

明 細 書

発明の名称：

セメント組成物及びそれを用いたセメント質硬化体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、セメント組成物、及び、該セメント組成物を用いたセメント質硬化体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、硬化前には良好な流動性を有し、かつ硬化後には高い圧縮強度を発現することのできるセメント組成物が種々提案されている。

例えば、特許文献1には、(A)セメント、(B)BET比表面積が $5 \sim 25 \text{ m}^2/\text{g}$ の微粉末、(C)ブレン比表面積が $3,500 \sim 10,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の無機粉末、(D)細骨材、(E)減水剤、及び、(F)水、を含むセメント組成物であって、前記(D)細骨材が、 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 及び $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ を含有し、 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 100質量部に対して、 $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ と $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ との合計量が $10 \sim 100$ 質量部である焼成物を含むことを特徴とするセメント組成物が記載されている。

該セメント組成物は、上記細骨材に含まれる焼成物を絶乾状態で用いた場合、硬化前には施工可能な流動性を有し、硬化後には、 250 N/mm^2 を超えるような高い圧縮強度を発現し、上記細骨材に含まれる焼成物を表乾状態で用いた場合、硬化前には良好な流動性を有し、硬化後には、 200 N/mm^2 以上の高い圧縮強度を発現し、かつ、自己収縮率が小さいものである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-227574号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 には、フロー値を「0 打ち」で測定した実施例として、水と結合材の質量比（水／結合材の質量比）が 0.135 であり、0 打ちフロー値が 240～242 mm であり、圧縮強度が 280 N/mm² であるセメント組成物、および、水と結合材の質量比が 0.135 であり、0 打ちフロー値が 270～275 mm であり、圧縮強度が 215 N/mm² であるセメント組成物が記載されている。

本発明は、硬化前には高い流動性（例えば、0 打ちフロー値が 200 mm 以上）を有し、かつ硬化後には高い圧縮強度（例えば、320 N/mm² 以上）を発現するセメント組成物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

[0005] 本発明者は、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、セメント、BET 比表面積が 10～25 m²/g のシリカフューム、50% 累積粒径が 0.8～5 μm の無機粉末、最大粒径が 1.2 mm 以下の細骨材、減水剤、消泡剤及び水を含むセメント組成物であって、上述のセメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量 100 体積%中、セメント、シリカフューム及び無機粉末の各割合が特定の数値範囲内であるセメント組成物によれば、上記目的を達成できることを見出し、本発明を完成した。

[0006] すなわち、本発明は、以下の [1]～[10] を提供するものである。

[1] セメント、BET 比表面積が 10～25 m²/g のシリカフューム、50% 累積粒径が 0.8～5 μm の無機粉末、最大粒径が 1.2 mm 以下の細骨材、減水剤、消泡剤及び水を含むセメント組成物であって、上記セメント、上記シリカフューム及び上記無機粉末の合計量 100 体積%中、上記セメントの割合が 55～65 体積%、上記シリカフュームの割合が 5～25 体積%、上記無機粉末の割合が 15～35 体積%であることを特徴とするセメント組成物。

[2] 上記セメントが、研磨処理していないセメントであり、上記シリカフュームの BET 比表面積が 15～25 m²/g である、前記 [1] に記載のセメント組成物。

[3] 上記セメントは、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントを構成する粒子を研磨処理してなる、角張った表面部分を丸みを帯びた形状に変形させてなる粒径 $20\ \mu\text{m}$ 以上の粗粒子、及び、上記研磨処理によって生じる粒径 $20\ \mu\text{m}$ 未満の微粒子を含み、50%重量累積粒径が $10\sim18\ \mu\text{m}$ で、かつブレーン比表面積が $2,100\sim2,900\ \text{cm}^2/\text{g}$ のものである、前記[1]に記載のセメント組成物。

[4] 金属繊維、有機繊維及び炭素繊維からなる群より選ばれる一種以上の繊維を含み、かつ上記セメント組成物中の上記繊維の割合が、3体積%以下である、前記[1]～[3]のいずれかに記載のセメント組成物。

[5] 硬化後の圧縮強度が $320\ \text{N}/\text{mm}^2$ 以上である、前記[1]～[4]のいずれかに記載のセメント組成物。

[0007] [6] 前記[1]～[5]のいずれかに記載のセメント組成物からなるセメント質硬化体を製造するための方法であって、上記セメント組成物を型枠内に打設して、未硬化の成形体を得る成形工程と、上記未硬化の成形体を、 $10\sim40^\circ\text{C}$ で24時間以上、封緘養生または気中養生した後、上記型枠から脱型し、硬化した成形体を得る常温養生工程と、上記硬化した成形体を、 $70\sim95^\circ\text{C}$ で24時間以上、蒸気養生または温水養生し、加熱養生後の硬化体を得る加熱養生工程と、上記加熱養生後の硬化体を、 $150\sim200^\circ\text{C}$ で24時間以上、加熱して、上記セメント質硬化体を得る高温加熱工程、を含むことを特徴とするセメント質硬化体の製造方法。

[7] 上記常温養生工程と上記加熱養生工程の間に、上記硬化した成形体に吸水させる吸水工程を含む、前記[6]に記載のセメント質硬化体の製造方法。

[8] 上記吸水工程において、上記硬化した成形体を、減圧下の水の中に浸漬させる、前記[7]に記載のセメント質硬化体の製造方法。

[9] 上記吸水工程において、上記硬化した成形体を、沸騰している水の中に浸漬させた後、上記硬化した成形体を浸漬させたまま、水温を 40°C 以下に冷却する、前記[7]に記載のセメント質硬化体の製造方法。

[10] 上記常温養生工程において、上記硬化した成形体が $20 \sim 100$ N/mm²の圧縮強度を発現した時に、上記硬化した成形体を上記型枠から脱型する、前記[6]～[9]のいずれかに記載のセメント質硬化体の製造方法。

[0008] また、本発明は、以下の[11]～[19]を提供するものである。

[11] 中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの研磨処理物、及び、BET比表面積が $10 \sim 25$ m²/gのシリカフュームを含むことを特徴とするセメント組成物。

[12] 50%重量累積粒径が $0.8 \sim 5$ μmの無機粉末を含む前記[11]に記載のセメント組成物。

[13] 上記中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの研磨処理物が、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントを構成する粒子を研磨処理してなる、角張った表面部分を丸みを帯びた形状に変形させてなる粒径 20 μm以上の粗粒子、及び、上記研磨処理によって生じる粒径 20 μm未満の微粒子を含む前記[11]又は[12]に記載のセメント組成物。

[14] 上記中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの研磨処理物は、50%重量累積粒径が $10 \sim 18$ μmで、かつブレーン比表面積が $2,100 \sim 2,900$ cm²/gのものである前記[11]～[13]のいずれかに記載のセメント組成物。

[15] 上記セメント組成物が、金属繊維、有機繊維及び炭素繊維からなる群より選ばれる一種以上の繊維を含み、かつ上記セメント組成物中の上記繊維の割合が、3体積%以下である前記[11]～[14]のいずれかに記載のセメント組成物。

[16] 細骨材、減水剤、及び、水を含む前記[11]～[15]のいずれかに記載のセメント組成物。

[17] 硬化後の圧縮強度が、 250 N/mm²以上である前記[16]に記載のセメント組成物。

[18] 硬化前のフロー値が、「JIS R 5201（セメントの物理試験方法）11. フロー試験」に記載される方法において15回の落下運動を行わないで測定した値として、250mm以上である前記[16]又は[17]に記載のセメント組成物。

[19] 前記[11]～[18]のいずれかに記載のセメント組成物を製造するための方法であって、高速気流攪拌装置内で、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントを研磨処理して、上記中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの研磨処理物を得る工程を含むことを特徴とするセメント組成物の製造方法。

発明の効果

[0009] 本発明のセメント組成物によれば、硬化前には高い流動性（例えば、0打ちフロー値が200mm以上）を有し、かつ硬化後には高い圧縮強度（例えば、330N/mm²以上）を発現することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]ローターの回転軸に対して垂直な方向に切断した断面を部分的に含む、高速気流攪拌装置の一例の正面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明のセメント組成物は、セメント、BET比表面積が10～25m²/gのシリカフューム（以下、「シリカフューム」と略すことがある。）、50%累積粒径が0.8～5μmの無機粉末（以下、「無機粉末」と略すことがある。）、最大粒径が1.2mm以下の細骨材（以下、「細骨材」と略すことがある。）、減水剤、消泡剤及び水を含むセメント組成物であって、セメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量100体積%中、セメントの割合が55～65体積%、シリカフュームの割合が5～25体積%、無機粉末の割合が15～35体積%のものである。

[0012] セメントの種類は、特に限定されるものではなく、例えば、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、耐硫酸塩ポルトランドセメント、低熱ポルト

ランドセメント等の各種ポルトランドセメントを使用することができる。

中でも、セメント組成物の流動性を向上させる観点から、中庸熱ポルトランドセメントまたは低熱ポルトランドセメントを使用することが好ましい。

[0013] 本発明においては、セメントとして、セメントの研磨処理物を用いることもできる。

以下、研磨処理していないセメントを用いた場合と、セメントの研磨処理物を用いた場合の各々について、説明する。

[0014] [A. 研磨処理していないセメントを用いた場合]

研磨処理していないセメントを用いた場合、セメント以外の材料等の好ましい実施形態は、以下のとおりである。

シリカフュームのBET比表面積は、 $10 \sim 25 \text{ m}^2/\text{g}$ 、好ましくは $15 \sim 25 \text{ m}^2/\text{g}$ 、より好ましくは $17 \sim 23 \text{ m}^2/\text{g}$ 、特に好ましくは $18 \sim 22 \text{ m}^2/\text{g}$ である。該比表面積が $15 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上であると、セメント組成物の強度発現性の観点から好ましい。該比表面積が $25 \text{ m}^2/\text{g}$ を超える場合、硬化前のセメント組成物の流動性が低下する。

[0015] 50%累積粒径が $0.8 \sim 5 \mu\text{m}$ の無機粉末としては、例えば、石英粉末（珪石粉末）、火山灰、及びフライアッシュ（分級または粉砕したもの）等が挙げられる。

これらは1種を単独で用いてもよく、2種以上を組み合わせ用いてもよい。

中でも、セメント組成物の流動性および強度発現性を向上させる観点から、石英粉末またはフライアッシュを使用することが好ましい。

なお、本明細書中、50%累積粒径が $0.8 \sim 5 \mu\text{m}$ の無機粉末には、セメントは含まれないものとする。

[0016] 無機粉末の50%累積粒径は、 $0.8 \sim 5 \mu\text{m}$ 、好ましくは $1 \sim 4 \mu\text{m}$ 、より好ましくは $1.1 \sim 3.5 \mu\text{m}$ 、特に好ましくは $1.2 \mu\text{m}$ 以上、 $3 \mu\text{m}$ 未満である。該粒径が $0.8 \mu\text{m}$ 未満の場合、セメント組成物の流動性が低下する。該粒径が $5 \mu\text{m}$ を超える場合、セメント組成物の強度発現性が低

下する。

なお、本明細書中、無機粉末の50%累積粒径は、体積基準である。

無機粉末の50%累積粒径は、市販の粒度分布測定装置（例えば、日機装社製、製品名「マイクロトラックHRA モデル9320-X100」）を用いて求めることができる。

具体的には、粒度分布測定装置を用いて、累積粒度曲線を作成し、該累積粒度曲線から50%累積粒径を求めることができる。この際、試料を分散させる溶媒であるエタノール20cm³に対して、試料0.06gを添加し、90秒間、超音波分散装置（例えば、日本精機製作所社製、製品名「US300」）を用いて超音波分散したものを測定する。

[0017] 無機粉末の最大粒径は、セメント組成物の強度発現性を向上させる観点から、好ましくは15μm以下、より好ましくは14μm以下、特に好ましくは13μm以下である。

無機粉末の95%累積粒径は、セメント組成物の強度発現性を向上させる観点から、好ましくは8μm以下、より好ましくは7μm以下、特に好ましくは6μm以下である。

無機粉末としては、SiO₂を主成分とするものが好ましい。無機粉末中のSiO₂の含有率が、好ましくは50質量%以上、より好ましくは60質量%以上、特に好ましくは70質量%以上であれば、セメント組成物の強度発現性をより向上させることができる。

[0018] 本発明のセメント組成物において、セメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量100体積%中、セメントの割合は、55～65体積%（好ましくは57～63体積%）、シリカフュームの割合は、5～25体積%（好ましくは7～23体積%）、無機粉末の割合は、15～35体積%（好ましくは17～33体積%）である。

セメントの割合が55体積%未満の場合、セメント組成物の強度発現性が低下する。セメントの割合が65体積%を超える場合、セメント組成物の流動性が低下する。

シリカフュームの割合が5体積%未満の場合、セメント組成物の強度発現性が低下する。シリカフュームの割合が25体積%を超える場合、セメント組成物の流動性が低下する。

無機粉末の割合が15体積%未満の場合、セメント組成物の強度発現性が低下する。無機粉末の割合が35体積%を超える場合、セメント組成物の流動性が低下する。

本明細書中、セメント、シリカフューム及び無機粉末の各々の体積割合は、質量及び真比重から算出される配合設計上の値である。

例えば、セメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量100体積%中、セメントの体積割合(%)は、次の式によって算出される。

$$[\text{セメントの体積割合}] (\%) = \{ [\text{セメントの質量}] \div [\text{セメントの真比重}] \} \times 100 \div \{ [\text{セメントの質量}] \div [\text{セメントの真比重}] + [\text{シリカフュームの質量}] \div [\text{シリカフュームの真比重}] + [\text{無機粉末の質量}] \div [\text{無機粉末の真比重}] \}$$

[0019] 細骨材としては、川砂、山砂、陸砂、海砂、砕砂、珪砂またはこれらの混合物等が挙げられる。

細骨材の最大粒径は、1.2mm以下、好ましくは1.0mm以下である。該最大粒径が1.2mm以下であれば、セメント組成物の強度発現性を向上させることができる。

細骨材の粒度分布は、セメント組成物の流動性および強度発現性を向上させる観点から、0.6mm以下の粒径の細骨材の割合が、95質量%以上、0.3mm以下の粒径の細骨材の割合が、40～50質量%、及び、0.15mm以下の粒径の細骨材の割合が、6質量%以下であることが好ましい。

セメント組成物中の細骨材の割合は、好ましくは30～40体積%、より好ましくは32～38体積%である。該割合が30体積%以上であれば、セメント組成物の流動性を向上させることができると共に、セメント組成物の発熱量が小さくなり、かつ、セメント質硬化体の収縮量が小さくなる。該割合が40体積%以下であれば、セメント組成物の強度発現性を向上させるこ

とができる。

[0020] 減水剤としては、ナフタレンスルホン酸系、メラミン系、ポリカルボン酸系等の、減水剤、A E減水剤、高性能減水剤又は高性能A E減水剤を使用することができる。中でも、セメント組成物の流動性及び強度発現性を向上させる観点から、高性能減水剤が好ましく、ポリカルボン酸系の高性能減水剤が、より好ましい。

減水剤の配合量は、セメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量100質量部に対して、固形分換算で、好ましくは0.2～1.5質量部であり、より好ましくは0.4～1.2質量部である。該量が0.2質量部以上であれば、減水性能が向上し、セメント組成物の流動性が向上する。該量が1.5質量部以下であれば、セメント組成物の強度発現性が向上する。

[0021] 消泡剤としては、市販品を使用することができる。

消泡剤の配合量は、セメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量100質量部に対して、好ましくは0.001～0.1質量部、より好ましくは0.01～0.07質量部、特に好ましくは0.01～0.05質量部である。該量が0.001質量部以上であれば、セメント組成物の強度発現性が向上する。該量が0.1質量部を超えると、セメント組成物の強度発現性の向上効果が頭打ちとなる。

[0022] 本発明のセメント組成物は、セメント組成物を硬化してなる硬化体（セメント質硬化体）の曲げ強度や破壊エネルギー等を向上させる観点から、金属繊維、有機繊維及び炭素繊維からなる群より選ばれる一種以上の繊維を含んでもよい。セメント組成物中の繊維の割合は、好ましくは3体積%以下、より好ましくは0.3～2.5体積%、特に好ましくは0.5～2.0体積%である。該割合が3体積%以下であれば、セメント組成物の流動性や作業性を低下させることなく、硬化体の曲げ強度や破壊エネルギー等を向上させることができる。

[0023] 金属繊維としては、鋼繊維、ステンレス繊維、アモルファス繊維等が挙げられる。中でも、鋼繊維は、強度に優れており、また、コストや入手のし易

さの観点から好適である。

金属繊維の寸法は、セメント組成物中における金属繊維の材料分離の防止や、硬化体の曲げ強度の向上の観点から、直径が0.01～1.0mm、長さが2～30mmであることが好ましく、直径が0.05～0.5mm、長さが5～25mmであることがより好ましい。また、金属繊維のアスペクト比（繊維長／繊維直径）は、好ましくは20～200、より好ましくは40～150である。

さらに、金属繊維の形状は、直線状よりも、何らかの物理的付着力を付与する形状（例えば、螺旋状や波形）であることが好ましい。螺旋状等の形状であれば、金属繊維とマトリックスとが、引き抜けながら応力を担保するため、硬化体の曲げ強度が向上する。

[0024] 有機繊維としては、後述する本発明のセメント質硬化体の製造方法における加熱に耐えうるものであればよく、例えば、アラミド繊維、ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール繊維、ポリエチレン繊維、ポリアリート繊維等が挙げられる。

炭素繊維としては、PAN系炭素繊維やピッチ系炭素繊維が挙げられる。

有機繊維及び炭素繊維の寸法は、セメント組成物中におけるこれらの繊維の材料分離の防止や、硬化体の破壊エネルギーの向上の観点から、直径が0.005～1.0mm、長さが2～30mmであることが好ましく、直径が0.01～0.5mm、長さが5～25mmであることがより好ましい。また、有機繊維及び炭素繊維のアスペクト比（繊維長／繊維直径）は、好ましくは20～200、より好ましくは30～150である。

[0025] 水としては、水道水等を使用することができる。

水の配合量は、セメント、シリカフューム及び無機粉末の合計量100質量部に対して、好ましくは10～20質量部、より好ましくは12～18質量部、特に好ましくは14～16質量部である。該量が10質量部以上であれば、セメント組成物の流動性が向上する。該量が20質量部以下であれば、セメント組成物の強度発現性が向上する。

[0026] 本発明のセメント組成物の硬化前のフロー値は、「JIS R 5201 (セメントの物理試験方法) 11. フロー試験」に記載される方法において15回の落下運動を行わないで測定した値(以下、「0打ちフロー値」ともいう。)として、好ましくは200mm以上、より好ましくは220mm以上である。

また、本発明のセメント組成物を硬化してなるセメント質硬化体の圧縮強度は、好ましくは320N/mm²以上、より好ましくは330N/mm²以上、さらに好ましくは350N/mm²以上、特に好ましくは400N/mm²以上である。

[0027] [B. セメントの研磨処理物を用いた場合]

セメントの研磨処理物を用いた場合における、セメントの研磨処理物や、セメントの研磨処理物以外の材料等の詳細は、以下のとおりである。

本発明で用いるセメントの研磨処理物の好ましい一例は、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントを構成する粒子を研磨処理してなる、角張った表面部分を丸みを帯びた形状に変形させてなる粒径20μm以上の粗粒子、及び、上記研磨処理によって生じる粒径20μm未満の微粒子を含むものである。

[0028] 上記粗粒子の粒径の上限は、特に限定されるものではないが、研磨処理される、本発明で用いるセメントの一般的な粒径を考慮すると、通常200μm以下であり、硬化後にセメント組成物の高い圧縮強度を発現する観点から、好ましくは100μm以下である。

上記微粒子の粒径の下限は、特に限定されるものではないが、硬化前のセメント組成物の流動性の向上及び製造の容易性の観点から、好ましくは0.1μm以上、より好ましくは0.5μm以上である。

本発明では、上述の粗粒子及び微粒子からなる研磨処理物を用いることによって、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。

[0029] 上記研磨処理は、本発明で用いるセメントを構成する粒子を研磨することが可能な公知の研磨処理装置を用いればよい。研磨処理装置としては、市販

の高速気流攪拌装置（例えば、奈良機械製作所社製、商品名「ハイブリタイザーNHS-3型」）等が挙げられる。

以下、高速気流攪拌装置について、図1を参照しながら詳しく説明する。

原料である、本発明で用いるセメントは、高速気流攪拌装置1の上部の投入口5から、開閉弁9を開いた状態で投入される。投入後、開閉弁9を閉じる。

投入されたセメントは、循環回路4の途中に設けられた開口部から循環回路4内に入り、その後、循環回路4の出口4bから、被処理物を収容する空間である衝突室8内に入る。

[0030] 原料（セメント）を投入後、固定体であるステーター7の内部に配設されているローター（回転体）2を高速回転させることで、ローター2及びローター2に固着されたブレード3によって高速気流が発生し、衝突室8内のセメントが攪拌される。攪拌中、セメントを構成する粒子は、衝突室8内に設けられた、循環回路4の入口4aから、循環回路4内に入り、衝突室8の中央部分に設けられた、循環回路4の出口4bから、再び衝突室8内に投入されることで循環する。

なお、図1中、点線で示す矢印は、粒子（セメントを構成する粒子、並びに、研磨処理によって生じた粗粒子および微粒子を含む。）の流れを示す。

[0031] 攪拌によって、セメントを構成する粒子が衝突室8の内壁面、ローター2及びブレード3と衝突すること、並びに、セメントを構成する粒子同士が衝突することにより、セメントを構成する粒子が研磨されて、該粒子表面の角張った部分が丸みを帯びた形状に変化した粗粒子（粒径が $20\mu\text{m}$ 以上である粒子）、及び、微粒子（粒径が $20\mu\text{m}$ 未満である粒子）が生じる。

[0032] ローター2の回転速度は、好ましくは3,000～4,200rpm、より好ましくは3,500～4,000rpmである。該回転速度が3,000rpm以上であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。該回転速度が4,200rpmを超える場合、硬化前のセメント組成物の流動性の向上効果が頭打ちとなる。また、高速気流攪拌装置の性能上、回転速度を

4, 200 rpm以上にすることは困難である。

研磨処理の時間は、好ましくは10～60分間、より好ましくは20～50分間、さらに好ましくは20～40分間、特に好ましくは20～30分間である。該時間が10分間以上であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。該時間が60分間を超える場合、硬化前のセメント組成物の流動性の向上効果が頭打ちとなる。

得られた研磨処理物（粗粒子と微粒子の混合物）は、排出弁10を開くことによって、排出口6から排出される。

[0033] 本発明で用いるセメントの研磨処理物は、50%重量累積粒径が、好ましくは10～18 μm 、より好ましくは12～16 μm で、かつブレーン比表面積が、好ましくは2,100～2,900 cm^2/g 、より好ましくは2,200～2,700 cm^2/g のものである。

上記50%重量累積粒径が10 μm 以上であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。上記50%重量累積粒径が18 μm 以下であれば、硬化後にセメント組成物のより高い圧縮強度を発現することができる。

上記ブレーン比表面積が2,100 cm^2/g 以上であれば、硬化後にセメント組成物のより高い圧縮強度を発現することができる。上記ブレーン比表面積が2,900 cm^2/g 以下であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。

[0034] シリカフュームのBET比表面積は、10～25 m^2/g 、好ましくは12～23 m^2/g 、より好ましくは13～22 m^2/g である。該BET比表面積が25 m^2/g を超える場合、硬化前のセメント組成物の流動性が低下する。該BET比表面積が10 m^2/g 未満であるシリカフュームは、入手が困難である。

[0035] 本発明のセメント組成物は、セメント組成物の強度発現性の観点から、50%重量累積粒径が0.8～5 μm の無機粉末を含むことができる。このような無機粉末を含むことにより、特に低熱ポルトランドセメントの研磨処理物を使用したセメント組成物の強度発現性が向上する。

上記無機粉末としては、石英粉末（珪石粉末）、火山灰、フライアッシュ（分級または粉砕したもの）等から選ばれる１種以上を使用することができる。中でも、セメント組成物の強度発現性の観点から、石英粉末又はフライアッシュを使用することが好ましい。

上記無機粉末の５０％重量累積粒径は、０．８～５μm、好ましくは１～４μm、より好ましくは１．１～３．５μm、特に好ましくは１．３～３μmである。該粒径が０．８μm以上であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。該粒径が５μm以下であれば、セメント組成物の強度発現性が向上する。

また、セメント組成物の強度発現性の観点から、上記無機粉末の最大粒径は、好ましくは１５μm以下、より好ましくは１４μm以下、特に好ましくは１３μm以下であり、上記無機粉末の９５％重量累積粒径は、好ましくは８μm以下、より好ましくは７μm以下、特に好ましくは６μm以下である。

。なお、本明細書中、上記無機粉末には、セメント（例えば、セメントをさらに微粉砕してなるもの等）は含まれないものとする。

[0036] シリカフュームと、本発明で用いるセメントの研磨処理物及びシリカフュームの合計の質量比（シリカフューム／（本発明で用いるセメントの研磨処理物＋シリカフューム）の質量比）は、上記無機粉末を含まない場合、好ましくは０．０５～０．２０、より好ましくは０．０７～０．１８、特に好ましくは０．０９～０．１６である。該比が０．０５以上であれば、硬化後にセメント組成物の高い圧縮強度を発現する。該比が０．２０以下であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。

セメント組成物が上記無機粉末を含む場合、シリカフュームと、セメント組成物を構成する粉体原料（本発明で用いるセメントの研磨処理物、シリカフューム及び上記無機粉末）の質量比（シリカフューム／セメント組成物を構成する粉体原料の質量比）は、好ましくは０．０４～０．２０、より好ましくは０．０５～０．１８、さらに好ましくは０．０６～０．１７、特に好

ましくは0.06～0.16である。該比が0.04以上であれば、硬化後にセメント組成物の高い圧縮強度を発現する。該比が0.20以下であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。

[0037] 上記無機粉末と、セメント組成物を構成する粉体原料（本発明で用いるセメントの研磨処理物、シリカフューム及び上記無機粉末）の質量比（上記無機粉末／セメント組成物を構成する粉体原料の質量比）は、好ましくは0.10～0.35、より好ましくは0.13～0.32、特に好ましくは0.16～0.30である。該比が0.10以上であれば、硬化後にセメント組成物の高い圧縮強度を発現する。該比が0.35以下であれば、硬化前のセメント組成物の流動性が向上する。

[0038] 上記無機粉末の50%重量累積粒径や95%重量累積粒径は、上述の「A、研磨処理していないセメントを用いた場合」で説明したとおり、市販の粒度分布測定装置（例えば、日機装社製、製品名「マイクロトラックHRAモデル9320-X100」）を用いて、上述の方法と同様の方法で求めることができる。

本発明のセメント組成物において、セメントの研磨処理物、上記シリカフューム及び上記無機粉末の合計量100体積%中、セメントの研磨処理物の割合は、55～65体積%（好ましくは57～63体積%）、シリカフュームの割合は、5～25体積%（好ましくは7～23体積%）、無機粉末の割合は、15～35体積%（好ましくは17～33体積%）である。

ここでの体積割合の定義、及び、体積割合の好ましい範囲の理由は、上述の「A、研磨処理していないセメントを用いた場合」における定義及び理由と同じである。

[0039] 本発明のセメント組成物に配合可能な、セメントの研磨処理物、上記シリカフューム及び上記無機粉末以外の材料としては、細骨材、粗骨材、減水剤、水、及び消泡剤（空気量調整剤）等が挙げられる。

細骨材としては、川砂、山砂、陸砂、海砂、砕砂、珪砂またはこれらの混合物等を使用することができる。

中でも、セメント組成物の流動性及び強度発現性の観点から、最大粒径が 1 mm 以下である珪砂を使用することが好ましい。

細骨材の最大粒径は、1.2 mm 以下、好ましくは 1.0 mm 以下である。該最大粒径が 1.2 mm 以下であれば、セメント組成物の強度発現性を向上させることができる。

細骨材の粒度分布は、セメント組成物の流動性および強度発現性を向上させる観点から、0.6 mm 以下の粒径の骨材の割合が、95 質量%以上、0.3 mm 以下の粒径の骨材の割合が、40～50 質量%、及び、0.15 mm 以下の粒径の骨材の割合が、6 質量%以下であることが好ましい。

細骨材と、セメント組成物を構成する粉体原料（本発明で用いるセメントの研磨処理物、シリカフューム及び上記無機粉末）の質量比（細骨材／セメント組成物を構成する粉体原料の質量比）は、好ましくは 0.2～1.0、より好ましくは 0.25～0.9、特に好ましくは 0.3～0.8 である。該比が 0.2 以上であれば、セメント組成物の発熱量が小さくなり、かつ、硬化後のセメント組成物の収縮量が小さくなる。該比が 1.0 以下であれば、硬化後にセメント組成物の高い圧縮強度を発現する。

[0040] 粗骨材としては、川砂利、山砂利、陸砂利、碎石またはこれらの混合物等を使用することができる。

粗骨材を用いる場合、細骨材率は、好ましくは 30% 以上である。細骨材率が 30% 以上であれば、セメント組成物のワーカビリティや成形のし易さが向上する。

[0041] 減水剤としては、リグニン系、ナフタレンスルホン酸系、メラミン系、ポリカルボン酸系等の、減水剤、AE 減水剤、高性能減水剤又は高性能 AE 減水剤を使用することができる。中でも、セメント組成物の流動性及び強度発現性を向上させる観点から、高性能減水剤が好ましく、ポリカルボン酸系の高性能減水剤が、より好ましい。減水剤を配合することにより、硬化前のセメント組成物の流動性や施工性、硬化後の強度発現性、緻密性等を向上させることができる。

減水剤と、セメント組成物を構成する粉体原料（本発明で用いるセメントの研磨処理物、上記シリカフューム及び上記無機粉末）の質量比（減水剤／セメント組成物を構成する粉体原料の質量比）は、固形分換算で、好ましくは0.001～0.04、より好ましくは0.002～0.03、特に好ましくは0.003～0.01である。該比が0.001以上であれば、セメント組成物の混練が容易となる。該比が0.04以下であれば、硬化遅延が起こりにくくなり、また、コストを低くすることができる。

[0042] 本発明のセメント組成物は、上述の「A. 研磨処理していないセメントを用いた場合」と同様に、金属繊維、有機繊維及び炭素繊維からなる群より選ばれる一種以上の繊維を配合してもよい。

配合可能な繊維の詳細（材質、配合量等）は、上述の「A. 研磨処理していないセメントを用いた場合」と同様である。

[0043] 水としては、水道水等を使用することができる。

本発明において、水と、セメント組成物を構成する粉体原料（本発明で用いるセメントの研磨処理物、上記シリカフューム及び上記無機粉末）の質量比（水／セメント組成物を構成する粉体原料の質量比）は、好ましくは0.08～0.18、より好ましくは0.09～0.16である。該比が0.08以上であれば、セメント組成物の混練が容易となる。該比が0.18以下であれば、硬化後にセメント組成物の高い圧縮強度を発現する。

[0044] 本発明のセメント組成物の製造方法は、高速気流攪拌装置内で、本発明で用いるセメントを研磨処理して、該セメントの研磨処理物を得る工程を含むものである。

得られた研磨処理物と、上記シリカフューム等を混合することで、本発明のセメント組成物を得ることができる。混合（混練）方法としては、特に限定されるものではない。また、混合に用いる装置も特に限定されるものではなく、オムニミキサ、パン型ミキサ、二軸練りミキサ、傾胴ミキサ等の慣用のミキサを使用することができる。

[0045] 上述した、セメントの研磨処理物、上記シリカフューム、上記無機粉末、

細骨材、減水剤、水、及び、任意で配合される繊維を混練することで得られたセメント組成物（モルタル）は、硬化前には高い流動性を有し、かつ硬化後には高い圧縮強度を発現することができる。

上記モルタルの硬化後の圧縮強度は、上記無機粉末を配合しない場合、好ましくは 250 N/mm^2 以上、より好ましくは 255 N/mm^2 以上、さらに好ましくは 260 N/mm^2 以上である。

また、上記無機粉末（50%重量累積粒径が $0.8\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ の無機粉末）を配合した場合における、上記モルタルの硬化後の圧縮強度は、 320 N/mm^2 以上、好ましくは 360 N/mm^2 以上、より好ましくは 380 N/mm^2 以上、さらに好ましくは 400 N/mm^2 以上である。

さらに、上記モルタルの硬化前のフロー値は、「JIS R 5201（セメントの物理試験方法）11．フロー試験」に記載される方法において、15回の落下運動を行わないで測定した値（フロー値（0打ち））として、好ましくは 250 mm 以上、より好ましくは 255 mm 以上、さらに好ましくは 260 mm 以上、特に好ましくは 265 mm 以上である。

[0046] なお、上記モルタルは、強度発現性等の観点から、モルタル中の空気量が2%程度であることが好ましい。このことから、消泡剤（空気量調整剤）を使用して、モルタルの空気量を調整してもよい。

[0047] [セメント質硬化体の製造方法]

次に、本発明のセメント組成物（研磨処理していないセメントを含むもの、または、セメントの研磨処理物を含むもの）を硬化してなるセメント質硬化体の製造方法について詳しく説明する。

本発明のセメント質硬化体の製造方法の一例は、セメント組成物を型枠内に打設して、未硬化の成形体を得る成形工程と、未硬化の成形体を、 $10\sim 40^\circ\text{C}$ で24時間以上、封緘養生または気中養生した後、型枠から脱型し、硬化した成形体を得る常温養生工程と、硬化した成形体を、 $70\sim 95^\circ\text{C}$ で24時間以上、蒸気養生または温水養生し、加熱養生後の硬化体を得る加熱養生工程と、加熱養生後の硬化体を、 $150\sim 200^\circ\text{C}$ で24時間以上、加

熱して、セメント質硬化体を得る高温加熱工程を含むものである。

[0048] [成形工程]

本工程は、セメント組成物を型枠内に打設して、未硬化の成形体を得る工程である。

打設を行う前に、本発明のセメント組成物を混練する方法としては、特に限定されるものではない。また、混練に用いる装置も特に限定されるものではなく、オムニミキサ、パン型ミキサ、二軸練りミキサ、傾胴ミキサ等の慣用のミキサを使用することができる。さらに、打設（成形）方法も特に限定されるものではない。

[0049] [常温養生工程]

本工程は、未硬化の成形体を、 $10\sim40^{\circ}\text{C}$ （好ましくは $15\sim30^{\circ}\text{C}$ ）で24時間以上（好ましくは24～72時間、より好ましくは24～48時間）、封緘養生または気中養生した後、型枠から脱型し、硬化した成形体を得る工程である。

養生温度が 10°C 以上であれば、養生時間を短くすることができる。養生温度が 40°C 以下であれば、セメント質硬化体の圧縮強度を向上させることができる。

養生時間が24時間以上であれば、脱型の際に、硬化した成形体に欠けや割れ等の欠陥が生じにくくなる。

また、本工程において、硬化した成形体が、好ましくは $20\sim100\text{N}/\text{mm}^2$ 、より好ましくは $30\sim80\text{N}/\text{mm}^2$ の圧縮強度を発現した時に、硬化した成形体を型枠から脱型することが好ましい。該圧縮強度が $20\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であれば、脱型の際に、硬化した成形体に欠けや割れ等の欠陥が生じにくくなる。該圧縮強度が $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以下であれば、後述する吸水工程において、少ない労力で、硬化した成形体に吸水させることができる。

[0050] [加熱養生工程]

本工程は、前工程で得られた硬化した成形体を、 $70\sim95^{\circ}\text{C}$ （好ましくは $75\sim92^{\circ}\text{C}$ ）で24時間以上（好ましくは24～96時間、より好まし

くは36～72時間)、蒸気養生または温水養生し、加熱養生後の硬化体を得る工程である。

養生温度が70℃以上であれば、養生時間を短くすることができる。養生温度が95℃以下であれば、セメント質硬化体の圧縮強度を向上させることができる。

養生時間が24時間以上であれば、セメント質硬化体の圧縮強度を向上させることができる。

[0051] [高温加熱工程]

本工程は、加熱養生後の硬化体を、150～200℃（好ましくは170～190℃）で24時間以上（好ましくは24～72時間、より好ましくは36～48時間）、加熱して、セメント質硬化体を得る工程である。

加熱温度が150℃以上であれば、養生時間を短くすることができる。加熱温度が200℃以下であれば、セメント質硬化体の圧縮強度を向上させることができる。

加熱時間が24時間以上であれば、セメント質硬化体の圧縮強度を向上させることができる。

[0052] [吸水工程]

常温養生工程と加熱養生工程の間に、常温養生工程において得られた硬化した成形体に吸水させる吸水工程を含んでもよい。

硬化した成形体に吸水させる方法としては、該成形体を水中に浸漬させる方法が挙げられる。また、該成形体を水中に浸漬させる方法において、短時間で吸水量を増やし、セメント質硬化体の圧縮強度を大きくする観点から、

(1) 該成形体を、減圧下の水の中に浸漬させる方法、(2) 該成形体を、沸騰している水の中に浸漬させた後、該成形体を浸漬させたまま、水温を40℃以下に低下させる方法、又は(3) 該成形体を、沸騰している水の中に浸漬させた後、該成形体を沸騰している水から取り出して、次いで、40℃以下の水に浸漬させる方法、が好ましい。

[0053] 上記成形体を、減圧下の水の中に浸漬させる方法としては、真空ポンプや

大型の減圧容器等の設備を利用する方法が挙げられる。

上記成形体を、沸騰している水の中に浸漬させる方法としては、高温高压容器や熱温水水槽等の設備を利用する方法が挙げられる。

硬化した成形体を、減圧下の水または沸騰している水の中に浸漬させる時間は、吸水率を高くする観点から、好ましくは3分間以上、より好ましくは8分間以上、特に好ましくは20分間以上である。該時間の上限は、セメント質硬化体の圧縮強度をより高くする観点から、好ましくは60分間、より好ましくは45分間である。

[0054] 吸水率は、 $\phi 50 \times 100$ mmの硬化した成形体100体積%に対する水の割合として、好ましくは0.2体積%以上、より好ましくは0.3～2.0体積%、特に好ましくは0.35～1.7体積%である。該吸水率が0.2体積%以上であると、セメント質硬化体の圧縮強度をより大きくすることができる。

実施例

[0055] 以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[A. 研磨処理していないセメントを用いた実験例]

[使用材料]

使用材料は、以下に示すとおりである。

(1) セメント：低熱ポルトランドセメント（太平洋セメント社製）

(2) シリカフュームA：BET比表面積 $20 \text{ m}^2/\text{g}$

(3) シリカフュームB：BET比表面積 $17 \text{ m}^2/\text{g}$

(4) 無機粉末A：珪石粉末、50%累積粒径 $2 \mu\text{m}$ 、最大粒径 $12 \mu\text{m}$ 、95%累積粒径 $5.8 \mu\text{m}$

(5) 無機粉末B：珪石粉末、50%累積粒径 $7 \mu\text{m}$ 、最大粒径 $67 \mu\text{m}$ 、95%累積粒径 $27 \mu\text{m}$

(6) 細骨材：珪砂（最大粒径 1.0 mm 、 0.6 mm 以下の粒径のもの：98質量%、 0.3 mm 以下の粒径のもの：45質量%、 0.15 mm 以下

の粒径のもの：3質量％)

(7) ポリカルボン酸系高性能減水剤：固形分量27.4質量％、フローリック社製、商品名「フローリックSF500U」

(8) 消泡剤：BASFジャパン社製、商品名「マスターエア404」

(9) 水：水道水

(10) 金属繊維：鋼繊維（直径：0.2mm、長さ：15mm）

[0056] [実施例1]

セメント、シリカフュームA及び無機粉末Aを、粉体原料（セメント、シリカフューム及び無機粉末）の合計量100体積％中、セメント等の各割合が表1に示す割合となるように混合した。得られた混合物と、セメント組成物中の細骨材の割合が表1に示す割合となる量の細骨材を、オムニミキサに投入して、15秒間空練りを行った。

次いで、水、ポリカルボン酸系高性能減水剤、及び消泡剤を、表1に示す量でオムニミキサに投入して、2分間混練した。

混練後、オムニミキサ内の側壁に付着した混練物を掻き落とし、さらに4分間混練を行った。

混練後のセメント組成物のフロー値を、「JIS R 5201（セメントの物理試験方法）11. フロー試験」に記載される方法において、15回の落下運動を行わないで測定した。該フロー値は、上述のとおり、「0打ちフロー値」という。

[0057] 得られた混練物を、 $\phi 50 \times 100$ mmの円筒形の型枠に打設して、未硬化の成形体を得た。打設後、未硬化の成形体について、20℃で48時間、封緘養生を行い、次いで、脱型して、硬化した成形体を得た。脱型時の成形体の圧縮強度は、50N/mm²であった。

この成形体を、表2に示す時間、減圧したデシケーター内で水に浸漬した（表2中、「減圧下」と記載した。）。なお、減圧は、アズワン社製の「アスピレーター（AS-01）」を使用して行った。浸漬前後の成形体の質量を測定し、得られた測定値から、吸水率を算出した。

浸漬後、この成形体を90℃で48時間蒸気養生を行い、次いで、20℃まで降温した後、180℃で48時間加熱を行った。

加熱後の成形体（セメント質硬化体）の圧縮強度を、「JIS A 1108（コンクリートの圧縮強度試験方法）」に準じて測定した。

[0058] [実施例2]

粉体原料100質量部当たりの水の配合量を、13質量部から15質量部に変更した以外は、実施例1と同様にして、セメント組成物及びその硬化体（成形体）を得た。

実施例1と同様にして、セメント組成物の0打ちフロー値の測定等を行った。なお、脱型時の成形体の圧縮強度は、45N/mm²であった。

[0059] [実施例3]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で水に浸漬する代わりに、沸騰している水（沸騰水）に、表2に示す時間浸漬した後、該成形体を水に浸漬させたまま、水温が25℃となるまで冷却した以外は、実施例1と同様にして、セメント組成物及びその硬化体を得た。

実施例1と同様にして、吸水率の算出、及び、セメント質硬化体の圧縮強度の測定を行った。

[実施例4]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で水に浸漬する代わりに、実施例3と同様に沸騰水への浸漬等を行った以外は、実施例2と同様にして、セメント組成物及びその硬化体（成形体）を得た。

実施例1と同様にして、吸水率の算出、及び、セメント質硬化体の圧縮強度の測定を行った。

[0060] [実施例5]

シリカフュームAの配合量を10体積%から20体積%に変更し、かつ、無機粉末Aの配合量を30体積%から20体積%に変更する以外は、実施例1と同様にして、セメント組成物及びその硬化体（成形体）を得た。

実施例1と同様にして、0打ちフロー値の測定等を行った。なお、脱型時

の成形体の圧縮強度は、 50 N/mm^2 であった。

[実施例 6]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で水に浸漬する代わりに、実施例 3 と同様に沸騰水への浸漬等を行った以外は、実施例 5 と同様にして、セメント組成物及びその硬化体（成形体）を得た。

実施例 1 と同様にして、吸水率の算出、及び、セメント質硬化体の圧縮強度の測定を行った。

[0061] [実施例 7]

シリカフューム A の配合量を 10 体積%から 20 体積%に変更し、かつ、無機粉末 A の配合量を 30 体積%から 20 体積%に変更する以外は、実施例 2 と同様にして、セメント組成物及びその硬化体（成形体）を得た。

実施例 1 と同様にして、0 打ちフロー値の測定等を行った。なお、脱型時の成形体の圧縮強度は、 45 N/mm^2 であった。

[実施例 8]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で水に浸漬する代わりに、実施例 3 と同様に沸騰水への浸漬等を行った以外は、実施例 7 と同様にして、セメント組成物及びその硬化体（成形体）を得た。

実施例 1 と同様にして、吸水率の算出、及び、セメント質硬化体の圧縮強度の測定を行った。

[0062] [実施例 9]

セメント、シリカフューム A 及び無機粉末 A を、粉体原料（セメント、シリカフューム及び無機粉末）の合計量 100 体積%中、セメント等の各割合が表 1 に示す割合となるように混合した。得られた混合物と、セメント組成物中の細骨材の割合が表 1 に示す割合となる量の細骨材を、オムニミキサに投入して、15 秒間空練りを行った。

次いで、水、ポリカルボン酸系高性能減水剤、及び消泡剤を、表 1 に示す量でオムニミキサに投入して、2 分間混練した。

混練後、オムニミキサ内の側壁に付着した混練物を掻き落とし、さらに 4

分間混練を行った後、セメント組成物中の金属繊維の割合が表 1 に示す割合となる量の金属繊維を、オムニミキサに投入して、さらに 2 分間混練を行った。

得られたセメント組成物について、実施例 1 と同様に、0 打ちフロー値を測定した。

また、得られたセメント組成物を材料として用いて、実施例 1 と同様の方法で、セメント質硬化体（成形体）を得た。

得られたセメント質硬化体（成形体）について、実施例 1 と同様に、吸水率及び圧縮強度を測定した。

さらに、得られたセメント質硬化体の曲げ強度を、「土木学会基準 J S C E - G 5 5 2 - 2 0 1 0（鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法）」に準じて測定した。

[0063] [実施例 1 0]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で水に浸漬する代わりに、実施例 3 と同様に沸騰水への浸漬等を行った以外は、実施例 9 と同様に、セメント組成物及びその硬化体を得た。

セメント組成物及びその硬化体について、実施例 9 と同様に、各種物性を測定した。

[0064] [比較例 1]

セメント、シリカフューム B 及び無機粉末 B を、粉体原料（セメント、シリカフューム及び無機粉末）の合計量 1 0 0 体積％中、セメント等の各割合が表 1 に示す割合となるように混合した。得られた混合物と、セメント組成物中の細骨材の割合が表 1 に示す割合となる量の細骨材を、オムニミキサに投入して、1 5 秒間空練りを行った。

次いで、水、ポリカルボン酸系高性能減水剤、及び消泡剤を、表 1 に示す量でオムニミキサに投入して、2 分間混練した。

混練後、オムニミキサ内の側壁に付着した混練物を掻き落とし、さらに 4 分間混練を行った。

得られた混練物を材料として用いて、実施例 1 と同様にして、セメント質硬化体を得た。

得られた混練物（セメント組成物）及びその硬化体について、実施例 1 と同様にして、各種物性を測定した。

以上の結果を表 2 に示す。

[0065]

[表1]

	粉体原料(100体積%)					水 ¹⁾ (質量部)	細骨材 ²⁾ (体積%)	高性能減水剤 ³⁾ (質量部)	消泡剤 ⁴⁾ (質量部)	金属纖維 ⁵⁾ (体積%)	
	セメント (体積%)	シリカフェューム (体積%)	無機粉末								
			種類	(体積%)	種類						(体積%)
実施例1	60	A	10	A	30	13	35.5	0.69	0.02	—	
実施例2		A		A		15					
実施例3		A		A		13					
実施例4		A		A		15					
実施例5		A	20	A	20	13					
実施例6		A		A		13					
実施例7		A		A		15					
実施例8		A		A		15					
実施例9		A	10	A	30	15		0.74		2	
実施例10		A		A		15					
比較例1	57	B	22	B	21	14	32.5	0.55	0.04	—	

1) 粉体原料 (セメント、シリカフェューム、及び無機粉末) 100質量部に対する質量部

2) セメント組成物中の割合

3) 粉体原料 100質量部に対する質量部 (固形分換算)

4) 粉体原料 100質量部に対する質量部

5) セメント組成物中の割合

[表2]

	フロー値(0打ち) (mm)	浸漬		吸水率 (体積%)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
		方法	時間(分)			
実施例1	230	減圧下	—	0	350	—
			1	0.19	361	—
			5	0.23	371	—
			10	0.33	380	—
			30	0.37	405	—
実施例2	295	減圧下	—	0	350	—
			1	0.18	356	—
			5	0.34	369	—
			10	0.39	388	—
			30	0.41	464	—
			90	0.42	451	—
			120	0.51	453	—
実施例3	230	沸騰水	30	0.54	411	—
実施例4	295	沸騰水	30	0.36	450	—
実施例5	230	減圧下	30	0.36	403	—
実施例6	230	沸騰水	30	0.37	405	—
実施例7	290	減圧下	30	0.41	462	—
実施例8	290	沸騰水	30	0.42	465	—
実施例9	260	減圧下	30	0.41	460	40
実施例10	262	沸騰水	30	0.36	445	41
比較例1	270	減圧下	—	0	290	—

[0067] 表2から、本発明のセメント組成物（実施例1～10）によれば、0打ちフロー値が230mm以上であることがわかる。また、本発明のセメント組成物を硬化してなるセメント質硬化体の圧縮強度は、350N/mm²以上であり、非常に大きいことがわかる。

また、金属繊維を含むセメント組成物（実施例9～10）の曲げ強度は、40N/mm²以上であり、大きいことがわかる。

一方、比較例1では、セメント質硬化体の圧縮強度は290N/mm²であり、実施例1～10と比べて小さいことがわかる。

[0068] [B. セメントの研磨処理物を用いた実験例]

[使用材料]

使用材料は、以下に示すとおりである。

- (1) 中庸熱ポルトランドセメント：太平洋セメント社製
- (2) 低熱ポルトランドセメント：太平洋セメント社製
- (3) シリカフュームA：BET比表面積 $14 \text{ m}^2/\text{g}$
- (4) シリカフュームB：BET比表面積 $20 \text{ m}^2/\text{g}$
- (5) 無機粉末：珪石粉末（50%重量累積粒径： $2.0 \mu\text{m}$ ；95%重量累積粒径： $5.8 \mu\text{m}$ ；最大粒径： $12 \mu\text{m}$ 以下）
- (6) 細骨材A：掛川産山砂
- (7) 細骨材B：珪砂（最大粒径： 1.2 mm 以下； 0.6 mm 以下の粒分：98質量%； 0.3 mm 以下の粒分：45質量%； 0.15 mm 以下の粒分：3質量%）
- (8) ポリカルボン酸系高性能減水剤：固形分量27.4質量%；フローリック社製、商品名「フローリックSF500U」
- (9) 消泡剤（空気量調整剤）：BASFジャパン社製、商品名「マスターエア404」
- (10) 水：上水道水
- (11) 金属繊維：鋼繊維（直径： 0.2 mm 、長さ： 15 mm ）

[0069] [中庸熱ポルトランドセメント及び低熱ポルトランドセメントの各研磨処理物の製造]

上記中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントを、高速気流攪拌装置（奈良機械製作所社製、商品名「ハイブリタイザーNHS-3型」）を用いて、回転速度4,000rpmの条件で、30分間研磨処理した。なお、研磨処理において、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの仕込み量は、1バッチあたり800gとした。中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメント、及び、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの研磨処理物の、50%重量累積粒径及びブレーン比表面積を測定した。結果を表3に示す。

また、走査型電子顕微鏡を用いて、研磨処理物の二次電子像を観察したと

ころ、研磨処理物の粗粒子（粒径 $20\ \mu\text{m}$ 以上の粒子）は、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントの粒子（研磨処理前のもの）と比べて、角張った表面部分が少なく、表面部分が丸みを帯びた形状に変形していた。また、粗粒子と粗粒子の間の空隙には、微粒子（粒径 $20\ \mu\text{m}$ 未満の粒子）が存在している様子が見られた。

[0070] [表3]

セメント		50%重量累積粒径 (μm)	ブレン比表面積 (cm^2/g)
中庸熱ポルトランドセメント	研磨処理前	19.4	3150
	研磨処理後	12.8	2570
低熱ポルトランドセメント	研磨処理前	15.7	3320
	研磨処理後	15.0	2350

[0071] [参考例1]

上記中庸熱ポルトランドセメントの研磨処理物と、上記シリカフュームAと、上記細骨材Aと、上記高性能減水剤と、上記水を、表4に示す配合で一括してホバートミキサに投入した後、低速で9分間混練して、モルタルを調製した。また、得られたモルタル中の空気量が2体積%となるように、消泡剤（空気量調整剤）を添加した。

なお、粉体原料を構成するセメントの研磨処理物及びシリカフュームの各々の体積割合を、表5に示す。表5の値は、表4の値及び真密度に基いて算出したものである。

[0072] 混練後のモルタルのフロー値を、「JIS R 5201（セメントの物理試験方法）11. フロー試験」に記載される方法において、15回の落下運動を行わないで測定した。

また、混練後のモルタルを、直径50mm、高さ100mmの円筒形の内部空間を有する型枠を用いて成形し、 20°C で72時間静置した。次いで、脱型して、硬化した成形体を得た。

さらに 85°C で72時間蒸気養生を行って、得られた硬化体の圧縮強度を

「JIS A 1108（コンクリートの圧縮強度試験方法）」に準じて測定したところ、 260 N/mm^2 であった。

上記硬化体を、さらに、乾燥炉を用いて 180°C で48時間加熱した。加熱後の硬化体の圧縮強度を、加熱前の硬化体と同様にして測定した。なお、圧縮強度は、島津製作所社製の100t 万能試験機（油圧式）を使用して測定した。

フロー値（0打ち）及び加熱後の硬化体の圧縮強度を表6に示す。

[0073] [参考例2]

各材料の配合を、表4に示す配合にして、かつ低速で12分間混練する以外は、参考例1と同様にして、モルタルを調製した。

混練後のモルタルのフロー値（0打ち）を、参考例1と同様にして測定した。

混練後のモルタルを用いて、参考例1と同様にして硬化体を得た後、該硬化体の圧縮強度を測定した。

[0074] [実施例11]

上記低熱ポルトランドセメントの研磨処理物と、上記シリカフュームBと、上記珪石粉末と、上記細骨材Bと、上記高性能減水剤と、上記水を、表4に示す配合で混練した。さらに、得られたモルタル中の空気量の割合が2体積%となるように、上記消泡剤（空気量調整剤）を添加した。

具体的には、粉体原料（低熱ポルトランドセメントの研磨処理物、シリカフュームB、珪石粉末）と細骨材Bを、オムニミキサに投入して15秒間空練りした後、水と高性能減水剤と消泡剤（空気量調整剤）を加えて2分間混練し、次いで、オムニミキサの側壁に付着した混練物を掻き落とした後、さらに4分間混練した。

なお、粉体原料を構成するセメントの研磨処理物、シリカフューム及び珪石粉末の各々の体積割合を、表5に示す。表5の値は、表4の値及び真密度に基いて算出したものである。

混練後のモルタルのフロー値（0打ち）を、参考例1と同様にして測定し

た。

また、混練後のモルタルを、直径50mm、高さ100mmの円筒形の内部空間を有する型枠を用いて成形し、20℃で72時間静置した。次いで、脱型して、硬化した成形体を得た。該成形体の脱型時の圧縮強度は、52N/mm²であった。

さらに90℃で48時間蒸気養生を行い、次いで、20℃になるまで降温させた後、脱型して、硬化体を得た。得られた硬化体を、さらに、乾燥炉を用いて180℃で48時間加熱した。加熱後の硬化体の圧縮強度を、参考例1と同様にして測定した。

[0075] [実施例12]

低熱ポルトランドセメントの研磨処理物の代わりに中庸熱ポルトランドセメントの研磨処理物を使用した以外は、実施例11と同様にして、モルタル及びその硬化体を得た。硬化体の製造において、脱型時の硬化した成形体の圧縮強度は、55N/mm²であった。

モルタルのフロー値（O打ち）及び硬化体の圧縮強度を、参考例1と同様にして測定した。

[実施例13]

水と粉体原料の質量比（水／粉体原料）を、0.12から0.15に変更した以外は、実施例12と同様にして、モルタル及び硬化体を得た。硬化体の製造において、脱型時の硬化した成形体の圧縮強度は、50N/mm²であった。

モルタルのフロー値（O打ち）及び硬化体の圧縮強度を、参考例1と同様にして測定した。

[0076] [実施例14]

脱型後の成形体を、沸騰している水（沸騰水）に30分間浸漬した後、水に浸漬させたまま、水温が25℃になるまで冷却した以外は、実施例11と同様にして、硬化体を得た。

参考例1と同様にして、硬化体の圧縮強度を測定した。なお、硬化体の圧

縮強度は、測定装置の測定限界（ 511 N/mm^2 ）を超えていた。

また、浸漬前後の成形体の質量を測定し、得られた測定値から、吸水率を算出した。

[実施例 15]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で30分間水に浸漬した（表6中、「減圧下」と記載した。）後に蒸気養生を行った以外は、実施例11と同様にして、硬化体を得た。

実施例14と同様にして、硬化体の圧縮強度の測定、並びに、吸水率の算出を行った。なお、硬化体の圧縮強度は、測定装置の測定限界（ 511 N/mm^2 ）を超えていた。

[0077] [実施例 16]

上記材料を表4に示す配合で混練した以外は、実施例11と同様にして、モルタル及び硬化体を得た。硬化体の製造において、脱型時の硬化した成形体の圧縮強度は、 51 N/mm^2 であった。

実施例11と同様にして、モルタルのフロー値（0打ち）及び硬化体の圧縮強度を測定した。

[実施例 17]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で30分間水に浸漬した後に蒸気養生を行った以外は、実施例16と同様にして、硬化体を得た。

実施例14と同様にして、硬化体の圧縮強度の測定、および、吸水率の算出を行った。なお、硬化体の圧縮強度は、測定装置の測定限界（ 511 N/mm^2 ）を超えていた。

[0078] [実施例 18]

脱型後の成形体を、減圧したデシケーター内で30分間水に浸漬した後に蒸気養生を行った以外は、実施例13と同様にして、硬化体を得た。

実施例14と同様にして、硬化体の圧縮強度の測定、および、吸水率の算出を行った。

[0079] [実施例 19]

低熱ポルトランドセメントの研磨処理物、シリカフューム B、珪石粉末、及び細骨材 B を、低熱ポルトランドセメントの研磨処理物等の各割合が表 4 に示す割合となるように、オムニミキサに投入して、15 秒間空練りを行った。

次いで、水、ポリカルボン酸系高性能減水剤、及び消泡剤を、表 4 に示す量でオムニミキサに投入して、2 分間混練した。なお、消泡剤は、得られたセメント組成物中の空気量の割合が 2 体積%となるように添加した。

混練後、オムニミキサ内の側壁に付着した混練物を掻き落とし、さらに 4 分間混練を行った後、セメント組成物中の金属繊維の割合が表 4 に示す割合となる量の金属繊維を、オムニミキサに投入して、さらに 2 分間混練を行った。得られたセメント組成物を材料として用いた以外は、実施例 14 と同様にして、硬化体を得た。

実施例 14 と同様にして、セメント組成物の 0 打ちフロー値の測定等を行った。なお、硬化体の圧縮強度は、測定装置の測定限界 (511 N/mm^2) を超えていた。

また、得られたセメント質硬化体の曲げ強度を、「土木学会基準 JSC E-G 552-2010 (鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法)」に準じて測定した。

[0080] [実施例 20]

脱型後の成形体を、沸騰している水に 30 分間浸漬する代わりに、減圧したデシケーター内で 30 分間水に浸漬した後に蒸気養生を行った以外は、実施例 19 と同様にして、セメント組成物及び硬化体を得た。

実施例 19 と同様にして、セメント組成物のフロー値 (0 打ち) 等を測定した。なお、硬化体の圧縮強度は、測定装置の測定限界 (511 N/mm^2) を超えていた。

[0081] [比較例 2]

上記中庸熱ポルトランドセメントの研磨処理物と、上記細骨材 A と、上記高性能減水剤と、上記水を、表 4 に示す配合で一括してホバートミキサに投

入して、モルタルを調製しようとしたが、混練することができなかった。

〔比較例 3〕

上記中庸熱ポルトランドセメントと、上記シリカフューム A と、上記細骨材 A と、上記高性能減水剤と、上記水とを、表 4 に示す配合で一括してホバートミキサに投入して、モルタルを調製しようとしたが、混練することができなかった。

[0082] 〔実施例 2 1〕

低熱ポルトランドセメントの研磨処理物の代わりに、研磨処理前の低熱ポルトランドセメントを使用した以外は、実施例 1 1 と同様にしてモルタル及び硬化体を得た。

モルタルのフロー値（O 打ち）及び硬化体の圧縮強度を、参考例 1 と同様にして測定した。

〔実施例 2 2〕

低熱ポルトランドセメントの研磨処理物の代わりに、研磨処理前の中庸熱ポルトランドセメントを使用した以外は、実施例 1 1 と同様にしてモルタル及び硬化体を得た。

モルタルのフロー値（O 打ち）及び硬化体の圧縮強度を、参考例 1 と同様にして測定した。

以上の結果を表 6 に示す。

[0083]

[表4]

	粉体原料				SF／ 粉体原料 (質量比)	水／ 粉体原料 (質量比)	細骨材／ 粉体原料 (質量比)	減水剤／ 粉体原料 (質量比)	無機粉末／ 粉体原料 (質量比)	金属纖維 (体積%)
	ポルトランドセメント		SF ¹⁾	無機粉末						
	種類	研磨処理								
参考例1	中庸熟	あり	A	—	0.12	0.10	0.31	0.012	—	—
参考例2	中庸熟	あり	A	—	0.12	0.09	0.30	0.020	—	—
実施例11	低熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.025	0.26	—
実施例12	中庸熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.025	0.26	—
実施例13	中庸熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.15	0.71	0.025	0.26	—
実施例14	低熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.025	0.26	—
実施例15	低熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.025	0.26	—
実施例16	低熟	あり	B	珪石粉末	0.16	0.12	0.66	0.025	0.18	—
実施例17	低熟	あり	B	珪石粉末	0.16	0.12	0.66	0.025	0.18	—
実施例18	中庸熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.15	0.71	0.025	0.26	—
実施例19	低熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.027	0.26	2
実施例20	低熟	あり	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.027	0.26	2
比較例2	中庸熟	あり	なし	—	—	0.10	0.35	0.015	—	—
比較例3	中庸熟	なし	A	—	0.12	0.10	0.35	0.015	—	—
実施例21	低熟	なし	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.025	0.26	—
実施例22	中庸熟	なし	B	珪石粉末	0.08	0.12	0.66	0.025	0.26	—

1) SF:シリカフェーム

[0084] [表5]

	粉体原料					
	ポルトランドセメント			シリカフューム		無機粉末(珪石粉末)
	種類	研磨処理	(体積%)	種類	(体積%)	(体積%)
参考例1	中庸熱	あり	85	A	15	0
参考例2	中庸熱	あり	85	A	15	0
実施例11	低熱	あり	60	B	10	30
実施例12	中庸熱	あり	60	B	10	30
実施例13	中庸熱	あり	60	B	10	30
実施例14	低熱	あり	60	B	10	30
実施例15	低熱	あり	60	B	10	30
実施例16	低熱	あり	60	B	20	20
実施例17	低熱	あり	60	B	20	20
実施例18	中庸熱	あり	60	B	10	30
実施例19	低熱	あり	60	B	10	30
実施例20	低熱	あり	60	B	10	30
比較例2	中庸熱	あり	100	なし	0	0
比較例3	中庸熱	なし	85	A	15	0
実施例21	低熱	なし	60	B	10	30
実施例22	中庸熱	なし	60	B	10	30

[0085]

[表6]

	浸漬	吸水率 (%)	フロー値(0打ち) (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
参考例1	—	—	335	350	—
参考例2	—	—	270	290	—
実施例11	—	—	270	500	—
実施例12	—	—	270	420	—
実施例13	—	—	330	425	—
実施例14	沸騰水	0.50	270	>511	—
実施例15	減圧下	0.45	270	>511	—
実施例16	—	—	272	498	—
実施例17	減圧下	0.44	272	>511	—
実施例18	減圧下	0.40	330	501	—
実施例19	沸騰水	0.50	262	>511	40
実施例20	減圧下	0.45	260	>511	40
比較例2	—	—	—	—	—
比較例3	—	—	—	—	—
実施例21	—	—	230	352	—
実施例22	—	—	225	351	—

[0086] 実施例11～22から、本発明のセメント組成物は、硬化前にはフロー値(0打ち)が225mm以上という高い流動性を有し、かつ硬化後には351N/mm²以上の高い圧縮強度を有することがわかる。

特に、セメントの研磨処理物を使用した場合について検討すると、本発明のセメント組成物(実施例11～20)は、無機粉末を含むので、無機粉末を含まないセメント組成物(参考例1～2)に比べて、硬化後にはより高い圧縮強度を有することがわかる。特に、硬化体の製造において、硬化した成形体を、減圧下の水又は沸騰している水の中に浸漬させる処理を行った場合(実施例14～15、17～20)、当該処理後の成形体は、特に高い圧縮強度を有することがわかる。

[0087] さらに、金属繊維を含むセメント組成物(実施例19～20)は、硬化後に、圧縮強度が511N/mm²を超え、かつ、曲げ強度が40N/mm²で

あり、高い圧縮強度および曲げ強度を有することがわかる。

比較例 2～3 から、中庸熱ポルトランドセメントの研磨処理物を使用したものの、シリカフューム及び無機粉末を使用しなかった場合（比較例 2）や、シリカフュームを使用したものの、中庸熱ポルトランドセメントの研磨処理物の代わりに、研磨処理していない中庸熱ポルトランドセメントを用い、かつ、無機粉末を使用しなかった場合（比較例 3）には、混練をすることができないことがわかる。

符号の説明

- [0088]
- 1 高速気流攪拌装置
 - 2 ローター
 - 3 ブレード
 - 4 循環回路
 - 4 a 循環回路の入口
 - 4 b 循環回路の出口
 - 5 投入口
 - 6 排出口
 - 7 ステーター
 - 8 衝突室
 - 9 開閉弁
 - 10 排出弁

請求の範囲

- [請求項1] セメント、B E T比表面積が $10 \sim 25 \text{ m}^2/\text{g}$ のシリカフューム、50%累積粒径が $0.8 \sim 5 \mu\text{m}$ の無機粉末、最大粒径が 1.2 mm 以下の細骨材、減水剤、消泡剤及び水を含むセメント組成物であって、
- 上記セメント、上記シリカフューム及び上記無機粉末の合計量100体積%中、上記セメントの割合が55～65体積%、上記シリカフュームの割合が5～25体積%、上記無機粉末の割合が15～35体積%であることを特徴とするセメント組成物。
- [請求項2] 上記セメントが、研磨処理していないセメントであり、上記シリカフュームのB E T比表面積が $15 \sim 25 \text{ m}^2/\text{g}$ である請求項1に記載のセメント組成物。
- [請求項3] 上記セメントが、中庸熱ポルトランドセメント又は低熱ポルトランドセメントを構成する粒子を研磨処理してなる、角張った表面部分を丸みを帯びた形状に変形させてなる粒径 $20 \mu\text{m}$ 以上の粗粒子、及び、上記研磨処理によって生じる粒径 $20 \mu\text{m}$ 未満の微粒子を含み、50%重量累積粒径が $10 \sim 18 \mu\text{m}$ で、かつブレーン比表面積が $2,100 \sim 2,900 \text{ cm}^2/\text{g}$ のものである請求項1に記載のセメント組成物。
- [請求項4] 金属繊維、有機繊維及び炭素繊維からなる群より選ばれる一種以上の繊維を含み、かつ上記セメント組成物中の上記繊維の割合が、3体積%以下である請求項1～3のいずれか1項に記載のセメント組成物。
- [請求項5] 硬化後の圧縮強度が $320 \text{ N}/\text{mm}^2$ 以上である請求項1～4のいずれか1項に記載のセメント組成物。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載のセメント組成物からなるセメント質硬化体を製造するための方法であって、
- 上記セメント組成物を型枠内に打設して、未硬化の成形体を得る成

形工程と、

上記未硬化の成形体を、 $10 \sim 40^{\circ}\text{C}$ で24時間以上、封緘養生または気中養生した後、上記型枠から脱型し、硬化した成形体を得る常温養生工程と、

上記硬化した成形体を、 $70 \sim 95^{\circ}\text{C}$ で24時間以上、蒸気養生または温水養生し、加熱養生後の硬化体を得る加熱養生工程と、

上記加熱養生後の硬化体を、 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ で24時間以上、加熱して、上記セメント質硬化体を得る高温加熱工程、
を含むことを特徴とするセメント質硬化体の製造方法。

[請求項7] 上記常温養生工程と上記加熱養生工程の間に、上記硬化した成形体に吸水させる吸水工程を含む請求項6に記載のセメント質硬化体の製造方法。

[請求項8] 上記吸水工程において、上記硬化した成形体を、減圧下の水の中に浸漬させる請求項7に記載のセメント質硬化体の製造方法。

[請求項9] 上記吸水工程において、上記硬化した成形体を、沸騰している水の中に浸漬させた後、成形体を浸漬させたまま、水温を 40°C 以下に冷却する請求項7に記載のセメント質硬化体の製造方法。

[請求項10] 上記常温養生工程において、上記硬化した成形体が $20 \sim 100\text{N}/\text{mm}^2$ の圧縮強度を発現した時に、上記硬化した成形体を上記型枠から脱型する請求項6～9のいずれか1項に記載のセメント質硬化体の製造方法。