

OPERA:

**REALIZZAZIONE DI NUOVO EDIFICIO SCOLASTICO -
PLESSO B DELLA SCUOLA PRIMARIA IN VIA B.CROCE
mediante demolizione e ricostruzione**

CIG : 962504131A CUP: G52C21000560006

OGGETTO:

**ALLEGATI
RELAZIONE TECNICO SPECIALISTICA
DELLE STRUTTURE**

ELABORATO GRAFICO:

ALL25

Data:

Agosto 2023

Scala:

Revisione:

Rev.01

A4

FASE:

PROGETTO ESECUTIVO

ENTE AMMINISTRATIVO:

COMUNE DI MONTEPRANDONE



Provincia di Ascoli Piceno (AP)

Sede comunale: Piazza dell'Aquila, 1 - 63076 Monteprandone AP

P.IVA: 00376950440

Tel: 0735.71091 / Fax: 0735.62541

Mail: info@comune.monteprandone.ap.it PEC: comune.monteprandone@emarche.it

RUP: Geom. Pino CORI

CAPOGRUPPO MANDATARIO - COORDINAMENTO GENERALE - PROGETTO ARCHITETTONICO - STRUTTURALE - IMPIANTISTICO - CSP:



SARDELLINI MARASCA ARCHITETTI

TIMBRO E FIRMA

ANCONA Via De Bosis 8 - 60123 tel 071 2073835 - fax 071 2082631
e-mail: studio@sardellinimarasca.com - www.sardellinimarasca.com

Arch. Anita SARDELLINI Ing.Andrea MARASCA Arch. Giorgio MARASCA

CO-PROGETTISTA OPERE IMPIANTISTICHE, VVFF, ACUSTICA, ENERGETICA:

AREA ENGINEERING SRL società d'ingegneria mandante
Contrada S.Giovanni snc, 63074 S. Benedetto del Tronto (AP)

Ing. Mauro BRACCIANI

P.I. Marco BENIGNI

Ing. Mirko MAOLONI

GIOVANE PROFESSIONISTA:

Arch. Silvia GALASSO giovane professionista
via Tronto 1/bis, 60035 Jesi (AN)

PRESTAZIONI GEOLOGICHE:

Dott. geol. Stefano GIULIANI mandante
via Papa Giovanni XXIII 14/b, 60035 Jesi (AN)

CONSULENTE PER LE OPERE STRUTTURALI

STUDIO TECNICO ING. MICHELE ROSSI
via Roma 2/A, 60012 Trecastelli (AN)

CONSULENTE PER L'APPLICAZIONE DEI CRITERI MINIMI AMBIENTALI NEGLI EDIFICI:

ARCH. ANDREA VALENTINI
via G. Verdi 26, 63822 Porto San Giorgio (FM)

RELAZIONE DI CALCOLO

La presente Relazione Tecnica Descrittiva tratta la realizzazione del nuovo Polo Scolastico presso il Comune di Monteprandone in Provincia di Ascoli Piceno, in Via B. Croce.

Il progetto si articola su 4 corpi di fabbrica tra loro adiacenti ma giuntati strutturalmente, in particolare abbiamo:

- il corpo A che presenta uno sviluppo in parte di un solo livello, con copertura piana capestabile a terrazzo, e in parte a due livelli; al piano terra sono presenti i locali di servizio quali spogliatoi per la palestra, locali infermieristici e di deposito materiale, al piano primo sono invece presenti le aule didattiche.
- Il corpo B che presenta uno sviluppo di due livelli ed è destinato completamente alle aule didattiche su entrambi i piani.
- Il corpo C che presenta uno sviluppo su due livelli, ed in entrambi i piani sono presenti i locali adibiti a servizi igienici, un locale tecnico e un locale adibito a ripostiglio/archivio oltre all'area comune di svago.
- Il corpo D consiste nella palestra del polo scolastico.

Il collegamento verticale della struttura sarà realizzato attraverso l'istallazione di ascensore interno e attraverso l'istallazione di n. due scale di cui una interna e una esterna.

Dal punto di vista strutturale il complesso sarà così realizzato:

- Le fondazioni saranno del tipo profonde su pali trivellati in c.a. collegati in testa da trave di sezione 80x50cm annegata su platea dello stesso spessore.
Dalla platea verranno realizzati dei cordoli, sempre in c.a., per fornire appoggio e ancoraggio alle pareti portanti di elevazione.
Il piano di calpestio del piano terra verrà realizzato attraverso la posa di Igloo e solletta collaborante in calcestruzzo ottenendo così di un solaio areato.
- Le strutture portanti di elevazione saranno costituite da pannelli portanti denominati X-Lam e da portali sempre in legno a pilastri e travi.
- I solai di piano e copertura saranno anchessi in legno con pannelli autoportanti dello spessore di 18cm per i solai di copertura e dello spessore di 20cm per i solai di piano.
- La struttura portante in legno saranno integrate, puntualmente, dall'inserimento di portali metallici per permettere la realizzazione delle aule a sbalzo al piano primo.
- La Palestra sarà invece realizzata con sistema a telaio a pilastri e travi, in cui la controventatura di detti telai, verrà realizzata con l'inserimento delle pareti di tamponatura costituite sempre da pannelli di legno pieno.
- La struttura è da considerarsi **non dissipativa**, il fattore è quello previsto per le strutture a pannelli in legno (bassa duttilità) pari a **2,5**
- Non ci sono le condizioni per avere un sisma verticale ai sensi del NTC 2018.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione sono:

- “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (Decreto ministeriale 17 gennaio 2018).

AZIONI AGENTI

AZIONE DELLA NEVE

Il carico indotto dalla neve sulla copertura risulterà dato dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

$$\mu_i = 0.8$$

$$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{sk} = 0.85 \cdot [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad \text{se} \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$C_E = 1 \quad \text{se} \quad a_s \geq 200 \text{ m}$$

$$C_t = 1$$

Per il calcolo della neve si considera una quota sul livello del mare pari a 14m:

$$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_s = 0.8 \times 1.00 \times 1 \times 1 = 0.80 \text{ kN/m}^2 \approx 85 \text{ kg/m}^2$$

Accumulo Neve (Conettivo tra corpo B e C)

Si considera l'accumulo sulla copertura del corridoio posizionato tra i corpi A/B e il corpo C, in quanto il corridoio a fianco dei locali A e B presenta una copertura piana a quota inferiore delle coperture dei manufatti adiacenti.

L'accumulo neve sulle coperture è dato dalle seguenti espressioni:

$$q_{s2} = \mu_2 \cdot q_{sk}$$

con:

$$\mu_2 = \gamma \times h / q_{sk} \quad \text{con la limitazione } 0.8 \leq \mu_2 \leq 2.0$$

γ = è il peso per unità di volume della neve pari a 2 kN/m^3

H = differenza di quota tra le coperture

$$\mu_2 = 2 \times 2.4 / 1.12 = 4.28 > 2.00 \Rightarrow \mu_2 = 2.00$$

$$q_{s2} = 2.00 \times 1.00 = 2.00 \text{ kN/m}^2 \approx \mathbf{205 \text{ kg/m}^2}$$

AZIONE DEL VENTO

La pressione del vento esercitata sul fabbricato è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot C_E \cdot C_p \cdot C_d$$

dove:

$$q_b = \text{è la pressione cinetica di riferimento} = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = 390 \text{ N/mq} = 45.5 \text{ kg/mq}$$

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$v_b = v_{b,0} \times c_a = 27 \text{ m/s} \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 500 \text{ m slm}$$

con:

$$v_{b,0} = 27$$

$$c_a = 1 \quad a_s < a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \times \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad a_0 < a_s < 1500 \text{ m}$$

$$C_E = \text{Coefficiente di esposizione} = C_e(z) = C_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

$$C_e = 1.70$$

C_p = Coefficiente di forma

Vengono assunti i coefficienti c_{pe} di un edificio a pianta rettangolare.

$$C_{pe} = \text{Coefficiente Sopra Vento Parete Verticale} = 0.8$$

$$C_{pe} = \text{Coefficiente Sotto Vento Falda} = -0.5$$

$$C_d = \text{Coefficiente dinamico} = 1$$

pertanto:

$$p_{\text{Sopravento Parete}} = 45.5 \times 1.70 \times 0.8 \times 1 = 65 \text{ kg/mq}$$

$$p_{\text{Sottovento Parete}} = 45.5 \times 1.70 \times (-0.5) \times 1 = -40 \text{ kg/mq}$$

PALESTRA

PIANO TERRA PALESTRA

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso proprio Platea (50cm)

$$\begin{array}{r} \frac{1250 \text{ Kg/m}^2}{G_{1K} \quad 1250 \text{ Kg/m}^2} \end{array}$$

Peso Permanente

(Igloo 29cm, Isolante 10cm, Pannello

Radiante 2+2cm, Massetto+ Pav 5cm) =

$$\begin{array}{r} \frac{360 \text{ Kg/m}^2}{G_{2K} \quad 360 \text{ Kg/m}^2} \end{array}$$

- Sovraccarico di esercizio =

$$Q_{1K} = 510 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} + \gamma_q \psi_{02} Q_{2k} = 1,3 \times 1250 + 1,5 \times 360 + 1,5 \times 510 = 2915 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} + \psi_{02} Q_{2k} = 1250 + 360 + 510 = 2120 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 1250 + 360 + 0,7 \times 510 = 1967 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 1250 + 360 + 0,6 \times 510 = 1916 \text{ Kg/m}^2$$

PIANO TERRA MARCIAPIEDE PALESTRA

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso proprio Platea (30cm)

$$\begin{array}{r} \frac{750 \text{ Kg/m}^2}{G_{1K} \quad 750 \text{ Kg/m}^2} \end{array}$$

Peso Permanente

(Isolante 10cm+Massetto 8+ Pav 1cm) =

$$\begin{array}{r} \frac{200 \text{ Kg/m}^2}{G_{2K} \quad 200 \text{ Kg/m}^2} \end{array}$$

- Sovraccarico di esercizio =

$$Q_{1K} = 510 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} + \gamma_q \psi_{02} Q_{2k} = 1,3 \times 750 + 1,5 \times 200 + 1,5 \times 510 = 2040 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} + \psi_{02} Q_{2k} = 750 + 200 + 510 = 1460 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 750 + 200 + 0,7 \times 510 = 1310 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 750 + 200 + 0,6 \times 510 = 1256 \text{ Kg/m}^2$$

SOLAI DI COPERTURA IN LEGNO (Palestra)**Analisi dei carichi**

- Azioni Permanenti:

Peso proprio (Impalcato sp. 16cm) =	80	Kg/m ²
	G ₁	80 Kg/m ²

Peso Permanente

(Isolante 16cm, OSB 2.5cm,

Impermeabilizzazione, fotovoltaico)=

	100	Kg/m ²
	G ₂	100 Kg/m ²

- Azione Variabile (Neve accumulo) =

	Q _{K1} = 85	Kg/m ²
--	----------------------	-------------------

- Azioni Permanenti:

Unità Pompa di Calore =	2000	Kg
-------------------------	------	----

Unità UTA =	1500	Kg
-------------	------	----

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 80 + 1,5 \times 100 + 1,5 \times 85 = 385 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} = 80 + 100 + 85 = 265 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} = 80 + 100 + 0,2 \times 85 = 197 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} = 80 + 100 + 0,0 \times 85 = 180 \text{ Kg/m}^2$$

CALCOLO MARCIAPIEDE PIANO TERRA**Verifica a flessione soletta**

Luce di calcolo =	1.30 m
-------------------	--------

Larghezza considerata =	100 cm
-------------------------	--------

Spessore soletta =	29 cm
--------------------	-------

Tipo di vincolo:

Mensola

Verifica allo SLU

Sezione di Mezzeria

$q = 2040 \text{ kg/m}$

$M_d = q \times l^2 / 2 =$

1725 Kgm

Sezione soletta 100x29cm

$$M_0 = f_{cd} \times b \times d^2 = 1400000 \times 1,00 \times 0,25^2 = 87500 \text{ kgm}$$

$$\Rightarrow M_d / M_0 = 0,02 \quad \text{La rottura della sezione avviene in campo 3 (rottura duttile)}$$

Armatura adottata : 1 ϕ 10/20 con un $A_f = 3.90 \text{ cm}^2$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times f_{cd} \times b} = 1,36 \text{ cm}$$

$$M_R = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) = 3.90 \times 3913 \times (25 - 0,4 \times 1,36) = 373215 \text{ kgcm} = 3732 \text{ kgm} > M_d$$

Taglio resistente in assenza di armature trasversale:

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d$$

Con:

- $k = 1 + (200/d)^{1/2} [2$

- d = altezza utile della sezione in mm

- ρ_1 = percentuale geometrica di armatura longitudinale = $\frac{A_s}{b \times d}$

- f_{ck} = resistenza caratteristica cilindrica del cls

- b = base della sezione

$$\Rightarrow V_{Rd} = (0,18 \times 1,89 \times (100 \times 0.001 \times 25)^{1/3} / 1.5) \times 1000 \times 250 = 76953 \text{ N} = 7695 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica a flessione cordolo

Larghezza considerata = 100 cm

Spessore cordolo = 22 cm

Tipo di vincolo: Mensola

Verifica allo SLU

Sezione di Mezzeria

$M_d = 1725 \text{ Kgm}$

Sezione resistente 100x22cm

$$M_0 = f_{cd} \times b \times d^2 = 1400000 \times 1,00 \times 0,19^2 = 50540 \text{ kgm}$$

$$\Rightarrow M_d / M_0 = 0,03 \quad \text{La rottura della sezione avviene in campo 3 (rottura duttile)}$$

Armatura adottata : $1\phi 10/20$ con un $A_f = 3.90 \text{ cm}^2$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times f_{cd} \times b} = 1,36 \text{ cm}$$

$$M_R = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) = 3.90 \times 3913 \times (19 - 0,4 \times 1,36) = 281651 \text{ kgcm} = \mathbf{2816 \text{ kgm}} > M_d$$

CALCOLO SOLAI DI COPERTURA

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

Classe di durata del carico = Breve durata e Permanente

Classe di servizio = 1

Legno lamellare omogeneo = GL24h

- **Analisi per carichi permanenti**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 80 + 1,5 \times 100 = 255 \text{ Kg/m}^2$$

$$P = \gamma_{g1} G_{1k} = 1,5 \times 2000 = 3000 \text{ Kg}$$

$$l = 4.55 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 + P / 2 \times l / 2 = 4075 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = 4075 / 0,6 = 6791$$

- **Analisi per carichi permanenti + variabili**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 80 + 1,5 \times 100 + 1,5 \times 85 = 385 \text{ Kg/m}^2$$

$$P = \gamma_{g1} G_{1k} = 1,5 \times 2000 = 3000 \text{ Kg}$$

$$l = 4.55 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 + P / 2 \times l / 2 = 4408 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = / 0,9 = 4900$$

La condizione più sfavorevole è quella che considera i soli carichi permanenti.

Resistenze di calcolo GL24h:

Classe di durata del carico: Permanente

- *Classe di servizio = 1*

- $\gamma_M = 1,45$

- $K_{mod} = 0,6$

- $\text{Resistenza di calcolo a flessione} = f_{fl,d} = 98 \text{ Kg/cm}^2$

- $\text{Resistenza di calcolo a trazione} !! = f_{t,0,d} = 79 \text{ Kg/cm}^2$

- $\text{Resistenza di calcolo a trazione} \perp = f_{t,90,d} = 2 \text{ Kg/cm}^2$

- Resistenza di calcolo a compressione !! = $f_{c,0,d}$ = 98 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ = $f_{c,90,d}$ = 10 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio = $f_{v,d}$ = 14 Kg/cm²

Classe di durata del carico: Breve Durata

- Classe di servizio = 1
- γ_M = 1,45
- K_{mod} = 0,9
- Resistenza di calcolo a flessione = $f_{fl,d}$ = 148 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione !! = $f_{t,0,d}$ = 119 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ = $f_{t,90,d}$ = 3 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione !! = $f_{c,0,d}$ = 148 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ = $f_{c,90,d}$ = 15 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio = $f_{v,d}$ = 21 Kg/cm²

IMPALCATO Sp. 16cm (L= 4.55m)

Verifica agli stati limite ultimi

Verifica impalcato comb. fondamentale con Carico Unita Esterna (Carico Permanente)

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 4.55 m
 Sezioni resistente = 250x16 cm
 $J_{x1} = 85333 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 10666 \text{ cm}^3$
 Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:

Verifica con carico Unita esterna

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 255 \times 2.50 = 640 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = 1.5 \times 2000 = 3000 \text{ Kg}$$

$$l = 4,55\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) + P/2 \times l/2 = (640 \times 4.55^2/8) + 3000/2 \times 4.55/2 = \mathbf{5070 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 + P/2 = 640 \times 4.55/2 + 3000/2 = \mathbf{2956 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 10666 = 1045268 \text{ Kgcm} = \mathbf{10452 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 250\text{cm} \times 16\text{cm} = \mathbf{37333 \text{ Kg}}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

$$f = \frac{P \times l^3}{48EJ}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,52\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{\text{ist}} = \frac{5}{384} \times \frac{4.50 \times 455^4}{115000 \times 85333} + 1.2 \frac{4.50 \times 455^2}{8 \times 6500 \times 4000} + \frac{3000 \times 455^3}{48 \times 115000 \times 85333} = 0,26 + 0,01 + 0,60 = 0.87\text{cm}$$

Freccia finale:

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{ist}} \times (1 + K_{\text{def}}) = 0,87 \times (1 + 0,6) = \mathbf{1,39 \text{ cm} < l/300}$$

Verifica impalcato comb. fondamentale con Carico Unita Esterna (Carico di breve durata)

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_2 = 385 \times 2.50 = 965 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = 1.5 \times 2000 = 3000 \text{ Kg}$$

$$l = 4,55\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) + P/2 \times l/2 = (965 \times 4.55^2/8) + 3000/2 \times 4.55/2 = \mathbf{5910 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 + P/2 = 965 \times 4.55/2 + 3000/2 = \mathbf{3695 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 10666 = 1578568 \text{ Kgcm} = \mathbf{15785 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 250\text{cm} \times 16\text{cm} = \mathbf{56000 \text{ Kg}}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

$$\text{Valore del modulo elastico} = E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Valore del coefficiente } K_{\text{def}} = 0.6$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

$$f = \frac{P \times l^3}{48EJ}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,52\text{cm}$$

$$l/250 = 1,80\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{4.50 \times 455^4}{115000 \times 85333} + 1.2 \frac{4.50 \times 455^2}{8 \times 6500 \times 4000} = 0,26 + 0,01 = 0,27 \text{ cm}$$

$$u_{ist} = \frac{3000 \times 455^3}{48 \times 115000 \times 85333} = 0,60 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{2.15 \times 455^4}{115000 \times 85333} + 1.2 \frac{2.15 \times 455^2}{8 \times 6500 \times 4000} = 0,12 + 0,00 = 0,12 \text{ cm} < 1/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,87 \times (1 + 0,6) + 0,12 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{1,52 \text{ cm} < 1/200} \end{aligned}$$

Verifica impalcato comb. eccezionale con Carico Unita Esterna**Verifica a flessione e taglio**

Luce di calcolo = 4.55 m

Resistenza al fuoco = 60min

 $d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 = 7 \text{ mm} + 0.7 \text{ mm/min} \times 60 \text{ min} = 49 \text{ mm}$

Sezione resistente al fuoco = 250x11cm

 $J_{x1} = 27729 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 5041 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:*Verifica con carico Unita esterna**Azioni sollecitanti di calcolo:*

$$q_1 = 180 \times 2.50 = 450 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = 2000 \text{ Kg}$$

$$l = 4,55 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) + P / 2 \times l / 2 = (450 \times 4.55^2 / 8) + 2000 / 2 \times 4.55 / 2 = \mathbf{3439 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 + P / 2 = 450 \times 4.55 / 2 + 2000 / 2 = \mathbf{2025 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 5041 = 1250168 \text{ Kgcm} = \mathbf{12501 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 250 \text{ cm} \times 11 \text{ cm} = \mathbf{64166 \text{ Kg}}$$

TRAVE PRINCIPALE Sez. 20x80cm (L= 10.60m)**Verifica agli stati limite ultimi****Verifica impalcato comb. fondamentale con Carico Unita Esterna (Carico Permanente)**

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	10.60 m
Sezioni resistente =	20x80cm
Interasse =	2.55m
$J_{x1} = 853333 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 21333 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:

Verifica con carico Unita esterna

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 255 \times 2.55 = 655 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = 1.5 \times 1000 = 1500 \text{ Kg}$$

$$l = 10,60\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) + P/2 \times l/2 = (655 \times 10.60^2/8) + 3000/2 \times 10.60/2 = 17150 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 + P/2 = 655 \times 10.60/2 + 3000/2 = 4975 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 21333 = 2090634 \text{ Kgcm} = 20906 \text{ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 20\text{cm} \times 80\text{cm} = 14933 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

$$f = \frac{P \times l^3}{48 E J}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 3,53\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{4.60 \times 1060^4}{115000 \times 853333} + 1.2 \frac{4.60 \times 1060^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0.85\text{cm}$$

$$u_{ist} = \frac{3000 \times 1060^3}{48 \times 115000 \times 853333} = 0.76\text{cm}$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{ist} \times G \times (1 + K_{def}) = 1.61 \times (1 + 0,6) = 2,58 \text{ cm} < l/300$$

Verifica impalcato comb. fondamentale con Carico Unita Esterna (Carico di breve durata)

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_2 = 385 \times 2.55 = 985 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = 1.5 \times 1000 = 1500 \text{ Kg}$$

$$l = 10.60 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) + P/2 \times l/2 = (985 \times 10.60^2/8) + 1500 \times 10.60/2 = \mathbf{21785 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 + P/2 = 985 \times 10.60/2 + 1500/2 = \mathbf{6725 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 21333 = 3157284 \text{ Kgcm} = \mathbf{31572 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} = \mathbf{22400 \text{ Kg}}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

$$f = \frac{P \times l^3}{48 E J}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 3.53 \text{ cm}$$

$$l/250 = 4.20 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{4.60 \times 1060^4}{115000 \times 853333} + 1.2 \frac{4.60 \times 1060^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0.77 + 0.08 = 0.85 \text{ cm}$$

$$u_{ist} = \frac{3000 \times 1060^3}{48 \times 115000 \times 853333} = 0.76 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{2.20 \times 1060^4}{115000 \times 853333} + 1.2 \frac{2.20 \times 1060^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0.37 + 0.04 = 0.41 \text{ cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) =$$

$$= 1.61 \times (1 + 0.6) + 0.41 \times (1 + 0.0 \times 0.6) = \mathbf{2.99 \text{ cm} < l/200}$$

Verifica impalcato Comb. Eccezionale con Carico Unita Esterna

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 10.60 m

Resistenza al fuoco = 60min

$$d_{\text{eff}} = d_{\text{char}} + k_{\text{od}} = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$$

Sezione resistente al fuoco = 10x75cm

$$J_{x1} = 351562 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 9375 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Verifica con carico Unita esterna

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 180 \times 2.55 = 460 \text{ kg/m}$$

$$P_1 = 1000 \text{ Kg}$$

$$l = 4,55\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) + P/2 \times l/2 = (460 \times 10.60^2/8) + 1000 \times 10.60/2 = 4580 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 + P/2 = 460 \times 10.60/2 + 1000/2 = 3438 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 9375 = 2325000 \text{ Kgcm} = 23250 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 10\text{cm} \times 75\text{cm} = 17500 \text{ Kg}$$

VERIFICA FISSAGGIO PANNELLI SOMMITALI

Verifica pannelli con sbalzo di 3.35m sopra solaio di copertura

Nella porzione di fabbricato con pannelli che proseguono, al di sopra del solaio di copertura, per m 3.40, vengono inseriti pilastri di rinforzo, di sez 16x36cm, inseriti all'interno dell'asola che si forma tra i due pilastri accoppiati della palestra.

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 3.40

Sezioni resistente = 16x36cm

Interasse = 5.05m

$$J_x = 62208 \text{ cm}^4 \quad W_x = 3456 \text{ cm}^4$$

Tipo di vincolo = Mensola

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale:-

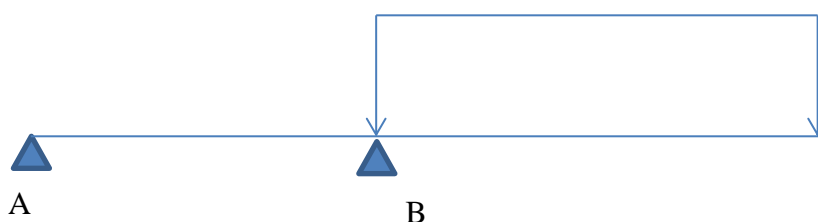
Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = (1.5 \times 105) \times 5.05 = 810 \text{ kg/m (pressione del vento)}$$

$$l_1 = 1.80\text{m}$$

$$l_2 = 3.40\text{m}$$

$$l = 5.20\text{m}$$



$$V_A = -2601 \text{ kg/m}$$

$$V_B = 5355 \text{ kg/m}$$

$$M_{dx} = (q \times l_2^2 / 2) = (810 \times 3.40^2 / 2) = \mathbf{4685 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l = 160 \times 3.40 = \mathbf{2755 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times J / y = 148 \times 3456 = 511488 \text{ Kgcm} = \mathbf{5114 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 16\text{cm} \times 36\text{cm} = \mathbf{8064 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{P \times l^4}{8EJ}$$

Freccie limite:

$$l/250 = 1,36\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{1}{8} \times \frac{5.30 \times 340^4}{115000 \times 62208} = 1.24\text{cm} < l/250$$

Verifica fissaggio pannello al pilastro

Il pannello viene fissato sui pilastri con viti a filetto parziale $\phi 8 \times 200/200\text{cm}$

La forza di estrazione del pannello è pari a:

$$N_{t,d} = (160 \times 3.4) \times 5.05/2 = \mathbf{1375 \text{ kg}}$$

Il fissaggio del pannello avviene con 24 viti a filetto parziale $\phi 8 \times 200\text{mm}$.

La resistenza ad estrazione della singola vite è di:

$$N_{t,R} = (233/1.5) \times 0.9 = \mathbf{139 \text{ kg}}$$

$$N_{t,R \text{ Tot}} = 139 \times 24 = \mathbf{3336 \text{ kg}}$$

Verifica del fissaggio della trave alla trave di bordo (Vincolo B)

Il collegamento tra il pilastro e la trave di bordo/pilastro sommitale viene eseguito con 18 viti a filetto parziale $\phi 10 \times 300$.

Azione sollecitante di Taglio:

$$V_{,d} = 5355 \text{ kg}$$

L'azione viene assorbita dalle sole viti a filetto parziale.

$$V_{,R \text{ Tot}} = (655/1.5 \times 0.9) \times 18 = 7074 \text{ kg} > V_{,d}$$

Verifica del fissaggio inferiore del pilastro (Vincolo A)

Il collegamento tra il pilastro-pilastro viene eseguito con 18 viti a filetto parziale $\phi 10 \times 300$.

Azione sollecitante di estrazione:

$$N_{t,d} = 2601 \text{ kg/m}$$

L'azione viene assorbita dalle sole viti a filetto parziale.

$$N_{t,R} = (655/1.5 \times 0.9) \times 18 = 7074 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

Verifica pannelli con sbalzo di 1.45m sopra solaio di copertura

Nella porzione di fabbricato con pannelli che proseguono, al di sopra del solaio di copertura, per m 1.45, i pannelli sommitali vengono posizionati con orientamento delle fibre verticali per far lavorare il pannello a sbalzo..

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	1.00
Sezioni resistenti =	100x10cm
Interasse =	100m
$J_x = 8033 \text{ cm}^4$	

Tipo di vincolo = Mensola

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:

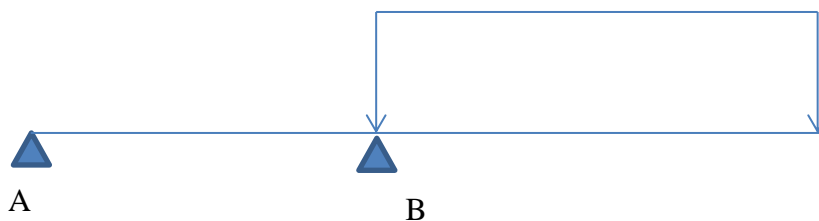
Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 1.5 \times 105 = 160 \text{ kg/m (pressione del vento)}$$

$$l_1 = 1.60\text{m}$$

$$l_2 = 1.45\text{m}$$

$$l = 3.05\text{m}$$



$$V_A = -105 \text{ kg/m}$$

$$V_B = 340 \text{ kg/m}$$

$$M_{dx} = (q \times l_2^2 / 2) = (160 \times 1.45^2 / 2) = 170 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l = 160 \times 1.40 = 232 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times J / y = 148 \times 8033 / 5 = 237779 \text{ Kgcm} = 2377 \text{ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 10\text{cm} = 14000 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{P \times l^4}{8EJ}$$

Freccie limite:

$$l/250 = 0,58\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{1}{8} \times \frac{1.05 \times 145^4}{115000 \times 8033} = 0.06\text{cm} < l/250$$

Verifica del fissaggio del pannello alla trave di bordo

Il collegamento tra il pannello e la trave di bordo viene eseguito con una viti tutto filetto $\phi 8 \times 240/200\text{mm}$ e una vite a filetto parziale $\phi 8 \times 200/200\text{mm}$.

Azione sollecitante di estrazione:

$$N_{t,d} = 340 \text{ kg/m}$$

Lazione viene assorbite dalle sole viti a tutto filetto.

$$N_{t,R} = (978/1.5 \times 0.9) \times 5 = 2934 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

Verifica del fissaggio del pannello al pannello inferiore

Il fissaggio tra pannelli avviene tramite tavola di giunzione e viti a filetto parziale $\phi 6 \times 80/100\text{mm}$.

Azione sollecitante di estrazione:

$$N_{t,d} = 105 \text{ kg/m}$$

Lazione viene assorbite dalle sole viti a tutto filetto.

$$N_{t,R} = (148/1.5 \times 0.9) \times 10 = 888 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

Verifica pannelli con sbalzo da 1.45m a 3.00 sopra solaio di copertura

Nella porzione di fabbricato con pannelli che proseguono, al di sopra del solaio di copertura, per m 1.45, i pannelli sommitali vengono posizionati con orientamento delle fibre verticale per far lavorare il pannello a sbalzo.

Verifica a flessione e taglio

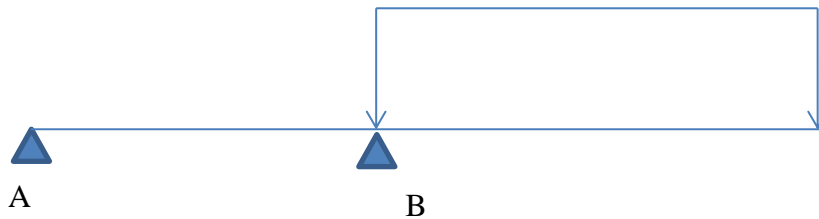
Luce di calcolo = 3.00
Sezioni resistenti = 100x10cm
Interasse = 100m
 $J_x = 8033 \text{ cm}^4$

Tipo di vincolo = Mensola

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale:-

Azioni sollecitanti di calcolo:

$q_1 = 1.5 \times 105 = 160 \text{ kg/m}$ (pressione del vento)
 $l_1 = 1.80\text{m}$
 $l_2 = 3.00\text{m}$
 $l = 4.80\text{m}$



$$V_A = -400 \text{ kg/m}$$

$$V_B = 880 \text{ kg/m}$$

$$M_{dx} = (q \times l_2^2 / 2) = (160 \times 1.45^2 / 2) = 720 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l = 160 \times 3.00 = 480 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times J / y = 148 \times 8033 / 5 = 237779 \text{ Kgcm} = 2377 \text{ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 10\text{cm} = 14000 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{P \times l^4}{8EJ}$$

Freccie limite:

$$l/250 = 1,20\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{\text{ist}} = \frac{1}{8} \times \frac{1.05 \times 300^4}{115000 \times 8033} = 1.15\text{cm} < l/250$$

Verifica del fissaggio del pannello alla trave di bordo

Il collegamento tra il pannello e la trave di bordo viene eseguito con una vite tutto filetto $\phi 8 \times 240/200\text{mm}$ e una vite a filetto parziale $\phi 8 \times 200/200\text{mm}$.

Azione sollecitante di estrazione:

$$N_{t,d} = 880 \text{ kg/m}$$

L'azione viene assorbita dalle sole viti a tutto filetto.

$$N_{t,R} = (978/1.5 \times 0.9) \times 5 = 2934 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

Verifica del fissaggio del pannello al pannello inferiore

Il fissaggio tra pannelli avviene tramite tavola di giunzione e viti a filetto parziale $\phi 6 \times 80/100\text{mm}$.

Azione sollecitante di estrazione:

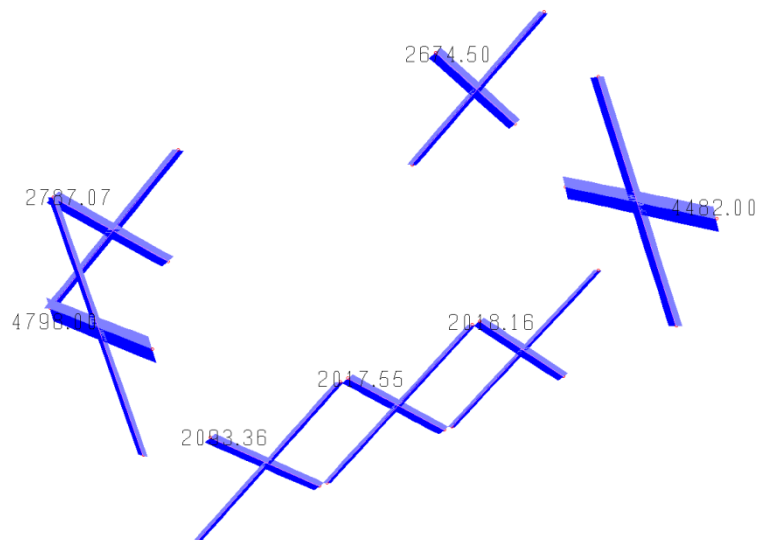
$$N_{t,d} = 400 \text{ kg/m}$$

L'azione viene assorbita dalle sole viti a tutto filetto.

$$N_{t,R} = (148/1.5 \times 0.9) \times 10 = 888 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

VERIFICA FISSAGGIO PANNELLI DI CONTROVENTO

Nella modellazione il controvento dei pannelli di tamponatura è stato schematizzato con dei tiranti a croce. L'azione dei tiranti è lo sforzo che deve essere assorbito dalle tavole di giunzione.



Collegmanto pannello-pannello

Azione sollecitante massima:

$$V_d = (4800 \times 2) / 7.10 = 1355 \text{ kg/m}$$

$$V_d = (2800 \times 2) / 5.00 = 1120 \text{ kg/m}$$

Il fissaggio tra pannelli avviene tramite tavola di ginzione e viti a filetto parziale $\phi 6 \times 80/100 \text{ mm}$.

Azione sollecitante di taglio:

$$V_d = 1355 \text{ kg/m}$$

La resistenza a taglio del collegamento è dato da:

$$N_{t,R} = (246 / 1.5 \times 0.9) \times 10 = 1476 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

Collegmanto pannello-pilastro

Il collegamento del pannello al pilastro viene eseguito con viti a filetto parziale $\phi 8 \times 200/200 \text{ mm}$.

Azione sollecitante di estrazione:

$$V_d = 1425 \text{ kg/m}$$

La resistenza a taglio del collegamento è dato da:

$$N_{t,R} = (515 / 1.5 \times 0.9) \times 5 = 1545 \text{ kg/m} > N_{t,d}$$

Collegmanto pannello-cordolo in c.a.

Azione sollecitante massima:

$$V_d = 4800 \times 2 = 9600 \text{ kg/m}$$

$$V_d = 2800 \times 2 = 5600 \text{ kg/m}$$

TCN 200

Tipo di connessione: Legno-Calcestruzzo

Coefficienti di sicurezza: $\gamma_{M,conn}$: 1.5 $\gamma_{M,acc \text{ traz}}$: 1.25 $\gamma_{M,acc \text{ taglio}}$: 1.25 K_{mod} : 1.00

Verifiche a taglio

Tipo angolare: TCN 240

Tipologia chiodi: Anker $\phi 4.0/60$ mm

N. Chiodi: 36 (Chiodatura Totale)

Tasselli: $\phi 16 \times 145$

Resistenza di progetto lato legno: $R_{k,Legno} = 30.30 \text{ kN} \Rightarrow R_{d,Legno} = 20,20 \text{ kN}$

Resistenza di progetto lato Calcestruzzo: $R_{k,Cls} = 67.40 \text{ kN} \Rightarrow R_{d,Cls} = 65,90 \text{ kN}$

\Rightarrow **Resistenza di progetto:** $R_d = 20.20 \text{ kN} = 2061 \text{ Kg}$

VERIFICA COLLEGAMENTO PILASTRI ALLA BASE

Il collegamento del pilastro alla base verrà eseguito con piastre a scomparsa e perni in acciaio ancorata a terra con barre annegate alla fondazione in c.a.

Sollecitazioni massime derivanti dalla modellazione

$$N_d = 10500 \text{ Kg}$$

$$V_{d,x} = 0 \text{ Kg}$$

$$V_{d,y} = 650 \text{ Kg (Trascurabile)}$$

$$M_{d,x} = 3655 \text{ Kg}$$

$$M_{d,y} = 245 \text{ Kg (Trascurabile)}$$

L'azione di compressione viene trasferita per contatto pilastro-piastra-fondazione.

SLU

Verifica del collegamento a flessione

Il collegamento legno-piastra viene eseguito con lama interna metallica dello spessore di 12 mm e perni $\phi 16 \times 140$ acciaio S235JR

Azione di calcolo:

$$M_{d,x} = 3655 \text{ Kg}$$

$$M_{d,y} = 245 \text{ Kg (Trascurabile)}$$

Il momento viene scomposto in una coppia di forze agente sui perni con braccio pari a 34cm.

Pertanto l'azione risultante sui parni vale:

$$V_{d,M} = 3655/0.34 = 10750 \text{ Kg}$$

Azioni resistenti di calcolo dei perni:

Il valore caratteristico di rifollamento sul legno viene assunto, in direzione parallelo e perpendicolare alle fibre, pari a:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01d) \times \rho_k = 261 \text{ kg/cm}^2.$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{K_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 164 \text{ kg/cm}^2.$$

con:

$$K_{90} = 1,35 + 0,015d = 1.59$$

Il valore caratteristico del momento di snervamento dei perni viene assunta pari a:

$$M_{y,k} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2.6} = 1459 \text{ kgcm}.$$

Valore caratteristico di resistenza:

$$V_{R1,K} = (f_{h,90,k} \times \phi \times t_1) = (261 \times 1.6 \times 6.0) = 2505 \text{ kg}$$

$$V_{R2,K} = (f_{h,90,k} \times \phi \times t_1) \left[\sqrt{2 + \frac{4 \times M_{y,k}}{f_{h,90,k} \times d \times t_1^2}} - 1 \right] =$$

$$= (261 \times 1.6 \times 6.5) \left[\sqrt{2 + \frac{4 \times 1459}{261 \times 1.6 \times 6.0^2}} - 1 \right] = 1366 \text{ kg}$$

$$V_{R3,K} = 2.3 \times \sqrt{M_{y,k} \times f_{h,2,k} \times d} = 2.3 \times \sqrt{1459 \times 261 \times 1.6} = 1795 \text{ kg}$$

Numero efficace degli spinotto allineati in direzione parallela alla fibra:

$$n_{ef} = n^{0,9} \times \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} = 5^{0,9} \times \sqrt[4]{\frac{10}{13 \times 1.6}} = 3.5$$

con:

a_1 = spaziatura fra bulloni in direzione della fibra

Valore minimo caratteristico in condizione sismiche:

$$V_{R \min, K} = 1366 \text{ kg} \quad \Rightarrow \quad V_{R,d} = (1366/1.5 \times 1.0) \times 2 = 1821 \text{ kg}$$

$$V_{R,d,Tot} = (1821 \times 3.5) \times 2 = 12747 \text{ kg} > V_{d,M} = 10750 \text{ Kg}$$

Verifica rifollamento perni:

Azione agente sul singolo perno:

$$V_{d,perno} = 10750/10 = 1075 \text{ kg}$$

Resistenza al rifollamento:

$$F_{b,Rd} = \frac{K \times \alpha \times d \times t \times f_{tk}}{\gamma_{M2}} = \frac{2.5 \times 0.58 \times 1.6 \times 1.2 \times 3673}{1.25} = 8180 \text{ kg}$$

Verifica saldatura Lama-Piastra di Base M.

La sollecitazione di taglio è trascurabile

La sollecitazione sulla saldatura della lama interna alla piastra di base è a farfalla.

Le saldature saranno a cordone d'angolo con R.=8mm con raggio di gola pari a 5.6mm.

Il collegamento viene eseguito con due saldature di dimensioni 45x0.56 cadauna

$$\text{Area saldatura} = (45 \times 0.56) = 25 \text{ cmq cadauna}$$

$$J_{\text{sald}} = \frac{b \times h^3}{12} \times 2 = \frac{0.5 \times 45^3}{12} \times 2 = 7593 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\perp} = M/J \times d = (365500/7593) \times 22.5 = 1083 \text{ kg/cm}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2} = 1083 \text{ Kg/cm} < \beta_1 \times f_{yk} = 0.85 \times 2350 = 1997 \text{ kg/cm}$$

$$|\sigma_{\perp}| + |\tau_{\perp}| = 1083 \text{ Kg/cm} < \beta_2 \times f_{yk} = 1.00 \times 2350 = 2350 \text{ kg/cm}$$

Verifica Piastra di Base

VERIFICA COMPRESSIONE CALCESTRUZZO

Le azione di compressione sul calcestruzzo è data dall'azione dello sforzo normale e dal momento flettente.

La compressione data dallo sforzo di compressione è di:

$$\sigma_N = 10500/(30 \times 65) = 5.5 \text{ kg/cm}^2$$

Per la compressione derivante dal momento flettente si considera una sezione reagente di 30x20cm.

$$\sigma_N = 365500/(54 \times (30 \times 20)) = 11 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \text{Tensione Totale cls} = 5.5 + 11 = 16.5 \text{ Kg/cm}^2$$

VERIFICA DEL BULLONE.

Si considera come centro di rotazione il lembo della piastra, pertanto lo sforzo di trazione massimo sul bullone vale:

$$N_{t,d} = (365500/50)/5 = 1462 \text{ kg}$$

$$N_{t,Rd} = (0.9 \times 8000 \times 1.57)/1.25 = 9043 \text{ kg}$$

Verifica lunghezza ancoraggio.

n. bulloni =	5
Diametro Bulloni =	ϕ16
Lunghezza di ancoraggio =	30cm

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\text{Tiro sul bullone} = 1462 \text{ kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$\text{Resistenza tangenziale di aderenza} = f_{bd} = 26 \text{ kg/cm}^2$$

Si considera un foro di aderenza a barra calcestruzzo di 18mm e una lunghezza di ancoraggio pari a 25cm.

$$\text{Resistenza allo sfilamento} = (2 \times \pi \times r \times l) \times 26 = 3675 \text{ kg} > 2200 \text{ kg}$$

Verifica a punzonamento della piastra.

L'azione di trazione agente su ogni singolo tirafondo è pari a 2200 kg.

La resistenza di progetto della piastra a punzonamento vale:

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_{tk}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.6 \times 3.14 \times 2.4 \times 1.0 \times 3600}{1.25} = 13022 \text{ kg} > \text{Tiro sul bullone} = 1462 \text{ kg}$$

CORPO B

PIANO TERRA AREA SCOLASTICA

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso proprio Platea (50cm)

$$\frac{1250 \text{ Kg/m}^2}{G_{1K} \quad 1250 \text{ Kg/m}^2}$$

Peso Permanente

(Igloo 29cm, Isolante 10cm, Pannello

Radiante 2+2cm, Massetto+ Pav 5cm =

$$\frac{400 \text{ Kg/m}^2}{G_{2K} \quad 400 \text{ Kg/m}^2}$$

- Sovraccarico di esercizio =

$$Q_{1K} = 305 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} + \gamma_q \psi_{02} Q_{2k} = 1,3 \times 1250 + 1,5 \times 400 + 1,5 \times 305 = 2685 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} + \psi_{02} Q_{2k} = 1250 + 400 + 305 = 1955 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 1250 + 400 + 0,7 \times 305 = 1865 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 1250 + 400 + 0,6 \times 305 = 1835 \text{ Kg/m}^2$$

PIANO TERRA MARCIAPIEDE AREA SCOLASTICA

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso proprio Platea (30cm)

$$\frac{750 \text{ Kg/m}^2}{G_{1K} \quad 750 \text{ Kg/m}^2}$$

Peso Permanente

(Isolante 10cm+Massetto 8+ Pav 1cm) =

$$\frac{200 \text{ Kg/m}^2}{G_{2K} \quad 200 \text{ Kg/m}^2}$$

- Sovraccarico di esercizio =

$$Q_{1K} = 305 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} + \gamma_q \psi_{02} Q_{2k} = 1,3 \times 750 + 1,5 \times 200 + 1,5 \times 305 = 1735 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} + \psi_{02} Q_{2k} = 750 + 200 + 305 = 1255 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 750 + 200 + 0,7 \times 305 = 1165 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 750 + 200 + 0,6 \times 305 = 1135 \text{ Kg/m}^2$$

SOLAI DI PIANO IN LEGNO AREA SCOLASTICA**Solaio in Legno****Analisi dei carichi**

- Azioni Permanenti:

Peso proprio (Impalcato sp 20cm) =	90	Kg/m ²
	G ₁ 90	Kg/m ²

Peso Permanente=	250	Kg/m ²
	G ₂ 250	Kg/m ²

- Azione Variabile =	Q _{K1} = 305	Kg/m ²
---------------------------	-----------------------	-------------------

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 + 1,5 \times 305 = 950 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} = 90 + 250 + 305 = 645 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} = 90 + 250 + 0,7 \times 305 = 555 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} = 90 + 250 + 0,6 \times 305 = 525 \text{ Kg/m}^2$$

SOLAI DI COPERTURA IN LEGNO (Copertura a Falda Aule)**Solaio di Copertura in Legno senza accumulo Neve****Analisi dei carichi**

- Azioni Permanenti:

Peso proprio (Impalcato sp. 16/18cm) =	85	Kg/m ²
	G ₁ 85	Kg/m ²

Peso Permanente
(Guina doppia, isolante 16cm,

$$\text{lamiera, fotovoltaico)} = \frac{100 \text{ Kg/m}^2}{G_2 \quad 100 \text{ Kg/m}^2}$$

$$\text{- Azione Variabile (Neve senza accumulo) = } Q_{K1} = 85 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 100 + 1,5 \times 85 = 388 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} = 85 + 100 + 85 = 270 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} = 85 + 100 + 0,2 \times 85 = 202 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} = 85 + 100 + 0,0 \times 85 = 185 \text{ Kg/m}^2$$

SOLAI DI COPERTURA IN LEGNO (Copertura piana connettivo con accumulo)

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

$$\text{Peso proprio (Impalcato sp. 16/18cm) = } \frac{85 \text{ Kg/m}^2}{G_1 \quad 85 \text{ Kg/m}^2}$$

Peso Permanente

(Isolante 16cm, massetto,

$$\text{Impermeabilizzazione, fotovoltaico)} = \frac{260 \text{ Kg/m}^2}{G_2 \quad 260 \text{ Kg/m}^2}$$

$$\text{- Azione Variabile (Neve accumulo) = } Q_{K1} = 205 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 260 + 1,5 \times 205 = 810 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} = 85 + 260 + 205 = 550 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} = 85 + 260 + 0,2 \times 205 = 386 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} = 85 + 260 + 0,0 \times 205 = 345 \text{ Kg/m}^2$$

CALCOLO MARCIAPIEDE PIANO TERRA

Verifica a flessione soletta

Luce di calcolo =	1.30 m
Larghezza considerata =	100 cm
Spessore soletta =	29 cm
Tipo di vincolo:	Mensola

Verifica allo SLU

Sezione di Mezzeria

$$q = 1735 \text{ kg/m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 2 = 1470 \text{ Kgm}$$

Sezione soletta 100x29cm

$$M_0 = f_{cd} \times b \times d^2 = 1400000 \times 1,00 \times 0,25^2 = 87500 \text{ kgm}$$

$$\Rightarrow M_d / M_0 = 0,02 \quad \text{La rottura della sezione avviene in campo 3 (rottura duttile)}$$

Armatura adottata : 1ϕ10/20 con un $A_f = 3.90 \text{ cm}^2$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times f_{cd} \times b} = 1,36 \text{ cm}$$

$$M_R = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) = 3.90 \times 3913 \times (25 - 0,4 \times 1,36) = 373215 \text{ kgcm} = 3732 \text{ kgm} > M_d$$

Taglio resistente in assenza di armature trasversale:

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d$$

Con:

$$- k = 1 + (200/d)^{1/2} \quad [2]$$

- d = altezza utile della sezione in mm

$$- \rho_1 = \text{percentuale geometrica di armatura longitudinale} = \frac{A_s}{b \times d}$$

- f_{ck} = resistenza caratteristica cilindrica del cls

- b = base della sezione

$$\Rightarrow V_{Rd} = (0,18 \times 1,89 \times (100 \times 0.001 \times 25)^{1/3} / 1.5) \times 1000 \times 250 = 76953 \text{ N} = 7695 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica a flessione cordolo

Larghezza considerata =	100 cm
Spessore cordolo =	22 cm
Tipo di vincolo:	Mensola

Verifica allo SLU

Sezione di Mezzeria

$$M_d = 1470 \text{ Kgm}$$

Sezione resistente 100x22cm

$$M_0 = f_{cd} \times b \times d^2 = 1400000 \times 1,00 \times 0,19^2 = 50540 \text{ kgm}$$

$$\Rightarrow M_d / M_0 = 0,03 \quad \text{La rottura della sezione avviene in campo 3 (rottura duttile)}$$

Armatura adottata : 1ϕ10/20 con un $A_f = 3.90 \text{ cm}^2$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times f_{cd} \times b} = 1,36 \text{ cm}$$

$$M_R = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) = 3.90 \times 3913 \times (19 - 0,4 \times 1,36) = 281651 \text{ kgcm} = \mathbf{2816 \text{ kgm}} > M_d$$

CALCOLO SOLAI DI COPERTURA AULE-CONNETTIVO

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

Classe di durata del carico = Breve durata e Permanente

Classe di servizio = 1

Legno lamellare omogeneo = GL24h

COPERTURE AULE

- **Analisi per carichi permanenti aule**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 100 = 261 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 1080 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{\text{mod}} = 1080 / 0,6 = 1800$$

- **Analisi per carichi permanenti + variabili aule**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 100 + 1,5 \times 85 = 388 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 1605 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{\text{mod}} = 1605 / 0,9 = 1785$$

La condizione più sfavorevole è quella che considera i soli carichi permanenti.

COPERTURE CONNETTIVO

- **Analisi per carichi permanenti connettivo**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 260 = 501 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 2070 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1
 $M_d / K_{mod} = 2070 / 0,6 = 3450$

• **Analisi per carichi permanenti + variabili connettivo**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 260 + 1,5 \times 205 = 810 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 3350 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1
 $M_d / K_{mod} = 3350 / 0,9 = 3722$

La condizione più sfavorevole è quella che considerasias i carichi permanenti che quelli accidentali.

Resistenze di calcolo GL24h:

Classe di durata del carico: Permanente

- *Classe di servizio = 1*
- $\gamma_M = 1,45$
- $K_{mod} = 0,6$
- Resistenza di calcolo a flessione $= f_{fl,d} =$ 98 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione !! $= f_{t,0,d} =$ 79 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ $= f_{t,90,d} =$ 2 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione !! $= f_{c,0,d} =$ 98 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ $= f_{c,90,d} =$ 10 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio $= f_{v,d} =$ 14 Kg/cm²

Classe di durata del carico: Breve Durata

- *Classe di servizio = 1*
- $\gamma_M = 1,45$
- $K_{mod} = 0,9$
- Resistenza di calcolo a flessione $= f_{fl,d} =$ 148 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione !! $= f_{t,0,d} =$ 119 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ $= f_{t,90,d} =$ 3 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione !! $= f_{c,0,d} =$ 148 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ $= f_{c,90,d} =$ 15 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio $= f_{v,d} =$ 21 Kg/cm²

IMPALCATO Sp. 16cm (L= 5.75m)

Verifica agli stati limite ultimi “Solo Carichi Permanenti” (Comb. Fondamentale) AULE

Luce di calcolo = 5.75 m
 Sezioni resistente = 100x16 cm
 $J_{x1} = 34133 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 4266 \text{ cm}^3$
 Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 265 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,75\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (265 \times 5.75^2/8) = 1095 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 265 \times 5.75/2 = 765 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 4266 = 418068 \text{ Kgcm} = 4180 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 16\text{cm} = 14933 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,91\text{cm}$$

$$l/250 = 2,30\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{1.80 \times 575^4}{115000 \times 34133} + 1.2 \frac{1.80 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0,65 + 0,01 = 0,66\text{cm}$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) =$$

$$= 0,66 \times (1 + 0,6) = 1,06 \text{ cm} < l/250$$

Verifica agli stati limite ultimi “Carichi Permanenti e accidentali” (Comb. Fondamentale)

AULE

Luce di calcolo = 5.75 m
 Sezioni resistente = 100x16 cm
 $J_{x1} = 34133 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 4266 \text{ cm}^3$
 Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 390 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,75\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (390 \times 5.75^2/8) = \mathbf{1615\ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 390 \times 5.75/2 = \mathbf{1125\ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 4266 = 631368\ \text{Kgcm} = \mathbf{6313\ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21\ \text{Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 16\text{cm} = \mathbf{22400\ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000\ \text{Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,91\text{cm}$$

$$l/250 = 2,30\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{1.85 \times 575^4}{115000 \times 34133} + 1.2 \frac{1.85 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0,67 + 0,01 = 0,66\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{0.85 \times 575^4}{115000 \times 34133} + 1.2 \frac{0.85 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0,31 + 0,01 = 0,31\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin\ G} + u_{fin\ Q} = u_{ist\ G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist\ Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,67 \times (1 + 0,6) + 0,31 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{1,38\ cm} < l/250 \end{aligned}$$

Verifica impalcato Comb. Eccezionale AULE

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 5.75 m

Resistenza al fuoco = 60min

$d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$

Sezione resistente al nfuoco = 100x11cm

$$J_{x1} = 11091\text{cm}^4 \qquad W_{x1} = 2016\ \text{cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Verifica con carico Unita esterna

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 185 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,75\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (185 \times 5.75^2/8) = 765 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 185 \times 5.75/2 = 535 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 2016 = 499968 \text{ Kgcm} = 4999 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 11\text{cm} = 25666 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite ultimi “Carichi Permanenti e accidentali” (Comb. Fondamentale)

CONNETTIVO

Luce di calcolo = 6.00 m

Sezioni resistente = 100x18 cm

$J_{x1} = 48600 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 5400 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 810 \text{ kg/m}$$

$$l = 6,00\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (810 \times 6.00^2/8) = 3645 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 810 \times 6.00/2 = 2430 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 5400 = 799200 \text{ Kgcm} = 7992 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 18\text{cm} = 25200 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 2,00\text{cm}$$

$$l/250 = 2,40\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.45 \times 600^4}{115000 \times 48600} + 1.2 \frac{3.45 \times 600^2}{8 \times 6500 \times 1800} = 1,04 + 0,02 = 1,06 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{2.05 \times 600^4}{115000 \times 48600} + 1.2 \frac{2.05 \times 600^2}{8 \times 6500 \times 1800} = 0,62 + 0,01 = 0,63 \text{ cm} < 1/300$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ = 1,06 \times (1 + 0,6) + 0,63 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{2,33 \text{ cm} < 1/250}$$

Verifica impalcato comb. Eccezionale CONNETTIVO

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	6.00 m
Resistenza al fuoco =	60min
$d_{eff} = d_{char} + k_{0d} = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$	
Sezione resistente al fuoco =	100x13cm
$J_{x1} = 18308\text{cm}^4$	$W_{x1} = 2816 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 345 \text{ kg/m} \\ l = 6.00\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (345 \times 6.00^2/8) = \mathbf{1555 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 = 345 \times 6.00/2 = \mathbf{1035 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 2816 = 698368 \text{ Kgcm} = \mathbf{6983 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 13\text{cm} = \mathbf{30333 \text{ Kg}}$$

TRAVE ROMPITRATTA CONNETTIVO Sez. 16x44cm (L= 2.25m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	2.25 m
Sezioni resistente =	16x44cm
Interasse =	6.15m
$J_{x1} = 113578 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 5162 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale:-

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 810 \times 6.15 = 4981 \text{ kg/m}$$

$$l = 2,25\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (4981 \times 2.25^2/8) = 3155 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 4981 \times 2.25/2 = 5603 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 5162 = 763976 \text{ Kgcm} = 7639 \text{ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 16\text{cm} \times 44\text{cm} = 9856 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 0,75\text{cm}$$

$$l/250 = 0,90\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{21.25 \times 225^4}{115000 \times 113578} + 1.2 \frac{21.25 \times 225^2}{8 \times 6500 \times 704} = 0,05 + 0,04 = 0,09\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{12.65 \times 225^4}{115000 \times 113578} + 1.2 \frac{12.65 \times 225^2}{8 \times 6500 \times 704} = 0,03 + 0,02 = 0,05\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,09 \times (1 + 0,6) + 0,05 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = 0,20 \text{ cm} < l/250 \end{aligned}$$

Verifica rompitratta Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 2.25 m

Resistenza al fuoco = 60min

$$d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$$

Sezione resistente al fuoco = 6x39cm

$$J_{x1} = 29659 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 1521 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 345 \times 6.15 = 2125 \text{ kg/m}$$
$$l = 2.25 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (2125 \times 2.25^2 / 8) = \mathbf{1345 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 2125 \times 2.25 / 2 = \mathbf{2395 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 1521 = 377208 \text{ Kgcm} = \mathbf{3772 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 6 \text{ cm} \times 39 \text{ cm} = \mathbf{5460 \text{ Kg}}$$

Verifica collegamento

Il collegamento della trave rompitratta, alle strutture principali, viene eseguito in appoggio ad una estremità e tramite piastra metallica a scomparsa all'altra estremità.

Gli elementi che compongono il collegamento sono Piastra Soltech Tipo Steel 120x330 fissata con viti a Collare Rinforzato e spinotti calibro 12mm.

Azioni Sollecitante di calcolo:

$$T_d = \mathbf{5603 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

Il collegamento così realizzato fornisce un taglio resistente di:

$$V_{R,d} = \frac{9621}{1.5} \times 0.9 = \mathbf{5772 \text{ Kg}} > T_d$$

VERIFICA ANCORAGGIO PANNELLI

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso parete x-lam	50	Kg/m ²
Isolante esterno	25	Kg/m ²
Isolante interno	5	Kg/m ²
Finitura Interna	20	Kg/m ²
Facciata Continua	150	Kg/m ²

$$250 \quad \text{Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} = 1.3 \times 250 = 325 \text{ Kg/m}^2$$

PANNELLI TAMPONATURA LATO GRONDA

Sul lato gronda, il sostegno della parete a sbalzo viene eseguito con una trave in clt sommitale alla parete e continua in appoggio sulle pareti trasversali del fabbricato. Per la parete si prevede un doppio ancoraggio, uno all'impalcato di copertura in grado di sostenere l'intera parete fino al piano di calpestio del piano primo, inoltre la trave sommitale viene ancorata alle due estremità alle pareti ortogonali di fuoriuscita dello sbalzo, anche quello collegamento è in grado di sostenere l'intera parete fino al piano di calpestio.

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 325 \times 3.60 = 1170 \text{ kg/m}$$

La parete viene fissata all'impalcato di copertura con coppia di viti (una tutto filetto M10x280 e una a filetto parziale M8x280mm), il collegamento, considerando ad estrazione la sola resistenza delle viti a tutto filetto fornisce una resistenza di estrazione di:

$$N_{t,d} = \frac{863}{0.98} \times \frac{0.6}{1.5} \times \frac{100}{20} = 1761 \text{ kg/m} > q_1 = 1170 \text{ kg/m}$$

Considerando invece la trave sommitale vincolata alle due estremità alle pareti ortogonali abbiamo le seguenti sollecitazioni:

$$V_d = 1170 \times 6.05 / 2 = 3540 \text{ kg}$$

Il collegamento con la parete viene eseguito con n. 14 viti a filetto parziale M10x220mm che forniscono un taglio resistente di:

$$V_{R,d} = \frac{641}{0.98} \times \frac{0.6}{1.5} \times 14 = 3662 \text{ kg/m} > V_d = 3540 \text{ kg/m}$$

CALCOLO SOLAI DI PIANO

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

Classe di durata del carico = Media durata e Permanente

Classe di servizio = 1

Legno lamellare omogeneo = GL24h

Analisi per carichi permanenti aule

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 = 492 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 2035 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = 2035 / 0,6 = 3391$$

- **Analisi per carichi permanenti + variabili aule**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 + 1,5 \times 305 = 950 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 3926 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1
 $M_d / K_{mod} = 3926 / 0,8 = 4907$

La condizione più sfavorevole è quella che considerasiasia sia i carichi permanenti che quelli accidentali.

Resistenze di calcolo GL24h:

Classe di durata del carico: Breve Durata

- *Classe di servizio* = 1
- $\gamma_M = 1,45$
- $K_{mod} = 0,8$
- Resistenza di calcolo a flessione = $f_{fl,d}$ = 132 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione !! = $f_{t,0,d}$ = 105 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ = $f_{t,90,d}$ = 2.8 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione !! = $f_{c,0,d}$ = 132 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ = $f_{c,90,d}$ = 13 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio = $f_{v,d}$ = 19 Kg/cm²

IMPALCATO Sp. 20cm (L= 5.75m)

Verifica agli stati limite ultimi “Carichi Permanenti e accidentali” (Comb. Fondamentale)

Luce di calcolo = 5.75 m
Sezioni resistente = 100x20 cm
 $J_{x1} = 66666 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 6666 \text{ cm}^3$
Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$q_1 = 950 \text{ kg/m}$
 $l = 5,75\text{m}$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (950 \times 5.75^2/8) = 3926 \text{ Kgm}$$

$$T_d = qxl/2 = 950 \times 5.75/2 = 2735 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 6666 = 879912 \text{ Kgcm} = 8799 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 20\text{cm} = 25333 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 1,15\text{cm}$$

$$l/300 = 1,92\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{\text{ist}} = \frac{5}{384} \times \frac{3.40 \times 575^4}{115000 \times 66666} + 1.2 \frac{3.40 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 2000} = 0,63 + 0,02 = 0,65\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{\text{ist}} = \frac{5}{384} \times \frac{3.05 \times 575^4}{115000 \times 66666} + 1.2 \frac{3.05 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 2000} = 0,57 + 0,01 = 0,58\text{cm} < l/500$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{\text{fin}} &= u_{\text{fin G}} + u_{\text{fin Q}} = u_{\text{ist G}} \times (1 + K_{\text{def}}) + u_{\text{ist Q}} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{\text{dek}}) = \\ &= 0,65 \times (1 + 0,6) + 0,58 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = \mathbf{1,83 \text{ cm} < l/300} \end{aligned}$$

Verifica impalcato comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

$$\begin{aligned} \text{Luce di calcolo} &= 5.75 \text{ m} \\ \text{Resistenza al fuoco} &= 60\text{min} \\ d_{\text{eff}} = d_{\text{char}} + k_0 d_0 &= 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm} \\ \text{Sezione resistente al nfuoco} &= 100 \times 15\text{cm} \\ J_{x1} &= 28125\text{cm}^4 & W_{x1} &= 3750 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q_1 &= 525 \text{ kg/m} \\ l &= 5.75\text{m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (525 \times 5.75^2/8) = \mathbf{2170 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 = 525 \times 5.75/2 = \mathbf{1510 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 3750 = 930000 \text{ Kgcm} = \mathbf{9300 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 15\text{cm} = \mathbf{35000 \text{ Kg}}$$

CALCOLO SOLAI DI PIANO

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

Classe di durata del carico = Media durata e Permanente

Classe di servizio = 1

Legno lamellare omogeneo = GL24h

Analisi per carichi permanenti connettivo

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 = 495 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 2045 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = 2045 / 0,6 = 3408$$

• **Analisi per carichi permanenti + variabili connettivo**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 + 1,5 \times 305 = 950 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 3926 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = 3926 / 0,8 = 4907$$

La condizione più sfavorevole è quella che considerasias i carichi permanenti che quelli accidentali.

Resistenze di calcolo GL24h:

Classe di durata del carico: Media Durata

- *Classe di servizio = 1*

- $\gamma_M = 1,45$

- $K_{mod} = 0,8$

- Resistenza di calcolo a flessione = $f_{t,d}$ = 132 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a trazione !! = $f_{t,0,d}$ = 105 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ = $f_{t,90,d}$ = 2.7 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a compressione !! = $f_{c,0,d}$ = 132 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ = $f_{c,90,d}$ = 13 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a taglio = $f_{v,d}$ = 19 Kg/cm²

IMPALCATO Sp. 20cm (L= 5.75m)

Verifica agli stati limite ultimi "Carichi Permanenti e accidentali" (Comb. Fondamentale)

AULE

Luce di calcolo = 5.75 m

Sezioni resistente = 100x20 cm

$J_{x1} = 66666 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 6666 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$q_1 = 950 \text{ kg/m}$

$l = 5,75 \text{ m}$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (950 \times 5.75^2/8) = 3930 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 950 \times 5.75/2 = 2735 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 6666 = 879912 \text{ Kgcm} = 8799 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 20\text{cm} = 25333 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 1,15\text{cm}$$

$$l/300 = 1,92\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.40 \times 575^4}{115000 \times 66666} + 1.2 \frac{3.40 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 2000} = 0,63 + 0,01 = 0,64\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.05 \times 575^4}{115000 \times 66666} + 1.2 \frac{3.05 \times 575^2}{8 \times 6500 \times 2000} = 0,57 + 0,01 = 0,58\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{def}) =$$

$$= 0,64 \times (1 + 0,6) + 0,58 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = 1,81 \text{ cm} < l/300$$

Verifica impalcato Comb. Eccezionale AULE

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 5.75 m

Resistenza al fuoco = 60min

$d_{eff} = d_{char} + k_{od0} = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$

Sezione resistente al fuoco = 100x15cm

$J_{x1} = 28125\text{cm}^4$ $W_{x1} = 3750\text{cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:*Azioni sollecitanti di calcolo:*

$$q_1 = 525 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,75\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (525 \times 5.75^2/8) = \mathbf{2169 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = qxl/2 = 525 \times 5.75/2 = \mathbf{1510 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 3750 = 930000 \text{ Kgcm} = \mathbf{9300 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 15\text{cm} = \mathbf{35000 \text{ Kg}}$$

TRAVE ARCHITRAVE Sez. 10x44cm (L= 4.35m)**Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale****Verifica a flessione e taglio**

Luce di calcolo =	4.35 m
Sezioni resistente =	10x44cm
Interasse =	1.20m
$J_{x1} = 70986 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 3226 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:*Azioni sollecitanti di calcolo:*

$$q_1 = 950 \times 1.20 = 1140 \text{ kg/m}$$

$$l = 4,35\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (1140 \times 4.35^2/8) = \mathbf{2696 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = qxl/2 = 1140 \times 4.35/2 = \mathbf{2480 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 3226 = 425832 \text{ Kgcm} = \mathbf{4258 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 10\text{cm} \times 44\text{cm} = \mathbf{5573 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

$$\text{Valore del modulo elastico} = E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Valore del coefficiente } K_{def} = 0.6$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 0,87\text{cm}$$

$$l/300 = 1,45\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{4.10 \times 435^4}{115000 \times 70986} + 1.2 \frac{4.10 \times 435^2}{8 \times 6500 \times 440} = 0,23 + 0,04 = 0,27\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.70 \times 435^4}{115000 \times 70986} + 1.2 \frac{3.70 \times 435^2}{8 \times 6500 \times 440} = 0,21 + 0,04 = 0,25\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin\ G} + u_{fin\ Q} = u_{ist\ G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist\ Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,27 \times (1 + 0,6) + 0,25 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = \mathbf{0,77\ cm} < l/300 \end{aligned}$$

Verifica collegamento

La trave è in appoggio sulle pareti laterali.

TRAVE ARCHITRAVE Sez. 16x44cm (L= 5.65m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	5.65 m
Sezioni resistente =	16x44cm
Interasse =	1.20m
$J_{x1} = 113578\text{ cm}^4$	$W_{x1} = 5162\text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale:-

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q_1 &= 950 \times 1.20 = 1140\text{ kg/m} \\ l &= 5,65\text{m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (1140 \times 5.65^2/8) = \mathbf{4550\ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 1140 \times 5.65/2 = \mathbf{3225\ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 5162 = 681384\text{ Kgcm} = \mathbf{6813\ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19\text{ Kg/cm}^2 \times 16\text{cm} \times 44\text{cm} = \mathbf{8917\ Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000\text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 1,13\text{cm}$$

$$l/300 = 1,88\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{\text{ist}} = \frac{5}{384} \times \frac{4.10 \times 565^4}{115000 \times 113578} + 1.2 \frac{4.10 \times 565^2}{8 \times 6500 \times 704} = 0,42 + 0,04 = 0,48\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{\text{ist}} = \frac{5}{384} \times \frac{3.70 \times 565^4}{115000 \times 113578} + 1.2 \frac{3.70 \times 565^2}{8 \times 6500 \times 704} = 0,38 + 0,04 = 0,42\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{\text{fin}} &= u_{\text{fin G}} + u_{\text{fin Q}} = u_{\text{ist G}} \times (1 + K_{\text{def}}) + u_{\text{ist Q}} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{\text{dek}}) = \\ &= 0,48 \times (1 + 0,6) + 0,42 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = \mathbf{1,34 \text{ cm} < l/300} \end{aligned}$$

Verifica collegamento

La trave è in appoggio sulle pareti laterali.

TRAVE TRAVE IN ACCIAIO Sez. HEA120 (L= 0.55m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	0.55 m
Sezioni resistente =	HEA140
Tipo acciaio =	S275JR
Interasse =	3.55m
$J_{x1} = 1033 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 155 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = Mensola

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

In via cautelativa si considera in appoggio sulla mensola sia il solaio del pinao primo che il solaio di copertura

$$Q_{\text{solaio di pinao}} = 950 \times 3.55 = 3375 \text{ kg/m}$$

$$Q_{\text{solaio di copertura}} = 390 \times 3.55 = 1385 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{Parete}} = 325 \times 3.60 \times 3.55 = 4155 \text{ kg}$$

$$l = 0,55\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/2) + P \times l = (4760 \times 0.55^2/2) + 4155 \times 0.55 = \mathbf{3005 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l + P = 4760 \times 0.55 + 4155 = \mathbf{6773 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 2619 \times 155 = 405945 \text{ Kgcm} = \mathbf{4059 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$V_R = \frac{A_v \times f_{yk}}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{6.3 \times 2750}{\sqrt{3} \times 1.05} = \mathbf{9526 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$

$$f_1 = \frac{q \times l^4}{8 \times E \times J} \quad q = 645 \times 3.55 + 270 \times 3.55 = 3250 \text{ kg/m}$$

$$f_2 = \frac{P \times l^3}{3 \times E \times J} \quad P = 250 \times 3.60 \times 3.55 = 3195 \text{ kg/m}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 0,11 \text{ cm}$$

$$l/300 = 0,18 \text{ cm}$$

Freccia istantanea:

$$f_1 = \frac{q \times l^4}{8 \times E \times J} = \frac{32.50 \times 55^4}{8 \times 2100000 \times 1033} = 0.02$$

$$f_2 = \frac{P \times l^3}{3 \times E \times J} = \frac{3195 \times 55^3}{3 \times 2100000 \times 1033} = 0.08$$

$$f_{Tot} = 0.10$$

Verifica collegamento

La trave in acciaio è ancorata alla parete sottostante tramite piastra e viti a filetto parziale. Il collegamento prevede 9+9 viti a filetto parziale $\phi 8 \times 80 \text{ mm}$.

La singola vite fornisce un taglio resistente di:

$$V_{R,d} = 18 \times (615 \times 0.98 / 1.5) \times 0.8 = \mathbf{5785 \text{ kg}}$$

Il momento sollecitante è di 3005 kgm, considerando come punto di rotazione il filo della parete x-lam e un braccio di 80cm, otteniamo un taglio agente sul collegamento di:

$$V_d = 3005 / 0.8 = 3760 \text{ kg} < V_{R,d} = \mathbf{5785 \text{ kg}}$$

Verifica rompitratta Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 2.25 m

Resistenza al fuoco = 60min

$$d_{\text{eff}} = d_{\text{char}} + k_0 d_0 = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$$

Sezione resistente al fuoco = 6x39cm

$$J_{x1} = 29659 \text{ cm}^4$$

$$W_{x1} = 1521 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 345 \times 6.15 = 2125 \text{ kg/m}$$

$$l = 2,25\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (2125 \times 2.25^2/8) = 1345 \text{ Kgm}$$

$$T_d = qxl/2 = 2125 \times 2.25/2 = 2395 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 1521 = 377208 \text{ Kgcm} = 3772 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 6\text{cm} \times 39\text{cm} = 5460 \text{ Kg}$$

Verifica collegamento

Il collegamento della trave rompitratta, alle strutture principali, viene eseguito in appoggio ad una estremità e tramite piastra metallica a scomparsa all'altra estremità.

Gli elementi che compongono il collegamento sono Piastra Soltech Tipo Steel 120x330 fissata con viti a Collare Rinforzato e spinotti calibro 12mm.

Azioni Sollecitante di calcolo:

$$T_d = 5603 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

Il collegamento così realizzato fornisce un taglio resistente di:

$$V_{R,d} = \frac{9621}{1.5} \times 0.9 = 5772 \text{ Kg} > T_d$$

CORPO C

PIANO TERRA AREA SCOLASTICA

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso proprio Platea (50cm)

$$\frac{1250 \text{ Kg/m}^2}{G_{1K} \quad 1250 \text{ Kg/m}^2}$$

Peso Permanente

(Igloo 29cm, Isolante 10cm, Pannello

Radiante 2+2cm, Massetto+ Pav 5cm =

$$\frac{400 \text{ Kg/m}^2}{G_{2K} \quad 400 \text{ Kg/m}^2}$$

- Sovraccarico di esercizio =

$$Q_{1K} = 305 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} + \gamma_q \psi_{02} Q_{2k} = 1,3 \times 1250 + 1,5 \times 400 + 1,5 \times 305 = 2685 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} + \psi_{02} Q_{2k} = 1250 + 400 + 305 = 1955 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 1250 + 400 + 0,7 \times 305 = 1865 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 1250 + 400 + 0,6 \times 305 = 1835 \text{ Kg/m}^2$$

PIANO TERRA MARCIAPIEDE AREA SCOLASTICA

Analisi dei carichi

- Azioni Permanenti:

Peso proprio Platea (30cm)

$$\frac{750 \text{ Kg/m}^2}{G_{1K} \quad 750 \text{ Kg/m}^2}$$

Peso Permanente

(Isolante 10cm+Massetto 8+ Pav 1cm) =

$$\frac{200 \text{ Kg/m}^2}{G_{2K} \quad 200 \text{ Kg/m}^2}$$

- Sovraccarico di esercizio =

$$Q_{1K} = 305 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} + \gamma_q \psi_{02} Q_{2k} = 1,3 \times 750 + 1,5 \times 200 + 1,5 \times 305 = 1735 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} + \psi_{02} Q_{2k} = 750 + 200 + 305 = 1255 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 750 + 200 + 0,7 \times 305 = 1165 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} + \psi_{22} Q_{2k} = 750 + 200 + 0,6 \times 305 = 1135 \text{ Kg/m}^2$$

SOLAI DI PIANO IN LEGNO AREA SCOLASTICA**Solaio in Legno****Analisi dei carichi**

- Azioni Permanenti:

Peso proprio (Impalcato sp 20cm) =	90	Kg/m ²
	G ₁ 90	Kg/m ²

Peso Permanente=	250	Kg/m ²
	G ₂ 250	Kg/m ²

- Azione Variabile =	Q _{K1} = 305	Kg/m ²
---------------------------	-----------------------	-------------------

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 + 1,5 \times 305 = 950 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} = 90 + 250 + 305 = 645 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} = 90 + 250 + 0,7 \times 305 = 555 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} = 90 + 250 + 0,6 \times 305 = 525 \text{ Kg/m}^2$$

SOLAI DI COPERTURA IN LEGNO (Copertura a Falda Aule)**Solaio di Copertura in Legno senza accumulo Neve****Analisi dei carichi**

- Azioni Permanenti:

Peso proprio (Impalcato sp. 16/18cm) =	85	Kg/m ²
	G ₁ 85	Kg/m ²

Peso Permanente
(Guina doppia, isolante 16cm,

lamiera, fotovoltaico)=

$$\frac{100 \text{ Kg/m}^2}{100 \text{ Kg/m}^2}$$

$$\text{- Azione Variabile (Neve senza accumulo) = } Q_{K1} = 85 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Fondamentale:

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 100 + 1,5 \times 85 = 388 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Caratteristica:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + Q_{1k} = 85 + 100 + 85 = 270 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Frequente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{11} Q_{1k} = 85 + 100 + 0,2 \times 85 = 202 \text{ Kg/m}^2$$

Combinazione Quasi Permanente:

$$F_d = G_{1k} + G_{1k} + \psi_{21} Q_{1k} = 85 + 100 + 0,0 \times 85 = 185 \text{ Kg/m}^2$$

CALCOLO MARCIAPIEDE PIANO TERRA

Verifica a flessione soletta

Luce di calcolo =	2.05 m
Larghezza considerata =	100 cm
Spessore soletta =	29 cm
Tipo di vincolo:	Mensola

Verifica allo SLU

Sezione di Mezzeria

$$q = 1735 \text{ kg/m}$$
$$M_d = q \times l^2 / 2 = 3645 \text{ Kgm}$$

Sezione soletta 100x29cm

$$M_0 = f_{cd} \times b \times d^2 = 1400000 \times 1,00 \times 0,25^2 = 87500 \text{ kgm}$$

$$\Rightarrow M_d / M_0 = 0,04 \quad \text{La rottura della sezione avviene in campo 3 (rottura duttile)}$$

Armatura adottata : 1ϕ12/20 con un $A_f = 5.65 \text{ cm}^2$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times f_{cd} \times b} = 1,98 \text{ cm}$$

$$M_R = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) = 5.65 \times 3913 \times (25 - 0,4 \times 1,98) = 535201 \text{ kgcm} = 5352 \text{ kgm} > M_d$$

Taglio resistente in assenza di armature trasversale:

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c) \times b \times d$$

Con:

$$- k = 1 + (200/d)^{1/2} [2$$

- d = altezza utile della sezione in mm

$$- \rho_1 = \text{percentuale geometrica di armatura longitudinale} = \frac{A_s}{b \times d}$$

- f_{ck} = resistenza caratteristica cilindrica del cls

- b = base della sezione

$$\Rightarrow V_{Rd} = (0,18 \times 1,89 \times (100 \times 0.002 \times 25)^{1/3} / 1.5) \times 1000 \times 250 = 96955 \text{ N} = \mathbf{9695 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica a flessione cordolo

Larghezza considerata = 100 cm

Spessore cordolo = 57 cm

Tipo di vincolo: Mensola

Verifica allo SLU

Sezione di Mezzeria

$$M_d = 3645 \text{ Kgm}$$

Sezione resistente 100x53cm

$$M_0 = f_{cd} \times b \times d^2 = 1400000 \times 1,00 \times 0,53^2 = 393260 \text{ kgm}$$

$$\Rightarrow M_d / M_0 = 0,01 \quad \text{La rottura della sezione avviene in campo 3 (rottura duttile)}$$

Armatura adottata : 1 ϕ 10/20 con un $A_f = 3.90 \text{ cm}^2$

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,8 \times f_{cd} \times b} = \mathbf{2,57 \text{ cm}}$$

$$M_R = A_s \times f_{yd} \times (d - 0,4x) = 3.90 \times 3913 \times (53 - 0,4 \times 1,36) = 800515 \text{ kgcm} = \mathbf{8005 \text{ kgm} > M_d}$$

CALCOLO SOLAI DI COPERTURA

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

Classe di durata del carico = Breve durata e Permanente

Classe di servizio = 1

Legno lamellare omogeneo = GL24h

Analisi per carichi permanenti connettivo

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 260 = 501 \text{ Kg/m}^2$$

$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 2070 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1
 $M_d / K_{mod} = 2070 / 0,6 = 3450$

• **Analisi per carichi permanenti + variabili connettivo**

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 85 + 1,5 \times 260 + 1,5 \times 85 = 628 \text{ Kg/m}^2$$
$$l = 5.75 \text{ m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 2595 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1
 $M_d / K_{mod} = 2595 / 0,9 = 2883$

La condizione più sfavorevole è quella che considera i soli carichi permanenti

Resistenze di calcolo GL24h:

Classe di durata del carico: Permanente

- *Classe di servizio = 1*
- $\gamma_M = 1,45$
- $K_{mod} = 0,6$
- Resistenza di calcolo a flessione $= f_{fl,d} =$ 98 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione !! $= f_{t,0,d} =$ 79 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ $= f_{t,90,d} =$ 2 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione !! $= f_{c,0,d} =$ 98 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ $= f_{c,90,d} =$ 10 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio $= f_{v,d} =$ 14 Kg/cm²

Classe di durata del carico: Breve Durata

- *Classe di servizio = 1*
- $\gamma_M = 1,45$
- $K_{mod} = 0,9$
- Resistenza di calcolo a flessione $= f_{fl,d} =$ 148 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione !! $= f_{t,0,d} =$ 119 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a trazione ⊥ $= f_{t,90,d} =$ 3 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione !! $= f_{c,0,d} =$ 148 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a compressione ⊥ $= f_{c,90,d} =$ 15 Kg/cm²
- Resistenza di calcolo a taglio $= f_{v,d} =$ 21 Kg/cm²

IMPALCATO Sp. 18cm (L= 4.90m)

Verifica agli stati limite ultimi "Solo Carichi Permanenti" (Comb. Fondamentale)

Luce di calcolo = 4.90 m

Sezioni resistente = 100x16 cm
 $J_{x1} = 34133 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 4266 \text{ cm}^3$
Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 501 \text{ kg/m}$$
$$l = 4,90\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (501 \times 4.90^2/8) = 1505 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 501 \times 4.90/2 = 1230 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 4266 = 418068 \text{ Kgcm} = 4180 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 16\text{cm} = 149333 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,63\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.45 \times 490^4}{115000 \times 34133} + 1.2 \frac{3.45 \times 490^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0,66 + 0,01 = 0,67\text{cm}$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) =$$

$$= 0,67 \times (1 + 0,6) = 1,08 \text{ cm} < l/300$$

Verifica agli stati limite ultimi “Carichi Permanenti e accidentali” (Comb. Fondamentale)

Luce di calcolo = 4.90 m
Sezioni resistente = 100x16 cm
 $J_{x1} = 34133 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 4266 \text{ cm}^3$
Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 628 \text{ kg/m}$$
$$l = 4,90\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (628 \times 4.90^2/8) = 1885 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 628 \times 4.90 / 2 = 1538 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 4266 = 631368 \text{ Kgcm} = 6313 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 16\text{cm} = 22400 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,63\text{cm}$$

$$l/250 = 1,96\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.45 \times 490^4}{115000 \times 34133} + 1.2 \frac{3.45 \times 490^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0,66 + 0,01 = 0,67\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{0.85 \times 490^4}{115000 \times 34133} + 1.2 \frac{0.85 \times 490^2}{8 \times 6500 \times 1600} = 0,16 + 0,01 = 0,17\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,67 \times (1 + 0,6) + 0,17 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = 1,24 \text{ cm} < l/250 \end{aligned}$$

Verifica impalcato Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 5.75 m

Resistenza al fuoco = 60min

$d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm}$

Sezione resistente al nfuoco = 100x11cm

$J_{x1} = 11091\text{cm}^4$ $W_{x1} = 2016 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Verifica con carico Unita esterna

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 345 \text{ kg/m}$$

$$l = 4,90\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (345 \times 4.90^2/8) = 1035 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 345 \times 4.90/2 = 845 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 2016 = 499968 \text{ Kgcm} = 4999 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 11\text{cm} = 25666 \text{ Kg}$$

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 20x56cm (L= 5.65m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

$$\text{Luce di calcolo} = 5.65 \text{ m}$$

$$\text{Sezioni resistente} = 20 \times 56\text{cm}$$

$$\text{Interasse} = 4.40\text{m}$$

$$J_{x1} = 292693 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 10453 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Perm.+Acc.-:

Verifica con carico Unita esterna

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 628 \times 4.40 = 2765 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,65\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (2765 \times 5.65^2/8) = 11033 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l/2 = 2765 \times 5.65/2 = 7811 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 10453 = 1547044 \text{ Kgcm} = 15470 \text{ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 20\text{cm} \times 56\text{cm} = 15680\text{Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

$$\text{Valore del modulo elastico} = E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Valore del coefficiente } K_{def} = 0.6$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,88\text{cm}$$

$$l/250 = 2,26\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{15.20 \times 565^4}{115000 \times 292693} + 1.2 \frac{15.20 \times 565^2}{8 \times 6500 \times 1120} = 0,60 + 0,10 = 0,70\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.75 \times 565^4}{115000 \times 292693} + 1.2 \frac{3.75 \times 565^2}{8 \times 6500 \times 1120} = 0,15 + 0,03 = 0,18\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,70 \times (1 + 0,6) + 0,18 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{1,30 \text{ cm} < l/250} \end{aligned}$$

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Solo Perm.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q_1 &= 501 \times 4.40 = 2205 \text{ kg/m} \\ l &= 5,65\text{m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (2205 \times 5.65^2/8) = \mathbf{8799 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 = 2205 \times 5.65/2 = \mathbf{6229 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 10453 = 1024394 \text{ Kgcm} = \mathbf{10243 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 20\text{cm} \times 56\text{cm} = \mathbf{10453 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica rompitratte Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

$$\begin{aligned} \text{Luce di calcolo} &= 5.65 \text{ m} \\ \text{Resistenza al fuoco} &= 60\text{min} \\ d_{eff} &= d_{char} + k_0 d_0 = 7\text{mm} + 0.7\text{mm/min} \times 60\text{min} = 49\text{mm} \end{aligned}$$

$$\text{Sezione resistente al fuoco} = 10 \times 51\text{cm}$$

$$J_{x1} = 110542 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 4335 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q_1 &= 345 \times 4.40 = 1520 \text{ kg/m} \\ l &= 5,65\text{m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (1520 \times 5.65^2/8) = \mathbf{6065 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = qxl/2 = 1520 \times 5.65/2 = \mathbf{4294 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 4335 = 1075080 \text{ Kgcm} = \mathbf{10750 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 10\text{cm} \times 51\text{cm} = \mathbf{11900 \text{ Kg}}$$

Verifica collegamento

La trave è in appoggio alle due estremità.

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 20x56cm (L= 6.20m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo = 5.65 m

Sezioni resistenti = 20x56cm

Interasse = 4.00m

$J_{x1} = 292693 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 10453 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Perm.+Acc.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 628 \times 4.00 = 2512 \text{ kg/m}$$

$$l = 6.20\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (2512 \times 6.20^2/8) = \mathbf{12070 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = qxl/2 = 2512 \times 6.20/2 = \mathbf{7787 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 10453 = 1547044 \text{ Kgcm} = \mathbf{15470 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 20\text{cm} \times 56\text{cm} = \mathbf{15680 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 2.06\text{cm}$$

$$l/250 = 2.48\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{13.80 \times 620^4}{115000 \times 292693} + 1.2 \frac{13.80 \times 620^2}{8 \times 6500 \times 1120} = 0,60 + 0,10 = 0,70 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.40 \times 620^4}{115000 \times 292693} + 1.2 \frac{3.40 \times 620^2}{8 \times 6500 \times 1120} = 0,19 + 0,03 = 0,22 \text{ cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,70 \times (1 + 0,6) + 0,22 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{1,34 \text{ cm} < l/250} \end{aligned}$$

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Solo Perm.-:*Azioni sollecitanti di calcolo:*

$$\begin{aligned} q_1 &= 501 \times 4.00 = 2004 \text{ kg/m} \\ l &= 6,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (2004 \times 6.20^2 / 8) = \mathbf{9629 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 2004 \times 6.20 / 2 = \mathbf{6212 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 10453 = 1024394 \text{ Kgcm} = \mathbf{10243 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 56 \text{ cm} = \mathbf{10453 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica rompitratta Comb. Eccezionale**Verifica a flessione e taglio**

$$\begin{aligned} \text{Luce di calcolo} &= 6.20 \text{ m} \\ \text{Resistenza al fuoco} &= 60 \text{ min} \\ d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 &= 7 \text{ mm} + 0.7 \text{ mm/min} \times 60 \text{ min} = 49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Sezione resistente al fuoco} = 10 \times 51 \text{ cm}$$

$$J_{x1} = 110542 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 4335 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:*Azioni sollecitanti di calcolo:*

$$\begin{aligned} q_1 &= 345 \times 4.00 = 1380 \text{ kg/m} \\ l &= 6.20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (1380 \times 6.20^2 / 8) = \mathbf{6630 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 1380 \times 6.20 / 2 = \mathbf{4278 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 4335 = 1075080 \text{ Kgcm} = \mathbf{10750 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 10\text{cm} \times 51\text{cm} = \mathbf{11900 \text{ Kg}}$$

Verifica collegamento

La trave è in appoggio alle due estremità.

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 16x56cm (L= 5.25m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	5.25 m
Sezioni resistente =	16x56cm
Interasse =	3.40m
$J_{x1} = 234154 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 8362 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Perm.+Acc.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 628 \times 3.40 = 2135 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,25\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (2135 \times 5.25^2 / 8) = \mathbf{7355 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 2135 \times 6.20 / 2 = \mathbf{6618 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 8362 = 1237576 \text{ Kgcm} = \mathbf{12375 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 16\text{cm} \times 56\text{cm} = \mathbf{12544\text{Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,75\text{cm}$$

$$l/250 = 2,10\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{11.75 \times 525^4}{115000 \times 234154} + 1.2 \frac{11.75 \times 525^2}{8 \times 6500 \times 896} = 0,43 + 0,08 = 0,51 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{2.90 \times 525^4}{115000 \times 234154} + 1.2 \frac{2.90 \times 525^2}{8 \times 6500 \times 896} = 0,11 + 0,02 = 0,13 \text{ cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) =$$

$$= 0,51 \times (1 + 0,6) + 0,13 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{0,95 \text{ cm} < l/250}$$

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Solo Perm.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 501 \times 3.40 = 1705 \text{ kg/m}$$

$$l = 5,25 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (1705 \times 5.25^2 / 8) = \mathbf{5874 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 1705 \times 5.25 / 2 = \mathbf{4475 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 8362 = 819476 \text{ Kgcm} = \mathbf{8194 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 16 \text{ cm} \times 56 \text{ cm} = \mathbf{8362 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica rompitratta Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

$$\text{Luce di calcolo} = 5.25 \text{ m}$$

$$\text{Resistenza al fuoco} = 60 \text{ min}$$

$$d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 = 7 \text{ mm} + 0.7 \text{ mm/min} \times 60 \text{ min} = 49 \text{ mm}$$

$$\text{Sezione resistente al fuoco} = 6 \times 51 \text{ cm}$$

$$J_{x1} = 66325 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 2601 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 345 \times 3.4 = 1175 \text{ kg/m}$$

$$l = 5.25 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (1175 \times 5.25^2 / 8) = \mathbf{4048 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 1175 \times 5.25 / 2 = \mathbf{3085 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 2601 = 645048 \text{ Kgcm} = \mathbf{6450 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 6\text{cm} \times 51\text{cm} = \mathbf{7140 \text{ Kg}}$$

Verifica collegamento

La trave ad una estremità è in appoggio su parete portante, mentre all'altra estremità è vincolata a trave principale con piastra a scomparsa metallica dotata di 8 spinotti $\phi 16$ e 62 viti a collare rinforzato.

Il taglio agente sul collegamento è di 6618Kg, il collegamento fornisce un taglio resistente di 8077 Kg.

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 16x56cm (L= 5.25m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	5.60 m
Sezioni resistente =	16x56cm
$J_{x1} = 234154 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 8362 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Perm.+Acc.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$P = 6618 \text{ Kg}$$
$$l = 5,60\text{m}$$

$$M_{dx} = (P/2 \times l/2) = (6618/2 \times 5.60/2) = \mathbf{9265 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = P/2 = 6618/2 = \mathbf{3309 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 8362 = 1237576 \text{ Kgcm} = \mathbf{12375 \text{ kgm}} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 16\text{cm} \times 56\text{cm} = \mathbf{12544\text{Kg}} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

$$\text{Valore del modulo elastico} = E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Valore del coefficiente } K_{def} = 0.6$$

$$f = \frac{1}{48} \times \frac{P \times l^3}{E \times J}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,87\text{cm}$$

$$l/250 = 2,24\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{1}{48} \times \frac{3080 \times 560^3}{115000 \times 234154} = 0,42 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{1}{48} \times \frac{760 \times 560^3}{115000 \times 234154} = 0,10 \text{ cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,42 \times (1 + 0,6) + 0,10 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{0,77 \text{ cm} < l/250} \end{aligned}$$

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Solo Perm.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$P = 4475 \text{ Kg}$$

$$l = 5,60 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (P/2 \times l/2) = (4475/2 \times 5.60/2) = \mathbf{6265 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = P/2 = 4475/2 = \mathbf{2240 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 8362 = 819476 \text{ Kgcm} = \mathbf{8194 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 16 \text{ cm} \times 56 \text{ cm} = \mathbf{8362 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica rompitratta Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

$$\text{Luce di calcolo} = 5.60 \text{ m}$$

$$\text{Resistenza al fuoco} = 60 \text{ min}$$

$$d_{eff} = d_{char} + k_0 d_0 = 7 \text{ mm} + 0.7 \text{ mm/min} \times 60 \text{ min} = 49 \text{ mm}$$

$$\text{Sezione resistente al fuoco} = 6 \times 51 \text{ cm}$$

$$J_{x1} = 66325 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 2601 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$P = 3085 \text{ kg}$$

$$l = 5.60 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q/2 \times l^2) = (3085/2 \times 5.60/2) = \mathbf{4319 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = P/2 = 3085/2 = \mathbf{1542 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 2601 = 645048 \text{ Kgcm} = \mathbf{6450 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 6\text{cm} \times 51\text{cm} = \mathbf{7140 \text{ Kg}}$$

Verifica collegamento

La trave è in appoggio su entrambe le estremità

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 20x36cm (L= 3.65m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	3.65 m
Sezioni resistente =	20x36cm
Interasse =	1.25m
$J_{x1} = 77760 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 4320 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Perm.+Acc.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 628 \times 1.25 = 785 \text{ kg/m}$$
$$l = 3,65\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (785 \times 3.65^2/8) = \mathbf{1310\text{Kgcm}}$$

$$T_d = q \times l/2 = 785 \times 3.65/2 = \mathbf{1435 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 148 \times 4320 = 639360 \text{ Kgcm} = \mathbf{6393 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 21 \text{ Kg/cm}^2 \times 20\text{cm} \times 36\text{cm} = \mathbf{10080 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/300 = 1,22\text{cm}$$

$$l/250 = 1,46\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{4.35 \times 325^4}{115000 \times 77760} + 1.2 \frac{4.35 \times 325^2}{8 \times 6500 \times 720} = 0,07 + 0,01 = 0,08 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{1.10 \times 325^4}{115000 \times 77760} + 1.2 \frac{1.10 \times 325^2}{8 \times 6500 \times 720} = 0,02 + 0,01 = 0,03 \text{ cm} < 1/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,08 \times (1 + 0,6) + 0,01 \times (1 + 0,0 \times 0,6) = \mathbf{0,14 \text{ cm} < 1/250} \end{aligned}$$

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale Solo Perm.-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q_1 &= 501 \times 1.25 = 630 \text{ kg/m} \\ l &= 3,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (630 \times 3.25^2 / 8) = \mathbf{835 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 630 \times 3.25 / 2 = \mathbf{1025 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 98 \times 4320 = 423360 \text{ Kgcm} = \mathbf{4233 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 14 \text{ Kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 36 \text{ cm} = \mathbf{6720 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica rompitratta Comb. Eccezionale

Verifica a flessione e taglio

$$\begin{aligned} \text{Luce di calcolo} &= 3.25 \text{ m} \\ \text{Resistenza al fuoco} &= 60 \text{ min} \\ d_{eff} &= d_{char} + k_0 d_0 = 7 \text{ mm} + 0.7 \text{ mm/min} \times 60 \text{ min} = 49 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Sezione resistente al fuoco} = 10 \times 31 \text{ cm}$$

$$J_{x1} = 24825 \text{ cm}^4 \quad W_{x1} = 1601 \text{ cm}^3$$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione eccezionale:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q_1 &= 345 \times 1.25 = 435 \text{ kg/m} \\ l &= 3.25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (435 \times 3.25^2 / 8) = \mathbf{575 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 435 \times 3.25 / 2 = \mathbf{67 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 248 \times 1601 = 397048 \text{ Kgcm} = \mathbf{3970 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 35 \text{ Kg/cm}^2 \times 10\text{cm} \times 31\text{cm} = \mathbf{7233 \text{ Kg}}$$

Verifica collegamento

La trave è in appoggio alle due estremità.

CALCOLO SOLAI DI PIANO

RESISTENZA DI CALCOLO DEI MATERIALI

Classe di durata del carico = Media durata e Permanente

Classe di servizio = 1

Legno lamellare omogeneo = GL24h

Analisi per carichi permanenti connettivo

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 = 495 \text{ Kg/m}^2$$

$$l = 5.75\text{m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 2045 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = 2045 / 0,6 = 3408$$

- Analisi per carichi permanenti + variabili connettivo

$$F_d = \gamma_{g1} G_{1k} + \gamma_{g2} G_{1k} + \gamma_q Q_{1k} = 1,3 \times 90 + 1,5 \times 250 + 1,5 \times 305 = 950 \text{ Kg/m}^2$$

$$l = 5.75\text{m}$$

$$M_d = q \times l^2 / 8 = 3926 \text{ Kgm}$$

Classe di servizio 1

$$M_d / K_{mod} = 3926 / 0,8 = 4907$$

La condizione più sfavorevole è quella che considerasias i carichi permanenti che quelli accidentali.

Resistenze di calcolo GL24h:

Classe di durata del carico: Media Durata

- Classe di servizio = 1

- $\gamma_M = 1,45$

- $K_{mod} = 0,8$

- Resistenza di calcolo a flessione $= f_{fl,d} =$ 132 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a trazione !! $= f_{t,0,d} =$ 105 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a trazione \perp $= f_{t,90,d} =$ 2.7 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a compressione !! $= f_{c,0,d} =$ 132 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a compressione \perp $= f_{c,90,d} =$ 13 Kg/cm²

- Resistenza di calcolo a taglio $= f_{v,d} =$ 19 Kg/cm²

IMPALCATO Sp. 20cm (L= 4.90m)

Verifica agli stati limite ultimi "Carichi Permanenti e accidentali" (Comb. Fondamentale)

Luce di calcolo = 4.90 m
Sezioni resistente = 100x20 cm
 $J_{x1} = 66666 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 6666 \text{ cm}^3$
Tipo di vincolo = trave appoggiata

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 950 \text{ kg/m}$$
$$l = 4.90\text{m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (950 \times 4.90^2/8) = \mathbf{2851 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 = 950 \times 4.90/2 = \mathbf{2327 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 6666 = 879912 \text{ Kgcm} = \mathbf{8799 \text{ kgm}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 20\text{cm} = \mathbf{25333 \text{ Kg}}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 0,98\text{cm}$$

$$l/300 = 1,63\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.40 \times 490^4}{115000 \times 66666} + 1.2 \frac{3.40 \times 490^2}{8 \times 6500 \times 2000} = 0,33 + 0,01 = 0,34\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{3.05 \times 490^4}{115000 \times 66666} + 1.2 \frac{3.05 \times 490^2}{8 \times 6500 \times 2000} = 0,30 + 0,01 = 0,31\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{def}) =$$
$$= 0,34 \times (1 + 0,6) + 0,31 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = \mathbf{0,97 \text{ cm} < l/300}$$

IMPALCATO Sp. 20cm (L= 4.35+1.65m)**Verifica agli stati limite ultimi "Carichi Permanenti e accidentali" (Comb. Fondamentale)**

Luce di calcolo = 4.35+1.65 m
Sezioni resistente = 100x20 cm
 $J_{x1} = 66666 \text{ cm}^4$ $W_{x1} = 6666 \text{ cm}^3$
Tipo di vincolo = trave appoggiata



Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q_1 = 950 \text{ kg/m}$$
$$l = 4.35+1.65\text{m}$$

$$V_A = 1769 \text{ Kgm}$$

$$V_B = 3931 \text{ Kgm}$$

$$M_{dx}^- = (q \times l^2/2) = (950 \times 1.65^2/2) = -1295 \text{ Kgm}$$

$$M_{dx}^+ = 1650 \text{ Kgm}$$

$$T_d = 2365 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 6666 = 879912 \text{ Kgcm} = 8799 \text{ kgm}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 100\text{cm} \times 20\text{cm} = 25333 \text{ Kg}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{1}{8} \times \frac{q \times l^4}{E \times J}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 0,33\text{cm}$$

$$l/300 = 0,55\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{1}{8} \times \frac{3.40 \times 165^4}{115000 \times 66666} = 0,04\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{1}{8} \times \frac{3.05 \times 165^4}{115000 \times 66666} = 0,04 \text{ cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{def}) = \\ &= 0,04 \times (1 + 0,6) + 0,04 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = 0,12 \text{ cm} < l/300 \end{aligned}$$

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 20x64cm (L= 5.65m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	5.65 m
Sezioni resistente =	20x64cm
$J_{x1} = 436906 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 13653 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q &= 3935 \text{ kg/m} \\ l &= 5,65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (3935 \times 5.65^2 / 8) = 15701 \text{ Kgm}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 3935 \times 5.65 / 2 = 11116 \text{ Kg}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 13653 = 1802196 \text{ Kgcm} = 18021 \text{ kgm} > M_{dx}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 64 \text{ cm} = 16213 \text{ Kg} > T_d$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 1,13 \text{ cm}$$

$$l/300 = 1,88 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{14.10 \times 565^4}{115000 \times 436906} + 1.2 \frac{14.10 \times 565^2}{8 \times 6500 \times 1280} = 0,37 + 0,08 = 0,45 \text{ cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{12.65 \times 565^4}{115000 \times 436906} + 1.2 \frac{3.70 \times 565^2}{8 \times 6500 \times 1208} = 0,33 + 0,02 = 0,35 \text{ cm} < 1/300$$

Freccia finale:

$$u_{fin} = u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) =$$

$$= 0,45 \times (1 + 0,6) + 0,35 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = \mathbf{1,20 \text{ cm} < 1/300}$$

Verifica collegamento

La trave ad una estremità è in appoggio mentre all'altra estremità è vincolata a pilastro metallico con piastra a scomparsa e perni in acciaio.

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 20x64cm (L= 6.20m)**Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale****Verifica a flessione e taglio**

Luce di calcolo =	6.20 m
Sezioni resistente =	20x64cm
Interasse =	3.90m
$J_{x1} = 436906 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 13653 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale-:

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$q = 950 \times 3.90 = 3705 \text{ kg/m}$$

$$l = 6,20 \text{ m}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2 / 8) = (3705 \times 6.20^2 / 8) = \mathbf{17802 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l / 2 = 3705 \times 6.20 / 2 = \mathbf{11485 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 13653 = 1802196 \text{ Kgcm} = \mathbf{18021 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 64 \text{ cm} = \mathbf{16213 \text{ Kg} > T_d}$$

Verifica agli stati limite di esercizio

Valore del modulo elastico = $E_{0,mean} = 115000 \text{ Kg/cm}^2$

Valore del coefficiente $K_{def} = 0.6$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times J} + \chi \frac{q \times l^2}{8 \times G \times A}$$

Freccie limite:

$$l/500 = 1,24\text{cm}$$

$$l/300 = 2,06\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi permanenti e pesi propri) :

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{13.26 \times 620^4}{115000 \times 436906} + 1.2 \frac{13.26 \times 620^2}{8 \times 6500 \times 1280} = 0,51 + 0,09 = 0,60\text{cm}$$

Freccia istantanea (solo carichi accidentali):

$$u_{ist} = \frac{5}{384} \times \frac{11.90 \times 620^4}{115000 \times 436906} + 1.2 \frac{11.90 \times 620^2}{8 \times 6500 \times 1280} = 0,46 + 0,08 = 0,54\text{cm} < l/300$$

Freccia finale:

$$\begin{aligned} u_{fin} &= u_{fin G} + u_{fin Q} = u_{ist G} \times (1 + K_{def}) + u_{ist Q} \times (1 + \psi_{2,1} \times K_{dek}) = \\ &= 0,60 \times (1 + 0,6) + 0,54 \times (1 + 0,6 \times 0,6) = \mathbf{1,69 \text{ cm} < l/300} \end{aligned}$$

Verifica collegamento

La trave ad una estremità è in appoggio mentre all'altra estremità è vincolata a pilastro metallico con piastra a scomparsa e perni in acciaio.

TRAVE ROMPITRATTA Sez. 16x56cm (L= 2.75m)

Verifica agli stati limite ultimi comb. fondamentale

Verifica a flessione e taglio

Luce di calcolo =	2.75 m
Sezioni resistente =	16x56cm
Interasse =	4.60m
$J_{x1} = 234154 \text{ cm}^4$	$W_{x1} = 8362 \text{ cm}^3$

Tipo di vincolo = trave appoggiata

Verifica alla SLU -Combinazione fondamentale:-

Azioni sollecitanti di calcolo:

$$\begin{aligned} q &= 950 \times 4.60 = 4370 \text{ kg/m} \\ l &= 2,75\text{m} \end{aligned}$$

$$M_{dx} = (q \times l^2/8) = (4370 \times 2.75^2/8) = \mathbf{4131 \text{ Kgm}}$$

$$T_d = q \times l/2 = 4370 \times 2.75/2 = \mathbf{795 \text{ Kg}}$$

Azioni Resistenti di calcolo:

$$M_{RX} = f_{m,x,d} \times W_x = 132 \times 8362 = 1103784 \text{ Kgcm} = \mathbf{11037 \text{ kgm} > M_{dx}}$$

$$T_R = \frac{2}{3} \times f_{v,d} \times b \times h = 2/3 \times 19 \text{ Kg/cm}^2 \times 16\text{cm} \times 56\text{cm} = \mathbf{11349 \text{ Kg} > T_d}$$

