
BIBLIOGRAFIA

Durabilidad de los hormigones. Reacción árido-álcalis

VERONELLI, D.J.E. *Materiales de Construcción del I.E.T.C.C.*, nº 171 (julio, agosto, septiembre 1978), pp. 5-34.

Alrededor del año 1940 se estableció que ciertos tipos de deterioros del hormigón, constituídos por una fisuración *en mapa*, se debían a lo que se llamó reacción álcali-agregado. Esta reacción tenía lugar entre los álcalis del cemento liberados por la hidratación de aquél y sílice de carácter amorfa y vítrea contenida en algunos áridos. Todos los cementos portland tienen óxidos de sodio y de potasio, por lo menos en algunos décimos de por ciento y con los perfeccionamientos actuales de fabricación del cemento, enfocados a economizar combustible, la tendencia es a aumentar el contenido de álcalis. De los áridos, en cambio, son reactivos o potencialmente reactivos sólo algunos. Según el Manual del Concreto del Bureau of Reclamation lo son los ópalos, los vidrios reolíticos y las rocas volcánicas ácidas o intermedias; la sílice hidratada, que puede ser un constituyente menor de rocas; las rocas volcánicas de mediano o alto contenido de sílice, con exclusión de los vidrios básicos como los basaltos; las rocas opalinas y calcedonias incluyendo muchos pedernales y sílex córneas; algunas filitas, tridimitas y zeolitas, vidrios dacíticos, andesíticos y sus tobas.

Según el estudio de los productos que aparecen en la zona de reacción se ha establecido que ellos son geles de sílice hidratada, silicatos alcalinos de sodio y/o potasio y silicatos complejos álcali-cálcicos, los cuales por sí no son expansivos, pero

se supone que la expansión proviene de una presión de origen osmótico a través de una membrana semipermeable que forman esos geles. Para que tal membrana se origine es condición que la sílice realmente reactiva de los áridos y los álcalis disponibles del cemento estén en proporción adecuada, cuyo ámbito de variación es bastante estrecho. Y finalmente, para que se genere presión osmótica es necesario que exista del otro lado de la membrana un disolvente, o sea, agua, que es el único que puede presentarse en la práctica del hormigón.

Si no hay contacto permanente con la humedad exterior no hay que temer que se produzca ninguna presión de este tipo que genere deterioros en el hormigón.

La reacción álcali-árido se puede evitar en varias formas. En primer lugar, como es obvio, por reemplazo total o parcial de los áridos reactivos por otros inertes. En segundo lugar por incorporación al hormigón de sustancias que en combinación con los áridos potencialmente reactivos que se usarán, inhiban esa reacción. Estos inhibidores son primordialmente puzolanas que contienen sílice metaestable, en estado amorfo o vítreo y su acción consiste en desplazar la proporción sílice activa-álcalis disponibles fuera del ámbito peligroso. En tercer lugar está el uso de cementos con un contenido de álcalis disponible no peligroso, lo cual se establece por ensayos. Recientemente a esta última condición se le ha dado un cariz diferente en el sentido de especificar una limitación del contenido de álcalis en el hormigón y no en el cemento empleado, como se hacía antes.

E.G.

Reología del hormigón fresco.

BOMBLED, J. B. *Rhéologie du béton frais. Ciments, béton, plâtres, chaux*, n° 1/78-710, pp. 27-29.

Los tres componentes reológicos del hormigón fresco son la cohesión, viscosidad y la fricción interna. Se acepta, en general, que el hormigón fresco es un cuerpo viscoplástico, lo cual es una buena aproximación a una realidad más compleja en que pueden presentarse fenómenos de tixotropía, dilatancia, fraguado falso, etc. Además, la vibración anula la cohesión localmente y disminuye en forma notable la fricción interna.

La cohesión proviene de la pasta intersticial, o sea, varía en la misma forma que la de ésta, fundamentalmente en función del contenido de agua. Los resultados experimentales muestran que hay un contenido de agua que produce un máximo de cohesión, que corresponde sensiblemente a la cantidad de agua necesaria para llenar todos los espacios intergranulares y que delimita dos comportamientos reológicos diferentes. Con menos agua, el material contiene aire y la cohesión se debe a la tensión superficial en los meniscos y al ser sometidos a una sollicitación se separa con muy poca deformación, tiene un comportamiento frágil, en este caso, por existir superficies libres, se puede modificar la cohesión con aditivos tenso-activos. Con más agua, la cohesión se produce por las cadenas de floculación que son muy deformables y dan lugar a comportamiento viscoplástico, en este caso sólo son efectivos los defloculantes iónicos.

La fricción interna depende de los granos y contribuye a la formación de un esqueleto que rigidiza el conjunto y le confiere una cierta indeformabilidad al hormigón fresco; por ejemplo, en las piezas que se desmoldan antes del fraguado. Como contrapartida la pasta intersticial de cemento desempeña el papel de lubricante.

La viscosidad tiene su principal manifestación en la vibración que, como dijimos, reduce hasta casi anularlas la cohesión y la fricción interna.

La trabajabilidad del hormigón no es

una característica intrínseca del material sino que depende en forma no bien cuantificada todavía de los factores reológicos. Se necesita hacer progresos en los procedimientos de medida y en la definición de la participación de cada uno de los factores para alcanzar un conocimiento cabal de ese aspecto tan fundamental en el uso del hormigón.

Petrografía práctica del hormigón.

POWER, T.O. y HAMMERSLEY, G. P. *Practical concrete petrography. Concrete*, vol. 12, n° 8 (agosto 1978), pp. 27-31.

El análisis petrográfico de los agregados se torna cada vez más importante a medida que se agotan los depósitos conocidos y ya probados y se hace necesario recurrir a fuentes nuevas. Este análisis puede proporcionar información sobre la dureza, porosidad, permeabilidad, peso específico y propiedades térmicas de los agregados. Por otra parte, también da lugar a identificar sustancias potencialmente dañinas en los áridos, tales como sales, materias orgánicas, mica y minerales arcillosos, piritas y formas de sílice reactivas con álcalis.

El análisis mineralógico del hormigón hace posible identificar los componentes principales del clínquer en los granos no hidratados de cemento y distinguir tipos de cemento, según la proporción de los componentes y también caracterizar las puzolanas cuando se usan éstas. Además se pueden distinguir algunos productos de la hidratación, o de alteraciones, como portlandita, etringita y calcita entre otros.

La técnica usada es la misma que se emplea en la clasificación de rocas, o sea, la observación al microscopio con luz polarizada de cortes delgados. Pero también puede recurrirse a técnicas subsidiarias como microscopía con luz incidente de muestras pulidas, microscopía electrónica, análisis de absorción de rayos infrarrojos y difracción de rayos X. En la petrografía del hormigón las muestras pueden ser atacadas selectiva-

mente para diferenciar las diferentes fases. Con técnicas desarrolladas en EUA se pueden analizar bloques pulidos de hormigón del orden de 1 cm de arista con estéreo microscopio para determinar el contenido de poros y la razón cemento-áridos.

Aceros de baja aleación y alta resistencia con niobio.

ALARCON, O.E. Desarrollo de tecnología de fabricación de aceros de baja liga e alta resistencia (aceros BLAR) con niobio. *Siderurgia Latinoamericana*, N° 226 (febrero 1979), pp. 61-73.

Este trabajo es una vista de conjunto del desarrollo de la tecnología de los aceros de baja aleación y de alta resistencia, los cuales salieron a luz en la década del 40, pero comenzaron su uso intensivo unos diez años después.

Antes de que aparecieran estos aceros, el único medio por el cual se lograban altas resistencias era el aumento de contenido de C y Mn, que llevaba aparejado la disminución de ductilidad y las dificultades de soldabilidad.

Los aceros de baja aleación y de alta resistencia con niobio se caracterizan por un elevado límite de fluencia atribuido a su estructura ferrítica de granos finos y al endurecimiento provocado por la precipitación de los elementos de aleación. El niobio, en porcentajes del orden de 0.1%, eleva significativamente el límite de fluencia con la condición adicional de que tenga grano fino.

Estos aceros alcanzan también altos niveles de tenacidad por refinamiento de su grano ferrítico, ya que su contenido de carbón es bajo. En consecuencia, cada vez se usan más en aplicaciones donde son importantes las sollicitaciones dinámicas.

Otra propiedad deseable en los aceros de alta resistencia es la soldabilidad, que se cumple si la zona afectada por el calor no se endurece mucho. Hay una fórmula del carbono equivalente, cuyo valor debe

mantenerse por debajo de un cierto límite, para que no haya necesidad de precauciones especiales en la soldadura. La presencia de niobio permite rebajar el contenido de carbono y por tanto incrementar la fase ferrítica, factores ambos que favorecen la soldabilidad.

El logro pleno de las propiedades tan ventajosas de estos aceros no depende sólo de una apropiada composición química, sino, también, con igual grado de importancia, de un proceso de laminación adecuado y controlado con mucha precisión. En este trabajo se desarrolla y explica con bastante extensión la técnica de laminación controlada que da lugar a las estructuras metalúrgicas buscadas.

Medición del ancho de grietas en una superficie de hormigón por medio de un resistor fotosensible.

SALAH, A.S. y LOVEGROVE, J.M. Measuring the crack width on concrete surfaces by light dependent resistor. *Magazine of Concrete Research*, vol. 31, n° 106 (marzo 1979), pp. 37-40.

Se expone la teoría y se describe el instrumental que conforma una técnica para medir el ancho de grietas en superficies de hormigón a base de resistores cuyas resistencias eléctricas dependen de la iluminación, aprovechando el hecho de que la existencia de una grieta en una superficie de hormigón reduce la cantidad de luz reflejada por la zona donde ella está.

La técnica es muy útil cuando no se puede aplicar otros métodos más tradicionales para medir grietas, como microscopio o extensómetros mecánicos o eléctricos. El aparato puede manejarse con control remoto y no requiere acceso de los observadores al punto de medición. Su operación es muy simple, la lectura es rápida y expedita en la repetición, así, por ejemplo, en ensayos en laboratorio no es necesario interrumpir la secuencia de cargas al hacer las medidas.

La sensibilidad del método puede llegar

a la apreciación de abertura de grietas de 0.02 mm y su exactitud es comparable a la que se logra con microscopio o con extensómetros especiales.

El aparato se puede usar en terreno tomando la precaución de hacerle una envoltura hermética y sellada a prueba de humedad, sin embargo todavía no se conoce se estabilidad a largo plazo ni los efectos que sobre él tienen los cambios atmosféricos.

El desarrollo de dispositivos de absorción de energía para sistemas de aislación sísmica.

KELLY, J.M. y TSZTOO, D.F.
The development of energy-absorbing devices for aseismic base isolation systems. *Earthquake Engineering Research Center, Report N° UCB/EERC-78/01*, enero 1978, 39 pp.

Se describen los ensayos realizados para determinar las características de absorción de energía de dispositivos que funcionarían asociados a un sistema de aislación de la base de las estructuras. Los dispositivos deberían comportarse como fusibles, en el sentido de que deben ser rígidos frente a sollicitaciones pequeñas tales como cargas de viento y terremotos leves, pero deben ceder frente a cargas de mayor magnitud. Las ventajas de su aplicación, en caso que se encuentre una buena solución, estriban en que los daños se concentrarían en elementos reemplazables y que, por ser mecánicos, requeriría poca o ninguna mantención.

Se ensayaron dos dispositivos, ambos basados en la torsión plástica de barras de acero dulce. Esas barras horizontales estaban soldadas en sus extremos a dos verticales que se aperturan a la base y a otras dos intermedias que son las que se conectan a la estructura.

El programa experimental comprendió la aplicación de cargas sinusoidales y no sinusoidales, estas últimas de carácter periódicas y no periódicas.

Se llegó a la conclusión que estos dispositivos se comportan bien ante los diferentes tipos de carga a que fueron probados. Con respecto a las cargas estocásticas, o no sinusoidales, que son las que mejor representan los movimientos sísmicos, se encontró que tanto la respuesta desplazamiento-fuerza aplicada como la disminución de la fuerza absorbida a medida que aumentaban los ciclos de carga fueron comparables a los resultados obtenidos con cargas sinusoidales. El deterioro de los dispositivos con el transcurso de las cargas fue gradual y la duración de media vida fue muy superior a la duración esperada de cualquier terremoto fuerte. Los resultados hacen suponer que se pueden proyectar dispositivos que absorben energía para una duración de vida igual al de la estructura en que se instalen, aunque también es posible pensar en proyectarlos de modo que se reemplacen al dañarse.

La protección contra incendios en la construcción.

BAYON, R. Editores asociados S.A.
Barcelona 1978. 507 pp.

El aumento de los daños y pérdidas en vidas humanas causadas por los incendios debidos a la evolución y desarrollo de las tecnologías, la utilización de nuevas fuentes de energía, el uso masivo de materias peligrosas, las concentraciones humanas en pequeños espacios urbanos es una realidad que se produce cada día en los diversos países del mundo.

En Francia, desde el año 1954 la normativa de seguridad contra incendios desarrolla ampliamente las disposiciones comunes y específicas según las actividades.

Basándose en lo anterior, René Bayon ha preparado y redactado este completo tratado de prevención contra el fuego en la construcción para ayudar al proyectista.

Se presenta por primera vez en lengua castellana un tratado que desarrolla no sólo el aspecto científico de la nueva tecnología, sino también el aspecto técnico de

aplicación científicamente concebidos y expuestos.

La obra tiene un interés concreto, puesto que, además de los estudios preliminares, fácil y claramente expuestos sobre los conceptos y elementos de la protección contra el fuego, desarrolla las instalaciones de detección automática, la extinción por agua y gas, la iluminación de seguridad, los elementos cortafuegos, los sistemas de evacuación de humos, las instalaciones de fontanería y la protección contra rayos.

El autor utiliza fichas técnicas en las que precisa las condiciones de las instalaciones, sus elementos y sus materiales.

La autoridad de René Bayon aparece respaldada por el amplio catálogo de sus trabajos sobre el tema de construcción, y su ejercicio profesional en la especialidad, que unido a su altura didáctica, hacen de la obra un medio indispensable de consulta.

Supone, sin duda, la obra una importante aportación a la bibliografía técnica indispensable para el ingeniero y el arquitecto y para quien haya de realizar el proyecto y diseño de instalaciones contra el fuego.

Se complementa la obra con la referencia bibliográfica de la legislación vigente en Francia y España, y los textos de las Ordenanzas de Prevención de Incendios de algunas corporaciones locales y las Normas del Ministerio de la Vivienda.

Estudios sobre corrosión de las armaduras en el hormigón por exposición al medio ambiente.

RAJAGOPALAN, K.S. y otros*
Field exposure studies on corrosion of reinforcing steel in concrete. *The Indian Concrete Journal*, vol. 52, N^o 9, (septiembre 1978) pp. 231 y 240.

Como continuación de una investigación anterior se planteó un programa experimen-

tal de exposición de muestras de hormigón armado con distintos recubrimientos, en varios lugares situados en zonas climáticas características, a saber: sabana tropical, húmeda subtropical, bosque lluvioso y semi árida o de estepa sub tropical. Las muestras tenían incorporadas diversas soluciones de protección o de inhibición de la corrosión que se habían analizado en la investigación previa.

En cada lugar se colocaron 36 muestras y en ellas se variaron los contenidos de cloruros en tres escalones que eran el mínimo, el promedio y el máximo que se encontró en un gran número de muestras de arena, grava, cemento y agua de varios yacimientos. Se expusieron series paralelas con máximo contenido de sales y con un determinado inhibidor de la corrosión y otras con recubrimiento previo de las armaduras con pasta de cemento inhibida. También se expusieron series con un contenido medio de sales y con recubrimientos específicos del hormigón que se habían desarrollado previamente y una serie con un contenido mínimo de sales en que las armaduras fueron desoxidadas con un gel especial.

En cada una de las series se prepararon muestras con 13, 25, 38 y 50 mm de recubrimiento de hormigón.

El tiempo de exposición se prolongó, en algunos casos, hasta 7 años.

Se encontró que no hay mucha diferencia de comportamiento entre un hormigón con un contenido medio de sales (0.004^o/o de cloruros y 0.017^o/o de sulfatos) y uno con contenido mínimo (0.001^o/o de cloruro y 0.008^o/o de sulfatos). Mientras que con el contenido máximo de sales (0.1^o/o de cloruro y 0.04^o/o de sulfato) hay una velocidad de corrosión de 0.02 mm por año con 13 mm de recubrimiento y ésta es diez veces mayor que la que se produce con contenidos mínimos o medios de sales. El recubrimiento mínimo para impedir la corrosión de las armaduras es de 25 mm, pero es preferible uno de 38 mm.

La adición de inhibidores de corrosión redujo la corrosión de las armaduras con

contenidos máximos de sales.

Aun con el contenido máximo de sales, el recubrimiento de las armaduras con lechada de cemento inhibida puede dar protección total incluso con el recubrimiento menor, de 13 mm.

El recubrimiento del hormigón con una mezcla de cemento-arena y asfalto fue muy efectivo.

* Otros autores: Chandrasekaran, S.; Rengaswamy, T.M.; Balasubramanian, T.M.; Chandrasekaran, V, y Muralidharan, V.S.

Desechos de hormigón como áridos para hormigón. Visión general del problema.

NIXON, J. Recycled concrete as an aggregate for concrete- a review. *Materiaux et constructions*, Nº 65 (septiembre - octubre 1978), pp. 371-378.

Recientemente se han hecho varios trabajos sobre las propiedades de los hormigones cuyos áridos son trozos de hormigón chancado.

La diferencia más marcada del hormigón reciclado, con respecto a agregados tradicionales, es su gran absorción de agua. Hay acuerdo general de que la resistencia a la compresión de este hormigón es inferior al normal: puede ser 20% inferior o aun más. También la resistencia a la flexión

parece ser inferior, según se deduce a una reducida evidencia experimental. No está claro si la resistencia del hormigón original influye en la del producto final. Pero hay clara evidencia que el factor más débil del hormigón reciclado es la adherencia con el hormigón chancado.

La durabilidad del hormigón reciclado se ha examinado principalmente por exposición a ciclos de congelación y deshielo y los resultados obtenidos hacen pensar que no hay problemas. En el hecho, la pasta de cemento puede bloquear los poros de un agregado original poroso y vulnerable a las heladas y en esa forma mejorarlo.

Poco es lo que se ha averiguado sobre el efecto de impurezas del hormigón chancado en el hormigón final. La influencia de los sulfatos es la que más se ha investigado, por su presencia tan frecuente, originada en el yeso de estuco. Este puede ser un problema importante en el reciclado de desechos de hormigón de edificios en general. Los resultados que se han publicado señalan que para un hormigón colocado en un ambiente húmedo debe limitarse el contenido total de sulfato soluble a un valor entre 0.5 y 1%.

En general, entonces, parece haber un conocimiento suficiente de las propiedades fundamentales para aplicaciones de ingeniería del hormigón reciclado y aparentemente el defecto principal es una pequeña reducción de resistencia. Sin embargo se requiere mayor investigación sobre la durabilidad, la fluencia lenta y expansión por saturación.