンスルホン酸塩ホルマリン縮合物系、リグニンスルホン酸塩又はその誘導体系、メラミンホルマリン縮合物系、ポリカルボン酸系、アミノスルホン酸系、及びポリエーテル系からなる群から選ばれる少なくとも一つを主成分として含む、請求項1～3のいずれか1項に記載の土質安定用薬液。

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の土質安定用薬液を地盤に注入する、地盤安定化工法。

【請求項6】

水硬性セメント、石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、石膏、並びに水を含む主材液と、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む硬化材液を混合する工程を含む土質安定用薬液の製造方法であって、

10

前記主材液と硬化材液とを混合した際のゲルタイムが30～600秒であり、

前記石灰の含有量が全薬液400Lあたり7～30kgであり、

前記減水剤が、前記石灰に対して0.2質量%～1.0質量%含まれ、

前記有機カルボン酸及び／又はその塩が、前記石灰に対して0.3質量%～1.0質量%含まれ、

前記非晶質水酸化アルミニウムの含有量が、全薬液400Lあたり2～20kgであり、

前記アルカリ金属炭酸塩の含有量が、全薬液400Lあたり2～12kgであり、

前記主材液と前記硬化材液の容量比が7：3～3：7である土質安定用薬液を製造する、土質安定用薬液の製造方法。

20

【請求項7】

水硬性セメント、石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、石膏、並びに水を含む主材液と、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む硬化材液を地盤内で混合する地盤安定化工法であって、

前記主材液と硬化材液とを混合した際のゲルタイムが30～600秒であり、

前記石灰が前記主材液と硬化材液の合計400Lあたり7～30kgとなり、

前記減水剤が、前記石灰に対して0.2質量%～1.0質量%となり、

前記有機カルボン酸及び／又はその塩が、前記石灰に対して0.3質量%～1.0質量%となり、

前記非晶質水酸化アルミニウムの含有量が、全薬液400Lあたり2～20kgとなり、

30

前記アルカリ金属炭酸塩の含有量が、全薬液400Lあたり2～12kgとなり、

前記主材液と前記硬化材液の容量比が7：3～3：7となるように前記主材液と硬化材液を混合する、地盤安定化工法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法に関する。

【背景技術】

【0002】

地盤に注入して地盤を補強するために使用する土質安定用薬液として、セメントを水に懸濁させたセメント懸濁液が用いられるが、セメント懸濁液は凝結速度が遅く、凝結するまでに数時間要すために、その間にセメントが沈降してしまい、全容を硬化させることができなくなる。

40

【0003】

また、セメント懸濁液を地盤に注入して土質安定用薬液として用いる場合、地盤に注入する前、及び、所定の場所に到達するまでは流動性が確保され、所定の場所に到達後に流動性がなくなることが求められる場合がある。

【0004】

そこで最近では、セメント懸濁液に所定の時間で非流動化する機能を付与した材料が用いられるようになっている。

50

例えば、特許文献1には、消石灰又は生石灰を含むA液と、アルミスラッジ乾燥粉（アルマイト処理で発生したアルミスラッジを乾燥し、水酸化アルミニウムを非晶質に保ったもの）を含むB液とを混合してなる2ショットタイプの注入材が開示されている。特許文献1には、A液とB液を混合終了後、ゲル化するまでの時間（非流動化するまでの時間。以下、「ゲルタイム」という。）が60秒程度の例が報告されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2010-53023号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献1の注入材は、有機カルボン酸及び／又はその塩（以下、有機カルボン酸（塩）とも記載する）として用いたクエン酸の量のゲルタイムへの影響が大きく、クエン酸量のバラツキによりゲルタイムのバラツキが懸念される。また、特許文献1の注入材は、ゲル化後の上澄み水の量（以下、ブリージング量）が多く、空洞等へ充填の際に空隙を生じる可能性がある。

【0007】

そこで本発明は、有機カルボン酸（塩）の量の変動によるゲルタイムの変動の少ない土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法を提供することを目的とする。また、本発明は、ブリージング量の少ない土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、以下の[1]～[12]の態様を包含する。

【0009】

[1] 石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、並びに水を含む主材液と、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む硬化材液とを含む、土質安定用薬液。

[2] ゲルタイムが60秒未満のとき、ブリージング量が2%以下である、[1]に記載の土質安定用薬液。

30

[3] ゲルタイムが60秒以上100秒未満のとき、ブリージング量が4%以下である、[1]又は[2]に記載の土質安定用薬液。

[4] 前記主材液は、更に水硬性セメント、及び石膏を含む、[1]～[3]のいずれかに記載の土質安定用薬液。

[5] 前記減水剤は、ナフタリンスルホン酸塩ホルマリン縮合物系、リグニンスルホン酸塩又はその誘導体系、メラミンホルマリン縮合物系、ポリカルボン酸系、アミノスルホン酸系、及びポリエーテル系からなる群から選ばれる少なくとも一つを主成分として含む、[1]～[4]のいずれかに記載の土質安定用薬液。

[6] 前記減水剤が、前記石灰に対して0.1質量%～20質量%含まれる、[1]～[5]のいずれかに記載の土質安定用薬液。

40

[7] 前記有機カルボン酸及び／又はその塩が、前記石灰に対して0.2質量%～20質量%含まれる、[1]～[6]のいずれかに記載の土質安定用薬液。

[8] [1]から[7]のいずれかに記載の土質安定用薬液を地盤に注入する、地盤安定化工法。

[9] 石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、並びに水を含む主材液と、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む硬化材液を混合する工程を含む、土質安定用薬液の製造方法。

[10] 前記主材液は、更に水硬性セメント、及び石膏を含む、[9]に記載の土質安定用薬液の製造方法。

50

[11] 石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、並びに水を含む主材液と、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む硬化材液を地盤内で混合する、地盤安定化工法。

[12] 前記主材液は、更に水硬性セメント、及び石膏を含む、[11]に記載の地盤安定化工法。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、有機カルボン酸（塩）の量の変動によるゲルタイムの変動の少ない土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法を提供することができる。また、本発明によれば、ブリージング量の少ない土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法を提供することができる。10

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明を詳細に説明する。

【0012】

[主材液]

本発明の一態様の主材液（以下「主材液」とも呼ぶ。）は、石灰、有機カルボン酸及び／又はその塩、減水剤、並びに水を含有する。主材液は、さらに、水硬性セメント、及び石膏を含んでいてもよい。また、主材液は、その他の添加剤を含んでいてもよい。

以下、主材液が含む各成分について説明する。20

【0013】

(石膏)

石膏としては、例えば、II型無水石膏、III型無水石膏、半水石膏、半水石膏、2水石膏など、各種の形態の石膏が挙げられる。また、天然石膏でも人工的に製造又は副生する化学石膏（リン酸石膏、排煙脱硫石膏、チタン石膏、フッ酸石膏、鉱水・製錬石膏等）でも良い。中でも、固結体の圧縮強度がより高くなることから、II型無水石膏が好ましい。

【0014】

石膏のブレーン値は、 $1500 \sim 12000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ が好ましく、 $2000 \sim 10000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ がより好ましく、 $2500 \sim 8000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ がさらに好ましい。石膏のブレーン値が上記下限値以上であれば、固結体の圧縮強度がより高くなる。一方、上記上限値以下であれば、主材液の粘性が低下するとともに、水と混合した時に凝集が起こりにくくなる。30

石膏は、一種のみが含まれていてもよく、二種以上が組み合わされて含まれていてもよい。

【0015】

主材液中の石膏の含有量は、主材液 200 L （全薬液 400 L ）あたり、 $1 \sim 30 \text{ kg}$ が好ましく、 $3 \sim 20 \text{ kg}$ がより好ましい。石膏の含有量が上記下限値以上であれば、固結体の初期及び最終強度が高くなる。上記上限値以下であれば、主材液の粘度が抑えられるため、ポンプによる圧送が容易となり、主材液又は後述する土質安定用薬液が地盤に浸透しやすくなる。また、上記上限値以下であれば、主材液中の成分量に対する固結体の体積をより大きくすることができる。40

【0016】

(石灰)

石灰は、水中で水酸化カルシウム(Ca(OH)_2)の形をとるものであり、例えば、消石灰(Ca(OH)_2)や生石灰(CaO)が挙げられる。中でも、取扱いが容易な消石灰が好ましい。

【0017】

石灰のブレーン値は $6000 \sim 30000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ が好ましく、 $8000 \sim 20000 \text{ cm}^2 / \text{g}$ がより好ましい。石灰のブレーン値が上記下限値以上であれば、主材液が沈50

降し難くなるとともに、反応性が高まる点で優れる。一方、上記上限値以下であれば、主材液の粘性が低下するとともに、水と混合した時に凝集が起こりにくくなる。

石灰は、一種のみが含まれていてもよく、二種以上が組み合わされて含まれていてもよい。

【0018】

主材液中の石灰の含有量は、主材液200L(全薬液400L)あたり、5~50kgが好ましく、7~30kgがより好ましい。石灰の含有量が上記下限値以上であれば、ゲル化後の初期強度の立ち上がりが早くなる。上記上限値以下であれば、主材液の粘度が抑えられるため、ポンプによる圧送が容易となり、主材液又は後述する土質安定用薬液が地盤に浸透しやすくなる。また、上記上限値以下であれば、主材液中の成分量に対する固結体の体積をより大きくすることができる。

【0019】

(有機カルボン酸及び/又はその塩)

有機カルボン酸(塩)としては、クエン酸、グルコン酸、酒石酸、リンゴ酸、乳酸、グルコヘプトン酸、オキシマロン酸、粘液酸、グルクロニ酸、ラクトビオン酸等のオキシカルボン酸、及びこれらのオキシカルボン酸のアルカリ金属塩(リチウム塩、ナトリウム塩、カリウム塩等)、アンモニウム塩等が挙げられる。また、グルタミン酸等のアミノカルボン酸、及びこれらのアミノカルボン酸のアルカリ金属塩(リチウム塩、ナトリウム塩、カリウム塩等)、アンモニウム塩等が挙げられる。これらのうち、ゲル化直後のゲル強度の立ち上がりの観点からオキシカルボン酸及び/又はその塩が好ましく、クエン酸、クエン酸のナトリウム塩、グルコン酸、グルコン酸のナトリウム塩が特に好ましい。

【0020】

これらの有機カルボン酸(塩)は一種のみを用いてもよく、二種以上を併用してもよい。

【0021】

本発明の土質安定用薬液における有機カルボン酸(塩)の含有量は、所望のゲルタイムによっても異なるが、石灰に対して0.2質量%~20質量%が好ましく、0.3質量%~10質量%がより好ましく、0.5質量%~8質量%が特に好ましい。土質安定用薬液中の有機カルボン酸(塩)の含有量が上記下限以上であれば、有機カルボン酸(塩)を含有することによるゲルタイムの調整やゲル化の初期立上り強度の向上効果を得やすい。

一方、土質安定用薬液中の有機カルボン酸(塩)の含有量が上記上限以下であれば、ゲルタイムの調整やゲル化初期の立上り強度の向上効果を得やすいたとくに、ゲル化初期ではなく、数時間、あるいは、数日後の強度立上りの遅延が起こりにくくなる。

【0022】

(減水剤)

減水剤としては、減水性能に優れた高性能減水剤を用いることが好ましく、例えば、ナフタリンスルホン酸塩ホルマリン縮合物系、リグニンスルホン酸塩又はその誘導体系、メラミンホルマリン縮合物系(スルホン酸塩、(変成)メチロール)、ポリカルボン酸系、アミノスルホン酸系、ポリエーテル系を主成分とする減水剤が挙げられる。ここで「主成分」とは通常全体の50質量%以上、好ましくは70質量%以上、より好ましくは90質量%~100質量%を占める成分をいう。

これらの減水剤は、一種のみを用いてもよく、二種以上を併用してもよい。

本発明で用いる減水剤は、中でも、ナフタリンスルホン酸塩ホルマリン縮合物系の材料が好ましい。

【0023】

本発明の土質安定用薬液における減水剤の含有量は、石灰に対して0.1質量%~20質量%が好ましく、0.2質量%~10質量%がより好ましく、0.5質量%~5質量%が特に好ましい。土質安定用薬液中の減水剤の含有量が上記下限以上であれば、有機カルボン酸(塩)の量の変動が与えるゲルタイムへの影響を小さくするとことが出来るとともに、ブリージング量を少なくすることが出来る。一方、土質安定用薬液中の減水剤の含有量が上記上限以下であれば、主材液の粘性が下がりすぎることによる主材中のセメント等

10

20

30

40

50

の沈降を抑制することが出来る。

【0024】

(水硬性セメント)

水硬性セメントとしては、例えば、普通、早強、超早強、中庸熱及び白色などのポルトランドセメント、高炉セメント、シリカセメント、フライアッシュセメントなどの混合セメント、微粒子セメント、超微粒子セメント、極超微粒子セメントや高炉水碎スラグ、アルミナセメントが挙げられる。石灰の存在により水硬性を示すことから、水硬性セメントとしてはポゾラン反応性物質も含まれる。該ポゾラン反応性物質としては、例えば、シリカヒューム、フライアッシュ、活性カオリン等が挙げられる。

水硬性セメントは、一種のみが含まれていてもよく、二種以上が組み合わされて含まれていてもよい。

10

【0025】

主材液が水硬性セメントを含有する場合、主材液中の水硬性セメントの含有量は、主材液200L(全薬液400L)あたり、25~300kgが好ましく、50~200kgがより好ましく、70~150kgが特に好ましい。水硬性セメントの含有量が上記下限値以上であれば、固結体の圧縮強度をより高めることができる。一方、上記上限値以下であれば、主材液の粘度が抑えられるため、ポンプによる圧送が容易となり、主材液又は後述する土質安定用薬液が地盤に浸透しやすくなる。また、上記上限値以下であれば、主材液中の成分量に対する固結体の体積をより大きくすることができる。

【0026】

20

(水)

水としては、例えば、上水、工業用水、地下水、河川水、海水などが挙げられる。これらの中でも、本発明の効果を充分に発揮させるためには、上水や工業用水が好ましい。

【0027】

(添加剤)

主材液は、消泡剤や増粘剤などの添加剤を含んでいてもよい。

【0028】

消泡剤としては、高級アルコール系、アルキルフェノール系、ジエチレングリコール系、ジブチルタレート系、非水溶性アルコール系、トリブチルホスフェート系、ポリグリコール系、シリコーン系、酸化エチレン・酸化プロピレン共重合物系などの消泡剤が挙げられる。

30

【0029】

増粘剤としては、メチルセルロース、エチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、ヒドロキシエチルメチルセルロース、ヒドロキシブチルメチルセルロース、ヒドロキシエチルエチルセルロース、カルボキシメチルセルロースなどのセルロースエーテル系；ポリアクリルアミド、ポリアクリル酸ソーダ、ポリアクリルアミド-ポリアクリル酸ソーダ共重合物、ポリアクリルアミド部分加水分解物などのアクリル系ポリマー；ポリビニルアルコール、ポリエチレンオキサイド、アルギン酸ソーダ、カゼイン、ゲアガムなどの水溶性ポリマーなど各種の増粘剤が挙げられる。

【0030】

40

主材液はまた、硫酸イオン供給源として、硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、硫酸アルミニウム等の硫酸塩を含有していてもよい。

【0031】

(主材液の製造方法)

主材液は、公知の攪拌器等を用いて、各成分を所望の配合量で水に分散させることにより製造される。

主材液を製造する際の、石灰、有機カルボン酸(塩)、減水剤、水、必要に応じて用いられる水硬性セメント、石膏、その他の添加剤を混合する順序は、特に限定されない。主材液の製造方法は、石灰、有機カルボン酸(塩)、減水剤、任意成分である石膏、増粘剤及び消泡剤などの添加剤を水に分散させた後、水硬性セメントを加え、所定時間攪拌して

50

混合する方法が好ましい。

【0032】

地盤安定化を行う施工現場で主材液を製造する方法としては、例えば、以下の(1)～(3)の方法が挙げられる。

(1) 石灰、有機カルボン酸(塩)、減水剤、必要に応じて配合される石膏、水硬性セメントを別々に施工現場に搬入し、所定の量比で混合した後、水を加えて混合する方法

(2) 石灰、有機カルボン酸(塩)、減水剤、必要に応じて配合される石膏、水硬性セメントを所定の量比で予め配合した主材の混合物を施工現場に搬入し、これに水を加えて混合する方法

(3) 水硬性セメント以外の材料を所定の量比で予め混合した混合物を水硬性セメントとともに施工現場に搬入し、これに水を加えて混合する方法

中でも、施工現場での作業を簡略化できる点から、上記(2)、(3)の方法が好ましい。

【0033】

各成分は水に充分に分散されていることが好ましい。各成分が水に充分に分散されることにより、主材液と硬化材液とがより均一に混合され、ゲルタイムが安定し、固結体の圧縮強度のバラツキがより少なくなる。

【0034】

[硬化材液]

本発明の一態様の硬化材液(以下「硬化材液」とも呼ぶ。)は、主材液を硬化させるために該主材液に混合して用いるものである。

硬化材液は、非晶質水酸化アルミニウム、アルカリ金属炭酸塩、及び水を含む。

また、硬化材液は、上記以外のその他の添加剤を含んでいてもよい。

以下、硬化材液が含む各成分について説明する。以下において、硬化材液中の水以外の成分を硬化材と称す。

【0035】

(非晶質水酸化アルミニウム)

本発明において非晶質水酸化アルミニウムは、非晶質の水酸化アルミニウムをすべて含む。非晶質水酸化アルミニウムの例としては、乾燥水酸化アルミニウムゲルがあり、アルマイト処理で発生するアルミスラッジ等が挙げられる。

なかでも活性が高いという観点から、乾燥水酸化アルミニウムゲルが好ましい。

【0036】

乾燥水酸化アルミニウムゲルは、 $\text{Al(OH)}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ の化学組成を持つ化合物であり、非晶質の水酸化アルミニウムである。乾燥水酸化アルミニウムゲルとしては、例えば日本薬局方の医療用制酸剤・潰瘍治癒剤等に用いられるものが挙げられるが、工業用として、吸着剤等に用いられる乾燥水酸化アルミニウムゲル粉末が好ましい。乾燥水酸化アルミニウムゲル粉末の酸化アルミニウム含有量は45%以上が好ましく、50%以上がより好ましい。

また、乾燥水酸化アルミニウムゲル粉末の粒子径は、レーザー回折散乱法によるメジアン径で40～120 μmが好ましく、60～100 μmが更に好ましい。メジアン径が上記下限値以上であれば、粒子が舞い難く、取扱い性がよくなる。一方、上記上限値以下であれば、粒子の沈降が抑えられるとともに、反応性が高くなりゲルタイムの発現性が優れる。

【0037】

(アルカリ金属炭酸塩)

アルカリ金属炭酸塩は、ゲル化能力を有する石灰と非晶質水酸化アルミニウムとの組み合わせにおいて、ゲルタイムを付加する成分である。アルカリ金属炭酸塩は、主材液に配合すると該主材液を不安定にするが、硬化材液に配合しても該硬化材液を不安定にすることはない。

【0038】

10

20

30

40

50

アルカリ金属炭酸塩としては、例えば、 Li_2CO_3 、 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 などのアルカリ金属の炭酸塩が挙げられる。アルカリ金属炭酸塩は一種のみが含まれていてもよく、二種以上が組み合わされて含まれていてもよい。

【0039】

(添加剤)

硬化材液は、非晶質水酸化アルミニウム（乾燥水酸化アルミニウムゲルを含む）、アルカリ金属炭酸塩以外に、アルカリ金属水酸化物、アルカリ金属珪酸塩、消泡剤、増粘剤等、各種の添加剤を含んでいてもよい。その他の添加剤の詳細は主材液に含まれる添加剤と同様である。

【0040】

例えば、硬化材液にアルカリ金属水酸化物を添加することで、硬化材液の活性を上げることができる。アルカリ金属水酸化物としては、例えば、 LiOH 、 NaOH 、 KOH などが挙げられる。アルカリ金属水酸化物は、一種のみが含まれていてもよく、二種以上が組み合わされて含まれていてもよい。

【0041】

同様に、硬化材液にアルカリ金属珪酸塩を添加することで、硬化材液の活性を上げることができる。アルカリ金属珪酸塩としては、例えば、珪酸リチウム、珪酸ナトリウム、珪酸カリウムなどが挙げられる。アルカリ金属珪酸塩は、一種のみが含まれていてもよく、二種以上が組み合わされて含まれていてもよい。

【0042】

アルカリ金属珪酸塩としては、アルカリ金属オルト珪酸塩、アルカリ金属セスキ珪酸塩、アルカリ金属メタ珪酸塩、アルカリ金属1号珪酸塩、アルカリ金属2号珪酸塩、アルカリ金属3号珪酸塩、アルカリ金属4号珪酸塩の水溶液、粒状品、粉末品が挙げられる。中でも反応性を高める効果が高い点から、アルカリ度の高いアルカリ金属オルト珪酸塩が好ましく、オルト珪酸ナトリウムが更に好ましい。

【0043】

(水)

水としては、例えば、上水、工業用水、地下水、河川水、海水などが挙げられる。これらの中でも、本発明の効果を充分に發揮させるためには、上水や工業用水が好ましい。

【0044】

(硬化材液中の各成分の含有量)

硬化材液中の非晶質水酸化アルミニウム（乾燥水酸化アルミニウムゲルを含む）の含有量は、該硬化材液200L（全薬液400L）あたり、2～20kgであることが好ましく、4～12kgがより好ましく、6～8kgが特に好ましい。非晶質水酸化アルミニウム（乾燥水酸化アルミニウムゲルを含む）の含有量が上記下限値以上であれば、ゲルタイムが短くなり、また、ゲル化後の強度発現までに要する時間が短縮される。一方、上記上限値以下であれば、硬化材液の粘度が抑えられるため、主材液と硬化材液とがより均一に混合され、固結体の圧縮強度のバラツキがより少なくなる。また、上記上限値以下であれば、ポンプによる圧送が容易となり、硬化材液又は後述する土質安定用薬液が地盤に浸透しやすくなる。

【0045】

硬化材液中のアルカリ金属炭酸塩の含有量は、該硬化材液200L（全薬液400L）あたり、2～12kgであることが好ましく、3～10kgがより好ましく、4～8kgが更に好ましい。アルカリ金属炭酸塩の含有量が上記範囲内にあれば、よりゲルタイムを短くすることができる。本発明の効果をより発揮させるためには、後述の通り硬化材から硬化材液を調製する際に、アルカリ金属炭酸塩の不溶解分が残らないようにすることが好ましい。

【0046】

(硬化材液の製造方法)

硬化材液は、原料となるそれぞれの材料（硬化材）を単体で準備し、現場にて水に投入

10

20

30

40

50

し混合して用いてもよく、事前に粉の状態で混合したものを現場にて水に投入して用いてもよい。好ましくは、非晶質水酸化アルミニウム（乾燥水酸化アルミニウムゲルを含む）とアルカリ金属炭酸塩は、事前に粉の状態で混合して用いる。これらを事前に混合することにより、アルカリ金属炭酸塩が固結することを防止することができる。

【0047】

粉体の混合は、一般的な混合器に、各成分を所望の配合量で投入し、混ぜ合わせることで行う。混合器は、工場又は施工現場に固定されているものでもよく、ミキサートラックに搭載されているものでもよい。

各成分は充分に混合されていることが好ましい。各成分が充分に混合されていることにより、均質な硬化材液を素早く製造することができる。

10

【0048】

硬化材液は、公知の搅拌器等を用いて、硬化材の各成分を水に分散させることにより製造される。分散方法としては、予め製造した硬化材を水に分散させる方法でもよく、硬化材の各成分を任意の順序で水に分散させる方法でもよい。

【0049】

各成分は水に充分に分散されていることが好ましい。各成分が水に充分に分散されることにより、主材液と硬化材液とがより均一に混合され、固結体の圧縮強度のバラツキがより少なくなる。

【0050】

[土質安定用薬液]

20

本発明の一態様の土質安定用薬液（以下、「土質安定用薬液」とも呼ぶ。）は、主材液と硬化材液を含む。例えば、土質安定用薬液は、石膏、石灰、有機カルボン酸（塩）、水硬性セメント、減水剤、水、非晶質水酸化アルミニウムゲル、及び、アルカリ金属炭酸塩を含む。

【0051】

[土質安定用薬液の製造方法]

土質安定用薬液の製造方法は、公知の搅拌器等を用いて、各成分を水に分散させる方法でもよく、主材液に、硬化材液中の水以外の各成分を添加する方法でもよく、硬化材液に、主材液中の水以外の成分を添加する方法でもよく、主材液と硬化材液とを混合する方法でもよい。中でも、主材液と硬化材液が瞬時に均一に混ざる点、施工現場での作業を簡略化できる点、及び、ゲルタイムの発現をより高める点から、土質安定用薬液の製造方法は、主材液と硬化材液とを混合する方法であることが好ましい。

30

【0052】

以下、主材液と硬化材液とを混合する方法について説明する。

両液の混合は、地盤に注入する前に行ってもよく、各液を地盤に注入しながら行ってもよい。地盤に注入する前に行う場合は、セメントを製造する際に通常用いる搅拌器等を用いて、一般的な搅拌方法によって混合すればよい。各液を地盤に注入しながら混合する場合は、例えば、主材液と硬化材液とを、それぞれ単位時間当たりの送液容量が等しいポンプを用いて個別にY字管、搅拌装置、注入管内に設けられた混合室（管内混合器・管路混合器）などに圧送して混合する方法、又は、主材液と硬化材液を二重管の内管と外管で別々に送液し、注入時に地盤中で主材液と硬化材液を合流させて混合する方法などが挙げられる。両液が注入中に硬化しないようにするために、土質安定用薬液は、注入直前又は注入しながら製造することが好ましく、注入しながら製造することがより好ましい。

40

【0053】

施工がし易くなる点から、主材液と硬化材液とは7：3～3：7の容量比で混合することが好ましく、6：4～4：6の容量比で混合することがより好ましく、等容量で混合することが特に好ましい。

【0054】

[地盤安定化工法]

本発明の地盤安定化工法には、上述の土質安定用薬液を地盤に注入する第一の態様と、

50

主材液と硬化材液とを地盤内で混合する第二の態様とがある。

第一の態様の具体的な方法は、上述の土質安定用薬液の製造方法と同様にして土質安定用薬液を製造し、該土質安定用薬液を地盤に注入する方法である。

第二の態様の具体的な方法は、主材液と硬化材液とを別々の注入管で地盤内に注入し、両液を地盤内で合流させ、混合させる方法である。本態様では、注入の際に、噴射ノズルを有する注入管を用いて、圧力 $50 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$ で噴射注入してもよい。

【0055】

[作用効果]

本発明によれば、有機カルボン酸（塩）を使用してゲルタイムを調整する際に、減水剤を併用することで、有機カルボン酸（塩）の量の変動のゲルタイムへの影響を小さくするとともに、ブリージング量の少ない土質安定用薬液、該土質安定用薬液の製造方法、及び地盤安定化工法を提供することができる。

有機カルボン酸（塩）の添加量は薬液の量に比べると非常に少ない為、僅かな量の変動によりゲルタイムが大きく変動することは、ゲルタイムのバラツキの原因となる。本発明の土質安定用薬液を用いることで、より安定したゲルタイムを確保できるようになる。

また、ブリージング量が少なくなることで、空洞に充填した場合等において、空隙部分を減らすことが可能となる。

【0056】

<有機カルボン酸（塩）量の変動への抑制効果のメカニズム>

本発明では、主に、主材液中に含まれる石灰が、硬化材液中に含まれる非晶質水酸化アルミニウムと炭酸アルカリ金属塩と反応してゲルタイムを付与していると考えられる。また、主材液中へ有機カルボン酸（塩）を添加することで、有機カルボン酸（塩）が石灰の粒子の表面に吸着し、硬化材液との反応を阻害するため、ゲルタイムが遅延されると考えられる。

ところが、石灰の粒子は水への分散の際、細かくは分散しておらず、ゲルタイム付与に関わる表面積が小さい状態となっている。そのため、有機カルボン酸（塩）が吸着、阻害できる表面積が小さく、僅かな量の変動によって硬化材液との反応へ大きな影響を及ぼす。ここで、減水剤を添加することで、石灰の水への分散性が向上するため、石灰の表面積が大きい状態で働き、量の変動への影響が小さくなっていると考えられる。

【0057】

<ブリージング量低減のメカニズム>

主材液に減水剤を添加することで、石灰の水への分散性が向上し、細かな粒子の状態でゲルが生じやすくなると考えられる。その結果、粒子が浮遊しやすい状態でゲル化が進行することから沈降が抑えられ、ブリージング量が低減しているものと推定している。

【0058】

[ブリージング量]

本発明の土質安定用薬液は、上記のようなメカニズムでブリージング量を少なくすることができる。ブリージング量は、ゲルタイムによって異なる値となり、またゲルタイムは土質安定用薬液の成分組成により異なる値となるが、本発明の土質安定用薬液によれば、例えば、ゲルタイムが60秒未満の比較的ゲルタイムの短い土質安定用薬液の場合、ブリージング量を2%以下、好ましくは1.5%以下とすることができます。また、例えば、ゲルタイムが60秒以上、100秒未満の土質安定用薬液の場合、ブリージング量を4%以下、好ましくは3%以下とすることができます。

なお、本発明の土質安定用薬液のゲルタイムは、成分組成によっても異なるが、通常30~600秒程度にすることができる。また、ブリージング量の下限には特に制限はない。

【0059】

ここで、ブリージング量とは、土質安定用薬液（主材液と硬化材液の合計）の体積に対する、この土質安定用薬液がゲルタイムに達した時に上澄みとして残る薬液の浮水の量（体積）の割合（百分率）であり、後掲の実施例の項に記載の方法で測定される。

【実施例】

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

以下に本発明を実施例及び比較例を用いてより具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

以下の実施例及び比較例で用いた材料、主材液及び硬化材液の調製方法、並びに各種測定・評価方法は以下のとおりである。

【 0 0 6 1 】**[材料]****(主材液)**

- ・水硬性セメント：高炉セメントB種（太平洋セメント（株））
- ・石膏：天然無水石膏（ブレーン値：3100 cm² / g）
- ・石灰：消石灰（ブレーン値：12000 cm² / g）
- ・減水剤1（高性能減水剤）：ナフタレンスルホン酸ナトリウム・ホルムアルデヒド重縮合物
- ・減水剤2（高性能減水剤）：メラミンホルマリン縮合物（变成メチロールメラミン縮合物）
- ・有機カルボン酸：無水クエン酸
- ・水：水道水

【 0 0 6 2 】**(硬化材液)**

- ・乾燥水酸化アルミニウムゲル粉末（メジアン径：84 μm）
- ・ソーダ灰（無水炭酸ナトリウム）
- ・水：水道水

【 0 0 6 3 】**[主材液の調製方法]**

20に調整した材料を使用し、それぞれ20の室内で石膏、石灰、減水剤、有機カルボン酸、減水剤の混合物を水に分散させた後、水硬性セメントを分散させ、攪拌して主材液を得た。攪拌は、マグネチックスターラーを用い、200mLのディスカップに長さ4cmのスターラーバーを入れ、主材液200mLの入った状態で、回転数650～750rpmの条件で行った。

主材液中の各成分の含有量は表1に示す通りとした。

なお、本実施例及び比較例では、主材液を作製後すぐに、硬化材液を調製して実験を行つた。

【 0 0 6 4 】**[硬化材液の調製方法]**

20に調整した材料を使用し、20の室内で乾燥水酸化アルミニウムゲル粉末、無機アルカリ金属炭酸塩を混合した硬化材を水に分散させ、攪拌して硬化材液を得た。攪拌は、マグネチックスターラーを用い、200mLのディスカップに長さ4cmのスターラーバーを入れ、硬化材液200mLの入った状態で、回転数650～750rpmの条件で行った。

硬化材液中の各成分の含有量は表1に示す通りとした。

【 0 0 6 5 】**[ゲルタイムの測定]**

まず、得られた主材液50mLと硬化材液50mLとをそれぞれ200mLディスカップA, Bに入れ、硬化材液の入ったディスカップBに主材液の全量を勢いよく入れた後、両液の混合液を直ちに主材液が入っていたディスカップAに移し替え、さらに硬化材液が入っていたディスカップBに移し替え、もう2回移し替えを実施した。最後に移し替えたディスカップを水平にして表面の様子を確認しながら、ディスカップを45度傾けて、混合液の液面が動くか否かを確認し、混合液の液面が動かなくなるまでの時間を確認した。

【 0 0 6 6 】**[ブリージング量の測定]**

ゲルタイムを測定した後の薬液の浮水をスポットで取り、メスシリンダーに移し替えて

10

20

30

40

50

量を測定し、下記式で算出した。

$$\text{ブリージング量(%)} = \frac{\text{浮水量(mL)}}{(\text{主材液 } 50\text{ mL} + \text{硬化材液 } 50\text{ mL})} \times 100$$

【0067】

[10分後強度の測定]

テンシロン万能試験機を用いて圧縮強度を測定。ゲルタイム測定時と同様に作製した主材液100mL、硬化材液100mLを混合し、5cm×高さ10cmの型枠に投入した。混合から8分程度で脱型し、混合から10分後に1mm/min.で載荷を開始してピーク強度を記録した。強度は円柱の載荷面積を測定し算出した。

【0068】

[実施例1～7及び比較例1～5]

実施例1～7及び比較例1～5では、それぞれ表1に示された成分、該成分の含有量で、上記の通り調製した主材液と硬化材液を用いてゲルタイム、一部ブリージング量、一部10分後強度を測定した。結果を表1に示す。

【0069】

10

20

30

40

50

【表1】

	主材液(kg/200L)						有機カルボン酸(塩) 量	水硬性セメント 量	水	ゲルタイム (秒)	ブリージング量 (%)	10分強度 (N/mm ²)
	硬化材液(kg/200L)	乾燥水酸化アルミニウム アルミナ粉末 ゲル粉末	ソーダ灰	水	石膏	石灰						
実施例1	6	6	残	5	18	減水剤1	0.5	0.15	75	残	50	1
実施例2	6	6	残	5	18	減水剤1	0.5	0.17	75	残	50	1
実施例3	6	6	残	5	18	減水剤1	0.5	0.20	75	残	55	1
実施例4	6	6	残	5	18	減水剤1	0.5	0.30	75	残	90	3
実施例5	6	6	残	5	18	減水剤1	0.3	0.20	75	残	60	2
実施例6	6	6	残	5	18	減水剤1	1.0	0.20	75	残	65	2
実施例7	6	6	残	5	18	減水剤2	1.0	0.20	75	残	70	3
比較例1	6	6	残	5	18	減水剤1	0	0.15	75	残	50	3
比較例2	6	6	残	5	18	減水剤1	0	0.17	75	残	90	5
比較例3	6	6	残	5	18	減水剤1	0	0.20	75	残	120	6
比較例4	6	6	残	5	18	減水剤1	0	0.30	75	残	210	11
比較例5	6	6	残	5	10	減水剤1	0	0.00	75	残	50	-
												<0.004

10

20

30

40

【0070】

実施例2と比較例1、比較例5の比較より、同じゲルタイム50秒でも、石灰量を増やし、有機カルボン酸（塩）を配合、あるいは、有機カルボン酸（塩）と減水剤を配合することにより10分後強度が高くなることを確認した。

実施例1～4と比較例1～4の比較より、主材液に減水剤を添加した場合、有機カルボン酸（塩）の量が変動しても、ゲルタイムの変動が小さいことを確認した。

また、ブリージング量は水硬性セメント等の沈降に起因するためゲルタイムが長くなると多くなるが、同じゲルタイムで比較した場合、減水剤の含まれないゲルタイムが50秒の比較例1では、ブリージング量が3%であるのに対し、減水剤が含まれ、ゲルタイムが

50

50秒程度である実施例1～3ではブリージング量が1%と低減されることを確認した。

【産業上の利用可能性】

【0071】

本発明の土質安定用薬液、該薬液の製造方法、及び地盤安定化工法は、例えば、地盤内の空隙、護岸堤防と地盤との空隙、液状化によって生じた空洞及びトンネル背面の空洞等に薬液を注入して地盤を補強するために有用である。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

	F I		
C 0 4 B 24/06 (2006.01)	C 0 4 B	24/06	A
C 0 4 B 22/10 (2006.01)	C 0 4 B	22/10	
C 0 4 B 28/08 (2006.01)	C 0 4 B	28/08	
E 0 2 D 3/12 (2006.01)	E 0 2 D	3/12	1 0 2
C 0 9 K 17/06 (2006.01)	E 0 2 D	3/12	1 0 1
C 0 9 K 17/14 (2006.01)	C 0 9 K	17/06	P
C 0 9 K 17/08 (2006.01)	C 0 9 K	17/14	P
C 0 9 K 17/02 (2006.01)	C 0 9 K	17/08	P
C 0 9 K 17/10 (2006.01)	C 0 9 K	17/02	P
C 0 9 K 17/44 (2006.01)	C 0 9 K	17/10	P
C 0 9 K 17/42 (2006.01)	C 0 9 K	17/44	P
C 0 9 K 17/48 (2006.01)	C 0 9 K	17/42	P
C 0 9 K 103/00 (2006.01)	C 0 9 K	17/48	P
	C 0 9 K	103:00	

(56)参考文献

特開平10-168451(JP, A)
 特開2010-053023(JP, A)
 特開2015-229684(JP, A)
 特開2007-261884(JP, A)
 特開昭55-049199(JP, A)
 特開2013-227553(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C 0 4 B 2 / 0 0 - 3 2 / 0 2
 E 0 2 D 3 / 1 2
 C 0 9 K 1 7 / 0 0 - 1 7 / 4 8
 C 0 9 K 1 0 3 / 0 0