

Especificación: ET 401

REFORZAMIENTO CON MATERIALES COMPUESTOS FRP (POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRAS) ADHERIDOS EXTERNAMENTE CON RESINA EPÓXICA

1 ALCANCE

La presente especificación establece las disposiciones generales, los materiales, equipos y procedimientos de ejecución para el trabajo de reforzamiento con materiales compuestos FRP (Polímeros Reforzados con Fibras) adheridos externamente con resina epóxica.

2 DISPOSICIONES GENERALES

2.1 Trabajos incluidos

Proveer todos los materiales, mano de obra, herramientas y equipos para el reforzamiento con materiales compuestos FRP (*Polímeros Reforzados con Fibras*) adheridos externamente con resina polimérica.

2.2 Aseguramiento de Calidad

Calificación del Fabricante: El Fabricante del producto especificado debe tener Certificación de Calidad ISO 9001.

Calificación del Contratista: El Contratista debe ser un aplicador con experiencia en reparación de estructuras, que haya completado un programa de instrucción en el uso del material a emplear.

2.3 Transporte, Almacenamiento y Manipulación

Enviar los productos especificados en envases originales cerrados, con el nombre del fabricante, etiquetas, identificación de los productos y número de fabricación.

3 MATERIALES

3.1 Sistemas Compuestos **FRP** (*Polímeros Reforzados con Fibras*) diseñados para el refuerzo externo adherido de estructuras de concreto, madera y mampostería. Los sistemas pueden ser:

3.1.1 Platinas **CFRP** pultrusionadas, precuradas o preformadas de fibras de carbono (CFRP) adheridas a la estructura como una armadura externa usando resina epóxica.

3.1.2 Tela unidireccional o bidireccional, tejida o no tejida, de fibra de carbono, de vidrio o aramida. El material es saturado en campo (*wet lay up*) usando adhesivo epóxico, para conformar el polímero reforzado con fibras (**FRP**).

3.2 Adhesivo epóxico para la conformación del material compuesto **FRP** y/o para la adherencia del sistema **FRP** al sustrato. El adhesivo debe cumplir los requerimientos de desempeño de adhesivos para refuerzo externo según estándar válido (ejemplo: estándar europeo EN-1504 Parte 4, Pega Estructural; estándar norteamericano ASTM C 881).



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA

EN 1504-4: La temperatura de transición vítrea (T_g) o de deflexión del adhesivo debe ser mínimo 45°C ó 20°C por encima de la máxima temperatura ambiente en servicio, la que sea mayor. El módulo de elasticidad en flexión debe ser mínimo de 2000 MPa. El módulo de elasticidad en compresión debe ser mínimo de 2000 MPa. La resistencia a cortante debe ser mínimo de 12 MPa. El coeficiente de expansión térmica debe ser mínimo de 100×10^{-6} por K. La retracción debe ser menor o igual a 0.1 %. La resistencia de adherencia a tensión (*pull-off*) debe ser mínimo de 14 MPa.

ASTM C-881: El adhesivo debe cumplir los requerimientos como adhesivo estructural tipo IV. La temperatura de deflexión (HDT) debe ser mínimo de 50°C. El módulo de elasticidad en compresión debe ser mínimo 1400 MPa. La resistencia a la compresión a 7 días debe ser mínimo de 70 MPa. La resistencia a la tensión a 7 días debe ser mínimo de 50 MPa. La resistencia de adherencia (plano inclinado) a los 14 días debe ser mínimo de 10 MPa. Elongación a la rotura debe ser mínimo del 1 %. La viscosidad debe ser mínimo 2 Pa.sec. (2000 centipoise). La absorción de agua a las 24 horas debe ser máximo del 1%.

El sistema compuesto FRP está siempre conformado por los materiales 3.1 y 3.2. Propiedades a tensión del compuesto FRP medidas según ASTM D-3039.

Producto Sika recomendado según ET-401, 3.1.1: Platinas Sika CarboDur

Producto Sika recomendado según ET-401, 3.2: Sikadur 30

Producto Sika recomendado según ET-401,3.1.2: SikaWrap 300C, SikaWrap 600C

Producto Sika recomendado según ET-401, 3.2: Sikadur 301

Documentos de referencia:

Ensayos Certificados/Normativa/ Guías de diseño

El sistema FRP debe disponer de reportes de ensayos o certificaciones de instituciones como las relacionadas a continuación u otro ente reconocido localmente:

- Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt, Alemania)
- SOCOTEC (Francia)
- ICC (International Code Council, USA)
- EMPA (Suiza)

El reforzamiento se diseñará con la versión vigente de alguno de los siguientes estándares u otro reconocido localmente:

- ACI 440. 2R-08, Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures (USA).
- International Concrete Repair Institute (ICRI). Guideline No. 03742: Guide for the selection of strengthening systems for concrete structures (USA).
- Fib, Technical Report, bulletin 14: Externally bonded FRP reinforcement for RC



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA

structures (Europa).

- Concrete Society Technical Report No 55, Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials (Reino Unido).

- SIA 166, Klebebewehrungen (Refuerzo adherido), (Suiza).

Para la preparación y aplicación de los productos seguir las instrucciones del fabricante.

4 EQUIPOS

4.1 Herramientas y accesorios

4.1.1 Sistema FRP precurado (platinas Sika CarboDur)

Solvente Limpiador:

Para limpieza de las platinas CFRP antes del pegado, limpieza de las herramientas de aplicación.

4.1.2 Sistema FRP fabricado en sitio (*wet lay up*) tejidos SikaWrap

El adhesivo puede ser aplicado sobre el concreto por aspersión, brocha o rodillo.

En el sistema de aplicación en húmedo (ver punto 5.3) la tela debe ser saturada o impregnada en forma manual o mecánica (equipo de rodillos) utilizando el adhesivo epóxico recomendado.

4.2 Equipo de protección

Cada vez que se aplique el producto se emplearán gafas de seguridad, guantes de protección y ropa de resistencia química.

5 EJECUCIÓN

5.1 Condiciones generales

5.1.1 Condiciones Ambientales

No se aplicarán los adhesivos en presencia de lluvia o con una temperatura del sustrato o el ambiente inferior a 5° C o superior a 30° C. La temperatura ideal está comprendida entre 10 y 20° C. Sin embargo tener en cuenta:

Temperatura del soporte: Ver hoja técnica del producto adhesivo

Temperatura ambiente: Ver hoja técnica del producto adhesivo

Humedad del soporte: Ver hoja técnica del producto adhesivo

Punto de rocío: Ver hoja técnica del producto adhesivo

5.1.2 Precauciones

Deben respetarse todos los procedimientos, limitaciones y precauciones para los productos especificados de acuerdo con folletos y publicaciones técnicas del fabricante. Evitar el contacto con ojos y piel, y la inhalación de vapores. Mantener ventilación adecuada.

5.2 Preparación de la superficie

Planeidad para refuerzo FRP precurado: (Según FIB Bulletin14)

La superficie que se va reforzar tiene que estar nivelada con resaltes y oquedades



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA

menores de 0,5 mm. Se debe comprobar la planeidad y nivelación de la superficie con una regla. Para regla de 2 m, la tolerancia máxima es de 10 mm y para regla de 0,3 m de longitud 4 mm. Las tolerancias serán más restrictivas si la normativa local lo exige. Se debe verificar la resistencia del soporte en todos los casos (concreto, mampostería, piedra natural). La resistencia al arrancamiento del adhesivo sobre la superficie de concreto tratado debe ser mayor de $2,0 \text{ N/mm}^2$, mín. $1,5 \text{ N/mm}^2$. Si estos valores no pueden ser alcanzados, buscar soluciones alternativas. En mampostería de acuerdo con el diseño se pueden aceptar valores menores. El concreto debe tener una edad mínima de 28 días (tener en cuenta la adquisición de resistencias en función de las condiciones ambientales).

Concreto y mampostería

Las superficies deben estar secas, limpias y exentas de lechadas superficiales, hielo, agua estancada, grasas, aceites, tratamientos superficiales o pinturas antiguas y partículas mal adheridas. El concreto debe ser limpiado y preparado hasta obtener una superficie de poro abierto, limpia y sin contaminantes. Para reparar las imperfecciones o defectos superficiales se deben utilizar materiales de reparación estructural tales como mortero epóxico, adhesivo mezclado con la arena de cuarzo. Si el mortero de reparación ha sido aplicado más de dos días antes de la colocación de la platina, la superficie nivelada tiene que ser lijada para asegurar un pegado adecuado entre el mortero epóxico y el adhesivo epóxico (consultar las hojas técnicas de los productos correspondientes).

Madera

Se debe preparar la superficie mediante lijado o chorro de arena. Se debe aspirar la superficie para eliminar el polvo.

Preparación de la platina precurada

Inmediatamente antes de la colocación de la platina limpiar la cara que vaya a ir pegada con solvente limpiador recomendado por el fabricante para eliminar los contaminantes. Esperar a que la superficie se seque antes de aplicar el adhesivo.

Método de limpieza

Para la preparación de la superficie de concreto se recomienda utilizar chorro de arena o cualquier otro procedimiento de limpieza mecánica aprobado, que provea textura rugosa a la superficie conforme al tipo de reforzamiento (flexión, cortante, confinamiento).

Documentos de referencia:

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Report 514, Bonded repair and retrofit of concrete structures using FRP composites. Recommended construction specifications and process control manual. Section II, Chapter 4.

ACI 440. 2R-08, Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures, Chapter 6.

Fib, Technical Report, bulletin 14: Externally bonded FRP reinforcement for RC



structures, Chapter 8.

5.3 Instalación

5.3.1 Sistema FRP precurado (platinas Sika CarboDur)

Mezclado: ver hoja técnica del producto adhesivo

Tiempo de mezclado: ver hoja técnica del producto adhesivo

Colocar la platina CFRP sobre una mesa y limpiar la superficie no serigrafiada con solvente limpiador usando un paño limpio. Aplicar el adhesivo epóxico con una espátula especial de forma curvada sobre la platina CFRP ya limpia. Aplicar el adhesivo epóxico cuidadosamente sobre el soporte con una espátula formando una capa fina. Dentro del tiempo abierto del adhesivo, colocar la platina CFRP sobre la superficie del soporte donde se haya aplicado previamente la resina. Usando un rodillo presionar la platina hasta que el adhesivo sea forzado a salir por ambas caras de la misma. Retire el adhesivo sobrante.

Cruces de platinas / Capas múltiples

Donde haya un cruce de platinas, la primera platina CFRP se debe limpiar con solvente limpiador antes de aplicar el adhesivo y colocar la segunda platina. Si se tiene que colocar más de una platina superpuesta se deben limpiar las dos caras de la platina con solvente limpiador. En estos casos usar el mismo adhesivo epóxico.

Garantía de calidad

Se deben hacer muestras *in situ* para hacer el control de calidad del grado de curado y adquisición de resistencias finales.

Valores estándar medios después del curado a 7 días a 23°C a medir y comparar con los requerimientos o datos del material epóxico:

- Resistencia a compresión
- Resistencia a flexo-tracción

Estos valores pueden variar hasta un 20% dependiendo de las circunstancias. Los factores más importantes que pueden tener influencia en las propiedades mecánicas finales son los siguientes:

- Aire atrapado (del proceso de mezclado o del relleno en el molde).
- Temperatura / tiempo de curado
- Contaminación del adhesivo

5.3.2 Sistema FRP fabricados en sitio (*wet lay up*) tejidos SikaWrap

Aplicación en húmedo (telas gruesas y delgadas):

Antes de la colocación del tejido, la superficie de concreto debe ser imprimada y sellada usando el epóxico. El material puede ser aplicado por aspersión, brocha o rodillo. El FRP debe ser saturado o impregnado en forma manual o mecánica (equipo de rodillos) con un adhesivo epóxico apropiado de acuerdo con la forma de impregnación. En cualquier caso, la instalación debe ser realizada por un aplicador autorizado o personal calificado.

Corte del tejido



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA

El tejido puede ser cortado a la longitud apropiada usando tijeras de tipo industrial o para trabajo pesado. Debe evitarse el uso de cualquier elemento de corte sin filo que pueda debilitar o deshilar la fibra.

Aplicación en seco (telas delgadas):

Aplicar la mezcla de resina epóxica directamente sobre el sustrato a una tasa especificada por el fabricante dependiendo de la rugosidad de la superficie. Colocar cuidadosamente el tejido sobre la resina con guantes de goma y alisar las irregularidades o bolsas de aire usando un rodillo de plástico. Permitir que la resina pase a través de los hilos del tejido. Si se necesita más de una capa de tejido aplicar una capa adicional de adhesivo a la tasa especificada y repetir el proceso anterior. Aplicar una capa final del epóxico sobre la superficie expuesta a la tasa especificada.

Documentos de referencia:

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Report 514, Bonded repair and retrofit of concrete structures using FRP composites. Recommended construction specifications and process control manual. Section II, Chapter 5.

ACI 440. 2R-08, Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures, Chapter 6.

Fib, Technical Report, bulletin 14: Externally bonded FRP reinforcement for RC structures, Chapter 8.

5.4 Condiciones de aplicación / Límites

Un ingeniero con la formación apropiada debe ser el responsable del diseño del reforzamiento.

Los cálculos de diseño deben ser realizados por un ingeniero independiente, debidamente acreditado, siguiendo los lineamientos de estándares de diseño tales como: ACI 440-2R, FIB 14 (ver punto 3, Materiales).

Esta aplicación es estructural por tanto se debe tener especial cuidado en seleccionar, para realizar los trabajos, aplicadores especializados y con experiencia.

Aplicar el sistema FRP dentro del tiempo abierto del adhesivo. El control de calidad "*in situ*" debe ser acreditado por un laboratorio externo autorizado. Se deben tomar precauciones cuando se vayan a cortar las platinas precuradas. Usar ropa protectora, guantes, gafas de protección y máscara de protección respiratoria con filtro.

El sistema FRP debe ser protegido de la acción directa del sol.

El sistema epóxico es barrera de vapor. No se debe encapsular elementos de concreto en zonas donde se presente ciclo de hielo-deshielo.

Se deben observar las instrucciones dadas en la hoja técnica del producto adhesivo.

Protección frente al fuego:



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA

El sistema FRP puede ser protegido frente al fuego si fuera necesario con un material resistente al fuego (mortero Sikacrete 213F).

Recubrimiento:

La parte vista del refuerzo FRP puede ser recubierta con alguno de los siguientes sistemas de acuerdo con el requerimiento de protección del proyecto:

Con un material de recubrimiento tipo epóxico (según ET- 205) o acrílico (según ET- 207) o con un material cementoso o cementoso modificado con polímeros (según ET- 114).

5.5 Limpieza

Limpieza de Herramientas

Limpiar todas las herramientas y el equipo de aplicación con solvente limpiador inmediatamente después de su uso.

Tiempo de vida de mezcla: ver hoja técnica del producto adhesivo

5.6 Control de la aplicación

Cuando el adhesivo haya curado se debe comprobar si han quedado huecos mediante ensayo acústico con golpes con un martillo o mediante ensayo con impulsos termográficos, o si han quedado bolsas de aire. Si se requiere, efectuar las reparaciones correspondientes (NCHRP Report 514).

La resistencia de adherencia a tensión directa debe ser mínimo de 1.5 Mpa con falla del sustrato (ASTM C-1583, ICRI Guideline 03739), medida en un área testigo reforzada.

Documentos de referencia:

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Report 514, Bonded repair and retrofit of concrete structures using FRP composites. Recommended construction specifications and process control manual. Section II, Chapter 6, Section III.

ACI 440. 2R-08, Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures, Chapter 7.

Fib, Technical Report, bulletin 14: Externally bonded FRP reinforcement for RC structures, Chapter 8.

ASTM C-1583 Standard test method for tensile strength of concrete surfaces and bond strength or tensile strength of concrete repair and overlay materials by direct tension (*Pull-off Method*).

INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE (ICRI), Guide 03739, Guide to using in-situ tensile pull-off tests to evaluate bond of concrete surface materials.

5.7 Forma de medición y pago



5.7.1 Unidad de medida

Metro lineal o metro cuadrado de sistema aplicado.

5.7.2 Bases de pago

Metro lineal o metro cuadrado de sistema aplicado. Incluye materiales (fibra y resina), mano de obra.

6 DOCUMENTOS Y ESTÁNDARES DE REFERENCIA

- [1] ACI 546.R-04: Concrete Repair Guide.
- [2] ACI 201.2R-01: Guide to durable concrete.
- [3] ACI 224.1R-93 R (Reapproved 1998): Causes, evaluation and repair of cracks in concrete structures.
- [4] ACI 515.1R-85: A guide to the use of waterproofing, dampproofing, protective and decorative barrier systems for concrete.
- [5] ACI 222R-01: Protection of metals in concrete against corrosion.
- [6] International Concrete Repair Institute (ICRI). Guideline No. 03732: Selecting and specifying concrete surface preparation for sealers, coatings, and polymer overlays.
- [7] International Concrete Repair Institute (ICRI). Guideline No. 03733: Guide for selecting and specifying materials for repair of concrete surfaces.
- [8] International Concrete Repair Institute (ICRI). Guideline No. 03730: Guide for surface preparation for the repair of deteriorated concrete resulting from reinforcing steel corrosion.
- [9] Structural Steel Painting Council (SSPC): Normas específicas referenciadas en el documento.
- [10] International Code Council (ICC) AC 308 Acceptance criteria for post-installed adhesive anchors in concrete elements.
- [11] American Society for Testing and Materials (ASTM) International: Normas específicas referenciadas en el documento.
- [12] International Concrete Repair Institute (ICRI). Documentos específicos referenciados en el documento.
- [13] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb)-Richtlinie. Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Mai 2001. (Reglamento-Comisión Alemana para Concreto Reforzado-DAfStb. Protección y Reparación de Elementos de Concreto).
- [14] European Committee for Standardization (CEN), EN-1504, Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures.

Nota de advertencia:

Las informaciones contenidas en este documento y en cualquier otro asesoramiento dado, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika. La información se aplica únicamente a la (s) aplicación (es) y al (los) producto (s) a los que se hace expresamente referencia y está basada en ensayos/pruebas de laboratorio que no sustituyen a los ensayos/pruebas prácticos/as. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los soportes, etc., o en caso de una aplicación diferente, consulte el Servicio Técnico de Sika previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de ensayar los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA

Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de la Hoja de Técnica del Producto en cuestión, copias de la cual se mandarán a quién las solicite.

Revisión:

