

**Verifica dei PILASTRI - pressoflessione retta o deviata allo SLU****Normativa di riferimento:**

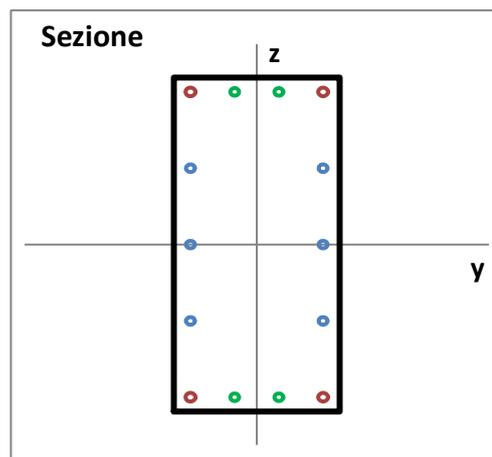
NTC2018 - D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

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

**Dati geometrici**

b =	30.00	cm	Base della sezione
h =	70.00	cm	Altezza sezione
d' =	3.00	cm	Copriferro
$A_{s,spig} =$	1	$\phi$ 18	Armatura di spigolo
$A_{s,sup} =$	2	$\phi$ 16	Armatura superiore
$A_{s,inf} =$	2	$\phi$ 16	Armatura inferiore
$A_{s,lat} =$	3	$\phi$ 16	Armatura laterale

Considera contributo dell'armatura laterale: si - (consigliato)

**Comportamento strutturale**

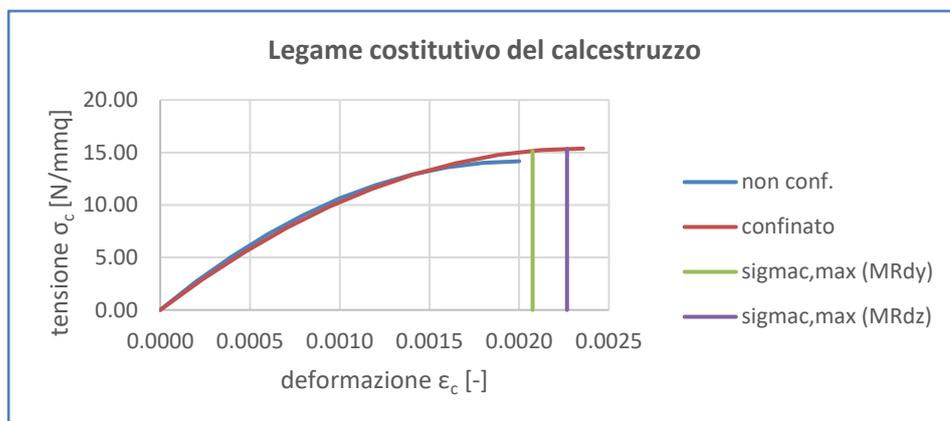
comportamento strutturale: non dissipativo - calcolo elastico

**Materiali****Calcestruzzo non confinato**

Tipo: C25/30

Legame: *Parabola-rettangolo*

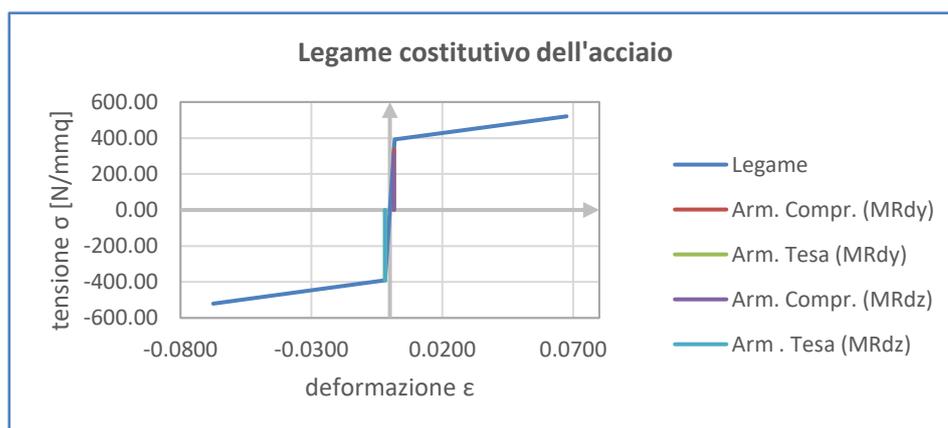
Legame costitutivo del calcestruzzo compresso

 $\epsilon_{c2} = 0.0020$  deformazione associata alla tensione massima $\epsilon_{cu} = 0.0035$  deformazione ultima $f_{cd} = 14.17$  N/mm<sup>2</sup> Tensione cilindrica di compressione del calcestruzzo**Acciaio**

Classe: B450C

 $E_s = 210'000$  N/mm<sup>2</sup> modulo elastico dell'acciaio

Legame: bilineare finito con incrudimento

Modello  $\sigma$ - $\epsilon$  per l'acciaio $(A_{gt})_k = 7.50$  % Allungamento al massimo sforzo $k = 1.33$  Rapporto di sovraresistenza  $k = (f_t/f_y)_k$  - 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:  si

$\phi_{st}$ =	6.00	mm	diametro delle staffe
$n_{b,x}$ =	2		numero di bracci delle staffe in direzione x
$n_{b,y}$ =	2		numero di bracci delle staffe in direzione y
s =	5.00	cm	passo delle staffe
$b_x$ =	24.00	cm	dimensioni del nucleo confinato
$b_y$ =	54.00	cm	dimensioni del nucleo confinato
$f_{yk,st}$ =	450.00	N/mm <sup>2</sup>	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	24.00	11	0.00
2	44.00	12	0.00
3	24.00	13	0.00
4	44.00	14	0.00
5	0.00	15	0.00
6	0.00	16	0.00
7	0.00	17	0.00
8	0.00	18	0.00
9	0.00	19	0.00
10	0.00	20	0.00

#### Parametri del calcestruzzo confinato

$\epsilon_{c2,c}$ =	0.0024		Deformazione di picco del cls confinato
$\epsilon_{cu2,c}$ =	0.0069		Deformazione ultima del cls confinato
$f_{cd,c}$ =	15.38	N/mm <sup>2</sup>	Resistenza di progetto cilindrica del cls confinato

#### Incrementi percentuali rispetto al calcestruzzo non confinato

$\epsilon_{c2,c}$ =	17.8%		Deformazione di picco del cls confinato
$\epsilon_{cu2,c}$ =	97.8%		Deformazione ultima del cls confinato
$f_{cd,c}$ =	8.5%		Resistenza di progetto cilindrica del cls confinato

#### Forma del dominio di resistenza

Scelta: Manuale

#### Sollecitazioni

$N_{Ed}$ =	850.00	kN	Sforzo normale agente
$M_{ed,y}$ =	60.00	KNm	Momento sollecitante
$M_{ed,z}$ =	60.00	KNm	Momento sollecitante

#### Momento resistente intorno ad y

$M_{Rd,y+}$ =	450.41	kNm	Momento resistente positivo intorno a y
$M_{Rd,y-}$ =	450.41	kNm	Momento resistente negativo intorno a y
$y_c$ =	325.53	mm	Profondità dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione
$\sigma_{c,max}$ =	15.16	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di compressione massima nel calcestruzzo
$\epsilon_{c,max}$ =	0.0021		Deformazione massima nel calcestruzzo compresso
$\sigma_{s,sup}$ =	335.71	N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura superiore
$\sigma_{s,inf}$ =	-391.30	N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura inferiore

$\epsilon_{s,sup} =$	0.0016	Deformazione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,inf} =$	-0.0019	Deformazione nell'armatura superiore

**Momenti resistente intorno a z**

$M_{Rd,z+} =$	193.52	kNm	Momento resistente positivo intorno a z
$M_{Rd,z-} =$	193.52	kNm	Momento resistente negativo intorno a z
$y_c =$	137.15	mm	Profondità dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione
$\sigma_{c,max} =$	15.36	N/mm <sup>2</sup>	Tensione di compressione massima nel calcestruzzo
$\epsilon_{c,max} =$	0.0023		Deformazione massima nel calcestruzzo compresso
$\sigma_{s,sup} =$	315.58	N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura superiore
$\sigma_{s,inf} =$	-391.30	N/mm <sup>2</sup>	Tensione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,sup} =$	0.0015		Deformazione nell'armatura inferiore
$\epsilon_{s,inf} =$	-0.0019		Deformazione nell'armatura superiore

## Esito delle verifiche

Verifica a pressofless. deviata						SF	Esito
Verifica a pressofless. deviata							
	SF =	0.221	≤	1.00		✔ 0.22	Positivo

Verifica dello sforzo normale - cap. 7 NTC						SF	Esito	
Sforzo normale - CD"A"								
	$N_{Ed} =$	850	≤	$N_{max,CDA} =$	1'636	kN	✔ 0.52	Positivo
Sforzo normale - CD"B"								
	$N_{Ed} =$	850	≤	$N_{max,CDB} =$	1'934	kN	✔ 0.44	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 4 NTC						SF	Esito	
Armatura minima								
	$A_s =$	3'028	≥	$A_{smin,1} =$	217	mm <sup>2</sup>	✔ 0.07	Positivo
Armatura minima								
	$A_s =$	3'028	≥	$A_{smin,2} =$	630	mm <sup>2</sup>	✔ 0.21	Positivo
Armatura massima								
	$A_s =$	3'028	≤	$A_{smax} =$	8'400	mm <sup>2</sup>	✔ 0.36	Positivo
Interfero netto sup.								
	$i_{f,sup} =$	63	≥	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.40	Positivo
Interfero netto inf.								
	$i_{f,inf} =$	63	≥	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.40	Positivo
Interfero netto laterale								
	$i_{f,lat} =$	143	≥	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.17	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 7 NTC						SF	Esito	
Armatura minima								
	$\rho =$	0.014	≥	$\rho_{min} =$	0.010		✔ 0.69	Positivo
Armatura massima								
	$\rho =$	0.014	≤	$\rho_{max} =$	0.040		✔ 0.36	Positivo

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

$\alpha_{cc} =$	0.85		Coefficiente riduttivo del cls per resistenze di lunga durata
$\gamma_c =$	1.50		Coefficiente di sicurezza del cls (= 1 per costruzioni esistenti)
$f_{ck} =$	25.00	N/mm <sup>2</sup>	resistenza caratteristica cilindrica del cls
$f_{cd} =$	14.17	N/mm <sup>2</sup>	resistenza di progetto cilindrica del cls
$\epsilon_{c2} =$	0.0024		deformazione associata alla tensione massima
$\epsilon_{cu} =$	0.0069		deformazione ultima nel cls

**Proprietà dei materiali - acciaio di armatura**

$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente di sicurezza dell'acciaio (= 1 per costruzioni esistenti)
$f_{yk} =$	450.00	N/mm <sup>2</sup>	tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	N/mm <sup>2</sup>	tensione di snervamento di progetto dell'acciaio
$\epsilon_{0s} =$	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 $k = (f_t/f_y)_k$
$\epsilon_{uk} =$	0.0750		Deformazione ultima caratteristica
$\epsilon_{ud} =$	0.0675		Deformazione ultima di progetto
$f_{td}/FC =$	520.43	N/mm <sup>2</sup>	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**

$A_{s,sup} =$	402.12	mm <sup>2</sup>	Armatura superiore
$A_{s,inf} =$	402.12	mm <sup>2</sup>	Armatura inferiore
$A_{s,spig} =$	254.47	mm <sup>2</sup>	Armatura di spigolo
$A_{s,lat} =$	603.19	mm <sup>2</sup>	Armatura laterale

**Calcolo del momento resistente MR<sub>d,y</sub> intorno ad y**

$b =$	300	mm	Base della sezione
$h =$	700	mm	Altezza sezione
$d' =$	30	mm	Copriferro
$y_c =$	325.53	mm	Asse neutro

**Deformazioni nell'acciaio d'armatura**

$\epsilon'_s =$	0.0016		deformazione dell'armatura compressa
$\epsilon_s =$	-0.0019		deformazione dell'armatura tesa

**Calcolo del momento resistente**

$\sigma'_s =$	335.71	N/mm <sup>2</sup>	tensione nell'armatura compressa
$\sigma_s =$	-391.30	N/mm <sup>2</sup>	tensione nell'armatura tesa
$y'_c =$	325.53	mm	Asse neutro per l'equilibrio alla traslazione (compreso fra 0 e h)
$A'_s =$	911.06	mm <sup>2</sup>	Armatura compressa
$A_s =$	911.06	mm <sup>2</sup>	Armatura tesa
$N'_s =$	3.06E+05	N	Sforzo nell'armatura compressa
$N_s =$	-3.57E+05	N	Sforzo nell'armatura tesa
$N_{s,lat} =$	-3.35E+04	N	Sforzo risultante nell'armatura laterale
$\sigma_c(y_c) =$	3113.95	N/mm	Area sottesa dal diagramma delle tensioni nel cls
$N_c =$	9.34E+05	N	Sforzo nel calcestruzzo compresso
$\Delta N(y_c) =$	-3.07E-07	N	equilibrio alla traslazione
$y'_G =$	119.78	mm	Distanza del punto di applicazione della risultante dal lembo compres
$M_{Rd,y+} =$	450.41	kNm	momento resistente positivo allo SLU
$M_{Rd,y-} =$	450.41	kNm	momento resistente negativo allo SLU

**Calcolo del momento resistente MRd,z intorno a z**

$y_c =$	137.15	mm	Asse neutro
---------	--------	----	-------------

**Deformazioni nell'acciaio d'armatura**

$\varepsilon'_s =$	0.0015		deformazione dell'armatura compressa
$\varepsilon_s =$	-0.0019		deformazione dell'armatura tesa

**Calcolo del momento resistente**

$\sigma'_s =$	315.58	N/mm <sup>2</sup>	tensione nell'armatura compressa
$\sigma_s =$	-391.30	N/mm <sup>2</sup>	tensione nell'armatura tesa
$y'_c =$	137.15	mm	Asse neutro per l'equilibrio alla traslazione (compreso fra 0 e h)
$A'_s =$	1'112.12	mm <sup>2</sup>	Armatura compressa
$A_s =$	1'112.12	mm <sup>2</sup>	Armatura tesa
$N'_s =$	3.51E+05	N	Sforzo nell'armatura compressa
$N_s =$	-4.35E+05	N	Sforzo nell'armatura tesa
$N_{s,lat} =$	-3.05E+04	N	Sforzo nell'armatura laterale
$\sigma_c(y_c) =$	1378.09	N/mm	Area sottesa dal diagramma delle tensioni nel cls
$N_c =$	9.65E+05	N	Sforzo nel calcestruzzo compresso
$\Delta N(y_c) =$	-5.04E-08	N	equilibrio alla traslazione
$y'_G =$	51.11	mm	Distanza del punto di applicazione della risultante dal lembo compres
$M_{Rd,z} =$	193.52	kNm	momento resistente positivo allo SLU

**Forma del dominio di resistenza**

$N_{Rcd} =$	2'975	kN	Resistenza a compressione del solo calcestruzzo
$N_{Ed}/N_{Rcd} =$	0.29		Rapporto fra sforzo normale e resistenza calcestruzzo
$\alpha_{man} =$	1.50		Coefficiente di forma del dominio di resistenza (scelta manuale)
$\alpha_{aut} =$	1.15		Coefficiente di forma del dominio di resistenza (calcolo autom.)
Scelta:	Manuale		Opzione scelta
$\alpha =$	1.50		Coefficiente di forma del dominio di resistenza

## Verifica a pressoflessione deviata

$$\left( \frac{M_{E_{yd}}}{M_{R_{yd}}} \right)^{\alpha} + \left( \frac{M_{E_{zd}}}{M_{R_{zd}}} \right)^{\alpha} \leq 1$$

$$\alpha = 1.50$$

$$M_{ed,y}/M_{Rd,y} = 0.13$$

$$M_{ed,z}/M_{Rd,z} = 0.31$$

$$SF = 0.221$$

## Dettagli costruttivi - cap. 4 NTC

$A_s =$	3'028	mm <sup>2</sup>	Armatura longitudinale totale
$A_c =$	210'000	mm <sup>2</sup>	Area di solo calcestruzzo
$A_{smin,1} =$	217	mm <sup>2</sup>	Limite minimo = 0.10*NEd/fyd
$A_{smin,2} =$	630	mm <sup>2</sup>	Limite minimo = 0.003*Ac
$A_{smax} =$	8'400	mm <sup>2</sup>	Limite massimo = 0.04*Ac

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

$\phi_{max} =$	16	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)
$i_{f,2} =$	16	mm	Interferro netto minimo ( $k_1 * \phi_{max}$ )
$i_{f,3} =$	25	mm	Interferro netto minimo ( $d_g + k_2$ )
$i_{f,min} =$	25	mm	Interferro minimo da Normativa
$i_{f,sup} =$	63	mm	Interferro netto superiore
$i_{f,inf} =$	63	mm	Interferro netto inferiore
$i_{f,lat} =$	143	mm	Interferro netto laterale

## Dettagli costruttivi - cap. 7 NTC

$\rho =$	0.014	Percentuale geometrica di armatura $\rho = A_s/(b \cdot x_h)$
$\rho_{min} =$	0.010	Limite minimo
$\rho_{max} =$	0.040	Limite massimo