

degussa.

creating essentials

Degussa C.C. OBRAS

BS - 04/2004

**Degussa Construction
Chemicals España, S.A.**
Basters, 15
08184 Palau-solità i
Plegamans
(Barcelona)

Tel.: 93 862 00 00
Fax: 93 862 00 20
www.degussa-cc.es
degussa-cc@degussa-cc.es

Servicio Técnico - BS

Tel.: 93 862 00 75
Fax.: 93 862 00 41

Refuerzo de forjado con MBrace. Sistema "CUT IN"

RESUMEN:

El uso de materiales compuestos para el refuerzo de estructuras de hormigón armado, está cada vez más extendido, y plantea nuevas posibilidades en cuanto a sistemas y formas de colocación.

El presente documento hace referencia a la ejecución de un refuerzo de un forjado mediante compuestos de fibra de carbono embebidas en los elementos a reforzar.

Este novedoso sistema aporta dos grandes novedades; el mayor aprovechamiento de las fibras, y la optimización de la cantidad de fibra a aplicar.

BETTOR
PRODUCTOS QUÍMICOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN

MB
Master Builders
Technologies

AENOR
ER
Empresa
Registrada
ER-05957/193

1. INTRODUCCIÓN

Durante la construcción de un aparcamiento subterráneo en la plaza de la Constitución por parte de la empresa constructora CORSÁN-CORVIÁN, en La Línea de la Concepción (Cádiz), se variaron las condiciones de proyecto, sustituyéndose la construcción de una zona peatonal por una ajardinada. Este cambio de diseño, significó un incremento de las cargas muertas sobre el forjado de cubrición del aparcamiento, por lo que resultó necesario el diseño de un sistema de refuerzo.

Tras barajarse varias hipótesis, se optó por la ejecución de un refuerzo con materiales compuestos de fibra de carbono, confiándosele la ejecución de los trabajos a la empresa aplicadora del club DIR, IRECA, especialista en este tipo de trabajos.



2. Elección de la fibra a emplear

El refuerzo consistió principalmente en el aporte de cuantía resistente de fibra de carbono en los nervios del forjado en los que las nuevas tracciones de diseño superaban a las de proyecto.

El que se tratara de un forjado bidireccional, y se requirieran en algunos casos refuerzos en un mismo punto perpendiculares entre sí, fue uno de los factores influyentes a la hora de decantarse por este sistema de refuerzo, debido al bajo espesor de los laminados de fibra de carbono, y la fácil ejecución de cruces.

A partir de las nuevas tracciones de diseño, se calcularon las secciones necesarias de laminado de carbono. En algunos de los casos, las tensiones que debía soportar el refuerzo eran muy inferiores a las soportables por el laminado “estándar” de menor cuantía, por lo que comenzó a barajarse la posibilidad de utilización del sistema “cut in”

Este sistema, se basa en la inserción de material compuesto de fibra de carbono en el interior del elemento a reforzar. Para ello, se realizan cortes en el hormigón, en la dirección de las tracciones. A continuación se embeben laminados de pequeña sección (10 x 1,4 mm) dentro de las ranuras practicadas, y se rellena el espacio existente con resina epoxi de altas resistencias.



El sistema habitual de colocación de compuestos de fibra de carbono, consistente en la adhesión superficial de laminados de fibra sobre el elemento a reforzar, tiene como limitación de cálculo, los esfuerzos soportables por la resina con la que el refuerzo se adhiere a la superficie y de la propia adhesión al hormigón y cohesión del mismo. En el caso del “cut in”, esta limitación es menor, en cuanto que la superficie de adhesión del refuerzo al hormigón es mayor.

Un ejemplo real de la obra, arroja los siguientes valores:

Tracción a soportar por el refuerzo	Ancho de laminado LM 1,4 mm requerido para soportar la tracción	Ancho estandar de laminado LM de 1,4 mm	Ancho de laminado "CUT IN" requerido para soportar esa tracción	Número de laminados "CUT IN" (10 mm de ancho estándar)	Sistema elegido	Método de instalación
15,82 Tn	84,40 mm	100 mm	71,39 mm	8 x 10	1 x LM 100 1,4	Adhesión superficial
3,61 Tn	19,24 mm	50 mm	16,28 mm	2 x 10	2 x LM 10 1,4	"CUT IN"

De esta tabla correspondiente a dos de las zonas a reforzar, se pueden extraer varias conclusiones:

La primera de ellas se aprecia en la cantidad de fibra requerida en función del sistema de ejecución. La adhesión del laminado al soporte por ambas caras (sistema "cut in"), optimiza el funcionamiento de las fibras, con lo que la cuantía requerida es inferior.

Por otra parte, la utilización de laminados de secciones más pequeñas, permite optimizar la cantidad de fibra, ajustando los valores de cálculo a los reales de obra.



Detalle de laminado embebido en el hormigón. Sistema "cut in"

En definitiva, se realizó un exhaustivo estudio por parte de la empresa especializada IRECA para cada zona a reforzar, obteniendo para cada caso la mejor relación cantidad de refuerzo/coste de colocación.

3. Materiales empleados

Entre los materiales empleados para la realización de los trabajos, cabe destacar:

Fibra de carbono laminado LM-10 1,4 mm “cut in”.....	1.656 ml
Fibra de carbono laminado LM-80 1,2 mm.....	645 ml
Fibra de carbono laminado LM-50 1,2 mm.....	225 ml
Fibra de carbono laminado LM-50 1,4 mm.....	145 ml
Fibra de carbono laminado LM-100 1,2 mm.....	85 ml
Fibra de carbono laminado LM-100 1,4 mm.....	81 ml
Fibra de carbono laminado LM-120 1,4 mm.....	76 ml
MBrace Resin 220 (adhesivo).....	340 Kg
MBrace Resin 50 (imprimación).....	50 Kg
Resina epoxi APOGEL.....	200 Kg

4. Puesta en obra del refuerzo

La colocación se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

4.1. Refuerzo por adhesión superficial de laminados.

Se siguieron los procedimientos habituales:

- Preparación de la superficie mediante lijado con disco de diamante
- Aplicación de la imprimación del sistema MBrace Resin 200
- Limpieza del laminado y de la superficie de hormigón.
- Aplicación del adhesivo MBrace resin 220 sobre el laminado y el soporte.
- Ubicación de los laminados y presión contra el soporte.



Imprimación del soporte



Aplicación de adhesivo en laminado



MBrace Resin 220 sobre el hormigón



Colocación de laminado MBrace



Cruce de laminados

4.2. Colocación laminados embebidos en el hormigón. Sistema "CUT IN"

- Replanteo de las zonas a reforzar
- Realización de cortes en el hormigón con sierra de disco (20 mm de profundidad y 3 mm de ancho de corte)
- Limpieza del interior del corte con aire a presión
- Inserción de la fibra de carbono en el interior de los cortes
- Relleno de los cortes con resina epoxi de elevada fluidez APOGEL



Realización de cortes en el hormigón



Limpieza del interior de los cortes con aire a presión

Los cortes en el hormigón se realizaron con una profundidad aproximada de 25 mm, pese a tener que embutir un laminado de sólo 10 mm, para garantizar la entrada del laminado.



Cruce de laminado con "cut in"



Relleno con APOGEL.