

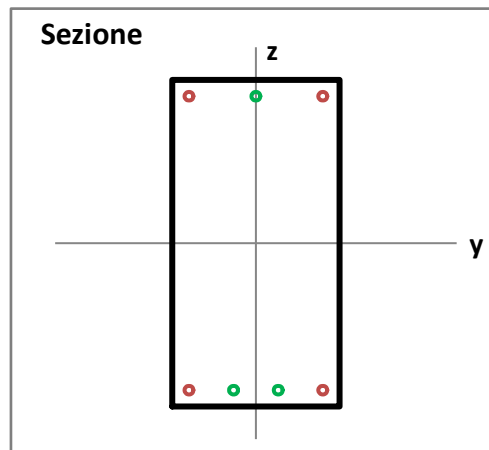
Verifica delle TRAVI allo SLE (Stato Limite di Esercizio)**Normativa di riferimento:**

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	16	Armatura di spigolo superiore
$A_{s, sup} =$	1	ϕ	16	Armatura superiore
$A_{spig, inf.} =$	1	ϕ	16	Armatura di spigolo inferiore
$A_{s, inf} =$	2	ϕ	16	Armatura inferiore

**Coefficienti di omogeneizzazione (Calcolo elastico con Metodo n)**

n = 15.00 (E_s/E_c) Coefficiente di omogeneizzazione dell'acciaio

Dati per verifica allo stato limite di deformazione

L = 6.45 m Luce dell'elemento

Schema strutturale dell'elemento

Schema: Campate terminali di travi continue

Tramezzi: fragili

Materiali**Calcestruzzo**

Tipo: C25/30

$f_{cd} = 14.17$ N/mmq Tensione cilindrica di compressione del calcestruzzo

Acciaio

Classe: B450C

Condizioni ambientali per verifica di fessurazione

Condiz. ambientali: Ordinarie

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

Momenti sollecitanti in combinazione caratteristica (rara) e quasi permanente*Combinazione di carico caratteristica (rara)*

$M_{ed,y+}^{(car)} =$	145.00	KNm	Momento sollecitante positivo (fibre inf. tese)
$M_{ed,y-}^{(car)} =$	90.00	KNm	Momento sollecitante negativo (fibre sup. tese)

Combinazione di carico frequente

$M_{ed,y+}^{(freq)} =$	110.00	KNm	Momento sollecitante positivo (fibre inf. tese)
$M_{ed,y-}^{(freq)} =$	80.00	KNm	Momento sollecitante negativo (fibre sup. tese)

Combinazione di carico quasi permanente

$M_{ed,y+}^{(q.perm)} =$	90.00	KNm	Momento sollecitante positivo (fibre inf. tese)
$M_{ed,y-}^{(q.perm)} =$	65.00	KNm	Momento sollecitante negativo (fibre sup. tese)

Stato limite di limitazione delle tensioni						Ed/Rd	Esito	
M+ Cls compr. - C. caratt.								
	$\sigma_{c,max} =$	8.90	\leq	$0.60 \cdot f_{ck} =$	15.00	N/mm ²	✔ 0.59	Positivo
M+ Acciaio teso - C. caratt.								
	$\sigma_{s,min} =$	-345.11	\geq	$-0.80 \cdot f_{yk} =$	-360.00	N/mm ²	✔ 0.96	Positivo
M+ Acciaio compr. - C. caratt.								
	$\sigma_{s,max} =$	108.30	\leq	$0.80 \cdot f_{yk} =$	313.04	N/mm ²	✔ 0.35	Positivo
M+ Cls compr. - C. q. perm.								
	$\sigma_{c,max} =$	5.52	\leq	$0.45 \cdot f_{ck} =$	11.25	N/mm ²	✔ 0.49	Positivo
M- Cls compr. - C. caratt.								
	$\sigma_{c,max} =$	5.77	\leq	$0.60 \cdot f_{ck} =$	15.00	N/mm ²	✔ 0.38	Positivo
M- Acciaio teso - C. caratt.								
	$\sigma_{s,min} =$	-281.52	\geq	$-0.80 \cdot f_{yk} =$	-360.00	N/mm ²	✔ 0.78	Positivo
M- Acciaio compr. - C. caratt.								
	$\sigma_{s,max} =$	67.11	\leq	$0.80 \cdot f_{yk} =$	313.04	N/mm ²	✔ 0.21	Positivo
M- Cls compr. - C. q. perm.								
	$\sigma_{c,max} =$	4.16	\leq	$0.45 \cdot f_{ck} =$	11.25	N/mm ²	✔ 0.37	Positivo

Stato limite di fessurazione						Ed/Rd	Esito	
M+ Comb. frequente								
	$\sigma_{s,inf.} =$	-261.81	\geq	$\sigma_{s,max,fr} =$	-280.00	N/mm ²	✔ 0.94	Positivo
M+ Comb. quasi permanente								
	$\sigma_{s,inf.} =$	-214.21	\geq	$\sigma_{s,max,q.p.} =$	-240.00	N/mm ²	✔ 0.89	Positivo
M- Comb. frequente								
	$\sigma_{s,sup.} =$	-250.24	\geq	$\sigma_{s,max,fr} =$	-280.00	N/mm ²	✔ 0.89	Positivo
M- Comb. quasi permanente								
	$\sigma_{s,sup.} =$	-203.32	\geq	$\sigma_{s,max,q.p.} =$	-240.00	N/mm ²	✔ 0.85	Positivo

Stato limite di deformazione						Ed/Rd	Esito	
Verifica della luce massima								
	L =	6.45	≤	L _{max} =	51.10	m	✓ 0.13	Positivo
Verifica del rapporto L/h								
	L/h =	10.75	≤	(L/h) _{max} =	85.16	N/mm ²	✓ 0.13	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 4 NTC						SF	Esito	
Armatura minima								
	A _{s,sup} =	603	≥	A _{s,min} =	222	mm ²	✓ 0.37	Positivo
Armatura minima								
	A _{s,inf} =	804	≥	A _{s,min} =	222	mm ²	✓ 0.28	Positivo
Armatura massima								
	A _{s,sup} =	603	≤	A _{s,max} =	7'200	mm ²	✓ 0.08	Positivo
Armatura massima								
	A _{s,inf} =	804	≤	A _{s,max} =	7'200	mm ²	✓ 0.11	Positivo
Interferro netto sup.								
	i _{f,sup} =	104	>	i _{f,min} =	25	mm	✓ 0.24	Positivo
Interferro netto inf.								
	i _{f,inf} =	64	>	i _{f,min} =	25	mm	✓ 0.39	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 7 NTC - Armatura inferiore tesa						SF	Esito	
Armatura tesa minima								
	ρ =	0.004	>	1.4/f _{yk} =	0.003		✓ 0.70	Positivo
Armatura tesa massima								
	ρ =	0.004	<	ρ _{max} =	0.011		✓ 0.40	Positivo
In zona critica								
	ρ _{comp} =	0.003	≥	1/2*ρ =	0.002		✓ 0.67	Positivo
Nel resto della trave								
	ρ _{comp} =	0.003	≥	1/4*ρ =	0.001		✓ 0.33	Positivo

Verifica dei dettagli costruttivi - cap. 7 NTC - Armatura superiore tesa						SF	Esito	
Armatura tesa minima								
	ρ =	0.003	>	1.4/f _{yk} =	0.003		✓ 0.93	Positivo
Armatura tesa massima								
	ρ =	0.003	<	ρ _{max} =	0.012		✓ 0.27	Positivo
In zona critica								
	ρ _{comp} =	0.004	≥	1/2*ρ =	0.002		✓ 0.38	Positivo
Nel resto della trave								
	ρ _{comp} =	0.004	≥	1/4*ρ =	0.001		✓ 0.19	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 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

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 ² tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	N/mm ² tensione di snervamento di progetto dell'acciaio

Aree di armatura

$A_{s,sup} =$	201.06	mm ²	Armatura superiore
$A_{s,inf} =$	402.12	mm ²	Armatura inferiore
$A_{spig.sup.} =$	201.06	mm ²	Armatura di spigolo superiore
$A_{spig.inf.} =$	201.06	mm ²	Armatura di spigolo inferiore

Momento positivo: sezione parzializzata - flessione semplice

$y_c =$	158.98	mm	Profondità dell'asse neutro dal bordo compresso
$d =$	570.00	mm	Altezza utile della sezione
$S_c(y_c) =$	3.79E+06	mm ³	Momento statico del cls in compressione
$S_{c,t}(y_c) =$	0.00E+00	mm ³	Momento statico del cls in trazione
$S_s(y_c) =$	-3.79E+06	mm ³	Momento statico dell'armatura
$S_n(y_c) =$	-8.11E-07	mm ³	Momento statico della sezione rispetto all'asse neutro
$I_{n,c} =$	4.02E+08	mm ⁴	Momento d'inerzia del cls compresso
$I_{n,ct} =$	0.00E+00	mm ⁴	Momento d'inerzia del cls teso
$I_{n,s} =$	2.19E+09	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'armatura
$I_n =$	2.59E+09	mm ⁴	Momento d'inerzia della sezione reagente

Momento positivo - combinazione caratteristica (rara)**Tensioni nei materiali**

$\sigma_{c,sup} =$	8.90	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo sup. (+ = compress.)
$\sigma_{c,inf} =$	0.00	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo inf. (+ = compress.)
$\sigma'_s =$	108.30	N/mm ²	Tensione nell'arm. compressa (+ = compress.)
$\sigma_s =$	-345.11	N/mm ²	Tensione nell'arm. tesa (+ = compress.)

Momento positivo - combinazione frequente**Tensioni nei materiali**

$\sigma_{c,sup} =$	6.75	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo sup. (+ = compress.)
$\sigma_{c,inf} =$	0.00	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo inf. (+ = compress.)
$\sigma'_s =$	82.16	N/mm ²	Tensione nell'arm. compressa (+ = compress.)
$\sigma_s =$	-261.81	N/mm ²	Tensione nell'arm. tesa (+ = compress.)

Momento positivo - combinazione quasi permanente**Tensioni nei materiali**

$\sigma_{c,sup} =$	5.52	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo sup. (+ = compress.)
$\sigma_{c,inf} =$	0.00	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo inf. (+ = compress.)
$\sigma'_s =$	67.22	N/mm ²	Tensione nell'arm. compressa (+ = compress.)
$\sigma_s =$	-214.21	N/mm ²	Tensione nell'arm. tesa (+ = compress.)

Momento negativo: sezione parzializzata - flessione semplice

$y_c =$	133.95	mm	Profondità dell'asse neutro dal bordo compresso
$d =$	570.00	mm	Altezza utile della sezione
$S_c(y_c) =$	2.69E+06	mm ³	Momento statico del cls in compressione
$S_{c,t}(y_c) =$	0.00E+00	mm ³	Momento statico del cls in trazione
$S_s(y_c) =$	-2.69E+06	mm ³	Momento statico dell'armatura
$S_n(y_c) =$	-3.52E-06	mm ³	Momento statico della sezione rispetto all'asse neutro
$I_{n,c} =$	2.40E+08	mm ⁴	Momento d'inerzia del cls compresso
$I_{n,ct} =$	0.00E+00	mm ⁴	Momento d'inerzia del cls teso
$I_{n,s} =$	1.85E+09	mm ⁴	Momento d'inerzia dell'armatura
$I_n =$	2.09E+09	mm ⁴	Momento d'inerzia della sezione reagente

Momento negativo - combinazione caratteristica (rara)**Tensioni nei materiali**

$\sigma_{c,sup} =$	0.00	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo sup. (+ = compress.)
$\sigma_{c,inf} =$	5.77	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo inf. (+ = compress.)
$\sigma'_s =$	67.11	N/mm ²	Tensione nell'arm. compressa (+ = compress.)
$\sigma_s =$	-281.52	N/mm ²	Tensione nell'arm. tesa (+ = compress.)

Momento negativo - combinazione frequente**Tensioni nei materiali**

$\sigma_{c,sup} =$	0.00	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo sup. (+ = compress.)
$\sigma_{c,inf} =$	5.12	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo inf. (+ = compress.)
$\sigma'_s =$	59.65	N/mm ²	Tensione nell'arm. compressa (+ = compress.)
$\sigma_s =$	-250.24	N/mm ²	Tensione nell'arm. tesa (+ = compress.)

Momento negativo - combinazione quasi permanente**Tensioni nei materiali**

$\sigma_{c,sup} =$	0.00	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo sup. (+ = compress.)
$\sigma_{c,inf} =$	4.16	N/mm ²	Tensione nel cls, lembo inf. (+ = compress.)
$\sigma'_s =$	48.47	N/mm ²	Tensione nell'arm. compressa (+ = compress.)
$\sigma_s =$	-203.32	N/mm ²	Tensione nell'arm. tesa (+ = compress.)

Stato limite di fessurazione

Condiz. ambientali: Ordinarie

Valori limite w di apertura delle fessure

Stato limite		Valori limite w	
frequente		$w_{lim,fr.} =$	w3
quasi permanente		$w_{lim,q.p.} =$	w2

Tensione limite massima nell'acciaio in funzione del diametro massimo delle barre

$\phi_{max,sup} =$	16	mm	Diametro massimo delle barre superiori
$\phi_{max,inf} =$	16	mm	Diametro massimo delle barre inferiori

Momento positivo: tensione limite nell'acciaio in funzione del diametro massimo delle barre

$\sigma_{s,max,fr} =$	280.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. freq.
$\sigma_{s,max,q.p.} =$	240.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. quasi perm.

Momento negativo: tensione limite nell'acciaio in funzione del diametro massimo delle barre

$\sigma_{s,max,fr} =$	280.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. freq.
$\sigma_{s,max,q.p.} =$	240.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. quasi perm.

Tensione limite massima nell'acciaio in funzione della spaziatura massima delle barre

Spaz.sup.=	120	mm	spaziatura massima delle barre superiori
Spaz.inf.=	80	mm	spaziatura massima delle barre inferiori

Momento positivo: tensione limite massima nell'acciaio in funzione della spaz. max delle barre

$\sigma_{s,max,fr} =$	360.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. freq.
$\sigma_{s,max,q.p.} =$	320.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. quasi perm.

Momento negativo: tensione limite massima nell'acciaio in funzione della spaz. max delle barre

$\sigma_{s,max,fr} =$	320.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. freq.
$\sigma_{s,max,q.p.} =$	280.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. quasi perm.

Tensione limite massima nell'acciaio per lo stato limite di fessurazione**Tensioni limite per momento positivo**

$\sigma_{s,max,fr} =$	280.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. freq.
$\sigma_{s,max,q.p.} =$	240.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. quasi perm.

Tensioni limite per momento negativo

$\sigma_{s,max,fr}$ =	280.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. freq.
$\sigma_{s,max,q.p.}$ =	240.00	N/mm ²	Tensione limite massima per comb. quasi perm.

Stato limite di deformazione

L =	6.45	m	Luce dell'elemento
h =	0.60	m	Altezza della sezione
L/h =	10.75		Rapporto tra luce e altezza della sezione

Schema strutturale dell'elemento

Schema: Campate terminali di travi continue

Tramezzi: fragili

K =	1.30		Coefficiente correttivo funzione dello schema strutturale
f_{ck} =	25.00	N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo
f_{yk} =	450.00	N/mm ²	tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
$A_{s,eff}/A_{s,calc}$ =	1		Rapporto fra armatura presente e armatura di calcolo
$A_{s,sup}$ =	6.03	cm ²	Armatura superiore
$A_{s,inf}$ =	8.04	cm ²	Armatura inferiore
A_c =	1'800	cm ²	Area di calcestruzzo
ρ_{sup} =	0.0045		Rapporto fra armatura superiore e area della sezione
ρ_{inf} =	0.0034		Rapporto fra armatura inferiore e area della sezione
c_{tram} =	1.00		Coefficiente riduttivo per presenza di tramezzi fragili
$(L/h)_{max}$ =	85.16		Limite massimo del rapporto L/h
L_{max} =	51.10	m	Luce massima dell'elemento

Verifica sui dettagli costruttivi - cap. 4 NTC

A_s =	1'407	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*f _{ctm} /f _{yk} *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*A _c

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

ϕ_{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
$i_{f,sup} =$	104	mm	Interferro netto superiore
$i_{f,inf} =$	64	mm	Interferro netto inferiore

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

$\rho =$	0.004	Percentuale geometrica di armatura tesa = $A_{s,tesa}/(b \cdot x)$
$\rho_{comp} =$	0.003	Percentuale geometrica di armatura compressa = $A_{s,comp}/(b \cdot x)$
$\rho_{max} =$	0.011	Limite massimo = $\rho_{comp} + 3.5/f_{yk}$

Caso di armatura tesa superiore

$\rho =$	0.003	Percentuale geometrica di armatura tesa = $A_{s,tesa}/(b \cdot x)$
$\rho_{comp} =$	0.004	Percentuale geometrica di armatura compressa = $A_{s,comp}/(b \cdot x)$
$\rho_{max} =$	0.012	Limite massimo = $\rho_{comp} + 3.5/f_{yk}$