

## 明 細 書

発明の名称：

水硬性組成物用炭酸化促進剤及び水硬性組成物硬化体の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、水硬性組成物用炭酸化促進剤及び水硬性組成物硬化体の製造方法に関する。更に詳しくは、水硬性組成物に添加することによって、当該水硬性組成物の炭酸化を促進することができる水硬性組成物用炭酸化促進剤及び水硬性組成物硬化体の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、カーボンニュートラルまたはカーボンネガティブのような脱炭素社会の実現に向けた取り組みが世界中で加速している。例えば、日本では、2020年に「2050年カーボンニュートラル」の実現を宣言し、2021年には、2030年度の温室効果ガスを46%削減（2013年度対比）と目標を設定している。

[0003] そこで、例えば建設業界でも、二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）の排出量削減に取り組んでいる。

[0004] 具体的には、コンクリートは、製造時に二酸化炭素を多量に排出するセメントを用いるため、二酸化炭素の排出量が非常に多い材料である。そこで、二酸化炭素の排出量を削減するために、高炉スラグ微粉末やフライアッシュ等の産業副産物を用いてセメント使用量を減らした低炭素セメントおよび低炭素コンクリートが知られている。

[0005] また、製鋼スラグ粉末とポルトランドセメントに $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ を添加したコンクリート混練物を硬化させ、脱型後にコンクリートを炭酸化養生することで得られるプレキャストコンクリートなども知られている（例えば、特許文献1参照）。このプレキャストコンクリートは、コンクリート表面において二酸化炭素の吸収に伴う炭酸化が進み、その部分において緻密化が生じて、高い耐久性を達成するという技術である。なお、 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ は、 $\gamma\text{-2CaO} \cdot$

$\text{SiO}_2$ （「γビーライト」と呼ばれることがある）である。

[0006] ここで、特許文献1においては、コンクリートを緻密化して耐久性を向上させるために炭酸化養生が行われるが、一方で、この技術は、コンクリートによる二酸化炭素の固定、吸収である。つまり、コンクリートの製造工程全体では、炭酸化養生でコンクリートに固定、吸収された二酸化炭素の分だけ、二酸化炭素の排出量が削減されたといえることができる。このように、二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）の削減や固定、吸収等を行う技術として $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ （ $\gamma\text{-2CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ）を用いることがある。

[0007] また、同様に、温室効果ガス削減に向けた取り組みの一つとして、アルカリ土類系金属化合物の炭酸化を促進する炭酸化促進剤についても報告されている（特許文献2参照）。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0008] 特許文献1：特開2006-182583号公報

特許文献2：特開2023-103807号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、二酸化炭素の吸収量及び吸収速度に関しては、未だ改善の余地がある。そこで、コンクリートが吸収、固定化する二酸化炭素の量を更に増加させること、二酸化炭素の吸収速度を向上させること、或いは、これらの両方が可能である炭酸化促進剤の開発が望まれている。なお、所定の材齢においてコンクリートに吸収される二酸化炭素の量を増加させることは、一定量の二酸化炭素が吸収されるまでの時間を短くすることになり、その結果、炭酸化養生期間を短くすること（コンクリート製品の製造時間の短縮化）にもなる。

[0010] 本発明は、上記実情に鑑み、水硬性組成物に添加することによって、その水硬性組成物の炭酸化を促進し、当該水硬性組成物の二酸化炭素収支を削減

することができる水硬性組成物用炭酸化促進剤及び水硬性組成物硬化体の製造方法を提供することを課題とするものである。なお、二酸化炭素収支は、式：「コンクリートを構成する原材料由来の二酸化炭素量（即ち、原材料製造時に発生する二酸化炭素量）」－「炭酸化養生等で吸収、固定化した二酸化炭素量」により算出される二酸化炭素量のことである。そして、「二酸化炭素収支を削減する」とは、二酸化炭素の削減量を多くすることであり、上記式によって算出される二酸化炭素収支の値を小さくすることである。

### 課題を解決するための手段

- [0011] 本発明者らは、上記課題を解決すべく鋭意研究した結果、有機アミン化合物を含有することによって上記課題を解決できることを見出した。本発明によれば、以下の水硬性組成物用炭酸化促進剤及び水硬性組成物硬化体の製造方法が提供される。
- [0012] [1] 有機アミン化合物を含有することを特徴とする水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [0013] [2] 前記有機アミン化合物が、アルカノールアミン、及びポリアミンから選択される少なくとも1つを含む、前記[1]に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [0014] [3] 二酸化炭素の体積濃度5%以上の環境下で養生する工程である炭酸化養生工程を経て、水硬性組成物硬化体となる水硬性組成物に添加される、前記[1]または[2]に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [0015] [4] 高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有する結合材、水、骨材を含む水硬性組成物に添加される、前記[1]または[2]に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [0016] [5] 前記水硬性組成物が、 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ を含むものである、前記[1]または[2]に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [0017] [6] 前記水硬性組成物が、下記 $\text{CO}_2$ 固定微粉及び下記 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材から選択される少なくとも1つを含むものである、前記[1]または[2]に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。

CO<sub>2</sub>固定微粉：

50%粒径が50 μm以下であって、再生コンクリート粉末と炭酸ガスとの反応生成物である改質コンクリート粉末を含み、

前記改質コンクリート粉末は、炭酸カルシウム及びケイ酸質を含むものである。

但し、前記水硬性組成物における前記CO<sub>2</sub>固定微粉の含有割合は、結合材の質量100質量%に対して、1～100質量%の範囲である。

CO<sub>2</sub>固定改質再生細骨材：

全ての粒子の粒子径が10 mm以下であり、そのうちの85%以上が5 mm以下であって、

吸水率が3.0%超で10%以下の再生細骨材と、炭酸ガスとの乾式または湿式での反応生成物である改質再生細骨材を含み、

前記改質再生細骨材は、炭酸カルシウム及び二酸化ケイ素を含むものである。

但し、前記水硬性組成物における前記CO<sub>2</sub>固定改質再生細骨材の含有割合は、全骨材容積に対して、10～100容積%の範囲である。

[0018] [7] 前記[1]または[2]に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤、高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有する結合材、及び、水を含有する水硬性組成物を調製する調製工程と、

得られた前記水硬性組成物を硬化させて水硬性組成物硬化体を得る硬化工程と、

得られた前記水硬性組成物硬化体を、二酸化炭素の体積濃度5%以上の環境下で養生して、前記水硬性組成物硬化体に二酸化炭素を吸収及び固定化させる炭酸化養生工程と、

を有することを特徴とする水硬性組成物硬化体の製造方法。

## 発明の効果

[0019] 本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、水硬性組成物に添加することによって、その水硬性組成物の炭酸化を促進し、当該水硬性組成物の二酸化炭

素収支を削減することができるという効果を奏するものである。

[0020] 本発明の水硬性組成物硬化体の製造方法によれば、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤を含有する水硬性組成物を用いるため、製造過程において削減される二酸化炭素の量が増加するという効果を奏するものである。

### 発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の実施形態について説明する。しかし、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。したがって、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、以下の実施形態に対し適宜変更、改良等が加えられ得ることが理解されるべきである。なお、以下の実施例等において、別に記載しない限り、％は質量％を、また部は質量部を意味する。

[0022] (1) 水硬性組成物用炭酸化促進剤：

本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、有機アミン化合物を含有するものである。この水硬性組成物用炭酸化促進剤は、水硬性組成物に添加されることによって、その水硬性組成物の炭酸化を促進し、当該水硬性組成物が吸収する二酸化炭素の量（即ち、二酸化炭素の削減量）を増加させることができる。つまり、水硬性組成物の二酸化炭素収支を削減することができる。

[0023] なお、セメントの水和によってケイ酸カルシウム水和物（C－S－H）や水酸化カルシウム（C H）などが生成される。また、水硬性組成物には、その原料由来として酸化カルシウム（C a O）などが含まれている。そして、これらの化合物が炭酸化（二酸化炭素と反応）することによって水硬性組成物（水硬性組成物の硬化体）に二酸化炭素を吸収、固定化することができる。

[0024] 例えば火力発電所などでは、排気ガスとして二酸化炭素が大気中に放出されている。この二酸化炭素は地球温暖化の原因の一つと考えられているが、排気ガス中の二酸化炭素を炭酸化養生工程に供給することによって、当該二酸化炭素を水硬性組成物に吸収させ、二酸化炭素の削減を図ることができる。なお、水硬性組成物の硬化体は、炭酸化養生工程だけでなく、その後所定の場所に設置されて長期的に大気中の二酸化炭素を固定化することもでき

る。

[0025] (1-1) 有機アミン化合物：

有機アミン化合物は、第一級アミン、第二級アミン、及び第三級アミンのうちのいずれかを含む有機化合物である。この有機アミン化合物を含有することによって、水硬性組成物の硬化体が吸収する二酸化炭素の量（即ち、二酸化炭素の削減量）を増加させることができる。

[0026] 有機アミン化合物としては、例えば、アルカノールアミン、ポリアミン、脂肪族アミン、芳香族アミン、複素環式アミンなどを挙げることができる。

[0027] 有機アミン化合物としては、より具体的には、モノエタノールアミン、ジエタノールアミン、トリエタノールアミン、モノイソプロパノールアミン、ジイソプロパノールアミン、トリイソプロパノールアミン、メチルエタノールアミン、メチルイソプロパノールアミン、メチルジエタノールアミン、メチルジイソプロパノールアミン、ジエタノールイソプロパノールアミン、ジイソプロパノールエタノールアミン、テトラヒドロキシエチルエチレンジアミン、N, N-ビス（2-ヒドロキシエチル）2-プロパノールアミン、N, N-ビス（2-ヒドロキシプロピル）-N-（ヒドロキシエチル）アミン、N, N-ビス（2-ヒドロキシエチル）-N-（2-ヒドロキシプロピル）アミン、N, N, N', N'-テトラキス（2-ヒドロキシプロピル）エチレンジアミン、トリス（2-ヒドロキシブチル）アミン、N, N'-ビス（2-ヒドロキシエチル）エチレンジアミン、2-（{2-[(2-アミノエチル)アミノ]エチル}アミノ）エタノール、トリスヒドロキシメチルアミノメタン、アミノプロパンジオール、2-アミノ-2-エチル-1, 3-プロパンジオール、2-（ジメチルアミノ）エタノール、2-メチルアミノエタノール、2-（2-アミノエトキシ）エタノール、N-フェニルジエタノールアミン、エチレンジアミン、ジエチレントリアミン、トリエチレントトラミン、テトラエチレンペンタミン、ペンタエチレンヘキサミン、アミノエチルピペラジン、ピペラジン、2-アミノフェノール、グルタミン、モルホリン等を挙げることができる。

- [0028] 有機アミン化合物は、アルカノールアミン及びポリアミンから選択される少なくとも1つを含むものであることが好ましい。この特定の有機アミン化合物を含むものであることによって、水硬性組成物の硬化体が吸収する二酸化炭素の量を更に増加させることができる。
- [0029] 有機アミン化合物がアルカノールアミン及びポリアミンから選択される少なくとも1つを含む場合、これらの合計割合は、有機アミン化合物中の10～100質量%とすることができる。
- [0030] なお、本明細書において「アルカノールアミン」は、アルカン骨格、ヒドロキシ基及びアミノ基を有する化合物を意味するものとする。
- [0031] なお、本明細書において「ポリアミン」は、アミノ基を分子内に2つ以上持つ炭化水素である化合物を意味するものとする。
- [0032] アルカノールアミン、ポリアミンとしては、具体的には、トリイソプロパノールアミン、1, 2-ビス {ジ (ヒドロキシエチル) アミノ} エタン、N, N'-ビス (2-ヒドロキシエチル) エチレンジアミン、ジエタノールアミン、ジイソプロパノールアミン、2- ( {2- [ (2-アミノエチル) アミノ] エチル} アミノ) エタノール、トリスヒドロキシメチルアミノメタン、アミノプロパンジオール、ジエチレントリアミン、トリエチレンテトラミン、トリエタノールアミンなどを挙げることができ、これらのうちの少なくとも1種以上を含有することが好ましい。
- [0033] 有機アミン化合物の含有割合は、特に制限はないが、例えば、10～100質量%とすることができ、15～100質量%とすることが好ましく、20～100質量%とすることが更に好ましい。つまり、有機アミン化合物以外の成分の含有割合は、特に制限されるものではないが所定割合よりも少ないことが好ましい。このような範囲とすることによって、「有機アミン化合物以外の成分」が水以外の場合には、水硬性組成物用炭酸化促進剤を水硬性組成物に添加した際に「有機アミン化合物以外の成分」の添加量が多くなりすぎることを回避することができる。その結果、「有機アミン化合物以外の成分」が水硬性組成物の各種物性に影響を与える懸念を小さくすることがで

きる。また、「有機アミン化合物以外の成分」が水である場合（即ち、有機アミン化合物水溶液である場合）、上記含有割合とすることによって、水硬性組成物用炭酸化促進剤の製品安定性が維持され易くなる。また、水硬性組成物用炭酸化促進剤の使用時の計量が行い易くなる。即ち、水硬性組成物用炭酸化促進剤を水硬性組成物に添加する際には、有機アミン化合物が必要濃度となるように水硬性組成物用炭酸化促進剤を添加することになる。このとき、上記含有割合とすることによって、水硬性組成物用炭酸化促進剤の添加量（取扱量）を少なくすることができ、計量の手間が小さくなる。

[0034] （１－２）その他の成分：

本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、効果が損なわれない範囲内で、上記有機アミン化合物以外にその他の成分を含むことができる。

[0035] その他の成分としては、例えば、水や従来公知の水硬性組成物に添加される添加剤を適宜選択して採用することができる。

[0036] なお、その他の成分は、１種単独で用いてもよいし、２種以上を用いてもよい。

[0037] 本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、後述する水硬性組成物に添加されるものであることが好ましい。

[0038] （２）水硬性組成物：

本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、水硬性組成物に添加して用いることができる。この水硬性組成物は、従来公知の水硬性組成物と同様に、結合材（水硬性結合材）、水、及び骨材（細骨材、粗骨材）を含むものとすることができる。

[0039] 水硬性組成物における本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤の含有割合については特に制限はなく適宜設定することができる。例えば、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤の含有割合は、結合材１００質量％に対して、０．００１～５質量％とすることができる。

[0040] 結合材としては、例えば、普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、耐硫

酸塩ポルトランドセメント等の各種ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント、シリカフュームセメント等の各種のセメントを挙げることができる。

[0041] 更に、結合材は、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、石灰石微粉末、石粉、シリカフューム、膨張材、無水石膏、半水石膏、二水石膏等の各種混和材を上述した各種セメントと併用してもよい。

[0042] なお、結合材は、高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有するものであることが好ましい。つまり、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤が添加される水硬性組成物は、高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有する結合材、水、骨材を含むものであることがよい。高炉スラグ微粉末の含有割合は、50～99質量%であることが好ましく、60～99質量%であることが更に好ましい。このようにすると、水硬性組成物の二酸化炭素収支を更に削減することができる。

[0043] 骨材としては、細骨材、粗骨材を挙げることができる。

[0044] 細骨材としては、例えば、川砂、山砂、陸砂、海砂、珪砂、砕砂、各種スラグ細骨材、各種再生細骨材等が挙げられるが、粘土質等の微粒成分等を含むものであってもよい。

[0045] 粗骨材としては、例えば、川砂利、山砂利、陸砂利、碎石、各種スラグ粗骨材、軽量骨材、各種再生粗骨材等が挙げられる。

[0046] 水硬性組成物は、 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ を含むものであることが好ましい。つまり、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ を含む水硬性組成物に添加することが好ましい。このようにすると、 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ が二酸化炭素を固定化する機能を発揮するため、水硬性組成物の硬化体が吸収する二酸化炭素の量（即ち、二酸化炭素の削減量）を更に増加させることができる。その結果、水硬性組成物の二酸化炭素収支を更に削減することができる。この $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ は炭酸化によって硬化する材料である。なお、 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ は、高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有する結合材、水、骨材を含む水硬性組成物に添加してもよ

いし、これらの結合材等を含まない水硬性組成物に添加してもよい。

[0047]  $\gamma - 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ の含有割合は、特に制限はないが、例えば、結合材 100質量%に対して、内割で1～30質量%に相当する割合とすることができる。

[0048] 水硬性組成物は、下記 $\text{CO}_2$ 固定微粉及び下記 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材から選択される少なくとも1つを含むものであることが好ましい。このようにすると、水硬性組成物の二酸化炭素収支を更に削減することができる。なお、 $\text{CO}_2$ 固定微粉、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生骨材（ $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材を含むもの）などのCCU（Carbon Capture and Utilization）材料は、廃コンクリート等の廃棄物由来のカルシウム分に予め $\text{CO}_2$ を反応させて製造された粉末や骨材のことである。このCCU材料は、カーボンニュートラルまたはカーボンネガティブコンクリートに利用されることがある。なお、水硬性組成物には、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材以外に、更に $\text{CO}_2$ 固定改質再生粗骨材を採用してもよいし、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材に代えて $\text{CO}_2$ 固定改質再生粗骨材を採用してもよい。

[0049]（ $\text{CO}_2$ 固定微粉）

$\text{CO}_2$ 固定微粉は、50%粒径が $50 \mu\text{m}$ 以下であって、再生コンクリート粉末と炭酸ガスとの反応生成物である改質コンクリート粉末を含み、この改質コンクリート粉末は、炭酸カルシウム及びケイ酸質を含むものである。そして、 $\text{CO}_2$ 固定微粉の含有割合は、結合材の質量100質量%に対して、1～100質量%の範囲である。

[0050]  $\text{CO}_2$ 固定微粉は、以下のように製造することができる。即ち、まず、コンクリート塊を破碎又は摩砕し、中央径 $100 \mu\text{m}$ 以下の再生コンクリート微粉末を回収する。なお、この粉碎又は摩砕を行う方法については、特に制限はなく、ショットブラスト方式の破碎装置、インパクトクラッシャー、加熱を行わない機械擦りもみ方式などの摩砕装置等の公知の破碎装置または摩砕装置などを用いることができる。次に、回収した再生コンクリート微粉末を、体積濃度5%以上の炭酸ガスと反応させて再生コンクリート微粉末に含ま

れるセメント由来成分に $\text{CO}_2$ を固定させる。なお、炭酸ガスとの反応は、気体状の炭酸ガスを接触させる乾式法であってもよいし、水などの溶液に再生コンクリート微粉末を浸漬した後、この液体（分散液）に炭酸ガスを吹き込んで接触させる湿式法のいずれであってもよい。このようにして、 $\text{CO}_2$ 固定微粉を製造することができる。

[0051] ( $\text{CO}_2$ 固定改質再生骨材)

$\text{CO}_2$ 固定改質再生骨材は、廃コンクリート等の廃棄物由来のカルシウム分に予め $\text{CO}_2$ を反応させて製造された骨材であり、例えば、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生粗骨材が挙げられる。これらの中でも、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材を使用することが好ましい。これは、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材が、セメント由来のカルシウム分をより多く含有し、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生骨材製造時の $\text{CO}_2$ 固定量がより多く（即ち、「材料由来の二酸化炭素の排出量」が小さく）、水硬性組成物に適用した際の二酸化炭素収支の低減効果が大きいためである。

[0052] ( $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材)

$\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材は、全ての粒子の粒子径が $10\text{ mm}$ 以下であり、そのうちの $85\%$ 以上が $5\text{ mm}$ 以下であって、吸水率が $3.0\%$ 超で $10\%$ 以下の再生細骨材と、炭酸ガスとの乾式または湿式での反応生成物である改質再生細骨材を含む。そして、改質再生細骨材は、炭酸カルシウム及び二酸化ケイ素を含むものである。そして、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材の含有割合は、全骨材容積に対して、 $10\sim100$ 容積%の範囲である。

[0053]  $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材は、以下のように製造することができる。即ち、まず、コンクリート塊に対して、粉砕又は摩砕を行って再生細骨材を得る。なお、この粉砕又は摩砕を行う方法については、特に制限はなく、ショットブラスト方式の破碎装置、インパクトクラッシャー、加熱を行わない機械擦りもみ方式などの摩砕装置等の公知の破碎装置または摩砕装置などを用いることができる。その後、すべての粒子の粒子径が $10\text{ mm}$ 以下となる粒子を分級し、その中で、吸水率が $3\%$ を超え且つ $10\%$ 以下の粒子を再生細骨材

とする。次に、再生細骨材を体積濃度 5 %以上の炭酸ガスと反応させて、炭酸カルシウムと二酸化ケイ素とを含む $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材とする。再生細骨材と炭酸ガスとの反応は、乾式法を採用してもよいし、湿式法を採用してもよい。このようにして $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材を製造することができる。

- [0054]  $\text{CO}_2$ 固定微粉の含有割合は、上記のように結合材 100 質量%に対して、1 ~ 100 質量%であり、好ましくは、10 ~ 90 質量%とすることができ、更に好ましくは、30 ~ 80 質量%とすることができる。
- [0055]  $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材の含有割合は、上記のように全骨材容積（より具体的には元配合の天然骨材を使用した骨材容積）に対して、10 ~ 100 容積%であり、好ましくは、20 ~ 100 容積%とすることができ、更に好ましくは、30 ~ 100 容積%とすることができる。
- [0056] ここで、元配合とは、 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材を使用していない配合のことである。また、天然骨材とは、 $\text{CO}_2$ 固定化処理を施していない骨材のことである。天然骨材としては、例えば、細骨材であれば、川砂、山砂、陸砂、海砂、珪砂、砕砂、各種スラグ細骨材等のことであり、粗骨材であれば、例えば、川砂利、山砂利、陸砂利、碎石、各種スラグ粗骨材、軽量骨材等のことである。即ち、「元配合の天然骨材を使用した骨材容積に対して」は、従来の通りの川砂等の天然骨材の容積に対して、との意味である。つまり、従来、骨材として使用していたものに代えて $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材を用いてもよいし（100 容積%）、1 / 5（即ち、20 容積%）程度を置き換えて使用してもよい。
- [0057] 水硬性組成物は、効果が損なわれない範囲内で、適宜その他の構成成分を更に含有していてもよい。このようなその他の構成成分としては、例えば、糖類、オキシカルボン酸塩等からなる凝結遅延成分、リグニンスルホン酸ナトリウム等からなる分散作用を有する成分、オキシアルキレン系化合物等からなる消泡剤、ポリオキシアルキレンアルキルエーテル等からなる収縮低減剤、セルロースエーテル系化合物等からなる増粘剤、イソチアゾリン系化合

物等からなる防腐剤、亜硝酸塩等からなる防錆剤等を挙げることができる。

[0058] その他の構成成分の含有割合としては、例えば、結合材 100 質量%に対して、0～5 質量%とすることができる。

[0059] 水硬性組成物は、その水と結合材の比率（水／結合材比）としては従来公知の割合を適宜採用することができるが、例えば、25～70 質量%とすることができる。

[0060] 水硬性組成物は、硬化させて水硬性組成物硬化体（具体的には、モルタル、コンクリート）とすることができる。このように水硬性組成物硬化体を得る際には、二酸化炭素の体積濃度 5%以上の環境下で養生する工程である炭酸化養生工程を経ることが好ましい。このように炭酸化養生工程を経ることで、多くの二酸化炭素を水硬性組成物（水硬性組成物硬化体）に吸収、固定化することができる。

[0061] なお、炭酸化養生工程における二酸化炭素の体積濃度は、特に制限はないが、通常、5～100%とすることができる。

[0062] (3) 水硬性組成物硬化体の製造方法：

本発明の水硬性組成物硬化体の製造方法は、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤、高炉スラグ微粉末を 40～99 質量%で含有する結合材、及び、水を含有する水硬性組成物を調製する調製工程と、得られた水硬性組成物を硬化させて水硬性組成物硬化体を得る硬化工程と、得られた水硬性組成物硬化体を、二酸化炭素の体積濃度 5%以上の環境下で養生して、水硬性組成物硬化体に二酸化炭素を吸収及び固定化させる炭酸化養生工程と、を有する方法である。このような水硬性組成物硬化体の製造方法によれば、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤を含有する水硬性組成物を用いるため、製造過程において削減される二酸化炭素の量が増加する。

[0063] (3-1) 調製工程：

調製工程は、本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤、高炉スラグ微粉末を 40～99 質量%で含有する結合材、及び、水を含有する水硬性組成物を調製する工程である。

[0064] 高炉スラグ微粉末は、上記のように40～99質量%で含有され、50～99質量%であることが好ましく、60～99質量%であることが更に好ましい。上記含有割合とすることによって、水硬性組成物硬化体の製造過程において削減される二酸化炭素の量が増加する。

[0065] (3-2) 硬化工程：

硬化工程は、調製工程で得られた水硬性組成物を硬化させて水硬性組成物硬化体を得る工程である。水硬性組成物を硬化させる方法は、従来公知の方法を適宜採用することができる。

[0066] (3-3) 炭酸化養生工程：

炭酸化養生工程は、硬化工程で得られた水硬性組成物硬化体を、二酸化炭素の体積濃度5%以上の環境下で養生（炭酸化養生）して、水硬性組成物硬化体に二酸化炭素を吸収及び固定化させる工程である。

[0067] 本工程において、雰囲気中の二酸化炭素が水硬性組成物硬化体に吸収され、炭酸化して固定される。本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤を用いることによって、より多くの二酸化炭素を水硬性組成物（水硬性組成物硬化体）に吸収、固定化することができる。

[0068] 二酸化炭素の体積濃度は、特に制限はないが、通常、5～100%とすることができる。

[0069] なお、二酸化炭素の体積濃度が5%未満である場合、吸収される二酸化炭素の存在量が少な過ぎるため、所定の二酸化炭素固定量となるまでの期間が長期化するおそれがある。

## 実施例

[0070] 以下、本発明を実施例に基づいて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。

[0071] (実施例1～86、比較例1～9)

(1) 水硬性組成物用炭酸化促進剤：

まず、実施例及び比較例の水硬性組成物用炭酸化促進剤A-1～A-22、RA-1～RA-2を以下の表1に示す配合で作製した。なお、各有機ア

ミン化合物 A-1 ~ A-22 は、有機アミン化合物 A-1 ~ A-9、A-12 ~ A-19 がアルカノールアミンであり、有機アミン化合物 A-10 ~ A-11 がポリアミンである。

[0072] [表1]

| 分類     | 記号   | 化合物名                                     | メーカー       |
|--------|------|------------------------------------------|------------|
| 炭酸化促進剤 | A-1  | トリイソプロパノールアミン                            | 東京化成工業     |
|        | A-2  | 1, 2-ビス (ジ (ヒドロキシエチル) アミノ) エタン           | -          |
|        | A-3  | N, N'-ビス (2-ヒドロキシエチル) エチレンジアミン           | 東京化成工業     |
|        | A-4  | ジエタノールアミン                                | 東京化成工業     |
|        | A-5  | ジイソプロパノールアミン                             | 東京化成工業     |
|        | A-6  | 2- ( (2- (2-アミノエチル) アミノ) エチル) アミノ) エタノール | -          |
|        | A-7  | トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン                    | 東京化成工業     |
|        | A-8  | 2-アミノ-1, 3-プロパンジオール                      | 東京化成工業     |
|        | A-9  | 3-アミノ-1, 2-プロパンジオール                      | 東京化成工業     |
|        | A-10 | ジエチレントリアミン                               | 東京化成工業     |
|        | A-11 | トリエチレンテトラミン                              | 東京化成工業     |
|        | A-12 | トリエタノールアミン                               | 東京化成工業     |
|        | A-13 | 2-アミノエタノール (モノエタノールアミン)                  | 東京化成工業     |
|        | A-14 | DL-1-アミノ-2-プロパノール (イソプロパノールアミン)          | 東京化成工業     |
|        | A-15 | 2-アミノ-2-エチル-1, 3-プロパンジオール                | 東京化成工業     |
|        | A-16 | 2- (ジメチルアミノ) エタノール                       | 東京化成工業     |
|        | A-17 | 2-メチルアミノエタノール (N-メチルエタノールアミン)            | 東京化成工業     |
|        | A-18 | 2- (2-アミノエトキシ) エタノール (ジグリコールアミン)         | 東京化成工業     |
|        | A-19 | N-フェニルジエタノールアミン                          | 東京化成工業     |
|        | A-20 | 2-アミノフェノール                               | 東京化成工業     |
|        | A-21 | L (+)-グルタミン                              | 富士フイルム和光純薬 |
|        | A-22 | モルホリン                                    | 東京化成工業     |
|        | RA-1 | 硝酸カルシウム四水和物                              | 富士フイルム和光純薬 |
|        | RA-2 | 亜硝酸カルシウム一水和物                             | 関東化学       |

[0073] 各水硬性組成物用炭酸化促進剤 A-2、A-6 の製造方法について以下に具体的に説明する。水硬性組成物用炭酸化促進剤 A-2、A-6 以外の水硬性組成物用炭酸化促進剤については、上記メーカーのものを使用した。

[0074] なお、表 1 中の RA-1 は、硝酸カルシウム四水和物であり、これは、従来、水硬性組成物用硬化促進剤として用いられる化合物である。表 1 中の RA-2 は、亜硝酸カルシウム一水和物であり、これは、従来、水硬性組成物用硬化促進剤として用いられる化合物である。

[0075] 有機アミン化合物 A-2 :

まず、攪拌機、圧力計及び温度計を備えた圧力容器中に、エチレンジアミン 254.3 g を仕込んだ。その後、反応系を  $85 \pm 10^\circ\text{C}$  に維持しながら

、エチレンオキシド 745.7 g を 0.4 MPa のゲージ圧にて 4 時間かけて添加し、 $85 \pm 10^\circ\text{C}$  で 2 時間保持して反応を終了した。その後、反応液についてろ過を行って、1, 2-ビス {ジ (ヒドロキシエチル) アミノ} エタン (有機アミン化合物 A-2) を得た。

[0076] 有機アミン化合物 A-6 :

まず、攪拌機、圧力計及び温度計を備えた圧力容器中に、ジエチレントリアミン 701.0 g を仕込んだ。その後、反応系を  $85 \pm 10^\circ\text{C}$  に維持しながら、エチレンオキシド 299.0 g を 0.4 MPa のゲージ圧にて 4 時間かけて添加し、 $85 \pm 10^\circ\text{C}$  で 2 時間保持して反応を終了した。その後、反応液についてろ過を行って、2-({2-[(2-アミノエチル) アミノ]エチル} アミノ) エタノール (有機アミン化合物 A-6) を得た。

[0077] (2) 水硬性組成物 :

次に、表 2 に示す配合 C-1 ~ C-3 を採用して水硬性組成物 (モルタル) を作製した。

[0078] 具体的には、まず、JIS R5201 に規定された練混ぜ機に、表 3 に示す配合 C-1 ~ C-3 (モルタル配合) にて、普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末 #4000、 $\gamma\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  を主成分とする炭酸化混和材 LEAF、細骨材、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) 固定微粉 (CCU 微粉)、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) 固定改質再生骨材 (CCU 再生細骨材) を順次投入し、その後、10 秒間空練りした。なお、ここでは、普通ポルトランドセメント、高炉スラグ微粉末、及び炭酸化混和材を結合材とみなした。普通ポルトランドセメントは、密度  $3.16 \text{ g/cm}^3$  (太平洋セメント株式会社製) である。高炉スラグ微粉末 #4000 は、密度  $2.89 \text{ g/cm}^3$  (エスメント中部社製) である。 $\gamma\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  を主成分とする炭酸化混和材 LEAF は、密度  $3.09 \text{ g/cm}^3$  (デンカ株式会社製) である。細骨材は、密度  $2.58 \text{ g/cm}^3$  (大井川水系陸砂) である。二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) 固定微粉は、密度  $2.51 \text{ g/cm}^3$  である。二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) 固定改質再生骨材は、密度  $2.42 \text{ g/cm}^3$  である。

- [0079] なお、以下にCO<sub>2</sub>固定微粉、CO<sub>2</sub>固定改質再生骨材を具体的に示す。
- [0080] CO<sub>2</sub>固定微粉は、50%粒径が50μm以下であって、再生コンクリート粉末と炭酸ガスとの反応生成物である改質コンクリート粉末を含み、炭酸カルシウムとケイ酸質とを含むものである。
- [0081] このCO<sub>2</sub>固定微粉は、具体的には以下のように製造した。即ち、コンクリート塊を公知の粉砕機によって破碎、摩砕して、中央径100μm以下の再生コンクリート微粉末を得た。続いて、容量2m<sup>3</sup>の容器に水1800kgと、得られた再生コンクリート微粉末200kgを順次投入して攪拌し、更に、容器底部から炭酸ガスを150L/分の速度で注入することで、再生コンクリート微粉末とCO<sub>2</sub>を反応させた。なお、上記の反応処理は、分散液のpHが6.8以下となるまで継続し、その後、再生コンクリート微粉末とCO<sub>2</sub>の反応物を得た。反応終了後、得られた反応物を取り出し、ポリプロピレン製の綾織フィルターで余剰水分を除去した後、風乾することでCO<sub>2</sub>固定微粉を得た。
- [0082] CO<sub>2</sub>固定改質再生骨材（具体的にはCO<sub>2</sub>固定改質再生細骨材）は、吸水率が3.0%超で10%以下の再生細骨材と炭酸ガスとの乾式または湿式での反応生成物である改質再生細骨材を含み、炭酸カルシウムと二酸化ケイ素と石膏を含むものである。
- [0083] このCO<sub>2</sub>固定改質再生骨材は、具体的には以下のように製造した。即ち、コンクリート塊を公知の粉砕機によって破碎、摩砕し、その後、すべての粒子の粒子径が10mm以下となる粒子となるように、ふるいで分級し、その中で、吸水率が3%を超え且つ10%以下の粒子を再生細骨材として得た。続いて、容量2m<sup>3</sup>の容器に水1800kgと、得られた再生細骨材200kgを順次投入して攪拌し、更に、容器底部から炭酸ガスを150L/分の速度で注入することで、再生細骨材とCO<sub>2</sub>を反応させた。なお、上記の反応処理は、分散液のpHが6.8以下となるまで継続し、その後、再生細骨材とCO<sub>2</sub>の反応物を得た。反応終了後、得られた反応物を取り出し、ポリプロピレン製の綾織フィルターで余剰水分を除去した後、風乾することでCO<sub>2</sub>固定

改質再生細骨材を得た。

[0084] 次いで、表 1 に示す水硬性組成物用炭酸化促進剤と、減水剤（竹本油脂株式会社製の高性能減水剤チューポール NV-80（商品名））と、消泡剤（竹本油脂株式会社製の AFK-2（商品名））とを練混ぜ水に加えた。但し、上記炭酸化促進剤、減水剤及び消泡剤は、練混ぜ水の一部とみなした。その後、この練混ぜ水を練混ぜ機に投入し、180 秒練り混ぜて、水硬性組成物（モルタル）を得た。

[0085] なお、水硬性組成物用炭酸化促進剤は、表 3～表 5 に示すように結合材に対して、0.02～0.20 質量%の範囲内で添加した。また、減水剤の添加量は、配合 C-1 ではモルタルフローが  $205 \pm 5$  mm 以内となる量を採用し、配合 C-2 ではモルタルフローが  $200 \pm 5$  mm 以内となる量を採用し、配合 C-3 ではモルタルフローが  $275 \pm 5$  mm 以内になる量を採用した。また、消泡剤は、練上がりのモルタルの空気量が 2% 以下となるように調整して添加した。

[0086]

[表2]

| 配合<br>種類 | 水/<br>結合材<br>(%) | 水/<br>粉体<br>(%) | 細骨材/<br>結合材 | 細骨材/<br>粉体 | 各成分の配合量（上段：kg/m <sup>3</sup> 、下段：L/m <sup>3</sup> ） |                      |              |        |       |             |              |      |       |  | 材料由来の<br>二酸化炭素の<br>排出量（α）<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------|------------------|-----------------|-------------|------------|-----------------------------------------------------|----------------------|--------------|--------|-------|-------------|--------------|------|-------|--|---------------------------------------------------|
|          |                  |                 |             |            | 水                                                   | 粉体                   |              |        |       | 大井川<br>水系陸砂 | CCU再生<br>細骨材 | 合計   |       |  |                                                   |
|          |                  |                 |             |            |                                                     | 結合材                  |              | 炭酸化混和材 | CCU微粉 |             |              |      |       |  |                                                   |
|          |                  |                 |             |            |                                                     | 普通<br>ポルトランド<br>セメント | 高炉スラグ<br>微粉末 |        |       |             |              |      |       |  |                                                   |
|          |                  |                 |             |            |                                                     |                      |              |        |       |             |              |      |       |  |                                                   |
| C-1      | 55.0             | 55.0            | 1.78        | 1.78       | 342                                                 | 187                  | 435          | 0      | 0     | 1105        | 0            | 2069 | 154.2 |  |                                                   |
|          |                  |                 |             |            | 342                                                 | 59                   | 151          | 0      | 0     | 428         | 0            | 980  |       |  |                                                   |
| C-2      | 55.0             | 55.0            | 1.78        | 1.78       | 343                                                 | 131                  | 306          | 187    | 0     | 1108        | 0            | 2074 | 131.5 |  |                                                   |
|          |                  |                 |             |            | 343                                                 | 41                   | 106          | 61     | 0     | 429         | 0            | 980  |       |  |                                                   |
| C-3      | 55.0             | 36.7            | 1.28        | 0.85       | 335                                                 | 128                  | 298          | 183    | 304   | 0           | 777          | 2025 | 82.0  |  |                                                   |
|          |                  |                 |             |            | 335                                                 | 40                   | 103          | 59     | 121   | 0           | 321          | 980  |       |  |                                                   |

- [0087] なお、配合C-1～C-3については、以下の関係がある。具体的には、配合C-1では炭酸化混和材を使用せず、一方、配合C-2及びC-3では炭酸化混和材を使用した。この炭酸化混和材は、結合材内割30質量%である。配合C-3では、CCU微粉を配合しており、このCCU微粉は結合材外割50質量%で細骨材を置換したものである。また、配合C-3では、CCU再生細骨材を配合しており、このCCU再生細骨材にて100%細骨材を置換した。
- [0088] 表2中、「材料由来の二酸化炭素の排出量( $\alpha$ )」は、各成分の二酸化炭素排出量に基づいて算出した。即ち、普通ポルトランドの二酸化炭素排出量は764.3kg/tであり、高炉スラグ微粉末の二酸化炭素排出量は26.5kg/tである。炭酸化混和材の二酸化炭素排出量は124.5kg/tであり、CCU再生細骨材の二酸化炭素排出量は-26.9kg/tであり、CCU微粉の二酸化炭素排出量は-83.8kg/tである。
- [0089] 表3～表5には、配合C-1～C-3のそれぞれを採用して作製したモルタルの試験結果（モルタルフロー(mm)、空気量(%)）、及び、二酸化炭素収支等の結果について示す。なお、表3～表5における「材料由来の二酸化炭素の排出量( $\alpha$ )」の欄の数値は、表2に示す「材料由来の二酸化炭素の排出量( $\alpha$ )」のことである。
- [0090] なお、表3に示す実施例1～28及び比較例1～2では、比較例3の二酸化炭素収支を基準として、各実施例及び比較例における二酸化炭素収支との差を算出して、水硬性組成物用炭酸化促進剤による「二酸化炭素の削減量」を求めた値を示している。表4に示す実施例29～57及び比較例4～5では、比較例6の二酸化炭素収支を基準として、各実施例及び比較例における二酸化炭素収支との差を算出して、水硬性組成物用炭酸化促進剤による「二酸化炭素の削減量」を求めた値を示している。表5に示す実施例58～86及び比較例7～8では、比較例9の二酸化炭素収支を基準として、各実施例及び比較例における二酸化炭素収支との差を算出して、水硬性組成物用炭酸化促進剤による「二酸化炭素の削減量」を求めた値を示している。

- [0091] ここで、比較例 3、6、9 では、水硬性組成物用炭酸化促進剤を使用せず減水剤のみを使用している。
- [0092] 水硬性組成物について、モルタルフロー（mm）、空気量（%）の測定方法を以下に示す。
- [0093] （モルタルフロー）  
練混ぜ直後の水硬性組成物について、JIS R5201 に準拠して、落下運動をしない状態で測定した。
- [0094] （空気量（容積%））  
練混ぜ直後の水硬性組成物について、JIS A1116 に準拠して、モルタル用の容器を使用して測定した。
- [0095] （3）水硬性組成物硬化体の製造方法：  
（モルタルの硬化工程）  
まず、円柱型ブリキ製のコンクリート供試体成形型枠（商品名「サミットモールド」、住商セメント、型枠の底面の直径 50 mm、型枠の高さ 100 mm）の型枠を用意し、この型枠に二層詰め方式を採用して、調製した水硬性組成物（モルタル）を充填した。
- [0096] 次に、20℃の室内にて気中（20℃）養生を行った。そして、モルタルの調製から 2 時間後に、充填したモルタルの表面をならし、水分が蒸発しないようにポリエチレン製のラップをかけ、材齢 2 日まで封緘養生を行った。そして、供試体（モルタル硬化体）を得た。
- [0097] （モルタル硬化体（水硬性組成物硬化体）の炭酸化養生工程）  
封緘養生後、供試体（モルタル硬化体）を型枠から脱型し、温湿度と二酸化炭素濃度を制御できる高濃度促進炭酸化養生槽（株式会社マルイ製）にて材齢 7 日まで炭酸化養生（養生条件：20℃、60%RH、二酸化炭素の体積濃度 60%）を行った。このとき、供試体の被覆はせずに、供試体の全面から炭酸化を行った。このようにして水硬性組成物硬化体を製造した。
- [0098] （二酸化炭素の固定量の測定）  
製造した水硬性組成物硬化体について、以下のようにして二酸化炭素の固

定量を測定した。

[0099] (分析用試料の調製方法)

炭酸化養生後、供試体（水硬性組成物硬化体）を養生槽から取り出し、速やかに105℃の炉に移動して、2日間の乾燥処理を行った。乾燥後、供試体を全量破砕した後、更にボールミルで150μm以下となるように粉砕し、これを分析用試料とした。

[0100] (全炭素量の測定方法、炭酸化養生によるCO<sub>2</sub>固定量の算出方法)

炭酸化養生による二酸化炭素の固定量（CO<sub>2</sub>固定量）を確認するため、全有機炭素計（株式会社島津製作所製の「TOC-L」及び固体試料燃焼装置「SSM-5000A」）を使用して、分析用試料中の全炭素量（C（％））を測定した。測定条件は、試料量を50mgとし、燃焼温度を900℃とした。

[0101] 得られた全炭素量から、以下の式を用いて分析用試料中のCO<sub>2</sub>固定量（％）を算出し、炭酸化養生による二酸化炭素の固定量（kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>）を算出した。

$$\text{式：CO}_2\text{（％）} = \text{C（％）} \times 44 / 12$$

[0102] なお、CO<sub>2</sub>固定量は、900℃加熱処理後の試料重量に対する割合である。また、モルタルに使用した材料、及び添加した成分（減水剤、消泡剤、水硬性組成物用炭酸化促進剤）に由来して検出される炭素量を差し引いた上で、炭酸化養生によるCO<sub>2</sub>固定量を算出している。上記「モルタルに使用した材料」は、セメント、高炉スラグ微粉末、炭酸化混和材、二酸化炭素固定微粉、細骨材、二酸化炭素固定改質再生骨材（二酸化炭素固定改質再生細骨材）である。

[0103] 表3～表5中、「二酸化炭素収支（α-β）」は、式：材料由来の二酸化炭素の排出量（α）-炭酸化養生による二酸化炭素の固定量（β）によって算出される値である。また、「二酸化炭素の削減量」は、式：|各実施例の「二酸化炭素収支」-比較例3，6，9の「二酸化炭素収支」|によって算出される値である。なお、この「二酸化炭素の削減量」の結果からすると、

各実施例では、基準である比較例 3, 6, 9 の場合に比べて、二酸化炭素の吸収効果が優れていることが分かる。つまり、各実施例では、水硬性組成物用炭酸化促進剤によって、水硬性組成物の炭酸化を促進している。

[0104]

[表3]

| 実施例／<br>比較例 | 配合<br>種類 | 減水剤           |             | 水硬性組成物用<br>炭酸塩促進剤 |                 | モルタル<br>フロー<br>(mm) | 材料由来の<br>二酸化炭素の<br>排出量 (α)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 炭酸塩養生による<br>二酸化炭素の<br>固定量 (β)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 二酸化炭素<br>収支<br>(α - β)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 二酸化炭素の<br>削減量 <sup>※1</sup>           |    |
|-------------|----------|---------------|-------------|-------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|
|             |          | 種類            | B×%<br>(有差) | 種類                | B×%<br>(水を除く成分) |                     |                                                                     |                                                                        |                                                                 | (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 評価 |
| 実施例1        | C-1      | チュール<br>NV-80 | 0.40        | A-1               | 0.20            | 208                 | 154.2                                                               | 143.1                                                                  | 11.1                                                            | 49.8                                  | S  |
| 実施例2        | C-1      |               | 0.40        | A-1               | 0.10            | 204                 | 154.2                                                               | 141.2                                                                  | 13.0                                                            | 47.9                                  | S  |
| 実施例3        | C-1      |               | 0.40        | A-1               | 0.02            | 203                 | 154.2                                                               | 140.8                                                                  | 13.4                                                            | 47.5                                  | S  |
| 実施例4        | C-1      |               | 0.40        | A-2               | 0.20            | 206                 | 154.2                                                               | 145.1                                                                  | 9.1                                                             | 51.8                                  | S  |
| 実施例5        | C-1      |               | 0.40        | A-2               | 0.10            | 210                 | 154.2                                                               | 144.2                                                                  | 10.0                                                            | 50.9                                  | S  |
| 実施例6        | C-1      |               | 0.40        | A-2               | 0.02            | 208                 | 154.2                                                               | 143.8                                                                  | 10.4                                                            | 50.5                                  | S  |
| 実施例7        | C-1      |               | 0.40        | A-3               | 0.20            | 207                 | 154.2                                                               | 144.9                                                                  | 9.3                                                             | 51.6                                  | S  |
| 実施例8        | C-1      |               | 0.40        | A-3               | 0.02            | 201                 | 154.2                                                               | 142.8                                                                  | 11.4                                                            | 49.5                                  | S  |
| 実施例9        | C-1      |               | 0.40        | A-4               | 0.20            | 202                 | 154.2                                                               | 140.2                                                                  | 14.0                                                            | 46.9                                  | S  |
| 実施例10       | C-1      |               | 0.40        | A-5               | 0.20            | 207                 | 154.2                                                               | 145.4                                                                  | 8.8                                                             | 52.1                                  | S  |
| 実施例11       | C-1      |               | 0.40        | A-6               | 0.20            | 206                 | 154.2                                                               | 144.8                                                                  | 9.4                                                             | 51.5                                  | S  |
| 実施例12       | C-1      |               | 0.40        | A-7               | 0.20            | 208                 | 154.2                                                               | 145.1                                                                  | 9.1                                                             | 51.8                                  | S  |
| 実施例13       | C-1      |               | 0.40        | A-8               | 0.20            | 205                 | 154.2                                                               | 140.8                                                                  | 13.4                                                            | 47.5                                  | S  |
| 実施例14       | C-1      |               | 0.40        | A-9               | 0.20            | 203                 | 154.2                                                               | 145.5                                                                  | 8.7                                                             | 52.2                                  | S  |
| 実施例15       | C-1      |               | 0.40        | A-10              | 0.20            | 204                 | 154.2                                                               | 141.8                                                                  | 12.4                                                            | 48.5                                  | S  |
| 実施例16       | C-1      |               | 0.40        | A-11              | 0.20            | 206                 | 154.2                                                               | 145.8                                                                  | 8.4                                                             | 52.5                                  | S  |
| 実施例17       | C-1      |               | 0.40        | A-12              | 0.20            | 203                 | 154.2                                                               | 145.2                                                                  | 9.0                                                             | 51.9                                  | S  |
| 実施例18       | C-1      |               | 0.40        | A-13              | 0.20            | 207                 | 154.2                                                               | 134.1                                                                  | 20.1                                                            | 40.8                                  | A  |
| 実施例19       | C-1      |               | 0.40        | A-13              | 0.10            | 206                 | 154.2                                                               | 132.9                                                                  | 21.3                                                            | 39.6                                  | A  |
| 実施例20       | C-1      |               | 0.40        | A-14              | 0.20            | 205                 | 154.2                                                               | 132.5                                                                  | 21.7                                                            | 39.2                                  | A  |
| 実施例21       | C-1      |               | 0.40        | A-15              | 0.20            | 201                 | 154.2                                                               | 130.3                                                                  | 23.9                                                            | 37.0                                  | A  |
| 実施例22       | C-1      |               | 0.40        | A-16              | 0.20            | 203                 | 154.2                                                               | 131.4                                                                  | 22.8                                                            | 38.1                                  | A  |
| 実施例23       | C-1      |               | 0.40        | A-17              | 0.20            | 208                 | 154.2                                                               | 132.0                                                                  | 22.2                                                            | 38.7                                  | A  |
| 実施例24       | C-1      |               | 0.40        | A-18              | 0.20            | 208                 | 154.2                                                               | 135.8                                                                  | 18.4                                                            | 42.5                                  | A  |
| 実施例25       | C-1      |               | 0.40        | A-19              | 0.20            | 203                 | 154.2                                                               | 131.4                                                                  | 22.8                                                            | 38.1                                  | A  |
| 実施例26       | C-1      |               | 0.40        | A-20              | 0.20            | 210                 | 154.2                                                               | 120.9                                                                  | 33.3                                                            | 27.6                                  | B  |
| 実施例27       | C-1      |               | 0.40        | A-21              | 0.20            | 202                 | 154.2                                                               | 120.1                                                                  | 34.1                                                            | 26.8                                  | B  |
| 実施例28       | C-1      |               | 0.40        | A-22              | 0.20            | 205                 | 154.2                                                               | 125.4                                                                  | 28.8                                                            | 32.1                                  | B  |
| 比較例1        | C-1      |               | 0.40        | RA-1              | 0.20            | 201                 | 154.2                                                               | 97.0                                                                   | 57.2                                                            | 3.7                                   | C  |
| 比較例2        | C-1      |               | 0.40        | RA-2              | 0.20            | 200                 | 154.2                                                               | 96.3                                                                   | 57.9                                                            | 3.0                                   | C  |
| 比較例3        | C-1      |               | 0.40        | -                 | 0.00            | 203                 | 154.2                                                               | 93.3                                                                   | 60.9                                                            | 0.0                                   | C  |

※1：式＝各実施例の「二酸化炭素収支」－比較例3の「二酸化炭素収支」によって算出される値である。

[0105]    なお、表3中、「二酸化炭素の削減量」の評価は以下の評価基準とした。

S : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $45 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上である場合

A : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $35 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上で  $45 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

B : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $25 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上で  $35 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

C : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $25 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

[0106]

[表4]

| 実施例／<br>比較例 | 配合<br>種類 | 減水剤       |             | 水硬性組成物用<br>炭酸化促進剤 |                 | モルタル<br>フロー<br>(mm) | 材料由来の<br>二酸化炭素の<br>排出量 (α)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 炭酸化養生による<br>二酸化炭素の<br>固定量 (β)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 二酸化炭素<br>収支<br>(α-β)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 二酸化炭素の<br>削減量※1                       |    |
|-------------|----------|-----------|-------------|-------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|
|             |          | 種類        | B×%<br>(有姿) | 種類                | B×%<br>(水を除く成分) |                     |                                                                     |                                                                        |                                                               | (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 評価 |
| 実施例29       | C-2      | 減水剤<br>種類 | 0.52        | A-1               | 0.20            | 198                 | 131.5                                                               | 160.3                                                                  | -28.8                                                         | 44.9                                  | S  |
| 実施例30       | C-2      |           | 0.52        | A-1               | 0.10            | 202                 | 131.5                                                               | 159.2                                                                  | -27.7                                                         | 43.8                                  | S  |
| 実施例31       | C-2      |           | 0.52        | A-1               | 0.05            | 203                 | 131.5                                                               | 158.4                                                                  | -26.9                                                         | 43.0                                  | S  |
| 実施例32       | C-2      |           | 0.52        | A-2               | 0.20            | 198                 | 131.5                                                               | 157.3                                                                  | -25.8                                                         | 41.9                                  | S  |
| 実施例33       | C-2      |           | 0.52        | A-2               | 0.10            | 196                 | 131.5                                                               | 156.2                                                                  | -24.7                                                         | 40.8                                  | S  |
| 実施例34       | C-2      |           | 0.52        | A-2               | 0.05            | 197                 | 131.5                                                               | 155.9                                                                  | -24.4                                                         | 40.5                                  | S  |
| 実施例35       | C-2      |           | 0.52        | A-3               | 0.20            | 204                 | 131.5                                                               | 159.9                                                                  | -28.4                                                         | 44.5                                  | S  |
| 実施例36       | C-2      |           | 0.52        | A-4               | 0.20            | 197                 | 131.5                                                               | 158.2                                                                  | -26.7                                                         | 42.8                                  | S  |
| 実施例37       | C-2      |           | 0.52        | A-4               | 0.05            | 205                 | 131.5                                                               | 157.6                                                                  | -26.1                                                         | 42.2                                  | S  |
| 実施例38       | C-2      |           | 0.52        | A-5               | 0.20            | 195                 | 131.5                                                               | 156.4                                                                  | -24.9                                                         | 41.0                                  | S  |
| 実施例39       | C-2      |           | 0.52        | A-5               | 0.05            | 196                 | 131.5                                                               | 155.7                                                                  | -24.2                                                         | 40.3                                  | S  |
| 実施例40       | C-2      |           | 0.52        | A-6               | 0.20            | 203                 | 131.5                                                               | 159.1                                                                  | -27.6                                                         | 43.7                                  | S  |
| 実施例41       | C-2      |           | 0.52        | A-6               | 0.05            | 198                 | 131.5                                                               | 157.2                                                                  | -25.7                                                         | 41.8                                  | S  |
| 実施例42       | C-2      |           | 0.52        | A-7               | 0.20            | 195                 | 131.5                                                               | 158.0                                                                  | -26.5                                                         | 42.6                                  | S  |
| 実施例43       | C-2      |           | 0.52        | A-8               | 0.20            | 204                 | 131.5                                                               | 155.9                                                                  | -24.4                                                         | 40.5                                  | S  |
| 実施例44       | C-2      |           | 0.52        | A-9               | 0.20            | 196                 | 131.5                                                               | 159.8                                                                  | -28.3                                                         | 44.4                                  | S  |
| 実施例45       | C-2      |           | 0.52        | A-10              | 0.20            | 200                 | 131.5                                                               | 158.3                                                                  | -26.8                                                         | 42.9                                  | S  |
| 実施例46       | C-2      |           | 0.52        | A-11              | 0.20            | 199                 | 131.5                                                               | 156.3                                                                  | -24.8                                                         | 40.9                                  | S  |
| 実施例47       | C-2      |           | 0.52        | A-12              | 0.20            | 205                 | 131.5                                                               | 155.4                                                                  | -23.9                                                         | 40.0                                  | S  |
| 実施例48       | C-2      |           | 0.52        | A-13              | 0.20            | 204                 | 131.5                                                               | 150.0                                                                  | -18.5                                                         | 34.6                                  | A  |
| 実施例49       | C-2      |           | 0.52        | A-14              | 0.20            | 196                 | 131.5                                                               | 148.7                                                                  | -17.2                                                         | 33.3                                  | A  |
| 実施例50       | C-2      |           | 0.52        | A-15              | 0.20            | 196                 | 131.5                                                               | 149.3                                                                  | -17.8                                                         | 33.9                                  | A  |
| 実施例51       | C-2      |           | 0.52        | A-16              | 0.20            | 203                 | 131.5                                                               | 146.1                                                                  | -14.6                                                         | 30.7                                  | A  |
| 実施例52       | C-2      |           | 0.52        | A-17              | 0.20            | 199                 | 131.5                                                               | 146.2                                                                  | -14.7                                                         | 30.8                                  | A  |
| 実施例53       | C-2      |           | 0.52        | A-18              | 0.20            | 205                 | 131.5                                                               | 145.8                                                                  | -14.3                                                         | 30.4                                  | A  |
| 実施例54       | C-2      |           | 0.52        | A-19              | 0.20            | 201                 | 131.5                                                               | 149.1                                                                  | -17.6                                                         | 33.7                                  | A  |
| 実施例55       | C-2      |           | 0.52        | A-20              | 0.20            | 195                 | 131.5                                                               | 140.6                                                                  | -9.1                                                          | 25.2                                  | B  |
| 実施例56       | C-2      |           | 0.52        | A-21              | 0.20            | 195                 | 131.5                                                               | 138.0                                                                  | -6.5                                                          | 22.6                                  | B  |
| 実施例57       | C-2      |           | 0.52        | A-22              | 0.20            | 199                 | 131.5                                                               | 140.1                                                                  | -8.6                                                          | 24.7                                  | B  |
| 比較例4        | C-2      |           | 0.52        | RA-1              | 0.20            | 205                 | 131.5                                                               | 119.5                                                                  | 12.0                                                          | 4.1                                   | C  |
| 比較例5        | C-2      |           | 0.52        | RA-2              | 0.20            | 202                 | 131.5                                                               | 119.1                                                                  | 12.4                                                          | 3.7                                   | C  |
| 比較例6        | C-2      |           | 0.52        | -                 | 0.00            | 200                 | 131.5                                                               | 115.4                                                                  | 16.1                                                          | 0.0                                   | C  |

※1：式＝|各実施例の「二酸化炭素収支」－比較例6の「二酸化炭素収支」|によって算出される値である。

[0107] なお、表4中、「二酸化炭素の削減量」の評価は以下の評価基準とした。

S : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $40 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上である場合

A : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $30 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上で  $40 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

B : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $20 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上で  $30 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

C : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $20 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

[0108]

[表5]

| 実施例／<br>比較例 | 配合<br>種類 | 減水剤          |             | 水硬性組成物用<br>炭酸塩促進剤 |                 | モルタル<br>フロー<br>(mm) | 材料由来の<br>二酸化炭素の<br>排出量 (α)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 炭酸塩養生による<br>二酸化炭素の<br>固定量 (β)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 二酸化炭素<br>収支<br>(α-β)<br>(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 二酸化炭素の<br>削減量※1                       |    |
|-------------|----------|--------------|-------------|-------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----|
|             |          | 種類           | B×%<br>(有姿) | 種類                | B×%<br>(水を除く成分) |                     |                                                                     |                                                                        |                                                               | (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ) | 評価 |
| 実施例58       | C-3      | 減水剤<br>NV-80 | 1.20        | A-1               | 0.20            | 278                 | 82.0                                                                | 99.1                                                                   | -17.1                                                         | 31.9                                  | S  |
| 実施例59       | C-3      |              | 1.20        | A-1               | 0.10            | 277                 | 82.0                                                                | 98.1                                                                   | -16.1                                                         | 30.9                                  | S  |
| 実施例60       | C-3      |              | 1.20        | A-1               | 0.05            | 276                 | 82.0                                                                | 97.5                                                                   | -15.5                                                         | 30.3                                  | S  |
| 実施例61       | C-3      |              | 1.20        | A-2               | 0.20            | 279                 | 82.0                                                                | 98.2                                                                   | -16.2                                                         | 31.0                                  | S  |
| 実施例62       | C-3      |              | 1.20        | A-2               | 0.10            | 270                 | 82.0                                                                | 98.0                                                                   | -16.0                                                         | 30.8                                  | S  |
| 実施例63       | C-3      |              | 1.20        | A-2               | 0.05            | 275                 | 82.0                                                                | 97.5                                                                   | -15.5                                                         | 30.3                                  | S  |
| 実施例64       | C-3      |              | 1.20        | A-3               | 0.20            | 278                 | 82.0                                                                | 99.7                                                                   | -17.7                                                         | 32.5                                  | S  |
| 実施例65       | C-3      |              | 1.20        | A-4               | 0.20            | 276                 | 82.0                                                                | 100.4                                                                  | -18.4                                                         | 33.2                                  | S  |
| 実施例66       | C-3      |              | 1.20        | A-5               | 0.20            | 275                 | 82.0                                                                | 98.9                                                                   | -16.9                                                         | 31.7                                  | S  |
| 実施例67       | C-3      |              | 1.20        | A-6               | 0.20            | 271                 | 82.0                                                                | 99.8                                                                   | -17.8                                                         | 32.6                                  | S  |
| 実施例68       | C-3      |              | 1.20        | A-7               | 0.20            | 272                 | 82.0                                                                | 100.1                                                                  | -18.1                                                         | 32.9                                  | S  |
| 実施例69       | C-3      |              | 1.20        | A-7               | 0.05            | 270                 | 82.0                                                                | 99.5                                                                   | -17.5                                                         | 32.3                                  | S  |
| 実施例70       | C-3      |              | 1.20        | A-8               | 0.20            | 277                 | 82.0                                                                | 100.6                                                                  | -18.6                                                         | 33.4                                  | S  |
| 実施例71       | C-3      |              | 1.20        | A-8               | 0.05            | 270                 | 82.0                                                                | 99.9                                                                   | -17.9                                                         | 32.7                                  | S  |
| 実施例72       | C-3      |              | 1.20        | A-9               | 0.20            | 276                 | 82.0                                                                | 99.8                                                                   | -17.8                                                         | 32.6                                  | S  |
| 実施例73       | C-3      |              | 1.20        | A-9               | 0.05            | 278                 | 82.0                                                                | 98.5                                                                   | -16.5                                                         | 31.3                                  | S  |
| 実施例74       | C-3      |              | 1.20        | A-10              | 0.20            | 276                 | 82.0                                                                | 97.6                                                                   | -15.6                                                         | 30.4                                  | S  |
| 実施例75       | C-3      |              | 1.20        | A-11              | 0.20            | 277                 | 82.0                                                                | 98.2                                                                   | -16.2                                                         | 31.0                                  | S  |
| 実施例76       | C-3      |              | 1.20        | A-12              | 0.20            | 279                 | 82.0                                                                | 98.1                                                                   | -16.1                                                         | 30.9                                  | S  |
| 実施例77       | C-3      |              | 1.20        | A-13              | 0.20            | 276                 | 82.0                                                                | 91.7                                                                   | -9.7                                                          | 24.5                                  | A  |
| 実施例78       | C-3      |              | 1.20        | A-14              | 0.20            | 273                 | 82.0                                                                | 90.5                                                                   | -8.5                                                          | 23.3                                  | A  |
| 実施例79       | C-3      |              | 1.20        | A-15              | 0.20            | 272                 | 82.0                                                                | 90.9                                                                   | -8.9                                                          | 23.7                                  | A  |
| 実施例80       | C-3      |              | 1.20        | A-16              | 0.20            | 280                 | 82.0                                                                | 92.5                                                                   | -10.5                                                         | 25.3                                  | A  |
| 実施例81       | C-3      |              | 1.20        | A-17              | 0.20            | 273                 | 82.0                                                                | 90.9                                                                   | -8.9                                                          | 23.7                                  | A  |
| 実施例82       | C-3      |              | 1.20        | A-18              | 0.20            | 280                 | 82.0                                                                | 92.1                                                                   | -10.1                                                         | 24.9                                  | A  |
| 実施例83       | C-3      |              | 1.20        | A-19              | 0.20            | 280                 | 82.0                                                                | 93.0                                                                   | -11.0                                                         | 25.8                                  | A  |
| 実施例84       | C-3      |              | 1.20        | A-20              | 0.20            | 276                 | 82.0                                                                | 86.5                                                                   | -4.5                                                          | 19.3                                  | B  |
| 実施例85       | C-3      |              | 1.20        | A-21              | 0.20            | 270                 | 82.0                                                                | 86.6                                                                   | -4.6                                                          | 19.4                                  | B  |
| 実施例86       | C-3      |              | 1.20        | A-22              | 0.20            | 280                 | 82.0                                                                | 86.9                                                                   | -4.9                                                          | 19.7                                  | B  |
| 比較例7        | C-3      |              | 1.20        | RA-1              | 0.20            | 272                 | 82.0                                                                | 70.0                                                                   | 12.0                                                          | 2.8                                   | C  |
| 比較例8        | C-3      |              | 1.20        | RA-2              | 0.20            | 271                 | 82.0                                                                | 69.9                                                                   | 12.1                                                          | 2.7                                   | C  |
| 比較例9        | C-3      |              | 1.20        | -                 | 0.00            | 273                 | 82.0                                                                | 67.2                                                                   | 14.8                                                          | 0.0                                   | C  |

※1：式＝各実施例の「二酸化炭素収支」－比較例9の「二酸化炭素収支」によって算出される値である。

[0109] なお、表5中、「二酸化炭素の削減量」の評価は以下の評価基準とした。

S : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $30 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上である場合

A : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $20 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上で  $30 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

B : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $10 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  以上で  $20 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

C : 二酸化炭素の削減量 ( $\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$ ) が  $10 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$  未満である場合

[0110] (結果)

表3～表5に示すように、本実施例の水硬性組成物用炭酸化促進剤を添加することによって、水硬性組成物の炭酸化を促進させ、水硬性組成物（水硬性組成物硬化体）による二酸化炭素の削減量を増加させることができることが分かる。また、本実施例の水硬性組成物硬化体の製造方法によれば、本実施例の水硬性組成物用炭酸化促進剤を原料に採用することによって、水硬性組成物の炭酸化を促進させ、製造される水硬性組成物硬化体が吸収する二酸化炭素の量（二酸化炭素の削減量）を増加させることができることが分かる。

**産業上の利用可能性**

[0111] 本発明の水硬性組成物用炭酸化促進剤は、水硬性組成物に添加することによって、二酸化炭素を削減する水硬性組成物硬化体の原料として用いることができる。本発明の水硬性組成物硬化体の製造方法は、二酸化炭素を吸収する水硬性組成物硬化体の製造方法として採用することができる。

### 請求の範囲

- [請求項1] 有機アミン化合物を含有することを特徴とする水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [請求項2] 前記有機アミン化合物が、アルカノールアミン、及びポリアミンから選択される少なくとも1つを含む、請求項1に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [請求項3] 二酸化炭素の体積濃度5%以上の環境下で養生する工程である炭酸化養生工程を経て、水硬性組成物硬化体となる水硬性組成物に添加される、請求項1または2に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [請求項4] 高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有する結合材、水、骨材を含む水硬性組成物に添加される、請求項1または2に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [請求項5] 前記水硬性組成物が、 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ を含むものである、請求項1または2に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- [請求項6] 前記水硬性組成物が、下記 $\text{CO}_2$ 固定微粉及び下記 $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材から選択される少なくとも1つを含むものである、請求項1または2に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤。
- $\text{CO}_2$ 固定微粉：
- 50%粒径が $50\mu\text{m}$ 以下であって、再生コンクリート粉末と炭酸ガスとの反応生成物である改質コンクリート粉末を含み、
- 前記改質コンクリート粉末は、炭酸カルシウム及びケイ酸質を含むものである。
- 但し、前記水硬性組成物における前記 $\text{CO}_2$ 固定微粉の含有割合は、結合材の質量100質量%に対して、1～100質量%の範囲である。
- $\text{CO}_2$ 固定改質再生細骨材：
- 全ての粒子の粒子径が $10\text{mm}$ 以下であり、そのうちの85%以上が $5\text{mm}$ 以下であって、

吸水率が3.0%超で10%以下の再生細骨材と、炭酸ガスとの乾式または湿式での反応生成物である改質再生細骨材を含み、

前記改質再生細骨材は、炭酸カルシウム及び二酸化ケイ素を含むものである。

但し、前記水硬性組成物における前記CO<sub>2</sub>固定改質再生細骨材の含有割合は、全骨材容積に対して、10～100容積%の範囲である。

[請求項7]

請求項1または2に記載の水硬性組成物用炭酸化促進剤、高炉スラグ微粉末を40～99質量%で含有する結合材、及び、水を含有する水硬性組成物を調製する調製工程と、

得られた前記水硬性組成物を硬化させて水硬性組成物硬化体を得る硬化工程と、

得られた前記水硬性組成物硬化体を、二酸化炭素の体積濃度5%以上の環境下で養生して、前記水硬性組成物硬化体に二酸化炭素を吸収及び固定化させる炭酸化養生工程と、

を有することを特徴とする水硬性組成物硬化体の製造方法。