

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-193458

(P2017-193458A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
C O 4 B 16/06 (2006.01)	C O 4 B 16/06	4 G 1 1 2
C O 4 B 28/02 (2006.01)	C O 4 B 28/02	
	C O 4 B 16/06	D

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-83632 (P2016-83632)	(71) 出願人	000000549
(22) 出願日	平成28年4月19日 (2016.4.19)		株式会社大林組
			東京都港区港南二丁目15番2号
		(74) 代理人	110000176
			一色国際特許業務法人
		(72) 発明者	吉田 理紗
			東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株
			式会社大林組技術研究所内
		(72) 発明者	神代 泰道
			東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株
			式会社大林組技術研究所内
		(72) 発明者	丹羽 博則
			東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株
			式会社大林組技術研究所内

最終頁に続く

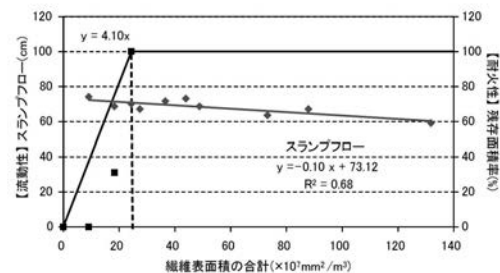
(54) 【発明の名称】 水硬性組成物の製造方法、及び、水硬性組成物

(57) 【要約】

【課題】 流動性と耐火性の両立を図る。

【解決手段】 水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物の製造方法であって、水と結合材との重量比である水結合材比を変えずに、混入する有機繊維の量を増やしていき、耐火試験の残存面積率が変化しなくなる変曲点を求める工程と、変曲点以上の有機繊維を、前記水結合材比の水及び結合材に混合して水硬性組成物を製造する工程と、を有する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物の製造方法であって、

前記水と前記結合材との重量比である水結合材比を変えずに、混入する前記有機繊維の量を増やしていき、耐火試験の残存面積率が変化しなくなる変曲点を求める工程と、

前記変曲点以上の前記有機繊維を、前記水結合材比の前記水及び前記結合材に混合して前記水硬性組成物を製造する工程と、

を有することを特徴とする水硬性組成物の製造方法。

【請求項 2】

10

請求項 1 に記載の水硬性組成物の製造方法であって、

前記有機繊維の量は、総表面積である

ことを特徴とする水硬性組成物の製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の水硬性組成物の製造方法であって、

前記水結合材比を 14.3% 以上 16% 以下とし、前記有機繊維の総表面積を $24.4 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上とし、スランプフローを 60 cm 以上とした

ことを特徴とする水硬性組成物の製造方法。

【請求項 4】

20

請求項 2 に記載の水硬性組成物の製造方法であって、

前記水結合材比を 16% より大きく 25% 以下とし、前記有機繊維の総表面積を $13.2 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上とし、スランプフローを 50 cm 以上とした

ことを特徴とする水硬性組成物の製造方法。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の水硬性組成物の製造方法であって、

前記水結合材比を 25% より大きく 35% 以下とし、前記有機繊維の総表面積を $8.5 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上とし、スランプフローを 40 cm 以上とした

ことを特徴とする水硬性組成物の製造方法。

【請求項 6】

30

請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の水硬性組成物の製造方法であって、

前記有機繊維の繊維度は 0.8 デシテックス以下である

ことを特徴とする水硬性組成物の製造方法。

【請求項 7】

水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物であって、

前記水と前記結合材との水結合材比は 14.3% 以上 16% 以下であり、

前記有機繊維は、繊維度が 0.8 デシテックス以下で、総表面積が $24.4 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上であり、

スランプフローは 60 cm 以上である

ことを特徴とする水硬性組成物。

【請求項 8】

40

水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物であって、

前記水と前記結合材との水結合材比は 16% より大きく 25% 以下であり、

前記有機繊維は、繊維度が 0.8 デシテックス以下で、総表面積が $13.2 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上であり、

スランプフローは 50 cm 以上である

ことを特徴とする水硬性組成物。

【請求項 9】

水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物であって、

前記水と前記結合材との水結合材比は 25% より大きく 35% 以下であり、

前記有機繊維は、繊維度が 0.8 デシテックス以下で、総表面積が $8.5 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上であり、

50

m³以上であり、

スランプフローは40cm以上である
ことを特徴とする水硬性組成物。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水硬性組成物の製造方法、及び、水硬性組成物に関する。

【背景技術】

【0002】

水硬性組成物の一例であるコンクリートは、火災時に爆裂する可能性があり、特に、コン
クリートの強度が高いほど爆裂する可能性が高いことが知られている。そこで、このよ
うな爆裂を防止するために、有機繊維を混入したコンクリートが提案されている（例えば
特許文献1参照）。 10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2000-143322号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

有機繊維の混入量を多くすることで爆裂防止効果（耐火性）を高めることが期待できる
が、混入量が多くなりすぎると、フレッシュコンクリートの流動性が低くなる。このため
有機繊維が均等に混ざらなかったり、作業性が低下したりするおそれがある。 20

【0005】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであって、その主な目的は、流動性と耐火
性の両立を図ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

かかる目的を達成するために本発明の水硬性組成物の製造方法は、水と、セメントを含
む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物の製造方法であって、前記水と前記結合
材との重量比である水結合材比を変えずに、混入する前記有機繊維の量を増やしていき、
耐火試験の残存面積率が変化しなくなる変曲点を求める工程と、前記変曲点以上の前記有
機繊維を、前記水結合材比の前記水及び前記結合材に混合して前記水硬性組成物を製造す
る工程とを有することを特徴とする。 30

このような水硬性組成物の製造方法によれば、混入する有機繊維を、少なくとも爆裂が
発生しない量（変曲点）に抑えることが可能であり、流動性と耐火性の両立を図ることが
できる。

【0007】

かかる水硬性組成物の製造方法であって、前記有機繊維の量は、総表面積であることが
望ましい。 40

このような水硬性組成物の製造方法によれば、繊維の形状（径や長さ）によらずに評価
することができる。

【0008】

かかる水硬性組成物の製造方法であって、前記水結合材比を14.3%以上16%以下
とし、前記有機繊維の総表面積を $24.4 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上とし、スランプフローを
60cm以上としてもよい。

このような水硬性組成物の製造方法によれば、水結合材比が14.3%以上16%以下
の水硬性組成物を製造する際に流動性と耐火性の両立を図ることができる。

【0009】

かかる水硬性組成物の製造方法であって、前記水結合材比を16%より大きく25%以 50

下とし、前記有機繊維の総表面積を $13.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上とし、スランプフローを 50 cm 以上としてもよい。

このような水硬性組成物の製造方法によれば、水結合材比が 16 % より大きく 25 % 以下の水硬性組成物を製造する際に流動性と耐火性の両立を図ることができる。

【0010】

かかる水硬性組成物の製造方法であって、前記水結合材比を 25 % より大きく 35 % 以下とし、前記有機繊維の総表面積を $8.5 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上とし、スランプフローを 40 cm 以上としてもよい。

このような水硬性組成物の製造方法によれば、水結合材比が 25 % より大きく 35 % 以下の水硬性組成物を製造する際に流動性と耐火性の両立を図ることができる。

10

【0011】

かかる水硬性組成物の製造方法であって、前記有機繊維の繊維度は 0.8 デシテックス以下であることが望ましい。

このような水硬性組成物の製造方法によれば、少ない混入量（繊維本数）で爆裂を抑制でき、また、流動性の低下も抑制できる。

【0012】

また、水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物であって、前記水と前記結合材との水結合材比は 14.3 % 以上 16 % 以下であり、前記有機繊維は、繊維度が 0.8 デシテックス以下で、総表面積が $24.4 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上であり、スランプフローは 60 cm 以上であることを特徴とする水硬性組成物が明らかとなる。

20

【0013】

また、水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物であって、前記水と前記結合材との水結合材比は 16 % より大きく 25 % 以下であり、前記有機繊維は、繊維度が 0.8 デシテックス以下で、総表面積が $13.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上であり、スランプフローは 50 cm 以上であることを特徴とする水硬性組成物が明らかとなる。

【0014】

また、水と、セメントを含む結合材と、有機繊維とを含有した水硬性組成物であって、前記水と前記結合材との水結合材比は 25 % より大、且つ、35 % 以下であり、前記有機繊維は、繊維度が 0.8 デシテックス以下で、総表面積が $8.5 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上であり、スランプフローは 40 cm 以上であることを特徴とする水硬性組成物が明らかとなる。

30

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、流動性と耐火性の両立を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】繊維による爆裂抑制メカニズムを説明するための概念図である。

【図2】図2Aは、第1実施例の使用材料の説明図であり、図2Bは、第1実施例で使用するPP繊維の種類（形状）の説明図であり、図2Cは、第1実施例の試験体の調合条件の説明図である。

40

【図3】第1実施例の各試験体の繊維条件と評価結果の詳細説明図である。

【図4】第1実施例の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【図5】第2実施例の試験体の調合条件の説明図である。

【図6】第2実施例の評価結果の詳細説明図である。

【図7】水結合材比が 14.3 % の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【図8】水結合材比が 16.0 % の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【図9】水結合材比が 20.0 % の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【図10】水結合材比が 25.0 % の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【図11】図11Aは、第3実施例の使用材料の説明図であり、図11Bは、第3実施例で使用するPP繊維の種類（形状）の説明図であり、図11Cは、第3実施例の試験体の

50

調合条件の説明図である。

【図 1 2】第 3 実施例の耐火試験の R A B T 曲線を示す図である。

【図 1 3】第 3 実施例の各試験体の評価結果の詳細を示す図である。

【図 1 4】第 3 実施例の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

=== 実施形態 ===

< 爆裂防止のメカニズムについて >

爆裂とは、コンクリートが火災などにより強く加熱されたときに爆発的に破裂（剥離）する現象である。コンクリートは、強度が高いほど火災時に爆裂する可能性が高いとされている。その原因としては、高強度コンクリートの組織は緻密であり、内部で蒸発した水分は散逸しづらいため、加熱されたときに空隙内圧が上昇し、二次的な応力を発生して爆裂する可能性が高いと考えられている。

【0018】

この爆裂を防止するため、有機繊維を混入したコンクリートが開発されている。有機繊維としては、例えば、ポリプロピレン繊維（以下、PP 繊維ともいう）が用いられている。

【0019】

図 1 は、繊維による爆裂抑制メカニズムを説明するための概念図である。

【0020】

図に示すように、コンクリート 10 には PP 繊維 20 が複数本混入されている。

【0021】

このコンクリート 10 を加熱すると、右側の図に示すように、PP 繊維 20 は 160℃で溶融して管状空隙となる。そして、この管状空隙が蒸気圧逸散ネットワークとなり、当該蒸気圧逸散ネットワークが、蒸気溜り内の圧力をマイクロクラックから逃がすことで爆裂を抑制できる。

【0022】

ところで、コンクリート 10 に混入する PP 繊維 20 の量（混入量）が多いほど、爆裂防止効果を高めることが期待できるが、その反面、フレッシュコンクリートの流動性（フレッシュ性状）が低くなって作業性が低下する。特に、高強度のコンクリート 10 では、PP 繊維 20 を混入していない状態においても粘性が高いため、PP 繊維 20 が混ざり難く、これにより爆裂防止の効果が得られなくなるおそれがある。

【0023】

本発明者等は、後述するように、コンクリート 10 の水結合材比（水と結合材との重量比）を一定にして、混入する PP 繊維 20 の量を増やしていくと、表面剥離しなくなる（換言すると、耐火試験の残存面積率が 100% となる）変曲点があることを確認した。つまり、試験体の評価により上記変曲点を予め求めておくことで、コンクリート 10 を製造する際に、表面剥離が発生しない最小限（変曲点以上）の PP 繊維 20 を混入することができることがわかった。これにより、爆裂の発生を抑制することが可能であり、作業性の低下も抑制できる。よって、流動性と耐火性の両立を図ることができる。

【0024】

なお、本実施形態のコンクリート 10（及び後述する各試験体）の製造方法としては、まず、水と、結合材と、細骨材と、膨張材等を混合して間攪拌し、次に、粗骨材を投入（混合）して攪拌し、さらに、所定量の PP 繊維 20 を投入（混合）して攪拌している。

【0025】

<< 第 1 実施例 >>

PP 繊維の形状、混入量をパラメータとした試験体を作成し、流動性（フレッシュ試験）と耐火性（耐火試験）について評価を行った。

【0026】

< 試験体 >

10

20

30

40

50

図 2 A は、第 1 実施例の使用材料の説明図であり、図 2 B は、第 1 実施例で使用する P P 繊維の種類（形状）の説明図であり、図 2 C は、第 1 実施例の試験体の調合条件の説明図である。

【0027】

（組成について）

図 2 A、図 2 C に示すように、第 1 実施例の各試験体は、設計強度（ F_c ）が 150 N/mm^2 の高強度コンクリートであり、結合材（B）、膨張材（EX）、細骨材（S）、粗骨材（G）、膨張材（EX）、化学混和剤（SP、AE）、及び水（W）等を含んで構成されている。なお、結合材（B）としては、中庸熱セメント 87% とシリカフューム 13% を含んで構成されたシリカフュームプレミックスセメントを用いた。高強度コンクリートの場合、コンクリートが乾燥しなくても自己収縮するので、その収縮低減のため膨張材を添加している。また、各試験体には、爆裂防止のために有機繊維を混入している。本実施例では、この有機繊維として、P P 繊維（P P 1）を用いた。また、比較例として P P 繊維を混入していない試験体（試験体名：base）も作成した。

【0028】

（P P 繊維について）

図 2 B に示すように、長さが一定（10 mm）で繊維径（繊維）の異なる 3 種類の P P 繊維を用いた。具体的には、繊維径が 0.8 デシテックス、2.2 デシテックス、17 デシテックスの P P 繊維を用いた。なお、デシテックス（dtex）とは、単位長さあたりの径の大きさを示す単位であり、1 万 m 当たり 1 g で 1 デシテックスである。この値が大きいほど繊維径が太いことになる。例えば、繊維を真円として円柱換算した場合、0.8 デシテックスは繊維径 $10\text{ }\mu\text{m}$ （D10）、2.2 デシテックスは繊維径 $18\text{ }\mu\text{m}$ （D18）、17 デシテックスは繊維径 $48\text{ }\mu\text{m}$ （D48）となる。また、各 P P 繊維の密度は 0.91 g/cm^3 である。

【0029】

（調合について）

上記の組成を図 2 C のように調合し、各試験体を作成した。水結合材比（ W/B ）は、水と結合材（セメント＋シリカフューム）との重量比（水量／結合材量）であり、コンクリートの強度は、この水結合材比（ W/B ）に依存する。ここでは水結合材比（ W/B ）を 14.3% と小さくして、コンクリートを高強度（設計強度 150 N/mm^2 ）にしている。

【0030】

図 3 は、第 1 実施例の各試験体の繊維条件と評価結果の詳細を示す図である。評価結果については後述する。図 3 の試験体名は左側から順に P P 繊維の径（D10、D18、D48）、P P 繊維の長さ、P P 繊維の混入量（ kg/cm^3 ）を示している。例えば、試験体名が D10-10（2）は、混入している P P 繊維の繊維径が $10\text{ }\mu\text{m}$ （0.8 デシテックス）、繊維長さが 10 mm、混入量が 2 kg/cm^3 であることを示している。また、比較例として P P 繊維を混入していない試験体（試験体名：base）も評価した。また、P P 繊維の混入量については、繊維表面積を評価した。

【0031】

<試験項目>

（フレッシュ試験）

フレッシュ試験として、練り上がりのスランプフロー（SF）、空気量（AIR）、温度（CT）を測定した。なお、スランプ測定は JIS A 1101、JIS A 1150 に従い、空気量の測定は JIS A 1128 に従って行った。

【0032】

（耐火試験）

各試験体を耐火炉に入れて、ISO 834 に規定される標準加熱温度曲線に従って 60 分加熱を行った。そして、耐火試験後の試験体の表面の残存面積を、ノギスを用いて計測し、試験体全体の表面積との比率から残存面積率を求めた。

【0033】

<試験結果>

図4は、第1実施例の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。図の横軸は、繊維表面積の合計（総繊維表面積に相当）であり、左側の縦軸はスランプローの値（cm）であり、右側の縦軸は、残存面積率（%）である。

【0034】

（流動性について）

セメント量が非常に多いため、流動性が高く、繊維表面積の合計が極微小な範囲では流動性予測は困難であるが、繊維面表面積の合計が $9.2 (\times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3)$ 以上ではある程度流動性は予測可能である。図には、スランプローと繊維表面積の合計とから求めた回帰線を示している。このように、繊維表面積の合計とスランプローの値はほぼ比例関係になっており、PP繊維の繊維表面積の合計が大きくなるにつれてスランプローの値が低下している。

10

【0035】

（耐火性について）

PP繊維を混入していない比較例(bese)は、激しく爆裂して原形をとどめなかった（残存面積率0%）。一方、PP繊維を混入した試験体では、図3及び図4に示すように、PP繊維の混入により残存面積率が大きくなり、 $24.4 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上で、残存面積率が100%となった（変化しなくなった）。すなわち、 $24.4 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ が変曲点に相当し、これ以上であれば残存面積率は100%であると予測できる。

20

【0036】

以上の結果から、混入するPP繊維の繊維表面積が $24.4 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ となるようにすれば爆裂を防止でき、また、作業性の低下も抑制できる。よって、流動性と耐火性の両立を図ることができる。なお、繊維表面積の合計を $24.4 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上としてもよいが、作業性の低下（流動性の低下）を抑制するためスランプローは60cm以上となるように設定することが望ましい。

【0037】

また、本実施例では、PP繊維の混入量として繊維表面積を評価している。これにより、繊維の形状（径や長さ）によらずに評価することができる。

30

【0038】

<<第2実施例>>

第1実施例では、混入するPP繊維の形状（径）が異なっていた。第2実施形態では、PP繊維の形状は一定とし、水結合比（W/B）を変えている。換言すると、コンクリートの強度を変えている。

【0039】

<試験体>

試験体に使用する材料については、第1実施形態と同様であるので説明を省略する。なお、使用するPP繊維は、径が $10 \mu\text{m}$ （0.8デシテックス）、長さ10mmのものである。

【0040】

図5は、第2実施例の試験体の調合条件の説明図である。

40

【0041】

第2実施例では、コンクリートの設計強度（ F_c ）として、150、120、100、80（ N/mm^2 ）の4種類の試験体を用いている。図5に示すように、コンクリートの設計強度が $150 \text{N}/\text{mm}^2$ の試験体は水結合材比を14.3%、設計強度が $120 \text{N}/\text{mm}^2$ の試験体は水結合材比を16.0%、設計強度が $100 \text{N}/\text{mm}^2$ の試験体は水結合材比を20.0%、設計強度が $80 \text{N}/\text{mm}^2$ の試験体は水結合材比を25%としている。

。

【0042】

また、各強度の試験体において、それぞれ、PP繊維の混入量を変えており。これらの

50

各試験体を用いて、第1実施例と同様のスランプ試験や耐火試験を行った。なお、図5の試験体名の左端の数字は設計強度を示し、その右側の括弧内はPP繊維の混入量（重量％）を示している。例えば、150-PP1（0.3）は、設計強度150N/mm²であり、繊維径10μm（0.8デシテックス）のPP繊維を0.3kg/m³混入したことを示している。また、第2実施例においても、PP繊維を混入していない比較例（Base）を作成している。

【0043】

<試験結果>

図6は、第2実施例の評価結果の詳細説明図である。また、図7～図10は、第2実施例の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。図7は水結合材比が16.0％、図8は水結合材比が16.0％、図9は水結合材比が20.0％、図10は水結合材比が25.0％のときの結果をそれぞれ示している。

【0044】

（水結合材比14.3％）

図7に示すように、繊維表面積の合計が $26.4 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で残存表面積が100％となっているが、第1実施例と設定強度が同じであることから、繊維表面積の合計が $24.4 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で爆裂が発生しないと予測できる。また、流動性についても第1実施例と同様にスランプフローが60cm以上となるように繊維表面積の合計を設定することが望ましい。

【0045】

（水結合材比16.0％）

図8に示すように、繊維表面積の合計とスランプフローは線形的な比例関係にあり、PP繊維の繊維表面積の合計が大きくなるにつれてスランプフローの値が低下している。なお、水結合材比14.3％の場合よりも傾きが大きくなっている。このように、流動性は繊維面積の合計の値から近似式によって予測可能であり、スランプフローは60cm以上にすることが望ましい。

また、図8に示すように、繊維表面積の合計が $26.4 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で残存表面積が100％となっている。ただし、第1実施例よりも設定強度が低いことから、繊維表面積の合計が $24.4 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で爆裂が発生しないと予測できる。

【0046】

（水結合材比20.0％）

図9に示すように、繊維表面積の合計とスランプフローは線形的な比例関係にあり、PP繊維の繊維表面積の合計が大きくなるにつれてスランプフローの値が低下している。このように、流動性は繊維面積の合計の値から近似式によって予測可能であり、スランプフローは50cm以上にすることが望ましい。

また、図9に示すように、繊維表面積の合計が $13.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で残存表面積が100％となっている。よって、繊維表面積の合計が $13.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で爆裂が発生しないと予測できる。

【0047】

（水結合材比25.0％）

図10に示すように、繊維表面積の合計とスランプフローは線形的な比例関係にあり、PP繊維の繊維表面積の合計が大きくなるにつれてスランプフローの値が低下している。なお、各試験体の中で傾きが最も大きくなっている。このように、流動性は繊維面積の合計の値から近似式によって予測可能であり、20％の場合と同様にスランプフローを50cm以上にすることが望ましい。

また、図10に示すように、繊維表面積の合計が $13.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で残存表面積が100％となっている。よって、繊維表面積の合計が $13.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で爆裂が発生しないと予測できる。

【0048】

<<第3実施例>>

前述の実施例では高強度のコンクリートで評価を行っていたが、第3実施例では、前述の実施例よりも強度を低くしたコンクリート（水結合材比W/Bが大きいコンクリート）で評価を行っている。

【0049】

<試験体>

図11Aは、第3実施例の使用材料の説明図であり、図11Bは、第3実施例で使用するPP繊維の種類（形状）の説明図であり、図11Cは、第3実施例の試験体の調合条件の説明図である。

【0050】

第3実施例では、結合材（B）として、セメント（普通ポルトランドセメント）と混和材（高炉スラグ微粉末）を用いている。また、水結合材比（W/B）は35%である。

【0051】

また、第3実施例では、爆裂防止用のPP繊維（PP1）以外に、剥落防止用のPP繊維（PP2）も使用している。

【0052】

なお、第3実施例においても第1実施例と同じ3種類のPP繊維（PP1）を使用している。第3実施例では各試験体へのPP繊維（PP1）の混入率は全て0.1vol%であるが、PP繊維（PP1）の形状が異なるため、PP繊維の表面積の合計が異なっている。例えば、繊維径が18μmの場合は0.1vol%で表面積が $22.2 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ なのに対し、繊維径が10μmの場合は0.1vol%で表面積が $40.0 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ である（図13参照）。

【0053】

<試験項目>

第3実施例においても、前述の実施例と同様に、フレッシュ試験と耐火試験を行った。ただし、耐火試験は、壁式耐火炉でRABT60分火災温度時間曲線（最高温度1200℃）に従って一面加熱した。

【0054】

図12は、第3実施例の耐火試験のRABT曲線を示す図である。図12の横軸は経過時間を示し、縦軸は温度を示している。

【0055】

また、第3実施例において残存面積率は、Photoshopにて試験体の写真を損傷の有無で二色に分けて、色域指定で選択することでピクセル数の割合から求めた。すなわち、
残存面積率＝損傷していない部分のピクセル数／写真における試験体のピクセル数
で残存面積率を算出した。

【0056】

<試験結果>

図13は、第3実施例の各試験体の評価結果の詳細を示す図であり、図14は、第3実施例の耐火性及び流動性の評価結果の説明図である。

【0057】

図14に示すように、繊維表面積の合計とスランプフローは線形的な比例関係にあり、流動性は繊維表面積の合計の値から近似式によって予測可能である。水結合材比35%ではスランプフローを40cm以上にすることが望ましい。

【0058】

また、図14において残存面積率の繊維表面積が小さい部分は、2点（0, 13）（8, 3, 98.1）より、原点を通るように回帰式を求めた。この結果より、繊維表面積の合計が $8.5 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ 以上で残存表面積が100%になる（爆裂が発生しない）と予測できる。

【0059】

つまり、繊維表面積の合計を $8.5 \times 10^7 \text{ mm}^2/\text{m}^3$ にすることで耐火性と流動性の両立を図ることが出来る。

10

20

30

40

50

【0060】

なお、第3実施例では、PP繊維の混入率は全て0.1vol%であるが、PP繊維の形状が異なるため、繊維表面積の合計の値が異なっていた。例えば、繊維径が10 μ mの場合は表面積が $40.0 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ であった。また、上記の結果より、繊維表面積の合計が $8.5 \times 10^7 \text{mm}^2/\text{m}^3$ 以上で爆裂が発生しないので、例えば、細径（繊維径10 μ ）のPP繊維では、混入率を0.1vol%の半分以下にしてもよいことになる。このように、PP繊維の繊維径が小さいほど、本数が多くなることで繊維表面積を稼ぐことができ、少ない混入量（繊維本数）で爆裂を抑制できる。また、流動性の低下も抑制でき有効である。

【0061】

10

===その他の実施形態について===

上記実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれることはいうまでもない。特に、以下に述べる実施形態であっても、本発明に含まれるものである。

【0062】

コンクリートに混入する有機繊維はPP繊維には限られない。例えば、ポリエステル、ポリアミド、ポリエチレン、PET、ビニロン系などの合成樹脂繊維でもよい。この場合も界面活性剤でコーティングすることによりコンクリートに混ざりやすくすることができる。また、有機繊維以外に無機繊維（例えば鋼繊維）を混入してもよい。

20

【0063】

また、結合材としてセメント、シリカフューム、スラグ以外に、フライアッシュなどを添加してもよい。

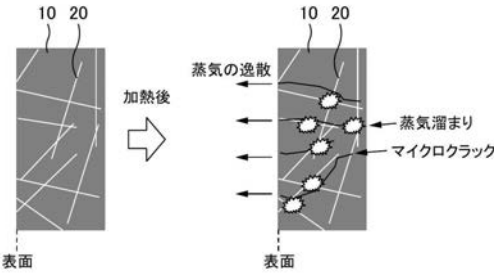
【符号の説明】

【0064】

10 コンクリート

20 PP繊維

【図 1】



【図 2】

記号	材料	種類
B	結合材	シリカフェームプレミックス
S	細骨材	密度3.04g/cm ³
G	粗骨材	砕砂 密度2.67g/cm ³
EX	膨張材	砕石2005 密度2.64g/cm ³
SP	化学湿和剤	密度3.19g/cm ³
AE	化学湿和剤	高性能減水剤
PP1	耐火用繊維	空気を調整剤
		ポリプロピレン繊維
		密度0.91g/cm ³

図2A

繊維名	繊維径 (μm)	(d _{tex})	繊維長 (mm)
D10-10	10	0.8	10
D18-10	18	2.2	10
D48-10	48	17	10

図2B

調合		B	EX	S	G	SP	PP
F _c	W/B	Air	W	(kg/m ³)			(C×%)
	(%)	(%)		1113	30	868	0.10, 1.520, 3.0
150	14.3	2	180				

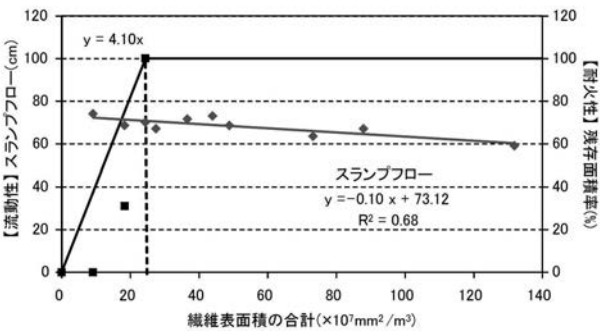
図2C

【図 3】

試験体名	繊維		フレッシュ試験			耐火試験結果			繊維表面積 の合計 (×10 ³ mm ² /m ³)			
	繊維径 [μm]	繊維長さ [mm]	繊維投入量 [kg/m ³]	[vol%]	SF cm	Ave. s	50 m-s	プロ-停止 m-s		CT °C	残存率 %	
D10-10(1)	10		1	0.11	75.0×71.0	73.0	19	5-04	1.8	27	100.0	44.0
D10-10(2)			2	0.22	67.0×67.0	67.0	15	3-46	2.0	26	100.0	87.9
D10-10(3)			3	0.33	59.5×58.5	59.0	30	2-35	2.4	29	100.0	131.9
D18-10(1)	18		1	0.11	70.5×69.0	70.0	16	3-40	2.4	27	100.0	24.4
D18-10(1.5)			1.5	0.17	72.5×70.0	71.5	16	4-34	1.9	28	100.0	36.6
D18-10(2)			2	0.22	69.0×68.0	68.5	14	3-16	2.3	28	100.0	48.8
D18-10(3)	48		3	0.33	63.5×63.0	63.5	22	2-36	2.3	28	100.0	73.3
D48-10(1)			1	0.11	74.0×73.5	74.0	18	4-01	2.7	27	0.0	9.2
D48-10(2)			2	0.22	68.5×68.0	68.5	26	4-35	3.1	27	30.9	18.3
D48-10(3)	-		3	0.33	67.0×66.5	67.0	24	4-06	6.0	26	100.0	27.5
Base			0	0.00	74.0×74.0	74.0	14	4-10	2.0	28	0.0	0.0

※ISO標準曲線60分耐火

【図 4】



【図 5】

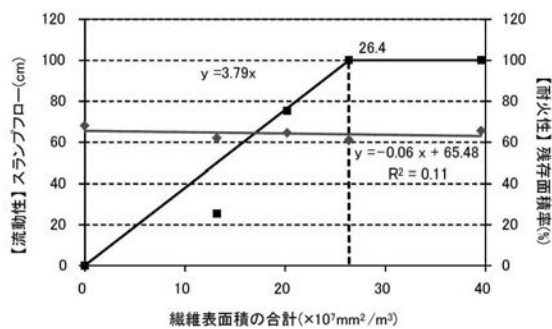
試験体名	調査						
	F _c (N/mm ²)	W/B (%)	Air (%)	W (kg/m ³)	B (kg/m ³)	EX (kg/m ³)	S (kg/m ³)
150-Base	150	14.3	2	160	1119	30	304
150-PP1(0.3)							
150-PP1(0.46)							
150-PP1(0.6)							
150-PP1(0.9)	120	16.0	2	155	969	30	449
120-Base							
120-PP1(0.3)							
120-PP1(0.6)							
120-PP1(0.9)	100	20.0	2	155	775	30	619
100-Base							
100-PP1(0.3)							
100-PP1(0.6)							
100-PP1(0.9)	80	25.0	2	155	620	0	780
80-Base							
80-PP1(0.3)							
80-PP1(0.6)							
80-PP1(0.9)							

【図 6】

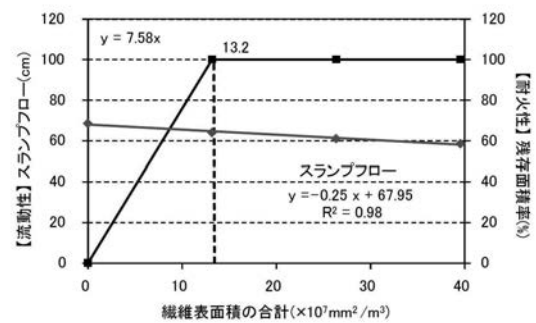
試験体名	フレンッシュ試験結果										耐火試験結果		繊維体面積の合計 (×10 ⁷ mm ² /m ³)
	SF		50cm	フロア停止		AIR	CT	AT	WT	残存面積率			
	cm	Ave.	s	s	%	℃	℃	kg/m ³	%				
150-Base	68.0×68.0	68.0	49.0	179.5	2.4	25.9	19.4	2481	0	0	0.0		
150-PP1(0.3)	62.0×61.5	62.0	35.5	155.3	2.0	26.3	19.7	2501	25.3	13.2	13.2		
150-PP1(0.46)	64.5×64.0	64.5	27.4	149.9	1.6	27.8	19.7	2507	75.2	20.2	20.2		
150-PP1(0.6)	61.5×60.5	61.0	31.6	125.0	2.1	27.6	20.0	2494	100	26.4	26.4		
150-PP1(0.9)	66.0×65.0	65.5	31.7	158.8	2.0	27.8	19.3	2495	100	39.6	39.6		
120-Base	72.5×68.5	70.5	21.1	230.4	2.1	25.6	19.4	2483	0	0	0.0		
120-PP1(0.3)	70.0×68.0	69.0	19.4	136.8	2.2	26.6	19.2	2477	78.9	13.2	13.2		
120-PP1(0.6)	66.5×64.0	65.5	24.9	122.1	2.2	25.7	19.4	2479	100	26.4	26.4		
120-PP1(0.9)	62.0×61.0	61.5	30.6	126.1	1.9	25.8	19.6	2487	100	39.6	39.6		
100-Base	68.0×68.5	68.5	17.3	98.2	2.2	25.1	19.8	2450	0	0	0.0		
100-PP1(0.3)	64.5×63.0	64.0	11.4	80.6	2.8	25.6	19.6	2439	100	13.2	13.2		
100-PP1(0.6)	62.5×61.5	61.0	13.3	87.6	2.1	25.8	19.8	2456	100	26.4	26.4		
100-PP1(0.9)	59.5×57.5	58.5	24.1	72.3	2.0	24.3	20.0	2457	100	39.6	39.6		
80-Base	71.5×71.0	71.5	8.6	107.4	1.9	22.2	19.5	2444	25.6	0	0.0		
80-PP1(0.3)	68.5×68.0	68.5	7.2	88.6	3.0	22.2	19.5	2406	100	13.2	13.2		
80-PP1(0.6)	60.0×59.0	59.5	11.0	72.5	1.8	23.1	19.4	2433	100	26.4	26.4		
80-PP1(0.9)	45.5×45.0	45.5	-	47.3	2.1	21.8	19.4	2428	100	39.6	39.6		

※ISO標準曲線80分耐火

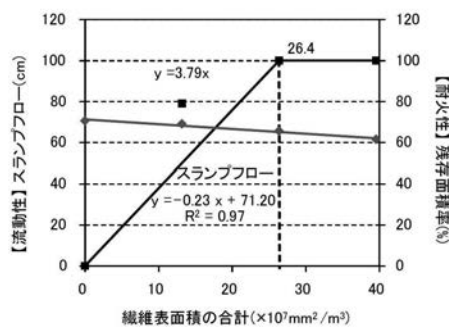
【図 7】



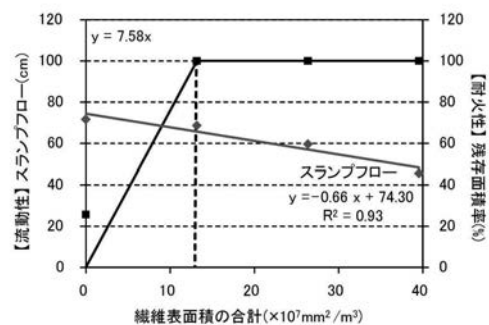
【図 9】



【図 8】



【図 10】



【図 1 1】

記号	材料	種類
C	セメント	普通ポルトランドセメント 密度3.16g/cm ³
BS	混和材	高炉スラグ微粉末 密度2.89g/cm ³
G	粗骨材	砕石 表乾密度2.64g/cm ³
S	細骨材	陸砂 表乾密度2.64g/cm ³
W	水	水道水
SP	混和剤	高性能減水剤
PP1	耐火用繊維	ポリプロピレン繊維 密度0.91g/cm ³
PP2	剥落防止用繊維	ポリプロピレン繊維 密度0.91g/cm ³

図11A

PP形状		
繊維名	繊維径 (μ m)	繊維長 (mm)
D10-10	10	10
D18-10	18	10
D48-20	48	20

図11B

W/B	W	C	S	G	SP	PP1	PP2
(%)		kg/m ³			B*%	Vol%	Vol%
35	175	250	920	755	0.53	0.3	0.01

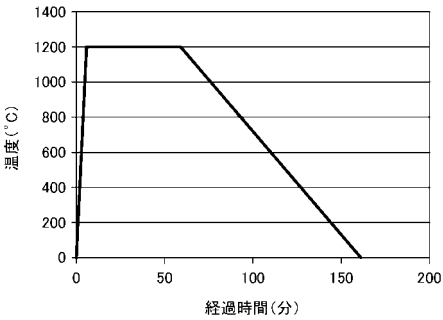
図11C

【図 1 3】

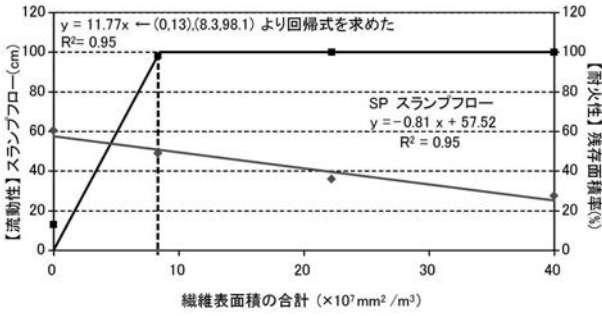
試験体名	繊維		フレッシュ試験				耐火試験結果	
	繊維径 [μ m]	繊維長さ [mm]	繊維混入量		SF (cm)	50cm (s)	AIR (%)	残存面積率 (%)
			[kg/m ³]	[vol%]				
Base+PP2	-	-	-	-	60.5	20.4	2.3	13.0
D10-10(0.1)	10	10	0.91	0.1	27.5	6.3	2.1	100.0
D18-10(0.1)	18	10	0.91	0.1	36.0	9.8	1.7	100.0
D48-20(0.1)	48	20	0.91	0.1	49.0	18.5	3.4	98.1

※(RABT)200℃60分耐火

【図 1 2】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 瀬川 紘史

東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株式会社大林組技術研究所内

Fターム(参考) 4G112 PA24 PC11