

COMUNE DI CASTEL MAGGIORE

MANUTENZIONE STRAORDINARIA RIFACIMENTO IMPERMEABILIZZAZIONE COPERTURA

FABBRICATO AD USO SCOLASTICO
SCUOLA ELEMENTARE "F. FRANCHINI"

VIA GIULIO VERNE N.1, LOC. SABBIUNO, COMUNE CASTEL MAGGIORE
(N.C.E.U. - Foglio n.15, Mappale n.42)

PROGETTO PRELIMINARE

C.U.P. G74H15000210004

SPAZIO RISERVATO A TIMBRI:

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Geom. Lucia Campana

3° Settore Lavori Pubblici ed Ambiente - "Servizio Lavori Pubblici Patrimonio Trasporti e Mobilità"

PROGETTISTA e DIRETTORE DEI LAVORI:

Ing. Carmelo Ricciardo

c.f. RCC CML 52R04D 569R

via Miliani n.7 - 40132, Bologna

tel. 051 6389407

cell. 335 6926114

mail. c.ricciardo@libraing.it

Oggetto:

Tavola n°:

Scala:

RELAZIONE DI CALCOLO

R.C.

-

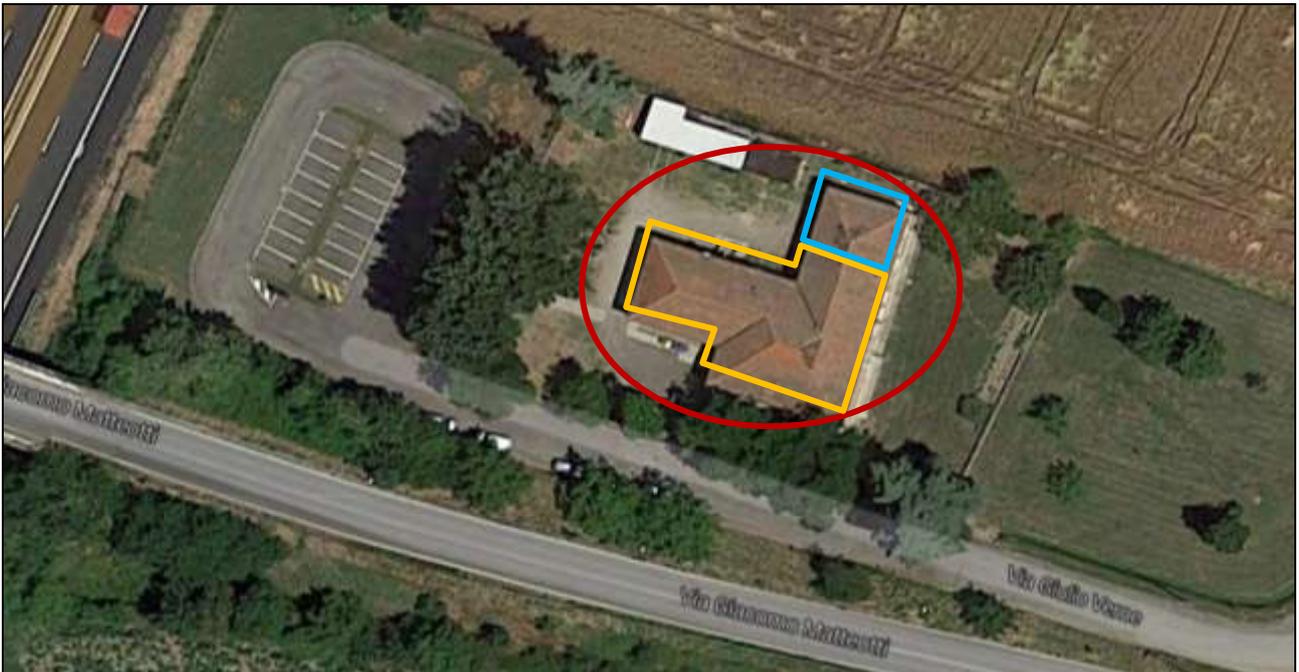
Revisione	Descrizione	Redatto	Approvato	Data
1				
0	Emissione	Ing. Gambaiani	Ing. Ricciardo	Maggio 2015

RELAZIONE DI CALCOLO

DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO

La presente relazione tratta la verifica dei nuovi elementi (tavolato e travetti) a sostituzione degli elementi esistenti (travetti e tavelloni in laterizio), necessari per la manutenzione straordinaria della copertura dell'edificio ad uso scolastico, scuola elementare "F. Franchini", sito in via Giulio Verne n.1 – loc. Sabbiuo, Comune di Castel Maggiore (BO), distinto al N.C.E.U. al foglio n.15, mappale n.42.

Il fabbricato si compone di due unità: l'unità ad uso scolastico (sub. 6) e l'unità ad uso residenza (sub. 5) del custode. Entrambe le unità sono interessate dall'intervento.



IMM01_ ortofoto fabbricato interessato dall'intervento (in rosso); in arancione l'unità ad uso scolastico, in azzurro l'unità ad uso residenza del custode.

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Trattasi di fabbricato monopiano (piano rialzato + piano sottotetto non abitabile), con struttura portante in muratura e tetto a falde. Le pareti perimetrali sono del tipo mattone faccia a vista. Le aperture (porte e finestre) hanno una certa regolarità.

Sono presenti una serie di accessi al fabbricato, tutti dotati di scaletta controterra per il superamento del dislivello (piano rialzato). Nel cortile interno è posizionato l'accesso alla residenza del custode.

Il solaio di copertura è realizzato con orditura principale e secondaria in legno più tavelloni in laterizio e tegole marsigliesi a finitura (non è presente manto impermeabile). Il solaio di sottotetto (tra piano rialzato e sottotetto) è realizzato con travetti in laterocemento realizzati in opera e tavelle di laterizio inferiori (non calpestabile).

DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento di manutenzione straordinaria della copertura si rende necessario a seguito delle numerose infiltrazioni verificatesi durante l'ultimo inverno (causa abbondante neve depositata sulla copertura, vedi anche elaborato R.F. - *Rilievo fotografico*). A seguito di tale infiltrazioni si sono verificati dei limitati collassi del solaio di copertura e numerose infiltrazioni d'acqua che hanno raggiunto i locali adibiti a scuola (vedi anche Agibilità Provvisoria P.G. 4948 del 07/03/2015, rilasciata in seguito agli interventi di puntellatura/ripristino ivi descritte). Negli interventi in progetto si prevede di sistemare tutte quelle aree lasciate puntellate in attesa di un futuro intervento (puntellatura travetti).

Verranno realizzate le seguenti opere: rimozione di tutto il manto di copertura in tegole marsigliesi, rimozione del piano in tavole di laterizio di 4 cm (32 kg/mq), rimozione di tutti i travetti, sostituzione con nuovi travetti e posa di nuovo tavolato in legno spessore 2,5 cm (12 kg/mq, tavolato singolo per non alterare la rigidità del piano di copertura – solaio flessibile); una volta steso il tavolato su tutto il piano di copertura si potrà procedere con la posa di una guaina impermeabile con finitura ardesiata (10 kg/mq) e riposizionamento finale del manto di copertura in tegole marsigliesi (con integrazioni delle tegole lesionate).

Visto che tutti i travetti saranno sostituiti l'intervento prevede anche tutta una serie di particolari di posa (vedi elaborati grafici allegati) volti a limitare la spinta del coperto sulle pareti laterali.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 14-01-2008 – Norme tecniche per le Costruzioni
- Circolare Applicativa n.617 del 02-02-2009

DESCRIZIONE DEI MATERIALI*MATERIALI DI PROGETTO*Carpenteria metallica: acciaio S235JR

f_{yk}	= tensione caratteristica di snervamento	= 235 N/mm ²
f_{tk}	= tensione caratteristica di rottura	= 360 N/mm ²
E	= modulo di elasticità	= 210000 N/mm ²
γ_a	= peso specifico	= 78,5 KN/m ³

Chiodi in acciaio inossidabile : $f_u > 600$ Mpa*MATERIALI ESISTENTI*Muratura (mattoni bolognesi): in mattoni pieni e malta di calce

f_m	= resistenza media caratteristica a compressione	= 24 Kg/cm ²
τ_0	= resistenza media caratteristica a taglio	= 0,6 Kg/cm ²

E	= valore medio modulo elasticità normale	= 6000 Kg/cmq	(già ridotto 50%)*
G	= valore medio modulo elasticità tangenziale	= 2000 Kg/cmq	(già ridotto 50%)*
γ_{ca}	= peso specifico muratura	= 18 KN/mc	

*vedi par. 7.8.1.5.2 del D.M. 14-01-2008 (rigidezze ridotte)

Ai parametri sopra riportati saranno poi applicati i seguenti coefficienti:

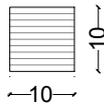
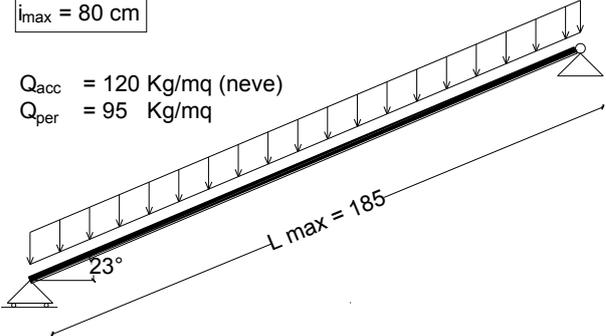
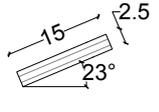
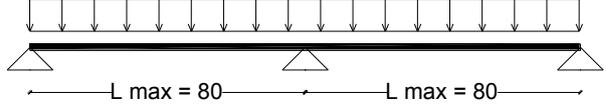
FC	= fattore di confidenza da adottare	= 1,35 (LC1)
----	-------------------------------------	--------------

Strutture in legno: Abete (nord) - conifera C27

$f_{m,k}$	= resistenza caratteristica a flessione	= 27 N/mmq
$f_{v,k}$	= resistenza caratteristica a taglio	= 2,8 Kg/cmq
$E_{0,mean}$	= modulo di elasticità parallelo medio	= 11500 N/mmq
$E_{90,mean}$	= modulo di elasticità	= 380 N/mmq
G_{mean}	= modulo di resistenza a taglio medio	= 720 N/mmq
γ_l	= peso specifico	= 4,5 KN/mc

ILLUSTRAZIONE DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE DI MODELLAZIONE

Come sopra esposto, al fine di limitare la spinta del travetto sulla muratura perimetrale sono stati adottati i seguenti schemi di calcolo (travetti e tavolato):

SEZIONE	SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO
<p><i>travetto 10x10</i></p> 	<p>$i_{max} = 80 \text{ cm}$</p> <p>$Q_{acc} = 120 \text{ Kg/mq (neve)}$ $Q_{per} = 95 \text{ Kg/mq}$</p> 
<p><i>tavolato 2,5x15</i></p> 	<p>$Q_{acc} = 120 \text{ Kg/mq (neve)}$ $Q_{per} = 87 \text{ Kg/mq}$</p> 

*NOTA: i carichi indicati devono essere moltiplicati per i coefficienti:

$\gamma = 1,3$ (per)

$\gamma = 1,5$ (acc)

IMM 02_Travetto: cerniera-carrello, Tavolato: su tre appoggi.

INDICAZIONE DELLE PRINCIPALI COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \times G1 + \gamma_{G2} \times G2 + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \gamma_{Q2} \times \Psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma_{Q3} \times \Psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G1 + G2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \times Q_{k2} + \Psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$

dove:

Destinazione d'uso/azione	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

D.M. 14 gennaio 2008 Tabella 2.5.I

Nelle verifiche viene adottato il seguente approccio progettuale: APPROCCIO 1

		coeff. γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

D.M. 14 gennaio 2008 Tabella 2.6.I

AZIONI SUI SOLAI
Solaio copertura (attuale)

G1	Tegole	0,45 KN/mq	
G1	Tavelloni in laterizio	0,32 KN/mq	4 cm
G1	Travetti in legno 7x7h (i=60 cm) (6,00*0,07*0,07*1*1/0,6)	0,05 KN/mq	7 cm
G1	Travi principali in legno 17x17h (i~170 cm) (6,00*0,17*0,17*1/1,7)	0,10 KN/mq	17 cm
p, p_{cop}		<i>totale</i> 0,92 KN/mq	28 cm
p, a_{cop}	Neve	1,20 KN/mq	

Solaio copertura (progetto)

G1	Tegole	0,45 KN/mq	
G1	Guaina impermeabile ardesiata	0,10 KN/mq	0,5 cm
G1	Tavolato in legno 2,5 cm (4,50*0,025)	0,12 KN/mq	2,5 cm
G1	Travetti in legno 10x10h (i=80 cm) (450*0,1*0,1*1/0,8)	0,06 KN/mq	10 cm
G1	Travi principali in legno 17x17h (i~170 cm) (600*0,17*0,17*1/1,7)	0,10 KN/mq	17 cm
p, p_{cop}		<i>totale</i> 0,83 KN/mq	30 cm
p, a_{cop}	Neve	1,20 KN/mq	

Carico agente sul tavolato:

$$q_{tav} = (0,45 + 0,10 + 0,12) * 1,3 + (1,20) * 1,5 = (0,67) * 1,3 + (1,20) * 1,5 = 0,87 + 1,80 = 2,67 \text{ KN/mq}$$

Carico agente sul travetto:

$$q_{tra} = (0,45 + 0,10 + 0,12 + 0,06) * 1,3 + (1,20) * 1,5 = (0,73) * 1,3 + (1,20) * 1,5 = 0,95 + 1,80 = 2,75 \text{ KN/mq}$$

INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI INTERVENTO

Dal punto di vista strutturale gli interventi rientrano tutti nelle definizioni di “*Interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità a fini sismici*” – I.P.Ri.P.I. ai sensi dell’Allegato I alla D.G.R. 687/2011; più precisamente:

DESCRIZIONE INTERVENTO	CLASSIFICAZIONE INTERVENTO
Demolizione tavelle in laterizio e sostituzione con tavolato ligneo, con aggiunta di guaina impermeabile superiore senza aumento di peso (piccola diminuzione del carico ~ 10 kg/mq).	I.P.Ri.P.I. (Allegato I, D.G.R. 687/2011) par. B.3.3.a) (L0)
Adeguamento delle botole esistenti di accesso al piano sottotetto e copertura, con adeguamento foro alle dimensioni di: lucernario - 0,80x0,100 m = 0,80 mq botola - 0,70x2,00 m = 1,40 mq	I.P.Ri.P.I. (Allegato I, D.G.R. 687/2011) par. B.3.1.a) (L1)

VERIFICA DEGLI ELEMENTI

Di seguito si riportano le verifiche effettuate per gli elementi tavolato 15x2,5h e travetti 10x10h:

TAVOLATO 15x2,5h



Dati di input:

Rotazione della sezione (per flessione deviata)	α	=	23,0	°	(42%)
Inclinazione della trave (per la proiezione dei carichi)	β	=	0,0	°	(0%)
Distanza di influenza o interasse	i	=	0,15	m	
Coefficienti moltiplicativi del carico permanente G2	γ_{G2}	=	0 ÷ 1,5		

Tipo di legno C, D, GLh, GLc Massiccio - C27 EN 338

Classe di esposizione Ambiente umido - Kdef=0,8

Classe di durata del carico permanente Permanente

Coefficiente di durata $k_{mod,p} = 0,60$

Classe di durata del carico variabile Media durata

Coefficiente di durata $k_{mod,v} = 0,80$

Caratteristiche del legno:

Massa volumica	ρ_k	=	450	kg/m ³
Modulo elastico parallelo medio	$E_{0,mean}$	=	11,5	GPa
Modulo elastico perpendicolare medio	$E_{90,mean}$	=	0,38	GPa
Modulo di taglio medio	G_{mean}	=	0,72	GPa
Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	=	27,0	MPa
Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	=	2,8	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_m	=	1,50	

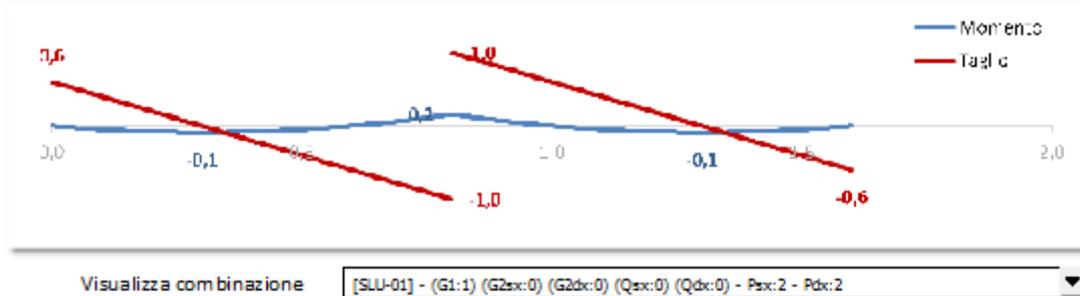
Analisi dei carichi:

Somma dei carichi permanenti campata sinistra	GSX	=	10,3	daN/m
Carichi variabili al metro campata sinistra	QSX	=	18,0	daN/m
Somma dei carichi al metro campata sinistra	G + Q	=	28,3	daN/m
Somma dei carichi permanenti campata destra	GDX	=	10,3	daN/m
Carichi variabili al metro campata destra	QDX	=	18,0	daN/m
Somma dei carichi al metro campata destra	G + Q	=	28,3	daN/m

Combinazione dei carichi e sollecitazioni:

<i>carico I</i>	Momento massimo (combinazione di carico)	$M_{d,I}$	=	1,2	daN m	(8)
	Taglio massimo (combinazione di carico)	$T_{d,I}$	=	7,5	daN	(8)
<i>carico II</i>	Momento massimo (combinazione di carico)	$M_{d,II}$	=	3,4	daN m	(32)
	Taglio massimo (combinazione di carico)	$T_{d,II}$	=	21,0	daN	(32)

Grafici delle sollecitazioni [in daN, m]:



Caratteristiche inerziali della sezione:

Area della sezione	A	=	30	cm ²
Modulo di resistenza della sezione	W	=	10	cm ³
Momento di inerzia della sezione in direzione dell'altezza	J _h	=	10	cm ⁴
Momento di inerzia della sezione in direzione della base	J _b	=	563	cm ⁴

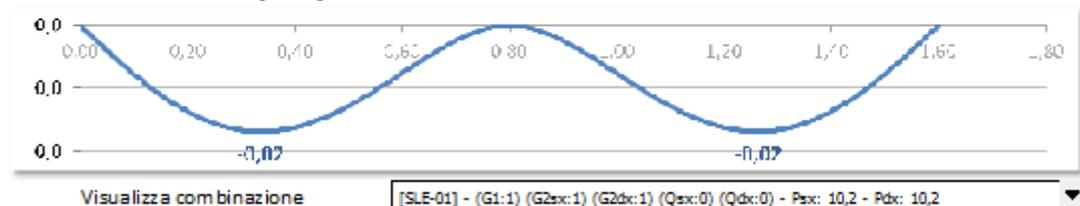
Verifica a FLESSIONE allo stato limite ultimo (SLU):

Condizione di carico più gravosa per la verifica a flessione:				II
$M_{d,1}/kmod,p$	=	2	VERIFICA SODDISFATTA	σ_d = 32,7 daN/cm ²
$M_{d,II}/kmod,v$	=	4		$f_{m,d}$ = 144,0 daN/cm ²

Verifica a TAGLIO allo stato limite ultimo (SLU):

Condizione di carico più gravosa per la verifica a taglio:				II
$T_{d,1}/kmod,p$	=	12	VERIFICA SODDISFATTA	σ_d = 1,0 daN/cm ²
$T_{d,II}/kmod,v$	=	26		$f_{m,d}$ = 14,9 daN/cm ²

Grafico delle deformazioni [in cm]:



Verifica a DEFORMAZIONE allo stato limite di esercizio (SLE):

Coefficiente di combinazione del carico variabile

Neve a quota ≤ 1.000 m
ψ_2 = 0,00

Campata sinistra				Campata destra			
$U_{ist,g}$	=	0,03	cm	$U_{ist,g}$	=	0,03	cm
$U_{ist,q}$	=	0,05	cm	$U_{ist,q}$	=	0,05	cm
max U_{ist}	=	0,08	cm (6)	max U_{ist}	=	0,08	cm (7)
max U_{ist}	=	1/1053	della luce	max U_{ist}	=	1/1053	della luce
$U_{fin,g}$	=	0,05	cm	$U_{fin,g}$	=	0,05	cm
$U_{fin,q}$	=	0,05	cm	$U_{fin,q}$	=	0,05	cm

U_{fin}	=	0,10	cm	VERIFICA SODDISFATTA	○ Verifica L/200	U_{fin}	=	0,10	cm	VERIFICA SODDISFATTA
U_{lim}	=	0,27	cm	SODDISFATTA	● Verifica L/300	U_{lim}	=	0,27	cm	SODDISFATTA
$U_{ist,q}$	=	0,05	cm	VERIFICA SODDISFATTA	Verifica L/300	$U_{ist,q}$	=	0,05	cm	VERIFICA SODDISFATTA
U_{lim}	=	0,27	cm	SODDISFATTA		U_{lim}	=	0,27	cm	SODDISFATTA

TRAVETTO 10x10h



Dati di input:

Rotazione della sezione (per flessione deviata)	α	=	0,0	°	(0%)
Inclinazione della trave (per la proiezione dei carichi)	β	=	23,0	°	(42%)
Distanza di influenza o interasse	i	=	0,80	m	
Tipo di legno C, D, GLh, GLc	<input type="text" value="Massiccio - C27 EN 338"/>				
Classe di esposizione	<input type="text" value="Ambiente umido - Kdef=0,8"/>				
Classe di durata del carico permanente	<input type="text" value="Permanente"/>				
Coefficiente di durata	$k_{mod,p}$	=	0,60		
Classe di durata del carico variabile	<input type="text" value="Media durata"/>				
Coefficiente di durata	$k_{mod,v}$	=	0,80		
Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G1	γ_{G1}	=	1,30		
Coefficiente moltiplicativo del carico permanente G2	γ_{G2}	=	1,30		
Coefficiente moltiplicativo del carico variabile	γ_Q	=	1,50		

Caratteristiche del legno:

Massa volumica	ρ_k	=	450	kg/m³
Modulo elastico parallelo medio	$E_{0,mean}$	=	11,5	GPa
Modulo elastico perpendicolare medio	$E_{90,mean}$	=	0,38	GPa
Modulo di taglio medio	G_{mean}	=	0,72	GPa
Resistenza a flessione	$f_{m,k}$	=	27,0	MPa
Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	=	2,8	MPa
Coefficiente di sicurezza del materiale	γ_m	=	1,50	

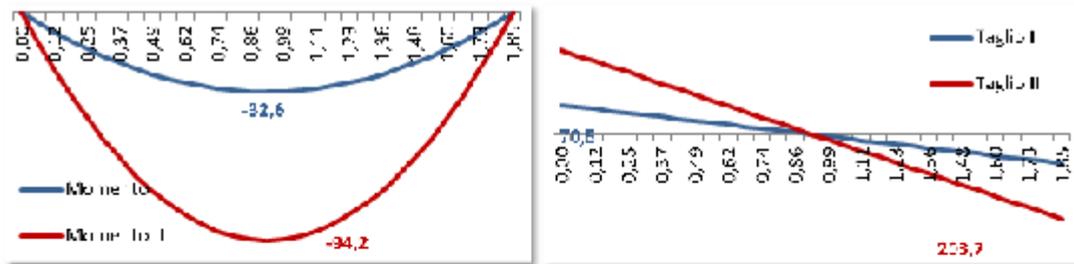
Analisi dei carichi:

Somma dei carichi permanenti al metro	G	=	63,7	daN/m
Carichi variabili al metro	Q	=	96,0	daN/m
Somma dei carichi permanenti e accidentali al metro	$G + Q$	=	159,7	daN/m

Combinazione dei carichi e sollecitazioni:

Carico I	Combinazione di carico I ($\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2$)	$F_{d,I}$	=	76,2	daN/m
	Momento massimo in mezzeria ($F_{d,I} l^2 / 8$)	$M_{d,I}$	=	32,6	daN m
	Taglio massimo agli appoggi ($F_{d,I} l / 2$)	$T_{d,I}$	=	70,5	daN
Carico II	Combinazione di carico II ($\gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_Q Q$)	$F_{d,II}$	=	220,2	daN/m
	Momento massimo in mezzeria ($F_{d,II} l^2 / 8$)	$M_{d,II}$	=	94,2	daN m
	Taglio massimo agli appoggi ($F_{d,II} l / 2$)	$T_{d,II}$	=	203,7	daN

Grafici delle sollecitazioni [in daN, m]:



Caratteristiche inerziali della sezione:

Area della sezione	A	=	100	cm ²
Modulo di resistenza della sezione	W	=	167	cm ³
Momento di inerzia della sezione in direzione dell'altezza	J _h	=	833	cm ⁴
Momento di inerzia della sezione in direzione della base	J _b	=	833	cm ⁴

Verifica a FLESSIONE allo stato limite ultimo (SLU):

Condizione di carico più gravosa per la verifica a flessione:			II
$M_{d,I}/kmod,p$	=	54	σ_d = 56,5 daN/cm ²
$M_{d,II}/kmod,v$	=	118	$f_{m,d}$ = 144,0 daN/cm ²
VERIFICA SODDISFATTA			

Verifica a TAGLIO allo stato limite ultimo (SLU):

Condizione di carico più gravosa per la verifica a taglio:			II
$T_{d,I}/kmod,p$	=	117	σ_d = 3,1 daN/cm ²
$T_{d,II}/kmod,v$	=	255	$f_{m,d}$ = 14,9 daN/cm ²
VERIFICA SODDISFATTA			

Verifica a DEFORMAZIONE allo stato limite di esercizio (SLE):

Freccia istantanea, carichi permanenti, direzione dell'altezza	$U_{istg,h}$	=	0,11	cm
Freccia istantanea, carichi variabili, direzione dell'altezza	$U_{istq,h}$	=	0,16	cm
Freccia istantanea, carichi permanenti, direzione della base	$U_{istg,b}$	=	0,00	cm
Freccia istantanea, carichi variabili, direzione della base	$U_{istq,b}$	=	0,00	cm
Freccia istantanea dovuta ai carichi permanenti	U_{istg}	=	0,11	cm
Freccia istantanea dovuta ai carichi variabili	U_{istq}	=	0,16	cm
	U_{ist}	=	0,27	cm
	U_{ist}	=	1/697	della luce

Coefficiente di combinazione del carico variabile

Neve a quota ≤ 1.000 m

ψ_2 = 0,00

Valuta la deformabilità a taglio

Freccia a tempo infinito dovuta ai carichi permanenti	$U_{in,g}$	=	0,19	cm
Freccia a tempo infinito dovuta ai carichi variabili	$U_{in,q}$	=	0,16	cm
<input type="radio"/> Verifica con L/200			U_{in}	= 0,35 cm
<input checked="" type="radio"/> Verifica con L/300 = 0,62 cm	VERIFICA SODDISFATTA		U_{in}	= 1/528 della luce

Verifica con L/300 = 0,62 cm	VERIFICA SODDISFATTA		U_{istq}	= 0,16 cm
------------------------------	-----------------------------	--	------------	-----------