

---

## BIBLIOGRAFIA

---

**Predicción práctica de las deformaciones del hormigón dependientes del tiempo.**

BAZANT, Z.P. y PANULA, L. Practical prediction of time-dependent deformations of concrete. *Matériaux et Constructions*, 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> partes, n<sup>o</sup> 65 (septiembre-octubre 1978), pp. 307-328; 3<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> partes, n<sup>o</sup> 66 (noviembre-diciembre 1978), pp. 415-434; 5<sup>a</sup> y 6<sup>a</sup> partes, n<sup>o</sup> 69 (mayo-junio 1979), pp. 169-184.

Este trabajo, que consta de seis partes, representa la continuación de otros anteriores del primer autor en colaboración con otros autores. En cada una de ellas se estudian sucesivamente la retracción; la fluencia lenta a humedad y temperatura constante; la fluencia lenta a humedades variables; el efecto de la temperatura en la fluencia del hormigón seco o en proceso de secado, y la fluencia cíclica, su dependencia no lineal de la tensión y su dispersión estadística.

En los trabajos previos se había desarrollado un modelo matemático adecuado para representar diversos hormigones tomados separadamente, si bien los coeficientes caracterizadores del material tenían valores diferentes para cada hormigón diferente y aparentemente no había relaciones entre ellos. El presente trabajo tiene por meta buscar las expresiones que relacionen los coeficientes del material y que los avalúen a partir de los parámetros de composición del hormigón, aunque haya que hacer algunos ajustes del modelo para obtener expresiones consistentes.

Para lograr ese objetivo se reunieron, ordenaron, resumieron y compararon los

datos existentes sobre fluencia lenta y retracción obtenidos por decenas de investigadores, lo cual, por sí solo, es suficiente mérito de este trabajo.

Se utilizaron programas de computación basados en algoritmos de optimización para encontrar el mínimo de la suma de los cuadrados de las desviaciones y deducir los parámetros del material en función de las razones agua-cemento, árido-cemento, ripio-arena, arena-cemento, y de la resistencia cilíndrica a 28 días. Cada uno de los parámetros está dado por una fórmula semiempírica, cuya estructura está justificada, en muchos aspectos, por consideraciones teóricas.

Siguiendo este planteamiento general se procedió en cada uno de los puntos considerados que, en conjunto, abarcan el fenómeno de fluencia lenta en toda su complejidad.

Así en retracción, que según el modelo está representada por una ley hiperbólica en función del tiempo, y por factores dependientes de la humedad y de la retracción final, que, a su vez, están influenciados por el tamaño y por la difusión; los parámetros determinados son la difusividad y la retracción final.

La fluencia lenta básica, o sea, a humedad y temperatura constantes, se expresa por una función potencial doble, del tiempo total una y del intervalo de tiempo la otra. Los parámetros determinados en función de la composición, en este caso, son los dos exponentes, una constante numérica y el módulo de elasticidad.

En fluencia a humedades variables se agregan a la expresión anterior dos términos, uno que representa el incremento de fluencia a causa del secado y otro la dis-

minución después del secado. En este caso se determinan un factor de fluencia durante el secado, el de fluencia después del secado y un factor exponencial.

El efecto de la temperatura modifica la fluencia básica porque aumenta la velocidad de fluencia con la temperatura, por una parte, y por otra la reduce por la aceleración de la hidratación. Para tomarlo en cuenta, hay que modificar la fórmula básica con varios términos, que dependen de la temperatura. Hay un solo parámetro nuevo dependiente de la composición del hormigón, el que se determina con el mismo procedimiento de los anteriores.

En igual forma, el efecto de la temperatura sobre la fluencia a humedades variables, manteniendo la fórmula básica, requiere que ciertos coeficientes deben hacerse depender de la temperatura para reflejar la aceleración del secado y de la hidratación. En este caso no se introducen nuevos parámetros.

Las cargas cíclicas aceleran la fluencia básica pero no afectan la fluencia adicional debida a secado simultáneo. La fluencia cíclica es un fenómeno no lineal y por ello se hace una descripción simple de la dependencia no lineal de la fluencia con respecto a las tensiones. Finalmente, se evalúan los coeficientes de variación de las desviaciones entre las predicciones de las fórmulas propuestas y los datos experimentales provenientes de las 80 series consideradas en el trabajo completo.

Este trabajo constituye un esfuerzo laudable por desarrollar un método práctico de evaluación de la fluencia lenta, utilizable por los calculistas de estructuras de hormigón armado. Los autores estiman que han llegado a fórmulas suficientemente simples para lograr ese objetivo, sin sacrificar exactitud, pero creen al mismo tiempo, que un cierto número de ingenieros hubiesen deseado fórmulas más sencillas.

Respecto a la exactitud de las predicciones, reconocen que hay grupos de ingenieros que estiman injustificado afinar demasiado estos cálculos, frente al cúmulo de incertidumbres y desviaciones implicadas en el comportamiento de las estructuras de

hormigón armado. No consideran sostenible esta actitud, sin embargo, porque las demandas de reducir los factores de seguridad, manteniendo la confiabilidad y la durabilidad de las estructuras y además el requerimiento de estructuras más esbeltas y más severamente solicitadas, que el ritmo de desarrollo actual está imponiendo a los ingenieros, sólo se pueden satisfacer con modelos y cálculos cada vez más ajustados a la realidad.

E.G.

### Primera aplicación de apoyos anti-sísmicos a fricción: la central nuclear de Koeberg.

RENAULT, J.; RICHLI, M. y PAVOT, B. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, N° 371 (abril 1979), pp. 69-92.

El emplazamiento de una central nuclear requiere un análisis profundo de las condiciones sísmicas propias del sitio elegido y el riesgo sísmico es, para ciertas instalaciones de la central, determinante para el dimensionamiento de las estructuras y aun de los equipos.

Por otra parte la normalización del diseño de las centrales nucleares presenta ventajas considerables desde todos los puntos de vista, y en particular conduce a economizar un estudio que puede durar varios años.

Para obtener una normalización más general y amplia, es necesario que los proyectos elaborados para zonas no sísmicas sean aplicables también, sin modificaciones de importancia, en zonas fuertemente sísmicas.

Con este propósito, la Sociedad Spie-Batignolles, en conjunción con Electricidad de Francia, ha desarrollado un sistema destinado a reducir los efectos horizontales dinámicos de un posible sismo.

La base de la solución consiste en interponer un filtro horizontal general entre

el terreno y la estructura, el cual reduzca las aceleraciones horizontales a un nivel comparable al de zonas de sismicidad baja.

El filtro está constituido por una serie de apoyos, cada uno de los cuales consta de dos partes. La primera es un resorte horizontal y tiene por objeto transformar el primer modo de vibración, que es de flexión con empotramiento en el suelo, en un modo de traslación pura. La segunda está formada de pares de placas, capaces de desplazarse la una con respecto a la otra con un coeficiente de fricción de alrededor de 0.2; las placas superiores están ligadas a las superestructuras y las inferiores a los resortes horizontales.

Gracias a la segunda parte del apoyo, el suelo no puede transmitir a las estructuras una aceleración superior al coeficiente de fricción. Los materiales son neopreno y placas metálicas.

En el trabajo se presentan los estudios matemáticos preliminares, el estudio experimental del aparato de apoyo, la elaboración de la tecnología de fabricación de los apoyos y el método de colocación en obras en la central nuclear de Koeberg.

de diez puntos que cubran un espectro amplio de resistencias, entre 100 y 500 kgf/cm<sup>2</sup>. El procedimiento mismo es una modificación del de ASTM, de agua hirviendo, que mide la resistencia a las 28<sup>1/2</sup> horas. Con las modificaciones introducidas se puede determinar la resistencia a 24, a 28, a 48 o a 72 horas.

En la experiencia del autor el método ha proporcionado resultados consistentes y muy de fiar. Generalmente alrededor del 70% de las predicciones estaban dentro del 5% de aproximación a la resistencia a 28 días y aproximadamente sólo el 5% tenía un error mayor que 15% (pero menor que 20%).

En el trabajo se expone un programa detallado de ensayos acelerados.

Los métodos acelerados se están usando profusamente en proyectos pequeños y grandes y su desarrollo ha sido fuertemente impulsado en los últimos diez años, es de suponer y de esperar que en la próxima década lleguen a ser parte de las especificaciones corrientes de construcción. Se han publicado muchos trabajos sobre el tema y la experiencia recogida será muy útil para los ingenieros de construcción y para la elaboración de normas.

#### Utilización de métodos de ensayo acelerados de resistencia.

NAIK, T.R. Utilization of accelerated strength testing methods. *Cement and Concrete research*, vol. 9, n<sup>o</sup> 1 (enero 1979), pp. 7-17.

Se presentan métodos para predecir la resistencia del hormigón a edades posteriores y se discute las formas de adpatarlos al control de calidad y a establecer la calidad del hormigón tanto en proyectos pequeños como de gran envergadura. El paso más importante del método es, naturalmente, obtener una curva de correlación básica para el conjunto de condiciones del proyecto. Tal curva debe incluir un mínimo

La descripción de los macizos rocosos en los trabajos de ingeniería.

SOCIEDAD GEOLOGICA DE LONDRES. *Boletín de Información. Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo*, n<sup>o</sup> 133 (mayo-junio 1979), pp. 3-34.

Este trabajo tiene el muy útil objetivo de proponer un marco integral o *formato* para uniformar y estandarizar la descripción y valoración de los macizos rocosos y facilitar, por lo tanto, el proyecto y construcción racionales de estructuras o excavaciones sobre, o dentro de ese macizo. Intenta además, ayudar la comunicación de hechos

minución después del secado. En este caso se determinan un factor de fluencia durante el secado, el de fluencia después del secado y un factor exponencial.

El efecto de la temperatura modifica la fluencia básica porque aumenta la velocidad de fluencia con la temperatura, por una parte, y por otra la reduce por la aceleración de la hidratación. Para tomarlo en cuenta, hay que modificar la fórmula básica con varios términos, que dependen de la temperatura. Hay un solo parámetro nuevo dependiente de la composición del hormigón, el que se determina con el mismo procedimiento de los anteriores.

En igual forma, el efecto de la temperatura sobre la fluencia a humedades variables, manteniendo la fórmula básica, requiere que ciertos coeficientes deben hacerse depender de la temperatura para reflejar la aceleración del secado y de la hidratación. En este caso no se introducen nuevos parámetros.

Las cargas cíclicas aceleran la fluencia básica pero no afectan la fluencia adicional debida a secado simultáneo. La fluencia cíclica es un fenómeno no lineal y por ello se hace una descripción simple de la dependencia no lineal de la fluencia con respecto a las tensiones. Finalmente, se evalúan los coeficientes de variación de las desviaciones entre las predicciones de las fórmulas propuestas y los datos experimentales provenientes de las 80 series consideradas en el trabajo completo.

Este trabajo constituye un esfuerzo laudable por desarrollar un método práctico de evaluación de la fluencia lenta, utilizable por los calculistas de estructuras de hormigón armado. Los autores estiman que han llegado a fórmulas suficientemente simples para lograr ese objetivo, sin sacrificar exactitud, pero creen al mismo tiempo, que un cierto número de ingenieros hubiesen deseado fórmulas más sencillas.

Respecto a la exactitud de las predicciones, reconocen que hay grupos de ingenieros que estiman injustificado afinar demasiado estos cálculos, frente al cúmulo de incertidumbres y desviaciones implicadas en el comportamiento de las estructuras de

hormigón armado. No consideran sostenible esta actitud, sin embargo, porque las demandas de reducir los factores de seguridad, manteniendo la confiabilidad y la durabilidad de las estructuras y además el requerimiento de estructuras más esbeltas y más severamente solicitadas, que el ritmo de desarrollo actual está imponiendo a los ingenieros, sólo se pueden satisfacer con modelos y cálculos cada vez más ajustados a la realidad.

E.G.

### Primera aplicación de apoyos anti-sísmicos a fricción: la central nuclear de Koeberg.

RENAULT, J.; RICHLI, M. y PAVOT, B. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, N° 371 (abril 1979), pp. 69-92.

El emplazamiento de una central nuclear requiere un análisis profundo de las condiciones sísmicas propias del sitio elegido y el riesgo sísmico es, para ciertas instalaciones de la central, determinante para el dimensionamiento de las estructuras y aun de los equipos.

Por otra parte la normalización del diseño de las centrales nucleares presenta ventajas considerables desde todos los puntos de vista, y en particular conduce a economizar un estudio que puede durar varios años.

Para obtener una normalización más general y amplia, es necesario que los proyectos elaborados para zonas no sísmicas sean aplicables también, sin modificaciones de importancia, en zonas fuertemente sísmicas.

Con este propósito, la Sociedad Spie-Batignolles, en conjunción con Electricidad de Francia, ha desarrollado un sistema destinado a reducir los efectos horizontales dinámicos de un posible sismo.

La base de la solución consiste en interponer un filtro horizontal general entre

el terreno y la estructura, el cual reduzca las aceleraciones horizontales a un nivel comparable al de zonas de sismicidad baja.

El filtro está constituido por una serie de apoyos, cada uno de los cuales consta de dos partes. La primera es un resorte horizontal y tiene por objeto transformar el primer modo de vibración, que es de flexión con empotramiento en el suelo, en un modo de traslación pura. La segunda está formada de pares de placas, capaces de desplazarse la una con respecto a la otra con un coeficiente de fricción de alrededor de 0.2; las placas superiores están ligadas a las superestructuras y las inferiores a los resortes horizontales.

Gracias a la segunda parte del apoyo, el suelo no puede transmitir a las estructuras una aceleración superior al coeficiente de fricción. Los materiales son neopreno y placas metálicas.

En el trabajo se presentan los estudios matemáticos preliminares, el estudio experimental del aparato de apoyo, la elaboración de la tecnología de fabricación de los apoyos y el método de colocación en obras en la central nuclear de Koeberg.

de diez puntos que cubran un espectro amplio de resistencias, entre 100 y 500 kgf/cm<sup>2</sup>. El procedimiento mismo es una modificación del de ASTM, de agua hirviendo, que mide la resistencia a las 28<sup>1/2</sup> horas. Con las modificaciones introducidas se puede determinar la resistencia a 24, a 28, a 48 o a 72 horas.

En la experiencia del autor el método ha proporcionado resultados consistentes y muy de fiar. Generalmente alrededor del 70% de las predicciones estaban dentro del 5% de aproximación a la resistencia a 28 días y aproximadamente sólo el 5% tenía un error mayor que 15% (pero menor que 20%).

En el trabajo se expone un programa detallado de ensayos acelerados.

Los métodos acelerados se están usando profusamente en proyectos pequeños y grandes y su desarrollo ha sido fuertemente impulsado en los últimos diez años, es de suponer y de esperar que en la próxima década lleguen a ser parte de las especificaciones corrientes de construcción. Se han publicado muchos trabajos sobre el tema y la experiencia recogida será muy útil para los ingenieros de construcción y para la elaboración de normas.

### Utilización de métodos de ensayo acelerados de resistencia.

NAIK, T.R. Utilization of accelerated strength testing methods. *Cement and Concrete research*, vol. 9, n° 1 (enero 1979), pp. 7-17.

Se presentan métodos para predecir la resistencia del hormigón a edades posteriores y se discute las formas de adaptarlos al control de calidad y a establecer la calidad del hormigón tanto en proyectos pequeños como de gran envergadura. El paso más importante del método es, naturalmente, obtener una curva de correlación básica para el conjunto de condiciones del proyecto. Tal curva debe incluir un mínimo

### La descripción de los macizos rocosos en los trabajos de ingeniería.

SOCIEDAD GEOLOGICA DE LONDRES. *Boletín de Información. Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo*, n° 133 (mayo-junio 1979), pp. 3-34.

Este trabajo tiene el muy útil objetivo de proponer un marco integral o *formato* para uniformar y estandarizar la descripción y valoración de los macizos rocosos y facilitar, por lo tanto, el proyecto y construcción racionales de estructuras o excavaciones sobre, o dentro de ese macizo. Intenta además, ayudar la comunicación de hechos

entre partes interesadas.

El primer paso para la valoración de las propiedades técnicas y del comportamiento de los macizos —aspectos ambos que están fuera del alcance de este trabajo— es una buena descripción. En este informe se propone un sistema de descripción en el que se definen y describen *índices* o parámetros del macizo, análogos a los índices de los suelos. Cuando es posible, se recomienda un sistema de ensayos de clasificación con los que pueden determinarse dichos índices.

El macizo rocoso se considera como un material rocoso in-situ que se ha vuelto discontinuo por planos de debilidad, generalmente de origen natural, tales como diaclasas, fallas y planos de estratificación, que pueden clasificarse como discontinuidades. Para caracterizarlo bien es necesario identificar primero la roca matriz.

Entre los parámetros que pueden incluirse en la descripción de la roca matriz están el color, el tamaño del grano, la textura, densidad, porosidad, dureza, meteorización, alteración, durabilidad, resistencia, permeabilidad primaria, velocidad sísmica, módulo de elasticidad, hinchamiento y nombre petrológico. No es necesario, sin embargo, incluirlos todos.

En lo que se refiere al macizo rocoso podrían incluirse la naturaleza y distribución espacial de su estructura (p. ej. estratificación, laminación) y de las discontinuidades, así como su resistencia, módulo de deformación, permeabilidad secundaria y velocidad sísmica.

Aunque estos estudios conducen a una descripción de la roca, se recomienda no hacer distinciones arbitrarias entre suelos y rocas, pudiendo utilizarse el sistema para todo material discontinuo.

El informe va definiendo cada uno de los parámetros mencionados y da información que hace posible clasificar el macizo rocoso; describe las técnicas para la realización de ensayos de clasificación y para la obtención de datos y recomienda dos tipos de hoja o ficha de datos; la ficha de descripción de un macizo y la ficha de reconocimiento de discontinuidades.

**Nuevos métodos ópticos para estudiar el comportamiento de estructuras y materiales.**

CADORET, G. Nouvelles méthodes optiques pour l'étude du comportement des structures et matériaux. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, N° 373 (junio 1979). pp. 25-76.

La evolución de las técnicas de construcción requiere un conocimiento cada vez más profundo del comportamiento de los materiales y del funcionamiento de las estructuras. Entre los medios de investigación usados en el análisis experimental de las deformaciones, los métodos ópticos tienen numerosas ventajas, entre ellas está la de que la interacción con la magnitud que se pretende medir es mínima.

En este trabajo se exponen tres procedimientos ópticos y se describe su utilización en casos específicos.

La holografía hace uso de rayos láser para producir imágenes de interferencia en una placa fotográfica, dando lugar a reproducción tridimensional. Si se registran en un mismo holograma las imágenes de un objeto sometido a dos sollicitaciones diferentes, su interferencia permite caracterizar los desplazamientos de los diversos puntos del objetivo. Con esta técnica se estudió la deformación de losas, se determinó el coeficiente de Poisson, se estableció el campo de deformaciones plásticas en el extremo de una grieta y se obtuvo el estado de tensiones en todos los puntos de modelos elásticos planos de un diente de engranaje y de un marco rígido.

El método de moiré para medir deformaciones es conocido y tiene muchos años de aplicación; sin embargo, está prácticamente limitado a medidas en la superficie. En cambio, esta misma técnica enriquecida por los sistemas de franjas proyectada permite obtener líneas de nivel de objetos *a priori* tridimensionales. Con esta técnica se estudió la inestabilidad elástica de paneles metálicos y la capacidad resistente y

rotación de uniones soldadas.

La fotografía de la granularidad de la superficie también permite deducir los desplazamientos y deformaciones de un objeto. Las superficies difusoras como el hormigón y los metales no pulidos, iluminadas por laser, manifiestan una estructura granular muy fina. Cuando el objeto o una parte de él experimenta un desplazamiento el espectro de granularidad se desplaza conformemente. Con esta técnica se determinó el campo completo de los desplazamientos de las uniones entre paneles prefabricados de hormigón.

### Acondicionamiento térmico de edificios habitacionales.

JANA, D. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1978.

Se ha observado que en la mayoría de los proyectos de construcción no se toma en cuenta, en toda su importancia, la aislación térmica. Del mismo modo, las condiciones climáticas no son consideradas para elegir los materiales más convenientes y las soluciones de construcción más eficaces. Ambas situaciones obligan a los usuarios a efectuar importantes gastos tanto en calefacción o refrigeración de los locales, como en obras periódicas de mantenimiento por deterioro prematuro del edificio.

Estos problemas y sus derivaciones son discutidos extensamente en esta memoria. Fundamentalmente se ha orientado el análisis hacia los edificios habitacionales, por cuanto es en ellos donde se presentan con mayor frecuencia y gravedad estas situaciones. No obstante, los criterios discutidos tienen aplicación en todas las edificaciones, cualquiera sea su género.

Se determinó en primer lugar que las condiciones higrotérmicas que satisfacen las necesidades de confort del hombre, las proporcionan temperaturas del orden de 20°C con humedades relativas que oscilan entre

30°/o y 70°/o además de una ventilación adecuada.

Puesto que para obtener estas condiciones se requiere, en la mayoría de los casos, de aislación térmica, se realizó un detallado estudio de los fenómenos de transmisión del calor a través de la envolvente y de las propiedades termo-aislantes de los materiales. Asimismo, se discutió el nefasto papel de los puentes térmicos, se estudió la producción de vapor en el edificio, las posibilidades de condensaciones - causales de prematuro deterioro - y la necesidad y volumen de ventilación de los locales.

La influencia del clima en la elección de la aislación térmica se incluyó al discutir el método de cálculo de la misma, para lo cual se calculó, además, los grados-día correspondientes a la mayor parte de las ciudades del país.

Finalmente, toda la temática señalada y sus derivaciones fueron aplicadas al estudio crítico de una vivienda típica, la CORVI 132 M, obteniendo importantes conclusiones en cuanto a mejorar su diseño, elección de materiales, etc. Con el fin de hacer más acabado el estudio, se analizó esta vivienda para tres ciudades distintas de la Zona Central y de alta población, como Valparaíso, Santiago y Los Andes, comprobando que a pesar de la cercanía de ellas, existen, debido a las condiciones climáticas, importantes diferencias en el comportamiento de un mismo edificio.

Esta memoria se realizó en IDIEM, bajo la dirección del profesor Gabriel Rodríguez.

### Incendios en edificios altos.

DUMMER, C. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1979.

Este trabajo es un primer estudio de los factores que intervienen en la seguridad contra incendios de los edificios altos. Se clasifican los edificios según su seguridad y luego se hace un breve análisis acerca

entre partes interesadas.

El primer paso para la valoración de las propiedades técnicas y del comportamiento de los macizos —aspectos ambos que están fuera del alcance de este trabajo— es una buena descripción. En este informe se propone un sistema de descripción en el que se definen y describen *índices* o parámetros del macizo, análogos a los índices de los suelos. Cuando es posible, se recomienda un sistema de ensayos de clasificación con los que pueden determinarse dichos índices.

El macizo rocoso se considera como un material rocoso *in-situ* que se ha vuelto discontinuo por planos de debilidad, generalmente de origen natural, tales como diaclasas, fallas y planos de estratificación, que pueden clasificarse como discontinuidades. Para caracterizarlo bien es necesario identificar primero la roca matriz.

Entre los parámetros que pueden incluirse en la descripción de la roca matriz están el color, el tamaño del grano, la textura, densidad, porosidad, dureza, meteorización, alteración, durabilidad, resistencia, permeabilidad primaria, velocidad sísmica, módulo de elasticidad, hinchamiento y nombre petrológico. No es necesario, sin embargo, incluirlos todos.

En lo que se refiere al macizo rocoso podrían incluirse la naturaleza y distribución espacial de su estructura (p. ej. estratificación, laminación) y de las discontinuidades, así como su resistencia, módulo de deformación, permeabilidad secundaria y velocidad sísmica.

Aunque estos estudios conducen a una descripción de la roca, se recomienda no hacer distinciones arbitrarias entre suelos y rocas, pudiendo utilizarse el sistema para todo material discontinuo.

El informe va definiendo cada uno de los parámetros mencionados y da información que hace posible clasificar el macizo rocoso; describe las técnicas para la realización de ensayos de clasificación y para la obtención de datos y recomienda dos tipos de hoja o ficha de datos; la ficha de descripción de un macizo y la ficha de reconocimiento de discontinuidades.

Nuevos métodos ópticos para estudiar el comportamiento de estructuras y materiales.

CADORET, G. Nouvelles méthodes optiques pour l'étude du comportement des structures et matériaux. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, N° 373 (junio 1979). pp. 25-76.

La evolución de las técnicas de construcción requiere un conocimiento cada vez más profundo del comportamiento de los materiales y del funcionamiento de las estructuras. Entre los medios de investigación usados en el análisis experimental de las deformaciones, los métodos ópticos tienen numerosas ventajas, entre ellas está la de que la interacción con la magnitud que se pretende medir es mínima.

En este trabajo se exponen tres procedimientos ópticos y se describe su utilización en casos específicos.

La holografía hace uso de rayos laser para producir imágenes de interferencia en una placa fotográfica, dando lugar a reproducción tridimensional. Si se registran en un mismo holograma las imágenes de un objeto sometido a dos sollicitaciones diferentes, su interferencia permite caracterizar los desplazamientos de los diversos puntos del objetivo. Con esta técnica se estudió la deformación de losas, se determinó el coeficiente de Poisson, se estableció el campo de deformaciones plásticas en el extremo de una grieta y se obtuvo el estado de tensiones en todos los puntos de modelos elásticos planos de un diente de engranaje y de un marco rígido.

El método de moiré para medir deformaciones es conocido y tiene muchos años de aplicación; sin embargo, está prácticamente limitado a medidas en la superficie. En cambio, esta misma técnica enriquecida por los sistemas de franjas proyectadas, permite obtener líneas de nivel de objetos *a priori* tridimensionales. Con esta técnica se estudió la inestabilidad elástica de paneles metálicos y la capacidad resistente y de

rotación de uniones soldadas.

La fotografía de la granularidad de la superficie también permite deducir los desplazamientos y deformaciones de un objeto. Las superficies difusoras como el hormigón y los metales no pulidos, iluminadas por laser, manifiestan una estructura granular muy fina. Cuando el objeto o una parte de él experimenta un desplazamiento el espectro de granularidad se desplaza conformemente. Con esta técnica se determinó el campo completo de los desplazamientos de las uniones entre paneles prefabricados de hormigón.

### Acondicionamiento térmico de edificios habitacionales.

JANA, D. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1978.

Se ha observado que en la mayoría de los proyectos de construcción no se toma en cuenta, en toda su importancia, la aislación térmica. Del mismo modo, las condiciones climáticas no son consideradas para elegir los materiales más convenientes y las soluciones de construcción más eficaces. Ambas situaciones obligan a los usuarios a efectuar importantes gastos tanto en calefacción o refrigeración de los locales, como en obras periódicas de mantenimiento por deterioro prematuro del edificio.

Estos problemas y sus derivaciones son discutidos extensamente en esta memoria. Fundamentalmente se ha orientado el análisis hacia los edificios habitacionales, por cuanto es en ellos donde se presentan con mayor frecuencia y gravedad estas situaciones. No obstante, los criterios discutidos tienen aplicación en todas las edificaciones, cualquiera sea su género.

Se determinó en primer lugar que las condiciones higrotérmicas que satisfacen las necesidades de confort del hombre, las proporcionan temperaturas del orden de 20°C con humedades relativas que oscilan entre

30°/o y 70°/o además de una ventilación adecuada.

Puesto que para obtener estas condiciones se requiere, en la mayoría de los casos, de aislación térmica, se realizó un detallado estudio de los fenómenos de transmisión del calor a través de la envolvente y de las propiedades termo-aislantes de los materiales. Asimismo, se discutió el nefasto papel de los puentes térmicos, se estudió la producción de vapor en el edificio, las posibilidades de condensaciones - causales de prematuro deterioro - y la necesidad y volumen de ventilación de los locales.

La influencia del clima en la elección de la aislación térmica se incluyó al discutir el método de cálculo de la misma, para lo cual se calculó, además, los grados-día correspondientes a la mayor parte de las ciudades del país.

Finalmente, toda la temática señalada y sus derivaciones fueron aplicadas al estudio crítico de una vivienda típica, la CORVI 132 M, obteniendo importantes conclusiones en cuanto a mejorar su diseño, elección de materiales, etc. Con el fin de hacer más acabado el estudio, se analizó esta vivienda para tres ciudades distintas de la Zona Central y de alta población, como Valparaíso, Santiago y Los Andes, comprobando que a pesar de la cercanía de ellas, existen, debido a las condiciones climáticas, importantes diferencias en el comportamiento de un mismo edificio.

Esta memoria se realizó en IDIEM, bajo la dirección del profesor Gabriel Rodríguez.

### Incendios en edificios altos.

DUMMER, C. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1979.

Este trabajo es un primer estudio de los factores que intervienen en la seguridad contra incendios de los edificios altos. Se clasifican los edificios según su seguridad y luego se hace un breve análisis acerca

del comportamiento de los materiales de construcción frente al fuego, comentando, además, algunas normas que se utilizan para ensayarlos.

Luego se hace un estudio con el objeto de determinar la situación actual de los edificios de la ciudad de Santiago, frente a un posible incendio. Para esto se hizo una encuesta técnica a los edificios altos auscultando en ellos tanto la preparación del edificio frente a un posible incendio, como la de sus ocupantes. A base de ella se calculó también la carga combustible de un edificio tipo, lo que permite ubicarlo dentro de las clasificaciones propuestas.

Finalmente se sacan conclusiones generales y se hacen sugerencias que podrían contribuir a aumentar la seguridad contra incendios, tanto de los edificios existentes como en los por construirse, con miras a una futura legislación técnica.

Este trabajo fue realizado en IDIEM bajo la dirección del profesor Gabriel Rodríguez J.

### Estudio, ensayo y especificaciones mínimas para el uso de anhidrita armada.

HIDALGO, E. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, marzo 1979.

La anhidrita, sulfato de calcio anhidro, tiene un amplio uso en obras civiles. Por sus propiedades aglomerantes así como ventajas económicas, puede constituirse en un buen sustituto del hormigón para una solución habitacional en todo el norte grande de nuestro país.

En el trabajo se presentan las características más importantes de la anhidrita; se estudia una elaboración y activación adecuada, así como la agresividad hacia las barras de acero.

Se exponen los estudios de anhidrita consistentes en ensayos de adherencia por

flexión y de flexión simple en vigas. Se entregan los resultados obtenidos y se comparan con idénticas probetas en hormigón.

Se concluye que la anhidrita presenta características que aseguran su promisoría utilización en la confección de elementos armados.

Esta memoria fue realizada en IDIEM y dirigida por el profesor E. Retamal.

### Potencial de corrosión de suelos de fundación.

GARGANI, G. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, abril 1979.

Uno de los principales objetivos del presente trabajo ha sido recopilar antecedentes teóricos y experimentales aparecidos en diversas publicaciones chilenas que abordan el tema de la agresividad de suelos para enfocarlo hacia el ataque al hormigón y al acero empleados corrientemente en las obras de ingeniería. Mayoritariamente estos trabajos, publicados o inéditos, han sido enfocados hacia fines agrícolas y se encontraban dispersos y con un cierto grado de desvinculación entre ellos.

En esta memoria, aparte de la finalidad anterior, se ha intentado desarrollar y aplicar una metodología simple que permita medir en Chile, con los elementos con que ya se cuenta, el grado de agresividad de los suelos.

En tercer lugar se han realizado algunas aplicaciones y mediciones, tanto de terreno como de laboratorio, con la finalidad principal de poner a punto los procedimientos y métodos recopilados, previa compatibilización de ellos con los equipos y recursos disponibles.

Las mediciones se han realizado en Santiago, sector de Lo Curro, y sus resultados en lo referente a sus conclusiones y proyecciones deben considerarse sólo como probables tendencias, dado el escaso número

de mediciones efectuadas.

Dentro del marco anterior se concluye que los suelos de Santiago que se han estudiado, particularmente los de las áreas nor-orientales, que corresponden a suelos finos, presentan un grado de agresividad que afectaría medianamente al acero y muy débilmente al hormigón.

Esta memoria se realizó en IDIEM y fue dirigida por los profesores P. Acevedo y M. Poblete.

### Análisis del grado de empotramiento en fundaciones de galpones.

DANERI, A. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, agosto de 1979.

Se plantea una metodología para obtener giros de fundación admisibles en galpones metálicos. Para tal efecto se analiza la influencia que tiene dicho giro en el grado de empotramiento de la base de los pilares y, consecuentemente, en la redistribución de tensiones en la superestructura. Tanto el desplazamiento horizontal como el vertical en la base de los pilares se suponen nulos.

Se analizaron galpones apoyados sobre zapatas y pilas de fundación con restricción lateral del suelo. El apoyo se modeló mediante un sistema de resortes de rigidez muy grande para los corrimientos verticales y horizontales. Para resolver el problema se empleó un programa de computación basado en el lenguaje ICES-STRUDL.

Con el fin de obtener un criterio de diseño simple se procedió a determinar los giros admisibles que pudieran aceptar para no sobrepasar en la estructura un cierto valor de las tensiones de trabajo. Con un número de 10 galpones representativos de diversas rigideces y geometrías se concluye que un giro admisible de  $1/300$  rad constituye una cota máxima aceptable para el dimensionamiento de las fundaciones.

Esta memoria se realizó en IDIEM y fue dirigida por el profesor P. Ortigosa.

### Análisis de algunas soluciones para disminuir los deslizamientos de taludes durante sismos.

VALDES, H. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, junio 1979.

Se realizó un estudio empírico teórico aplicado al caso de las dunas de Reñaca, zona considerada como una de las más relevantes en problemas de deslizamientos de taludes durante terremotos.

El análisis se basa en el concepto de bloques deslizantes de Newmark y la modelación característica utilizada supone lo siguiente; 1) el talud de análisis se representa por un plano inclinado limitado por dos planos horizontales; 2) propiedades homogéneas del suelo del talud hasta una profundidad mayor a la de la falla, 3) el movimiento sísmico produce aceleraciones uniformes dentro de la masa de suelo que desliza en toda la altura del talud, 4) bajo las líneas que identifican la superficie potencial de falla del talud no hay deslizamientos.

Con esta modelación, se determina el nivel de aceleración  $K_f$  que inicia el desplazamiento, el cual es función de las propiedades geométricas del talud y de las propiedades de resistencia del suelo movilizadas en la superficie de falla.

El deslizamiento acumulado se obtiene por integración de las aceleraciones relativas entre la masa de suelo que desliza y la zona basal. El máximo desplazamiento admisible depende de las limitaciones impuestas por las estructuras emplazadas en el talud o por el cambio tolerable de su geometría. Para un talud y un sismo dado existe una inclinación máxima admisible. Cuando la inclinación es mayor se debe reducir, y como solución se colocan estruc-

turas de contención que permitan disminuir al ángulo al valor determinado anteriormente.

Se realizó un análisis sobre la incidencia en la estabilidad de taludes de las siguientes propiedades: cohesión aparente, longitud del talud, ángulo de fricción interna del suelo inclinación del talud y peso unitario del suelo.

Para el diseño de las estructuras de contención se consideraron las solicitaciones dadas por el análisis de Mononobe-Okabe, y un modelo en el cual se supone que el muro está solicitado por fuerzas equivalentes a las que tendría una prolongación ficticia del talud.

Una comparación de los resultados obtenidos por ambos procedimientos indica que las mayores diferencias en las presiones dinámicas pueden llegar a un 50%, siendo menores las de Mononobe-Okabe, cuando se utiliza en los métodos el coeficiente  $K_f$  correspondiente al de deslizamiento admisible. Pero, cuando se introduce en Mononobe-Okabe el coeficiente de máxima aceleración sísmica, se obtienen presiones dinámicas mayores que por el otro método, cuya diferencia puede llegar a un 57% aproximadamente en los casos analizados.

Los coeficientes de seguridad para el diseño de las estructuras de contención que conformen una solución propuesta, corresponden al estado de falla del conjunto, es decir, se considera un factor de seguridad teórico igual a la unidad.

Esta memoria se realizó en IDIEM y fue

dirigida por el profesor H. Musante.

### Deterioro y envejecimiento de recubrimientos en la construcción.

DREYSE, C. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1979.

Se analizan los diferentes factores de envejecimiento de la vivienda, en especial el climático que está directamente relacionado con los materiales de recubrimiento. Dentro de estos últimos se destacan, por su amplio uso en la construcción, los barnices y las pinturas, de los cuales se hace un análisis en detalle. Debido a la importancia económica que revisten, se estudian éstos bajo los ensayos de envejecimiento atmosférico natural y acelerado, que permiten determinar la resistencia de ellos a la intemperie.

Experimentalmente se ensayaron seis tipos de pinturas diferentes, aplicadas sobre base de madera y de acero, exponiéndolas tanto a la atmósfera natural como a la atmósfera artificial, de modo de determinar sus calidades y respuestas de uso.

Las experiencias se hicieron especialmente en la Estación Experimental de Cerrillos y se contó con la colaboración del Sr. José Saavedra, de la Sección Química de Materiales.

La memoria se realizó en IDIEM, bajo la dirección del profesor Gabriel Rodríguez.