

LA REPARACION DE CONCRETO EN AMBIENTE MARINO TROPICAL

Guido W. Geymayr*

RESUMEN

En tanto que el concreto en ambiente marino tropical nunca está expuesto a la acción de hielo y deshielo, las altas temperaturas y humedades aceleran la corrosión del acero de refuerzo y el deterioro del concreto. Existen otros factores que hacen difícil la obtención de un concreto durable en áreas tropicales. Estos factores incluyen la calidad de los agregados y de la mano de obra, la necesidad de diseños especiales para estructuras fáciles de construir, así como problemas relacionados con lo alejado que están muchos sitios de obras. Se explican brevemente los mecanismos de la corrosión y con detalle los métodos de reparación, iniciándose con la remoción del concreto deteriorado, la restauración del acero de refuerzo, la sustitución del concreto con mezclas a base de cemento o morteros epóxicos y la protección adecuada de la superficie. La colocación de un mortero epóxico bajo agua para la reparación de pilotes de concreto, se describe detalladamente, usando una mezcla fluida de alta densidad de un compuesto epóxico que se vacía en moldes apropiados recuperables de metal, método que ha sido utilizado desde hace 5 años en la refinería de petróleo de Maraven en Punta Cardón, en la península de Paraguaná, Venezuela.

Palabras claves: Clima; pilotes de concreto; corrosión; resinas epóxicas; ambiente marino; protección superficial; reparaciones.

* Gerente Técnico de Intesika, C. A., Valencia, Venezuela.

INTRODUCCION

Este artículo es un reporte del campo y su contenido está respaldado por los resultados satisfactorios que se han obtenido en las reparaciones de estructuras que fueron reparadas de acuerdo con los métodos descritos.

Ambiente Marino

El ambiente marino es aquella área donde el concreto se moja con agua de mar, es decir: bajo agua, en las zonas de mareas y de oleaje y dondequiera -- que el viento lleve el rociado de agua de mar, lo cual puede llegar hasta 1 km. tierra adentro. Las condiciones son más severas donde el concreto atraviesa ciclos de estado seco y mojado y donde se seca y se moja simultáneamente. La corrosión es mínima bajo agua y está limitada normalmente a zonas donde el concreto haya sufrido algún daño mecánico. La Fig. 1 muestra lo que ocurre en una estructura parcialmente sumergido y no protegida. La corrosión se inicia por una acumulación gradual de cristales de sal cerca de la superficie expuesta.

Ambiente marino tropical

Se caracteriza por alta temperatura y humedad que aceleran la corrosión del concreto, especialmente después de los primeros daños leves. En cambio el concreto, desde luego nunca está expuesto a la acción de hielo y deshielo. -- Existen, sin embargo, otros factores que indirectamente llevan a una posible rápida destrucción del concreto en el ambiente marino tropical. Estos factores es tan mencionados bajo Problemas Típicos Tropicales. La Fig. 2 muestra las áreas principales de deterioro en un tipo común de estructuras.

El mecanismo de la corrosión.

El deterioro del concreto en ambiente marino ocurre principalmente por la corrosión del acero de refuerzo. Las Figs. 3 y 4 muestran el mecanismo básico de la corrosión del hierro en un ambiente salino. Mientras el acero de refuerzo está rodeado de una capa de pasta de cemento con un valor pH de 10 ó más, no se corroe. Sin embargo, el concreto es un material poroso que absorbe y desprende humedad, de acuerdo con las condiciones que lo rodean. El efecto capilar hace entrar agua salada mientras agua pura se evapora a través de las superficies expuestas, dejando atrás la sal.

Los cristales de sal que se forman ejercen presiones internas que el concreto no puede resistir. Además existen tensiones causados por diferencias de temperatura entre zonas de sol y sombra que contribuyen a la formación de grietas. El concreto gradualmente se satura de sales, principalmente cloruros y sulfatos. También entran por migración lenta oxígeno y el ácido carbónico. Este último, un anhidro ácido, reacciona con la cal libre y reduce la alcalinidad protectora de la pasta de cemento por carbonatación. Se puede determinar la presen-

G. W. Geymayr

cia o ausencia de cloruros en el concreto y así mismo el progreso de la carbonatación con bastante facilidad como se describe en las Tablas 4 y 5. La carbonatación ocurre inicialmente con rapidez y luego más lentamente. Después del primer año logra progresar a una profundidad de 5 mm, después de 4 años llega a 10 mm y a los 25 años llega a 25 mm. Desde luego depende de la calidad (densidad) del concreto. La presencia de oxígeno, cloruros y agua cerca del acero de refuerzo causa la oxidación del hierro y los productos de la corrosión tienen un volumen 10 veces mayor que el hierro. Esto produce tensiones internas que fracturan el concreto. Se forman grietas a lo largo de los hierros de refuerzo (ver Fig. 5) y eventualmente se cae el recubrimiento, como muestran las Fig. 6, 19 y 20. El acero expuesto sufre rápida corrosión, que puede poner en peligro la estructura. Bajo agua, donde el concreto no puede secarse, la corrosión es mínima y generalmente limitada a zonas donde hubo daños mecánicos y acceso del agua salada al refuerzo.

Cómo evitar la corrosión.

La corrosión del acero puede detenerse si se toman medidas adecuadas para reducir la entrada de agua de mar y la rociada por el viento. El concreto debe ser denso y bien compactado sin fallas. El recubrimiento debe ser de 4 a 5 cm y la relación A/C 0.45 máx. Los tratamientos superficiales adecuados prolongan la vida de una estructura considerablemente en el ambiente marino tropical. La Tabla 1 contiene 4 pasos obligatorios y 3 pasos opcionales, a tomar. Estos se refieren al uso de acero recubierto o galvanizado, la protección catódica y lo más radical al reemplazo del acero.

Los problemas típicos tropicales.

En áreas tropicales es muchas veces difícil obtener un concreto bueno. Los agregados son frecuentemente bastante malos. La arena suele ser muy fina -- con un módulo de finura de 2 o menos y estar contaminada con sal y coral. Escasean los agregados de ríos y se depende de la explotación de minas. Durante la temporada de lluvias los agregados sacados de minas están contaminados con arcilla. Agua dulce, limpia tampoco abunda, por lo cual no se considera generalmente el lavado ni la clasificación de los agregados. Es necesario almacenar mayor cantidad de cemento, debido a la lejanía del lugar de suministro y las irregularidades de los envíos. El cemento se hidrata y se daña más rápidamente en climas húmedos, que produce resistencias bajas. Las temperaturas altas aumentan la demanda de agua del concreto y esto el contenido de cemento para una relación de terminada de A/C. Un contenido alto de cemento y la disipación lenta del calor de hidratación pueden causar grietas en concreto masivo. También existe el elemento humano. Los trópicos incluyen mayormente los países en desarrollo donde no abunda la mano de obra experimentada. Los climas calientes y húmedos originan la ineficiencia y el descuido del personal por la lejanía de algunos sitios de obras, no es atractiva para el personal calificado. Hay que agregar problemas serios de comunicaciones y fallas frecuentes del suministro de fuerza eléctrica, servicio deficiente de los mecánicos para los equipos, así como la escasez crónica de repuestos, para darse cuenta de los obstáculos con que es necesari-

rio contar. La Tabla 2 resume los problemas más importantes.

El diseño apropiado puede ayudar

La residencia del personal soltero de Maraven es una estructura bella. Maraven tiene una gran refinería en Punta Cardón, Paraguaná, Venezuela. El diseño no incluye elementos delgados de concreto vaciado en el lugar. El contratista tuvo muchos problemas y a pesar de su preocupación personal, el concreto estuvo lleno de fallas, nidos de piedras y acero expuesto. Se salvó el edificio inyectando todas las fallas con compuestos a base de resinas epóxicas y recubriendo todas las superficies con un revoque de 3 a 5 cm de espesor de un mortero modificado con polímero, a un costo elevado. Se debe tomar en cuenta la agresividad del ambiente marino en la fase del diseño de una estructura. La necesidad de un mínimo de 4 cm de recubrimiento para el acero hace necesario evitar el uso de elementos delgados y esbeltos. Las concentraciones altas de acero pueden causar problemas de compactación. El diseñador debe tomar en cuenta los problemas que tendrá que enfrentar el contratista durante la construcción y que fueron mencionados en el párrafo anterior. La estructura debe ser simple y fácil de realizar aunque se tenga que sacrificar el aspecto estético, para evitar que unos errores aquí y allá tengan como consecuencia un rápido deterioro en el ambiente marino tropical. La Tabla 3 resume algunas recomendaciones específicas.

LA REPARACION DEL CONCRETO

La mayoría de las estructuras en el ambiente marino empiezan a deteriorarse en los bordes de las losas, columnas y vigas. La carbonatación ocurre más rápidamente en estas áreas. Los pilotes de concreto suelen dañarse primero en sus partes superiores. Postes de alumbrado o de alta tensión se corroen a lo largo de la junta de encofrado donde hubo escurrimiento de la lechada de cemento. Hay 5 pasos básicos en la reparación de estructuras en ambiente marino y corrosivo:

- Remoción de todo el concreto deteriorado.
- Sellado de grietas, si las hubiera, por inyección.
- Restauración del acero de refuerzo.
- Reemplazo del concreto.
- Tratamiento superficial.

El Proceso detallado de las Reparaciones

La remoción del concreto deteriorado.- Se emplean para ello martillos, escarificadoras, cinceles manuales o neumáticos o cualquier otro medio mecánico. Es esencial que se descubra el acero de refuerzo en todo su alrededor, y que remueva el concreto hasta 2.5 m debajo del acero como se ve en las Fig. 7, 21 y 22. De esta manera se podrá limpiar el acero debidamente y ayuda a anclar el concreto de reposición. En el sentido longitudinal se deberá encontrar el acero libre de huellas de corrosión. A veces no queda mucho del elemento así preparado. En

G.W. Geymayr*

estos casos es preferible reemplazar el elemento completo por uno nuevo, especialmente cuando se trata de vigas delgadas.

El sellado de las grietas.- Donde se encuentren grietas en la parte remanente del concreto, éstas deberán inyectarse con un compuesto epóxico de baja viscosidad. La Fig. 11 muestra cómo se realiza tal inyección. Primeramente se recubre el exterior de la grieta mediante un compuesto epóxico pastoso, colocando al mismo tiempo, a distancias entre 20 y 30 cm, niples de 3/8" o válvulas de una vía de polietileno. Ya endurecido el sellador exterior se suele inyectar aire comprimido para asegurarse que existe paso abierto hacia la grieta, para eliminar polvillo y humedad. El niple superior se suele conectar con una manguera de control de plástico transparente. Para la inyección se emplean pistolas manuales del tipo de engrasadoras. La presión que se puede ejercer con estas pistolas es perfectamente suficiente, ya que no se trata de alta presión sino de un flujo constante de material. Grietas de tan sólo 0.6 mm han podido inyectarse de esta manera sin problemas. Hay en el mercado equipos sofisticados de inyección que son útiles en obras grandes. Se inicia la inyección en el niple más bajo y se inyecta material hasta que aparezca en el niple siguiente, etc. La inyección es completa cuando el líquido mantiene su nivel en la manguera de control. Compuestos epóxicos son de 2 componentes que deben mezclarse inmediatamente antes de su aplicación, en obra, en la proporción indicada por el fabricante. Normalmente tienen una vida útil bastante corta y se deben mezclar solamente cantidades tales que puedan aplicarse en el tiempo indicado como su vida útil. Compuestos epóxicos alcanzan resistencias altas en poco tiempo, sin retracción notable, cuando se aplican volúmenes pequeños y cuando la proporción de relleno es alta. Las grietas donde se anticipan movimientos adicionales deberán sellarse mediante selladores elastoméricos o con compuestos epóxicos de bajo módulo. Tales movimientos pueden originarse por diferencias de temperaturas en el elemento.

La restauración del acero de refuerzo.- Los aceros pueden estar corroídos a tal grado, que su sección efectiva haya sido reducida. En este caso deberán reemplazarse o reforzarse. Esto puede hacerse quitando la parte afectada y soldando una barra nueva. El acero de alta resistencia no debe soldarse. La soldadura a topo debe evitarse ya que requiere un alto grado de experiencia para ser efectiva. La parte soldada deberá ser de 10 diámetros de largo. La barra nueva también puede atarse con alambres, pero en este caso el largo del traslape ha de ser 40 veces el diámetro. A veces será necesario anclar aceros nuevos en el concreto viejo y sano mediante perforaciones y fijación de las barras con compuestos epóxicos de consistencia pastosa para huecos horizontales y verticales, y líquidos para huecos que pueden llenarse por gravedad. Donde la perforación es imposible, se pueden cortar zanjas que acomoden los aceros. En todos estos casos es importante que el largo del acero empotrado sea de 10 a 15 veces el diámetro. Los huecos deberán tener un diámetro que sea 12 mm mayor que el diámetro de la barra. Los estribos serán tratados como las barras principales. Todo el acero deberá limpiarse con chorro de arena antes de empotrarlo en epoxy. Ya restaurado el acero de refuerzo, deberá limpiarse con chorro de arena. Esto no sólo removerá el óxido, sino también las partes sueltas del concreto (ver Fig. 8). Las Figs. 21 y 22 muestran la condición del trabajo antes de la aplicación del chorro de arena. Es importante que se proteja el acero ya limpio inmediatamente. La superficie de