



MR. C. ALLAN EDDY

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Hattori, K., Japan Chemical Association Monthly, Vol. 14, p. 12, 1976.
- 2.- Hattori, K., Japan Pat. 485391.
- 3.- Hattori, K., Japan Chemical Association Monthly, Vol. 29, p. 10, 1976.
- 4.- DIN 1048, Section 1, Clause 312 Deutscher Normenausschuss, Berlin 1972.
- 5.- Hattori, K., Japan Chemical Association Monthly, Vol. 29, p. 10, 1976.
- 6.- Hattori, K., Japan Chemical Association Monthly, Vol. 29, p. 10, 1976.
- 7.- Hattori, K., Japan Chemical Association Monthly, Vol. 29, p. 10, 1976.
- 8.- Hattori, K., Jamakawa, C., Suzue, S., Azuma, T., Inamura, Y., Ejiri, Y. CAJ Proceedings of the 30th General Meeting Technical Session, PP. 259, (1976).
- 9.- Suzue, S., Internal Data of Kao Soap Co., Ltd. (1977).
- 10.- Hattori, K., Control de la Pérdida de Revenimiento Mediante Redensificación con Superplastificantes MIGHTY. IV Simposio Internacional sobre Tecnología del Concreto "Superplastificantes", PP. 247-275, Monterrey, Nuevo León, México, (1979).

DESARROLLO DE CEMENTOS ESPECIALES PARA MEJORAR LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN LOS PUERTOS CANADIENSES DEL ATLANTICO. -UNA CRITICA-

C. A. Eddy*

RESUMEN

Lo siguiente trata sobre las primeras técnicas de construcción y casos históricos sobre la durabilidad del concreto en los puertos canadienses del Atlántico.

Se hace referencia al desarrollo de cementos Portland especiales, para tratar con problemas de campo específicos y se ilustran las diferencias esenciales en la composición química de los cementos especiales.

Se describe un caso histórico en el cual se utilizaron cinco diferentes tipos de cemento en la construcción del malecón en el Puerto de St. John, en New Brunswick, Canadá, una región reconocida por tener las mareas más altas de todo el mundo. El control del comportamiento para determinar la vida útil de los muelles del malecón y las columnas que fueron construidas con diversos tipos de cemento, se efectuó a intervalos de diez años y por un total de 20 años.

Se identifican las instalaciones más importantes de los puertos de la Región Atlántica, enfocando la importancia de las buenas técnicas de colado del concreto para minimizar el efecto del alto contenido de alúmina de los cementos Portland normales.

Investigaciones recientes en las especificaciones canadienses para la elaboración del cemento Portland, se observa que se relacionan el mejoramiento potencial de la durabilidad del concreto en todas sus aplicaciones.

INTRODUCCION

El desarrollo de la tecnología del concreto en el ambiente marítimo -- procedió lentamente en los puertos canadienses atlánticos en comparación al desarrollo de Canadá como nación. Al comienzo del nuevo siglo, un producto conocido simplemente como cemento Portland se utilizaba para la mayoría de las construcciones marítimas y era, por cierto, importado desde la Gran Bretaña hasta el año de 1915, cuando la industria canadiense del cemento fue re-organizada por Lord -- Beaverbrook (1).

El cemento producido por la Gran Bretaña se elaboraba en hornos rotatorios y resultaba un producto mucho más mejorado, cuando se comparaba con el cemento elaborado en los hornos de eje vertical descritos por Davis (2) y Tagge -- (1).

En la Tabla I (3) se puede observar un análisis típico de este primer cemento producido.

Todas las construcciones en los puertos canadienses del Atlántico utilizaban el cemento británico con las especificaciones que se muestran en la Tabla 2.

PRIMERAS TECNICAS DE CONSTRUCCION.

Se puede observar un ejemplo interesante de las primeras construcciones marítimas, al examinar algunas fotografías antiguas de la escollera Negro -- Point ubicada en la entrada del Puerto Oeste de St. John en New Brunswick, Canadá (Figura 1 y 2).

Esta escollera fue construida en 1875-77, originalmente con un núcleo estibado protegido por grandes taludes de piedra. Entre 1905 y 1913 se construyó un muro central de concreto de 290 metros de longitud protegido con taludes -- de enrocamiento a cada lado.

Las técnicas de construcción son de interés histórico, debido al informe que aparece en el reporte de fecha, diciembre de 1936, escrito por H. McKinney, el ingeniero asignado al Puerto St. John.

El Ing. McKinney informa que se utilizaron 221 kg/m³. Esto produjo una mezcla pobre y áspera (Figura 2) utilizando granito triturado como -- agregado grueso. Al inspeccionar la estructura, se encontró que se le dio una -- interpretación muy liberal al tamaño del agregado grueso. Se puede observar en toda la estructura, grandes bolsas de piedras y se detectaron en varias partes, barriles de cemento rotos procedentes de Inglaterra, evidentemente esto como buen agregado. El Ing. McKinney comentó lo siguiente: "cuando consideramos que esta estructura fue construida al iniciarse el siglo, y que a pesar del ataque que ha recibido de los golpes del oleaje del mar, los movimientos de grandes piedras, -- la exposición máxima, los ciclos de congelamiento y deshielo y también tomando -- en cuenta que el concreto era una mezcla pobre y áspera y se puso poca atención

al colarse, el concreto ha dado una demostración notable, de lo que puede esperarse de una estructura marítima de concreto propiamente diseñada y construida".

TECNICA DE DESARROLLO

En un contraste marcado con la estructura del Puerto St. John, ahora -- ponemos nuestra atención al Puerto Halifax en Nueva Escocia, para examinar la -- construcción de los Muelles 21-24. En la Tabla 3 se muestra un reporte de la -- prueba típica de cemento, lo cual nos dice del tipo de resultados y ensayos que les proporcionaban los clientes en esa época. Se puede observar una sección del malecón en la Figura 3.

El Sr. Tibbets (5) describe detalladamente la construcción de un malecón de concreto reforzado, seccionado en celdillas y subsecuentemente rellenos de concreto y piedra del dragado. Se previó que la cara del malecón que da hacia el mar fuera de granito y el Sr. Tibbets informa que la estructura está en excelentes condiciones, atribuyendo este comportamiento, al hecho de que el concreto por encima de los niveles más bajos del agua estaba protegido por el revestimiento de granito. Está muy marcado el contraste del diseño y la construcción con -- la escollera del Puerto St. John y nos revela la evolución de las técnicas de -- construcción, en lucha por mejorar la durabilidad del concreto en los ambientes marinos de esa región.

EL DESARROLLO DE CEMENTOS ESPECIALES

El Sr. A. G. Fleming nos describe el desarrollo de cementos Portland -- especiales en Canadá, los cuales surgieron como resultado de las fuerzas destructivas de construcciones, tanto marinas como terrestres. El Sr. Fleming, Químico en Jefe de la Compañía de Cemento Canadá, tomó parte activa en las investigaciones efectuadas en las regiones occidentales canadienses, en las cuales se encontró que ocurría el deterioro de los cementos de concreto como resultado de la -- reacción de los sulfatos alcalinos del suelo con los aluminatos del calcio del -- cemento. Fleming, en cooperación con el Sr. Thorvaldson, de la Universidad de -- Saskatchewan, desarrollaron un cemento llamado Kalicrete o bien cemento resistente al sulfato. Este cemento especial, fue primeramente elaborado en noviembre -- de 1931, y se utilizó en pruebas de comparación con otros tipos de cemento en la construcción marina del puerto oriente de St. John en 1935 (7).

Poco después de la primera guerra mundial, la atención se enfocó a los cementos aluminosos que habían sido elaborados por los franceses y que se utilizaron durante la guerra hasta cierto punto para la construcción rápida de los anclajes de cañón debido a sus propiedades de endurecimiento rápido.

El comportamiento de este cemento, mereció la atención que se le dio -- al hecho de que, en proporcionamientos de mezclas semejantes utilizando concreto de cementos Portland, el concreto de cemento aluminoso desarrolló en un día igual resistencia que la que el concreto de cemento Portland hubiera desarrollado en --

una semana o más. Los cementos aluminosos, conocidos como Ciment Electriques o Ciment Fondu, se elaboraban a base de fusión, como producto de hornos eléctricos verticales donde se efectuaba la fusión de bauxita y piedra caliza. "Lumnite" fue el cemento aluminoso producido en hornos rotatorios por la Compañía de Cemento Atlas. Debido a que el cemento Portland se obtenía a la cuarta parte del costo de los cementos aluminosos, el Sr. Fleming, de la Compañía de Cemento Canadá, comenzó sus investigaciones buscando la posibilidad de duplicar el alto comportamiento de los cementos aluminosos en el cemento Portland, enriqueciendo la composición e incrementando el contenido de finos moliendo más finamente, para que ocurriera una hidratación más completa. Este cemento de tipo especial, conocido como cemento de alta resistencia inicial estuvo disponible en 1932 y logró la misma resistencia en 24 horas que el cemento Portland normal en 3 días. También fue incorporado a la prueba de durabilidad del Puerto St. John en 1935. La Tabla 1 proporciona una comparación de varios tipos de cemento en uso durante el período de las investigaciones. Los compuestos presentes en los cementos Portland eran bastante diferentes a los que estaban presentes en los cementos aluminosos y las propiedades cementantes de estos dependían de los aluminatos de calcio, mientras que la calidad cementante de los cementos Portland se originaba principalmente de los compuestos de silicato de calcio.

INFLUENCIA DE LOS AGREGADOS

Se reconoció por ciertos expertos en este tipo de construcciones, que algunos agregados de piedra caliza y arenisca que se utilizaban, eran extremadamente porosos, por lo tanto dando acceso al cemento por los poros y resultando en el agrietamiento de la pasta cementante. Se investigó por el Sr. F. M. Lea (8), la reducción de los ductos capilares, utilizando un alto contenido de cemento para limitar y reducir la intensidad del ataque por el agua de mar.

El Sr. McKinney observó que, "el éxito del concreto resistente al agua de mar depende primordialmente de las especificaciones y fabricación del concreto, y donde quiera que haya variaciones en la calidad del concreto, habrá problemas que ni aun el cemento más perfecto podrá evitar".

EVALUACION DE CEMENTOS ESPECIALES EN LA CONSTRUCCION MARITIMA.

En 1936, el Sr. McKinney en colaboración con el Sr. Fleming hicieron posible que se hiciera uso de cinco diferentes tipos de cemento en la construcción de los Muelles 1-4 en la parte oeste del Puerto St. John (Figura 4). Esto fue un intento para estimar el valor de la utilización de cementos especiales comparados con el cemento Portland normal en las construcciones marítimas.

En el plano de la Figura 5, se puede ver una vista de la construcción y los tipos de cementos utilizados fueron: el Kalicreto (resistente al sulfato), Ciment Fondu (cemento fundido), cemento de alta resistencia inicial, Lumnite, y el cemento Portland normal. El concreto hecho con estos cinco diferentes tipos de cemento, se utilizó en la construcción de ciertos muelles y amarres (Figura 5)

y estos se estuvieron examinando por el Sr. McKinney y Asociados durante 20 años a intervalos de 10 años después de construidos.

Las condiciones de curado para este concreto, incluyeron el severo congelamiento durante los meses de invierno, la erosión causada por el hielo flotante, etc... durante los períodos más fríos de la primavera y las mareas, cuyo nivel máximo fue de 9 metros de altura. En la Figura 6 se puede observar un problema típico, con el cual se toparon los ingenieros portuarios en ese tiempo y muestra el efecto de la marea a medida que las olas se elevaban y retrocedían; la sección que se muestra fue la más expuesta al congelamiento y deshielo (6).

En una crítica de este experimento en particular, el Sr. Fleming comentó que aunque los ingenieros encargados de esta construcción marítima, tomaban muy en serio los requisitos para un concreto durable, y con excelente diseño en cuanto a resistencia y durabilidad, a ellos no siempre se les daba la autoridad plena para colocar el concreto. Las condiciones actuales para la colocación de éste, parecía no ser responsabilidad de nadie y el constructor simplemente tenía que hacer el trabajo. Esto inevitablemente, dio lugar a construcciones defectuosas, especialmente en el Puerto St. John, lo cual provocaba altos costos en las reparaciones posteriores.

Cita el Sr. Fleming un ejemplo de esta técnica, en donde una sección del muelle del proyecto de 1936 fue vaciado durante temporadas de fuertes lluvias ocasionando un incremento en el contenido de agua en el concreto e incremento en la porosidad y segregación del agregado.

En junio de 1945, diez años después del uso de los cementos experimentales, el Sr. McKinney reportó lo siguiente:

Cemento Portland.- "Ocurrió descascaramiento en las esquinas de los amarres construidos de concreto con cemento resistente al sulfato".

Kalicreto (Resistente al Sulfato).- "No se observó ningún deterioro en los cuatro amarres construidos de concreto con cemento resistente al sulfato".

Ciment Fondu.- "No se observó desintegración de los amarres hechos de concreto con Ciment Fondu".

Lumnite.- "Dos amarres muestran áreas considerables donde el agregado está expuesto con penetración variable hasta 5 centímetros de profundidad. Los otros dos amarres se mantuvieron en buena condición".

Cemento de Alta Resistencia Inicial.- "Tres amarres y tres columnas, todos en condiciones satisfactorias".

Una inspección visual posterior, efectuada por el Sr. McKinney en 1955, 20 años después de la construcción, confirmó las observaciones de la primera inspección.