

## Verifica SLE

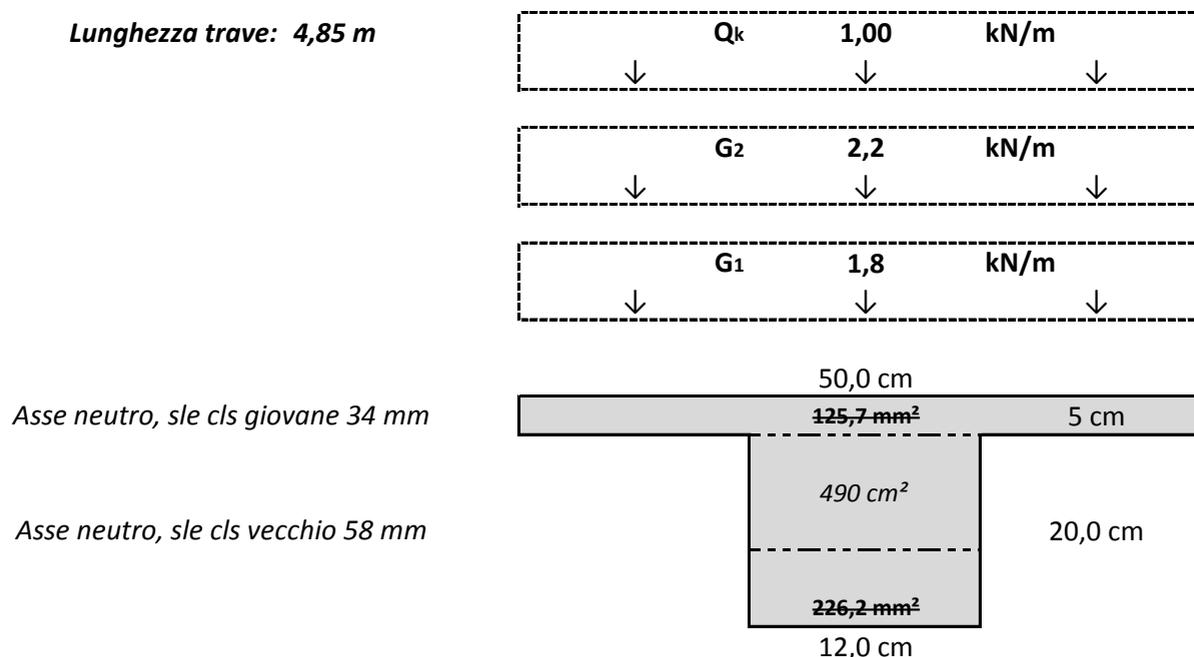
### 1-Geometria, definizione dei carichi e dei materiali utilizzati.

Larghezza della base superiore	b	500	mm
Larghezza della base inferiore	b <sub>w</sub>	120	mm
Altezza della sezione	h	250	mm
Spessore dell'alla	s	50	mm
Spessore copriferro	d'	22	mm
Classe di resistenza del calcestruzzo		C25/30	
Tipo Acciaio		Fe B450C	
Modulo elastico dell'acciaio	E <sub>s</sub>	210000	Mpa
Lunghezza della trave (app-app)		L	4,85 m
Carico Permanente strutturale	G <sub>1</sub>	1,830	kN/m <sup>2</sup>
Carico Permanente non strutturale	G <sub>2</sub>	2,190	kN/m <sup>2</sup>
Carico folla	Q <sub>k</sub>	1,000	kN/m <sup>2</sup>
M <sub>ed</sub> combinazione caratteristica		8,58	kN/m <sup>2</sup>
M <sub>ed</sub> combinazione frequente		7,52	kN/m <sup>2</sup>
M <sub>ed</sub> combinazione quasi permanente		7,11	kN/m <sup>2</sup>
La condizione ambientale è:		ordinaria	

### 2-Armature utilizzate

Rete elettrosaldata	φ 8	/ 20,0 cm	
Armatura Superiore	φ 10	φ 12	φ 14
			As, inserita 125,7 mm <sup>2</sup>
Armatura Inferiore	φ 10	φ 12	φ 14
		2	
			As, inserita 226,2 mm <sup>2</sup>

### 3-Riepilogo



#### 4-Resistenze dei materiali

Rck	30	N/mm <sup>2</sup>
fck	24,90	N/mm <sup>2</sup>
fcd	16,60	N/mm <sup>2</sup>
fctm	2,56	N/mm <sup>2</sup>
fctk	1,79	N/mm <sup>2</sup>
fyd	2,69	N/mm <sup>2</sup>
fyd	391,30	N/mm <sup>2</sup>

#### 5-Verifiche allo stato limite di esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche, per la sezione di mezzeria:

I-Verifica di deformabilità

II-Verifica delle tensioni di esercizio

III-Verifica di fessurazione

#### 5.1-Sezione Totalmente Reagente

Calcestruzzo nuovo, sezione totalmente reagente	n	6,7	-
	y	89	mm
	Ec	31447	Mpa
	J1	30986	cm <sup>4</sup>
	W1	347	cm <sup>3</sup>
	P,sle carat.	5,02	kN/m
	Med	8,58	kNm
	Mcr	5,92	kNm
	f1	3,7	mm
	f	<b>3,7</b>	mm
	fmax	19,4	mm
	f ≤ fmax	verificato 1/250	
	σc	-2,47	Mpa
σc ≤ 0,6 fck	VERIFICATO		
σs	25,64	Mpa	
LA SEZIONE SI FESSURA (STADIO 2)			

#### 5.2-Verifiche per il calcestruzzo Giovane, in combinazione caratteristica

Calcestruzzo nuovo	n	6,7	-
	P,sle carat.	5,02	kN/m
	Med	8,58	kNm
	J1	30986	cm <sup>4</sup>
	Mcr	5,92	kNm
	y	34	mm
	d,virt	154	mm
	ηs	5	mm
	As	352	mm <sup>2</sup>
	Ec	31447	Mpa
	J2	6352	cm <sup>4</sup>
	f1	3,7	mm
	f2	18,1	mm
	f	<b>11,3</b>	mm
	fmax	19,4	mm
	f ≤ fmax	verificato 1/250	
	σc	-4,55	Mpa
σc ≤ 0,6 fck	VERIFICATO		
σs	175,28	Mpa	
σs ≤ 0,8 fyk	VERIFICATO		
LA SEZIONE SI FESSURA (STADIO 2)			
FESSURAZIONE IMPOSTA NELLA SEZIONE GIOVANE:			NO

### 5.3-Verifiche per il calcestruzzo Giovane, in combinazione frequente

<b>Calcestruzzo nuovo</b>	<b>n</b>	6,7	-
	<b>P<sub>sle freq</sub></b>	4,52	kN/m
	<b>M<sub>ed</sub></b>	7,52	kNm
	<b>J<sub>1</sub></b>	30986	cm <sup>4</sup>
	<b>M<sub>cr</sub></b>	5,92	kNm
	<b>y</b>	34	mm
	<b>d<sub>virt</sub></b>	154	mm
	<b>η<sub>s</sub></b>	5	mm
	<b>A<sub>s</sub></b>	352	mm <sup>2</sup>
	<b>E<sub>c</sub></b>	31447	Mpa
	<b>J<sub>2</sub></b>	6352	cm <sup>4</sup>
	<b>σ<sub>c</sub></b>	-3,99	Mpa
	<b>σ<sub>s</sub></b>	153,62	Mpa
	<b>w<sub>d</sub></b>	0,07	mm
	<b>w<sub>lim</sub></b>	0,40	mm
	<b>w<sub>d</sub> ≤ w<sub>lim</sub></b>	<b>VERIFICATO</b>	
	<b>LA SEZIONE SI FESSURA (STADIO 2)</b>		
<b>FESSURAZIONE IMPOSTA NELLA SEZIONE GIOVANE:</b>		<b>NO</b>	

### 5.4-Verifiche per il calcestruzzo Vecchio, in combinazione quasi permanente

<b>Calcestruzzo vecchio</b>	<b>n</b>	23,9	-
	<b>P<sub>sle quas. Perm</sub></b>	4,32	kN/m
	<b>M<sub>ed</sub></b>	7,11	kNm
	<b>J<sub>1,vecchio</sub></b>	39201	cm <sup>4</sup>
	<b>M<sub>cr</sub></b>	5,92	kNm
	<b>y</b>	58	mm
	<b>d<sub>virt</sub></b>	65	mm
	<b>η<sub>n</sub></b>	229	mm
	<b>A<sub>s</sub>*</b>	794	mm <sup>2</sup>
	<b>E<sub>c,vec</sub></b>	8775	Mpa
	<b>J<sub>2</sub></b>	19279	cm <sup>4</sup>
	<b>f<sub>1</sub></b>	9,0	mm
	<b>f<sub>2</sub></b>	18,4	mm
	<b>f</b>	<b>15,2</b>	mm
	<b>f<sub>max</sub></b>	19,4	mm
	<b>f ≤ f<sub>max</sub></b>	<b>verificato 1/250</b>	
	<b>σ<sub>c,nuovo</sub></b>	-3,77	Mpa
	<b>σ<sub>c</sub> ≤ 0,45 f<sub>ck</sub></b>	<b>VERIFICATO</b>	
	<b>σ<sub>s, nuovo</sub></b>	145,25	Mpa
	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>0,07</b>	mm
<b>w<sub>lim</sub></b>	0,30	mm	
<b>w<sub>d</sub> ≤ w<sub>lim</sub></b>	<b>VERIFICATO</b>		
<b>LA SEZIONE SI FESSURA (STADIO 2)</b>			
<b>FESSURAZIONE IMPOSTA NELLA SEZIONE VECCHIA:</b>		<b>NO</b>	

### 5.5-Cenni Teorici

Si riportano le verifiche condotte per ogni stato limite di esercizio, in particolare:

**Combinazione Rara:** Verifica alle tensioni e Verifica alle frecce istantanee;

**Combinazione Frequente:** Verifica all'apertura delle lesioni;

**Combinazione Quasi Permanente:** Verifica alle tensioni, Verifica all'apertura delle lesioni e Verifica delle frecce differite.

Si riportano anche valori tensionali di interesse progettuale e i valori del momento d'inerzia di tutte le sezioni in relazione allo stadio di esercizio, per la combinazione rara.

La verifica delle tensioni consiste nel confrontare le tensioni che si attingono nei materiali in condizioni di esercizio con i valori limite fissati dalla normativa per contenere i fenomeni di

microfessurazione e di viscosità nel calcestruzzo compresso e lo snervamento dell'acciaio. Al fine di preservare la durabilità strutturale nelle condizioni ambientali maggiormente onerose le NTC prescrivono che la massima tensione di compressione nel calcestruzzo debba rispettare:

$$\text{combinazione rara } \sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck}$$

$$\text{combinazione quasi permanente } \sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck}$$

Per quanto attiene la massima trazione nell'acciaio:

$$\sigma_s \leq 0,80 f_{yk}$$

Le massime tensioni sono state calcolate con la teoria elastica.

Il calcolo tecnico dell'apertura delle fessure viene eseguito per la combinazione frequente e quasi permanente.

Il valore di calcolo dell'apertura delle fessure  $w_d$  può essere ottenuto con l'espressione:

$$w_d = \varepsilon_{sm} \Delta_{smax}$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_s \rho_{eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Si fa l'ipotesi che l'armatura sia disposta con una spaziatura non superiore a  $5(c + \phi/2)$ , in cui il diametro nel caso fossero presenti tondi diversi, è stabilito attraverso una media pesata.

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$w_1$	0,2 mm
$w_2$	0,3 mm
$w_3$	0,4 mm

Dall' EC2 2004, La freccia massima si calcola:

$$f = f_1 c \left( \frac{M_{cr}}{M_{sd}} \right)^2 + f_2 \left[ 1 - c \left( \frac{M_{cr}}{M_{sd}} \right)^2 \right]$$

$f_1$  è la freccia massima calcolata per la trave appoggiata nella condizione di sezione totalmente reagente, stadio 1. Nell'ipotesi che il calcestruzzo sia giovane

$f_2$  è la freccia massima calcolata per la trave appoggiata nella condizione di sezione parzializzata, stadio 2. Nell'ipotesi che il calcestruzzo sia giovane

$$f_1 = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E_c J_1} \quad f_2 = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{E_c J_2} \quad M_{cr} = \frac{1,2 f_{ctm} J_1}{h - x}$$

$M_{cr}$  è il momento di prima fessurazione si calcola con la teoria elastica una volta attinta la tensione massima a trazione del calcestruzzo maggiorata del 20% . "c" è un coefficiente che tiene conto dei carichi di lunga durata ( vale 1 per carichi di breve durata e 0,5 per carichi di lunga durata o ciclici).

Nel caso di mensole la freccia massima si calcola con la stessa relazione considerando però il doppio della lunghezza dello sbalzo.

Lo stesso calcolo viene eseguito considerando i fenomeni lenti del calcestruzzo calcolando il modulo elastico efficace con il metodo EM (effective modulus) utilizzando il coefficiente di viscosità. Il coefficiente di viscosità valutato a tempo infinito è fornito in forma tabellare dalla Normativa Italiana al paragrafo 11.2.10.7. Questa verifica è condotta per lo stato limite di esercizio quasi permanente.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{c(28gg)}}{1 + \phi(\infty, t_0)} \quad E_{c(28gg)} = 22000 \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{1.3}$$

La verifica è soddisfatta se il rapporto freccia luce è minore di 1/250.  
**y** Indica la posizione dell'asse neutro, mentre **J** rappresenta il momento d'inerzia della sezione.  
I pedici 1 e 2 indicano rispettivamente sezione reagente e parzializzata.  
**n** è il coefficiente di omogeneizzazione della sezione.