

明 細 書

発明の名称：

建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル及び建設向けの立体造形方法

技術分野

[0001] 本発明は、主に、土木、建築分野や工場製品分野で使用する建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル及びこれを使用した建設向けの立体造形方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、立体造形技術は、製造業等における模型・部品の作製に活用されている。その技術を分類すると、光造形（紫外線硬化型樹脂を１層ずつ硬化させて積層する方法）、インクジェット方式（プリンターヘッドから紫外線硬化型樹脂を噴射しながら紫外線を照射して積層する方法）、粉末セッコウ造形（プリンターヘッドから樹脂や糊を噴射し粉末セッコウを固める方法）、粉末焼結造形（樹脂や金属粉末をレーザーで焼き固めて積層する方法）、熱溶融積層造形（細いノズルから熱で溶融した熱可塑性樹脂を吐出して積層する方法）が知られている。造形体は樹脂、セッコウ、及び金属が主体であり、セメント質材料を用いた建設部材のような大型の造形体を造る技術は、国内よりも海外での検討が進んでいる。既に、欧米や中国では、自動建設工事機械として戸建て住宅レベルの大型の造形体の製造を実施している。

[0003] たとえば、セメント質材料を用いた立体造形技術として、特許文献１には、コンピュータで作成した３次元データを所定の厚さで切断して２次元スライスデータを作成し、吹付けノズルを２次元スライスデータに基づいて縦横方向に移動制御しつつ、急結剤を添加混合したモルタルを、ベッド（台）上に吹き付け、吹き付けたモルタルを自立硬化させることで２次元スライスデータに基づく形状の固化層を形成し、かかる固化層の形成作業を繰り返して上下方向に順次積層させて造形する技術が開示されている。特許文献２には

、鋳物を製造するための型を3Dプリンターで造るための材料について記載されており、セメント、砂、促進剤としての水溶性ケイ酸塩からなる材料が開示されている。特許文献3、4には、3Dプリンターを使用してプレハブ部材を製造する方法や、3Dプリンターを利用してコンクリートの耐震壁を製造する方法が開示されている。特許文献5には、3Dプリントするための材料を吐出するノズルに関する技術が開示されている。特許文献6には、3次元造形システムを用いて作製してなる樹脂製型枠を使用して、セメント質硬化体を成形して製造することを特徴とするセメント質硬化体の製造方法が開示されている。

[0004] 一方、セメント質材料として、リグニンスルホン酸系分散剤とメラミンスルホン酸系分散剤とを併用した材料は、すでにグラウト組成物や高強度コンクリート組成物として知られている（特許文献7、8）。また、分散剤と増粘剤とを併用した材料としてPCグラウト材が知られている（特許文献9）。さらに、 SiO_2 を含有するカルシウムアルミネートを含む材料としては、アルミノケイ酸カルシウムガラス100重量部に対して、セッコウ類300重量部以下、及び凝結調整剤0.1～20重量部を必須成分とすることを特徴とするセメント混和材とそれをセメントに混和したセメント組成物（特許文献10）、並びに $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ モル比が2.0～3.5で SiO_2 含有量が10～25%のカルシウムアルミノシリケートと、潜在水硬性物質およびポゾラン物質の中から選ばれる1種または2種以上とを含有してなるセメント組成物（特許文献11）等が知られている。

[0005] さらに、建設向け立体造形用セメント質材料としてセメント、骨材、リグニンスルホン酸系分散剤とメラミンスルホン酸系分散剤の質量割合が、 $R:M=100:80\sim400$ である分散剤、増粘剤、凝結遅延剤、酸化物換算で SiO_2 を10～25%含有する非晶質カルシウムアルミノシリケート、セッコウ、及び短繊維を含有するセメント質材料（特許文献12）が知られている。

[0006] さらに、粘性の高いポリマーを含有したドライセメントモルタルを安定し

た品質で連続的に練り混ぜた吹付け施工が行える連続練混ぜ吹付け施工システムと吹付け施工方法（特許文献１３）が知られている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献１：特開平１０－２３５６２３号公報
特許文献２：米国特許第８２１１２２６号明細書
特許文献３：中国特許出願公開第１０４３０８９８８号明細書
特許文献４：中国特許出願公開第１０４１５３４９３号明細書
特許文献５：米国特許出願公開第２０１４／０３０８３８１号明細書
特許文献６：特開２０１６－１０１７３７号公報
特許文献７：特開２００８－２４７６７７号公報
特許文献８：特公昭６２－１０９４９号公報
特許文献９：特開２００６－２９０６９４号公報
特許文献１０：特開平４－９７９３２号公報
特許文献１１：特開２００６－２３２６０３号公報
特許文献１２：特開２０１８－１４０９０６号公報
特許文献１３：特開２００７－２４５５９６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 特許文献１は、セメントと細骨材とをプレミックスしてなるドライミックスモルタル、及び急結剤を含有する水を、吹付けノズルで混合攪拌しながら噴射して自立硬化させる技術であるため、造形体の仕上がり性が悪くなり、粉じんの発生を伴うという課題がある。特許文献２は、促進剤として水溶性ケイ酸塩を使用しているため、硬化スピードが遅く、強度発現性に劣る可能性があるという課題がある。特許文献３、４は、部材を３Ｄプリンターで製造する技術に関するもので、ある特定の材料を用いることの記載はない。特許文献５は、３Ｄプリンターのノズルの形状に関するものであり、ある特定

の材料を用いることの記載はない。特許文献6は、樹脂製の型枠を3Dプリンターで成形し、その型枠にセメント質材料を充填してセメント質硬化体を製造する技術に関するものであり、型枠の作製を必須とするものであるため、成形物であるセメント質硬化体を効率的に作製できないという課題がある。

セメント質材料については、特許文献7～11に記載のような種々のものが知られているが、前記課題を解決可能なセメント質材料については知られていない。さらには、特許文献12は建設向け立体造形用セメント質材料ではあるが練り混ぜ方法に関する記載がなく、十分な施工速度を得ることについて記載がない。特許文献13は吹付施工システムであり建設向け立体造形用途とは異なる。

[0009] 本発明は、前記課題に鑑みて、自立性、並びに短時間及び長期強度発現性に優れた建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル、及びそれを用いた建設向けの立体造形方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0010] 前記課題を解決するために、種々の検討を行った結果、本発明者は、骨材、リグニンスルホン酸系分散剤とメラミンスルホン酸系分散剤とを特定の割合で含む分散剤、平均分子量200万～800万の範囲にあり、0.25%水溶液の粘度が2000～10000 mPa・sの範囲にあるダイユータンガム、凝結遅延剤、SiO₂を特定の割合で含む非晶質カルシウムアルミノシリケート、セッコウ、及び短繊維を併用したドライセメント質材料を連続練り混ぜシステムで練り混ぜたウェットセメントモルタルにより前記課題が解決可能であることを見出し、本発明を完成するに至った。

本発明は、以下を要旨とする。

(1) セメント(A)、骨材(B)、リグニンスルホン酸系分散剤(R)とメラミンスルホン酸系分散剤(M)との質量割合がR:M=100:80～400である分散剤(C)、平均分子量200万～800万の範囲にあり、0.25質量%水溶液の粘度が2000～10000 mPa・sの範囲にある

ダイユータンガム（D）、凝結遅延剤（E）、酸化物換算で SiO_2 を10～25質量%含有する非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）、セッコウ（G）、及び短繊維（H）を含有する建設向け立体造形用ドライセメント質材料を連続的に供給する装置（ア）、連続的に水を供給する装置（イ）、それらを連続的に混合しウェットモルタルを製造できる水平軸のスクリュウ軸が収容された円筒状の攪拌装置（ウ）を有する連続練り混ぜシステムで連続的に練り混ぜられた建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（2）前記建設向け立体造形用ドライセメント質材料100質量部に対して13～20質量部の水を含む上記（1）に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（3）前記セメント（A）100質量部に対して、前記分散剤（C）の使用量が0.2～3質量部である上記（1）又は（2）に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（4）前記セメント（A）100質量部に対して、前記ダイユータンガム（D）の使用量が0.03～1.0質量部である上記（1）～（3）のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（5）前記非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）100質量部に対して、前記セッコウ（G）の使用量が50～250質量部である上記（1）～（4）のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（6）前記セメント（A）100質量部に対して、前記非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）と前記セッコウ（G）との合計の使用量が5～30質量部である上記（1）～（5）のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（7）前記骨材（B）がバルーン系骨材を含む上記（1）～（6）のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

（8）前記凝結遅延剤（E）がオキシカルボン酸類を含有する上記（1）～（7）のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

ル。

(9) 前記短繊維(H)の平均繊維長が5～15mmである上記(1)～(8)のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

(10) 前記短繊維(H)の平均繊維径が20～250 μ m、1gあたりの繊維本数が5000本以上である上記(9)に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

(11) 上記(1)～(10)のいずれか1つに記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルをポンプで圧送し、ノズルから吐出される前記建設向け立体造形用ウェットモルタルを、前記ノズルを移動させながら積層することで造形体を構築する建設向けの立体造形方法。

(12) 前記ポンプが回転容積式一軸偏心ねじポンプである上記(11)に記載の建設向けの立体造形方法。

発明の効果

[0011] 本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル、及び建設向けの立体造形方法を用いることで、一定量の材料供給が可能となり、一定の積層スピードを確保できる。また、優れた自立性及び強度発現性が得られるので、短時間に大型の造形体を構築できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルの作製に使用される連続練り混ぜシステムの一例を示す模式図である。

[図2]図2は、本発明の建設向けの立体造形方法で使用される立体造形システムの一例を示す模式図である。

[図3]図3(a)は吹付けノズルを横から見た模式図であり、図3(b)は吹付けノズルを吐出口側から見た模式図である。

[図4]図4は後述の実施例8で製造された立体造形体の模式図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明において、「立体造形」とは、型枠等の専用工具を使わずに、3次

元データに基づく断面形状を直接積層造形することで、任意の形状の成形体を製造する技術をいう。「立体造形」は、「積層造形」又は「ラピッドプロトタイピング」と呼ばれることもある。

[0014] (建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル)

本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルは、セメント (A)、骨材 (B)、リグニンスルホン酸系分散剤 (R) とメラミンスルホン酸系分散剤 (M) との質量割合が $R : M = 100 : 80 \sim 400$ である分散剤 (C)、平均分子量 200 万～800 万の範囲にあり、0.25 質量%水溶液の粘度が $2000 \sim 10000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲にあるダイユータンガム (D)、凝結遅延剤 (E)、酸化物換算で SiO_2 を 10～25 質量%含有する非晶質カルシウムアルミノシリケート (F)、セッコウ (G)、及び短繊維 (H) を含有する建設向け立体造形用ドライセメント質材料を連続的に供給する装置 (ア)、連続的に水を供給する装置 (イ)、それらを連続的に混合しウェットモルタルを製造できる水平軸のスクリー軸が収容された円筒状の攪拌装置 (ウ) を有する連続練り混ぜシステムで連続的に練り混ぜられたものである。これにより、本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルは、自立性、並びに短時間強度発現性及び長期強度発現性に優れたものとなる。

[0015] [立体造形用ドライセメント質材料]

本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルに使用する立体造形用ドライセメント質材料 (以下、単に「ドライセメント質材料」という場合がある。) は、セメント (A)、骨材 (B)、リグニンスルホン酸系分散剤 (R) とメラミンスルホン酸系分散剤 (M) との質量割合が $R : M = 100 : 80 \sim 400$ である分散剤 (C)、平均分子量 200 万～800 万の範囲にあり、0.25 質量%水溶液の粘度が $2000 \sim 10000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲にあるダイユータンガム (D)、凝結遅延剤 (E)、酸化物換算で SiO_2 を 10～25 質量%含有する非晶質カルシウムアルミノシリケート (F)、セッコウ (G)、及び短繊維 (H) を含む。

[0016] <セメント (A)>

本発明で使用するセメント (A) としては、普通、早強、超早強、低熱、及び中庸熱等の各種ポルトランドセメントや、これらポルトランドセメントに、高炉スラグ、フライアッシュ、又はシリカを混合した各種混合セメント、ブレン比表面積で $2000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上の石灰石粉末や高炉徐冷スラグ微粉末等を混合したフィラーセメント、都市ゴミ焼却灰や下水汚泥焼却灰を原料として製造された環境調和型セメント (エコセメント)、並びに耐火物用途で使用されているアルミナセメント等が挙げられる。これらのうちの1種又は2種以上が使用可能である。セメント (A) のブレン比表面積は $2000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上が好ましく、 $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上がより好ましい。また、セメント (A) のブレン比表面積の範囲の上限値は特に限定されないが、通常 $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ である。

[0017] <骨材 (B)>

本発明で使用する骨材 (B) としては、特に限定されず、市販されている天然の石灰岩由来の骨材やケイ酸質由来の骨材、さらに、比重が3.0を越える重量骨材等が使用できる。また、自立性の向上を目的として、使用する骨材の一部がバルーン系骨材であってもよい。バルーン系骨材とは、一般的には軽量骨材と呼ばれ、例えば、フライアッシュバルーン、シラスバルーン、黒曜石をキルンで焼成発泡させたバルーン等が挙げられる。骨材 (B) の比重は3以下が好ましく、2.0以下がさらに好ましく、1.8以下がより好ましく、1.0以下が最も好ましい。また、骨材 (B) の比重の範囲の下限値は、特に限定されないが、通常0.3である。

骨材 (B) (バルーン系骨材を含む) の最大粒子径は、ポンプ圧送性を考慮すると10mm以下が好ましく、5mm以下がより好ましい。なお、骨材 (B) の最大粒子径の範囲の下限値は、特に限定されないが、通常0.03mmである。

骨材 (B) の使用量は、セメント (A) 100質量部に対して50～300質量部が好ましく、100～200質量部がより好ましい。骨材 (B) の

使用量が、セメント（Ａ）１００質量部に対して５０質量部以上であると、自立性を確保しやすくなる。骨材（Ｂ）の使用量が、セメント（Ａ）１００質量部に対して３００質量部以下であると、適度な軟らかさを確保することが容易になり、ポンプ圧送性が良好となる。

バルーン系骨材を使用する場合、その使用量は、骨材（Ｂ）１００質量部中２５質量部以下が好ましく、１～２５質量部がより好ましく、３～１５質量部がさらに好ましい。バルーン系骨材の使用量が、骨材（Ｂ）１００質量部中２５質量部以下であると、強度発現性が高くなるとともに、適度な軟らかさを確保してポンプ圧送性が良好となる。一方、バルーン系骨材の使用量が、骨材（Ｂ）１００質量部中１質量部以上であると、さらに高い自立性の向上効果が得られる。

[0018] ＜分散剤（Ｃ）＞

本発明で使用する分散剤（Ｃ）は、リグニンスルホン酸系分散剤（Ｒ）とメラミンスルホン酸系分散剤（Ｍ）とからなる分散剤であり、質量比で $R:M=100:80\sim400$ の割合でリグニンスルホン酸系分散剤（Ｒ）とメラミンスルホン酸系分散剤（Ｍ）とを併用した分散剤である。このような分散剤（Ｃ）を用いることで、水を加えて練り混ぜたセメント質材料の流動性を確保するとともに、チクソトロピック性（チクソ性）を向上できる。前記比率は、 $R:M=100:100\sim250$ がより好ましい。メラミンスルホン酸系分散剤（Ｍ）の配合割合が下限値に満たないと、所期の流動性を得るために必要な分散剤量が増加するとともに、流動性の経時変化が大きすぎてポンプ圧送に支障をきたすおそれがあり、メラミンスルホン酸系分散剤（Ｍ）の配合割合が上限値を超えると、凝結が遅延して流動性の経時変化が小さくなり、圧送後の自立性を確保することが困難となるおそれがある。

分散剤（Ｃ）の使用量は、セメント（Ａ）１００質量部に対して０．２～３質量部が好ましく、０．５～２質量部がより好ましい。分散剤（Ｃ）の使用量が、セメント（Ａ）１００質量部に対して０．２質量部以上であると、十分な流動性を得ることが容易になる。分散剤（Ｃ）の使用量が、セメント

(A) 100質量部に対して3質量部以下であると、凝結が遅延して流動性の経時変化が小さくなることをさらに抑制でき、その結果、自立性をさらに向上させることができる。

[0019] <ダイユータンガム (D) >

本発明では、平均分子量200万～800万の範囲にあり、0.25質量%水溶液の粘度が2000～10000 mPa・sの範囲にあるダイユータンガム (D) が使用できる。ここで、濃度0.25質量%水溶液の粘度は、25℃において、B型粘度計を用いて3 rpmの条件下で測定した値である。ダイユータンガム (diutan gum) は、例えば、2個のグルコース、1個のグルクロン酸、及び3個のラムノースを構成単位とする天然高分子多糖類である。このようなダイユータンガム (D) を使用することにより、本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルにチクソ性を付与することができる。このような観点から、ダイユータンガム (D) の平均分子量は好ましくは250万～600万であり、0.25質量%水溶液の粘度は、好ましくは2500～8000 mPa・sである。

ダイユータンガム (D) の使用量は、セメント (A) 100質量部に対して0.03～1.0質量部が好ましく、0.05～0.5質量部がより好ましい。ダイユータンガム (D) の使用量が、セメント (A) 100質量部に対して0.03質量部以上であると、さらに十分なチクソ性を付与することができる。ダイユータンガム (D) の使用量が、セメント (A) 100質量部に対して1.0質量部以下であると、ポンプ圧送性や強度発現性がさらに良好となる。

[0020] <凝結遅延剤 (E) >

本発明で使用する凝結遅延剤 (E) には、セメント質材料向けに一般に市販されているものが使用できる。凝結遅延剤 (E) としては、例えば、リン酸塩、ケイフッ化物、水酸化銅、ホウ酸又はその塩、酸化亜鉛、塩化亜鉛、炭酸化亜鉛等の無機遅延剤が挙げられ、これらの1種又は2種以上の混合物が使用できる。また、凝結遅延剤 (E) としては、オキシカルボン酸 (クエ

ン酸、グルコン酸、リンゴ酸、酒石酸、グルコヘプトン酸、オキシマロン酸、乳酸等）又はその塩（以下、オキシカルボン酸とオキシカルボン酸の塩を総称してオキシカルボン酸類ということもある。）、砂糖に代表される糖類等の有機系遅延剤が挙げられ、これらの1種又は2種以上の混合物が使用できる。さらに、凝結遅延剤（E）としては、無機化合物として炭酸塩、重炭酸塩、硝酸塩、水酸化物、ケイ酸塩と、上記オキシカルボン酸類又はその塩とを組み合わせた混合物も使用することができる。ポンプ圧送性を良好にできるとともに、圧送後の自立性を確保することが容易になるという観点から、これらの中で、オキシカルボン酸を含有するものが好ましく、オキシカルボン酸類単独か、オキシカルボン酸類と無機化合物との混合物がより好ましい。

凝結遅延剤（E）の使用量は、セメント100質量部に対して0.05～0.7質量部が好ましく、0.07～0.5質量部がより好ましい。凝結遅延剤（E）の使用量が、セメント100質量部に対して0.05質量部以上であると、練混ぜ時間及びポンプ圧送を考慮した可使時間を確保することが容易になる。凝結遅延剤（E）の使用量が、セメント100質量部に対して0.7質量部以下であると、硬化時間が長くなり過ぎてしまい自立性を確保できなくなることを抑制できる。

[0021] <非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）>

本発明で使用する非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）（以下、単に「カルシウムアルミノシリケート」と記述する。）は、CaO原料、 Al_2O_3 原料、 SiO_2 原料を混合した混合物を、キルンでの焼成、電気炉等での溶融等の熱処理をすることで得られ、酸化物換算で SiO_2 を10～25質量%含有する非晶質のカルシウムアルミノシリケートである。カルシウムアルミノシリケートは、非晶質であるため、高い反応性を有する。 SiO_2 の含有量が10質量%未満では、水和活性が高くなり、硬化時間を調整するのに必要な凝結遅延剤量が増え、チクソ性や自立性に影響を及ぼす可能性があり、25質量%を超えると、水和活性が低くなり、適度な硬化スピードを得るこ

とができない可能性がある。このような観点から、非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）における酸化物換算の SiO_2 の含有量は、好ましくは12～20質量%である。

カルシウムアルミノシリケート（F）は、酸化物換算した CaO と Al_2O_3 のモル比 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ が1.5～3.5であることが好ましく、1.7～2.0であることがより好ましい。また、カルシウムアルミノシリケート（F）には、その他の成分として、ナトリウム、カリウム、及びリチウム等のアルカリ金属を一部固溶させてもよい。

カルシウムアルミノシリケート（F）の粒度は、ブレン値で $3000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上が好ましい。カルシウムアルミノシリケート（F）の粒度が、ブレン値で $3000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上であると、強度発現性がさらに改善される。このような観点から、カルシウムアルミノシリケート（F）の粒度は、より好ましくはブレン値で $4000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上である。また、カルシウムアルミノシリケート（F）の粒度の範囲の上限値は、特に限定されないが、通常ブレン値で $7000\text{ cm}^2/\text{g}$ である。

[0022] <セッコウ（G）>

本発明で使用するセッコウ（G）は、前記カルシウムアルミノシリケートと併用することで、さらに強度を向上させる成分である。セッコウ（G）の種類としては、無水セッコウ、半水セッコウ、二水セッコウ等が挙げられ、工場で副生するセッコウや天然に産出するセッコウが使用できる。これらの中で、無水セッコウの使用が、強度発現性の点で好ましい。

セッコウ（G）の粒度は、ブレン値で $3000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上が好ましい。セッコウ（G）の粒度が、ブレン値で $3000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上であると、強度発現性がさらに向上する。このような観点から、セッコウ（G）の粒度は、ブレン値で $4000\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上であることがより好ましい。セッコウ（G）の粒度の範囲の上限値は、特に限定されないが、通常 $7000\text{ cm}^2/\text{g}$ である。

セッコウ（G）の使用量は、カルシウムアルミノシリケート（F）100

質量部に対して50～250質量部が好ましく、100～200質量部がより好ましい。セッコウ（G）の使用量が、カルシウムアルミノシリケート（F）100質量部に対して50質量部以上であると、強度をさらに向上させることができる。セッコウ（G）の使用量が、カルシウムアルミノシリケート（F）100質量部に対して250質量部以下であると、セッコウ（G）の使用量に応じて、強度発現性を高くすることができる。

[0023] カルシウムアルミノシリケート（F）とセッコウ（G）との合計の使用量は、セメント（A）100質量部に対して5～30質量部が好ましく、10～20質量部がより好ましい。カルシウムアルミノシリケート（F）とセッコウ（G）との合計の使用量が、セメント（A）100質量部に対して5質量部以上であると、カルシウムアルミノシリケート（F）及びセッコウ（G）による強度増進効果がさらに高くなる。カルシウムアルミノシリケート（F）とセッコウ（G）との合計の使用量が、セメント（A）100質量部に対して30質量部以下であると、可使時間の確保がさらに容易になり、強度発現性がさらに向上される。

[0024] <短繊維（H）>

本発明で使用する短繊維（H）には、セメント混和用として一般に市販されているものが使用できる。短繊維（H）としては、例えば、ビニロン繊維、アクリル繊維、ナイロン繊維、鋼繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ポリエチレン繊維、ポリエステル繊維、バサルト繊維等が挙げられ、これら繊維を1種又は2種以上併用して使用することも可能である。これらの中で、繊維径や繊維長のバリエーションが多いビニロン繊維や、分散性に優れたナイロン繊維の使用が好ましい。

短繊維（H）の平均繊維長は、予めプレミックスすることを考慮すると、3～15mmの範囲が好ましく、5～10mmの範囲がより好ましい。また、短繊維（H）の平均繊維径は、20～250 μ mが好ましく、100～250 μ mがより好ましい。短繊維（H）の平均繊維径が20 μ m以上であると、繊維の入手が容易になる。短繊維（H）の平均繊維径が250 μ m以下

であると、ウェット材料のポンプ圧送性がさらに良好となる。短繊維（H）の平均繊維径を $20\mu\text{m}$ 以上、特に $100\mu\text{m}$ 以上とすることで、セメント質材料に水を加えたウェット材料をポンプ圧送する際に発生する摩擦熱が大きくなり、ノズル先端から吐出されるウェット材料の温度が上昇して硬化時間が適度に短くなることで、連続的に高い積層を実現できる。

短繊維（H）は、モノフィラメント状の繊維よりも、モノフィラメント同士をバインダーで収束させた収束繊維状の繊維の方が、繊維を本数として多く混入できるので好ましい。

短繊維（H）1gあたりの本数は、5000本以上が好ましく、6000本以上がより好ましい。短繊維（H）1gあたりの本数が5000本以上であると、短繊維（H）による補強効果や初期ひび割れ抑制効果が十分に発揮される。短繊維（H）1gあたりの本数の範囲の上限値は、特に限定されないが、通常40000本であり、好ましくは50000本である。短繊維（H）1gあたりの繊維本数は、繊維度（d t e x）：モノフィラメント 10000m あたりの質量（g）より下記式で求める。

$$\text{繊維本数（本／g）} = [1 / (\text{繊維度} / 10000 \text{（m）})] / \text{平均繊維長（m／本）}$$

短繊維（H）の使用量は、セメント（A）と骨材（G）との合計100質量部に対して0.1～1.0質量部が好ましく、0.2～0.5質量部がより好ましい。短繊維（H）の使用量が、セメント（A）と骨材（G）との合計100質量部に対して0.1質量部以上であると、補強効果をさらに発揮できる。短繊維（H）の使用量が、セメント（A）と骨材（G）との合計100質量部に対して1.0質量部以下であると、短繊維（H）がポンプ圧送に支障をきたすことをさらに抑制できる。

[0025] <他の成分>

本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルは、施工及び硬化体の性能に支障をきたさない範囲で、消泡剤、防錆剤、防凍剤、収縮低減剤、ベントナイトやセピオライト等の無機鉱物、ハイドロタルサイト等のアニ

オン交換体等の各種添加剤、ポリマーエマルジョン等を含むことが可能である。また、セメントに予め混和された無機粉末とは別に、高炉スラグ、シリカフューム、フライアッシュ等の水和活性のある無機粉末を使用することも可能である。

[0026] <水の使用量>

本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルに使用するドライセメント質材料は、水を加えて連続練り混ぜシステムを用いて連続的に練り混ぜて立体造形用ウェットセメントモルタル（以下、単に「ウェットセメントモルタル」という場合がある。）を調製し、立体造形に用いる。水の使用量は、セメント質材料１００質量部に対して１３～２０質量部が好ましく、１５～１８質量部がより好ましい。水の使用量が、セメント質材料１００質量部に対して１３質量部以上であると、練り混ぜが容易になる。水の使用量が、セメント質材料１００質量部に対して２０質量部以下であると、ウェットセメントモルタルの流動性の増加が抑制され、自立性がさらに向上する。

[0027] <連続練り混ぜシステム>

図１に示す連続練り混ぜシステムを例に挙げて、本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルで使用する連続練り混ぜシステムについて以下説明する。なお、図１に示す連続練り混ぜシステムは本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルで使用する連続練り混ぜシステムを限定するものではない。

本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルで使用する連続練り混ぜシステムは、ドライセメント質材料を連続的に供給する装置（ア）、連続的に水を供給する装置（イ）、それらを連続的に混合しウェットモルタルを製造できる横向きのスクリー軸が収容された円筒状の攪拌装置（ウ）を有している。

[0028] 本連続練り混ぜシステム１のドライセメント質材料を連続的に供給する装置（ア）とは、貯蔵ホッパー１０と、内部に水平軸のスクリー軸７０が収容され、そのスクリー軸７０が回転することで投入されたドライセメント

質材料を排出口40に導くものであり、連続的に練り混ぜるために攪拌部50に材料を送り込むためのものである。貯蔵ホッパー10の形状および容量は、特に限定するものではないが、あらゆる補修および補強箇所への対応が可能とするため、容量としては30～200リットル程度のものが好ましい。形状としては、貯蔵ホッパー底部にスクリー軸70を装備するため、ドライセメント質材料が振動や衝撃を与えなくても自然にスクリー軸70によって送り出されるように傾斜を付けた形状のものが好ましい。この貯蔵ホッパー10を閉鎖系にする場合は、材料投入口全体に空気輸送されてくるドライセメントモルタルが貯蔵できるように、配管口と圧縮空気のみが排出できるフィルターを装備した不図示のカバーを取り付ける。このカバーの固定は、簡単に取り外しができ粉塵が漏洩しないように、カバーと貯蔵ホッパー接触部にゴムパッキンを介して固定すればよい。

[0029] 本連続練り混ぜシステム1の連続的に水を供給する装置(イ)とは流量計20等を介して安定的に水を供給するものである。水の供給位置は、ウェットセメントモルタルの排出口40から0.2～1.5mが好ましく、0.3～1.2mがより好ましい。水の供給位置が、ウェットセメントモルタルの排出口から0.2～1.5m以上であると攪拌効率がさらに改善される。供給する水量は、予めドライセメント質材料のみの送り量を測定し、かかる量に応じて適宜設定すればよい。水は流量計20を装備した管30を供給口に接続することで供給量を計測でき、微調整は、管30にニードルバルブを設け、その開閉具合を調整すること等で実施できる。供給される水はある一定の水圧が掛かった状態で供給され、水圧は0.2MPa以上が好ましい。水圧が0.2MPa以上であると、水をより安定的に供給することができる。

[0030] 本連続練り混ぜシステム1のスクリー軸70が収容された円筒状の攪拌部50とは、連続的に送り出されるドライセメント質材料に連続的に水を供給することで連続的にウェットセメントモルタルを製造できるものである。貯蔵ホッパー10から送り出されるドライセメント質材料に水を添加してウェットセメントモルタルを製造する部分である。円筒状の攪拌部50は、内

部に攪拌羽根 60 が装備されており、貯蔵ホッパー 10 のスクリー軸 70 の回転運動が伝達されるように接続されている。攪拌羽根 60 の回転数は 100～400 rpm が好ましく 200～300 rpm がより好ましい。攪拌羽根 60 の回転数が 100 rpm 以上であると、練り混ぜ効率が改善され、攪拌羽根 60 の回転数が 400 rpm 以下であると、モルタルが加熱されフローダウンや硬化時間が早くなることを抑制できる。

[0031] [建設向けの立体造形方法]

本発明の建設向けの立体造形方法は、本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルをポンプで圧送し、ノズルから吐出される立体造形用ウェットモルタルを、ノズルを移動させながら積層することで造形体を構築する。上記ポンプは、回転容積式一軸偏心ねじポンプであることが好ましい。

図 2 に示す立体造形システム 2 を例に挙げて、本発明の建設向けの立体造形方法（以下、単に「立体造形方法」という場合がある）について以下説明する。なお、図 2 に示す立体造形システム 2 は本発明の立体造形方法を限定するものではない。本発明の立体造形方法は、例えば、ドライセメント質材料の連続練混ぜ工程、練り混ぜて得られたウェットセメントモルタルのポンプ圧送工程、制御されたノズル移動による立体造形工程に分類できる。

[0032] 本発明のドライセメント質材料は、連続練り混ぜミキサー 80 で練り混ぜることができる。

[0033] 本発明で採用される練り混ぜたウェットセメントモルタルを圧送するポンプ 90 は、ウェットセメントモルタルの品質を低下させずに圧送可能なものであれば特に限定されないが、回転容積式一軸偏心ねじポンプ 90 が好ましい。回転容積式一軸偏心ねじポンプ 90 は、モノポンプまたスネークポンプと言われており、スクイズポンプと比べ、圧送時の脈動がなく定量圧送が可能であり、モーター回転数を制御することで吐出量も調整できる。また、回転容積式一軸偏心ねじポンプ 90 は、その構造から、圧送されるウェットセメントモルタルの温度が上昇しやすいと考えられ、ウェットセメントモルタルの硬化反応が短時間で進行し、自立安定性が向上して連続積層高さを大

きくできる点でも好ましい。すなわち、回転容積式一軸偏心ねじポンプ90は、雄ねじにあたるローターと雌ねじにあたるステーターを備えており、ステーターの中にローターが差し込まれた状態で、その隙間にキャビティーといわれる密閉空間（例えば、ローターとステーターの間の空間）が形成され、ローターがステーター内で回転することにより、強い吸引力を発生させながら、キャビティーが吐出側へと移動することで材料を連続的に移送する機構を有する。移送時には例えば、ローターは、ステーターの中心軸を中心にして公転移動しながら自転する偏心回転運動を行うようになっている。そして、最初のキャビティーの材料が前（吐出側）のキャビティーに吸引力で移動する際、ステーター面との摩擦抵抗により加温されることが考えられる。このような加温現象を活用すれば、可使時間を確保しつつ、より自立安定性に優れた立体造形を実現できる。例えば、回転容積式一軸偏心ねじポンプ90は、国際公開第2014/142239号の段落0063～0064に例示されている。

圧送配管100は耐圧2～4 MPaのフレキシブルホースや部分的に金属配管を組み合わせても使用することができ、設定する吐出量にもよるが、配管径は内径で20～50 mmが好ましい。圧送配管100の距離は、特に限定するものではないが、20 m以下が圧送性を考慮すると好ましい。

[0034] 本発明のウェットセメントモルタルを吐出する吐出部（圧送配管の先端）にはノズル110を設ける。吐出口111（図3参照）の径は特に限定するものではないが、使用する骨材径や積層する幅によって適宜設定すればよい。例えば、骨材径が5 mm以下、積層幅が50 mm以下であれば、吐出口111の径は8～20 mmが好ましい。吐出口111の形状は、特に限定するものではないが、円形、楕円形、矩形、十字形、星形等が挙げられ、吐出されたウェットセメントモルタルの表面に平滑性を付与することを目的に吐出口周囲にツバを設けてもよい。これらは、ベッド120に対して垂直に吐出口111を設けるが、場合によっては、水平方向に吐出口111を設けてもよい。

[0035] 立体造形システム2の水平方向と垂直方向のノズル移動の制御は、例えば、ロボットアーム130や門型プロッターに吹付けノズル110を固定し、コンピュータ制御することが好ましい。たとえば、コンピュータで作成した3次元データを所定の厚さで切断して2次元スライスデータを作成し、ノズル110を2次元スライスデータに基づいて縦・横・斜め等水平方向の移動制御を行いながら、ベッド120に吹付けノズル110からウェットセメントモルタルを吐出させ、垂直方向にノズルを移動させることを繰り返してウェット材料を順次積層させて立体造形体140（図4参照）を造形する方法が可能である。なお、ロボットアーム130や門型プロッターに吹付けノズル110を固定したとき、圧送配管100が折れ曲がって閉塞しないようにするために、滑車150を用いるとよい。

ノズル110の移動速度は、特に限定されず、ウェット材料を積層する幅によって変えることができる。ウェット材料の吐出量が一定の場合、スピードを遅くすればウェット材料の積層幅が大きくなり、スピードを速くすればウェット材料の積層幅が小さくなる。

実施例

[0036] 以下、実施例に基づき本発明をさらに詳細に説明するが、実施例は本発明を限定しない。

[0037] <実施例1>

セメント100質量部に対して、骨材150質量部、リグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）との質量割合が $R/M = 100/200$ の分散剤1.0質量部、表1に示す種類と量のダイユータンガム、凝結遅延剤ア0.25質量部、及び表1に示すカルシウムアルミノシリケート100質量部に対してセッコウを150質量部配合した混合物を20質量部配合するとともに、短繊維aをセメントと骨材の合計100質量部に対して0.2質量部配合し、ドライセメント質材料を調製した。この調製した材料100質量部に対して水17質量部となるよう、連続練り混ぜ装置（表1の「連続」）のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調

整し練り混ぜた。得られたウェットセメントモルタルのモルタルフロー（MF、静置と15打）、硬化時間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。比較として市販のバッチ式ミキサー（表1の「バッチ」）を用いて練り混ぜたウェットセメントモルタルについても同様に測定を行った。結果を表1に示す。

[0038]（使用材料）

<セメント（A）>

セメント：普通ポルトランドセメント（デンカ（株）製、ブレン比表面積 $3400\text{ cm}^2/\text{g}$ ）

<骨材（B）>

骨材：石灰石骨材（デンカ（株）製、最大粒子径 1.2 mm 、比重 2.71 ）

<分散剤（C）>

リグニンスルホン酸系分散剤（R）：日本製紙（株）製、商品名「サンエキスP252」

メラミンスルホン酸系分散剤（M）：日本シーカ（株）製、商品名「シーカメントFF86/100」

<ダイユータンガム（D）>

ダイユータンガムA：ブドウ糖を出発原料としてアルカリゲネス属の微生物を用いて好気発酵することによって合成した。分子量 410 万 、 $0.25\text{ 質量\%}$ 水溶液の粘度 $5600\text{ mPa}\cdot\text{s}$

ダイユータンガムB：発酵時間を変えた以外はダイユータンガムAと同様に合成した。分子量 220 万 、 $0.25\text{ 質量\%}$ 水溶液の粘度 $2300\text{ mPa}\cdot\text{s}$

ダイユータンガムC：発酵時間を変えた以外はダイユータンガムAと同様に合成した。分子量 530 万 、 $0.25\text{ 質量\%}$ 水溶液の粘度 $7500\text{ mPa}\cdot\text{s}$

ダイユータンガムD：発酵時間を変えた以外はダイユータンガムAと同様に

合成した。分子量780万、0.25質量%水溶液の粘度 9600 mPa
・ s

ダイユータンガムE：発酵時間を変えた以外はダイユータンガムAと同様に
合成した。分子量180万、0.25質量%水溶液の粘度 1800 mPa
・ s

<ダイユータンガム以外の増粘剤>

増粘剤A：セルロースエーテル系（信越化学工業（株）製、商品名「hi9
OSH-30000」（20℃で2質量%水溶液の粘度が30000 mP・
s））

<凝結遅延剤（E）>

凝結遅延剤ア：クエン酸（試薬1級）

<非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）>

カルシウムアルミノシリケートA：市販特級試薬のSiO₂、CaCO₃、Al₂O₃を所定割合になるように混合し、高周波炉を用いて約2000℃で加熱熔融し、水中で急冷し、粉碎して調製したもの（非晶質、SiO₂含有量10.1%、CaO/Al₂O₃モル比1.85、ブレン比表面積5900 cm²/g）

カルシウムアルミノシリケートB：試薬の配合割合を変えた以外はカルシウムシリケートAと同様にして調製したもの（非晶質、SiO₂含有量14.9%、CaO/Al₂O₃モル比1.85、ブレン比表面積5800 cm²/g）

カルシウムアルミノシリケートC：試薬の配合割合を変えた以外はカルシウムシリケートAと同様にして調製したもの（非晶質、SiO₂含有量24.6%、CaO/Al₂O₃モル比1.85、ブレン比表面積5800 cm²/g）

<セッコウ（G）>

セッコウ：天然無水セッコウ粉碎品（ブレン比表面積5200 cm²/g）

<短繊維（H）>

短繊維 a : ビニロン繊維 (平均繊維長 12 mm、平均繊維径 50 μ m、1 g あたりの繊維本数 55500 本)

[0039] (連続練り混ぜシステム)

図 1 に示す攪拌羽根 (60) の回転数 280 rpm、水供給管 (30) からの水の供給口とウェットセメントモルタル排出口 (40) の距離 1 m、供給水量はドライセメント質材料の 1 分あたりの排出量を予め計測し、それに対して水 17 質量部の割合となるように流量計を見ながらバルブ調整した。

(市販のバッチ式ミキサー)

回転数 45 rpm で回転する羽根を有する通常のパン型ミキサーを用いて練り混ぜた。ドライセメント質材料の練り混ぜ量は 50 kg とし、水 17 質量部を加え 4 分間練り混ぜた。

[0040] (試験方法)

各試験はいずれも 20℃ の環境下で実施した。

(1) ブレーン比表面積

JIS R 5201-1997 に準じて測定した。

(2) 最大粒子径

JIS A 1102 に準じて骨材のふるい分けを行い、完全通過しない一番大きなふるい目の寸法を最大粒子径とした。

(3) 静置および 15 打モルタルフロー (MF)

JIS R 5201 に準拠した。フローコーンを抜き取った直後のモルタルフローを測定し静置フローとし、その後フローテーブルに 15 回落下運動を与えたモルタルフローを測定し 15 打フローとした。

(4) チクソ性

15 打フローと静置フローの差から、下記式を用いて算出した。

$$\text{チクソ性 (\%)} = \{ (15 \text{ 打フロー}) - (\text{静置フロー}) \} / \{ (\text{静置フロー}) \times 100 \}$$

チクソ性はポンプ圧送性と積層されたモルタルの自立性に影響を及ぼす物性であり静置フローが小さければ自立性に優れ、15 打フローが大きければポ

ンプ圧送性に優れる。

(5) 硬化時間

練り混ぜが完了してから、ウェット材料 2 kg をビニール袋に詰め、指で押しても凹まなくなったときを硬化時間とした。指で押すタイミングは 2 分間隔とした。

(6) 圧縮強度

JIS R 5201 の $4 \times 4 \times 16$ cm の三連型枠に練り混ぜた材料を充填し、材齢 3 時間、12 時間、1 日、7 日で測定した。

(7) 硬化モルタル中の空気量

気泡組織の観察は、ASTM C 457-98「Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete」のリアトラバース法に準じて行った。硬化後の空気量は、空気泡の合計トラバース長をトラバース全長で除した値とし、各気泡径範囲の空気量は、気泡径範囲ごとに合計トラバース長を算出し、トラバース全長で除した値とし、0.3 mm 以下の気泡径の合計量と 0.3 mm 以上の気泡径の合計量を算出した。

[0041]

[表1]

表1

実験 No.	ミキサー	カルシウム アルミノ シリケート	ダイユー タンガム	ダイユータンガム 添加量 (質量%)	MF (mm)		チクソ性 (%)	硬化時間 (分)	空気量 (Vol.%)		圧縮強度 (N/mm ²)				備考
					静置	15打			≤0.3mm	≥0.3mm	3時間	12時間	1日	7日	
1-1	連続	A	A	0.03	109	188	72.5	50	6.4	2.5	8.1	12.3	26.5	67.9	実施例
1-2				0.05	107	187	74.8	51	6.4	2.5	8.2	12.3	26.7	68.8	実施例
1-3				0.1	104	183	76.0	53	6.6	2.4	8.3	12.4	26.9	69.0	実施例
1-4				0.3	104	181	74.0	54	6.6	2.5	8.3	12.3	26.6	68.7	実施例
1-5				0.5	104	180	73.1	56	6.6	2.6	8.2	12.3	26.5	68.4	実施例
1-6				1	103	174	68.9	59	6.6	2.6	8.4	12.1	26.4	67.6	実施例
1-7		B	A	0.03	105	193	83.8	53	6.6	2.4	8.4	12.5	26.2	67.5	実施例
1-8				0.05	104	194	86.5	57	6.7	2.3	8.5	12.7	26.9	68.0	実施例
1-9				0.1	102	195	91.2	59	6.9	2.0	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
1-10				0.3	102	192	88.2	60	6.9	2.1	8.5	12.9	28.0	69.8	実施例
1-11				0.5	102	191	87.3	60	6.9	2.2	8.4	12.8	28.0	69.7	実施例
1-12				1	102	191	87.3	61	6.9	2.2	8.3	12.6	27.6	61.9	実施例
1-13		C	A	0.03	107	191	78.5	69	6.6	2.3	8.4	9.8	26.2	67.9	実施例
1-14				0.05	106	192	81.1	70	6.6	2.2	8.4	9.9	26.5	68.0	実施例
1-15				0.1	104	193	85.6	73	6.7	2.2	8.5	12.2	27.0	68.8	実施例
1-16				0.3	104	192	84.6	79	6.7	2.3	8.2	10.1	26.6	68.2	実施例
1-17				0.5	104	191	83.7	86	6.7	2.3	8.1	10.1	26.6	68.1	実施例
1-18				1	103	191	85.4	90	6.8	2.3	8.4	9.7	26.4	60.8	実施例
1-19		B	B	0.03	107	191	78.5	54	6.6	2.3	8.4	10.4	26.1	67.9	実施例
1-20				0.05	106	192	81.1	58	6.6	2.3	8.5	10.6	26.2	68.1	実施例
1-21				0.1	104	193	85.6	60	6.7	2.1	8.5	12.2	26.6	68.6	実施例
1-22				0.3	104	192	84.6	61	6.7	2.2	8.3	10.5	26.4	68.3	実施例
1-23				0.5	104	191	83.7	63	6.7	2.3	8.2	10.3	25.9	68.1	実施例
1-24				1	103	191	85.4	65	6.7	2.3	8.2	10.3	25.7	67.7	実施例
1-25		B	C	0.03	107	192	79.4	54	6.4	2.6	8.2	10.5	25.9	67.9	実施例
1-26				0.05	106	192	81.1	58	6.4	2.4	8.2	10.6	26.3	68.1	実施例
1-27				0.1	105	191	81.9	62	6.5	2.4	8.4	12.3	26.4	68.3	実施例
1-28				0.3	105	189	80.0	64	6.5	2.5	8.3	10.7	26.2	68.2	実施例
1-29				0.5	105	189	80.0	65	6.5	2.5	8.2	10.5	26.0	68.2	実施例
1-30				1	104	189	81.7	69	6.6	2.5	8.2	10.3	25.9	67.8	実施例
1-31		B	D	0.03	108	190	75.9	55	6.4	2.3	8.1	9.5	26.2	67.7	実施例
1-32				0.05	106	190	79.2	59	6.5	2.3	8.2	9.7	26.2	68.1	実施例
1-33				0.1	104	192	84.6	63	6.6	2.3	8.4	12.3	26.5	68.5	実施例
1-34				0.3	104	192	84.6	64	6.6	2.4	8.3	9.9	26.4	68.4	実施例
1-35				0.5	103	190	84.5	66	6.6	2.5	8.2	9.8	26.3	68.3	実施例
1-36				1	103	189	83.5	67	6.7	2.5	8.1	9.4	21.3	67.9	実施例
1-37		B	E	0.03	124	181	46.0	68	3.5	5.2	2.0	6.5	15.4	57.0	比較例
1-38				0.05	122	182	49.2	67	3.6	5.2	1.8	6.7	15.5	57.2	比較例
1-39				0.1	120	183	52.5	65	3.7	5.2	1.5	6.8	16.2	57.1	比較例
1-40				0.3	118	183	55.1	62	3.7	5.5	0.9	6.0	15.4	55.6	比較例
1-41				0.5	117	183	56.4	64	3.7	5.5	—	4.4	13.2	52.0	比較例
1-42				1	113	182	61.1	71	3.3	5.5	—	3.9	12.9	51.5	比較例
1-43		B	増粘剤A	0.1	131	199	51.9	66	2.1	6.7	—	3.3	11.8	52.2	比較例
1-44	ハッチ	A	A	0.03	126	175	38.9	24	1.1	7.7	6.1	10.9	24.8	60.4	比較例
1-45				0.05	124	177	42.7	25	1.2	7.7	6.2	11.0	24.9	61.3	比較例
1-46				0.1	122	179	46.7	27	1.2	7.7	6.5	11.3	25.1	62.5	比較例
1-47				0.3	121	178	47.1	28	1.3	7.6	6.4	11.1	24.3	61.9	比較例
1-48				0.5	120	178	48.3	28	1.3	7.4	6.2	11.1	24.0	61.8	比較例
1-49				1	119	177	48.7	27	1.3	7.5	6.0	10.9	24.0	61.0	比較例
1-50		B	A	0.1	120	175	45.8	29	1.2	7.3	6.7	11.3	25.6	63.3	比較例
1-51		C	A	0.1	121	174	43.8	28	1.2	7.5	5.9	10.2	23.7	61.5	比較例
1-52		B	B	0.1	123	175	42.3	26	1.1	7.8	5.8	10.5	23.4	60.5	比較例
1-53		B	C	0.1	122	173	41.8	26	1.0	7.7	5.8	10.6	23.1	60.1	比較例
1-54		B	D	0.1	122	174	42.6	27	1.0	7.2	5.7	10.2	22.4	59.7	比較例

—:測定又は試験体採取不可

[0042] 表1より、本発明における組成範囲のドライセメント質材料を用いて本発明における連続練り混ぜシステムにより得られたウェットセメントモルタルでは、練り混ぜ効率が向上し、気泡径の大きな空気が減少し、気泡径の小さな空気が多く混入されることにより優れたチクソ性を示すため、ポンプ圧送

性に支障をきたさず、圧送後に自立性を確保することができる。さらに初期強度及び長期強度ともに優れた値を示すため優れた積層速度、施工速度が得られる。一方、本発明における範囲を外れたダイユータンガム、その他の増粘剤を使用した場合、バッチ式ミキサーで練り混ぜを行って得られたウェットセメントモルタルは、チクソ性や初期強度発現性が悪くなり十分な積層速度及び施工速度が得られない。

[0043] <実施例 2>

セメント 100 質量部に対して、骨材 150 質量部、表 1 に示す種類及び量の分散剤、ダイユータンガム A 0.1 質量部、凝結遅延剤 A 0.25 質量部、及びカルシウムアルミノシリケート B 100 質量部に対してセッコウを 150 質量部配合した混合物を 20 質量部配合するとともに、短繊維 a をセメントと骨材の合計 100 質量部に対して 0.2 質量部配合し、ドライセメント質材料を調製した。この調製した材料 100 質量部に対して水 17 質量部となるよう、連続練り混ぜ装置のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調整し練り混ぜた。得られたウェットセメントモルタルのモルタルフロー（MF、静置および 15 打）、硬化時間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。結果を表 2 に示す。

[0044]

[表2]

表2

実験 No.	R/M (質量比)	R+M合計 (質量部)	MF (mm)		チクソ性 (%)	硬化時間 (分)	圧縮強度 (N/mm ²)				備考
			静置	15打			3時間	12時間	1日	7日	
2-1	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
2-2	100/80	0.2	100	185	85.0	40	8.4	12.6	26.3	68.4	実施例
2-3		0.5	101	187	85.1	44	8.5	12.7	26.9	68.5	実施例
2-4		1.0	102	189	85.3	53	8.9	13.0	28.0	69.0	実施例
2-5		2	104	190	82.7	58	8.5	12.8	27.9	68.9	実施例
2-6		3	105	189	80.0	67	8.4	12.8	27.6	68.9	実施例
2-7	100/100	0.2	100	190	90.0	44	8.4	12.6	27.6	67.5	実施例
2-8		0.5	101	191	89.1	50	8.5	12.7	26.8	68.0	実施例
2-9		1.0	103	192	86.4	56	8.9	13.0	27.9	69.8	実施例
2-10		2	104	195	87.5	60	8.5	12.8	27.4	69.6	実施例
2-11	100/200	3	106	199	87.7	69	8.4	12.8	27.3	69.5	実施例
2-12		0.2	101	192	90.1	45	8.4	12.5	26.2	69.8	実施例
2-13		0.5	101	193	91.1	52	8.5	12.7	26.9	69.9	実施例
1-9		1.0	102	195	91.2	59	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
2-14	100/400	2	103	195	89.3	63	8.5	12.9	28.0	69.8	実施例
2-15		3	103	195	89.3	70	8.4	12.8	28.0	69.7	実施例
2-16		0.2	104	194	86.5	48	8.3	12.6	27.6	69.4	実施例
2-17		0.5	104	194	86.5	55	8.5	12.7	26.6	69.5	実施例
2-18	100/0	1.0	104	195	87.5	60	8.9	13.0	28.0	69.9	実施例
2-19		2	105	195	85.7	68	8.5	12.8	27.7	69.0	実施例
2-20		3	107	193	80.4	75	8.4	12.8	27.4	68.7	実施例
2-21	0/100	1.0	119	192	61.3	32	6.3	10.0	23.6	59.4	比較例
2-22	100/0	1.0	100	135	35.0	86	3.2	8.5	23.9	60.0	比較例

ー：測定又は試験体採取不可

R：リグニンスルホン酸系分散剤

M：メラミンスルホン酸系分散剤

R及びMの合計は、セメント100質量部に対する質量部

[0045] 表2より本発明における範囲のリグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）を併用することで得られたウェットセメントモルタルは、優れたチクソ性を示し、ポンプ圧送性に支障をきたさず、圧送後に自立性を確保することができる。

[0046] <実施例3>

セメント100質量部に対して、骨材150質量部、リグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）との質量割合がR/M＝100/200の分散剤1.0質量部、ダイユータンガムA0.1質量部、凝結遅延剤A0.25質量部、及びカルシウムアルミノシリケートBとセッコウとの割合が表3に示す比率である混合物を20質量部配合するとともに、短繊維aをセメントと骨材の合計100質量部に対して0.2質量部配

合し、ドライセメント質材料を調製した。この調製した材料 100 質量部に対して水 17 質量部となるよう、連続練り混ぜ装置のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調整し練り混ぜた。得られたウェットセメントモルタルのモルタルフロー（MF、静置および 15 打）、硬化時間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。結果を表 3 に示す。

[0047] [表3]

表3

実験 No.	CAS/CS (質量比)	MF (mm)		チクソ性 (%)	硬化時間 (分)	圧縮強度 (N/mm ²)				備考
		静置	15打			3時間	12時間	1日	7日	
3-1	100/50	102	194	90.2	44	7.5	11.1	26.6	66.8	実施例
3-2	100/100	102	194	90.2	50	8.0	12.0	27.4	67.9	実施例
1-9	100/150	102	195	91.2	59	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
3-3	100/200	103	196	90.3	60	8.8	12.6	27.6	68.8	実施例
3-4	100/250	103	196	90.3	62	8.7	12.6	27.5	68.4	実施例

CAS:カルシウムアルミノシリケートB

CS:セッコウ

[0048] カルシウムアルミノシリケート 100 質量部に対してセッコウを 50～250 質量部使用することで得られたウェットセメントモルタルは、自立性を確保するための適度なチクソ性と硬化時間、高い圧縮強度とが得られることがわかる。

[0049] <実施例 4>

セメント 100 質量部に対して、骨材 150 質量部、リグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）との質量割合が R/M = 100/200 の分散剤 1.0 質量部、ダイユータンガム A0.1 質量部、凝結遅延剤 A0.25 質量部、及びカルシウムアルミノシリケート B 100 質量部に対してセッコウ 150 質量部からなる混合物を表 4 に示す量配合するとともに、短繊維 a をセメントと骨材の合計 100 質量部に対して 0.2 質量部配合し、立体造形用セメント質材料を調製した。この調製した材料 100 質量部に対して水 17 質量部となるよう、連続練り混ぜ装置のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調整し練り混ぜた。得られたウェットセメントモルタルのモルタルフロー（MF、静置と 15 打）、硬化時

間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。結果を表4に示す。

[0050] [表4]

表4

実験 No.	CAS+CS合計 (質量部)	MF (mm)		チクソ性 (%)	硬化時間 (分)	圧縮強度 (N/mm ²)				備考
		静置	15打			3時間	12時間	1日	7日	
4-1	5	104	196	88.5	88	4.9	10.2	27.0	68.8	実施例
4-2	10	104	196	88.5	75	6.0	10.9	27.1	69.2	実施例
4-3	15	103	195	89.3	62	7.2	11.8	27.9	69.5	実施例
1-9	20	102	195	91.2	59	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
4-4	25	102	193	89.2	47	9.1	13.4	29.1	69.9	実施例
4-5	30	101	191	89.1	31	9.9	14.1	29.4	69.8	実施例

CAS:カルシウムアルミノシリケートB

CS:セッコウ

CAS及びCSの合計は、セメント100質量部に対する質量部

[0051] カルシウムアルミノシリケートとセッコウの合計の使用量をセメント100質量部に対して5～30質量部とすることで得られたウェットセメントモルタルは、自立性を確保するための適度なチクソ性と硬化時間とが得られることがわかる。

[0052] <実施例5>

セメント100質量部に対して、表5に示す量の骨材とバルーン系骨材、リグニンスルホン酸系分散剤(R)とメラミンスルホン酸系分散剤(M)との質量割合がR/M=100/200の分散剤1.0質量部、ダイユータンガムA0.1質量部、凝結遅延剤ア0.25質量部、並びにカルシウムアルミノシリケートB100質量部に対してセッコウ150質量部からなる混合物20質量部を配合するとともに、短繊維aをセメントと骨材の合計100質量部に対して0.2質量部配合し、立体造形用セメント質材料を調製した。この調製した材料100質量部に対して水17質量部となるよう、連続練り混ぜ装置のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調整し練り混ぜた。得られたウェットセメントモルタルのモルタルフロー(MF、静置および15打)、硬化時間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。結果を表5に示す。

[0053] (使用材料)

<骨材 B>

骨材：石灰石骨材（デンカ（株）製、最大粒子径 1.2 mm、比重 2.71）

バルーン系骨材：巴工業（株）製、商品名「セノライト SA」（火力発電所で発生したフライアッシュバルーンの粒度調整品、中国産、比重 0.88、最大粒子径 120 μm 以下）

[0054] [表5]

表5

実験 No.	骨材 (質量部)	バルーン系骨材 (質量部)	MF (mm)		チクソ性 (%)	硬化時間 (分)	圧縮強度 (N/mm ²)				備考
			静置	15打			3時間	12時間	1日	7日	
5-1	50	0	105	198	88.6	26	8.6	12.9	28.1	70.1	実施例
5-2	100	0	104	197	89.4	27	8.8	13.0	28.2	70.2	実施例
1-9	150	0	102	195	91.2	59	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
5-3	200	0	102	195	91.2	58	8.3	12.4	28.0	69.5	実施例
5-4	300	0	102	194	90.2	59	8.0	12.1	27.3	67.9	実施例
5-5	149	1	101	194	92.1	59	8.8	12.9	28.1	70.1	実施例
5-6	147	3	101	194	92.1	59	8.8	12.9	28.0	69.9	実施例
5-7	140	10	100	194	94.0	58	8.6	12.2	27.4	68.8	実施例
5-8	135	15	100	194	94.0	60	8.3	11.9	26.9	67.9	実施例

骨材とバルーン系骨材は、セメント100質量部に対する質量部

[0055] 骨材の使用量をセメント100質量部に対して50～300質量部とすることで得られたウェットセメントモルタルは、自立性を確保するための適度なチクソ性と硬化時間とが得られることがわかる。また、バルーン系骨材の使用により得られたウェットセメントモルタルは、チクソ性が増加し、自立性が向上することがわかる。

[0056] <実施例 6>

セメント100質量部に対して、骨材150質量部、リグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）との質量割合がR/M＝100/200の分散剤1.0質量部、ダイユータンガムA0.1質量部、表6に示す種類及び量の凝結遅延剤、並びにカルシウムアルミノシリケートB100質量部に対してセッコウ150質量部からなる混合物20質量部を配合するとともに、短繊維aをセメントと骨材の合計100質量部に対して0.2質量部配合し、立体造形用セメント質材料を調製した。この調製した材料100質量部に対して水17質量部となるよう、連続練り混ぜ装置のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調整し練り混ぜた。得ら

れたウェットセメントモルタルのモルタルフロー（MF、静置および15打）、硬化時間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。結果を表6に示す。

[0057]（使用材料）

＜凝結遅延剤（E）＞

凝結遅延剤ア：クエン酸（試薬1級）

凝結遅延剤イ：グルコン酸（試薬1級）

凝結遅延剤ウ：クエン酸三ナトリウム（試薬1級）

[0058] [表6]

表6

表 6											
実験 No.	凝結遅延剤 (質量部)	MF (mm)		チクソ性 (%)	硬化時間 (分)	圧縮強度 (N/mm ²)				備考	
		静置	15打			3時間	12時間	1日	7日		
6-1	ア	0.05	101	194	92.1	43	9.1	13.8	28.9	70.1	実施例
1-9		0.25	102	195	91.2	59	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
6-2		0.50	103	196	90.3	68	7.9	10.8	27.9	69.9	実施例
6-3		0.70	103	196	90.3	80	7.1	10.7	27.8	69.9	実施例
6-4	イ	0.05	103	194	88.3	39	9.1	13.6	28.8	70.1	実施例
6-5		0.07	103	194	88.3	43	8.8	12.9	28.1	70.2	実施例
6-6		0.10	103	194	88.3	55	8.6	12.7	27.9	70.1	実施例
6-7		0.25	104	195	87.5	61	8.6	10.9	27.7	70.0	実施例
6-8		0.50	104	195	87.5	77	7.8	10.7	27.6	69.9	実施例
6-9		0.70	104	195	87.5	88	6.9	10.5	27.5	69.9	実施例
6-10	ウ	0.05	102	194	90.2	40	8.9	13.7	28.6	70.1	実施例
6-11		0.07	103	195	89.3	47	8.6	12.9	27.9	70.2	実施例
6-12		0.10	103	195	89.3	51	8.3	12.7	27.8	70.1	実施例
6-13		0.25	104	195	87.5	57	8.0	11.0	27.6	70.0	実施例
6-14		0.50	104	196	88.5	64	7.7	10.7	27.5	69.9	実施例
6-15		0.70	104	196	88.5	77	7.0	10.6	27.4	69.9	実施例

凝結遅延剤は、セメント100質量部に対する質量部

[0059] オキシカルボン酸類を含有する凝結遅延剤をセメント100質量部に対して0.05～0.7質量部使用することで得られたウェットセメントモルタルは、短時間圧縮強度を損なうことなく自立性を確保するためのチクソ性と硬化時間とが得られることがわかる。

[0060] ＜実施例7＞

セメント100質量部に対して、骨材150質量部、リグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）との質量割合がR/M＝100/200の分散剤1.0質量部、ダイユータンガムA0.1質量部

、凝結遅延剤ア 0. 25 質量部、及びカルシウムアルミノシリケート B 10 0 質量部に対してセッコウ 150 質量部からなる混合物 20 質量部を配合するとともに、セメントと骨材の合計 100 質量部に対して表 7 に示す種類及び量の短繊維を配合し、立体造形用セメント質材料を調製した。この調製した材料 100 質量部に対して水 17 質量部となるよう、連続練り混ぜ装置のドライセメント質材料供給部と水供給部の供給量を調整し練り混ぜた。得られたウェットセメントモルタルのモルタルフロー（MF、静置および 15 打）、硬化時間及び圧縮強度を測定するとともに、チクソ性を算出した。結果を表 7 に示す。

[0061] （使用材料）

＜短繊維（H）＞

短繊維 a：ビニロン繊維（平均繊維長 12 mm、平均繊維径 50 μ m、1 g あたりの繊維本数 55500 本）

短繊維 b：ナイロン繊維（東レ・アムテックス（株）製、商品名「タフバインダー」（平均繊維長 10 mm、平均繊維径 28 μ m、1 g あたりの繊維本数 185200 本））

短繊維 c：ナイロン繊維（東レ・アムテックス（株）製、商品名「タフバインダー」（平均繊維長 5 mm、平均繊維径 28 μ m、1 g あたりの繊維本数 370500 本））

短繊維 d：ビニロン繊維（（株）クラレ製、商品名「RECS100L」（平均繊維長 12 mm、平均繊維径 130 μ m、1 g あたりの繊維本数 8300 本））

[0062] （試験方法）

初期ひび割れ幅：コンクリート製平板（縦 30 cm×横 30 cm×厚さ 6 cm）に型枠を設置し、厚み 2 cm となるように本発明のウェット材料を打設し、表面をコテで仕上げて試験体とした。その試験体を湿度 60%、温度 5℃の環境下で養生し、72 時間経過後のひび割れ幅を測定した。ここでのひび割れ幅とは、試験体に発生した任意のひび割れを 1 つ選んだときの、そ

の長さの中心付近の幅をいう。7 2 時間経過してもひび割れを発生しない場合は 0. 0 mm とした。

[0063] [表7]

表7

実験 No.	短繊維 (質量部)	MF (mm)		チクソ性 (%)	初期ひび割れ幅 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)				備考
		静置	15打			3時間	12時間	1日	7日	
7-1	0	108	197	82.4	0.25	8.7	12.8	28.2	69.9	比較例
7-2	0.10	103	195	89.3	0.1	8.8	12.9	28.2	70.0	実施例
1-9	0.20	102	195	91.2	0	8.9	13.0	28.3	70.2	実施例
7-3	a 0.30	101	194	92.1	0	8.8	12.8	28.1	70.0	実施例
7-4	0.50	100	194	94.0	0	8.8	12.8	27.9	69.9	実施例
7-5	1.00	100	194	94.0	0	8.7	12.7	27.9	69.7	実施例
7-6	0.10	104	195	87.5	0.1	8.6	12.9	28.0	69.9	実施例
7-7	0.20	103	195	89.3	0	8.7	12.9	27.8	69.9	実施例
7-8	b 0.30	101	194	92.1	0	8.8	12.8	27.7	70.0	実施例
7-9	0.50	100	193	93.0	0	8.7	12.7	27.6	69.8	実施例
7-10	1.00	100	193	93.0	0	8.7	12.6	27.5	69.5	実施例
7-11	0.10	103	195	89.3	0.1	8.6	12.9	28.2	69.5	実施例
7-12	0.20	103	195	89.3	0	8.5	12.8	28.2	69.6	実施例
7-13	c 0.30	102	194	90.2	0	8.7	12.7	28.1	69.8	実施例
7-14	0.50	101	193	91.1	0	8.7	12.7	27.8	69.6	実施例
7-15	1.00	100	192	92.0	0	8.7	12.7	27.6	69.5	実施例
7-16	0.10	103	194	88.3	0.1	8.5	12.8	28.1	69.8	実施例
7-17	0.20	102	194	90.2	0	8.6	12.7	28.1	69.8	実施例
7-18	d 0.30	102	193	89.2	0	8.7	12.6	28.1	70.0	実施例
7-19	0.50	100	190	90.0	0	8.7	12.6	27.7	69.6	実施例
7-20	1.00	100	190	90.0	0	8.5	12.6	27.5	69.5	実施例

短繊維は、セメントと骨材の合計100質量部に対する質量部

[0064] 平均繊維長が5～15 mmの短繊維を、セメントと骨材の合計100質量部に対して0.1～1.0質量部使用することで得られたウェットセメントモルタルは、自立性を確保するためのチクソ性と硬化時間とが得られるとともに、初期ひび割れを抑制できることがわかる。

[0065] <実施例8>

図2に示す立体造形システム2を用いて、実験No. 1-9、No. 1-50、No. 7-17、No. 7-18の配合で、立体造形実験を実施した。環境温度は24℃であった。そのときの、ミキサーで練り混ぜた直後のウェットセメントモルタルの温度、回転容積式一軸偏心ねじポンプ90で圧送されノズル先端の吐出口111から吐出されたウェットセメントモルタルの温度、硬化時間及び連続積層高さ測定した。その結果を表8に示す。

[0066] (立体造形システム)

ミキサー 80 : 本発明の連続練り混ぜミキサー

圧送ポンプ 90 : 回転容積式一軸偏心ねじポンプ (P F T 社製、商品名「P F T B O L E R O」)

圧送配管 100 : 4 M P a 耐圧フレキシブルホース (P F T 社製、内径 1 イ
ンチ、圧送配管の距離は 10 m)

ノズル 110 : 自作品 (図 3 参照。なお、図 3 (a) は吹付けノズルを横か
ら見た模式図であり、図 3 (b) は吹付けノズルを吐出口側から見た模式図
である。)、ノズル吐出口径 18 m m (円形) (図 3 (b) の符号 111 参
照。なお、斜線部分は吹付けノズルの吐出口の端面を示す。)

ロボットアーム 130 : 安川電機 (株) 製のロボットアーム (商品名「M O
T O M A N - M A 2 0 1 0」) を改造しアーム先端にノズルを固定して使用

[0067] (造形条件)

1 層あたりのセメント質材料の高さ : 10 m m

立体造形体の形状 : トラス形状 (縦 500 m m、横 1000 m m、積層幅 (肉厚) 30 m m 程度) (図 4 参照)

ウェット材料の吐出量 : $0.25 \text{ m}^3 / \text{h r}$ 、ノズル移動速度 : 180 m m / 秒

[0068] (試験方法)

材料の温度 : デジタル温度計で測定

硬化時間 : ノズル先端の吐出口より吐出した材料をサンプリングし実施例 1
と同様の方法で測定

連続積層高さ : 造形体が崩れるまで積層したときの高さをメジャーで計測

[0069]

[表8]

表8

実験 No.	配合	温度 (°C)		硬化時間 (分)	連続積層高さ (mm)	備考
		直後	ノズル先端			
8-1	No.1-9	25.5	31.0	28	2240	実施例
8-2	No.1-50	25.4	30.3	31	1080	比較例
8-3	No.7-17	25.9	35.2	26	2600	実施例
8-4	No.7-18	26.2	40.4	12	3000 $\leq$	実施例

[0070] 本発明における組成範囲のドライセメント質材料を用いて本発明における連続練り混ぜシステムにより得られたウェットセメントモルタルでは、チクソ性に優れるため連続積層高さが向上する。一方で本発明における範囲外であるバッチ練りを使用して得られたウェットセメントモルタルでは、チクソ性が低くモルタルの自重に耐えられず連続積層できない。

産業上の利用可能性

[0071] 本発明の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル、及び建設向けの立体造形方法を用いることで、一定量の材料供給が可能となり、一定の積層スピードを確保できる。また、優れた自立性及び強度発現性（特に初期強度発現性）が得られるので、短時間に大型の造形体を構築できる。さらに、本発明は、成形時に粉じんを発生しにくい。このため、本発明は、土木建築部材の製造等に好適に利用できる。

符号の説明

- [0072] 1 連続練り混ぜシステム
 2 立体造形システム
 10 貯蔵ホッパー
 20 流量計
 30 管
 40 排出口
 50 攪拌部

- 6 0 攪拌羽根
- 7 0 スクリュー軸
- 8 0 連続練り混ぜミキサー
- 9 0 回転容積式一軸偏心ねじポンプ
- 1 0 0 圧送配管（フレキシブルホース）
- 1 1 0 ノズル
- 1 1 1 吐出口
- 1 2 0 ベッド
- 1 3 0 ロボットアーム
- 1 4 0 立体造形体
- 1 5 0 滑車

請求の範囲

- [請求項1] セメント（A）、骨材（B）、リグニンスルホン酸系分散剤（R）とメラミンスルホン酸系分散剤（M）との質量割合が $R:M=100:80\sim400$ である分散剤（C）、平均分子量200万～800万の範囲にあり、 0.25 質量％水溶液の粘度が $2000\sim10000$ mPa・sの範囲にあるダイユータンガム（D）、凝結遅延剤（E）、酸化物換算で SiO_2 を $10\sim25$ 質量％含有する非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）、セッコウ（G）、及び短繊維（H）を含有する建設向け立体造形用ドライセメント質材料を連続的に供給する装置（ア）、連続的に水を供給する装置（イ）、それらを連続的に混合しウェットモルタルを製造できる水平軸のスクリュウ軸が収容された円筒状の攪拌装置（ウ）を有する連続練り混ぜシステムで連続的に練り混ぜられた建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。
- [請求項2] 前記建設向け立体造形用ドライセメント質材料100質量部に対して $13\sim20$ 質量部の水を含む請求項1に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。
- [請求項3] 前記セメント（A）100質量部に対して、前記分散剤（C）の使用量が $0.2\sim3$ 質量部である請求項1又は2に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。
- [請求項4] 前記セメント（A）100質量部に対して、前記ダイユータンガム（D）の使用量が $0.03\sim1.0$ 質量部である請求項1～3のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。
- [請求項5] 前記非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）100質量部に対して、前記セッコウ（G）の使用量が $50\sim250$ 質量部である請求項1～4のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。
- [請求項6] 前記セメント（A）100質量部に対して、前記非晶質カルシウムアルミノシリケート（F）と前記セッコウ（G）との合計の使用量が

5～30質量部である請求項1～5のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

[請求項7] 前記骨材（B）がバルーン系骨材を含む請求項1～6のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

[請求項8] 前記凝結遅延剤（E）がオキシカルボン酸類を含有する請求項1～7のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

[請求項9] 前記短繊維（H）の平均繊維長が5～15mmである請求項1～8のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

[請求項10] 前記短繊維（H）の平均繊維径が20～250 μ m、1gあたりの繊維本数が5000本以上である請求項9に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタル。

[請求項11] 請求項1～10のいずれか1項に記載の建設向け立体造形用ウェットセメントモルタルをポンプで圧送し、ノズルから吐出される前記建設向け立体造形用ウェットモルタルを、前記ノズルを移動させながら積層することで造形体を構築する建設向けの立体造形方法。

[請求項12] 前記ポンプが回転容積式一軸偏心ねじポンプである請求項11に記載の建設向けの立体造形方法。