

COMUNE DI _____

PROVINCIA DI _____

Oggetto: Progetto per _____.

Ditta: _____

* * * *

Relazione di Calcolo

La presente relazione illustra i calcoli di verifica eseguiti su -----.

In particolare, i calcoli appresso descritti sono stati effettuati al fine di dimostrare la sicurezza del fabbricato rispetto alle sollecitazioni cui sarà sottoposto in fase di esercizio e la rispondenza alla normativa vigente.

L.02.02.'74,n.64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

D.M. 14.01.2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni";

CIRCOLARE 2 febbraio 2009 , n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Come si evince dalla relazione tecnica allegata e dal progetto architettonico, dal punto di vista strutturale si prevede essenzialmente la sostituzione delle travi di copertura e delle capriate in legno esistenti.

Date le modeste dimensioni del fabbricato, e poiché non si prevedono ulteriori opere strutturali, in relazione a quanto indicato al punto 8.4.3 del D.M. 14/01/2008 l'intervento è un intervento di tipo locale.

Nel rispetto della normativa, il progetto e la valutazione della sicurezza viene quindi riferito alle sole parti e/o elementi interessati. L'intervento inoltre, non produce sostanziali modifiche al

comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme.

ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi, viene effettuata nel rispetto della normativa vigente:
D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

A) Solaio di Copertura

CARICHI PERMANENTI:

PESO PROPRIO Travi Principali:	3,80x0,12x0,16x1,00/ 0,94	$G_{k1} =$	0,08 kN/mq
" Tavolato:	3,80x1,00x1,00 x 0,02	$G_{k2} =$	0,08 "

 $G_1 =$ 0,15 kN/mq

CARICHI VARIABILI DI BREVE DURATA:

Coperture e sottotetti accessibili sola manutenzione . . . $Q_{k1} =$ 0,50 kN/mq

CARICO NEVE:

ZONA III	$a_s = 770,00m$	$C_E = 1,00$	$C_t = 1,00$	$\mu = 0,80$	
$0,80 \cdot [0,51 + [1 + (770/481)^2]] \cdot 1,00 \cdot 1,00$					$Q_{k2} =$ 1,45 kN/mq

SOLAIO DI COPERTURA

©SIM. Solai in Legno Vers.ne 2009.1. # Licenza N.ro

PREMESSA

Il progetto e la verifica del solaio in legno di luce $L = 3,40$ m viene condotto nei riguardi degli stati limite di esercizio e degli stati limite ultimi, ipotizzando un comportamento elastico lineare dei materiali ai sensi del DM. 14/01/2008 "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"

Si ipotizza che alle estremità si abbia un vincolo di semincastro, per il quale risulta:

$$M(0) = M(L) = - Q \cdot L^2 / 36,0$$

$$M(L/2) = Q \cdot L^2 / 10,3$$

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Luce Solaio $L = 3,40$ m
Inclinazione solaio $\alpha = 14,60^\circ$

TRAVI PRINCIPALI - (Sezione Rettangolare, in Legno Lamellare GL24h)

Luce di calcolo	$L_c = 3,40$ m	
Altezza	$h = 16,00$ cm	
Base	$b = 12,00$ cm	
Interasse	$i = 94,00$ cm	
Area trasversale	$A = 192,00$ cm ²	
Peso Specifico	$P = 380,00$ kg/mc =	3,80 kN/mc
Momento d'Inerzia	$I_y = 4096,00$ cm ⁴	
Modulo resistente	$W_y = 512,00$ cm ³	
Momento d'Inerzia	$I_z = 2304,00$ cm ⁴	
Modulo resistente	$W_z = 384,00$ cm ³	
Modulo Elastico	$E = 11600,00$ N/mm ²	
Resist. Flessione	$F_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	
Resist. Taglio	$F_{v,k} = 2,70$ N/mm ²	

TAVOLATO - (In Legno Lamellare GL24h)

Luce di calcolo	$L_c = 0,94$ m	
Spessore	$s = 2,00$ cm	
Area trasversale	$A = 200,00$ cm ²	
Peso Specifico	$P = 380,00$ kg/mc =	3,80 kN/mc
Momento d'Inerzia	$I_y = 66,67$ cm ⁴	
Modulo resistente	$W_y = 66,67$ cm ³	
Modulo Elastico	$E = 11600,00$ N/mm ²	
Resist. Flessione	$F_{m,k} = 24,00$ N/mm ²	
Resist. Taglio	$F_{v,k} = 2,70$ N/mm ²	

ANALISI DEI CARICHI

CARICHI PERMANENTI:

PESO PROPRIO Travi Principali:	3,80x0,12x0,16x1,00/ 0,94	$G_{k1} = 0,08$ kN/mq
" Tavolato:	3,80x1,00x1,00 x 0,02	$G_{k2} = 0,08$ "

 $G_1 = 0,15$ kN/mq

CARICHI VARIABILI DI BREVE DURATA:

Coperture e sottotetti accessibili sola manutenzione . . . $Q_{k1} = 0,50$ kN/mq

CARICO NEVE:

ZONA III $a_s=770,00\text{m}$. $C_E=1,00$ $C_t=1,00$ $\mu=0,80$
 $0,80 \cdot [0,51 + [1 + (770/481)^2]] \cdot 1,00 \cdot 1,00 \dots \dots \dots Q_{k2} = 1,45 \text{ kN/mq}$

VERIFICHE S.L.U.

La verifica allo S.L.U. viene eseguita sulla base di quanto indicato al punto 4.4.8 del D.M. 14/01/2008, adottando combinazioni del tipo:

$$q_d = \gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot [Q_{k1} + \Sigma(\psi_{0i} \cdot Q_{ki})] \quad (i=2,n)$$

e verificando che le tensioni indotte risultino inferiori alla resistenza di calcolo:

$$S_d < R_d$$

Coefficienti Normativi relativi alle Azioni

Coefficiente Azioni Permanenti : $\gamma_{g1} = 1,10$
 Coeff. Azioni Permanenti non strutturali : $\gamma_{g2} = 1,10$
 Coefficiente Azioni Variabili : $\gamma_q = 1,50$

Fattori di Combinazione

$\psi_{01} = 0,00$; $\psi_{02} = 0,50$

Coefficienti Normativi relativi al Materiale (Lamellare GL24h)

Coefficiente Materiale : $\gamma_M = 1,45$
 Classe di Servizio : 1 $T=20^\circ$; $U < 65\%$
 Coefficiente Durata Carico : $k_{mod} = 1,00$
 Resistenza a Flessione : $f_{md} = 16,55 \text{ N/mm}^2 = 1,66 \text{ kN/cm}^2$
 Resistenza a Taglio : $f_{vd} = 1,86 \text{ N/mm}^2 = 0,19 \text{ kN/cm}^2$

COMBINAZIONI DI CARICO x S.L.U.

Azioni Permanenti Travi Principali : $G_k = G_{k1} + G_{k2} = 0,15 \text{ kN/mq}$
 Azioni Permanenti Tavolato : $G_k = G_{k2} = 0,08 \text{ kN/mq}$

N° Comb.	Azioni	$q_d \text{ (kN/mq)}$	T.P.	Tav.
1	$\gamma_{g1} \cdot G_k + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot [Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2}]$		2,01	1,92
2	$\gamma_{g1} \cdot G_k + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot [Q_{k2} + \psi_{01} \cdot Q_{k1}]$		2,34	2,26

VERIFICA TRAVI PRINCIPALI

Carico totale: $Q = 2,34 \text{ kN/mq}$
 Carico su 1 trave: $q = 2,20 \text{ kN/ml}$

Compon. perpen. falda: $q_v = q \cdot \cos(\alpha) = 2,13 \text{ kN/ml}$
 Compon. parall. falda: $q_o = q \cdot \sin(\alpha) = 0,56 \text{ kN/ml}$

VERIFICA TENSIONI NORMALI - SEZIONE MEZZERIA

$M_v = q_v \cdot L^2 / 10 = 2,40 \text{ kNm}$ $\sigma_v = M_v / W_y = 0,47 \text{ kN/cm}^2$
 $M_o = q_o \cdot L^2 / 10 = 0,62 \text{ kNm}$ $\sigma_o = M_o / W_z = 0,16 \text{ kN/cm}^2$
 $\sigma = \sigma_v + k_m \cdot \sigma_o = 0,58 \text{ kN/cm}^2 < f_{md}$
 $\sigma = k_m \cdot \sigma_v + \sigma_o = 0,49 \text{ kN/cm}^2 < f_{md}$

VERIFICA TENSIONI NORMALI - SEZIONE ESTREMITA'

$$\begin{aligned} M_v &= q_v \cdot L^2 / 36 = 0,68 \text{ kNm} & \sigma_v &= M_v / W_y = 0,13 \text{ kN/cm}^2 \\ M_o &= q_o \cdot L^2 / 36 = 0,18 \text{ kNm} & \sigma_o &= M_o / W_z = 0,05 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma &= \sigma_v + k_m \cdot \sigma_o = 0,17 \text{ kN/cm}^2 < f_{md} \\ \sigma &= k_m \cdot \sigma_v + \sigma_o = 0,14 \text{ kN/cm}^2 < f_{md} \end{aligned}$$

VERIFICA TAGLIO

$$\begin{aligned} T_v &= q_v \cdot L / 2 = 3,62 \text{ kN} & \tau_v &= T_v / A = 0,02 \text{ kN/cm}^2 \\ T_o &= q_o \cdot L / 2 = 0,94 \text{ kN} & \tau_o &= T_o / A = 0,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau &= (\tau_v^2 + \tau_o^2)^{1/2} = 0,02 \text{ kN/cm}^2 < f_{vd} \end{aligned}$$

VERIFICA TAVOLATO

$$\text{Carico distribuito: } q = 2,26 \text{ kN/ml}$$

VERIFICA TENSIONI NORMALI - SEZIONE MEZZERIA

$$\begin{aligned} M &= q \cdot L^2 / 8 = 0,25 \text{ kNm} \\ \sigma &= M / W_y = 0,37 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

VERIFICA TAGLIO

$$\begin{aligned} T &= q \cdot L / 2 = 1,06 \text{ kN} \\ \tau &= T / A = 0,01 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

VERIFICA PER SOVRACCARICHI VERTICALI CONCENTRATI

Ai sensi di quanto indicato al P.to 3.1.4 del D.M. 14/01/2008 'Norme Tecniche per le Costruzioni', si verifica che il carico verticale concentrato applicato all'estradosso del solaio non comporti una tensione tangenziale maggiore della resistenza di calcolo in relazione al tipo di legno utilizzato:

$$\begin{aligned} \text{Carico concentrato: } N &= 1,20 \text{ kN} \\ \text{Spessore tavolato: } s &= 2,0 \text{ cm} \\ \text{Impronta di applicazione del sovraccarico} &= 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\tau = N / (s \cdot 4 \cdot 5) = 1,20 / (2,0 \cdot 4 \cdot 5) = 0,03 \text{ kN/cm}^2 < f_{vd} = 0,19 \text{ kN/cm}^2$$

VERIFICHE S.L.E.

La verifica allo S.L.E. viene eseguita sulla base di quanto indicato al punto 4.4.7 del D.M. 14/01/2008, sommando:

- la deformazione istantanea U_{ist} calcolata sulla base delle combinazioni di carico frequenti:

$$q_d = G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) \quad (i=2,n)$$

- con la deformazione differita, pari alla deformazione istantanea U'_{ist} calcolata sulla base delle combinazioni di carico quasi permanenti:

$$q_d = G_1 + G_2 + \sum (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) \quad (i=1,n)$$

moltiplicata per il Coefficiente K_{def} che tiene conto dell'aumento di deformazione con il tempo dovuto a viscosità ed umidità.

Determinata la combinazione di Carico che fornisce il valore max di q_d , la deformazione istantanea viene calcolata con la formula seguente:

$$\begin{aligned} U_v &= (5/384 - 1/288) \cdot q_v \cdot L^4 / E \cdot J_y & U_o &= (5/384 - 1/288) \cdot q_o \cdot L^4 / E \cdot J_z \\ U &= (f_v^2 + f_o^2)^{1/2} \end{aligned}$$

$$\text{Coefficiente x Deformazione differita: } k_{def} = 0,60$$

COMBINAZIONI DI CARICO x S.L.E.**COMBINAZIONI FREQUENTI**

N° Comb.	Azioni	q_d (kN/mq)	T.P.	Tav.
1	$G_k + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + (\psi_{22} \cdot Q_{k2})$		0,15	0,08
2	$G_k + G_2 + \psi_{12} \cdot Q_{k2} + (\psi_{21} \cdot Q_{k1})$		0,44	0,37

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

N° Comb.	Azioni	q_d (kN/mq)	T.P.	Tav.
1	$G_k + G_2 + (\psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2})$		0,15	0,08

VERIFICA TRAVI PRINCIPALI

$$U_{ist} = 0,12 \text{ cm} \quad U'_{ist} = 0,07 \text{ cm}$$

$$U_{fin} = U_{ist} + K_{def} \cdot U'_{ist} = 0,16 \text{ cm} < L/300 = 1,13 \text{ cm}$$

VERIFICA TAVOLATO

$$U_{ist} = 0,05 \text{ cm} \quad U'_{ist} = 0,01 \text{ cm}$$

$$U_{fin} = U_{ist} + K_{def} \cdot U'_{ist} = 0,05 \text{ cm} < L/300 = 0,31 \text{ cm}$$

VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO

Classe di Resistenza	REI 20 (tempo di esposizione al fuoco $t=20$ min.)
Tipo di Esposizione	3 lati
Sezione Rettangolare	in Legno Lamellare GL24h), Massa 380,00 kg/m ³
Velocità di Carbonizzazione	$\beta_o = 0,80$ mm/min.
Profondità zona Carbonizzata	$d_{char} = 16$ mm.
Profondità zona Alterata	$d_o = 7$ mm.
Coefficiente di Carbonizzazione	$t = 20$ min. $k_o = 1$
Profondità effettiva di Carbonizzazione	$def = d_{char} + k_o d_o = 23$ mm.

Caratteristiche Sezione Ridotta

Altezza ridotta	$h = 13,70$ cm
Base ridotta	$b = 7,40$ cm
Area trasversale	$A = 101,38$ cm ²
Momento d'Inerzia	$I_y = 1585,67$ cm ⁴
Modulo resistente	$W_y = 231,48$ cm ³
Momento d'Inerzia	$I_z = 462,63$ cm ⁴
Modulo resistente	$W_z = 125,04$ cm ³

Coefficiente K_{mod} a Temperatura Ambiente	$k_{mod,fi} = 1,00$
Coefficiente parziale sicurezza in situazione d'incendio	$\gamma_{M,fi} = 1,00$
Coefficiente per il 20% percentile della resistenza	$k_{fi} = 1,25$
Coefficiente K_m di Ridistribuzione delle tensioni	$k_m = 0,70$
Resistenza a Flessione : $f_{md} = 30,00$ N/mm ² =	3,00 kN/cm ²
Resistenza a Taglio : $f_{vd} = 3,38$ N/mm ² =	0,34 kN/cm ²

VERIFICA TENSIONI NORMALI - SEZIONE MEZZERIA

$$M_v = q_v \cdot L^2 / 10 = 2,50 \text{ kNm} \quad \sigma_v = M_v / W_y = 1,08 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_o = q_o \cdot L^2 / 10 = 0,65 \text{ kNm} \quad \sigma_o = M_o / W_z = 0,52 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = \sigma_v + k_m \cdot \sigma_o = 1,44 \text{ kN/cm}^2 < f_{md}$$

$$\sigma = k_m \cdot \sigma_v + \sigma_o = 1,27 \text{ kN/cm}^2 < f_{md}$$

VERIFICA TENSIONI NORMALI - SEZIONE ESTREMITA'

$$M_v = q_v \cdot L^2 / 36 = 0,71 \text{ kNm} \quad \sigma_v = M_v / W_y = 0,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_o = q_o \cdot L^2 / 36 = 0,19 \text{ kNm} \quad \sigma_o = M_o / W_z = 0,15 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = \sigma_v + k_m \cdot \sigma_o = 0,41 \text{ kN/cm}^2 < f_{md}$$

$$\sigma = k_m \cdot \sigma_v + \sigma_o = 0,36 \text{ kN/cm}^2 < f_{md}$$

VERIFICA TAGLIO

$$T_v = q_v \cdot L / 2 =$$

$$T_o = q_o \cdot L / 2 =$$

$$3,62 \text{ kN} \quad \tau_v = T_v / A_r = 0,04 \text{ kN/cm}^2$$

$$0,98 \text{ kN} \quad \tau_o = T_o / A_r = 0,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = (\tau_v^2 + \tau_o^2)^{1/2} = 0,04 \text{ kN/cm}^2 < f_{vd}$$

CAPRIATE DI COPERTURA

©SIM. Capriate in Legno Vers.ne 2010.1 #

PREMESSA

Il progetto e la verifica della Capriata in legno viene condotto nei riguardi degli stati limite di esercizio e degli stati limite ultimi, ipotizzando un comportamento elastico lineare dei materiali, nel rispetto della normativa vigente:

Legge n.64 - 02/02/1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

D.M. 14/01/2008

Norme tecniche per le costruzioni.

Circolare Applicativa 2 febbraio 2009 n.617 C.S.LL.PP

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

In particolare, determinati gli sforzi assiali che si ingenerano nelle aste che costituiscono la capriata, mediante il metodo matriciale degli spostamenti,

- per ogni asta soggetta a trazione (TIRANTE), si esegue la verifica allo SLU di Trazione Parallela alla fibratura mediante la relazione:

$$\sigma_{t,0,d} < f_{t,0,d}$$

dove:

$\sigma_{t,0,d}$ è la tensione di calcolo a trazione parallela alla fibratura;

$f_{t,0,d} = K_{mod} \cdot f_{t0k} / \gamma_M$ è la corrispondente resistenza di calcolo.

- per ogni asta soggetta a compressione (PUNTONE), si esegue la verifica allo SLU di Compressione Parallela alla fibratura mediante la relazione:

$$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d}$$

inoltre, per le stesse viene eseguita la verifica di instabilità come definita al par. 4.4.8.2.2 del DM.14/01/2008:

$$\sigma_{c,0,d} / k_{crit} \cdot f_{c,0,d} < 1$$

Considerando le singole aste nel sistema di riferimento locale, poiché le stesse sono soggette oltre che allo sforzo assiale, anche al peso proprio ed in alcune aste vi è un carico distribuito che ingenera nelle stesse uno stato tensionale di flessione, si esegue inoltre la verifica a presso-flessione e taglio e/0 a tenso-flessione e Taglio a seconda se la stessa è un puntone o un tirante.

I collegamenti delle singole aste con intagli, vengono inoltre verificati agli SLU di Compressione inclinata rispetto la fibratura, Compressione Ortogonale, e taglio.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE

NODI CAPRIATA

Nodo N.	Ascissa X(m.)		Ordinata Y(m.)	
1	0,00		0,00	
2	3,77		0,00	
3	7,54		0,00	
4	3,77		1,00	
5	2,16		0,58	
6	5,38		0,58	

ASTE CAPRIATA

Asta N.	Nodo i	Nodo j	Base(cm.)	Altezza(cm.)	Area (cmq)	Iy (cm4)	Wy (cm3)	
1	1	2	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
2	2	3	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
3	1	5	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
4	5	4	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
5	4	6	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
6	6	3	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
7	2	4	14,00	20,00	280,00	9333,33	933,33	
8	2	5	14,00	16,00	224,00	4778,67	597,33	
9	2	6	14,00	16,00	224,00	4778,67	597,33	

MATERIALE ASTE

Descrizione: Lamellare GL24h

fmk	=	24,00 N/mm ²
fc0k	=	24,00 N/mm ²
fc90k	=	2,70 N/mm ²
ft0k	=	16,50 N/mm ²
ft90k	=	0,40 N/mm ²
fvk	=	2,70 N/mm ²
E0,mean	=	11600,00 N/mm ²
E0,05	=	9400,00 N/mm ²
E90,mean	=	390,00 N/mm ²
G,mean	=	720,00 N/mm ²

VINCOLI ESTERNI

Nodo N.	Spost. X	Spost. Y
1	Bloccato	Bloccato
3	Libero	Bloccato

ANALISI DEI CARICHI - SOLAIO COPERTURA

CARICHI PERMANENTI:

PESO PROPRIO Travi Principali: 3,80x0,12x0,16x1,00/ 0,94 $G_{k1} = 0,08 \text{ kN/mq}$
 " Tavolato: 3,80x1,00x1,00 x 0,02 $G_{k2} = 0,08 \text{ "}$

$G_1 = 0,15 \text{ kN/mq}$

CARICHI VARIABILI DI BREVE DURATA:

Coperture e sottotetti accessibili sola manutenzione . . . $Q_{k1} = 0,50 \text{ kN/mq}$

CARICO NEVE:

ZONA III $a_s = 770,00 \text{ m}$. $C_E = 1,00$ $C_t = 1,00$ $\mu = 675840,30$
 $0,80 \cdot [0,51 + [1 + (770/481)^2]] \cdot 1,00 \cdot 1,00 Q_{k2} = 1,45 \text{ kN/mq}$

COMBINAZIONI DI CARICO

Per la determinazione dei carichi da applicare ai nodi della Capriata, sulla base di quanto indicato al punto 4.4.8 del D.M. 14/01/2008, si adottano combinazioni del tipo:

$$q_d = \gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot [Q_{k1} + \Sigma(\psi_{0i} \cdot Q_{ki})] \quad (i=2,n)$$

Essendo i Coefficienti Normativi relativi alle Azioni pari a:

Coefficiente Azioni Permanenti : $\gamma_{g1} = 1,10$

Coeff. Azioni Permanenti non strutturali : $\gamma_{g2} = 1,10$

Coefficiente Azioni Variabili : $\gamma_q = 1,50$

Fattori di Combinazione

$\psi_{01} = 0,00$; $\psi_{02} = 0,50$

ed essendo:

Azioni Permanenti Travi Principali : $G_k = G_{k1} + G_{k2} = 0,15 \text{ kN/mq}$

Azioni Permanenti Tavolato : $G_k = G_{k2} = 0,08 \text{ kN/mq}$

Si ha:

N° Comb.	Azioni	q_d (kN/mq)
1	$\gamma_{g1} \cdot G_k + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot [Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2}]$	2,01
2	$\gamma_{g1} \cdot G_k + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot [Q_{k2} + \psi_{01} \cdot Q_{k1}]$	2,34
Carico Solaio nella C.C. più svantaggiosa		$Q_t = 2,34 \text{ kN/m}^2$
Lunghezza del Solaio portato dalla singola Capriata:		$Z = 3,40 \text{ m}$
Carico Lineare sulla Capriata		$q = 7,96 \text{ kN/m}$

CARICHI NODALI

Nodo N.	Forza Dir. X (kN)	Forza Dir. Y (kN)
1	0,00	-8,59
2	0,00	0,00
3	0,00	-8,59
4	0,00	-12,81
5	0,00	-15,00
6	0,00	-15,00

RISULTATI DI CALCOLO - METODO DEGLI SPOSTAMENTI

SPOSTAMENTI

$x_1 = 0,00 \text{ mm.}$
 $y_1 = 0,00 \text{ mm.}$
 $x_2 = 0,93 \text{ mm.}$
 $y_2 = -6,85 \text{ mm.}$
 $x_3 = 1,85 \text{ mm.}$
 $y_3 = 0,00 \text{ mm.}$
 $x_4 = 0,93 \text{ mm.}$
 $y_4 = -6,79 \text{ mm.}$
 $x_5 = 1,18 \text{ mm.}$
 $y_5 = -6,60 \text{ mm.}$
 $x_6 = 0,67 \text{ mm.}$
 $y_6 = -6,60 \text{ mm.}$

REAZIONI VINCOLARI

NODO N. 1 $R_x = 0,00 \text{ kN}$ $R_y = 29,99 \text{ kN}$
 NODO N. 3 $R_x = 0,00 \text{ kN}$ $R_y = 29,99 \text{ kN}$

VERIFICHE S.L.U.

S.L.U. di COMPRESSIONE/TRAZIONE (parallela alle fibrature)

Asta N.	Materiale	Forza Assiale	S.L.	γ_M	Verifica
1	Lamellare GL24h	79,70 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 2,85 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$
2	"	79,70 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 2,85 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$
3	"	82,53 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 2,95 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
4	"	58,43 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 2,09 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
5	"	58,43 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 2,09 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
6	"	82,53 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 2,95 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
7	"	16,69 kN	T	1,45	$\sigma_{t,d} = 0,60 \text{ N/mm}^2 < f_{td} = 6,83 \text{ N/mm}^2$
8	"	24,62 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 1,10 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$
9	"	24,62 kN	C	1,45	$\sigma_{c,d} = 1,10 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 9,93 \text{ N/mm}^2$

S.L.U. di INSTABILITA' ASTE COMPRESSE

Asta N.	β_c	$\lambda_{rel,c}$	$k_{crit,c}$	Verifica: $\sigma_{cd}/(k_{crit,c} \cdot f_{cd})$
3	0,10	0,02	1,00	0,30 < 1
4	0,10	0,02	1,00	0,21 < 1
5	0,10	0,02	1,00	0,21 < 1
6	0,10	0,02	1,00	0,30 < 1
8	0,10	0,02	1,00	0,11 < 1
9	0,10	0,02	1,00	0,11 < 1

S.L.U. di RESISTENZA AL FUOCO

Classe di Resistenza REI 20(tempo di esposizione al fuoco t=20min.)
 Tipo di Esposizione 3 lati
 Velocità di Carbonizzazione $\beta_o=80,00$ mm/min.
 Profondità zona Carbonizzata dchar=1600 mm.
 Profondità zona Alterata do=7 mm.
 Coefficiente di Carbonizzazione t=20 min. ko=1
 Profondità effettiva di Carbonizzazione def=dchar+kodo=1607 mm.

Coefficiente Kmod a Temperatura Ambiente $k_{mod,fi} = 1,00$
 Coefficiente parziale sicurezza in situazione d'incendio $\gamma_{M,fi} = 1,00$
 Coefficiente per il 20% percentile della resistenza $k_{fi} = 1,25$
 Coefficiente Km di Ridistribuzione delle tensioni $k_m = 1,00$

Asta N.	Dim.Ridotte (cm)	Forza Assiale	S.L.	Verifica
1	9,40 x 17,70	79,70 kN	T	$\sigma_{td,fi} = 4,79$ N/mm ² < $f_{td,fi} = 20,63$ N/mm ²
2	9,40 x 17,70	79,70 kN	T	$\sigma_{td,fi} = 4,79$ N/mm ² < $f_{td,fi} = 20,63$ N/mm ²
3	9,40 x 17,70	-82,53 kN	C	$\sigma_{cd,fi} = 4,96$ N/mm ² < $f_{cd,fi} = 30,00$ N/mm ²
4	9,40 x 17,70	-58,43 kN	C	$\sigma_{cd,fi} = 3,51$ N/mm ² < $f_{cd,fi} = 30,00$ N/mm ²
5	9,40 x 17,70	-58,43 kN	C	$\sigma_{cd,fi} = 3,51$ N/mm ² < $f_{cd,fi} = 30,00$ N/mm ²
6	9,40 x 17,70	-82,53 kN	C	$\sigma_{cd,fi} = 4,96$ N/mm ² < $f_{cd,fi} = 30,00$ N/mm ²
7	9,40 x 17,70	16,69 kN	T	$\sigma_{td,fi} = 1,00$ N/mm ² < $f_{td,fi} = 20,63$ N/mm ²
8	9,40 x 13,70	-24,62 kN	C	$\sigma_{cd,fi} = 1,91$ N/mm ² < $f_{cd,fi} = 30,00$ N/mm ²
9	9,40 x 13,70	-24,62 kN	C	$\sigma_{cd,fi} = 1,91$ N/mm ² < $f_{cd,fi} = 30,00$ N/mm ²

VERIFICHE S.L.U. nel sistema Locale delle singole aste

S.L.U di PRESSOFLESSIONE E/O TENSOFFLESSIONE E TAGLIO

(art. 4.4.8.1.7, 4.4.8.1.8, 4.4.8.1.9 D.M. 14/01/2008)

Nel caso di aste soggette a PressoFlessione, si verifica che risulti:

$$\sigma_p = (\sigma_{cod}/f_{cod})^2 + \sigma_{myd}/f_{myd} < 1$$

Nel caso di aste soggette a TensoFlessione, si verifica che risulti:

$$\sigma_t = \sigma_{tod}/f_{tod} + \sigma_{myd}/f_{myd} < 1$$

Asta	S.L	L (m)	q(kN/m)	N (kN)	M (kNm)	T (kN)	Verifica
1	T	3,77	0,11	79,70	0,19	0,20	$\sigma_t = 0,42 < 1$ $\tau = 0,01 < 1,12$
2	T	3,77	0,11	79,70	0,19	0,20	$\sigma_t = 0,42 < 1$ $\tau = 0,01 < 1,12$
3	P	2,24	7,79	82,53	4,87	8,71	$\sigma_p = 0,14 < 1$ $\tau = 0,31 < 1,12$
4	P	1,66	7,80	58,43	2,70	6,49	$\sigma_p = 0,07 < 1$ $\tau = 0,23 < 1,12$
5	P	1,66	7,80	58,43	2,70	6,49	$\sigma_p = 0,07 < 1$ $\tau = 0,23 < 1,12$
6	P	2,24	7,79	82,53	4,87	8,71	$\sigma_p = 0,14 < 1$ $\tau = 0,31 < 1,12$
7	T	1,00	0,00	16,69	0,00	0,00	$\sigma_t = 0,09 < 1$ $\tau = 0,00 < 1,12$
8	P	1,71	0,08	24,62	0,03	0,07	$\sigma_p = 0,01 < 1$ $\tau = 0,00 < 1,12$
9	P	1,71	0,08	24,62	0,03	0,07	$\sigma_p = 0,01 < 1$ $\tau = 0,00 < 1,12$

VERIFICA COLLEGAMENTI

NODO N. 1

Tipologia Nodo: Catena Puntone a Dente Semplice

Profondità Intaglio: $t_v = 7,00$ cm.

Lunghezza Resistente: $L_v = 21,00$ cm.

Reazione Vincolare: $R = 29,99$ kN

Lunghezza Appoggio: $L_{ap} = 20,00$ cm.

$L_{ef} = \min(L_{ap} + H/3; 2L_{ap}; 400) = 266,67$ mm.

Aste Collegate:

Asta N. 1 $B=14,00$ cm. x $H=20,00$ cm. $\alpha = 0,00^\circ$

Materiale: Lamellare GL24h

$f_{c0k} = 24,00$ N/mm² $f_{c0d} = 9,60$ N/mm²

$f_{c90k} = 2,70$ N/mm² $f_{c90d} = 1,08$ N/mm²

$f_{vk} = 2,70$ N/mm² $f_{vd} = 1,08$ N/mm²

Asta N. 3 $B=14,00$ cm. x $H=20,00$ cm. $\alpha = 15,03^\circ$

Materiale: Lamellare GL24h

$f_{c0k} = 24,00$ N/mm² $f_{c0d} = 9,60$ N/mm²

$f_{c90k} = 2,70$ N/mm² $f_{c90d} = 1,08$ N/mm²

$f_{vk} = 2,70$ N/mm² $f_{vd} = 1,08$ N/mm²

Verifica a Compressione Inclinata rispetto le fibrature

Intaglio SX: Componente di compressione $F_1 = 81,39$ kN

Angolo tra componente di compressione F_1 e Fibratura: $\alpha_1 = 7,52^\circ$

Resistenza a compressione inclinata $f_{c\alpha_1,d} = 8,46$ N/mm²

$\sigma = 8,23$ N/mm² < $f_{c\alpha_1,d}$

Intaglio DX: Componente di compressione $F_2 = 10,80$ kN

Angolo tra componente di compressione F_2 e Fibratura: $\alpha_2 = 84,75^\circ$

Resistenza a compressione inclinata $f_{c\alpha_2,d} = 1,09$ N/mm²

$\sigma = 0,10$ N/mm² < $f_{c\alpha_2,d}$

Verifica Appoggio - Compressione Perpendicolare alla fibratura

$\sigma = R / L_{ef} \cdot B = 0,80$ N/mm² < f_{c90d}

NODO N. 2

Tipologia Nodo:	Monaco Saette a Dente Semplice
Profondità Intaglio:	tv1 = 5,00 cm.
Lunghezza Resistente:	Lv1 = 15,00 cm.
Profondità Intaglio:	tv2 = 5,00 cm.
Lunghezza Resistente:	Lv2 = 15,00 cm.

Aste Collegate:

Asta N. 8	B=14,00cm. x H=16,00cm. $\alpha = 19,81^\circ$
	Materiale: Lamellare GL24h
	fc0k = 24,00N/mm ² fc0d = 9,60N/mm ²
	fc90k = 2,70N/mm ² fc90d = 1,08N/mm ²
	fvk = 2,70N/mm ² fvd = 1,08N/mm ²
Asta N. 7	B=14,00cm. x H=20,00cm. $\alpha = 90,00^\circ$
	Materiale: Lamellare GL24h
	fc0k = 24,00N/mm ² fc0d = 9,60N/mm ²
	fc90k = 2,70N/mm ² fc90d = 1,08N/mm ²
	fvk = 2,70N/mm ² fvd = 1,08N/mm ²
Asta N. 9	B=14,00cm. x H=16,00cm. $\alpha = 19,81^\circ$
	Materiale: Lamellare GL24h
	fc0k = 24,00N/mm ² fc0d = 9,60N/mm ²
	fc90k = 2,70N/mm ² fc90d = 1,08N/mm ²
	fvk = 2,70N/mm ² fvd = 1,08N/mm ²

Verifica a Compressione Inclinata rispetto le fibrature

Saetta di sinistra

Intaglio INF:	Componente di compressione F1 = 16,42 kN
	Angolo tra componente di compressione F1 e Fibratura: $\alpha_1 = 35,09^\circ$
	Resistenza a compressione inclinata fc α_1 ,d = 2,66N/mm ²
	$\sigma = 1,92 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha_1,d$
Intaglio SUP:	Componente di compressione F2 = 14,64 kN
	Angolo tra componente di compressione F2 e Fibratura: $\alpha_2 = 69,67^\circ$
	Resistenza a compressione inclinata fc α_2 ,d = 1,21N/mm ²
	$\sigma = 0,73 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha_2,d$

Saetta di destra

Intaglio INF:	Componente di compressione F1 = 16,42 kN
	Angolo tra componente di compressione F1 e Fibratura: $\alpha_1 = 35,09^\circ$
	Resistenza a compressione inclinata fc α_1 ,d = 2,66N/mm ²
	$\sigma = 1,92 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha_1,d$
Intaglio SUP:	Componente di compressione F2 = 14,64 kN
	Angolo tra componente di compressione F2 e Fibratura: $\alpha_2 = 69,67^\circ$
	Resistenza a compressione inclinata fc α_2 ,d = 1,21N/mm ²
	$\sigma = 0,73 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha_2,d$

NODO N. 3

Tipologia Nodo:	Catena Puntone a Dente Semplice
Profondità Intaglio:	tv = 7,00 cm.
Lunghezza Resistente:	Lv = 21,00 cm.
Reazione Vincolare:	R = 29,99 kN
Lunghezza Appoggio:	Lap = 20,00 cm.
Lef = min(Lap+H/3; 2Lap; 400)=	266,67 mm.

Aste Collegate:

Asta N. 2	B=14,00cm. x H=20,00cm. $\alpha = 0,00^\circ$
	Materiale: Lamellare GL24h
	fc0k = 24,00N/mm ² fc0d = 9,60N/mm ²
	fc90k = 2,70N/mm ² fc90d = 1,08N/mm ²
	fvk = 2,70N/mm ² fvd = 1,08N/mm ²
Asta N. 6	B=14,00cm. x H=20,00cm. $\alpha = 15,03^\circ$
	Materiale: Lamellare GL24h
	fc0k = 24,00N/mm ² fc0d = 9,60N/mm ²
	fc90k = 2,70N/mm ² fc90d = 1,08N/mm ²
	fvk = 2,70N/mm ² fvd = 1,08N/mm ²

Verifica a Compressione Inclinata rispetto le fibrature

Intaglio SX: Componente di compressione $F1 = 81,39 \text{ kN}$
Angolo tra componente di compressione $F1$ e Fibratura: $\alpha1 = 7,52^\circ$
Resistenza a compressione inclinata $fc\alpha1,d = 8,46 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma = 8,23 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha1,d$

Intaglio DX: Componente di compressione $F2 = 10,80 \text{ kN}$
Angolo tra componente di compressione $F2$ e Fibratura: $\alpha2 = 84,75^\circ$
Resistenza a compressione inclinata $fc\alpha2,d = 1,09 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma = 0,10 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha2,d$

Verifica Appoggio - Compressione Perpendicolare alla fibratura

$\sigma = R / Lef \cdot B = 0,80 \text{ N/mm}^2 < fc90d$

NODO N. 4

Tipologia Nodo: Monaco Puntoni a Dente Arretrato
Profondità Intaglio: $tv1 = 6,50 \text{ cm}$.
Profondità Intaglio: $tv2 = 6,50 \text{ cm}$.

Aste Collegate:

Asta N. 4 $B=14,00 \text{ cm}$. $x \ H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 14,62^\circ$
Materiale: Lamellare GL24h
 $fc0k = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $fc0d = 9,60 \text{ N/mm}^2$
 $fc90k = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fc90d = 1,08 \text{ N/mm}^2$
 $fvk = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fvd = 1,08 \text{ N/mm}^2$

Asta N. 7 $B=14,00 \text{ cm}$. $x \ H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 90,00^\circ$
Materiale: Lamellare GL24h
 $fc0k = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $fc0d = 9,60 \text{ N/mm}^2$
 $fc90k = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fc90d = 1,08 \text{ N/mm}^2$
 $fvk = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fvd = 1,08 \text{ N/mm}^2$

Asta N. 5 $B=14,00 \text{ cm}$. $x \ H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 14,62^\circ$
Materiale: Lamellare GL24h
 $fc0k = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $fc0d = 9,60 \text{ N/mm}^2$
 $fc90k = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fc90d = 1,08 \text{ N/mm}^2$
 $fvk = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fvd = 1,08 \text{ N/mm}^2$

Verifica a Compressione Inclinata rispetto le fibrature

Saetta di sinistra

Componente di compressione $F1 = 58,43 \text{ kN}$
Angolo tra componente di compressione $F1$ e Fibratura: $\alpha1 = 14,62^\circ$
Resistenza a compressione inclinata $fc\alpha1,d = 6,39 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma = 6,21 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha1,d$

Saetta di destra

Componente di compressione $F1 = 58,43 \text{ kN}$
Angolo tra componente di compressione $F1$ e Fibratura: $\alpha1 = 14,62^\circ$
Resistenza a compressione inclinata $fc\alpha1,d = 6,39 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma = 6,21 \text{ N/mm}^2 < fc\alpha1,d$

NODO N. 5

Tipologia Nodo: Puntone Saetta a Dente Arretrato
Profondità Intaglio: $tv = 5,00 \text{ cm}$.

Aste Collegate:

Asta N. 3 $B=14,00 \text{ cm}$. $x \ H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 15,03^\circ$
Materiale: Lamellare GL24h
 $fc0k = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $fc0d = 9,60 \text{ N/mm}^2$
 $fc90k = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fc90d = 1,08 \text{ N/mm}^2$
 $fvk = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fvd = 1,08 \text{ N/mm}^2$

Asta N. 4 $B=14,00 \text{ cm}$. $x \ H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 14,62^\circ$
Materiale: Lamellare GL24h
 $fc0k = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $fc0d = 9,60 \text{ N/mm}^2$
 $fc90k = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fc90d = 1,08 \text{ N/mm}^2$
 $fvk = 2,70 \text{ N/mm}^2$ $fvd = 1,08 \text{ N/mm}^2$

Asta N. 8 $B=14,00 \text{ cm}$. $x \ H=16,00 \text{ cm}$. $\alpha = 19,81^\circ$
Materiale: Lamellare GL24h
 $fc0k = 24,00 \text{ N/mm}^2$ $fc0d = 9,60 \text{ N/mm}^2$

$f_{c90k} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{c90d} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
$f_{vk} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{vd} = 1,08 \text{ N/mm}^2$

Verifica a Compressione Inclinata rispetto le fibrature

Componente di compressione $F_l = 24,62 \text{ kN}$

Angolo tra componente di compressione F_l e Fibratura: $\alpha_l = 145,16^\circ$

Resistenza a compressione inclinata $f_{c\alpha l,d} = 2,69 \text{ N/mm}^2$

$\sigma = 1,05 \text{ N/mm}^2 < f_{c\alpha l,d}$

NODO N. 6

Tipologia Nodo:	Puntone Saetta a Dente Arretrato
Profondità Intaglio:	$t_v = 5,00 \text{ cm}$

Aste Collegate:

Asta N. 6 $B=14,00 \text{ cm}$. x $H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 15,03^\circ$

Materiale: Lamellare GL24h

$f_{c0k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$f_{c0d} = 9,60 \text{ N/mm}^2$
----------------------------------	---------------------------------

$f_{c90k} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{c90d} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
----------------------------------	----------------------------------

$f_{vk} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{vd} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
--------------------------------	--------------------------------

Asta N. 5 $B=14,00 \text{ cm}$. x $H=20,00 \text{ cm}$. $\alpha = 14,62^\circ$

Materiale: Lamellare GL24h

$f_{c0k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$f_{c0d} = 9,60 \text{ N/mm}^2$
----------------------------------	---------------------------------

$f_{c90k} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{c90d} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
----------------------------------	----------------------------------

$f_{vk} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{vd} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
--------------------------------	--------------------------------

Asta N. 9 $B=14,00 \text{ cm}$. x $H=16,00 \text{ cm}$. $\alpha = 19,81^\circ$

Materiale: Lamellare GL24h

$f_{c0k} = 24,00 \text{ N/mm}^2$	$f_{c0d} = 9,60 \text{ N/mm}^2$
----------------------------------	---------------------------------

$f_{c90k} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{c90d} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
----------------------------------	----------------------------------

$f_{vk} = 2,70 \text{ N/mm}^2$	$f_{vd} = 1,08 \text{ N/mm}^2$
--------------------------------	--------------------------------

Verifica a Compressione Inclinata rispetto le fibrature

Componente di compressione $F_l = 24,62 \text{ kN}$

Angolo tra componente di compressione F_l e Fibratura: $\alpha_l = 145,16^\circ$

Resistenza a compressione inclinata $f_{c\alpha l,d} = 2,69 \text{ N/mm}^2$

$\sigma = 1,05 \text{ N/mm}^2 < f_{c\alpha l,d}$

CONCLUSIONI DEL PROGETTISTA

L'intervento proposto, consistente essenzialmente nella

- Sostituzione delle travi e delle capriate di copertura in legno.

I materiali utilizzati, avranno le seguenti caratteristiche:

Descrizione: Lamellare GL24h			
f _{mk}	=	24,00	N/mm ²
f _{c0k}	=	24,00	N/mm ²
f _{c90k}	=	2,70	N/mm ²
f _{t0k}	=	16,50	N/mm ²
f _{t90k}	=	0,40	N/mm ²
f _{vk}	=	2,70	N/mm ²
E _{0,mean}	=	11600,00	N/mm ²
E _{0,05}	=	9400,00	N/mm ²
E _{90,mean}	=	390,00	N/mm ²
G _{,mean}	=	720,00	N/mm ²

Dalla valutazione sulle condizioni di sicurezza e delle caratteristiche di resistenza degli elementi strutturali esistenti e dalle verifiche riportate nelle pagine precedenti, si conclude che l'intervento è fattibile nel pieno rispetto delle Norme vigenti.