

Protección del hormigón

JUAN J. ORTEGA, Dr. en Química Industrial

I. NECESIDAD DE PROTECCION DEL HORMIGON

La necesidad de proteger el hormigón viene como consecuencia del fenómeno general de la corrosión, definida como "la destrucción no provocada que experimenta un cuerpo sólido en su superficie al estar sometida a la acción de un agente químico". Este fenómeno no es privativo del hierro, sino que afecta a todos los materiales sólidos, y es debido a la tendencia que tienen a pasar a estados físico-químicos termodinámicamente más estables.

La corrosión del hormigón se debe a un proceso puramente químico de ataque del medio ambiente corrosivo, siendo sorprendentemente grande el número de agentes que pueden producirla. Por el contrario, la corrosión de los metales y aleaciones difiere de este ataque por el par el preponderante que juega la conductibilidad eléctrica, propiedad característica del estado metálico.

Cuando la corrosión es motivada por un proceso químico (caso del hormigón), el procedimiento lógico para evitarla es revestir la superficie del material con una capa protectora firmemente adherida, que la aisle del contacto con la atmósfera o medio ambiente corrosivo.

Cuando el fenómeno de la corrosión se produce a consecuencia de un proceso electroquímico (caso de las armaduras), cabe la posibilidad de emplear la protección con membranas y de anularlo, actuando directamente sobre su mecanismo; es decir, evitando que este mecanismo sea posible. Este es, en esencia, el fundamento de la protección catódica.

La importancia de los recubrimientos protectores es extraordinaria. Basta decir que nuestra cultura y nuestra civilización han sido posibles gracias a su existencia. Por ello me permito proponer a los organizadores de estas Primeras Jornadas, en general, y al Prof. Arredondo, en particular, como tema para un futuro coloquio el de la durabilidad de los recubrimientos, haciendo honor al "slogan" que dice "salve la superficie y lo habrá salvado todo".

II. PROBLEMAS QUE PLANTEA LA PROTECCION CON RECUBRIMIENTOS

La resolución de los problemas que plantea la protección con recubrimientos implica:

II.1. El conocimiento de las características del soporte.

II.2. La preparación de la superficie.

II.3. El establecimiento de los criterios para la elección del recubrimiento adecuado a cada caso.

Estudiaremos, brevemente, cada uno de estos aspectos de la protección en el caso específico de las superficies de hormigón.

II.1. Características de las superficies de hormigón para actuar como soporte de un recubrimiento

En relación con la aplicación de un recubrimiento sobre una superficie de hormigón, hay que tener en cuenta tres características fundamentales: la porosidad, la alcalinidad y el contenido en humedad.

La porosidad de una superficie de hormigón, hace a ésta susceptible de colmatarse de gases o líquidos que pueden dar lugar a ataques internos. Además, esta propiedad ha de tenerse muy en cuenta a la hora de aplicar un recubrimiento, ya que la presencia de poros dificulta la formación de una película continua y uniforme, sobre todo cuando ésta tiene espesores de micras y el caso de que dicha porosidad sea diferente en las distintas zonas de la superficie, lo que conduce a notables desigualdades en el revestimiento aplicado.

No hay que confundir la porosidad con la permeabilidad. No solamente no se trata de términos sinónimos, sino que en ocasiones ni siquiera son función uno del otro. Es sabido, por ejemplo, que para una proporción determinada de cemento, los morteros de mayor porosidad, que son los fabricados con arenas muy finas, son los menos permeables.

La segunda propiedad a considerar, característica de las superficies de hormigón, es su alcalinidad. La presencia de hidróxido cálcico o de álcalis en la superficie del hormigón imposibilita el empleo directo sobre la misma de revestimientos hidrolizables por los álcalis, como son las clásicas pinturas al aceite. Es necesario utilizar revestimientos resistentes a los álcalis (clorocaucho, temple, pinturas de látex, etc.) o, mejor todavía, eliminar esta alcalinidad antes de aplicar el recubrimiento aún cuando éste tenga gran inercia frente a soluciones alcalinas. Esta alcalinidad varía con la edad del hormigón por el fenómeno de carbonatación, siendo máxima en la obra nueva.

Finalmente, la tercera propiedad a tener en cuenta en la protección de las superficies de hormigón es el contenido de humedad, procedente del agua de amasado. Dicha agua produce una humedad especialmente peligrosa, ya que favorece la llegada, a la superficie del material, de productos alcalinos. Para la aplicación de un revestimiento protector, lo ideal sería esperar a que el secado de material fuera completo; pero para ello se requerirían varios meses y, en el caso de algunos muros, incluso años. Esto quiere decir que en la mayor parte de las obras nuevas no se tienen, ni mucho menos, las condiciones ideales para realizar la operación.

Hay que considerar también que el concepto de seco es muy relativo en el caso de estos materiales y resulta casi imposible dar reglas generales para comprobar o definir el estado de sequedad, ya que incluso los aparatos para medir el grado de humedad no dan datos muy concretos, por lo que resulta difícil uniformar las medidas.

II.2. Preparación de la superficie

Los trabajos de preparación de superficies en el tipo de soporte que nos ocupa comprende, por un lado, las operaciones mecánicas de alisado y limpieza de manchas e impurezas y,

por otro, las de modificación de la superficie para lograr que el revestimiento tenga la máxima adherencia, evitando interacciones químicas entre la superficie del material y el revestimiento.

La importancia de la preparación de la superficie del soporte antes de aplicar un revestimiento es obvia, ya que gran parte de los fallos prematuros de éste suelen atribuirse a la clase y calidad de los ingredientes del mismo, cuando la verdadera causa puede ser la inadecuada preparación de la superficie que va a ser tratada o la contaminación de la misma antes de la aplicación del recubrimiento protector.

En ocasiones a causa de consideraciones económicas no se efectúa una perfecta limpieza de la superficie a tratar; pero esto es, frecuentemente, una falsa economía, cuando se tiene por objetivo una protección eficaz por parte del recubrimiento.

Como hemos dicho anteriormente, la preparación de las superficies de hormigón comprende dos tipos de operaciones distintas:

- a) Alisado y limpieza de manchas.
- b) Modificación de las mismas.

La primera, si se trata de superficies nuevas, comprende la eliminación de las asperezas o resaltes muy marcados del material, cuidando de no producir rayas o concavidades demasiado profundas y, asimismo, la eliminación de las partes sueltas o con desconchaduras. Seguidamente se procede a abrir las grietas, dejándolas preparadas para recibirlas; operación que no debe hacerse con cal o cemento, sino empleando los plastes adecuados.

Cuando se trata de superficies que han sufrido la acción corrosiva de agentes químicos, o simplemente fuertes erosiones de los agentes atmosféricos, es indispensable hacer desaparecer las zonas que muestren huellas profundas de ataque, que suelen estar constituidas por productos deleznable y de poca adherencia, antes de proceder al alisado con el plaste adecuado.

Si después de realizada la operación de alisado previo quedaran manchas, eflorescencias, mohos etc., es necesario proceder a su eliminación total.

Es aconsejable, sobre todo en obra antigua, buscar y combatir las causas de la eflorescencia, además de eliminarla, cualquiera que sea el tipo de preparación a que haya de someterse el material.

Las operaciones que siguen a la preparación mecánica tienen por objeto modificar, de modo sustancial, la naturaleza de la superficie, eliminando la alcalinidad, bien por neutralización química, bien por aislamiento, y regular, al propio tiempo, la porosidad y la permabilidad.

La neutralización puede realizarse mediante diversos métodos:

- a) Utilización de disoluciones acuosas de fluosilicatos o ácido fluosilícico. Esta operación se denomina fluatación y da excelentes resultados.
- b) Empleando disoluciones de sulfatos de cinc o de aluminio, con lo que se obtienen resultados aceptables y
- c) Con disoluciones de ácidos sulfúrico o clorhídrico.

En cualquier caso debe terminarse mediante un lavado con agua abundante.

El aislamiento de la superficie de hormigón de las capas de pintura de acabado se lleva a cabo mediante la aplicación de capas intermedias resistentes a los álcalis, entre las que cabe citar las películas de clorocaucho, caucho ciclado, aceite de madera de China y las de resinas vinílicas.

II.3. Criterios para la elección del recubrimiento adecuado a cada caso

II.3.1. Recubrimientos decorativos

Debe renunciarse al empleo de pinturas que no sean perfectamente estables frente a los álcalis y que, además, no posean la suficiente permeabilidad para permitir que el muro siga respirando hasta la total eliminación de la humedad que contenga. Esto es especialmente importante en muros interiores para eliminar la posible formación de ampollas. Además, el recubrimiento debe ser adherente, continuo y duradero.

Actualmente existen pinturas con las que se logran acabados de las más diversas apariencias y que cumplen las condiciones necesarias para ser aplicadas sobre superficies no completamente secas, sin temor a graves fracasos.

II.3.2. Recubrimientos impermeabilizantes

Las condiciones de trabajo de un recubrimiento impermeabilizante son esencialmente distintas, según se trate de una cubierta, el tablero de un puente, una obra hidráulica, etc. Por ello es imposible generalizar y hay que estudiar por separado la solución idónea para cada caso.

La elección del recubrimiento adecuado para impermeabilizar una cubierta viene condicionada por el uso a que se destine ésta (transitable, no transitable, zona ajardinada, pista de aterrizaje de helicópteros, etc.) y por su pendiente.

Entre los materiales empleados para este fin se encuentran: los bituminosos, los plásticos y los elastómeros.

Los sistemas tradicionalmente utilizados en la impermeabilización de cubiertas se reducen, prácticamente, a los multicapas, constituidos por la superposición alternativa de capas de oxiasfalto y fieltros saturados de betún o de láminas bituminosas de superficie lisa con láminas autoprotegidas de terminación.

Dependiendo de la inclinación de la cubierta, las membranas impermeabilizantes se colocan independientes (impermeabilización flotante), semiadheridas o adheridas al soporte base. Los sistemas flotantes, que se emplean en cubiertas con pendientes inferior al 3 %, tienen la ventaja de que al independizar la membrana impermeabilizante de los posibles movimientos de la estructura, dicha membrana trabaja en mejores condiciones que si estuviera adherida o semiadherida al soporte.

Los sistemas tradicionales son relativamente complicados; tienen una ejecución laboriosa y, como consecuencia, requieren una mano de obra considerable. Por ello, los nuevos sistemas se han trazado como meta dos objetivos fundamentales:

- 1.º) Mayor simplicidad en la técnica de ejecución.
- 2.º) Mejorar las características mecánicas, reológicas y de durabilidad de la membrana impermeable.

Lo primero se consigue mediante el empleo de sistemas monocapa y lo segundo dando entrada a los plásticos flexibles: láminas de elastómeros; láminas mixtas de betún-plástico; membranas de betunes copolimerizados y a la combinación de películas de caucho de neopreno con hypalón (polietileno clorosulfonado) como terminación, susceptible de colorearse.

Para la impermeabilización de tableros de puentes de hormigón se están empleando, debajo de la capa de rodadura, las pinturas alquitrán-epoxi y la superposición de una capa de mástique asfáltico con otra de asfalto colado, semiindependizadas del tablero por un velo de fibra de vidrio, con ánimo de conseguir una cámara de expansión para la posible humedad contenida en el hormigón. En estos casos tiene excepcional importancia el tratamiento de las juntas.

La impermeabilización de los muros de hormigón, mediante la aplicación de recubrimientos, no se practica en gran escala. Se confía en proyectar y colocar un hormigón de calidad, impermeabilidad y espesor tales que no haya necesidad de impermeabilizarlo. En casos excepcionales, como son las estructuras enclavadas por debajo del nivel freático, se aplica al hormigón una membrana impermeabilizante en el lado de la presión del agua. La impermeabilización de un hormigón poroso por el lado del muro alejado de la presión del agua no es fácil de realizar, sobre todo si dicha presión es apreciable.

La durabilidad de una carretera de hormigón se halla íntimamente relacionada con el tratamiento de las juntas entre losas adyacentes para evitar el conocido fenómeno de sifonamiento o "pumping", que conduce a la destrucción del pavimento.

Durante algún tiempo se ha hecho patente la necesidad de un recubrimiento impermeable eficaz para impedir las fugas a través de los paramentos de aguas arriba de ciertas presas. Los materiales que se empleen para este fin deben ser resistentes al desgaste por el rozamiento producido por los arrastres, el hielo, o ambas cosas a la vez, y no fragilizarse por la acción continuada de la luz solar. Están siendo objeto de estudio para este fin los materiales bituminosos modificados y los cauchos sintéticos, especialmente el de neopreno.

II.3.3. *Recubrimientos protectores frente a un medio ambiente corrosivo*

Teniendo en cuenta que la resistencia a la corrosión —en el sentido más amplio de la palabra— del material que forma parte de una estructura no es una propiedad inherente de éste, sino que se trata de una propiedad conjunta de dicho material y del medio ambiente que lo rodea, el criterio a seguir para la elección del recubrimiento protector adecuado hay que referirlo a casos muy concretos. La extrapolación de los resultados obtenidos con un sistema de protección, satisfactorio en determinadas condiciones, para deducir el comportamiento del mismo, en otras circunstancias, entraña considerables riesgos y, en general, es inadmisibles.

Esto nos conduce a la necesidad de un conocimiento profundo de los agentes que pueden atacar al hormigón, bajo determinadas circunstancias, a pesar de la notable resistencia química de los materiales que lo integran, así como de las condiciones de concentración, temperatura, intermitencia o continuidad de contacto con el agresivo, etc, para elegir el tipo de recubrimiento adecuado en cada caso.

Un resumen esquemático de las causas que determinan la corrosión en los distintos ambientes sería el siguiente:

Factores que determinan la corrosividad de una atmósfera:

- Contenido en polvo.
- Humedad.
- Presencia de gases corrosivos.

Factores que determinan la corrosividad de un agua:

a) *Procedentes del agua:*

- Gases disueltos (CO_2 , O_2 , etc.).
- pH.
- Sales disueltas.
- Presencia de bacterias anaerobias.
- Temperatura.

b) *Procedentes del régimen de funcionamiento:*

- Turbulencia.
- Inmersión intermitente.

Factores que determinan la corrosividad de un suelo:

- Porosidad.
- Conductibilidad eléctrica.
- Sales.
- Grado de humedad.
- Corrientes parásitas.

Por otro lado, la gran diversidad de recubrimientos que pueden emplearse en la protección del hormigón hace necesaria una clasificación de los mismos que facilite la visión rápida y conjunta de las características de cada uno de ellos. Esta clasificación podría ser, en principio, la siguiente:

a) *Recubrimientos orgánicos:*

- Termoplásticos: bituminosos, vinílicos, etc.
- Termoestables: sistemas epoxi y poliuretanos de dos componentes.

b) *Recubrimientos inorgánicos:*

- Tratamientos inorgánicos superficiales: pinturas agua-cemento; íd al silicato, etc.
- Morteros resistentes químicamente.
- Recubrimientos cerámicos.

c) *Recubrimientos metálicos*

Una vez establecidos los factores que pueden determinar la corrosión de una estructura de hormigón, tanto los procedentes del medio ambiente como los que se derivan del régimen de funcionamiento, estamos en condiciones de elegir el dispositivo de protección adecuado que, a ser posible, debe estar sancionado por la experiencia obtenida en casos similares.

III. PROTECCION CATODICA

Se emplea, casi exclusivamente, para proteger tuberías de hormigón con alma de acero.

El aporte de cargas negativas a la pieza metálica puede hacerse:

- a) Mediante una fuente de corriente continua, con su polo negativo conectado a la pieza que se quiere proteger y el positivo a un electrodo auxiliar.
- b) Mediante un ánodo de sacrificio, de magnesio o aluminio, generalmente, conectado eléctricamente a la pieza metálica.

Lógicamente, la densidad de corriente suministrada, en uno y otro caso, a la estructura metálica para protegerla, depende de la naturaleza del metal y del medio ambiente en que se halle, debiendo ser tanto más alta cuanto mayor sea la velocidad de corrosión.

Muchas gracias.