

Además, para las tres clases principales de resistencia (35/45/55) se estipula un límite de resistencia mayor, la contracción por secado también ha sido limitada (800 millonésimas a los 28 días sobre prismas de mortero ISO para 35, 45 y 1,000 millonésimas para 45R y 55). Así, el diseño de las mezclas de concreto es menos peligroso y la disponibilidad del componente principal, el cemento, comienza a incrementarse.

b).- Concreto.- Para una alta resistencia del concreto como las usadas en las plataformas en el mar, es necesario un contenido de cemento entre 400 a 450 kg/m³. Con el uso de aditivos reductores de agua la relación A/C de 0.45, puede alcanzarse con suficiente manejabilidad. Para tales concretos densos, el aire incluido no es considerado necesario, sin él, se preparan comúnmente concretos altamente impermeables. Las especificaciones francesas requieren el aire incluido, solamente para pavimentos de concreto cuando está expuesto al congelamiento y deshielo.

ESTUDIO DEL CEBTP SOBRE EL RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO EN VIGAS EXPUESTAS AL AMBIENTE MARINO.

En 1962, se comenzó una investigación por el (CEBTP) "Centro Experimental de Construcción y de Trabajos Públicos", sobre el comportamiento de vigas de concreto reforzado y presforzado en agua de mar.

Cuarenta vigas de características diferentes, fueron expuestas a las aguas saladas del mar Mediterráneo en Marsella y otras 40 vigas iguales en el Canal.

Yves Guyon y S. Bernaert diseñaron las vigas, a fin de establecer que el concreto reforzado bajo esfuerzos de compresión se comporta mejor en un ambiente marino que el concreto reforzado ordinario. Las vigas de Marsella fueron expuestas a semi-inmersión en el mar abierto, junto al rompeolas externo (Fig. 2) y fueron examinadas anualmente. Las vigas de Canal fueron expuestas sobre una playa del estuario Rance pero en cuanto fueron progresivamente sumergidas en la arena, tuvieron que ser cambiadas en 1976 a la estación de exposición COB en el arroyo de Ste Anne du Portzic cerca de Brest.

En un reporte presentado al Simposio AFPC-ARBEM en Octubre de 1980, R. Bertrand, administrador técnico de CEMEREX, fue capaz de confirmar en las vigas de Marsella, que después de 18 años de exposición, el efecto inhibitorio de un esfuerzo permanente de compresión sobre la corrosión del refuerzo en las vigas no post-tensionadas, agrietadas o no. El comportamiento fue excelente cuando el refuerzo fue cubierto con 41 mm de concreto denso (A/C = 0.53) sin embargo, más susceptibles al ataque, fueron las partes superiores de las vigas, donde la relación A/C fue mayor (10).

IAS INSTALACIONES DEL "CENTRO DE OCEANOLOGIA DE BRETAÑA" (COB).

El principal establecimiento del "Centro Nacional para la exploración de los Océanos" (CNEOX), Agencia de estado fundada en 1968 y dependiendo del Mi-

nisterio de Industria, es el COB ocupando una superficie de 8 hectáreas sobre el arroyo de Ste Anne du Portzic en la bahía externa de Brest (Fig. 3).

Los grupos COB, una decena de laboratorios que tratan con cada aspecto de la vida marina, desde la geología, la meteorología y la acuicultura.

El Departamento de Tecnología y Desarrollo Industrial de la COB está respaldando varias actividades del CNEOX con su apoyo de recursos logísticos entre otros un canal para ensayos hidrodinámicos de 50 x 3 m y un depósito para ensayos con agua de mar de 50 x 12.5 m incluyendo un cárcamo de 12.5 por 12.5 m con 20 m de profundidad y una estación de exposición en el arroyo de St. Anne Du Portzic (Fig. 13).

Están actualmente en operación cuatro recipientes para ensayos bajo presión.

Un recipiente en forma de concha de 100 MPa (240 mm D. I. 1127 mm de altura).

Un recipiente cilíndrico a 10 MPa (300 mm D. I. 1,000 mm de altura).

Un recipiente de 15 m³ a 5 MPa (2,320 mm D. I. altura interna 3,200 mm)

Un recipiente de 1.57 m³ a 100 MPa (1,000 mm D. I. 2,000 mm de altura interna).

Estructuras de concreto instrumentadas han sido ensayadas desde 1977 - bajo variaciones controladas de presión en agua de mar, simulando las condiciones de mar abierto hasta una profundidad de 500 m. en el recipiente de 15 m³, el cual está especialmente adaptado para ensayos de larga duración con un costo de operación bajo (Fig. 18). En el recipiente de 1.57 m³ y 100 MPa. (Fig. 18) se pueden llevar a cabo cargas estáticas y dinámicas sobre especímenes de concreto o estructuras a escala reducida bajo condiciones de presión y temperatura (-2 a + 20°C) simulando aquellas encontradas a una profundidad de 10,000 m. Este recipiente en operación desde 1976 es usualmente llenado con petróleo y no con agua de mar, a fin de preservar de la corrosión las cerraduras de acero (Fig. 19).

En el campo de la corrosión, para intemperismo acelerado o sin él, de especímenes y vigas, se efectúa en un depósito de mareas de 15 m³, o en la cámara niebla salina de 3 celdas con una capacidad de 2 a 12 m³.

PROGRAMA SOBRE ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN EL MAR DE LA CEBTP-CNEOX.

En 1974 y con el respaldo de la "Dirección Internacional Económica de Comercio" del Ministerio del Ambiente, el CEBTP y el CNEOX, prepararon un programa de investigación sobre el comportamiento de las estructuras de concreto reforzado y presforzado que se usan en el mar.

Fueron revisadas las Investigaciones básicas sobre los materiales y sobre el comportamiento del concreto en el mar y el acero en el concreto. Un estudio sistemático de la difusión de oxígeno en el concreto saturado con aguas clorinadas, fue conjuntamente emprendido por el CEBTP (St-Remy-les-Chevreuse) y CNEOX (St. Anne du Portzic) donde se llevaron a cabo ensayos polarográficos en un depósito rotatorio apropiado.

El estado pasivo de la corrosión del acero, puede ser caracterizado -- por mediciones de la impedancia electroquímica de barras de acero embebidas en el concreto o en el mortero. Se puede determinar por estas mediciones la influencia relativa de los cloruros, oxígeno disuelto, agrietamiento en el concreto, sobre la corrosión e inactividad del acero embebido.

Vigas de concreto reforzadas sometidas a ciclos de inmersión-emersión y fatiga, fueron analizados en cuanto a su estado de corrosión, mediante este método por Wenger, Galland y Lemoine.

La permeabilidad del concreto en agua de mar, bajo varias presiones -- así como también la permeabilidad del concreto en petróleo caliente, han sido estudiadas previamente por CEBTP en 1970 (12) usando cilindros huecos de concreto (Fig. 14).

La influencia sobre la resistencia del concreto y el comportamiento a la deformación, debido a la inmersión a grandes profundidades, ha sido evaluado, sometiendo especímenes cilíndricos (160 mm de diámetro por 320 mm de altura) y tajadas de estos especímenes (160 mm de diámetro por 50 mm de altura) a presiones de agua hasta 100 MPa. El módulo de Young y la razón de Poisson se han medido en una celda triaxial desarrollada en St-Remy-les-Chevreuse por CEBTP bajo varias presiones con o sin penetración de agua en los poros del concreto. Llantzis, Ozanne y Zaleski - Zamenhof, publicaron la primera conclusión de esta investigación en 1979 (13) (Fig. 15).

El comportamiento de los elementos de concreto estructural en agua de mar natural fue estudiada por Kavyrchine, y Trinh (14) usando 2 elementos de concreto en forma de U de 2.00 x 3.20 x 0.24, uno reforzado y el otro presforzado (Fig. 10) ensayados en el depósito de mareas del COB, siendo ensayados al aire libre elementos duplicados en St-Remy. Para compararse, fueron sometidos estos elementos durante 6 meses a los mismos ciclos de cargas dinámicas, agrietamientos, deflexiones y resistencia última.

Esta investigación confirma en general el buen comportamiento de las estructuras de concreto reforzado y presforzado bajo cargas dinámicas en la zona de chapoteo.

Elemento	1a.	2a.	1b	2b
Tipo	Concreto reforzado	Concreto presforzado	Concreto reforzado	Concreto presforzado
Ambiente	Saint-Remy (CES/CEBTP) en el aire libre		Brest (COB/CNEOX) en un depósito de mareas	
Carga	Mismos ciclos de carga dinámica			

EL CONCRETO FRANCÉS EN LOS GRUPOS DE INVESTIGACION ARBEM

Se estableció en 1978 para coordinar y utilizar los programas de investigación sobre concreto y estructuras de concreto en el mar. La Association de recherches sur le béton en mer" (Asociación de Investigaciones sobre el Concreto en el Mar) agrupó las compañías de Ingenieros Civiles y Petroleras, junto con los Centros de Investigación y Organizaciones Nacionales siguientes: Campenon - Parnard-Cetra, IMS (Spie-Barignolles/Fougerolle), C.G. Doris, Compañía de Depósitos en el Mar (Sea Tank Co.) CFP total, SNEA-P Technigas (GDF), EDF, IFP, CEBTP, CNEOX. Los programas fueron consolidados por los asociados y por las Agencias de Estado (DAEI, FSH). Estas son dirigidas por Ph. Ozanne de CNEOX, M. Seguin del CEBTP actuando como gerente general. En octubre de 1980, la ARBEM organizó con la Asociación Francesa de Puentes y Estructuras (AFPC), un simposio internacional en las instalaciones de la CNEOX, sobre el comportamiento de las estructuras de concreto en el mar (15).

Tomando en cuenta los programas anteriores de la CEBTP-CNEOX en proceso o terminados, los programas que ARBEM en 1981 investiga son: impacto, resistencia, los efectos de los gradientes de temperatura y la absorción del agua a presión por el concreto (Fig. 17) desarrollos del agrietamiento y corrosión, y el comportamiento de los agregados de concreto ligero reforzado debido al ambiente corrosivo marino bajo presión.

CONCLUSION

La investigación sobre estructuras de concreto expuestas a condiciones severas en el mar o para ser usadas en aguas a grandes profundidades, tales como se realizan actualmente, desarrollan necesariamente nuestro conocimiento del concreto y contribuirá a los nuevos avances en el campo de la Ingeniería Civil.

RECONOCIMIENTO

El autor desea agradecer a M. Ph. Ozom, Jefe proyectista del programa ARBEM por su cooperación, a M. R. Bertrand, Gerente Técnico de CEMEREX y L. --- Duhoux, Jefe anterior de la División de Ingeniería Civil del Proyecto Rance, por los datos proporcionados.

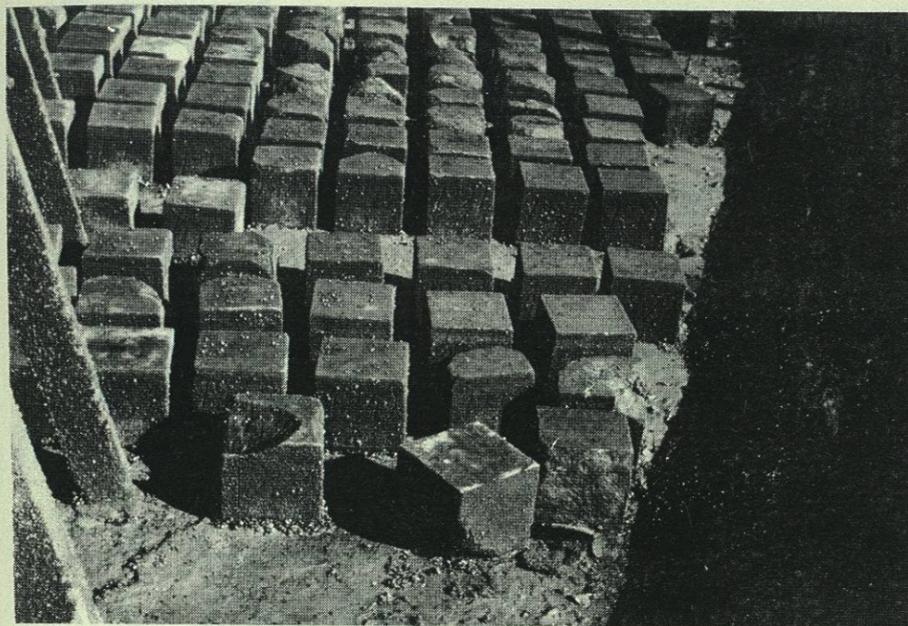
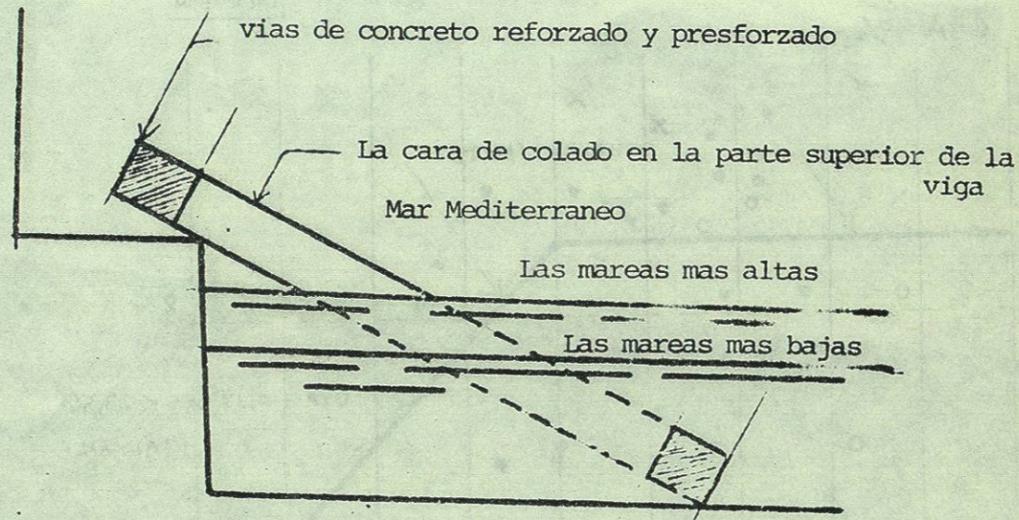


Fig 1.- Campo de experimentación: La Rochelle (Ref. 3)



CEMEREX EXPOSURE STATION (MARSEILLE)
Campo de experimentación CEMEREX (Marseille)

Fig. 2.- Campo de experimentación de vigas Marseille (Ref. 8)