

Nuevo sistema de reparación de frente de forjado con acero inoxidable

1. INTRODUCCIÓN

Cuando nos enfrentamos a la reparación de un elemento de hormigón afectado por corrosión de sus armaduras, es importante conocer el grado de afección, en cuanto al ámbito a reparar y en cuanto a la intensidad de la reparación.

En la realidad de una estructura de hormigón armado afectada, nos encontramos con que la afección prácticamente nunca es homogénea, sino que varía en ámbito e intensidad dentro de un mismo elemento de hormigón, y entre unos elementos y otros de similares características. [Figuras 1, 2, 3]

Por este motivo, la incertidumbre del ámbito de actuación y la intensidad de cada reparación, tiene que asumirse en proyecto prescribiendo un protocolo de intervención sobre cómo actuar cuando en obra encontramos una situación u otra.

Los parámetros propios de este “protocolo” guardan relación con el grado de oxidación, la pérdida de sección resistente del acero, los recubrimientos existentes, la contaminación de cloruros en el hormigón, etc..., por lo que finalmente el ámbito de la afección y la intensidad en cada elemento se acaba decidiendo en obra,

y como la Dirección Facultativa no puede tener una presencia ininterrumpida, gran parte de los mismos queda a merced del criterio de interpretación del operario.

El campo de la intervención en estructuras de hormigón afectadas por corrosión de armaduras, es relativamente joven, y es en estos últimos 10 ó 15 años, en los que empezamos a tener datos suficientemente amplios sobre la durabilidad de los sistemas de reparación tradicionales de picar, sanear, proteger y reconstruir, que se han ido empleando con mayor o menor acierto.

Ante los estudios de las distintas asociaciones de reparadores de hormigón, que alertan de un alto porcentaje

de fracaso en este tipo de obras, entendemos que es el momento de plantearse si el sistema tradicional de reparación aporta las garantías suficientes de durabilidad exigibles por la sociedad actual en las exposiciones de mayor riesgo.

En el presente artículo se analiza como sistema de reparación alternativo al tradicional, el uso del acero corrugado inoxidable tipo Dúplex, desde el punto de vista de los riesgos de ejecución y del coste económico.

2. ANÁLISIS Y PLANTEAMIENTO

En los últimos años, la industria del acero, concretamente el acero inoxidable, ha evolucionado considerablemente, sobre

todo teniendo en cuenta que éste es relativamente joven en la construcción, con apenas unos cien años de vida.

Las propiedades frente a la corrosión de los aceros inoxidables, suponen una ventaja evidente para su utilización en la reparación de hormigones, pero el elevado coste del material ha supuesto siempre una limitación insalvable en este tipo de obras, y en la mayoría de los casos ni siquiera planteable a la propiedad.

Aún a riesgo de resumir demasiado, este coste elevado siempre ha estado marcado por la fluctuación del precio del Níquel como componente fundamental de los tipos de acero inoxidable austeníticos existentes.

En este sentido, el desarrollo de los tipos de acero inoxidable Dúplex (de bajo contenido en Níquel) pone al alcance de los Técnicos un material económicamente cuanto menos digno de ser considerado en el campo de la reparación de hormigón.

Para proceder al análisis y comparativa de ambas soluciones de reparación, la tradicional y la utilización de corrugado inoxidable, es necesario recorrer brevemente los aspectos propios de las actuaciones de reparación de un elemento de hormigón armado afectado por corrosión, de modo

Precio descompuesto REPARACIÓN FRENTE DE FORJADO. (Tipo)				
m Reparación tipo de frente forjado de hormigón de canto 30 cm, sin incremento de capacidad				
Ud.	Concepto	rend	Precio	Importe
h	Mano de obra Oficial 1º	0,32	19,33	6,19
h	Mano de obra Peón esp. Cons.	0,30	17,14	5,14
h	Martillo neumático rompedor	0,18	2,59	0,47
h	Radial eléctrica	0,16	1,20	0,19
ud	Disco de lija	1,05	2,45	2,57
kg	Protección anticorrosión	0,38	6,84	2,60
l	Puente de unión hormigón-mortero	0,12	18,45	2,21
kg	Cuantía ref. barra corrugada ac. Galv.	0,00	1,20	0,00
kg	Cuantía ref. barra corrugada inox. dúplex 2304	0,00	3,20	0,00
kg	Mortero de reparación según UNE 1504	27,34	1,05	28,71
%	Costes directos complementarios	2,00	48,08	0,96
%	Costes indirectos	3,00	48,08	1,44
%	Gastos generales	13,00	50,48	6,56
%	Beneficio industrial	6,00	50,48	3,03
			TOTAL	60,07

Debido a la volatilidad de precios de coste de los distintos elementos que forman parte de las aleaciones de los aceros inoxidables, este precio utilizado para el cálculo en estas tablas de precios descompuestos, corresponde a un precio de referencia de entregas en noviembre de 2018, por lo que debe ser actualizado en cada momento para el suministro en la fecha necesaria de cada proyecto.

Tabla 1: Tabla de precio descompuesto de reparación de frente de forjado tipo método tradicional



Figura 1: Fisuras en cara inferior de frente forjado



Figura 2: Fisuras en cara inferior de frente forjado



Figura 3: Detalle de desprendimientos

que podamos cuantificar mínimamente, o al menos acotar, la desviación que supone una con respecto a otra.

En el sistema de reparación tradicional, nos encontramos con los siguientes procesos de ejecución.

- a) Picado de hormigón hasta dejar al descubierto las armaduras afectadas;
- b) Eliminación de restos de oxidación;
- c) Reconstrucción de la situación inicial.

Si pasamos a analizar estas fases en detalle, podemos analizar los aspectos o conceptos susceptibles de cuantificación económica.

Si por ejemplo analizáramos los pasos a seguir para la reparación de un frente de forjado, nos encontraríamos con algo similar a esto:

- Picar el material de hormigón que esté afectado por deterioro, fisuración y/o disgregación del mismo, hasta alcanzar la armadura afectada.
- Una vez localizada la armadura, debemos facilitar el acceso completo a ella en todo su contorno para su evaluación y en su caso saneado.
- En caso de que la armadura no haya perdido su capacidad

resistente más allá de lo admisible, los sistemas tradicionales de reparación consisten en eliminar la oxidación hasta grado de limpieza Sa ½ (según norma ISO 8005-4). Cabe destacar que este grado de limpieza solamente se consigue mediante granallado abrasivo.

- Pese a la anterior exigencia de limpieza la práctica habitual es lijar mediante disco de lija o de puntas de acero. Dicha limpieza debe ser completa en todo el perímetro de la barra por lo que es necesario que se haya retirado hormigón suficiente para poder manipular con garantías la

cara interior de la barra.

- Una vez limpiada la barra, dentro de la misma jornada de trabajo se debe realizar la protección con una pintura anticorrosión adecuada en función de la exposición existente y la durabilidad requerida. En este punto es muy importante respetar las recomendaciones del fabricante en cuanto a la mezcla, capas, rendimientos, tiempos de espera entre capas, etc...
- La protección de la barra no tiene capacidad de puente de unión entre el acero y el mortero de reparación que

se vaya a colocar, debemos colocar un puente de unión entre acero y mortero.

- La misma situación encontramos con el puente de unión entre hormigón existente y mortero de reparación, con la singularidad que este debe ser específico para el elemento de hormigón que se esté reparando, dejando clara la consideración de elemento estructural o no.
- Una vez superados todos los procesos anteriores se procede a la reconstrucción de volúmenes con mortero de reparación según UNE 1504, respetando las recomendaciones del fabricante en cuanto a la dosificación y modos de aplicación.

Desde este momento, alcanzadas las resistencias suficientes, podemos proceder a la retirada de posibles elementos de seguridad, como apuntalamientos, apeos, etc...

Como podemos ver, a lo largo de este proceso de reparación tradicional de un elemento de hormigón, nos encontramos con numerosos trabajos que intervienen en la reparación que son difíciles de controlar.

Precio descompuesto

REPARACIÓN FRENTE DE FORJADO. (Inox Dúplex)

m Reparación de frente de forjado de hormigón de canto de 30 cm, sin incremento de capacidad, con sustitución de barras por otras de acero inoxidable tipo Dúplex 2304 (ACX 915)

Ud.	Concepto	rend	Precio	Importe
h	Mano de obra Oficial 1º	0,28	19,33	5,41
h	Mano de obra Peón esp. Cons.	0,26	17,14	4,46
h	Martillo neumático rompedor	0,16	2,59	0,41
h	Radial eléctrica	0,05	1,20	0,06
ud	Disco de lija	0,20	2,45	0,49
kg	Protección anticorrosión	0,10	6,84	0,68
l	Puente de unión hormigón-mortero	0,12	18,45	2,21
kg	Cuantía ref. barra corrugada ac. Galv.	0,00	1,20	0,00
kg	Cuantía ref. barra corrugada inox. dúplex 2304	3,80	3,20	12,16
kg	Mortero de reparación según UNE 1504	23,85	1,05	25,04
%	Costes directos complementarios	2,00	50,93	1,02
%	Costes indirectos	3,00	50,93	1,53
%	Gastos generales	13,00	53,48	6,95
%	Beneficio industrial	6,00	53,48	3,21
	TOTAL			63,64

Debido a la volatilidad de precios de coste de los distintos elementos que forman parte de las aleaciones de los aceros inoxidables, este precio utilizado para el cálculo en estas tablas de precios descompuestos, corresponde a un precio de referencia de entregas en noviembre de 2018, por lo que debe ser actualizado en cada momento para el suministro en la fecha necesaria de cada proyecto.

Tabla 2: Tabla de precio descompuesto de reparación de frente de forjado tipo con sustitución de barras por acero inoxidable

Pese a la dificultad de control en obra, el conjunto de estos trabajos puede cuantificarse económicamente mediante el sistema de conceptos descompuestos, es decir, enumerar todos los materiales que intervienen, la mano de obra, maquinaria, herramientas y demás aspectos necesarios para la correcta ejecución.

Una vez cuantificados todos estos conceptos, aplicamos los siguientes costes repercutidos:

- Costes directos complementarios
- Costes indirectos
- Gastos generales
- Beneficio industrial
- I.V.A.

Estos conceptos no son específicos de las obras de reparación por lo que no entraremos a su explicación detallada, considerándose conceptos asimilados por cualquier Dirección Facultativa.

Mediante este proceso de cuantificación podemos llegar a detallar en qué consiste la reparación paso a paso, y por sumatorio de las partes, el precio unitario de la partida completa, al menos desde un punto de vista comparativo: [Tabla 1]

El precio total de reparación de frente de forjado mediante método tradicional es de 60,07 €/m.

Cabe destacar que el riesgo de errores en la ejecución de esta solución es alto, siendo los más habituales los siguientes:



Figura 4: Frente de forjado afectado por oxidación



Figura 5: Fisuras en cara inferior de frente forjado

- Picado insuficiente del hormigón que rodea la barra, dificultando la limpieza correcta de restos de oxidación en la barra, y en algunos casos dejando hormigón contaminado con cloruros en la proximidad de la barra reparada.

- Limpieza insuficiente por criterio del operario y aplicación de la protección anticorrosión sobre restos de oxidación.

- Planificación inadecuada de los trabajos, quedando demasiado tiempo entre la limpieza y la protección.

Siguiendo con este planteamiento, podemos evaluar cuál sería el coste si en lugar de reparar con la solución tradicional descrita, asumiendo los riesgos de ejecución comentados, procediéramos a la sustitución de la barra afectada por corrosión por una de acero inoxidable tipo dúplex en la reparación tipo de frente de forjado según el desglose [Tabla 2]

El precio total de reparación de frente de forjado mediante sustitución de barra es de 63,64 €/m

Comparando ambos valores, el uso de acero inoxidable en la reparación supone un incremento de 5,94% con

respecto a la reparación tradicional.

Si bien estos precios pueden llegar a ser discutibles individualmente, pues dependen de la singularidad de la obra, de su situación geográfica, de la estabilidad del mercado, etc..., no lo es tanto la desviación en % cuando comparamos un mismo tipo de reparación con o sin corrugado inoxidable, por lo que entendemos que los incrementos propuestos son bastante adecuados a la realidad.

Pese a ello cabe destacar que estos datos han sido contrastados en pruebas hechas a pie de obra y en taller encontrando una correlación con un error aproximado de $\pm 8\%$ de dicho incremento, por lo que en el peor de los casos podríamos estar en unos incrementos que oscilan hasta el 6,41% ($5,94\% \times 1,08$).

3. CASO ESTUDIADO

Desde la práctica profesional, hemos tenido la oportunidad de aplicar en un edificio concreto el proceso de reparación mediante sustitución de barra por corrugado de acero inoxidable

El edificio objeto de la reparación se sitúa en primera línea de playa y tiene una

antigüedad de unos 35 años. Los elementos de hormigón expuestos al ambiente marino presentan un alto contenido en ion cloruro, en torno a valores de un 2% en contenido de cemento.

La existencia de numerosas lesiones como grietas y desprendimientos ha hecho necesaria una intervención completa en frentes de forjado.

Puesta en marcha la ejecución de la obra, se procedió a la retirada del revestimiento situado sobre el frente de forjado para visualizar y estudiar el estado real del hormigón.

Dadas las condiciones originales de ejecución del edificio, además de la exposición al ambiente marino, se suma como factor adicional generalizado, la falta de recubrimiento en la mayoría de las zonas con daño visible, siendo éste de apenas 1 cm.

Ante esta exposición, encontramos muchas zonas con una pérdida de sección en la barra de armadura inadmisibles, [Figuras 4, 5, 6] lo que exige un planteamiento de reparación por sustitución de la barra afectada necesario en las zonas más afectadas.



Figura 6: Fisuras en cara inferior de frente forjado

En los casos en los que nos encontramos con armaduras con muy poco recubrimiento que deben ser sustituidas parcialmente, y en elementos en los que además no podemos modificar la volumetría del mismo para conseguir mayor recubrimiento, encontramos

como solución más adecuada el uso del corrugado inoxidable por las siguientes ventajas:

- Podemos reducir sección de la barra para alcanzar la misma resistencia que tendríamos con acero al carbono. [Figura 7]

- Podemos reducir recubrimiento de hormigón puesto que no necesitamos su aportación como elemento protector frente a la corrosión de la armadura.

- Eliminamos prácticamente todos los riesgos inherentes a los procesos de ejecución, precisamente en las zonas más complicadas de reparar. [Figura 8]

En colaboración con la empresa constructora, con una fuerte trayectoria en reparación de estructuras de hormigón afectadas por corrosión de armaduras, hemos podido comprobar

que las hipótesis económicas planteadas desde un punto de vista teórico, se aproximan bastante a la realidad de la obra, puesto que si bien el material es inicialmente más costoso, la reducción de procesos en obra, la no obligación de tiempos de espera de los productos de protección anticorrosión, la reducción de hormigón que es necesario picar y luego reconstruir, y la simplificación de la actuación en su conjunto, afectan notablemente en los rendimientos de mano de obra, reduciendo la desviación a cantidades más que razonables, necesarias por la durabilidad que se consigue.



Figura 7: Colocación de armadura corrugada de acero inoxidable



Figura 8: Retacado y regeneración de volumen tras colocación de barra de acero inoxidable

MATERIAL :

Acero inoxidable corrugado fabricado y suministrado por Roldan, S.A.

FUENTE / SOURCE :

Salmerón y Landmann Arquitectura, S.L.

Autores:

Antonio Salmerón Martínez

Miguel Salvador Landmann

Elisabeth Ferrando

Fotografías: S+L Arquitectura, S.L.

Tablas: Documentación propia S+L Arquitectura, S.L.