

Analisi non lineare del telaio di cerchiatura - calcolo rigidezza, resistenza e spostamento ultimo

Normativa: NTC2018 - D.M. 17/01/2018; Circolare 21/1/2019, n. 7

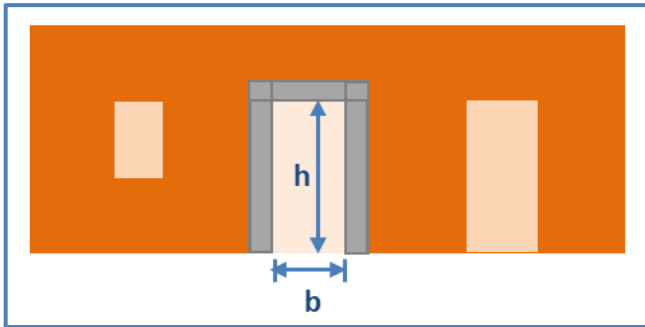
Tipologia costruttiva di montanti e architrave

Montanti: calcestruzzo armato

Architrave: acciaio

Dimensioni nette dell'apertura

h =	2.00	m	Altezza netta dell'apertura
b =	1.00	m	Larghezza netta dell'apertura

**Acciaio strutturale - caratteristiche di resistenza**

E =	210000	N/mm ²	Modulo elasticodell'acciaio
f _{yk} =	450.00	N/mm ²	Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
γ _M =	1.05		Coefficiente parziale di sicurezza

Architrave in acciaio - sezione

Sezione:	IPE100	Nome sezione
n _p =	1	Numero profili

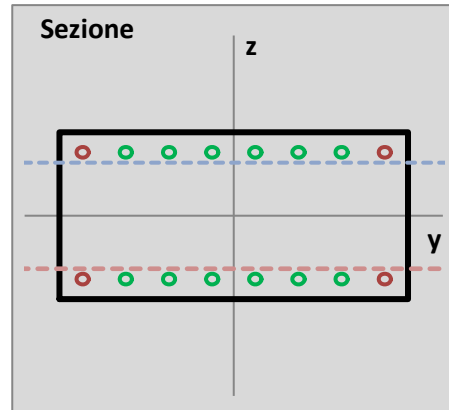
Calcestruzzo - caratteristiche di resistenza

f _{ck} =	25.00	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo
γ _c =	1.50		Coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc} =	0.85		Coefficiente per effetti di lunga durata
Fessuraz.	50.00	%	Riduz. perc. del mod. elastico per fessuraz. (val. consigliato = 50%)
E _{cm} =	31476	N/mm ²	Modulo elastico del calcestruzzo
E _{cm,fess} =	15738	N/mm ²	Modulo elastico del calcestruzzo fessurato

Acciaio d'armatura - caratteristiche di resistenza

f _{yk} =	450.00	N/mm ²	Resistenza caratteristica allo snervamento
E _s =	210000	N/mm ²	Modulo elastico dell'acciaio
γ _s =	1.15		Fattore parziale di sicurezza

—

Montanti in calcestruzzo armato - sezione

b =	45.00	cm	Base della sezione
h =	25.00	cm	Altezza sezione
d' =	3.00	cm	Copriferro

Armatura longitudinale

$A_{s,spigolo}$ =	1	ϕ 16	Armatura di spigolo
$A_{s,sup}$ =	6	ϕ 16	Armatura superiore
$A_{s,inf}$ =	6	ϕ 16	Armatura inferiore

Momento resistente intorno ad y

$M_{Rd,y}$ =	122.94	kNm	Momento resistente
y_c =	45.55	mm	Profondità dell'asse neutro

Armatura trasversale

ϕ_{st} =	8	mm	Diametro delle staffe
p_{st} =	5.00	cm	Passo delle staffe
n_b =	2		Numero di bracci delle staffe

Taglio resistente in direzione Z

$V_{Rd,z}$ =	272.12	kN	Taglio resistente in direzione Z
--------------	--------	----	----------------------------------

Altri dati del telaio

Base:	incastro	Vincolo alla base dei montanti
μ =	2.50	Duttilità del telaio di cerchiatura
γ_{Rd} =	1.30	Fattore di sovraresistenza per gerarchia architrave-montante

Dati del solaio

H_s =	0.50	m	Distanza del piano di scarico del solaio dall'intrad. dell'apertura
orditura: ortogonale all'architrave			
L_{inf} =	3.00	m	Metà luce del solaio
g_{1k} =	2.50	kN/m ²	Peso proprio del solaio
g_{2k} =	2.50	kN/m ²	Carico permanente del solaio
q_k =	2.00	kN/m ²	Carico accidentale del solaio
g_{altro} =	0.00	kN/m ²	Altri carichi perm.
$q_{d,non-lin}$ =	10.37	kN/m	Carico sull'architrave per analisi non lineare

Abbassamenti limite in funzione della luce dell'architrave

L / 250	Abbassamento limite per i carichi caratteristici
L / 300	Abbassamento limite per i soli carichi variabili

Coefficienti parziali e di combinazione

$\gamma_g =$	1.30	Coefficiente parziale per carichi permanenti
$\gamma_q =$	1.50	Coefficiente parziale per carichi accidentali
$\psi_2 =$	0.35	Coefficiente di combinazione

Risultati dell'analisi

Telaio di cerchiatura

$K_c =$	8099	kN/m	Rigidità del telaio
$F_{cerc} =$	134.52	kN	Resistenza del telaio
$F(d''u) =$	62.16	kN	Tagliante in corrispond. dello spost. ultimo della parete
$d_{e,c} =$	13.602	mm	Spostamento al limite elastico del telaio
$d_{u,c} =$	34.006	mm	Spostamento ultimo del telaio

Parete allo stato di fatto

$K' =$	247576	kN/m	Rigidità della parete
$F' =$	443.70	kN	Resistenza della parete allo stato di fatto
$d'_e =$	1.272	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d'_u =$	8.673	mm	Spostamento ultimo della parete

Parete allo stato di progetto

$K'' =$	240539	kN/m	Rigidità della parete
$F'' =$	368.33	kN	Resistenza della parete
$d''_e =$	1.335	mm	Spostamento al limite elastico della parete
$d''_u =$	7.675	mm	Spostamento ultimo della parete

Parete allo stato di progetto con telaio di cerchiatura

$K''+K_{cerc} =$	248638	kN/m	Rigidità della parete con cerchiature metalliche
$F''+F_{cerc} =$	430.49	kN	Resistenza della parete con cerchiature metalliche
$d_{u,p+c} =$	7.675	mm	Spostamento ultimo della parete con cerchiatura

Parete allo stato di progetto con cerchiatura							Esito	
Variazione di rigidità								
	-15.00	≤	$\Delta K [\%] =$	0.43	≤	15.00	✓	Positivo
Variazione di resistenza								
	-15.00	≤	$\Delta F [\%] =$	-2.98	≤	15.00	✓	Positivo
Variaz. dello spostamento ultimo								
	-15.00	≤	$\Delta d_u [\%] =$	-11.50	≤	15.00	✓	Positivo

Verifica del telaio di cerchiatura							Ed/Rd	Esito
Spessore telaio e muratura								
	$t_{tel} =$	450.00	≤	$t_{mur} =$	450.00	mm	✓ 1.00	Positivo
Gerarchia resist. architrave/montante								
	$\gamma_{Rd} M_{Rd,a} =$	21.96	≤	$M_{Rd,m} =$	122.94	kNm	✓ 0.18	Positivo
Trascurabilità del mom. per car. verticale								
	$M_{max,a} =$	1.31	≤	$0.1 \cdot M_{Rd,a} =$	1.69	kNm	✓ 0.77	Positivo

Scarico del solaio sull'architrave							Esito	
Scarico del solaio								
	$h' =$	0.40	≤	$h =$	0.87	m	Presente	

Verifica dell'architrave in acciaio							Ed/Rd	Esito
Verifica a flessione allo SLU								
	$M_{Ed} =$	3.16	≤	$M_{Rd,pl} =$	122.94	kNm	✓ 0.03	Positivo

Verifica a taglio allo SLU								
	$V_{Ed} =$	10.11	\leq	$V_{c,Rd} =$	125.74	kN	✔ 0.08	Positivo
Spostam. in mezzzeria allo SLE								
	$\delta_{max} =$	1.07	\leq	$\delta_{lim,1} =$	5.00	mm	✔ 0.21	Positivo
Spostam. in mezzzeria allo SLE								
	$\delta_2 =$	0.23	\leq	$\delta_{lim,2} =$	4.17	mm	✔ 0.05	Positivo

Montante in c.a. - Verifica dello sforzo normale							SF	Esito
Sforzo normale - CD"A"								
	$N_{Ed} =$	6.48	\leq	$N_{max,CDA} =$	876.56	kN	✔ 0.01	Positivo
Sforzo normale - CD"B"								
	$N_{Ed} =$	6.48	\leq	$N_{max,CDB} =$	1'035.94	kN	✔ 0.01	Positivo

Montante in c.a. - Verifica dei dett. Costr. per armatura longitudinale							SF	Esito
Armatura minima								
	$A_s =$	3'217	\geq	$A_{smin,1} =$	2	mm ²	✔ 0.00	Positivo
Armatura minima								
	$A_s =$	3'217	\geq	$A_{smin,2} =$	338	mm ²	✔ 0.10	Positivo
Armatura massima								
	$A_s =$	3'217	\leq	$A_{smax} =$	4'500	mm ²	✔ 0.71	Positivo
Interferro netto sup.								
	$i_{f,sup} =$	40	\geq	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.63	Positivo
Interferro netto inf.								
	$i_{f,inf} =$	40	\geq	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.63	Positivo
Interferro netto laterale								
	$i_{f,lat} =$	174	\geq	$i_{f,min} =$	25	mm	✔ 0.14	Positivo

Montante in c.a. - Verifica dei dett. Costr. per arm. long. - Zona sismica							SF	Esito
Armatura minima								
	$\rho =$	0.029	\geq	$\rho_{min} =$	0.010		✔ 0.35	Positivo
Armatura massima								
	$\rho =$	0.029	\leq	$\rho_{max} =$	0.040		✔ 0.71	Positivo

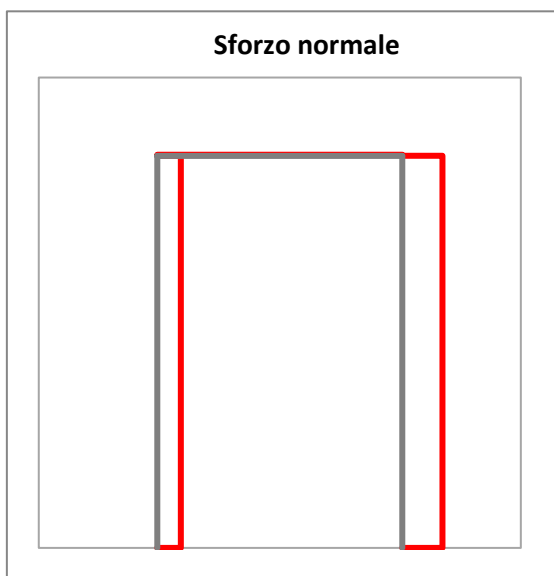
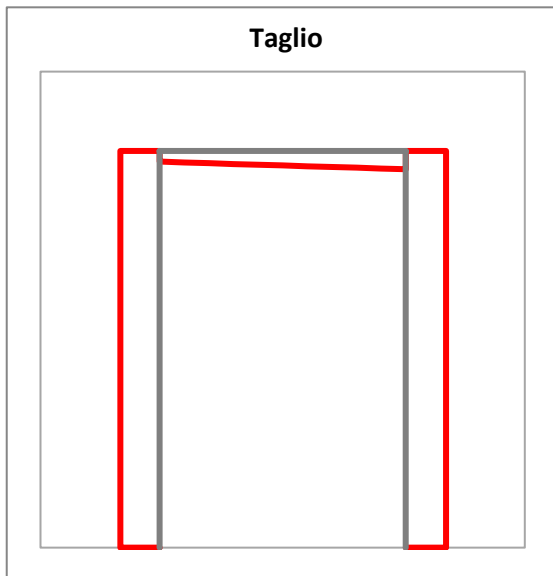
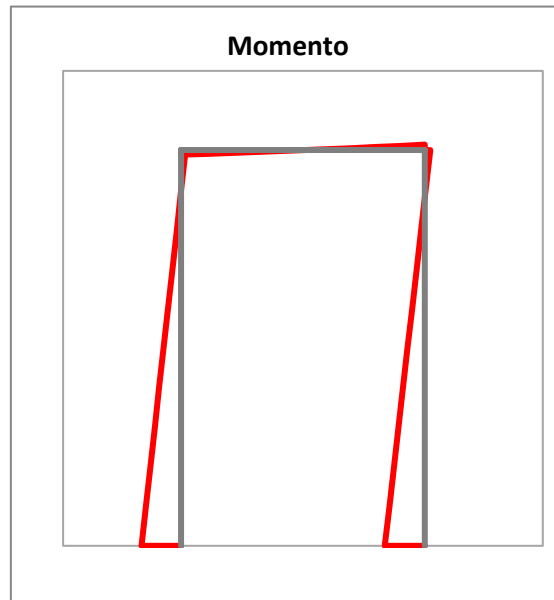
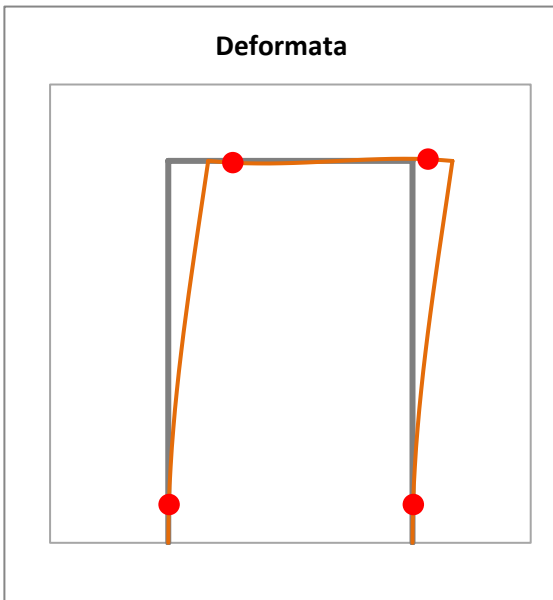
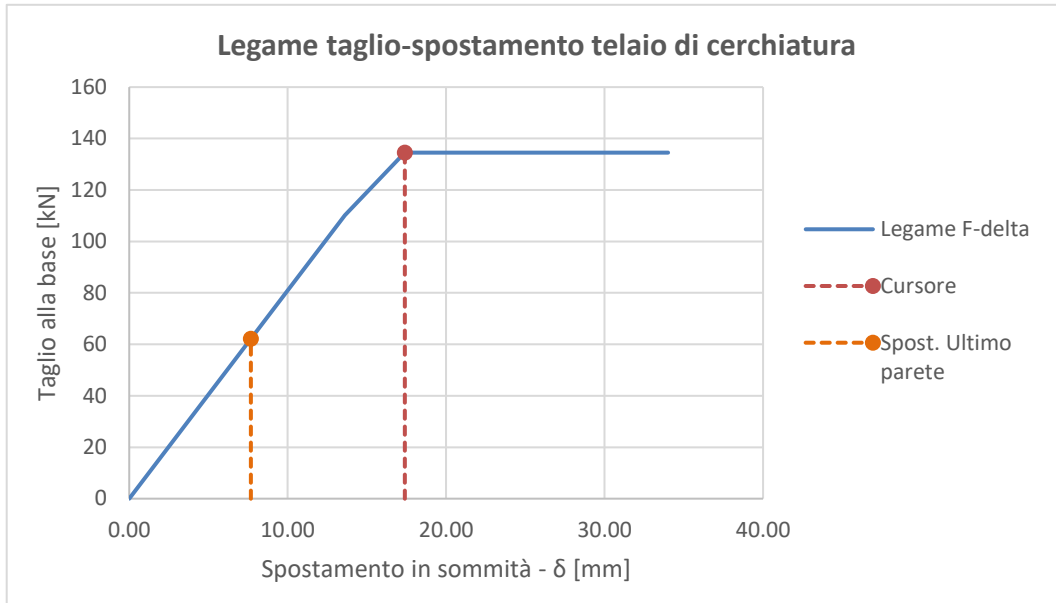
Montante in c.a. - Verifica di resistenza a taglio							Ed/Rd	Esito
Verifica a taglio direz. Z								
	$V_{Ed,z} =$	68.21	\leq	$V_{Rd,z} =$	272.12	kN	✔ 0.25	Positivo

Montante in c.a. - Verifica dei dettagli costruttivi per armatura trasversale							SF	Esito
Zona non sismica								
	$\rho_{st} =$	5.00	\leq	$\rho_{st,max} =$	19.20	cm	✔ 0.26	Positivo
Zona non sismica								
	$\phi_{st} =$	8.00	\geq	$\phi_{st,min} =$	6.00	mm	✔ 0.75	Positivo
Zona sismica, CD"A"								
	$\rho_{st} =$	5.00	\leq	$\rho_{st,max} =$	8.90	cm	✔ 0.56	Positivo
Zona sism. CD"A" e zona crit.								
	$\rho_{st} =$	5.00	\leq	$\rho_{st,max} =$	5.93	cm	✔ 0.84	Positivo
Zona sismica e CD"B"								

	$p_{st} =$	5.00	\leq	$p_{st,max} =$	12.80	cm	✔ 0.39	Positivo
--	------------	------	--------	----------------	-------	----	--------	----------

—

Grafici di output



Sollecitazioni massime nel telaio di cerchiatura

Montante

	M	T	N
	[kNm]	[kN]	[kN]
piede	122.94	68.21	31.41
testa	16.89	68.21	31.41

Architrave

	M	T	N
	[kNm]	[kN]	[kN]
sinistra	16.89	31.41	0.95
destra	16.89	31.41	0.95

Legame taglio-spostamento del telaio di cerchiatura

δ	F
mm	kN
0.00	0.00
13.60	110.16
17.40	134.52
34.01	134.52

Dettaglio dei calcoli

Montanti in calcestruzzo armato - sezione

b =	45.00	cm	Base della sezione
h =	25.00	cm	Altezza sezione
d' =	3.00	cm	Copriferro
A =	1'125.00	cm ²	Area
I _y =	58'594	cm ⁴	Momento d'inerzia

Armatura longitudinale

A _{s,spig} =	1	ϕ 16	Armatura di spigolo
A _{s,sup} =	6	ϕ 16	Armatura superiore
A _{s,inf} =	6	ϕ 16	Armatura inferiore

M _{Rd,y} =	122.94	kNm	Momento resistente intorno ad y
---------------------	--------	-----	---------------------------------

Architrave in acciaio - Singolo profilo

h _p =	100	mm	Altezza del profilo
b _p =	55	mm	Base sezione
g =	0.08	kN/m	Peso del profilo
A =	10.32	cm ²	Area
I _y =	171.00	cm ⁴	Momento d'inerzia
W _{y,pl} =	39.41	cm ³	Modulo di resistenza plastico
M _{Rd,pl} =	16.89	kNm	Momento resistente plastico

Architrave in acciaio - Profilo composto

n _p =	1	Numero profili per ciascun montante
------------------	---	-------------------------------------

$b_p =$	55	mm	Base sezione composta
$A =$	10.32	cm ²	Area
$I_y =$	171.00	cm ⁴	Momento d'inerzia
$M_{Rd,pl} =$	16.89	kNm	Momento resistente plastico

Rigidezza traslante del telaio

$\delta =$	1.235	mm	Spostamento orizzontale dei nodi di sommità
$F =$	10	kN	Forza orizzontale
$K =$	8099	kN/m	Rigidezza traslante

Legame taglio-spostamento del telaio di cerchiatura

$d''_u =$	7.675	mm	Spostamento ultimo della parete
$F(d''_u) =$	62.16	kN	Tagliante in corrispond. dello spost. ultimo della parete

Verifica dell'architrave in acciaio**Dati geometrici e peso muratura**

$L =$	1.00	m	Larghezza netta dell'apertura
$t =$	0.45	m	Spessore della muratura
$g_{mur} =$	15.00	kN/m ³	Peso per unità di volume della muratura sovrastante l'architrave

Proprietà dell'architrave in acciaio

$L =$	1.25	m	Lunghezza di calcolo dell'architrave
$n_p =$	1		Numero profili
$h =$	100	mm	Altezza del profilo
$g =$	0.08	kN/m	Peso del profilo

Scarico del solaio sull'architrave

$h =$	0.87	m	Altezza del triangolo equilatero
$h' =$	0.40	m	Altezza del piano di scarico del solaio
$h'' =$	0.47	m	Altezza del triangolo al di sopra del piano del solaio
$L_s =$	0.54	m	Lunghezza del piano di scarico del solaio
$g_k =$	6.46	kN/m	Carico permanente del solaio sull'architrave
$q_k =$	2.58	kN/m	Carico accidentale del solaio sull'architrave

Scarico del solaio sull'architrave						Esito	
Scarico del solaio							
	$h' =$	0.40	\leq	$h =$	0.87	m	Presente

Peso della muratura sull'architrave

$g_{mur} =$	15.00	kN/m ³	Peso della muratura sovrastante l'architrave
$A =$	0.54	m ²	Area del triangolo isoscele
$V =$	0.24	m ³	Volume della muratura che scarica sul solaio
$g_{k,muro} =$	2.92	kN/m	Carico del muro sull'architrave

Carichi sull'architrave in acciaio

$\gamma_g =$	1.30		Coefficiente parziale per carichi permanenti
$\gamma_q =$	1.50		Coefficiente parziale per carichi accidentali

$\psi_2 =$	0.35		Coefficiente di combinazione
$q_{d,non-lin} =$	10.37	kN/m	Carico sull'architrave per analisi non lineare
$q_{d,SLU} =$	16.17	kN/m	Carico allo Stato Limite Ultimo

Verifica allo Stato Limite Ultimo*Schema statico: trave appoggiata-appoggiata*

$M_{Ed} =$	3.16	kNm	Momento sollecitante massimo in mezzeria
$V_{Ed} =$	10.11	kN	Taglio sollecitante massimo all'appoggio
$M_{Rd,pl} =$	122.94	kNm	Momento resistente plastico dei profili
$A_v =$	508	mm ²	Area resistente a taglio del singolo profilo
$V_{c,Rd} =$	125.74	kN	Taglio resistente dei profili

Abbassamenti allo Stato Limite di Esercizio - Combinazione quasi permanente*Schema statico: trave appoggiata-appoggiata*

$q_{d,SLE} =$	12.04	kN/m	Carico totale in combinazione SLE
$I_y =$	171	cm ⁴	Momento d'inerzia
$\delta_{max} =$	1.07	mm	Abbassamento in mezzeria per i carichi caratteristici
$\delta_2 =$	0.23	mm	Abbassamento in mezzeria per i carichi variabili
	L / 250		Abbassamento limite per δ_{max}
	L / 300		Abbassamento limite per δ_2
$\delta_{lim,1} =$	5.00	mm	Abbassamento limite per δ_{max}
$\delta_{lim,2} =$	4.17	mm	Abbassamento limite per δ_2

Verifica dell'architrave in acciaio						Ed/Rd	Esito	
Verifica a flessione allo SLU								
	$M_{Ed} =$	3.16	≤	$M_{Rd,pl} =$	122.94	kNm	✔ 0.03	Positivo
Verifica a taglio allo SLU								
	$V_{Ed} =$	10.11	≤	$V_{c,Rd} =$	125.74	kN	✔ 0.08	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_{max} =$	1.07	≤	$\delta_{lim,1} =$	5.00	mm	✔ 0.21	Positivo
Spostam. in mezzeria allo SLE								
	$\delta_2 =$	0.23	≤	$\delta_{lim,2} =$	4.17	mm	✔ 0.05	Positivo