
BIBLIOGRAFIA

Contribución al estudio de la fluencia y de la recuperación de la fluencia.

DREUX, G. y GORISSE, F. Contribution a l'étude du fluage et du retour du fluage. *Annales de l'Institut du Bâtiment et des Travaux Publiques*, n° 377 (noviembre 1979), Serie Beton, n° 191.

En el Centro de Ensayos de Estructuras de Saint-Rémy-lés-Chevreuse se ha programado una investigación orientada principalmente al estudio de la recuperación de la fluencia (parte recuperable de la fluencia por disminución de tensiones). Este es un punto que ha sido bastante menos investigado que el de la fluencia propiamente tal. Hay pocas informaciones relacionadas con este punto que permitan evaluarlo en los diversos casos que se puede presentar y algunas de las teorías adelantadas, como por ejemplo, la simple reversibilidad de la fluencia, son muy controvertidas.

En esta investigación se prepararon muchas probetas en forma de columnas de 2 m de altura y de 25 x 25 o 20 x 20 cm de sección transversal y otras de 7 x 7 x 28 cm, de hormigón armado precomprimido las primeras y de hormigón simple las segundas.

Entre las distintas series se varió la edad de aplicación de carga y de duración de ella; las tensiones del hormigón; la calidad del hormigón y las condiciones de curado.

Por cierto que el primer paso fue producir fluencia, por lo cual se aprovechó para estudiar este fenómeno preliminar. El problema de la interferencia entre la retracción y la fluencia fue también abordado, proque él implica la dificultad y aun la imposibilidad de aislar la fluencia en estado puro.

En este trabajo, después de describir los procedimientos experimentales y de presentar los resultados obtenidos, se propone un método de cálculo expresado en un conjunto de fórmulas para la evaluación de la fluencia, así como de la recuperación de la fluencia en las condiciones más diversas.

Se presenta un buen número de ejemplos que demuestran buena concordancia entre los resultados calculados y las medidas experimentales.

En conclusión, los resultados de esta investigación, que tenía un enfoque orientado hacia la aplicación en ingeniería, no se apartan mucho de los que se obtienen con los métodos de cálculo del CEB-FIP, dentro de los límites de las grandes e inevitables aproximaciones. Sin embargo, el método propuesto aquí concuerda mejor con la realidad experimental y tiene la ventaja además, de poder procesarse muy fácilmente con una calculadora de escritorio.

Una descripción matemática de la deformación del hormigón bajo cargas complejas.

KOTSOVOS, M.D. y NEWMAN, J.B. A mathematical description of the deformational behaviour of concrete under complex loading. *Magazine of concrete research*, vol. 31, n° 107 (junio 1979), pp. 77-90.

Se presenta una formulación matemática del comportamiento del hormigón bajo cualquier tipo de carga estática de corta duración, basándose en un material modelo de iguales características. Sus propiedades me-

cánicas se definen sobre la base del análisis de datos experimentales de ensayos de hormigón bajo diversos estados de tensiones multiaxiales realizados en el Colegio Imperial de la Universidad de Londres. En ese análisis cada estado de tensiones y deformaciones se descompone en sus componentes hidrostático y desviatorio y se acepta que cualquier comportamiento no lineal es consecuencia de procesos de fractura ligados a tensiones elevadas. Estos procesos originan huecos en el interior del material y dan lugar a altas concentraciones de tensiones, predominantemente de tracción.

Las propiedades mecánicas del material modelo quedan completamente definidas por las curvas experimentales $\sigma - \epsilon$ y $\tau - \gamma$ obtenidas para hormigón hasta tensiones inferiores al comienzo de propagación de un estado inestable de fractura.

El efecto de los procesos de fractura ulterior a ese estado inestable también se ha podido expresar, sobre la base de datos experimentales obtenidos en hormigón, para tensiones superiores al límite anterior.

La deducción de las fórmulas matemáticas se basó en la hipótesis de que los efectos de las condiciones de borde y de los recorridos de aplicación de tensiones son despreciables, la que, por lo demás, está respaldada por evidencia experimental.

Las expresiones que dan la parte ascendente de la curva tensión - deformación son válidas para un rango de hormigones con resistencias cilíndricas a la compresión que van de 20 a alrededor de 70 N/mm².

Evaluación en la obra de la resistencia del hormigón. Método de "arrancamiento".

JOHANSEN, R. In situ strength evaluation of concrete. The "break-off" method. *Concrete International*, vol. 1, n° 9 (septiembre 1979), pp. 45-51.

El autor considera que los sistemas tra-

dicionales de control de calidad del hormigón, basados en la determinación potencial de la resistencia del hormigón, se hacen cada vez más inapropiados. En particular estima que, con los métodos modernos de construcción, esa resistencia potencial tiene poco que ver con la resistencia del hormigón colocado. Además, cree que aquella sirve muy poco para garantizar la seguridad de una obra en las etapas en que los riesgos son mayores.

Como colorario de esos planteamientos llega a la conclusión de que un sistema lógico de control de calidad debe consistir de: a) procedimientos para establecer la resistencia potencial en un control de rutina durante la producción basado en ensayos acelerados simples y b) el control de la resistencia del hormigón en la estructura misma durante las etapas de construcción más importantes para el avance y la seguridad.

Para lograr estos objetivos propone el uso de un nuevo método de ensayo en sitio, ilustrándolo con referencias a su aplicación a un pavimento de un aeropuerto de hormigón al vacío.

El método de ensayo determina la resistencia a la flexión del hormigón en una sección circular paralela a la superficie de éste y a una distancia determinada de ella. Para realizarlo prácticamente se dejan insertados tubos de dimensiones apropiadas en determinadas posiciones durante la colocación del hormigón, a cuyos retiros quedan trozos cilíndricos de hormigón adheridos solamente en la base al resto del material; otra alternativa es hacer una perforación con broca en el hormigón ya endurecido. El arrancamiento, o rotura se produce por flexión, aplicando una fuerza al nivel superior del cilindro.

Los resultados y experiencias de las aplicaciones prácticas mostraron que el método es rápido y sencillo y muy sensitivo a las condiciones de curado. La correlación con la resistencia a la compresión del hormigón es satisfactoria. El método es particularmente apropiado para hormigón de muy poca edad.

Determinación de la resistencia del hormigón por medio de testigos de pequeño diámetro.

BUNGEY, J.H. *Magazine of Concrete Research*, vol. 31, n° 107 (junio 1979) pp. 91-98.

En diversas oportunidades se han usado testigos de pequeño diámetro para establecer la resistencia del hormigón y sería económicamente ventajoso hacer uso más frecuente de ellos, siempre que hubiera buena correlación entre esas resistencias y las de probetas normales. En este trabajo se analizan los resultados de una investigación de laboratorio en que se utilizaron testigos de 44 mm de diámetro. El programa experimental hizo uso de más de 300 testigos extraídos de prismas de hormigón especialmente preparados. Se emplearon 23 dosificaciones diferentes, cubriendo un rango de resistencias de 100 a 800 kgf/cm², con tamaño máximo del árido de 10 mm o 20 mm. Se hizo variar también la razón altura diámetro de los testigos en ocho grupos con un mínimo de 1.2 y un máximo de 2.0.

Se encontró que el efecto altura diámetro es bastante mayor que el que se indica en normas de uso corriente.

Por otra parte, el coeficiente de variación en una serie de testigos extraídos de un determinado hormigón es del orden de 8%. Sin embargo, entre hormigones diferentes, entra en juego la sensibilidad del pequeño tamaño a muchos factores, como diferencias de dosificación y procedimiento de ensayo, y se produce una gran variabilidad en los pronósticos de resistencia, de suerte que no son válidos para este caso los procedimientos de conversión de testigos a cubo usados con testigos de tamaño normal. Para mejorar la predicción debe tomarse en consideración la orientación de los testigos y el tamaño máximo del árido y especialmente, tomar un número importante de testigos porque el rango de incertidumbre con un límite de confianza de 95% es de $\pm (36/\sqrt{n})\%$.

Especificación para el proyecto y construcción de chimeneas de hormigón armado.

ACI 307-79, ACI COMMITTEE 307 Specification for the design and construction of reinforced concrete chimneys. *ACI Manual of concrete practice 1979, Part 2*. pp. 307 - 1 a 23.

Se trata de la nueva versión modificada de la norma existente. Los cambios principales son la exigencia de que se usen dos mallas de armadura en las paredes de todas las chimeneas, mientras que la norma antigua sólo las exigía para paredes de más de 45 cm de espesor; y el requisito de que las secciones horizontales de las chimeneas se calculen para absorber la presión radial del viento distribuída alrededor de la chimenea. Se incluyen las fórmulas para calcular las tensiones que se originan en estas condiciones. Hay muchos cambios menores que, sin embargo, sirven para actualizar la norma.

La especificación comprende los materiales, la construcción y los requisitos de proyecto para las chimeneas, como así mismo, las cargas de cálculo recomendadas y los procedimientos para calcular las tensiones. Para simplificar la solución de las fórmulas se incluyen series de curvas. Si bien el método de cálculo es aplicable originalmente a las chimeneas, puede usarse para otras secciones circulares, con o sin aberturas, en que el espesor del manto sea pequeño en proporción al diámetro.

También se recomiendan fórmulas para determinar la gradiente de temperatura a través de la pared, producida por la diferencia de temperatura entre los gases del interior y la atmósfera externa y concomitantemente los procedimientos para calcular las tensiones verticales y circunferenciales derivadas de esa gradiente. Por último, se dan las fórmulas para combinar las tensiones producidas por las cargas permanentes y de viento o sismos con las debidas a la temperatura y en conjunción con ello se presen-

tan las tensiones admisibles de cálculo en el hormigón y en las armaduras. Como se ve, a pesar de que la especificación se remite a la norma ACI 318 en los aspectos generales de cálculo de hormigón armado, las hipótesis de cálculo se basan en tensiones admisibles y no en la condición de rotura, como sucede en la ACI 318.

Materiales de ingeniería y sus aplicaciones.

FINN, R.A. y TROJAN, P.K. *Mc Graw-Hill Latinor americana, S. A.* 1979, 542 pp.

La enseñanza de materiales ha sido siempre uno de los aspectos básicos de la formación de los ingenieros. La forma en que se ha impartido sufrió un vuelco a partir de los años 50, especialmente en EUA. Antes de esa fecha los textos tenían una marcada orientación hacia la descripción de propiedades y de procesos de fabricación, entregando un mundo lleno de datos pero vacío de conceptos. Después, en cambio, hizo su entrada la ciencia de los materiales con su carácter ricamente conceptual. Este nuevo enfoque enriqueció rápidamente la capacidad de conocer los materiales, pero hizo caer en la frecuente tentación de perseguir satisfacciones intelectuales y descuidar, con ello, el objetivo de la formación profesional. Era necesario desandar algo del camino para situarse en una posición intermedia.

Esta obra, primera versión en castellano del original norteamericano de dos profesores de la Universidad de Michigan, ha encontrado una posición de equilibrio, en que la teoría básica se usa como sólido soporte para la exploración de problemas prácticos pertinentes a los materiales importantes.

La obra separa los materiales en tres clases diferenciadas por sus estructuras constitutivas y como consecuencia de ello, por sus propiedades. Son ellas los metales, los

cerámicos y los polímeros o plásticos. En los diez primeros capítulos se estudian, por separado, las estructuras de cada uno de esos materiales y se analizan sus propiedades mecánicas y el empleo de variedades comerciales importantes.

En el capítulo 11 se estudia la resistencia a la fatiga, al impacto y a la fluencia lenta (creep), además de la resistencia a la tracción y a la compresión y dureza.

En los cuatro capítulos finales se abordan los problemas de la corrosión, las propiedades eléctricas, las propiedades magnéticas y las propiedades ópticas y térmicas.

Cada capítulo está ilustrado con la presentación de casos prácticos, y a su término hay un resumen de los temas que en él se trataron y un número importante de problemas.

E.G.G.

Metodología y programas computacionales para el análisis de la estabilidad de taludes.

KARZULOVIC, A. y RUZ, M. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, noviembre 1979.

Mediante un examen global de la geomorfología y geología de Chile, se presenta un sistema de calificación y clasificación de desplazamientos así como una zonificación del riesgo de ocurrencia de éstos.

Considerando aquellos factores que influyen en la estabilidad de laderas y taludes, se discute una metodología de análisis del problema, la que se traduce en el planteamiento de un modelo generalizado que permite emplear los métodos de equilibrio límite de Janbú, de Janbú modificado, de Morgenstern y Price y de Bishop simplificado. La modelación propuesta permite considerar factores tales como la ocurrencia de sismos, escurrimiento de aguas subterráneas, presencia de discontinuidades y el efecto de

la consolidación de un estrato blando.

Según un análisis comparativo se sugieren ideas para la mejor utilización práctica de estos métodos, y se discuten los otros métodos bidimensionales de análisis existentes.

Se discute el problema de la tridimensionalidad del fenómeno, planteándose su estudio mediante un análisis bidimensional equivalente y sugiriéndose un procedimiento para su estudio riguroso.

Finalmente se estudian casos reales, chilenos, empleando un programa computacional que utiliza la metodología propuesta, concluyéndose que los resultados obtenidos son cualitativamente muy buenos.

Este trabajo se realizó en IDIEM y fue dirigido por el profesor Pedro Acevedo.

Comportamiento sísmico de uniones viga-columna de hormigón armado.

YÑEZ, F. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, noviembre de 1979.

En este trabajo se estudian las uniones viga-columna de hormigón armado sometidas a cargas alternadas. En primer término se expone el estado del arte de esta materia. Luego se establece, como resultado de ensayos, la influencia de la geometría de la unión externa, específicamente, la razón altura/ancho, en su resistencia al corte. Se muestra que las columnas cortas son un modelo adecuado para el comportamiento al corte del nudo. Se da a conocer, además, un mecanismo de falla de dicho modelo. En tercer término se confirma que la colaboración del hormigón a la resistencia al corte de las vigas de marcos sismorresistentes es nula en la zona de rótula plástica. Por último, se establece que es posible recuperar la resistencia y ductilidad, mediante la reparación con resinas epóxicas, de las uniones viga-columna de hormigón armado severamente dañadas.

Este trabajo se realizó en IDIEM y fue dirigido por el profesor Ernesto Gómez.

Aplicación del método de elementos finitos a mecánica de suelos.

BURMESTER, R. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, noviembre 1979.

En este trabajo se desarrolla un método de análisis y se proporciona un programa de computación que utiliza el método de elementos finitos para resolver problemas de estática de estado plano de tensiones o de deformaciones, en suelos cuyo modelo de comportamiento supone una relación constitutiva no-lineal conocida como *Relación esfuerzo-deformación hiperbólica*.

El método expuesto simula el comportamiento no lineal de los suelos en problemas en que las fuerzas externas aumentan progresivamente, definiendo una serie de pasos o incrementos sucesivos de fuerzas, cada uno de los cuales es resuelto aplicando la teoría de elasticidad, mediante el ajuste de parámetros o constantes elásticas a través de la relación constitutiva mencionada.

El programa de elementos finitos aplicado a mecánica de suelos EFAMS, está estructurado en forma didáctica de una manera fácil de adaptar a problemas específicos, permitiendo que ingenieros e investigadores estudien las aplicaciones en problemas prácticos de ingeniería sin efectuar grandes simplificaciones que idealizan al suelo, en una forma más aproximada a la situación real y con una gran economía de tiempo profesional.

Los parámetros que caracterizan el suelo pueden ser determinados fácilmente a partir de los resultados de ensayos de laboratorio (triaxiales estándares), en los cuales se procura reproducir las condiciones reales del suelo.

Se presentan dos ejemplos de aplicación cuyos resultados ilustrados y comentados permiten afirmar que el método de elementos finitos expuestos cumple su objetivo con bastante aproximación.

Este trabajo se realizó en IDIEM y fue dirigido por el profesor Mauricio Poblete.

Estudio del módulo de elasticidad del hormigón en función de su resistencia y su composición.

GATICA, M.S. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, diciembre de 1979.

El propósito de este trabajo fue estudiar el módulo de elasticidad del hormigón en función de su resistencia y de su composición.

Con este objeto se hizo un análisis de las fórmulas dadas por las normas más conocidas: ACI, CEB, DIN, BS y chilenas, y de las fórmulas que relacionan el módulo de elasticidad con la composición del hormigón.

Se estimó que los parámetros más significativos eran la resistencia del hormigón y la razón agregado-cemento y en consecuencia se elaboró un programa experimental en que se prepararon cilindros de hormigón, mortero y pasta de cemento con resistencias escalonadas en un rango de 140 a 600 kgf/cm² y razón agregado-cemento de 0.0 a 13.1. Los cilindros se sometieron a ensayos de acuerdo a la norma Rilem *Concrete Test Methods* y se analizaron los resultados comparándolos con los de las normas mencionadas y con las fórmulas de los materiales compuestos. De este análisis se puede deducir:

- que la fórmula de la norma ACI no es aplicable a los hormigones normalmente usados en la zona central de Chile.
- ninguna de las fórmulas de normas concuerdan con los resultados experimentales, pero la fórmula de la norma CEB da valores razonables del lado de la seguridad.
- un procedimiento aceptable es fijar un valor de E para cada clase de resistencia. En el trabajo se proponen valores para

cada una de las clases de hormigones de la norma Chilena.

Este trabajo se realizó en IDIEM y fue dirigido por el profesor Ernesto Gómez.

Estudio sobre pastas de cemento. Ensayos acelerados.

COFRE, G.F. y MARCANTONINI, C. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, diciembre 1979.

Se hace una reseña de la fabricación del cemento, de las diferentes clases y tipos que se conocen y un breve estudio de las reacciones de hidratación.

Se revisan las principales normas internacionales actualmente vigentes en el control de calidad de los cementos. Se da cuenta de investigaciones mediante las cuales se analiza la posibilidad de controlar la calidad del cemento por medio de ensayos acelerados con diferentes tipos de probetas y métodos.

Experimentalmente se fabricaron en el IDIEM miniprobetas de pasta de cemento curadas con un método acelerado. Sus resistencias se correlacionaron con las obtenidas mediante el ensayo normal RILEM. Las relaciones encontradas permiten predecir a 3 horas de edad la resistencia a los 7 y 28 días del método RILEM.

Se define un método de medición de retracción del cemento en su estado plástico y en su primera etapa de endurecimiento utilizando miniprobetas de pasta de cemento y un microscopio de deslizamiento horizontal. Se comprobó el método en muestras de cemento de grado corriente de diferentes fábricas.

Este trabajo se realizó en IDIEM y fue dirigido por el profesor Mauricio Ossa.