

ESTUDIO DE LA CORROSION DE ARMADURAS EN HORMIGON CARBONATADO

(STUDY OF CORROSION OF CONCRETE CARBONATE REINFORCEMENTS)

M.^a Cruz Alonso Alonso
Dra. en Ciencias Químicas
IETcc/CSIC

Director de la Tesis
M.^a Carmen Andrade Perdrix
Prof. de Investigación
IETcc/CSIC

628-6

RESUMEN

El trabajo de investigación aquí referido se basa en el estudio de la corrosión de armaduras en hormigón carbonatado. Para ello se han realizado ensayos en mortero amasado con seis tipos de cemento con y sin CaCl₂ o NaNO₃, y en disolución, estos últimos tratando de simular la composición de la fase acuosa contenida en los poros de un hormigón carbonatado. Se han empleado técnicas electroquímicas para el control de la corrosión.

La despasivación de las armaduras se produce cuando el entorno que las rodea alcanza valores de pH 8. La humedad relativa ha resultado ser un factor determinante, pero el tipo de cemento no parece ser tan decisivo en la velocidad de corrosión de las armaduras en hormigón carbonatado. La presencia de cloruros intensifica gravemente el ataque y la presencia de nitratos reduce o elimina el efecto nocivo de la carbonatación.

Estudios realizados con acero de pretensado han demostrado que este tipo de acero es susceptible de sufrir fallos por corrosión bajo tensión en medios carbonatados.

SUMMARY

This investigation is based on the study of the corrosion of concrete carbonate reinforcements. Tests were carried out on mixed mortar with six types of cement (with and without CaCl₂ or NaNO₃), and in solution, these last ones trying to simulate the aqueous phase contained in the pores of a concrete carbonate. Electro-chemical techniques were used to control corrosion.

Alteration of reinforcements occurs when the surrounding environment reaches a pH of 8. Relative humidity turned out to be a determining factor, but the type of cement did not appear as decisive in the corrosion rate of concrete carbonate reinforcements. The presence of chlorides gravely intensifies the attack, while the presence of nitrates reduces or eliminates the harmful effect of the carbonation.

Studies carried out with pre-tensed steel have shown this type of steel to be susceptible to failure due to corrosion under stress in carbonate mediums.

INTRODUCCION: Objetivos y Método

El objetivo principal del presente trabajo consiste en realizar un estudio profundo y detallado sobre la corrosión de armaduras de acero desnudo en hormigón carbonatado, así como también comprobar la posible incidencia que la carbonatación pueda ejercer en el fallo por corrosión Bajo Tensión, fenómeno al que el acero pretensado ha resultado ser susceptible.

Los constituyentes básicos del cemento al mezclarse con el agua sufren una serie de reacciones químicas por las que se forman, además de compuestos sólidos insolubles (fase sólida),

otros capaces de disolverse en el exceso de agua utilizado en el amasado, Ca (OH)₂ y sulfatos de sodio y potasio (fase líquida). Estos últimos son los que al disolverse proporcionan la elevada alcalinidad de un hormigón y garantizan la no corrosión de las armaduras embebidas en él. La solución acuosa resultante queda encerrada entre los productos sólidos dando lugar a la característica porosidad de un hormigón.

La porosidad hace que el hormigón sea permeable a ciertos agentes externos tales como: humedad ambiental, cloruros, CO₂ y SO₂ atmosférico, oxígeno, etc. Estos componentes penetran a través de la red de poros y en algunos casos llegan a producir modificaciones físicas y químicas del hormigón, como es el caso del CO₂ atmosférico, que por su carácter ácido es capaz de neutralizar el hormigón.

* Esta Tesis, leída en la Facultad de Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, en diciembre de 1986, obtuvo la calificación de Apto "Cum Laude".

La carbonatación de un hormigón se produce al reaccionar el CO_2 atmosférico con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disuelto formando CaCO_3 . El proceso de carbonatación del hormigón afecta no solamente a la fase líquida del mismo sino también a la fase sólida. El resultado final es que deja al acero embebido en él como si estuviera expuesto a la atmósfera, es decir sin la protección química.

Aunque son muy numerosos los estudios realizados sobre las modificaciones que sufre la parte sólida del cemento hidratado debidas a la carbonatación, resultan prácticamente inexistentes los referentes a la fase líquida. Es especialmente en este segundo aspecto sobre el que se ha insistido en esta Tesis, puesto que es la composición de la solución contenida en los poros del hormigón y que rodea a la armadura, junto con otros factores (contenido en oxígeno, humedad ambiental, etc.), los que van a definir las condiciones de estabilidad o corrosión de la armadura.

Cuando la armadura está rodeada de un ambiente alcalino libre de otros iones agresivos, como son los cloruros, se encuentra trabajando bajo condiciones de no corrosión, pero si un fenómeno de carbonatación ocurre, con el correspondiente descenso del pH y variación de la composición del medio que ello implica, es de esperar que la armadura esté expuesta también a cambios en su estabilidad electroquímica y pase a sufrir procesos de disolución activa de su superficie.

En algunos trabajos previos se llegó a cuantificar la velocidad de la que se corroían las armaduras embebidas en mortero carbonatado.

Se comprobó que la intensidad y potencial sufrían fuertes cambios sin poder determinar claramente en qué momento y porqué éstos ocurrían. Un estudio más profundo basado en estos hechos se realiza en el presente trabajo, cuya *metodología de ensayo* seguida para su desarrollo es la siguiente:

— Se efectúan ensayos en disoluciones que simulan la fase acuosa contenida en los poros del hormigón, con el fin de poder conocer los cambios de las variables electroquímicas que tienen lugar simultáneamente al descenso del pH durante el proceso de carbonatación (como se aprecia en la figura 1a), debido a la imposibilidad de poder realizar este seguimiento simultáneo (pH y E_{corr}) directamente sobre el hormigón. Se ensaya también el efecto beneficioso que el NaNO_2 tiene al evitar la ruptura de la capa pasiva debida a la carbonatación del medio (Fig. 1b).

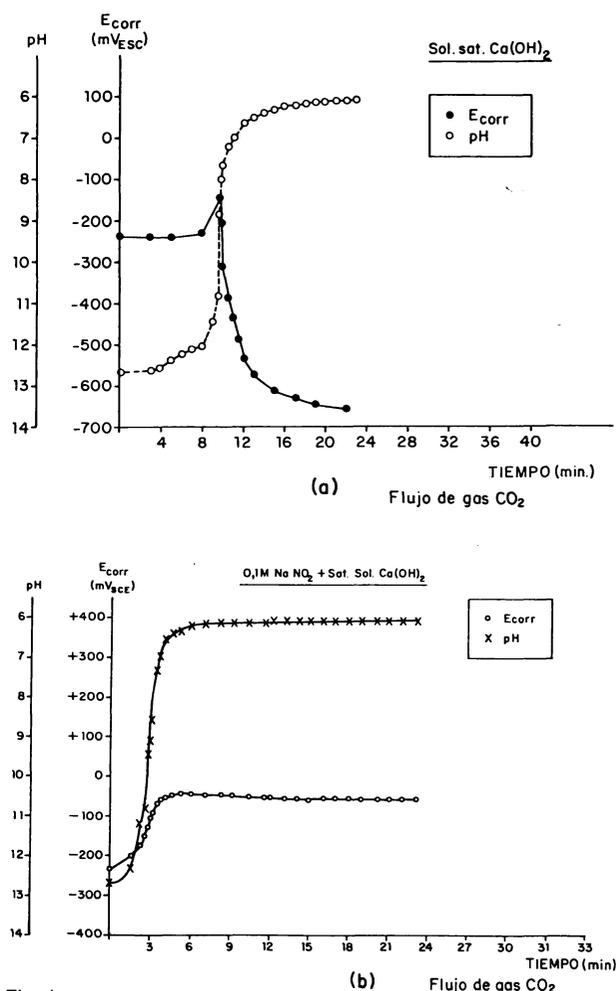


Fig. 1

— A continuación se realiza un estudio profundo y detallado trabajando directamente en mortero, fabricado con seis tipos de cementos tanto sin aditivos como con CaCl_2 y/o NaNO_2 . Las probetas de mortero utilizadas se sometieron a un proceso de curado, carbonatación acelerada en cámara saturada de CO_2 , y conservación a sucesivos periodos de humedad-secado (las humedades ensayadas son 100 %, 50 % y parcialmente sumergidas, P. S.). El estado de las armaduras se controla en cada una de estas etapas mediante la utilización de técnicas electroquímicas para medir la velocidad de corrosión (Resistencia de polarización e Impedancia electroquímica); algunos de los resultados obtenidos se dan en las figuras 2 y 3.

— Se estudia después el comportamiento electroquímico de armaduras tanto corrugadas como lisas en soluciones de CO_3^{2-} y/o HCO_3^- utilizando medidas de Resistencias de polarización (Fig. 4). También se efectúan estudios más detallados en los mismos medios sobre los aceros lisos mediante el trazado de curvas de polarización a velocidades de barrido de 10, 100 y 1000 mV/min

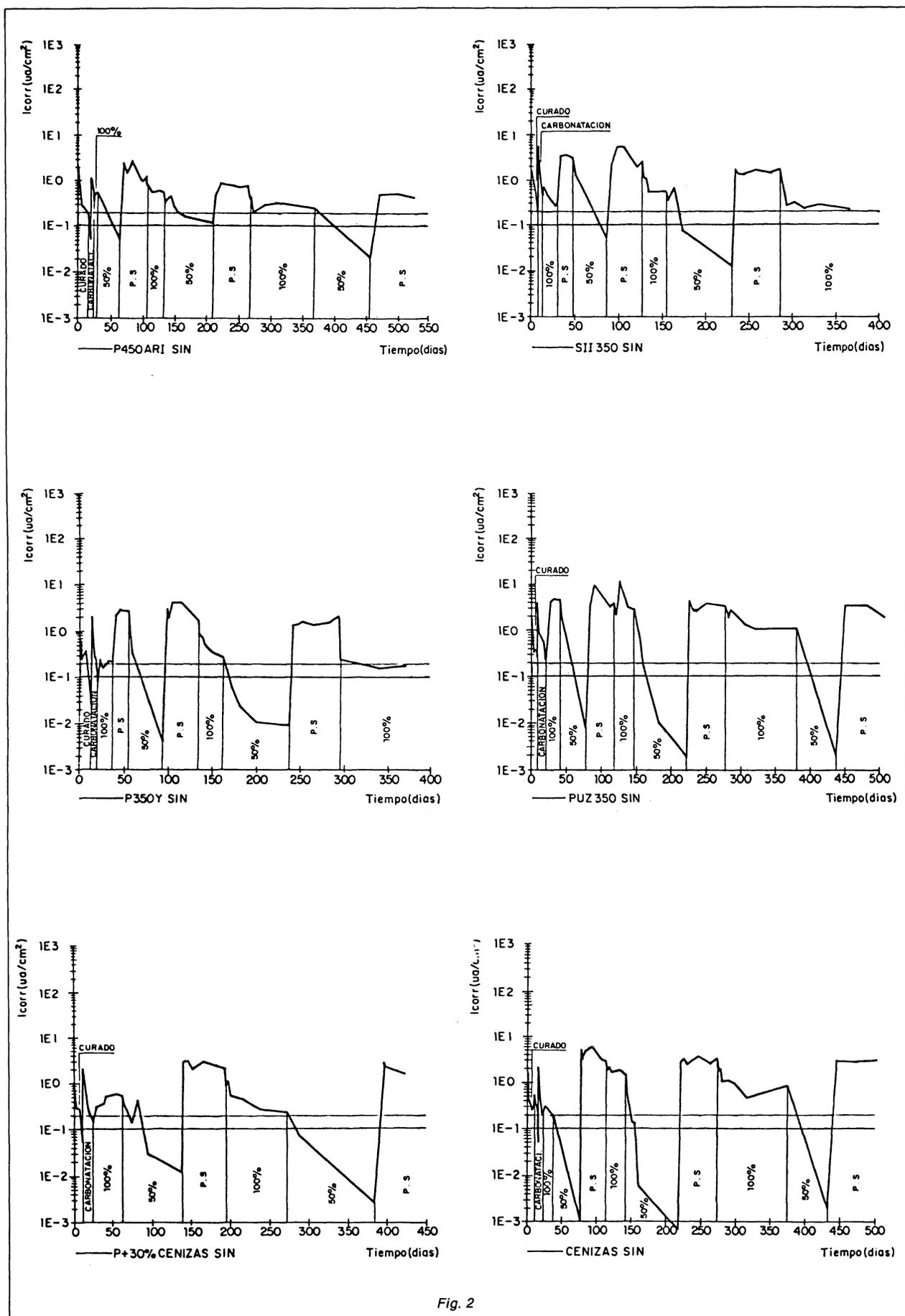


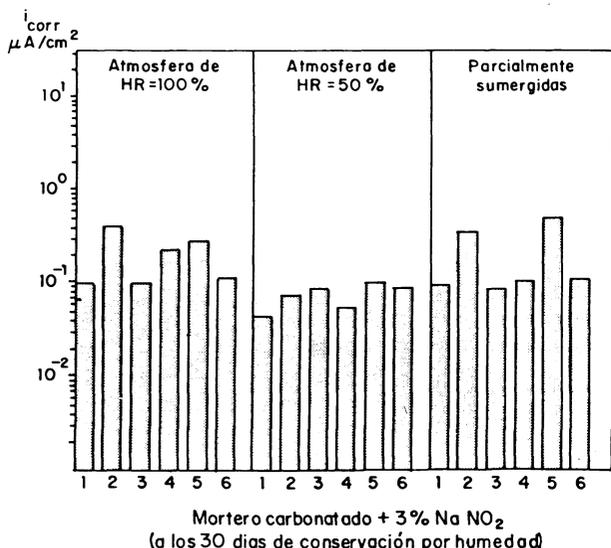
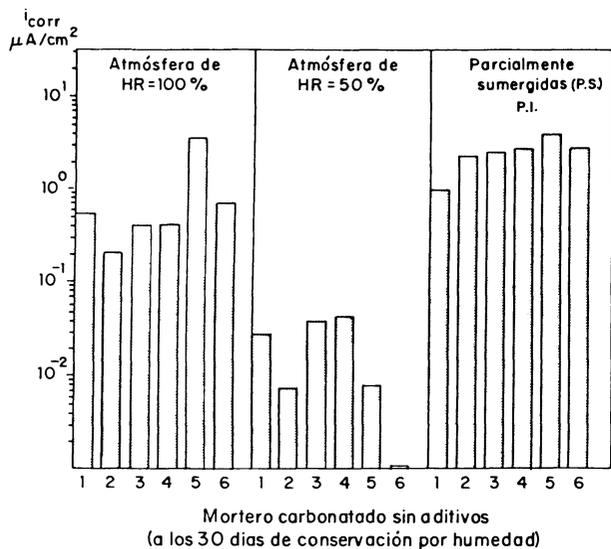
Fig. 2

con el fin de conocer el proceso de corrosión y la morfología del ataque (Fig. 5).

— Se realizan ensayos de tracción lenta con acero pretensado en medios de NaHCO_3 . Las condiciones de trabajo se deducen a partir de los resultados obtenidos en los ensayos electroquímicos. Las fracturas obtenidas se observan al microscopio electrónico y se determina la presencia o no de fallos por Corrosión Bajo Tensión según el aspecto de la fractura, tomando siempre como referencia una ruptura con fractura dúctil (Fig. 6).

Conclusiones

De los resultados obtenidos emerge como conclusión fundamental que la carbonatación del mortero entraña un grave peligro para la estabilidad de la armadura. El acero que embebido en un hormigón sano está pasivo, sufre debido al proceso de carbonatación una ruptura de la capa pasiva y comienza a corroerse a velocidades elevadas. La ruptura de la capa pasiva tiene lugar cuando el pH alcanzado en la solución de los poros se sitúa entorno a 8. Es necesaria una humedad mínima en las proximidades de las armaduras para



1. P 450 ARI; 2. P 350Y; 3. —P +30 % cenizas; 4. SII 350; 5. PUZ 350; 6. Cenizas

Fig. 3

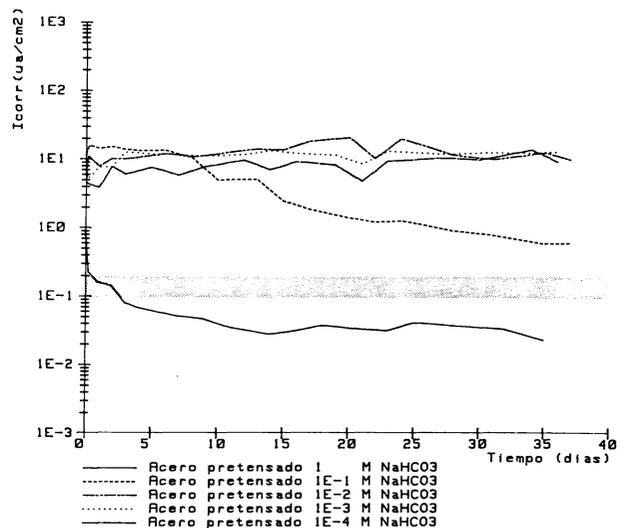


Fig. 4

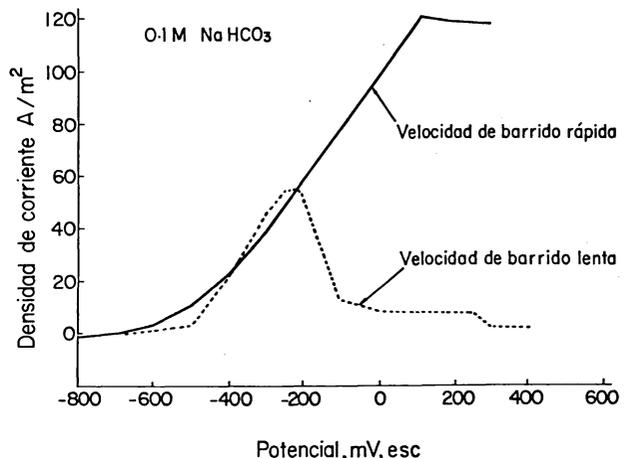


Fig. 5

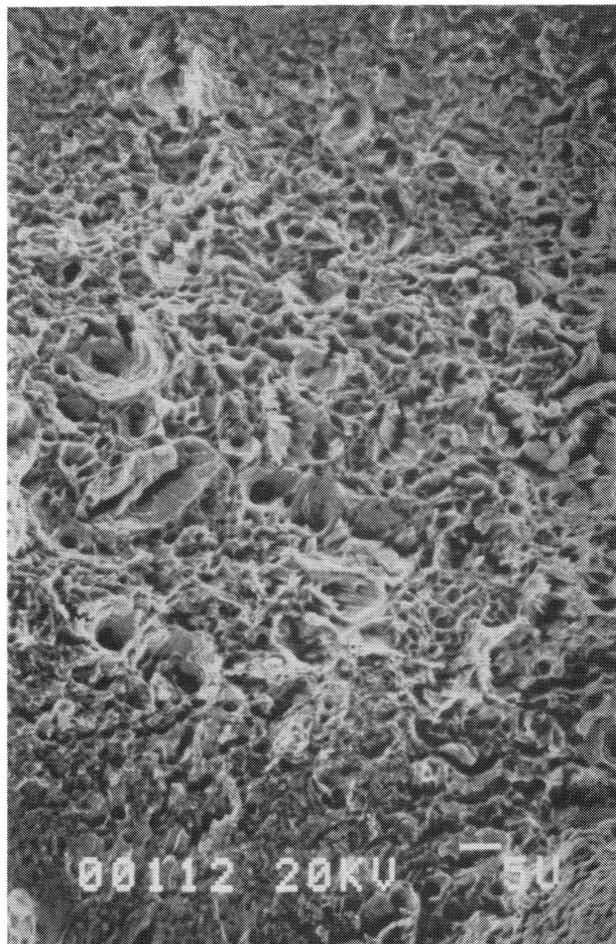


Fig. 6

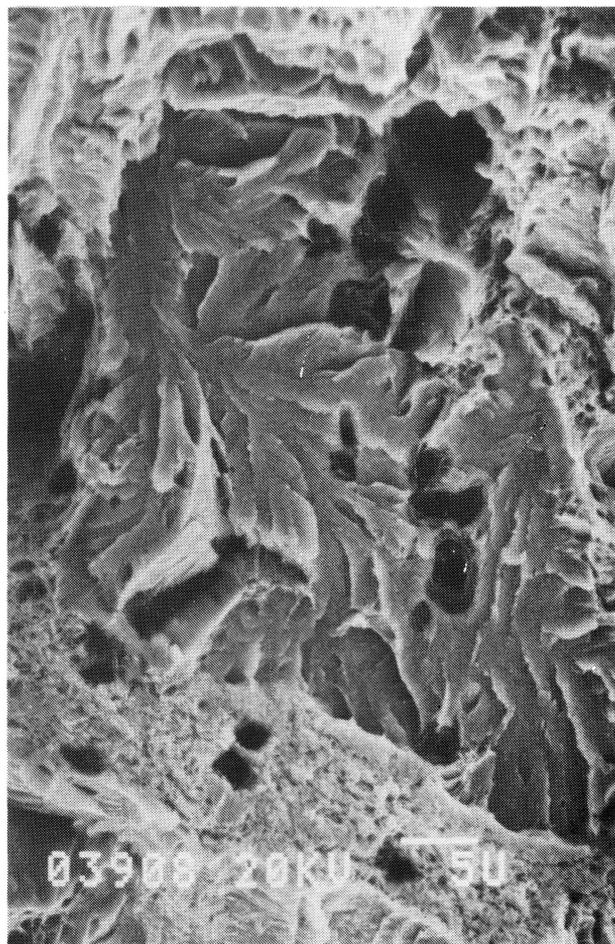


Fig. 7

que la corrosión se mantenga a lo largo del tiempo. Este ataque se hace más intenso a las humedades del 100 % o condiciones parcialmente sumergidas de las probetas carbonatadas.

El NaNO_2 es siempre capaz no sólo de reducir, sino anular, el ataque provocado por la carbonatación sobre las armaduras y su efecto se hace más favorable cuanto más elevada es la humedad del medio que las rodea.

También se ha encontrado que el acero pretensado puede sufrir fallos por Corrosión Bajo Tensión en soluciones acuosas de bicarbonato sódico, definiéndose una concentración crítica 0,1M en condiciones aireadas y agitadas, donde el proceso está más favorecido. Siempre el fallo se encontró íntimamente ligado a una zona de potenciales y por su aspecto parece que al menos la propagación de la grieta es debida a un fenómeno de fragilización por hidrógeno (Fig. 7).

Bibliografía

1. BAKKER, R.: Corrosion of Steel in Concrete State of the Art. Report RILEM - Technical committee 60 CSCC (1986).
2. ANDRADE, C.; GONZALEZ, J. A.: Werks Korrs, 29 (1978) 391.
3. SCHIESSL, P.: Corrosion of reinforcement- Durability of Concrete Structures (CEB-RILEM) mayo (1983).
4. GONZALEZ, J. A.; ALGOBA, S.; ANDRADE, C.: Br. Corrs. J. Vol. 15 (1981) 135.
5. PARKINS, R. N.; O'DELL, C. S.; FESSLER, R. R.: Corr. Sc. Vol., 24, n.º 4 (1984) 343.

* * *