

de 1 mm (1/16 pulg). Se cortó un disco de concreto de 75 mm (3 pulg) de diámetro y 20 mm (0.7 pulg) de espesor de un fragmento recogido en 1928. Fue ensayado en el laboratorio y se encontró que tenía una permeabilidad al agua muy baja (19).

Se han registrado reportes de inspección similares acerca de otros barcos de concreto construidos durante la primera guerra mundial. El "Selma", ahora varado cerca de Galveston, Texas, fue inspeccionado y reportado por Rogers en la Reunión Regional del Instituto Americano del Concreto de 1953, y por Holms (9). El "Selma" fue un tanquero construido en Mobile en 1919 y hundido en Galveston en 1922. Muestras de concreto ensayadas en 1953 y 1980 mostraron una resistencia a la compresión de cerca de 700 kg/cm<sup>2</sup> (10,000 psi). No se observó corrosión en el acero, aunque tenía menos de 25 mm (1 pulg) de recubrimiento. Otro de estos barcos, el "Palo Alto", está exhibido en la costa del Pacífico en el parque estatal Seacliff Beach, a 10 km (6 millas) al Sur de Santa Cruz, Calif., en donde se está usando como muelle para la pesca. Fue construido para servir como tanquero durante la primera guerra mundial y tiene 130 mts (435 pies) de largo. Permaneció anclado en el Oakland Estuary donde fue construido, hasta 1930 en que lo compró la Cal-Nevada Stock Company que lo remolcó hasta Seacliff en la Bahía de Monterey, como a 160 km (100 millas) al Sur. Se abrieron agujeros en el casco y ahora descansa el fondo sobre la arenisca. Posteriormente lo compró el Estado de California cuando se creó el parque estatal. El barco se ha fracturado en dos, pero se han tendido pasos a través de la grieta, lo cual permite usar ambas partes. Tal vez sea el más accesible de los barcos de concreto de la primera guerra mundial.

En el 18avo. Congreso de la Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación, se acordó que el deterioro del concreto en agua de mar tiende a ser principalmente a la acción química; en sí, el cambio en la composición del cemento causada por los sulfatos y cloruros presentes en el agua. La medida correctiva es, en primer lugar, seleccionar un tipo de cemento adecuado y buenos agregados, y tomar medidas para asegurar que el producto final será tan denso e impermeable como sea posible. En aguas heladas, la acción química es menos severa y el daño principal se logra mediante cambios de temperatura. Hay otras causas de deterioro, tales como la abrasión y los ácidos depositados por los organismos litofagosos (27).

#### CONCLUSIONES

A partir de la discusión anterior, se puede suponer que la interacción de este trabajo es la de sugerir que ya hay información disponible que permitirá la preparación de especificaciones las cuales si se siguen, eliminarán la ocurrencia del deterioro del concreto expuesto al mar.

Si el costo no fuese un objetivo importante en la preparación de especificaciones para concreto, ciertamente sería posible especificar materiales, proporcionamientos y prácticas de construcción, las cuales si se siguen, proporcionarían una certeza virtualmente completa de que se evitaría el deterioro del

concreto a lo largo de cualquier vida de servicio deseada, por lo menos hasta 100 años. Sin embargo, en algunos casos tal especificación requeriría la importación de enormes cantidades de materiales desde grandes distancias, y se requerirían de ciertos grados de ensayos, inspección y control que de momento no se consideran como económicos. Por lo tanto será necesario y continuará siendo necesario, tomar en cuenta los materiales disponibles localmente y grados menores a lo óptimo de inspección y control. Siendo este el caso, las especificaciones reales para la mayoría de los concretos expuestos al mar requerirán en algunos aspectos materiales y prácticas de calidad menor que la óptima, y los materiales y las prácticas obtenidas realmente serán, hasta cierto grado, inferiores a las que aparentemente se pretendían. A pesar de estas dificultades, se cree que a través del uso de especificaciones prácticas, inspección práctica y medidas de control, se puede mantener el deterioro del concreto expuesto al mar dentro de límites tales que solamente se requiera mantenimiento con costos aceptables. También puede pensarse que ahora está completo el catálogo de fenómenos que producen deterioro. Por supuesto, esto es algo que difícilmente pueda confirmar, especialmente dado que fenómenos como la reacción álcali-carbonato empezaron recientemente. Sin embargo, se cree poco probable que haya fenómenos más severos que produzca deterioro, cuya ocurrencia no está eliminada por la imposición y aplicación de las especificaciones en vigor. Para abreviar, repetiré lo que dije en la Convención de Milwaukee de 1979 (18), que en esencia es aquéllo que si se siguen las instrucciones del Comité 201 (2): EL CONCRETO NO NECESITA DETERIORARSE. Se deben seguir las recomendaciones hechas por Gerwick (5) para métodos específicos de asegurar la durabilidad de estructuras de concreto pre-esforzado en el mar. Para los métodos específicos de incorporar puzolanas o escoria de alto horno en las revolturas, es necesario considerar por un lado la naturaleza y costo de las puzolanas y escorias disponibles, y por el otro, los niveles específicos de propiedades relevantes requeridas en una situación dada para que el concreto tenga un comportamiento adecuado tanto estructuralmente como en su interacción con el ambiente en que se encuentra. Se ha dicho que la ceniza nunca se usaría en concreto lamente una pequeña cantidad de la escoria, ceniza o puzolana natural disponibles en los Estados Unidos y México es "adecuada" para usarse en el concreto. Yo creo que no hay concreto que no sea satisfactorio para algún uso productivo del concreto; ninguna ceniza que no sea adecuada para usarse en algún porcentaje (quizá bajo) en algún concreto; y ningún concreto, no importa qué tan elevados sean sus requerimientos de alta resistencia inicial, que no sería mejor (más barato, más fácil de vibrar o sujeto a menos segregación, o algo) con alguna cantidad de algún tipo de ceniza. Puedo visualizar un lugar donde hay muy buena ceniza, barata y disponible, y donde hay cemento de alta resistencia inicial (Tipo III) caro; bajo estas condiciones puedo visualizar una revoltura de concreto con un poco de cemento Tipo III, una buena cantidad de ceniza, tal vez beneficiada, y quizás intermedida, un aditivo funcional (reductor de agua). Esto daría un concreto de alta resistencia inicial adecuado.

Por lo tanto, la pregunta apropiada no es ¿deberían utilizarse puzolanas o escorias en concreto expuesto al mar?, sino qué tanto de la escoria o puzolana disponible puede usarse para producir un concreto con los niveles necesarios de propiedades relevantes en un momento dado y en un lugar dado que resulte más económico.

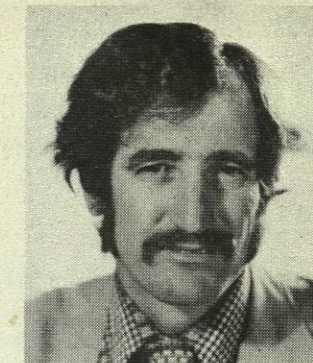
## REFERENCIAS

1. ACS (American Chemical Society), 1964. Chemistry and the Oceans. Sp. Rept., Chem. and Eng. News, Vol 42, No. 22, pp 1A-48A, June 1.
2. ACI Committee 201, 1977 Guide to Durable Concrete, Jour. Amer. Conc. Inst. Proc., Vol 74, pp 573-609.
3. Buck, Alan D., and Mather, Katharine, 1969. Concrete Cores from Dry Dock No. 2., Charleston Naval Shipyard, S.C., Waterways Experiment Station, Miscellaneous Paper No. C-69-6, Vicksburg, Miss.
4. Carlson, R. W., 1937. Drying Shrinkage of Large Concrete Members. Proc., American Concrete Institute, Vol 33, pp 327-336.
5. Gerwick, Ben C., Jr., 1975, "Practical Methods of Ensuring Durability of Prestressed Ocean Structures," American Conc. Inst. SP-47, pp 317-324.
6. Gjorv, O. E., and O. Vennesland, 1976, "Sea Salts and Alkalinity of Concrete," Jour. Amer. Conc. Inst. Proc., Vol 78, pp 512-516.
7. Griffin, Donald F., and Henry, Robert L., 1964. The Effect of Salt in Concrete on Compressive Strength, Water Vapor Transmission, and Corrosion of Reinforcing Steel. U. S. Naval Civil Engineering Lab., Port Hueneme, Calif., Tech. Report R 306.
8. Halstead, S., and Woodworth, L. A., 1955. The Deterioration of Reinforced Concrete Structures Under Coastal Conditions. Trans. South Africa Inst. of Civil Eng., Vol 5, April 1955, Disc., Oct.
9. Holm, T. A., 1980. Performance of Structural Lightweight Concrete in a Marine Environment, in Performance of Concrete in Marine Environment, ACI SP-65, pp 589-608.
10. Kennedy, Thomas B., and Mather, Katharine, 1953. Correlation Between Laboratory Freezing and Thawing and Weathering at Treat Island, Maine. Proc. ACI, Vol 50, pp 141-172.

11. Lea, F. M., 1956. The Chemistry of Cement and Concrete. New York, St. Martin's Press, 637 pp.
12. Locher, F. W., and Pisters, H., 1964. Beurteilung betonangreifender Wasser. Zement-Kalk-Gips, No. 4, pp 129-136, April.
13. Malhotra, V. M. (editor), 1980. Performance of Concrete in Marine Environment, ACI SP-65, 627 pp.
14. Mather, Bryant, 1957. Factors Affecting Durability of Concrete in Coastal Structures. Beach Erosion Board, Office of the Chief of Engineers, Technical Memorandum No. 96, Washington, D. C., 27 pp with three appendices.
15. \_\_\_\_\_, 1958. The Partial Replacement of Portland Cement in Concrete in Cement and Concrete. ASTM STP No. 205, pp 37-67.
16. \_\_\_\_\_, 1966. Effects of Sea Water on Concrete. Highway Research Record No. 113, pp 33-40.
17. \_\_\_\_\_, 1970. Behavior of Concrete Exposed to the Sea. Civil Engineering in the Oceans II, ASCE, Proc., pp 987-998.
18. \_\_\_\_\_, 1979. Concrete Need Not Deteriorate. Conc. Int., Vol 1, pp 32-37, Sept. 1979.
19. McMillan, F. R., 1928. Concrete for the Architect. Illinois Soc. of Arch. Bull., pp 4.
20. Pepper, Leonard, Robert E. Pike, and V. A. Willett, editors, 1975. Corrosion of Metals in Concrete. Amer. Conc. Inst., SP-49, 136 pp.
21. Powers, T. C., Copeland, L. E., and Mann, H. M., 1959. Capillary Continuity or Discontinuity in Cement Pastes. Jour. of Res. and Dev. Labs., Port. Cem. Assn., Vol 1, No. 2, pp 38-48.
22. RILEM (International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures ), 1969. Preliminary Report, International Symposium-Durability of Concrete - 1969. Prague, Czechoslovakia, 2 Vol.

23. Terzaghi, Ruth D., 1948. Concrete Deterioration in a Shipway. Proc. ACI, Vol 44, pp 977-1005.
24. Tonini, D. E., and S. W. Dean, Jr., editors, 1977, "Chloride Corrosion of Steel in Concrete," Am. Soc. Testing Mats., STP 629, 185 pp.
25. Tyler, Ivan L., 1964. Concrete in Marine Environments. ACI SP-8, pp 1-7, 1964.
26. Walter, L. W., 1929. Thirty Years' Field Experience with Concrete. Proc. ACI, Vol 25.
27. Warren, L. R., 1956. Some Notes on the 1953 Congress of the Permanent International Association of Navigation Congresses. Trans. South African Inst. of Civil Eng., Vol 6, pp 289-305.
28. Wentworth-Shields, F. W., 1956. Early Marine Structures. Concrete and Constr. Eng., Vol 51, No. 1, pp 25-29.
29. Stanton, Thomas E., 1948. Durability of Concrete Exposed to Sea Water and Alkali Soils - California Experience. Jour. Amer. Conc. Inst., Proc., Vol 44, pp 821-848.

DR. ROLF FELDMAN



B I O G R A F I A

El Dr. Rolf Feldman ha estado trabajando en el National Research Council de Canadá en investigación sobre los materiales de construcción por más de 22 años. Su trabajo ha sido principalmente relacionado con la Química, la Física y propiedades mecánicas de materiales porosos tal como los productos de cemento portland, yeso, productos de cal y agregado. Ultimamente ha estado relacionado en la investigación de varios aspectos de la durabilidad mediante el estudio de los cementos mezclados resistentes a la gran corrosión por el agua salada, y la impregnación de cuerpos porosos. El ha sido co-autor del trabajo principal sobre propiedades mecánicas en el Séptimo Congreso Internacional de la Química del Cemento y es autor de más de 70 trabajos en revistas científicas.