
BIBLIOGRAFIA

El terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Informe preliminar.

ESPINOZA, A.F., editor. *The guatemalan earthquake of february 4, 1976. A preliminary report.* Geological Survey Professional Paper 1002. United States Government Printing Office, 1976, 90 pp.

Este informe consta de varios trabajos que abordan los aspectos fundamentales del terremoto de Guatemala de febrero de 1976. Tiene el carácter de preliminar porque pueden cambiar algunos detalles y modificarse las conclusiones tras un análisis exhaustivo de los datos existentes o de nuevos datos que aporten otros estudios en el terreno.

Las contribuciones a esta publicación son: Tectónica y sismicidad de la región, por W. Spence y W. Person; Registros de actividad sísmica anteriores al terremoto, por D.H. Harlow. El terremoto y las principales réplicas según datos telesísmicos, por W. Person; W. Spence y J.W. Dewey. Parámetros del origen del terremoto de datos telesísmicos, por J.W. Dewey y B.R. Julian; Registros del terremoto y de la réplica del 18 de febrero; Réplicas según los datos locales, por Ch.J. Langer, J.P. Whitcomb y A. Aburto Q.; Efectos geológicos, por G. Plafker, M.G. Bonilla y S.B. Bonis; Distribución de las intensidades y parámetros de foco según observaciones en el terreno, por A.F. Espinoza, R. Husid y A. Quesada; Daños y consecuencias desde el punto de vista de la ingeniería, por R. Husid, A.F. Espinoza y A. Quesada, y Observaciones de ingeniería estructural en la Ciudad de Guatemala, por K.V. Steinbrugge.

Los resultados principales son que el terremoto tuvo magnitud 7.5 en la onda

superficial, se generó por deslizamiento lateral izquierdo de la falla de Motagua y se sintió en un área de por lo menos 100000 km². Produjo más de 22700 muertos y 76000 heridos y pérdidas por 1100000 dólares en primera estimación.

Se observaron agrietamientos del suelo en una distancia de aproximadamente 240 km a lo largo de un segmento de la falla. La longitud total de la falla es del orden de 300 km deducida de las réplicas y de la alta concentración de daños al oeste de la Ciudad de Guatemala. El deslizamiento horizontal máximo medido en la falla, cerca de 25 km al norte de la Ciudad de Guatemala, fue de 325 cm; el horizontal medio 100 cm.

Hubo numerosos deslizamientos de tierra, uno de ellos, cerca de Tecpan, sepultó dos pequeños pueblos y represó un río.

Guatemala tiene tres zonas principales generadoras de sismos. La primera, con el mayor nivel de sismicidad, es la zona Benioff que se sumerge en dirección noreste debajo de Guatemala y se debe a que la placa de Cocos empuja por debajo de la placa del Caribe. La segunda está a baja profundidad a lo largo de la cadena de volcanes activos. La tercera es el sistema de fallas que bisecta a Guatemala de este a oeste. En este último sistema se originó el terremoto de febrero.

El terremoto principal fue seguido por miles de réplicas. Los epicentros de 78 de ellos determinados por registros locales delinean la falla de Motagua y varias fallas secundarias.

La intensidad máxima en la escala Mercalli fue IX en el área de Mixco, en algunas zonas de la Ciudad de Guatemala y en Gualán. En una región de 33000 km² la intensidad

alcanzó grado VI. La concentración de altas intensidades observadas en la cercanía de la parte occidental de la falla de Motagua sugiere la influencia de una rotura propagada hacia el oeste.

En un área de 1700 km² hubo daños de 100% en pequeños pueblos y localidades. Hubo villorrios con construcciones de adobe cerca de la falla (dentro de 10 km) que no sufrieron daño; sin embargo, a mayores distancias, en las zonas de cerros, las construcciones de adobe fallaron en gran número. En la Ciudad de Guatemala sufrieron daños edificios modernos diseñados para resistir sismos, incluyendo varios hospitales, estanques elevados, silos de acero corrugados y parapetos.

La información reunida en este estudio será útil para conformar los riesgos sísmicos en Guatemala y reducir las pérdidas de vida y de bienes en terremotos futuros. También servirá para evaluar los efectos que se pueden esperar en terremotos del mismo tipo en otras ubicaciones geográficas.

Racionalización de las armaduras.

NETHERLANDS COMMITTEE FOR CONCRETE RESEARCH *Rationalisatie wapening. Deel I. CUR, Informe 74* (octubre 1976), 200 pp.

Para racionalizar las armaduras es importante comprender claramente todo el proceso de fabricación en hormigón armado. Con tal propósito, este informe se inicia con una descripción detallada de los procedimientos actuales de preparación de la enfierradura, tanto los tradicionales como los mecanizados. Es obvio que las operaciones realizadas en la obra y aquellas ejecutadas en taller tienen características propias diferentes. Este análisis se completa con el estudio de la distribución de costos, en los cuales influyen muchos factores: se llega a señalar 14, que se consideran como cifras índices para determinar el costo estándar. Se dan ejemplos de cálculo del tiempo estándar, seguidos por la descripción del método de computación

usual y por una visión de lo que sucede en otros países.

En los capítulos que constituyen la parte medular del informe se hacen análisis detallados de los costos parciales. Se hace referencia al tipo o calidad del acero, a la longitud comercial de las barras, al corte y doblado de ellas, al uso de un número limitado de diámetros, a la elección del diámetro, a las barras auxiliares, a los traslapos y uniones de las barras, a los espaciadores y al uso de mallas unidas en fábrica con soldadura de punto.

Los datos obtenidos de la comparación de 39 variaciones de armadura para un tipo de piso dejan en claro, aparte de otra información, el efecto en el costo de varios métodos de disposición de la armadura.

Es recomendable limitar el número de diámetros y longitudes de barras, aunque no se puede cerrar el paso al desarrollo de nuevos tipos de acero, lo que, desgraciadamente, conspira contra la racionalización. Se hace un llamado a adoptar cuanto antes la serie de diámetros del CEB y se muestra con ejemplos que, si bien ocasionalmente puede ser mayor la cuantía efectiva, su uso va en favor de la racionalización. Las pérdidas por recortes deben reducirse al mínimo y en este aspecto el proyectista y el dibujante deben colaborar, y en su beneficio se presentan sugerencias, como por ejemplo, la manera óptima de cortar las barras de longitudes comerciales.

Se comparan las diferentes formas geométricas en que se pueden doblar las barras y se compulsan sus ventajas y desventajas, tanto desde el punto de vista del proyectista como del constructor. La simplificación de la disposición de las armaduras, además de disminuir errores, baja los costos.

Favorable, también, es aumentar los espacios entre las barras, sin sacrificar la seguridad a la fisuración, porque se reduce el número de cruces y de amarras, siendo el costo de amarras uno de los ítemes fuertes en la preparación de las enfierraduras. Los varios métodos de unión de barras (soldadura eléctrica o al gas, traslapos, manguitos) tienen diferentes costos y es necesario tener

clara conciencia de sus dificultades prácticas y de los factores de costo implicados.

Las principales conclusiones de este trabajo pueden resumirse como sigue:

Limítense el número de diámetros de barras por cada parte estructural y por cada proyecto; úsese sólo diámetros normales; úsese el menor número posible de barras para una cuantía dada; especifíquese sólo el número de amarras estrictamente necesarias para la rigidez de la armazón de barras; limítense el número de formas de barras dobladas tanto como sea posible; trátense de que las barras cortas sean las que se doblen y de que las largas se usen rectas; úsese separadores e indíquese en los planos su número y ubicación; úsese estribos de una sola clase y diámetro de fierro, dentro de lo posible; indíquese en los planos la posibilidad de usar formas alternativas de estribos; téngase presente las longitudes comerciales de las barras. Recuérdese que, dentro de plazos mayores, se pueden ordenar barras de otras longitudes; inténtese disponer las armaduras de manera que se pueda sustituir por malla soldada por puntos sin grandes cambios. Al elaborar los planos de enfierradura tómesese en cuenta las desviaciones de dimensiones; recuérdese que el uso de soldadura de tope y uniones por manguito y el uso de varios aceros de alta resistencia exigen operaciones especiales y control estricto, y téngase presente que la fabricación en serie y una buena preparación previa son favorables a la racionalización.

Correlación entre la resistencia del mortero de cemento a 28 días y la obtenida por curado acelerado.

CHRIS, S. Correlation of strength of cement mortar cured by 28-day standard and accelerated methods. *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 4, n° 6 (noviembre 1976), pp. 440 - 443.

Los métodos de predicción de resistencia a 28 días a partir de ensayos acelerados estipulan, naturalmente, que tales predic-

ciones deben hacerse sobre la base de correlaciones previas establecidas para cada variable de la mezcla, especialmente calidad y cantidad de los materiales, incluidos los aditivos. Esto requiere un número grande de correlaciones separadas y un tiempo largo para obtenerlas. Es, en consecuencia, deseable buscar un método que pueda ser aplicado con alguna generalidad, por lo menos a la mayor parte de los casos y el objetivo de este trabajo es iniciar las investigaciones preliminares en esa dirección.

Se decidió elegir como única variable la calidad del cemento y se adoptó el método ASTM C 109-73, Ensayo de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico.

Se usaron doce cementos provenientes de cuatro fábricas diferentes con composición química y grado de finura variables entre ellos. Una serie de probetas sirvió para establecer la resistencia estándar a 28 días; tres series adicionales se utilizaron para obtener resistencias aceleradas, todas ellas se mantuvieron en curado húmedo durante 1 día y a continuación se curó una de ellas durante 1 día, otra durante 2 días, y la tercera durante 3 días en un baño de agua a 95°C.

Se establecieron varias correlaciones empíricas basadas en un análisis de regresión de los datos, dos de las cuales se consideran satisfactorias.

Aunque no se piensa que sea concluyente, la presente investigación permite señalar las siguientes consideraciones.

Aparece como posible un procedimiento unificado para predecir la resistencia a 28 días sin tener que desarrollar relaciones individuales para cada tipo de cemento de calidad diferente.

Las correlaciones adoptadas son funciones de la razón de aceleración de la resistencia y de la posición y forma de las curvas de resistencia acelerada en función del tiempo.

La correlación que toma en cuenta el conjunto de resistencias a 1, 2 y 3 días es más confiable, ($r = 0.95$), que la que se basa sólo en las resistencias a 1 y 2 días, ($r = 0.85$).

La correlación a base de la resistencia a 1 día tiene un coeficiente de correlación muy bajo ($r = 0.56$).

Hormigón con polímeros.

ACI. *Polymers in Concrete*. Report n° 548. 1977, 92 pp.

Este informe ha sido preparado por el Comité del ACI sobre Polímeros en Hormigón y da una visión actualizada del desarrollo y de las aplicaciones de compuestos de hormigón con polímeros. Hay tres tipos de compuestos en que se incorporan polímeros al hormigón: 1) hormigón normal ya endurecido el cual se impregna con un monómero que posteriormente se polimeriza en sitio; 2) hormigón fresco al cual durante la revoltura se le agrega un monómero o un polímero y posteriormente se realiza el curado o bien la polimerización en sitio después de que el hormigón haya endurecido y, 3) polimerización de una mezcla de un monómero y un árido en la cual el polímero actúa de aglomerante.

El informe describe cuáles son los monómeros y polímeros que se usan en los tres tipos de compuestos, los procedimientos para la preparación de éstos y sus propiedades. Presenta, también, una síntesis del estado del conocimiento sobre proyectos de ingeniería con los compuestos 1) y 3) y una exposición de las aplicaciones de hormigones con polímeros que ya se han llevado a cabo o que se tienen en vista tanto en EUA como en otros países.

El rápido desarrollo que ha experimentado el uso de hormigón con polímeros en los últimos años se debe a sus variadas perspectivas en numerosas aplicaciones en la construcción, en conjunción con características de resistencia, rigidez y durabilidad muy favorables. Al comienzo se limitó sus usos al campo no estructural; sin embargo, en la actualidad, el interés se está centrando cada vez más hacia las potencialidades estructurales del hormigón polimerizado tanto simple como armado.

Hasta el momento se han usado en carpe-

tas de puentes camineros, en reparaciones y recubrimientos de pavimentos de puentes, paneles murales prefabricados, tuberías, pontones de hormigón liviano para usos marítimos y aplicaciones en plantas desalinizadoras.

Esta publicación puede solicitarse al American Concrete Institute y su valor es de US\$ 6 para socios del ACI y US\$ 9 para no socios.

La naturaleza y las propiedades de los materiales usados en ingeniería.

JASTRZEBSKI, Z.D. *The nature and properties of engineering materials*. John Wiley & Sons Inc.

Segunda edición (1976), 633 pp.

Esta obra de Jastrzebski fue publicada en su primera edición en 1959 y en esta segunda se han producido algunas modificaciones: en primer lugar en la presentación, que viene en formato algo mayor y con una composición más clara y legible y en segundo en la ordenación de las materias, que ahora se atienden a un plan de separarlas más netamente en una primera parte conceptual basada en la Ciencia de los Materiales y otra en que se analiza la respuesta de los materiales a diversos estímulos externos. Además, algunos capítulos, como polímeros y materiales compuestos, se han ampliado. Todos estos cambios agregan méritos a los muchos que tenía la primera edición y la ponen más al día.

Como bien expresa el autor en el prefacio, "para entender la naturaleza y las propiedades de los diversos materiales se necesita un amplio espectro de conocimientos de varias ciencias y tecnologías. El notorio progreso de la ciencia de los materiales ha hecho posible numerosos adelantos en el proceso y fabricación de materiales y en sus aplicaciones. Así mismo al proporcionar una mejor comprensión de la naturaleza fundamental de los materiales, ha hecho posible la integración efectiva de los principios teóricos de varias disciplinas científicas y de ingenie-

ría en el enfoque unificado y amplio de todas las clases principales de materiales usados en ingeniería. Este libro presenta ese enfoque”.

Está dividido en 15 capítulos. En el capítulo 1 se da una visión general de la estructura atómica y electrónica y se explica la naturaleza de las fuerzas de atracción atómica y moleculares. A continuación, capítulo 2, se trata la estructura de los sólidos cristalinos y amorfos; los equilibrios y transiciones de fase, capítulo 3; los defectos e imperfecciones de los sólidos, capítulo 4; los procesos de difusión y cristalización, capítulo 5; y los fenómenos superficiales y de interfaces. Estos seis capítulos, y buena parte de los dedicados a propiedades electrónica, capítulo 11; a propiedades magnéticas, capítulo 12, y a propiedades térmicas, capítulo 13, dan la base para comprender la respuesta de los materiales a las fuerzas externas, que se desarrolla en el capítulo 7, en sus aspectos de elasticidad, plasticidad y fluencia, y resistencia y rotura; y para explicar los efectos de los procesos de fabricación en la micro y macroestructura de los metales, cerámicos, vidrios y polímeros, capítulo 8 a 10, y las propiedades de los materiales compuestos —incluido el hormigón— y de los procedimientos de unión.

Este libro, cuyo objetivo primario es la docencia, ofrece, sin embargo, muy buenas perspectivas a los ingenieros que desean entender mejor los materiales que usan en sus funciones profesionales, y les puede servir de apoyo para internarse más profundamente en problemas específicos complicados de materiales.

Ensayos de materiales por ultrasonido.

KRAUTKRAMER, J. y KRAUTKRAMER, H. *Ultrasonic testing of materials*. 2ª edición, Springer — Verlag, 1977. 667 pp.

En esta una segunda edición de la traducción inglesa de la tercera edición alemana de esta obra, que salió a la circulación en

1975 y que desde su versión primera fue muy bien recibida y muy consultada.

La obra está dividida en cuatro partes. La primera aborda los principios físicos del ensayo ultrasónico de materiales, a partir de la propiedad de las ondas, de su transmisión, atenuación y modificación por obstáculos y discontinuidades. También se refiere a la generación y recepción de ondas ultrasónicas.

Las partes restantes desarrollan los aspectos prácticos y de aplicación del método. Así se exponen los métodos e instrumentos para ensayos ultrasónicos de materiales, las técnicas generales de ensayos y problemas relacionados con casos especiales. Los métodos ultrasónicos son especialmente aplicables al acero, otros materiales caen dentro del rubro de los casos especiales y entre ellos esta obra se refiere al hormigón, a cerámicos y vidrios, a plásticos, a gomas, a maderas y otros.

La obra está destinada a los técnicos e ingenieros relacionados con la tecnología de los materiales, el control de calidad en la industria metalúrgica y en universidades e institutos dedicados a la investigación.

Esta edición incorpora la más recientes novedades sobre el tema, lo que significa una actualización y puesta al día de las ediciones anteriores.

Estudio experimental de reparación de muros de albañilería.

OLIVARES, J. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, enero 1977.

En Chile, país de alta sismicidad, las albañilerías de ladrillo y de bloques huecos se encuentran entre los elementos que más daño sufren en los terremotos. En los últimos que se han producido en la zona central del país, conjuntos numerosos de viviendas de este tipo han quedado severamente dañadas.

dos por grietas características. Posteriormente fue necesario repararlas y hubo que recurrir a procedimientos desarrollados ad hoc, en especial por el ingeniero Santiago Arias S.

Si bien estas soluciones y, otras que se conocían, estaban basadas en un sano y sólido criterio de ingeniería, hacía falta obtener una estimación cuantitativa de su eficacia. Este fue el propósito de este trabajo.

Basándose en las solicitudes más críticas que afectan a las albañilerías durante un sismo se estimó cuáles eran las grietas con más probabilidad de originarse y se formuló un plan experimental para provocar esos tipos de grietas, aplicarles las diversas soluciones de reparación y medir la resistencia y efectividad de cada una de ellas.

El programa experimental consistió en preparar tres series de probetas: una formada por probetas de dos o tres elementos que se ensayaron a tracción y a cizalle; otra por muritos de 1 m x 1 m y la tercera por muros de 2.40 x 2.40 m, que se ensayaron a cargas estáticas horizontales contenidas en su plano. En cada caso hubo series formadas por ladrillos chonchón, ladrillos rejilla y bloques huecos y en todas ellas se aplicó carga hasta producir la grieta o rotura, tomándose otros datos adicionales, y posteriormente se aplicaron las reparaciones.

Los tipos de reparaciones usadas fueron: pegado con resina epóxica, pegado de platabandas de acero con resinas epóxicas, costura con barras de acero alojadas en perforaciones que atravesaban la grieta y adheridas con mortero, y aplicación de llaves de hormigón a través de la grieta; por dificultades experimentales no se incluyeron soluciones con inyección de mortero.

Después de la reparación se repetían los ensayos realizados en la probeta original hasta producir nuevamente la grieta o rotura. Se comparaban las resistencias y las rigideces entre ambas.

En este trabajo se obtuvieron resultados sobre las resistencias específicas de cada solución y de ellos se puede deducir las dimensiones y las distancias máximas de los elementos que las componen, lo que permitirá calcular futuras reparaciones. Estos valores son válidos para cargas estáticas en el plano del muro, pero podrían extenderse, con algunos ajustes, al caso de cargas dinámicas.

En la parte final se dan recomendaciones para la ejecución de las reparaciones basadas en la experiencia obtenida durante su realización.

Este trabajo fue realizado en la Sección Investigación y Ensayos de Estructuras del IDIEM y fue dirigido por el profesor Ernesto Gómez.