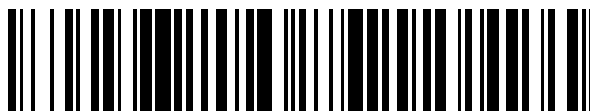


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 106**

51 Int. Cl.:

C04B 22/06	(2006.01)
C04B 22/08	(2006.01)
C04B 22/14	(2006.01)
C04B 28/02	(2006.01)
C04B 40/02	(2006.01)
C04B 28/16	(2006.01)
C04B 7/32	(2006.01)
C04B 40/00	(2006.01)
C04B 103/14	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.08.2012 PCT/JP2012/071898**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013 WO13054604**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2012 E 12840178 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2767521**

54 Título: **Método de fabricación de un agente de endurecimiento rápido y producto de hormigón**

30 Prioridad:

13.10.2011 JP 2011226165
28.12.2011 JP 2011289924

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.04.2018

73 Titular/es:

DENKA COMPANY LIMITED (100.0%)
Omi Plant, 2209, Oaza Omi, Itoigawa-shi
Niigata 949-0393, JP

72 Inventor/es:

HIGUCHI, TAKAYUKI;
NGUYEN, PHUONG DUC;
TOMIOKA, SHIGERU y
YOSHINO, RYOETSU

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 662 106 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de fabricación de un agente de endurecimiento rápido y producto de hormigón

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un aditivo de endurecimiento rápido para un producto de hormigón para su uso en el campo de ingeniería civil y construcción, y un método para producir un producto de hormigón.

10 Técnica anterior

Normalmente, un producto de hormigón se produce por medio de colada de hormigón en un encofrado de acero, seguido de curado preliminar y curado de vapor para favorecer el desarrollo de la resistencia del hormigón, y a continuación enfriamiento y retirada del encofrado. El encofrado de acero es muy caro, y resulta deseable usar el encofrado varias veces al día. No obstante, existe un límite, ya que se requiere una resistencia prescrita del hormigón para la retirada del encofrado del mismo. Por lo tanto, se ha estudiado un método de producción para desarrollar una elevada resistencia de compresión en un corto período de tiempo (Documento de Patente 1).

Como aditivo de endurecimiento rápido, se conoce uno formado principalmente de cal libre, yeso anhidro o un sulfato de un metal alcalino, o que tiene un compuesto específico tal como glicerina y un sulfato de metal alcalino combinado, (Documentos de Patente 2, 3, 4 y 5). No obstante, ninguno de ellos resultó suficiente en cuanto a rendimiento.

Documentos de la técnica anterior

25

Documentos de patente

Documento de Patente 1: JP-A-2000-301531
 Documento de Patente 2: JP-A-2001-294460
 Documento de Patente 3: JP-A-2011-153068
 Documento de Patente 4: JP-A-2000-233959
 Documento de Patente 5: JP-A-2008-519752

El documento JP-A-2002-293591 divulga una mezcla de cemento que contiene cal rápida o una mezcla de cal rápida, sulfato inorgánico y un material de expansión, cuyo compuesto constitutivo principal es 1 o ≥ 2 tipos de compuestos hidráulicos seleccionados entre cal libre, yeso anhidro, hauyna, ferrita de calcio, aluminio ferrita de calcio y silicato de calcio.

El documento JP-9-52748 divulga un irritante para cemento mezclado formado por medio de tratamiento térmico de una mezcla que contiene CaO, Al_2O_3 y $CaSO_4$ como materiales de partida y formada por un grupo mineral con cal libre, hauynita y yeso anhidro como principio activo. El documento JP-A-2001-316147 divulga una mezcla de cemento obtenida a partir de un material de base tratado térmicamente de CaO, Al_2O_3 , Fe_2O_3 y $CaSO_4$ que contiene cal libre, aluminoferrita de calcio, una haueyna y un yeso anhidro.

El documento WO 2010143506 divulga una mezcla expansiva que se caracteriza por obtenerse mediante calentamiento de clínker o clínker molido, que contiene cal rápida, un compuesto hidráulico y yeso anhidro.

Divulgación de la invención

50 Problema técnico

En años recientes, con el fin de reducir las amenazas ambientales, ha aumentado el número de casos en los que se ha usado un cemento mixto que tiene un aditivo tal como escoria de alto horno o ceniza volante mezcladas con el cemento. La finalidad es suprimir las emisiones de CO_2 reduciendo el clínker de cemento.

No obstante, dicho cemento mixto es pobre en cuanto a desarrollo de la resistencia inicial. Por consiguiente, también en la producción de un producto de hormigón, se ha deseado un aditivo de endurecimiento rápido y un método de producción capaz de favorecer el desarrollo de resistencia inicial. Además, existe un problema tal como la probabilidad de formación de una capa frágil denominada lechada sobre la superficie de un producto de hormigón.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un aditivo de endurecimiento rápido y un método de producción de un producto de hormigón, de modo que incluso cuando se usa un cemento mixto, sea posible favorecer el desarrollo de la resistencia inicial y evitar la formación de la lechada.

Solución al problema

La presente invención proporciona una materia objetivo de las reivindicaciones 1 a 8.

5 Efectos ventajosos de la invención

Por medio del aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención, en comparación con los convencionales, el tiempo de fraguado se vuelve corto, de manera que el acabado superficial o el curado con vapor se pueden llevar a cabo de manera rápida, se puede garantizar una resistencia de compresión prescrita incluso cuando el tiempo de curado es corto, tal como se puede desarrollar una resistencia de compresión en un corto período de tiempo incluso cuando se usa un cemento mixto, resulta posible la retirada sencilla del encofrado que rodea al hormigón, y además, presenta un efecto para evitar la lechada que es probable que se forme sobre la superficie del producto de hormigón y un efecto para evitar la tensión de contracción que puede provocar la fisuración.

15 Descripción de las realizaciones

Las "partes" y "%" usados en la presente invención, están basados en masa a menos que se especifique lo contrario.

Además, "hormigón" usado en la presente invención, es un término general para pasta de cemento, mortero de cemento y hormigón de cemento.

El producto con tratamiento térmico de la presente invención es uno que se obtiene por medio de tratamiento térmico de una mezcla de materia prima de CaO, una materia prima de CaSO₄ y al menos una materia prima seleccionada entre el grupo que consiste en una materia prima de Al₂O₃, una materia prima de Fe₂O₃ y una materia prima de SiO₂, en la atmósfera.

La cal libre de la presente invención es una que normalmente se denomina f-CaO.

El compuesto hidráulico de la presente invención es yeelimita (también denominada haüyna) representada por 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, un silicato de calcio representado por 3CaO·SiO₂ (abreviado como C₃S) o 2CaO·SiO₂ (abreviado como C₂S), una alumino ferrita de calcio representada por 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ (abreviada como C₄AF), 6CaO·2Al₂O₃·Fe₂O₃ (abreviado como C₆A₂F) o 6CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ (abreviado como C₆AF), o una ferrita de calcio tal como 2CaO·Fe₂O₃ (abreviado como C₂F). Es preferible que estén presentes una o más de ellas.

En particular, el compuesto hidráulico es preferentemente al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ y 2CaO·SiO₂, más preferentemente 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, o una mezcla de 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ y 2CaO·SiO₂, de forma particularmente preferida 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄.

El yeso anhidro de la presente invención es uno representado por CaSO₄.

La materia prima de CaO puede ser, por ejemplo, caliza o cal apagada. La materia prima de Al₂O₃ puede ser, por ejemplo, bauxita o ceniza residual de escoria de aluminio. La materia prima de Fe₂O₃ puede ser, por ejemplo, escoria de cobre o un óxido de hierro comercialmente disponible. La materia prima de SiO₂ puede ser, por ejemplo, piedra de sílice. La materia prima de CaSO₄ puede ser, por ejemplo, yeso dihidratado, yeso semihidratado o yeso anhidro.

Estas materias primas pueden, en ocasiones, contener impurezas, pero dichas impurezas no son problemáticas con tal de que se encuentren dentro de un intervalo que no impida los efectos de la presente invención. Dichas impurezas incluyen, por ejemplo, MgO, TiO₂, ZrO₂, MnO, P₂O₅, Na₂O, K₂O, Li₂O, azufre, flúor, cloro, etc.

El método para el tratamiento térmico de una mezcla de materia prima de CaO, una materia prima de CaSO₄ y al menos una materia prima seleccionada entre el grupo que consiste en una materia prima de Al₂O₃, una materia prima de Fe₂O₃ y una materia prima de SiO₂, no se encuentra particularmente limitado. Por ejemplo, por medio de un horno eléctrico, se lleva a cabo la combustión a una temperatura de preferentemente 1.000 a 1.600 °C, más preferentemente de 1.200 a 1.500 °C. Si la temperatura está por debajo de 1.000 °C, puede darse el caso de que exista tendencia a dificultar la garantía de fluidez del hormigón inmediatamente después de la mezcla, o el desarrollo de la resistencia inicial tiende a ser inadecuado, y si supera 1.600 °C, puede darse el caso de que el yeso experimente descomposición o el desarrollo de la resistencia inicial tienda a resultar inadecuado. El tiempo para el tratamiento térmico puede depender de la temperatura, pero el tiempo de retención a la temperatura máxima es preferentemente de 0 a 2,0 horas, más preferentemente de 0,25 a 1,75 horas.

Los contenidos de los componentes respectivos en el producto tratado térmicamente obtenido de este modo, están dentro de los intervalos siguientes. El contenido de cal libre es de 10 a 70 partes, preferentemente de 20 a 60 partes, por cada 100 partes en total de la cal libre, el compuesto hidráulico y el yeso anhidro. El contenido del compuesto

hidráulico es de 10 a 50 partes, preferentemente de 20 a 30 partes, por cada 100 partes en total de la cal libre, el compuesto hidráulico y el yeso anhidro. El contenido del yeso anhidro es de 10 a 60 partes, preferentemente de 20 a 50 partes, por cada 100 partes en total de la cal libre, el compuesto hidráulico y el yeso anhidro.

5 Además, es preferible tratar el aditivo de endurecimiento rápido con gas de dióxido de carbono para formar un carbonato de calcio en el aditivo de endurecimiento rápido, con el fin de garantizar un asentamiento inmediatamente después de la mezcla. El contenido de carbonato de calcio y preferentemente de 0,1 a 10 partes, más preferentemente de 1 a 5 partes, por cada 100 partes en total de la cal libre, el compuesto hidráulico y el yeso anhidro. Si el contenido se encuentra fuera del intervalo anterior, puede darse el caso de que la mejora del
10 asentamiento inmediatamente después de la mezcla sea menor, o el desarrollo de la resistencia tienda a ser bajo.

Se pueden adivinar los contenidos de los respectivos componentes anteriores por medio de un método analítico convencional. Por ejemplo, se puede someter una muestra pulverizada a un aparato de difracción de rayos-X en forma de polvo, en el que es posible adivinar los minerales formados y, al mismo tiempo, analizar los datos por medio de un método de Rietveld para analizar cuantitativamente los respectivos componentes. Además, es posible
15 obtener las cantidades de los respectivos componentes por medio del cálculo basado en los componentes químicos y los resultados de la identificación por medio de difracción de rayos-X en forma de polvo. El contenido de carbonato de calcio se puede cuantificar a partir de un cambio de peso debido a la descarbonatación del carbonato de calcio por medio, por ejemplo, de un termobalance diferencial (TG-TDA) o calorimetría de barrido diferencial (DSC).

20 El grado de finura del aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención es preferentemente de 2.500 a 9.000 cm^2/g , más preferentemente de 3.500 a 9.000 cm^2/g , por medio de área superficial específica de Blaine. Si es menor de 2.500 cm^2/g , puede darse el caso de que la promoción de la resistencia inicial tienda a ser inapropiada, o la expansión posterior continúe durante un largo período de tiempo para rebajar la resistencia. Por otra parte, si
25 supera 9.000 cm^2/g , puede ser el caso de que la fluidez del hormigón tienda a ser baja.

En el aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención, es preferible incorporar el cemento Portland fino y/o cal libre fina y/o yeso anhidro fino al producto tratado térmicamente que contiene la cal libre, el compuesto hidráulico y el yeso anhidro, obtenidos por medio de tratamiento térmico de una mezcla de materia prima de CaO, y materia
30 prima de Al_2O_3 y al menos una materia prima seleccionada entre el grupo que consiste en un materia prima de Al_2O_3 , una materia prima de Fe_2O_3 y una materia prima de SiO_2 , de modo que el desarrollo de la resistencia inicial se ve mejorado.

35 El cemento Portland fino es preferentemente uno que tiene un tamaño medio de partícula de como máximo 6 μm y al menos 0,1 μm . El tamaño medio de partícula se puede medir por medio de un dispositivo de medición de distribución de tamaño de partícula por difracción láser.

40 Como el cemento Portland fino, es posible usar uno obtenido por medio de pulverización y clasificación de uno cualquiera de los diversos cementos Portland tal como cementos Portland comunes, de resistencia elevada-temprana, resistencia ultra elevada-temprana, de calentamiento bajo y calentamiento moderado. La proporción de cemento Portland fino a incorporar no está particularmente limitada, pero normalmente es, de forma preferida, de como máximo 40 partes, más preferentemente de 10 a 30 partes, por cada 100 partes en total de la cal libre, el compuesto hidráulico, el yeso anhidro y el cemento Portland fino. Si se incorpora en una proporción que supera 40
45 partes, puede ser un caso de que la resistencia inicial tienda a ser baja.

Como cal libre fina, es posible usar una obtenida por medio de pulverización de cal libre obtenida por medio de combustión de caliza o cal apagada. El tamaño medio de partícula es preferentemente como máximo 20 μm , más preferentemente como máximo 15 μm y, de forma habitual, preferentemente como máximo 0,1 μm .

50 Como yeso fino, es posible usar uno obtenido por medio de pulverización de, por ejemplo, yeso anhidro natural, yeso dihidratado o yeso semihidratado. El tamaño medio de partícula es preferentemente como máximo 20 μm , más preferentemente como máximo 15 μm y, de forma habitual, preferentemente como máximo 0,1 μm .

55 La proporción de cal libre fina y/o yeso anhidro fino a incorporar no está particularmente limitada, pero, de forma habitual, es preferentemente como máximo de 60 partes por cada 100 partes del producto tratado térmicamente y la cal libre fina y/o el yeso anhidro fino. Si supera 60 partes, puede darse el caso de que la fluidez del hormigón disminuya, de modo que resulte difícil rellenar el hormigón en el encofrado, o el caso de que la resistencia inicial tienda a ser baja. Además, la proporción de cal libre fina y/o yeso anhidro fino a incorporar, es preferentemente al menos 10 partes por cada 100 partes en total del producto tratado térmicamente y la cal libre fina y/o el yeso anhidro
60 fino.

En este caso, en la presente invención, el tamaño medio de partícula del cemento Portland fino, la cal libre fina o el yeso anhidro fino se miden por medio de un medidor de distribución de tamaño de partícula de difracción láser, en un estado dispersado por medio de un dispositivo de ultrasonidos.

65 Con el aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención, es posible mejorar el desarrollo de la resistencia

5 inicial por medio de adición de glicerina al producto tratado térmicamente que se obtiene por medio de tratamiento térmico de una mezcla de materia prima de CaO, una materia prima de CaSO₄ y al menos una materia prima seleccionada entre el grupo que consiste en una materia prima de Al₂O₃, una materia prima de Fe₂O₃ y una materia prima de SiO₂, o una que tiene el cemento Portland fino y/o la cal libre fina y/o el yeso anhidro fino añadidos al producto tratado por vía térmica.

La glicerina a usar en la presente invención es un compuesto representado por medio de la fórmula química de C₃H₈O₃, o se conoce por medio del nombre químico de 1,2,3-propanotriol o glicerol.

10 La proporción de glicerina a añadir al producto tratado térmicamente es de 0,1 a 10 partes, más preferentemente de 1 a 5 partes, por cada 100 partes del producto tratado térmicamente o uno que tiene el cemento Portland fino y/o la cal libre fina y/o el yeso anhidro fino añadidos al producto tratado térmicamente, y la glicerina. Si es menor de 0,1 parte, puede darse el caso de que el efecto de aumentar la resistencia inicial o evitar la lechada no se pueda conseguir, y si supera 10 partes, puede darse el caso de que la fluidez del hormigón tienda a verse deteriorada.

15 Además, desde el punto de vista del desarrollo de resistencia, es preferible añadir glicerina al producto tratado térmicamente o una mezcla del producto tratado térmicamente con el cemento Portland y/o la cal libre fina y/o el yeso anhidro fino, seguido de pulverización simultánea para permitir la deposición sobre la superficie del producto pulverizado.

20 La cantidad de aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención a usar, varía dependiendo de la formulación de hormigón y no está particularmente limitada, pero normalmente es de 2 a 15 partes, preferentemente de 5 a 12 partes, en 100 partes de la composición de cemento que comprende cemento y el aditivo de endurecimiento rápido. Cuando se encuentra dentro de dicho intervalo, puede darse el caso de que se pueda obtener un efecto de aumento de la resistencia de compresión.

25 Como cemento a usar en la presente invención, se pueden mencionar diversos cementos Portland tales como cementos Portland comunes, de resistencia elevada-temprana, resistencia ultra elevada-temprana, de bajo calentamiento o calentamiento moderado, diversos cementos mixtos que tienen al menos un miembro seleccionado entre el grupo que consiste en escoria, ceniza volante y sílice mezclados con dichos cementos, y cementos de cargas que tienen polvo de caliza añadido, etc. Entre ellos, se prefiere el uso de un cemento mixto, de modo que se puedan reducir las amenazas ambientales, y el efecto de aumentar la resistencia tienda a ser elevado cuando se emplea el aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención. Como cemento a usar en la presente invención, se prefiere de forma particular el uso de un cemento mixto que contiene escoria y/o ceniza volante.

35 Las condiciones de curado para el hormigón a partir de la colada para retirada del encofrado de la presente invención son preferentemente las siguientes. La temperatura de curado con vapor para el hormigón procedente de la colada para retirada del encofrado es como máximo de 70 °C, preferentemente como máximo 60 °C. Si la temperatura de curado supera 70 °C, el hormigón tiende a presentar fisuras. Además, normalmente, la temperatura de curado con vapor es preferentemente de al menos 40 °C.

Además, es preferible fijar la madurez del hormigón a partir de la colada para la retirada del encofrado en 210 a 320 °C hora. En este caso, la madurez se define por medio de la fórmula siguiente.

45
$$\text{Madurez } M = \Sigma(T+ 10)\Delta t$$

T: Temperatura de hormigón en el momento Δt

Δt : Tiempo transcurrido (horas)

50 Si la madurez es menor de 210 °C hora, puede darse el caso de que el desarrollo de la resistencia de compresión resulte inapropiada, de modo que no resulte posible retirar el encofrado, y si supera 320 °C hora, puede darse el caso de que se tarde mucho en la producción, de manera que no resulte económicamente rentable. La madurez a partir de la colada para la retirada del encofrado es más preferentemente de 230 °C a 300 °C hora.

55 En la presente invención, es posible incorporar no solo arena o grava, sino también un agente reductor de agua, un agente reductor de agua de elevado rendimiento, un agente reductor de agua AE, un agente reductor de agua AE de elevado rendimiento, un agente de fluidización, un agente desespumante, un espesante, un agente anti-corrosión, un agente anti-congelante, un agente de reducción de la contracción, una emulsión polimérica, un modificación de fraguado, un agente de endurecimiento rápido para el cemento, un mineral de arcilla tal como bentonita, un intercambiador iónico tal como zeolita, polvo fino de sílice, carbonato de calcio, hidróxido de calcio, yeso, silicato de calcio, fibras de acero, etc. Como material orgánico, se puede mencionar un material de fibra tal como fibra de vinailon, fibra acrílica, fibra de carbono, etc.

Ejemplos

65 A continuación, se describe la presente invención en detalles haciendo referencia a los Ejemplos y Ejemplos

Comparativos, pero debería comprenderse que la presente invención no se encuentra restringida por estos Ejemplos.

Ejemplo de ensayo 1

5 Como se identifica en los "materiales Empleado" siguientes, se mezclaron una materia prima de CaO, la materia prima de CaSO₄ y al menos una materia prima seleccionada entre el grupo que consiste en una materia prima de Al₂O₃, una materia prima de Fe₂O₃ y una materia prima de SiO₂. La mezcla obtenida se trató térmicamente a 1.350 °C durante 0,5 horas en atmósfera por medio de un horno eléctrico, y el producto obtenido tratado térmicamente se pulverizó por medio de un molino de bolas para preparar un aditivo de endurecimiento rápido (A a H). Además, se preparó el aditivo de endurecimiento rápido (I) que tiene cemento Portland común añadido a un producto pulverizado del producto tratado por vía térmica. Además, se prepararon los aditivos de endurecimiento rápido (a a t) que tienen glicerina añadidos al producto tratado térmicamente o a una mezcla del producto tratado térmicamente con la cal libre fina y el yeso anhidro fino, seguido de pulverización en un molino de bolas.

15 Además, como se muestra en la Tabla 1, se usaron los productos comerciales A a C de aditivo de endurecimiento rápido o material de expansión, aditivo de endurecimiento rápido (J) que tiene cemento Portland común añadido al producto comercial B, uno que tiene glicerina añadida al producto comercial A, y uno que tiene solo glicerina añadida, a modo de Ejemplos Comparativos.

20 En este caso, con respecto al producto tratado térmicamente, se determinaron la composición y los contenidos de los respectivos componentes por medio de difracción de rayos-X y análisis elemental.

25 La composición de mezcla básica del hormigón se fijó para que la cantidad unitaria de agua fuese de 145 kg/m³, siendo la cantidad unitaria de cemento de 440 kg/m³, siendo la cantidad unitaria de aditivo de endurecimiento rápido de 30 kg/m³ (0,9 kg/m³ en el caso de glicerina añadida al producto comercial A o que únicamente presente glicerina añadida), siendo el agente reductor de agua de 2,5 kg/m³, s/a siendo 39,4 % y siendo la cantidad de aire de 4,5 %, y en una atmósfera de 20 °C, se midieron el tiempo de asentamiento y de fraguado mientras se modificaba el tipo de aditivo de endurecimiento rápido como se muestra en la Tabla 1.

30 A continuación, se introdujo el hormigón en un encofrado, se dejó a 20 °C durante un tiempo de precurado de 40 minutos, se sometió a un aumento de temperatura durante 30 minutos, se mantuvo a la temperatura máxima de 50 °C durante 3 horas y se enfrió durante 30 minutos y a continuación, se retiró el encofrado. Se midió la resistencia de compresión inmediatamente después de la retirada del encofrado y después del curado en atmósfera de 20 °C. Además, se evaluaron la presencia o ausencia de lechada sobre la superficie del hormigón y el cambio de longitud. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

35 Se incorporó el aditivo de endurecimiento rápido a sustituir por el agregado, y se llevó a cabo un estudio también con respecto a una composición que no tuviera el aditivo de endurecimiento rápido incorporado.

40 (Materiales empleados)

Materia prima de CaO: Carbonato de calcio (polvo fino de cal), malla metálica 100, producto comercial
 Materia prima de Al₂O₃: Bauxita, tasa de paso de tamiz de 90 µm: 100 %, producto comercial
 45 Materia prima de Fe₂O₃: Polvo de óxido de hierro, Área superficial específica de Blaine: 3.000 cm²/g, producto comercial
 Materia prima de SiO₂: Polvo de sílice, Área superficial específica de Blaine: 3.000 cm²/g, producto comercial
 Materia prima de CaSO₄: Yeso dihidratado, Área superficial específica de Blaine: 5.000 cm²/g, producto comercial
 50 Cemento: Cemento Portland común, producto comercial, densidad: 3,16 g/cm³
 Cemento Portland común fino: Tamaño medio de partícula: 3 µm, densidad: 3,16 g/cm³
 Cal libre fina (1): Contenido de CaO: 97%, tamaño medio de partícula: 10 µm, producto comercial
 Yeso anhidro fino (1): Yeso anhidro natural, tamaño medio de partícula: 8 µm, producto comercial
 Cal libre fina (2): Contenido de CaO: 97%, tamaño medio de partícula: 18 µm, producto comercial
 55 Yeso anhidro fino (2): Yeso anhidro natural, tamaño medio de partícula: 15 µm, producto comercial
 Glicerina: Producto comercial, glicerina purificada
 Arena: Arena normalizada JIS
 Agua: Agua corriente
 Agregado fino: Producto de Himekawa, Niigata-ken, Japón, menor de 5 mm, densidad: 2,62 g/cm³
 60 Agregado grueso: Producto de Himekawa, Niigata-ken, Japón, menor de 25 mm, densidad: 2,64 g/cm³
 Agente reductor de agua: Ácido naftalen sulfónico, nombre comercial "Mighty 150", fabricado por Kao Corporation
 Aditivo A de endurecimiento rápido: 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita, 47 partes de yeso anhidro, densidad: 2,90 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 3.500 cm²/g
 65 Aditivo B de endurecimiento rápido: Uno que tenga un aditivo A de endurecimiento rápido pulverizado sobre una área superficial específica de Blaine de 6.000 cm²/g

ES 2 662 106 T3

- Aditivo C de endurecimiento rápido: Uno que tenga un aditivo A de endurecimiento rápido pulverizado sobre una área superficial específica de Blaine de 9.000 cm²/g
- Aditivo D de endurecimiento rápido: 32 partes de cal libre, 21 partes de Yeelimita, 5 partes de C₄AF, 5 partes de C₂S, 37 partes de yeso anhidro, densidad: 2,98 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 3.500 cm²/g
- 5 Aditivo E de endurecimiento rápido: 50 partes de cal libre, 10 partes de Yeelimita, 5 partes de C₄AF, 5 partes de C₂S, 30 partes de yeso anhidro, densidad: 3,05 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 3.500 cm²/g
- Aditivo F de endurecimiento rápido: Uno sintetizado colocando el aditivo A de endurecimiento rápido en un crisol de aluminio, introduciéndolo en un horno eléctrico, y haciéndolo reaccionar a una temperatura de calentamiento de 600 °C durante 30 minutos al tiempo que se hace circular gas de dióxido de carbono a una tasa de 0,05 l/min
- 10 por cada 1 l de volumen interno del horno eléctrico. 20 Parte de cal libre, 32 partes de Yeelimita, 47 partes de yeso anhidro, 1 parte de carbonato de calcio, densidad: 2,90 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 6.000 cm²/g
- Aditivo G de endurecimiento rápido: 70 Parte de cal libre, 20 partes de Yeelimita, 10 partes de yeso anhidro, densidad: 3,20 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 3.500 cm²/g
- 15 Aditivo H de endurecimiento rápido: 10 Parte de cal libre, 50 partes de Yeelimita, 40 partes de yeso anhidro, densidad: 2,85 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 3.500 cm²/g
- Aditivo I de endurecimiento rápido: A una cantidad 80 partes de aditivo A de endurecimiento rápido, se incorporaron 20 partes de cemento Portland común fino que tenía un tamaño medio de partícula de 3 µm. Densidad: 2,95 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 4.400 cm²/g
- 20 Aditivo J de endurecimiento rápido: A una cantidad de 80 partes del producto comercial B, se incorporaron 20 partes de cemento Portland común fino que tenía un tamaño medio de partícula de 3 µm. Densidad: 2,95 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 4.400 cm²/g
- Aditivo a de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g
- 25 Aditivo b de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente usado para aditivo A de endurecimiento rápido, y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g
- Aditivo c de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente para aditivo A de endurecimiento rápido,
- 30 y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 9.000 cm²/g
- Aditivo d de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente que comprende 30 partes de cal libre, 20 partes de Yeelimita, 5 partes de C₄AF, 5 partes de C₂S y 40 partes de yeso anhidro y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g
- 35 Aditivo e de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente que comprende 50 partes de cal libre, 10 partes de Yeelimita, 5 partes de C₄AF, 5 partes de C₂S y 30 partes de yeso anhidro y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g
- Aditivo f de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente que comprende 30 partes de cal libre, 10 partes de Yeelimita y 60 partes de yeso anhidro, y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 4.000 cm²/g
- 40 Aditivo g de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente que comprende 70 partes de cal libre, 20 partes de Yeelimita y 10 partes de yeso anhidro (área superficial de Blaine: 3.500 cm²/g), y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g
- 45 Aditivo h de endurecimiento rápido: Uno que tiene 97 partes del producto tratado térmicamente que comprende 10 partes de cal libre, 50 partes de Yeelimita y 40 partes de yeso anhidro, y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g
- Aditivo i de endurecimiento rápido: Uno obtenido por medio de pulverización de un producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro a un área superficial específica de Blaine de 3.500 cm²/g, y mezcla 97 partes del producto pulverizado y 3 partes de glicerina
- 50 Aditivo j de endurecimiento rápido: Uno que tiene 70 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 13,5 partes de cal fina (1), 13,5 partes de yeso anhidro (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g
- 55 Aditivo k de endurecimiento rápido: Uno que tiene 50 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 23,5 partes de cal libre fina (1), 23,5 partes de yeso anhidro (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g
- 60 Aditivo l de endurecimiento rápido: Uno que tiene 40 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 28,5 partes de cal libre fina (1), 28,5 partes de yeso anhidro (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g
- 65 Aditivo m de endurecimiento rápido: Uno que tiene 30 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 33,5 partes de cal libre fina (1), 33,5

ES 2 662 106 T3

partes de yeso anhidro (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g

Aditivo n de endurecimiento rápido: Uno que tiene 48,5 partes de cal libre fina (1), 48,5 partes de yeso anhidro (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 5.000 cm²/g

Aditivo o de endurecimiento rápido: Uno que tiene 50 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 47 partes de cal libre fina (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g

Aditivo p de endurecimiento rápido: Uno que tiene 50 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 47 partes de yeso anhidro (1) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g

Aditivo q de endurecimiento rápido: Uno que tiene 50 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, 23,5 partes de cal libre fina (2), 23,5 partes de yeso anhidro (2) y 3 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 6.000 cm²/g

Aditivo r de endurecimiento rápido: Uno que tiene 99,9 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro y 0,1 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g

Aditivo s de endurecimiento rápido: Uno que tiene 99 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro y 1 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g

Aditivo t de endurecimiento rápido: Uno que tiene 90 partes del producto tratado térmicamente que comprende 21 partes de cal libre, 32 partes de Yeelimita y 47 partes de yeso anhidro, y 10 partes de glicerina, mezclado y pulverizado para ajustar el área superficial de Blaine a un valor de 3.500 cm²/g

Producto comercial A: Aditivo de endurecimiento rápido comercialmente disponible que comprende 50 partes de cal, 20 partes de silicato de calcio y 30 partes de yeso anhidro. Área superficial específica de Blaine: 4.500 cm²/g. El yeso anhidro se añade posteriormente al clínker.

Producto comercial B: Aditivo expansivo de tipo etringita, densidad: 2,95 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 2.800 cm²/g

Producto comercial C: Aditivo expansivo compuesto de cal y etringita, densidad: 3,08 g/cm³, Área superficial específica de Blaine: 2.800 cm²/g

(Métodos de ensayo)

Ensayo de fraguado: Llevado a cabo de acuerdo con JIS A-1147. Se midió el tiempo de fraguado, y usando una hormigón plano que no presentaba aditivo alguno incorporado de endurecimiento rápido, como el convencional, se evaluó el efecto de promoción del fraguado.

Asentamiento: De acuerdo con JIS-A-1101

Resistencia de Compresión: De acuerdo con JIS-A-1108

Presencia o ausencia de lechada: Se evaluó visualmente el estado de la lechada formada sobre la superficie de la muestra de ensayo para medir la resistencia de compresión. Un caso en el que la lechada se observó que era superior a un 30 % de la superficie de la muestra de ensayo se calificó como x, un caso en el que la lechada se observó que era de un 10 a un 30 % de la superficie de una muestra de ensayo se calificó como Δ, y un caso en el que la lechada se observó de 0 a un 10 % de la superficie de una muestra de ensayo se calificó como O.

Cambio de longitud: De acuerdo con JIS A-1129. Una vez retirada la muestra de ensayo del encofrado, se puso en agua a 20 °C y se estabilizó la temperatura. A continuación, transcurrido 1 día, se midió la longitud de la base. Además, se sometió a curado en agua a 20 °C hasta un tiempo de 7 días, posteriormente, se secó y se curó al aire a 20 °C con una humedad relativa de 60 % y se midió la tensión de contracción generada en el hormigón en un tiempo de 56 días.

Aditivos A a J, n, y los Productos Comerciales A, B, y C son Ejemplos Comparativos.

TABLA 1

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido	Asentamiento (cm)	Efecto de promoción del asentamiento (h)	Resistencia de compresión (N/mm ²)		Relación de resistencia de compresión con respecto a uno que no tiene aditivo de endurecimiento rápido incorporado		Lechada	Cambio de longitud (X10 ⁶)	Nota
				A la retirada del encofrado	A los 7 días	A la retirada del encofrado	A los 7 días			
1-1	A	11	0,2	18,4	55,0	1,7	1,2	Δ	-560	Ej. Comp.
1-2	B	11	0,3	21,9	59,5	2,0	1,3	Δ	-540	Ej. Comp.
1-3	C	9	0,5	22,5	59,0	2,0	1,3	Δ	-520	Ej. Comp.
1-4	D	11	0,2	17,1	57,5	1,6	1,3	Δ	-550	Ej. Comp.
1-5	E	12	0	16,9	54,3	1,5	1,2	Δ	-550	Ej. Comp.
1-6	F	13	0	18,8	59,1	1,7	1,3	Δ	-540	Ej. Comp.
1-7	G	11	0,3	17,2	54,4	1,6	1,2	Δ	-550	Ej. Comp.
1-8	H	12	0,3	17,5	58,6	1,6	1,3	Δ	-540	Ej. Comp.
1-9	I	11	0,5	21,5	58,9	2,0	1,3	Δ	-510	Ej. Comp.
1-10	J	11	0,1	17,7	56,6	1,6	1,2	Δ	-560	Ej. Comp.
1-11	a	11	0,9	22,6	58,3	2,1	1,3	○	-520	Ej.
1-12	b	10	1,5	23,5	59,0	2,1	1,3	○	-490	Ej.
1-13	c	9	1,8	24,3	58,6	2,2	1,3	○	-480	Ej.
1-14	d	11	1,2	25,4	57,6	2,3	1,3	○	-470	Ej.
1-15	e	12	0,8	25,6	59,3	2,3	1,3	○	-450	Ej.
1-16	f	11	1,8	25,3	60,2	2,3	1,3	○	-440	Ej.
1-17	g	10	1,6	21,5	54,0	2,0	1,2	Δ	-530	Ej.
1-18	h	10	1,8	22,0	58,3	2,0	1,3	○	-460	Ej.
1-19	i	10	0,6	20,9	55,3	1,9	1,2	Δ	-530	Ej.
1-20	J	11	2,0	27,3	58,6	2,5	1,3	○	-460	Ej.
1-21	k	11	2,0	28,9	60,0	2,6	1,3	○	-450	Ej.

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido	Asentamiento (cm)	Efecto de promoción del asentamiento (h)	Resistencia de compresión (N/mm ²)		Relación de resistencia de compresión con respecto a uno que no tiene aditivo de endurecimiento rápido incorporado		Lechada	Cambio de longitud (X10 ⁻⁶)	Nota
				A la retirada del encofrado	A los 7 días	A la retirada del encofrado	A los 7 días			
1-22	l	11	2,0	26,4	57,7	2,4	1,3	○	-470	Ej.
1-23	m	10	1,5	22,0	54,0	2,0	1,2	△	-490	Ej.
1-24	n	7	0,8	17,0	53,1	1,5	1,2	×	-560	Comp. Ej.
1-25	o	3	1,5	22,0	56,0	2,0	1,2	△	-530	Ej.
1-26	P	12	1,5	23,1	56,9	2,1	1,2	△	-480	Ej.
1-27	q	11	2,3	25,0	58,8	2,3	1,3	○	-470	Ej.
1-28	r	10	0,7	20,8	57,0	1,9	1,2	○	-540	Ej.
1-29	s	11	0,9	21,8	58,1	2,0	1,3	○	-500	Ej.
1-30	t	10	1,1	20,2	55,6	1,8	1,2	○	-550	Ej.
1-31	Solo glicerina	12	-3,0	7,3	38,9	0,7	0,8	×	-660	Comp. Ej.
1-32	Producto comercial A	9	0	16,6	53,6	1,5	1,2	×	-550	Comp. Ej.
1-33	Producto comercial B	11	0	15,0	54,3	1,4	1,2	△	-560	Comp. Ej.
1-34	Producto comercial C	11	0	13,6	53,9	1,2	1,2	△	-570	Comp. Ej.
1-35	Producto comercial A + glicerina	9	0,1	18,1	53,5	1,6	1,2	×	-570	Comp. Ej.
1-36	Nada	12	-	11,0	45,8	1,0	1,0	×	-590	Comp. Ej.

Ejemplo de ensayo 2

5 Se llevaron a cabo los ensayo de la misma forma que en el Ejemplo de Ensayo 1, exceptuando que durante el uso del aditivo A de endurecimiento rápido, aditivo B de endurecimiento rápido, aditivo a de endurecimiento rápido, aditivo b de endurecimiento rápido o aditivo k de endurecimiento rápido, se substituyó una parte de cemento por escoria de alto horno y/o ceniza volante en la cantidad mostrada en la Tabla 2. Los resultados se muestran en la Tabla 2. Además, también se evaluaron el producto comercial A y uno que tenía glicerina mezclada con el producto comercial A.

10 (Materiales empleados)

Ceniza volante: Ceniza volante de Tohoku de tipo II, Área superficial específica de Blaine: 4.000 cm²/g, densidad: 2,23 g/cm³

15 Escoria: Escoria de alto horno, fabricada por Sumikinkouka Co., Ltd., Smitment, Área superficial específica de Blaine: 4.000 cm²/g, densidad: 2,91 g/cm³

TABLA 2

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido	Cantidad unitaria (kg/m ³)			Asentamiento (cm)	Efecto de promoción del asentamiento (h)	Resistencia de compresión (N/mm ²)		Relación de resistencia de compresión con respecto a uno que no tiene aditivo de endurecimiento rápido incorporado		Lechada	Cambio de longituditud (x10 ⁵)	Nota
		Cemento	Ceniza volante	Escoria			A la retirada del encofrado	A los 7 días	A la retirada del encofrado	A los 7 días			
1-1	A	440	0	0	11	0,2	18,4	55,0	1,7	1,2	Δ	-560	Comp. Ej.
2-1	A	390	50	0	12	0,2	16,2	51,3	1,7	1,2	Δ	-570	Comp. Ej.
2-2	A	340	0	100	12	0,2	14,9	52,4	1,9	1,3	Δ	-580	Comp. Ej.
2-3	A	290	50	100	12	0,2	12,2	49,8	1,9	1,3	Δ	-590	Comp. Ej.
1-2	B	440	0	0	11	0,3	21,9	59,5	2,0	1,3	Δ	-540	Comp. Ej.
2-4	B	390	50	0	10	0,2	18,8	56,3	2,0	1,3	Δ	-560	Comp. Ej.
2-5	B	340	0	100	10	0,2	17,0	52,6	2,1	1,3	Δ	-550	Comp. Ej.
2-6	B	290	50	100	10	0,1	13,8	51,9	2,2	1,4	Δ	-580	Comp. Ej.
1-11	a	440	0	0	11	0,9	22,6	58,3	2,1	1,3	○	-520	Ej.
2-7	a	390	50	0	12	0,8	19,4	51,0	2,0	1,2	○	-540	Ej.
2-8	a	340	0	100	12	0,7	17,8	51,9	2,2	1,3	○	-540	Ej.
2-9	a	290	50	100	12	0,5	14,7	49,7	2,3	1,3	○	-560	Ej.
1-12	b	440	0	0	10	1,5	23,5	59,0	2,1	1,3	○	-490	Ej.
2-10	b	390	50	0	10	1,4	22,3	56,0	2,3	1,3	○	-520	Ej.

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido	Cantidad unitaria (kg/m ³)			Asentamiento (cm)	Efecto de promoción del asentamiento (h)	Resistencia de compresión (N/mm ²)		Relación de resistencia de compresión con respecto a uno que no tiene aditivo de endurecimiento rápido incorporado		Lechada	Cambio de longitud (x10 ⁻⁶)	Nota
		Cemento	Ceniza volante	Escoria			A la retirada del encofrado	A los 7 días	A la retirada del encofrado	A los 7 días			
2-11	b	340	0	100	10	1,3	19,4	52,3	2,4	1,3	○	-540	Ej.
2-12	b	290	50	100	10	1,0	16,6	51,8	2,6	1,4	○	-550	Ej.
1-21	k	440	0	0	11	2,0	28,9	60,0	2,6	1,3	○	-450	Ej.
2-13	k	390	50	0	11	2,0	23,0	56,8	2,4	1,3	○	-490	Ej.
2-14	k	340	0	100	11	2,1	20,7	54,0	2,6	1,4	○	-530	Ej.
2-15	k	290	50	100	11	2,2	17,0	52,3	2,7	1,4	○	-560	Ej.
1-36	Nada	440	0	0	12	-	11,0	45,8	1,0	1,0	×	-590	Comp. Ej.
2-16	Nada	390	50	0	12	-	9,5	43,3	1,0	1,0	×	-620	Comp. Ej.
2-17	Nada	340	0	100	12	-	8,0	40,0	1,0	1,0	×	-650	Comp. Ej.
2-18	Nada	290	50	100	12	-	6,4	37,4	1,0	1,0	×	-670	Comp. Ej.
2-19	Producto comercial A	290	50	100	10	0	10,6	44,9	1,7	1,2	×	-610	Comp. Ej.
2-20	Producto comercial A + glicerina	290	50	100	10	0,1	11,9	46,0	1,9	1,2	×	-600	Comp. Ej.

Ejemplo de ensayo 3

5 Se llevaron a cabo los ensayo de la misma forma que en el Ejemplo de Ensayo 2, excepto que durante el uso del aditivo A de endurecimiento rápido o el aditivo a de endurecimiento rápido, se incorporaron 100 kg/m³ de escoria y 50 kg/m³ de ceniza volante al cemento por medio de sustituido, y se modificaron las condiciones de curado con vapor y la madurez como se muestra en la Tabla 3. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido	Condiciones de curado						Total	MT(°C·hora)
		Curado preliminar	Aumento de temperatura	Mantenimiento a la temperatura máxima	Enfriamiento				
3-1	A	40 min	30 min	50 °C 1 hora 25 min	30 min	4 horas 40 min	150		
3-2	A	40 min	30 min	50 °C 2 horas 25 min	30 min	4 horas 40 min	210		
2-3	A	40 min	30 min	50 °C 3 horas	30 min	4 horas 40 min	245		
3-3	A	40 min	50 min	70°C 1 hora 54 min	30 min	3 horas 54 min	245		
3-4	A	40 min	1 horas 10 min	90°C 1 hora 10 min	30 min	3 horas 30 min	245		
3-5	A	40 min	2 horas	50 °C 2 horas	2 horas	6 horas 40 min	320		
3-6	a	40 min	30 min	50 °C 1 hora 25 min	30 min	4 horas 40 min	150		
3-7	a	40 min	30 min	50 °C 2 horas 25 min	30 min	4 horas 40 min	210		
2-9	a	40 min	30 min	50 °C 3 horas	30 min	4 horas 40 min	245		
3-8	a	40 min	50 min	70°C 1 hora 54 min	30 min	3 horas 54 min	245		
3-9	a	40 min	1 horas 10 min	90°C 1 hora 10 min	30 min	3 horas 30 min	245		
3-10	a	40 min	2 horas	50 °C 2 horas	2 horas	6 horas 40 min	320		
3-11	Nada	40 min	30 min	50 °C 1 hora 25 min	30 min	4 horas 40 min	150		
3-12	Nada	40 min	30 min	50 °C 2 horas 25 min	30 min	4 horas 40 min	210		
2-18	Nada	40 min	30 min	50 °C 3 horas	30 min	4 horas 40 min	245		
3-13	Nada	40 min	50 min	70°C 1 hora 54 min	30 min	3 horas 54 min	245		
3-14	Nada	40 min	1 horas 10 min	90°C 1 hora 10 min	30 min	3 horas 30 min	245		
3-15	Nada	40 min	2 horas	50 °C 2 horas	2 horas	6 horas 40 min	320		
3-1	12		7,0	45,5	1,8	1,3	Δ	Comp. Ej.	
3-2	12		9,0	47,3	1,8	1,3	Δ	Comp. Ej.	
2-3	12	0,2	12,2	49,8	1,9	1,3	Δ	Comp. Ej.	
3-3	12		14,4	50,6	1,9	1,4	Δ	Comp. Ej.	
3-4	12		Fisuración por calor				Δ	-	Comp. Ej.

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido	Condiciones de curado						MT(°C·hora)	
		Curado preliminar	Aumento de temperatura	Mantenimiento a la temperatura máxima	Enfriamiento	Total			
3-5	12		16,3	50,0	1,9	1,3	Δ	-580	Comp. Ej.
3-6	12		8,6	45,0	2,2	1,3	○	-600	Comp. Ej.
3-7	12		10,6	47,3	2,1	1,3	○	-580	Ej.
2-9	12	0,5	14,7	49,7	2,3	1,3	○	-560	Ej.
3-8	12		17,6	50,0	2,4	1,3	○	-560	Ej.
3-9	12		Fisuración por calor				○	-	Ej. Comp.
3-10	12		19,5	49,8	2,3	1,3	○	-580	Ej.
3-11	12		3,9	35,6	1,0	1,0	×	-680	Comp. Ej.
3-12	12		5,0	36,2	1,0	1,0	×	-680	Comp. Ej.
2-18	12		6,4	37,4	1,0	1,0	×	-670	Comp. Ej.
3-13	12	-	7,4	37,3	1,0	1,0	×	-660	Comp. Ej.
3-14	12		Fisuración por calor				×	-	Comp. Ej.
3-15	12		8,5	37,9	1,0	1,0	×	-650	Comp. Ej.

Ejemplo de ensayo 4

5 Se llevaron a cabo los ensayo de la misma forma que en el Ejemplo de Ensayo 3, exceptuando que se fijaron las condiciones de curado con vapor en un tiempo de precurado de 40 minutos a 20 °C, un aumento de temperatura de 30 minutos, manteniendo a la temperatura máxima de 50 °C durante 3 horas y enfriando durante 30 minutos, y la cantidad de aditivo de endurecimiento rápido usado en 100 partes de la composición de cemento que comprende cemento y el aditivo de endurecimiento rápido, se modificó como se muestra en la Tabla 4. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

10

TABLA 4

Nº. de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido		Asentamiento (cm)	Efecto de promoción del asentamiento (h)	Resistencia de compresión (N/mm ²)		Relación de resistencia de compresión con respecto a uno que no tiene aditivo de endurecimiento rápido incorporado		Lechada	Cambio de longitud (X10 ⁻⁶)	Nota
	Tipo	Cantidad (partes)			A la retirada del encofrado	A los 7 días	A la retirada del encofrado	A los 7 días			
2-18	A	0	12	-	6,4	37,4	1,0	1,0	×	-670	Comp. Ej.
4-1	A	2	12	0,2	9,3	41,2	1,5	1,1	Δ	-650	Comp. Ej.
4-2	A	5	12	0,2	10,1	47,6	1,6	1,3	Δ	-630	Comp. Ej.
2-3	A	7	12	0,2	12,2	49,8	1,9	1,3	Δ	-590	Comp. Ej.
4-3	A	10	11	0,4	12,6	51,3	2,0	1,4	Δ	-570	Comp. Ej.
4-4	A	12	10	0,6	13,3	47,3	2,1	1,3	○	-590	Comp. Ej.
4-5	A	15	9	0,8	12,9	45,0	2,0	1,2	○	-620	Ej. Comp.
4-6	a	2	12	0,1	9,5	40,6	1,5	1,1	Δ	-650	Ej.
4-7	a	5	12	0,3	12,1	47,0	1,9	1,3	○	-610	Ej.
2-9	a	7	12	0,5	14,7	49,7	2,3	1,3	○	-560	Ej.
4-8	a	10	11	0,9	15,5	51,5	2,4	1,4	○	-560	Ej.
4-9	a	12	10	1,3	16,0	47,5	2,5	1,3	○	-570	Ej.
4-10	a	15	9	1,6	15,8	44,9	2,5	1,2	○	-600	Ej.
4-11	k	2	12	0,5	10,5	42,3	1,6	1,1	○	-640	Ej.
4-12	k	5	12	1,1	15,3	48,0	2,4	1,3	○	-600	Ej.
2-15	k	7	11	2,2	17,0	52,3	2,7	1,4	○	-560	Ej.

Nº de Ensayo	Aditivo de endurecimiento rápido		Asentamiento (cm)	Efecto de promoción del asentamiento (h)	Resistencia de compresión (N/mm ²)		Relación de resistencia de compresión con respecto a uno que no tiene aditivo de endurecimiento rápido incorporado		Lechada	Cambio de longitud (X10 ⁻⁶)	Nota
	Tipo	Cantidad (partes)			A la retirada del encofrado	A los 7 días	A la retirada del encofrado	A los 7 días			
4-13	k	10	11	2,7	17,6	52,9	2,8	1,4	○	-560	Ej.
4-14	k	12	10	3,0	18,5	53,3	2,9	1,4	○	-540	Ej.
4-15	k	15	9	3,5	18,8	54,6	2,9	1,5	○	-530	Ej.
4-16	Producto comercial A	2	12	0,0	8,6	39,1	1,3	1,0	Δ	-660	Comp. Ej.
4-17	Producto comercial A	5	11	0,0	9,7	42,3	1,5	1,1	Δ	-640	Comp. Ej.
2-19	Producto comercial A	7	10	0,0	10,6	44,9	1,7	1,2	Δ	-610	Comp. Ej.
4-18	Producto comercial A	10	10	0,1	12,3	48,7	1,9	1,3	Δ	-600	Comp. Ej.
4-19	Producto comercial A	12	10	0,2	13,1	48,5	2,0	1,3	Δ	-620	Comp. Ej.
4-20	Producto comercial A	15	9	0,4	13,5	48,3	2,1	1,3	Δ	-620	Comp. Ej.

Aplicabilidad industrial

5 El aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención es útil en la producción de un producto de hormigón, y se puede utilizar un método de producción que emplea el aditivo de endurecimiento rápido de la presente invención como método para mejorar la productividad de un producto de hormigón que presenta menos amenazas ambientales.

REIVINDICACIONES

1. Un aditivo de endurecimiento rápido que presenta un producto tratado térmicamente que se obtiene por medio de tratamiento térmico de una muestra de materia prima de CaO, una materia prima de CaSO₄ y al menos una materia prima seleccionada entre el grupo que consiste en una materia prima de Al₂O₃, una materia prima de Fe₂O₃ y una materia prima de SiO₂, conteniendo dicho producto tratado térmicamente de 10 a 70 partes en masa de cal libre, de 10 a 50 partes en masa de un compuesto hidráulico y de 10 a 60 partes en masa de un yeso anhidro, por cada 100 partes en masa en total de cal libre, el compuesto hidráulico y el yeso anhidro, en el que el compuesto hidráulico es uno o más de yeelimita representada por 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, un silicato de calcio representado por 3CaO·SiO₂ o 2CaO·SiO₂, una alumina ferrita de calcio representada por 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃, 6CaO·2Al₂O₃·Fe₂O₃ o 6CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃, o una ferrita de calcio tal como 2CaO·Fe₂O₃, **caracterizado por que** el aditivo de endurecimiento rápido contiene de 0,1 a 10 partes en masa de glicerina en 100 partes en masa del aditivo de endurecimiento rápido.
2. El aditivo de endurecimiento rápido de acuerdo con la Reivindicación 1, que tiene un área superficial específica de Blaine de 2.500 a 9.000 cm²/g.
3. El aditivo de endurecimiento rápido de acuerdo con la Reivindicación 1 o 2, que se obtiene por medio de incorporación del aditivo de endurecimiento rápido de la reivindicación 1 o 2 como máximo de 40 partes en masa de cemento Portland fino en 100 partes en masa del aditivo de endurecimiento rápido, en el que el cemento Portland fino tiene un tamaño medio de partícula de como máximo 6 μm y al menos 0,1 μm.
4. El aditivo de endurecimiento rápido de acuerdo con una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 3, que se obtiene por medio de incorporación en el aditivo de endurecimiento rápido de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, de 10 a 60 partes en masa de cal libre fina y/o yeso fino por cada 100 partes en masa en total del producto tratado térmicamente y dicha cal libre fina y/o dicho yeso fino, en el que la cal libre fina tiene un tamaño medio de partícula de como máximo 20 μm y/o el yeso fino tiene un tamaño medio de partícula de como máximo 20 μm, obteniéndose el yeso fino por medio de pulverización del yeso anhidro natural.
5. El aditivo de endurecimiento rápido de acuerdo con una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, en el que el compuesto hidráulico es 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, o una mezcla de 3CaO·3Al₂O₃·CaSO₄, 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ y 2CaO·SiO₂.
6. Un método para producir un producto de hormigón, que comprende incorporar de 2 a 15 partes en masa del aditivo de endurecimiento rápido que se define en una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 5 en 100 partes en masa de una composición de cemento que comprende cemento y el aditivo de endurecimiento rápido, y ajustar la temperatura de curado con vapor a partir de la colada para la retirada del encofrado para que sea como máximo de 70 °C y la madurez a partir de la colada para la retirada del encofrado para que sea de 210 a 320 °C hora.
7. El método de producción de un producto de hormigón de acuerdo con la Reivindicación 6, en el que como cemento, se usa un cemento mixto que contiene escoria y/o ceniza volante.
8. Un producto de hormigón producido por medio del método de producción que se define en la Reivindicación 6 o 7.