
BIBLIOGRAFIA

Predicción de la resistencia del hormigón.

GRANT, N.T. y WARREN, P.A.
Forecasting concrete strength. *Civil Engineering*, julio - agosto 1977, pp. 19-27.

Los fabricantes de hormigón necesitan estar seguros de que sus mezclas *cumplirán* con los requisitos de calidad tan pronto como sea posible y no tener que esperar 28 días para enterarse de si han *cumplido*. Se han desarrollado métodos para predecir la resistencia a 28 días y en este trabajo se discute el método de curado acelerado desarrollado por Grant y el análisis consecuente de sumas acumuladas desarrollado por Warren, que controla la validez de la correlación entre los resultados acelerados y los 28 días.

El procedimiento propuesto consiste en confeccionar probetas compañeras tanto para curado normal a 28 días como para acelerado. Este se obtiene en un baño de agua a 82°C durante 16 horas, tras dos horas de calentamiento para alcanzar esa temperatura y otras dos a partir de la confección de las probetas.

La predicción de la resistencia requiere una serie de tablas que dan correlaciones entre los resultados a 28 días y los obtenidos con curado acelerado, para el conjunto específico de materiales usados para hacer el hormigón, más un sistema que vigila el grado de concordancia entre las predicciones y los resultados obtenidos realmente, de modo que se pueda elegir una tabla de correlación más aproximada cuando sea necesario

Se sabe que la correlación entre estos resultados cambia sistemáticamente de tiempo en tiempo, debido a cambios en la compo-

sición química y en la finura del cemento. Es importante detectar estos cambios lo más rápidamente posible: la técnica de sumas acumulativas, desarrollada por Warren, tiene ese objeto. Se trazan secuencialmente las sumas algebraicas de las diferencias entre las resistencias predichas y las reales y cuando este trazado muestra una tendencia sostenida a desviar de la horizontal es indicación de que hay que cambiar de correlación. Casi siempre es posible relacionar estos cambios con alguna variación periódica en el proceso de producción de cada fábrica de cemento.

Comprobación de la resistencia del hormigón. Extracción de testigos versus evaluación en sitio.

MALHOTRA, M. V. Contract strength requirements-Cores versus in situ evaluation. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings* vol. 74, N° 4 (abril 1977) pp. 163-172.

En la actualidad la aceptación del hormigón se hace sobre la base de los resultados de ensayos de compresión de probetas a 28 días. Si ésta no alcanza la resistencia requerida se recurre a extracción de testigos con brocas, porque éste es el único método aceptado en la mayor parte de las normas. Este trabajo analiza el problema asociado con la evaluación de los datos obtenidos de testigos y recalca la naturaleza contradictoria que tiene la información disponible, ya que se encuentran casos de testigos con mayor resistencia que las probetas, casi con igual frecuencia que los inversos. Se

pasa revista a la influencia en la resistencia de los testigos de variables tales como razón diámetro-altura, armadura incluida, tipo de árido, nivel de resistencia del hormigón, dirección del perforado y curado del hormigón. Se hace resaltar que el procedimiento de aceptación del hormigón a partir de testigos es insatisfactorio y se aboga por abandonarlo en favor de un nuevo enfoque. El procedimiento sugerido de tres etapas: primero, se aumenta la inspección en el lugar de fabricación para alcanzar mayor seguridad sobre su calidad; segundo, se emplean resultados de ensayos acelerados como criterios de aceptación, y tercero, se usan ensayos no destructivos del hormigón colocado, tales como arrancamiento, resistencia a la penetración, dureza y velocidad de onda.

Control de calidad. Seguridad en elementos de hormigón prefabricados.

SOLANA, V. Quality control-safety in precast concrete members. *Proceedings The Institute of Civil Engineering* Parte 2, N° 63 (septiembre 1977), pp. 657-671.

Se desarrolla un método teórico para deducir aproximadamente la seguridad estructural de elementos prefabricados de hormigón armado o pretensado. El método es aplicable cuando los componentes de una muestra de una población se someten a ensayos de control de calidad. Los componentes ensayados no tienen que ser necesariamente similares. Las propiedades se definen por parámetros de utilización establecida por los fabricantes, y un análisis probabilístico permite comparar los resultados de los ensayos de control de calidad con los parámetros de utilización declarados. Las probabilidades de falla y de agrietamiento se obtienen por métodos de cálculo probabilístico para cada campo específico de aplicación. En este trabajo el método se aplica a la producción de vigas de piso de hormigón pretensado

autosoportantes o compuestas. Para cada producción se trazan los diagramas de probabilidades de falla y de agrietamiento en función del coeficiente de utilización efectiva de los componentes.

Aplicando este método, cada fabricante podrá hacer ajustes en la selección de materiales y en el diseño de componentes para adaptar las probabilidades de falla y agrietamiento a las condiciones económicas de cada caso.

Se pueden establecer diagramas de probabilidad de falla y agrietamiento de la producción nacional, regional o de una fábrica y ellos harán posible que el proyectista tenga suficiente información para elegir los parámetros reales de utilización.

El método no sólo da información útil para comparar diferentes tipos, regiones o fabricantes, sino también para el ajuste racional de las reglas de control de calidad a los resultados que se van obteniendo gradualmente.

Conceptos europeos de las tolerancias en la construcción.

HOLBEK, K. y ANDERSEN, P.R. European concepts of construction tolerances. *Journal of the American Concrete. Proceedings* vol. 74, N° 3 (marzo 1977), pp. 101-108.

En la industria de la construcción europea se han establecido tolerancias sobre bases bastante racionales. Esto se debe principalmente a la industrialización de la construcción y a la participación de los ingenieros proyectistas en los métodos constructivos de cada obra.

El autor hace un análisis de los conceptos básicos que han servido para establecer el sistema de tolerancia europeo y muestra que el presente estado de avance ha sido alcanzado después de considerables esfuerzos por parte de la industria, de los proyectistas y de los comités de normalización. Además sólo después de descartar conceptos imprácticos iniciales y de resolver problemas de coordinación entre todos los

interesados y entre diferentes países se pudo llegar a los actuales criterios razonablemente simples.

Basándose en el análisis estadístico de las desviaciones se ha llegado a establecer tolerancias concordes con la realidad y se han desarrollado mejores métodos de control para hacerlas cumplir. Un criterio fundamental que se deriva del análisis es que además de especificar una tolerancia, debe especificarse una fracción defectuosa, con la condición de que los casos que queden al margen de tolerancia se corrijan o puedan corregirse en la obra.

El proyecto debe estar regido por las tolerancias, pero la fabricación buscará un equilibrio, dentro de límites conocidos, entre cumplimiento parcial y total de ellas para lograr la solución más económica.

Hormigón de demolición como agregado para nuevo hormigón.

FRONDISTOU-YANNAS, S. Waste concrete as aggregate for new concrete. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings* vol. 74, N° 8 (agosto 1977) pp.373-376.

En áreas donde hay escasez de áridos o donde éste es caro, o bien, donde se produce un gran volumen de materiales de demolición, lo que crea el problema de eliminar los residuos, puede resultar conveniente chancar los restos de hormigón a tamaños adecuados y usarlos como agregado en nuevas mezclas.

En este trabajo se compararon las propiedades del hormigón convencional con las de hormigón preparado con trozos de hormigón como agregado. Los resultados indican que el hormigón reciclado se acerca más en sus propiedades al hormigón tradicional cuando aquél se enriquece con grava a expensas del mortero. La razón agua-cemento aparentemente no afecta en forma significativa los méritos relativos del producto reciclado y su control.

La resistencia a la adherencia del agregado

con la matriz de mortero se reduce a alrededor de 55 a 88 por ciento cuando se reemplaza árido natural por trozos de hormigón antiguo. Por otra parte, el hormigón con árido reciclado es tan trabajable como el convencional y alcanza una resistencia a la compresión de por lo menos 76 por ciento y un módulo de elasticidad de 60 a 100% del comparativo tradicional.

Ensayo para establecer la aptitud del hormigón a ser bombeado.

BROWNE, R.D. y BAMFORTH, P.B Test to establish concrete pumpability. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings* vol. 74 N° 5 (mayo 1977) pp. 193-203.

La colocación del hormigón por bombeo acelera la velocidad de construcción y por ello ha tenido gran auge en la última década. Hay varios problemas que se relacionan con esta técnica, siendo tal vez el más importante el bloqueo del hormigón en algún tubo. Se han hecho muchas investigaciones para entender los mecanismos básicos del bombeo, tanto desde el punto de vista teórico, como por medio de experiencias de laboratorio o de observación en faena. Este trabajo resume las conclusiones alcanzadas sobre el estado básico del hormigón en las tuberías y sobre la mecánica del bombeo en relación con tres métodos de ensayo para medir la aptitud del hormigón fresco a ser bombeado.

Se ha establecido la importancia de la impermeabilidad del material para minimizar el bloqueo en los tubos. A este respecto se describe un método de ensayo práctico de esta propiedad, en que se simula el estado de presión del hormigón en la tubería, y se dan los resultados de prueba de bombeo en una serie de mezclas de hormigón.

Se hace una breve mención de los métodos de medida de viscosidad para establecer en laboratorio la resistencia al escurrimiento.

Se describe el ensayo de medición de vacíos y su significación como instrumento para dosificar con contenido óptimo de

cemento.

Por último se exponen los detalles de la instrumentación de tuberías para medir la presión de bombeo, se dan los resultados obtenidos y se sacan conclusiones que relacionan el comportamiento de las bombas con las características del hormigón.

Corrosión del acero del hormigón por cloruros.

TONINI, E.E. y DEAN, S.W. editores. Chloride corrosion of steel in concrete. *ASTM Special Technical Publication 629*, 1977, 185 pp.

Esta es una selección de trabajos presentados en un simposio sobre el tema del epígrafe, realizado con ocasión de la 79 reunión anual de la ASTM, en junio-julio de 1976.

La corrosión del acero del hormigón armado expuesto a los cloruros se ha transformado en un problema de primera importancia en EUA, por el uso en gran escala de sales para descongelar en los caminos, calles y puentes. Mucho se ha estudiado este problema y se han hecho avances significativos. En esta publicación se han elegido los trabajos que representan el estado actual del problema tanto desde el punto de vista de la investigación como de las prácticas constructivas.

Son en total 14 y los editores hacen de ellos una evaluación sintetizada muy útil para captar el conjunto de las cuestiones tratadas y de las conclusiones más importantes.

Hay un grupo de cuatro trabajos que exponen la naturaleza, definición y alcance del problema de la corrosión del acero inducida por la acción de los cloruros y del efecto de la composición del cemento. En uno de ellos se enfatiza la necesidad de centralizar los esfuerzos para recolectar, evaluar y sintetizar los trabajos que se han hecho sobre los métodos y técnicas para controlar la corrosión.

Otro grupo trata las técnicas de protección por barreras o películas de recubri-

miento y expone el estado actual del conocimiento sobre varios de los métodos usados, como galvanización y otros revestimientos metálicos y recubrimientos con resinas epóxicas. Se manifiesta que los recubrimientos mejoran el comportamiento del acero, sobre la base de exposición acelerada en laboratorio. Cabe una cierta reserva sobre la legitimidad de extrapolar directamente al caso de estructuras con cargas dinámicas. En uno de los trabajos se hace uso de un procedimiento de evaluación de los resultados que se considera muy promisorio.

Hay un trabajo sobre el uso de nitrito de calcio como inhibidor de la corrosión, que es un enfoque novedoso, pero que todavía no ha sido sometido a estudios de largo plazo en condiciones semejantes a las de servicio.

Otro sistema que es objeto de trabajos es el de capas o membranas vertidas en frío, que es uno de los más antiguos en uso y sobre el cual todavía hay diferencias de opiniones.

Los llamados métodos de modificación de la matriz de hormigón, en cierto modo en contraposición a los métodos de películas protectoras, están representados por trabajos que se refieren a hormigón con polímeros o polimerizados y a tratamientos de impregnación en profundidad.

Por último está el procedimiento de protección catódica cuya aplicación al hormigón armado ha requerido innovaciones considerables del método tan profundamente utilizado en estructuras metálicas.

Reparación del hormigón con polímeros.

JABER, M.M., FOWLER, D.W. y PAUL, D.R. *Repair of concrete with polymers*. PB-252 490, National Technical Information Service, febrero 1975.

Se investigó el uso de polímeros para reparar hormigón dañado o agrietado. En el estudio se tomaron en cuenta diversas varia-

bles, tales como el tipo de monómero, el contenido relativo de humedad, el ancho de las grietas, la viscosidad del monómero, la temperatura del hormigón y el uso de rellenos de arena.

El monómero principal fue el metilmetacrilato y se probaron combinaciones con porcentajes crecientes de isobutil o de butilacrilato, las que redujeron la resistencia a la flexión. El aumento de la humedad del hormigón tenía por consecuencia alguna disminución de la resistencia a la flexión. Cuando el ancho de las grietas era superior a 0.2 pulgadas la resistencia a la flexión era menor que la original. Así mismo, una mayor viscosidad del monómero daba lugar a rotura en el polímero con resistencias más bajas que las originales; lo inverso sucedía con viscosidades bajas.

Se repararon seis vigas de hormigón armado que se habían cargado hasta producir falla; en una de ellas la falla fue por tracción diagonal y en las otras por flexión (comienzo de fluencia del acero). La resistencia de las vigas reparadas alcanzó desde 92% a 112% de la resistencia original, con una media de 105%. En casi todos los casos la falla se produjo en una zona vecina a la reparada.

Se cargaron hasta la rotura losas de hormigón simple y posteriormente se repararon y se sometieron a ciclos de congelación y deshielo. Las losas reparadas mostraron igual o mayor durabilidad que las comparativas de control que no fueron cargadas ni reparadas. Unas losas que se repararon y además se impregnaron superficialmente fueron las más durables.

Varios machones de puente se repararon usando las técnicas previamente desarrolladas, con anchos de grietas que iban desde 0.1 a 3 pulgadas.

Los resultados de esta investigación indican que el hormigón agrietado o descascarado puede repararse con hormigón de polímeros, que consiste de agregado fino y un monómero que se somete a polimerización. Se obtiene buena adherencia con el hormigón, buena resistencia y un curado rápido. Las reparaciones hechas en obras señalan que el método es simple y efectivo.

Elementos de análisis experimental de tensiones.

HENDRY, A.W. *Elements of experimental stress analysis*. Pergamon Press Edición SI, 1977, 193 pp. El objetivo del análisis experimental de tensiones es establecer la distribución de tensiones en una estructura o en algunos de sus componentes cuando están sometidos a un determinado sistema de cargas. Esto se puede hacer por observación de los cambios físicos que se producen en la estructura misma o por mediciones realizadas en un modelo.

Esta obra proporciona una introducción de carácter general sobre los procedimientos más importantes aplicables a este análisis. Dentro de un marco de tratamiento simple y muy claro se describen los principios de las técnicas más importantes y más usadas así como de los aparatos y equipos básicos, apoyándose en ejemplos seleccionados para sugerir aplicaciones tanto en laboratorio como en las obras.

Hay un primer capítulo que se refiere a modelos, en el cual se trata el problema de las escalas y se sugieren diversos materiales para su confección, indicando sus respectivas constantes elásticas. Luego se describen los equipos de aplicación y medición de cargas.

En los tres capítulos siguientes se tratan los extensómetros agrupados por tipos: mecánicos y ópticos, a resistencia eléctrica y los basados en otros fenómenos eléctricos o magnéticos, como son, los de inducción, de capacitancia, de cuerdas vibrantes, etc.

El cálculo de las tensiones a partir de las deformaciones está desarrollado brevemente y posteriormente se presentan los métodos de fotoelasticidad y las técnicas de películas de recubrimiento.

Se presentan algunos métodos directos e indirectos para deducir los momentos de flexión, las fuerzas de corte y las deflexiones de estructuras elásticas por medio de modelos simples. Hay un capítulo dedicado a instrumentos especiales para el análisis de tensiones dinámicas y otro sobre determinación de tensiones por método de analogía.

El capítulo final está dedicado a la elección del método de análisis para cuya decisión se sugiere ordenar los antecedentes sobre el problema y sobre las disponibilidades de equipo y recursos en un cuadro de 11 puntos, a partir del cual se elige el método de análisis, el método de carga y cuando corresponda, la elección de los materiales. La metodología se ilustra con cuatro ejemplos de casos que se resolvieron en la realidad.

Esta obra será de utilidad tanto para estudiantes, que estén en busca de una preparación básica sobre análisis de tensiones, como para ingenieros que en alguna forma tengan que ver con investigaciones experimentales de estructuras.

Estudio experimental de pavimentos de hormigones livianos.

DONOSO, D. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 1977.

El propósito de este trabajo era hacer un estudio de un pavimento que a sus cualidades resistentes agregase cualidades de aislante térmico. Se analizó comparadamente a través de ensayos experimentales el comportamiento de hormigones livianos y normales de igual resistencia a compresión, bajo sollicitaciones mecánicas y térmicas.

El hormigón liviano se obtuvo a base de arcilla expandida fabricada en una planta piloto, equipada para producir el material indispensable a pequeña escala.

Se concluye que en cuanto a propiedades mecánicas, en particular la resistencia al desgaste, el hormigón liviano de arcilla expandida no presenta un comportamiento inferior al hormigón normal. Su menor módulo de elasticidad en cambio, disminuye notoriamente la susceptibilidad al agrietamiento, con lo cual se permite una mejor adaptabilidad a las deformaciones de la base. Además, es posible esperar mejores

condiciones en cuanto a resistencias al deslizamiento. En cuanto a costos, las diferencias entre estos dos hormigones son del orden de un 47% más caro para el caso del hormigón liviano, considerando precios de la arcilla expandida que se fabrica en Argentina.

Esta memoria fue realizada en IDIEM bajo la dirección del profesor Federico Delfín.

Comportamiento del hormigón en el rango de temperaturas de 20°C a 800°C.

TSCHORNE, M. Memoria para optar al título de ingeniero civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago 1977.

Se ha hecho un estudio experimental sobre el comportamiento de morteros y pastas de cementos hidratadas luego de ser sometidos a temperaturas elevadas, con materiales disponibles en el país. Se investigó el comportamiento de estos materiales desde el punto de vista de la variación en las propiedades mecánicas, (resistencia a la compresión y flexotracción) y de las propiedades físicas de peso y longitud, en régimen de calentamiento de corta duración.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

Los morteros muestran incrementos en el valor de su resistencia mecánica de hasta 40% de su valor original luego de haber sido sometidos a 150°C.

Las deformaciones permanentes en morteros luego de la acción del calor dependen fundamentalmente del tipo de árido (y de la dosificación).

Los cementos portland puzolánicos y siderúrgico son más aptos que el cemento portland puro para formar hormigones resistentes al calor.

Esta memoria fue realizada en IDIEM bajo la dirección del profesor Federico Delfín.