
BIBLIOGRAFIA

Comportamiento de muros estructurales sismorresistentes antes y después de reparados.

FIORATO, A.E., OESTERLE, R.G. y CORLEY, W.G. Behaviour of earthquake resistant structural walls before and after repair. *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings vol. 80, n° 5 (septiembre-octubre 1983), pp. 403-413.

En este trabajo se hizo un estudio experimental de la resistencia de muros a cargas horizontales, en condición original primero y sometidos a procedimientos elegidos de reparación después.

Los muros correspondían a los de un edificio de 5 pisos a escala 1 a 3, pero sin losas, y estaban armados según las exigencias del ACI Building Code. Estaban flanquados por columnas. Cada uno de los muros se cargó lateralmente como viga cantilever vertical en el nivel correspondiente a la losa superior. Algunos de ellos fueron sometidos también a carga vertical.

Las cargas se aplicaron primero en una dirección y después en la inversa en ciclos crecientes sucesivos hasta llegar a agotar la capacidad de carga. Se producían primero grietas inclinadas que creaban un sistema de diagonales de compresión, las cuales fallaban por último por aplastamiento del hormigón.

Los procedimientos de reparación consistieron en eliminar el hormigón fuertemente dañado y reemplazarlo por hormigón nuevo del mismo espesor en un caso, de un espesor 50% superior en otro caso, y en el tercero del mismo espesor pero agregando armaduras diagonales ancladas en la base y en las columnas laterales.

Se encontró que las soluciones de reparación señaladas son simples y eficaces. Las capacidades resistentes y de deformación de los muros reparados fueron equivalentes a las originales. Este resultado concuerda con otros anteriores en muros de poca altura.

Las rigideces iniciales de los muros reparados eran aproximadamente 50% de las originales y este hecho debe ser tenido en cuenta en la evaluación de la respuesta dinámica de muros reparados.

El muro que se reparó aumentando su espesor mostró una mayor capacidad de deformación que el original, debido a que aumentó la capacidad de las diagonales de compresión.

La adición de refuerzos diagonales en la base redujo las distorsiones por corte y aumentó la capacidad de deformación.

E.G.

Reforzamiento de un hospital con muros exteriores de hormigón de corte.

BALDELLI, J.A. Hospital Strengthened with exterior concrete shearwall. *Concrete International*, vol. 5, n° 9 (septiembre 1983), pp. 28-31.

Después del terremoto de San Fernando, EUA, en febrero de 1971, la Administración de Veteranos, inició un programa a escala en todo el país para evaluar y reforzar, si fuese necesario, contra solicitaciones sísmicas todos sus hospitales. Hecho el análisis de uno de ellos situado en Charleston, Carolina del Sur, se vio que tenía una resistencia sísmica insuficiente. En efecto, había sido calculado en 1961 conforme el

Uniform Building Code de 1959 que exigía considerar un esfuerzo de corte sísmico de aproximadamente 3% del peso del edificio. Según la actual norma, en cambio, ese esfuerzo se eleva a 20 o 25%, según si el cálculo se hace por método dinámico o el estático respectivamente.

Quedó claro con este análisis que el hospital tenía que demolerse o reforzarse. Se adoptó la segunda alternativa, partiendo de una solución constructiva que la hacía más barata que la primera. El proyecto tuvo en cuenta, en todo momento, que el hospital tenía que seguir en funcionamiento durante la construcción, con un mínimo de molestias y sin comprometer la comodidad y la seguridad de los pacientes.

La solución consistió en reforzar el edificio principal, de 5 pisos, agregando muros perimetrales de hormigón armado y paneles de acero interiores transversales. Estos muros se unieron a la estructura existente por medio de barras de acero ancladas tanto al muro nuevo como a vigas de la estructura existente.

Los nuevos muros se hormigonaron en tres capas con hormigón proyectado aprovechando los muros existentes como molde de apoyo.

En resumen, se cumplieron los objetivos buscados y se demostró así que este tipo de reforzamiento puede ser una solución conveniente para edificios, ya que es económico y no interfiere ni interrumpe el curso normal de las actividades.

E.G.

Diagnóstico de la calidad del hormigón en obra por medio de ultrasonido

CHUNG, H.W. y LAW, K.S. Diagnosing in situ concrete by ultrasonic pulse technique. *Concrete International*, vol. 5, n° 10 (octubre 1983), pp. 42-52.

Se describe en este trabajo las aplicaciones de la técnica de la velocidad de los pulsos ultrasónicos para establecer la calidad del hormigón en obra.

Se llega a la conclusión que tal técnica es muy útil para apreciar la uniformidad del hormigón y detectar huecos y nidos de piedra. El procedimiento es medir la velocidad en muchos puntos regularmente distribuidos y hacer un mapa con líneas de igual velocidad. Con hormigón de calidad uniforme no se producen contornos especiales o singulares, sin embargo, cuando hay cambios zonales o puntuales de la velocidad, los contornos pueden señalar áreas de preocupación. Si además se hace un análisis estadístico de la variación de velocidad puede perfilarse la extensión de zonas de huecos y nidos de piedra.

También se obtuvieron buenos resultados en intentos por determinar el espesor de hormigón afectado por un incendio. En este caso la velocidad de la onda superficial es menor para distancias pequeñas, en que ella transita por la capa afectada y cambia netamente a partir de una cierta distancia en que la onda se interna en el hormigón sano más profundo.

La correlación entre la velocidad del pulso y la resistencia a la compresión del hormigón varía, como se sabe, principalmente con el tipo y proporción del árido. En este trabajo se desarrolló una correlación empírica novedosa, independiente de la proporción de áridos, en función de la velocidad en la pasta, la cual se deduce de la velocidad medida en el hormigón y las velocidades supuestas en los áridos finos y gruesos combinada con la proporción de éstos.

E.G.

TBS-2 Recomendación general para las pruebas de carga in situ de estructuras soportantes de hormigón.

COMMISSION DE LA RILEM 20-TBS TBS-2 Recommendation générale pour les essais in situ par mise en charge des structures portantes en béton, *Materiaux et Constructions*, n° 96 (noviembre 1983), 406-419.

Esta recomendación modifica parcialmente

una anterior de la RILEM tomando en cuenta, entre otros antecedentes, las presentaciones al Coloquio Internacional de la RILEM, Ensayos in situ de estructuras de hormigón, realizado en 1977 en Budapest.

En uno de los primeros capítulos se señalan las condiciones en que se debe hacer el ensayo. En él se exponen las consideraciones y aspectos que se deben tener en cuenta para fijar la magnitud de la carga de prueba, según si se intente hacer un ensayo de aptitud para el servicio de la estructura, o definir la carga máxima útil, o bien evaluar la capacidad resistente o resistencia máxima de la estructura.

También se describe cómo debe distribuirse la carga y las secuencias posibles de colocación, según los fines que se persigan.

Un capítulo da las indicaciones sobre la realización práctica de la prueba. Comprende la formulación de un programa del ensayo, los tipos de cargas que se pueden usar, las etapas o incrementos de carga y la forma en que debe presentarse el informe de la prueba.

En otro capítulo se detallan las condiciones y requisitos de los instrumentos para medir las deformaciones, sean éstas desplazamientos lineales, giros, tensiones, anchos de grietas, distancias entre grietas, fuerzas o presiones.

Por último, está el capítulo sobre la evaluación de los resultados de la prueba.

En el caso de carga hasta la rotura (ensayos de prototipos) hay que prestar atención a posibles colapsos total o parcial, inestabilidad parcial o total, daños locales que aumenten sin que las cargas aumenten significativamente, aumento de la deformación con carga constante, flecha excesiva, ancho de las grietas demasiado grandes.

En el caso de aptitud para el servicio hay que tomar en cuenta la flecha remanente después de la descarga, la flecha total, la estabilización de las deformaciones y el ancho de grietas.

En el caso de que la prueba sea para definir la carga máxima de servicio hay que tener en cuenta los mismos factores del caso anterior fijándose previamente las condicio-

nes que deben cumplirse en la prueba.

Influencia de un plastificante sobre la trabajabilidad y el desarrollo de resistencia del hormigón.

MEINHOLD, U. Über den Einfluss eines Betonverflüssigers auf die Verarbeitungseigenschaften und die Festigkeitsentwicklung von Beton, *Betonwerk + Fertigteil - Technik*, 49 año, n° 11 (noviembre 1983), pp. 699-704.

Algunos casos de daños estructurales han dejado en evidencia que el procedimiento usual de ensayos preliminares en que, por regla general, se determina la consistencia inicial y la resistencia a 28 días no es criterio suficiente de calidad, en especial cuando se incorporan aditivos al hormigón.

Se hicieron ensayos con un aditivo (un plastificante a base de sulfato de lignina) y ocho tipos de cemento, y se encontró que es necesario recurrir a varios ensayos tecnológicos para formarse un juicio válido del hormigón. En estos ensayos se obtuvieron siempre resultados negativos en el ensayo de fraguado según DIN 1164. Se constató que la incorporación de aditivo mejora la trabajabilidad del hormigón al comienzo, pero a lo largo del tiempo había una degradación más o menos pronunciada según el tipo de cemento. Todos los hormigones con aditivos se rigidizaban más rápidamente que los correspondientes de comparación. En algunos casos se igualaban las rigideces con las del hormigón de comparación después de sólo una hora, pero en otros, a pesar de que los resultados en pasta hubiesen sido negativos, todavía se apreciaba algún efecto plastificador (aunque muy disminuido) hasta después de dos horas. El plastificador influyó considerablemente en las resistencias iniciales del hormigón: con una sola excepción, la resistencia a un día fue inferior (hasta 60%) que la de los hormigones de comparación correspondientes, pero rápidamente se recuperó esta diferencia y ya

a dos días la mitad de los hormigones con aditivo habían sobrepasado la de los correspondientes sin aditivos. Una espera de dos horas antes de colocar y compactar el hormigón desfavoreció la trabajabilidad de los hormigones, especialmente de aquellos con aditivo, pero no así la resistencia a la compresión. En las primeras etapas de endurecimiento (hasta 2 días) incluso se constató un aumento de resistencia en comparación con los hormigones colocados inmediatamente después de mezclados, aumento que fue decreciendo con el tiempo y que a 28 días ya no era distinguible.

Estos resultados muestran que es necesario ampliar el campo de los ensayos preliminares más allá del que se considera suficiente en la práctica actual. En particular debe prestarse más atención a la trabajabilidad y al desarrollo de resistencia del hormigón a edades tempranas.

Consideraciones sobre prevención de daños en hormigón congelado en las primeras horas.

HOFF, G.C. y BUCK, A.D. Consideration in the prevention of damage to concrete frozen at early ages. *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings vol. 80, n° 5 (septiembre-octubre 1983) pp. 371-376.

En este trabajo se hace un análisis de varios conceptos de protección relacionados con la colocación de hormigón en un ambiente en que estará sometido a congelación prematura. En esas condiciones, si la congelación se produce cuando hay una cantidad considerable de agua libre en la mezcla y si la pasta no ha alcanzado suficiente resistencia hay peligro de que se produzca destrucción de la estructura interna del hormigón y que no se desarrolle una resistencia suficiente.

Los conceptos o criterios para juzgar el límite de seguridad y la necesidad de protección del hormigón con respecto a congelación a temprana edad son: cambios de

volumen, resistencia crítica, edad crítica y cantidad de agua congelable.

Se presenta un programa experimental para relacionar la dilatación del hormigón en un ciclo de congelación con la resistencia crítica o mínima que debe alcanzar el hormigón para no ser dañado por la congelación. Esto se hizo en un intento por analizar la validez del criterio recomendado por la norma ACI 306 R-78, Hormigonado en tiempo frío, que es de aceptar como límite de seguridad una resistencia a la compresión de 3.5 MPa.

Basándose en un criterio de dilatación para determinar la seguridad del hormigón al hielo en un ciclo único de congelación, la resistencia recomendada por la norma ACI 306 R-78 parece ser conservadora y aceptable. Aunque el hormigón puede considerarse como inicialmente seguro, esto no excluye la posibilidad de que se produzca alguna disminución permanente de resistencia si aquel queda expuesto a congelación a edad temprana. Incluso se manifiestan dudas de que la seguridad a un único ciclo de congelación o a éste seguido por un limitado número de ciclos de congelación y deshielo garantice la seguridad permanente a la congelación.

Ensayos modelos electroquímicos en relación con el problema de la corrosión inducida por cloruros del hormigón armado.

RECHBERGER, P.R. Electrochemical model tests relating to the problem of chloride-induced corrosion of reinforcing steel, *Zement-Kalk-Gips*, año 36, n° 12 (diciembre 1983) (Traducción de ZHG n° 10/83, pp. 582-590), pp. 317-321.

Se hicieron ensayos electroquímicos en probetas de hormigón con una barra de acero embebida, con diferentes porcentajes de NaCl incorporados al hormigón y con 5 tipos de cementos diferentes.

Los procedimientos usados para investigar la corrosión inducida fueron:

1) la imposición de voltajes cíclicos desde la evolución incipiente de H (- 1.0V de la escala electroquímica) hasta el comienzo del desprendimiento de O (+ 0.9V). Este método revela el comienzo de la corrosión por picadura sólo con altos contenidos de cloruro, y por eso se recurrió a 2) electrolisis anódica estable a potencial constante. En este segundo caso, al conectarse el potencial se produce una corriente que, en el caso de pasividad (sin cloruro), rápidamente se amengua a un valor estable; si hay cloruros, en cambio, la corriente pasa por un mínimo y luego crece más o menos rápidamente: esto es indicación de corrosión por picaduras inducida por el cloruro.

El proceso 2) fue seguido por aplicación de voltajes cíclicos como en 1) y finalmente los cilindros fueron hendidos para observar el acero y apreciar el avance de la corrosión.

El objetivo de estos ensayos era determinar el umbral o máximo contenido de NaCl que asegura ausencia de corrosión en el hormigón armado, especialmente en relación con el uso de sales descongelantes.

Se encontró que con cemento portland 375 el umbral estaba sobre 1.3 g y por debajo de 1.7 g de NaCl por 100 g de cemento para hormigón de 2 semanas de edad y entre 1.6g y 1.8 g de NaCl por 100 de cemento para hormigón más maduro, de 6 o 7 semanas de edad.

Para cemento de alto horno el umbral se situó entre 1 g y 1.5 g de NaCl por 100 de cemento.

Para cemento con alta resistencia al sulfato, sin C 3A, el umbral estuvo entre 0.5 y 1 g de NaCl por cada 100 de cemento.

Los cementos con alto contenido de C3A, 6.2 y 16.4% de C3A respectivamente, dieron umbrales entre 1 y 1.5 g de NaCl por 100 de cemento y el primero mostró mejor respuesta que el segundo, un poco en contradicción con la idea de que el C3A se combina con el ion Cl y reduce el contenido de Cl libre activo que actúa en el fenómeno de corrosión.

Se estima que es necesario probar cementos puzolánicos y con cenizas volantes, porque se afirma que los aluminatos que contienen fijan el ion cloruro.

Método para calcular la velocidad de carbonatación y la consecuente esperanza de vida de partes de hormigón armado.

WEBER, H. Berechnungs verfahren uber den Carbonatisierungsfortschritt und die damit verbundene Lebenserwartung von Stahlbetonteilen. *Betonwerk + Fertigteil - Technik*, año 49, n° 8 (agosto 1983), pp. 508 515.

La carbonatación del hormigón es una reacción importante que, a la larga, constituye un factor decisivo en relación con la vida útil del material y en particular cuando se trata de hormigón armado.

El avance o velocidad de la carbonatación depende, entre otros factores, del contenido de humedad del hormigón. Tal velocidad puede calcularse por medio de las leyes de difusión en hormigón con un contenido de humedad moderado y uniformemente distribuido.

A similitud con el coeficiente de absorción de agua se puede obtener un coeficiente de carbonatación a partir del cual es posible calcular el intervalo de tiempo en que la carbonatación llega a la profundidad de la armadura siempre que se conozca el espesor de recubrimiento.

Si se presume que la carbonatación actúa como un factor perjudicial para el hormigón puede calcularse teóricamente la esperanza de vida de éste. La difusión del anhídrido carbónico a través del hormigón es comparable a la del vapor de agua, y por eso es posible hacer cálculos análogos para la resistencia a la difusión del hormigón con respecto al dióxido de carbono. A partir de esos cálculos se puede determinar, además, la expectativa de vida de hormigón prefabricado con o sin tratamiento super-

ficial de repelentes de agua. El mismo procedimiento puede usarse, en principio, para calcular la esperanza de vida de partes de hormigón tratados con apropiados retardadores de la carbonatación.

Entre otras conclusiones, los resultados de esos cálculos muestran que la afirmación que los repelentes de agua reducen la expectativa de vida del hormigón es teóricamente correcta, pero la reducción es tan pequeña que queda ampliamente compensada por las ventajas que tal protección proporciona a las piezas de hormigón prefabricadas.

Estudio del fenómeno de eflorescencia en hormigón y asbesto cemento.

KRESSE, P. Untersuchungen zum Phänomen der Kalkausblühungen auf Beton und Asbestzement. *Betonwerk + Fertigteil - Technik*, año 49, nº 9 (septiembre 1983), pp. 560-568.

Tanto en hormigón como en mortero, asbesto cemento y ladrillos sílicocalcáreos se producen eflorescencias. De acuerdo a las ideas más aceptadas, el fenómeno ocurre debido a que iones de calcio, liberados en la hidratación de cemento, reaccionan en la superficie del material con el anhídrido carbónico del aire para formar carbonato de calcio, que es insoluble en agua. Aparte de este tipo de eflorescencia hay otro que resulta a consecuencia de la disolución de otras sales, como sulfato de calcio, pero éste no es importante en el hormigón, aunque sí lo es en ladrillos y otros productos de arcilla cocida.

En este trabajo se describen los resultados de muchos años de investigaciones sobre el tema, los cuales se consideran como base para trabajos posteriores.

Se distingue entre la eflorescencia primaria que aparece cuando el hormigón está fraguando y la eflorescencia secundaria que se produce por exposición a la intemperie durante un período de alrededor de 2 años y desaparece después.

La primera tiene lugar sólo en hormigón

poroso, sea por mala compactación, sea por defecto de composición. La secundaria puede provenir de varias causas diferentes y no es muy lógico esperar que haya un método único para prevenirla. Ni siquiera ha sido posible reproducirla en laboratorio en la misma forma que se producen a la intemperie.

En la actualidad sólo cabe corregir los síntomas y aplicar una capa no pigmentada al hormigón.

Las conclusiones de este trabajo son que en hormigón poroso los dos tipos de eflorescencia son indistinguibles y la mejor manera de evitarlas es actuando precisamente sobre la compactación.

En el hormigón denso la eflorescencia primaria puede corregirse con un curado rápido y evitando la condensación de agua en la superficie del material; la eflorescencia secundaria, o sus efectos visuales pueden disminuirse, en cambio, recubriendo el material con dispersiones plásticas sin pigmentos.

E.G.

Estudio experimental del hormigón colocado con bomba.

RENERE, Ch. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, noviembre 1982.

En este trabajo se pretende encontrar un rango de dosificaciones de hormigón aptas para ser bombeadas. Ellas tienen dosis de cemento que van desde los 240 kg por m³ hasta los 395 kg por m³, cubriendo de esta manera toda la gama de hormigones utilizados en la práctica. Dentro de ellas se hacen variaciones en la granulometría del árido combinado.

Para medir la aptitud de bombeo del hormigón se realizaron algunos ensayos tales como: medición de vacíos del agregado total; medición de la docilidad del hormigón

(medición del asentamiento de cono); medición de la retención de agua del hormigón bajo presión; estudio de las características reológicas del hormigón; y medición de la fricción al desplazarse el hormigón por una tubería. De todos estos procedimientos resultaron más indicativos la medición de la retención de agua y la medición de la fricción, la cual se realizó con un instrumento original diseñado especialmente para este propósito.

Como resultado de las experiencias realizadas se encontró que los hormigones con 287 kg de cemento por m^3 y 42% de arena, tienen buena aptitud de bombeo sin ninguna modificación. Por otro lado hay hormigones que requieren un acomodo en la dosificación para mejorar la aptitud de bombeo. Esta consiste en agregar puzolana a los hormigones de bajo contenido de cemento (240 kg de cemento por m^3) y agregar aditivo superfluidificante a los hormigones de alto contenido de cemento (395 - 359 323 kg de cemento por m^3).

Este trabajo fue realizado en IDIEM y dirigido por el profesor Ernesto Gómez G.

Resistencia al corte de discontinuidades con relleno.

SCHEU, C. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago agosto 1983.

En la presente memoria se propone una ecuación empírica de resistencia al corte de discontinuidades en macizos rocosos que presenten un relleno de arcilla.

Para este efecto se modelan discontinuidades en base a perfiles de rugosidades reales, para lo cual se utilizan bloques de acero en los que se reproduce la rugosidad mediante electroerosión. Sobre moldes de acero se vierte capping en estado líquido y una vez solidificado, la roca (capping) queda presentada con el perfil de rugosidad deseado.

Los bloques de rocas se ensayan al corte directo tomando como variables el espesor del relleno de arcilla, el tiempo de consolidación, la rugosidad del perfil, la resistencia de la pared de la discontinuidad y el nivel de carga normal. Durante los ensayos se miden las deformaciones en el plano de la discontinuidad, la dilatancia y la resistencia al corte para diferentes cargas normales.

Los ensayos se realizaron en dos etapas, la primera de las cuales no incluye el efecto de la consolidación y se aprecia una fuerte disminución de la resistencia al corte para los diferentes espesores de relleno. En la segunda etapa, el relleno de arcilla se preconso-lida, notándose un aumento de la resistencia al corte para niveles de tensiones normales bajas, situación que desaparece para cargas normales mayores, donde se detecta una disminución considerable de la resistencia al corte. Adicionalmente, se verifica el modelo de resistencia al corte propuesto por Barton para discontinuidades rugosas sin relleno.

A partir de los ensayos de corte directo se determina un modelo general de resistencia al corte de discontinuidades, con aplicaciones a diferentes tipos de arcilla por intermedio del índice plástico. Igualmente se propone una relación entre el espesor de relleno y humedad, como también entre dilatancia y rugosidad.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y dirigido por el profesor Pedro Acevedo M.