

明 細 書

発明の名称：セメント組成物及びセメント組成物の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、セメント組成物及びセメント組成物の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、廃棄物の有効利用の観点から、アルミニウム（以下「 Al 」とする。）を多く含む廃棄物である石炭灰、建設発生土等がクリンカー原料として多量に使用されている。一般に、セメントクリンカー中のアルミネート相（ C_3A ）量は原料中の Al 量とともに増加するため、石炭灰等の Al を多く含む廃棄物の利用拡大に伴いセメントクリンカー中の Al 量及び C_3A 量が増加し、適正なフレッシュ性状（流動性）を得るためには、凝結水量（セメントペーストの標準軟度水量：一定の軟度を得るために必要な水量）やコンクリートの単位水量を増加させる必要がある。一方、凝結水量やコンクリートの単位水量を増加させると、フレッシュ性状以外の強度発現性等に悪影響を及ぼすことが懸念される。そのため、凝結水量やコンクリートの単位水量を増加させないために、廃棄物の使用量を一定量に制限せざるを得ないという問題がある。

[0003] 非特許文献1には、各種ポルトランドセメント（普通ポルトランドセメント（N）、早強ポルトランドセメント（H）、中庸熱ポルトランドセメント（M）、低熱ポルトランドセメント（L））の化学分析値が記載されており、この化学分析値の各成分（例えば Al_2O_3 、 Fe_2O_3 ）からボーグ式を用いて C_3A 量を算出し、この C_3A 量において必要な凝結水量（セメントペーストの標準軟度水量：一定の軟度を得るための必要な水量）を表1に示した。

[0004]

[表1]

	品 種	A l ₂ O ₃ (%)	F e ₂ O ₃ (%)	C ₃ A 計 算 値 (%)	セメントペースト 凝 結 水 量 (%)
ポルトランド セメント	N (普通)	5. 1 5	2. 8 0	8. 9	2 7. 9
	H (早強)	4. 8 3	2. 6 8	8. 3	3 0. 6
	M (中庸熱)	3. 8 7	4. 0 7	3. 4	2 7. 1
	L (低熱)	2. 6 6	2. 5 5	2. 7	2 7. 4

[0005] 表 1 に示すように、C₃A 量が多い普通ポルトランドセメント (N) や早強ポルトランドセメント (H) は、中庸熱ポルトランドセメント (M) や低熱ポルトランドセメント (L) に比べて凝結水量が多い。

[0006] モルタルやコンクリートの流動性を向上する方法としては、「石灰石微粉末のような無機粉末を使用する (特許文献 1) 」、「混合する石膏の形態を調整する (特許文献 2) 」、「粒度が特定の範囲であり、粒形が良好な骨材を使用する (特許文献 3) 」、その他一般的な方法として「混和剤 (流動化剤) を使用する」等の方法がある。しかし、これらの方法では、製造コストの上昇や強度発現性に悪影響を及ぼすといった問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献 1 : 特開 2 0 0 3 - 9 5 7 1 0 号公報

特許文献 2 : 特開 2 0 0 4 - 2 9 2 3 0 7 号公報

特許文献 3 : 特開 2 0 0 5 - 2 7 2 2 2 3 号公報

非特許文献

[0008] 非特許文献 1 : 社団法人セメント協会、セメントの常識、p 1 9 ~ 2 0、2 0 0 9 年 3 月発行

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、石炭灰や建設発生土等の廃棄物を比較的多く使用し、セメントクリンカー中の A l、C₃A 含有量が増加した場合であっても、セメントペーストやモルタル、コンクリートの流

動性を向上することができるセメント組成物、及びセメント組成物の製造方法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

- [0010] 本発明者らは、上記の目的を達成すべく鋭意検討した結果、石炭灰や建設発生土等の廃棄物を比較的多量に使用し、セメント組成物中の Al 含有量や C_3A 含有量が比較的多いセメントにおいて、セメント組成物中のストロンチウム（以下「 Sr 」とする）含有量、酸化マグネシウム（以下「 MgO 」とする）含有量が、セメントペースト、モルタル又はコンクリートの流動性の改善に影響を及ぼすことを見出し、本発明を完成するに至った。
- [0011] すなわち、本発明は、 Sr 含有量が $0.065 \sim 1.0$ 質量%、且つ MgO 含有量が 1.0 質量%を超え 3.0 質量%以下であるセメント組成物に関する。また、本発明は、 f. CaO 含有量が 1.5 質量%以下であるセメント組成物に関する。更に、本発明は、 SO_3 含有量が $1.6 \sim 2.6$ 質量%であり、ボグ式で算定される C_3S 含有量が $50 \sim 70$ 質量%、 C_2S 含有量が $5 \sim 25$ 質量%、 C_3A 含有量が $6 \sim 15$ 質量%及び C_4AF 含有量が $7 \sim 15$ 質量%であるセメント組成物に関する。
- [0012] また、本発明は、セメント組成物の Sr 含有量が $0.065 \sim 1.0$ 質量%、且つ MgO 含有量が 1.0 質量%を超え 3.0 質量%以下となるように、石灰石、珪石、石炭灰、粘土、高炉スラグ、建設発生土、下水汚泥、ハイドロケーキ及び鉄源からなる群より選ばれる原料の原料原単位を調整し、調整した原料を配合し、焼成してセメントクリンカーを製造する工程（A）と、セメントクリンカーと、石膏と、混合材として石灰石及び高炉スラグを混合して粉砕する工程（B）を含むことを特徴とするセメント組成物の製造方法に関する。また、本発明は、貝殻を石灰石の一部代替として使用する、セメント組成物の製造方法に関する。本発明は、工程（A）におけるセメントクリンカー原料として、セメントクリンカー1トンあたり石灰石 $700 \sim 1400 \text{ kg}$ 、珪石 $20 \sim 150 \text{ kg}$ 、石炭灰 $0 \sim 300 \text{ kg}$ 、粘土 $0 \sim 100 \text{ kg}$ 、高炉スラグ $0 \sim 100 \text{ kg}$ 、建設発生土 $10 \sim 150 \text{ kg}$ 、下水汚

泥 0 ～ 1 0 0 k g 、ハイドロケーキ 0 ～ 1 0 0 k g 及び鉄源 3 0 ～ 8 0 k g を配合する、セメント組成物の製造方法に関する。また、本発明は、工程（A）において、石炭灰に対する建設発生土の質量比が 0.13 ～ 1.6 となるように建設発生土と石炭灰とを配合する、セメント組成物の製造方法に関する。更に、本発明は、工程（A）における建設発生土中の S r 含有量が 0.01 ～ 1.0 質量%であり、且つ石炭灰中の S r 含有量が 0.02 ～ 0.4 質量%である、セメント組成物の製造方法に関する。

発明の効果

- [0013] 本発明によれば、セメント組成物の S r 含有量、M g O 含有量を適正範囲となるようにすることにより、凝結水量やコンクリートの単位水量が低減され、セメントペースト、モルタル及びコンクリートの流動性を向上することができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]セメント組成物の S r 含有量と M g O 含有量と凝結水量又はコンクリートの単位水量との関係を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0015] 以下、本発明の好適な実施形態について説明する。
- [0016] 本発明のセメント組成物は、S r 含有量が 0.065 ～ 1.0 質量%、且つ M g O 含有量が 1.0 質量%を超え 3.0 質量%以下であることを特徴とする。
- [0017] セメント組成物の S r 及び M g O は少量・微量成分である。本発明者らは、セメント組成物の S r 含有量、M g O 含有量がモルタル及びコンクリートの流動性と関係があることを突き止め、S r 含有量、M g O 含有量を適正範囲となるようにすることにより、凝結水量やコンクリートの単位水量を低減することができ、セメントペースト、モルタル及びコンクリートの流動性が向上できることを見出した。その結果、有効利用が望まれている石炭灰、建設発生土等の廃棄物を用いてもセメント組成物を用いたセメントペースト、モルタル及びコンクリートの流動性を維持・向上することができる。

- [0018] セメント組成物のS r含有量及びM g O含有量は、セメント組成物の全質量に対する含有割合（質量％）である。セメント組成物のS r含有量はセメント協会標準試験方法J C A S I - 5 2 2 0 0 0「I C P発光分光分析及び電気加熱式原子吸光分析方法」に準じて測定することができる。セメント組成物中のM g O含有量は、J I S R 5 2 0 2 : 1 9 9 8「ポルトランドセメントの化学分析方法」に準じて測定することができる。また、セメント組成物の鉱物組成（ C_3S 、 C_2S 、 C_3A 及び C_4AF ）はボーグ式、または粉末X線回折測定（XRD）のR i e t v e l d解析法に準じて測定することができる。
- [0019] セメント組成物のS r含有量は、0. 0 6 5～1. 0質量％であり、好ましくは0. 0 6 7～0. 5質量％、より好ましくは0. 0 6 8～0. 3質量％であり、更に好ましくは0. 0 7 0～0. 2 0質量％であり、特に好ましくは0. 0 7 0～0. 1 5質量％である。
- [0020] セメント組成物のM g O含有量は、1. 0質量％を超え3. 0質量％以下であり、好ましくは1. 0質量％を超え2. 6質量％以下であり、より好ましくは1. 1～2. 6質量％であり、更に好ましくは1. 1～2. 5質量％であり、特に好ましくは1. 2～2. 5質量％、極めて好ましくは1. 8～2. 4質量％である。
- [0021] セメント組成物のXRD／R i e t v e l d解析法に準じて測定した C_3A 含有量は、0. 1～1 1. 0質量％であり、好ましくは1. 0～1 0. 5質量％であり、より好ましくは2. 0～1 0. 2質量％であり、更に好ましくは3. 0～1 0. 2質量％であり、特に好ましくは3. 0～9. 0質量％、極めて好ましくは3. 0～7. 0質量％である。
- [0022] セメント組成物のS r含有量が0. 0 6 5質量％未満、あるいはM g O含有量が1. 0質量％以下では、モルタルやコンクリートの流動性の低下を示し、適正な流動性を得るために凝結水量やコンクリートの単位水量が増加する場合がある。
- [0023] セメント組成物のf. C a O含有量は、好ましくは1. 5質量％以下であり

、より好ましくは0.1～1.2質量%であり、更に好ましくは0.2～1.0質量%、特に好ましくは0.3～0.8質量%である。セメント組成物のf. CaO含有量が1.5質量%を超過すると、適正な強度発現性を得ることができない。

[0024] また、本発明のセメント組成物は、SO₃含有量が、好ましくは1.6～2.6質量、より好ましくは1.7～2.5質量%、更に好ましくは1.8～2.4質量%であり、特に好ましくは1.8～2.3質量%である。セメント組成物のSO₃含有量が、上記範囲内であると、セメント組成物の流動性を適度に維持しつつ、モルタルやコンクリートの強度発現性も向上することができる。セメント組成物中のSO₃含有量は、全体質量に対する含有割合（質量%）であり、この含有割合は、JIS R 5202：1998「ポルトランドセメントの化学分析方法」に準じて測定することができる。

[0025] 本発明のセメント組成物ボーグ式で算定される鉱物組成は、好ましくはC₃S含有量が50～70質量%、C₂S含有量が3～25質量%、C₃A含有量が6～15質量%及びC₄AF含有量が7～15質量%であり、より好ましくはC₃S含有量が51～67質量%、C₂S含有量が5～25質量%、C₃A含有量が8～13質量%及びC₄AF含有量が8～12質量%であり、更に好ましくはC₃S含有量が52～65質量%、C₂S含有量が8～22質量%、C₃A含有量が8～12質量%及びC₄AF含有量が8～11質量%であり、特に好ましくはC₃S含有量が53～65質量%、C₂S含有量が8～21質量%、C₃A含有量が8～10質量%及びC₄AF含有量が8～10質量%である。

[0026] ここで、ボーグ式により算出されるセメント組成物中のC₃S含有量、C₂S含有量、C₃A含有量、C₄AF含有量は、下記の式[1]～[4]により算出する。

[0027]
$$C_3S \text{ 含有量 (質量\%)} = 4.07 \times CaO \text{ 量 (質量\%)} - 7.60 \times SiO_2 \text{ 量 (質量\%)} - 6.72 \times Al_2O_3 \text{ 量 (質量\%)} - 1.43 \times Fe_2O_3 \text{ 量 (質量\%)} - 2.85 \times SO_3 \text{ 量 (質量\%)} \quad \cdots [1]$$

$$C_2S \text{ 含有量 (質量\%)} = 2.87 \times SiO_2 \text{ 量 (質量\%)} - 0.754 \times C_3S \text{ 量 (質量\%)} \quad \dots [2]$$

$$C_3A \text{ 含有量 (質量\%)} = 2.65 \times Al_2O_3 \text{ (質量\%)} - 1.69 \times Fe_2O_3 \text{ (質量\%)} \quad \dots [3]$$

$$C_4AF \text{ 含有量 (質量\%)} = 3.04 \times Fe_2O_3 \text{ (質量\%)} \quad \dots [4]$$

[0028] 式中の「CaO」、「SiO₂」、「Al₂O₃」及び「Fe₂O₃」は、それぞれ、セメント組成物におけるCaO、SiO₂、Al₂O₃及びFe₂O₃のセメント組成物の全体質量に対する含有割合（質量%）である。これらの含有割合は、JIS R 5202「ポルトランドセメントの化学分析方法」あるいはJIS R 5204「セメントの蛍光X線分析方法」により測定することができる。

[0029] 本発明のセメント組成物の製造方法は、セメント組成物中のSr含有量が0.065～1.0質量%、且つMgO含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下となるように、石灰石、珪石、石炭灰、粘土、高炉スラグ、建設発生土、下水汚泥、ハイドロケーキ及び鉄源からなる群より選ばれる原料の原料原単位を調整し、調整したこれらの原料を配合・焼成してセメントクリンカーを製造する工程（A）と、得られたセメントクリンカーと石膏とを混合して粉砕する工程（B）を含む。

[0030] （A）工程におけるセメントクリンカーの原料としては、石灰石、珪石、石炭灰、粘土、高炉スラグ、建設発生土、下水汚泥、ハイドロケーキ及び鉄源等が挙げられる。石炭灰は、石炭火力発電所等から発生するものであり、シンダアッシュ、フライアッシュ、クリンカアッシュ及びボトムアッシュが挙げられる。建設発生土は、建設工事の施工に伴い副次的に発生する残土や泥土、廃土等が挙げられる。下水汚泥としては、汚泥単味のほか、これに石灰石を加えて乾粉化したものや、焼却残渣等が挙げられる。鉄源としては、銅からみ、高炉ダスト等が挙げられる。

[0031] （A）工程におけるセメントクリンカー原料としては、セメントクリンカー1トン（t）あたり、石灰石700～1400kg、珪石20～150k

g、石炭灰0～300kg、粘土0～100kg、高炉スラグ0～100kg、建設発生土10～150kg、下水汚泥0～100kg、ハイドロケーキ0～100kg及び鉄源30～80kgを配合することが好ましい。また、（A）工程におけるセメントクリンカー原料としては、セメントクリンカー1トンあたり、石灰石800～1300kg、珪石20～100kg、石炭灰50～250kg、粘土0～80kg、高炉スラグ5～50kg、建設発生土20～150kg、下水汚泥0～70kg、ハイドロケーキを20～80kg及び鉄源30～60kgを配合することがより好ましい。中でも、セメントクリンカー原料として、石灰石、石炭灰、建設発生土にあつては、セメントクリンカー1トンあたり、石灰石900～1200kg、石炭灰80～270kg、建設発生土20～150kgを配合することが特に好ましく、セメントクリンカー1トンあたり、石灰1000～1100kg、石炭灰100～250kg、建設発生土30～100kgを配合することが更に好ましい。本明細書において、「原料原単位」とは、セメントクリンカーを1トン製造するにあたり、使用される各原料の質量（kg／tークリンカー）をいう。

[0032] （A）工程におけるセメントクリンカー原料の原料原単位を特定範囲に調整する方法として、具体的には、サンプリングしたセメント組成物のS_r含有量、MgO含有量を測定し、S_r含有量、MgO含有量が特定範囲となるようにセメントクリンカー原料の原料原単位を調整する。

[0033] セメントクリンカー原料の中でも、カルシウム源原料となる石灰石のS_r含有量や、石炭灰及び建設発生土の使用量（原料原単位）が、セメント組成物中のS_r含有量に影響を与える。セメント組成物中のS_r含有量を特定範囲にするためには、石灰石のS_r含有量に応じて、石炭灰に対する建設発生土の質量比で調整することが好ましい。例えば石灰石のS_r含有量が低い場合は、石炭灰に対する建設発生土の質量比が多くなるように石炭灰及び建設発生土の使用量（原料原単位）を調整することができる。石炭灰に対する建設発生土の質量比（建設発生土（kg／tークリンカー）／石炭灰（kg／

tークリンカー)) は、好ましくは0.13~1.6であり、より好ましくは0.15~1.5であり、更に好ましくは0.2~1.5であり、特に好ましくは0.2~1.4である。

[0034] セメント組成物中のMgO含有量を特定範囲にするには、石灰石、珪石、石炭灰、粘土、高炉スラグ、建設発生土、ハイドロケーキ、並びに鉄源としての銅からみ及び高炉ダストのMgO含有量に基づき、これらの原料からセメント組成物に含まれるMgO含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下となるように各セメントクリンカー原料を原料原単位で調整し、これらの原料を配合することが好ましい。

[0035] セメントクリンカー原料として、各原料中のSr含有量、及びMgO含有量は、以下の範囲のものを使用することが好ましい。なお、各原料中のSr含有量、及びMgO含有量は、各原料(100質量%)に対する含有割合(質量%)である。

[0036] 石灰石としては、Sr含有量が、好ましくは0.01~0.10質量%、より好ましくは0.01~0.09質量%、更に好ましくは0.01~0.08質量%、特に好ましくは0.015~0.08質量%のものを使用する。MgO含有量が、好ましくは0.1~2.0質量%、より好ましくは0.1~1.5質量%、更に好ましくは0.1~1.3質量%、特に好ましくは0.2~1.3質量%のものを使用する。

[0037] また、Sr量を特定範囲にするために廃貝殻を原料として利用することが好ましい。貝殻は水産廃棄物であるが、CaO含有量やMgO含有量を石灰石と同程度含有しており、Sr含有量は石灰石より高いため、天然資源である石灰石の一部代替として使用可能であり、資源の温存ができ有用である。貝殻の代表的なものにはホタテ、アコヤ、カキ殻等が挙げられる。石灰石の一部を貝殻で置き換える場合は、カルシウム源原料(石灰石+貝殻)は、Sr含有量が好ましくは0.02~0.3質量%、より好ましくは0.02~0.26質量%、更に好ましくは0.02~0.2質量%、特に好ましくは0.025~0.2質量%となるようにして使用する。なお、貝殻として、

Sr含有量が、好ましくは0.02~1.0質量%、好ましくは0.02~0.5質量%、より好ましくは0.05~0.3質量%、特に好ましくは0.03~0.3質量%のものを使用することができる。貝殻は、CaO含有量が好ましくは35~55質量%、より好ましくは40~55質量%、更に好ましくは40~50質量%、特に好ましくは45~50質量%のものを使用することができる。貝殻は、MgO含有量が、好ましくは0.1~5.0質量%、より好ましくは0.1~3.0質量%、更に好ましくは0.1~2.0質量%、特に好ましくは0.1~1.0質量%のものを使用することができる。Sr含有量が0.02質量%未満であるSr含有量が少ない石灰石を用いる場合は、石灰石の一部代替として貝殻を使用することが好ましい。貝殻以外にも、CaO、Sr及びMgOを比較的多く含む物を使用してもよい。

[0038] 珪石としては、Sr含有量が、好ましくは0.001~0.04質量%、より好ましくは0.001~0.03質量%、更に好ましくは0.001~0.025質量%、特に好ましくは0.001~0.02質量%のものを使用する。MgO含有量が、好ましくは0.01~1.0質量%、より好ましくは0.03~0.8質量%、更に好ましくは0.03~0.6質量%のものを使用する。

[0039] 石炭灰としては、Sr含有量が、好ましくは0.02~0.4質量%、より好ましくは0.02~0.3質量%、更に好ましくは0.02~0.25質量%、特に好ましくは0.02~0.2質量%のものを使用する。MgO含有量が、好ましくは0.1~3.0質量%、より好ましくは0.2~2.5質量%、更に好ましくは0.4~2.5質量%、特に好ましくは0.5~2.0質量%のものを使用する。

[0040] 高炉スラグとしては、Sr含有量が、好ましくは0.02~0.2質量%、より好ましくは0.02~0.15質量%、更に好ましくは0.02~0.10質量%、特に好ましくは0.03~0.1質量%のものを使用する。MgO含有量が、好ましくは3.0~9.0質量%、より好ましくは4.0

～8. 0質量%、更に好ましくは5. 0～7. 0質量%、特に好ましくは5. 0～6. 0質量%のものを使用する。

[0041] 粘土としては、S r含有量が、好ましくは0. 001～0. 03質量%、より好ましくは0. 003～0. 025質量%、更に好ましくは0. 003～0. 02質量%、0. 004～0. 02質量%のものを使用する。M g O含有量が、好ましくは0. 3～6. 0質量%、より好ましくは0. 5～5. 0質量%、更に好ましくは0. 5～4. 0質量%、特に好ましくは0. 4～3. 0質量%のものを使用する。

[0042] 建設発生土としては、S r含有量が、好ましくは0. 01～1. 0質量%、より好ましくは0. 01～0. 7質量%、更に好ましくは0. 01～0. 5質量%、特に好ましくは0. 02～0. 4質量%のものを使用する。M g O含有量が、好ましくは0. 5～5. 0質量%、より好ましくは0. 5～4. 0質量%、更に好ましくは1. 0～3. 0質量%、特に好ましくは1. 5～3. 0質量%のものを使用する。

[0043] 下水汚泥としては、S r含有量が、好ましくは0. 001～0. 1質量%、より好ましくは0. 001～0. 07質量%、更に好ましくは0. 001～0. 05質量%、特に好ましくは0. 001～0. 03質量%のものを使用する。M g O含有量が、好ましくは0. 5～4. 0質量%、より好ましくは0. 5～3. 0質量%、更に好ましくは0. 5～2. 0質量%、特に好ましくは0. 6～2. 0質量%のものを使用する。

[0044] ハイドロケーキとしては、S r含有量が、好ましくは0. 1～1. 5質量%、より好ましくは0. 1～1. 0質量%、更に好ましくは0. 1～0. 8質量%、特に好ましくは0. 2～0. 6質量%のものを使用する。M g O含有量が、好ましくは5～30質量%、より好ましくは5～25質量%、更に好ましくは10～20質量%、特に好ましくは10～15質量%のものを使用する。

[0045] 銅からみとしては、S r含有量が、好ましくは0. 005～0. 05質量%、より好ましくは0. 005～0. 04質量%、更に好ましくは0. 00

5～0.03質量%、特に好ましくは0.01～0.03質量%のものを使用する。MgO含有量が、好ましくは0.3～2.5質量%、より好ましくは0.5～2.0質量%、更に好ましくは0.5～1.5質量%、特に好ましくは0.5～1.0質量%のものを使用する。

[0046] 高炉ダストとしては、Sr含有量が、好ましくは0.001～0.03質量%、より好ましくは0.001～0.02質量%、更に好ましくは0.002～0.015質量%、特に好ましくは0.002～0.01質量%のものを使用する。MgO含有量が、好ましくは0.2～3.5質量%、より好ましくは0.2～2.5質量%、更に好ましくは0.2～2.0質量%、特に好ましくは0.2～1.5質量%のものを使用する。

[0047] セメントクリンカーの製造は、SP方式（多段サイクロン予熱方式）又はNSP方式（仮焼炉を併設した多段サイクロン予熱方式）等の既存のセメント製造設備を用いて製造することができる。

[0048] なお、工業スケールの製造においては、例えば、まず初めにSr、MgO含有量測定用のセメント組成物を採取し、そのセメント組成物のSr含有量、MgO含有量を測定し、Sr含有量が0.065～1.0質量%、且つMgO含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下となるように、セメントクリンカーの原料原単位を調整して、これらの原料を配合し、焼成したセメントクリンカーを用いることによって、流動性を向上したセメント組成物を製造することができる。

[0049] 本発明のセメント組成物の製造方法において、得られるセメント組成物のf、CaO含有量は1.5質量%以下であることが好ましい。

[0050] 次に、NSP方式の既存のセメント製造設備を用いて、本発明のセメント組成物に用いるセメントクリンカーの製造方法の一実施態様を説明する。なお、本発明のセメント組成物の製造方法は、以下の実施形態に限定されるものではない。

[0051] セメントクリンカーの各原料の混合方法は、特に限定されないが、例えば原料粉碎ミル等で粉碎混合し、ブレンディングサイロで混合することが好ま

しい。

- [0052] 粉砕混合されたセメントクリンカー原料は、更に既存の設備であるサスペンションプレヒータ及びロータリーキルンを用いて焼成することができる。セメントクリンカーの焼成温度、焼成時間等の焼成条件を変えることによって、f. C a O含有量が1.5質量%以下となるようにしたセメント組成物を製造するためのセメントクリンカーを得ることができる。
- [0053] セメントクリンカーの焼成温度は、特に限定されないが、NSP方式のセメント製造設備を用いた場合には、ロータリーキルンの出口付近におけるセメントクリンカーの温度が、好ましくは800～1700℃、より好ましくは900～1600℃、更に好ましくは1000～1500℃である。焼成時間は、20分間～2時間、より好ましくは20分間～1.5時間、更に好ましくは20分～1.0時間である。
- [0054] 焼成後、得られたセメントクリンカーは、ロータリーキルンの下流側に設けられたクリンカークーラーによって、例えば100～200℃程度まで冷却されることが好ましい。冷却速度は、好ましくは10～60℃/分であり、より好ましくは15～45℃/分であり、更に好ましくは15～30℃/分である。
- [0055] 本発明の（B）工程において、セメント組成物は、工程（A）で得られたセメントクリンカーと、石膏と、混合材として石灰石及び高炉スラグとを混合して粉砕することによって製造することができる。
- [0056] 石膏としては、J I S R 9151「セメント用天然せっこう」に規定される品質を満足することが望ましく、具体的には、二水石膏、半水石膏、不溶性無水石膏が好適に用いられる。
- [0057] 本発明の（B）工程において、セメント組成物中のS O₃量が、好ましくは1.6～2.6質量%、より好ましくは1.7～2.4質量%となるように石膏を混合して粉砕する。粉砕方法としては、特に制限されないが、ボールミル等の粉砕機、セパレータ等の分級機を用いる方法が挙げられる。
- [0058] 本発明の（B）工程において、セメント組成物は、更に混合材として石灰

石及び高炉スラグを含有する。混合材としての石灰石としては、JIS R 5210「ポルトランドセメント」に記載される石灰石等が挙げられる。混合材としての高炉スラグとしては、JIS R 5211「高炉セメント」で規定される高炉スラグ等が挙げられる。セメント組成物は、石灰石及び高炉スラグ以外の混合材を含んでいてもよい。石灰石及び高炉スラグ以外の混合材としては、JIS R 5212「シリカセメント」で規定されるシリカ質混合材、JIS A 6201「コンクリート用フライアッシュ」で規定されるフライアッシュ等を利用することができる。混合材は、セメント組成物の全体質量に対する混合材の合計含有割合（質量％）が、5質量％以下であることが好ましい。なお、混合材として石灰石、高炉スラグを使用する場合には、混合材中のS r含有量、M g O含有量を考慮し、セメントクリンカー原料の原料原単位を調整することが好ましい。

[0059] 本発明のセメント組成物のブレン比表面積は、好ましくは $2800 \sim 4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。ブレン比表面積が上記範囲内であると、優れた強度発現性を有するモルタルやコンクリートの製造が可能となる。セメント組成物のブレン比表面積は、より好ましくは $3200 \sim 3800 \text{ cm}^2/\text{g}$ であり、更に好ましくは $3200 \sim 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。

[0060] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に何ら限定されるものではない。

実施例

[0061] 以下、実施例及び比較例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0062] （実施例1～7、比較例1～6）

〔セメントクリンカーの原料〕

S r及びM g O含有セメントクリンカー原料としては、石灰石A、石灰石B、珪石、石炭灰、粘土、高炉スラグ、建設発生土、下水汚泥、ハイドロケーク及び鉄源（銅からみ、高炉ダスト）のセメントクリンカー原料のS r含有量、及びM g O含有量を予め測定すると共に、予めサンプリングしておい

たセメント組成物のS r含有量、M g O含有量を測定し、セメント組成物のS r含有量が0. 07～1. 0質量%、且つM g O含有量が0. 8～2. 6質量%となるようにクリンカー原料の原料原単位を調整し、これらの原料を配合した。また、セメント組成物のS O₃含有量が所定範囲となるようにするために、二水石膏を使用した。表2に、実施例及び比較例で使用した石灰石、珪石、石炭灰、高炉スラグの化学成分の数値を示す。また、表2に示した原料以外の原料中のS r含有量、及びM g O含有量を以下に記載する。なお、以下に示す化学成分及び原料原単位は、ドライベース(水分を含まない状態)の原料原単位である。

- ・ 粘土 (S r含有量=0. 0138質量%、M g O含有量=1. 43質量%)
- ・ 建設発生土 (S r含有量=0. 0272質量%、M g O含有量=1. 78質量%)
- ・ 下水汚泥 (S r含有量=0. 002質量%、M g O含有量=0. 62質量%)
- ・ ハイドロケーキ (S r含有量=0. 474質量%、M g O含有量=14. 19質量%)
- ・ 銅からみ (S r含有量=0. 0165質量%、M g O含有量=0. 83質量%)
- ・ 高炉ダスト (S r含有量=0. 0064質量%、M g O含有量=0. 22質量%)

[0063] [表2]

	化学成分 (質量%)							
	ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Sr
石灰石 A	40.87	4.65	1.03	0.36	51.69	0.98	—	0.0450
石灰石 B	43.26	1.13	0.28	0.13	54.63	0.36	—	0.0183
珪石	2.44	91.56	2.79	1.02	0.95	0.30	—	0.00481
石炭灰	14.50	54.08	20.58	4.63	1.95	0.96	0.32	0.1060
高炉スラグ	0.00	33.52	15.09	0.37	42.71	5.49	—	0.0462

[0064] 表2に記載の化学成分 (ig. loss～M g O) は、J I S M 885

3: 1998「セラミックス用アルミノけい酸塩質原料の化学分析方法」、
 SO_3 含有量は、JIS R 5202: 1998「ホルトランプセメントの
 化学分析方法」に準じて行った。また、原料中のS_r含有量は、セメント協
 会標準試験方法JCS 1-52 2000「ICP発光分光分析及び電
 気加熱式原子吸光分析によるセメント中の微量成分の定量方法」に準じて測
 定した。

[0065] 「セメントクレンカーの原料」

セメントクレンカー原料として使用した各原料の原単位は、石灰石、石灰
 灰及び建設発生土を除き、珪石20～150kg/トクレンカー、粘土0
 ～100kg/トクレンカー、高炉スラグ0～100kg/トクレンカー、
 一、下水汚泥0～100kg/トクレンカー、ハイドロキシー0～100
 kg/トクレンカー及び鉄源30～80kg/トクレンカーであった。

[0066] セメント組成物中のS_r含有量に与える影響の大きいセメントクレンカー

原料である、石灰石、石灰灰及び建設発生土の原料原単位（原単位）と、上
 記各原料からセメントクレンカー1t当たりを持ち込まれるS_r含有量及び
 MgO 含有量（セメントクレンカー1tを形成するための原料の全体質量に
 対する含有割合（質量%））と、石灰石と石灰灰と建設発生土の混合原料か
 らセメントクレンカー1t当たりを持ち込まれるS_r含有量及び MgO 含有
 量（セメントクレンカー1tを形成するための原料の全体質量に対する含有
 割合（質量%））とを表3に示した。また、表3には、石灰灰に対する建設
 発生土の質量比（建設発生土（kg/トクレンカー）／石灰灰（kg/t
 ークレンカー））と、石灰灰と建設発生土の混合物中のS_r含有量及び MgO
 O 含有量（石灰灰と建設発生土の混合物の全体質量に対する含有割合（質量
 %））を記載した。S_r含有量は、セメント協会標準試験方法JCS 1
 -52 2000「ICP発光分光分析及び電気加熱式原子吸光分析による
 セメント中の微量成分の定量方法」に準じて測定した。 MgO 含有量は、J
 IS R 5202: 1998「ホルトランプセメントの化学分析方法」に準
 じて測定した。

[0067] [表3]

	①石灰石		②石灰灰		③建設発生土		3原料による Sr含有量 ①+②+③ (質量%)		石灰灰に対する 建設発生土の 使用比率 ③/②	②石灰灰と ③建設発生土の 混合物 (質量%)	
	原単位 (kg/t- クリンカー)	クリンカーへの 持込量 (質量%)	原単位 (kg/t- クリンカー)	クリンカーへの 持込量 (質量%)	原単位 (kg/t- クリンカー)	クリンカーへの 持込量 (質量%)	Sr	MgO		Sr	MgO
実施例1	1100 石灰石A	0.0495	100	0.0106	50	0.0014	0.0615	1.07	0.50	0.0797	1.23
実施例2			140	0.0148	100	0.0027	0.0671	1.19	0.71	0.0732	1.30
実施例3			150	0.0159	150	0.0041	0.0695	1.29	1.00	0.0666	1.37
実施例4			100	0.0106	20	0.0005	0.0606	1.01	0.20	0.0929	1.10
実施例5			250	0.0265	50	0.0014	0.0774	1.21	0.20	0.0929	1.10
実施例6			160	0.0170	50	0.0014	0.0678	1.12	0.31	0.0872	1.16
実施例7			190	0.0201	70	0.0019	0.0715	1.19	0.37	0.0848	1.18
比較例1	1100 石灰石B	0.0201	100	0.0106	30	0.0008	0.0315	0.55	0.30	0.0878	1.15
比較例2			120	0.0127	5	0.0001	0.0330	0.52	0.04	0.1028	0.99
比較例3			150	0.0159	100	0.0027	0.0388	0.72	0.67	0.0745	1.29
比較例4			250	0.0265	50	0.0014	0.0480	0.73	0.20	0.0929	1.10
比較例5			50	0.0053	180	0.0049	0.0303	0.76	3.60	0.0443	1.60
比較例6	1100 石灰石A	0.0495	170	0.0180	80	0.0022	0.0697	0.59	0.47	0.0808	1.22

[0068] [セメントクリンカーの製造]

上記セメントクリンカー原料を配合し、配合した原料をNSPキルンで最高温度1200～1500℃で焼成し、セメントクリンカーを製造した。NSPキルン出口付近におけるセメントクリンカーの温度は1000～1500℃であった。このセメントクリンカーを、ロータリーキルンの下流側に設けられたクリンカークーラーで、1000～1400℃から100～200℃まで、10～60℃/分の冷却速度で冷却した。

[0069] 得られたセメントクリンカーに二水石膏をセメント組成物中のSO₃含有量が2質量%となるように混合し、更に混合材として石灰石4質量%と高炉スラグ1質量%を添加し、実機ミルでブレーン比表面積が3200～3500 cm²/gになるように粉碎し、セメント組成物を得た。

[0070] [セメント組成物の化学成分]

得られたセメント組成物中のSiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、CaO、MgO及びSO₃について、全体質量に対する含有割合（質量%）を測定した。これらの含有割合は、JIS R 5202：1998「ポルトランドセメントの化学分析方法」に準じて測定した。セメント組成物のf. CaO含有量は、JCAS I-01：1997「遊離酸化カルシウムの定量方法」によって測定した。また、セメント組成物中のSr含有量を、セメント協会標準試験方法JCAS I-52 2000「ICP発光分光分析及び電気加熱式原子吸光分析によるセメント中の微量成分の定量方法」に準じて測定した結果を表4に示す。

[0071]

[表4]

	セメント組成物の化学成分(質量%)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	f. CaO	Sr		
実施例 1	21.14	5.57	2.77	64.03	1.10	1.89	1.15	0.0700		
実施例 2	19.50	5.30	2.81	63.97	2.43	2.06	0.45	0.0773		
実施例 3	20.75	5.72	2.78	64.44	1.04	1.77	0.94	0.0776		
実施例 4	20.16	5.05	2.67	63.43	2.55	2.03	0.44	0.0938		
実施例 5	21.05	5.78	2.66	64.45	1.86	1.81	0.46	0.0720		
実施例 6	19.73	5.28	2.82	63.77	2.35	2.06	0.35	0.0842		
実施例 7	20.36	4.91	2.64	63.66	2.37	2.03	0.42	0.1062		
比較例 1	20.29	5.42	2.91	64.52	1.17	1.91	0.91	0.0394		
比較例 2	20.49	5.57	3.04	64.40	0.98	1.81	0.53	0.0340		
比較例 3	20.65	5.59	2.86	63.78	1.53	1.88	1.82	0.0484		
比較例 4	20.76	5.68	2.85	64.24	1.79	1.83	1.08	0.0600		
比較例 5	20.18	5.71	2.86	64.56	2.23	1.80	0.37	0.0384		
比較例 6	20.70	5.79	2.64	64.51	1.00	1.68	0.77	0.0922		

[0072] 表4に示すように、実施例1～7は、クリンカーへのSr持込量が0.0

49.5質量%の石灰石に応じて、石灰石に対する建設発生土の質量比(建設発生土/石灰石)が0.15～1.5となるように調整して製造したセメントクリンカーを用いることによって、表4に示すようにセメント組成物中のSr含有量を0.07～0.1062質量%、且つMgO含有量を1.04～2.55質量%に調整することができた。一方、比較例1～6は、セメント組成物のSr含有量及びMgO含有量が特定の範囲内となるようにセメントクリンカー原料の原料原単位を調整することなく、セメントクリンカー原料を配合して製造したセメントクリンカーを用いたため、セメント組成物のSr含有量の範囲外であるか(比較例1～5)、セメント組成物中のMgO含有量が1.0質量%以下(比較例2、6)と、本発明のセメント組成物のMgO含有量の範囲外であった。

[0073] [セメント組成物の鉱物組成]

<セメント組成物の鉱物組成>

得られたセメント組成物の鉱物組成(C₃S量、C₂S量、C₃A量及びC₄AF量)を、ボーグ式[1]～[4]及びXRD/Rietveld解析法に基づいて測定した。結果を表6に示す。

[0074] <XRD/Rietveld解析法>

粉末X線回折測定は、粉末X線回折装置RINT-2500（リガク社製）を用い、X線源をCuK α として、管電圧：35kV、管電流：110mA、測定範囲： $2\theta = 10 \sim 60^\circ$ 、ステップ幅： 0.02° 、計数時間：2秒間、発散スリット： 1° 、及び受光スリット：0.15mmの条件で行った。得られたX線回折プロファイルを、リートベルト解析ソフト（JADE 6）にて解析し、各クリンカー鉱物の結晶情報のパラメータを得た。なお、リートベルト解析で使用した各種クリンカー鉱物の結晶構造データ及び参考文献を表5に示す。

[0075] [表5]

鉱物組成	結晶系／空間群	参考文献
エーライト	単斜晶／Cm	参考文献 1
ビーライト	単斜晶／P21n	参考文献 2
アルミネート相	立方晶／Pa	参考文献 3
	斜方晶／Pbca	参考文献 4
フェライト相	斜方晶／Ima2	参考文献 5

[0076] 参考文献1：F. Nishi and Y. Takeuchi: Tricalcium silicate $\text{Ca}_3\text{O}[\text{SiO}_4]$: The monoclinic Superstructure, Zeitschrift für Kristallographie, Vol. 172, pp. 297 - 314 (1985)

参考文献2：K. H. Jost, B. Xiemer and R. Seydel: Redetermination of the Structure of β -Dicalcium Silicate, Acta Crystallographica, Vol. B33, pp. 1696 - 1700 (1977)

参考文献3：P. Mondal and W. J. Jeffrey: The Crystal Structure of Tricalcium Aluminate, Acta Crystallographica, Vol. 36, pp. 689 - 697 (1975)

参考文献4 : Y. Takeuchi and F. Nishi : Crystal-chemical Characterization of the $3\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}$ Solid Solution Series, Zeitschrift für Kristallographie, Vol. 152, pp. 259 – 307 (1980)

参考文献5 : A. A. Colville and S. Geller : The Crystal Structure of Brownmillerite, $\text{Ca}_2\text{FeAlO}_5$, Acta Crystallographica, Vol. B27, p. 2311 (1971)

[0077] [セメント組成物の物性]

得られたセメント組成物の物性を以下のようにして測定した。測定結果を表6に示す。

<セメント組成物の粉末特性>

セメントの粉末特性（ブレン比表面積及び $45\mu\text{m}$ 残分）について、JIS R 5201 : 1997「セメントの物理試験方法」に準じて測定した。

<色調b値>

セメント組成物の色調b値は、測色色差計（日本電色社製Spectro Color Meter Se2000）を用いて測定した。

<凝結、モルタル圧縮強さ>

凝結、モルタル圧縮強さは、得られたセメント組成物を用いて、JIS R 5201 : 1997「セメントの物理試験方法」に準じて測定した。

<コンクリート試験>

コンクリート試験は、目標スランプ 18cm 、 W/C が 55% 、 s/a が 47% 、混和剤量が 0.25% とし、目標スランプとなるように単位水量を調整した。結果を表7に示す。なお、 W/C 、 s/a の意味と、使用した細骨材、粗骨材、混和剤を下記に示す。

W/C : 水セメント比 (質量比)

s/a : 細骨材率 (= 細骨材 ÷ 全骨材 (細骨材 + 粗骨材)) (体積比)

細骨材 : 混合砂 (海砂/博多産 50% + 砕砂/住友石炭鉱業 50%)

粗骨材 : 山口県宮野産 2015/50% + 1505/50%。

混和剤 : AE減水剤 ポゾリス N o. 70 (ポゾリス社製)

水 : 上水道水

コンクリートの練り混ぜに用いたミキサ、練混ぜ量及び手順は以下のとおりである。

ミキサ : 強制二軸型ミキサ (公称容積 55 L)

練混ぜ量 : 30 L/バッチ

練混ぜ時間及び手順

- 1) 細骨材及びセメントをミキサに投入後、10秒間空練り。
- 2) 水 (混和剤含) を加えて60秒間練混ぜ。
- 3) 粗骨材を加え60秒間練混ぜ後、5分静置後15秒間練混ぜ排出。
- 4) 供試体は、JIS A 1132に準拠して作製した。

コンクリート性能の評価項目及び試験方法は、次のとおりである。スランプは、JIS A 1101、圧縮強度は材齢28日でJIS A 1108に準じて測定した。

[0078]

[表6]

	鉱物組成(質量%)							
	ボーグ式				XRD/Rietveld解析法			
	B-C ₃ S	B-C ₂ S	B-C ₃ A	B-C ₄ AF	R-C ₃ S	R-C ₂ S	R-C ₃ A	R-C ₄ AF
実施例 1	53.2	20.6	9.1	8.4	60.0	19.3	10.1	8.3
実施例 2	66.7	5.7	9.3	8.5	75.8	4.2	4.1	15.9
実施例 3	57.1	16.5	9.5	8.5	58.6	19.4	10.9	8.8
実施例 4	61.4	11.6	8.9	8.1	67.3	15.4	3.5	13.8
実施例 5	54.5	19.3	9.3	8.1	57.5	19.9	6.6	8.6
実施例 6	64.2	8.2	9.2	8.6	69.0	9.4	5.1	16.5
実施例 7	61.8	11.8	8.5	8.0	—	—	—	—
比較例 1	62.4	11.2	9.4	8.8	60.0	16.2	11.3	12.5
比較例 2	59.4	14.0	9.6	9.2	60.7	15.2	13.0	11.1
比較例 3	55.6	17.3	10.0	8.7	56.0	20.9	10.2	12.9
比較例 4	56.2	17.2	9.4	8.7	57.2	19.5	8.3	9.9
比較例 5	61.8	11.3	9.5	8.7	59.7	16.8	6.8	9.3
比較例 6	57.8	15.9	10.9	8.0	57.9	18.6	15.2	8.3

[0079]

[表7]

	粉末特性		色調 b 値 (－)	モルタル				コンクリート		
	ブレーン 比表面積 (cm ² /g)	45 μm 残分 (質量%)		凝結		圧縮強さ 材齢28日 (N/mm ²)	スランプ (cm)	単位 水量 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	
			水量 (%)	始発 (分)	終結 (分)					
実施例 1	3200	12.2	7.90	27.2	124	184	60.5	18.0	178	—
実施例 2	3260	6.2	6.16	—	—	—	62.4		175	—
実施例 3	3300	8.6	8.28	—	—	—	62.8		—	—
実施例 4	3360	5.8	6.66	—	—	—	61.2		—	—
実施例 5	3400	8.7	7.80	27.2	116	176	64.2		177	44.0
実施例 6	3400	6.4	6.13	27.4	164	229	60.6		—	—
実施例 7	3380	5.7	6.06	27.6	140	201	59.2		—	—
比較例 1	3320	8.3	6.77	28.2	112	179	63.5		180	—
比較例 2	3310	9.0	7.53	—	—	—	61.9		—	—
比較例 3	3320	10.2	6.37	—	—	—	59.9		181	—
比較例 4	3470	8.5	7.43	—	—	—	60.5		185	42.7
比較例 5	3400	7.2	7.17	28.2	130	190	64.4		—	—
比較例 6	3270	9.3	7.87	28.6	139	199	62.4		—	—

[0080] 表7に示すように、実施例1、5～7の凝結水量は比較例1、5～6に比べ少なく、またコンクリートも同様に実施例1、2、5の単位水量は比較例1、3、4に比べ減少していることから、セメント組成物中のS r含有量を0.065～1.0質量%、且つMg O含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下となるようにすることにより、モルタル及びコンクリートの流動性は向上する。

[0081] 表7に示すように、実施例1～6のセメント組成物を用いたモルタルは、

材齢 28 日の圧縮強さが 60 N/mm^2 以上であり、強度発現性が維持されていることが確認できた。なお、比較例 3 のように、セメント組成物の $f.c.a$ 含有量が 1.5 質量%を超えると、材齢 28 日の圧縮強さが 60 N/mm^2 未満となり、強度発現性が低下した。

[0082] 表 3～7 に示すように、有効利用が望まれている廃棄物である石炭灰や建設発生土を使用することによって、これらの原料よりセメントクリンカーに持ち込まれる Al 量が増加した場合であっても、セメント組成物の Sr 含有量、 MgO 含有量が一定の範囲となるように、セメントクリンカー原料の原料原単位を調整することによって、得られるセメント組成物を使用したモルタル及びコンクリートの流動性を向上させることができる。更に、 $f.c.a$ 含有量を 1.5 質量%以下とすることによって、強度発現性を維持することができる。

[0083] 実施例 1～7 のセメント組成物 (Sr 含有量が 0.07～0.1062 質量%、且つ MgO 含有量が 1.04～2.55 質量%) 及び比較例 1～6 のセメント組成物 (Sr 含有量が 0.034～0.06 質量%であるか、 MgO 含有量が 1.0 質量%以下) の Sr 含有量と MgO 含有量と、凝結水量又は単位水量の関係を図 1 に示す。

[0084] 図 1 (及び表 4、6、7 参照) に示すように、実施例 1、2、5～7 のように Sr 含有量が 0.07～0.1062 質量%、且つ MgO 含有量が 1.04～2.55 質量%であると、凝結水量 (セメントペーストの標準軟度水量) は 28.0% 未満 (図 1 中、○凝結水量 < 28.0%) であり、コンクリートの単位水量が 180 kg/m^3 未満 (図 1 中、△単位水量 < 180 kg/m^3) と、凝結水量及び/又はコンクリートの単位水量を低減することができた。実施例 1 のセメント組成物のように、 $R-C_3A$ 量が 10.1 と、比較的多い場合であっても、 Sr 含有量 0.065～1.0 質量%、且つ MgO 含有量が 1.0 質量%を超え 3.0 質量%以下であると、凝結水量が 28.0% 未満、コンクリートの単位水量が 180 kg/m^3 未満に低減することができた。

[0085] 一方、図1（及び表4、6、7参照）に示す比較例1、3～6のセメント組成物のように、セメント組成物中のS r含有量が0.065～1.0質量%、あるいはMg O含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下のどちらか一方の数値を満たしていないと、凝結水量が28.0%以上（図1中、●凝結水量 $\geq$ 28.0%）、コンクリートの単位水量が180kg/m³以上（図1中、▲単位水量 $\geq$ 180kg/m³）と増加した。例えば比較例1、3～5のセメント組成物のように、Mg Oの含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下の数値を満たしていても、S r含有量が0.065～1.0質量%の数値を満たしていないと、凝結水量は28.0%以上又は単位水量が180kg/m³以上と増加し、比較例6のセメント組成物のように、S r含有量が0.065～1.0質量%の数値を満たしていても、Mg O含有量が1.0質量%を超え3.0質量%の数値を満たしていないと、凝結水量は28.0%以上と増加した。

[0086]（実施例8、比較例7）

また、廃貝殻を使用してS r含有量を特定範囲にした実施例を以下に記す。

実施例8として、貝殻としてカキ殻を、表2に示す石灰石Bの一部代替として使用した。貝殻はCa O含有量が48質量%、S r含有量が0.13質量%、Mg O含有量が0.53質量%であった。石灰石Bのうち10質量%を貝殻で置き換えた。その他の原料は、比較例1～5と同様のものを使用した。表8に、カルシウム源原料（石灰石、貝殻）、石炭灰及び建設発生土の原単位と、上記各原料からセメントクリンカー1tあたりに持ち込まれるS r含有量（質量%）と、石灰石と石炭灰と建設発生土の混合原料からセメントクリンカー1tあたりに持ち込まれるS r含有量（質量%）と、石炭灰に対する建設発生土の質量比と、石炭灰と建設発生土の混合物中のS r含有量（質量%）を記載した。更に、実施例及び比較例1～5と同様の方法で、セメント組成物を得てセメント組成物のS r含有量を測定した。結果を表8に示す。S r含有量は、セメント協会標準試験方法J C A S I - 5 2 2 0 0

○「ＩＣＰ発光分光分析及び電気加熱式原子吸光分析によるセメント中の微量成分の定量方法」に準じて測定した。

[0087]

[表8]

	①石灰石		②石炭灰		③建設発生土		3原料による含有量 ①+②+③ (質量%)		石炭灰に対する 建設発生土の 使用比率 ③/②	②石炭灰と ③建設発生土の 混合物の含有量 (質量%)		セメント組成 物中の含有 量 (質量%)	
	原単位 (kg/t- クリンカー)	クリンカーへの 持込量 (質量%)	原単位 (kg/t- クリンカー)	クリンカーへの 持込量 (質量%)	原単位 (kg/t- クリンカー)	クリンカーへの 持込量 (質量%)	Sr	MgO		Sr	MgO	Sr	MgO
実施例8	1100 石灰石B+ 頁岩=90 %+10% 混合 (Sr量0.018 3質量%)	0.0324	0.17				0.0603	0.50	0.20	0.0929	1.10	0.0720	1.56
比較例7	1100 石灰石B (Sr量0.018 3質量%)	0.0201	0.40				0.0480	0.73				0.0600	1.79

[0088] 表 8 に示すように、クリンカーへの S r 持込量が 0.0201 質量%と少ない石灰石を用いる場合であっても、石灰石の一部代替として貝殻を使用することによって、セメントクリンカーへの S r 持込量を 0.03 質量%以上とすることができ、セメント組成物中の S r 含有量が 0.07 質量%以上とすることができた。表 8 に示すように、石灰石に応じて、石炭灰に対する建設発生土の質量比が 0.13 ~ 1.6 となるように、セメントクリンカー原料の原料原単位を調整してセメントクリンカーを製造することによって、得られるセメント組成物の S r 含有量を 0.072 質量%にすることができた。

請求の範囲

- [請求項1] S_r 含有量が0.065～1.0質量%、且つ M_gO 含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下であることを特徴とするセメント組成物。
- [請求項2] $f.CaO$ 含有量が1.5質量%以下である、請求項1記載のセメント組成物。
- [請求項3] SO_3 含有量が1.6～2.6質量%である、請求項1又は2記載のセメント組成物。
- [請求項4] C_3S 含有量が50～70質量%、 C_2S 含有量が5～25質量%、 C_3A 含有量が6～15質量%及び C_4AF 含有量が7～15質量%である、請求項1～3のいずれか1項記載のセメント組成物。
- [請求項5] セメント組成物の S_r 含有量が0.065～1.0質量%、且つ M_gO 含有量が1.0質量%を超え3.0質量%以下となるように、石灰石、珪石、石炭灰、粘土、高炉スラグ、建設発生土、下水汚泥、ハイドロケーキ及び鉄源からなる群より選ばれる原料の原料原単位を調整し、調整した原料を配合し、焼成してセメントクリンカーを製造する工程（A）と、セメントクリンカーと、石膏と、混合材として石灰石及び高炉スラグを混合して粉碎する工程（B）を含むことを特徴とするセメント組成物の製造方法。
- [請求項6] 貝殻を石灰石の一部代替として使用する、請求項5記載のセメント組成物の製造方法。
- [請求項7] 工程（A）におけるセメントクリンカー原料として、セメントクリンカー1トンあたり石灰石700～1400kg、珪石20～150kg、石炭灰0～300kg、粘土0～100kg、高炉スラグ0～100kg、建設発生土10～150kg、下水汚泥0～100kg、ハイドロケーキ0～100kg及び鉄源30～80kgを配合する、請求項5又は6記載のセメント組成物の製造方法。
- [請求項8] 工程（A）において、石炭灰に対する建設発生土の質量比が0.1

3～1.6となるように建設発生土と石炭灰とを配合する、請求項5～7のいずれか1項記載のセメント組成物の製造方法。

[請求項9] 工程（A）における建設発生土中のS_r含有量が0.01～1.0質量%であり、且つ石炭灰中のS_r含有量が0.02～0.4質量%である、請求項5～8のいずれか1項記載のセメント組成物の製造方法。