



ELSEVIER  
www.elsevierciencia.com/hya



CrossMark

Disponible en  
**ScienceDirect**  
www.sciencedirect.com

Hormigón y Acero 2015; 66(277):225–236

**HA**  
HORMIGÓN  
y ACERO  
www.e-ache.com

Original

# Efecto de las cargas cíclicas sobre la adherencia hormigón-acero en hormigones sumergidos

*Effect of cyclic loading on concrete-steel bond in underwater concrete*

Héctor Bernardo Gutiérrez<sup>a,\*</sup>, Miguel Ángel Vicente Cabrera<sup>b</sup>, Dorys González Cabrera<sup>c</sup>  
y Juan Fernando Martínez Díaz<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Dirección técnica, DRAGADOS, Madrid, España

<sup>b</sup> Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Profesor titular, Universidad de Burgos, Burgos, España

<sup>c</sup> Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Profesor contratado, Doctor, Universidad de Burgos, Burgos, España

<sup>d</sup> Licenciado en Ciencias Químicas, Dirección técnica, DRAGADOS, Madrid, España

Recibido el 28 de noviembre de 2014; aceptado el 15 de enero de 2016

Disponible en Internet el 31 de marzo de 2016

## Resumen

El hormigón sumergido ha sido utilizado en la construcción desde la antigüedad, generalmente ante la imposibilidad, o inconveniencia, de conseguir un recinto seco para su puesta en obra. Sin embargo, esta utilización se ve perjudicada por el lavado de las partículas de cemento de la masa de hormigón, lo cual produce un deterioro de sus propiedades mecánicas, incluyendo una disminución de su resistencia a compresión así como de la adherencia entre hormigón y armaduras.

El efecto que el lavado tiene sobre la adherencia entre hormigón y barras de acero ha sido escasamente investigado en la literatura técnica. Por otro lado, los resultados disponibles se ven fuertemente condicionados por la forma de fabricación de las probetas empleadas o por el método utilizado para simular el lavado del hormigón debido al contacto con el agua. Ambos aspectos pueden no resultar representativos de las condiciones de puesta en obra reales. Por otro lado, no hay datos de investigaciones previas que involucren cargas cíclicas de alto número de ciclos, como por otra parte suele corresponder a estructuras de ambiente marino, campo de utilización habitual de este tipo de hormigones.

El presente trabajo describe la investigación llevada a cabo sobre la adherencia con barras de acero de una mezcla de hormigón sumergido de 40 MPa. Se han empleado tanto cargas monotónicas como cíclicas con dos rangos de carga y cinco escalones de ciclos (1, 2.000, 20.000, 200.000 y 2.000.000). Los resultados han mostrado que ante cargas monotónicas el hormigón sumergido exhibía una reducción en la tensión de adherencia última ( $\tau_u$ ) de un 5% con respecto a la misma mezcla hormigonada en seco. Por otro lado, las cargas cíclicas tenían el efecto de aumentar el valor de  $\tau_u$  fruto de la compactación sufrida por el hormigón, que redundaba en una mejora de su resistencia a compresión.

© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**Palabras clave:** Hormigón sumergido; Autocompactante; Adherencia; Cargas cíclicas; Fatiga

## Abstract

Placing concrete underwater has been used for many years in construction, due to the impracticalities of creating a watertight basin in a marine environment or in ground which is severely waterlogged. Unfortunately the process is hindered by the action of cement washout from the concrete mass, which creates an impairment in the concrete mechanical properties, including loss of compressive strength and the bond between the set concrete and the reinforcement.

The available technical literature on this subject show that the results of tests on samples of underwater concrete are significantly affected by the way in which the samples are taken, and these may not be representative of the real underwater conditions. Furthermore, there appears to have been no research conducted on the high cyclic loading on the underwater concrete to which many marine structures are often subjected.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [h.bernardo@gmail.com](mailto:h.bernardo@gmail.com) (H. Bernardo Gutiérrez).

This paper concerns research undertaken into the bond strength between reinforcement and underwater concrete for concrete cylinder strength of 40 MPa. Monotonic and cyclic loading has been applied to 5 cycle samples sets (namely 1, 2000, 20,000, 200,000, and 2,000,000 cycles). The results show that, for monotonic loading, the  $\tau_u$  values in underwater samples reduce by 5% compared to samples cast in dry conditions. In addition the monotonic tests on the samples subjected to high cyclic loading show an increase in the  $\tau_u$  value compared to those samples not subjected to cyclic loading. This may be a result of the micro-compaction experienced by the concrete due to the high cyclic loading, which leads to an increase in compressive resistance.

© 2016 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

*Keywords:* Underwater concrete; Self compacting; Bond; Cyclic loading; Fatigue

## 1. Introducción

Dentro de los hormigones de altas prestaciones hay un tipo que en los últimos años está aumentando su presencia en la construcción de grandes infraestructuras. Este hormigón es el denominado como sumergible, o, más comúnmente, sumergido. Se suelen definir así a los hormigones capaces de ser puestos bajo el agua cumpliendo al menos dos premisas: ser capaces de fluir adecuadamente hasta rellenar el molde o área objetivo, sin dejar huecos y autonivelándose en ausencia de vibración externa, así como sin mostrar signos de segregación o lavado; ser capaces de mantener intactas o escasamente alteradas las propiedades mecánicas mostradas cuando son ejecutados en condiciones no sumergidas una vez han sido vertidos bajo el agua, proceso durante el cual entra en contacto con ella a lo largo de una cierta distancia y a una determinada velocidad relativa. Normalmente este contacto con el agua produce un efecto de lavado en el hormigón, durante el cual hay una pérdida de finos y de cemento, así como una infiltración de agua en la estructura de la masa, efectos que provocan una reducción en las capacidades mecánicas de la mezcla [1].

El empleo de hormigones sumergidos data de tiempos tan remotos como los de la civilización romana [2]. A mediados del siglo XX los esfuerzos se centraron en mejorar la técnica de vertido de hormigones convencionales para evitar su degradación debido al contacto con el agua [3]. Así se desarrollaron numerosos métodos de puesta en obra que han llegado a nuestros días (tubo tremie, hidroválvula, bombeo, bolsas de hormigón, vertido en lámina, vertido mediante cubo. . .). Sin embargo, no fue demasiada la atención prestada al hormigón en sí, utilizando mezclas diseñadas para su empleo en condiciones secas.

A partir de los años setenta se comenzó a trabajar en el desarrollo de dosificaciones de hormigón especialmente preparadas para la puesta en obra sumergida. Los trabajos iniciales se desarrollaron en Alemania Occidental y muestran el empleo por primera vez de los conocidos como aditivos antilavado.

Estos agentes químicos son generalmente de dos tipos: derivados de polisacáridos (celulosas, acrílicos y procedentes de una fermentación bacteriana controlada como la goma welan [4]) o derivados de acrílicos. Los aditivos antilavado tienen la propiedad de aumentar la viscosidad y la cohesión de la mezcla de hormigón mediante la retención de agua a base de formar cadenas con ella, reduciendo por tanto el agua libre y mejorando la resistencia a la segregación. Esto limita el daño por lavado que

la puesta en obra sumergida puede producir en la mezcla. Desde entonces, el uso del hormigón sumergido ha ido extendiéndose a estructuras de cada vez mayor envergadura, donde evitar el contacto del hormigón con el agua no es una opción practicable, o supone el empleo de métodos de altísimo coste.

Algunos ejemplos de estructuras muy notables que han empleado hormigón sumergido son el puente Akashi Kaikyo en [5], récord del mundo de luz; la reparación de la Central Nuclear de St. Lucie en Estados Unidos [6], o el nuevo puente sobre el estuario del Forth, en Escocia, donde recientemente se ha batido el récord del mundo de volumen de hormigón sumergido puesto en obra de manera continua [7]. El hormigón de estos trabajos fue en masa y resulta algo más complicado encontrar referencias a trabajos que involucren hormigón armado. También recientemente algunos proyectos han empleado con éxito mezclas de hormigón sumergido de medianas resistencias (30 MPa) en la construcción de elementos estructurales armados para estructuras tanto temporales [8,9] como definitivas [10].

Algunos de los motivos de esta escasez de empleo pueden ser la reducida resistencia que normalmente se considera en el hormigón sumergido o el escaso conocimiento sobre el comportamiento de la adherencia hormigón-barras de acero. En los últimos años se han llevado a cabo una serie de investigaciones específicamente dirigidas a conocer el efecto que la puesta en obra sumergida y el lavado del hormigón tienen sobre la adherencia [11–15].

Sin embargo, estos trabajos basan sus conclusiones bien en hormigones artificialmente degradados mediante ensayos de lavado [13,15], bien en probetas cuya ejecución ha simulado la puesta en obra real en condiciones de laboratorio [11,12], que pueden distar significativamente de las que una adecuada puesta en obra puede ofrecer.

Por otro lado, ninguno de los trabajos hasta ahora realizados ha estudiado el efecto de cargas cíclicas o dinámicas en la adherencia de hormigones sumergidos, aunque se ha demostrado que este tipo de cargas tienen doble efecto sobre la adherencia [16–18]. Por un lado, los ciclos de carga podrían inducir un fallo de la adherencia por fatiga a valores de la carga máxima significativamente menores de la de rotura monotónica. Por otro, el deslizamiento aumenta con el número de ciclos, por lo que, si bien puede no alcanzarse una rotura, sí puede superarse un estado límite asociado con dicho deslizamiento, como puede ser el de fisuración o el de deformación.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/274766>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/274766>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)