

Durabilidad de los sistemas de reparación

Ramón Martínez. *Director Técnico de Sika España.*

“El hormigón es una piedra artificial”. Esto es lo que nos decían hace años para definir al material más utilizado en la industria de la construcción. Esa definición, sin quererlo, parecía decirnos que ese material era de una durabilidad prácticamente infinita. Al fin y al cabo, las piedras han estado ahí desde casi siempre, y ahí seguirán mucho más tiempo.

Con el tiempo hemos visto que esa asunción que hacíamos era incorrecta. El hormigón será una piedra, pero se deteriora y tiene una durabilidad limitada, dependiendo de su calidad y exposición. Es algo ya asumido por todos, y por lo tanto las técnicas de reparación y protección de hormigón son ya ampliamente conocidas y utilizadas desde hace tiempo.

Y ahora viene la pregunta pertinente, derivada de lo anterior. ¿Cuál es la durabilidad de las reparaciones de hormigón que realizamos? ¿Las realizamos correctamente y ampliamos lo suficiente la vida útil de las estructuras o se realizan trabajos de baja calidad que no cumplen las expectativas?

En el presente artículo se hacen unas reflexiones sobre lo anterior, intentando sacar unas conclusiones de cuál es la situación actual del mundo de la reparación de hormigón.

Querríamos empezar por una definición. Para fijar las normas del juego y para que sean comunes a todos, siempre es necesario empezar por las definiciones ¿Qué es la reparación de hormigón? Pues como en cualquier otra cosa que reparamos (un reloj, una televisión, un ordenador, etc.) es volver a hacer que funcione como originalmente (que nos dé la hora, que veamos programas, que nos haga cál-

culos, etc.). Por lo tanto la reparación del hormigón es hacer que vuelvan a tener las estructuras de hormigón las mismas prestaciones tanto mecánicas como de durabilidad que tenían cuando originalmente fueron diseñadas.

Entendido y aceptado lo anterior, ¿cómo debe ser una reparación, por ejemplo por parcheo, que es la más habitual? Pues debemos acordar que los parches que se

hagan deben tener al menos las mismas prestaciones que el hormigón original: misma o mayor resistencia a compresión, adherencia del mortero tanto al hormigón como al acero iguales o superiores a las originales, protección de la armadura en los parches al menos igual que la que proporcionaba el hormigón original, etc. Siguiendo las pautas anteriores, teóricamente vamos a tener reparaciones que cumplan los requisitos de la definición que hicimos al principio de este apartado.



Sistemas ‘tradicionales’

Vamos a llamar sistemas ‘tradicionales’ de reparación de hormigón a los que se han venido utilizando desde hace mucho tiempo. Consisten en asegurar la protección de la armadura mediante la aplicación de un pasivante, normalmente una lechada cementosa o epoxi-cemento, y después regenerar el volumen de hormigón perdido por medio de un mortero cementoso o en algunos casos epoxi. A veces también se coloca la lechada sobre toda la superficie de hormigón a regenerar, para mejorar la adherencia del mor-

tero de reparación. Con estos sistemas se puede conseguir reparar el hormigón de acuerdo a la definición acordada previamente. Es decir, podemos conseguir unas resistencias, adherencias al hormigón, adherencias y anclaje de barras y protección de las mismas, comparable al hormigón original.

¿Y estos sistemas han venido funcionando? Pues depende. Si se aplican correctamente, han demostrado durabilidades de más de 15 años, comprobadas por diagnósticos realizadas después de ese tiempo. Si no se han ejecutado correctamente, las durabilidades pueden haber bajado dramáticamente y no llegarse ni de lejos a esos tiempos de vida. La reparación de hormigón depende de la calidad de los materiales, pero sobre todo depende de la ejecución.

¿Se pueden hacer reparaciones realmente durables?

La primera pregunta que nos surge es si realmente se pueden hacer buenas reparaciones que duren en el tiempo; si las técnicas, sistemas y productos que se utilizan han demostrado fehacientemente ser una buena solución. Para demostrar que la respuesta es positiva, se van a exponer tres ejemplos en que se han aplicado soluciones en las que posteriormente, al cabo de cierto tiempo, se han hecho amplias evaluaciones que han probado ser duraderas.

Torres de refrigeración en Polonia

Polonia es un país cuya generación de electricidad depende casi en su totalidad de las centrales térmicas. En 1989 hubo un derrumbe de una torre de refrigeración en una de dichas centrales. Temiendo que ese incidente se pudiera reproducir en otros sitios, con el problema que eso generaría para la producción de energía del país, se decidió realizar un vasto plan de reparación y protección de gran parte de dichas estructuras en todo el país. Ese plan se llevó a cabo entre los años 1990 y 1991. Los sistemas



Torre de refrigeración, Polonia.

empleados fueron la pasivación de armaduras y regeneración del hormigón y la protección con hidrofugantes y revestimientos anticarbonatación compatibles con grandes movimientos como los que pueden sufrir las torres, y con capacidad de puenteo de fisuras.

En 2006 se hizo una inspección y evaluación por parte del Instituto Polaco de la Construcción del estado de las estructuras que se habían reparado 15 años antes. El objeto de dicho estudio era, por un lado, comprobar la vida útil que les quedaba a esas estructuras y, por otro, evaluar el funcionamiento y prestaciones de los sistemas empleados. El resultado de la evaluación fue, en general, bastante sa-

tisfactorio. No se había producido penetración de los frentes de carbonatación y los potenciales de corrosión de las armaduras estaban bastante estabilizados. Las estructuras tenían bastantes años de vida útil por delante.

Edificios y apartamentos en Reino Unido

A principios de los años 90 Sika UK fue muy activa en la reparación de edificios residenciales y apartamentos. En esos años en el país había muchas estructuras que habían alcanzado ya bastante edad como para necesitar una revisión y reparación. Son zonas de ambientes muy industriales, en los que el frente de carbonatación puede penetrar bastante,



Apartamento, Reino Unido.



Viaducto de la calle Bailén (Madrid).

pudiendo producirse fácilmente corrosión de las armaduras.

Como sistemas de reparación se utilizaron métodos de parcheo por medio de morteros cementos bicomponentes, previa pasivación de las armaduras. Como revestimientos se utilizaron pinturas anticarbonatación, adecuadas para los ambientes de ciudades industriales en los que principalmente estaban estos edificios.

En 2008 se hicieron inspecciones generales del estado de muchas de las estructuras reparadas. El resultado fue, en general, satisfactorio del estado de las estructuras después de pasados más de 15 años. Los parches realizados seguían estando en su lugar y los revestimientos apenas habían perdido espesor, rigidizándose ligeramente sin perder efectividad.

Torre de refrigeración en Puertollano

En 1987, Sika España realizó la reparación de la torre de la Central Térmica de Puertollano. Esta torre, de principios de los sesenta, tenía 24 años entonces y se encontraba con graves problemas de corrosión de armaduras y pérdida de secciones de hormigón por desprendimiento del mismo. La reparación consistió en una limpieza general, tanto del interior como del

exterior de la lámina, pasivación de las armaduras con lechadas epoxi-cemento de tres componentes y regeneración del hormigón con morteros cementosos de dos componentes. Como protección se aplicó en el interior una resina epoxi y en el exterior una pintura acrílica anticarbonatación con capacidad de puenteo de fisuras.

En 2001, unos 14 años después de la reparación, se realizó una inspección general del estado de la torre. Como resultado, se efectuó una serie de reparaciones menores, pero en general el estado era adecuado, habiéndose disminuido la propagación de la carbonatación y las intensidades de corrosión de las armaduras.

Después de estas reparaciones menores de 2001, la torre ha estado en funcionamiento hasta 2014 en que se demolió. De esa forma, a base de reparaciones se consiguió una vida útil de esa estructura de más de 50 años.

Con todos los ejemplos anteriores se ha querido dar una respuesta positiva a la pregunta que se hacía en el título de este apartado: las reparaciones de hormigón pueden ser duraderas si se hacen correctamente en cuanto a la elección de sistemas, productos y modo de ejecución.

Sistemas 'novedosos'

Llamaremos sistemas 'novedosos' de reparación de hormigón a algunos que están apareciendo, en los que se varía alguna cuestión de las comentadas anteriormente para los sistemas tradicionales. Principalmente estos sistemas argumentan que no necesitan pasivado de la armadura ni puente de adherencia sobre el hormigón, y que sin él se pueden conseguir unas prestaciones perfectas para obtener una buena reparación. Según esos sistemas, aplicando simplemente el mortero directamente sobre la armadura se consiguen la protección, adherencias y anclajes suficientes. Vamos a comentar todo esto ahora.

Es mentira que se pueda conseguir fácilmente una protección perfecta de la armadura sin dar una lechada pasivante. El argumento de que el mortero tenga pasado el ensayo correspondiente es falaz. Ese ensayo de laboratorio consiste en poner el mortero en finas capas sobre una chapa de acero. Es esas condiciones se puede conseguir el pasivado. Pero la verdad es que en la obra real es casi imposible conseguir poner en contacto el mortero con toda la superficie de acero, con la cantidad de corrugas que este tiene. Se necesitaría una aplicación exquisita, que es casi incompatible con una aplicación real en obra. Y si no se consigue envolver toda la superficie de acero y ponerla en contacto con el mortero, la aparición de corrosión por picaduras está asegurada.

Es mentira que aplicando el mortero directamente sobre el hormigón tengamos asegurada una adherencia suficiente, igual a la resistencia a tracción del hormigón. Una vez más, o la preparación del soporte y aplicación son extraordinariamente buenas, o puede que la adherencia no se acerque a la deseada. Por eso, la aplicación del puente de adherencia, si queremos obtener buenas adherencias, es más que conveniente.

Es mentira que se logre un anclaje sobre la armadura bueno. El anclaje entre acero y hormigón es importante desde el punto de vista estructural, para transmitir las fuerzas entre ambos elemento. Cuando se deforme el acero, es necesario que se

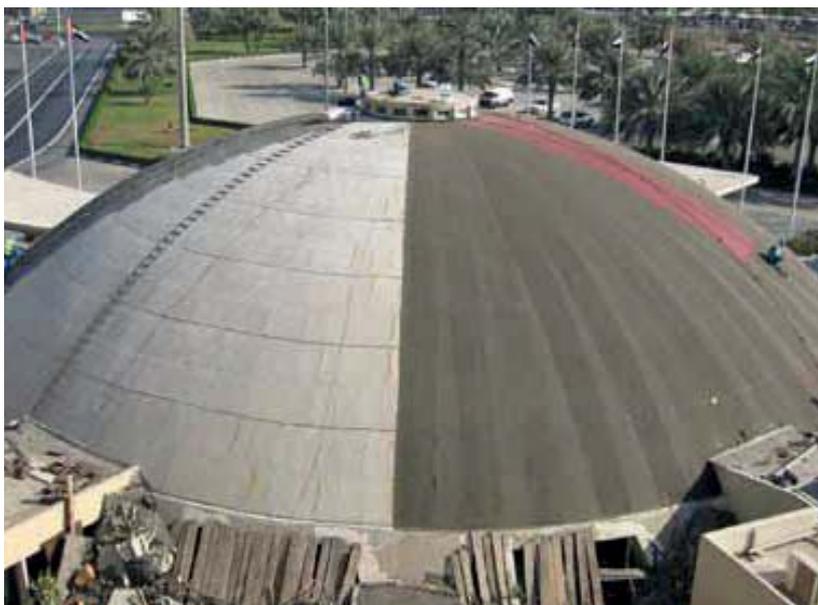
deforme de igual manera el hormigón. Si se coloca lechada pasivante, ese anclaje es fácil de conseguir. Si no se coloca, y se pone directamente el mortero o, una vez más, la aplicación es exquisita, o van a quedar la mayor parte de los valles de las corrugas sin rellenar, y la fuerza de anclaje resultante estará lejos de la deseada.

Con todos estos comentarios, hacemos la pregunta que hacíamos para los sistemas tradicionales ¿pero, estos sistemas ‘novedosos’ funcionan? El autor, dentro de sus conocimientos, tiene algunas respuestas. No tiene conocimiento de que exista alguna referencia a largo plazo, en obras significativas, de que estos sistemas ‘novedosos’ hayan funcionado. En cambio tiene conocimiento de quejas en que, a corto plazo, estos sistemas no han funcionado. En ensayos de laboratorio, en probetas realizadas con y sin pasivante, aplicados en condiciones reales de obra (no de laboratorio, que son realizadas con una exquisitez que ni podríamos soñar en obra), la durabilidad que se consigue es decididamente menor en el caso de aplicaciones sin pasivante.

Existen sistemas de reparación de hormigón por parcheo plenamente probados a lo largo de mucho tiempo, con durabilidad contrastada y efectividad demostrada. Estos consisten en la pasivación de la armadura y la colocación de un mortero de reparación para sustituir el hormigón perdido.

La sustitución de estos sistemas por otros, en los que la única innovación es eliminar una de las partes, el pasivante, sencillamente no funcionan. Las dudas planteadas anteriormente en este artículo nos dicen que es casi seguro (a no ser que la aplicación sea extraordinariamente buena, lo cual, es difícilísimo de conseguir en una obra real, con todos los condicionantes que esta tiene) que la durabilidad sea limitada. No se va a conseguir una protección efectiva de la armadura, no se va a conseguir un anclaje suficiente del mismo y no se va a conseguir una adherencia adecuada al soporte de hormigón.

Debemos desconfiar de los productos que a base de funcionamientos mágicos parecen desafiar las leyes de la física. Las



Aeropuerto de Abu Dhabi.

instituciones financieras aconsejan tener mucho cuidado con las criptomonedas cuyo comportamiento se desconoce. Igualmente debemos desconfiar de los criptoproductos que no sabemos cómo funcionan. Cuidado, en uno y otro caso podrían estar tomándonos el pelo.

¿Son realmente duraderas las reparaciones de hormigón?

Una vez contestado afirmativamente el apartado anterior (las reparaciones pueden ser duraderas si se hacen adecuadamente), nos viene la siguiente pregunta: y tal y como se hacen actualmente en la realidad ¿las reparaciones de hormigón son duraderas?

No es una pregunta de fácil, simple y unívoca respuesta. Realmente no hay estadísticas fiables de la duración de las reparaciones. No se suelen efectuar evaluaciones periódicas ni a corto ni a largo plazo. Sólo podemos tener impresiones subjetivas y esas impresiones es que la durabilidad no es alta y que no se hacen buenas reparaciones. Evidentemente las

dos afirmaciones anteriores son una generalidad en la que habrá todas las excepciones que se quieran poner.

Para analizar lo anterior, lo mejor es hacer unas definiciones previas, para hablar un lenguaje común.

- ‘Reparar hormigón’ (de acuerdo al Código Estructural): aplicar las técnicas y sistemas que tiene como objetivo devolver al hormigón sus prestaciones y funcionalidad original.
- ‘Parchear’ (de acuerdo al lenguaje coloquial): solucionar un problema de una forma rápida y provisional, sin tener en cuenta su durabilidad a largo plazo.

La palabra parchear la utilizamos en el contexto de la reparación de hormigón con otra connotación (técnica de regenerar el hormigón por trozos o parches). Pero en adelante en este artículo la utilizaremos con la connotación peyorativa que hemos indicado anteriormente. Y ya puestos en esta situación, hablando el lenguaje común de las anteriores definiciones, ¿qué es lo que hacemos realmente, reparamos hormigón o parcheamos? ¿Devolvemos el hormigón a sus características y prestaciones iniciales, o ponemos unos materiales sobre el hormigón, realmente sin ningún criterio técnico (“que aguante mientras cobro”)?

¿Sabemos realmente las prestaciones de los materiales que utilizamos para reparación?

Siguiendo con el hilo argumental del apartado anterior, lo que mayormente se hace es aplicar unos materiales que sabemos que cumplen una serie de normativas, y con eso podemos llegar a creer que se está realmente 'reparando hormigón'. Como supuestamente sabemos las características técnicas (mecánicas, de durabilidad, etc.) de los materiales que utilizamos, podemos llegar a creer que hay seguridad de que van a funcionar correctamente. Pero la pregunta que nos surge, y que da título a este apartado es: ¿sabemos realmente las prestaciones de los materiales que utilizamos?

Todos los materiales que se utilizan para reparación de hormigón deben tener un marcado CE, y eso conlleva que tengan una Declaración de Prestaciones en la que vienen detallados todos los datos técnicos ¿Y eso es suficiente?

Los datos que aparecen en las Declaraciones de Prestaciones, Hojas Técnicas o cualquier otra documentación, simplemente nos dicen que a ese producto se le ensayó bajo unas determinadas circunstancias en un laboratorio homologado y dio el resultado que se refleja. No nos está diciendo nada sobre los resultados que nos pueda dar en la obra. Esos resultados dependerán de otras muchas circunstancias relativas principalmente a la aplicación. Que un mortero de reparación nos haya dado una adherencia de más de 2 MPa en laboratorio no quiere decir que en obra vaya a dar lo mismo, dependerá del soporte, la preparación del mismo y la forma de aplicación.

Por lo tanto, no debemos fiarnos de que simplemente poniendo en la reparación unos productos con marcado CE, que dieron unos determinados resultados en una prueba específica y singular en el laboratorio, vamos a obtener una repara-



Reparación de la fachada del edificio del centro de información de la Central Nuclear de Trillo.

ción de hormigón correcta de acuerdo a la definición indicada más arriba. Si no cuidamos muchos otros aspectos, el resultado no será el adecuado.

Por lo tanto, contestando a la pregunta del título de este apartado, en principio no sabemos las prestaciones que nos van a dar los materiales en obra, simplemente tenemos los datos de unos ensayos que se hicieron en laboratorio bajo unas determinadas condiciones que no tienen por qué ser las de la obra. Para tener seguridad de que los resultados en obra serán correctos es necesario prestar atención, no sólo a los productos que se colocan, sino cómo se colocan. Y para medir la adherencia, resistencia o cualquier otro parámetro, sólo se puede hacer mediante ensayos in situ, cualquier otro ensayo de laboratorio sólo se debe tomar como referencia indicativa.

Características mecánicas del hormigón

Se ha definido anteriormente, siguiendo al Código Estructural, la reparación como la técnica de devolver al hormigón a sus prestaciones originales. Y entre esas prestaciones las principales son las mecánicas y de durabilidad. Es decir, un elemento estructural de hormigón después de reparado, debe tener

las mismas resistencias y prestaciones mecánicas que ese elemento cuando fue diseñado originalmente. Y lo mismo se puede decir de sus prestaciones en cuanto a durabilidad.

En este apartado haremos un repaso y análisis de las prestaciones mecánicas, dejando para el apartado siguiente las prestaciones de durabilidad. Los parámetros mecánicos más importantes, y que analizaremos son:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a tracción.
- Adherencia a las armaduras.
- Módulo de elasticidad.
- Anclaje de las armaduras.

Para cada uno de estos parámetros iremos viendo lo que se le debería exigir que cumpliera una reparación, y lo que realmente cumple, tal y como se hace actualmente

Resistencia a compresión

El hormigón de un elemento estructural está diseñado con una resistencia tal que haga estable la estructura con la seguridad suficiente para las cargas para las que está diseñada. Por lo tanto cuando se reemplaza, en una reparación, algo del hormigón original por un material de reparación nuevo, este debería tener una resistencia al menos igual al del hormigón original.

En principio parece que este punto se debería cumplir fácilmente. Los morteros de reparación, dependiendo de la clase que sean, pueden tener resistencias de más de 40 MPa, y normalmente los hormigones a reparar suelen ser viejos y de menores prestaciones, con lo que supuestamente esto se debería cumplir (salvo en casos especiales, como puentes, en los que se debería utilizar morteros de muy alta resistencia). Pero como se indicó en el capítulo anterior, que un mortero tenga resistencias a compresión de más de 40 MPa en laboratorio, no significa que las obtenga en obra, a menos que la aplicación sea cuidadosa.

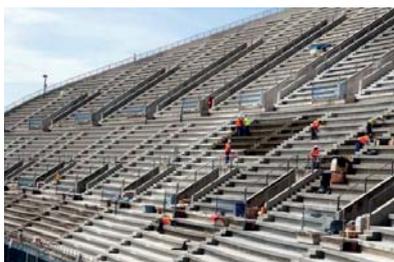
La resistencia a compresión que se obtiene con los morteros de reparación depende fundamentalmente de la compactación que se haga. Si se aplica manualmente, hay que colocar el mortero en capas de poco espesor, apretando fuertemente con la llana o paleta. Si se aplica por medio de proyección, normalmente se consigue una buena compactación.

La conclusión de esta parte, es que normalmente se pueden conseguir buenos resultados de la resistencia a compresión en la reparación. Normalmente no debería ser este un parámetro que fallara, a no ser que se haga una muy mala aplicación

Resistencia a tracción

El hormigón tiene una resistencia a tracción que es entre 8 y 10 veces menor que la de compresión, como orden de magnitud. Esa resistencia a tracción le permite transmitir cargas rasantes, cortantes, a la vez que ayuda en la flexión, dando más rigidez a las piezas.

Cuando hacemos una reparación, aplicando morteros debemos conseguir que el mortero tenga una resistencia a tracción al menos igual que la del hormigón. Eso es fácil, se puede conseguir sin problema. Pero también debemos conseguir que en la interfase hormigón-morteros la resistencia a tracción (es decir, la adherencia) sea igual o mayor que la del hormigón. Y eso no es tan fácil de conseguir (de hecho, la mayor parte de las veces se queda muy lejos de conseguirlo).



Grada.

Teóricamente se nos dice que los morteros R3 y R4 tienen unas adherencias superiores 1,5 y 2 MPa respectivamente. Como ya se ha indicado reiteradamente, estas adherencias se han conseguido en aplicaciones de laboratorio, bajo unas condiciones de ejecución óptimas.

La realidad nos dice que cuando se hacen ensayos en obra, las adherencias que se consiguen son remarcadamente menores. Esto hace que no se cumpla la definición que se ha indicado sobre lo que es reparar hormigón: no se consigue ni de lejos que la resistencia a tracción sea igual o mayor que la original (al menos en la interfase). Estamos parcheando (recordemos, connotación coloquial y peyorativa del término) no reparando.

Esta zona débil hace que la durabilidad de las reparaciones sea muy baja. Los parches aplicados pueden tener una adherencia límite, y al cabo de poco tiempo se pueden desprender.

Para conseguir una buena adherencia (que quizá sea el parámetro más importante para conseguir una buena durabilidad) es necesario lo siguiente:

- Utilizar morteros de reparación adecuados. Que cumpla el marcado CE es una condición necesaria, pero no suficiente. Cuanto mejor sea el mortero más fácil será conseguir una buena adherencia, pero la aplicación es vital.
- Preparar bien el soporte. Conseguir la porosidad micro-topografía, cohesión y limpieza necesarias.
- Aplicar un puente de adherencia. Esta no es estrictamente necesario, si se hacen el resto de las cosas bien, pero siempre es recomendable. Hace que la adherencia sea mucho menos sensible al resto de los parámetros.

- Presionar el mortero con energía y concienzudamente sobre el soporte. Si se aplica a mano, la primera capa debe ser de poco espesor y empujando con fuerza. Si se aplica por proyección, normalmente la energía de esta debería ser suficiente.

Como conclusión de esta parte, es que uno de los principales problemas (probablemente el principal) es la mala adherencia de las reparaciones sobre el soporte de hormigón. Normalmente no se cuida lo suficiente, dando lugar a una clara disminución de la durabilidad de las reparaciones efectuadas.

Módulo de elasticidad

El hormigón tiene un módulo de elasticidad determinado. Cuando le adherimos algo extraño a él, como los productos de reparación, y que deben actuar con él de una forma conjunta y solidaria, deberíamos intentar que esos productos tengan igual o similar módulo de elasticidad. De esa forma no se inducen esfuerzos rasantes en la interfase mortero-hormigón.

Si el módulo de elasticidad de los morteros fuera muy superior o inferior al del hormigón, con objeto de igualar deformaciones habría una transferencia de esfuerzo a lo largo de la interfase. Si ésta, además, como se ha indicado en el apartado anterior, tiene una resistencia a tracción (adherencia) muy baja, el fallo por despegue puede producirse con cierta facilidad.

Los morteros de reparación R4 y R3 tienen módulos de elasticidad superiores al hormigón (una vez más, según los ensayos de laboratorio). En obra, y según la colocación (compactación) de los morteros, probablemente se consigan módulos de elasticidad inferiores. Para saber cuáles son, habría que tomar muestras en obra, pero en cualquier caso parece que estos módulos no deberían diferir mucho de los del hormigón, por lo que las tensiones rasantes antes indicadas no deberían ser muy grandes.

Según lo dicho, la diferencia de módulos de elasticidad parece no tener mucho que ver con la durabilidad de los sistemas de reparación.



Presa.

Andaje de las armaduras

El hormigón armado es un material compuesto que basa su funcionamiento en un perfecto anclaje de las armaduras. De esa forma los dos materiales, hormigón y acero, se mueve de una forma solidaria, transmitiendo los esfuerzos rasantes entre ellos. Nuestro modelo de hormigón armado se basa en que se produce ese anclaje, que es debido principalmente a que entre las corrugas de acero se ha incrustado un hormigón de suficiente resistencia para soportar esos esfuerzos tangenciales.

Cuando hacemos una reparación debemos conseguir que en esa zona reparada el funcionamiento sea el mismo: el mortero que ponemos debe ser capaz de incrustarse entre las corrugas, y ser de una gran resistencia para soportar los esfuerzos. ¿Y es realmente lo que hacemos? Pues si colocamos un mortero pasivante se puede conseguir de una manera relativamente fácil. Es un material muy fluido que se mete entre las corrugas y las llena sin problemas. Además son productos de buena resistencia, capaces de transmitir los esfuerzos rasantes.

Si, en cambio, no ponemos pasivante y aplicamos directamente el mortero es más que probable que no seamos capaces de rellenar las corrugas, quedando mucha de estas vacías. Solo una colocación extremadamente cuidadosa sería capaz de conseguir, lo cual no suele ser el caso. Además, la resistencia conseguida por el mortero que entrara en las corrugas probablemente sería no muy alta (la resistencia de los morteros depende de su compactación, es decir de cuanto apretamos y de que el espesor de capa aplicado no sea muy grande). Es más que

probable que si no se hace una buena colocación, el anclaje que se consiga sea insuficiente. En ese caso no habríamos reparado hormigón armado: sería hormigón con acero en su interior.

Características de durabilidad del hormigón

Resumámoslo. Estamos analizando si con las reparaciones, tal y como hoy en día se hacen en muchos casos, devolvemos al hormigón a sus condiciones y prestaciones originales (definición según el Código Estructural) o simplemente estamos parcheando (definición peyorativa). En el capítulo anterior se ha hecho un repaso de todos los parámetros mecánicos, y en este se van a analizar parámetros de durabilidad. Se van a chequear los siguientes aspectos, y si con la reparación conseguimos de ellos que tengan la misma funcionalidad que con el hormigón original:

- Protección de las armaduras por alcalinidad.
- Protección uniforme de todas las armaduras.

Protección de las armaduras por alcalinidad

La protección de las armaduras en el hormigón está asegurada por la alcalinidad de éste. El hormigón provee de una pasivación al acero, perviniendo la formación de óxido. Para que suceda, debe haber un total contacto entre la fase alcalina del hormigón y el acero.

Cuando hacemos una reparación del hormigón, normalmente dejamos parte de la armadura expuesta al aire. Posteriormente recubrimos la armadura con un pasivante, que no es nada más que un producto muy alcalino. Con ese pasivante, que normalmente se pone pintando con brocha o proyectando, se devuelve perfectamente la alcalinidad protectora a las partes de la armadura expuesta. Posteriormente, cuando se coloca el mortero de reparación encima, el hormigón vuelve a estar totalmente protegido, es decir,

en este aspecto hemos devuelto al hormigón a su condición original. Hemos reparado y no parcheado.

Últimamente ha aparecido una tendencia a eliminar el pasivante de este sistema de reparación. Se dice que el mortero es capaz de pasar la armadura. Para ello, se aduce que el mortero que se aplica cumple con el marcado CE, no sólo con el principio de regeneración, sino también el de pasivación. Recordemos, que un mortero cumpla con el principio de pasivación quiere decir que ese mortero, aplicado sobre una chapa de acero plana (así es la normativa del ensayo), en unas condiciones ideales de laboratorio pasiva (es decir, que llega a estar en contacto, eso en esencia es pasar, que un elemento alcalino esté en contacto con el acero).

Protección uniforme de todas las armaduras

Otras de las características que tiene el hormigón nuevo es que da una protección similar a todo el acero, es decir, si el hormigón es muy bueno, dará una gran protección, y si es malo lo contrario, pero siempre uniforme. Y eso es importante para el hormigón armado. Protecciones diferenciales darían lugar a puntos de corrosión galvánica.

Cuando hacemos una reparación debemos conseguir lo mismo: una buena protección, y sobre todo que sea uniforme a lo largo de toda la barra. Si se coloca un pasivante con suficiente espesor, esto se puede conseguir con cierta facilidad. El pasivante está en contacto con toda la superficie, dotando con su alcalinidad de una protección suficiente, y sobre todo uniforme.

Cuando se colocan directamente los morteros de reparación sin pasivar la armadura estamos otra vez en el mismo problema: o se hace una aplicación cuidadosa, poniendo una primera capa fina con la espátula, haciendo introducir el mortero en las corrugas, casi una a una, o el mortero no estará en contacto con la armadura en toda la superficie. En esas condiciones el mortero solo tocará y pasivará principalmente la parte alta de las corrugas, dejando la parte baja sin proteger, y lo que es peor, creando pilas de corrosión galvánica que acelerarán la oxidación.



Detalle.

Conclusión

De todo lo anterior se puede sacar una conclusión: se parchea (en el mal sentido de la palabra) más que se repara hormigón. Se considera que reparar el hormigón es simplemente poner unos morteros encima, de cualquier forma sin un criterio claro. Pero no se consigue el propósito que está dentro de la definición de lo que es reparar hormigón: conseguir que este tenga al menos las mismas prestaciones funcionales de resistencia y durabilidad que originalmente.

Se han visto algunos problemas, pero si hubiera que escoger los más importantes, los que más influyen en la calidad de la reparación son:

- No se consigue una buena adherencia entre el mortero de reparación y el hormigón. Esto es debido muchas veces a deficiente preparación, a una aplicación inadecuada y a no utilizar puentes de adherencia en los casos que se necesite.
- No se consigue un buen anclaje a las armaduras y protección de las mismas cuando no se colocan pasivante. De esta manera ni funciona adecuadamente estructuralmente el hormigón ni tiene una durabilidad ni siquiera medianamente aceptable.

Consideraciones finales

Visto todo lo anterior ¿cómo de grave lo podemos calificar? Pues lo deberíamos considerar como muy grave. El patrimonio de hormigón que se ha ido construyendo en España durante los últimos 30 años es inmenso, tanto en obra civil como edificación. Nos hemos endeudado mucho para conseguirlo. Y ese patrimonio va teniendo una edad que necesita ser conservado y mantenido adecuadamente. En pocas palabras, o empezamos a hacer reparaciones adecuadamente y que sean duraderas, o empezaremos a perder funcionalidad en las estructuras que tanto nos ha costado conseguir. Y es algo que no nos podemos permitir

La siguiente consideración es preguntarnos porque ocurre todo esto, porque no se hacen, con carácter general, reparaciones correctas. Pues primero la respuesta fácil, y desde luego en gran medida correcta: todos los agentes que participamos tenemos culpa, las propiedades, los aplicadores, especificadores, fabricantes de material, organismo de control, etc. Todos podríamos mejorar.

Ahora la respuesta difícil ¿y quién de todos los agentes es el más culpable? Pues el más culpable es el que más poder tiene y no hace que las cosas mejoren. Y en las obras el que tiene más poder es el es-

pecificador, ya sea en forma de proyectista o dirección facultativa. Es quien tiene más poder sobre el resto de los agentes, y quién tiene la posibilidad de obligar a que las cosas se hagan bien.

Y la siguiente pregunta, ¿por qué es esto así? No creo que sea por negligencia ni mala voluntad. Más bien puede ser por desconocimiento. Las técnicas de reparación apenas se estudian en los centros universitarios, son relativamente nuevas, y muchos profesionales no están todavía familiarizados con ellas.

Por último, para terminar, se exponen algunas ideas de mejora, para conseguir elevar la calidad de las reparaciones de hormigón que hacemos.

- Formación en las universidades en todas las carreras técnicas implicadas, al mismo nivel que obra nueva. Se sigue formando a los estudiantes mayoritariamente en construcción de obra nueva, y en un país desarrollado y maduro como el nuestro, esto debe ir cambiando. La mayoría de los profesionales se van a enfrentar más en el futuro a temas de rehabilitación de toda la infraestructura existente que a hacer nuevas construcciones. Y entre esa formación que se les debería instruir en la reparación de hormigón.
- Normativa que incluya diagnóstico, diseño, ejecución y control. Actualmente solo hay una normativa referente a los materiales (norma EN-1504), que como se ha indicado anteriormente en este artículo, es claramente insuficiente. También se necesitan normas para que los especificadores tengan guías claras de como proyectar, ejecutar y controlar los trabajos de reparación.
- Capacitación de los diferentes agentes involucrados en el proceso. Se ha indicado anteriormente que se debe capacitar a los especificadores. Pero también se debería hacer con otros agentes, como los aplicadores. Evitar el intrusismo de tal forma que no pueda cualquiera hacer esas funciones, sino solo quién esté suficientemente capacitado y formado para ello.