

明 細 書

発明の名称：水硬性複合体

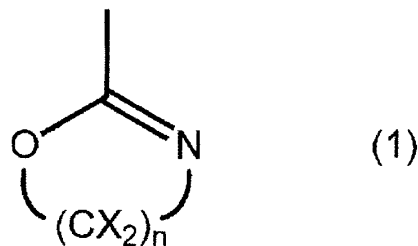
技術分野

[0001] 本発明は、コンクリートおよびモルタル（以下「水硬性複合体」という。）であって、強度発現性および流動性が高い水硬性複合体に関する。

[0002] 従来、水硬性複合体の強度が向上する薬剤として、亜硝酸カルシウム等の薬剤が用いられてきた。

例えば、特許文献１に記載の発明は、高炉スラグ粉末の含有率が６０％を超える水硬性材料（水硬性複合体）であって、亜硝酸カルシウム、塩化カルシウム、炭酸マグネシウム、および塩化マグネシウムの１種以上を含む水硬性材料である。そして、上記無機塩は、二酸化炭素の排出量の削減の観点から、水硬性材料に用いるポルトランドセメントの使用比率を減らすことによる強度の低下を補えるとされている。

[0003] また、特許文献２に記載の発明は、一般式（１）で表される環状イミノエーテル基を有する環状イミノエーテル基含有化合物（Ａ）を含む、セメント用強度向上剤である。そして、該向上剤を用いたコンクリートの強度は、長期にわたり顕著に向上するとされている。



一般式（１）中、Xは独立して水素原子または炭素原子数１～１８の炭化水素基を表し、nは１～５の整数を表す。

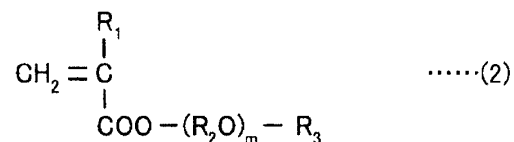
しかし、特許文献１に記載の亜硝酸カルシウム等の無機化合物は、水硬性複合体の流動性を低下させるほか、塩化物は水硬性複合体中の鉄筋を腐食させる。また、特許文献２に記載の環状イミノエーテル基含有化合物は高価で

ある。

[0004] また、コンクリートの流動性が向上する薬剤として、各種の高分子化合物が提案されてきた。

例えば、特許文献3に記載の発明は、下記に示す(a)、(b)および(c)を共重合して得られる共重合体のセメント分散剤であり、高い流動性、および作業性を発揮できるとされている。

(a) : 一般式(2)で表されるポリアルキレングリコールモノ(メタ)アクリル酸エステル系単量体。



一般式(2)中、 R_1 は水素原子またはメチル基を表わし、 R_2O はオキシエチレン基、またはオキシプロピレン基を表わし、 m は1～25の整数を表わし、 R_3 は水素または炭素数1～3のアルキル基をそれぞれ表す。

(b) : 一般式(3)で表されるカルボン酸系単量体。



一般式(3)中、 R_4 、 R_5 、 R_6 は水素、メチル基、または $(\text{CH}_2)_n\text{COOM}$ (n は、0～2の整数を示す。)を表わす、 M は水素原子、一価金属原子、二価金属原子、アンモニウム基、または有機アミン基をそれぞれ表す。

(c) : (a)および/または(b)と共重合可能なその他の単量体。

[0005] また、特許文献4に記載の発明は、ナフタリンスルホン酸ホルムアルデヒド縮合物等を主として含有する化合物100重量部に、ポリビニルアルコール硫酸化物の水溶性塩5～30重量部を配合してなるセメント添加剤であり、セメント混合物の流動性を改良し、経時による流動性の低下を防止し、また、施工性、および作業性を改善するとされている。

しかし、特許文献3および4に記載の高分子化合物はいずれも高価である。

[0006] ところで、現在、地球温暖化の防止のため、二酸化炭素等の温室効果ガスの低減策が、世界的規模で模索されている。特に、二酸化炭素の排出量が国内の産業全体の総排出量の約4%（4億トン）を占めるセメント製造業では、二酸化炭素の低減が喫緊の課題である。そして、セメント製造業において、現在採られている二酸化炭素の低減技術は、主に、生産エネルギーの削減と、工場の排ガス中の二酸化炭素を分離・回収する技術等である。

さらに最近では、コンクリート中のセメント水和物が二酸化炭素を吸収して固定する特性を活用して、該水和物を含むコンクリートを用いて二酸化炭素を固定する技術開発が、盛んになっている。

[0007] 例えば、非特許文献1に記載の技術は、成形したコンクリート製品を、養生槽内で強制的に炭酸化して、コンクリート中に大量の二酸化炭素を固定する技術である。

また、特許文献5に記載の発明は、セメントの1部と水を混練して、特定の水セメント比のセメントスラリーを得る工程、セメントスラリー中に炭酸ガスを供給して、炭酸ガス含有スラリーを得る工程、並びに、上記炭酸ガス含有スラリー、セメントの残部、および骨材を混練して、セメント組成物を得る工程を含む、セメント組成物の製造方法である。そして、該製造方法は、セメントを一括添加して得たセメント組成物の製造方法に比べ、より多くの二酸化炭素を固定できる利点がある。

[0008] ところで、上記特許文献5に記載の発明の炭酸ガス含有スラリーを得る工程では、二酸化炭素を吸収して固定したセメント水和物（以下「炭酸化セメント水和物」という。）が大量に生成する。しかし、該炭酸化セメント水和物が、コンクリートの物性に与える影響は不知である。

もっとも、該炭酸化セメント水和物は、水和して炭酸化しているから、常識的には、該水和物は水和活性が低下した単なる物質に過ぎず、フィラー（増量材）としての用途しかないと考えられていた。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2022-179954号公報

特許文献2：特開2021-46338号公報

特許文献3：特開2009-242197号公報

特許文献4：特開昭61-83659号公報

特許文献5：特開2023-6313号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1：取達 剛ほか、“炭酸化養生を行ったコンクリートのCO₂収支ならびに品質評価”、コンクリート工学年次論文集、2012、34（1）、p. 1450-1455

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] そこで、本発明は、上記炭酸化セメント水和物の、フィラー以外の新たな用途を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者らは、上記炭酸化セメント水和物の新たな用途を開拓するため、該水和物の特性を精査した結果、該水和物を含む水硬性複合体は、強度発現性と流動性が向上することを見出し、本発明を完成させた。すなわち、本発明は下記の構成を有する水硬性複合体である。

[0013] [1] 水／炭酸化セメント水和物(固形分換算)比が50～1000%、pHが11以下、および、20±3℃における粘度が1.0～6.5 mPa・sの炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物の粉体、セメント、骨材、並びに、水を少なくとも含む、水硬性複合体。

[2] 上記骨材が細骨材単独、または、細骨材および粗骨材である、上記[1]に記載の水硬性複合体。

[3] セメント100質量部に対し、炭酸化セメント水和物スラリー中の炭

炭酸セメント水和物（固形分換算）または該炭酸セメント水和物の粉体（固形分換算）5～50質量部、骨材250～750質量部、および水25～60質量部を少なくとも含む、上記〔1〕または〔2〕に記載の水硬性複合体。

〔4〕骨材全体を100質量%として、細骨材が35～65質量%である、上記〔3〕に記載の水硬性複合体。

〔5〕セメント100質量部、骨材250～750質量部、炭酸セメント水和物スラリーまたは該炭酸セメント水和物の粉体、および、水を少なくとも含む水硬性複合体であって、

上記骨材中の細骨材100質量部に対し、炭酸セメント水和物スラリー中の炭酸セメント水和物（固形分換算）、または該炭酸セメント水和物の粉体5～30質量部、および水25～60質量部を少なくとも含む、上記〔1〕または〔2〕に記載の水硬性複合体。

〔6〕材齢3日、材齢28日、および材齢91日の上記水硬性複合体の圧縮強度が、炭酸セメント水和物スラリーまたは該炭酸セメント水和物の粉体を含まない水硬性複合体の圧縮強度に比べ0.5%以上高い、上記〔1〕または〔2〕に記載の水硬性複合体。

〔7〕JIS A 1150「コンクリートのスランプフロー試験方法」に準拠して測定したスランプフローが350～700mmである、上記〔1〕または〔2〕に記載の水硬性複合体。

〔8〕セメント製造過程で排出された二酸化炭素を固定してなる炭酸セメント水和物スラリーまたは該炭酸セメント水和物の粉体を含む、上記〔1〕または〔2〕に記載の水硬性複合体。

発明の効果

[0014] 本発明の水硬性複合体は、強度発現性および流動性が高い。また、本発明の水硬性複合体に含まれる炭酸セメント水和物スラリーおよび該炭酸セメント水和物の粉体は、二酸化炭素を吸収して固定したものであるから、二酸化炭素の低減に資する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]炭酸化セメント水和物スラリーの製造装置の概略図である。

発明を実施するための形態

[0016] 本発明は、上記のとおり、水／炭酸化セメント水和物(固形分換算)比が50～1000%、pHが11以下、および、 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ における粘度が1.0～6.5 mPa・sの炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物の粉体、セメント、骨材、並びに、水を少なくとも含む、水硬性複合体である。

以下、上記炭酸化セメント水和物スラリーおよび該炭酸化セメント水和物の粉体、水硬性複合体、並びに、炭酸化セメント水和物の粉体の製造方法について説明する。

[0017] 1. 炭酸化セメント水和物スラリーおよび該炭酸化セメント水和物の粉体

本発明で用いる水／炭酸化セメント水和物(固形分換算)比は、50～1000%である。該比が上記範囲内であれば、水硬性複合体の強度発現性および流動性が高い。なお、該比は、好ましくは80～900%、より好ましくは100～800%である。

なお、上記水は、炭酸化セメント水和物スラリー中の水であり、上記炭酸化セメント水和物(固形分換算)の質量は、上記スラリー中の固形分の質量である。

ただし、炭酸化セメント水和物スラリーは、後述のとおり、デカンテーションする場合があります、この場合は、デカンテーションした後の水／炭酸化セメント水和物(固形分換算)比〔後掲の表3では、 W_2/C_2 に相当する。〕を意味する。

また、上記炭酸化セメント水和物スラリーのpHは11以下である。該pHが11以下であれば、炭酸化セメント水和物中の二酸化炭素の含有割合は、セメント1トン当たり125kg以上であり、同じく、水硬性複合体の強度発現性および流動性が高い。なお、該pHは、好ましくは6～10、より好ましくは7～9である。

また、上記炭酸化セメント水和物スラリーの $20 \pm 3^\circ\text{C}$ における粘度は、
1. $0 \sim 6.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ である。該粘度が上記範囲にあれば、同じく、水
硬性複合体の強度発現性および流動性が高い。なお、該粘度は、好ましくは
2. $0 \sim 6.0 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 、より好ましくは $3.0 \sim 5.0 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であ
る。

[0018] また、上記炭酸化セメント水和物の粉体のブレーン比表面積は、好ましく
は $5000 \sim 15000 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。ブレーン比表面積が上記範囲にあ
れば、水硬性複合体の強度発現性および流動性が高い。なお、上記ブレーン
比表面積は、より好ましくは $6000 \sim 14500 \text{ cm}^2/\text{g}$ 、さらに好まし
くは $7000 \sim 14000 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。

[0019] 上記セメントは、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント
、超早強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、高炉セメント、およびフライアッシュセメント等から選ば
れる1種以上であり、セメント水和物は、生コンクリートスラッジに含まれ
るセメント水和物、廃コンクリートに含まれるセメント水和物、および軽量
気泡コンクリート（ALC）の端材に含まれるセメント水和物等から選ばれ
る1種以上である。

また、上記炭酸化セメント水和物は、ケイ酸カルシウム水和物（ $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ ）、水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）、エトリンガイト（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ）、アルミン酸カルシウム水
和物（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、およびモノサルフェート水和物（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）等が挙げられる。

[0020] 2. 水硬性複合体

本発明の水硬性複合体は、セメント（後掲の表3では C_1 に相当する。）1
00質量部に対し、炭酸化セメント水和物スラリー中の炭酸化セメント水和
物（固形分換算、後掲の表3では C_2 に相当する。）または該炭酸化セメント
水和物の粉体（固形分換算、後掲の表3では C_2 に相当する。）5～50質量
部、骨材250～750質量部、および水（後掲の表3では W_1+W_2 に相当

する。) 25～60質量部を少なくとも含む。

炭酸化セメント水和物スラリー中の炭酸化セメント水和物（固形分換算）または該炭酸化セメント水和物の粉体（固形分換算）が、セメント100質量部に対し5～50質量部であれば、水硬性複合体の強度発現性および流動性が高い。

また、上記骨材が、セメント100質量部に対し250～750質量部であれば、水硬性複合体の流動性が高い。

[0021] 上記骨材は、水硬性複合体がモルタルの場合は細骨材単独、水硬性複合体がコンクリートの場合は細骨材および粗骨材である。

そして、上記細骨材は、川砂、山砂、陸砂、海砂、砕砂、珪砂、スラグ細骨材、および軽量細骨材等から選ばれる1種以上が挙げられ、上記粗骨材は、砂利、碎石、スラグ粗骨材、および軽量粗骨材等から選ばれる1種以上が挙げられる。また、上記細骨材、粗骨材ともに、天然骨材のほかに再生骨材を用いることができる。

また、骨材全体における細骨材の含有割合は、骨材全体を100質量%として、好ましくは35～65質量%である。細骨材の含有割合がこの範囲にあれば、水硬性複合体の流動性は良好である。なお、該細骨材の含有割合は、骨材全体を100質量%として、より好ましくは40～60質量%である。

[0022] 本発明の水硬性複合体は、セメント100質量部、骨材250～750質量部、炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物の粉体、および、水を少なくとも含む水硬性複合体であって、上記骨材中の細骨材100質量部に対し、炭酸化セメント水和物スラリー中の炭酸化セメント水和物（固形分換算）または該炭酸化セメント水和物の粉体5～30質量部、および水25～60質量部を少なくとも含む。炭酸化セメント水和物スラリー中の炭酸化セメント水和物（固形分換算）または該炭酸化セメント水和物の粉体が、細骨材100質量部に対し5～30質量部であれば、水硬性複合体の強度発現性および流動性が高い。

[0023] 上記水は、水硬性複合体の強度や流動性等の物性に悪影響を与えないものであれば使用でき、例えば、上水道水、工業用水、生コンクリートの上澄み水、および回収水等から選ばれる１種以上が挙げられる。

また、水の含有割合（後掲の表３では $W_1 + W_2$ に相当する。）は、セメント１００質量部に対し、好ましくは２５～６０質量部である。水の含有割合が該範囲にあれば、水硬性複合体の流動性が良好である。なお、該水の含有割合は、より好ましくはセメント１００質量部に対し３０～５０質量部である。

[0024] 本発明の水硬性複合体の、材齢３日、材齢２８日、および材齢９１日の圧縮強度は、炭酸化セメント水和物スラリーまたは炭酸化セメント水和物の粉体を含まない水硬性複合体の圧縮強度に比べ、後掲の表３に示すように、０．５％以上高い。

[0025] また、本発明の水硬性複合体は、ＪＩＳ Ａ １１５０「コンクリートのスランプフロー試験方法」に準拠して測定したスランプフローが３５０～７００ｍｍである。また、本発明においてセメントスラリーの炭酸化に用いる二酸化炭素は、セメント製造における二酸化炭素の排出量を低減するため、セメント製造過程で排出される二酸化炭素が好ましい。

[0026] 本発明の水硬性複合体は、上記必須の構成成分のほかに、ひび割れの抑制、塩害の防止、および凍結融解抵抗性の向上等の耐久性の要求性能に応じて、収縮低減剤、減水剤、およびＡＥ減水剤等の混和剤や、膨張材、高炉スラグ、フライアッシュ、石炭灰、シリカフューム、シリカ粉末、および石灰石粉末等の混和材を１種類以上含んでもよい。

[0027] ３．炭酸化セメント水和物の粉体の製造方法

本発明の炭酸化セメント水和物の粉体の製造方法は、水／セメント比が５０～１０００％であるセメントおよび水、または、水／セメント水和物比が５０～１０００％であるセメント水和物および水を混練して、セメント水和物スラリーを得る工程、該セメント水和物スラリー中に二酸化炭素を供給して炭酸化セメント水和物スラリーを得る工程、および、該炭酸化セメント水

和物スラリーを乾燥して炭酸化セメント水和物の粉体を得る工程を含む。

セメントは、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、超早強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、高炉セメント、およびフライアッシュセメント等から選ばれる1種以上であり、セメント水和物は、生コンクリートスラッジに含まれるセメント水和物、廃コンクリートに含まれるセメント水和物、および軽量気泡コンクリート（ALC）の端材に含まれるセメント水和物等から選ばれる1種以上である。

[0028] また、上記炭酸化セメント水和物スラリーを得る工程において、炭酸化セメント水和物スラリーのpHが11以下になるように二酸化炭素を供給する。炭酸化セメント水和物スラリーのpHが上記範囲にあれば、炭酸化セメント水和物スラリー中の二酸化炭素の含有割合は、上記のとおり、セメント1トン当たり125kg以上になり、二酸化炭素の固定量が増加する。

[0029] また、上記炭酸化セメント水和物スラリーを得る工程において、回転粘度計により測定した炭酸化セメント水和物スラリーの粘度（測定時の環境温度は $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ）が、好ましくは $1.0 \sim 6.5 \text{ mPa} \cdot \text{S}$ になるように二酸化炭素を供給する。上記粘度の範囲ならば、同じく、二酸化炭素の固定量が増加する。なお、上記スラリーの粘度の調整において、スラリーの粘度が $1.0 \text{ mPa} \cdot \text{S}$ 未満なら、該スラリーの水を乾燥やデカンテーション等により除去してもよく、また、 $6.5 \text{ mPa} \cdot \text{S}$ を超えるなら、該スラリーに加水してもよい。

[0030] 上記炭酸化セメント水和物スラリーを得る工程において、好ましくは供給される二酸化炭素の80質量%以上を固定するとよい。二酸化炭素の固定量が80質量%以上であれば、二酸化炭素の固定効率が高く、二酸化炭素の低減に資することができる。

[0031] また、上記炭酸化セメント水和物の粉体を得る工程において、炭酸化セメント水和物スラリーを乾燥する方法は、自然乾燥、熱風乾燥、真空乾燥、冷却乾燥、赤外線乾燥、凍結乾燥、および接触乾燥から選ばれる1種以上が挙

げられる。上記乾燥方法によれば、炭酸化セメント水和物中に固定された二酸化炭素が脱炭酸することなく、乾燥できる。

実施例

[0032] 以下、本発明を実施例により説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されない。

1. 使用材料

使用した材料は表 1 に示す。

[0033]

[表1]

材料	記号	種類	物性
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm ³
細骨材	S	静岡県産山砂	密度: 2.61g/cm ³ 、吸水率: 1.59%
粗骨材	G	茨城県産碎石	密度: 2.64g/cm ³ 、吸水率: 0.54%
AE減水剤	Ad	リグニンスルホン酸塩とポリカルボン酸エーテルの複合体	—
混練水	W	上水道水	密度: 1.00g/cm ³
二酸化炭素	CO ₂	セメント製造時の排ガスから回収した液化炭酸ガス	—

[0034] 2. セメントの一部代替として炭酸化セメント水和物スラリーを用いた例

(1) 炭酸化セメント水和物スラリーの製造

普通ポルトランドセメント10kg、および上水道水30kgを、ハンドミキサーを用いて120秒間混練したセメント水和物スラリーを、10個（バッチ）混合して調製した。なお、該スラリーの温度は23℃（環境温度は20℃）であった。

次に、図1に示すように、炭酸ガスを充填した二酸化炭素反応タンクと、スラリータンクの間で、上記セメント水和物スラリーを、ポンプを用いて循環することにより、該スラリーのpHが表2に示す値になるまで、該スラリー中のセメント水和物を炭酸化した。

次に、上記炭酸化したセメント水和物スラリーを20℃の環境下で、1日間静置した後、上澄み水をデカンテーションして除いて、水／炭酸化セメント水和物（固形分換算）比〔表3中の W_2/C_2 〕が100%の炭酸化セメント水和物スラリーを製造した。なお、デカンテーションして取り除いた水の質量は、炭酸化セメント水和物スラリーを105℃で24時間乾燥させて求めた炭酸化セメント水和物（固形分）の質量と、水／炭酸化セメント水和物（固形分換算）比〔表3中の W_2/C_2 〕が100%とを用いて、算出した。

こうして得られた炭酸化セメント水和物スラリーの物性（pHと粘度）を表2に示す。なお、粘度測定時の炭酸化セメント水和物スラリーの温度は21℃（環境温度は20℃）であった。

[0035]

[表2]

炭酸化セメント水和物スラリー	炭酸化セメント水和物スラリーの物性	
	pH	粘度 (MP・s)
a1	10.10	2.02
a2	6.83	3.32
a3	8.77	1.60
a4	8.62	4.23
a5	8.56	2.36
a6		
a7		
a8		
a9		
b1	11.10	1.40
b2	8.94	7.21

[0036] 表2に示すように、炭酸化セメント水和物スラリーa1～a9のpHは6.83～10.10、粘度は1.60～4.23 mPa・sである。これらと比べ、炭酸化セメント水和物スラリーb1の粘度は、1.40 mPa・sと、上記スラリーと同程度であるが、pHは11.10と上記スラリーに比べ高く、これとは逆に、炭酸化セメント水和物スラリーb2のpHは8.94と、上記スラリーと同程度であるが、粘度は7.21 mPa・Sと、上記スラリーに比べ高い。

[0037] (2) コンクリート（水硬性複合体）の製造

表3に示す配合に従い、JIS A 1138「試験室におけるコンクリートの作り方」に準拠して、コンクリートを製造した。すなわち、実施例1～9、および比較例2、3は、炭酸化セメント水和物スラリーを表3の配合

に従い混合してコンクリートを製造した一方、比較例 1 は、炭酸化セメント水和物スラリーを配合することはなく、セメントのみでコンクリートを製造した。

[0038] (3) コンクリートの圧縮強度およびスランプフローの測定

上記コンクリートの圧縮強度は、材齢 3 日、28 日、および 91 日まで水中養生したコンクリート供試体を用いて、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠して測定した。また、上記コンクリートのスランプフローは、JIS A 1150「コンクリートのスランプフロー試験方法」に準拠して測定した。これらの結果を表 3 に示す。

[0039]

[表3]

	炭酸セメント 水和物スラリー	$\frac{(W_1+W_2)}{(C_1+C_2)}$ (%)	単位量 (kg/m ³)						圧縮強度 (MPa)			スランプロー (mm)	
			W ₁	C ₁	炭酸セメント 水和物スラリー		S	G	Ad (C×%)	材齢 3日	材齢 28日		材齢 91日
					W ₂	C ₂							
実施例 1	a1	30	122	504	56	56	832	887	1.2	61.4	72.1	86.4	501
実施例 2	a2									61.2	71.9	84.9	506
実施例 3	a3									60.2	70.2	84.2	520
実施例 4	a4									60.7	71.4	84.7	498
実施例 5	a5		140	532	28	28				59.4	71.5	84.5	500
実施例 6	a6		112	504	56	56				61.5	73.5	87.4	512
実施例 7	a7		84	476	84	84				63.1	75.9	89.5	497
実施例 8	a8		56	448	112	112				61.2	74.6	87.7	500
実施例 9	a9		0	392	168	168				61.1	72.3	86.1	513
比較例 1	—	比較例 1 比較例 2 比較例 3	168	560	—	—				58.4	70.0	82.4	486
比較例 2	b1			560						57.6	69.9	80.7	482
比較例 3	b2			560						50.0	65.6	72.1	342

[0040] 表3に示すように、本発明の実施例1～9はいずれも、比較例1～3に比べ、短期（材齢3日）、中期（材齢28日）および長期（材齢91日）の圧縮強度が高く、またスランプフローが大きい。

したがって、本発明の水硬性複合体は、強度発現性と流動性が向上することから、本発明により、炭酸化セメント水和物の新たな用途が開拓できる。また、上記炭酸化セメント水和物は、二酸化炭素を吸収して固定したものであるから、本発明は二酸化炭素の低減に資する。

[0041] 3. 細骨材の一部代替として炭酸化セメント水和物スラリーを用いた例

炭酸化セメント水和物スラリーa5を用いて、表4に示す配合に従い、JIS A 1138「試験室におけるコンクリートの作り方」に準拠して、コンクリートを製造した。

上記コンクリートのスランプフローは、JIS A 1150「コンクリートのスランプフロー試験方法」に準拠して測定した。また、上記コンクリートの圧縮強度は、材齢3日、28日、および91日まで水中養生したコンクリート供試体を用いて、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠して測定した。これらの結果を表4に示す。

[0042]

[表4]

	炭酸化セメント 水和物スラリー	$(W_1+W_2)/C_1$ (%)	単位量 (kg/m ³)						圧縮強度 (MPa)			スランプロー (mm)	
			W ₁	C ₁	炭酸化セメント 水和物スラリー		S	G	Ad (C×%)	材齢 3日	材齢 28日		材齢 91日
					W ₂	C ₂							
実施例 10	a5	30	140	560	28	28	804	887	1.2	59.7	73.3	86.5	492
実施例 11			112		56	56	776			60.5	74.9	87.2	497
実施例 12			84		84	84	748			61.4	76.1	88.4	503
実施例 13			56		112	112	720			62.0	77.5	89.9	509
比較例 4	—		168	560	—	—	832			58.4	70.0	82.4	486

[0043] 表4に示すように、本発明の実施例10～13はいずれも、比較例4に比べ、短期（材齢3日）、中期（材齢28日）および長期（材齢91日）の圧縮強度が高く、またスランプフローが大きい。

したがって、上記と同様に、本発明の水硬性複合体は、強度発現性と流動性が向上することから、本発明により、炭酸化セメント水和物の新たな用途が開拓できる。また、上記炭酸化セメント水和物は、二酸化炭素を吸収して固定したものであるから、本発明は二酸化炭素の低減に資する。

請求の範囲

- [請求項1] 水／炭酸化セメント水和物(固形分換算)比が50～1000%、pHが11以下、および、 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ における粘度が $1.0 \sim 6.5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物の粉体、セメント、骨材、並びに、水を少なくとも含む、水硬性複合体。
- [請求項2] 上記骨材が細骨材単独、または、細骨材および粗骨材である、請求項1に記載の水硬性複合体。
- [請求項3] セメント100質量部に対し、炭酸化セメント水和物スラリー中の炭酸化セメント水和物(固形分換算)または該炭酸化セメント水和物の粉体(固形分換算)5～50質量部、骨材250～750質量部、および水25～60質量部を少なくとも含む、請求項1または2に記載の水硬性複合体。
- [請求項4] 骨材全体を100質量%として、細骨材が35～65質量%である、請求項3に記載の水硬性複合体。
- [請求項5] セメント100質量部、骨材250～750質量部、炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物の粉体、および、水を少なくとも含む水硬性複合体であって、上記骨材中の細骨材100質量部に対し、炭酸化セメント水和物スラリー中の炭酸化セメント水和物(固形分換算)または該炭酸化セメント水和物の粉体5～30質量部、および水25～60質量部を少なくとも含む、請求項1または2に記載の水硬性複合体。
- [請求項6] 材齢3日、材齢28日、および材齢91日の上記水硬性複合体の圧縮強度が、炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物スラリーの粉体を含まない水硬性複合体の圧縮強度に比べ0.5%以上高い、請求項1または2に記載の水硬性複合体。
- [請求項7] JIS A 1150「コンクリートのスランプフロー試験方法」に準拠して測定したスランプフローが350～700mmである、請

求項 1 または 2 に記載の水硬性複合体。

[請求項8] セメント製造過程で排出された二酸化炭素を固定してなる炭酸化セメント水和物スラリーまたは該炭酸化セメント水和物の粉体を含む、
請求項 1 または 2 に記載の水硬性複合体。