

PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES



EDITADO POR EL INSTITUTO MEXICANO
DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

Agosto ■ 2006



Contracción por secado del concreto

Ilustraciones: Felipe Hernández

SECCIÓN
COLECCIONABLE

¿te urge colocar
un piso epóxico con
resistencia química?



Sonríe...
ya encontraste
la solución

Sikafloor-156

- Resiste derrames de gasolina, aceite y diesel.
- Aplicación y puesta en servicio en 36 hrs.

01 800 123 SIKA
7452
www.sika.com.mx



Calidad que cuida tu presupuesto

Contracción por secado del concreto

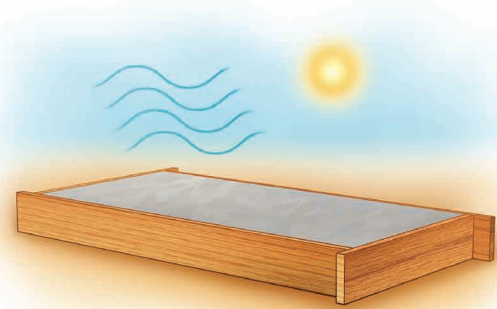
El conocimiento de las características de la contracción del concreto es un punto de partida necesario en el diseño de estructuras para el control de grietas. Tal conocimiento permitirá al diseñador estimar el probable movimiento por contracción en el concreto reforzado o presforzado y podrá tomar los pasos apropiados en el diseño para acomodar este movimiento.

Mecanismo de la contracción por secado

Cuando el concreto es expuesto a su ambiente de servicio tiende a alcanzar un equilibrio con ese ambiente. Si el medio ambiente es una atmósfera seca, la superficie expuesta del concreto pierde agua por evaporación. La velocidad de evaporación dependerá de la humedad relativa, la temperatura, la relación agua-cemento y el área de la superficie expuesta del concreto.

La contracción por secado constituye una porción del total de la deformación que se observa en un elemento del concreto. La figura 1 muestra los componentes de la deformación, excluyendo el movimiento térmico. La deformación por contracción es dependiente del tiempo y no es inducida por carga.

Si el ambiente es húmedo, el flujo de la humedad se dará desde el medio ambiente al concreto, resultando un incremento de volumen o expansión. En la figura 2 se muestra una descripción es-



quemática de los cambios en el volumen del concreto debido a ciclos alternos de secado y mojado. El movimiento de con-

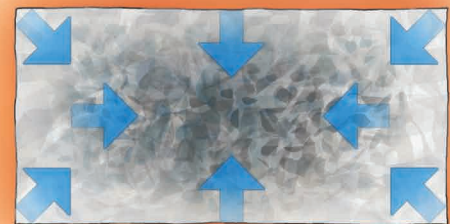


Figura 1. Componentes de la deformación

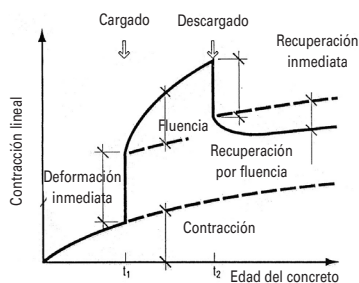


Figura 2. Concreto inicialmente seco, y luego sujeto a ciclos de secado y mojado

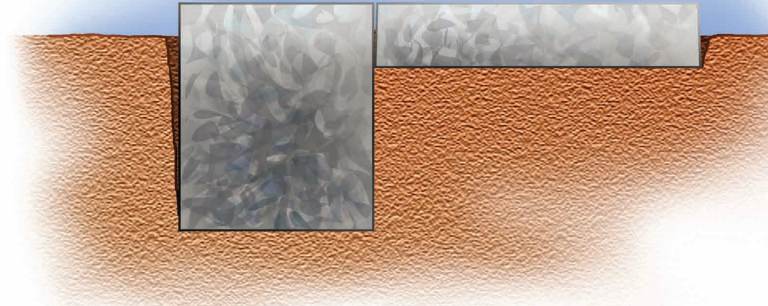


tracción más grande ocurre en el primer secado. Una parte considerable de esta contracción es irreversible, es decir, que

no se puede recuperar por un mojado subsecuente.

FACTORES QUE AFECTAN LA CONTRACCIÓN POR SECADO

Puesto que la contracción por secado está relacionada con la pérdida de humedad del concreto, es influida por factores



externos que afectan el secado y también por factores internos relacionados con concreto y sus constituyentes. Figura 3.

viento alrededor del concreto y cuando aumenta el periodo de tiempo en el que el concreto está sujeto a condiciones de secado.

FACTORES EXTERNOS

Los factores externos que afectan la pérdida de humedad del concreto son las condiciones ambientales, así como el tamaño y la forma del elemento de concreto.

Condiciones ambientales. La temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento afectan la pérdida de humedad de la superficie del concreto, cualquier combinación de estos factores afecta la velocidad de evaporación. Las condiciones ambientales diferentes en los lados opuestos de un elemento dan como resultado un secado diferencial hacia afuera, y por tanto, una contracción diferencial con la posible consecuencia de alabeo.

En resumen, es de esperarse una mayor contracción por secado cuando se eleva la temperatura ambiental, disminuye la humedad relativa, se incrementa la velocidad del

Geometría del elemento. Los elementos de concreto grandes y de mayor sección se secan más lentamente que los pequeños y delgados. Como resultado, para el mismo periodo de secado, la contracción de los elementos de gran tamaño es menor que para los de menor tamaño, en los cuales su núcleo se puede secar más rápidamente.

El efecto de la geometría del elemento de concreto sobre la contracción por secado está representado en la mayoría de los reglamentos y normas por su "espesor teórico" o el espesor hipotético que se define como dos veces el área de la sección transversal del elemento de concreto dividido por el perímetro expuesto de la sección transversal. De aquí se sigue que un espesor teórico más grande estará asociado con una menor contracción por secado.

Figura 3. Factores que afectan la contracción por secado

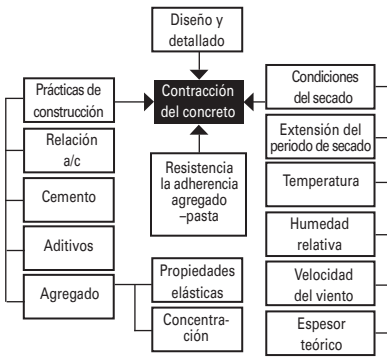
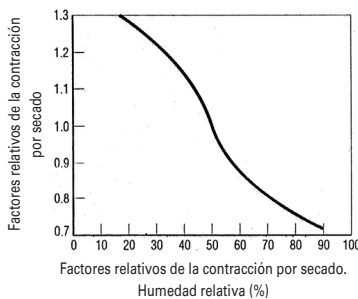


Figura 4. Efecto de la humedad relativa en la contracción por secado

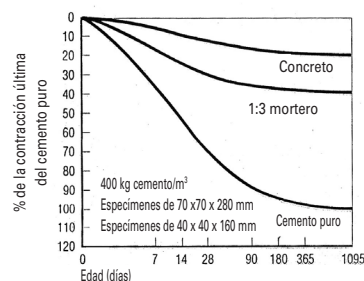


FACTORES INTERNOS

Los factores internos que afectan la con-



Figura 5. Comparación de la contracción por secado del concreto, mortero y pasta limpia de cemento a 50% de su humedad relativa



tracción por secado del concreto y aquéllos relacionados con sus constituyentes son cements, agregados, aditivos; diseño de la mezcla del concreto; relación agua-cemento y contenido de agua; propiedades de los agregados y fracción de volumen; y aquéllos vinculados con la construcción del concreto: colocación, compactación y curado.

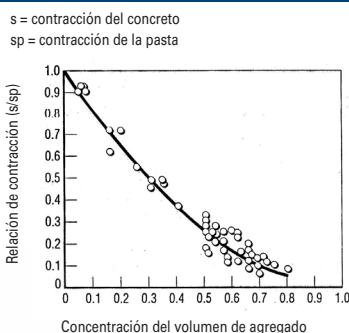
Cementos. Aunque generalmente se concluye que la composición del cemento puede afectar la contracción por secado, el efecto no se ha determinado por completo. Se ha observado que el contenido de C³A y álcali tiene un efecto dominante. A su vez, el efecto del contenido de C³A y álcali sobre la contracción es influido por el contenido de yeso del cemento, es decir, la contracción de cements del mismo contenido de C³A difiere para diferentes contenidos de yeso.

Esto ha conducido al desarrollo de un cemento caracterizado en términos de comportamiento por contracción como “cemento de contracción compensada”. Los ingenieros y los especificadores no deben preocuparse mucho con los complejos detalles de la química del cemento, ya que lo importante es el rendimiento final.

Debe precisarse que el uso de cemento de contracción compensada por sí mismo no garantiza la producción de concreto de baja contracción, hay que considerar otros factores involucrados, pues éstos pueden tener un peso mayor que el efecto del cemento en la contracción por secado del concreto.

Agregados. Los agregados tienen un efecto restrictivo en la contracción. Este

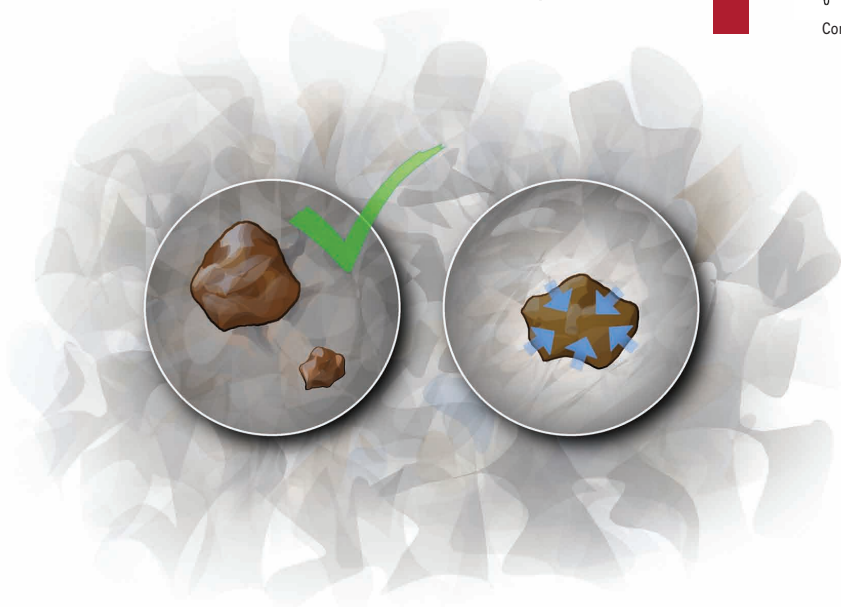
Figura 6. Efecto de la concentración del volumen de agregado en la contracción

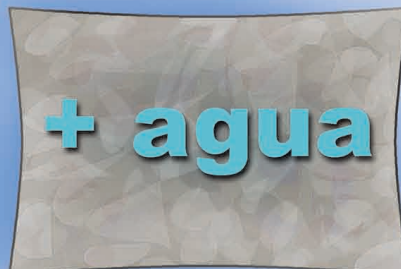
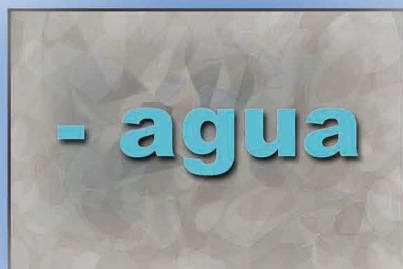


efecto se ilustra en la Figura 5 y muestra que algunos tipos de agregados, si se contraen más que la pasta, incrementan la contracción del concreto significativamente. Hay una relación razonablemente directa entre la contracción de un agregado y su capacidad de absorción. Es decir, los agregados de

buena calidad y baja contracción generalmente están caracterizados por una baja absorción. Si el agregado se contrae menos que la pasta, entonces el agregado restringe la contracción, y ésta disminuirá al incrementarse la fracción del volumen del agregado. El efecto de la fracción del volumen del agregado en la contracción por secado se muestra en la Figura 6.

Tanto la Figura 5 como la 6 ilustran el sustancial efecto de restricción de los agregados en la contracción por secado de la pasta. Tal como puede verse, la contracción del concreto puede ser de únicamente 20% de la correspondiente a la pasta de cemento.





Otras propiedades del agregado, tales como la granulometría, el tamaño máximo, la forma y la textura, afectan la contracción por secado indirectamente. En la práctica, la variación en cualquier una de estas propiedades puede conducir a un cambio en la demanda de agua y/o el contenido de pasta y su efecto sobre la contracción por secado sólo es medible en términos de los cambios que causan a la mezcla del concreto.

Los agregados pueden estar contaminados por otros materiales como sedimentos, arcilla, carbón, madera o materia orgánica. La mayoría de estos materiales no restringe la contracción y, de hecho, puede incrementarla, especialmente en el caso de la arcilla que absorbe la humedad y se contrae considerablemente al secarse. La mayoría de estos materiales contaminantes pueden ser removidos lavando el agregado.

En resumen, los agregados duros y densos, con poca absorción y alto módulo de elasticidad, son importantes para la producción de concreto de baja contracción por secado.

El efecto del agregado en la restricción de la contracción por secado del concreto está regido por:

- La fracción de volumen del agregado
- El módulo de elasticidad del agregado
- La contracción del agregado al secarse

Aditivos. Hay muchos tipos de aditivos para su incorporación en el concreto

para lograr y aumentar ciertas propiedades, o economizar, o para ambas cosas. Generalmente, los aditivos afectan la contracción del concreto en un grado variable, dependiendo de su formulación, su interacción con el cemento y con otros aditivos en la mezcla, y en las variaciones o ajustes que provocan en las proporciones de la mezcla de concreto. Ha quedado bien establecido que los aditivos que contienen cloruro de calcio pueden incrementar la contracción por secado del concreto.

Contenido de agua. La contracción por secado del concreto se incrementa al aumentarse su contenido de agua. La variación en la contracción con el contenido de agua puede explicarse por la diferencia en los tipos de agua perdida en las etapas del secado mencionadas antes, también asociado con el módulo de elasticidad del concreto. El concreto con alto contenido de agua (y alta relación agua-cemento) tiene una resistencia inferior y un menor módulo de elasticidad, y por tanto, tiene una mayor tendencia a la contracción. El efecto de la relación agua-cemento en la contracción por secado se ilustra en la figura 7. Como puede notarse, a edades mayores de 28 días, una superior relación de agua-cemento conduce a un incremento significativo en la contracción por secado.

Se ha defendido la idea de que un alto contenido de cemento siempre conduce

a una mayor contracción por secado. Esto no es estrictamente correcto, como puede ilustrarse en la figura 8, la cual muestra que un concreto de alto comportamiento y alta resistencia que puede ser caracterizado por un alto contenido de cemento, menor contenido de agua (y por tanto, relación baja de agua-cemento) y buena calidad de agregados, puede tener características de baja contracción.

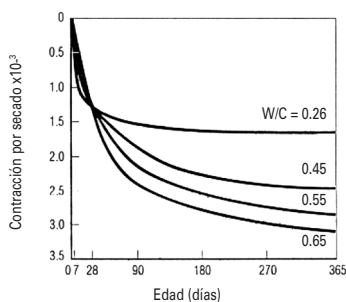
Prácticas de construcción. La colocación, la compactación y el curado del concreto, son factores importantes para minimizar la magnitud de la contracción por secado. Al agregar más agua en el sitio durante la colocación del concreto para restablecer el revenimiento o para ayudar al acabado final, se incrementará la contracción por secado del concreto.

Se requiere de compactación y curado apropiados para producir un concreto denso de capilares reducidos y/o con capilares discontinuos, que da como resultado una pérdida reducida de humedad del concreto y baja la contracción por secado. Al aplicar apropiadas medidas de curado inmediatamente después del acabado del concreto, se evitará el secado de la superficie del concreto, en especial en condiciones de clima caliente.

REDUCIENDO LA CONTRACCIÓN POR SECADO DEL CONCRETO

Algunas de las medidas que pueden tomarse para reducir la contracción por secado del concreto incluyen:

Figura 7. Efecto de la relación agua-cemento en la contracción de las pastas de cemento



- Uso de un mínimo contenido de agua (consistente con los requisitos de colocación y acabado).

- Empleo de la fracción de volumen más alta posible de agregado de buena calidad, y tamaño máximo posible del agregado.

- Uso de cemento de contracción compensada cuando pueda disponerse de éste.

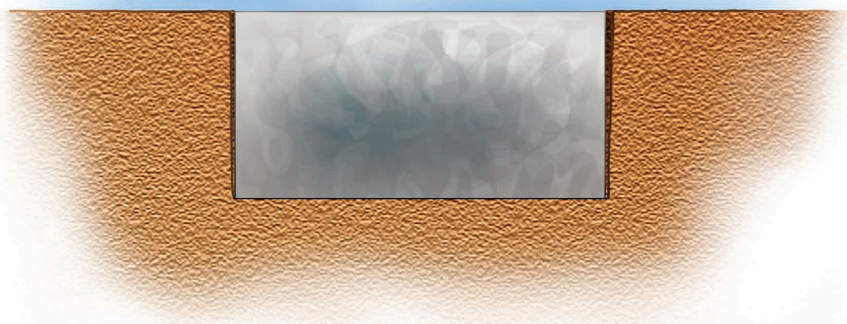
- No utilizando aditivos

que se sepa que incrementan la contracción por secado; por ejemplo, aquellos que contienen cloruro de calcio.

- Asegurándose de que el concreto sea apropiadamente colocado, compactado y curado.

Grietas por contracción por secado

Dicha contracción no es un problema si el concreto está libre para moverse. Si el concreto está restringido de alguna manera, la contracción por secado introducirá esfuerzos de tensión que, cuando exceden la resistencia a tensión del concreto, harán que el concreto se agriete. Al reducir la contracción por secado, no necesariamente se evita el agrietamiento, el cual también es influido por la restricción y el diseño y el detallado del elemento de concreto.



Las grietas por contracción, en contraposición a las grietas por flexión, tienen lados paralelos, y en el caso de losas, usualmente se extienden justo a través del espesor de la losa. Tales grietas pueden hacer que el agua penetre o se filtre, y en última instancia dañe la durabilidad del elemento de concreto.

Por tanto, es importante el control del agrietamiento debido a la contracción por secado, y requiere de un diseño y detallado apropiados del elemento de concreto.

Refuerzo adecuado

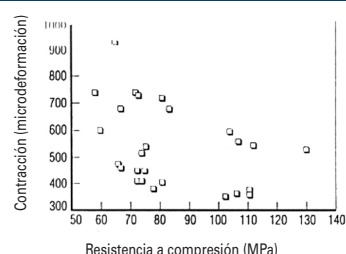
Cuando ocurre agrietamiento, el espaciado y el ancho de las grietas por contracción dependen del porcentaje de refuerzo en el concreto restringido y las características de adherencia del refuerzo. La provisión y localización de refuerzo adecuado para distribuir el esfuerzo de tensión causado por la contracción por secado son particularmente importantes en losas sobre el terreno y en aplicaciones similares, y donde el refuerzo puede no ser requerido por razones estructurales. Se debe proporcionar un refuerzo primario y secundario para controlar el agrietamiento debido a contracción por secado y esfuerzos térmicos en las losas de concreto reforzado, según el grado de restricción.

Aunque el refuerzo resiste los esfuerzos de tensión en el concreto restringido y ayuda a evitar la formación de grandes grietas, no evita por completo el agrietamiento, pero asegura que las grietas, a medida que ocurren, estén más apretadamente separadas y de un ancho más pequeño. En el concreto reforzado con un diseño apropiado serán invisibles a la simple vista.

Juntas

La provisión y localización de juntas de contracción permiten el movimiento

Figura 8. Contracción por secado de concreto de alta resistencia



como resultado de la contracción por secado. El concreto no reforzado tenderá a desarrollar grietas más grandes a intervalos irregulares, siempre que la resistencia a tensión del concreto sea excedida por los esfuerzos inducidos por la contracción por secado. Para evitar tales grietas deben instalarse juntas de contracción a intervalos apropiados. Puede también ser más económico instalar juntas de contracción en el concreto reforzado que confiar en el refuerzo para controlar los esfuerzos por contracción. La localización de juntas de contracción es un asunto para el diseñador, pero normalmente estarán situados en donde es de esperarse la mayor concentración de esfuerzos debido a la contracción por secado: en las aberturas; en los cambios en la sección transversal; en muros largos; y en grandes áreas de pavimentos de concreto en donde se usan para dividir el concreto en bahías aproximadamente cuadradas.

CONCLUSIÓN

Nunca está de más enfatizar la importancia de los factores que influyen sobre la contracción del concreto, incluyendo los constituyentes del concreto, las prácticas de construcción, las condiciones ambientales, la geometría y el diseño del detallado del elemento de concreto.

Aunque es importante la influencia del cemento, obviamente no es la única influencia. De hecho, en la mayoría de las situaciones, otros factores tendrán una repercusión mayor, si no es que más relevante. Es el diseño de la mezcla del concreto, las técnicas apropiadas de construcción, y el diseño y detallado correcto, lo que producirá un concreto con características de baja contracción. 🌐

REFERENCIAS

Drying Shrinkage of Cement and Concrete, Concrete Data, July 2002. Cement and Concrete Association of Australia.