ARTÍCULO TÉCNICO
Refuerzo a flexión por el sistema NSM (Near Surface Mounted)

ABRIL/2017 / VERSION 1 / SIKA, S.A.U. / RAMÓN MARTÍNEZ

DEPARTAMENTO TÉCNICO

BUILDING TRUST

ÍNDICE

1	ALCANCE	3
2	INTRODUCCIÓN	3
3	MODOS DE FALLO	3
4	DIMENSIONES DE LA RANURA Y LIMITACIONES GEOMÉTRICAS	4
5	DISEÑO DE SOLUCIONES DE REFUERZO A FLEXIÓN BASADAS EN LOS SISTEMAS NSM	6
7	NOTAS LEGALES	14

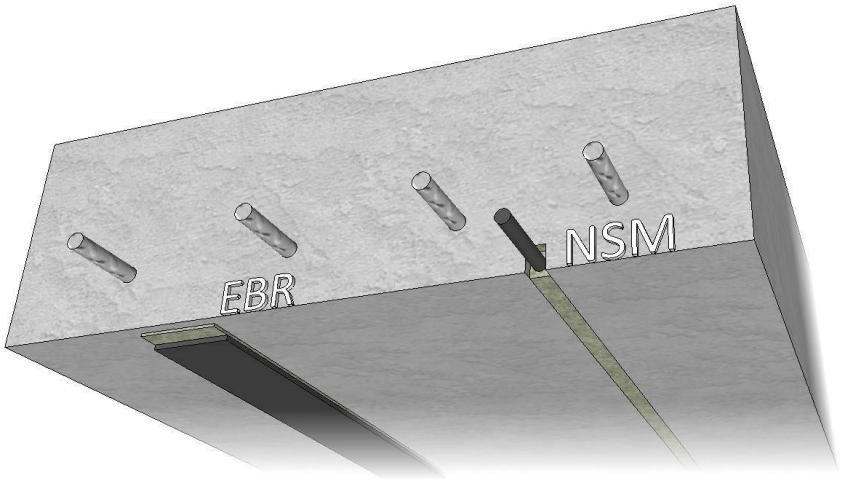
1 ALCANCE

El diseño de sistemas CFRP basados en Near Surface Mounted (Ejecutado Cerca de la Superficie) conlleva beneficios significativos en comparación con las alternativas basadas en soldaduras o mediante adhesión externa.

Sin embargo, el diseño de los métodos de refuerzo basados en NSM sigue procedimientos diferentes a los de los laminados adheridos externamente. Estos métodos están todavía implementados completamente en algunas guías de diseño actuales, excepto las más recientes.

2 INTRODUCCIÓN

A diferencia del EBR (Externally Bonded Reinforcement, Refuerzo Externamente Adherido), donde los laminados están adheridos al hormigón, las soluciones NSM se basan en el uso de pequeños elementos de refuerzo colocados en el interior de unas ranuras llevadas a cabo a lo largo de la superficie del elemento de hormigón.



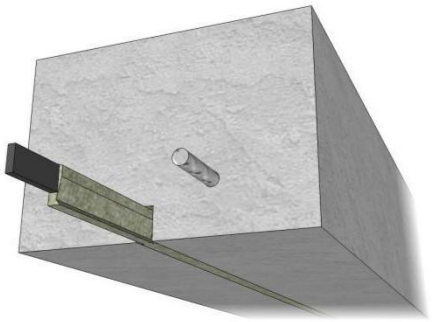
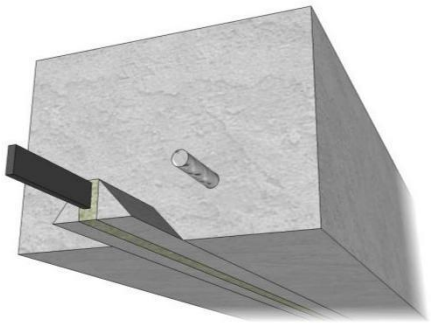
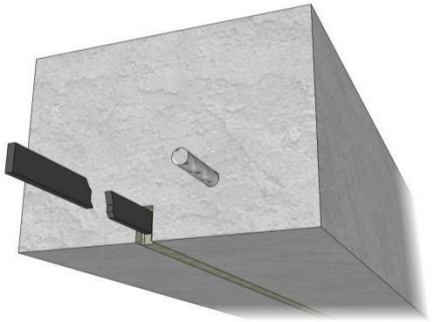
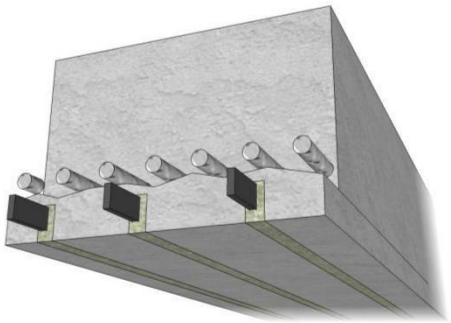
Esta disposición conlleva beneficios adicionales, como por ejemplo:

- Adhesión mejorada entre el CFRP y el elemento original, debido al aumento del área de contacto. Esto permite aumentar la deformación efectiva del compuesto, comparada con soluciones simplemente adheridas.
- Además, la longitud de anclaje necesaria puede ser reducida. Por lo tanto, las soluciones NSM son más fáciles de usar en el caso de elementos con resistencia limitada y / o presencia significativa de grietas.
- El CFRP está protegido mecánicamente por su camisa dentro del hormigón.
- El riesgo de pandeo se reduce debido al confinamiento del CFRP. Esto permite que el compuesto funcione accidentalmente bajo compresiones moderadas (por ejemplo, aceleraciones sísmicas).
- Los sistemas NSM pueden instalarse incluso en aquellos casos en que la superficie del elemento original tenga mala planeidad, o haya una fina capa de lechada de mala calidad cerca de la superficie.

3 MODOS DE FALLO

- Rotura/despegue del adhesivo generalmente asociada a una capa adhesiva demasiado grande. La rotura se espera en la capa adhesiva que rodea la barra.
- Rotura del hormigón, que suele ocurrir cuando la resistencia del hormigón circundante es inferior a la del adhesivo.

- Rotura por tracción del FRP, donde la capacidad de unión del adhesivo es alta en relación con la resistencia del perfil FRP.
- Separación del recubrimiento del hormigón, debido a la rotura del hormigón a la altura de las barras de refuerzo.

Rotura/despegue del adhesivo	Rotura del hormigón
	
Rotura por tracción del FRP	**Separación del recubrimiento del hormigón**
	

4 DIMENSIONES DE LA RANURA Y LIMITACIONES GEOMÉTRICAS

Muchos de los fallos anteriores están claramente relacionados con las dimensiones de las ranuras y su separación. Debido a esto, los procedimientos para el diseño de soluciones con NSM también deben seguir ciertas reglas relativas a limitaciones geométricas.

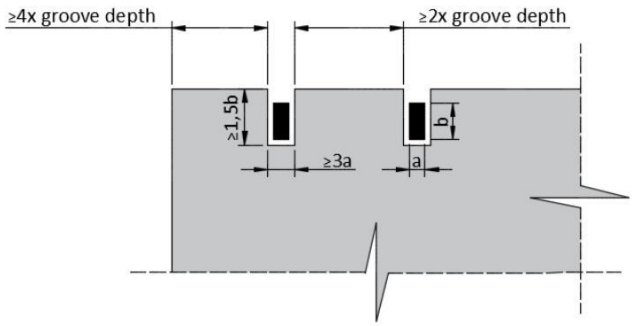
Esas limitaciones tienen en cuenta:

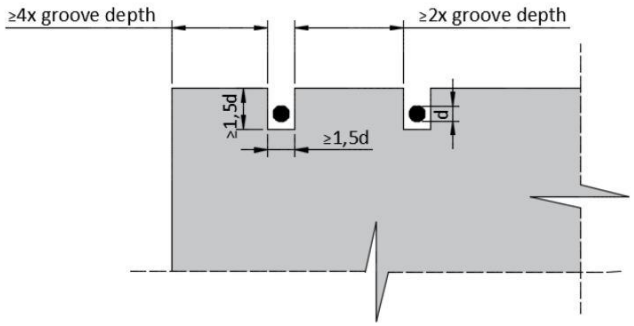
- La profundidad mínima de las ranuras.
- Los anchos mínimos y máximos de las ranuras.
- Separación mínima entre perfiles CFRP consecutivos.
- La distancia mínima al borde de la viga de hormigón armado.

Dos de las principales normativas que comprenden esos parámetros son:

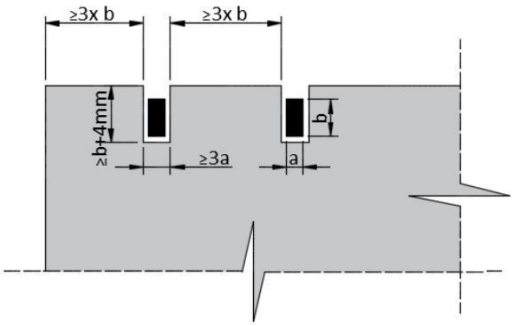
- ACI440.2R-08 (2008), *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*, reported by the committee 440 of the American Concrete Institute.
- Technical Report No.55 (2012). *Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials*, reported by the Concrete Society.

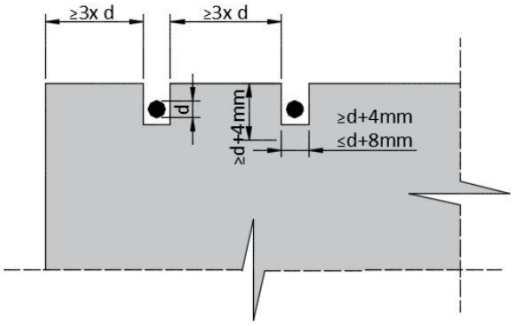
ACI 440.2R-08





Concrete Society TR55 2012





Aparte de estas normativas, existe más información sobre el dimensionamiento de las ranuras y que se detalla en el Método de aplicación Sika NSM. A continuación se ponen, como ejmplo, las dimensiones de las ranuras de algunos de los productos Sika que se utilizan para NSM:

DIMENSIONES DE LA RANURA (anchura x profundidad)	ACI 440.2R-08	CONCRETE SOCIETY TR55-2012	SIKA NSM MÉTODO DE APLICACIÓN v2.1
Carbodur® BC6	≥(9mm x 9mm)	(10mm-14mm) x (≥10mm)	9mm x 9mm
Carbodur® BC8	≥(12mm x 12mm)	(12mm-16mm) x (≥12mm)	11mm x 11mm
Carbodur® BC10	≥(15mm x 15mm)	(14mm-18mm) x (≥14mm)	13mm x 13mm
Carbodur® BC12	≥(18mm x 18mm)	(22mm-26mm) x (≥22mm)	15mm x 15mm
Carbodur® S1.030	≥(9mm x 15mm)	(7mm-11mm) x (≥14mm)	(6mm-8mm) x 15mm
Carbodur® S1.525	≥(7.5mm x 22.5mm)	(6.5mm-10.5mm) x (≥19mm)	(6mm-8mm) x 20mm
Carbodur® S2.025	≥(7.5mmx30mm)	(6.5mm-10.5mm) x (≥24mm)	(6mm-8mm) x 25mm
SikaWrap® FX-50C	-	-	≥(15mm x 15mm)

Téngase en cuenta que las dimensiones recomendadas y sus tolerancias pueden variar significativamente de acuerdo con la guía utilizada para el diseño.

5 DISEÑO DE SOLUCIONES DE REFUERZO A FLEXIÓN BASADAS EN LOS SISTEMAS NSM

Como se indica anteriormente, las soluciones NSM no suelen aparecer en muchas de las normativas existentes (por ejemplo, el boletín 14 de FIB), ya que la elaboración de técnicas de diseño NSM aún estaba en desarrollo en el momento de redactar dichos documentos.

Sin embargo, las guías más recientes incluyen el uso de NSM como una solución para el refuerzo a flexión. En algunos casos (por ejemplo, TR55 2012), las soluciones NSM son igualmente consideradas para aplicaciones alternativas, tales como refuerzo a cortante para vigas de hormigón armado.

En el presente documento consideraremos los diferentes enfoques que corresponden a las directrices más comunes: el británico TR55 (2012) y el estadounidense ACI440.2R-08 (2008).

5.1 ENFOQUE ACI 440.2R-08

La guía ACI incluye un método simplificado para el cálculo del refuerzo de flexión mediante sistemas NSM. El cálculo comprende 2 pasos:

- Determinación de la deformación efectiva del perfil FRP (ε_{fe}).
- Determinación de la longitud de desarrollo necesaria (l_{db}).

Téngase en cuenta que este método simplificado puede resultar excesivamente simple o indefinido en algunos casos

5.1.1 DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN EFECTIVA DEL PERFIL DEL FRP (E_{FE})

La deformación efectiva de la barra / laminado NSM (ε_{fe}) se puede determinar por medio de procedimientos habituales, estableciendo el equilibrio de fuerzas internas y la compatibilidad de deformación de la sección reforzada (algunas ecuaciones simplificadas para secciones rectangulares se pueden encontrar en la ACI440.2R-08 , Sección 10.2.10).

El momento de flexión máximo a asumir por la sección puede quedar limitado ya sea por el aplastamiento del hormigón bajo compresión o por la deformación intermedia del NSM.

La deformación de la barra NSM se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$\varepsilon_{fd} = 0.7\varepsilon_{fu}$$

(ACI 440.2R-08, sección 10.1.1)

ε_{fu} es la tensión de rotura de diseño del perfil CFRP, y se puede determinar de la siguiente manera:

$$\varepsilon_{fu} = C_E \cdot \varepsilon^*_{fu}$$

(ACI 440.2R-08, ecuación 9-4)

ε^*_{fu} es la máxima tensión admisible antes de la rotura del perfil CFRP como se indica en la Hoja de datos de Produto, y C_E es el factor de reducción ambiental según las condiciones de exposición (tabla 9.1 del ACI440.2R-08):

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	FACTOR DE REDUCCIÓN AMBIENTAL C_E
Exposición interior	***0.95***
Exposición exterior (Puentes, muelles, aparcamientos sin cerramientos)	**0.85**
Ambiente agresivo (Plantas químicas, plantas de tratamiento de aguas residuales)	**0.85**

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

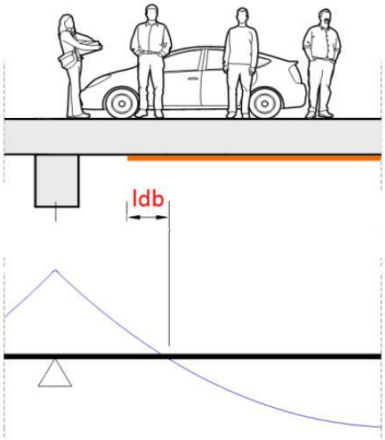
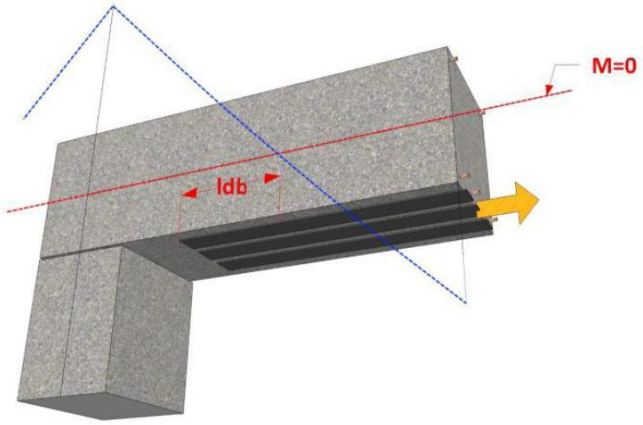
- El valor de deformación de desprendimiento (ε_{fd}) determina la deformación máxima admisible que se puede utilizar para el cálculo de la deformación efectiva del NSM CFRP (ε_{fe}) al final, de acuerdo con el equilibrio de las fuerzas internas y la compatibilidad de deformaciones en la sección de hormigón armado, como se indica en ACI 440.2R-08, 10.2).
- La resistencia máxima de la sección puede ser limitada por la compresión del hormigón, que se limita a una deformación de 0,3% (ACI 318) o 0,35% (Eurocódigo 2). En este caso, la deformación efectiva en el CFRP (ε_{fe}) cuando la sección alcanza su resistencia final será menor que el valor de deformación de admisible máximo (ε_{fd}).

- La Guía ACI440.2R-08 indica que se debe utilizar un factor de seguridad adicional (ψ_f = 0,85) para tener en cuenta la contribución CFRP al momento de flexión final de la sección. Por lo tanto, el momento generado por el CFRP se determina como 0,85 x ε_{fe} x (CFRP módulo E) x (CFRP sección transversal) x (CFRP brazo de palanca).

5.1.2 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE ANCLAJE NECESARIA (L_{DB})

Las tensiones desarrolladas en el extremo de la barra NSM también pueden conducir al despegue del tramo final de CFRP. Para evitar este fallo, la directiva ACI440.2R-08 recomienda el uso de un método simplificado para las soluciones EBR o NSM.

Para vigas simplemente apoyadas, el laminado CFRP debe incrementarse al menos una distancia l_{db} igual a la "sección crítica". La determinación de esta sección crítica es diferente en el caso de vigas simplemente apoyadas o vigas continúas.

Vigas continuas	**El laminado / varilla NSM debe alargarse al menos una distancia igual a l_{db} más allá del PUNTO DE INFLEXIÓN (punto del momento cero para la resultante de cargas mayoradas)**
	

La longitud de desarrollo proporcionará la capacidad de anclaje suficiente para conseguir resistir la fuerza correspondiente a la tensión de diseño de la barra NSM (f_{fd}), calculada como:

$$f_{fd} = E_f \cdot \varepsilon_{fd}$$

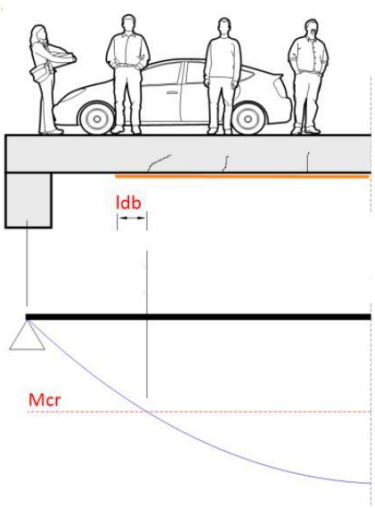
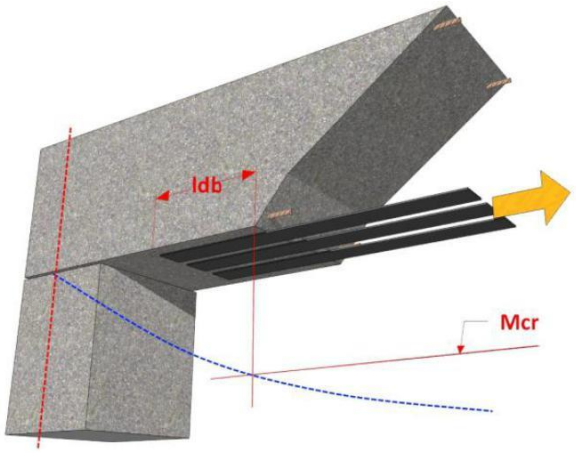
donde E_f corresponde al módulo de elasticidad de tracción de la barra NSM.

La longitud de anclaje se determina de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$l_{db} = \frac{d_b}{4\tau_b} f_{fd}$$ Barra circular *(ACI 440.2R-08, ecuación 13-3)*

$$l_{db} = \frac{a_b b_b}{2(a_b + b_b)\tau_b} f_{fd}$$ Barra rectangular *(ACI 440.2R-08, ecuación 13-4)*

Donde $\mathbf{d_b}$ es el diámetro de la barra NSM, $\mathbf{a_b}$ y $\mathbf{b_b}$ corresponden a las dimensiones de la laminado NSM respectivamente, y $\boldsymbol{\tau_b}$ es la resistencia media de unión para los perfiles NSM (= 6.90Mpa como se indica en ACI 440.2R-08, sección 13.3).

Viga Biapoyada	La barra/ laminado NSM debe extenderse al menos una distancia igual a l_{db} más allá del punto del intervalo correspondiente al MOMENTO DE ROTURA.
	

5.2 ENFOQUE CONCRETE SOCIETY TR-55 (2012)

La deformación efectiva de la barra / laminado NSM (ε_{fe}) correspondiente al estado último de la sección bajo felxión, puede determinarse por medio de los procedimientos habituales, estableciendo el equilibrio de las fuerzas internas o mediante la compatibilidad de deformación de la sección reforzada. Esta tensión efectiva estará limitada por:

- La rotura a compresión del hormigón.
- La máxima tensión de diseño para la barra NSM (ε_{fd}).
- Las diferentes posibilidades de fallo, como se indica a continuación.

Téngase en cuenta que la directiva TR55 incluye varios factores de reducción a tener en cuenta, relacionados con el tipo de fibra, el tipo de laminado y el método de aplicación.

Esos factores de reducción no limitan simplemente la tensión y la deformación durante el estado últimos del laminado (como suele ocurrir en la mayoría de las directrices existentes), sino que también modifican el módulo de tracción E de la barra NSM.

La tensión final de diseño para una barra NSM embebida (Barras Carbodur® BC o laminados Carbodur® para aplicaciones NSM) puede obtenerse a partir de su tensión última (ε_{fk}), de la siguiente manera:

$$\varepsilon_{fd} = \frac{\varepsilon_{fk}}{1.25 \cdot 1.05} = \frac{\varepsilon_{fk}}{1.3125}$$

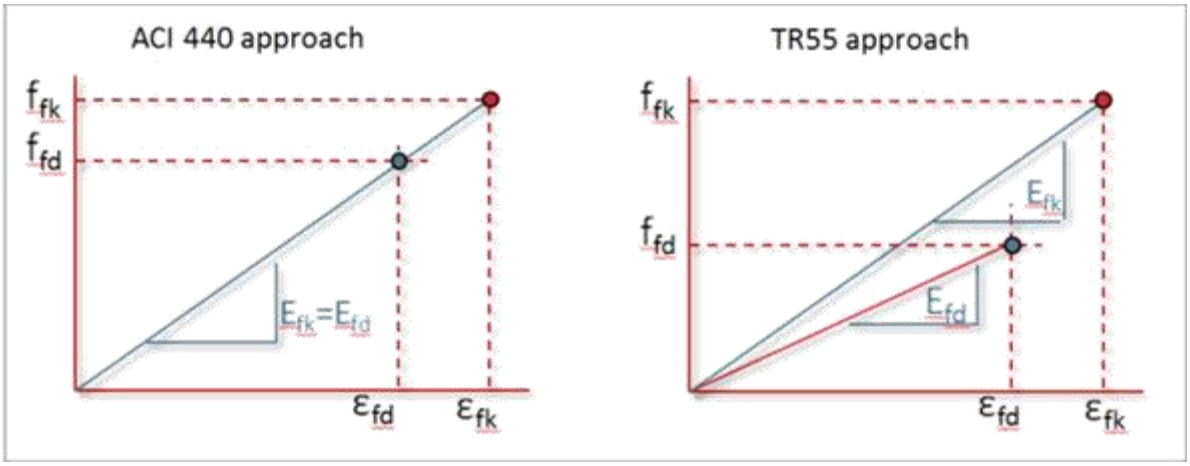
(TR55, ecuación 5.5 y 5.6)

De la misma manera, el módulo E de diseño para una barra NSM embebida se puede determinar a partir del módulo de elasticidad característico ($\mathbf{E_{fk}}$):

$$E_{fd} = \frac{E_{fk}}{1.1 \cdot 1.05} = \frac{E_{fk}}{1.155}$$

(TR55, ecuación 5.3 y 5.4)

Ambas reducciones implican una modificación significativa en el comportamiento tensión-deformación para CFRP:



Ejemplos de Productos para NSM	Modulo E característico	Deformación última	Módulo E característico	Deformación de diseño
	E_{fk}	ε_{fk}	E_{fd}	ε_{fd}
Carbodur® BC6(1)	148GPa (media)	>1.70%	128GPa	1.30%
Carbodur® BC8(1)	148GPa (media)	>1.70%	128GPa	1.30%
Carbodur® BC10(1)	148GPa (media)	>1.70%	128GPa	1.30%
Carbodur® BC12(1)	148GPa (media)	>1.70%	128GPa	1.30%
Carbodur® S1.030	162GPa	>1.70%	140GPa	1.30%
Carbodur® S1.525	162GPa	>1.70%	140GPa	1.30%
Carbodur® S2.025	162GPa	>1.70%	140GPa	1.30%
SikaWrap® FX-50C(2)	229GPa (fibra seca) (3)	>0.90% (laminado) (4)	173GPa(5)	0.60%(6)

1. Módulo E medio usado para el ejemplo
2. Sistema NSM basado en SikaWrap FX-50C
3. Módulo E Característico basado en la sección de fibra seca
4. Elongación máxima característica basado en laminado (cordón impregnado)
5. Aumento de los factores de reducción debido a la naturaleza del método de refuerzo (sistema de aplicación húmeda)
6. Aumento de los factores de reducción debido a la naturaleza del método de refuerzo (sistema de aplicación húmeda)

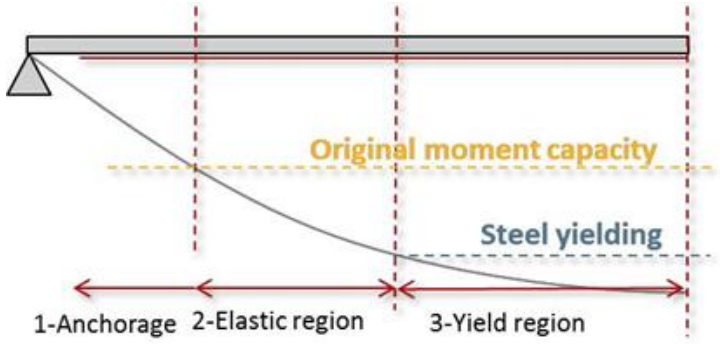
A diferencia del ACI-440.2R-08, la guía TR55 sigue un proceso exhaustivo, que evalúa las diferentes posibilidades de fallo. Dichos cálculos comprenden las siguientes etapas:

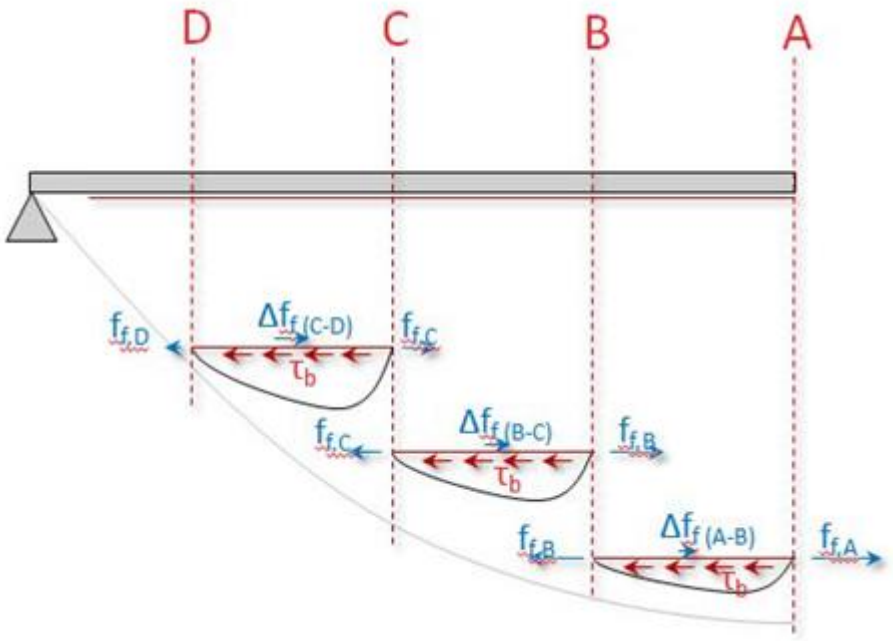
- Verificación del fallo de separación NSM debido al esfuerzo cortante longitudinal en la zona de aplicación (fallo del hormigón)
- Verificación del fallo de separación NSM debido al esfuerzo cortante longitudinal en la zona de aplicación (fallo adhesivo)
- Verificación de la longitud del anclaje final (rotura del hormigón)
- Verificación de la longitud del anclaje final (fallo en la capa adhesiva)
- Verificación de la longitud del anclaje final (separación del recubrimiento de hormigón)

5.2.1 VERIFICACIÓN DEL FALLO DE LA SEPARACIÓN DE NSM POR CORTANTE LONGITUDINAL (FALLO DEL HORMIGÓN)

El esfuerzo cortante es directamente proporcional al cambio de la tensión axial en el FRP. En las zonas elásticas, el aumento de momento a lo largo de la viga reforzada es compartido por el NSM y el acero longitudinal, por lo que el gradiente axial a lo largo del NSM (y por lo tanto el esfuerzo cortante longitudinal) puede ser bajo o moderado. Sin embargo, la distribución de la flexión en esta zona muestra una curvatura significativa; Por lo tanto, la diferencia en el momento de flexión entre secciones puede ser importante.

Sin embargo, a lo largo de la zona de rendimiento, el acero ha perdido su capacidad para soportar cargas mayores en respuesta al momento creciente a lo largo del tramo. Así, incluso cuando la distribución del momento de flexión mostrará pequeñas diferencias entre secciones consecutivas (espaciadas a una distancia Δ), el nuevo momento, superior al original, a lo largo de esta zona será soportado casi exclusivamente por el NSM ubicado en el lado de tensión de la viga.

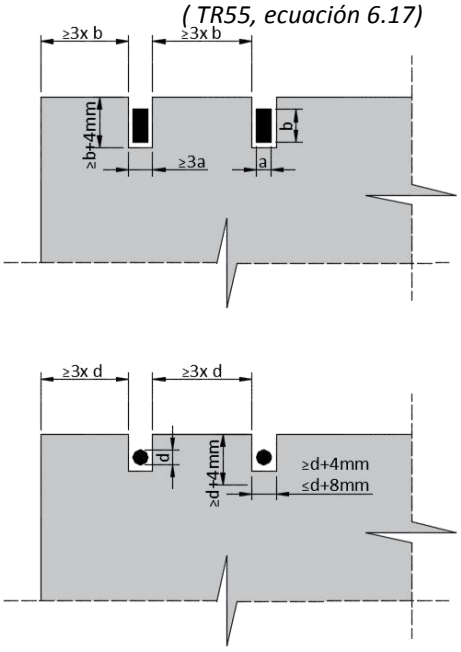




El esfuerzo cortante longitudinal creado sobre la capa de hormigón entre 2 secciones se puede describir como:

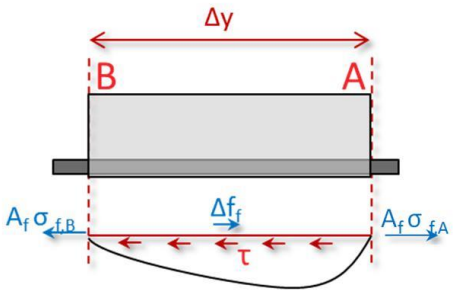
$$\tau_{con} = \frac{A_f}{b_{notchperim}} \left(\frac{\Delta\sigma_f}{\Delta_y}\right)$$

(TR55, ecuación 6.17)



Donde:

τ_{con} Es el esfuerzo cortante longitudinal en la interfase adhesivo-hormigón
A_f es el área del refuerzo NSM.
Δ_Y es la longitud (corta) a lo largo de la viga
$\Delta\sigma f$ es el cambio en la tensión en el refuerzo NSM a lo largo de la longitud Δ_y
$b_{nochperim}$ es el perímetro efectivo de la ranura, normalmente
1x ancho mínimo más 1 profundidad mínima
(sólo se cuenta la mitad de cada lado de la ranura).



El valor de Δy utilizado debe elegirse de manera que se genere el perfil de cortante dentro de la zona de influencia, lo que permite identificar la tensión de cortante máxima. La tensión correspondiente al NSM debe calcularse en las distintas secciones mediante procedimientos habituales (equilibrio de fuerzas y compatibilidad de deformaciones entre los diferentes materiales), teniendo en cuenta las tensiones originales en la sección en el momento de la instalación del NSM.

La tensión de cortante máxima calculada no debe exceder el valor límite:

$$\tau_{lim,c} = 0.8\frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 0.8\frac{(0.7\,f_{ctm})}{\gamma_c} = 0.8\frac{0.7\left(0.30\,f_{ck}^{\frac{2}{3}}\right)}{\gamma_c}$$

(TR55, ecuación 6.18 y EN 1992, tabla 3.1)

dónde:

- f_{ck} es la resistencia característica a la compresión del hormigón (probeta cilíndrica)

- γ_c es el factor de seguridad del material para el hormigón (1.5 habitualmente).

5.2.2 VERIFICACIÓN DEL FALLO DE SEPARACIÓN DE NSM POR EL INCREMENTO DE CORTANTE LONGITUDINAL EN LA ZONA DE INLFLUENCIA (FALLO ADHESIVO)

$$\tau_{ad} = \frac{A_f}{b_{barperim}} \left(\frac{\Delta\sigma_f}{\Delta_y}\right)$$

(TR55, ecuación 6.17)

Esta tensión de cortante calculada debe ser menor que el valor límite dado por:

$$\tau_{ad,lim} = 0.8\frac{f_{at}}{\gamma_c}$$

(TR55, ecuación 6.19)

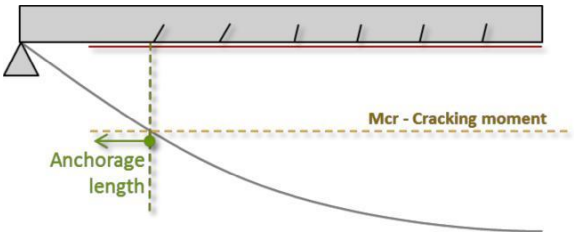
Dónde:
$\mathbf{b_{barperim}}$ corresponde al perímetro de la barra / laminado NSM
$\boldsymbol{f_{at}}$ es el valor característico de diseño del adhesivo (que puede tomarse como la resistencia a la tracción como se indica en el PDS del adhesivo dividido por 1,20)

5.2.3 VERIFICACIÓN DEL ANCLAJE FINAL (ROTURA DEL HORMIGÓN)

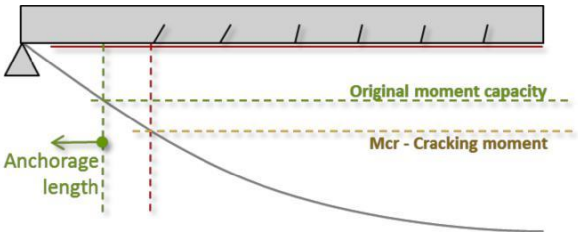
Además de mantener bajas las tensiones debidas al esfuerzo cortante, se debe proporcionar un anclaje final NSM adecuado.

El diseño del anclaje debe llevarse a cabo determinando el punto del tramo donde ya no se requiere el NSM. Este concepto difiere de ACI440.2R-08, donde la sección crítica para el anclaje corresponde al punto a lo largo del tramo correspondiente al momento de fisuración (vigas simplemente apoyadas) o al punto de momento cero (vigas continuas).

Aproximación ACI 440.2R-08.



Aproximación TR 55 (2012)



Para evitar un fallo de agrietamiento en el hormigón, la fuerza de anclaje final, $\mathbf{T_{nsm,\,máx}}$ y su correspondiente longitud máxima de anclaje, se determinan de la siguiente manera:

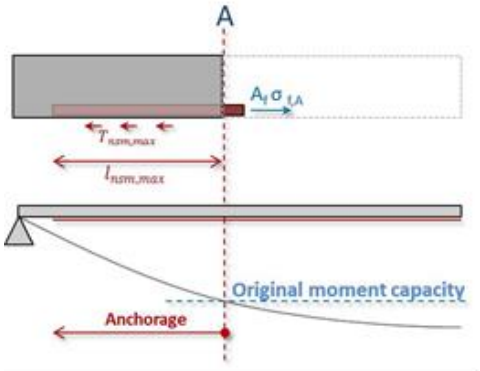
$$T_{nsm,max} = 10 \cdot b_{notchperim}\sqrt{E_{fd}A_f f_{ctk}} = 10 \cdot b_{notchperim}\sqrt{E_{fd}A_f\ 0.7\left(0.30\, f_{ck}^{\frac{2}{3}}\right)}$$

(TR55, ecuación 6.21)

$$l_{nsm,max} = 0.135\, b_{notchperim}\sqrt{\frac{E_{fd}A_f}{f_{ctk}}} = \sqrt{\frac{E_{fd}A_f}{0.7\left(0.30\, f_{ck}^{\frac{2}{3}}\right)}}$$

(TR55, ecuación 6.22)

Debe comprobarse que la fuerza desarrollada por el NSM en la sección donde el NSM ya no es necesario (f_f=A_f σ_f) no excede el máximo $\boldsymbol{T_{nsm,ax}}$



El nivel de tensión en el NSM debe calcularse por medio de los procedimientos habituales (compatibilidad de deformaciones y equilibrio de fuerzas en la sección), teniendo en cuenta la deformación inicial de la sección cuando se incorpora el NSM.

En algunos casos, la longitud máxima de anclaje no es posible o necesaria (l_{nsm}<$l_{nsm,max}$). La fuerza de anclaje $\boldsymbol{T_{nsm}}$ desarrollada por una longitud más corta l_{nsm} puede ser evaluada como:

$$T_{nsm} = T_{nsm,\max}\frac{l_{nsm}}{l_{nsm,max}}\left(2 - \frac{l_{nsm}}{l_{nsm,max}}\right)$$

(TR55, ecuación 6.23)

5.2.4 VERIFICACIÓN DE LA LONGITUD DEL ANCLAJE (FALLO EN LA CAPA ADHESIVA)

Para evitar fallos en el adhesivo debe comprobarse que la fuerza ejercida por el NSM (f_f = A_f σ_f) no excede la capacidad mecánica del adhesivo en el anclaje, como sigue:

(TR55, ecuación 6.24)

$$A_f\ \sigma_f \le T_{nsm,ad} = 0.3\, f_{at}\, b_{barperim}\, l_{nsm}$$

Af

5.2.5 VERIFICACIÓN DE LA LONGITUD DEL ANCLAJE (SEPARACIÓN DEL RECUBRIMIENTO DEL HORMIGÓN)

Para terminar, para evitar la separación del recubrimiento de hormigón, la fuerza a soportar se calcula como:

$$A_f\,\sigma_f \le T_{nsm,lim} = 38\sqrt{\frac{b}{n_{nsm}}\left(E_{fd}A_f f_{ctk}\right)} = 38\sqrt{\frac{b}{n_{nsm}}\left(E_{fd}A_f\ 0.7\left(0.30\,f_{ck}^{\frac{2}{3}}\right)\right)}$$

(TR55, ecuación 6.2)

Donde *b* es la anchura de la sección de hormigón en la ubicación de los perfiles NSM, y n_{nsm} corresponde al número de barras NSM proporcionadas.

En el caso de las losas, el término $\frac{b}{n_{nsm}}$ será reemplazado por la separación entre centros de barras NSM consecutivas.

6 OBSERVACIONES

Para mayor información, póngase en contacto con David Vázquez.

7 NOTAS LEGALES

Las informaciones contenidas en este documento 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, dentro de su vida útil, de acuerdo con 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. 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 Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

8 PALABRAS CLAVE

NSM, refuerzo, flexión, SikaWrap FX-50C, CFRP.

Sika, S.A.U.
TM Refurbishment
C/ Aragoneses, 17
28108, Alcobendas
España
www.sika.es

Documento realizado por:
Ramón Martínez
Teléfono: 916621818
Fax: 916621938
Mail: info@es.sik.com