ROLE OF ADMIXTURES IN CONCRETE DURABILITY

By

Raymundo Rivera Villarreal

Synopsis: In searching to increase concrete durability against the widely environments adverse effects, under which it is exposed, it has been developed cemention supplements, fibers and admixtures to add them in concrete. This paper is focused on in the use of admixtures. Although they have been developed to improve many concrete properties, only those admixtures which main function is directly related with concrete durability will be commented, and its side effects, which in some cases will be harmless will be discussed. The admixtures commented, and which general information is presented are anti-freezing, water reducers and high range water reducers admixtures, setting retarders, air entraining, inhibiting steel corrosion, and those to reduce alkali-aggregative reaction.

Keywords: Admixtures, durability, anti freezing, water reducer, high range water reduces plastic shrinkage, dry shrinkage, freezing, thawing, air entraining, corrosion inhibited

156 not thawing cycles [Magnification 616

FUNCION DE LOS ADITIVOS EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO

habenoviruli est six ch

Investigación de la control de

v # soutceside: More by defected code source to consider the Carlos of the Arthur Marine of the carlos

A ordinamie Mileson de dan Miles stroi de se sino de de Tenut ade de Ampinier de Mileson o viale de

Raymundo Rivera Villarreal

ADITIVOS

Sinopsis: En la búsqueda por aumentar la durabilidad del concreto contra los diversos efectos adversos del medio ambiente a que esta sujeto, se ha desarrollado el uso de suplementos cementantes, fibras y de aditivos. Este trabajo se enfoca solamente al uso de aditivos, que aunque estos se han desarrollado para mejorar diversas propiedades del concreto, se comentarán únicamente aquellos aditivos cuya función principal está relacionada directamente con la durabilidad del concreto. Se comentan los efectos secundarios que en algunos de los casos pueden ser adversos. Los aditivos que se discuten y se presenta información son los anticongelantes, los reductores y super reductores de agua, los retardantes del fraguado, los inclusores de aire, los anticorrosivos y los que reducen la reacción álcali-agregado.

Los cementantes suplementarios incluyen escorias y cenizas naturales y artificiales Los cementantes suplementarios incluyen escorias y cenizas naturales y artificiales ue somafosivados positivas compuestos resultantes del de hidratación del compuesto de la direction de la durabilidad, embrinar entendo el comentantes en entendo de la duraba comentantes.

Impartemore concrete diverse se respecto e la comparte de la comparte del la comparte de la comparte del la comparte de la comparte del la comparte de la comparte del la compa

Las fibras son materiales distribuidos al azar en la masa del concreto para modificar cuas propredades rivalizáciosas en en la manda en contribuir grandera para a soumentan la funcionidad deliconcretabende reddida que directes las agratamientos son fibrancios en contribuados en fibrancios en contribuados en fibrancios en contribuados en fibrancios en contribuados en contribuados en fibrancios en contribuados en contribuidad en contribuidad

o En muchas países iléteaditivos bararconcreto so haja estadojutilizado onta ves mas ampliamente para diversas aplicaciones y su tecnología es progresivamendo destructura en tecnología y utilizada. El concreto de alta resistencia no sería posible producirlo rutinaria mente cia si uso espropiado de addives a Constantemente puedos addives y nominaciones.

<u>Palabras Clave</u>: Aditivos, durabilidad, anticongelante, reductores de agua, super reductores de agua, retracción plástica, retracción por secado, congelamiento, descongelamiento, inclusores de aire, anticorrosivos, reacción álcali-agregado.

Raymundo Rivera Villarreal es Ingeniero Civil, M. en C. y Dr. Hc de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Maestro decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Jefe de Investigación en Tecnología del Concreto. Investigador Nacional Nivel 2, Miembro Fellow del ACI y de los Comités 110 y E 701, Ex-presidente del Comité RILEM 84 AAC. Miembro Honorario del Colegio de Ingenieros Civiles de Nuevo León y de la Sociedad de Ingenieros y Técnicos de Monterrey. Receptor de entre otras preseas la "Manuel Martínez Carranza" de la Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la República Mexicana y "El Registro" del IMCYC.

INTRODUCCION

El concreto es uno de los materiales más versátiles utilizados en la construcción. Se ha estado usando modernamente durante 200 años y continuará usándose porque no hay una alternativa más barata y eficiente. Sus propiedades pueden variar ampliamente en función del tipo de cemento y proporción utilizada en la pasta, el tipo, calidad y granulometría del agregado, además las propiedades pueden variar de acuerdo a la forma de fabricación, de colado y de curado. Sin embargo, para mejorar algunas propiedades específicas y lograr concretos con características de alto comportamiento aún en condiciones ambientales adversas, se han desarrollado ingredientes para el concreto clasificados como: cementantes suplementarios, fibras y aditivos.

Los cementantes suplementarios incluyen escorias y cenizas naturales y artificiales que son activados por los compuestos resultantes de la hidratación del cemento Portland impartiendo al concreto diversas características, algunas de ellas relacionadas directamente con el aumento de la durabilidad, minimizando efectos adversos. Algunos cementantes suplementarios se discuten ampliamente en otros trabajos incluidos en esta Memoria del Seminario sobre Durabilidad del Concreto, del cual forma parte este tema.

Las fibras son materiales distribuidos al azar en la masa del concreto para modificar sus propiedades mecánicas y elásticas, pueden contribuir grandemente a aumentar la durabilidad del concreto en la medida que limiten los agrietamientos del concreto. En la misma Memoria se presenta un tema sobre Concreto Reforzado con Fibras.

En muchos países los aditivos para concreto se han estado utilizando cada vez más ampliamente para diversas aplicaciones y su tecnología es progresivamente mejor entendida y utilizada. El concreto de alta resistencia no sería posible producirlo rutinariamente sin el uso apropiado de aditivos. Constantemente nuevos aditivos y combinaciones de estos han estado surgiendo para mejorar alguna propiedad en particular del concreto. Una evidencia de esto es el gran número de patentes registradas en los últimos años. Ramachandran y co-autor (1) reportan que entre los años de 1985 y 1989 aparecieron aproximadamente 600 patentes y el enorme interés en su desarrollo lo confirma el hecho de que solamente en el año de 1989 fueron registradas 242.

Este trabajo se enfocará hacia el empleo de los aditivos cuyos efectos estén orientados a minimizar las causas que propicien baja durabilidad al concreto. Asi mismo se discutirán las precauciones necesarias si al utilizar un aditivo con fines distintos al de mejorar su durabilidad, sus efectos colaterales puedan llegar a originar baja durabilidad.

Dos de los grupos de aditivos que tienen que ver con la durabilidad se discutieron en forma más amplia en el Seminario y estos fueron: los Superfluidificantes y los Inhibidores de la Corrosión del Acero de Refuerzo.

ADITIVOS

Los aditivos para concreto se definieron inicialmente como aquellos materiales distintos del agua, del cemento y de los agregados. Una definición más específica es la establecida por el Comité 84 AAC de RILEM (2), como sigue:

"Los aditivos para concreto, mortero o pasta son materiales orgánicos o inorgánicos, incluyendo minerales, en estado sólido o líquido, que se añaden a los componentes normales de la revoltura, en la mayoría de los casos hasta un máximo de 5 % de la masa del cemento o materiales cementantes.

"Los aditivos actúan en el sistema hidratante-cementante por acción física, química o física-química, modificando una o más propiedades del concreto, mortero o pasta en la etapa de fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.

"Los materiales tales como ceniza volante, escorias, puzolanas o microsílica, los cuales pueden ser componentes del cemento y/o concreto, incluyendo productos que actúen como refuerzo, no son clasificados como aditivos."

Existen muchos libros, memorias y boletines que pueden servir como fuentes de referencia para el conocimiento de los aditivos y sus aplicaciones (2, 3, 4, 5, 6, 7).

Los aditivos pueden afectar alguna o algunas de las propiedades del concreto que se presentan en cada una del las etapas de su vida, las cuales son, de acuerdo a la Fig. 1: fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido.

El concreto puede estar trabajando solo o con refuerzo metálico, por adherencia o presforzado.

Por lo que respecta a la durabilidad del concreto reforzado, ésta puede referirse al concreto mismo o a efectos destructivos relacionados con la corrosión del acero de refuerzo.

Aditivos en la Durabilidad

La durabilidad del concreto es la propiedad más importante deseable en su etapa de endurecido. Sin embargo, en ésta influyen el proporcionamiento y los cuidados que se tengan con él en sus etapas de fresco, fraguando y endureciéndose.

Las causas para una baja durabilidad del concreto pueden ser físicas, químicas o mecánicas, originadas por agentes externos provenientes del medio ambiente que pueden ingresar a la masa de concreto o de agentes internos existentes dentro del propio concreto que se introdujeron durante su fabricación, o por cargas abrasivas.

Entre las causas físicas tenemos la acción por congelación del agua dentro de la massi del concreto y por problemas asociados con los cambios volumétricos térmicos y los gradientes térmicos diferenciales.

Las causas químicas son aquellas asociadas al cambio volumétrico que ocurre al producirse la reacción química en la masa del concreto, formando compuestos que se endurecen, entre estos tenemos los formados por el ataque de los sulfatos solubles y por la reacción alkali-agregado, o por la acción química de agentes externos que atacan al concreto formando compuestos suaves y solubles, como son el ataque por ácidos. La acción del CO₂, carbonatando el concreto y la presencia o el ingreso de iones cloro ala masa del concreto inducen a la corrosión electro-química del acero, originada por el ingreso de humedad y oxígeno, acelerada por el incremento de la temperatura, y por ósmosis. El la corrosión, aparte de disminuirse la sección transversal efectiva del acero, el cambio volumétrico originado por la reacción química expansiva, puede llegar a botar el concreto de recubrimiento.

Las causas mecánicas son aquellas que originan un desgaste por abrasión, com puede ser el rodamiento de llantas metálicas o de hule o, en estructuras hidráulicas acción de sólidos arrastrados por el agua o por la cavitación.

El trabajo del concreto se inicia a partir del momento en que alcanza la resistencia de diseño. Sus características de durabilidad, en lo que se refiere a aquellas que tienen que ver con sus ingredientes, quedarán establecidas al darse el proporcionamiento, entre esto quedan comprendidos los aditivos.

En el uso de los aditivos y su dosificación, para producir características deseables el concreto endurecido, deberán preverse los posibles efectos en las diversas etapas de vida del concreto.

Los aditivos, cualquiera que sea su fin, se agregan durante la revoltura del concreto generalmente disueltos en el agua o inmediatamente después de mezclados todos los ingredientes; en esta primera etapa de la vida del concreto, su influencia se refleja en la trabajabilidad, su dosificación puede llegar a producir efectos secundarios adversos al durabilidad.

ADITIVOS ANTICONGELANTES

El uso de aditivos anticongelantes en el concreto colado en clima frío y muy frío, es una alternativa más económica que la práctica de termo, que consiste en mantener calientes los ingredientes del concreto y la revoltura misma durante el período de protección. Esta práctica consume una cantidad importante de energía y requiere de una supervisión eficiente.

Los aditivos anticongelantes pueden utilizarse en combinación con la práctica de termo para lograr combinaciones económicas en el consumo de aditivos y de energía.

En Rusia, con una experiencia de más de 40 años, el avance tecnológico en el uso de aditivos anticongelantes es importante y se ha llegado a usar aún en regiones con clima frío severo hasta -30° C. Ratinov y Rozemberg presentan un estudio muy amplio en la Referencia 8.

Clasificación

Los aditivos anticongelantes trabajan en dos grupos:

- 1. Aditivos que disminuyen el punto de congelación de los líquidos.
- Aditivos que aceleran considerablemente el proceso de fraguado y endurecimiento del cemento.

Los aditivos del grupo 1 son además débiles acelerantes o retardantes de los tiempos de fraguado y endurecimiento del cemento, como ejemplo tenemos el nitrito de sodio comúnmente usado en la antigua URSS (9), el cloruro de sodio (10), urea y otros.

Los aditivos del grupo 2, al acelerar el proceso de fraguado y endurecimiento, generan calor que ayuda además al anticongelamiento. Como ejemplo tenemos la potasa, el cloruro de calcio, el nitrito-nitrato de calcio y mezclas de los anteriores.

Dosificación

En los aditivos anticongelantes, debido a que actúan disminuyendo el punto de congelación del agua, su dosificación se da en función de la masa del agua de mezcla y es conveniente prepararlos en forma de solución acuosa.

La dosificación recomendada para cada tipo de aditivo se da en función de la temperatura de endurecimiento de diseño y en porciento de la masa del agua de mezcla, estos porcentajes son promedio, ya que además influyen el procedimiento de construcción, el tipo de cemento, el tipo y cantidad de suplementos cementantes, la temperatura y cantidad de los ingredientes del cemento y otros factores. La dosificación se da también para el caso en el que la temperatura del concreto sea menor que aquella que pueda

desarrollar una resistencia tal, que un congelamiento no cause detrimento de su propiedades.

El colado del concreto en clima frío utilizando aditivos anticongelantes no excluyes uso de otros aditivos como son los inclusores de aire, los reductores y los altos reductores de agua o superfluidificantes. La dosificación deberá determinarse experimentalmente Mayores cantidades de estos aditivos son requeridas cuando se combinan con otro aditivos.

Durabilidad

La efectividad de los aditivos anticongelantes en la durabilidad, cuando se usa solamente estos en la revoltura del concreto, está en función de la medida en que pueda evitar el congelamiento del concreto fresco, aunque su aplicación dé como resultado u congelamiento parcial de las partículas de agua. Cuando se usan en combinación co otros aditivos, su efecto dependerá del tipo de aditivo y las propiedades físicas, química y mineralógicas del cemento hidráulico.

La inclusión de aditivos anticongelantes no afecta la porosidad total del concreto; si embargo, hay un aumento de los microporos a expensas de los macroporos. Esto mejor la zona de contacto entre la pasta de cemento y los agregados cuando se utiliza anticongelantes a base de calcio y, por lo tanto, aumentan la impermeabilidad y aún más en combinación con superfluidificantes.

La durabilidad se ve incrementada en la medida en que el aumento en impermeabilidad disminuye el ingreso a la masa del concreto de agentes químicos destructivos y del CO.

Con respecto a la corrosión del acero de refuerzo, los aditivos anticongelantes a base de nitrito de sodio y mezclas de nitrito-nitrato de calcio inhiben la corrosión del acero de refuerzo cuando está cubierto por una capa suficientemente gruesa de concreto. Deberá tomarse en cuenta ciertas precauciones especiales contra la corrosión del acero de refuerzo con el uso del resto de los productos anticongelantes.

El concreto endurecido a temperatura ≥0° conteniendo anticongelantes como CaO y NaCl, presentan de un 5 al 10 % más de retracción comparado con los concretos de referencia sin aditivos (8). En proporcionamientos con otros aditivos conteniendo además anticongelantes, el efecto de retracción es aproximadamente el mismo que cuando se usa separadamente.

in recemendades personacións de aditivo se da en función de la

REDUCTORES Y SUPER REDUCTORES DE AGUA

Los aditivos reductores de agua efectivos, deben disminuir los requerimientos de agua de la revoltura de un 5-12% para una consistencia y consumo de cemento dados dependiendo del proporcionamiento, tipo de aditivo y dosificación.

De acuerdo a los ingredientes básicos existen tres clases de aditivos reductores de agua:

- 1. Sales de ácido lignosulfónico.
- 2. Sales de ácidos carboxílicos hidroxilados.
- 3 Polímeros hidroxilados.
- 4. Otros

Un efecto secundario que se presenta en la mayoría de los reductores de agua convencionales es la tendencia a retardar los tiempos de fraguado del concreto. El efecto retardante de estos aditivos puede, en algunas formulaciones, incluir productos acelerantes, pero deberán tomarse precauciones con la adición de cloruros para que no se excedan los límites especificados por ACI-318. El grado del efecto depende de las proporciones de cada ingrediente en las formulaciones.

El efecto que sobre la durabilidad tiene la acción retardante, se discutirá al comentar los aditivos retardantes.

Otro efecto secundario es la inclusión de aire en la masa de concreto, que origina una disminución en la resistencia a la compresión.

Los super reductores de agua se comportan como los reductores de agua convencionales pero con mucha mayor eficiencia, estos provocan una acción antifloculante reduciendo las fuerzas interparticulares que existen entre los granos del cemento en la pasta fresca (18), incrementando, por consiguiente, la fluidez de la pasta, pueden utilizarse para obtener reducciones de agua entre 20-30%. Además estos difieren de los reductores de agua convencionales en que no afectan significativamente la disminución de la tensión superficial del agua y por lo tanto pueden utilizarse en altas dosificaciones sin una excesiva inclusión de aire. No producen retardo excesivo aún con altas dosificaciones.

Los aditivos super reductores de agua normalmente se clasifican en dos familias:

- 1. Formaldehído condensado sulfonatado de melamina.
- 2. Formaldehído condensado sulfonatado de naftalina.

Al reducirse la relación A/C para una consistencia dada, el efecto en el concreto endurecido es un aumento en la resistencia a la compresión y una reducción en la permeabilidad. Debido al mejoramiento en la eficiencia de la hidratación del cemento, en la mayoría de estos aditivos, la ganancia en resistencia a la compresión es mayor que la indicada solamente por la reducción en la relación A/C.

La influencia que sobre la durabilidad tienen los aditivos reductores y super reductores de agua cuando se les utiliza para una consistencia dada, en comparación con los de referencia, está relacionada directamente con el aumento de la resistencia a la tensión y, por lo tanto, a la resistencia a todas las causas de agrietamiento, como pueden ser aquellas originadas por las reacciones químicas expansivas, por el efecto expansivo debido a la