

Comune di BALZOLA
Provincia di ALESSANDRIA

**PROGETTO STRUTTURALE
RIFACIMENTO COPERTURA
Ex MATTATOIO**



**RELAZIONE DI CALCOLO
DELLE STRUTTURE**

Progettista: Dr. Ing. DEMAGISTRIS PAOLO
Via F.lli Sosso, 4
15033 - CASALE MONF.TO (AL)
Tel. (0142) 45 46 44
Fax. (0142) 41 75 74

INDICE ARGOMENTI

RIFERIMENTI DI PROGETTO	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	4
MATERIALI IMPIEGATI	5
ANALISI DEI CARICHI	7
CONDIZIONI DI CARICO	12
COMBINAZIONI DI CARICO	12
CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO	13
PROGETTO / VERIFICA TRAVI SINGOLE TRAVI	19
ARCARECCI	20
PUNTONE CAPRIATA TIPO	27
TRAVE DI COLMO NORD	35
CAPRIATA PORTA COLMO	44
IL CALCOLATORE DELLE STRUTTURE	52

RIFERIMENTI DI PROGETTO

Lavori di : manutenzione straordinaria con rifacimento copertura locale abitativo ex mattatoio di via Montebello

Proprietà: Proprietà: COMUNE DI BALZOLA - 15 031 Balzola (AL).

Progettista architettonico: Geom Livio Debernardi – 15 031 Balzola (AL)

Progettista delle strutture: Ing. Paolo Demagistris con studio in Via F.lli Sossò n. 4, 15033 Casale Monferrato (AL)

Direttore lavori delle strutture: Ing. Paolo Demagistris con studio in Via F.lli Sossò n. 4, 15033 Casale Monferrato (AL)

Impresa costruttrice:

.....

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

DECRETO LL.PP. 09/01/1996

- "Norme tecniche per le opere in cemento armato ed a struttura metallica".
- "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- "Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi."

D.M.14/GENNAIO/2008 : "Nuove norme tecniche per le costruzioni" .

LEGGE 05/11/71 N. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a strutture metalliche".

C.N.R. 10012 "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni".

D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 : "Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese" .

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

L'intervento, oggetto della presente relazione, prevede il rifacimento della copertura del locale abitativo ex mattatoio di via Montebello di proprietà del Comune di Balzola. La struttura portante del fabbricato è esistente ed è costituita da murature in laterizio su cui si poggia la copertura in legno (anch'essa esistente). Nel quadro dell'intervento della manutenzione straordinaria viene rifatta la copertura sempre utilizzando una struttura lignea con soprastante copertura in coppi. Il fabbricato oggetto dell'intervento ha dimensioni in pianta di circa m. 19,30 x m. 5,20.

STRALCIO VISTA AEREA ZONA DI INTERVENTO



MATERIALI IMPIEGATI

Il calcolo è condotto per una classe di legno massello non inferiore a : C 20

Flessione	$f_{m,k} =$	N/mm ²	20
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k} =$	N/mm ²	12
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k} =$	N/mm ²	0,5
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k} =$	N/mm ²	19
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k} =$	N/mm ²	5
Taglio	$f_{v,k} =$	N/mm ²	2,2
modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean} =$	KN/mm ²	9,5
modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura	$E_{0,05} =$	KN/mm ²	6,4
modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean} =$	KN/mm ²	0,32
modulo di taglio medio	$G_{mean} =$	KN/mm ²	0,59
Massa volumica caratteristica	$\rho_k =$	kg/m ³	330
Massa volumica media	$\rho_m =$	kg/m ³	360

METODO DI CALCOLO:

- Agli stati limite : NTC 2008

TIPOLOGIA STRUTTURALE:

La struttura portante è in legno massiccio costituita da piccole capriatelle di supporto ad arcarecci su cui vengono posizionate le tegole canale tipo coppo.

LOCALIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

a) Vento:

zona climatica : **1** (Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste.)

tipo di costruzione: Edificio a pianta rettangolare con copertura piana, a falda inclinata o curva.

altitudine sul livello del mare: 118 m.

distanza dalla costa: 100 Km

Classe di rugosità del terreno: A (aree urbane)

b) Neve

zona climatica : 1 (Mediterranea (Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese);

altitudine sul livello del mare: 118 m.

Tipo di copertura : a due falde

Inclinazione della falda : 31 ° circa

b) Sisma

Zona sismica : 4

a_g : 0,15

Categoria suolo di fondazione: C (depositi di sabbie e ghiaie a grana grossa scarsamente addensate o di terreni a grana fine scarsamente consistenti)

Categoria topografica: T1 (superficie pianeggiante o con inclinazione media $< 15^\circ$)

Fattore di importanza: 1

Classe d'uso: II (costruzioni con normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente)

Coefficiente d'uso $C_u = 0.7$

Periodo di riferimento $V_R = 35$ anni

Smorzamento viscoso: 5 %

ANALISI DEI CARICHI

➤ VALUTAZIONE DEI CARICHI PERMANENTI

- 1) Coppi 80 Kg/mq
- 2) Piccola orditura 20 Kg/mq
- 3) Grossa orditura 20 Kg/mq

TOTALE PERMANENTI (g) 120 Kg/mq

➤ VALUTAZIONE DEI SOVRACCARICHI

• CARICO NEVE

Tale calcolo viene effettuato ai sensi di:
D.M. del 14 Gennaio 2008: "Norme tecniche per le costruzioni";
Circolare 2 febbraio 2009, n. 617.

Il carico neve sulle coperture è valutato con la seguente espressione:

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

Dove: q_s è il carico cercato;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore di riferimento del carico neve al suolo riferito ad un periodo di ritorno di 50 anni.

C_e è il coefficiente di esposizione che viene utilizzato per modificare il

carico neve in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sorge l'opera;

C_t è il coefficiente termico;

$C_e = 1.0$ valido per topografia: Normale (Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi).

$C_t = 1.0$

Il carico agisce in direzione verticale ed riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

Per il calcolo di q_{sk} si è fatto riferimento alla seguente espressione:

$$q_{sk} = 150 \text{ daN/m}^2$$

valida per:

- Zona I - Mediterranea (Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese);
- quota 'as' del suolo sul livello del mare $\leq 200\text{m}$.

L'altezza sul livello del mare della costruzione è di **120 mt** per cui il valore di riferimento del carico neve al suolo (q_{sk}) è: **150.00 daN/m²**.

Il tipo di copertura del fabbricato è : **A due falde** con angoli pari ad $\alpha_1 = 31^\circ$, $\alpha_2 = 31^\circ$ gradi sessagesimali.

Si assume che la neve sia impedita di scivolare.

Relativamente all'angolo α_1 :

il coefficiente di forma μ_1 vale 0.8

il coefficiente di forma $0.5 \cdot \mu_1$ vale 0.4

Relativamente all'angolo α_2 :

il coefficiente di forma μ_1 vale 0.8

il coefficiente di forma $0.5 \cdot \mu_1$ vale 0.4

Le condizioni di carico da considerare sono tre.

Per il caso di carico da neve senza vento si deve considerare la condizione denominata Caso I.

Per il caso di carico da neve con vento si deve considerare la peggiore tra le condizioni denominate Caso II e Caso III.

$\mu_1(\alpha_1)$		$\mu_1(\alpha_2)$	Caso I
			$\mu_1(\alpha_1) \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t \dots = 120.00 \text{ daN/m}^2$
$0.5\mu_1(\alpha_1)$		$\mu_1(\alpha_2)$	$\mu_1(\alpha_2) \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t \dots = 120.00 \text{ daN/m}^2$
$\mu_1(\alpha_1)$		$0.5\mu_1(\alpha_2)$	Caso II
			$0.5 \cdot \mu_1(\alpha_1) \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t = 60.00 \text{ daN/m}^2$
			$\mu_1(\alpha_2) \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t \dots = 120.00 \text{ daN/m}^2$
			Caso III
			$\mu_1(\alpha_1) \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t \dots = 120.00 \text{ daN/m}^2$
			$0.5 \cdot \mu_1(\alpha_2) \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t = 60.00 \text{ daN/m}^2$

CARICO NEVE ASSUNTO AI FINI DEI CALCOLI 130 Kg/mq

- VENTO (direzione X,Y) - (N.T.C. - DM 14/01/2008)

La velocità di riferimento del vento $v_b(T_R)$ riferita ad un generico periodo di ritorno T_R è data dall'espressione:

$$v_b(T_R) = \alpha_R(T_R) \cdot v_b$$

dove:

v_b è la velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;

α_R è un coefficiente ricavabile dall'espressione:

$$\alpha_R = 0.75((1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)])^n$$

dove: $n=0.5$

Nel caso in esame $T_R = 50$ anni

La pressione esterna del vento è data dall'espressione:

$$p_e = q_b \cdot C_e \cdot C_{pe} \cdot C_d$$

La pressione interna del vento è data dall'espressione:

$$p_i = q_b \cdot C_e \cdot C_{pi} \cdot C_d$$

$q_b = 39.06$ daN/mq è la pressione cinetica di riferimento valutata con l'espressione:

$$q_b = 0.1 \cdot (1/2 \cdot \rho \cdot (v_b(T_R))^2) \text{ in (daN/m}^2\text{)}$$

essendo:

$v_b(T_R)$ la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ la densità dell'aria assunta pari a 1.25 daN/m³.

$C_e \dots = 1.78$ è il coefficiente di esposizione.

C_{pe} : è il coefficiente di forma per la valutazione della pressione esterna.

C_{pi} : è il coefficiente di forma per la valutazione della pressione interna.

$C_d \dots = 1.00$ è il coefficiente dinamico

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione: $p_f = q_b \cdot C_e \cdot C_f$

essendo:

$C_f \dots = 0.02$ il coefficiente d'attrito

Nel caso in esame la zona selezionata è la 1: **Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste.)**

Il fabbricato si trova sulla terraferma ad una distanza di 100.0 Km dalla costa e ad un'altezza di 120 mt sul livello del mare.

Il tipo di costruzione è :

Edificio a pianta rettangolare con copertura piana, a falda inclinata o curva.

La superficie della costruzione è **scabra**.

La classe di rugosità del terreno è la **B**: "Aree urbane (non di classe A), suburbane industriali e boschive."

Il coefficiente di esposizione C_e , funzione dell'altezza della costruzione $z = 10$ mt sul suolo, della rugosità, della topografia del terreno, e dell'esposizione del sito ove sorge la costruzione, è dato dalla formula:

$$C_e(z) \dots = K_r^2 \cdot C_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + C_t \cdot \ln(z/z_0)] \text{ valida per } z \geq z_{min}.$$

Dove: $K_r \dots = 0.220$;

$z_0 \dots = 0.300$;

$z_{min} \dots = 8.000$;

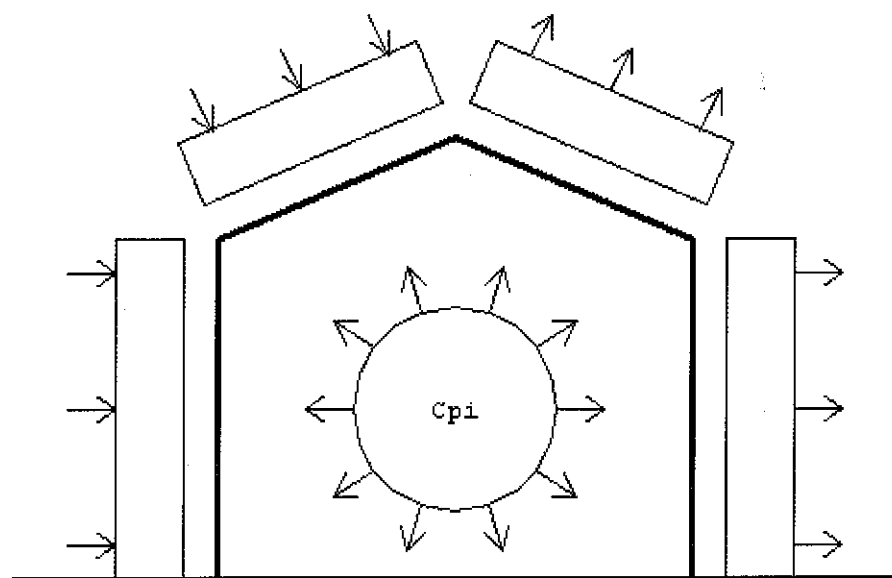
sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito dove sorge la costruzione.

Ct..... = 1.000 è il coefficiente di topografia.

I coefficienti di forma sono stati ricavati, per una costruzione di tipo **con copertura a falde**, con un angolo pari a **31°**, **avente una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale**.

Il coefficiente di forma c_{pe} viene riferito all'esterno del corpo di fabbrica; esso è positivo per pressione esterna >0 sulla superficie esterna, negativo per depressione (per pressione esterna <0).

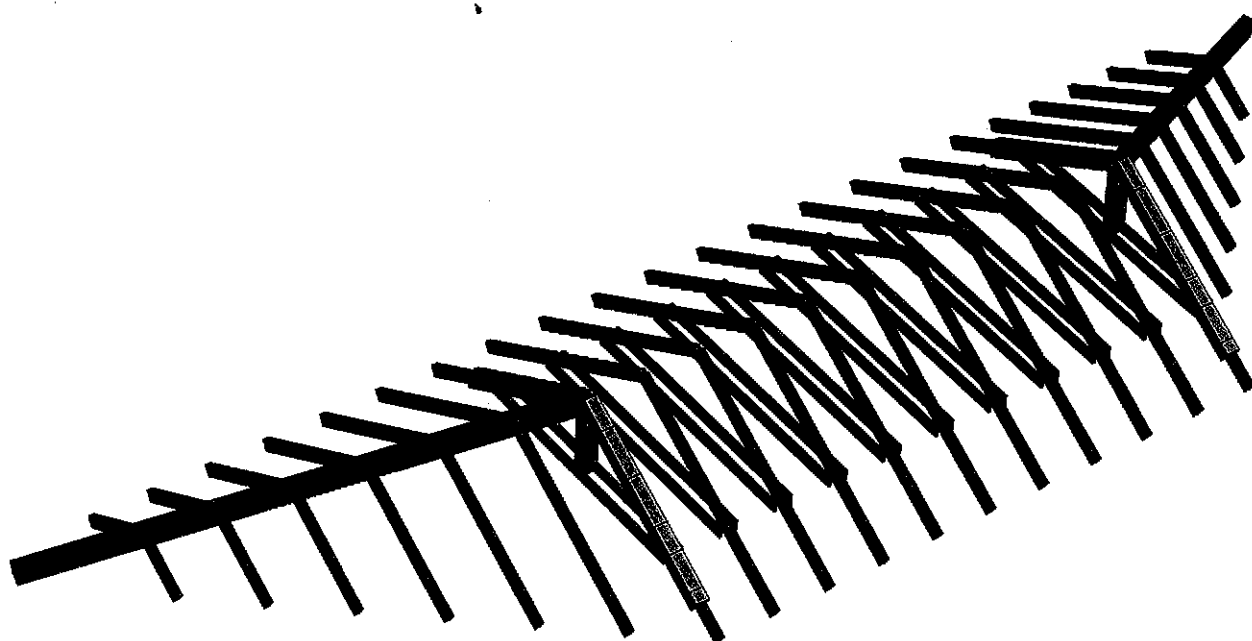
Il coefficiente di forma c_{pi} viene riferito all'interno del corpo di fabbrica; esso è positivo per pressione interna >0 sulla superficie interna, negativo per depressione (per pressione interna <0).



- Struttur
- Pression

I valori delle pressioni esterna ed interna da applicare alle varie superfici sono riportati nella seguente tabella:

	C_{pe}	P_e [daN/m ²]	C_{pi}	P_i [daN/m ²]
Parete sopra vento	0.80	55.72	0.20	13.93
Falda sopra vento	-0.07	-4.88	0.20	13.93
Falda sottovento	-0.40	-27.86	0.20	13.93
Parete sottovento	-0.40	-27.86	0.20	13.93



VISTA D'INSIEME MODELLO STRUTTURALE

CONDIZIONI DI CARICO

I calcoli sono stati condotti prendendo in esame tutte le sotto elencate singole condizioni di carico :

1: PESO STRUTTURALE [Freedom Case 1]
2: COPPI E PICCOLA ORDITURA (100 Kg/mq) [Freedom Case 1]
3: NEVE (130 Kg/mq) [Freedom Case 1]
4: VENTO (28 - 56 Kg/mq) [Freedom Case 1]

COMBINAZIONI DI CARICO

Tabelle delle combinazioni con coefficienti di partecipazione

CASES	1 SLU 1
1: PESO STRUTTURALE [Freedom Case 1]	1,3
2: COPPI E PICCOLA ORDITURA (100 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,3
3: NEVE (130 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,5
4: VENTO (28 - 56 Kg/mq) [Freedom Case 1]	0,9
CASES	2 SLU 2
1: PESO STRUTTURALE [Freedom Case 1]	1,3
2: COPPI E PICCOLA ORDITURA (100 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,3
3: NEVE (130 Kg/mq) [Freedom Case 1]	0,75
4: VENTO (28 - 56 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,5
CASES	3 SLS 1
1: PESO STRUTTURALE [Freedom Case 1]	1,0
2: COPPI E PICCOLA ORDITURA (100 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,0
3: NEVE (130 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,0
4: VENTO (28 - 56 Kg/mq) [Freedom Case 1]	0,6
CASES	4 SLS 2
1: PESO STRUTTURALE [Freedom Case 1]	1,0
2: COPPI E PICCOLA ORDITURA (100 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,0
3: NEVE (130 Kg/mq) [Freedom Case 1]	0,5
4: VENTO (28 - 56 Kg/mq) [Freedom Case 1]	1,0

Sono state elaborate 6 combinazioni di carico, nel rispetto degli Stati Limite di Servizio e degli Stati Limite Ultimi.

Come si rileva in altra parte della presente relazione le tensioni sia per gli Stati Limite di Servizio, sia per gli Stati Limite Ultimi, sono compatibili con le caratteristiche dei materiali impiegati.

CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

Nome del Software (codice di calcolo)	Straus 7 rel 2.4.6.b6_a - sviluppato da G+D Computing Pty Ltd
Nome del Software (verifiche di stabilità)	Ludi 3 – Rel. 1.10 - sviluppato da Duepigreco.
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows e software per le verifiche strutturali

SINTESI DELLE FUNZIONALITÀ GENERALI

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali..

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, muri).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);

modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;

definire condizioni di carico;

definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti STRAUS prodotto dalla società STRAND.7 PTY.LTD di Sydney. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

IPOTESI DI BASE

- 1) Le verifiche sono condotte con il metodo agli stati limite.

2) programma utilizzato per i calcoli :

STRAUS7 sviluppato da G+D Computing Pty Ltd

UNITA' DI MISURA

Ove non specificato diversamente, nelle procedure di calcolo e di verifica, si utilizzano le seguenti unità di misura:

Lunghezza:	cm
Forza:	Kg
Massa:	Kg
Tempo:	s
Tensioni	Kg/cmq

CONVENZIONI ADOTTATE

Nei modelli ad elementi finiti si farà ricorso alle seguenti convenzioni:

Con elemento 'asta' si intenderà un elemento dotato di sola rigidità assiale avente 3 gradi di libertà per nodo.

Con elemento 'trave' si intenderà un elemento dotato di rigidità assiale, flessionale e torsionale dotato di 6 gradi di libertà per ciascun nodo.

Le lettere maiuscole X, Y, Z identificano i tre assi del sistema di riferimento globale.

Per gli elementi trave si adotta la seguente simbologia:

RISULTATI DI ANALISI STRUTTURALI	
DX,DY,DZ RX,RY,RZ F.Axial1,F.Axial2 B.M.11, B.M.21 B.M.12, B.M.22 Shear11, Shear12 Shear12, Shear22 Torque1, Torque2 $\sigma(L1,L2)$ R11,R21,R31 R12,R22,R32	Spostamenti nodali nelle dimensioni lineari del modello. Rotazioni, in radianti. Sforzi normali ai due estremi della trave. Momenti flettenti (M1 ed M2) al nodo N1 della trave, nei piani principali d'inerzia 1 e 2. Momenti flettenti (M1 ed M2) al nodo N2 della trave, nei piani principali d'inerzia 1 e 2. Sforzi di taglio (V1 e V2) al nodo N1 della trave, nelle direzioni locali 1 e 2. Sforzi di taglio (V1 e V2) al nodo N2 della trave, nelle direzioni locali 1 e 2. Momenti torcenti alle due estremità della trave. Tensioni longitudinali in punti interni della sezione. Rotazioni all'estremità N1 dell'asta, nel caso queste siano rilasciate, espresse in radianti. Rotazioni all'estremità N2 dell'asta, nel caso queste siano rilasciate, espresse in radianti.

dove gli indici 1, 2 e 3 identificano i nodi iniziale e finale della trave e i successivi indici 1 e 2 il sistema di riferimento locale dell'elemento beam (asse 3-3 longitudinale, assi 1-1 e 2-2 trasversali).

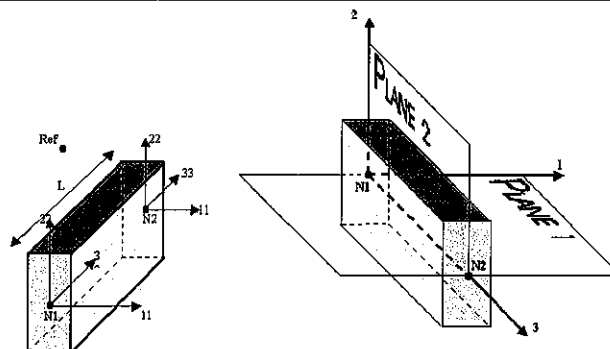


Fig. 1 Il sistema di coordinate locali nelle travi

Per gli elementi piastra si adotta la seguente simbologia:

RISULTATI DI ANALISI STRUTTURALI PER ELEMENTI "PIASTRA"	
DX,DY,DZ RX,RY,RZ $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy}$	Spostamenti nodali nelle dimensioni lineari del modello. Rotazioni nodali, in radianti. Tensioni longitudinali (σ_{xx} in direzione dell'asse locale x, σ_{yy} in direzione dell'asse locale y) e taglianti (σ_{xy} nel piano dell'elemento) nel sistema di riferimento locale dell'elemento.
M_{xx}, M_{yy}, M_{xy}	Momenti flettenti (M_{xx} flettente attorno all'asse locale y dovuto alle tensioni σ_{xx} ; M_{yy} flettente attorno all'asse locale x, dovuto alle tensioni σ_{yy}) e torcente (M_{xy} dovuto alle tensioni di taglio σ_{xy}) nel sistema di riferimento locale.
σ_{11}, σ_{22} θ_{11}	Tensioni principali massime e minime nel piano dell'elemento. Angolo tra l'asse locale x e la direzione di σ_{11}
σ_{TR}	Tensione di Tresca
σ_{VM}	Tensione di Von Mises
Q_{xz}, Q_{yz}	Sforzi di taglio nel sistema di coordinate locali dell'elemento.
$\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{xy}$ M_{xx}, M_{yy}, M_{xy}	Tensioni nel sistema di coordinate globali. Momenti nel sistema di coordinate globali.
$\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{xy}$	Deformazioni nel sistema di coordinate locali dell'elemento.
$\kappa_{xx}, \kappa_{yy}, \kappa_{xy}$	Curvature nel sistema di coordinate locali dell'elemento.
$\epsilon_{11}, \epsilon_{22}$	Deformazioni principali massime e minime nel piano dell'elemento.
ϵ_{TR}	Deformazione di Tresca
ϵ_{VM}	Deformazione di Von Mises
$\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}, \epsilon_{xy}$ $\kappa_{xx}, \kappa_{yy}, \kappa_{xy}$	Deformazioni nel sistema di coordinate globali. Curvature nel sistema di coordinate globali.

Orientazione locale:

l'asse locale x va dal punto medio del lato (N1,N4) al punto medio del lato (N2,N3) per elementi quadrangolari e dal nodo N1 al punto medio del lato (N2,N3) per elementi triangolari

l'asse locale y è ortogonale all'asse locale x, ed il verso positivo nel verso dell'allontanamento dal lato (N1,N2).

l'asse locale z forma con gli altri una terna secondo la regola della mano destra

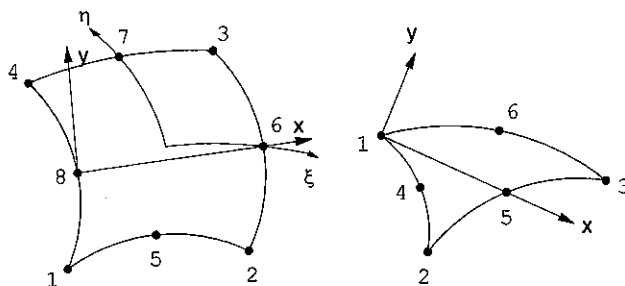


Fig. 2 Il sistema di coordinate locali negli elementi bidimensionali

IPOTESI DI CALCOLO

Le verifiche di resistenza sono condotte con il criterio della limitazione della densità del lavoro di deformazione per variazione di forma (Hencky, Von Mises). Secondo tale criterio deve risultare:

$$\begin{aligned}\sigma_{vm} &= \leq f_d && \text{Stati limite} \\ \sigma_{vm} &= \leq \sigma_{adm} && \text{Tensioni ammissibili}\end{aligned}$$

essendo:

$$\sigma_{vm} = \sqrt{I_1^2 - 3I_2}$$

$$I_1 \quad \text{Primo invariante:} \quad I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$

$$I_2 \quad \text{Secondo invariante:} \quad I_2 = \sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{zx}^2$$

σ_{adm} la tensione ammissibile del materiale

Per la verifica di stabilità di elementi metallici compressi sono condotte con il cosiddetto metodo ω . Ai fini della verifica di un elemento compresso è un parametro significativo la sua snellezza:

$$\lambda = \ell_0 / i_{min}$$

dove ℓ_0 è la lunghezza libera d'inflessione dell'elemento e i è il raggio d'inerzia della sezione trasversale. In Ludi ℓ_0 può essere definito direttamente con l'assegnazione della lunghezza, oppure indirettamente attraverso moltiplicatore β della lunghezza effettiva ℓ :

$$\ell_0 = \beta \cdot \ell$$

Il moltiplicatore β è noto per alcuni casi particolari di vincoli di estremità della trave:

- $\beta = 1$ se i vincoli sono assimilabili a cerniere
- $\beta = 0.5$ se i vincoli sono assimilabili ad incastri (la normativa prescrive comunque $\beta = 0.7$).
- $\beta = 0.7$ se un vincolo è assimilabile ad incastro ed uno a cerniera (la normativa prescrive comunque $\beta = 0.8$)
- $\beta = 2$ nel caso di trave incastrata ad un solo estremo.

Nei casi più generali di sistemi di travi variamente connessi si deve necessariamente ricorrere a metodi approssimati o numerici (linear- o nonlinear buckling).

Nel caso compressione semplice, se si indica con σ la tensione normale di compressione, il metodo consiste nel verificare che:

$$\sigma_\omega = \omega N/A \leq \sigma_{adm} \text{ (TA) o } f_d \text{ (SL)}$$

essendo ω un parametro dipendente dalle caratteristiche meccaniche del materiale, dalla snellezza e dalla forma della sezione:

$$\omega = \omega(\text{Materiale, Sezione, } \lambda)$$

La verifica d'instabilità degli elementi presso inflessi può essere condotta in forma

semplificata verificando che:

$$\sigma_w = \omega N/A \frac{M_{eq2} Y}{\Psi_1 I_{11} \left(1 - \frac{\nu N}{\sigma_{cr} \cdot A}\right)} + \frac{M_{eq1} X}{\Psi_2 I_{22} \left(1 - \frac{\nu N}{\sigma_{cr} \cdot A}\right)} \leq \sigma_{adm} (TA) \circ f_d (SL)$$

Essendo:

x, y le coordinate del punto di verifica valutate in un sistema di riferimento cartesiano ortogonale con assi paralleli agli assi principali d'inerzia e origine nel baricentro della sezione.

N: lo sforzo assiale

Meq1, Meq2 i momenti equivalenti (CNR10011 §7.4.1.1) rispettivamente nei piani principali d'inerzia 1 e 2.

$\Psi_1 \Psi_2$ i coefficienti di forma (o di adattamento plastico) nei due piani principali.

ν coeff. di sicurezza:

$\nu = 1.0$

stati limite

$\nu = 1.5$

T.A. - I condizione di carico

$\nu = 1.5/1.125$

T.A. - II condizione di carico

Per la verifica alla stabilità laterale di travi a doppio T laminate o composte a sezione simmetrica o dissimmetrica inflesse nel piano dell'anima si verifica che (CNR 10011 §7.3.2.2):

$$\sigma_{sverg} = \omega \frac{N_{eq,f}}{A_f} \leq \sigma_{adm} (TA) \circ f_d (SL)$$

dove A_f = area dell'ala compressa

$$N_{eq,f} = \eta_1 \frac{M_{max}}{I_x} S_x$$

forza assiale agente nell'ala supposta isolata dall'anima;

$$\eta_1 = \frac{M_{eq2,f}}{M_{max}}$$

oppure per travi a doppio T laminate, inflesse nel piano dell'anima, si verifica che (CNR 10011 §7.3.2.1):

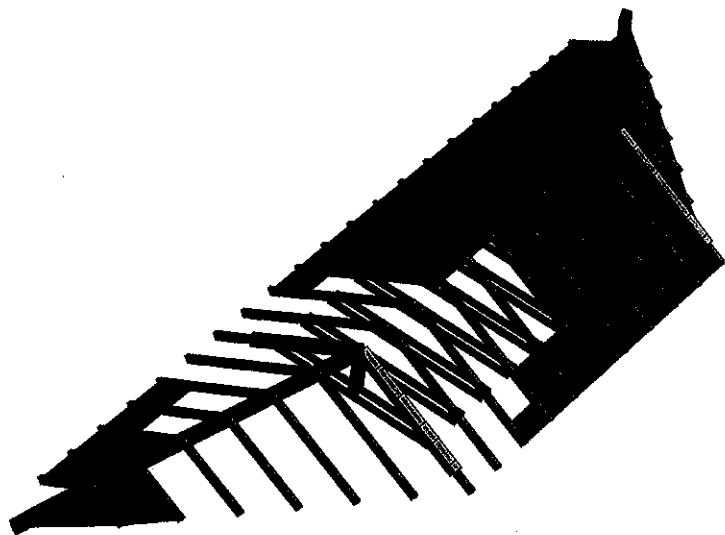
$$\sigma_{sverg} = \frac{M_{eq2,sv} \omega_1}{\Psi_1 I_{11}} Y \leq \sigma_{adm} (TA) \circ f_d (SL)$$

Per le aste pressoinflesse si verifica che (CNR 10011 §7.4.2):

$$\sigma_{sverg} = \omega N/A \frac{M_{eq2} \frac{f_y}{\sigma_d} Y}{\Psi_1 I_{11} \left(1 - \frac{\nu N}{\sigma_{cr} \cdot A}\right)} + \frac{M_{eq1} X}{\Psi_2 I_{22} \left(1 - \frac{\nu N}{\sigma_{cr} \cdot A}\right)} \leq \sigma_{adm} (TA) \circ f_d (SL)$$

NOTE ESPLICATIVE

E' stato creato un modello globale che prende in considerazione la struttura nel suo complesso. Il modello è di tipo tridimensionale con schematizzazione a nodi, travi e piatti.



Sono stati inseriti elementi plate (piatti) a livello della copertura al fine di simulare i coppi di copertura e, soprattutto per facilitare l'applicazione dei carichi distribuiti.

Nell'elaborazione non si è tenuto conto della rigidità di questi elementi (agli effetti delle deformazioni e delle sollecitazioni hanno resistenza nulla).

Per lo studio del modello strutturale è stato utilizzato programma STRAUS (come sopra descritto) agli elementi finiti (FEM), messo a punto dalla G+D Computing Pty Ltd .

PROGETTO / VERIFICA TRAVI SINGOLE TRAVI

NOTA: I calcoli sono condotti assumendo interassi tra le varie membrature che non dovranno essere superati in fase di realizzazione.

ARCARECCI

Si è assunto l'arcareccio tipo avente le seguenti caratteristiche:

Luce di calcolo MASSIMA m. 0.90
 Fascia di carico maggiore MASSIMA m. 0.40
 Inclinazione 31°
 Carico permanente $g_y = 40 \text{ Kg/m}$; $g_z = 24 \text{ Kg/m}$
 Carico accidentale (neve + vento) $q_y = 67 \text{ Kg/m}$; $q_z = 40 \text{ Kg/m}$
 Sezione adottata cm. 5 x 5
 Peso proprio Kg/m 1

$$g_y = 40 \text{ Kg/m}; g_z = 24 \text{ Kg/m}$$

$$q_y = 67 \text{ Kg/m}; q_z = 40 \text{ Kg/m}$$

$$L_c = 0.90$$

$$M_{sd,y,g,slu} = 1/8 \times g_y \times 0.90^2 \times 1.3 = 5.3 \text{ Kgxm}$$

$$M_{sd,z,g,slu} = 1/8 \times g_z \times 0.90^2 \times 1.3 = 3.2 \text{ Kgxm}$$

$$M_{sd,y,q,slu} = 1/8 \times g_y \times 0.90^2 \times 1.5 = 10.2 \text{ Kgxm}$$

$$M_{sd,z,q,slu} = 1/8 \times g_z \times 0.90^2 \times 1.5 = 10.2 \text{ Kgxm}$$

$$M_{sd,y,slu} = 15 \text{ Kgxm} \Rightarrow 0.15 \text{ KNm}$$

$$M_{sd,z,slu} = 9.2 \text{ Kgxm} \Rightarrow 0.09 \text{ KNm}$$

$$V_{sd,y,slu} = 69 \text{ Kg} \Rightarrow 0.69 \text{ KN}$$

$$V_{sd,z,slu} = 41 \text{ Kg} \Rightarrow 0.41 \text{ KN}$$

VERIFICA FLESSIONE DEVIATA ALLO S.L.U.

Legno massello

CANTIERE: VIA MONTEBELLO - BALZOLA

ASTA DI RIFERIMENTO: **ARCARECCIO TIPO**

18/01/2015

CONDIZIONE DI CARICO: S.L.U.

A) DATI TECNICI

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

N.T.C.
08

- | | | | |
|----|--|--------------|------|
| a) | Coeff partecipazione carichi permanenti | $\gamma_g =$ | 1,30 |
| b) | Coeff partecipazione carichi accidentali | $\gamma_q =$ | 1,5 |

B) MATERIALI IMPIEGATI

a **LEGNO CLASSE** **C** **20**

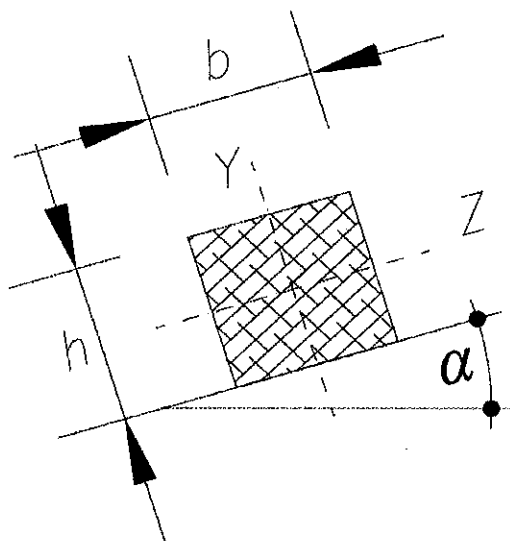
Flessione	$f_{m,k} =$	N/mm ²	20
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k} =$	N/mm ²	12
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k} =$	N/mm ²	0,5
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k} =$	N/mm ²	19
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k} =$	N/mm ²	5
Taglio	$f_{v,k} =$	N/mm ²	2,2
modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean} =$	KN/mm ²	9,5
modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura	$E_{0,05} =$	KN/mm ²	6,4
modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean} =$	KN/mm ²	0,32
modulo di taglio medio	$G_{mean} =$	KN/mm ²	0,59
Massa volumica caratteristica	$\rho_k =$	kg/m ³	330
Massa volumica media	$\rho_m =$	kg/m ³	360

NOTA: passo massimo consentito arcarecci cm. 40
luce massima consentita arcarecci cm. 90

C) SOLLECITAZIONI AGENTI (sollecitazioni massime rilevate allo S.L.U.)

Z = asse parallelo alla base ; Y = asse parallelo all'altezza; X = asse longitudinale

1	MOMENTO Y (momento agente nel piano YX)	$M_{sd,y} =$	0,15	KNm
2	MOMENTO Z (momento agente nel piano ZX)	$M_{sd,z} =$	0,09	KNm
3	TAGLIO Y	$V_{sd,y} =$	0,69	KN
4	TAGLIO Z	$V_{sd,z} =$	0,41	KN
5	Inclinazione	$\alpha =$	31	°



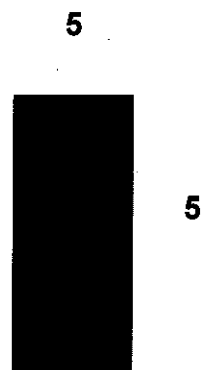
SEZIONE ADOTTATA : RETTANGOLARE

b = 5 cm

h = 5 cm

A = 25 cm²Jz = 52 cm⁴Jy = 52 cm⁴Wz = 21 cm³Wy = 21 cm³Sz = 15,625 cm³Sy = 15,625 cm³

Passo listelli = 40 cm



D) **VERIFICA A FLESSIONE**

$\gamma_m =$	coefficiente di sicurezza =	1,5	
$f_{m,k} =$	snervamento caratteristico =	20	N/mm ²
$f_{m,d} =$	snervamento di calcolo ($f_{m,k} / \gamma_m$) =	13,3	N/mm ²
Classe di servizio =		2	
$K_{mod} =$		0,9	
$K_m =$		0,7	

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

$$M_{SD} = [(M_{sd,y})^2 + (M_{sd,z})^2]^{0,5} = 0,17 \text{ KNxm}$$

$$M_{RD} = [((K_{mod} \times f_{md} \times W_y) / (K_m))^2 + ((K_{mod} \times f_{md} \times W_z) / (K_m))^2]^{0,5} = 0,51 \text{ KNxm}$$

PER LEGNO MASSICCIO $M_{SD} \leq M_{RD}$ **Verifica soddisfatta**

IMPEGNO DELLA SEZIONE $\% = M_{SD} / M_{RD} = 35\%$

IN TERMINI DI TENSIONI :

Devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:

Condizione 1

$$[K_m \times (\sigma_{my} / f_{myd})] + (\sigma_{mz} / f_{mzd}) \leq 1$$

$$K_m \times (\sigma_{my} / f_{myd}) + (\sigma_{mz} / f_{mzd}) = 0,70$$

Verifica soddisfatta

Condizione 2

$$(\sigma_{my} / f_{myd}) + [K_m \times (\sigma_{mz} / f_{mzd})] \leq 1$$

$$(\sigma_{my} / f_{myd}) + [K_m \times (\sigma_{mz} / f_{mzd})] = 0,77$$

Verifica soddisfatta

E) **VERIFICA A TAGLIO**

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

$$V_{SD} \leq V_{RD} = K_{mod} \times f_{vd} \times A =$$

$$V_{SD} = [(V_{sd,y})^2 + (V_{sd,z})^2]^{0,5} = 0,80 \text{ KN}$$

$$V_{RD} = [(V_{Rd,y})^2 + (V_{Rd,z})^2]^{0,5} = 4,67 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE} \quad \% = V_{SD} / V_{RD} = 17\%$$

IN TERMINI DI TENSIONI TANGENZIALI :

Deve essere soddisfatta le seguente condizione:

$$(\tau_y)^2 / (f_{vyd})^2 + (\tau_z)^2 / (f_{vzd})^2 \leq 1$$

$$\tau_y = (V_{sd,y} * S_z) / (J_z * b) = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_z = (V_{sd,z} * S_y) / (J_y * h) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vyd} = f_{vyk} / \gamma_m = 1,47 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vzd} = f_{vzk} / \gamma_m = 1,47 \text{ N/mm}^2$$

$$(\tau_y)^2 / (f_{vyd})^2 + (\tau_z)^2 / (f_{vzd})^2 = 0,11$$

Verifica soddisfatta

$$V_{y,sd} = 0,69 \text{ KN}$$

$$\text{TANGENZIALE DI PROGETTO} \quad \tau_{sd,slu} = (T \times S) / (J \times b) = 0,4 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{TANGENZIALE DI CALCOLO} \quad \tau_{rd,slu} = (K_{mod} \times f_{vd}) = 1,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{deve risultare } \tau_{rd,slu} > \tau_{sd,slu} \text{ per cui } =====> \text{ Verifica soddisfatta}$$

F) VERIFICA A DEFORMAZIONE allo S.L.E.

La deformazione della trave è pari a : $U_{net} = U_1 + U_2 - U_0$ U_{net} = deformata netta totale della trave U_1 = deformata dovuta ai carichi permanenti (g)

$U_2 =$ deformata dovuta ai carichi accidentali (q)

$U_0 =$ controfreccia se presente

Nei casi in cui è opportuno limitare la freccia **istantanea**, dovuta alle azioni variabili, si raccomanda il seguente valore limite :

$$U_{2,inst,adm} \leq L/300 \quad \text{tale limitazione comporta la protezione degli elementi portanti}$$

Nei casi in cui è opportuno limitare la freccia **finale** (u_{fin}), dovuta alle azioni variabili, si raccomandano i seguenti valori limite :

$$U_{2,fin,adm} \leq L/200$$

$$U_{2,net,fin,adm} \leq$$

$$L/250$$

DATI GEOMETRICI DELLA TRAVE

$$p.p.y = 1 \quad \text{Kg/m}$$

=

$$g_y = 40 \quad \text{Kg/m}$$

$$q_y = 67 \quad \text{Kg/m}$$

$$L = 0,90 \quad \text{m}$$

$$U_{2,inst,adm} \leq L/300 = 0,30 \quad \text{controllo a tempo zero}$$

abbassamento istantaneo prodotto dal carico variabile (q) :

$$U_{2\ inst} = (5/384) \times (q \times L^4) \times (1/E_{0,mean} \times J_z) = 0,12 \quad \text{cm}$$

deve risultare $U_{2\ inst} > U_{2,inst,adm}$ per cui **Verifica soddisfatta**

abbassamento istantaneo prodotto dal carico permanente (g) :

$$U_{1\ inst} = (5/384) \times (g \times L^4) \times (1/E_{0,mean} \times J_z) = 0,07 \quad \text{cm}$$

Non occorre nessun controllo alla deformazione totale immediata in quanto la condizione più gravosa è connessa alla lunga durata del carico

Controllo a tempo "infinito":

$$\text{Controllo finale :} \quad u_{fin} = u_{ist} (1 + k_{def})$$

$$k_{def} = 0,8$$

Freccia prodotta da carico permanente (g) : $U_{1\ inst} = 0,07 \quad \text{cm}$

$$k_{def} = 0,80$$

Freccia prodotta da carico variabile, breve durata (q) : $U_{2\ inst} = 0,12 \quad \text{cm}$

$$k_{def} = 0,00$$

$$U_{1 \text{ inst}} = 0,13 \quad \text{cm}$$

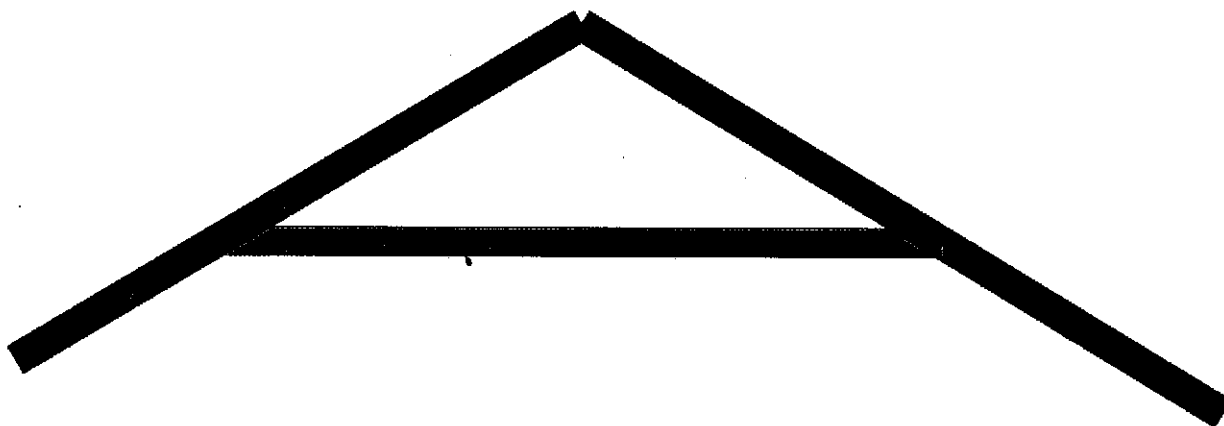
$$U_{2 \text{ fin}} = 0,12 \quad \text{cm}$$

$$U_{\text{fin}} = 0,24 \quad \text{cm}$$

$$U_{2, \text{fin}, \text{adm}} \leq L/200 = 0,45$$

Verifica a lungo termine soddisfatta

PUNTONE CAPRIATA TIPO



Si è assunto il puntone tipo avente le seguenti caratteristiche:

Luce di calcolo m. 2.90 (inclinata)
Fascia di carico massima m. 0.90
Inclinazione 31°
Carico permanente $g_y = 90 \text{ Kg/m} \rightarrow g_x = 54 \text{ Kg/m}$;
Carico accidentale $q_y = 167 \text{ Kg/m} \rightarrow q_x = 100 \text{ Kg/m}$;
Sezione adottata cm. 8x16
Peso proprio Kg/m 11

$$g = 90 \text{ Kg/m} + 11 \text{ Kg/m}$$

$$q = 167 \text{ Kg/m}$$

$$L_c = 2.90$$

$$M_{sd,y,slu} = 150 \text{ Kgxm} \Rightarrow 1.50 \text{ KNm}$$

$$V_{sd,y,slu} = 300 \text{ Kg} \Rightarrow 3.00 \text{ KN}$$

$$N_{sd,x,slu} = 1330 \text{ Kg} \Rightarrow 13.3 \text{ KN}$$

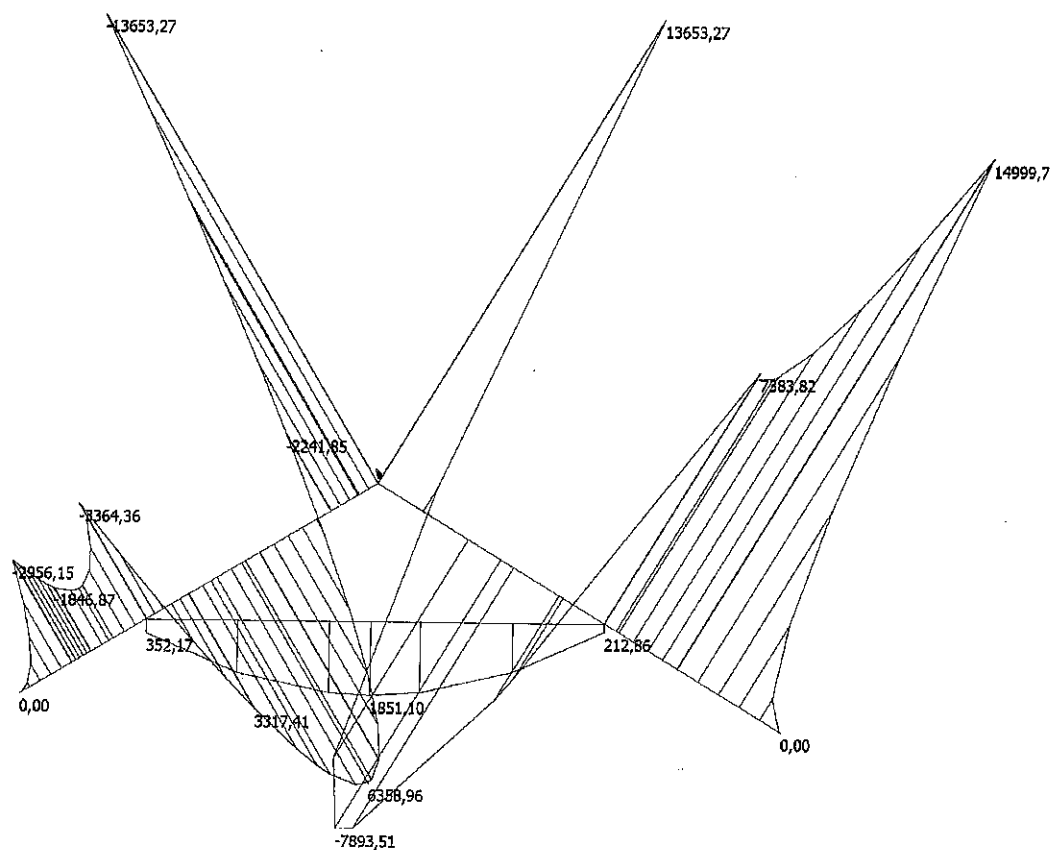


DIAGRAMMA MOMENTO

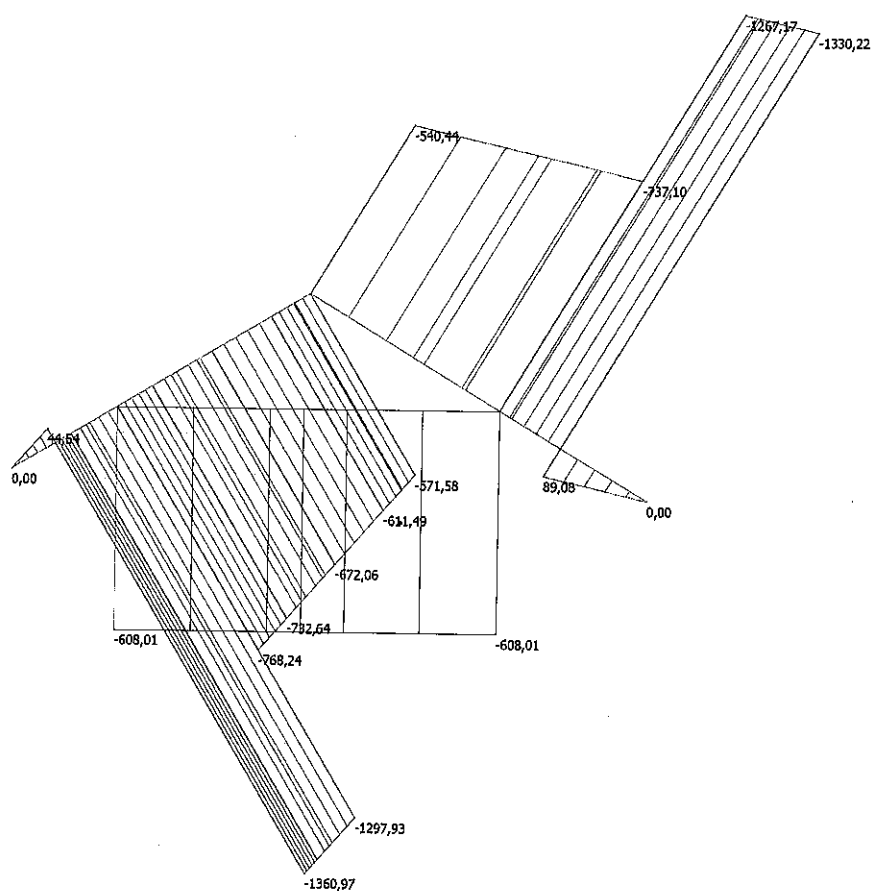


DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE ASSIALE

VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE ALLO S.L.U.

Legno massello

CANTIERE: VIA MONTEBELLO - BALZOLA

ASTA DI RIFERIMENTO: PUNTONE TIPO

18/02/2015

CONDIZIONE DI CARICO: S.L.U.

A) **DATI TECNICI**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

N.T.C. 08

- a) Coeff partecipazione carichi permanenti $\gamma_g = 1,30$
- b) Coeff partecipazione carichi accidentali $\gamma_q = 1,5$

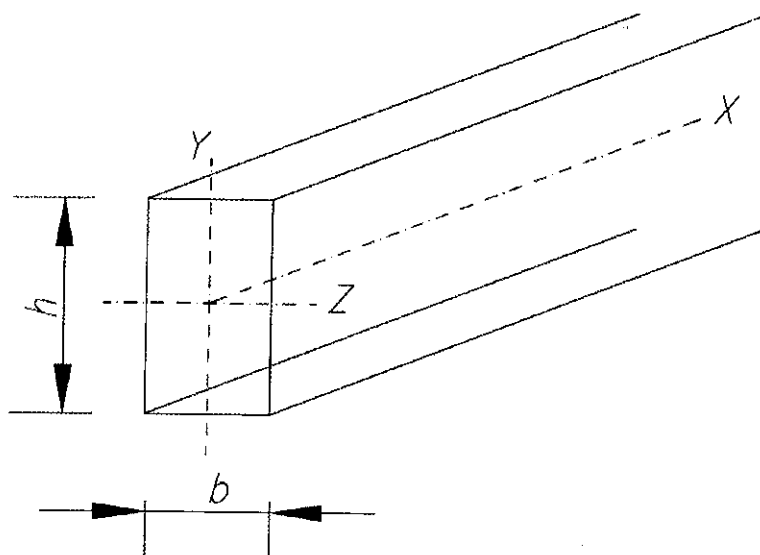
B) **MATERIALI IMPIEGATI**a **LEGNO CLASSE C 20**

Flessione	$f_{m,k} =$	N/mm ²	20
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k} =$	N/mm ²	12
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k} =$	N/mm ²	0,5
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k} =$	N/mm ²	19
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k} =$	N/mm ²	5
Taglio	$f_{v,k} =$	N/mm ²	2,2
modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean} =$	KN/mm ²	9,5
modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura	$E_{0,05} =$	KN/mm ²	6,4
modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean} =$	KN/mm ²	0,32
modulo di taglio medio	$G_{mean} =$	KN/mm ²	0,59
Massa volumica caratteristica	$\rho_k =$	kg/m ³	330
Massa volumica media	$\rho_m =$	kg/m ³	360

C) SOLLECITAZIONI AGENTI (sollecitazioni massime rilevate allo S.L.U.)

Z = asse verticale ; Y = asse orizzontale, X = asse longitudinale

1	CARICO ASSIALE (asse di sollecitazione X)	N_{sd}	13,30	KN
2	MOMENTO Y (momento agente nel piano YX)	$M_{y,sd}$	1,5065	KNm
3	MOMENTO Z (momento agente nel piano ZX)	$M_{z,sd}$	0,00	KNm
4	TAGLIO Y	$V_{y,sd}$	3,00	KN
5	TAGLIO Z	$V_{z,sd}$	0,00	KN



SEZIONE ADOTTATA : RETTANGOLARE

b = 8 cm
h = 16 cm

A = 128 cm²
Jz = 2.731 cm⁴
Jy = 683 cm⁴
Wz = 341 cm³
Wy = 171 cm³
Sz = 256 cm³
Sy = 128 cm³



16

Passo dell'elemento strutturale : **0,90** m

D) VERIFICA A PRESSO - FLESSIONE

$\gamma_m =$	coefficiente di sicurezza =	1,5	
$f_{m,k} =$	snervamento caratteristico =	20	N/mm ²
$f_{m,d} =$	snervamento di calcolo ($f_{m,k} / \gamma_m$) =	13,3	N/mm ²
Classe di servizio =		2	
$K_{mod} =$	(per breve durata)	0,9	
$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_m =$		12,67	N/mm ²
$K_m =$		0,7	

IN TERMINI DI TENSIONI DEVONO ESSERE VERIFICATE LE SEGUENTI CONDIZIONI :

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_c)^2 + [(\sigma_{my} / f_{my}) \times K_m \times K_{mod}] + (\sigma_{mz} / f_{mz}) \leq 1$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_c)^2 + (f_{my} \times \sigma_{my}) \times [(\sigma_{mz} / f_{mz}) \times K_m \times K_{mod}] \leq 1$$

dove $K_{crit,c}$ è funzione di $K_{rel,c}$ in base alla seguente relazione:

$$K_{rel,c} = (\lambda / \pi) \times [(f_{c,0,k} / E_{0,0,5})]^{0,5} = \mathbf{2,18}$$

$$l_0 = \text{luce di libera inflessione} = (l \times \beta) = \mathbf{2,90} \text{ m}$$

$$\lambda = (l_0 / i_{min}) = \mathbf{126}$$

$$i_{min} = (J_{min} / A)^{0,5} = \mathbf{2,31} \text{ cm} \quad J_{min} = \mathbf{683} \text{ cm}^4$$

$$l = \mathbf{2,90} \text{ m}$$

$$\beta = \mathbf{1}$$

$$\lambda_{rel} = \text{snellezza relativa al materiale} [\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5}] = \mathbf{2,18}$$

$$\sigma_{c,crit} = [(\pi^2 \times E_{0,05}) / \lambda^2] = \mathbf{4,00} \text{ N/mm}^2$$

$$K_y = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2] = \mathbf{3,04}$$

$$K_{c,crit} = 1 / [K_y + (K_y^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = \mathbf{0,19}$$

Pari al 19% dell'azione che schiaccia il pezzo

da cui risulta :

$$(\sigma_{c,sd,y,slu}) = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_{c,0,d})^2 = 0,00693 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu}) = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_{c,0,d})^2 = 0,00693 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 12,67 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) = 0,34$$

$$(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 0,00000 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_{c,0,d})^2 + [(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) \times K_m \times K_{mod}] + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 0,22011$$

Verifica soddisfatta

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_{c,0,d})^2 + (f_{m,y,d} \times \sigma_{m,y,d}) \times [(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \times K_m \times K_{mod}] \leq 0,34531$$

Verifica soddisfatta

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

1) Azione flettente :

$$M_{SD,y} \leq M_{RD,y} = (K_{mod} \times f_{md} \times W_z) / (K_m) = 5,85 \text{ KNxm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = M_{SD} / M_{RD} = 26\%$$

$$M_{SD,z} \leq M_{RD,z} = (K_{mod} \times f_{md} \times W_y) / (K_m) = 2,93 \text{ KNxm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = M_{SD} / M_{RD} = 0\%$$

2) Azione assiale :

$$N_{Rd} = K_{mod} \times f_{cd} \times A \times K_{c,crit} = 28 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 14 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

E) VERIFICA A TAGLIO

$$V_{y,sd} = 3,10 \text{ KN}$$

$$V_{z,sd} = 0,00 \text{ KN}$$

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

$$V_{SD,y} \leq V_{RD,y} = K_{mod} \times f_{vd} \times A = 16,896 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = V_{sd,y} / V_{rd,y} = 18\%$$

$$V_{SD,z} \leq V_{RD,z} = K_{mod} \times f_{vd} \times A = 16,896 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = V_{SD} / V_{RD} = 0\%$$

$$\text{TANGENZIALE DI PROGETTO } \tau_{sd,slu,y} = (V_{sd,y} \times S_z) / (J_z \times b) = 0,363 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{sd,slu,z} = (T \times S_y) / (J_y \times h) = 0,000 \text{ N/mm}^2$$

Quando il taglio agisce nelle due direzioni occorre verificare che:

$$[\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 + [\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 \leq 1$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$[\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 + [\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 = 0,0614$$

$$\text{TANGENZIALE DI CALCOLO } \tau_{rd,slu} = (K_{mod} \times f_{vd}) = 1,32 \text{ N/mm}^2$$

deve risultare $\tau_{rd,slu} > \tau_{sd,slu}$ per cui =====> **Verifica soddisfatta**

F) VERIFICA A DEFORMAZIONE allo S.L.E.

La deformazione della trave è pari a : $U_{net} = U_1 + U_2 - U_0$

U_{net} = deformata netta totale della trave

U_1 = deformata dovuta ai carichi permanenti (g)

U_2 = deformata dovuta ai carichi accidentali (q)

U_0 = controfreccia se presente

Nei casi in cui è opportuno limitare la freccia **istantanea**, dovuta alle azioni variabili, si raccomanda il seguente valore limite :

$$U_{2,inst,adm} \leq L/300 \quad \text{tale limitazione comporta la protezione degli elementi portanti}$$

Nei casi in cui è opportuno limitare la freccia **finale** (u_{fin}), dovuta alle azioni variabili, si raccomandano

i seguenti valori limite :

$$U_{2,fin,adm} \leq L/200$$

$$U_{2,net,fin,adm} \leq L/250$$

DATI GEOMETRICI DELLA TRAVE

$$\begin{aligned} p.p. &= 5 \text{ Kg/m} \\ g &= 90 \text{ Kg/m} \\ q &= 167 \text{ Kg/m} \\ L &= 2,90 \text{ m} \end{aligned}$$

$$U_{2,inst,adm} \leq L/300 = 0,97 \text{ controllo a tempo zero}$$

abbassamento istantaneo prodotto dal carico variabile (q) :

$$U_{2 inst} = (5/384) \times (q \times L^4) \times (1/E_{0,mean} \times J_z) = 0,59 \text{ cm}$$

deve risultare $U_{2 inst} > U_{2, inst,adm}$ per cui **Verifica soddisfatta**

abbassamento istantaneo prodotto dal carico permanente (g) :

$$U_{1 inst} = (5/384) \times (g \times L^4) \times (1/E_{0,mean} \times J_z) = 0,34 \text{ cm}$$

Non occorre nessun controllo alla deformazione totale immediata in quanto la condizione più gravosa è connessa alla lunga durata del carico

Controllo a tempo "infinito":

Controllo finale : $U_{fin} = U_{ist} (1 + k_{def})$

$$k_{def} = 0,8$$

Freccia prodotta da carico permanente (g) :

$$\begin{aligned} U_{1 inst} &= 0,34 \text{ cm} \\ k_{def} &= 0,80 \end{aligned}$$

Freccia prodotta da carico variabile, breve durata (q) :

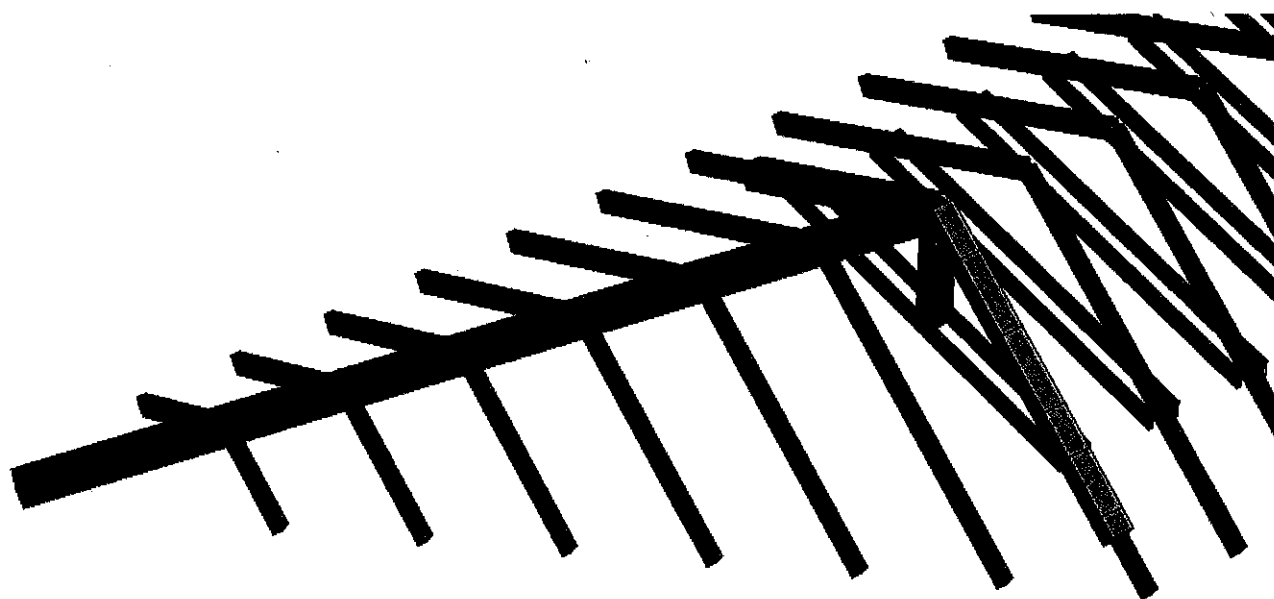
$$\begin{aligned} U_{2 inst} &= 0,59 \text{ cm} \\ k_{def} &= 0,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{1 inst} &= 0,60 \text{ cm} \\ U_{2 fin} &= 0,59 \text{ cm} \\ U_{fin} &= 1,20 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$U_{2,fin,adm} \leq L/200 = 1,45$$

Verifica a lungo termine soddisfatta

TRAVE DI COLMO NORD

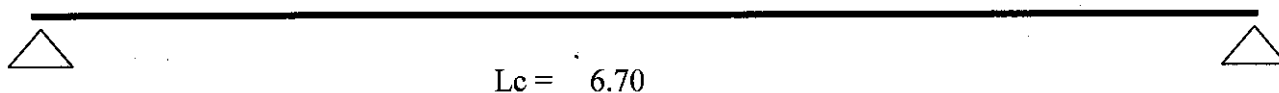


Si è assunta la trave tipo avente le seguenti caratteristiche:

Luce di calcolo m. 6,70
 Inclinazione 22°
 Sezione adottata cm. 20 x 25
 Peso proprio Kg/m 18

g = variabile in funzione della fascia di carico

q = variabile in funzione della fascia di carico



$$M_{sd,y,slu} = 63 \text{ Kgxm} \Rightarrow 0.63 \text{ KNm}$$

$$M_{sd,z,slu} = 12 \text{ Kgxm} \Rightarrow 0.12 \text{ KNm}$$

$$V_{sd,y,slu} = 78 \text{ Kg} \Rightarrow 0.78 \text{ KN}$$

$$N_{sd,x,slu} = 207 \text{ Kg} \Rightarrow 0.21 \text{ KN}$$

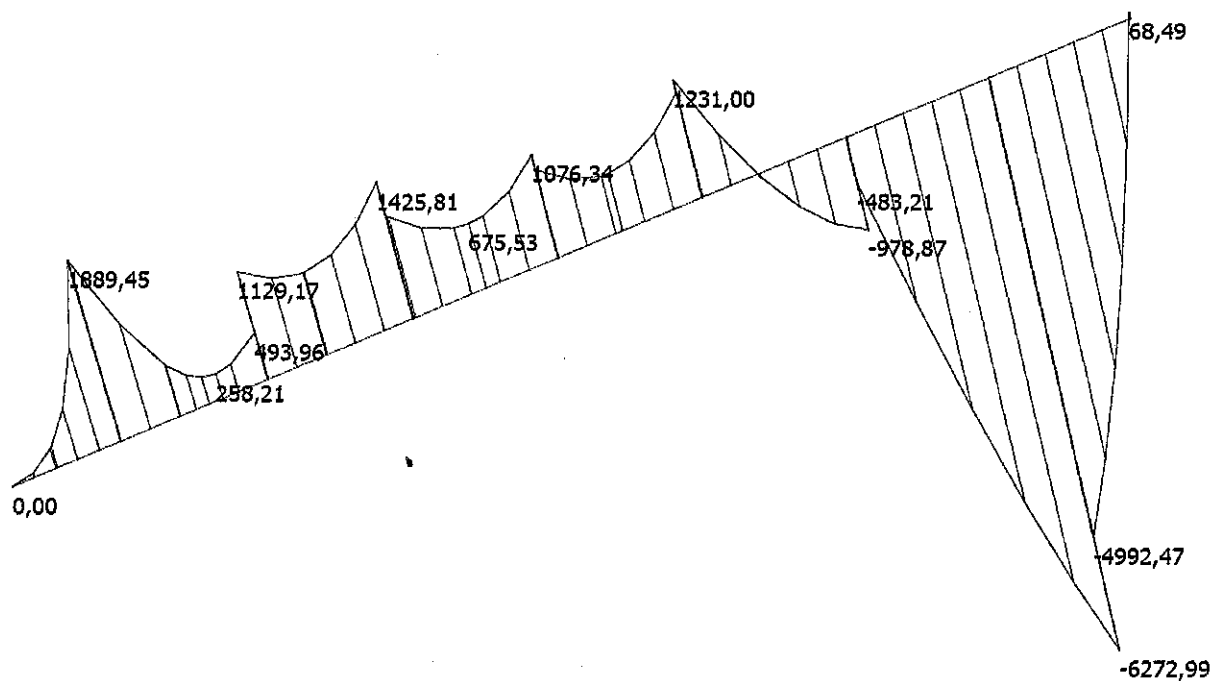


DIAGRAMMA MOMENTO Y

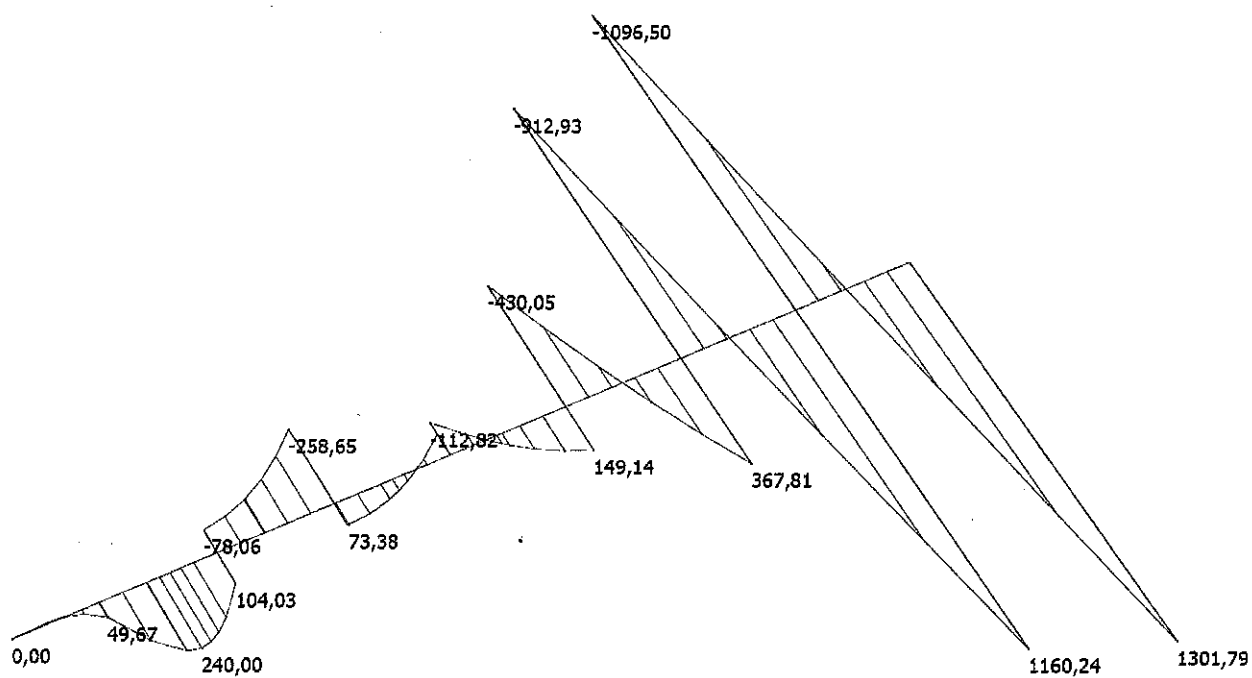


DIAGRAMMA MOMENTO Z

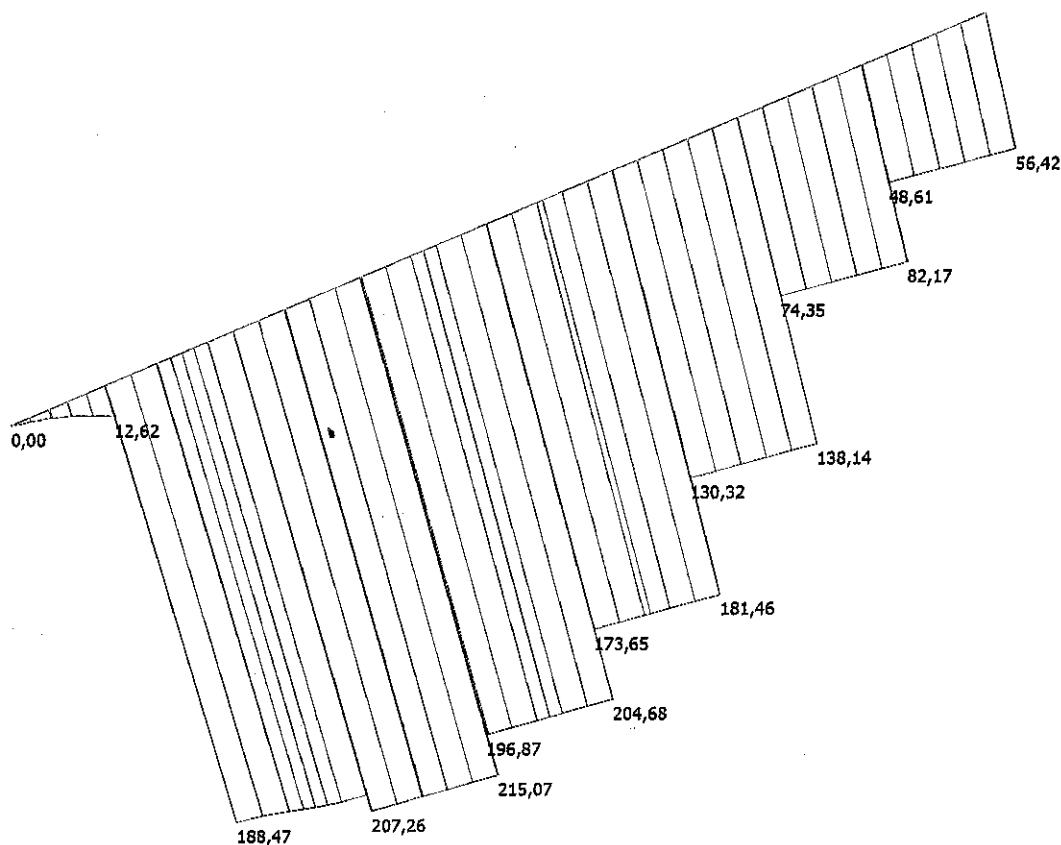


DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE ASSIALE

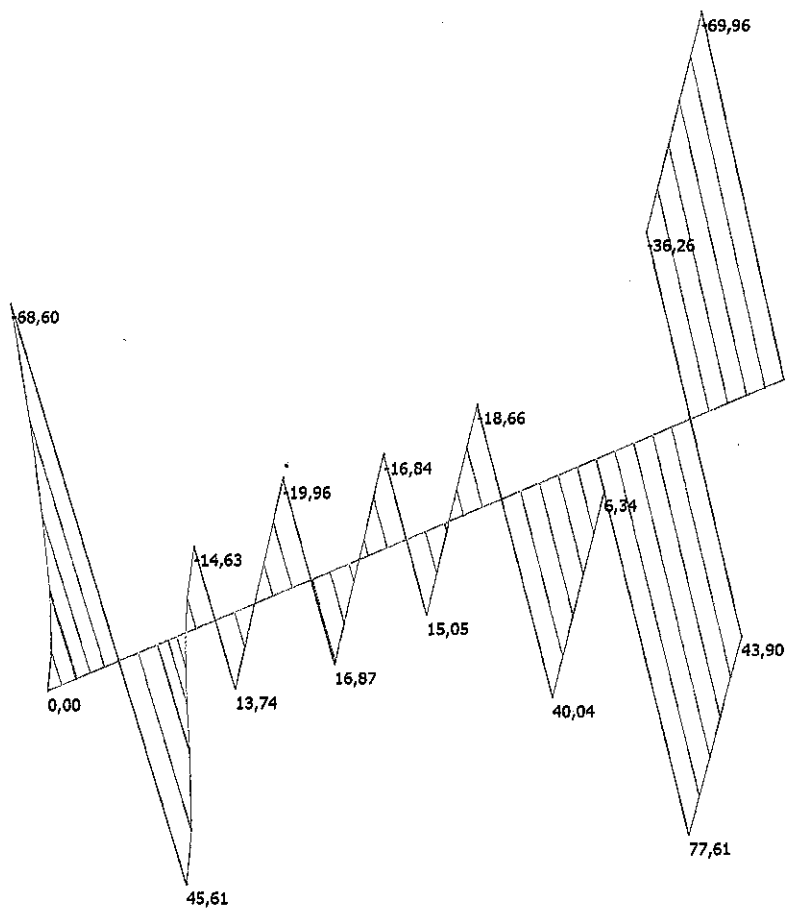
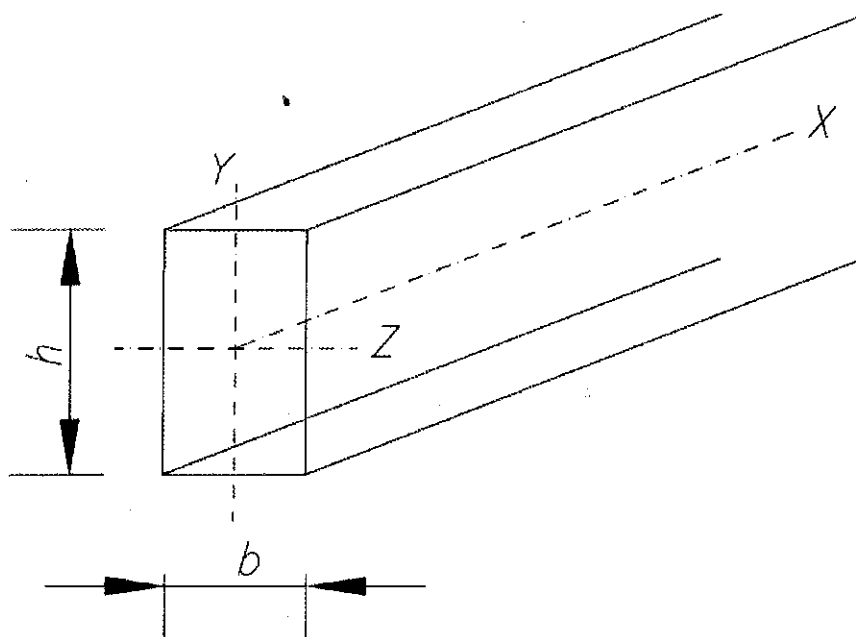


DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE TAGLIANTE

2	MOMENTO Y (momento agente nel piano YX)	$M_{y,sd} =$	0,63	KNm
3	MOMENTO Z (momento agente nel piano ZX)	$M_{z,sd} =$	0,12	KNm
4	TAGLIO Y	$V_{y,sd} =$	0,78	KN
5	TAGLIO Z	$V_{z,sd} =$	0,00	KN



SEZIONE ADOTTATA : RETTANGOLARE

$b =$ **20** cm
 $h =$ **25** cm

$A =$ 500 cm²
 $J_z =$ 26.042 cm⁴
 $J_y =$ 16.667 cm⁴
 $W_z =$ 2.083 cm³
 $W_y =$ 1.667 cm³
 $S_z =$ 1562,5 cm³
 $S_y =$ 1250 cm³

20

25

Passo dell'elemento strutturale : **variabile**

D) **VERIFICA A PRESSO - FLESSIONE**

$\gamma_m =$ coefficiente di sicurezza = **1,5**

$f_{m,k} =$	snervamento caratteristico =	20	N/mm ²
$f_{m,d} =$	snervamento di calcolo ($f_{m,k} / \gamma_m$) =	13,3	N/mm ²
Classe di servizio =		2	
$K_{mod} =$	(per breve durata)	0,9	
$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$		12,67	N/mm ²
$K_m =$		0,7	

IN TERMINI DI TENSIONI DEVONO ESSERE VERIFICATE LE SEGUENTI CONDIZIONI :

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_c)^2 + [(\sigma_{my} / f_{my}) \times K_m \times K_{mod}] + (\sigma_{mz} / f_{mz}) \leq 1$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_c)^2 + (f_{my} \times \sigma_{my}) \times [(\sigma_{mz} / f_{mz}) \times K_m \times K_{mod}] \leq 1$$

dove $K_{crit,c}$ è funzione di $K_{rel,c}$ in base alla seguente relazione:

$$K_{rel,c} = (\lambda / \pi) \times [(f_{c,0,k} / E_{0,0,5})]^{0,5} = 2,01$$

$$l_0 = \text{luce di libera inflessione} = (l \times \beta) = 6,70 \text{ m}$$

$$\lambda = (l_0 / i_{min}) = 116$$

$$i_{min} = (J_{min} / A)^{0,5} = 5,77 \text{ cm} \quad J_{min} = 16.667 \text{ cm}^4$$

$$l = 6,70 \text{ m}$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda_{rel} = \text{snellezza relativa al materiale} [\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5}] = 2,01$$

$$\sigma_{c,crit} = [(\pi^2 \times E_{0,05}) / \lambda^2] = 4,69 \text{ N/mm}^2$$

$$K_y = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2] = 2,68$$

$$K_{c,crit} = 1 / [K_y + (K_y^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 0,22$$

Pari al 22% dell'azione che schiaccia il pezzo

da cui risulta :

$$(\sigma_{c,sd,y,slu}) = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad (\sigma_{c,sd,y,slu} / f_{c,0,d})^2 = 0,00000 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu}) = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad (\sigma_{c,sd,z,slu} / f_{c,0,d})^2 = 0,00000 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 12,67 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) = 0,02 \quad (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 0,00540 \quad \text{N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_{c,0,d})^2 + [(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) \times K_m \times K_{mod}] + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 0,01969$$

Verifica soddisfatta

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_{c,0,d})^2 + (f_{m,y,d} \times \sigma_{m,y,d}) \times [(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \times K_m \times K_{mod}] \leq 0,02608$$

Verifica soddisfatta

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

1) Azione flettente :

$$M_{SD,y} \leq M_{RD,y} = (K_{mod} \times f_{md} \times W_z) / (K_m) = 35,71 \quad \text{KNxm}$$

Verifica soddisfatta

IMPEGNO DELLA SEZIONE $\% = M_{SD} / M_{RD} = 2\%$

$$M_{SD,z} \leq M_{RD,z} = (K_{mod} \times f_{md} \times W_y) / (K_m) = 28,57 \quad \text{KNxm}$$

Verifica soddisfatta

IMPEGNO DELLA SEZIONE $\% = M_{SD} / M_{RD} = 0\%$

2) Azione assiale :

$$N_{Rd} = K_{mod} \times f_{cd} \times A \times K_{c,crit} = 128 \quad \text{KN}$$

$$N_{sd} = 0,21 \quad \text{KN}$$

Verifica soddisfatta

E) VERIFICA A TAGLIO

$$V_{y,sd} = 0,78 \quad \text{KN}$$

$$V_{z,sd} = 0,00 \quad \text{KN}$$

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

$$V_{SD,y} \leq V_{RD,y} = K_{mod} \times f_{vd} \times A = 66 \quad \text{KN}$$

Verifica soddisfatta

IMPEGNO DELLA SEZIONE $\% = V_{sd,y} / V_{rd,y} = 1\%$

$$V_{SD,z} \leq V_{RD,z} = K_{mod} \times f_{vd} \times A = 66 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

IMPEGNO DELLA SEZIONE $\% = V_{SD} / V_{RD} = 0\%$

TANGENZIALE DI PROGETTO $\tau_{sd,slu,y} = (V_{sd,y} \times S_z) / (J_z \times b) = 0,023 \text{ N/mm}^2$

$\tau_{sd,slu,z} = (T \times S_y) / (J_y \times h) = 0,000 \text{ N/mm}^2$

Quando il taglio agisce nelle due direzioni occorre verificare che:

$$[\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 + [\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 \leq 1$$

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m = 1,5 \text{ N/mm}^2$

$$[\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 + [\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 = 0,0003$$

TANGENZIALE DI CALCOLO $\tau_{rd,slu} = (K_{mod} \times f_{vd}) = 1,32 \text{ N/mm}^2$

deve risultare $\tau_{rd,slu} > \tau_{sd,slu}$ per cui **=====> Verifica soddisfatta**

F) VERIFICA A DEFORMAZIONE allo S.L.E.

La deformazione della trave è pari a : $U_{net} = U_1 + U_2 - U_0$

U_{net} = deformata netta totale della trave

U_1 = deformata dovuta ai carichi permanenti (g)

U_2 = deformata dovuta ai carichi accidentali (q)

U_0 = controfrecchia se presente

Nei casi in cui è opportuno limitare la freccia **istantanea**, dovuta alle azioni variabili, si raccomanda il seguente valore limite :

$$U_{2,inst,adm} \leq L/300 \text{ tale limitazione comporta la protezione degli elementi portanti}$$

Nei casi in cui è opportuno limitare la freccia **finale** (u_{fin}), dovuta alle azioni variabili, si raccomandano i seguenti valori limite :

$$U_{2,fin,adm} \leq L/200$$

$$U_{2,net,fin,adm} \leq L/250$$

DATI GEOMETRICI DELLA TRAVE

$$\begin{aligned}
 p.p. &= 18 && \text{Kg/m} \\
 g &= 1,2 && \text{Kg/m} \\
 q &= 200 && \text{Kg/m} \\
 L &= 6,70 && \text{m}
 \end{aligned}$$

$$U_{2,inst,adm} \leq L/300 = 2,23 \quad \text{controllo a tempo zero}$$

abbassamento istantaneo prodotto dal carico variabile (q) :

$$U_{2 inst} = (5/384) \times (q \times L^4) \times (1/E_{0,mean} \times J_z) = 2,12 \quad \text{cm}$$

deve risultare $U_{2 inst} > U_{2, inst,adm}$ per cui **Verifica soddisfatta**

abbassamento istantaneo prodotto dal carico permanente (g) :

$$U_{1 inst} = (5/384) \times (g \times L^4) \times (1/E_{0,mean} \times J_z) = 0,20 \quad \text{cm}$$

Non occorre nessun controllo alla deformazione totale immediata in quanto la condizione più gravosa è connessa alla lunga durata del carico

Controllo a tempo "infinito":

$$\text{Controllo finale : } U_{fin} = U_{ist} (1 + k_{def})$$

$$k_{def} = 0,8$$

Freccia prodotta da carico permanente (g) :

$$\begin{aligned}
 U_{1 inst} &= 0,20 \quad \text{cm} \\
 k_{def} &= 0,80
 \end{aligned}$$

Freccia prodotta da carico variabile, breve durata (q) :

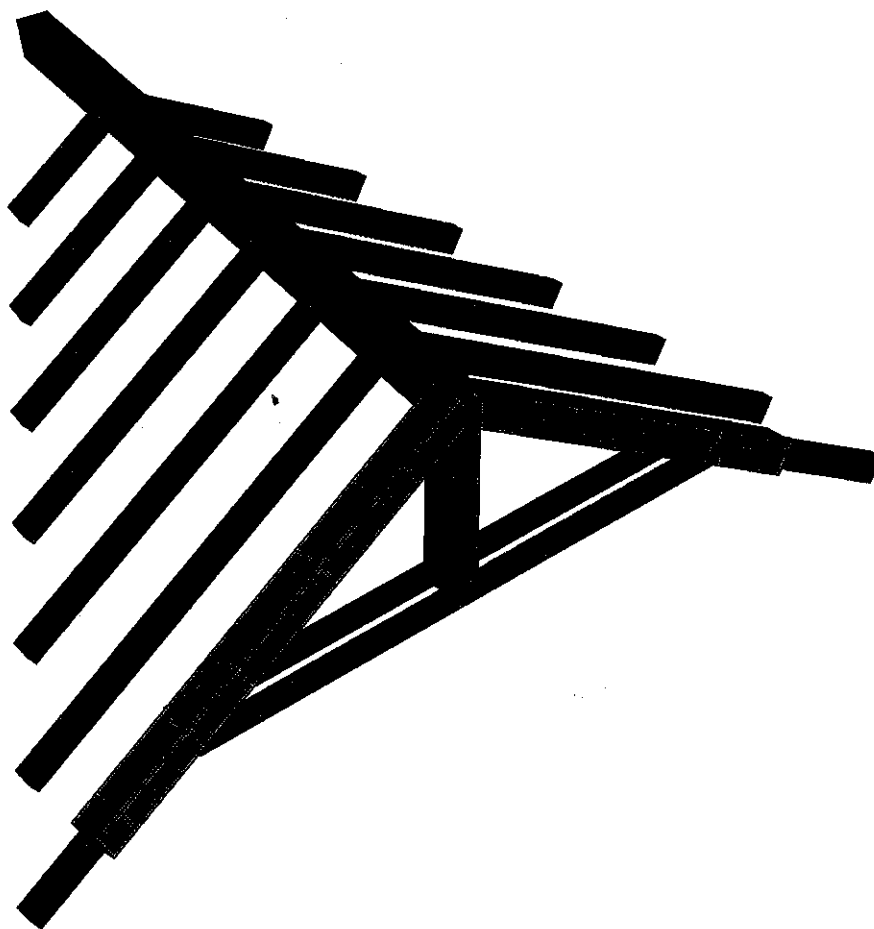
$$\begin{aligned}
 U_{2 inst} &= 2,12 \quad \text{cm} \\
 k_{def} &= 0,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{1 inst} &= 0,37 && \text{cm} \\
 U_{2 fin} &= 2,12 && \text{cm} \\
 U_{fin} &= 2,49 && \text{cm}
 \end{aligned}$$

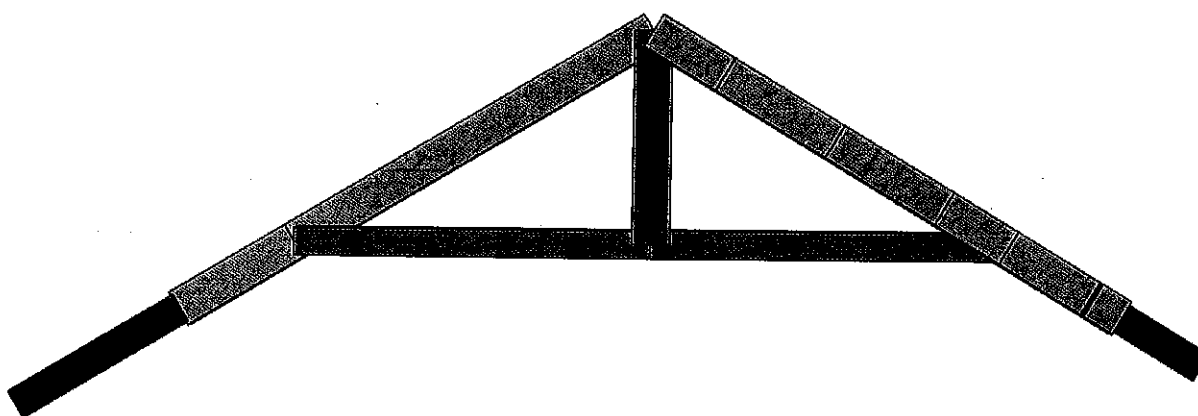
$$U_{2,fin,adm} \leq L/200 = 3,35$$

Verifica a lungo termine soddisfatta

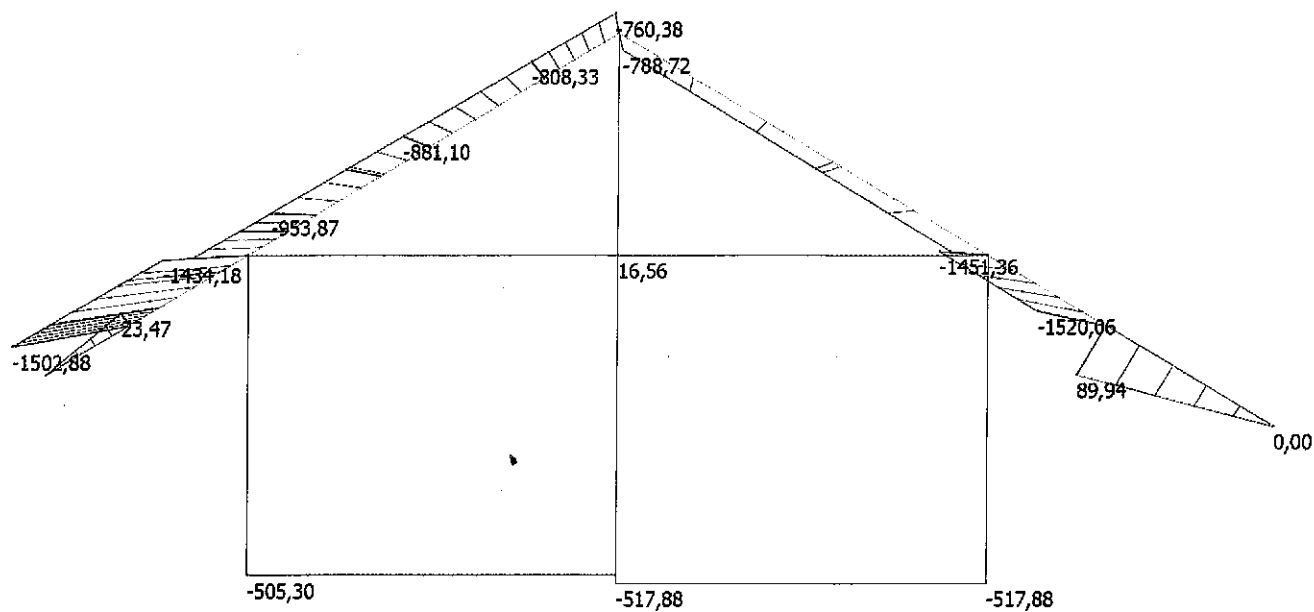
CAPRIATA PORTA COLMO



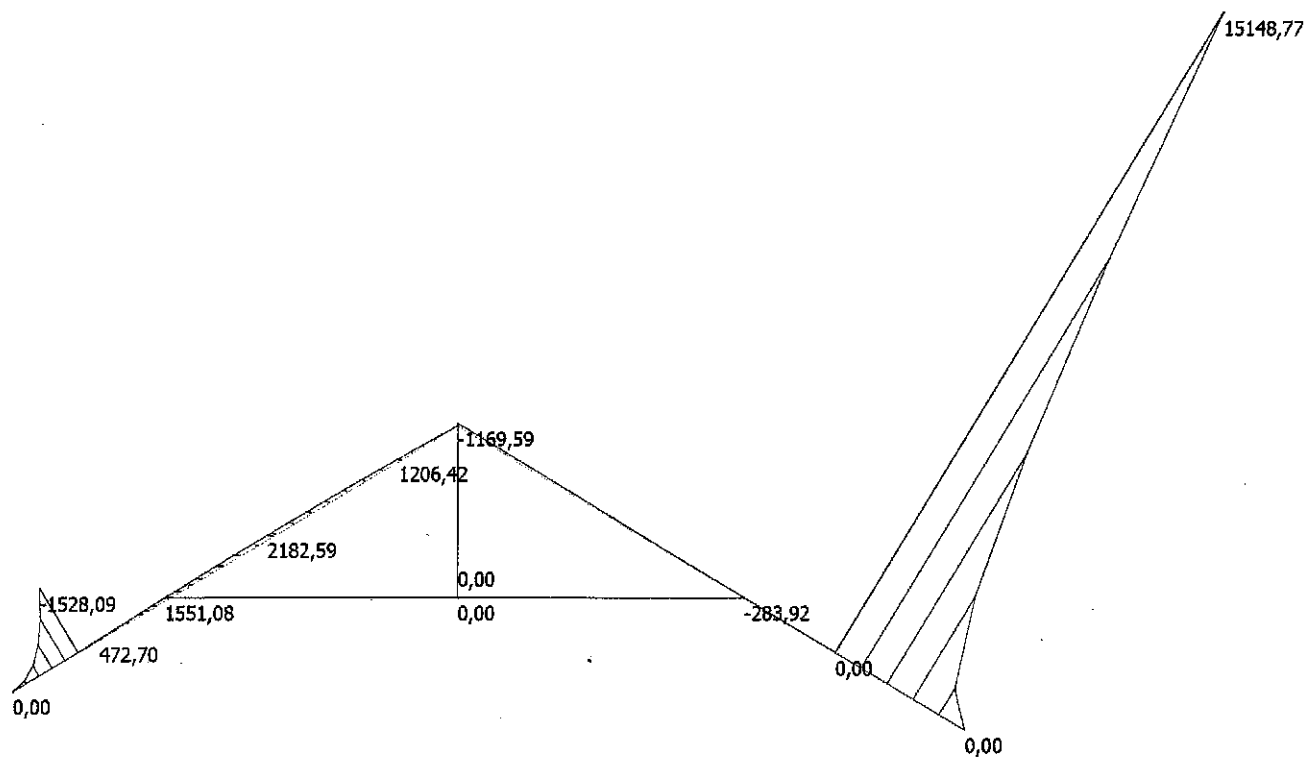
PARTICOLARE D'INSIEME CAPRIATA PORTA COLMO



PROSPETTO CAPRIATA PORTA COLMO



SOLLECITAZIONE ASSIALE PUNTONE PORTA COLMO



SOLLECITAZIONE FLETTENTE PUNTONE PORTA COLMO

VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE ALLO S.L.U.

Legno massello

CANTIERE: VIA MONTEBELLO - BALZOLA

ASTA DI RIFERIMENTO: PUNTONE TIPO capriata porta colmo 20/02/2015

CONDIZIONE DI CARICO: S.L.U.

A) DATI TECNICI

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

N.T.C. 08

- | | | | |
|----|--|--------------|------|
| a) | Coeff partecipazione carichi permanenti | $\gamma_g =$ | 1,30 |
| b) | Coeff partecipazione carichi accidentali | $\gamma_q =$ | 1,5 |

B) MATERIALI IMPIEGATI

a **LEGNO CLASSE** **C** **20**

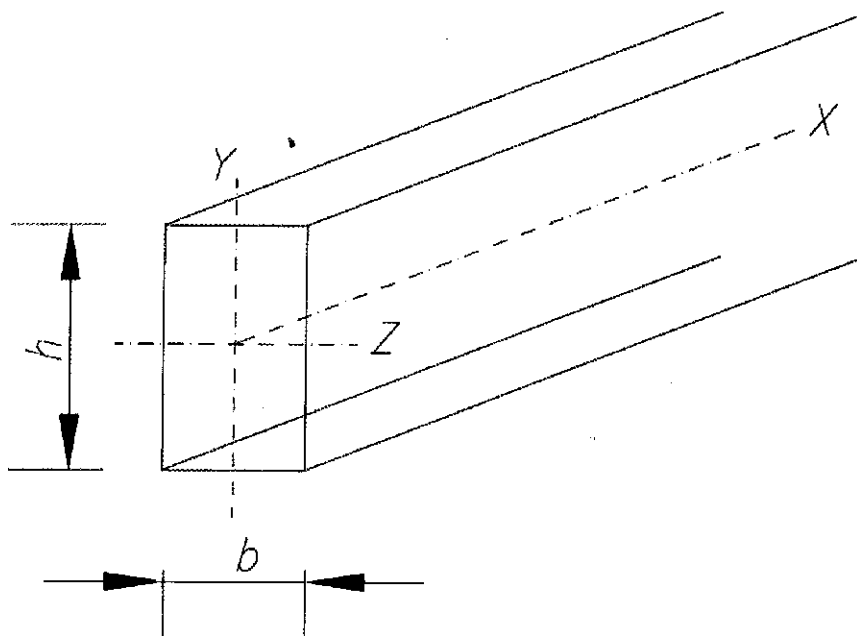
Flessione	$f_{m,k} =$	N/mm ²	20
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k} =$	N/mm ²	12
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k} =$	N/mm ²	0,5
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k} =$	N/mm ²	19
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k} =$	N/mm ²	5
Taglio	$f_{v,k} =$	N/mm ²	2,2
modulo elastico medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean} =$	KN/mm ²	9,5
modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura	$E_{0,05} =$	KN/mm ²	6,4
modulo elastico medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean} =$	KN/mm ²	0,32
modulo di taglio medio	$G_{mean} =$	KN/mm ²	0,59
Massa volumica caratteristica	$\rho_k =$	kg/m ³	330
Massa volumica media	$\rho_m =$	kg/m ³	360

C) SOLLECITAZIONI AGENTI (sollecitazioni massime rilevate allo S.L.U.)

Z = asse verticale ; Y = asse orizzontale, X = asse longitudinale

- | | | | | |
|---|---|--------------|-------|-----|
| 1 | CARICO ASSIALE (asse di sollecitazione X) | N_{sd} | 15,20 | KN |
| 2 | MOMENTO Y (momento agente nel piano YX) | $M_{y,sd} =$ | 1,50 | KNm |

3	MOMENTO Z (momento agente nel piano ZX)	$M_{z,sd} =$	0,00	KNm
4	TAGLIO Y	$V_{y,sd} =$	3,10	KN
5	TAGLIO Z	$V_{z,sd} =$	0,00	KN



SEZIONE ADOTTATA : RETTANGOLARE

$b =$ 20 cm
 $h =$ 20 cm

$A =$ 400 cm²
 $J_z =$ 13.333 cm⁴
 $J_y =$ 13.333 cm⁴
 $W_z =$ 1.333 cm³
 $W_y =$ 1.333 cm³
 $S_z =$ 1000 cm³
 $S_y =$ 1000 cm³

20

20

D) VERIFICA A PRESSO - FLESSIONE

$\gamma_m =$ coefficiente di sicurezza = 1,5
 $f_{m,k} =$ snervamento caratteristico = 20 N/mm²
 $f_{m,d} =$ snervamento di calcolo ($f_{m,k} / \gamma_m$) = 13,3 N/mm²

Classe di servizio =

2

$$K_{mod} = \text{(per breve durata)} = 0,9$$

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,67 \text{ N/mm}^2$$

$$K_m = 0,7$$

IN TERMINI DI TENSIONI DEVONO ESSERE VERIFICATE LE SEGUENTI CONDIZIONI :

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_c)^2 + [(\sigma_{my} / f_{my}) \times K_m \times K_{mod}] + (\sigma_{mz} / f_{mz}) \leq 1$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_c)^2 + (f_{my} \times \sigma_{my}) \times [(\sigma_{mz} / f_{mz}) \times K_m \times K_{mod}] \leq 1$$

dove $K_{crit,c}$ è funzione di $K_{rel,c}$ in base alla seguente relazione:

$$K_{rel,c} = (\lambda / \pi) \times [(f_{c,0,k} / E_{0,0,5})]^{0,5} = 0,87$$

$$l_0 = \text{luce di libera inflessione} = (l \times \beta) = 2,90 \text{ m}$$

$$\lambda = (l_0 / i_{min}) = 50$$

$$i_{min} = (J_{min} / A)^{0,5} = 5,77 \text{ cm} \quad J_{min} = 13,333 \text{ cm}^4$$

$$l = 2,90 \text{ m}$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda_{rel} = \text{snellezza relativa al materiale} [\lambda_{rel} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit})^{0,5}] = 0,87$$

$$\sigma_{c,crit} = [(\pi^2 \times E_{0,05}) / \lambda^2] = 25,01 \text{ N/mm}^2$$

$$K_y = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2] = 0,92$$

$$K_{c,crit} = 1 / [K_y + (K_y^2 - \lambda_{rel}^2)^{0,5}] = 0,83$$

Pari al 83% dell'azione che schiaccia il pezzo

da cui risulta :

$$(\sigma_{c,sd,y,slu}) = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,y,slu} / f_{c,0,d})^2 = 0,00090 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu}) = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c,sd,z,slu} / f_{c,0,d})^2 = 0,00090 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 12,67 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) = 0,08$$

$$(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 0,00000 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{c, sd, y, slu} / f_{c, 0, d})^2 + [(\sigma_{m, y, d} / f_{m, y, d}) \times K_m \times K_{mod}] + (\sigma_{m, z, d} / f_{m, z, d}) \leq 0,05406$$

Verifica soddisfatta

$$(\sigma_{c, sd, z, slu} / f_{c, 0, d})^2 + (f_{m, y, d} \times \sigma_{m, y, d}) \times [(\sigma_{m, z, d} / f_{m, z, d}) \times K_m \times K_{mod}] \leq 0,08528$$

Verifica soddisfatta

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

1) Azione flettente :

$$M_{SD, y} \leq M_{RD, y} = (K_{mod} \times f_{md} \times W_z) / (K_m) = 22,86 \text{ KNxm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = M_{SD} / M_{RD} = 7\%$$

$$M_{SD, z} \leq M_{RD, z} = (K_{mod} \times f_{md} \times W_y) / (K_m) = 22,86 \text{ KNxm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = M_{SD} / M_{RD} = 0\%$$

2) Azione assiale :

$$N_{Rd} = K_{mod} \times f_{cd} \times A \times K_{c, crit} = 379 \text{ KN}$$

$$N_{sd} = 15 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

E) VERIFICA A TAGLIO

$$V_{y, sd} = 3,10 \text{ KN}$$

$$V_{z, sd} = 0,00 \text{ KN}$$

IN TERMINI DI AZIONE RISULTA :

$$V_{SD, y} \leq V_{RD, y} = K_{mod} \times f_{vd} \times A = 52,8 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = V_{sd, y} / V_{rd, y} = 6\%$$

$$V_{SD, z} \leq V_{RD, z} = K_{mod} \times f_{vd} \times A = 52,8 \text{ KN}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{IMPEGNO DELLA SEZIONE } \% = V_{SD} / V_{RD} = 0\%$$

TANGENZIALE DI PROGETTO $\tau_{sd,slu,y} = (V_{sd,y} \times S_z) / (J_z \times b) = 0,116 \text{ N/mm}^2$

$\tau_{sd,slu,z} = (T \times S_y) / (J_y \times h) = 0,000 \text{ N/mm}^2$

Quando il taglio agisce nelle due direzioni occorre verificare che:

$$[\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 + [\tau_{sd,slu,z} / f_{v,y,d}]^2 \leq 1$$

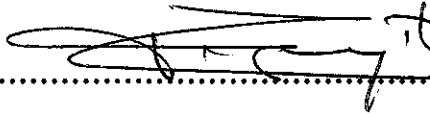

$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m = 1,5 \text{ N/mm}^2$

$[\tau_{sd,slu,y} / f_{v,y,d}]^2 + [\tau_{sd,slu,z} / f_{v,y,d}]^2 = 0,0063$

TANGENZIALE DI CALCOLO $\tau_{rd,slu} = (K_{mod} \times f_{vd}) = 1,32 \text{ N/mm}^2$

deve risultare $\tau_{rd,slu} > \tau_{sd,slu}$ per cui \implies **Verifica soddisfatta**

IL CALCOLATORE DELLE STRUTTURE

.....



IL DIRETTORE LAVORI DELLE STRUTTURE

.....

Casale **16 GIU. 2015**

=====

*La presente relazione è costituita da n. 52 fogli, compreso questo, il cui retro
è lasciato completamente bianco*
