

## ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE ARMADURAS CORROÍDAS CUANDO SE MODIFICA LA VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN

<sup>1</sup>A.M.Bazán; <sup>2</sup>A.Cobo; <sup>3</sup>J.Rodríguez.

<sup>1</sup> *Materiales de construcción, E.T.S.I Caminos, Canales y Puerto de Madrid*

<sup>2</sup> *Tecnología de la Edificación, E.U. Arquitectura Técnica de Madrid*

<sup>1</sup> *Ingeniería de la construcción y proyectos de ingeniería, E.T.S.I Caminos, Canales y Puertos de Granada*

**Palabras Clave:** Corrosión, acero equivalente, ensayo de tracción, armadura.

El enfoque clásico que se le ha dado al efecto de la corrosión en barras de acero ha sido principalmente el de considerar una reducción de la sección transversal proporcional al grado de corrosión. Sin embargo, en estudios recientes [1-4] se ha demostrado que cuando la corrosión se produce de manera local (picadura), aunque se trate de grados de corrosión muy pequeños, se puede producir el debilitamiento de la armadura en ese punto, facilitando su rotura con valores que, en muchos casos, quedan por debajo de los mínimos exigidos por las normativas tanto españolas como europeas [5]. En estos casos [6], la utilización del concepto de acero equivalente, definido por Cosenza ( $\rho$ ), Creazza ( $A^*$ ) y Ortega ( $Id$ ) como criterio de ductilidad, basado en la consideración conjunta de la deformación bajo carga máxima y del cociente entre la tensión máxima y el límite elástico, puede resultar muy ventajoso.

Para estudiar la evolución de las propiedades mecánicas del acero en función de su nivel de corrosión ( $Q_{corr}$ ) y de la velocidad de deformación, se han fabricado 12 losas de hormigón de dimensiones 30 x 40 x 10 cm en las que se embebieron 144 barras (Figura 1). La corrosión acelerada se realizó a partir de un circuito resistivo hormigón-acero, forzando la corrosión mediante la aplicación de una corriente anódica constante entre la armadura y una plancha de plomo colocada en la superficie de las losas que actuaba de cátodo. Una vez finalizado el proceso de corrosión acelerada, tras la extracción de barras y la eliminación de óxido, las barras pre-corroídas se han sometido a ensayos de tracción siguiendo las norma EN ISO 6892-1:2009 [7].

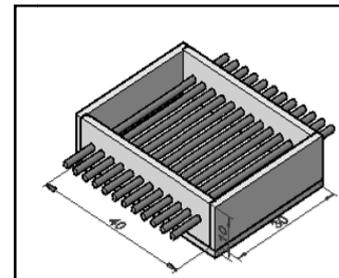


Fig. 1: Modelo utilizado para la fabricación de las losas

Se utilizaron tres velocidades de deformación, una velocidad media ( $V_m$ ) de 3.7 kN/s y 20.1 mm/min recomendada en la norma UNE- EN ISO 15630-1:2011, una velocidad rápida ( $V_h$ ): 11.1 kN/s y 60.3 mm/min y una velocidad baja ( $V_s$ ): 1.23 kN/s y 6.7 mm/min.

Como puede verse, valores de penetración media de corrosión tan pequeños como los del 1%, implican reducciones en las propiedades mecánicas del acero que suponen el no cumplimiento de la Instrucción EHE [8], que es la norma

más restrictiva de todas. En estos casos, la utilización del concepto de acero equivalente [9-11] como criterio de ductilidad, basado en la consideración conjunta de la deformación bajo carga máxima y del cociente entre la tensión máxima y el límite elástico, puede resultar muy ventajoso.

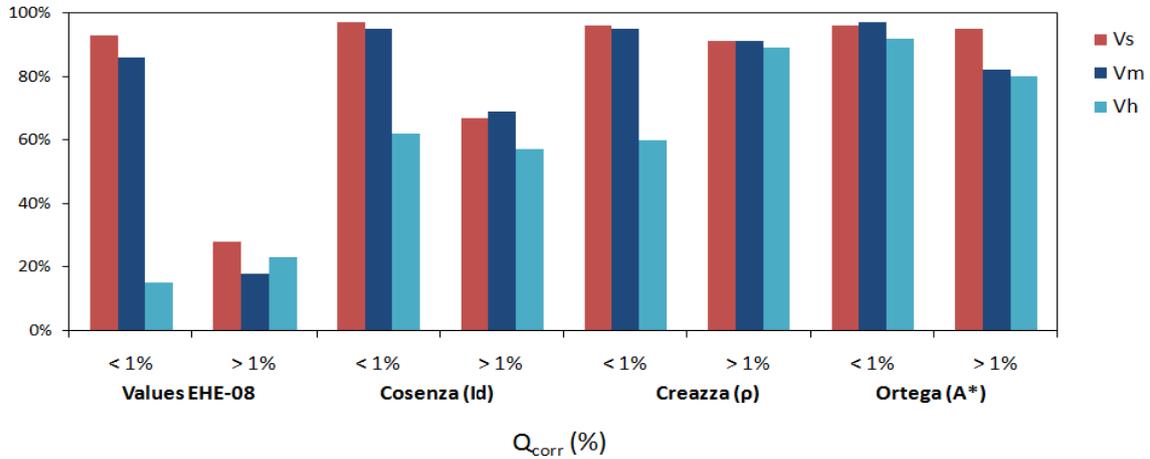


Fig. 2: Comparación de la proporción de barras que cumplen los parámetros de la EHE-08 frente a la utilización del concepto de acero equivalente.

Se comprueba que, a velocidades de ensayo altas (Vh) se produce un aumento de inercia. Este efecto dinámico en muchos casos hace que la barra sea más resistente pero también más frágil, por lo que la rotura se produce antes, traduciéndose en una pérdida de ductilidad en todos los casos.

Además, a partir de los resultados obtenidos de los ensayos a tracción se ha realizado una comparativa de la deformación producida en el tramo elástico en función de la velocidad de ensayo con grados de corrosión de menos 1% (Figura 3) y con grados de corrosión de más del 1% (Figura 4).

Se puede ver que los valores de deformación a altas velocidades son mayores, es decir, que aumenta su tramo elástico, produciéndose una variación cualitativa en la curva tensión-

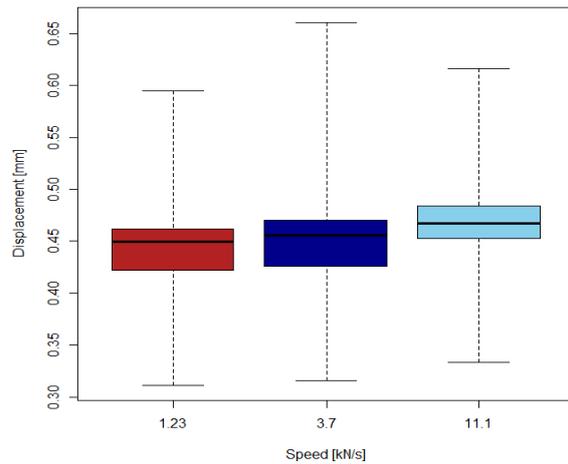


Fig. 3: Deformación producida en el tramo elástico en función de la velocidad de ensayo con grados de corrosión de <1%.

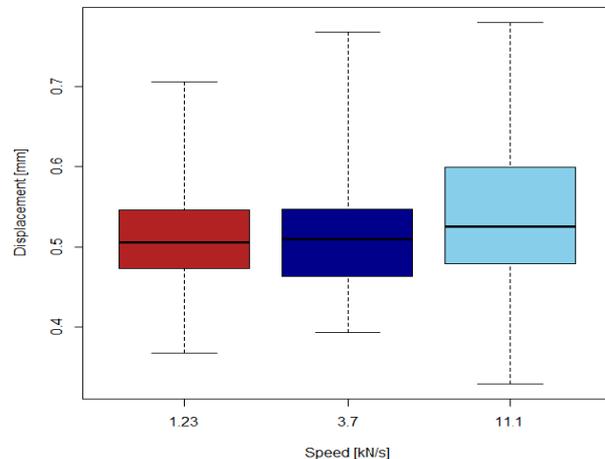


Fig. 4: Deformación producida en el tramo elástico en función de la velocidad de ensayo con grados de corrosión de >1%.

deformación, y en muchos casos desapareciendo el escalón de cedencia, pasando a comportante como acero laminado en frío.

## REFERENCIAS

- [1] Cobo A, Moreno E, Cánovas MF, Mechanical properties variation of B500SD high ductility reinforcement regarding its corrosion degree, *Mater Constr.* 61 (2011) 304: 517
- [2] Ignasi Fernandez, Jesús Miguel Bairán, Antonio R. Marí, Corrosion effects on the mechanical properties of reinforcing steel bars. *Fatigue and r-e behavior, Constr. Build. Mater.* 101 (2015) 772-783.
- [3] Moreno E, Cobo A, Cánovas MF, Ductility of reinforcement steel with different degrees of corrosión and the “equivalent steel criterion”, *Mater Constr.* 57 (2007) 286:5–18.
- [4] Apostolopoulos CA, Papadakis VG, Consequences of steel corrosion on the ductility properties of reinforcement bar, *Constr Build Mater.* 22 (2008) 2316–24.
- [5] British Standards Institution, Eurocode 2: Design of Concrete Structures: Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, British Standards Institution (2004).
- [6] Moreno E, Cobo A, Cánovas MF, Ductility of reinforcement steel with different degrees of corrosión and the “equivalent steel criterion”, *Mater Constr.* 57 (2007) 286:5–18.
- [7] ISO, EN. "6892-1: 2009." *Metallic materials–tensile testing–Part 1* (2009): 6892-1.
- [8] EHE-08, Spanish Structural Concrete Code EHE-08, Spanish Minister of Public Works, (2008).
- [9] Cosenza E, Greco C, Manfredi G. The concept of equivalent steel. *Ductility Reinforcement. Comité Euro-international du Béton* 218 (1993) 163-184.
- [10] Cosenza E, Greco C, Manfredi G. An equivalent steel index in the Assessment of the ductility performances of the Reinforcement. *Ductility of Reinforced Concrete Structures. Comité Euro-international du Béton.* 242 (1998) 157-170.
- [11] Creazza G, Russo S. A new proposal for defining the ductility of concrete reinforcement steels by means of a single parameter. *Ductility of Reinforced Concrete Structures. Comité Euro-international du Béton.* 242 (1998)171-181.