

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4140228号
(P4140228)

(45) 発行日 平成20年8月27日 (2008. 8. 27)

(24) 登録日 平成20年6月20日 (2008. 6. 20)

(51) Int. Cl.

F I

C O 4 B	7/153	(2006. 01)	C O 4 B	7/153
C O 4 B	28/08	(2006. 01)	C O 4 B	28/08
E O 1 C	5/06	(2006. 01)	E O 1 C	5/06
E O 1 C	11/24	(2006. 01)	E O 1 C	11/24
C O 4 B	22/12	(2006. 01)	C O 4 B	28/08

請求項の数 7 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-323736 (P2001-323736)
 (22) 出願日 平成13年10月22日 (2001. 10. 22)
 (65) 公開番号 特開2002-241151 (P2002-241151A)
 (43) 公開日 平成14年8月28日 (2002. 8. 28)
 審査請求日 平成16年5月7日 (2004. 5. 7)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-379086 (P2000-379086)
 (32) 優先日 平成12年12月13日 (2000. 12. 13)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001258
 J F E スチール株式会社
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号
 (74) 代理人 100079175
 弁理士 小杉 佳男
 (74) 代理人 100094330
 弁理士 山田 正紀
 (72) 発明者 高橋 克則
 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
 鉄株式会社 技術研究所内
 (72) 発明者 相川 真紀子
 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製
 鉄株式会社 技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 保水性固化体用水硬材及び保水性固化体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

50～70質量%の高炉スラグ微粉末と、50質量%以上の非晶質SiO₂を含み、かつ平均粒径が20μm以上で粒度が300μm以下である、30～50質量%の無機粉末と、該高炉スラグ微粉末及び該無機粉末の合計100重量部に対して3重量部以上のアルカリ刺激剤とを含有してなることを特徴とする保水性固化体用水硬材。

【請求項 2】

前記アルカリ刺激剤が、消石灰であることを特徴とする請求項1記載の保水性固化体用水硬材。

【請求項 3】

前記アルカリ刺激剤が、前記無機粉末及び前記高炉スラグ微粉末の合計100重量部に対して30～50重量部のセメントであることを特徴とする請求項1記載の保水性固化体用水硬材。

【請求項 4】

請求項1記載の50質量%以上の非晶質SiO₂を含み、かつ平均粒径が20μm以上で粒度が300μm以下の無機粉末の一部に代え、シルト系粉末を使用してなることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の保水性固化体用水硬材。

【請求項 5】

前記無機粉末及び前記高炉スラグ微粉末の合計100重量部に対して、1～5重量部の塩化物を含有させてなることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の保水性固化体

用水硬材。

【請求項 6】

前記請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の保水性固化体用水硬材の 100 重量部に、水を 30 ～ 100 重量部添加して混練、スラリー化したものを固化してなることを特徴とする保水性固化体。

【請求項 7】

前記混練、スラリー化したものを、所定形状の型枠に流し込み、ついで 80 以下で乾燥、固化させてなることを特徴とする請求項 6 記載の保水性固化体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、保水性固化体用水硬材及び保水性固化体に係わり、詳しくは、都市の所謂「ヒートアイランド現象」の抑制に有効な保水性固化体と、その製造原料である水硬材に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、都市では、道路や建物の多くがコンクリート、アスファルトといった蓄熱し易い材料によって構成されているので、その影響を受けて特殊な人工的気候が出現している。つまり、夏季には、道路等の表面温度が著しく上昇し、熱帯夜が常態化して、都市全体が一つの高温島のようになる所謂「ヒートアイランド現象」が発生している。この現象は、エ

20

【0003】

このようなヒートアイランド現象は、本来は土や植物で覆われていた地面等がコンクリート等に置き換わったことに起因する。地面等が土壌であれば、雨が降るとその内部空間に水分を溜め、その水分が晴天時に蒸発することで気化熱を奪い、大気温度を低下させることができるが、コンクリート等では、雨水がほとんど浸み込まずに排水溝等に流れてしまい、晴天になつても気化熱による冷却が期待できないからである。また、大量の降雨があった際には、排水設備に対する負荷が大きくなり、都市型洪水という新規な問題も発生しつつある。

【0004】

30

ところで、このような問題の解消には、コンクリート等を単純に土に戻すことが考えられる。しかしながら、それでは、コンクリートに置き換わったことにより、乾燥時の砂埃や豪雨時の流失損害が減少するという大きな利便性が失われる。また、緑化面積を拡大するという対策も考えられる。この対策は、前記ヒートアイランド現象の抑制ばかりでなく、大気へのCO₂放出量の削減、景観の向上等の利点も多い。しかしながら、上記した問題点は軽減されても無くなるわけではなく、加えて、植物の管理という別の仕事が必要となるので、どのような場所にも適用できるものではない。そこで、最近では、コンクリート、アスファルト等に置き換えが可能で、且つ保水性（内部に長時間にわたって水を保持できる性質）をもつ新しい土木・建築用材料（以下、単に材料という）が提案されるようになった。

40

【0005】

これまでに提案されている材料は、保水のメカニズムの観点から大きく2種類に分かれている。1つは、保水性ポリマーのような有機系材料を無機物質の中にまぜるもので、他の1つは、微細構造を形成させて毛細管現象で保水させるものである。このうち、前者の材料は、比較的容易に製造できるが、有機樹脂の価格が高いこと、リサイクルする際に、無機物からの有機物の分離が難しいこと等が問題として残されている。それに対し、後者の材料は、全部が無機系材料を使用でき、比較的成本も安いため、徐々に実用化されつつある。

【0006】

この後者の材料は、主に粒度を調整した原材料を、特定の温度で焼成して製造されること

50

が多い。例えば、特開平 8 - 3 1 9 1 7 9 号公報は、0 . 2 5 ~ 3 . 0 mm の骨格粒子と珪酸塩組成物とを混合し、1 0 0 0 ~ 1 2 0 0 で焼成することによって、シルト土壌（沈泥：砂より細かいが粘土より粗い沈漬土）と同様な保水性と道路舗装にも使用し得る強度を有する材料を開示している。また、特開平 1 0 - 7 2 2 7 0 号公報は、上下水処理で発生した脱水ケーキを造粒、焼成して得た多孔質骨材と、下水汚泥の焼却灰及びガラス系粉末とを焼成することによって、保水性を有する舗装材が製造できることを開示している。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、これら公報記載の材料は、いずれも材料として優れた特性を持つと考えられるが、焼成して製造されるため、大きさや形状に制限があり、ブロック等の形状でしか利用できないのが実状である。また、焼成というプロセスは、燃料や電気を利用するので、製造する段階で CO_2 が多量に発生し、環境規制の厳しい今日では好ましくない。このサイズ、形状の制限や CO_2 の問題を解決するには、コンクリートのように常温で下で製造でき、なおかつ保水力を発揮させることが必要である。

【 0 0 0 8 】

一般に、コンクリートのような材料は、空隙率が高くなると急激に強度が低下するので、強度と保水力とを両立させるのは、大変難しいと言われている。しかしながら、このような課題に対しても、いくつかの対策技術が公知になっている。例えば、特開平 9 - 7 7 5 4 8 号公報は、粒度調整したコンクリートのがら（クズ）5 0 ~ 8 0 重量%と、ポルトランドセメント 1 0 ~ 3 0 重量%と、高炉スラグ又はフライアッシュを 5 ~ 2 0 重量%と混ぜて養生することによって、 150 kgf/cm^2 （大略 15 N/mm^2 ）以上の強度と高い保水力とを達成する技術を開示している。この技術は、大変優れているものであるが、実際に実行しようとする、コンクリートのがらの粒度調整が難しかったり、コンクリートのがらの種類が千差万別であったりと、経験を積まないと実現することが難しく、あるいは原材料となるコンクリートのがらの種類を限定する必要があるという問題があった。また、特開平 9 - 3 2 8 3 5 2 号公報は、粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下の粒子を 8 0 重量%以上含有するフライアッシュに代表される SiO_2 - Al_2O_3 系粉末及びアルカリ金属珪酸塩からなるスラリーを、5 0 mm 以下に粉碎したコークスと混合して硬化させる技術を提案している。この技術は、比較的簡便ではあるが、製造する固化体の形状に制限があること、及びその強度がやや低いことが問題として残されている。さらに、特開平 9 - 1 3 2 4 4 1 号公報は、消石灰、生石灰、セメントのうちの少なくとも 1 種と粘土（5 - 7 5 重量%）とを混ぜ、成形、固化させて保水性固化体を得る技術を開示している。しかしながら、この技術も、原材料が砂形状に限定されることや、基本的には高圧で加圧成形した上で 1 8 0 のオートクレーブ処理を実施しており、常温処理ではない。

【 0 0 0 9 】

以上述べたように、単体で、常温強度と保水力を両立させた材料を製造するには、従来よりさまざまな制約があった。また、セメント系を利用するもう 1 つの技術として、アスファルト等との組み合わせを活用するものもある。その技術は、先に有孔表層をもつ舗装を事前に実施し、その空隙をセメント系充填材で埋めることによって、強度を事前舗装に、保水を充填材に割り当て、両特性を同時に得るものである。なお、舗装材に空隙をもたせ、その空隙に別種の材料を注入することは公知の技術であり、例えば、開粒度タイプ（骨材の粒度を調整した）のアスファルトにセメントミルクを注入すること等が、たわみ性と剛性とを両立させる工法として一般的に行われている。したがって、セメントミルクの代わりに、十分な流動性のある保水性材料を注入すれば、当初の目標を達成することができる。このような技術として、特開平 1 0 - 4 6 5 1 3 号公報は、1 5 乃至 3 5 % の空隙を有する透水性アスファルト混合物、透水性セメントコンクリート等の有孔表層に対して、前記シルト系充填材を充填することを特徴とした舗装体を提案している。また、そのシルト系充填材として、粒径が 5 乃至 $75 \mu\text{m}$ のシルト分の含有量が 5 0 重量%以上の粉末を 2 0 乃至 6 0 %、セメント系固化材を 5 乃至 5 0 %、水が 2 5 乃至 5 0 % となる原材料を開示している。これによって、7 日養生後強度が最大でおよそ 200 kgf/cm^2 （

10

20

30

40

50

19.6 N/mm^2) のものが得られ、なおかつ、高い保水性が達成できるとしている。

【0010】

しかしながら、その公報に記載された実施例では、実際に高い圧縮強度を示した固化体は、空隙率、含水比がともに低く、保水効果は、実施例で評価された配合の1/2程度であると推定される。一方、高い保水力を持ち、実際の保水による冷却効果が確認されたものは、7日養生後強度で 35 kgf/cm^2 (3.43 N/mm^2)、 7 kgf/cm^2 (0.686 N/mm^2) と弱いものであり、保形は十分できるが、高い強度とは言い難いレベルであった。したがって、上記した技術によって、今までに無い優れた特性の舗装が得られるとは考えられるが、本当の意味で求められている高い保水力と高強度の両立には至っていないのが現状である。

10

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、かかる事情に鑑み、特別な製造装置を用いずに、常温で高い保水力と一定の強度を兼ね備え、土木・建築用材料に有効な保水性固化体用水硬材及び保水性固化体を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記目的を達成するため、常温で強度を出現させるさまざまな方法を検討した。そして、表面に一定の反応性をもちつつも完全には反応しきらない組成で、なおかつ粒度を適切に調整した擬似骨材と、常温で高い強度を発揮する無機系の固化材とを一定の比率で組み合わせると、高い保水力と強度とを両立できることを見出し、本発明に至った。

20

【0013】

すなわち、本発明は、50～70質量%の高炉スラグ微粉末と、50質量%以上の非晶質 SiO_2 を含み、かつ平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以上で粒度が $300 \mu\text{m}$ 以下である、30～50質量%の無機粉末と、該高炉スラグ微粉末及び該無機粉末の合計100重量部に対して3重量部以上のアルカリ刺激剤とを含有してなることを特徴とする保水性固化体用水硬材である。この場合、前記アルカリ刺激剤が、消石灰であることが好ましい。また、前記アルカリ刺激剤が、前記無機粉末及び前記高炉スラグ微粉末の合計100重量部に対して30～50重量部のセメントであっても良い。さらに、本発明では、前記した50質量%以上の非晶質 SiO_2 を含み、かつ平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以上で粒度が $300 \mu\text{m}$ 以下の無機粉末の一部を、シルト系粉末で置き換えても良いし、あるいは前記無機粉末及び前記高炉スラグ微粉末の合計100重量部に対して、1～5重量部の塩化物を含有させても良い。

30

【0014】

加えて、本発明は、前記したいずれかの保水性固化体用水硬材の100重量部に、水を30～100重量部添加して混練、スラリー化したものを固化させたり、あるいはその混練、スラリー化したものを、所定形状の型枠に流し込み、ついで80以下で乾燥、固化させて製造した保水性固化体でもある。

【0015】

本発明によれば、特別な製造装置を用いなくても、常温で高い保水力と一定の強度を兼ね備え、土木・建築用材料に有効な保水性固化体用水硬材及び保水性固化体を提供できるようになる。

40

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、発明をなすに至った経緯をまじえ、本発明の実施の形態を説明する。

【0017】

自然界において、シルト系の土壌が高い保水力を保有していることは古くから知られている。これは、土の粒子の充填状態に依存するものである。したがって、このミクロな構造に類似した材料であれば高い保水力を持ち得ることは推定できる。そして、このミクロ

50

構造を再現するため、土粒子に対応する骨材を用いて、さまざまな研究が過去から行われている。しかしながら、前記したように、得られる材料に一定の強度を発現させるには、骨材間の結合を点接触的に構成する必要があるので、原材料を焼成するのが一般的であった。常温で製造しようとする、強度を高めることがほとんど期待できないか、強度を発生させるために保水力を犠牲にせざるを得なかったからである。そこで、本発明者らは、材料を常温で製造することに鋭意努力し、骨材の大きさの調整と、骨材間の結合条件を最適化することによって、保水力と強度を高いレベルで同時に発揮させ得ることを見出し、本発明を完成させたのである。

【0018】

シルト系の土壌と言われるものは、一般に $5\ \mu\text{m}$ から $75\ \mu\text{m}$ の粒子で構成されている。したがって、これと同等な粒子を充填すれば、保水力だけは確保することが可能である。さらに、得られた材料を道路等に使用する場合、一定以上の結合材が必要となるため、粒子間を結合しなければならない。常温で結合させる最も一般的な手法は、セメント系固化材を用いる方法であるが、セメントで上記粒径の土等を保水力が高い状態で結合させようとしても、十分な強度を得ることは出来ず、せいぜい $20 - 30\ \text{kgf/cm}^2$ (大略 $2 - 3\ \text{N/mm}^2$) 程度である。その理由は、保水力を高く保持するには、土等の粒子間を、結合材が完全に埋めてしまってはならないので、結合材の量を増やすことができないからである。特開 $2000 - 109699$ には、この問題を解決するため、シルト質原材料を事前に造粒、焼成し、それを粒子間に充填する処置をとっている。これによって、高い保水力が保持できるようになるが、該公報記載の技術では、プロセスが複雑化する上に、厳密な意味での舗装材料としての強度が得られたわけではない。

【0019】

そこで、発明者らは、シルト系粉体を主原料とし、これをセメントのような固化材で結合させる技術から離れる必要があると考えた。そして、別の技術として、発明者らは、従来の手法とは逆説的な2つの手法をとることを考えた。その1つは、結合材にも保水力を持たせることができるような結合材の種類の選定、他の1つは、結合材と骨材の反応による強度の確保である。前者の結合材については、通常はセメントを用いているが、セメントでは、骨材の間を完全に埋めて、比較的緻密な相ができてしまう。そのため、通常のコンクリート舗装等に見られるように、降雨時にほとんど浸み込まず、表面に水溜りが形成されてしまう。つまり、単純なセメント系を結合材としたのでは、高い保水力を維持することが大変難しい。そこで、発明者らは、引き続きいくつかの高強度材料を鋭意検討し、その結果、スラグ微粉末へアルカリ刺激剤を添加することが保水力を両立するために最適であるとの結論を得、このことを本発明の重要要件にしたのである。

【0020】

スラグ - アルカリの組み合わせは、急硬性、高強度等については知られているが、それに加えて微構造的にポーラスになり易いことがわかったのである。骨材を同一として結合材のみを変え、結合材がセメント系の場合、その含水率は 10% 程度となるが、スラグ - アルカリ系では、 20% 以上のものが得られた。加えて、スラグ - アルカリ系の反応固化体は、セメント系の $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ ゲルと同等のものも含んでいるが、同時に $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ゲルも含まれることがわかった。これは、スラグ中に 10% 質量%以上含まれている Al_2O_3 成分が寄与したものと考えられる。

【0021】

この $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ 化合物は、天然鉱物の沸石に代表されるように、鉱物的に水分を取り込む余地のある物質である。したがって、スラグ - アルカリ系は、その結合材部に保水能力が備わることとなり、従来のセメント - シルト系、あるいはセメント - 土壌系の固化体とは全く異なった新しい保水性材料になる。例えば、特開平 $10 - 46513$ では、シルトとセメント結合材との比 (シルト / セメント結合材) が $0.5 - 5$ までの固化体が例示されているが、その空隙率をみると、シルト / セメント結合材の比が $0.5 - 1.2$ 程度のものは、固化後の空隙率が 20% 以下となっており、砂系充填材とさほど変わらない。言い換えれば、あまり保水力が出ておらず、実質的に保水機能が作用

するのは、シルト/セメント結合材の比が1.8以上のものであった。

【0022】

それに対して、スラグ-アルカリ系の本発明では、スラグ微粉末を活用した結合材に保水力があるため、非晶質 SiO_2 を50%以上含む無機粉末と結合材(スラグ微粉末+アルカリ刺激剤)との比が1以下で保水作用を発現している。なお、本発明では、高炉スラグ微粉末は、JIS規格のA 6206にコンクリート用高炉スラグ微粉末として規定されているものを使用する。JIS規格のA 6206には、3種類の高炉スラグ微粉末(すなわち、高炉スラグ微粉末4000、高炉スラグ微粉末6000、高炉スラグ微粉末8000)が規定されており、これら3種類のうちの1種を単独で使用しても良いし、2種以上を混合して使用しても良い。無機粉末と高炉スラグ微粉末とを混合した粉粒体での高炉スラグ微粉末の含有量については、該高炉スラグ粉末が50質量%未満では、結合材として機能する量にならず結合力が低下して、固化体を形成した際に目標とする高い圧縮強度が得られない。一方、70質量%を超えると、骨材として作用する無機粉末が少なくなってしまうため、固化体の形状安定性が低下したり、強度の低下が起こる。したがって、本発明では、無機粉末と高炉スラグ微粉末とからなる粉粒体での該高炉スラグ微粉末の含有量は、50~70質量%とする。

10

【0023】

また、本発明では、前記したように、無機粉末と高炉スラグ微粉末との結合力を増加させるために、アルカリ刺激剤を添加する。そのアルカリ刺激剤は、高炉スラグ微粉末及び無機粉末に含有される非晶質 SiO_2 の一部を溶解してゲル状態にし、結合を促進させる効果がある。アルカリ刺激剤の添加量は、強度に作用し始める量として無機粉末及び高炉スラグ微粉末の合計100重量部に対し3重量部以上である。また、保水性固化体としての機能を確保するには、50質量%以下であることが望ましい。このアルカリ刺激剤は、非晶質材料を溶解するものを使用すれば良いので、本発明では、その材質を限定しない。ただし、水酸化ナトリウム、水酸化カルシウムに代表されるアルカリ金属水酸化物、水酸化カルシウム、水酸化マグネシウム等に代表されるアルカリ土類金属水酸化物系、ポルトランドセメントに代表されるセメント類をアルカリ刺激剤として用いると、容易に SiO_2 類を溶解できるので好ましい。

20

【0024】

本発明のもう1つの重要なポイントは、結合材と骨材との反応である。従来は、結合材とシルトの間では、特に結合力が働くわけではなく、コンクリート中の砂のような状態でシルトが存在していた。このような場合、骨材と結合材との界面が脆弱になり易いことが知られており、シルトのようなものが分散していると、より強度が低下すると推定される。これを解決するためには、骨材と結合材が強固に結びつければ良い。そこで、本発明では、骨材に反応性を持たせることにした。通常、固化体に高い空隙率を確保しようとすると、強度が著しく低下する。これは、軽量コンクリート等、セメントを結合材とする固化体全般に言われていることである。それに対して、本発明では、非晶質 SiO_2 を50質量%以上含む無機粉末を使用することによって、骨材に相当する粉体を積極的に反応させて、形成する固化体の強度改善を図ったのである。この反応を促すためには、石粉、一般のシルト材、土といった物を添加したのでは、ほとんど反応が期待できない。そこで、本発明者らは鋭意検討し、非晶質度が高い材料を用いれば、反応を促進できることを知った。しかしながら、非晶質度が高い材料であっても、反応でほとんど無くなってしまえば、固化体の形態を保持する機能がほとんど無くなってしまふ。そのため、この観点で最適な条件を検討したところ、非晶質 SiO_2 の残存率が高く、その比率が50質量%以上ある原材料を用いれば、元の形態が保持されることがわかった。また、残部は無機物であれば良いので、本発明では、残部の成分は特に限定しない。逆に、無機粉末中に非晶質 SiO_2 が100質量%あっても問題は生じない。

30

40

【0025】

さらに、無機粉末の粒度は、あまり粒度が粗すぎると保水する前に、水が固化体の下方へ透過する比率を高めるので望ましくなく、実用性を考えると、300 μm 以下が望ましい

50

。さらに、高い保水力、自由な成形性やアスファルト等との複合化を考慮すると、 $100\mu\text{m}$ 未満であることがより望ましい。粒度の下限は特にないが、平均粒径が $20\mu\text{m}$ 以下の場合には、得られた固化体の間隙が小さくなり過ぎて水の浸透速度が遅くなるため、平均粒度が $20\mu\text{m}$ 以上あるのが望ましい。

【0026】

加えて、本発明では、この無機粉末は、その粒度と非晶質 SiO_2 の含有量が上記した範囲を満足するものであれば、その材質を限定しない。なお、非晶質 SiO_2 の含有量は、一般的なX線回折による結晶化度と化学分析による定量とを組み合わせで測定できる。つまり、 SiO_2 の含有量は、化学分析によって簡単に測定され、X線回折で結晶化度の測定を行ない、全体が非晶質であれば、化学分析で得られた全量が非晶質 SiO_2 だからである。その際、X線回折で結晶相が現れた場合には、あらかじめ非晶質と結晶質を所定の割合で混合したサンプルを用いて検量線を引いておき、その検量線をもとに結晶質 SiO_2 量を検定すれば、非晶質として残存する SiO_2 量を評価できる。また、一般に骨材と結合材が反応すると、固化体の異常膨張が起こる問題があるとされていた。しかしながら、本発明に係る配合の材料では、固化体の空隙が 20% 以上内包されるため、反応によって変形があったとしても気泡部分で緩和されてしまい、大きな変位は発生しない。逆に、骨材と結合材を反応させることによって、固化体における高い空隙率での低強度化問題をクリアすることが可能となった。

【0027】

以上述べたように、高炉スラグ微粉末、非晶質 SiO_2 を 50 質量%以上含む無機粉末及びアルカリ刺激剤の組み合わせで、形成する固化体にある程度の強度を確保できるが、製造された固化体の使用場所によっては、さらに高い強度が要求されることがある。そこで、さらに反応刺激剤について検討したところ、ガラス系の水和促進を行なうことで、固化体の強度を一層増進させ得ることがわかった。そして、そのような材料を調査し、塩化物が最も有効であるとの知見を得、このことも本発明に加えることにした。その塩化物としては、 NaCl 、 CaCl_2 、 MgCl_2 、 FeCl_3 等が利用できる。加えて、塩化物は水を吸う特性も併せ持つため、保水材としてはより適している。この塩化物は、前記無機粉末及び前記高炉スラグ微粉末の合計 100 重量部に対し、 $1\sim5$ 重量部加えることにより高強度化と保水性の向上が両立でき、好ましい。

【0028】

ところで、材料の施工作業場所（現地）においては、シルト、土等を使用したい場合も発生する。その場合、反応性のある非晶質 SiO_2 を 50 質量%以上含む無機粉末を全量使用しなくても、ある程度の強度は確保できるので、混合使用をすれば良く、このことも本発明に加えることにした。ただし、無機粉末の 50 重量部以上を置き換えてしまうと、固化体の強度の低下が大きくなるので、実用に際しては、互換比率を 50 重量部未満とするのが良い。

【0029】

次に、以上述べた本発明に係る保水性固化体用水硬材の使用について説明する。

【0030】

まず、前記粉粒体、つまり本発明に係る保水性固化体用水硬化材を水で混練した後、タイル状等の所定形状に成形すると共に、乾燥させて成形体を製造する。そして、該成形体を路面に敷き詰める。また、前記粉粒体を水で混練した後、路面に直接流し込んで乾燥させても良い。さらに、この後者の施工方法には、路面の全面に流し込む方法と、透水のための開口部をあらかじめ形成した路面（コンクリート、タイル、アスファルト等）の該開口部に流し込む方法とがある。

【0031】

なお、前記成形体の製造では、高炉スラグ微粉末、無機粉末及びアルカリ刺激剤を混合した粉末を 100 重量部として、それに $30\sim100$ 重量部の水を添加する。 30 重量部より少ないと、均一な混練が難しいばかりでなく、適切なポゾラン反応が発現しなくなる可能性が高い。一方、水の添加量が 100 重量部を超えると、型枠に流し込んで乾燥させ

10

20

30

40

50

る工程の所要時間が長くなる。したがって、水の添加量は30～100重量部とする。このようにして型枠に流し込まれた粉体は、引き続き乾燥させる。その際、乾燥温度を高めることで、成形体の生産効率を向上できる。しかし、乾燥温度が80を超えると、結合相となっている $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ の水和相の構造が変化してしまうので、80以下で乾燥し固化させるのが良い。ただし、乾燥をし過ぎると、上記結合相（水和物）の構造を壊すという意味で望ましくなく、乾燥を蒸気養生で行うのがより望ましい。

【0032】

一方、路面に直接流し込む場合には、施工性を高めるため、一旦成形体にする場合に比べ、水の量が多く必要となる。具体的には、高炉スラグ微粉末、無機粉末及びアルカリ刺激剤の合計を100重量部として、50重量部以上の水が望ましい。それ以下となると、振動を与えても十分な流動性が確保できないからである。当然、コンクリート用減水剤等の化学混和剤を利用して水の添加量を減らすことは、経済性を無視すれば可能である。また、水の量を100重量部を超えとすると、硬化に要する時間が伸びてしまったり、あるいは反応性をもつ無機粉末を利用することで得た固化体の強度のある結合が低下してしまう欠点がある。そのため、本発明では、水の添加量上限を100重量部とする。その際、流し込む対象への接着性をあげるために、ポリマーエマルジョン等の添加物を微量添加しても良い。また、アルカリ刺激剤の添加量を最適にして、さらに流動性を改善することが可能である。

【0033】

この場合、種々のアルカリ刺激剤を用いることができるが、汎用性の観点で特に有望なのが消石灰とセメントである。消石灰は、左官用材料等、種々粒度の粉体を使用できるが、粒度によって水混合時の流動性が変化する。例えば、道路用スラリーの評価などに用いられるPポート試験によれば、流下時間15秒以下を確保するには、 $10\mu\text{m}$ 以下の消石灰を用いると水/固体原料比が0.85以上になってしまうのに対し、 $20\mu\text{m}$ 以上の粒度を用いれば、0.70程度まで水を減らすことができる。この0.70程度まで水の添加量を減らしても、固化体の強度は改善される。従って、消石灰を使用する場合には、その粒度を $20\mu\text{m}$ 以上にするのが望ましい。一方、セメントは、消石灰よりも使用量を増やす必要がある。アルカリ刺激剤の量は、前記したように、無機粉末及び高炉スラグ微粉末の合計100重量部に対して3重量部以上であるが、高流動化させるには、30重量部以上追加する必要がある。ただし、セメントを増やし過ぎると、スラグ固化体の結合を形成する水和相の条件が変化し、結合部の保水能力が大きく低下してしまう。そこで、セメントの上限量は、無機粉末及び高炉スラグ微粉末に対して50重量部とする。

【0034】

本発明に係る保水性固化体用水硬材は、以上述べたようにして固化体にすることができる。しかも、それは高強度で、かつ、高保水性を維持しているので、この固化体も本発明とすることにした。このような固化体は、歩道、車道等の道路舗装材、住宅用ブロック、テラス等の床材として用いることができる。また、屋根材として用いれば、ヒートアイランド現象の抑制だけではなく、夏に屋根が暑くなる等の問題を解決するのに利用でき、一般住宅の省エネにも結び付けることができる。さらに、固化体としなくても、本発明に係る保水性固化体用水硬材は、開口アスファルトや砂利材に混合、浸透させることによって、それら本来の機能に保水性を加えることが可能となる。また、ビルの屋上等の人工土壌の下に敷くことによって、人工土壌を補強したり、保水をさせることもできる。

【0035】

以下に、実施例にて本発明をより具体的に説明するが、本発明は、それらの実施例に限定されるものではない。

【0036】

【実施例】

（実施例1）

高炉スラグ微粉末と、非晶質 SiO_2 含有量が50質量%以上の無機粉末とを混合した後

10

20

30

40

50

、さらにアルカリ刺激剤を添加して本発明に係る水硬材の混合粉末とした。用いた原材料の配合を表 1 に示す。表 1 の発明例及び比較例の配合については、20、湿度 50% の条件で混練、型枠による成形を行い、脱枠後に 14 日間水中で養生したものを、その後に行う各種評価試験用サンプル（試験片という）とした。

【0037】

【表 1】

	発明例 1	発明例 2	発明例 3	比較例 1
高炉スラグ微粉末／（高炉スラグ微粉末＋無機粉末）	50/10	70/100	70/100	25/100
Ca(OH) ₂ 添加	10	10	10	10
CaCl ₂ 添加	なし	なし	3%	なし
水／粉粒体比	0.6	0.6	0.6	0.6
圧縮強度 N/mm ²	15.2	18.1	22.5	4.4

10

【0038】

この試験片の圧縮強度は、JIS A 1108 に規定される方法で測定した。表 1 より、圧縮強度については、いずれの試験片も 9.8 N/mm^2 以上を確保していることが明らかである。また、発明例 3 では、塩化物を添加することによって、圧縮強度が一層向上している。

20

【0039】

ついで、発明例 1～3 の試験片を、各々水中に 12 時間浸漬した後、水切りを 5 分間行ない、表面に残留する水滴を除いた。試験片のサイズは、いずれも縦横の長さが 120 mm で、厚みが 30 mm である。なお、別途、同一サイズの鉄板も比較例として準備した。これらの試験片は、屋外で暴露試験に供され、表面温度の推移を調査した。

【0040】

この屋外暴露試験の結果を図 1 に示すが、本発明例は、コンクリートや鉄板に比べて表面温度が 5 以上低下しており、蒸発による気化熱が有効に作用していることがわかる。この温度低下は、試料を完全に乾燥させた場合には発揮されず、コンクリートとほぼ同じ温度変化となったことから、反射等による温度低下ではなく、気化熱による冷却の効果と判断される。

30

（実施例 2）

高炉スラグ微粉末と、非晶質 SiO₂ 含有量 50 質量% 以上の無機粉末とを混合した後、さらにアルカリ刺激剤を添加して本発明に係る水硬材の混合粉末とした。なお、高炉スラグ微粉末と無機粉末との比は 70 重量部 / 30 重量部で一定とした。そして、アルカリ刺激剤の種類及び粒度を種々変化させた条件で水の添加比率を変えると、スラリーの流動性がどの程度変化するかを、前記 P ロート流下試験で評価した。さらに、該 P ロート流下試験で流下時間 12 秒以下になった配合比で混合、成形した板材（横 120 mm × 縦 120 mm × 厚み 30 mm）を、実験室で平面的に並べ、50 cm 上方から 300 W ハロゲンライトを照射して、それら板材の表面温度の変化を調査した。実験した配合、流下試験の結果、及びライト照射後の 2 時間経過時の表面温度を表 2 に示す。

40

【0041】

【表 2】

アルカリ刺激剤種	消石灰 (平均粒径 $8\mu\text{m}$)			消石灰 (平均粒径 $22\mu\text{m}$)			ポルトランドセメント				セメント 単体
	対主原料比率*	15	15	15	15	15	15	30	45	60	
水／粉体原料比	0.65	0.7	0.75	0.6	0.65	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Pロート流下時間 (秒)	29	15	12	19	12.5	10.5	11.5	11	10	9.5	9
1週間養生強度 N/mm^2	13	10	8	19	14	11	12	13	14	16	17
表面温度 $^{\circ}\text{C}$	55	51	50	56	53	49	51	54	56	61	63

*対主原料比率＝アルカリ刺激剤／（高炉スラグ微粉末＋無機粉末）

【0042】

表2より、アルカリ刺激剤に消石灰を用いると、粒径が変わると同一の流下時間に必要な水の量が変化し、粒径が粗いほど流下速度が早くなることが明らかである。その結果、同一レベルの流下時間では、粗い消石灰の方が強度が高くなっている。その際、冷却効果もほとんど違いが無く、 $20\mu\text{m}$ 以上の粒度の消石灰を用いることが有効であることも確認できた。一方、ポルトランドセメントを刺激剤として使用すると、同一の水／粉体原料比で比較すると、セメント量が増えるほど流下時間が短くなり、かつ強度も増進している。冷却効果の方は、セメント量が増えるほど低下する傾向が確認され、特にセメントの比が50を超えた条件では、セメント単体の場合とほとんど差が無くっており、セメントの対主原料比率が50以下であることが重要と判断された。

【0043】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明により、特別な製造装置を用いなくても、常温で高い保水力と一定の強度を兼ね備え、土木・建築用材料に有効な保水性固化体用水硬材及び保水性固化体を提供できるようになる。その結果、都市の「ヒートアイランド現象」の抑制や省エネルギーも達成できる。また、本発明によれば、焼成のプロセスやセメント製造のような熱処理プロセスを必要としないので、材料トータルのプロセスを考慮した場合でも、環境にやさしい材料を提供できる。

【図面の簡単な説明】

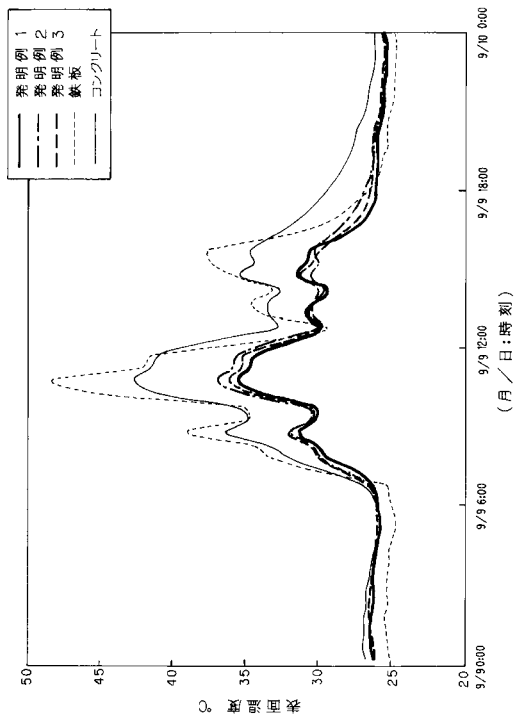
【図1】暴露試験における固化体の表面温度の経時変化を示す図である。

10

20

30

【図 1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 0 4 B 7:153
C 0 4 B 22:12

(72)発明者 高木 正人
千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社 技術研究所内

審査官 横山 敏志

(56)参考文献 特開平 0 3 - 2 3 7 0 5 0 (J P , A)
特開平 0 4 - 2 9 5 0 3 8 (J P , A)
特開昭 6 3 - 0 1 7 2 4 7 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 4 6 5 1 3 (J P , A)
特開昭 5 8 - 1 9 4 7 6 5 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 8 0 4 1 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C04B2/00-32/02
C04B40/00-40/06
E01C5/06
E01C11/24