

**NANOPARTÍCULA PARA EL DESARROLLO TEMPRANO DE LA RESISTENCIA
DEL CONCRETO, COMPOSICIÓN PARA FORMAR EL CONCRETO, QUE
INCLUYE LA MISMA, Y MÉTODO PARA PRODUCIR LA MISMA**

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto y un método para producir la misma, y más particularmente, a una nanopartícula, que se puede producir mediante un proceso de coprecipitación, puede tener diferentes efectos potenciadores de la resistencia temprana de acuerdo con una composición, y se puede utilizar como un agente de resistencia temprana para acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un aditivo es un material que se añade además del cemento, agregado y agua, que son los materiales básicos para la producción de concreto, para dar un rendimiento especial al concreto o para mejorar las propiedades, y se refiere a un material cuya cantidad utilizada es menor que el 1% (con base en el contenido de sólidos) con respecto al cemento. Sin embargo, a pesar de la cantidad relativamente pequeña utilizada, el desarrollo de excelentes aditivos se reconoce como uno de los factores más importantes en el desarrollo de

25

materiales de concreto porque las propiedades físicas del concreto cambian significativamente dependiendo del aditivo utilizado. La convención actual de aditivos para concreto son agentes reductores de agua inclusores de aire (AE, Air-
5 Entraining), agentes reductores de agua de alto rendimiento y agentes reductores de agua AE de alto rendimiento, y tensioactivos sintéticos, ácidos sulfónicos de lignina, aditivos a base de naftalina, aditivos a base de melamina y aditivos a base de ácido policarboxílico se utilizan como
10 ingredientes principales, pero no garantizan la resistencia temprana o el rendimiento de la resistencia a plazo ultracorto del concreto.

Por otro lado, se requiere el uso de subproductos industriales de bajo costo, tales como cenizas volantes y
15 escorias de altos hornos, que pueden reducir la proporción de cemento y reemplazar el cemento cuando se produce concreto de cemento. La cantidad de subproductos industriales generados aumenta año tras año y anualmente se generan más de 20 millones de toneladas de subproductos industriales. En
20 consecuencia, los subproductos industriales son deseables como sustitutos del cemento. Sin embargo, cuando se aplican subproductos industriales, existe un problema de que se reduce la resistencia temprana del concreto. Por lo tanto, la necesidad de aditivos de resistencia temprana está surgiendo
25 gradualmente para resolver este problema.

Además, cuando se coloca el concreto en invierno, el desarrollo de la resistencia del concreto se retrasa significativamente y el período de construcción se alarga. Para resolver este problema, se aplica calor alrededor del
5 concreto colocado para acortar el tiempo de desarrollo de la resistencia. Sin embargo, dado que esto conduce a un aumento de los costos de construcción, es un problema importante acortar el tiempo de desarrollo de la resistencia del concreto.

10 Además, en el concreto prefabricado que se produce vertiendo concreto en un molde, el desarrollo temprano de la resistencia del concreto es una parte importante. En particular, en los prefabricados, la resistencia del concreto se desarrolla rápidamente por medio de curado al vapor
15 utilizando vapor. En este momento, se consume una gran cantidad de energía. Puesto que el prefabricado es para producir concreto moldeado que tiene una cierta forma, la velocidad de rotación del molde utilizado es una de las partes importantes. Por lo tanto, el desarrollo temprano de
20 la resistencia del concreto es un factor importante para utilizar menos energía y aumentar la velocidad de rotación del molde.

Se aplican diferentes materiales para aumentar la resistencia temprana del concreto de cemento convencional.
25 Sin embargo, puesto que cada uno de los materiales requeridos

para producir concreto de cemento se mezcla al aplicar estos materiales, existe una desventaja de que es inconveniente de utilizar. Además, cuando estos materiales simplemente se mezclan, puede ocurrir un problema tal como precipitación y
5 reacción.

A este respecto, el Registro de Patente de Corea No. 10-1963579 divulga una composición de concreto desarrollado con resistencia temprana que es aplicable a una parte que requiere un desarrollo temprano de resistencia.
10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Problema Técnico

La presente invención se ha elaborado en un esfuerzo por resolver los problemas de la técnica relacionada, y uno de
15 los objetivos de la presente invención es proporcionar una nanopartícula capaz de acelerar el desarrollo temprano de la resistencia de los materiales hidráulicos, particularmente el concreto, y una composición para formar el concreto que incluye la misma.

Además, un objetivo de la presente invención es
20 proporcionar un método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, que puede tener diferentes efectos potenciadores de la resistencia temprana de acuerdo con una composición.

25

Solución al Problema

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, un aspecto de la presente invención es proporcionar una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, la nanopartícula incluye hidrato de silicato de calcio, en donde una relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio del hidrato de silicato de calcio es de 2 a 10.

Un tamaño de la nanopartícula puede ser de 10 nm a 1,000 nm.

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar una composición para formar el concreto que incluye un agregado, un aglutinante, un aditivo y agua, en donde el aditivo incluye la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

El aglutinante puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de cemento Portland ordinario, cemento Portland de resistencia temprana, cemento de cal, cemento de escoria, cemento de escoria de alto horno, polvo de escoria, cemento puzolánico Portland, cenizas volantes, cenizas de fondo, cemento de yeso, cemento de cal, humo de sílice, cemento de baja temperatura y yeso de desulfuración.

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar un método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, el método incluye: preparar una mezcla al mezclar una primera solución que

contiene un compuesto de calcio soluble en agua y una segunda solución que contiene un compuesto de silicato soluble en agua; y agitar la mezcla para producir una nanopartícula, en donde la nanopartícula incluye hidrato de silicato de calcio, y una relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio del hidrato de silicato de calcio es de 2 a 10.

El compuesto de calcio soluble en agua puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de nitrato de calcio, cloruro de calcio, formiato de calcio, acetato de calcio, bicarbonato de calcio, bromuro de calcio, carbonato de calcio, citrato de calcio, clorato de calcio, fluoruro de calcio, gluconato de calcio, hidróxido de calcio, óxido de calcio, hipoclorito de calcio, yodato de calcio, yoduro de calcio, lactato de calcio, nitrito de calcio, oxalato de calcio, fosfato de calcio, propionato de calcio, silicato de calcio, estearato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de calcio hemihidratado, sulfato de calcio dihidratado, sulfuro de calcio, tartrato de calcio, aluminato de calcio, silicato tricálcico, silicato dicálcico y cualquier hidrato de los mismos.

El compuesto de silicato soluble en agua puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de sodio, silicato de potasio, vidrio de agua, silicato de aluminio, silicato tricálcico, silicato dicálcico, silicato de calcio, ácido silícico, metasilicato de sodio,

metasilicato de potasio y cualquier hidrato de los mismos.

La nanopartícula se puede producir mediante un proceso de coprecipitación.

La mezcla puede incluir además al menos uno seleccionado
5 del grupo que consta de un dispersante, un hidróxido de metal alcalino y cualquier combinación de los mismos.

El dispersante puede incluir un compuesto a base de policarboxilato.

El hidróxido de metal alcalino puede incluir al menos
10 uno seleccionado del grupo que consta de hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH) e hidróxido de litio (LiOH).

El método puede incluir además, después del paso de producción de la nanopartícula, secar la nanopartícula.

15

Efectos Convenientes de la Divulgación

Una nanopartícula de acuerdo con la presente invención puede acelerar el desarrollo temprano de la resistencia de los materiales hidráulicos, especialmente el concreto, y de
20 esta manera se puede utilizar como un acelerador del desarrollo temprano de la resistencia, y tiene el efecto de acortar el período de construcción y reducir el costo de construcción y el costo de mano de obra.

Además, la nanopartícula para el desarrollo temprano de
25 la resistencia del concreto de acuerdo con la presente

invención tiene un efecto en el que el efecto potenciador de la resistencia temprana puede variar dependiendo de una relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La **Figura 1** es un diagrama de flujo de un método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención.

10

La **Figura 2** es un gráfico que muestra la resistencia a la compresión de las composiciones que forman el concreto producidas de acuerdo con los Ejemplos 1 a 10 y los Ejemplos Comparativos 1 a 4.

15

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

De aquí en adelante, la presente invención se describirá más detalladamente. Sin embargo, la presente invención se puede incorporar de diferentes formas y no está limitada por las modalidades descritas en este documento, y la presente invención solo está definida por las reivindicaciones que se describirán más adelante.

Además, los términos utilizados en este documento sólo se utilizan para describir modalidades específicas, y no pretenden limitar la presente invención. Las formas singulares "un", "una", "el/la", como se utilizan en este

25

documento, pretenden incluir también las formas plurales, a menos que el contexto lo indique claramente de otra manera. En la especificación de la presente invención, la frase "que incluye un determinado elemento" significa "que incluye
5 además otros elementos" en lugar de excluir otros elementos a menos que se indique de otra manera.

Un primer aspecto de la presente solicitud es proporcionar una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, que incluye hidrato de silicato
10 de calcio.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con el primer aspecto de la presente solicitud.

15 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula puede incluir hidrato de silicato de calcio.

En general, en un proceso de hidratación de cemento, un compuesto de cemento reacciona con el agua para formar un hidrato y se fragua mientras pierde fluidez. A medida que
20 pasa más tiempo, el proceso de hidratación continúa. La resistencia de la estructura aumenta a través de un proceso de endurecimiento. En consecuencia, la hidratación y el endurecimiento (resistencia) forman una estrecha relación. El hidrato incluye silicato tricálcico (3CaOSiO_2) llamado alita
25 (C_3S) y silicato dicálcico (2CaOSiO_2) comúnmente llamado

belita (C_2S). El C_3S representa la mayor proporción del compuesto de cemento. El C_2S reacciona con el agua para producir directamente hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$ e hidrato de silicato de calcio (C-S-H, de aquí en adelante abreviado como "CSH"). En este momento, se sabe que la tasa de producción inicial de CSH, que es el producto final de hidratación del compuesto de cemento, tiene una gran influencia con respecto a si la resistencia temprana del concreto está asegurada, y esto se conoce como el paso determinante de la tasa del proceso de hidratación, que generalmente toma tan solo 6 horas y tanto como 10 horas.

Por lo tanto, cuando la nanopartícula de acuerdo con la presente invención, que incluye hidrato de silicato de calcio (C-S-H), se mezcla con la mezcla de concreto, la nanopartícula actúa como una semilla de nucleación. A medida que la nanopartícula se hace más grande, la nanopartícula llena un vacío entre las partículas de cemento y, de esta manera, es posible omitir el proceso inicial de hidratación del cemento, que es el paso existente determinante de la tasa. Por lo tanto, el tiempo de curado del concreto puede reducirse drásticamente. Debido a esta adición, el período de construcción del sitio de construcción se puede acortar a $2/3$ en comparación con el período de construcción existente a través de la realización de un desarrollo temprano de resistencia que es imposible en el concreto y el desarrollo

de tecnología aplicada existentes. En consecuencia, hay una ventaja que puede aumentar la eficiencia del proceso y puede reducir drásticamente la energía. Además, hay un efecto de reducción del costo de construcción y el costo de mano de obra.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, una relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio del hidrato de silicato de calcio puede ser de 2 a 10. Es decir, la relación molar de calcio (Ca) a silicio (Si) puede ser de 1:2 a 10. Cuando la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio del hidrato de silicato de calcio está fuera del intervalo anterior, es decir, cuando la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio es menor que 2 o mayor que 10, el efecto potenciador de la resistencia temprana puede ser insignificante. Por lo tanto, en comparación con un caso donde la relación (Ca/Si) de calcio a silicio está dentro del intervalo anterior, la resistencia a la compresión es significativamente baja, lo que no es preferible.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el tamaño de la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto puede ser de 10 a 1,000 nm.

Un segundo aspecto de la presente solicitud proporciona una composición para formar el concreto que incluye un agregado, un aglutinante, un aditivo y agua.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente la

composición para formar el concreto de acuerdo con el segundo aspecto de la presente solicitud.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir un
5 agregado.

El agregado es la base de la composición para formar el concreto y es un material mineral para la construcción que se puede aglomerar con el aglutinante para formar una sola masa.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
10 el agregado incluido en la composición para formar el concreto puede incluir agregado fino y agregado grueso. En la presente especificación, el agregado fino se refiere a un agregado de un tamaño de partícula que pasa al 100% a través de una malla estándar de 5 mm. En la presente especificación,
15 el agregado grueso se refiere a un agregado de un tamaño de partícula que permanece al 100% en una malla estándar de 5 mm.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el agregado fino puede incluir arena triturada, arena
20 natural, arena lavada, agregado reciclado que tenga un tamaño de partícula de 0.01 a 5 mm, o cualquier combinación de los mismos. De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el agregado fino puede ser preferiblemente arena triturada, pero no se limita a la misma.

25 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,

el agregado grueso puede incluir piedra triturada, escoria triturada, grava natural, grava triturada, agregado reciclado que tenga un tamaño de partícula de 5 a 25 mm, o cualquier combinación de los mismos. De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el agregado grueso puede ser grava triturada, pero no se limita a la misma.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la cantidad del agregado puede ser de 60 a 90 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto. Cuando la cantidad del agregado es menor que 60 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto, en el caso de producir concreto a partir de la composición para formar el concreto, aumenta la resistencia a la compresión del concreto, pero aumenta los costos de producción del concreto. Cuando la cantidad del agregado es mayor que 90 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto, puede ocurrir una separación entre el agregado y el aglutinante y puede deteriorarse la calidad del concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la relación de agregado fino (S/A) de la composición para formar el concreto puede ser del 35 al 65%. La relación de agregado fino (S/A) se refiere al porcentaje del volumen

absoluto del agregado fino (S) con respecto al agregado total (A) (agregado fino + agregado grueso). Cuando la relación de agregado fino (S/A) de la composición para formar el concreto es menor que el 35%, la cantidad unitaria y la cantidad de
5 cemento unitaria disminuyen, lo que resulta en una disminución de la trabajabilidad. Además, existe el problema de convertirse en concreto rugoso y puede mostrar un fenómeno de separación de otros materiales. Cuando la relación de agregado fino (S/A) de la composición para formar el concreto
10 es mayor que el 65%, existe un problema en el que aumentan la contracción por secado, las grietas de asentamiento y las grietas por contracción plástica.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir un
15 aglutinante.

El aglutinante sirve para impartir durabilidad y resistencia al concreto mejorando y manteniendo la adherencia entre los agregados (por ejemplo, el agregado fino o el agregado grueso) incluidos en la composición para formar el
20 concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el aglutinante puede incluir cemento Portland ordinario, cemento Portland de resistencia temprana, cemento de cal, cemento de escoria, cemento de escoria de alto horno, cemento
25 puzolánico Portland, cenizas volantes, cenizas de fondo,

cemento de yeso, humo de sílice, cemento de baja temperatura o cualquier combinación de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el aglutinante puede incluir cemento Portland ordinario, cemento Portland de resistencia temprana o cualquier
5 combinación de los mismos, pero no se limita a los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la cantidad del aglutinante puede ser de 1 a 50 partes en peso con base en 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto. Cuando la cantidad
10 del aglutinante está dentro del intervalo anterior con respecto a 100 partes en peso de la cantidad total de la composición para formar el concreto, se puede reducir los costos de producción del concreto y se puede mejorar la
15 impermeabilidad.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la relación agua-aglutinante (W/B, Water/Binder) de la composición para formar el concreto puede ser del 20 al 60%. De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la
20 relación agua-aglutinante (W/B) de la composición para formar el concreto puede ser del 40 al 50%. La relación agua-aglutinante (W/B) se refiere al porcentaje de la cantidad de agua (W) con respecto al aglutinante (B). Cuando la relación
agua-aglutinante (W/B) de la composición para formar el
25 concreto es menor que el 20%, puede reducirse la fluidez del

concreto producido a partir de la composición para formar el concreto. Cuando la relación agua-aglutinante (W/B) de la composición para formar el concreto es mayor que el 60%, se puede reducir la durabilidad y la resistencia del concreto
5 producido a partir de la composición para formar el concreto.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir un aditivo.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
10 el aditivo puede incluir la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con el primer aspecto de la presente solicitud.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula puede incluir hidrato de silicato de calcio.

15 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula puede proporcionarse como un aditivo para acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto.

Cuando la nanopartícula que incluye el hidrato de
20 silicato de calcio se utiliza como el aditivo, la nanopartícula actúa como una semilla de nucleación. A medida que la nanopartícula se hace más grande, la nanopartícula llena un vacío entre las partículas de cemento y, de esta manera, es posible omitir el proceso inicial de hidratación
25 del cemento, que es el paso existente determinante de la

tasa. Por lo tanto, el tiempo de curado del concreto puede reducirse drásticamente. Debido a esta adición, el período de construcción del sitio de construcción se puede acortar a $2/3$ en comparación con el período de construcción existente a través de la realización de un desarrollo temprano de resistencia que es imposible en el concreto y el desarrollo de tecnología aplicada existentes. En consecuencia, hay una ventaja que puede aumentar la eficiencia del proceso, puede reducir drásticamente la energía y puede reducir el costo de construcción y el costo de mano de obra.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, una relación molar (Ca/Si) de calcio (Ca) a silicio (Si) del hidrato de silicato de calcio puede ser de 2 a 10. Es decir, la relación molar (Ca/Si) de calcio (Ca) a silicio (Si) del hidrato de silicato de calcio puede ser de 1:2 a 10. Cuando la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio del hidrato de silicato de calcio está fuera del intervalo anterior, es decir, cuando la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio es menor que 2 o mayor que 10, el efecto potenciador de la resistencia temprana puede ser insignificante. Por lo tanto, en comparación con un caso donde la relación (Ca/Si) de calcio a silicio está dentro del intervalo anterior, la resistencia a la compresión es significativamente baja, lo que no es preferible.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,

el tamaño de la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto puede ser de 10 a 1,000 nm.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la composición para formar el concreto puede incluir agua.

5 Se puede utilizar cualquier agua siempre y cuando el agua no contenga sustancias nocivas, por ejemplo, aceite, ácido, álcali, sal y materia orgánica. El tipo de agua utilizable no es particularmente limitado, y se puede utilizar agua subterránea, agua del grifo y similares.

10 Un tercer aspecto de la presente solicitud proporciona un método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, el método incluye preparar una mezcla al mezclar una primera solución que contiene un compuesto de calcio soluble en agua y una segunda
15 solución que contiene un compuesto de silicato soluble en agua, y agitar la mezcla para producir una nanopartícula.

De aquí en adelante, se describirá detalladamente el método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con el
20 tercer aspecto de la presente solicitud.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el método para producir una nanopartícula puede incluir preparar una mezcla al mezclar una primera solución que contiene un compuesto de calcio soluble en agua y una segunda
25 solución que contiene un compuesto de silicato soluble en

agua, y agitar la mezcla para producir una nanopartícula.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto de calcio soluble en agua puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de nitrato de calcio, 5 cloruro de calcio, formiato de calcio, acetato de calcio, bicarbonato de calcio, bromuro de calcio, carbonato de calcio, citrato de calcio, clorato de calcio, fluoruro de calcio, gluconato de calcio, hidróxido de calcio, óxido de calcio, hipoclorito de calcio, yodato de calcio, yoduro de 10 calcio, lactato de calcio, nitrito de calcio, oxalato de calcio, fosfato de calcio, propionato de calcio, silicato de calcio, estearato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de calcio hemihidratado, sulfato de calcio dihidratado, sulfuro de calcio, tartrato de calcio, aluminato de calcio, silicato 15 tricálcico, silicato dicálcico e hidratos de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto de calcio soluble en agua puede incluir hidrato de nitrato de calcio y, preferiblemente, tetrahidrato de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).

20 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto de silicato soluble en agua puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de silicato de sodio, silicato de potasio, vidrio de agua, silicato de aluminio, silicato tricálcico, silicato dicálcico, silicato 25 de calcio, ácido silícico, metasilicato de sodio,

metasilicato de potasio y cualquier hidrato de los mismos.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el compuesto de silicato soluble en agua puede incluir hidrato de metasilicato de sodio y, preferiblemente, 5 metasilicato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la relación molar (Ca/Si) del componente de calcio (Ca) del compuesto de calcio soluble en agua de la primera solución al componente de silicio (Si) del compuesto de silicato soluble 10 en agua de la segunda solución puede ser de 2 a 10. Cuando la relación molar (Ca/Si) del componente de calcio al componente de silicio está fuera del intervalo anterior, es decir, cuando la relación molar (Ca/Si) del componente de calcio al componente de silicio es menor que 2 o mayor que 10, el 15 efecto potenciador de la resistencia temprana puede ser insignificante. Por lo tanto, en comparación con un caso donde la relación (Ca/Si) del componente de calcio al componente de silicio está dentro del intervalo anterior, la resistencia a la compresión es significativamente baja, lo 20 que no es preferible.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el efecto potenciador de la resistencia temprana de la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto puede ser diferente de acuerdo con la relación 25 molar (Ca/Si) del componente de calcio al componente de

silicio.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la nanopartícula se puede producir mediante un proceso de coprecipitación. El proceso de coprecipitación se refiere a
5 un proceso de precipitación simultánea de muchos iones diferentes en una solución acuosa o no acuosa. Específicamente, el proceso de coprecipitación es un proceso que, cuando se prepara un compuesto que contiene iones objetivo, puede preparar un compuesto, en el que otros iones
10 se dopan en una parte de los sitios cristalinos de los iones objetivo, al precipitar otros iones junto con los iones objetivo cuando se precipitan los iones objetivo en una solución. Es decir, la nanopartícula puede producirse mediante coprecipitación de iones de calcio y silicato.

15 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la mezcla puede incluir además al menos una mezcla seleccionada del grupo que consta de un dispersante, un hidróxido de metal alcalino y cualquier combinación de los mismos.

20 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el dispersante puede incluir un dispersante polimérico.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el dispersante polimérico puede incluir un compuesto a base de policarboxilato.

25 El dispersante puede inhibir la agregación entre

partículas del compuesto de calcio soluble en agua, el compuesto de silicato soluble en agua, el hidróxido de metal alcalino y similares utilizados en el método para producir una nanopartícula de acuerdo con la presente invención, y
5 puede separar las partículas mediante el uso de una fuerza repulsiva electrostática o física. En consecuencia, se puede desarrollar una resistencia uniforme en toda el área del concreto de cemento y se puede asegurar una trabajabilidad suficiente mientras se reduce la cantidad de agua mezclada.

10 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, la primera solución que contiene el compuesto de calcio soluble en agua puede incluir además el dispersante, y la mezcla puede prepararse mezclando la primera solución que contiene el compuesto de calcio soluble en agua y el
15 dispersante con la segunda solución.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, después de añadir agua destilada y un compuesto a base de policarboxilato como dispersante en un reactor, la primera solución que contiene el compuesto de calcio soluble en agua
20 y la segunda solución que contiene el compuesto de silicato soluble en agua pueden añadirse simultáneamente al reactor que contiene el dispersante y el agua destilada y luego agitarse.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud,
25 la agitación puede ser una agitación mecánica, pero no se

limita a la misma.

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el hidróxido de metal alcalino puede incluir al menos uno seleccionado del grupo que consta de hidróxido de sodio
5 (NaOH), hidróxido de potasio (KOH) e hidróxido de litio (LiOH).

De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el hidróxido de metal alcalino puede incluir hidróxido de sodio (NaOH).

10 De acuerdo con una modalidad de la presente solicitud, el método para producir una nanopartícula puede incluir además, después del paso de producción de la nanopartícula, secar la nanopartícula. Como paso de secado, se puede utilizar uno de los métodos de secado convencionales. Se
15 pueden utilizar métodos tales como secado natural, secado con aire caliente y liofilización, pero la presente invención no se limita a los mismos.

En el método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de
20 acuerdo con el tercer aspecto de la presente solicitud, el efecto potenciador de la resistencia temprana de la nanopartícula producida se controla ajustando la relación molar (Ca/Si) del componente de calcio del compuesto de calcio soluble en agua al componente de silicio del
25 compuesto de silicato soluble en agua. Cuando la relación

molar (Ca/Si) de calcio a silicio es de 2 a 10, el efecto potenciador de la resistencia temprana de la nanopartícula que incluye el hidrato de silicato de calcio, es excelente y, de esta manera, la resistencia a la compresión es notablemente alta. Además, el método para producir una nanopartícula es simple en el proceso y solo tiene que ajustarse la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio para obtener la nanopartícula que tenga un excelente efecto potenciador de la resistencia temprana, obteniendo de esta manera un efecto en el que el tiempo y la energía requeridos para obtener la nanopartícula deseada son pequeños y la productividad es excelente. La nanopartícula producida de acuerdo con el método para producir una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto tiene un efecto de acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto y, de esta manera, se puede utilizar como aditivo para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, es decir, un agente de resistencia temprana.

De aquí en adelante, se describirán ejemplos de la presente invención para que los experimentados en la materia puedan llevar a cabo fácilmente la presente invención. Sin embargo, la presente invención puede implementarse de diferentes formas y no se limita a los ejemplos aquí descritos.

Ejemplos

Ejemplos de producción 1 a 5: Producción de nanopartículas para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto

Ejemplo de producción 1

5 Se midieron 101.9 g de nitrato de calcio tetrahidratado ($(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, peso molecular (Mw, Molecular Weight): 236 g/mol) y 43.7 g de agua destilada en un vaso de precipitados de 500 ml, se agitaron durante 30 minutos utilizando un agitador magnético y de esta manera se disolvieron
10 completamente para preparar una primera solución.

 Se midieron 45.7 g de metasilicato de sosa pentahidratado ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Mw: 212 g/mol) y 473.7 g de agua destilada en un vaso de precipitados de 1.000 ml y se agitaron durante 30 minutos utilizando un agitador magnético
15 para preparar una segunda solución.

 Después de medir 100 g de un dispersante a base de policarboxilato (disponible en Silk Road CNT) como dispersante y 235 g de agua destilada y agregarlos a un reactor de matraz de cuatro cuellos de 2 litros, se produjo
20 una nanopartícula agitando la primera solución y la segunda solución durante 120 minutos a 500 rpm utilizando un agitador mecánico mientras se añadía simultáneamente la primera solución y la segunda solución al reactor que contenía el dispersante y el agua destilada. En este
25 momento, la relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la

primera solución al componente Si de la segunda solución fue de 2.0.

Ejemplo de Producción 2

5 Se produjo una nanopartícula de la misma manera que en el Ejemplo de Producción 1, excepto que se prepararon una primera solución y una segunda solución de manera que la relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la primera solución al componente Si de la segunda solución en el
10 Ejemplo de Producción 1 fuera de 4.0 en lugar de 2.0.

Ejemplo de Producción 3

 Se produjo una nanopartícula de la misma manera que en el Ejemplo de Producción 1, excepto que una primera solución
15 y una segunda solución se prepararon de manera que la relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la primera solución al componente Si de la segunda solución en el Ejemplo de Preparación 1 fuera de 6.0 en lugar de 2.0.

Ejemplo de Producción 4

 Se produjo una nanopartícula de la misma manera que en el Ejemplo de Producción 1, excepto que una primera solución y una segunda solución se prepararon de manera que la relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la primera
25 solución al componente Si de la segunda solución en el

Ejemplo de Preparación 1 fuera de 8.0 en lugar de 2.0.

Ejemplo de Producción 5

Se produjo una nanopartícula de la misma manera que en
5 el Ejemplo de Producción 1, excepto que se prepararon una
primera solución y una segunda solución de manera que la
relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la primera
solución con el componente Si de la segunda solución en el
Ejemplo de Producción 1 fuera de 10.0 en lugar de 2.0.

10

Ejemplo de Producción Comparativa 1

Se produjo una nanopartícula de la misma manera que en
el Ejemplo de Producción 1, excepto que se prepararon una
primera solución y una segunda solución de manera que la
15 relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la primera
solución al componente Si de la segunda solución en el
Ejemplo de Producción 1 fuera de 1.0 en lugar de 2.0.

Ejemplo de Producción Comparativa 2

20 Se produjo una nanopartícula de la misma manera que en
el Ejemplo de Producción 1, excepto que se prepararon una
primera solución y una segunda solución de manera que la
relación molar (Ca/Si) del componente Ca de la primera
solución al componente Si de la segunda solución en el
25 Ejemplo de Producción 1 fuera de 11.0 en lugar de 2.0.

Las cantidades de $(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, el dispersante a base de policarboxilato, el agua destilada y la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio, que se utilizaron en los Ejemplos de Producción 1 a 5 y en los Ejemplos de Producción Comparativa 1 y 2, se muestran en la Tabla 1 de más adelante.

Tabla 1

Clasificación	Primera solución		Segunda solución		Reactor		Relación molar Ca/Si
	$(\text{CaNO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Agua destilada	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Agua destilada	Dispersante a base de policarboxilato	Agua destilada	
Ejemplo de Producción 1	101.9 g	43,7 g	45,7 g	473,7 g	100 g	235 g	2.0
Ejemplo de Producción 2	117.6 g	50.4 g	26.4 g	470.6 g	100 g	235 g	4.0
Ejemplo de Producción 3	124.1 g	53.2 g	18.6 g	469.2 g	100 g	235 g	6.0
Ejemplo de Producción 4	127.6 g	54.7 g	14.3 g	468.4 g	100 g	235 g	8.0
Ejemplo de Producción 5	129.8 g	55.6 g	11.7 g	468.0 g	100 g	235 g	10.0
Ejemplo de Producción Comparativa 1	79.9 g	34.3 g	71.8 g	479.0 g	100 g	235 g	1.0
Ejemplo de Producción Comparativa 2	130.6 g	56.0 g	10.7 g	467.8 g	100 g	235 g	11.0

Ejemplos 1 a 5: Composición para formar el concreto (incluyendo cemento semirresistente)

Ejemplo 1

Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de

Producción 1 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

Ejemplo 2

5 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 2 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

Ejemplo 3

10 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 3 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

15

Ejemplo 4

20 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 4 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

Ejemplo 5

25 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 5 se produjo con la composición mostrada en la

Tabla 2 de más adelante.

Ejemplo comparativo 1

Una composición para formar el concreto que incluye la
5 nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de
Producción Comparativa 1 se produjo con la composición
mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

Ejemplo comparativo 2

Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción Comparativa 2 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 2 de más adelante.

Tabla 2

15	Clasificación	Nanopartícula utilizada	W/B (%)	S/A (%)	Peso unitario (kg/m³)				Aditivo (%)	Muestra (%)
					Agua	Cemento	Arena	Grava		
20	Ejemplo 1	Ejemplo de Producción 1	48.5	51	165	340	908	892	0.3	1.3
	Ejemplo 2	Ejemplo de Producción 2								
	Ejemplo 3	Ejemplo de Producción 3								
	Ejemplo 4	Ejemplo de Producción 1								
	Ejemplo 5	Ejemplo de Producción 2								
	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo de Producción Comparativo 1								
25	Ejemplo Comparativo 2	Ejemplo de Producción Comparativo 2								

5

W/B: Agua/Aglutinante
 S/A: Porcentaje de volumen absoluto de agregado fino (S) con respecto al agregado total (A) (agregado fino + agregado grueso)
 Cemento: Cemento semirresistente (Asia Cement Co., Ltd.)
 Arena: Arena triturada
 Grava: Agregado grueso con diámetro de 25 mm
 Aditivo: Solución dispersante a base de policarboxilato (20%)
 Muestra: Nanopartículas producidas de acuerdo con los Ejemplos de Producción 1 a 5 y Ejemplos de Producción Comparativos 1 y 2

Ejemplos 6 a 10: Composición para formar el concreto (incluyendo cemento Portland Ordinario (OPC, Ordinary Portland Cement))

10

Ejemplo 6

Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 1 se produjo con la composición mostrada en la

15 Tabla 3 de más adelante.

Ejemplo 7

Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 2 se produjo con la composición mostrada en la

20 Tabla 3 de más adelante.

Ejemplo 8

Una composición para formar el concreto que incluye la

25 nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de

Producción 3 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

Ejemplo 9

5 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 4 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

Ejemplo 10

 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción 5 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

15

Ejemplo comparativo 3

 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción Comparativa 1 se produjo con la composición mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

20

Ejemplo comparativo 4

 Una composición para formar el concreto que incluye la nanopartícula producida de acuerdo con el Ejemplo de Producción Comparativa 2 se produjo con la composición

25

mostrada en la Tabla 3 de más adelante.

Tabla 3

Clasificación	Nanopartícula utilizada	W/B (%)	S/A (%)	Peso unitario (kg/m³)				Aditivo (%)	Muestra (%)
				Agua	Cemento	Arena	Grava		
Ejemplo 6	Ejemplo de Producción 1	48.5	51	165	340	908	892	0.3	1.3
Ejemplo 7	Ejemplo de Producción 2								
Ejemplo 8	Ejemplo de Producción 3								
Ejemplo 9	Ejemplo de Producción 4								
Ejemplo 10	Ejemplo de Producción 1								
Ejemplo Comparativo 3	Ejemplo de Producción Comparativo 1								
Ejemplo Comparativo 4	Ejemplo de Producción Comparativo 2								
W/B: Agua/Aglutinante S/A: Porcentaje del volumen absoluto de agregado fino (S) con respecto al agregado total (A) (agregado fino + agregado grueso) Cemento: OPC (Ssangyong) Arena: Arena triturada Grava: Agregado grueso con diámetro de 25 mm Aditivo: Solución dispersante a base de polycarboxilato (20%) Muestra: Nanopartículas producidas de acuerdo con los Ejemplos de Producción 6 a 10 y Ejemplos de Producción Comparativos 1 y 2									

Ejemplos Experimentales

Ejemplo experimental 1: Evaluación del rendimiento del concreto

Con el fin de evaluar el rendimiento de resistencia temprana del concreto de las composiciones que forman concreto

producidas de acuerdo con los Ejemplos 1 a 10 y los Ejemplos Comparativos 1 a 4, se midió la resistencia a la compresión para cada temperatura de curado y tiempo de curado. La resistencia a la compresión se comparó produciendo una composición para formar el concreto del Ejemplo de Control con la composición mostrada en la Tabla 4 de más adelante.

Tabla 4

Clasificación	W/B (%)	S/A (%)	Peso unitario (kg/m ³)				Aditivo (%)	Muestra (%)
			Agua	Cemento	Arena	Grava		
Control	48.5	51	165	340	908	892	1.1	-

10

En la Tabla 4, el cemento es cemento semirresistente disponible en Asia Cement o cemento OPC disponible en Ssangyong.

La temperatura de curado y el tiempo de curado de los Ejemplos 1 a 5 y de los Ejemplos Comparativos 1 y 2 utilizando el cemento semirresistente disponible en Asia Cement fueron de 13°C y 18 horas, respectivamente, y la resistencia a la compresión de las composiciones que forman el concreto producidas de acuerdo con los Ejemplos 1 a 5 y los Ejemplos Comparativos 1 y 2 se muestran en la Tabla 5 y la **Figura 2** de más adelante.

20

Tabla 5

Clasificación	Relación molar Ca/Si	Resistencia a la compresión (MPa)
Control	-	2.1
Ejemplo Comparativo 1	1.0	3.8
Ejemplo 1	2.0	5.2
Ejemplo 2	4.0	5.7

25

Ejemplo 3	6.0	6.3
Ejemplo 4	8.0	6.6
Ejemplo 5	10.0	6.5
Ejemplo Comparativo 2	11.0	3.9

5 La temperatura de curado y el tiempo de curado de los
Ejemplos 6 a 10 y los Ejemplos Comparativos 3 y 4 utilizando
OPC disponibles en Ssangyong fueron de 15°C y 24 horas,
respectivamente, y la resistencia a la compresión de las
composiciones que forman el concreto producidas de acuerdo
10 con los Ejemplos 6 a 10 y los Ejemplos Comparativos 3 y 4 se
muestran en la Tabla 6 y la **Figura 2** de más adelante.

Tabla 6

Clasificación	Relación molar Ca/Si	Resistencia a la compresión (MPa)
Control	-	1.3
Ejemplo Comparativo 3	1.0	2.5
15 Ejemplo 6	2.0	3.7
Ejemplo 7	4.0	4.4
Ejemplo 8	6.0	4.9
Ejemplo 9	8.0	5.3
Ejemplo 10	10.0	5.1
Ejemplo Comparativo 4	11.0	2.3

20 Haciendo referencia a las Tablas 5 y 6 y la **Figura 2**, se
confirmó que el concreto producido mediante la adición de la
nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia
del concreto de acuerdo con la presente invención tuvo una
resistencia a la compresión mucho mejor que el concreto
25 (Control) al que no se añadió la nanopartícula. Se considera

que este es el resultado que se obtiene cuando la nanopartícula acelera el desarrollo temprano de la resistencia del concreto. Además, la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención se caracteriza porque la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio del hidrato de silicato de calcio oscila de 2 a 10. Se confirmó que la resistencia a la compresión de los Ejemplos 1 a 10 con la relación molar Ca/Si de 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 y 10.0 fue notablemente excelente, en comparación con los Ejemplos Comparativos 1 y 3 (relación molar Ca/Si: 1.0), que fueron el límite inferior de 2 a 10 y los Ejemplos Comparativos 2 y 4 (relación molar Ca/Si: 11.0), que fueron el límite superior de 2 a 10. Por lo tanto, se puede decir que el intervalo numérico en el que la relación molar (Ca/Si) de calcio a silicio en la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención es de 2 a 10 tiene una importancia crítica.

Se confirmó a través de la evaluación del rendimiento del concreto que la nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención podría utilizarse como aditivo para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto. Además, se puede lograr la resistencia temprana utilizando la nanopartícula como el aditivo, y se puede proporcionar el efecto de acortar

el período de construcción y reducir los costos de construcción.

La presente invención ha sido descrita detalladamente haciendo referencia a las modalidades preferidas y a los
5 dibujos, pero el alcance de la idea técnica de la presente invención no se limita a estos dibujos y modalidades. En consecuencia, diferentes modificaciones o equivalentes de las mismas pueden estar dentro del alcance de la idea técnica de la presente invención. Por lo tanto, el alcance de la idea
10 técnica de acuerdo con la presente invención debe ser interpretado por las reivindicaciones, y la idea técnica dentro de los equivalentes debe interpretarse que está dentro del alcance de la presente invención.

15

Aplicabilidad Industrial

Una nanopartícula para el desarrollo temprano de la resistencia del concreto de acuerdo con la presente invención puede acelerar el desarrollo temprano de la resistencia del concreto, y de esta manera se puede utilizar como un
20 acelerador del desarrollo temprano de la resistencia, y tiene un efecto de acortar el período de construcción y reducir los costos de construcción. Por lo tanto, la nanopartícula de acuerdo con la presente invención es aplicable industrialmente.