

Verifica delle TRAVI - flessione retta allo SLU**Normativa di riferimento:**

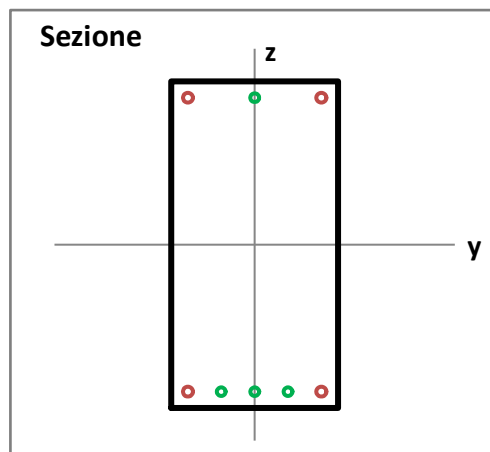
NTC2018 - D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

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

Dati geometrici

Trave:	emerg.			Tipo di trave (emergente o a spessore)
b =	30.00	cm		Base della sezione
h =	60.00	cm		Altezza della sezione
d' =	3.00	cm		Copriferro

$A_{spig,sup.}$ =	1	ϕ	18	Armatura di spigolo superiore
$A_{s,sup}$ =	1	ϕ	16	Armatura superiore
$A_{spig,inf.}$ =	1	ϕ	18	Armatura di spigolo inferiore
$A_{s,inf}$ =	3	ϕ	16	Armatura inferiore

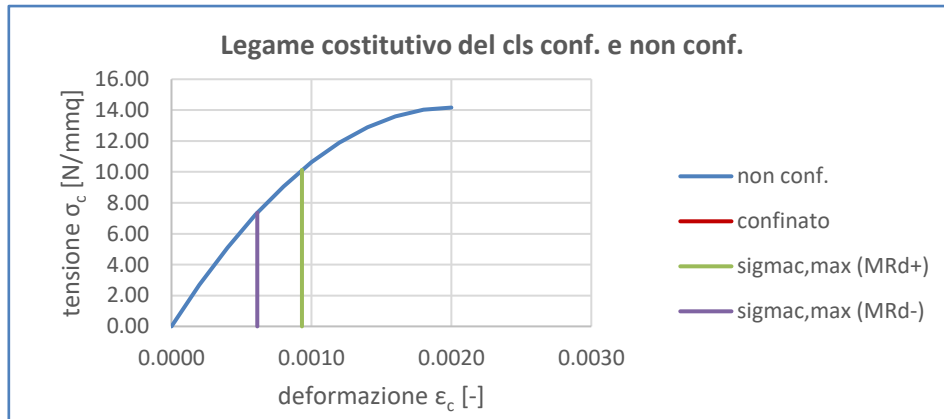
**Comportamento strutturale**

comportamento strutturale: non dissipativo - calcolo elastico

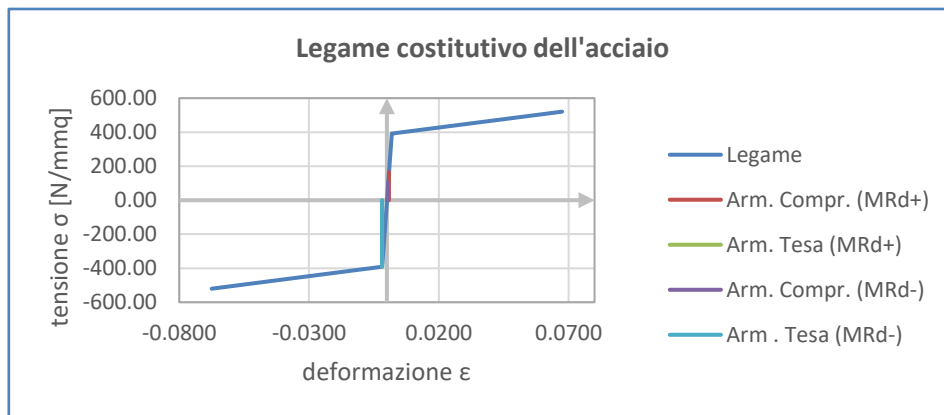
Materiali**Calcestruzzo non confinato**

Tipo: C25/30

Legame: Parabola-rettangolo

 $\epsilon_{c2} = 0.0020$ deformazione associata alla tensione massima $\epsilon_{cu} = 0.0035$ deformazione ultima $f_{cd} = 14.17$ N/mmq Tensione cilindrica di compressione del calcestruzzo**Acciaio**

Classe: B450C

 $E_s = 210'000$ N/mm² modulo elastico dell'acciaioLegame: bilineare finito con incrudimento Modello σ - ϵ per l'acciaio $(A_{gt})_k = 7.50$ % Allungamento al massimo sforzo $k = 1.33$ Rapporto di sovraresistenza $k = (f_v/f_y)_k$ - fra 1.15 e 1.35**Strutture nuove o esistenti:** Nuova costruzione**Coefficienti parziali di sicurezza** $\alpha_{cc} = 0.85$ 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**Effetto del confinamento generato da staffe chiuse e legature interne**

Considera effetto del confinamento: no

 $\phi_{st} =$ - mm diametro delle staffe $n_{b,x} =$ - numero di bracci delle staffe in direzione x

$n_{b,y} =$	-	numero di bracci delle staffe in direzione y
$s =$	-	cm passo delle staffe
$b_x =$	-	cm dimensioni del nucleo confinato
$b_y =$	-	cm dimensioni del nucleo confinato
$f_{yk,st} =$	-	N/mm ² Tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio delle staffe

**Distanza fra barre consecutive
contenute da staffe o legature**

barra	b_i	barra	b_i
	[cm]		[cm]
1	-	11	-
2	-	12	-
3	-	13	-
4	-	14	-
5	-	15	-
6	-	16	-
7	-	17	-
8	-	18	-
9	-	19	-
10	-	20	-

Parametri del calcestruzzo confinato

$\epsilon_{c2,c} =$	-	Deformazione di picco del cls confinato
$\epsilon_{cu2,c} =$	-	Deformazione ultima del cls cofinato
$f_{cd,c} =$	-	N/mm ² Resistenza di progetto cilindrica del cls confinato

Incrementi percentuali rispetto al calcestruzzo non confinato

$\epsilon_{c2,c} =$	-	Deformazione di picco del cls confinato
$\epsilon_{cu2,c} =$	-	Deformazione ultima del cls confinato
$f_{cd,c} =$	-	Resistenza di progetto cilindrica del cls confinato

Sollecitazioni

$M_{ed,y+} =$	121.00	KNm	Momento sollecitante positivo (fibre inf. tese)
$M_{ed,y-} =$	150.00	KNm	Momento sollecitante negativo (fibre sup. tese)

Momento resistente positivo

$M_{Rd,y+} =$	223.46	kNm	Momento resistente positivo (tende le fibre inferiori)
$y_c =$	190.09	mm	Profondità dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione
$\sigma_{c,max} =$	10.13	N/mm ²	Tensione di compressione massima nel calcestruzzo
$\epsilon_{c,max} =$	0.0009		Deformazione massima nel calcestruzzo compresso
$\sigma_{s,sup} =$	164.90	N/mm ²	Tensione nell'armatura superiore
$\sigma_{s,inf} =$	-391.30	N/mm ²	Tensione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,sup} =$	0.0008		Deformazione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,inf} =$	-0.0019		Deformazione nell'armatura superiore

Momento resistente negativo

$M_{Rd,y-} =$	146.99	kNm	Momento resistente negativo (tende le fibre superiori)
$y_c =$	141.12	mm	Profondità dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione
$\sigma_{c,max} =$	7.35	N/mm ²	Tensione di compressione massima nel calcestruzzo

$\epsilon_{c,max}$ =	0.0006		Deformazione massima nel calcestruzzo compresso
$\sigma_{s,sup}$ =	-391.30	N/mm ²	Tensione nell'armatura superiore
$\sigma_{s,inf}$ =	101.38	N/mm ²	Tensione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,sup}$ =	-0.0019		Deformazione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,inf}$ =	0.0008		Deformazione nell'armatura superiore

Esito delle verifiche

Verifica a flessione retta						Ed/Rd	Esito
Flessione positiva							
$M_{ed,y+} =$	121.00	\leq	$M_{Rd,y+} =$	223.46	kNm	0.54	Positivo
Flessione negativa							
$M_{ed,y-} =$	150.00	$>$	$M_{Rd,y-} =$	146.99	kNm	1.02	Negativo
Duttilità sezione (fless. +)							
$(y_c/h)_+ =$	0.32	$>$	0.25	Riduci armatura inf.		1.27	Negativo
Duttilità sezione (fless. -)							
$(y_c/h)_- =$	0.24	\leq	0.25			0.94	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 4 NTC						SF	Esito
Armatura minima							
$A_{s,sup} =$	710	\geq	$A_{s,min} =$	222	mm ²	0.31	Positivo
Armatura minima							
$A_{s,inf} =$	1'112	\geq	$A_{s,min} =$	222	mm ²	0.20	Positivo
Armatura massima							
$A_{s,sup} =$	710	\leq	$A_{s,max} =$	7'200	mm ²	0.10	Positivo
Armatura massima							
$A_{s,inf} =$	1'112	\leq	$A_{s,max} =$	7'200	mm ²	0.15	Positivo
Interferro netto sup.							
$i_{f,sup} =$	103	$>$	$i_{f,min} =$	25	mm	0.24	Positivo
Interferro netto inf.							
$i_{f,inf} =$	43	$>$	$i_{f,min} =$	25	mm	0.58	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 7 NTC - Armatura inferiore tesa						SF	Esito
Armatura tesa minima							
$\rho =$	0.006	$>$	$1.4/f_{yk} =$	0.003		0.50	Positivo
Armatura tesa massima							
$\rho =$	0.006	$<$	$\rho_{max} =$	0.012		0.53	Positivo
In zona critica							
$\rho_{comp} =$	0.004	\geq	$1/2*\rho =$	0.003		0.78	Positivo
Nel resto della trave							
$\rho_{comp} =$	0.004	\geq	$1/4*\rho =$	0.002		0.39	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 7 NTC - Armatura superiore tesa						SF	Esito
Armatura tesa minima							
$\rho =$	0.004	0.000	$1.4/f_{yk} =$	0.003		0.79	Positivo
Armatura tesa massima							
$\rho =$	0.004	0.000	$\rho_{max} =$	0.014		0.28	Positivo
In zona critica							
$\rho_{comp} =$	0.006	0.000	$1/2*\rho =$	0.002		0.32	Positivo
Nel resto della trave							
$\rho_{comp} =$	0.006	0.000	$1/4*\rho =$	0.001		0.16	Positivo

Sviluppo dei calcoli**Proprietà dei materiali - calcestruzzo**

α_{cc} =	0.85	Coefficiente riduttivo del cls per resistenze di lunga durata
γ_c =	1.50	Coefficiente di sicurezza del cls (= 1 per costruzioni esistenti)
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
ϵ_{c2} =	0.0020	deformazione associata alla tensione massima
ϵ_{cu} =	0.0035	deformazione ultima nel cls

Proprietà dei materiali - acciaio di armatura

γ_s =	1.15	Coefficiente di sicurezza dell'acciaio (= 1 per costruzioni esistenti)
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
ϵ_{0s} =	0.0019	deformaz. al limite elastico dell'acciaio

Legame: bilineare finito con incrudimento

$(A_{gt})_k$ =	7.50	%	Allungamento al massimo sforzo
k =	1.33		Rapporto di sovrarresistenza $k = (f_t/f_y)_k$
ϵ_{uk} =	0.0750		Deformazione ultima caratteristica
ϵ_{ud} =	0.0675		Deformazione ultima di progetto
f_{td}/FC =	520.43	N/mm ²	Tensione di rottura di progetto

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

Aree di armatura

$A_{s,sup}$ =	201.06	mm ²	Armatura superiore
$A_{s,inf}$ =	603.19	mm ²	Armatura inferiore
$A_{spig.sup.}$ =	254.47	mm ²	Armatura di spigolo superiore
$A_{spig.inf.}$ =	254.47	mm ²	Armatura di spigolo inferiore
$A_{s,lat}$ =	0.00	mm ²	Armatura laterale

Calcolo del momento resistente positivo MRd,y intorno ad y

b =	300	mm	Base della sezione
h =	600	mm	Altezza sezione
d' =	30	mm	Copriferro
y_c =	190.09	mm	Asse neutro

Deformazioni nell'acciaio usate nel calcolo

ϵ'_s =	0.0008		deformazione dell'armatura compressa
ϵ_s =	-0.0019		deformazione dell'armatura tesa
σ'_s =	164.90	N/mm ²	tensione nell'armatura compressa

$\sigma_s =$	-391.30	N/mm ²	tensione nell'armatura tesa
$y'_c =$	190.09	mm	Asse neutro per l'equilibrio alla traslazione (compreso fra 0 e h)
$A'_s =$	710.00	mm ²	Armatura compressa
$A_s =$	1'112.12	mm ²	Armatura tesa
$N'_s =$	1.17E+05	N	Sforzo nell'armatura compressa
$N_s =$	-4.35E+05	N	Sforzo nell'armatura tesa
$\sigma_c(y_c)$	1060.34	N/mm	Area sottesa dal diagramma delle tensioni nel cls
$N_c =$	3.18E+05	N	Sforzo nel calcestruzzo compresso
$\Delta N(y_c)$	-2.75E-06	N	equilibrio alla traslazione
$y'_G =$	66.28	mm	Distanza del punto di applicazione della risultante dal lembo compres
$M_{Rd,y+} =$	223.46	kNm	momento resistente positivo allo SLU

Calcolo del momento resistente negativo MRd,y intorno ad y

$y_c =$	141.12	mm	Asse neutro
$\epsilon'_s =$	0.0005		deformazione dell'armatura compressa
$\epsilon_s =$	-0.0019		deformazione dell'armatura tesa
$\sigma'_s =$	101.38	N/mm ²	tensione nell'armatura compressa
$\sigma_s =$	-391.30	N/mm ²	tensione nell'armatura tesa
$y'_c =$	141.12	mm	Asse neutro per l'equilibrio alla traslazione (compreso fra 0 e h)
$A'_s =$	1'112.12	mm ²	Armatura compressa
$A_s =$	710.00	mm ²	Armatura tesa
$N'_s =$	1.13E+05	N	Sforzo nell'armatura compressa
$N_s =$	-2.78E+05	N	Sforzo nell'armatura tesa
$\sigma_c(y_c)$	550.25	N/mm	Area sottesa dal diagramma delle tensioni nel cls
$N_c =$	1.65E+05	N	Sforzo nel calcestruzzo compresso
$\Delta N(y_c)$	2.32E-05	N	Equilibrio alla traslazione
$y'_G =$	48.38	mm	Distanza del punto di applicazione della risultante dal lembo compres
$M_{Rd,y-} =$	146.99	kNm	Momento resistente negativo allo SLU

Dettagli costruttivi - cap. 4 NTC

$A_s =$	1'822	mm ²	Armatura longitudinale totale
$A_c =$	180'000	mm ²	Area di solo calcestruzzo
$f_{ctm}/f_{yk} =$	0.0057		
$b_t =$	300	mm	Larghezza media della zona tesa
$d =$	570	mm	Altezza utile
$A_{smin,1} =$	253	mm ²	Limite minimo = 0.26*fctm/fyk*b*d
$A_{smin,2} =$	222	mm ²	Limite minimo = 0.0013*b*d
$A_{smin} =$	222	mm ²	Limite minimo per l'armatura tesa
$A_{smax} =$	7'200	mm ²	Limite massimo per l'armatura compressa = 0.04*Ac

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

$\phi_{max} =$	18	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)

$i_{f,2} =$	18	mm	Interferro netto minimo ($k1 \cdot \phi_{max}$)
$i_{f,3} =$	25	mm	Interferro netto minimo ($d_g + k2$)
$i_{f,min} =$	25	mm	Interferro minimo da Normativa
$i_{f,sup} =$	103	mm	Interferro netto superiore
$i_{f,inf} =$	43	mm	Interferro netto inferiore

Dettagli costruttivi - cap. 7 NTC*Caso di armatura tesa inferiore*

$\rho =$	0.006	Percentuale geometrica di armatura tesa = $A_{s,tesa}/(b \cdot x_h)$
$\rho_{comp} =$	0.004	Percentuale geometrica di armatura compressa = $A_{s,comp}/(b \cdot x_h)$
$\rho_{max} =$	0.012	Limite massimo = $\rho_{comp} + 3.5/f_{yk}$

Caso di armatura tesa superiore

$\rho =$	0.004	Percentuale geometrica di armatura tesa = $A_{s,tesa}/(b \cdot x_h)$
$\rho_{comp} =$	0.006	Percentuale geometrica di armatura compressa = $A_{s,comp}/(b \cdot x_h)$
$\rho_{max} =$	0.014	Limite massimo = $\rho_{comp} + 3.5/f_{yk}$