aralia
Desarrollo Industrial SL

Barras Corrugadas

Pol. Ind. la Mezquita, 12600, Castellón
Tel: +34 607 39 47 70
Tel:+34 962 621 112
Correo electrónico: admin@araliadi.com
Página web: araliadi.com

Desarrollo Industrial SL

Barra de refuerzo de polímero reforzado con fibra de vidrio Aralia (GFRP): Barra de refuerzo de fibra de vidrio

Aralia fabrica barras de refuerzo de GFRP combinando el proceso de pultrusión y un proceso de revestimiento en línea para el revestimiento de arena exterior. La barra de refuerzo de GFRP está fabricada en fibras de vidrio de alta resistencia junto con resina de viniléster o epoxi extremadamente duradera. Las fibras de vidrio aportan fuerza a la barra, mientras que la resina de viniléster o epoxi aporta unas excelentes propiedades de resistencia a la corrosión en entornos químicos y alcalinos duros.

Para conseguir unas propiedades mecánicas y de rigidez mejores, también se dispone de un módulo alto de fibra de vidrio con resina epoxi. La barra de refuerzo de GFRP prolonga de manera significativa la vida útil de las estructuras de ingeniería civil, en las que la corrosión es un factor primordial.

Características y ventajas de la barra de refuerzo de GFRP de Aralia:

- **Alta relación fuerza/peso:** proporciona un buen refuerzo en aplicaciones sensibles al peso.
- **Anticorrosión:** no se corroerá al exponerse a una amplia variedad de elementos corrosivos, incluidos los iones de cloruro.
- **No conductiva:** ofrece un excelente aislamiento eléctrico y térmico.
- **Excelente resistencia a la fatiga:** gran rendimiento en situaciones de carga cíclica.
- **Buena resistencia a impactos:** resiste las cargas puntuales repentinas y pesadas.
- **Transparencia magnética:** es inmune a los campos electromagnéticos. Excelente para usar en IRM y otros tipos de instalaciones de ensayo electrónico.
- **Peso ligero:** se transporta y ensambla fácilmente sobre el terreno sin necesidad de usar equipo de elevación pesado.

Aplicaciones de la barra de refuerzo de GFRP de Aralia:

Se han identificado seis categorías generales para las que el refuerzo de FRP (polímero reforzado con fibra) es una alternativa apta para las barras de acero, acero con revestimiento de epoxi y acero inoxidable:

- **Hormigón armado expuesto a sales de deshielo:** las barras de FRP pueden eliminar los problemas de corrosión y reducir los costes de mantenimiento y reparación en climas del norte en los que se usan sales de deshielo cada año en las carreteras y calzadas. Algunas aplicaciones con alta probabilidad de resultar beneficiosas son las estructuras de estacionamiento, los tableros de puente, las barreras New Jersey, los parapetos, los zócalos, los muros de retención y los cimientos, las carreteras y las losas en gradiente, y muchas otras.

- **Estructuras construidas en o cerca de agua marina:** la corrosión del refuerzo de acero es un problema habitual en las estructuras construidas en o cerca de agua marina. Estos son algunos ejemplos de posibles aplicaciones: muelles portuarios, muros de retención, embarcaderos, estructuras de pilotes, pequeños embarcaderos, encofrados, cubiertas, mamparos, estructuras flotantes, canales, carreteras y edificios, plataformas marinas, piscinas y acuarios.
- **Aplicaciones sujetas a otros agentes corrosivos:** las industrias de procesamiento químico de cualquier tipo, así como las aguas residuales de procedencia doméstica o industrial, constituyen las mayores fuentes de corrosión de los refuerzos de acero. Estas son algunas aplicaciones típicas: plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas petroquímicas, plantas de pulpa y papel, plantas de gas líquido, tuberías y tanques para combustibles fósiles, torres de enfriamiento, chimeneas, operaciones mineras de varios tipos, plantas de energía nuclear e instalaciones de vertederos nucleares.
-

- **Aplicaciones que requieren conductividad eléctrica baja o neutralidad electromagnética:** emplear barras de acero en aplicaciones en las que se necesita una conductividad eléctrica baja o neutralidad electromagnética a menudo puede originar estructuras de construcción complejas, si es que dicha utilización es posible. Algunas aplicaciones potenciales son:
  - Plantas de fundición de aluminio/cobre.
  - Bocas de inspección para equipos de comunicaciones eléctricas y telefónicas.
  - Estructuras que soportan equipos electrónicos tales como torres de transmisión para telecomunicaciones, torres de control de aeropuertos, imágenes de resonancia magnética en hospitales, sitios de cruce de vías férreas, y estructuras militares que necesitan invisibilidad ante los radares.
- **Aplicaciones en túneles/perforaciones que requieren refuerzo de estructuras temporales de hormigón:** estructuras como muros de minas, estructuras subterráneas de tránsito rápido y pozos verticales subterráneos.
- **Aplicaciones en estructuras de sensibilidad al peso o de sensibilidad térmica:** construcción de hormigón en zonas de suelos con malas condiciones de carga, ubicaciones geográficas remotas, áreas medioambientales sensibles, cubiertas de patios de apartamentos, viviendas y sótanos de hormigón con aislamiento térmico, pisos y cuartos de acondicionamiento con calefacción térmica, o sitios sísmicos activos que planteen problemas especiales para los que el uso de refuerzos ligeros facilite una solución

Desarrollo Industrial SL

Propiedades de la barra de refuerzo de GFRP de Aralia:

1. Tensión de tracción, diámetro nominal y área de sección transversal, módulo de elasticidad: En unidades imperiales

Tamaños de la barra	Di. nominal (pulgadas)	Á. nominal (pulgadas)(in2)	Resistencia a la tracción garantizada (ksi)	Resistencia a la tracción media (ksi)	Carga de tracción media (klbf)	Módulo de elasticidad de tracción (psi X106)
n.º 2	1/4"	0,049	131	152	7,45	6,53
n.º 3	3/8"	0,11	123	152	16,72	6,53
n.º 4	1/2"	0,196	116	145	28,42	6,53
n.º 5	5/8"	0,307	109	131	40,22	6,53
n.º 6	3/4"	0,442	102	123	54,37	6,53
n.º 7	7/8"	0,601	99	116	69,72	6,53
n.º 8	1"	0,785	94	113	88,71	6,53
n.º 9	1-1/8"	0,994	91	112	111,33	6,53
n.º 10	1-1/4"	1,227	90	110	134,97	6,53
n.º 11	1-3/8"	1,484	87	109	161,76	6,53
n.º 12	1-1/2"	1,766	87	109	192,49	6,53
n.º 13	1-5/8"	2,073	87	109	225,96	6,53

En unidades métricas:

Ítem	Di. nominal(mm)	Á.nominal(mm2)	Resistencia a la tracción garantizada (Mpa)	Resistenc ia a la tracción media (Mpa)	Carga de tracción media(KN)	Módulo de elasticidad de tracción (Gpa)
1	6 mm	28,26	900	1050	29,67	45
2	8 mm	50,24	850	1050	52,75	45
3	10 mm	78,5	850	1000	78,5	45
4	12 mm	113,04	800	1000	113,04	45
5	14 mm	153,86	800	950	146,17	45
6	16 mm	200,96	750	900	180,86	45
7	18 mm	254,34	720	850	216,19	45
8	20 mm	314	690	850	266,9	45
9	22 mm	379,94	680	800	303,95	45
10	25 mm	490,63	650	780	382,69	45
11	28 mm	615,44	630	770	473,89	45
12	30 mm	706,5	620	760	536,94	45
13	32 mm	803,84	620	750	602,88	45
14	36 mm	1017,36	600	750	763,02	45
15	40 mm	1256	600	750	942	45

Nota:

* Las propiedades de tracción y de módulos se miden según ASTM D7205 - 06 (Método de ensayo estándar para las propiedades de tracción de las barras compuestas de matriz de polímero con refuerzo de fibra). El módulo de tracción se mide aproximadamente del 10 % al 50 % de la carga máxima.

** El área utilizada para calcular la resistencia a la tracción es el área de sección transversal nominal.

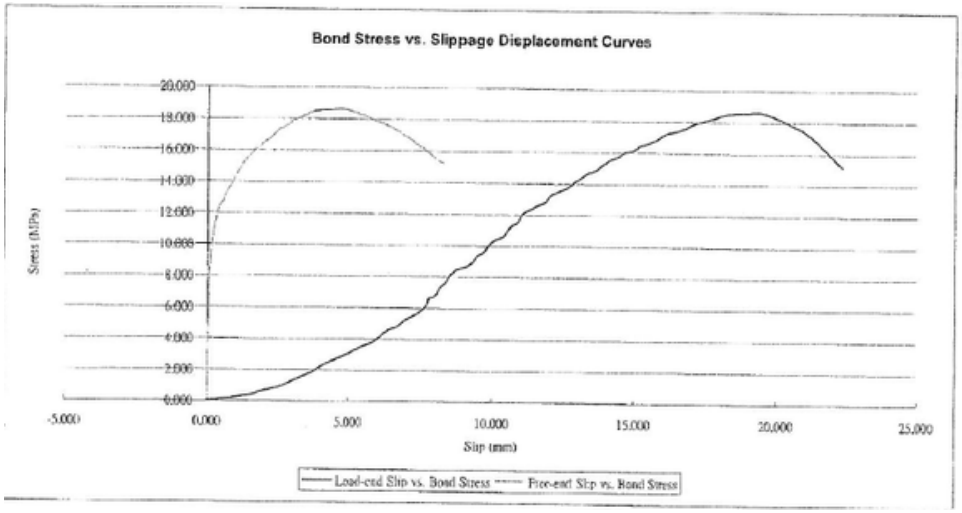
*** La «Resistencia a la tracción garantizada» se define conforme a ACI 440.1R como la resistencia a la tracción media de un lote de producción determinado menos el triple de la desviación estándar.

**** El «Módulo de tracción de elasticidad» se define conforme a ACI 440.1R como el módulo medio de un lote de producción.

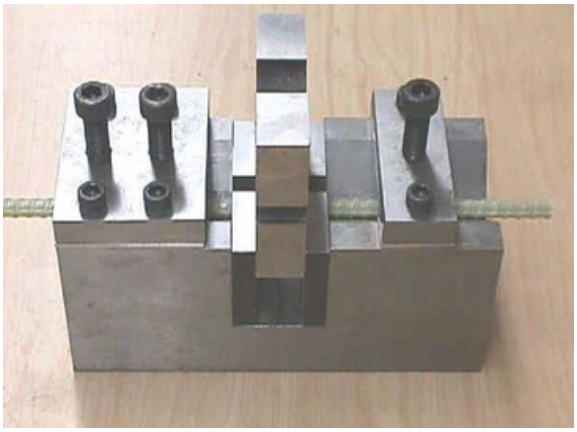
***** Los datos aquí incluidos se consideran representativos de la producción actual y se consideran fiables, y Aralia se reserva el derecho a efectuar mejoras en el producto y/o el proceso que pueda producir mejoras o cambios en varias características físico-mecánicas.

2. Curva típica de esfuerzo/deformación para la barra de refuerzo de GFRP:

3. Curva típica de carga/deslizamiento para la barra de refuerzo de GFRP:



4. Esfuerzo de adhesión: >9,7 Mpa. La resistencia de adhesión real de las barras de refuerzo de GFRP de Aralia es superior a 12,8 Mpa, conforme a ACI440.3R B3. El coeficiente Kb dependiente de la adhesión para las barras de refuerzo de GFRP de Aralia es ... Kb= 0,90.
5. Coeficiente de expansión térmica: dirección transversal 21 - 23 x 10-6 /º C, dirección longitudinal 9,07 x 10-6 /º C.
6. Dureza Barcol: 55 conforme a ASTM D2583.
7. Contenido en fibra de vidrio por peso: mínimo del 70 % conforme a ASTM D2584.
8. Gravedad específica: 1,95-2,05 conforme a ASTM D792.
9. Resistencia al corte: >125 Mpa. Resistencia cortante real medida en barras de 5/8" de diámetro con un dispositivo de ensayo de cizallamiento doble: 152 Mpa, conforme a ACI 440.3R B4.



10. Hueco: para cada serie de fabricación de la barra con refuerzo de GFRP de Aralia se saca una muestra con el fin de detectar roturas longitudinales térmicas o mecánicas y fibras huecas continuas. No se permiten huecos continuos después de 15 minutos de acción capilar. Ensayos efectuados conforme a ASTM D5117.
11. Absorción de la humedad: la susceptibilidad a la absorción de la humedad es un indicador clave de buena durabilidad a largo plazo. Ensayos efectuados conforme a ASTM D570.
Absorción de 24 horas a 122 °F (50 °C) ≤0,25 %, en saturación ≤ 0,75 %

12. Resistencia a la tracción con temperatura fría: en comparación con las propiedades en condiciones ambientales, las temperaturas de -50 °F (-60 °C) tienen un efecto inferior al 5 % en la resistencia a la tracción de la barra.

13. Durabilidad: la durabilidad potencial frente al refuerzo tradicional de acero es una de las ventajas principales de la barra de refuerzo con GFRP. Los investigadores internacionales no creen que, en entornos que tradicionalmente degradarían el refuerzo de acero, estos mismos agentes (soluciones de pH bajo) puedan degradar la calidad de la barra de refuerzo de GFRP. El agua de vertido típica del cemento Portland es muy alcalina, con un pH aproximado de 13. Además, se supone que el agua que hidrata el hormigón crea también una solución de pH elevado que potencialmente podría degradar la barra de refuerzo.

Se han realizado numerosas investigaciones sobre este tema con la conclusión de que un sistema de compuesto adecuadamente, diseñado y fabricado de resina y fibra de vidrio, puede proteger bien las fibras de vidrio contra la degradación. **La barra de refuerzo Aralia está fabricada con una matriz de viniléster o resina epoxi que utiliza fibras de vidrio ECR, con muy buena unión entre la fibra y la resina, de modo que se puede garantizar el rendimiento a largo plazo de las barras de refuerzo de GFRP de Aralia. La resistencia a la tracción retenida de las barras de GFRP de Aralia puede ser superior al 80 % según ACI 440.3R B6 (método de prueba acelerado para la resistencia alcalina de las barras de FRP), cuando se exponen a una solución de pH 12,8 durante 90 días a 140 °F (60 °C), y las propiedades del módulo de tracción normalmente no se ven afectadas por el baño alcalino a temperaturas elevadas. Esto significa que las barras de refuerzo de GFRP de Aralia han alcanzado la durabilidad «D1» de acuerdo con la norma CSA S-807.**

14. Deformación por fluencia lenta: Cuando se someten a una carga constante, todos los materiales estructurales, incluido el acero, pueden fallar repentinamente después de un período de tiempo, un fenómeno conocido como ruptura por fluencia. Las pruebas de fluencia indican que si las tensiones sostenidas se limitan a menos del 60 % de la resistencia a corto plazo, en las barras de GFRP no se produce ruptura por fluencia.

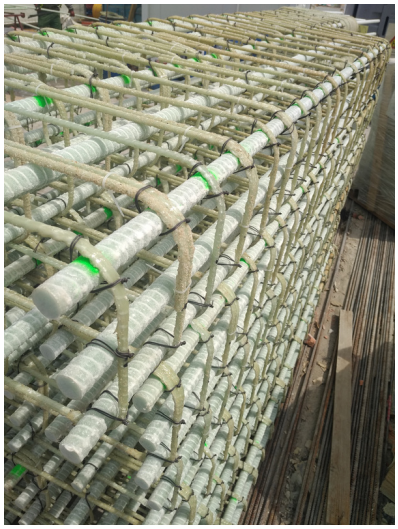
El tiempo de resistencia se ve muy afectado por condiciones ambientales tales como las altas temperaturas, la alcalinidad, los ciclos húmedos y secos, y los ciclos de congelación y descongelación. A medida que aumenta el porcentaje de relación entre la resistencia a la tracción y la resistencia acorto plazo de la barra, disminuye el tiempo de resistencia. Por esta razón, los límites de diseño de las barras de refuerzo de GFRP en los estándares consensuados limitan las cargas sostenidas en las barras de GFRP a niveles muy bajos de utilización.

Estribos, formas y curvas

Las curvas de las barras de refuerzo de GFRP de Aralia se fabrican moldeando un conjunto de moldes o mandriles antes de curar la matriz de resina. No se permite realizar curvas en la obra. Todas las curvas deben hacerse en la fábrica. Todas las barras de refuerzo de GFRP muestran una reducción de la fuerza a través de la parte doblada de la barra de refuerzo, lo cual es reconocido por todas las directrices de diseño de consenso. La investigación ha demostrado que las curvaturas suelen mantener entre el 38 % y el 50 % de la resistencia a la tracción máxima a través del radio.

Aunque la mayoría de las formas de barras de refuerzo de acero estándar están disponibles, hay algunas limitaciones que influyen en el gasto económico derivado del diseño. Las curvas se limitan a formas que continúan en la misma dirección circular. De lo contrario, se necesitan empalmes por superposición.

Generalmente, los pares de barras en forma de U, C o L son más económicos. Las formas en Z o las configuraciones tipo ala de gaviota no son muy asequibles. Una curvatura de 90 grados con extensión de un diámetro de barra de 12 db utilizada para acortar la longitud de desarrollo es tan efectiva como la forma en J, conforme a ACI 440.1R.



La longitud máxima del tramo recto de cualquier curva puede ser de 10 pies (2,5 m), pero sugerimos que sea de menos de 5 pies (1,5 m), mientras sea posible.

De conformidad con ACI 440.6-08: «Especificación para materiales de barras de polímeros reforzados con fibra de carbono y fibra de vidrio para refuerzo de hormigón», el radio de curvatura mínimo puede ser 3 veces el diámetro de la barra de refuerzo, pero sugerimos el siguiente radio para alcanzar un mejor rendimiento en la parte curvada.

De conformidad con ACI 440.6-08: «Especificación para materiales de barras de polímeros reforzados con fibra de carbono y fibra de vidrio para refuerzo de hormigón», el radio de curvatura mínimo puede ser 3 veces el diámetro de la barra de refuerzo, pero sugerimos el siguiente radio para alcanzar un mejor rendimiento en la parte curvada

Tamaño de la barra	**Radio interior de la curva**
n.º 2	2" (50 mm)
n.º 3	2" (50 mm)
n.º 4	2" (50 mm)
n.º 5	3" (76 mm)
n.º 6	3" (76 mm)
n.º 7	4" (100 mm)
n.º 8	4" (100 mm)
n.º 9	4" (100 mm)
n.º 10	4" (100 mm)

Se recomienda trabajar con la fábrica en las primeras etapas de diseño, ya que no todas las curvas y formas estándar están fácilmente disponibles.

Paquete en bobinas y moldeado en la obra de curvas de gran radio:

Debido al bajo módulo de la barra de GFRP de Aralia, es posible empaquetar las barras especialmente pequeñas (por debajo de 12,7 mm) en bobinas con varios cientos de metros por rollo, o bien formar la barra en curvas de gran radio.

Las barras de refuerzo de GFRP se enderezarán de manera natural cuando se desenrolle la bobina.

Cuando la barra de refuerzo toma forma de curvas de gran radio, se produce en ella un esfuerzo de flexión. Un radio menor que los de la siguiente tabla excedería las tensiones sostenidas permitidas a largo plazo. La tabla indica los radios mínimos admitidos para las tensiones de flexión inducidas sin tener en cuenta las cargas estructurales adicionales sostenidas.

Diámetro de la barra de refuerzo			**Uso interior, Ce=0,8,Radio mín.**		**Uso exterior, Ce=0,7,Radio mín.**	
Tamaño	mm	"	mm	"	mm	"
n.º 2	6	1/4"	1150	45	1270	50
n.º 3	10	3/8"	1780	70	2040	80
n.º 4	13	1/2"	2540	100	2930	115
n.º 5	16	5/8"	3310	130	3810	150
n.º 6	19	3/4"	4070	160	4700	185
n.º 7	22	7/8"	5080	200	5720	225
n.º 8	25	1"	6100	240	6860	270
n.º 9	29	1-1/8"	7110	280	8130	320
n.º 10	32	1-1/4"	8890	350	10040	395
n.º 11	35	1-3/8"	10670	420	12070	475
n.º 12	38	1-1/2"	12450	490	14230	560
n.º 13	41	1-5/8"	14740	580	16770	660

Resumen de los códigos y las directrices de las barras de refuerzo de FRP:

El diseñador debe seguir las recomendaciones de la guía de diseño de consenso apropiada.

Estados Unidos: ACI 440.1R "Guía para el diseño y la construcción de hormigón estructural reforzado con barras de FRP"
La guía 440 del American Concrete Institute es un documento fiable y activo que ha sido objeto de varias revisiones desde su primera publicación en el 2001.

Los documentos complementarios a la **guía de diseño 440.1R** incluyen la guía "Métodos de prueba para FRP para refuerzo o refuerzo o fortalecimiento de estructuras de hormigón" de **ACI 440.3R**, cuyo objetivo es servir como documento interno provisional sustituido por los nuevos métodos de ensayo de ASTM a medida que estos se publiquen.

La "Especificación para la construcción con barras de refuerzo de polímero reforzado con fibra" **ACI 440.5** y la "Especificación de materiales de barras de FRP para refuerzo de hormigón" **ACI 440.6** ofrecen orientación sobre el uso y la especificación de las barras de FRP en el idioma obligatorio.

ACI también ofrece una serie de materiales educativos profesionales, y publicaciones y actas especiales que tratan específicamente las barras de refuerzo internas de FRP.

Especificaciones de la guía de diseño de puentes AASHTO LRFD para los tableros de puentes y barandillas de tráfico de hormigón armado de GFRP. Publicado en noviembre del 2009, este documento ofrece orientación sobre el diseño autorizado para la comunidad de diseñadores de puentes sobre cómo adoptar con seguridad barras de FRP en tableros de puentes y barandillas.

Canadá: CSA S-806 Los diseñadores canadienses tienen el lujo de utilizar el documento S806 "**Diseño y construcción de componentes de edificación con polímeros reforzados con fibra**".

CSA S-6 Código canadiense de diseño de puentes de autopistas.
La adopción generalizada de las barras de GFRP en las estructuras de puentes canadienses es posible gracias a este importante documento.

CSA S-807 Especificación para polímeros reforzados con fibra.

Esta especificación ofrece una guía de límites de materiales de formación de las barras de FRP, criterios para la calificación de los sistemas de barras de FRP, informes de control de calidad de los fabricantes y criterios de aceptación de los propietarios. La especificación proporciona un marco que ayudará a los propietarios a precalificar a los proveedores de barras de FRP con el objetivo de participar en licitaciones de grandes proyectos de obras públicas, además de asistir a los fabricantes en la información proporcionada sobre las propiedades específicas y trazables de los lotes de producción y los límites de aceptación.

Europa: grupo de trabajo FIP 9.3, boletín 40 “Refuerzo con FRP en estructuras de hormigón armado”

En Europa, el Grupo de trabajo 9.3 de la Federation Internationale du Beton (FIB) ha publicado un informe técnico, el "Boletín 40", que es un "estado de avance de la técnica" del refuerzo de FRP en estructuras de hormigón armado. Se está trabajando en las disposiciones relativas a las barras de FRP en formato EuroCode 2. Noruega e Italia han publicado códigos internos de diseño para el uso de barras de refuerzo de FRP.

Consideraciones de diseño

El refuerzo compuesto de FRP tiene ventajas de rendimiento frente a otros productos de refuerzo de hormigón. Sin embargo, dado que las propiedades de los productos de refuerzo son diferentes a las del refuerzo de acero, el diseño del hormigón armado con productos de FRP también será diferente en muchos casos. Los ingenieros de diseño deben considerar si será conveniente reforzar el hormigón con barras de FRP, teniendo en cuenta los siguientes puntos básicos en sus diseños:

- **En la mayoría de los casos no es posible la sustitución directa de las barras de FRP en un elemento de hormigón diseñado con barras de acero.**
- **Los módulos inferiores de elasticidad de las barras de refuerzo compuestas limitarán las aplicaciones.**
- **Diferencias de diseño importantes: FRP frente a acero**

Propiedades físicas

- Resistencia a la tracción.
- Fuerza de adhesión al hormigón.

Curva de esfuerzo tensión

- El GFRP es linealmente elástico hasta el fallo. El acero es dúctil.

Propiedades físicas del GFRP frente al acero

- Resistencia a la tracción significativamente mayor que la del acero. Módulo muy inferior al de acero. Fuerza de adhesión al hormigón superior.

Diferencias de diseño para los elementos de hormigón armado con GFRP:

- La deflexión y el ancho de las grietas pueden controlar el diseño.
- El modo de fallo debe ser fallo de compresión del hormigón.
- Factor de reducción de la resistencia o factores de seguridad diferentes.
- El espaciado de las barras de refuerzo y la cubierta pueden ser diferentes.
- Longitud de empalme por superposición diferente.

Tensión de longitud de empalme por suspensión

Aproximadamente diámetros de 40 barras para GFRP frente a diámetros de 30 barras para el acero.

Hay una serie de pautas de diseño consensuadas y autorizadas que el diseñador debe seguir. En general, la metodología de cálculo de las barras de hormigón armado de FRP sigue la del refuerzo de acero, pero teniendo en cuenta la naturaleza elástica lineal o no dúctil del material con diferentes factores de seguridad. Se procura evitar la posibilidad de un modo de fallo de equilibrio en el que pudiera producirse simultáneamente la rotura del hormigón y la rotura de la barra de refuerzo.

El diseñador debe elegir entre el fallo de compresión del hormigón, que es el modo preferido, y la rotura de la barra de refuerzo de FRP con un factor de seguridad superior.

Debido al bajo módulo de elasticidad de las barras de FRP, los problemas de mantenimiento como las deformaciones y los anchos de grieta generalmente rigen el proceso de diseño.

La resistencia a la compresión de las barras de FRP no se tiene en cuenta en los cálculos de diseño.

Aunque las barras de FRP en sí no son dúctiles, una sección de hormigón armado de FRP se caracteriza por una gran deformabilidad, es decir, las deformaciones significativas y los anchos de fisura son una advertencia de fallo pendiente de la sección.

Aralia solo garantiza el rendimiento de su material para cumplir con los requisitos mínimosde calidad final descritos. Para diseñar y
construir estructuras reforzadas de hormigón es necesario emplear personal de ingeniería competente y con experiencia.

Manipulación y colocación

Siga las directrices de ACI440.5-08 “Especificación para construcción con barras de FRP”.

En general, la manipulación y colocación en campo es igual que la de las barras de acero con epoxi o galvanizadas.
Sellar los extremos de las barras de FRP no es necesario.

NO corte las barras de FRP. Cuando sea necesario cortar las barras de FRP en la obra, utilice una sierra de disco fina, una amoladora, un disco de carborundo o un disco de diamante.

Se requieren sillas de apoyo a dos tercios de la distancia de la barra de refuerzo de acero.

El alambre para atar recubierto de plástico es la opción preferida para la mayoría de los proyectos. Cuando el refuerzo sea completamente no ferroso, es decir, cuando no se requiera acero en el hormigón, se recomienda usar abrazaderas de nylon (disponibles en los centros locales de materiales de construcción) o los clips de barra de plástico.

Se debe procurar fijar adecuadamente el GFRP en el encofrado. Las barras de refuerzo de GFRP deben «flotar» durante la vibración debido a su bajo peso, especialmente en aplicaciones prefabricadas.

Almacenaje Manténgase protegido de la luz solar directa.