

---

## BIBLIOGRAFIA

---

### *Nuevos resultados de investigaciones sobre la deformación y la ruptura del hormigón.*

L'HERMITE, R., MAMILLAN, M. y LEFEVRE, C. "Nouveaux résultats de recherches sur la déformation et la rupture du béton". *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, año 18, nº 207-208, (marzo-abril, 1965), pp. 323-360.

En este trabajo se reúnen tres artículos, expuestos cada uno por su respectivo autor. El primero de ellos corresponde al título general y los dos siguientes tratan problemas más particulares del mismo tema. Los contenidos de estos artículos se resumen a continuación separadamente.

#### 1.- Nuevos resultados de investigaciones sobre la deformación y la ruptura del hormigón. R. L'Hermite.

Este artículo tiene por objeto examinar los conocimientos adquiridos hasta ahora sobre los fenómenos de ruptura y deformación del hormigón. Pronto se cumplirán treinta años de la iniciación de las investigaciones del Laboratoire du Bâtiment en esta materia.

Se analizan los diversos parámetros que influyen en la retracción del hormigón. La relación entre la retracción observada durante un período de cinco años y la higrometría es sensiblemente lineal entre 50 y 100% de humedad relativa.

Una gran cantidad de probetas de hormigón de composición diferente se sometió a alternancias higrométricas (aire de 50% de humedad relativa y agua). Se observó que existe una relación entre la retracción y el valor del hinchamiento

en el agua después de la retracción.

Los ensayos de fluencia en compresión proseguidos desde hace cinco años y medio sobre más de un centenar de probetas mantenidas bajo carga constante, muestran que las deformaciones no se estabilizan sino que progresan lentamente, tanto al aire como en el agua.

Los ensayos de fluencia en tracción muestran que la deformación plástica puede alcanzar, después de tres días, la tercera parte de la deformación elástica.

La dilatación por influencia del calor se estudió hasta los 600°C. A esta temperatura la deformación residual llega a ser importante y parece provenir de una microfisuración.

#### 2.- Comparación de medidas de deformación en probetas y en estructuras. M. Mamillan.

En el transcurso de la construcción del puente de hormigón pretensado de Ponthierry se efectuaron medidas de deformaciones en la estructura, y también en probetas mantenidas bajo marcos de fluencia y en probetas de retracción.

Se examinó la evolución del módulo de deformación en función del tiempo en cinco puentes diferentes.

#### 3.- Ensayos de tracción directa. C. Lefèvre.

Se realizaron ensayos de tracción directa en probetas de 7x7x28 cm, ejerciendo el esfuerzo en rótulas pegadas en cada extremo.

Se estudió la influencia de la edad del hormigón sobre el módulo de elasticidad tangente, la resistencia y la plasticidad. La interpretación de estos ensayos está expuesta en el artículo de R. L'Hermite.

La razón obtenida entre el ensayo de tracción directa y el ensayo de flexión

resultó cercana a 0,6.

Los ensayos comparativos de tracción y compresión mostraron que las curvas de tensión-deformación tenían la misma tangente en el origen.

Se observó que la plasticidad disminuye cuando el hormigón envejece, siendo insignificante entre 0 y 40% de la tensión de ruptura.

\* \*

### *El ensayo de tracción directa del hormigón usando adhesivos modernos.*

HUGHES, B.P., CHAPMAN, G.P.

"Direct tensile test for concrete using modern adhesives". Bull. RILEM, nº 26, (marzo 1965.), pp. 77-80.

Los autores describen las experiencias y verificaciones que realizaron con el fin de determinar las tensiones de rotura de hormigones por tracción simple. Se mencionan los inconvenientes que han encontrado otros investigadores.

La idea básica del método es ligar mediante adhesivos, los extremos de la probeta con sendas placas de acero prolongadas por barras que se asirán a las mandíbulas de la máquina de ensayo. Se enuncian las dificultades que se han presentado al emplear adhesivos con probetas de hormigón secas. Los autores recomiendan el uso de adhesivos con probetas húmedas, caso en el cual los inconvenientes fueron menores. Se describen las condiciones que debe cumplir el adhesivo, y las diferentes etapas de limpieza de las superficies del acero y del hormigón que estarán en contacto con el adhesivo. Para aclarar el funcionamiento del adhesivo se hace un análisis de las concentraciones de tensiones en zonas cercanas a la junta. Se analizan el efecto del espesor de la capa de adhesivo y las condiciones que minimizan las concentraciones de tensiones de la probeta de hormigón.

La probeta finalmente adoptada fue una especie de columna de sección cuadrada, de 30,5 cm de alto, 10 cm de arista en las bases (que luego disminuye a 6,35 cm en el medio central) siendo la forma resultante muy semejante a la recomendada por L'Hermite.

M. PIÑEIRO

\* \*

### *Estudio de método de ensayo de cementos y de la correlación entre las resistencias del cemento y del hormigón.*

MARKESTAD, A., y RUDJORD, A.

"Investigation into cement testing methods and into the correlation between the strength of cement and that of concrete". Bulletin RILEM, nº 26 (mar. 1965), pp. 63-76.

Este trabajo da cuenta de una serie de experiencias realizadas para comparar las bondades de tres métodos de ensayos de cemento usados en Noruega: con mortero seco, con mortero fluido y con mortero RILEM.

El criterio de evaluación toma en cuenta la repetibilidad de los resultados, la correlación con las resistencias de hormigones de diversas dosificaciones y algunos aspectos del desarrollo de resistencia con la edad en mortero y hormigones.

Reconociendo que ningún método caracteriza al cemento en una forma satisfactoria en todas las condiciones prácticas, se concluye que el método RILEM da resultados más consistentes, reproduce en mejor forma el desarrollo de resistencias del hormigón con la edad y caracteriza más adecuadamente la calidad de los cementos en condiciones generales de uso. En cambio, el método del mortero seco se ajusta más a las condiciones de hormigones ricos, y el del mortero fluido a las de hormigones pobres.

E. G.

\* \*

### *Los ensayos no destructivos del hormigón.*

JONES, R. "Non-destructive testing of concrete". University Press, Cambridge, 1962, x + 104 pp., 25 chelines.

Este libro describe cuatro tipos de métodos no destructivos para determinar diversas propiedades del hormigón: los métodos de resonancia, transmisión de ondas, absorción radioactiva y dureza. Se discute la base experimental y física de cada método y se establecen las re-

laciones matemáticas sin entrar en mayores demostraciones. Se destacan el alcance y las limitaciones de cada método, y las relaciones que ligán las cantidades medidas y las características resistentes del hormigón.

La posibilidad de emplear métodos de este tipo en el hormigón ya había sido planteada hace más de 25 años. Sin embargo, para proponerlos como métodos habituales de ensayo fue necesario perfeccionar los equipos y efectuar abundante investigación en muchos laboratorios del mundo con el fin de definir debidamente sus características.

El mayor valor de estos métodos reside en su aplicación a las mediciones que se puedan hacer en el hormigón estructural en obra. Como se sabe, es casi imposible obtener una apreciación directa del hormigón sin dañarlo. Estos métodos permiten obtener estimaciones de diversas características: resistencia, módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, profundidad de grietas, ubicación de armadura etc., sin necesidad de extraer probetas y por lo tanto sin provocar el menor daño en el hormigón examinado.

Las ventajas de emplear estos métodos en el laboratorio son igualmente evidentes por las posibilidades que dan de hacer gran número de medidas en una misma probeta para seguir la evolución de sus propiedades a través del tiempo.

El análisis que se hace de cada uno de los métodos expuestos se ha basado en una variada y selecta bibliografía de donde el autor ha extraído con excelente criterio lo medular de cada asunto dándole posteriormente a su exposición una secuencia y armonía encomiables.

Como el autor es un especialista en la materia resultan de gran interés las opiniones que vierte en algunos pasajes, por ejemplo al discutir las posibilidades de empleo de los métodos de velocidad de transmisión de ondas (pulse velocity methods), donde dice:

“Un proceso de deterioro que es difícil seguir con los métodos de transmisión de ondas es el de formación de una o pequeñas grietas finas: éstas no provocan una disminución apreciable de la velocidad, aunque constituyan algún grado de deterioro y aun de falla. Es posible que una medida del cambio de am-

plitud de la señal recibida indique formación de grietas, con tal que se haya logrado un buen acoplamiento entre los elementos transductores y el hormigón”

En párrafos que siguen el autor se refiere a la posibilidad del control de la resistencia del hormigón con estos mismos métodos y hace notar:

“Muy pocas veces se ha empleado la transmisión de ondas como criterio de aceptación de hormigón estructural debido a la gran dificultad que hay en obra para asegurar que las proporciones de mezcla, tamaño y tipo del árido grueso se mantengan uniformes”.

Son dignos de ser destacados los alcances que el autor hace respecto de la medida de las constantes elásticas utilizando los métodos de resonancia; son de igual importancia las que se hacen respecto de la medida de profundidad de grietas mediante el método de velocidad de ondas. Especial mención por su utilidad merece lo expuesto respecto de las técnicas radioactivas, ya que hasta ahora la literatura sobre el particular estaba muy dispersa.

En la exposición referente a los métodos de dureza, donde se habla especialmente del martillo Schmidt, se nota la falta de algunas de las curvas de calibración existentes, más que nada para orientar a los que utilizan este aparato.

En el último capítulo, que se llama “Aparatos y métodos”, se dan indicaciones sumarias y esquemas de los diversos aparatos que se emplean.

M. PIÑEIRO

\* \*

*Barras de alta resistencia para armadura del hormigón. Parte 5: Empalmes por traslapo en pilares cargados axialmente.*

PFISTER, J.F. y MATTOCK, A.H. “High strength bars as concrete reinforcement. Part 5: Lapped splices in concentrically loaded columns”. *Journal of the PCA Research and Development Laboratories*, vol 5, nº 2 (mayo 1963), pp. 27-40.

Ensayos a carga axial de 16 pilares armados con barras corrugadas de alta re-

sistencia, con o sin empalmes. Los pilares de sección circular eran zunchados, y los rectangulares, con estribos. Se dispusieron empalmes a tope y por traslape, sin ganchos, y de cero a 30 diámetros de longitud. Estos ensayos muestran que la compresión se transmite en el empalme por una combinación de adherencia y carga de punta, cuya participación respectiva determinan los autores. Los resultados confirman las longitudes de empalme especificadas por la norma ACI de 1963 y demuestran el buen comportamiento del empalme a tope confinado por un manguito.

\* \*

### *Estudio de la curva total tensiones-deformaciones del hormigón.*

BARNARD, P.R. "Researches into the complete stress-strain curve for concrete". Magazine of Concrete Research, vol 16, nº 49 (diciembre 1964), pp. 203-210.

Se realizaron ensayos a compresión uniaxial de probetas de hormigón para determinar la curva tensiones-deformaciones incluida su rama descendente.

Las deformaciones transversales indicaron que inicialmente se producía un agrietamiento local por tracción dentro de la longitud de medición, y que algunas partes de esa longitud continuaban aún sin agrietarse al llegar a la carga máxima. Los resultados de los ensayos muestran que, después de haber recibido su carga máxima, el hormigón es capaz de soportar cargas menores, experimentando grandes cambios de longitud.

\* \*

### *Temas sobre la tecnología del hormigón. 1. Propiedades geométricas de las partículas y de los agregados.*

POWER, T.C. "Topics in concrete Technology. 1. Geometric properties of particles and aggregates" Journal of the PCA Research and Development Laboratories, vol 6, nº 1 (enero 1964), pp. 2-15.

Se analiza el problema de las propiedades de los áridos desde el punto de vista

de la geometría del conjunto. Se trata en especial, con cierta extensión, el contenido de huecos y se muestra que, con ciertas restricciones, depende sólo de la forma de las partículas —caracterizada por un índice de angularidad que se define— y de la granulometría relativa; pero no del tamaño de ellas, es decir, que agregados geoméricamente similares tienen igual contenido de huecos. Se utiliza un método gráfico relativamente sencillo para estudiar mezclas de dos agregados, y para determinar su porcentaje de vacíos y establecer el máximo teórico de compacidad.

Para expresar la granulometría se presenta el método del número de grupos de tamaños, en que cada grupo está formado por las partículas de tamaños comprendidas entre dos tamices consecutivos de una serie dada.

Expresada en esta forma, se ve que el porcentaje de huecos de las mezclas más compactas varía linealmente con el número de grupos.

E.G.

\* \*

### *Temas sobre la tecnología del hormigón. 3. Mezclas con aire incorporado intencionalmente.*

POWERS, T.C. "Topics in concrete technology. 3. Mixtures containing intentionally entrained air" Journal of the PCA Research and Development Laboratories, vol 6, nº 3 (septiembre 1964) pp. 19-42.

Las burbujas de aire se incorporan intencionalmente en el hormigón para protegerlo de la acción de las heladas, o a veces para mejorar la trabajabilidad. Los agentes aireantes pueden ser tensoactivos, o bien coloides insolubles, repelentes del agua, formados en la mezcla por reacción con el Ca (OH)<sub>2</sub>; esos agentes estabilizan las burbujas que se forman en la revoltura o amasado. El aire puede quedar incorporado en el agua, en los agregados o en la pasta de cemento. En el primer caso se acumula como espuma flotante, pero sólo en presencia de un aireante; en el agregado queda atrapado en la trama que forman sus granos (aggregate screen) se emplee o no agente; y en la pasta se incorpora por emulsificación, pero generalmente no puede ser retenido sin aireante. La cantidad

incorporada en la pasta depende de la consistencia y del procedimiento de revoltura; la cantidad en el hormigón depende del grado de emulsificación de la pasta y del efecto de trama del agregado, que es relativamente grande en las mezclas pobres. La granulometría en conjunto regula el tamaño de malla de la trama. Con un contenido de cemento y descenso de cono constantes, los aireantes desplazan agregado y agua, tanto más agua y menos agregado cuanto más pobre sea la mezcla; un agente del tipo tensoactivo puede reducir el agua en mayor cantidad que los del otro tipo. Las burbujas de aire pueden usarse para reemplazar igual volumen sólido de arena, con efecto pequeño o nulo en la consistencia.

\* \*

*Puente extensométrico de corriente continua.*

MONFORE, G.E. "A direct current strain bridge". Journal of the PCA Research and Development Laboratories, vol 4, nº 3 (septiembre 1962) pp 2-6.

Monfore propone un puente de Wheatstone modificado, puente de Carey Foster, para hacer análisis de deformaciones en pruebas de larga duración. Compara la estabilidad del instrumento propuesto con otros comerciales de tipo portátil alimentados con pilas secas.

En algunos extensómetros portátiles a pilas secas, se usa un oscilador interno de una frecuencia de 1000 c.p.s. aproximadamente, para alimentar el circuito sensible del puente. La tensión alterna de desequilibrio producida por una deformación de la estampilla pasa a un amplificador de corriente alterna que la entrega a un circuito demodulador de amplitud. La fase de la envolvente se determina con la portadora suministrada por el oscilador.

Todo este complicado sistema — oscilador, amplificador, demodulador — es sensible a las variaciones del voltaje de las baterías, haciendo por este motivo imposible el empleo de strain gage en pruebas de larga duración.

En cambio, el circuito de Monfore no tiene estos inconvenientes, pues consta únicamente de un puente de Carey Foster, que es básicamente un puente de Wheatstone con un reóstato de precisión

conectado en forma que dé una relación lineal entre la variación de su resistencia (posición del brazo móvil) y la deformación del material estudiado. Además, todas las lecturas se refieren a una estampilla pegada en un patrón de longitud, de aleación invar, que forma parte del instrumento.

El autor anota como desventaja que el aparato es un poco voluminoso y debe ser usado en condiciones de laboratorio.

Nosotros podemos agregar que, si bien elimina la variación de lectura inicial de referencia debida a inestabilidad instrumental, continúa siendo un problema la variación por fluencia lenta del adhesivo de la estampilla, que es distinta entre una pieza sin carga, como es el patrón de invar, y los cuerpos cargados en ensayo.

L. ACUÑA

\* \*

*Catastro de las arenas de fundición de la zona de Santiago.*

FUENZALIDA, H.; JOSEPH, G.; VARELA, J.; VILASECA, P. Informe Técnico nº 8, IDIEM, Universidad de Chile, Santiago 1964, 135 pp.

Este trabajo estudia la ubicación, calidad y origen de los yacimientos de arenas de fundición existentes en una terraza de abrasión marina que, penetrando en la costa entre San Antonio e Isla Negra, se extiende hacia el interior hasta el paso inferior Sepultura. En la actualidad prácticamente todas las arenas que utiliza la industria metalúrgica de Santiago provienen de esta zona.

Desde el punto de vista geológico, los mantos en explotación han podido coordinarse en una columna litológica continuada. Dentro de esta columna, suelen abarcar uno de dos grupos de capas geológicas que se han denominado respectivamente formación de San Sebastián y formación Paraguas. (Esta denominación dice relación con las regiones en que las formaciones aparecen más completas).

La formación San Sebastián presenta en general arenas útiles para el moldeo de piezas de fundición de hierro, pero sólo las que provienen de la región vecina a la del caserío El Turco, son suficientemente refractarias y resistentes a la compresión como para emplearlas

directamente como arenas de base. Asimismo pueden emplearse como arenas de base, las arenas provenientes de la región de Quillaicillos cuyos yacimientos explotan mantos que pertenecen a la formación Paraguas. En este caso, empero, la granulometría y punto de sinterización del producto, lo hacen más bien adecuado para el moldeo de piezas de bronce, latón y aluminio.

En general se ha observado que las arenas no utilizables directamente contienen arcillas mixtas compuestas de caolinitas, micas, haloisita y montmorillonita. Se pudo anotar que la mica parece favorecer valores altos de permeabilidad y valores bajos de resistencia a la compresión. Asimismo se vio que a mayor número de componentes de las arcillas mixtas correspondían menores valores del punto de sinterización.

Por otra parte, las arenas de una misma zona de producción presentan gran similitud en cuanto a su granulometría, siendo el número de finura prácticamente constante en un mismo yacimiento, para los distintos mantos que lo forman. El tipo de arcilla permanece también constante, no así el porcentaje de ella, que varía entre los distintos mantos.

No existe una relación directa entre el punto de sinterización y la composición química de la muestra, pero en general, aquél manifiesta la tendencia a mantenerse en valores bajos cuando el contenido de sílice es inferior al 70%.

(Resumen de los autores)

\* \*

#### *Microscopía electrónica de aluminio puro laminado en frío.*

RODRIGUEZ, G.; DUMLER, I.; KITTL, P. Informe Técnico nº 9 IDIEM, Universidad de Chile, Santiago 1965, 17 pp.

Se laminó, en varios porcentajes, Al de 99,99% con un tamaño de grano original de 2 mm, y se estudiaron las subestructuras de deformación con ayuda de la topografía fina que produce el pulido

electrolítico, las líneas de deslizamiento y las figuras de corrosión geométricas.

Las zonas observadas pueden dividirse prácticamente en dos tipos: zonas  $\alpha$  sin desorientación detectable y zonas  $\beta$  con desorientación detectable. Midiendo el porcentaje  $\rho$  de zona desorientada, en función de la deformación masiva  $\epsilon$ , se obtiene una curva del tipo  $\rho = k \sqrt{\epsilon}$  y superpuesto a esta curva un pico entre los 700% y los 1.500% de deformación. Este pico aumenta hasta en un 30% el valor de  $\rho$  y no conocemos el origen de tal fenómeno. Dejando de lado esta anomalía, la formación de subestructuras sigue una ley diferencial del tipo  $d\rho = k' \frac{d\epsilon}{\rho}$ . Las primeras compara-

ciones con el aluminio deformado por impacto dicen que no hay diferencia entre el porcentaje obtenido deformado a  $10^{-4}$  seg o lentamente por laminado.

(Resumen de los autores)

\* \*

#### *Recristalización en aluminio puro. Microscopía electrónica de réplicas.*

KITTL, P.; DUMLER, I.; RODRIGUEZ, G. Informe técnico nº 10, IDIEM, Universidad de Chile, Santiago 1965, 8 pp.

Muestras de aluminio recristalizado de 99,99% de pureza y laminado posteriormente 500%, se recocieron a 350°C durante 10, 20 y 30 minutos respectivamente. El recocido produjo una recristalización incompleta que permite relacionar los núcleos de recristalización con las subestructuras de trabajado en frío.

Se observó nucleación tanto en las zonas deformadas como en aquellas sin desorientación detectable, migración de borde de grano en etapas discontinuas de aproximadamente 0,1 a 0,3  $\mu$  y que los granos no crecen por absorción de subestructuras de trabajado en frío.

(Resumen de los autores)

\* \*