

Rinforzo a TAGLIO di una trave con FRP**Normativa di riferimento:**

NTC2018 - D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Circolare n.7 del 21/1/2019 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC

CNR-DT200 R1/2013 - Consolidamento statico mediante compositi fibrorinforzati

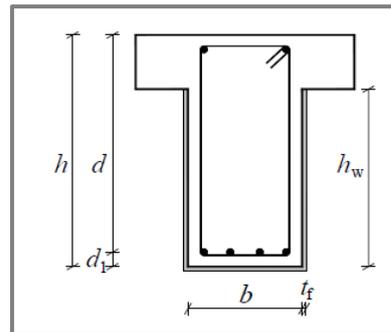
Dati geometrici

$h =$	43.00	cm	Altezza della sezione
$b =$	25.00	cm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
$h_w =$	32.00	cm	Altezza dell'anima della trave (h meno lo spessore del solaio)
$d' =$	3.00	cm	Copriferro

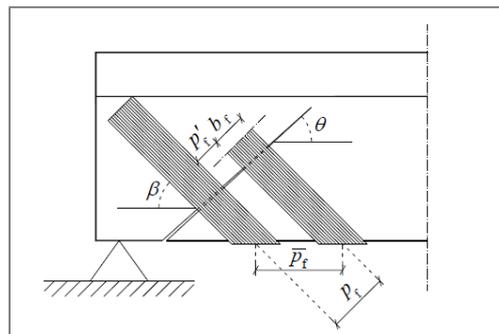
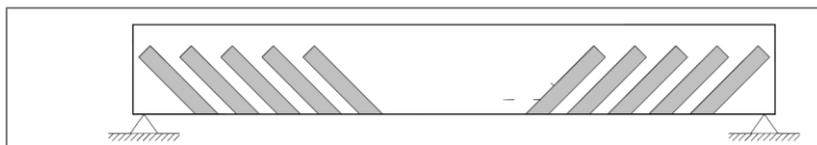
Materiali e livello di conoscenzaCls: $f_{cm}=23.53$ Acciaio: $f_{yk}=315$

Livello di conoscenza per strutture esistenti

LC2 - Conosc. Adeguata FC=1.2

**Armatura trasversale**

$\Phi_{st} =$	8	mm	Diametro delle staffe o dei ferri piegati
$n_b =$	2		Numero di bracci delle staffe
$A_{sw} =$	1.01	cm^2	Area di armatura trasversale (staffe o ferri piegati)
$p_{st} =$	15.00	cm	Passo delle staffe
$\alpha =$	90.00	$^\circ$	Angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'asse della trave

RINFORZO IN FRP

$t_f =$	0.167	mm	spessore del sistema di rinforzo FRP
$b_f =$	150	mm	Larghezza delle strisce
$p_f =$	150	mm	Passo delle strisce
$\beta =$	45.00	$^\circ$	Inclinazione delle strisce rispetto all'asse della trave
$n_f =$	2		numero di strati di FRP
$E_f =$	270000	N/mm^2	modulo elastico dell'FRP

Applicazione, esposizione, tipo di composito

Applicaz. Tipo A: certificati sia i materiali che il sistema completo

$\gamma_{fd} = 1.20$ coefficiente parziale per rottura per delaminazione

Tipo: Compositi impregnati in situ

Coefficienti parziali di sicurezza per cls e acciaio

$\alpha_{cc} = 0.85$ Coefficiente riduttivo del cls per resistenze di lunga durata

$\gamma_c = 1.50$ Coefficiente di sicurezza del cls

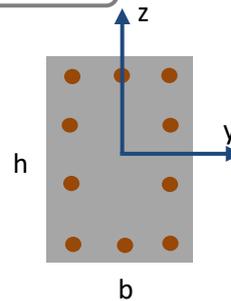
$\gamma_s = 1.15$ Coefficiente di sicurezza dell'acciaio

Inclinazione bielle compresse di cls

$\theta_z = 43.20^\circ$ Taglio in direzione z (compreso fra 21.81° e 45°)

Sollecitazioni

$V_{Ed,z} = 100.00$ kN Taglio sollecitante direz. Z



TAGLI RESISTENTI

Tagli resistenti in direzione Z (in assenza di rinforzo)

$V_{Rcd,z} = 172.42$ kN Resistenza lato calcestruzzo ("Taglio compressione")

$V_{Rsd,z} = 137.68$ kN Resistenza dell'armatura trasversale ("Taglio trazione")

$V_{Rd,z} = 137.68$ kN $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

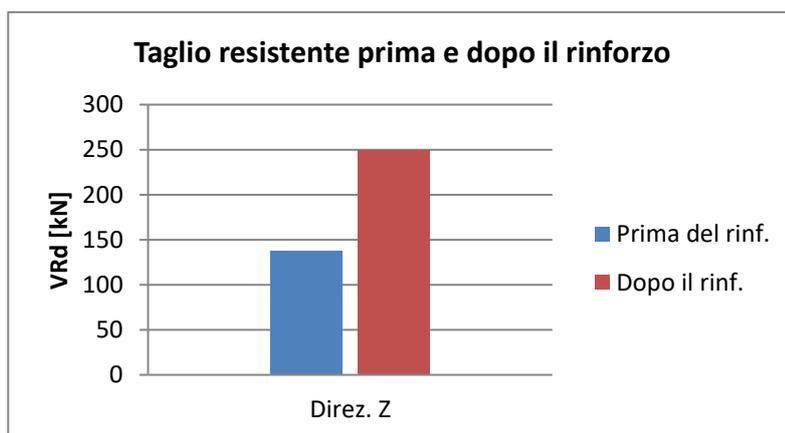
Tagli resistenti in direzione Z (con rinforzo in FRP)

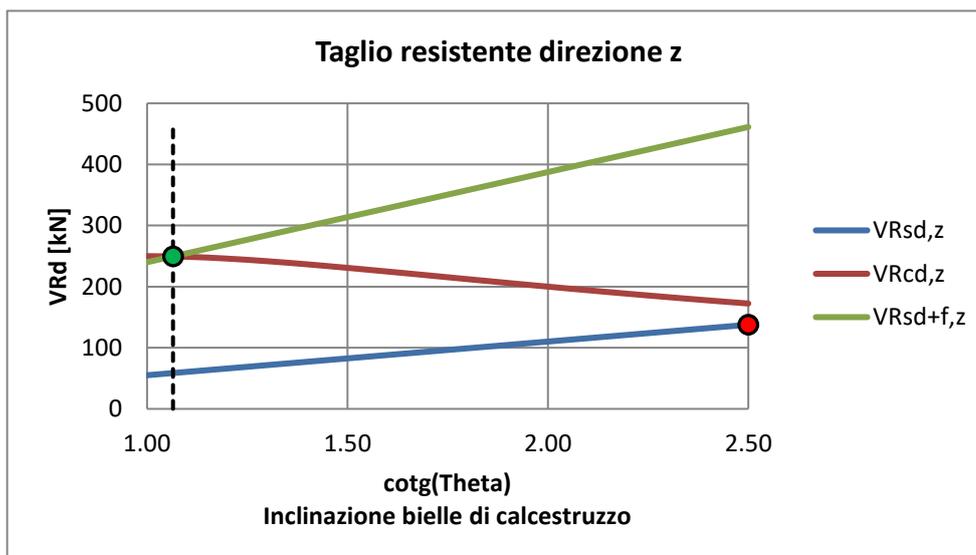
$V_{Rcd,z} = 249.52$ kN Resistenza lato calcestruzzo ("Taglio compressione")

$V_{Rsd,z} = 58.64$ kN Resistenza dell'armatura trasversale ("Taglio trazione")

$V_{Rsd+f,z} = 249.52$ kN Resistenza dell'armatura trasversale e dell'FRP ("Taglio trazione")

$V_{Rd,z}^{(FRP)} = 249.52$ kN $\min(V_{Rsd+f}; V_{Rcd})$





Verifica di resistenza a taglio	Ed/Rd	Esito
Prima del rinforzo - direz. Z	✓ 0.73	Positivo
Dopo il rinforzo - direz. Z	✓ 0.40	Positivo

Limitaz. geometriche del rinforzo	Ed/Rd	Esito
Fattibilità del rinforzo	✓ 0.75	Positivo
Passo delle strisce minimo	✓ 1.00	Positivo
Passo delle strisce massimo	✓ 0.75	Positivo
Larghezza min delle strisce	✓ 0.33	Positivo
Larghezza max delle strisce	✓ 0.60	Positivo

Dettaglio delle verifiche

Verifica di resistenza a taglio						
Prima del rinforzo - direz. Z	$V_{Ed,z} =$	100.00	\leq	$V_{Rd,z} =$	137.68	kN
Dopo il rinforzo - direz. Z	$V_{Ed,z} =$	100.00	\leq	$V_{Rd,z}^{(FRP)} =$	249.52	kN

Limitazioni geometriche del rinforzo						
Fattibilità del rinforzo	$p_{f,min} =$	150	\leq	$p_{f,max} =$	200	mm
Passo delle strisce minimo	$p_f =$	150	\geq	$p_{f,min} =$	150	mm
Passo delle strisce massimo	$p_f =$	150	\leq	$p_{f,max} =$	200	mm
Larghezza min delle strisce	$b_f =$	150	\geq	$b_{f,min} =$	50	mm
Larghezza max delle strisce	$b_f =$	150	\leq	$b_{f,max} =$	250	mm

Sviluppo dei calcoli

$h =$	430.00	mm	Altezza della sezione
$h' =$	400.00	mm	Altezza utile della sezione
$b_w =$	250.00	mm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
$b'_w =$	220.00	mm	Base utile della sezione
$A_{sw} =$	100.53	mm ²	Area di armatura trasversale
$p_{st} =$	150.00	mm	Passo delle staffe
$f_{ck} =$	23.53	N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
$f_{cd} =$	13.33	N/mm ²	Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

Solo per strutture esistenti

LC =	LC2 - Conosc. Adeguata	FC=1.2	
FC =	1.20		Fattore di confidenza
$f_{cd}/FC =$	11.11	N/mm ²	Resistenza ridotta del calcestruzzo

$f'_{cd} =$	5.56	N/mm ²	Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
$\sigma_{cp} =$	0.00	N/mm ²	Tensione di compressione nella sezione
$\sigma_{cp}/f_{cd} =$	0.00		Rapporto fra tensione agente e tensione resistente

$\alpha_c =$	1.00		coefficiente correttivo in funzione dello sforzo normale
$f_{yk} =$	315.00	N/mm ²	Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio
$f_{yd} =$	273.91	N/mm ²	Resistenza di calcolo allo snervamento dell'acciaio

Solo per strutture esistenti

LC =	LC2 - Conosc. Adeguata	FC=1.2	
FC =	1.20		Fattore di confidenza
$f_{yd}/FC =$	228.26	N/mm ²	Resistenza ridotta del calcestruzzo

$\cotg(\alpha) =$	0.00
$\sin(\alpha) =$	1.00

$\cotg(\theta)_z =$	2.50	Compresa fra 1 e 2.5
---------------------	------	----------------------

$V_{Rsd,z} =$	137.68	kN	Resistenza dell'armatura trasversale dir. z ("Taglio trazione")
$V_{Rcd,z} =$	172.42	kN	Resistenza lato calcestruzzo dir. z ("Taglio compressione")
$V_{Rd,z} =$	137.68	kN	Resistenza a taglio della trave dir. Z

Verifica della trave con rinforzo in FRP

Contributo della biella compressa di calcestruzzo e dell'armatura trasversale

$\cotg(\theta)_z =$	1.06	Compresa fra 1 e 2.5	
$V_{Rsd,z} =$	58.64	kN	Resistenza dell'armatura trasversale dir. z ("Taglio trazione")
$V_{Rcd,z} =$	249.52	kN	Resistenza lato calcestruzzo dir. z ("Taglio compressione")

Contributo del rinforzo in FRP

Dati geometrici della sezione

d =	400.00	mm	Altezza utile della sezione
$h_w =$	320.00	mm	Altezza dell'anima della trave

Dati geometrici del rinforzo in FRP

$t_f =$	0.167	mm	Spessore equivalente dello strato di FRP
$n_f =$	2		numero di strati di FRP
$b_f =$	150.00	mm	Larghezza delle strisce
$p_f =$	150.00	mm	Passo delle strisce
$\beta =$	45.00	°	Inclinazione delle strisce rispetto all'asse della trave
$\cotg(\beta) =$	1.00		Cotangente di Beta
$p_{f,min} =$	150.00	mm	Passo minimo delle strisce
$p_{f,max} =$	200.00	mm	Passo massimo delle strisce

Proprietà dei materiali

$f_{ck} =$	23.53	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica del cls
$f_{ctm} =$	2.46	N/mm ²	resistenza media a trazione semplice del cls

Moduli elastici

$E_f =$	270000	N/mm ²	modulo elastico dell'FRP
---------	--------	-------------------	--------------------------

Resistenze ridotte (solo per strutture esistenti)

LC =	LC2 - Conosc. Adeguata	FC=1.2	
FC =	1.20		Fattore di confidenza

Resistenza del composito in FRP per distacco di estremità (modo 1)

b =	150.00	mm	Denominatore del rapporto di forma
$b_f/b =$	1.00		Rapporto fra larghezza del rinforzo e larghezza della trave
$k_b =$	1.00		fattore geometrico
$k_G =$	0.04	mm	
$\gamma_{fd} =$	1.20		coefficiente parziale per rottura per delaminazione
$\Gamma_{Fd} =$	0.23	N/mm ²	Energia specifica di frattura
$f_{fdd,1} =$	513.38	N/mm ²	Resistenza per distacco di estremità (modo 1)

Calcolo della lunghezza ottimale di ancoraggio

$\gamma_{Rd} =$	1.25		coefficiente correttivo
$s_u =$	0.25	mm	scorrimento ultimo fra FRP e supporto
$f_{bd} =$	1.88	N/mm ³	
$l_{ed,1} =$	137.69	mm	Lunghezza di ancoraggio minima da calcolo

Resistenza efficace dell'FRP

$\sin(\beta) =$	0.71		Seno dell'angolo Beta
$0.9*d =$	360.00	mm	
$f_{fed} =$	461.32	N/mm ²	Resistenza efficace

Taglio resistente della trave rinforzata

$\gamma_{Rd} =$	1.20		Coefficiente parziale per taglio-torsione
-----------------	------	--	---

$V_{Rd,f,z} =$	190.88	kN	Capacità a taglio-trazione del rinforzo in FRP in direzione z
$V_{Rsd+f,z} =$	249.52	kN	Somma del contributo resistente dell'armatura e dell'FRP
$V_{Rd,z}^{(FRP)} =$	249.52	kN	Resist. a taglio della trave rinforzata in dir. Z - $\min(V_{Rsd+f}; V_{Rcd})$