

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN TRAS LA APLICACIÓN DE CARGAS
CÍCLICAS EN HORMIGÓN ARMADO

VARIATION IN CORROSION RATE AFTER THE APPLICATION OF CYCLIC LOADS IN
REINFORCED CONCRETE

P. Monzón-Bello^{1,3,4} A. Martínez-Ibernón^{1,3,4} J.R. Lliso-Ferrando^{1,3,4} R. Vengut-Tro^{2,3}

Dpto. Construcciones Arquitectónicas¹; Inst. Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico (IDM)²; Universitat Politècnica de València³; ETS. Ingeniería de Edificación⁴

INTRODUCCIÓN

Las sollicitaciones mecánicas que afectan a una estructura de hormigón armado a lo largo de su vida útil pueden influir en la cinética de corrosión de las armaduras de acero, así como a la capacidad inhibidora frente a la corrosión de las monocapas que se puedan haber incorporado al sistema barra-hormigón en su fabricación. Resulta interesante conocer la evolución en el tiempo de la capacidad inhibidora de las monocapas tras la acción de ensayos mecánicos que puedan modificarlas superficialmente, ya que ello tendrá influencia en la durabilidad del material estructural.

INTRODUCTION

The mechanical stresses that affect a reinforced concrete structure throughout its useful life can influence the corrosion kinetics of the steel reinforcement, as well as the corrosion inhibitory capacity of the monolayers that may have been incorporated into the structure bar-concrete system in its manufacturing. It is interesting to know the evolution over time of the inhibitory capacity of the monolayers after the action of mechanical tests that can modify them superficially, since this will have an influence on the durability of the structural material.

OBJETIVO

Por un lado, obtener datos sobre el comportamiento frente a la corrosión de las armaduras de acero que se ven sometidas a ensayos de pull-out (1.000 ciclos de carga-descarga), y por otro, realizar el mismo estudio cuando se incorporan barras en las que previamente se ha generado una monocapa inhibidora de la corrosión mediante un compuesto orgánico (aminoácido) y un procedimiento de fijación natural (sin ninguna modificación externa del proceso de adhesión química que provoca la atracción de cargas opuestas).

OBJETIVES

On the one hand, obtain data on the corrosion behavior of steel reinforcements that are subjected to pull-out tests (1,000 load-unload cycles), and on the other, carry out the same study when bars are incorporated into which has previously been generated a corrosion-inhibiting monolayer using an organic compound (amino acid) and a natural fixation procedure (without any external modification of the chemical adhesion process that causes the attraction of opposite charges).



Imagen 1. Daños por corrosión
Image 1. Corrosion damage

PLAN EXPERIMENTAL / EXPERIMENTAL PLAN

Materiales
Las probetas se realizaron a partir de moldes cúbicos 200x200 mm con una barra de acero corrugado B500SD de diámetro 16 mm situada en el centro (imagen 2), y cuya longitud en contacto con el hormigón 80 mm (5Ø). Previamente, se sometió a las barras a un decapado químico (disolución de ácido fosfórico 1M durante 10'). Para la generación de las monocapas inhibidoras, se introdujeron en una disolución con el inhibidor (ácido 4-aminobenzoico) durante 120', sin alteraciones externas (imagen 3).

Materials
The specimens were made from 200x200 mm cubic molds with a B500SD corrugated steel bar with a diameter of 16 mm located in the center (image 2), and whose length in contact with the concrete was 80 mm (5Ø). Previously, the bars were subjected to chemical pickling (1M phosphoric acid solution for 10'). To generate the inhibitory monolayers, they were introduced into a solution with the inhibitor (4-aminobenzoic acid) for 120', without external alterations (image 3).



Imagen 2. Barras en moldes.
Image 2. Bars in molds.

Ensayos realizados

A partir de los 28 días, se realizaron los ensayos de pull-out, estableciendo los límites inferior y superior de carga en 20 y 40 kN, y 1.000 ciclos de carga-descarga (frecuencia 0,01 Hz y un tiempo por ciclo de 100 segundos (imagen 5)). Tras los ciclos, las probetas se dispusieron en un recipiente con la disolución de NaCl 0,5M durante 150 días, lo que permitió obtener periódicamente la variación del potencial (E_{corr}) y velocidad de corrosión (V_{corr}). Los ensayos se realizaron dentro de una jaula de Faraday, con conexión a tierra, evitando interferencias y ruido electromagnético. Los componentes del estudio electroquímico fueron un potenciostato Autolab PGSTAT 100 (EcoChemie, NL), cada una de las probetas, un electrodo de referencia de calomelanos (SCE) y una malla de acero inoxidable como contraelectrodo. Una vez alcanzado un valor estable de E_{corr} (variación del potencial menor a 0,1µV/s), se aplicó la técnica LPR (resistencia de polarización lineal), con un rango de potencial total de 20 mV (10 mV arriba y debajo de E_{corr} y una velocidad de barrido de 0,16 mV/s).



Imagen 3. Formación de las monocapas.
Image 3. Formation of monolayers

Tests carried out

After 28 days, pull-out tests were carried out, establishing the lower and upper load limits at 20 and 40 kN, and 1,000 load-unload cycles (frequency 0.01 Hz and a time per cycle of 100 seconds (image 5)). After the cycles, the specimens were placed in a container with the 0.5M NaCl solution for 150 days, which allowed the variation of the potential (E_{corr}) and corrosion rate (V_{corr}) to be periodically obtained. The tests were carried out inside a Faraday cage, with ground connection, avoiding interference and electromagnetic noise. The components of the electrochemical study were an Autolab PGSTAT 100 potentiostat (EcoChemie, NL), each of the specimens, a calomel reference electrode (SCE) and a stainless steel mesh as a counter electrode. Once a stable value of E_{corr} was reached (potential variation less than 0.1µV/s), the LPR (linear polarization resistance) technique was applied, with a total potential range of 20 mV (10 mV above and below E_{corr} and a scan speed of 0.16 mV/s).

RESULTADOS / RESULTS

Ensayo de potencial de corrosión (E_{corr}) /
Corrosion potential test (E_{corr})

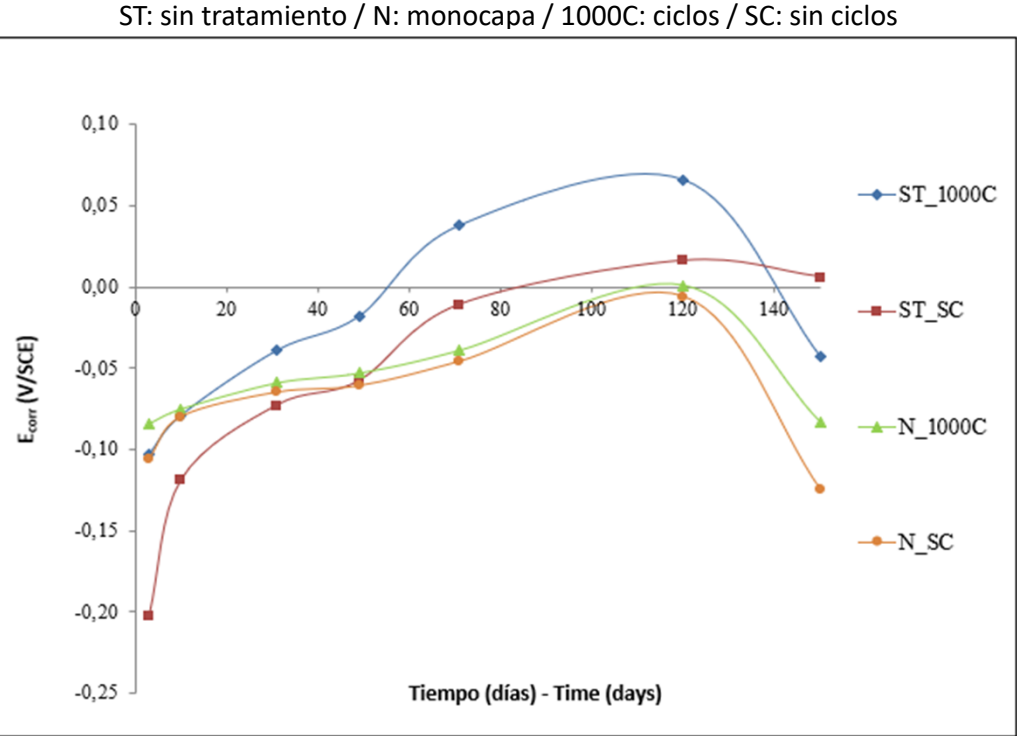


Imagen 5. Evolución del potencial de corrosión durante 150 días.
Image 5. Evolution of corrosion potential over 150 days.

Ensayo de velocidad de corrosión (V_{corr}) /
Corrosion rate test (V_{corr})

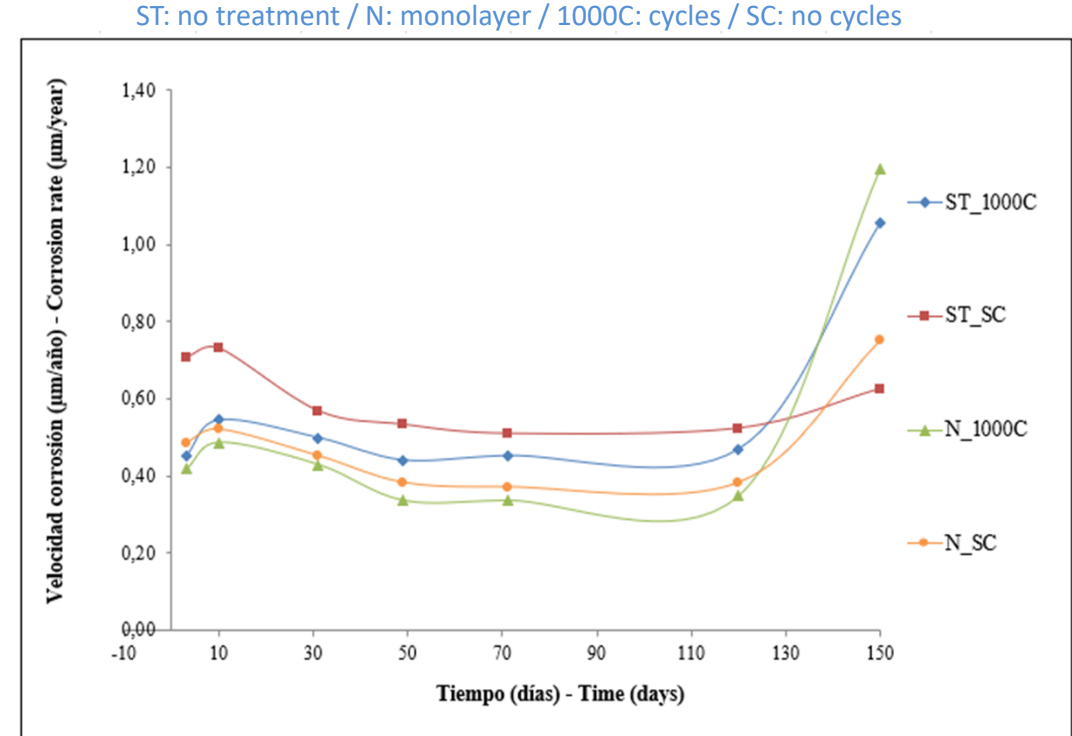


Imagen 6. Variación de la velocidad de corrosión durante 150 días.
Image 6. Variation of corrosion rate over 150 days.

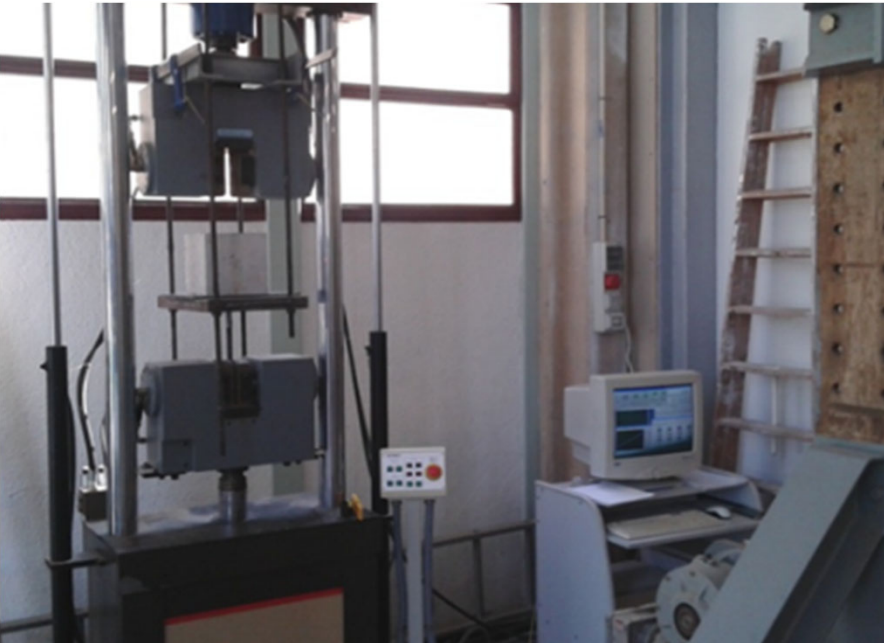


Imagen 4. Ensayo de pull-out.
Image 4. Pull-out test.

Conclusiones

- La aplicación de ciclos de carga-descarga afecta a la superficie tanto de las barras de acero sin tratar como las que incorporan las monocapas inhibidoras, aumentando el potencial de corrosión, a valores más electronegativos, y la velocidad de corrosión, con incrementos cercanos al 60%.
- También se ha podido comprobar que los ciclos afectan más a las superficies que incorporan monocapas, produciendo un incremento moderado de la velocidad de corrosión respecto a las barras de acero sin tratamiento. Este comportamiento se puede vincular a la generación de micro pilas galvánicas que acelerarían la transferencia electrónica entre zonas catódicas y anódicas.

Conclusions

- The application of charge-discharge cycles affects the surface of both the untreated steel bars and those incorporating the inhibitory monolayers, increasing the corrosion potential, to more electronegative values, and the corrosion rate, with increases close to the 60%.
- It has also been found that the cycles affect surfaces that incorporate monolayers more, producing a moderate increase in the corrosion rate compared to untreated steel bars. This behavior can be linked to the generation of galvanic microcells that would accelerate the electronic transfer between cathodic and anodic zones.