

## CALCOLO AGLI S.L.U. DI SOLAIO CON TRAVI IN ACCIAIO

(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

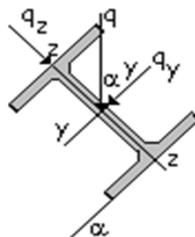
I solai del fabbricato in oggetto avranno struttura portante costituita da profilati in acciaio ..... di classe 1, 2 o 3 ed interposte pignatte in laterizio.

### Caratteristiche geometriche e inerziali

Fattore di confidenza 1,00

Nuovo intervento o esistente LC3

Peso trave	<b>IPE 160</b>	=	0,15 KN/m
Interasse travi acciaio		i =	0,50 m
Angolo di inclinazione solaio		$\alpha =$	0 °
Spessore materiale di alleggerimento		=	16 cm
Peso unità di volume materiale di alleggerim.		=	12,00 KN/m <sup>3</sup>
Spessore cappa		=	4 cm
Peso unità di volume cappa		=	24,00 KN/m <sup>3</sup>
Luce netta solaio		l =	5,00 m
Carico permanente (pavim., sottofondo, intonaco)		=	1,00 KN/m <sup>2</sup>
Peso tramezzatura		=	0,80 KN/m <sup>2</sup>
Carico variabile		=	2,00 KN/m <sup>2</sup>
Modulo di resistenza plastico della sezione asse forte		$W_{pl,y} =$	123860 mm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza plastico della sezione asse debole		$W_{pl,z} =$	26100 mm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico minimo della sez. asse forte		$W_{ely,min} =$	108662 mm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza elastico minimo della sez. asse debole		$W_{elz,min} =$	16662 mm <sup>3</sup>
Tensione caratteristica acciaio tipo	<b>S235</b>	$f_{yk} =$	235 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di progetto a flessione sul piano xz		$M_{y,Rd} =$	27,72 KNm
Resistenza di progetto a flessione sul piano xy		$M_{z,Rd} =$	5,84 KNm
Resistenza di progetto a taglio		$V_{c,Rd} =$	124,82 KN
Area di taglio della sezione del profilo		$A_v =$	966,00 mm <sup>2</sup>
Momento d'inerzia del profilato asse Y		$I_y =$	8692929 mm <sup>4</sup>
Momento d'inerzia del profilato asse Z		$I_z =$	683146 mm <sup>4</sup>
Classe di sezione del profilo		=	1



### Analisi dei carichi in KN/m

Pignatte	0,16	x	12,00	x	0,50	=	0,96 KN/m
Travi acciaio						=	0,15 "
Cappa	0,04	x	24,00	x	0,50	=	0,48 "
Perman.			1,00	x	0,50	=	0,50 "
Tramez.			0,80	x	0,50	=	0,40 "
Carico variabile			2,00	x	0,50	q =	1,00 "
Altri carichi distribuiti						=	0,00 "
Totale (carichi fissi + sovraccarico)						$Q_t =$	<b>3,49 KN/m</b>

Carico permanente  $Q_1 = 1,59$  KN/m

Carico perm. non strutt. + variabile  $Q_2 = 1,90$  KN/m

Il carico totale di progetto allo SLU è dato da:

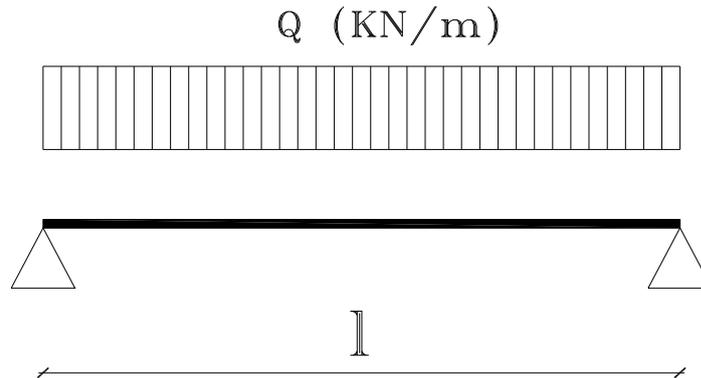
$$Q = 1,3 \times Q_1 + 1,5 \times Q_2 = \quad \quad \quad \mathbf{4,92 \text{ KN/m}}$$

dove:

$\gamma_G = 1,3$  è il fattore parziale di amplificazione dei carichi permanenti.

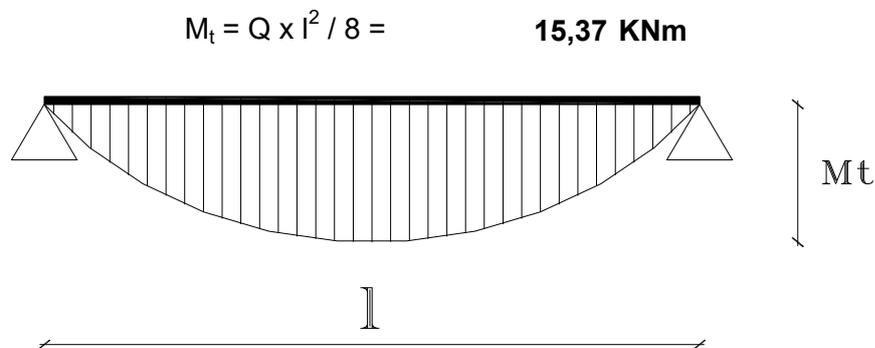
$\gamma_Q = 1,5$  è il fattore parziale di amplificazione dei carichi perm. non strutturali + variabili

Lo schema statico risultante è il seguente:



### ***Determinazione delle sollecitazioni***

Ogni trave in acciaio viene sollecitata da un momento flettente massimo in mezzera:

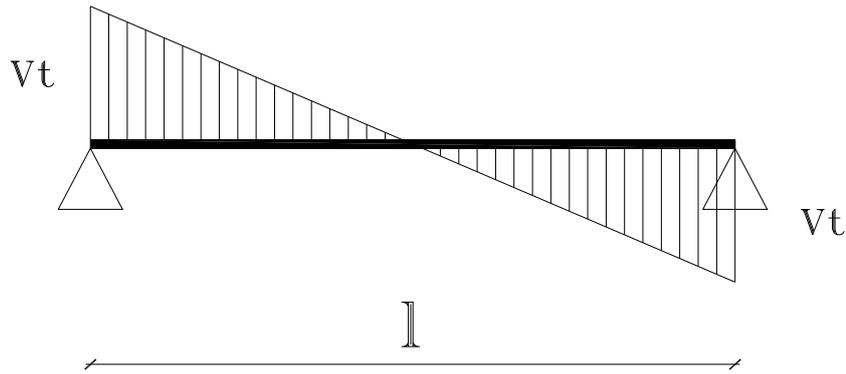


e scomponendo nelle due componenti attorno all'asse y e all'asse z si ha:

$$M_{t,y} = M_t \times \cos \alpha = \quad \quad \quad \mathbf{15,37 \text{ KNm}} \qquad \qquad M_{t,z} = M_t \times \sin \alpha = \quad \quad \quad \mathbf{0,00 \text{ KNm}}$$

Ogni trave viene sollecitata inoltre da un taglio massimo agli appoggi:

$$V_t = Q \times l / 2 = \quad \quad \quad \mathbf{12,29 \text{ KN}}$$



### Verifica a taglio

Deve essere rispettata la seguente condizione:

$$V_t / V_{c,Rd} = 0,098 < 1$$

**VERIFICATO**

### Verifica a flessione

Se il taglio di progetto  $V_{Ed} \leq 0,5 V_{c,Rd}$  si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione. Se invece  $V_{Ed} > 0,5 V_{c,Rd}$  bisogna tener conto dell'influenza del taglio sulla resistenza a flessione. In quest'ultimo caso, posto  $\rho = [2V_{Ed}/V_{c,Rd} - 1]^2$ , la resistenza a flessione si determina assumendo per l'area resistente a taglio  $A_v$  la tensione di snervamento ridotta  $(1 - \rho)f_{yk}$ .

Deve essere rispettata la seguente condizione:

$$M_{t,y} / M_{y,Rd} + M_{z,y} / M_{z,Rd} \leq 1$$

$$M_{t,y} / M_{y,Rd} + M_{z,y} / M_{z,Rd} = 0,55 < 1$$

**VERIFICATO**

### Verifica degli spostamenti verticali agli stati limite di esercizio

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento è dato da:

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2$$

dove:  $\delta_1$  = spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti

$\delta_2$  = spostamento elastico dovuto ai carichi variabili

I limiti di deformabilità per l'elemento strutturale in esame sono (Tab. 4.2.XII):

**Solai in generale**

$\delta_{max}/L$	$\delta_2/L$
0,004	0,0033

$$\delta_{\max, \lim} = 20,00 \text{ mm}$$

$$\delta_{2, \lim} = 16,50 \text{ mm}$$

$$\delta_1 = (5 Q_{\text{perm},z} l^4)/(384 E I_y) + (5 Q_{\text{perm},y} l^4)/(384 E I_z) = \mathbf{11,1 \text{ mm}}$$

$$\delta_2 = (5 Q_{\text{var},z} l^4)/(384 E I_y) + (5 Q_{\text{var},y} l^4)/(384 E I_z) = \mathbf{4,5 \text{ mm}}$$

$$\delta_2 = \mathbf{4,5 \text{ mm}} < \delta_{2, \lim}$$

**VERIFICATO**

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 = \mathbf{15,6 \text{ mm}} < \delta_{\max, \lim}$$

**VERIFICATO**

dove:  $Q_{\text{perm},z}$  = carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave, rispetto asse Z

$Q_{\text{perm},y}$  = carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave, rispetto asse Y

$Q_{\text{var},z}$  = carico variabile lineare non amplificato agente sulla trave rispetto asse Z

$Q_{\text{var},y}$  = carico variabile lineare non amplificato agente sulla trave rispetto asse Y

$l$  = luce netta solaio

$E$  = modulo elastico dell'acciaio (210000 N/mm<sup>2</sup>)

$I_y$  = momento d'inerzia della sezione del profilato rispetto all'asse Y

$I_z$  = momento d'inerzia della sezione del profilato rispetto all'asse Z

Il profilo previsto in progetto è idoneo a sopportare i carichi assegnati.

**RELAZIONE DI CALCOLO**

Il solaio con travi in acciaio, impiegato sia per gli impalcati di interpiano che per le coperture degli edifici, è costituito da travi in profili IPE, HEA o generico inserito dall'utente, in acciaio di classe 1, 2, o 3, poste ad opportuno interasse e considerate appoggiate alle estremità. L'elemento strutturale viene sottoposto a carichi verticali distribuiti linearmente lungo l'asse longitudinale dello stesso.

Il software, effettuata l'analisi dei carichi, il calcolo della trave in acciaio soggetta a carichi esterni lineari uniformemente distribuiti, dai quali vengono desunte le sollecitazioni di flessione e taglio massime, rispettivamente in mezzera e agli appoggi della trave. Viene effettuata inoltre la verifica di deformabilità dell'elemento, nei vari casi di impiego dello stesso. Il calcolo può essere effettuato sia per solai nuovi che per solai esistenti in base al livello di conoscenza.

Il calcolo viene effettuato con il metodo degli stati limite ultimi ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018), prendendo in considerazione i vari tipi di acciaio previsti dalla normativa nonché la classe della sezione del profilo. Il coefficiente di sicurezza del materiale  $\gamma_{M0}$  dipende dal tipo di materiale e dalla classe dello stesso. Per la tipologia di materiale impiegato il coefficiente  $\gamma_{M0}$  assume il valore 1,05 riportato nella tab. 4.2.VII del D.M.. Le caratteristiche dell'acciaio sono desunte dalle norme armonizzate della serie UNI EN 10025.

La resistenza dei materiali è desunta dalla tabella 4.2.I delle NTC 2018.

La verifica della trave viene condotta agli S.L.U. con resistenza di progetto data dall'espressione:

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

dove:  $R_k$  è il valore caratteristico della resistenza della membratura determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali  $f_{yk}$  e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione e  $\gamma_M$  è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato (Tab. 4.2.VII).

Le verifiche eseguite sono:

Verifica a flessione semplice per travi orizzontali ed a flessione deviata per travi inclinate;

Verifica a taglio;

Verifica di deformabilità.

Per effetto del carico esterno verticale ogni trave è sollecitata a flessione e taglio, le cui espressioni degli sforzi sono, rispettivamente:

$$M_t = Q \cdot L^2 / 8$$

$$V_t = Q \cdot L / 2$$

dove Q è il carico esterno distribuito lineare e L la lunghezza dell'asta.

Per la verifica a flessione dell'elemento deve essere soddisfatta la condizione:

$$M_{t,y} / M_{y,Rd} + M_{t,z} / M_{z,Rd} \leq 1$$

dove:  $M_{y,Rd}$  e  $M_{z,Rd}$  sono le resistenze di progetto a flessione sul piano xz e sul piano xy.

Per la verifica a taglio dell'elemento deve essere soddisfatta la condizione:

$$V_t / V_{c,Rd} \leq 1$$

dove:  $V_{c,Rd}$  è la resistenza di progetto a taglio.

Nella verifica a flessione si tiene conto anche dell'eventuale presenza di taglio superiore a  $0,5 V_{c,Rd}$

Per la verifica di deformabilità degli elementi inflessi deve risultare:

$$\delta_{\max} < \delta_{\max, \lim}$$

$$\delta_2 < \delta_{2, \lim}$$

dove:  $\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 = \delta_{\text{tot}}$  è lo spostamento verticale totale massimo nello stato finale dovuto ai carichi permanenti  $\delta_1$  e variabili  $\delta_2$ ,  $\delta_{\max, \lim}$  e  $\delta_{2w, \lim}$  sono i corrispondenti spostamenti limite per la destinazione d'uso dell'elemento strutturale.

Mentre le frecce massime  $\delta_1$  e  $\delta_2$  sono date rispettivamente dalle espressioni:

$$\delta_1 = (5 \times Q_{\text{perm},z} \times l^4) / (384 \times E \times I_y) + (5 \times Q_{\text{perm},y} \times l^4) / (384 \times E \times I_z)$$

$$\delta_2 = (5 \times Q_{\text{var},z} \times l^4) / (384 \times E \times I_y) + (5 \times Q_{\text{var},y} \times l^4) / (384 \times E \times I_z)$$

dove:  $Q_{\text{perm}}$  è il carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave;  $Q_{\text{var}}$  il carico variabile lineare non amplificato agente sulla trave;  $l$  è la luce netta del solaio;  $A$  è l'area della sezione della trave;  $E$  è il modulo elastico longitudinale dell'acciaio;  $I_y$  e  $I_z$  sono i momenti d'inerzia della sezione.