

Calcolo del foro nel solaio in laterocemento

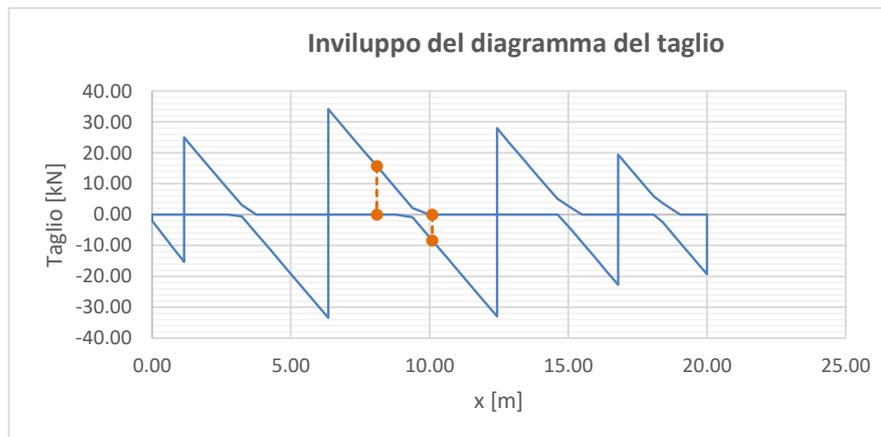
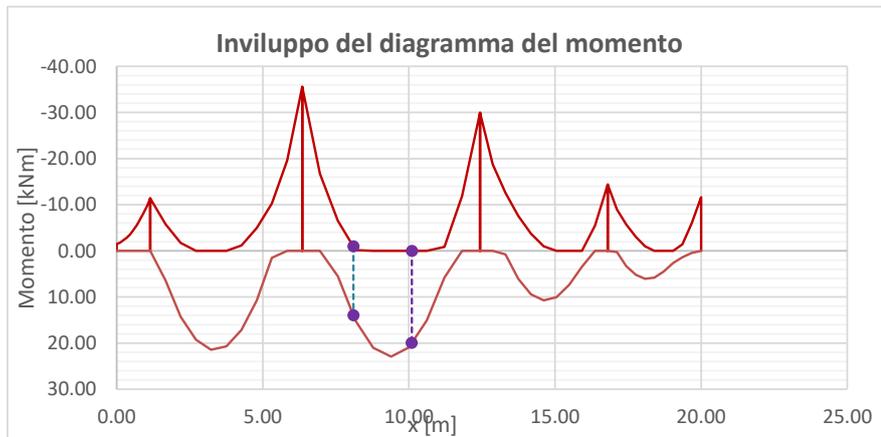
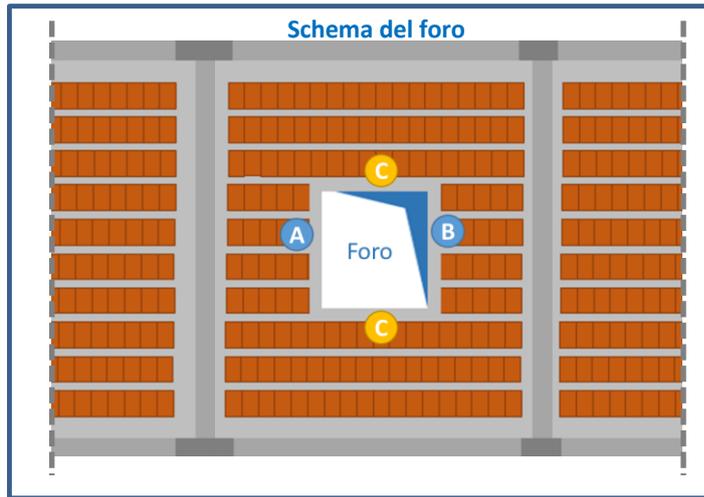
Normativa di riferimento:

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

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

Dati geometrici del foro

x_{in} =	8.10	m	Coordinata di inizio del foro (dall'inizio della trave continua)
x_{fin} =	10.10	m	Coordinata di fine del foro (dall'inizio della trave continua)
B =	2.20	m	Larghezza del foro in direzione ortogonale all'orditura del solaio



Materiali**Calcestruzzo**

Tipo: C25/30

Acciaio

Classe: B450C

 $E_s = 210'000 \text{ N/mm}^2$ modulo elastico dell'acciaio

Strutture nuove o esistenti: Nuova costruzione

Trave trasversale - verifica a torsione (A e B in figura)**Dati geometrici sezione della trave trasversale (A e B in figura)**

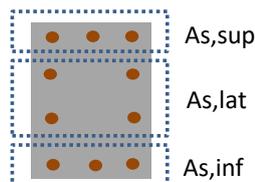
h = 24.00 cm Altezza della sezione

b = 40.00 cm Base della sezione

d' = 3.00 cm Copriferro

Armatura trasversale $\Phi_{st} = 8$ mm Diametro delle staffe o dei ferri piegati $p_{st} = 12.00$ cm Passo delle staffe $n_b = 1$ Numero di bracci delle staffe $A_{sw} = 0.50 \text{ cm}^2$ Area di armatura trasversale (staffe)**Armatura longitudinale**

	n	ϕ	A_s [mm ²]
$A_{s,sup}$	2	14	308
$A_{s,inf}$	2	14	308
$A_{s,lat}$	2	14	308

**Inclinazione bielle compresse di cls**

Scegli: Automatico

 $M_{t,Ed} = 21.98$ kN Momento torcente sollecitante**Valori del momento torcente resistente** $T_{Rcd} = 26.30$ kNm Resistenza a torsione lato calcestruzzo $T_{Rsd} = 26.30$ kNm Resistenza a torsione con riferimento alle staffe trasversali $T_{Rld} = 26.30$ kNm Resistenza a torsione con riferimento alle armature long. $T_{Rd} = 26.30$ kNm Resistenza a torsione, $\min(T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld})$

Verifica					Ed/Rd	Esito
Verifica a Torsione						
$T_{Ed} =$	21.98	\leq	$T_{Rd} =$	26.30	kNm	✔ 0.84
						Positivo

Trave longitudinale - verifica a flessione (C in figura)

Dati geometrici della sezione della trave trasversale (C in figura)

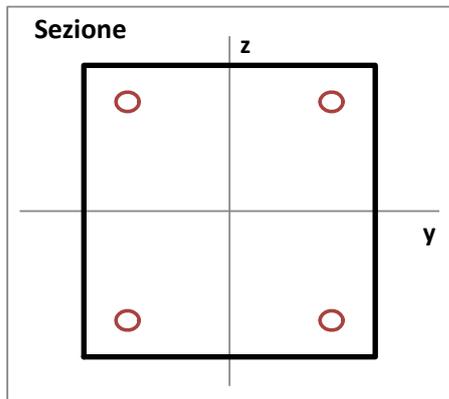
b = 20.00 cm Base della sezione
 h = 24.00 cm Altezza della sezione
 d' = 3.00 cm Copriferro

Armatura superiore

$n_{\phi,sp,sup.} = 1$ ϕ 16 Ferro di spigolo superiore
 $n_{\phi,sup} = 0$ ϕ 16 Ferri superiori (oltre i ferri di spig.)

Armatura inferiore

$n_{\phi,sp,inf.} = 1$ ϕ 16 Ferro di spigolo inferiore
 $n_{\phi,inf} = 0$ ϕ 16 Ferri inferiori (oltre i ferri di spig.)



Sollecitazioni

$M_{ed,y+} = 25.22$ KNm Momento sollecitante positivo (fibre inf. tese)
 $M_{ed,y-} = 1.06$ KNm Momento sollecitante negativo (fibre sup. tese)

Momenti resistenti

$M_{Rd,y+} = 29.60$ kNm Momento resistente positivo (tende le fibre inferiori)
 $M_{Rd,y-} = 29.60$ kNm Momento resistente negativo (tende le fibre superiori)

Verifica a flessione retta						Ed/Rd	Esito
Flessione positiva							
$M_{ed,y+} =$	25.22	\leq	$M_{Rd,y+} =$	29.60	kNm	0.85	Positivo
Flessione negativa							
$M_{ed,y-} =$	1.06	\leq	$M_{Rd,y-} =$	29.60	kNm	0.04	Positivo
Duttilità sezione (fless. +)							
$(y_c/h)_+ =$	0.16	\leq	0.25			0.65	Positivo
Duttilità sezione (fless. -)							
$(y_c/h)_- =$	0.16	\leq	0.25			0.65	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi						SF	Esito
Armatura minima							
$A_{s,sup} =$	402	\geq	$A_{smin} =$	55	mm ²	0.14	Positivo
Armatura minima							
$A_{s,inf} =$	402	\geq	$A_{smin} =$	55	mm ²	0.14	Positivo

Armatura massima							
$A_{s,sup} =$	402	\leq	$A_{s,max} =$	1'920	mm ²	✔ 0.21	Positivo
Armatura massima							
$A_{s,inf} =$	402	\leq	$A_{s,max} =$	1'920	mm ²	✔ 0.21	Positivo
Interferro netto sup.							
$i_{f,sup} =$	124	$>$	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.20	Positivo
Interferro netto inf.							
$i_{f,inf} =$	124	$>$	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.20	Positivo

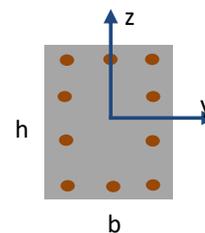
Trave longitudinale - verifica a taglio (C in figura)

$\alpha = 90.00$ ° Angolo di inclinazione delle staffe rispetto all'asse della trave

Inclinazione bielle compresse di cls

Scelta: Automatico

$\Phi_{st} = 6$ mm Diametro delle staffe o dei ferri piegati
 $n_b = 2$ Numero di bracci delle staffe
 $A_{sw} = 0.57$ cm² Area di arm. trasv. (staffe o ferri piegati)
 $p_{st} = 15.00$ cm Passo delle staffe
 $V_{Ed,z} = 17.27$ kN Taglio sollecitante direz. Z



Tagli resistenti in direzione Z

$V_{Rcd,z} = 92.33$ kN Resistenza lato calcestruzzo ("Taglio compressione")
 $V_{Rsd,z} = 69.70$ kN Resistenza dell'armatura trasversale ("Taglio trazione")
 $V_{Rd,z} = 69.70$ kN $\min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$

Verifica di resistenza a taglio						Ed/Rd	Esito
Verifica a taglio direz. Z							
$V_{Ed,z} =$	17.27	\leq	$V_{Rd,z} =$	69.70	kN	✔ 0.25	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi						SF	Esito
Passo delle staffe							
$p_{st} =$	15.00	\leq	$p_{st,max} =$	16.80	cm	✔ 0.89	Positivo

Sollecitazioni nelle travi trasversali e longitudinali

$L_f =$	1.00	m	Larghezza della fascia di solaio (due volte interasse travetti)
$M_{in1} =$	-0.96	kNm/m	Momento all'inizio del foro
$M_{in2} =$	13.99	kNm/m	Momento all'inizio del foro
$M_{fin1} =$	0.00	kNm/m	Momento alla fine del foro
$M_{fin2} =$	19.98	kNm/m	Momento alla fine del foro
$V_{in1} =$	15.70	kN/m	Taglio all'inizio del foro
$V_{in2} =$	0.00	kN/m	Taglio all'inizio del foro
$V_{fin1} =$	0.00	kN/m	Taglio alla fine del foro
$V_{fin2} =$	-8.37	kN/m	Taglio alla fine del foro

Momento torcente nella trave trasversale

$m_{t,in} =$	13.99	kNm/m	Momento torcente distribuito
$m_{t,fin} =$	19.98	kNm/m	Momento torcente distribuito
$m_{t,Ed} =$	19.98	kNm/m	Momento torcente distribuito massimo
$M_{t,max} =$	21.98	kNm	Momento torcente massimo nella trave

Momento flettente nella trave longitudinale

$m_{min} =$	-0.96	kNm/m	Momento minimo distribuito
$m_{max} =$	22.93	kNm/m	Momento massimo distribuito
$M_{min} =$	-1.06	kNm	Momento minimo
$M_{max} =$	25.22	kNm	Momento massimo distribuito

Taglio nella trave longitudinale

$v_{in} =$	15.70	kN/m	taglio distribuito
$v_{fin} =$	8.37	kN/m	taglio distribuito
$v_{Ed} =$	15.70	kN/m	taglio distribuito massimo
$V_{Ed} =$	17.27	kN	Taglio sollecitante

Travi trasversali - verifica a torsione

$h =$	240.00	mm	Altezza utile della sezione
$b =$	400.00	mm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
$d' =$	30.00	mm	Copriferro
$A_{sw} =$	50.27	mm ²	Area di armatura trasversale
$p_{st} =$	120.00	mm	Passo delle staffe
$\alpha_{cc} =$	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
$f_{ck} =$	25.00	N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
$f_{cd} =$	14.17	N/mm ²	Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
$f_{yk} =$	450.00	N/mm ²	Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	N/mm ²	Resistenza di calcolo allo snervamento dell'acciaio

Resistenze ridotte (solo per strutture esistenti)

LC =	Nuova costruzione	
FC =	1.00	Fattore di confidenza

$f_{cd}/FC=$	14.17	Resistenza del calcestruzzo ridotta
$f_{yd}/FC=$	391.30	Resistenza dell'acciaio ridotta

$A_c =$	96'000	mm ²	Area della sezione
$u =$	1280	mm	Perimetro della sezione
$t =$	75.00	mm	Spessore della sezione cava
$A =$	53625	mm ²	Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico
$u_m =$	980	mm	Perimetro medio del nucleo resistente
$f'_{cd} =$	7.08	N/mm ²	Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
$\Sigma A_l =$	923.63	mm ²	Area complessiva delle barre longitudinali
$a_l =$	0.94		Rapporto $\Sigma A_l/u_m$
$a_s =$	0.42		Rapporto A_s/s
$\cotg(\theta)' =$	1.50		Valore automatico compreso fra 0.4 e 2.5
$\cotg(\theta)'' =$	2.48		Valore manuale compreso fra 0.4 e 2.5
Valore:	Automatico		
$\cotg(\theta) =$	1.50		
$T_{Rcd} =$	26.30	kNm	Resistenza a torsione lato calcestruzzo
$T_{Rsd} =$	26.37	kNm	Resistenza a torsione con riferimento alle staffe trasversali
$T_{Rld} =$	26.37	kNm	Resistenza a torsione con riferimento alle armature long.
$T_{Rd} =$	26.30	kNm	Resistenza a torsione $\min(T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld})$

Verifica					Ed/Rd	Esito		
Verifica a Torsione								
	$T_{Ed} =$	21.98	\leq	$T_{Rd} =$	26.30	kNm	✓ 0.84	Positivo

Travi longitudinali - verifica a flessione

Proprietà dei materiali

f_{ck}	25.00	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica del cls
f_{cd}	14.17	N/mm ²	resistenza di progetto cilindrica del cls
f_{ctm}	2.56	N/mm ²	resistenza media a trazione semplice del cls
f_{yk}	450.00	N/mm ²	tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
f_{yd}	391.30	N/mm ²	tensione di snervamento di progetto dell'acciaio

Resistenze ridotte (solo per strutture esistenti)

LC =	Nuova costruzione		
FC =	1.00		Fattore di confidenza
f_{cd}/FC	14.17		Resistenza del calcestruzzo ridotta
f_{yd}/FC	391.30		Resistenza dell'acciaio ridotta
ϵ_{cu}	0.0035		deformazione ultima nel cls
ϵ_{0s}	0.0019		deformaz. al limite elastico dell'acciaio
ψ	0.80		coeff. di riduz. di y_c (stress block)
λ	0.40		coeff. di riduz. di y_c per il calcolo del braccio

Aree di armatura

$A_{spig.sup.}$	201.06	mm ²	Armatura di spigolo superiore
$A_{s.sup.}$	0.00	mm ²	Armatura superiore
$A_{spig.inf.}$	201.06	mm ²	Armatura di spigolo inferiore
$A_{s.inf.}$	0.00	mm ²	Armatura inferiore
$A_{s,lat.}$	0.00	mm ²	Armatura laterale

Calcolo del momento resistente positivo MRd,y intorno ad y

b	200	mm	Base della sezione
h	240	mm	Altezza sezione
d'	30	mm	Copriferro
y_c	39.09	mm	Asse neutro
ϵ'_s	0.0008		deformazione dell'armatura compressa
ϵ_s	-0.0153		deformazione dell'armatura tesa
σ'_s	170.95	N/mm ²	tensione nell'armatura compressa
σ_s	-391.30	N/mm ²	tensione nell'armatura tesa
y'_c	39.09	mm	Asse neutro per l'equilibrio alla traslazione (compreso fra 0 e h)
A'_s	402.12	mm ²	Armatura compressa
A_s	402.12	mm ²	Armatura tesa
N'_s	6.87E+04	N	Sforzo nell'armatura compressa
N_s	-1.57E+05	N	Sforzo nell'armatura tesa
N_c	8.86E+04	N	Sforzo nel calcestruzzo compresso
$\Delta N(y_c)$	-2.47E-06	N	equilibrio alla traslazione
$M_{Rd,y+}$	29.60	kNm	momento resistente positivo allo SLU

Calcolo del momento resistente negativo MRd,y intorno ad y

$y_c =$	39.09	mm	Asse neutro
$\epsilon'_s =$	0.0008		deformazione dell'armatura compressa
$\epsilon_s =$	-0.0153		deformazione dell'armatura tesa
$\sigma'_s =$	170.95	N/mm ²	tensione nell'armatura compressa
$\sigma_s =$	-391.30	N/mm ²	tensione nell'armatura tesa
$y'_c =$	39.09	mm	Asse neutro per l'equilibrio alla traslazione (compreso fra 0 e h)
$A'_s =$	402.12	mm ²	Armatura compressa
$A_s =$	402.12	mm ²	Armatura tesa
$N'_s =$	6.87E+04	N	Sforzo nell'armatura compressa
$N_s =$	-1.57E+05	N	Sforzo nell'armatura tesa
$N_c =$	8.86E+04	N	Sforzo nel calcestruzzo compresso
$\Delta N(y_c) =$	-2.47E-06	N	equilibrio alla traslazione
$M_{Rd,y-} =$	29.60	kNm	momento resistente negativo allo SLU

Verifica a flessione retta					Ed/Rd	Esito		
Flessione positiva								
	$M_{ed,y+} =$	25.22	\leq	$M_{Rd,y+} =$	29.60	kNm	✔ 0.85	Positivo
Flessione negativa								
	$M_{ed,y-} =$	1.06	\leq	$M_{Rd,y-} =$	29.60	kNm	✔ 0.04	Positivo
Duttilità sezione (fless. +)								
	$(y_c/h)_+ =$	0.16	\leq	0.25			▬ 0.65	Positivo
Duttilità sezione (fless. -)								
	$(y_c/h)_- =$	0.16	\leq	0.25			▬ 0.65	Positivo

Dettagli costruttivi - Zona non sismica

$A_s =$	804	mm ²	Armatura longitudinale totale
$A_c =$	48'000	mm ²	Area di solo calcestruzzo
$f_{ctm}/f_{yk} =$	0.0057		
$b_t =$	200	mm	Larghezza media della zona tesa
$d =$	210	mm	Altezza utile
$A_{smin,1} =$	62	mm ²	Limite minimo = $0.26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b \cdot d$
$A_{smin,2} =$	55	mm ²	Limite minimo = $0.0013 \cdot b \cdot d$
$A_{smin} =$	55	mm ²	Limite minimo per l'armatura tesa
$A_{smax} =$	1'920	mm ²	Limite massimo per l'armatura compressa = $0.04 \cdot A_c$

Spaziatura netta fra le barre longitudinali EC2 2004 - par.8.2

$\phi_{max} =$	0	mm	Diametro massimo delle barre longitudinali
$k_1 =$	1		Coefficiente di amplificazione EC2 2004 - par.8.2
$k_2 =$	5	mm	Fattore EC2 2004 - par.8.2
$d_g =$	20	mm	Dimensione massima dell'aggregato del cls
$i_{f,1} =$	20	mm	Interferro netto minimo (valore da normativa EC2)
$i_{f,2} =$	0	mm	Interferro netto minimo ($k_1 \cdot \phi_{max}$)
$i_{f,3} =$	25	mm	Interferro netto minimo ($d_g + k_2$)
$i_{f,min} =$	25	mm	Interferro minimo da Normativa
$i_{f,sup} =$	124	mm	Interferro netto superiore
$i_{f,inf} =$	124	mm	Interferro netto inferiore

Verifica dei dettagli costruttivi - Zona non sismica						SF	Esito
Armatura minima							
$A_{s,sup} =$	402	\geq	$A_{smin} =$	55	mm^2	✓ 0.14	Positivo
Armatura minima							
$A_{s,inf} =$	402	\geq	$A_{smin} =$	55	mm^2	✓ 0.14	Positivo
Armatura massima							
$A_{s,sup} =$	402	\leq	$A_{smax} =$	1'920	mm^2	✓ 0.21	Positivo
Armatura massima							
$A_{s,inf} =$	402	\leq	$A_{smax} =$	1'920	mm^2	✓ 0.21	Positivo
Interferro netto sup.							
$i_{f,sup} =$	124	\geq	$i_{f,min} =$	25	mm	✓ 0.20	Positivo
Interferro netto inf.							
$i_{f,inf} =$	124	\geq	$i_{f,min} =$	25	mm	✓ 0.20	Positivo

Travi longitudinali - verifica a taglio

b =	20.00	cm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
h =	24.00	cm	Altezza della sezione
d' =	3.00	cm	Copriferro
h =	240.00	mm	Altezza della sezione
h' =	210.00	mm	Altezza utile della sezione
b _w =	200.00	mm	Base della sezione (larghezza minima della sezione)
b' _w =	170.00	mm	Base utile della sezione
A _{sw} =	56.55	mm ²	Area di armatura trasversale
p _{st} =	150.00	mm	Passo delle staffe
f _{ck} =	25.00	N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica del calcestruzzo
f _{cd} =	14.17	N/mm ²	Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo
f' _{cd} =	7.08	N/mm ²	Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
σ _{cp} =	0.00	N/mm ²	Tensione di compressione nella sezione
σ _{cp} /f _{cd} =	0.00		Rapporto fra tensione agente e tensione resistente
α _c =	1.00		coefficiente correttivo in funzione dello sforzo normale
f _{yk} =	450.00	N/mm ²	Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio
f _{yd} =	391.30	N/mm ²	Resistenza di calcolo allo snervamento dell'acciaio

Solo per strutture esistenti

LC =	Nuova costruzione		
FC =	1.00		Fattore di confidenza
f _{cd} /FC =	14.17	N/mm ²	Resistenza ridotta del calcestruzzo
f _{yd} /FC =	391.30	N/mm ²	Resistenza ridotta del calcestruzzo

cotg(α) = 0.00
sin(α) = 1.00

cotg(θ)_z' = 2.50 Calcolo automatico della cotg(Theta)
cotg(θ)_z" = 1.00 Calcolo manuale della cotg(Theta)
Valore: Automatico Tipo di calcolo cotg(Theta)
cotg(θ)_z = 2.50 Compresa fra 1 e 2.5

V_{Rsd,z} = 69.70 kN Resistenza dell'armatura trasversale dir. z ("Taglio trazione")
V_{Rcd,z} = 92.33 kN Resistenza lato calcestruzzo dir. z ("Taglio compressione")
V_{Rd,z} = 69.70 kN Resistenza a taglio della trave dir. Z

Verifica di resistenza a taglio					Ed/Rd	Esito		
Verifica a taglio direz. Z								
	V _{Ed,z} =	17.27	≤	V _{Rd,z} =	69.70	kN	✔ 0.25	Positivo

TRAVI - Verifica dei dettagli costruttivi - Zona non sismica

A _{st,min} =	300.00	mm ² /m	Area minima delle staffe
A _{sw} =	56.55	mm ²	Area di armatura trasversale di una staffa
n _{st} =	5.31	1/m	Numero di staffe per metro lineare

$p_{st,max,1} =$	18.85	cm	Passo delle staffe massimo
$p_{st,max,2} =$	33.00	cm	Passo delle staffe massimo
$p_{st,max,3} =$	16.80	cm	Passo delle staffe massimo
$p_{st,max} =$	16.80	cm	Passo delle staffe massimo (minimo fra i limiti 1,2,3)

TRAVI - Verifica dei dettagli costruttivi						SF	Esito	
Zona non sismica								
	$p_{st} =$	15.00	\leq	$p_{st,max} =$	16.80	cm	✔ 0.89	Positivo