

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6685224号  
(P6685224)

(45) 発行日 令和2年4月22日 (2020.4.22)

(24) 登録日 令和2年4月2日 (2020.4.2)

(51) Int. Cl. F I  
**C O 4 B 16/12 (2006.01)** C O 4 B 16/12  
**C O 4 B 28/02 (2006.01)** C O 4 B 28/02  
**C O 4 B 16/04 (2006.01)** C O 4 B 16/04

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2016-530270 (P2016-530270)	(73) 特許権者	516029551
(86) (22) 出願日	平成26年7月29日 (2014.7.29)		シールズ・テクノロジー・プロプライエタリー・リミテッド
(65) 公表番号	特表2016-527175 (P2016-527175A)		オーストラリア・サウス・オーストラリア・5072・マギル・ペッパー・ストリート・17
(43) 公表日	平成28年9月8日 (2016.9.8)	(74) 代理人	100108453
(86) 国際出願番号	PCT/AU2014/000758		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開番号	W02015/013744	(74) 代理人	100110364
(87) 国際公開日	平成27年2月5日 (2015.2.5)		弁理士 実広 信哉
審査請求日	平成29年6月29日 (2017.6.29)	(74) 代理人	100133400
(31) 優先権主張番号	2013101024		弁理士 阿部 達彦
(32) 優先日	平成25年7月29日 (2013.7.29)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	オーストラリア (AU)		
(31) 優先権主張番号	2014901226		
(32) 優先日	平成26年4月4日 (2014.4.4)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	オーストラリア (AU)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合構造材料及びそのための骨材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セメント質のバインダ、エネルギー的に改質されたセメント、又は、セメント混合物のいずれかの硬質なマトリックス内の骨材から形成された複合構造材料であって、前記骨材は粒状物質であり、各粒子は、3次元の骨材粒子を形成するように、中央ハブから外側に向かって、放射状に対称的に延在する少なくとも3つの放射状脚部を有しており、前記脚部が、前記中央ハブに最も近い位置において、前記中央ハブの直径／幅よりも小さい直径を有しており、前記中央ハブは、前記脚部の間に配置された、暴露される表面部分を有しており、前記表面部分は表面外形を含んでおり、前記複合構造材料は、2.0% v/v から 7.5% v/v の量で前記骨材を含んでおり、前記脚部の1つ以上が、円錐形又は円錐台形であり、前記中央ハブから遠ざかるにつれて直径が減少する、複合構造材料。

【請求項 2】

前記骨材を、2.5% v/v から 5.0% v/v の量で含んでいる、請求項 1 に記載の複合構造材料。

【請求項 3】

前記脚部の自由端が、平面を有しているか、又は、曲面（凸状若しくは凹状の表面）、球根状の球状端部を有しているか、又は、とがっている、請求項 1 又は 2 に記載の複合構造材料。

【請求項 4】

前記中央ハブが、概ね球状、概ね円筒状、又は、概ね立方体状の形を有している、請求

項 1 から 3 のいずれか一項に記載の複合構造材料。

【請求項 5】

前記表面外形が凹部である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の複合構造材料。

【請求項 6】

前記骨材粒子が、ポリスチレン、高密度ポリエチレン（H D P E）、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、ポリ塩化ビニル（P V C）、ポリカーボネート、ポリプロピレン、又は、任意の高密度プラスチックから成る群から選択されるプラスチック材料であるか、成形可能若しくは鑄造可能な非プラスチック材料（フライアッシュ等）、またはこれらの材料の混合物である、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の複合構造材料。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、セメント質の相のような、マトリックス内部に保持された骨材の相を有する種類の複合構造材料と、改善された複合構造材料を形成することが可能であるような骨材の新しい構造とに関する。

【背景技術】

【0002】

マトリックス単体（骨材を含まない）よりも大きい強度を有する複合構造材料を供給するために骨材を利用する複合構造材料が知られている。コンクリートが、そのような複合構造材料の典型的な例である。

20

【0003】

多くの種類のコンクリートが利用可能であり、これらのコンクリートは、主要成分の割合を変化させ、最終製品をその用途に合わせて、様々な強度、密度、又は、耐化学性及び耐熱性を有するように調整することによって形成される。典型的には、コンクリートは、マトリックスを形成するためにセメント質のバインダを含んでおり、水と、しばしば砂等の微粒子材料と、砂利、碎石（石灰岩若しくは花崗岩）、スラグ碎石、又は、再生ガラス等の粗粒材料の形における骨材と、を有している。典型的には、当該骨材は、総じて球状に形成されており、かなり高密度である。

【0004】

通常は単純に「セメント」と呼ばれる、このセメント質のバインダは、フライアッシュ及びスラグセメントのような、その他のセメント質材料も骨材のためのバインダとして用いられ得るものの、一般的にはポルトランドセメントである。

30

【0005】

水は、バインダ及び骨材の乾燥成分と混合され、当該乾燥成分は、作業者が（典型的には型又は鑄型に注入することによって）成形することができるとような半流動体を形成する。化学添加物を、特性を変化させるために添加することもできる。例えば、当該添加物は、コンクリートが硬化する速度を上げるか、又は、下げる可能性があり、また、その他の有益な特性を与える可能性もある。次に、コンクリートは凝固し、水和と呼ばれる化学プロセスを通じて硬化する。水和によって、水がセメントと反応し、他の成分を互いに結合させ、堅固な、「石のような」複合構造材料が形成される。

40

【0006】

コンクリートは、比較的高い圧縮強度を有しているが、引張強度ははるかに低い。それゆえに、コンクリートは、しばしば引張に強い材料で強化される（鋼であることが多い）。コンクリートの弾性は、低い応力レベルでは比較的一定であるが、比較的高い応力レベルでは、典型的にはマトリックスの亀裂が発現すると減少し始める。コンクリートは、非常に小さい熱膨張係数を有しており、経年で収縮する傾向を有している。従って、全てのコンクリート構造物は、収縮及び引張ゆえに、ある程度までの亀裂を生じる傾向がある。

【0007】

コンクリート成分の様々な混合は、通常 p s i 又は M P a で測定される様々な強度をもたらし、コンクリートの様々な強度は様々な目的に用いられる。例えば、強度が非常に低

50

い(15MPa又はそれより低い)コンクリートは、コンクリートが軽量でなければならない場合に用いられ得る。軽量コンクリートは、しばしば、空気、泡、又は、軽量の骨材を加えることによって得られ、通常、強度が減少するという副作用を有する。最も日常的な用途には、20MPaから30MPaのコンクリートが用いられる。しかしながら、35MPaのコンクリートは、比較的耐久性があるが、比較的高価な選択肢として、容易に入手可能な製品であり、比較的大きい土木プロジェクトに用いられることが多い。

#### 【0008】

35MPaよりも大きい強度は、特定の建築要素に用いられる。例えば、コンクリートの高層ビルの下の階の支柱には、80MPa又はそれより大きい強度を有するコンクリートを用いて、支柱の寸法を小さく保つことができる。橋は、70MPaのコンクリートの長い桁を用いて、必要な径間の数を減少させることができる。時には、その他の構造上の要求が、より強度の高いコンクリートを必要とする可能性もある。例えば、構造が堅固でなければならない場合には、強度の非常に高いコンクリートが指定され、使用荷重に耐えるために要求されるよりもはるかに強いコンクリートが指定される可能性さえある。この理由から、商業的には、130MPaの強度が用いられてきた。

#### 【0009】

コンクリートの強度は、逆に、また、著しく、硬化した製品における間隙の存在の影響を受けるので、コンクリートの混合物を硬化している間に可能な限り最大の密度を得ることが重要である。そのためには、このコンクリート混合物が、理想的には合理的な仕事量(振動)のみで、実質的に完全な圧縮を可能にするために十分な「ワーカビリティ」を有することが必要である。コンクリート内の間隙の存在は、その密度を減少させ、強度を大幅に減少させる。例えば、5%の間隙は、強度を30%も減少させる可能性がある。また、労働費用、最終製品の品質、及び、ある種の製品を得る可能性も全て、コンクリート混合物が容易に配置、成形及び圧縮されるという観点における、コンクリート混合物のワーカビリティの影響を受ける。

#### 【0010】

予備硬化したコンクリート混合物のワーカビリティは、しばしば単純にその「湿潤度」の基準と見なされるが、実際にはこのように、コンクリートの様々な成分の間の摩擦力を克服し、望ましくないにじみ又は分離を生じずに、完全な圧縮と、全ての間隙の除去とを可能にするために必要とされる内部作業の機能である。

#### 【0011】

コンクリート混合物のワーカビリティに数値尺度を適用するための従来の技術は、「スランプ試験」であり、当該試験は、典型的には、コンクリート混合物の流動性に関して、生成されたばかりのコンクリート混合物のコンシステンシーを調べるために行われるものである。スランプ試験は、コンクリートの圧縮された逆円錐形(「スランプコーン」又は「エイブラムスコーン」と呼ばれる)の、重力の作用下における挙動を観察する。

#### 【0012】

コーンは、固く、非吸収性の表面の上に配置され、3段階に分けて生コンクリートで充填され、毎回、標準寸法のロッドを用いて、抑えつけられる。コーンが、コンクリートコーンを妨げないように注意深く垂直に持ち上げられると、コンクリートは沈下する。この沈下は「スランプ」と呼ばれ、スランプが100mmより小さい場合には、最も近い5mmまで測定され、スランプが100mmより大きい場合には、最も近い10mmまで測定される。

#### 【0013】

沈下したコンクリートは様々な形状を有しており、その断面に応じて、スランプは、「標準スランプ」、「せん断スランプ」、又は、「崩落スランプ」と呼ばれる。結果がせん断スランプ又は崩落スランプになった場合、新しいサンプルを用いて試験が繰り返される。崩落スランプは、混合物の湿潤度が高すぎることを示唆している。標準スランプのみが、試験において有用である。スランプが0mmから25mmの範囲である、非常に乾燥した混合物は、道路の建設に用いられる傾向があり、ワーカビリティが低い；スランプが1

10

20

30

40

50

0 mmから40 mmの範囲である混合物は、軽量鉄筋の基礎に用いられる傾向があり、ワーカビリティは中程度である；スランプが50 mmから100 mmの範囲である混合物は、振動中に配置される標準的な鉄筋コンクリートに有用であり、ワーカビリティが高いコンクリート混合物であると見なされる。

【0014】

典型的には、コンクリート混合物内の骨材の体積が増加することによってワーカビリティは低下する。伝統的な見方は、滑らかで丸い骨材を用いると、ワーカビリティが増大する（角があって起伏のある骨材が用いられる場合はワーカビリティが減少するはずである）というものであった。骨材の寸法が大きくなればなるほど、骨材を潤滑化するために必要な水は少なくなり、ワーカビリティのために、追加の水が利用できるはずであるということ

10

【0015】

廃棄物（プラスチック製廃棄物等）を再利用するという社会的希望を支援するため、天然資源（砂利、碎石等）の乱用を回避するため、及び、もちろんより軽量で、強く、使用しやすいコンクリートを供給するために、コンクリート内の骨材として再利用物質を用いると有利であるということが、長年にわたって認識されてきた。

【0016】

J. S. Sweeneyによる特許文献1は、複合構造材料の一例であり、当該複合構造材料は、構造の中核要素として、骨材として繊維質の不織ウェブを用いる外部の複合材料の層も含んではいるものの、軽量の粒状スクラップ又はセメント質のバインダで接着された廃プラスチック骨材で形成されている。中核要素のプラスチック骨材は、コンクリートに用いられる典型的な砂利骨材の形状に類似した、概ね球形の発泡スチロールのビードから形成されていると言われている。

20

【0017】

R. L. Nicholasの特許文献2は、複合構造材料の別の一例であり、当該複合構造材料は、この場合は一様に分布したプラスチック繊維の形におけるプラスチック骨材によって強化されたセメント質のマトリックスを有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0018】

【特許文献1】米国特許第5209968号明細書

【特許文献2】米国特許第4778718号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

本発明は、典型的な複合構造材料よりも軽量ではあるが、所望のワーカビリティと強度とを依然として有している複合構造材料を形成できるような、新しい形状の骨材を供給することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0020】

本発明は、マトリックス内の骨材から形成された複合構造材料を供給しており、当該骨材は粒状物質であり、当該粒状物質の各粒子は、中央ハブから外側に向かって延在する少なくとも3つの放射状の脚部を含んでいる。

【0021】

本発明はまた、複合構造材料内で用いるのに適した骨材も供給しており、当該骨材は粒状物質であり、当該粒状物質の各粒子は、中央ハブから外側に向かって延在する少なくとも3つの放射状の脚部を含んでいる。

【0022】

各骨材粒子の中央ハブは、理想的には球状、円筒状、又は、立方体状の形を有しており

50

、これらの形状に近い形状である可能性もあり、その場合には、概ね球形、概ね円筒形、概ね立方体形、と言われる。

【 0 0 2 3 】

一形態では、中央ハブは概ね球形であり、1 mmから20 mmの範囲、好ましくは2 mmから15 mmの範囲、より好ましくは3 mmから12 mmの範囲、より好ましくは5 mmから10 mmの範囲の直径を有しているであろう。しかしながら、中央ハブは20 mmより大きくても良い。実際には、非常に大量の複合構造材料が用いられる場合、例えばダム壁体のような非常に大きな構造物に必要とされる場合には、中央ハブの直径は20 cmまで（又はそれより大きい）になる可能性もあると考えられる。

【 0 0 2 4 】

別の形態では、中央ハブは概ね立方体形であり、1 mmから20 mmの範囲、好ましくは2 mmから15 mmの範囲、より好ましくは3 mmから12 mmの範囲、より好ましくは5 mmから10 mmの範囲の幅を有しているであろう。しかしながら、この形態の中央ハブも、上述した理由により、20 mmより大きくても良い。

【 0 0 2 5 】

各骨材粒子が3つの脚部、4つの脚部、5つの脚部、6つの脚部、7つの脚部、8つの脚部、9つの脚部、又は、10の脚部を有していることが考えられる。好ましい形態では、粒子は6つの脚部を有しているであろう。

【 0 0 2 6 】

好ましい形態では、当該脚部は、中央ハブから外側に向かって、デカルト幾何に関して3次元に延在しており、その三次元空間の描写は、3つの座標軸を有しており、各軸は、原点においてそれぞれ残りの2つの軸に直交している。さらに、これらの脚部は好ましくは、中央ハブから放射状外側に向かって対称的に延在しているか、又は、これら脚部の内少なくともいくつかは放射状に対称的に配置されるであろう。脚部は、同じ寸法及び形状であって良く、又は、1つ以上の脚部が他の脚部と異なる寸法及び/又は形状を有しているが良い。

【 0 0 2 7 】

理想的には、骨材粒子の脚部は、円筒形、円錐形、又は、円錐台形であり、円錐形及び円錐台形の種類では、直径は中央ハブから遠ざかるにつれて減少するか増加するが、直径は中央ハブから遠ざかるにつれて減少することが好ましい。このことを考慮すると、いくつかの脚部が円筒形であり、いくつかの脚部が円錐台形で、その直径が中央ハブから遠ざかるにつれて減少するという形態が好ましいと考えられる。例えば、6つの脚部が含まれるという好ましい形態では、2つの脚部が円筒形で、4つの脚部が円錐台形であって良く、又は、2つの脚部が円錐台形で、残りの4つの脚部も円錐台形ではあるが、より先細になっていても良い。

【 0 0 2 8 】

脚部の自由端は、平面又は曲面（例えば凸状の表面若しくは凹状の表面）、又は、これらの組み合わせであって良い。代替的に、当該自由端は、円錐台形の端部を含むか、又は、球根のような、球状の端部を含んでいて良く、当該端部は、球状の端部の直径が、端部と脚部との間の接続点における脚部の直径よりも大きい端部である。

【 0 0 2 9 】

脚部の長さに関しては、全ての脚部が同じ長さを有することが好ましい。脚部の長さの範囲として好ましいのは、1 mmから20 mmの範囲、好ましくは2 mmから15 mmの範囲、より好ましくは3 mmから14 mmの範囲、より好ましくは6 mmから12 mmの範囲であるとも考えられる。しかしながら、脚部は20 mmよりも長くて良く、上述したように大量に用いられる場合には、20 cmまでの長さを有していても良い。

【 0 0 3 0 】

好ましい形態では、骨材粒子の各脚部の長さは、中央ハブの直径/幅と同じであるか、又は、それよりも大きいであろう。

【 0 0 3 1 】

脚部は、当然のことながら、直径又は幅を有している。脚部が円筒形、円錐形又は円錐台形である形態では、この寸法は直径と見なされるが、直径は、円錐形及び円錐台形の実施態様では、中央ハブから遠ざかるにつれて変化（減少又は増加）するであろう。好ましい形態では、骨材粒子の各脚部は、中央ハブに最も近い位置において、中央ハブの直径／幅と同じか、又は、それよりも小さい直径／幅を有しているであろう。より小さい場合、中央ハブは、脚部の間に配置された、暴露される表面部分を有しており、この表面部分は、骨材の複合構造材料のマトリックスとの物理的相互作用（カプセル化）を支援するために、くぼみを付けられているか、又は、さもなければ、表面外形（凹面等）を含むように適応させられていても良い。

【 0 0 3 2 】

10

しかしながら、少なくともハブと脚部とが接続する箇所において、中央ハブの直径／幅が、各脚部の直径／幅と同じであり、その結果、中央ハブがこの種類の曝露される表面部分を有さないことも考えられる。この形態では、中央ハブは、骨材粒子を見た場合に、容易には識別され得ない。

【 0 0 3 3 】

骨材粒子は、好ましくは、適切なプラスチック材料であり、ポリスチレン、高密度ポリエチレン（H D P E）、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、ポリ塩化ビニル（P V C）、ポリカーボネート、ポリプロピレン、又は、任意の高密度プラスチックのような再生プラスチック材料であっても、なくとも良いし、これらの材料の混合物であっても良い。同様に、骨材は、例えば、いくつかの粒子はH D P Eであり、いくつかの粒子はP V Cであるというように、異なるプラスチック材料から成る粒子を含んでいても良い。代替的には、骨材は、フライアッシュのような成形可能若しくは鑄造可能な非プラスチック材料から形成されていても良いし、又は、少なくともプラスチック材料とある割合の成形可能若しくは鑄造可能な非プラスチック材料とから形成されていても良い。

20

【 0 0 3 4 】

骨材粒子は中空か、少なくとも部分的に中空であるか、又は、中実であって良い。中実の骨材粒子が好ましいと考えられる。

【 0 0 3 5 】

複合構造材料のマトリックスは、ほとんどの場合、ポルトランドセメントのようなセメント質のバインダであるか、又は、エネルギー的に改質されたセメント、又は、セメント混合物、又は、その他の適切かつ望ましい形態のセメントであって良い。実際には、マトリックスは、さらに、ポリマー樹脂、泥土、瀝青、金属、又は、セラミックであって良い。マトリックスは、砂のような微細な骨材を含んでいても良く、当然のことながら、上述したように、水を含んでいても良い。

30

【 0 0 3 6 】

初めに混合される場合、セメント及び水が、格子結晶の複雑な鎖のゲルを急速に形成し、当該ゲルの成分は、時間と共に反応を継続する。最初はゲルは流体であり、それによって、ワーカビリティが改善し、材料の配置が補助されるが、コンクリートが凝固すると、結晶の鎖は剛構造に加わり、ゲルの流動性が減少し、骨材の粒子が所定の位置に固定される。硬化の間、セメントは、水和プロセスにおける残留水との反応を継続する。硬化プロセスの終了後、生成物は、所望の物理的及び化学的特性を有する。

40

【 0 0 3 7 】

上述したように、ワーカビリティとは、生コンクリート混合物が、所望の作業（振動）で適切に、かつ、コンクリートの品質を損なうことなく、型／鑄型を満たす能力である。ワーカビリティは、水の含有量、骨材（形状及び量）、セメント質の含有量、及び、材令（水和レベル）に依存し、化学添加物を加えることで改良され得る。水の含有量を増大させること、又は、化学添加物を加えることによって、コンクリートのワーカビリティは増大する。過剰な水は、にじみ（表面水）の増大及び／又は骨材の分離（セメントと骨材とが分離を始める際）につながる可能性があり、コンクリートの品質を減少させる結果になる。骨材粒子の間に望ましくない等級（粒度分布）を有する伝統的な骨材を使用すると、

50

非常に低いスランプを有する、望ましくない混合物が生じる可能性があり、このような混合物の場合、適切な量の水を加えることによってワーカビリティを増大させることは容易ではない。

【0038】

複合構造材料に本発明に係る骨材粒子を用いることは、複合構造材料の機械的特性を阻害しないことが明らかになっている。また、骨材粒子の形状の予測される役割に関する伝統的な見方とは対照的に、本発明に係る骨材粒子の使用が、複合構造材料のワーカビリティを低下させるということは明らかになっておらず、また、複合構造材料の耐久性が低下するという結果になっていない。

【0039】

反対に、骨材粒子の本発明に係る形状は、より軽量（骨材がより軽量であることによる）ではあるが、要求される強度とワーカビリティとを有する複合構造材料の形成を可能にすることが明らかになっている。理論に制約されることを望まないならば、脚部の方向性と、骨材粒子の互いに組み合わさった（inter-digitating）状態（又はほぼその状態）に近づく傾向とが、骨材粒子の間におけるマトリックス内の機械的相互作用を改善させ、相対的な軽量と組み合わされた許容可能な強度及びワーカビリティに関与していると考えられる。

【0040】

脚部の方向性は、完全に亀裂を阻止するか、又は、亀裂を発見した場合に亀裂を屈折させることで、硬化した材料に広がる亀裂を最小化するのを支援するので、最終生成物が、伝統的な骨材を用いた同じコンクリート混合物と比較した場合に、増大した破壊靱性を示すようになると考えられている。

【0041】

加えて、当該骨材粒子は、伝統的な球形（又はほぼ球形）の骨材粒子と比較すると、少ない「バルク」を有しており、これは、コンクリート混合物が加工される際に、当該骨材粒子がマトリックスを通る移動に対して少ない抵抗を有していることを意味している。実際には、圧縮の間、作業者がコンクリート混合物内の骨材が混合物のバルク内に移動し、表面から離れることを確実化しようとする際に、本発明に係る骨材粒子の比較的少ない「バルク」が（比較的暴露の少ない、連続的な表面領域である）、本発明に係る骨材粒子を、表面から混合物内へ容易に移動させることが明らかになっている。再び、理論に制約されることを望まないならば、これも、本発明に従って得られるコンクリートの必要とされる強度とワーカビリティとを確実化することを支援すると考えられる。

【0042】

好ましい一形態では、本発明に係る複合構造材料は、約 0.1 % v / v から約 25 % v / v、又は、約 0.5 % v / v から約 20 % v / v、又は、約 1.0 % v / v から約 15 % v / v の量の骨材を含むであろう。より好ましくは、骨材の量は、約 2.0 % v / v から約 7.5 % v / v の範囲、又は、より好ましくは、約 2.5 % v / v から約 5.0 % v / v の範囲であろう。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】本発明の第1の好ましい態様に係る骨材粒子を上から見た斜視図である。

【図2】図1の態様を下から見た斜視図である。

【図3】本発明の第2の好ましい態様に係る骨材粒子を上から見た斜視図である。

【図4】図3の態様の側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0044】

図1及び図2には、粒子10の第1の態様が示されており、当該粒子は、本発明に係る複合構造材料で用いるのに適した骨材を形成することが可能である。粒子10は、中央ハブ18から外側に向かって延在する6つの放射状脚部12を含んでいるが、上述したように、このような脚部は3つより多ければ十分である。

## 【0045】

本態様における中央ハブ18は、概ね円筒形であり、6つの脚部の内、4つの脚部(12a、12b、12c、12d)は、ハブ18の側壁から放射状に外側に向かって2次元において(デカルト幾何においてx座標及びy座標として識別され得る)延在しており、当該側壁の周りに対称的に配置されている。残りの2つの脚部(12e、12f)は、ハブ18の端壁から放射状に外側に向かって第3次元において(デカルト幾何においてz座標として識別され得る)延在している。このようにして、6つの脚部は共に放射状に外側に向かって延在し、3次元の粒子10を形成している。

## 【0046】

当該態様の脚部12は円錐形であり、ハブ18から遠ざかるにつれて直径が減少している。脚部の自由端(脚部12d上の参照符号によって示されている)は、平面16で終端する円錐台形の端部14を有している。

10

## 【0047】

図3及び図4には、同じく本発明に係る複合構造材料で用いるのに適した骨材を形成することができる粒子20の第2の態様を示されている。粒子20は、やはり6つの放射状脚部22を含んでいるが、この態様では、全ての脚部が中央ハブ24から外側に向かって延在している。

## 【0048】

当該態様における中央ハブ24は、概ね球形であり、6つの脚部(22a、22b、22c、22d、22e、22f)は、ハブ24から放射状に外側に向かって延在し、ハブ24の周りに対称的に配置され、3次元の粒子20を形成している。

20

## 【0049】

第2の態様の脚部22は全て、ハブ24から遠ざかるにつれて直径が減少する円錐形部分25を有している。4つの脚部の自由端(脚部22a上の参照符号によって示されている)が、球根状の球状端部26を有している一方で、残りの2つの脚部(22e、22f)の自由端は、平面27で終端している。

## 【0050】

粒子20の各脚部22の長さは、中央ハブ24の直径よりも大きい。一変型例では、第2の態様の中央ハブ24の直径は10mmであり、必要に応じてハブ24から端部26の先端又は平面27までを測定した脚部24の全体の長さは12mmであり、粒子20の全体の幅は34mmとなる。この第1の変型例では、球根状の球状端部26は5.2mmの直径を有し、平面27は4mmの直径を有している。

30

## 【0051】

第2の、より小さい変型例では、第2の態様の中央ハブ24の直径は5mmであり、必要に応じてハブ24から端部26の先端又は平面27までを測定した脚部24の長さは全体で6mmであり、より小さい変型例の粒子20の全体の幅は17mmとなる。この第2の変型例では、球根状の球状端部26は2.6mmの直径を有し、平面27は2mmの直径を有している。

## 【0052】

第2の態様の両方の変型例において、脚部22の円錐形部分25の直径は、中央ハブ24から遠ざかるにつれて減少している。いずれの脚部22も、中央ハブ24に最も近い位置において、中央ハブ24の直径よりも小さい直径を有している。こうして、中央ハブ24は、脚部22の間に配置された、暴露される表面部分28を有しており、表面部分28は凹部30を含んでいる。

40

## 【0053】

本発明に係る複合構造材料は、第2の態様の複数の、より大きな(第1の)変型例の粒子20を骨材として用いて形成された。各粒子20の重さは1.39gであり、体積は1.63cm<sup>3</sup>であった。

## 【0054】

第1の例では、1立方メートルのコンクリートを得るために、原料であるセメント、骨

50



材、砂及び水が、14 : 1 : 31.76 という比で（重量で）混合され、水セメント比は0.564であった。具体的には、当該例では、350 kgのセメントと、25 kgの骨材と、794 kgの砂とが用いられた。これによって、コンクリート中に占める骨材の体積の割合は約2.93%となった。

【0055】

第2の例では、1立方メートルのコンクリートを得るために、原料であるセメント、骨材、砂及び水が、14 : 1 : 29.92 という比で（重量で）混合され、水セメント比は0.503であった。具体的には、当該例では、350 kgのセメントと、25 kgの骨材と、748 kgの砂とが用いられた。これによって、コンクリート中に占める骨材の体積の割合は約2.93%となった。

10

【0056】

両方の例において、セメントは、ポルトランドセメントのクリンカー及び石膏から形成された、アデレードブライトンセメント有限会社の汎用（GP）セメントであり、骨材は、図3及び図4に示された複数の粒子20のより大きな変型例の形であった。

【0057】

混合プロセスは、均質な混合物を形成し、混合全体にわたる骨材の一貫した分配を確実にした。結果として得られる第1の例のコンクリートの密度は、2151 kg/m<sup>3</sup>であり、結果として得られる第2の例のコンクリートの密度は、2129 kg/m<sup>3</sup>であったが、標準的なコンクリートの典型的な密度は2300 kg/m<sup>3</sup>から2400 kg/m<sup>3</sup>の間であると見なされているので、当該例のコンクリートは、このような標準的なコンクリートよりも約10%軽くなっている。

20

【0058】

コンクリートの圧縮強度及び曲げ強度といった、コンクリートの機械的特性を評価するために、両方の例について、コンクリート試験のサンプルを円筒形の鋳型（直径が100 mmで高さが200 mm）の中に用意すると共に、四角形のビーム（幅が105 mmで長さが355 mm）として用意し、約1日にわたって風乾した。その後、サンプルを鋳型から取り外し、27日にわたって硬化させると、サンプルは、要求される材令となった。

【0059】

シリンダサンプルの圧縮強度は、第1の例では28.0 MPaであり、第2の例では29.5 MPaであった。ビームサンプルの曲げ強度は、破壊係数で、第1の例では4.6 MPaであり、第2の例では4.7 MPaであった。

30

【0060】

第1の例の混合物に対して行われたスランptestの結果、スランプは100 mmであり、第2の例の混合物に対して行われたスランptestの結果、スランプは70 mmであった。

【0061】

両方の例の複合構造材料（最終コンクリート製品）は、石及び砂利のような伝統的な骨材の典型的な形状に類似した、概ね球状であるプラスチック骨材で生成されたコンクリートにしばしば見られたのと同じ圧縮強度及び曲げ強度の損失は示さなかった。また、圧縮強度試験及び曲げ強度試験の後の、シリンダ及びビームのサンプルを目視観測した結果、やはり伝統的な骨材を用いた伝統的なコンクリートと比較して、亀裂の発現は減少した。

40

【0062】

さらに、骨材の分布を示すために、シリンダのサンプルを水平に切断したところ、明確な分離は殆ど存在せず、骨材粒子の周りに有意な間隙は存在しなかった。加えて、硬化の前にコンクリート混合物に骨材を定着させるため、及び、骨材を表面から取り去るためには、ある程度の振動で十分であった。スランプが70 mm及び100 mmの場合のワーカビリティは、標準的な鉄筋コンクリートの形成に用いるには良い結果であると思われた。

【0063】

当業者は、具体的に説明した変型例及び修正例以外の変型例及び修正例が存在し得るこ

50

とを理解するであろう。本発明は、このような全ての変型例及び修正例を含んでいると理解されるべきである。本発明は、本明細書で個別又は集合的に言及又は示唆された全てのステップ、特徴、組成物及び化合物、並びに、2つ又はそれより多いステップ又は特徴のいずれかの組み合わせ及び全ての組み合わせも含んでいる。

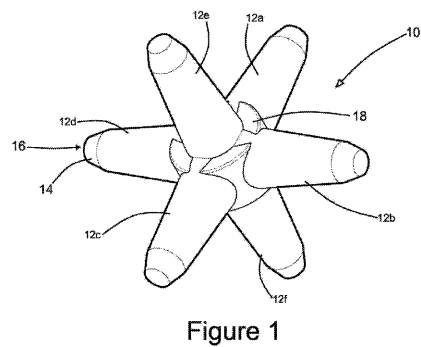
【符号の説明】

【0064】

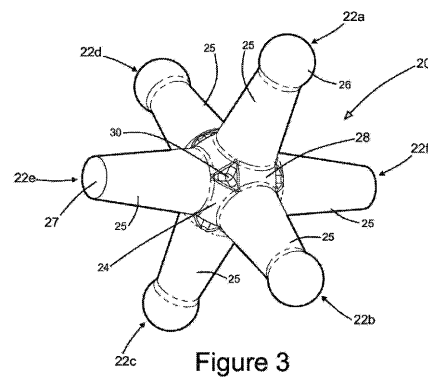
- 10 粒子
- 12、12a、12b、12c、12d、12e、12f 脚部
- 14 端部
- 16 平面
- 18 中央ハブ
- 20 粒子
- 22、22a、22b、22c、22d、22e、22f 脚部
- 24 中央ハブ
- 25 円錐形部分
- 26 端部
- 27 平面
- 28 表面部分
- 30 凹部

10

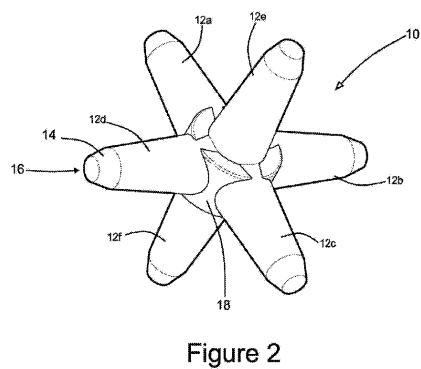
【図1】



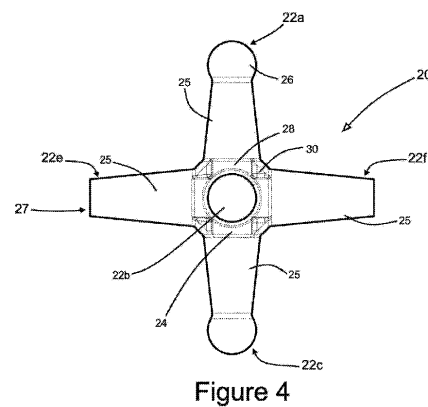
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

前置審査

(72)発明者 スティーヴン・シーラー  
オーストラリア・サウス・オーストラリア・5072・マギル・ペッパー・ストリート・17

審査官 浅野 昭

(56)参考文献 特開平11-278894(JP,A)  
特開昭54-020034(JP,A)  
特表2000-512609(JP,A)  
国際公開第94/08912(WO,A2)  
米国特許第03846085(US,A)  
特開平07-041344(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C04B 2/00-32/02  
C04B 40/00-40/06