

Departamento de Química Física de Materiales de Construcción.
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (I.E.T.c.c.)
(CSIC)

Todos los materiales sufren el paso del tiempo

M^a Carmen Andrade dirige el equipo de investigación denominado “Grupo de corrosión de armaduras y durabilidad del hormigón”, en el que estudian principalmente todo lo relacionado con los procesos de envejecimiento del hormigón armado.

M^a Carmen Andrade y su equipo son pioneros en la investigación de la corrosión de la armadura del hormigón y de las causas que provocan su deterioro. Además tienen como objetivo prioritario que los resultados obtenidos puedan aplicarse posteriormente en la práctica. Sus estudios se centran en las medidas de corrosión de la estructura metálica del hormigón y en los métodos para repararla e impedir que se dañe de nuevo.



M^a Carmen Andrade Perdrix

Isabel Gayol Menéndez

El hormigón armado está compuesto por la estructura de hormigón propiamente dicha y por la armadura metálica, normalmente de acero, que lo refuerza desde su interior. Desgraciadamente, el paso del tiempo afecta a todos los materiales, especialmente si se encuentran al aire libre o en contacto con medios agresivos. El acero se oxida y este óxido ejerce una presión sobre el hormigón que termina provocándole fisuras y rompiéndolo. Se trata de un problema de compleja solución, que afecta a todo tipo de construcciones, desde viviendas particulares hasta grandes obras públicas como puentes y demás infraestructuras estatales. En la actualidad y, a pesar de todo, el hormigón sigue siendo el material más utilizado en la construcción y el que aporta mayores rendimientos.

De ahí la importancia de conocer con detenimiento su microestructura y las causas que provocan este deterioro, para poder así repararlo e impedir que el óxido avance. M^a Carmen Andrade es una de las mayores autoridades mundiales en esta materia. Su tesis doctoral se basó en desarrollar métodos de medida de la corrosión del hormigón y en las técnicas tanto de reparación de las partes dañadas, como de protección para impedir un nuevo deterioro.

Desde su centro de trabajo en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, el equipo abarca todo el abanico de actividades relacionadas con la durabilidad del hormigón. Su trabajo va desde los estudios más básicos hasta la asistencia científico-técnica a las empresas. Ha obtenido además dos patentes licenciadas por un aparato, un corrosímetro, que desarrolló en sus inicios con el CENIM y continua desarrollando con la empresa GEOCISA y que se comercializa en todo el mundo a través de una empresa norteamericana. Como su propio nombre indica sirve para medir el nivel de corrosión que se da en las estructuras metálicas del hormigón armado. Este corrosímetro ha sido considerado lo suficientemente innovador para ser una de las diez invenciones incluidas en el programa Ingenio 2010.

El grupo de trabajo es grande si se le compara con la media de los grupos de



Efectos del óxido en la estructura del hormigón

investigación españoles. Está compuesto por 25 personas, de las cuales cinco son doctores en plantilla y el resto personal, predoctoral y post-doctoral becario o contratado y ayudantes de laboratorio. Dada la complejidad de los temas de estudio y la necesidad de una óptica multidisciplinar, el equipo colabora estrechamente con otros grupos, como el de ingeniería estructural dentro del mismo Instituto, con el que interactúan continuamente en proyectos conjuntos. “Los dos grupos, ingeniería estructural y nosotros queremos constituir un núcleo importante de área multidisciplinar y por eso hemos solicitado, junto con la Universidad Politécnica de Madrid el ser considerados como grupo de excelencia por la Comunidad de Madrid”, señala Andrade.

Uno de los intereses de este grupo de investigación es que los descubrimientos tengan una aplicación práctica en la realidad. “Nosotros nos dedicamos a la investigación, pero en nuestro campo es fundamental que la apliquemos. Intentamos orientar la investigación hacia aquellos temas que tienen una importancia práctica real. Trabajamos con programas de dinámica molecular, o ahora que está tan de moda, con la nanociencia, pero también trabajamos por encargo para una empresa concreta que solicite nuestros servicios para medir la corrosión o las fisuras que aparezcan en una estructura. Acudimos al lugar, medimos la corrosión y realizamos un informe técnico”, señala M^a Carmen Andrade. “Una de nuestras mayores preocupaciones es que en el sector de la construcción no sirve tener sólo la perspectiva del material, hay que tener también la de la obra y la de la estructura, por lo que tienes que estar en constante retroalimentación con los ingenieros. Hay que trabajar en el ámbito de la ingeniería”.

El grupo no se limita a trabajar en nuestro país, sino que tiene una gran proyección internacional. Trabaja con empresas extranjeras, participa en proyectos europeos y forma parte de redes tanto europeas como iberoamericanas. A la doctora le parece fundamental el contexto internacional porque cuando comenzó con la investigación, en España nadie estudiaba estos fenómenos, por lo que era imprescindible ponerse en contacto con grupos extranjeros para poder constatar los avances que realizaba en sus investigaciones. Ahora han conseguido muchos contactos por todo el mundo, en países tan dispares como Australia, Sudamérica, Corea, China o Japón.

“La línea de investigación principal- por la que somos más conocidos- la constituyen las técnicas de medida de la corrosión de la armadura”, afirma Andrade. En este campo de desarrollo, la materia de su tesis doctoral fue la puesta a punto de una técnica no destructiva que después se ha aplicado en las obras. La siguiente área, en la que además Andrade es responsable de comités internacionales, es en la predicción de la vida útil de la estructura, es decir, el cálculo o los modelos matemáticos necesarios para predecir cómo se van a comportar los materiales y la armadura con el paso del tiempo.

El hormigón es poroso como la piedra natural, y como ésta es atacado y se deteriora. De hecho, el hormigón es una piedra artificial porosa y por lo tanto permeable a los agresivos, que penetran en su interior, corroyendo su armadura. Los óxidos ejercen presión sobre el hormigón por lo que aparecen fisuras en la estructura. Hay una serie de técnicas como pinturas o recubrimientos para que el acero sea más resistente a la corrosión. Por eso, otra de las líneas de trabajo del grupo de investigación es conocer cómo se puede proteger dicha estructura, es



Laboratorio de M^a Carmen Andrade

decir, los métodos de protección. En resumen, las líneas prioritarias de investigación tendrían como marco general los mecanismos de corrosión, para entenderlos y controlarlos perfectamente, pero también trabajan sobre los métodos de protección, en los que entrarían cuestiones como los inhibidores de corrosión, aceros galvanizados, recubrimientos hidrófugos, pinturas, etc. Por último, se trabajaría también en las técnicas de medida ya que es fundamental dictaminar el fenómeno con precisión.

Otro aspecto en el que este grupo ha hecho aportaciones novedosas a nivel mundial es en el desarrollo de modelos para predecir la vida útil de las estructuras y saber interpretar los procesos de deterioro y cómo modelarlos matemáticamente. “Los modelos para predecir la vida útil pueden ser muy complejos, no por las matemáticas en sí, sino por la interpretación del proceso, ya que se trata de procesos en estado no estacionario. Lo que hemos hecho es no solo trabajar sobre modelos sofisticados sino desarrollar un modelo en el que, a partir de ensayos simples y baratos, se puede deducir el comportamiento del material, porque al arquitecto o al ingeniero, en su día a día, no le resulta rentable utilizar modelos complejos”, indica la doctora Andrade.

Otra área de trabajo es la reparación de estructuras corroídas. “El uso del hormigón armado moderno sólo tiene cien años y se ha visto que el porcentaje de estructuras de hormigón armado que se corroe tras este tiempo es muy elevado, aproximadamente del 80%, y aunque no tantas, hay muchas estructuras de hormigón visto que se corroen antes de que transcurran 50 años. Se han conseguido muchos avances en el campo de la ciencia, pero el paso a la práctica es muy lento. Se ha mejorado mucho el tipo de hormigón, pero el tipo de acero que se usa se corroe igual. Aunque en el mercado existe el acero inoxidable o el galvanizado no se utilizan porque son más caros en el momento de hacer la obra, aunque resultarían más rentables a largo plazo. El reto, ahora mismo, es buscar aceros que no se oxiden a precio asequible”, indica M^a Carmen Andrade.

Cuando aparece una estructura de hormigón corroída, el proceso pasa por dictaminar hasta qué punto llega dicha corrosión y cuál es su causa, para luego proceder a repararlo. El proceso de reparación es caro. El primer problema es que previamente es necesario calcular si la estructura va a ser segura durante el proceso de reparación sin el material eliminado y luego recomponer la geometría de la estructura con un material nuevo. Para repararla se utiliza un sistema de hidrodemolición, con el que se elimina primero todo el material en mal estado. “La armadura del hormigón se encuentra como máximo a unos 5 cm. de la superficie y esta zona se elimina para reparar la estructura, luego se limpia el acero corroído y por último se rehace la geometría con un material de reparación”.

Hay técnicas avanzadas para que la estructura no se siga corroyendo como la de protección catódica o la extracción de cloruros en las que se aplican corrientes eléctricas. El problema es que el propietario no suele aplicarlas debido a su elevado coste, por lo que en determinados casos a los diez años de la reparación tradicional, el 50% de las estructuras se vuelven a corroer. En resumen, lo mejor es realizar un estudio de coste-beneficio. “A este proceso se le denomina análisis del ciclo de vida, en lo que también somos expertos, y consiste en informar al propietario de que si invierte en el presente para reparar correctamente una estructura, conseguirá un

ahorro a largo plazo, además de una estructura en perfectas condiciones. Cuando digo que estudiamos la ciencia básica incluimos en ella la parte de cálculos económicos, en la que tenemos que colaborar con ingenieros y economistas”, afirma Andrade.

El grupo de investigación también intenta aplicar nuevos materiales, que pudieran realizar la misma función de armadura. Se está trabajando en materiales compuestos, denominados composites, que son materiales con una matriz polimérica en la que se dispersan fibras de, por ejemplo, vidrio o carbono. Se estudia su comportamiento para ver su envejecimiento porque, en realidad no existen materiales que no envejezcan, pero lo importante es que el proceso sea más lento y por lo tanto la estructura más durable. Para M^a Carmen Andrade, “esto es factible y lo que hay que conseguir es mejorar la parte metálica que es la que se daña. El hormigón ha resultado ser muy durable pero su parte más débil es la armadura de acero. La respuesta idónea a este problema sería tener un acero inoxidable barato”.

Los fabricantes de acero en España aún no se han planteado la mejora de la armadura, siempre han sido los fabricantes de hormigón los que han invertido en conseguir mejoras, ya que es la parte que primero se ve deteriorada, aunque la causa del deterioro venga provocada por el acero de su interior. En la actualidad países como Japón ya están trabajando en mejorar los aceros. “De hecho vengo resaltando desde el año 93 que lo que se corroe es el acero no el hormigón, pero no se ha invertido todavía en esta investigación. Esto ocurre por el desfase entre el conocimiento científico y la práctica”.

Aplicaciones prácticas

Para M^a Carmen Andrade una de las mayores satisfacciones que le ha dado su trabajo es la de ver utilizar a muchos investigadores por todo el mundo el corrosímetro, además de comprobar que se empiezan a utilizar técnicas en las que su equipo fue pionero, como los inhibidores de corrosión o toda la serie de Guías de evaluación de estructuras corroídas o sobre reparación. “Hemos ayudado a evaluar la durabilidad de determinados materiales como hormigones que son casi como el acero y que ahora empiezan a ser conocidos. El acero para armadura tiene una resistencia de entre 400 y 500 Megapascales, mientras que la del hormigón es diez veces menor. Sin embargo hay hormigones que contienen fibra como armadura, que alcanzan una resistencia similar a la del acero. Se trata de hormigones de ultra alta resistencia y nosotros fuimos uno de los primeros grupos en estudiarlos durante los años 90. El problema es que se nos da mal promocionar los avances que logramos y el hecho de ser pioneros, porque se tarda años en pasar a la práctica y cuando esto ocurre, no se recuerda quién inició la investigación. En este sentido es muy importante estar mucho más cerca de las empresas para realizar la transferencia lo antes posible”, matiza la doctora Andrade.

FICHA TÉCNICA

Centro: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

Investigador: M^a Carmen Andrade Perdrix

Dirección: Serrano Galvache nº 4
28033 - Madrid (Spain)

Teléfono: 91 302 04 40

Fax: 91 302 07 00

Email: andrade@ietcc.csic.es

Página web: <http://www.ietcc.csic.es/>

Líneas de investigación: Procesos de envejecimiento del hormigón armado, técnicas de medida de la corrosión en las armaduras del hormigón, predicción de la vida útil de las estructuras, métodos de protección.