
BIBLIOGRAFIA

El terremoto de la Ensenada Prince William (Alaska), de 1964, y sus réplicas.

ENVIRONMENTAL SCIENCE SERVICES ADMINISTRATION. *The Prince William Sound, Alaska, earthquake of 1964 and aftershocks*. Volume II, Part A. U.S. Department of Commerce, 1967. XVII + 392 pp. + 1 plano plegado + apéndice. Se vende en Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 20402. US\$ 5,50.

Un terremoto es la ocasión que permite a los ingenieros poner a prueba sus hipótesis y sus ideas acerca del diseño antisísmico. En este sentido cada terremoto que ocurre debiera utilizarse como un vasto hecho experimental de donde extraer enseñanzas para avanzar en el conocimiento de los fenómenos sísmicos.

Así se ha hecho con el terremoto de Alaska de 27 de marzo de 1964, con epicentro en la ensenada de Prince William, magnitud 8,4 Richter, que afectó varias ciudades, principalmente Anchorage situada a 75 millas al oeste del epicentro.

El estudio posterior que se hizo de este terremoto es un buen ejemplo de una acción coordinada para aprovechar la experiencia. Varias instituciones de EUA relacionadas con sismología e ingeniería antisísmica desplegaron esfuerzos combinados para reunir información en la zona afectada y elaborar un informe de síntesis con las conclusiones más importantes.

El resultado de estos esfuerzos conformará una obra de tres volúmenes preparada por Environmental Science Services Administration (ESSA) de EUA. De ella ya han sido publicados el primer volumen y la parte A del segundo, la cual comentamos en esta nota; faltan aún por editarse las partes B y C, que completan el segundo volumen, y el volumen tercero.

En esta parte A se hace un estudio de los daños sufridos por varios edificios en Anchorage y alrededores, y de los cinco principales deslizamientos de tierra que se produjeron en esa ciudad.

Es importante señalar que en Anchorage había edificios de hasta 14 pisos construidos con técnicas modernas y que además la Ordenanza de Construcciones exigía considerar efecto sísmico en las solicitudes de cálculo; pese a ello hubo daños de consideración en varios edificios.

Introducción. K.V. Steinbrugge pp. 1-6, 2 figuras.

En el primer artículo de este volumen, se hace una introducción con los aspectos generales del terremoto.

Daños en los edificios. K.V. Steinbrugge, J.H. Manning y H.J. Degenkolb et al. pp. 7-218, 398 figuras.

Como no había acelerógrafos instalados, las características principales del movimiento tuvieron que deducirse aproximadamente, a partir de algunas hipótesis y de observaciones indirectas. Así, se establece que los períodos predominantes fueron de medio segundo o mayores, ya que las vibraciones de corto período se atenúan muy rápidamente con la distancia al epicentro y ya que los registros de réplicas obtenidos con acelerógrafos instalados después del sismo, indicaron que predominaban las oscilaciones de período largo.

La aceleración horizontal se estima que fue del orden de 0,16 g y la vertical menor que ésta.

La duración del terremoto fue larga en comparación a casos anteriores conocidos; se ha estimado que el intervalo destructivo (aceleración igual o mayor que 2% de la gravedad) fue superior a 3 minutos.

La mayoría de los daños espectaculares estuvieron relacionados con los deslizamientos de suelo. En cuanto al comportamiento de construcciones típicas se señala que, en general, las viviendas de uno o

dos pisos, tanto de madera como de estructura metálica, no sufrieron daños. Las viviendas de albañilería de ladrillo o de bloques huecos, como clase, tampoco se dañaron, al revés de lo que ha sucedido en otros terremotos. Esta diferencia se atribuye al largo período del movimiento y al hecho de que muchas de las albañilerías estaban armadas con barras de acero. Los edificios de hormigón armado de hasta 4 o 5 pisos no presentaron, en general, daños estructurales. Los edificios altos, fueran de hormigón armado o de estructura de acero, sufrieron, en su mayoría, daños estructurales de importancia. Con bastante frecuencia los daños se produjeron en las vigas de antepecho-dintel (spandrel beam) entre machones de muros.

Con especial extensión se analiza lo que sucedió a 20 construcciones con pisos y techos estructurados con vigas T de hormigón precomprimido prefabricadas, pues muchas de ellas resultaron dañadas. Las vigas en sí no fallaron, pero las construcciones mismas sufrieron más que otras similares con distintos sistemas de pisos o techos. Las fallas se atribuyen a defectos de las uniones entre extremos de vigas adyacentes, entre paños de cubierta, o entre éstos y los elementos de apoyo; al parecer las uniones en este tipo de construcción son menos eficaces que las que se logran en estructuras de madera, metálicas o de hormigón en sitio, y surge la duda de si esto es consecuencia necesaria de las características de este tipo de construcción o si hay posibilidades de encontrar soluciones mejores.

Por la importancia estructural o económica de las fallas de varios edificios, se describen y analizan individualmente 21 casos específicos, la mayor parte de ellos edificios altos.

En todos se detalla la estructura y las características constructivas presentando los planos generales y en muchos casos los de detalles estructurales. Además, se reproduce una profusión de muy buenas fotografías de conjunto, tanto de antes del terremoto como de después, y de detalles de fallas producidas. En cada uno de los casos se describen los modos de fallas, intuyéndolos en cierto modo de la manera de funcionar de la estructura antes que basándose en cálculos elaborados. Hay sin embargo acopio de material y de información suficiente para hacer tales cálculos

en la mayor parte de los casos.

Cada uno de los casos presentados plantea algún problema interesante; no los revisaremos todos, bastarán algunos ejemplos.

Los edificios Monte McKinley y el 1200 L eran casi idénticos en construcción y orientación; estaban fundados en suelos semejantes, pero a un kilómetro y medio de distancia entre sí. Los daños experimentados fueron casi idénticos. De allí el interés que revisten, lo cual se refleja en una descripción especialmente extensa de cada uno de ellos, incluyendo 5 planos y 28 fotografías. Además en el mismo volumen aparece un artículo por W.K. Cloud sobre medidas de vibraciones forzadas hechas en el edificio McKinley después del terremoto y otro artículo por J.A. Blume sobre el análisis estructural dinámico de ese mismo edificio.

Estos edificios eran de 14 pisos más subterráneo, fundaciones de zapatas corridas, estructura de hormigón armado, muros exteriores soportantes formados por machones de toda la altura del edificio conectados entre sí por vigas antepecho-dintel. Interiormente tenían pilares de hormigón armado y un sistema de muros armados que formaban las cajas de escaleras y de ascensores. Los pisos eran de hormigón armado. Se supone que el cálculo antisísmico se hizo conforme a la versión de 1949 del Uniform Building Code (UBC) con el factor de zona sísmica 2, lo que significa considerar fuerzas horizontales en cada piso de valor $F = CW$, en que W es el peso propio que tributa en el piso considerado y C vale:

| | |
|---------------------------------|---|
| $\frac{0,30}{N + 4\frac{1}{2}}$ | para pisos, techos, columnas y elementos de arriostramientos; |
| 0,10 | para muros exteriores o interiores |
| 0,50 | para parapetos, etc. |
| 0,06 | para estanques, chimeneas y otras estructuras similares aisladas. |

En el edificio Mt McKinley se produjo en la fachada norte una cortadura a través de un machón en todo su espesor a la altura del tercer piso, grietas en X en las vigas de antepecho centrales y grietas horizontales en las vigas de antepecho extremas; en la fachada sur los daños fueron de las mismas características pero menos

pronunciados, y en las fachadas este y oeste en las vigas de cada fila vertical de ventanas se presentaron grietas de un mismo tipo: en algunas filas, grietas en X y en otras, horizontales. El daño total se avaluó en el 40% del valor del edificio.

Los daños se atribuyen a flexión algunos y otros a esfuerzo de corte; entre éstos especialmente las grietas en X mencionadas anteriormente.

Se afirma que el UBC en vigencia probablemente exigiría una resistencia horizontal mínima tres veces superior a la que establecía la versión de 1949 para este edificio; o sea, según las ideas actuales el edificio estaba insuficientemente estructurado para esfuerzos horizontales. En un apéndice de este artículo se comparan las sollicitaciones resultantes del cálculo aproximado corriente (puntos de inflexión a media altura o a mitad de la luz) suponiendo las exigencias del UBC 1952 zona 2, con las que resultan del cálculo riguroso (por computadora) tanto con las exigencias del UBC 1952 zona 2, como con las del UBC 1961 zona 3, que se aplicaría en la actualidad. Se ve allí que el cálculo riguroso indica que no hay puntos de inflexión debajo del quinto o sexto piso y eso hace que los momentos de flexión sean mucho mayores que los calculados; además se ve que los momentos según UBC 1961 son del orden del triple de los que se obtienen aplicando el UBC 1952.

Por otra parte se hace ver que la concepción o suposición básica de trabajo combinado de las vigas de antepecho y los machones puede no ser válida a menos que se tomen las precauciones de diseño y construcción para hacer efectiva esa colaboración.

El edificio 1200 L, como ya se dijo, sufrió daños casi iguales al anterior y no presenta novedades respecto a él.

La Torre de Control del Aeropuerto era de 4 pisos, su estructura era de marcos de hormigón armado sin muros de rigidez. No se tienen planos de las conexiones entre vigas y pilares, pero al parecer, por lo que se pudo observar posteriormente al terremoto, no eran muy efectivas. Esta Torre se desplomó.

El Hotel Westward, de 14 pisos, se construyó en dos etapas: la primera, hasta el octavo piso y en la segunda se completó. Las cargas verticales son tomadas por columnas de acero y por muros de hormi-

gón armado. Las cargas laterales se toman por muros de rigidez de hormigón armado. Fue calculado según los requisitos de UBC, zona 3. Sufrió diversos daños, algunos de ellos debidos a fallas de fundación, otros a impacto con un edificio vecino y otros en la junta de construcción entre la primera y segunda parte a la altura del noveno piso. Fuera de estos daños, que son corrientes y se han visto en otros terremotos y su explicación es conocida, se presentaron fallas en un muro de rigidez que se atribuyen a fuerzas de flexión, cuya explicación no es tan evidente.

Estas fuerzas debían transferirse de la zona de tracción a la de compresión, de un extremo a otro del muro, por medio de cizalle a través de las vigas dintel y fueron éstos los elementos más dañados.

En el edificio Penney, de 5 pisos, de hormigón armado, construido según UBC 1962 zona 3, hubo daños que se atribuyen a efectos torsionales.

Un silo metálico de la Corporación de Cemento y Yeso Kaiser se derrumbó, y la falla se debió a un defecto de soldadura entre una placa de fundación y la correspondiente columna.

El edificio de departamentos Cuatro Estaciones, de seis pisos, con losas pretensadas izadas, pilares de acero, con dos torres internas de hormigón fabricadas in situ, se derrumbó. Probablemente la falla primaria se produjo en el primer piso, en ambas torres, y se sugiere que pudo iniciarse por fallas de adherencia de barras traslapadas - en el supuesto que tales traslapos fueran de 20 diámetros, según lo permiten las Ordenanzas. A continuación, deben haber actuado efectos adicionales que produjeron la caída de las losas, una encima de otra, y el vuelco total de las torres.

De esta revisión de fallas de edificios producidas por el terremoto de Alaska surgen lecciones de interés, algunas de ellas ya conocidas y otras, nuevas.

Se ve en muchos de los casos que las juntas de construcción tuvieron un papel preponderante en el origen o en la magnitud de algunos daños. Para evitar esto, habría que considerar estas juntas como partes importantes del diseño antisísmico.

Hay aspectos de los proyectos que desde el punto de vista estático no tienen importancia, y por eso su solución se deja al libre juego de las prácticas constructi-

vas; sin embargo, algunos de ellos pueden ser determinantes en el comportamiento de la estructura frente a un terremoto, a pesar de parecer insignificantes desde el primer punto de vista. En este caso están especialmente algunas uniones entre piezas, ciertas soldaduras, los anclajes y en general los distintos tipos de conexiones. Se hace necesario considerarlos en los cálculos y proyectarlos de manera que establezcan continuidad efectiva entre los elementos que unen, frente a sollicitaciones dinámicas.

Este terremoto volvió a dejar en evidencia la incompreensión, por parte de muchos ingenieros y arquitectos, de la manera en que trabajan las estructuras en los sismos. Ello se manifiesta principalmente en que, muy a menudo, los sistemas proyectados para transmitir las fuerzas horizontales no tienen un desarrollo continuo y bien ligado que asegure la descarga de esas fuerzas a los elementos resistentes principales. Se manifiesta también en que ciertos elementos se suponen como no estructurales para simplificar el análisis, pero no se establecen las condiciones prácticas para eliminar su colaboración con el resto de la estructura; como consecuencia, tales elementos trabajan durante los terremotos y son frecuentemente destruidos.

Por último una enseñanza de carácter más general es que el conjunto de conocimientos que se tienen sobre los terremotos, y que se reflejan en las normas de cálculo antisísmico, todavía son incompletos, lo que hace necesario acrecentar los estudios teóricos y prácticos sobre el tema. A ese respecto cabe señalar que en este terremoto se evidenciaron como vulnerables los edificios altos, algo parecido había sucedido anteriormente en el terremoto de México, con lo cual se reabren las discusiones sobre las relativas ventajas de las construcciones elásticas con respecto a las rígidas.

Edificios Escolares. J.F. Meehan, pp. 219-244, 56 figuras.

Se hace una revisión de la respuesta de los edificios de Educación Pública en Anchorage, con un total de 15 de ellos. Al final se presentan conclusiones de carácter muy general, llamando la atención sobre la necesidad de asegurar que los detalles del dispositivo estructural de transmisión de fuerzas laterales sean efectivos. En el

hecho, algunos detalles constructivos menores descuidados pueden ser causas de desastre. Se señala, por ejemplo, que las armaduras y el llenado con mortero de las cavidades de las albañilerías de bloques huecos deben detallarse en los planos. Igual cosa debe hacerse en el anclaje, no sólo de los elementos estructurales sino también de los no estructurales, como ventanas, vidrios, cielos, aparatos y aun objetos de posición fija.

En general las escuelas analizadas no sufrieron daños estructurales de importancia y ello porque se trataba de edificios de uno o dos pisos de corto período de vibración.

Estanques de petróleo. J.E. Rinne. pp. 245-252, 14 figuras.

Al revés de otros terremotos, en los cuales los estanques de petróleo han sufrido daños mínimos, en éste de Alaska se presentaron muchos casos de estanques con fallas. Ellas consistieron en pandeo del manto cerca del fondo del estanque; pandeo de techos cónicos y de las hileras superiores de planchas del manto, daños de techos flotantes y accesorios, y daño en las cañerías de unión.

El pandeo de las planchas del fondo se atribuye a momentos de vuelco producidos por las fuerzas laterales amplificadas por efectos de resonancia; se afirma que el factor principal para ello fue la larga duración del sismo. Los daños en los techos se deben a movimientos de rotación del líquido y a sobrepresiones en la parte inferior de los techos.

Deslizamientos en Anchorage. S.D. Wilson. pp. 253-298, 47 figuras.

Para estudiar cinco de los deslizamientos de tierra que se produjeron en Anchorage, se hicieron 150 pozos: en algunos de ellos se tomaron muestras no perturbadas, en otros se determinó la resistencia al cizalle en terreno. Se hicieron determinaciones geofísicas, se instalaron piezómetros. Las muestras se sometieron a ensayos de laboratorio, entre ellos módulos dinámicos, y estudios mineralógicos y paleontológicos.

En el artículo se hace una relación de la geología de la zona, después se describen las investigaciones hechas en terreno y los ensayos de laboratorio, se presentan los principales resultados, y a continuación se estudian los deslizamientos.

El deslizamiento de la Cuarta Avenida

comprendió una cuña de tierra de 500 por 280 metros y 18 metros de profundidad que se deslizó cerca de 5 m. Hubo daños en las estructuras situadas en los bordes de la zona, tanto en el de detrás del avance, donde se produjo un foso, como en el pie, donde se produjeron levantamientos; los edificios situados en la masa misma de tierra que se movió no se dañaron. Este deslizamiento se debió a pérdida sustancial de resistencia de los suelos de la formación Bootlegger Cove, constituida por arenas, limos y limos arcillosos saturados y dinámicamente sensitivos. Se cree que hubo licuación de lentes de arena y pérdida de resistencia de la arcilla.

El deslizamiento de la calle L fue mayor en extensión que el anterior y también se debió a pérdida de resistencia de suelos de la formación Bootlegger Cove.

El de Turnagain fue el mayor de todos, tuvo como dos kilómetros y medio de largo a orillas de la costa y un ancho entre 180 y 360 m. El material se desplazó unos 180 m hacia el mar. El mecanismo de falla fue, en este caso, más complicado, pues una zanja de reconocimiento que se hizo posteriormente muestra que, además del movimiento de conjunto, hubo deslizamientos y rotaciones parciales de bloques de tierra dentro de la masa principal. Pero fundamentalmente se piensa que también hubo licuación de arena y pérdida de resistencia de arcilla.

Parecidas características, excepto en dimensiones, tuvieron los deslizamientos de la Primera Avenida y de la Colina de la Gobernación.

Espectro de microtrepidaciones. H. Kawasumi y E. Shima, pp. 299-320, 9 figuras. Los autores hicieron medidas de microtrepidaciones en Anchorage en 33 estaciones y presentan sus resultados y conclusiones en este artículo. En 25 de las estaciones se registraron las microtrepidaciones con cinta magnética, y se procesaron directamente por una computadora analógica; de ellas se dan las curvas de densidad espectral de potencia y algunas conclusiones pertinentes.

Períodos de edificios. W.K. Cloud, pp. 319-332, 13 figuras.

El terremoto de la ensenada de Prince William fue registrado por un acelerógrafo de la estación de Tacoma situada a 1370 millas. El autor analiza ese registro y aplicando una fórmula empírica encuentra

concordancia entre la aceleración registrada, 0,0008 g, y la distancia. La misma fórmula da para Anchorage una aceleración de 0,14 g.

Después del terremoto se llevaron por avión y se instalaron en Anchorage dos acelerógrafos y con ellos se obtuvieron registros de varias réplicas; tanto la dirección como la distancia de sus epicentros coinciden con las del epicentro del terremoto principal. Por este motivo se hizo el análisis espectral de los registros, del que se dedujo que los períodos dominantes eran superiores a 0,5 seg. Además se midieron los períodos naturales de vibración de siete edificios de varios pisos, dañados por el terremoto. Hay una correlación entre la longitud de los períodos y la magnitud de los daños sufridos.

Período de vibración edificio MacKinley. W.K. Cloud, pp. 333-356, 31 figuras.

Este artículo se refiere a la medición del período de vibración forzada del edificio Mt. McKinley, al que se le determinaron los períodos principal y segundo en dos direcciones y en torsión, y además la amortiguación. Los principales datos obtenidos están contenidos en 17 tablas.

Cálculo estructural dinámico del edificio McKinley. J.A. Blume, pp. 357-382, 18 figuras.

Se presenta el análisis estructural dinámico del edificio McKinley. Se utilizan los datos obtenidos por W.K. Cloud en el ensayo de vibración forzada para caracterizar el edificio después del terremoto, y se calculan las características de antes del terremoto haciendo diversas suposiciones.

Como comentario final debemos manifestar que el plan de encuesta y de investigación de los efectos y consecuencias del terremoto de Alaska, tanto en su ejecución como en la presentación de los resultados y como en los resultados obtenidos, puede tomarse como un modelo que habría que tratar de repetir o mejorar en cada ocasión y en cada lugar en que se produzca un terremoto.

E. GOMEZ

* *

Propiedades del hormigón.

NEVILLE, A.M. *Properties of con-*

crete, Sir Isaac Pitman and Sons Ltd, Londres 1965, 502 pp. 55 che-lines.

A.M. Neville es bastante conocido entre los especialistas por sus trabajos sobre ciertos tópicos del hormigón. Su interés se ha centrado especialmente en las resistencias y deformaciones del material bajo carga.

El autor ha salido airoso de la considerable labor de síntesis que exige la preparación de un manual. En un volumen de quinientas páginas ha logrado reunir las cualidades y aspectos importantes del hormigón y los ha presentado con singular acierto en una visión actualizada.

Alcanzan especial interés aquellas materias sobre las que el autor ha publicado trabajos anteriormente. Eso ocurre con los capítulos dedicados a la "Resistencia del hormigón", "Elasticidad, retracción y fluencia" y "Ensayos del hormigón endurecido". También es de interés el capítulo "Durabilidad" por la extensión y profundidad con que está tratado. Lo dicho, sin embargo, no resta mérito a otros capítulos en los cuales siempre el conocimiento actual se encuentra expuesto en un mínimo de páginas. Un buen ejemplo de esto es el capítulo relativo al cemento y también lo son los dedicados a los hormigones especiales y a la dosificación del hormigón. En todo caso, como ya hemos dicho, maneja información experimental reciente y lo hace en forma directa y clara.

Los métodos de ensayo y normas a los que se hace referencia de manera preferente son los americanos (ASTM) y los ingleses (British Standards).

Tal como su título lo dice, el libro se refiere a las propiedades del hormigón; por ello asuntos tales como su colocación o manejo en obra quedan fuera de él, al igual que ciertos problemas de funcionamiento del hormigón en obras terminadas tales como problemas de grietas en estructuras o reparación de elementos dañados.

La presentación de la obra, sin ser espectacular -no incluye fotos-, abunda sin embargo en buenos gráficos aplicatorios.

En suma, la forma de exposición y el tratamiento de los temas son tan acertados

que no podemos menos que recomendarla tanto a estudiantes, como a profesionales e investigadores.

M. PIÑEIRO

* * *

Manual del Cemento 1968-1969.

VEREIN DEUTSCHER ZEMENTWERKE. *Zement Taschenbuch 1968-1969.* Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1968, 480 pp.

Esta nueva versión publicada por la Asociación de Fábricas de Cemento de la República Federal Alemana cumple la finalidad de informar y ampliar los actuales conocimientos sobre las propiedades y los empleos del cemento y del hormigón en concordancia con los estudios e investigaciones desarrollados en los dos últimos años desde su última publicación*.

Como en las diez ediciones anteriores, este nuevo Manual mantiene su presentación con cinco capítulos permanentes, revisados y puestos al día y algunos capítulos propios de esta edición, en los que se presentan nuevos trabajos de información o de investigación.

El primer capítulo, de F. Keil, trata del cemento y su fabricación, considerando su desarrollo histórico, propiedades de los diferentes tipos y las causas más frecuentes de preocupación y consulta sobre su empleo. Expone finalmente las normas alemanas existentes sobre cementos, si bien indica el autor que en los momentos de entrar en prensa esta edición, a comienzos de 1968, estaba por publicarse la nueva norma DIN 1164 sobre cementos portland, portland siderúrgico, de alto horno y puzolánico por lo que no alcanzó a ser considerada en este manual.

Algo semejante sucedió con la presentación del capítulo de A. Hummel que trata de la fabricación y las propiedades del hormigón y del mortero y con el capítulo C de W. Ernst, sobre fundamentos de la construcción de hormigón armado, porque en este mismo período se comenzó la revisión del reglamento alemán de hormigón y hor-

* Manual del cemento 1966-1967. Comentado por la Revista del IDIEM, vol. 5, nº 3 (diciembre 1966), pp. 229-230.

migón armado.

Pero esos problemas afectan muy ligeramente el valor de este manual, ya que en él los conocimientos y los conceptos están al día.

En la parte C se incluyen además trabajos transitorios, que varían en cada edición.

El primero de ellos pertenece a G. Wischers y trata de la fabricación y propiedades del hormigón liviano de alta resistencia, incluyendo las normas vigentes sobre ejecución y ensayos del hormigón liviano armado. El siguiente trabajo de W. Schule, versa sobre las propiedades físicas del hormigón y de las construcciones de hormigón, comprendiendo la aislación térmica y acústica, protección contra la humedad y propiedades eléctricas. Posteriormente, S. Reinsdorf se refiere al transporte, colocación, compactación y curado del hormigón.

La parte D, que es permanente, contiene una recopilación de las más importantes normas alemanas de construcción y finalmente, la parte E, también de carácter permanente, presenta 35 páginas de tablas y conversiones técnicas de frecuente uso en construcción.

M. OSSA

* *

Manual sobre tecnología del cemento.

MALDONADO, B. Empresas Industriales "El Melón" S.A. Santiago, Chile, 212 pp.

Este manual, de reciente publicación, representa un esfuerzo de Empresas Industriales "El Melón" S.A., para dar a conocer las características y propiedades de los cementos, como asimismo de todos sus derivados, hormigón, suelo-cemento y otros.

Comienza con un análisis de los cementos, dando recomendaciones sobre distintos aspectos como son transportes y almacenamiento, estabilidad física y química, impermeabilidad; a continuación se refiere en forma extensa a los agregados, incluyendo información sobre las características de ellos en diversas zonas del país.

Los morteros, tanto de albañilería y

estucos, como proyectados (gunita) e inyectados (prepakt) son tratados, proporcionando además observaciones sobre la dosificación de ellos, sus aplicaciones, etc.

Por la importancia que tiene el hormigón, a él se le dedica el mayor de los capítulos, que abarca todos los aspectos de interés. En la parte final estudia las causas de daños en estructuras de hormigón armado y los métodos de reparación existentes.

M. B.

* *

Investigación sobre cementos hidrófobos en comparación con los cementos portland correspondientes.

WEIGLER, H. y NICOLAY, J. Vergleichende Untersuchungen aus hydrophoben Zementen und zugehörigen Portlandzementen. *Betonstein Zeitung*, vol. 34, n° 1 (enero 1968), pp. 16-25.

Se determinan las propiedades de dos cementos hidrófobos comerciales comparando cada uno con el respectivo cemento portland de la misma fábrica y de igual finura. Se identificó el aditivo usado por el fabricante, que en un cemento era ácido oleico y en el otro ácido esteárico.

Ambos aditivos demostraron tener excelentes propiedades conservativas, mejorando sustancialmente la aptitud del cemento para ser almacenado sin averiarse. Así, exponiendo los cuatro cementos, sin envase, en un ambiente saturado de humedad, durante tres meses, los dos cementos portland fueron absorbiendo agua y perdiendo resistencia potencial hasta quedar tan sólo con un 4% y un 10% de la resistencia original; mientras que los cementos hidrófobos conservaron prácticamente su resistencia e incluso en algún caso la aumentaron, fenómeno éste algo sorprendente, que ya había sido establecido e interpretado por otros autores.

Los granos del cemento hidrófobo se hallan rodeados de una capa repelente del agua, que los defiende de la humedad del almacenamiento. Cabe entonces la pregun-

ta de si no se impide también, al hacer el hormigón, la reacción del cemento con el agua, en cuyo caso esa ventaja se tornaría en grave inconveniente. Sin embargo, no ocurre así, ya que la capa protectora se destruye durante el amasado. Por lo demás, los autores comprueban que para ello no es necesario aumentar el tiempo de revoltura.

Ahora bien: esos agentes hidrófobos son incorporadores de aire, con las consecuencias correspondientes: una de ellas, desfavorable, es que el cemento tiene así menor resistencia que el portland respectivo (supuesto éste bien conservado); y otra, ventajosa, es una mayor resistencia a las heladas, lo que se manifestó especialmente en el cemento con ácido oleico.

Se suele atribuir otras ventajas a los cementos hidrófobos: se dice que confieren al hormigón o al mortero mayor docilidad, retentividad de agua e impermeabilidad, y una menor retracción. Pero realizados los ensayos pertinentes, no se confirmó que existieran tales ventajas.

A. LAMANA

Hormigón liviano de poliestireno expandido.

HOHWILLER, F. y KÖHLING, K. Styropor-Leichtbeton. *Betonstein Zeitung*, vol. 34, nº 2 (febrero 1968), pp. 81-87, y vol. 34, nº 3 (marzo 1968), pp. 132-137.

Con el nombre de styropor se conoce en Alemania el poliestireno expandido, que, como en todo el mundo, se usa en planchas sumamente livianas y de excelentes propiedades aislantes. Para su fabricación, se expande previamente la materia prima, con lo que se forman partículas redondeadas que, posteriormente, se aglomeran para constituir las planchas. Para el uso en hormigones sólo se realiza la primera etapa del proceso, empleándose los granos preexpandidos, sueltos, como árido liviano.

Las partículas de poliestireno (o perlitas, como se les suele llamar, por su forma, tamaño y color) tienen muy buenas

condiciones para árido liviano: densidad extremadamente baja, gran aislación térmica, forma esférica, y muy poca absorción no obstante su porosidad. Su densidad aparente es de 12 a 15 kg/m³.

Con este árido viene a ampliarse la gama de los hormigones de áridos livianos, que se prolonga por el extremo de la menor densidad. Los hormigones de poliestireno pueden tener, según la dosificación, densidades de 0,2 a 0,8; pero su campo más propio se halla entre 0,4 y 0,6 kg/dm³. La densidad 0,6 es el límite en el cual los huecos entre los granos quedan llenos de pasta de cemento; por lo que no conviene sobrepasar ese límite, si es que se quiere sacar buen partido de las posibilidades aislantes de este material.

Para densidades menores que 0,6 debe cuidarse especialmente que la pasta se distribuya bien y envuelva a los granos de poliestireno. Pero esto, sin más, no es sencillo, y se requiere preparar los granos dotándoles de mejor adherencia por intermedio de una sustancia que se pegue a ellos y sirva de base para recibir a la pasta fresca. Ensayados distintos productos, los autores recomiendan, por sus mejores resultados, el empleo de resina epóxica, en proporción de 1 kg (resina más endurecedor) por m³ de hormigón. Con ello se logra mejorar la resistencia, especialmente la de tracción, y tanto más cuanto menor es la densidad del hormigón elaborado. Como referencia, citemos que para densidad 0,5 se duplica la resistencia a flexotracción que, de 5 kg/cm² sin aditivo, se eleva a 10 kg/cm². Una manifestación de la eficacia de la resina es que los granos de poliestireno se fracturan en el ensayo, mientras que sin ella se desprenden de la pasta de cemento.

Conviene usar cemento de alta resistencia y, salvo para densidades menores que 0,4, una cierta cantidad de árido fino, que puede ser arena fina, cuarzo molido o puzolana. Los autores dan una tabla de dosificaciones para densidades diferentes: por ejemplo, para 0,5 kg/dm³ recomiendan, por m³ de hormigón, 12 kg de styropor, 323 kg de cemento, 36 kg de finos (bajo 0,6 mm) y 129 l de agua. Para mayores densidades no es necesario aumentar la dosis de cemento, sino agregar proporciones mayores de finos.

El hormigón se prepara en una revolvedora de eje vertical en la que se echa pri-

mero el poliestireno y luego la mezcla de resina con agua, en la cantidad que corresponda a 40 l de agua y 1 kg de resina por m³. Después de una breve revoltura, se añade una parte del cemento, y una vez homogeneizado el conjunto se sigue con el resto del cemento, los finos y el resto del agua.

Las resistencias a la compresión, como cabía esperar, no son muy altas: así para 0,5, 0,6 y 0,8 kg/dm³, los autores obtienen, respectivamente 20, 30 y 60 kg/cm² en cubos de 20 cm de arista a los 28 días. Sin embargo, con esas resistencias, y contando con la gran aislación térmica y el poco peso de este hormigón, se le han encontrado en la práctica interesantes aplicaciones, y se confía ensanchar su campo con otras nuevas.

En la construcción de viviendas se le ha empleado en forma de paneles prefabricados para tabiques y muros (no soportantes). Los muros de fachada llevan un revestimiento, que puede ser de material cerámico.

También se hacen viguetas de hormigón de poliestireno, que sirven de moldeaje perdido para verter la losa, evitando la cimbra o alzaprimado. Las viguetas dan forma a la losa nervada y, le confieren aislación térmica. En otros casos participan con su armadura en la resistencia de la losa total.

En etapa de ensayo se halla la aplicación de este material en la construcción de obras viales. Se está probando en tramos de caminos, en los que una capa de hormigón de poliestireno colocada in situ sirve de base a la capa de rodadura de hormigón asfáltico: la ventaja que se pretende conseguir con esa base es una mejor protección contra las heladas. También en vías férreas se está ensayando algo parecido en casos especiales: el ejemplo que se muestra es un tramo experimental, diseñado para velocidades de hasta 300 km/h, en el que los rieles van apoyados sobre losas pretensadas que reemplazan a durmientes y lastre: esas losas, prefabricadas, se asientan sobre una base de hormigón de poliestireno.

A. LAMANA

* *

Contribución al ensayo de cubos de hormigón.

MÄNGEL, S. Beitrag zur Prüfung von Betonwürfeln. *Betonstein Zeitung*, vol. 34, nº 4 (abril 1968), pp. 197-200.

Los resultados de ensayos han demostrado la influencia de las desigualdades de las superficies de carga sobre la resistencia obtenida. La norma DIN 1048, Ensayo de hormigón, ed. 1943, indica que las superficies de ensayo se deben enrasar con un mortero rico en cemento. Esta indicación parece insuficiente, dado que la norma no responde a una pregunta básica en el control de materiales de construcción, a saber, hasta qué grado es desigual una superficie sometida a compresión y cómo medir esta desigualdad. En el momento de revisar la norma DIN será necesario, pues, indicar un límite por sobre el cual la superficie sería considerada irregular. Se deberá indicar además, para unificar criterios, cómo fijar este límite.

Resumen del autor

Resistencia mecánica del hormigón en las estructuras.

BLOEM D.L. Concrete strength in structures. *Journal of the American Concrete Institute*, Proceedings vol 65, nº 3 (marzo 1968), pp. 176-187.

Se investigó la validez o significación de varios métodos de determinación de la resistencia a compresión del hormigón; para ello, con tres hormigones diferentes, se prepararon pares de losas, de las cuales una fue sometida a un buen curado y su compañera a un curado deficiente. Previo al hormigonado, se dejaron las losas en moldes cilíndricos, los que quedaron incorporados a ellas; tanto estas probetas como testigos se sacaron en seis edades diferentes de hasta un año y fueron ensayados a compresión. El número total de ensayos fue de 216 testigos, 216 cilindros incorporados y 270 muestras cilíndricas normales.

Los resultados indican que se deberían distinguir dos conceptos de resistencia: (1) resistencia como una medida de la ca-

pacidad soportante en las estructuras y (2) resistencia como una medida de la calidad y uniformidad del hormigón. La relación de esta última (determinada por el ensayo de cilindros normales) con la primera (determinada por testigos sacados de la estructura) es extremadamente variable.

Resumen del autor

* *

Influencia de las propiedades del mortero y de los bloques en el agrietamiento por retracción de muros de albañilería.

HEDSTROM, R.O.; LITVIN, A.; HANSON, J.A. Influence of mortar and block properties on shrinkage cracking of masonry walls, *Journal of the Portland Cement Association*, vol. 10, nº 1 (enero 1968), pp. 34-51.

Se investigó el mecanismo del agrietamiento debido a la retracción de secado de muros de bloques de hormigón ligados en sus contornos. Se observó el comportamiento de muros total y parcialmente ligados así como también de muros libres, durante el secado en ambiente de 50% de humedad relativa a partir de diferentes humedades superiores. Estas observaciones incluyen acortamiento total del muro, movimiento en juntas verticales, deformaciones de los bloques, y agrietamiento. Las tensiones longitudinales inducidas por las ligazones condujeron a dos tipos de grietas o combinaciones de ellas: grietas por esfuerzo de corte a través de las juntas verticales y horizontales del mortero, y grietas por tracción a través del bloque y juntas verticales.

La resistencia a compresión del mortero, propiedades del bloque y grado de ligazón del muro tienen pequeño efecto en la tensión de tracción que se requiere para agrietar los muros, pero afectan en forma determinante al máximo de retracción del bloque que el muro tolera antes de agrietarse. Los morteros más débiles aceptan mayor retracción de los bloques. Para prevenir el agrietamiento son deseables juntas de control y bloques de baja retrac-

ción.

Se usaron bloques de arena y grava, de arcilla expandida y de escoria granulada, unos curados en autoclave y otros con vapor a presión atmosférica, lo que proveyó bloques cuyas resistencias a compresión y tracción, módulo de elasticidad y retracción de secado variaban en un cierto rango. Se incluyeron morteros de cemento de albañilería y morteros de cemento y cal de los tipos M, S, N y O de ASTM.

Resumen de los autores

* *

Ensayo de tracción de bloques de hormigón y de elementos murales.

HEDSTROM, P.O. Tensile testing of concrete block and wall elements. *Journal of the P.C.A. Research and Development Laboratories*. Vol. 8, nº 2 (mayo 1966), pp. 42-52.

Uno de los problemas más importantes que se presenta en las construcciones con bloques de hormigón es el agrietamiento de los muros al poco tiempo de haber sido construidos. Aun tomando precauciones especiales, resulta inevitable que se produzcan variaciones de volumen apreciables, por efecto de retracciones de secamiento y de carbonatación y por los cambios de temperatura. La restricción a la retracción que imponen al muro los demás elementos de la estructura, induce en él fuerzas de tracción que, cuando sobrepasan la resistencia a tracción del bloque o la adherencia entre el mortero y los bloques, provocan el agrietamiento. Es por esto que para comprender el problema del agrietamiento de los muros se requiere del conocimiento de la resistencia a tracción del bloque, y de la interacción entre el mortero y el bloque al estar el muro sometido a fuerzas de tracción.

El ensayo de tracción en muros y en elementos de albañilería ha sido hasta ahora muy costoso e imperfecto; la forma normal de conocer la resistencia a tracción en estos casos, era a través de ensayos de flexión. En este artículo se presen-

tan métodos y equipo para la realización de ensayos de tracción directa en elementos de albañilería. Se ha tratado de reproducir en pequeños muros de prueba las sollicitaciones que se presentan normalmente en las albañilerías, poniendo especial cuidado en los sistemas de ligazón usados para transmitir las tensiones a la probeta.

Aunque los ensayos realizados tenían por objeto desarrollar el equipo y comprobar la eficiencia del método, con los resultados obtenidos se ha podido generalizar sobre la conducta de los bloques y de los muros bajo fuerzas horizontales de tracción. Se ha comprobado así, que la resistencia a tracción de los muros de albañilería depende de las propiedades de los bloques y del mortero, y también de las cargas verticales de compresión, a través de su efecto en la resistencia al corte de las juntas horizontales. Se comprobó además la importancia de otros factores tales como mano de obra, y variaciones de temperatura y de contenido de humedad.

F. DELFIN

* *

Protección contra la corrosión en los hormigones armado y pretensado.

SORETS, St. Korrosionschutz im Stahlbeton und Spannbeton. *Betonstein Zeitung*, vol. 33, nº 2 (febrero 1967), pp. 52-63.

El artículo analiza los resultados de experiencias e investigaciones tendientes a estudiar el mecanismo de la corrosión de las armaduras en el hormigón. La comparación hecha por el autor y otros investigadores, muestra concordancia entre los resultados de laboratorio con lo observado en las obras. En todas ellas la corrosión se debió a fallas de proyecto o de construcción. Los defectos más influyentes fueron: recubrimiento insuficiente y hormigón mal compactado y/o poroso. Otra causa importante fue la adición de CaCl_2 y otros procedimientos utilizados para el endurecimiento rápido, como el curado al vapor.

A la luz de los resultados de laboratorio, el autor examina el mecanismo de la corrosión y de la protección proporcionada

a la armadura por el hormigón, durante el curso de la hidratación del cemento, así como la influencia de las condiciones de curado y conservación.

Se consideran también la importancia de una oxidación inicial provocada por un agente que actúa sólo en un comienzo, la influencia de las grietas en función de su ancho y por último las causas más comunes de deficiencias en el recubrimiento, como por ejemplo, segregación producida por excesiva fluidez o granulometría inadecuada, falta de cuidado en la colocación del hormigón, excesiva concentración de armaduras en puntos determinados, etc.

El artículo incluye numerosos gráficos con los resultados de laboratorio y un cuadro en que se dan espesores mínimos de recubrimiento, dosis de cemento mínimas y razones agua/cemento máximas para distintas condiciones ambientales.

Termina dando algunas recomendaciones, tales como estudio previo del ambiente, empleo cuidadoso de aditivos, buena separación de las armaduras y selección adecuada de los áridos, junto con la observación de los valores dados en el cuadro mencionado. Una última recomendación consiste en no picar la superficie del hormigón armado por ser esto causa de deterioro en la eficacia del recubrimiento.

En el caso del hormigón pretensado el cuidado debe ser aún mayor, incluyendo el llenado perfecto de los conductos que contienen los cables de tensión.

G. VARAS

* *

Construcciones en hormigón armado.

POLITECNICO DI MILANO, *Costruzioni in cemento armato*. Italcementi. Milán 1967. 225 pp.

En el transcurso del año académico 1965-1966 se efectuó en el Instituto Politécnico de Milán el curso de perfeccionamiento sobre construcción en hormigón armado, organizado por la fundación Hermanos Pesenti. Nueve de los trabajos e informes allí presentados aparecen en esta edición de excelente impresión y profusamente ilustrada con gráficos y fotografías en blanco y negro y en colores.

Los dos primeros trabajos se refieren a las experiencias efectuadas por A. M. Brandt para determinar los campos de deformación en el interior de un cilindro de hormigón sometido a cargas de compresión crecientes. Las deformaciones son medidas con resistencias eléctricas (strain-gages) ingeniosamente dispuestas. El método es simple y permite obtener conclusiones interesantes en especial sobre el estudio del coeficiente de Poisson.

El tercer trabajo pertenece a P. Cicala, que en un informe de 20 páginas trata sobre el desarrollo de la teoría de los diques construidos en arco y de la sistematización de los métodos de cálculo que en la actualidad permiten las computadoras, e incluye algunos ejemplos de aplicación.

V. Franciosi presenta, en el cuarto informe, el problema de la resistencia, ante cargas puntuales, de los materiales especialmente heterorresistentes, estudiando las diferentes teorías que existen en la actualidad.

El artículo de F. Jossa expone las perspectivas actuales sobre el problema del comportamiento a la rotura de las estructuras de hormigón armado y la necesidad de estudiar y ordenar los diversos parámetros que influyen en el fenómeno de la deformación de una estructura en la fase plástica.

Morandi desarrolla en su trabajo algunas consideraciones sobre los sistemas empleados en el cálculo de estructuras y su relación con la tipología estructural.

Por su parte, el estudio de P. Pozzati se refiere a los procedimientos de cálculo de un tubo cilíndrico de eje vertical suponiendo diferentes condiciones de apoyo y aplicables al cálculo de estanques y silos.

El trabajo más extenso de esta publicación es presentado por D. Vanoni que en 43 páginas expone las características técnicas y los problemas presentados en la construcción de los grandes puentes de la Autopista del Sol en Italia.

Con su extensión de 753 km, esta moderna autopista une Milán con Roma y Roma con Nápoles, en su mayor parte a través del accidentado terreno de la zona montañosa de Los Apeninos. Su realización demoró solamente ocho años incluyendo la ejecución de 3.874 obras de arte entre los que sobresalen 163 puentes y 38 galerías o túneles.

Toda esta gran concentración de obras de arte se efectuó con notable variedad de formas, estructuras y materiales, impuestos por la morfología del terreno, la naturaleza del subsuelo y también por las condiciones del mercado en ese momento.

Los principales puentes de esta gran autopista, abierta íntegramente al tránsito en 1964, son descritos en el trabajo que comentamos, con fotografías, gráficos de secciones longitudinales o transversales y esquemas planimétricos.

Finalmente y con una presentación análoga a la anterior el trabajo de S. Zorzi, está relacionado con el sistema de voladizos sucesivos empleado en la ejecución de los puentes italianos Nervi, Sovi y Veilino, en el trayecto de Génova a Sestri-Levante. El sistema, en síntesis, consiste en levantar las cepas de apoyo y, desde sus extremos superiores, avanzar horizontalmente por medio de moldajes deslizantes en cada pila hacia ambos lados hasta unirse con el avance de la pila vecina. Cada etapa es del orden de 3 a 6 metros de hormigonado pretensado y el deslizamiento del carro de moldaje puede ejecutarse sólo cuando el endurecimiento del hormigón colocado así lo permita.

El autor comenta las posibles aplicaciones que puede tener y que ya ha tenido este sistema constructivo señalando las exigencias que se requieren para su aplicación. Expone también cómo se cumplieron esas exigencias y los resultados obtenidos en la construcción de los puentes antes mencionados.

M. OSSA