
BIBLIOGRAFIA

Resistencia residual de elementos de hormigón armado sometidos a altas temperaturas.

MOHAMEDBHAJ, G.T.G. Residual strength of reinforced concrete members subjected to elevated temperatures. *The Institution of Civil Engineers Proceedings*. Part 2, N° 73, junio 1982, pp. 407-420.

El objetivo de este trabajo fue determinar experimentalmente la resistencia residual de modelos de vigas y columnas de hormigón armado después de un período de exposición a altas temperaturas, que pueden equivaler a las que se originan en un incendio.

Se hicieron cinco series iguales de dos vigas y tres columnas cada una. Una serie fue expuesta a 315°C, otra a 538°C, una tercera a 760°C, todas durante una hora y la cuarta fue sometida a la exposición normal ASTM E 119-79 por dos horas, en que se alcanzó 1010°C; por último la quinta serie se usó como índice de comparación. Se registraron las temperaturas en dos posiciones en el interior del hormigón con termopares. Se retiraron las probetas del horno una vez transcurrido el período programado de calentamiento y se dejaron enfriar al aire. En las series sometidas a las mayores temperaturas se produjeron numerosas grietas superficiales en la cara expuesta al fuego, que posteriormente aumentaron y aun dieron lugar a descascaramiento en algunos casos.

Aun dentro de este alto grado de exposición se encontró, como consecuencia de los ensayos de flexión de las vigas y de com-

presión de los pilares, que no hubo reducción significativa de la carga de falla de las vigas que fueron expuestas al fuego en su cara de tracción. En las vigas expuestas por la cara de compresión tampoco fue muy grande la reducción, porque la armadura de compresión juega un papel fundamental en evitar disminuciones grandes de la carga de colapso que resultaría de la pérdida de resistencia a la compresión del hormigón como consecuencia de la exposición al fuego.

Las columnas experimentaron reducción en sus rigideces y cargas de colapso como consecuencia del calentamiento, pero la reducción máxima no exedió de 30%.

Seguridad de las obras. Enfoque probabilístico.

CUR Veiligheid van bouwconstructies. Een probabilistische benadering. *Rapport 109*, octubre 1982, 104 pp.

A lo largo de los siglos el arte o técnica de la construcción ha experimentado una neta evolución. Al comienzo, la experiencia o repetición de obras anteriores era la única fuente de orientación. Poco a poco se desarrolló la mecánica y se pudo calcular las construcciones. En una primera etapa sólo se tenía en cuenta el comportamiento lineal elástico de los materiales, pero posteriormente se dio cabida al comportamiento plástico.

En el cálculo de las construcciones siempre se cuidaba de que tuvieran una seguridad suficiente; sea fijándose tensiones permissi-

bles, sea por medio de coeficientes de seguridad. La práctica actual consiste en ligar esos coeficientes de seguridad a valores características de las sollicitaciones y de las resistencias. Este enfoque se designa como el método de cálculo semi-probabilístico y se basa en el hecho que tanto las sollicitaciones como la resistencia a la rotura son magnitudes estocásticas.

El desarrollo lógico de este concepto demuestra que el cálculo basado en una determinada probabilidad de falla es más racional. Es posible calcular los riesgos de rotura sobre la base de consideraciones probabilísticas. Este informe pasa revista a los avances que se han hecho en este campo. Al mismo tiempo examina y explica un cierto número de métodos aplicados con frecuencia.

La base del enfoque probabilístico está constituida por el cálculo de probabilidades de un solo elemento de la estructura. Este informe trata, en primer lugar, del cálculo de probabilidades en sí. A continuación expone y comenta dos métodos de enfoque: el del *valor medio* y el *método avanzado*.

Puesto que las estructuras no se componen, en general, de elementos simples sino de sistemas más o menos complejos, el cálculo se hace extensivo a sistemas estructurales. Se abordan el sistema en serie y el sistema en paralelo, las cargas repetidas e influencias especiales. Se muestra también que es posible ordenar lógicamente un sistema complejo por medio de series de acontecimientos y de errores.

El cálculo de la probabilidad de rotura no es un fin en sí. De alguna manera hay que fijar cuál es el riesgo de rotura aceptable en cada caso. En principio es posible formular un procedimiento para determinar un riesgo de rotura aceptable sobre la base de consideraciones sociales --entre las cuales una de las más importantes es la eventual pérdida de vidas humanas-- y de consideraciones económicas. Este tema está aun abierto a discusiones. Hay varias ordenanzas de construcción que han fijado riesgos aceptables de falla, sobre la base de clases de

seguridad. Esto significa que las estructuras se clasifican según el alcance de las pérdidas sociales y económicas a que puede dar lugar su falla.

La seguridad de las construcciones no sólo depende de factores directamente accesibles al cálculo. La doctrina estructural en que se inspira el proyecto, así como la ejecución misma son importantes para el nivel de seguridad que se alcanza en definitiva. A este respecto hay que mencionar el proyecto balanceado, el cuidado de proveer reservas de resistencias para absorber acciones adversas, la incorporación de vías alternativas de transmisión de cargas, la realización de ensayos, de controles, de inspecciones, etc.

En general, el análisis probabilístico es demasiado complicado para estructuras corrientes. Por eso se usan los factores de seguridad y valores característicos. Por lo demás, los factores de seguridad pueden definirse basándose en consideraciones probabilísticas. En otras palabras, están asociados a probabilidades de ruptura. Si estas probabilidades se deducen de los niveles de seguridad señalados en las normas y códigos vigentes, se habla de calibración.

En algunos casos hay divergencias entre el riesgo de rotura calculado y la frecuencia con que se produce la rotura en la realidad. La seguridad real es a veces menor que la prevista. Esto se debe principalmente a varios errores humanos que se producen en la construcción. Por eso es necesario hacer un control muy cuidadoso de cada una de las etapas constructivas.

Reparaciones de hormigón armado.

HIGGINS, D. Repairs to reinforced Concrete, vol. 16, nº 12 (diciembre 1982) pp. 37-40.

Las estructuras de hormigón armado son de por sí durables y generalmente tienen una larga vida sin problemas de mantenimiento, sin embargo a veces se producen problemas y uno de ellos es el de la corrosión de las armaduras.

Normalmente el acero de las armaduras está totalmente protegido de la corrosión por el ambiente alcalino ($\text{pH} > 12$) presente en el hormigón.

Esta protección puede debilitarse o aun destruirse, por dos razones: una es la carbonatación del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por el CO_2 del aire y otra es la presencia de cloruros. La primera acción siempre se produce, pero su velocidad de avance depende de la calidad del hormigón; como datos ilustrativos: en un hormigón de 200 kgf/cm^2 de resistencia la carbonatación llega a 1,5 cm en 10 años, mientras que en hormigón de 400 kgf/cm^2 sólo alcanza un par de milímetros en igual período. (Estos valores tienen un carácter muy general y pueden variar por la acción de muchos factores).

La segunda acción, o sea la de los cloruros, sólo se produce cuando éstos están presentes en el interior del hormigón o se introducen desde el exterior (nieblas salinas, sales descongelantes). El ion cloro destruye la película alcalina protectora del acero.

El primer signo de corrosión es el agrietamiento del hormigón siguiendo las líneas de las armaduras, con aparición previa, en algunos casos, de manchas de herrumbre. Posteriormente el recubrimiento de las armaduras se suelta y aun puede desprenderse.

Antes de proceder a reparar una estructura de hormigón afectada por la corrosión, hay que investigar las causas del fenómeno. Si la corrosión se manifiesta a edades tempranas (antes de 10 años) la causa más probable es la presencia de cloruros, pero si se produce después de muchos años, es la carbonatación. Esta es sólo una primera guía, que tiene muchas e importantes excepciones.

Cuando la causa de la corrosión es la carbonatación hay muchas probabilidades de lograr una reparación efectiva y permanente. En cambio, cuando ella se debe a la presencia de cloruros no es tan cierto que se pueda interrumpir el proceso en forma definitiva.

En ambos casos la solución es reemplazar todo el hormigón afectado por una capa impermeable de material cementicio. Esa

capa elimina el hormigón carbonatado e interrumpe la carbonatación, que es una acción externa, pero, con respecto a la acción de los cloruros sólo tiene el efecto de disminuir la entrada de humedad y oxígeno, ambos necesarios para la corrosión, aunque no puede eliminar los que están presentes en el hormigón ni tampoco los cloruros.

Un punto importante es saber cuánto hormigón hay que eliminar. Es siempre necesario llegar hasta el hormigón no contaminado y conveniente penetrar hasta dejar al descubierto todas las armaduras con señales de corrosión en todo su perímetro y extensión, las cuales deben limpiarse y desembarazarse de todo óxido, escamas y material suelto.

Posteriormente se recubren las zonas descubiertas con materiales apropiados. Estos pueden ser morteros de resina epóxica, especialmente recomendados para espesores pequeños, o morteros u hormigones de cemento, semejantes al de la estructura que se repara, cuando el espesor de los parches es grande. La adhesión entre el material nuevo y el antiguo debe asegurarse por algún imprimante consistente, casi siempre, en una pasta de cemento modificada con algún polímero.

Reparación de las construcciones de hormigón. Parte B. Reparaciones por medio de resinas sintéticas.

CUR *Reparaties van betonconstructies Deel 3: reparatie en beschaming door middel van kuntsharsen. Rapport 110*, noviembre 1982, 80 pp. Este informe tiene por objeto presentar unas recomendaciones para resolver problemas de reparación de obras de hormigón por medio de resinas sintéticas.

Hay una introducción sobre las investigaciones que se han realizado y luego se establece una relación, en forma global, entre el tipo de daño y los métodos y materiales de reparación adecuados. Se dis-

tinguen dos campos de aplicación importantes, para los cuales los métodos alternativos a base de cemento no son apropiados: la protección directa del hormigón por medio de capas o recubrimientos impermeables y la inyección de grietas. En otros casos puede darse la elección entre, por ejemplo, reparación con mortero de cemento, con morteros de resina sintética o con morteros cuyo aglomerante es cemento modificado con resina.

El informe hace un análisis de las propiedades químicas, físicas y mecánicas de las resinas sintéticas. A continuación se señalan diversos campos de aplicación que corresponden aproximadamente a varios tipos de daños.

Se tiene por ejemplo, las capas de resinas sintéticas destinadas a proteger y mejorar la apariencia del hormigón. Para tal caso se señala, de acuerdo a las funciones de la capa, la elección de las resinas apropiadas, el espesor de la capa, los métodos de ejecución y de control. Se describe con más detalle algunas aplicaciones, como la eliminación o tapado de defectos superficiales, la impregnación, pintura y recubrimiento del hormigón.

Para reparaciones menores rápidas, se utiliza a menudo morteros de resina o morteros de cemento modificado con resina.

Para la reparación de fisuras hay que distinguir entre fisuras o grietas activas y estabilizadas, distinción que permitirá decidir si el tratamiento es hacer una junta con material sellante o inyectar la grieta. La última alternativa puede ser preferible por varias razones (rigidez, estanquidad, durabilidad) y produce una unión monolítica. En tal caso los materiales usados son casi exclusivamente resinas epóxicas.

Ensayos con ultrasonidos.

SZILARD, J. Editor. *Ultrasonic Testing*, John Wiley & Sons Ltd. 1982.

La energía de las ondas elásticas a frecuencias ultrasónicas se viene utilizando desde hace unos cuarenta años para localizar de-

fectos en piezas de acero. En ese período se han perfeccionado los instrumentos, hasta obtener equipos simples, portátiles y de manejo seguro para la inspección en sitio de estructuras, para el control de calidad de piezas fabricadas en serie y para inspecciones de rutina de instalaciones y maquinarias.

En los años más recientes, las exigencias de observación se han afinado en el sentido de llegar a interpretaciones más cuantitativas de las dimensiones y forma de los defectos y a auscultar la microestructura de los metales; y naturalmente, las técnicas han tenido que ir siguiéndole el paso a esas exigencias.

Este libro es un oportuno indicador de la versatilidad de las técnicas de ultrasonido para enfrentar y aun adelantarse a estas nuevas demandas.

La obra está compuesta de quince artículos, el primero de los cuales resume los fundamentos físicos del ultrasonido y junto con revisar las técnicas convencionales de ensayos señala los límites de sus aplicaciones. Los siguientes describen las técnicas especiales, a partir de un tratamiento básico del problema y del método desarrollado para resolverlo, terminando con los aspectos prácticos significativos. Se exponen también los campos de aplicación de esas técnicas y sus limitaciones cuando corresponde.

Entre estos capítulos cabe mencionar los que se refieren a holografía ultrasónica, a ensayos a alta temperatura, a emisión acústica y a la medición ultrasónica de tensiones.

Esta obra debe constituir una fuente de información y de apoyo entre los investigadores y estudiosos de Universidades, Institutos y grupos de vanguardia de los departamentos de inspección y de control de calidad de las industrias.

El editor es un destacado conocedor y participante en investigación y aplicaciones prácticas del ultrasonido y es autor individual de cinco de los artículos y coautor de otros dos. Los autores de los otros artículos son especialistas de primera línea en estas técnicas y han contribuido a extender la visión del campo temático del ultraso-

nido hasta sus límites más avanzados en la frontera de la investigación.

Normativa técnica para la prevención del riesgo de incendio en edificios.

CONCHA, A. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, agosto 1982.

El análisis de una estructura desde el punto de vista de la seguridad contra el fuego implica en sí un diseño particular, propio de una circunstancia de emergencia que se puede producir en un momento dado dentro de la vida útil del edificio. Este diseño requiere de un conocimiento general y de una metodología adecuada que puede vaciarse en una normativa técnica tendiente a reducir el riesgo de incendio que implique un costo razonable.

Se analiza entonces, la situación general de la normalización técnica en Chile y en especial lo que se refiere a defensa contra el fuego; se hace notar la falta de normas en este aspecto.

El comportamiento de los materiales y elementos de construcción en un incendio constituye uno de los aspectos relevantes del problema, es por ello que se estudian las principales características pirógenas de éstos: resistencia al fuego y reacción al fuego. Se hace un parangón entre carga combustible y resistencia al fuego, apoyado en la teoría y en las normas y ordenanzas extranjeras. Con respecto a la reacción al fuego, se analizan los diversos ensayos existentes y se escogen finalmente aquellos que por sus características sean los óptimos para que formen parte de la normativa chilena.

Por otra parte, se proporcionan las directivas generales para un diseño seguro del edificio en conformidad a su uso, utilizando el criterio de seguridad humana. El diseño del edificio se trata en dos partes: interior y exterior.

La compartimentación o subdivisión de

los espacios y la adecuada implementación de las vías de salida conforman, en general, el diseño interior del edificio; mientras que la forma externa, los accesos, la cubierta y la protección contra fuegos externos constituyen los fundamentos principales del diseño exterior del edificio. Se incluye, en este último punto a las redes de agua, aunque éstas forman parte de la lucha contra el fuego.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y dirigido por el profesor Gabriel Rodríguez.

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 vacío 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 la 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 m³ y 42% de arena, tienen buena aptitud de bombeo.

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.

Retentividad de agua en losas de hormigón y pavimentos.

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

La capacidad del hormigón para retener el agua de amasado es una propiedad de considerable importancia práctica, especialmente en estructuras donde la relación superficie volumen es significativamente alta.

Para obtener un buen conocimiento del fenómeno mencionado se planteó la investigación en forma teórica-experimental, con el propósito de reunir antecedentes suficientes para conocer y fijar las variables de mayor incidencia y luego definir las experiencias apropiadas. Los ensayos realizados se pueden dividir en dos grandes grupos:

— Estudio experimental de la pérdida del

agua de amasado de mortero de composición variable.

— Estudio experimental del comportamiento y eficiencia de retención del agua de amasado de algunos compuestos líquidos que después de aplicados sobre la superficie del hormigón forman membranas de curado.

Tanto los antecedentes obtenidos como los resultados de las experiencias realizadas establecen que los factores externos, especialmente la velocidad del viento y humedad relativa del aire, son los que mayormente afectan la pérdida prematura del agua de amasado y que la composición del hormigón es de importancia secundaria. Así, para condiciones de viento moderado (1,5 m/s) las pérdidas del agua de amasado son, en promedio, un 100% más altas que en condiciones estáticas (0 m/s).

También se plantea un modelo matemático, representado por una serie de Fourier, el cual se ajusta bastante bien a los resultados experimentales de pérdida de humedad para mortero de composición variable.

La eficiencia de los productos líquidos de curado es influenciada por las propiedades del hormigón y, especialmente, por las condiciones del medio ambiente, lo que lleva a concluir que el ensayo de la Norma ASTM C156-80 no es suficiente para garantizar la calidad del compuesto de curado. El momento de aplicación del líquido de curado y la realización de un precurado inicial no son relevantes.

Este trabajo fue realizado en IDIEM y dirigido por el profesor Federico Delfín A.