

Experiencias en el desarrollo de procedimientos de reparación de estructuras marítimas de hormigón

Experiences in developing repair procedures for maritime concrete structures

Jose Antonio Guerrero García^a, José Carlos Roldán Sanromán^b, Alfredo García Moreno^c, Juan Carlos Barrial Cazorla^d

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Azul Construcción Repair S.A. Director Técnico. iguerrero@azulconstruccion.com

^b Arquitecto Técnico. Azul Construcción Repair S.A. Oficina Técnica. jcrolan@azulconstruccion.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Azul Construcción Repair S.A. Oficina Técnica. agarcia@azulconstruccion.com

^d Azul Construcción Repair S.A. Oficina Técnica. jcbarrial@azulconstruccion.com

RESUMEN

Las reparaciones de estructuras afectadas por ambientes de tipo marítimo han obtenido, tradicionalmente, resultados mejorables en cuanto a su durabilidad. La implantación de la normativa UNE-EN 1504 a comienzos de 2009 sentó las bases de trabajo del sector de la reparación estructural en una búsqueda de perfeccionamiento técnico que eleve la eficacia de las reparaciones en lo que respecta a su durabilidad y adecuación a las necesidades de conservación de las infraestructuras. El objetivo de la presente comunicación es, por tanto, exponer las experiencias que los autores han desarrollado a lo largo de los años en relación con la reparación de estructuras de hormigón en ambiente marítimo.

ABSTRACT

Repairs to structures affected by maritime environments have traditionally had generally difficult results in terms of durability. The implementation of the UNE-EN 1504 standard at the beginning of 2009 laid the foundations for the work of the structural repair sector in a search for technical improvement to increase the effectiveness of repairs in terms of their durability and suitability for the conservation needs of infrastructures. The aim of this communication is therefore to give an account of the experiences that the company has developed over the years with regard to the repair of concrete structures in a maritime environment.

PALABRAS CLAVE: reparación estructural, durabilidad, hidrodemolición, mortero de reparación

KEYWORDS: structural repair, durability, hydrodemolition, repair mortar

1. Introducción

El entorno portuario impone sobre las iniciativas de conservación de sus estructuras de hormigón condicionantes particulares derivados de la influencia de la carrera de mareas, y del tipo y la intensidad del ataque a que estas estructuras están sometidas, además de los condicionantes derivados del natural tráfico marítimo y

portuario. Por ello cuando se interviene en estas estructuras con fines de reparación y refuerzo la mera aplicación de procedimientos estandarizados para otro tipo de estructuras a menudo trae como consecuencia resultados ineficaces, inconsistentes, y en último término antieconómicos.

La diversa casuística del medio marítimo en lo que se refiere a elementos estructurales a reparar con sus condicionantes asociados, hace que en este entorno de trabajo la versatilidad y experiencia de la empresa reparadora acabe aportando un especial valor añadido a la actividad constructiva.

Otro aspecto reseñable de este tipo de infraestructuras es la diversidad en términos de agentes económicos que ostentan en el mercado la potestad mantenedora sobre las estructuras, oscilando entre entidades públicas de diversa jerarquía e índole, hasta entidades privadas; y desde regímenes de estricta titularidad de las estructuras, hasta la explotación de ellas a través de determinados ciclos concesionales. Estos últimos factores de tipo económico introducen además consideraciones que apuntan hacia demandas particularmente específicas de vida útil residual estimada, intervalos temporales estrictos de paradas de mantenimiento, y también los más rigurosos criterios de economía de medios, planificación temporal y eficiencia constructiva.

Según nuestra experiencia, la única alternativa eficaz para la superación de este contexto particularmente exigente de intervención en obra marítima es el desarrollo de un conjunto propio de soluciones técnicas y procedimientos de trabajo adaptados y contrastados, alineados con los objetivos empresariales del sector.

El presente artículo no tiene otro objeto que servir de breve inventario ilustrado de algunas de esas soluciones que la empresa Azul Construcción S.A. lleva desarrollando desde sus inicios.

2. Variantes técnicas respecto a los medios auxiliares y soluciones de acceso

La definición, la adecuación y montaje de los medios auxiliares de acceso y plataformas de

trabajo de los recursos de producción constituyen la condición de posibilidad, necesaria, aunque no suficiente, para el desempeño de los equipos de trabajo en los términos de rendimiento previsto en la programación de obra.

En esta línea de pensamiento, los siguientes factores han de estudiarse hasta el extremo necesario para garantizar la adecuación de los medios a los fines. A saber:

- a) La disponibilidad suficiente de espacio de trabajo para los equipos destinados a cada actividad.
- b) La cota de las plataformas de trabajo en relación con los objetivos constructivos y las afecciones de la marea.
- c) Los medios de acceso a las plataformas de trabajo.
- d) La resistencia y aptitud del medio auxiliar para soportar las sobrecargas propias de las diferentes actividades sin dañarse o dañar la estructura que se pretende reparar.
- e) La posibilidad a conveniencia de modularidad o traslación del medio auxiliar hacia otros enclaves de trabajo.
- f) La capacidad de combinarse con otros medios auxiliares complementariamente de forma estable o eventual.
- g) Los requerimientos documentales y normativos para su puesta en funcionamiento y mantenimiento.
- h) La necesidad de que el medio auxiliar atienda otras funcionalidades ajenas a lo estrictamente constructivo, como por ejemplo contener la caída de residuos.

En términos prácticos, la acusada linealidad de muchas de las estructuras portuarias (muelles, pantalanes, etc.) ha consolidado una serie de soluciones convencionales (andamio colgado, camión de negativo, etc.), a las que la experiencia propia añade otras sobre las que a continuación se abunda:



Figura 1. Acceso por cuerdas para fijación de equipos robotizados de hidrodemolición

- a) Empleo de plataformas colgadas de pescantes en disposiciones transversales o longitudinales, incorporando soluciones de traslación de los pescantes. Especialmente adecuados para proyectos donde no sea necesario reincidir en el mismo punto en fases diferentes de la ejecución.
- b) Construcción de plataformas de trabajo continuas sustentadas a través de cables portantes en carga, con diversidad de soluciones de anclaje de los tiros resultantes a la estructura. Solución de montaje simple, poco invasiva del tablero superior, y con retención de residuos.
- c) Empleo como recurso habitual del acceso mediante descenso y ascenso por cuerda en trabajos verticales como medio de efectuar posicionamientos de equipos robotizados de hidrodemolición y sus anclajes asociados. Aporta versatilidad, seguridad y capacidad de rescate en situaciones de emergencia.



Figura 2. Vista de plataforma de andamio sobre cables portantes en carga, así como de las estructuras auxiliares que permite el anclaje de los tiros de los cables.



Figura 3. Vista de andamio colgante bajo estructura metálica.

3. Invariantes técnicas respecto a los procedimientos de reparación y especificaciones de producto

Las labores de reparación de las estructuras portuarias de hormigón suelen desencadenarse como consecuencia de la presencia de procesos de corrosión de mayor o menor grado de actividad en la armadura que llevan asociados aumentos de volumen de esta, fisuración del hormigón y deslaminación en última instancia de la capa de hormigón que conforma el recubrimiento. Los principales ataques que sufren los hormigones en este ambiente están derivados de los cloruros, los sulfatos y los posibles derrames o vertidos de sustancias químicas en ambientes industriales. Frente a estos efectos, el sector de la reparación estructural aporta actividades constructivas encaminadas a producir una regeneración estructural de la masa de hormigón afectada por la patología mediante un proceso que contiene dos fases fundamentales: por un lado, el saneo del hormigón deteriorado por la patología hasta encontrar soporte sano y firme, incluida la preparación del propio soporte resultante (adherencia), y el tratamiento de la armadura; por

otro lado, la regeneración en sí misma mediante la aplicación de morteros de reparación estructural.

Tradicionalmente las reparaciones estructurales de este tipo en estructuras de hormigón expuestas a ambientes exigentes han dado como resultado respuestas ineficaces a medio plazo en términos de durabilidad. Por ello, el presente artículo pretende apuntar como invariantes de cualquier procedimiento de reparación estructural de hormigón en este tipo de ambientes, que aspire a aportar a la estructura una mejora sostenida en el tiempo de su estado de conservación, los siguientes elementos:

- a) Retirada del hormigón afectado por patología mediante el empleo de la técnica de la hidrodemolición. Esta técnica permite mediante la proyección de agua a muy elevadas presiones retirar el hormigón hasta la profundidad requerida al mismo tiempo que prepara y limpia y descontamina el soporte de la reparación, generando adherencia mecánica, y produce una limpieza de las armaduras expuestas sin causarles daño. Además de lo anterior, no produce la fisuración en el hormigón del sustrato firme que induce el picado manual con martillo eléctrico o neumático.

- b) Regeneración del hormigón mediante la puesta en obra de morteros de reparación de tipo fluido colocados por vertido o por inyección, en un procedimiento que cuenta con la instalación de encofrados y un cuidadoso manejo de las purgas de aire del interior del espacio confinado por la reparación.

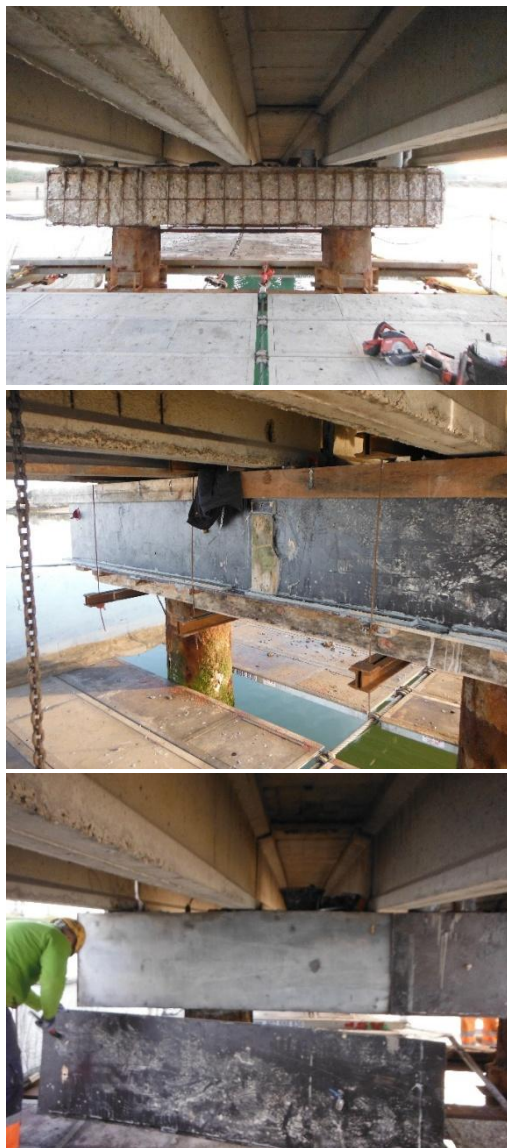


Figura 4. Proceso de regeneración estructural de dintel de hormigón armado mediante mortero de reparación fluido.

La combinación de estas dos estrategias anteriores ha producido y produce reparaciones de mayores prestaciones en cuanto a su adherencia al soporte, porosidad y compacidad, y por tanto en cuanto a su capacidad de evitar la penetración de contaminantes. Además, ofrece

mejoras estéticas puesto que permite un mayor grado de monolitismo y aristado de los acabados encofrados.

4. Variantes técnicas respecto a los procedimientos de hidrodemolición

Los procedimientos de hidrodemolición han experimentado a lo largo de los años recientes mejoras técnicas encaminadas a dos factores fundamentales: por un lado, a elevar la precisión de los sistemas de saneo para incrementar las posibilidades de efectuar picados de precisión en los soportes de hormigón; por otro lado, a robotizar los sistemas y separar físicamente al operador de la lanza de agua a presión mediante la interposición de estructuras auxiliares y mecanismos de desplazamiento y giro automáticos de diferente naturaleza.



Figura 5. Operador de hidrodemolición robotizada ordenado el equipo a través de centralita remota.

La apuesta del mercado va claramente guiada hacia el desarrollo de estos últimos, siendo ya en la actualidad casi completamente residual el empleo de la lanza manual para la hidrodemolición. Los modernos equipos robotizados tienen capacidad para adaptarse a geometrías cada vez más complejas, y poseen la capacidad de programarse para ofrecer rendimientos superiores a los de la lanza manual mediante centralitas en remoto.



Figura 6. Vista de un robot de hidrodemolición instalado sobre un bastidor metálico que le permite su desplazamiento en las dos direcciones de un paño de reparación previamente definido en la centralita.



Figura 7. Vista de un robot de hidrodemolición sobre orugas de tipo autopropulsado, que permite la hidrodemolición de paramentos de cualquier tipo en su entorno, incluso en negativo, empleando altos caudales, grandes posibilidades de desplazamiento autónomo y operativa segura.

5. Consideraciones técnicas acerca de la relevancia de los tratamientos y revestimientos de protección del hormigón

Las labores de mantenimiento correctivo o reparación suelen desempeñarse en presencia de procesos de corrosión activados en mayor o menor medida. Con independencia de la reparación de las consecuencias presentes de la corrosión en términos de hormigón deteriorado y pérdida de sección en la armadura, es posible producir un efecto de atenuación o disminución de la velocidad de corrosión de las armaduras mediante la aplicación de inhibidor de corrosión.



Figura 8. Aplicación de inhibidor de corrosión

La experiencia sanciona que los efectos de estas aplicaciones son muy beneficiosos para las estructuras en este estado y tienen un efecto importante en la prolongación de su vida útil. Además, algunos de los inhibidores presentes en el mercado tienen amplio respaldo documental y de mediciones de campo, con Documentos de Idoneidad Técnica Europeo (DITE) disponibles. En algunos casos estas mediciones sucesivas y espaciadas temporalmente de velocidad de corrosión sobre estructuras donde han sido aplicados han detectado efectos positivos derivados de la aplicación de estos productos mantenidos más allá de los cinco años tras su aplicación.



Figura 9. Lecturas de corrosímetro

Por otro lado, e incluso de una manera complementaria a lo anterior, existen productos en el mercado que aportan protección al hormigón sobre la base de disminuir los valores de la permeabilidad a la entrada de gases y al vapor de agua en mayor o menor medida. Estos productos son mayormente revestimientos en forma de pinturas acrílicas (anticarbonatación) o membranas de diferente índole, que aportan protección al hormigón pero que deben seleccionarse en atención a las patologías concretas que se hayan registrado y al tipo de ambiente al que el hormigón a proteger esté expuesto.



Figura 10. Proceso de aplicación de revestimiento protector

6. Conclusiones

La reparación estructural de estructuras de hormigón en ambiente portuario presenta algunas particularidades con respecto a la intervención en otro tipo de entornos, y estas particularidades propias hacen especialmente relevante el hecho de contar con especialistas en reparación cuya bagaje y equipamiento permita desarrollar procedimientos de trabajo adecuados para cada situación en particular.

El adecuado planteamiento y diseño de los medios auxiliares tiene repercusiones directas en la capacidad de desarrollo de los rendimientos de producción previstos en la programación de obra. En el desarrollo del artículo se enumeran los factores para tener en cuenta a este respecto.

La introducción sistemática de procedimientos de regeneración estructural que incorporan hidrodemolición robotizada y morteros de reparación de tipo fluido colocados por vertido y/o inyección, genera reparaciones de mayor compacidad y, por tanto, mayor durabilidad que las soluciones de aplicación por proyección de morteros de tipo tixotrópico y saneo por picado mecánico. La hidrodemolición robotizada en sus diferentes formas es además una herramienta de trabajo que aporta valor a tres niveles diferentes: mejora de la seguridad del operador y la del entorno; incremento de la productividad respecto del equivalente en lanza manual; y finalmente, mayor precisión en el saneo para aplicaciones exigentes.

Referencias

- [1] BOE-A-2021-13681 (2021). *Código Estructural*. Madrid, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- [2] Asociación Española de Normalización y Certificación. (2005). *Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón*. (UNE-EN 1504-2)

- [3] Asociación Española de Normalización y Certificación. (2006). *Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural*. (UNE-EN 1504-3)
- [4] Asociación Española de Normalización y Certificación. (2007). *Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 7: Protección contra la corrosión de armaduras*. (UNE-EN 1504-7)
- [5] Asociación Española de Normalización y Certificación. (2011). *Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 9: Principios generales para el uso de productos y sistemas*. (UNE-EN 1504-9)