



PROVINCIA DI ANCONA
Settore III - Area Gestione Edilizia ed
Istituzionale

Comune di FABRIANO

**LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DEI CORPI "A" E "B"
DELL'I.T.A.S. VIVARELLI DI FABRIANO - BAN261L (FINANZIATO
DALL'UNIONE EUROPEA - NEXTGENERATIONEU) - M4C1I3.3 - CUP
H93H19000690001 - CIG 9419592D36LAVORI**

MODIFICA CONTRATTUALE N.02

Oggetto elaborato:

Relazione di calcolo coperture corpo A

Elab. Rel 03-V2

Data: GIUGNO 2026

Aggiornamento:

Il progettista:

D.L. Ing. Nicola VERDOLINI

Il Responsabile dei Procedimento:

Ing. Alessandra VALLASCIANI - Tel. 0715894272 - e mail
a.vallasciani@provincia.ancona.it



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Indice relazione di calcolo

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3 ANALISI DEI CARICHI

4 VERIFICHE STRUTTURALI

4.1 COPERTURA 301 – VERIFICHE STRUTTURALI TRAVI IN LEGNO

4.1.1 VERIFICA NUOVA TRAVE PRINCIPALE IL LEGNO 20x28

4.1.2 VERIFICA NUOVA TRAVE SECONDARIA IN LEGNO 12x16

4.1.3 VERIFICA TRAVI ESISTENTI ION LEGNO RINFORZATE CON PIASTRE METALLICHE

4.1.3.1 VERIFICA TRAVE ESISTENTE SECONDARIA 12x16

4.1.3.2 VERIFICA TRAVE ESISTENTE PRINCIPALE 20x22

4.2 COPERTURA 304 - VERIFICA STRUTTURALE CAPRIATE N.1 E N.2

4.3 COPERTURA 304 - VERIFICA STRUTTURALE CAPRIATA N.7

4.4 COPERTURA 305 - VERIFICA STRUTTURALE CAPRIATA N.8

4.5 COPERTURA 304 VERIFICA STRUTTURALE TRAVE COMPLUVIO

4.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONE SULLA TRAVE DI COMPLUVIO

4.5.2 VERIFICHE DI RESISTENZA A TAGLIO E FLESSIONE DELLA TRAVE DI COMPLUVIO

4.6 COPERTURA 304 - VERIFICA STRUTTURALE TRAVE ARCHITRAVE CORPO BAGNI

4.6.1 VERIFICHE STRUTTURALE A TAGLIO E FLESSIONE

4.6.2 VERIFICA DELLA PRESSIONE DI APPOGGIO ALLA MURATURA

4.7 COPERTURA 306 307 - VERIFICHE STRUTTURALI COPERTURA

4.7.1 VERIFICHE STRUTTURALI TRAVE DIAGONALE E CAPRIATA N.10 COPERTURA 307

4.7.2 VERIFICA TRAVE SECONDARIA 16x18 COPERTURA 306

4.7.3 VERIFICA TRAVE SECONDARIA 16x18 COPERTURA 307

4.8 VERIFICA TAVOLATO COPERTURE 305 306 307

4.9 VERIFICA STRUTTURE PORTA CONTROSOFFITTI BAGNI PALESTRA E SPOGLIATOI

4.10.1 VERIFICA TRAVE IN ACCCIAO APPOGGIO DEL CONTROSOFFITTO BAGNI

4.10.2 VERIFICA TRAVE IN ACCCIAO APPOGGIO DEL CONTROSOFFITTO PALESTRA

4.10.3 VERIFICA TRAVE IN ACCCIAO APPOGGIO DEL CONTROSOFFITTO SPOGLIATOI

4.10.4 VERIFICA APPOGGI DELLE TRAVI DEL CONTROSOFFITTO ALLA MURATURA ESISTENTE – BAGNI

4.10.5 VERIFICA APPOGGI DELLE TRAVI DEL CONTROSOFFITTO ALLA MURATURA ESISTENTE – PALESTRA

4.10.6 VERIFICA APPOGGI DELLE TRAVI DEL CONTROSOFFITTO ALLA MURATURA ESISTENTE - SPOGLIATOI

Le verifiche strutturali, di seguito esplicitate, riguardano le strutture delle coperture del corpo A numeri 301-302-303-304-305-306-307.

Le verifiche effettuate sono solamente quelle riguardanti le parti in variante rispetto al progetto esecutivo, per cui le verifiche omesse sono già strutturalmente verificate.

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione, il calcolo e la verifica delle strutture portanti oggetto della presente relazione tecnica sono stati eseguiti in conformità alla vigente normativa appresso elencata:

- *Legge n. 1086 del 05 Novembre 1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso";*
- *Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018;*
- *Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni".*

2 RELAZIONE SUI MATERIALI

Di seguito vengono riportati tutti i materiali previsti per la realizzazione dell'opera in esame.

OPERE IN LEGNO

LEGNO LAMELLARE - Norma UNI EN 1194

Classe	GL24H	
<i>f_{m,k}</i> - Resistenza a flessione	24	MPa
<i>f_{t,0,k}</i> - Resistenza a trazione parallela alle fibre	16,5	MPa
<i>f_{t,90,k}</i> - Resistenza a trazione perpendicolare alle fibre	0,4	MPa
<i>f_{c,0,k}</i> - Resistenza a compressione parallela alle fibre	24	MPa
<i>f_{c,90,k}</i> - Resistenza a compressione perpendicolare alle fibre	2,7	MPa
<i>f_{v,k}</i> - Resistenza a taglio	2,7	MPa
<i>E_{0,mean}</i> - Modulo elastico medio parallelo alle fibre	11600	MPa
<i>E_{0,05}</i> - Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	9400	MPa
<i>E_{90,mean}</i> - Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	390	MPa
<i>G_{mean}</i> - Modulo di taglio medio	720	MPa
<i>ρ</i> - Massa volumica - Massa volumica media	380	kg/mc

LEGNO MASSELLO - Norma UNI EN 338

Classe	C24	C24
<i>f_{m,k}</i> - Resistenza a flessione	24	MPa
<i>f_{t,0,k}</i> - Resistenza a trazione parallela alle fibre	14	MPa
<i>f_{t,90,k}</i> - Resistenza a trazione perpendicolare alle fibre	0,5	MPa
<i>f_{c,0,k}</i> - Resistenza a compressione parallela alle fibre	21	MPa
<i>f_{c,90,k}</i> - Resistenza a compressione perpendicolare alle fibre	2,5	MPa
<i>f_{v,k}</i> - Resistenza a taglio	2,5	MPa
<i>E_{0,mean}</i> - Modulo elastico medio parallelo alle fibre	11	GPa
<i>E_{0,05}</i> - Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	7,4	GPa
<i>E_{90,mean}</i> - Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	0,37	GPa
<i>G_{mean}</i> - Modulo di taglio medio	0,69	GPa
Massa volumica - Massa volumica media	420	kg/mc

OPERE IN ACCIAIO

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Acciaio tipo	S275	
CLASSE DI ESECUZIONE - UNI EN 1090-2	EXC2	
<i>F_{t,k}</i> - Tensione caratteristica a rottura	430	Mpa
<i>F_{yk}</i> - Tensione caratteristica di snervamento	275	MPa
<i>E</i> - Modulo elastico	210000	MPa

ν - Coefficiente di Poisson	0,3	
ρ - Peso specifico	7850	kg/mc

OPERE IN ACCIAIO 355

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Acciaio tipo	S355	
CLASSE DI ESECUZIONE - UNI EN 1090-2	EXC2	
F_{tk} - Tensione caratteristica a rottura	510	Mpa
F_{yk} - Tensione caratteristica di snervamento	355	MPa
E - Modulo elastico	210000	MPa
ν - Coefficiente di Poisson	0,3	
ρ - Peso specifico	7850	kg/mc

BULLONERIA

Classe	8.8	
F_{tb} - Tensione caratteristica a rottura	800	MPa
F_{yb} - Tensione caratteristica di snervamento	649	MPa

3 ANALISI DEI CARICHI

SOLAIO DI COPERTURA - TRAVICELLI, PIANELLE E TAVOLATO

PESO PRORPIO (G1)	S (m)	P.S (kg/mc)	P (kg/mq)
<i>Travi secondarie</i>			40
CARICO PERMANENTE (G2)	S (m)	P.S (kg/mc)	P (kg/mq)
<i>travicelli 7x4cm</i>			14
<i>Pianellato</i>	0,030	1800	54
<i>Tvolato abete 3cm</i>	0,030	500	15
<i>guaina impermeabile</i>			5
<i>coppi</i>			80
			168
CARICO ACCIDENTALE (Q)			
<i>neve</i>			140

COPERTURA 306 307

SOLAIO DI COPERTURA - DOPPIO TAVOLATO

PESO PRORPIO (G1)	S (m)	P.S (kg/mc)	P (kg/mq)
<i>Travi secondarie</i>			40
CARICO PERMANENTE (G2)	S (m)	P.S (kg/mc)	P (kg/mq)
<i>doppio tavolato abete 3cm</i>	0,060	500	30
<i>guaina impermeabile</i>			5
<i>coppi</i>			80
			115
CARICO ACCIDENTALE (Q)			
<i>neve</i>			140

4 VERIFICHE STRUTTURALI

4.1 COPERTURA 301 – VERIFICHE STRUTTURALI TRAVI IN LEGNO

4.1.1 VERIFICA NUOVA TRAVE PRINCIPALE IL LEGNO 20x28

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	20,00	cm
Altezza della sezione	28,00	cm
Luce di calcolo	6,00	m
Interasse travi o larghezza di influenza	1,30	m
Carico permanente	208,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	GL24	
Flessione (f_m, k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (f_v, k)	2,70	N/mm ²
	27,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,60	Gpa
	116000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,72	
	7200,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	20,00	cm
H - Altezza della sezione	28,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	36586,67	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	2613,33	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	28,00	kg/ml
Carico permanente	208,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	1,30	m
Peso proprio trave	28,00	kg/ml
Carico permanente distribuito	270,40	kg/ml
Carico accidentale distribuito	182,00	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	660,92	kg/ml
Luce di calcolo della trave	6,00	m
Momento flettente M = $P \times l^2 / 8$	2974,14	kgm
Taglio T = $P \times l / 2$	1982,76	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)		

$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W 113,81 kg/cm²

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV)

0,90

γ_M (Tab. 4,4,III)

1,45

$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$

148,97 kg/cm²

$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$

16,76 kg/cm²

Verifica a flessione (verifica se <1)

0,76 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

τ_d = tensione tangenziale = $1,5 * (T / A)$

5,31

Verifica ($\tau_d / f_{v,d}$ <1)

0,32 OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permanenti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi 1,30 m

Peso proprio trave

28,00 kg/ml

Carico permanente distribuito

270,40 kg/ml

P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)

387,92 kg/ml

Luce di calcolo della trave

6,00 m

Momento flettente $M = P * l^2 / 8$

1745,64 kgm

Taglio $T = P * l / 2$

1163,76 kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W 66,80 kg/cm²

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV)

0,60

γ_M

1,45

$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$

99,31 kg/cm²

$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$

11,17 kg/cm²

Verifica a flessione (verifica se <1)

0,67 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

τ_d = tensione tangenziale = $1,5 * (T / A)$

3,12

Verifica ($\tau_d / f_{v,d}$ <1)

0,28 OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA 298,40 kg/ml

Carico accidentale combinazione RARA 182,00 kg/ml

Carico di calcolo q 480,40 kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale

0,00

Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE

298,40 kg/ml

Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE

0,00 kg/ml

Carico di calcolo q

298,40 kg/ml

L - luce di calcolo

6,00 m

Modulo elastico E

116000,00 kg/cm²

Momento di inerzia J

36586,67 cm⁴

$W_{ist} - \text{FRECCIA ISTANTANEA} = 5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione rara)	1,91	cm
k_{def} (Tab,4,4,V)	0,60	
$W'_{in} - \text{FRECCIA ISTANTANEA} = 5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)	1,18	cm
$W_{creep} = W'_{in} * k_{def}$	0,71	cm
$W_{fin} = W'_{in} + W_{creep}$	1,90	cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{ist}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / C_i

2,40

$W_{ist} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,79

OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{fin}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

200,00

Freccia ammissibile = L / C_i

3,00

$W_{fin} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,63

OK

4.1.2 VERIFICA NUOVA TRAVE SECONDARIA IN LEGNO 12x16

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	12,00	cm
Altezza della sezione	16,00	cm
Luce di calcolo	1,35	m
Interasse travi o larghezza di influenza	1,10	m
Carico permanente	168,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	GL24	
Flessione (f_m, k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (f_v, k)	2,70	N/mm ²
	27,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,60	Gpa
	116000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,72	
	7200,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	12,00	cm
H - Altezza della sezione	16,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	4096,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	512,00	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	9,60	kg/ml
Carico permanente	168,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	1,10	m
Peso proprio trave	9,60	kg/ml
Carico permanente distribuito	184,80	kg/ml
Carico accidentale distribuito	154,00	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	483,72	kg/ml
Luce di calcolo della trave	1,35	m
Momento flettente $M = P \times l^2 / 8$	110,20	kgm
Taglio $T = P \times l / 2$	326,51	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4.4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	21,52	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV)	0,90	
γ_M (Tab. 4,4,III)	1,45	
$f_{m,y,d} = K_{mod} \times f_{m,y,k} / \gamma_M$	148,97	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} \times f_{v,k} / \gamma_M$	16,76	kg/cm ²

Verifica a flessione (verifica se <1)

0,14 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$

2,55

Verifica ($\tau_d / f_v, d < 1$)

0,15 OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permanenti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi	1,10	m
Peso proprio trave	9,60	kg/ml
Carico permanente distribuito	184,80	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)	252,72	kg/ml
Luce di calcolo della trave	1,35	m
Momento flettente $M = P * l^2 / 8$	57,57	kgm
Taglio $T = P * l / 2$	170,59	kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$\sigma_{m,y,d} = \text{tensione a flessione} = M / W$

11,24 kg/cm²

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV)

0,60

γ_M

1,45

$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$

99,31 kg/cm²

$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$

11,17 kg/cm²

Verifica a flessione (verifica se <1)

0,11 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$

1,33

Verifica ($\tau_d / f_v, d < 1$)

0,12 OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA	194,40	kg/ml
Carico accidentale combinazione RARA	154,00	kg/ml
Carico di calcolo q	348,40	kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale

0,00

Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE

194,40 kg/ml

Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE

0,00 kg/ml

Carico di calcolo q

194,40 kg/ml

L - luce di calcolo

1,35 m

Modulo elastico E

116000,00 kg/cm²

Momento di inerzia J

4096,00 cm⁴

$W_{ist} - \text{FRECCIA ISTANTANEA} = 5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione rara)
 k_{def} (Tab.4,4,V)

0,03 cm
 0,60

$W'_{in} - \text{FRECCIA ISTANTANEA} = 5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)

0,02 cm

$W_{creep} = W'_{in} * k_{def}$

0,01 cm

$W_{fin} = W'_{in} + W_{creep}$

0,03 cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA Wist

Ci - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA(1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / Ci

0,54

Wist / Freccia ammissibile < 1

0,06

OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA Wfin

Ci - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA(1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

200,00

Freccia ammissibile = L / Ci

0,68

Wfin / Freccia ammissibile < 1

0,04

OK

4.1.3 VERIFICA TRAVI ESISTENTI IN LEGNO RINFORZATE CON PIASTRE METALLICHE

CALCOLO DEL MOMENTO DI INERZIA E DEL MOMENTO RESISTENTE DELLA SEZIONE IN LEGNO RINFORZATA CON PIASTRA IN ACCIAIO

CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE

$$n = E_{\text{acciaio}} / E_{\text{legno}}$$

GEOMETRIA DELLA SEZIONE OMOGENEIZZATA

Trave in legno con larghezza b_w e altezza h_w rinforzata con piastra in acciaio con larghezza b_s e spessore t_s . Nella sezione omogeneizzata al legno:

- la sezione in legno rimane invariata ($b_w \times h_w$)
- la piastra in acciaio viene trasformata in una piastra fittizia in legno avente lo spessore t_s e una larghezza maggiorata pari a :

$$b_{s,eq} = n \cdot b_s$$

CALCOLO DELLA POSIZIONE DELL'ASSE NEUTRO

Fissiamo un sistema di riferimento ($y=0$) sul bordo inferiore della piastra di acciaio (il lembo inferiore all'intradosso). Troviamo l'ascissa del baricentro y_G sezione omogeneizzata:

$$y_G = \frac{A_w \cdot y_w + A_{s,eq} \cdot y_s}{A_w + A_{s,eq}}$$

Dove:

$$A_w = b_w \cdot h_w \quad (\text{Area sezione in legno})$$

$$y_w = t_s + h_w/2 \quad (\text{Distanza del baricentro del legno alla base})$$

$$A_{s,eq} = b_{s,eq} \cdot t_s = n \cdot b_s \cdot t_s$$

$$y_s = t_s / 2 \quad (\text{Distanza del baricentro dell'acciaio dalla base})$$

CALCOLO DEL MOMENTO DI INERZIA DELLA SEZIONE RINFORZATA

$$J_{tot} = (J_{legno} + A_{legno} \times d_{legno}^2) + (J_{acciaio_{eq}} + A_{acciaio_{eq}} \times d_{acciaio_{eq}}^2)$$

Dove d è la distanza tra il baricentro del singolo materiale e l'asse neutro globale.

CALCOLO DEL MOMENTO RESISTENTE DELLA SEZIONE RINFORZATA

$$W_{inf} = J_{tot,w} / (h_w - y_G)$$

Nel caso in esame:

TRAVE 20x22 RINFORZATA CON DOPPIA PIASTRA METALLICA 80X2 mm

$$J = 24476 \text{ cm}^4 - W_{inf} = 2540 \text{ cm}^3$$

TRAVE 16x20 RINFORZATA CON DOPPIA PIASTRA METALLICA 80X2 mm

$$J = 5855 \text{ cm}^4 - W = 845.7 \text{ cm}^3$$

TRAVE 16x20 RINFORZATA CON PIASTRA METALLICA 80X2 mm

$$J = 7213 \text{ cm}^4 - W = 1198 \text{ cm}^3$$

4.1.3.1 VERIFICA TRAVE ESISTENTE SECONDARIA 12x16

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	12,00	cm
Altezza della sezione	16,00	cm
Luce di calcolo	3,60	m
Interasse travi o larghezza di influenza	1,10	m
Carico permanente	169,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	C24	
Flessione (fm,k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (fv,k)	2,50	N/mm ²
	25,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,00	Gpa
	110000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,69	
	6900,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	12,00	cm
H - Altezza della sezione	16,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione RINFORZATA	5825,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - RINFORZATA	845,70	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	9,60	kg/ml
Carico permanente	169,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permenenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	1,10	m
Peso proprio trave	9,60	kg/ml
Carico permanente distribuito	185,90	kg/ml
Carico accidentale disrtribuito	154,00	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	485,15	kg/ml
Luce di calcolo della trave	3,60	m
Momento flettente M = P*I/8	785,94	kgm
Taglio T = P*I/2	873,27	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	92,93	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
Kmod (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE	0,90	
γ_M (Tab. 4,4,III) - 1.45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO	1,50	

$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	144,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	15,00	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,65	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$	6,82	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,45	OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permanenti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi	1,10	m
Peso proprio trave	9,60	kg/ml
Carico permanente distribuito	185,90	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)	254,15	kg/ml
Luce di calcolo della trave	3,60	m
Momento flettente M = P*I²/8	411,72	kgm
Taglio T = P*I/2	457,47	kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$\sigma_{m,y,d} = \text{tensione a flessione} = M / W$	48,68	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4, 4, IV) 0,6 PER CARICHI PERMANENTI	0,60	
γ_M	1,50	
$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	96,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	10,00	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,51	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$	3,57	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,36	OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA	195,50	kg/ml
Carico accidentale combinazione RARA	154,00	kg/ml
Carico di calcolo q	349,50	kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale	0,00	
Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE	195,50	kg/ml
Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE	0,00	kg/ml
Carico di calcolo q	195,50	kg/ml

L - luce di calcolo	3,60	m
Modulo elastico E	110000,00	kg/cm ²
Momento di inerzia J	5825,00	cm ⁴

W _{ist} - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione rara)	1,19	cm
k _{def} (Tab.4,4,V)	0,60	
W _{in} - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)	0,67	cm

$$W_{creep} = W'_{in} \cdot k_{def}$$

$$W_{fin} = W'_{in} + W_{creep}$$

0,40 cm
1,07 cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{ist}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / C_i

1,44

$W_{ist} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,83 OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{fin}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / C_i

1,44

$W_{fin} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,74 OK

4.1.3.2 VERIFICA TRAVE ESISTENTE PRINCIPALE 20x22

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	20,00	cm
Altezza della sezione	22,00	cm
Luce di calcolo	5,95	m
Interasse travi o larghezza di influenza	0,90	m
Carico permanente	208,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	C24	
Flessione (f_m, k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (f_v, k)	2,50	N/mm ²
	25,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,00	Gpa
	110000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,69	
	6900,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	20,00	cm
H - Altezza della sezione	22,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione RINFORZATA	24476,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione RINFORZATA	2540,00	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	22,00	kg/ml
Carico permanente	208,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	0,90	m
Peso proprio trave	22,00	kg/ml
Carico permanente distribuito	187,20	kg/ml
Carico accidentale distribuito	126,00	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	460,96	kg/ml
Luce di calcolo della trave	5,95	m
Momento flettente $M = P \cdot l^2 / 8$	2039,89	kgm
Taglio $T = P \cdot l / 2$	1371,36	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	80,31	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
k_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE	0,90	
γ_M (Tab. 4,4,III) - 1.45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO	1,50	

$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	144,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	15,00	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,56	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$	4,68	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,31	OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permanenti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi	0,90	m
Peso proprio trave	22,00	kg/ml
Carico permanente distribuito	187,20	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)	271,96	kg/ml
Luce di calcolo della trave	5,95	m
Momento flettente M = P*I/8	1203,51	kgm
Taglio T = P*I/2	809,08	kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$\sigma_{m,y,d} = \text{tensione a flessione} = M / W$	47,38	kg/cm ²
--	-------	--------------------

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) **0,6 PER CARICHI PERMANENTI**

γ_M	1,50	
$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	96,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	10,00	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,49	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$	2,76	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,28	OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA	209,20	kg/ml
Carico accidentale combinazione RARA	126,00	kg/ml
Carico di calcolo q	335,20	kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale	0,00	
Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE	209,20	kg/ml
Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE	0,00	kg/ml
Carico di calcolo q	209,20	kg/ml

L - luce di calcolo	5,95	m
Modulo elastico E	110000,00	kg/cm ²
Momento di inerzia J	24476,00	cm ⁴

W _{ist} - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione rara)	2,03	cm
k _{def} (Tab.4,4,V)	0,60	
W _{in} - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)	1,27	cm

$$W_{creep} = W'_{in} \cdot k_{def}$$

$$W_{fin} = W'_{in} + W_{creep}$$

0,76 cm
2,03 cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{ist}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / C_i

2,38

$W_{ist} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,85 OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{fin}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / C_i

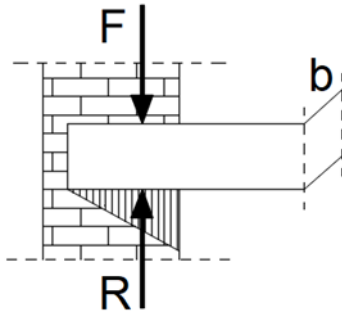
2,38

$W_{fin} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,85 OK

4.1.3 VERIFICA DELLA PRESSIONE DI APPOGGIO DELLA TRAVE PRINCIPALE 20x28 ALLA MURATURA

VERIFICA PRESSIONE DI APPOGGIO SULLA MURATURA



PRESSIONE SULLA MURATURA - SENZA DORMIENTE

Massimo carico all'appoggio con la muratura (taglio all'estremità della trave)

Larghezza della trave

Resistenza media a compressione sulla muratura

Coefficiente di sicurezza per il materiale muratura (Tab. 4.5.II)

Fattore di Confidenze per strutture esistenti (Liv Conoscenza LC1)

Resistenza a compressione di progetto della muratura

Lunghezza di appoggio necessaria (imponendo equilibrio carico triangolare $F=R$)

Lunghezza di progetto

STRINGA DI VERIFICA

F	2140,00	kg
b	20,00	cm
f_m	26,00	kg/cm ²
γ_m	1,50	
FC	1,35	
$f_d = f_m / \gamma_m$	12,84	kg/cm ²
$L_{rd} = 2F / (f_d * b)$	16,67	cm
L_{ed}	20,00	cm
L_{ed} / L_{rd}	0,83	OK

4.2 COPERTURA 304 - VERIFICA STRUTTURALE CAPRIATE N.1 E N.2

INPUT SOFTWARE DI CALCOLO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;

2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possano essere inseriti due tipi di elementi:

1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.

2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo

asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

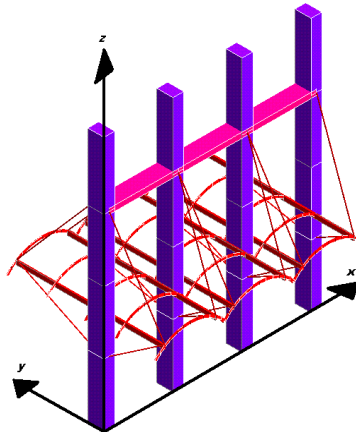
La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

SISTEMI DI RIFERIMENTO

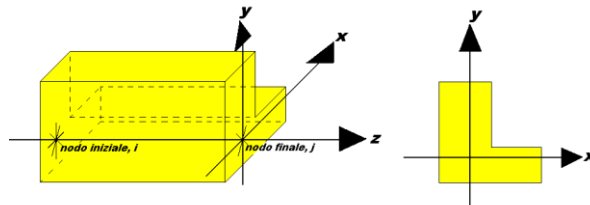
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



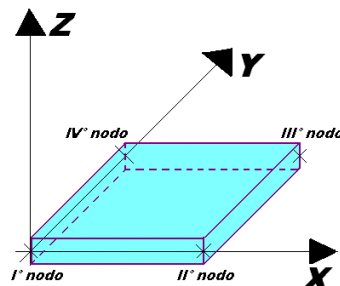
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella caratteristiche statiche dei profili e caratteristiche materiali.

Sez.	: Numero d'archivio della sezione
U	: Perimetro bagnato per metro di sezione
P	: Peso per unità di lunghezza
A	: Area della sezione
A_x	: Area a taglio in direzione X
A_y	: Area a taglio in direzione Y
J_x	: Momento d'inerzia rispetto all'asse X
J_y	: Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
J_t	: Momento d'inerzia torsionale
W_x	: Modulo di resistenza a flessione, asse X
W_y	: Modulo di resistenza a flessione, asse Y
W_t	: Modulo di resistenza a torsione
i_x	: Raggio d'inerzia relativo all'asse X
i_y	: Raggio d'inerzia relativo all'asse Y
sver	: Coefficiente per verifica a svergolamento ($h/(b \cdot t)$)
E	: Modulo di elasticità normale
G	: Modulo di elasticità tangenziale
lambda	: Valore massimo della snellezza
Tipo Acciaio	: Tipo di acciaio
Tipo verifica	: EvitaVerif : non esegue verifica NoVerCompr : verifica solo aste tese Completa : verifica completa
gamma	: peso specifico del materiale
Lungh/SpLim	: Rapporto fra la lunghezza dell'asta e lo spostamento limite
Tipo profilatura	: a freddo/a caldo (Dato valido solo per tipologie tubolari)
W_x Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione X
W_y Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione Y
W_t Plast.	: Modulo di resistenza plastica torsionale
A_x Plast.	: Area a taglio plastica direzione X
A_y Plast.	: Area a taglio plastica direzione Y
I_w	: Costante di ingobbamento (momento di inerzia settoriale)
Num.Rit.Tors	: Numero di ritegni torsionali

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

Materiale N.ro	: Numero identificativo del materiale in esame
Densità	: Peso specifico del materiale

Ex * 1E3	: Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo
Ni.x	: Coefficiente di Poisson in direzione x
Alfa.x	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione x
Ey * 1E3	: Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo
Ni.y	: Coefficiente di Poisson in direzione y
Alfa.y	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione y
E11 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna
E12 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna
E13 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna
E22 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna
E23 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna
E33 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

Nodo3d	: Numero del nodo spaziale
Coord.X	: Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Y	: Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Z	: Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale
Filo	: Numero del filo per individuare le travate in c.a.
Piano Sism.	: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo
Peso	: Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

Asta3d	: Numero dell'asta spaziale
Filo in.	: Numero del filo del nodo iniziale
Filo fin.	: Numero del filo del nodo finale
Q. iniz.	: Quota del nodo iniziale
Q. fin.	: Quota del nodo finale
Nod3d iniz.	: Numero del nodo iniziale
Nod3d fin.	: Numero del nodo finale
Cr. Pr.	: Numero del criterio di progetto per la verifica
Sez. N.ro	: Numero in archivio della sezione
Base x Alt	: Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le altre tipologie ingombro massimo della sezione
Magr.	: Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
Rot.	: Angolo di rotazione della sezione
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
Cri Geo	: Criterio geotecnico
Tipo Elemento	: Tipo elemento ai fini sismici: Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato: - "Secondario NTC18": si intende un elemento asta secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui

vengono applicate le verifiche di duttilità.

- "NoGerarchia": si intende un elemento asta non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze (esempio aste meshate interne a pareti o piastre o travi inclinate)

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella vincoli nodali esterni:

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Codice** : Codice esplicito per la determinazione del vincolo:

I = incastro
C = cerniera completa
W = Winkler
E = esplicito
P = plinto
U = Vincolo unilatero

- **Tx** : Rigidezza traslante in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ty** : Rigidezza traslante in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Tz** : Rigidezza traslante in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rx** : Rigidezza rotazionale in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ry** : Rigidezza rotazionale in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rz** : Rigidezza rotazionale in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)

SCOSTAMENTO PER I VINCOLI ELASTICI

- **Tr. X** : Scostamento in direzione X globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Y** : Scostamento in direzione Y globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Z** : Scostamento in direzione Z globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Azim** : Angolo formato fra la proiezione dell'asse Z locale sul piano XY e l'asse X globale (azimut)
- **CoZe** : Angolo formato fra l'asse Z locale e l'asse Z globale (complemento allo zenit)
- **Ass.** : Rotazione attorno dell'asse Z locale del sistema di riferimento locale

ATTRIBUTO DI VERSO PER I VINCOLI UNILATERI

- **Tr. X** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione X
- **Tr. Y** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Y
- **Tr. Z** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Z
- **Rot.X** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore X
- **Rot.Y** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Y
- **Rot.Z** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Z

Gli attributi sul verso degli spostamenti e delle rotazioni possono assumere i seguenti valori:

1 = Impedisce gli spostamenti sia positivi che negativi
3 = Impedisce solo gli spostamenti positivi
5 = Impedisce solo gli spostamenti negativi

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALL.SISMICA** : Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
- **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE									
PIATTI UNI					PIATTI UNI				
Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro	Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro
933	PUNT	240,0	280,0	101	934	SAETTE	240,0	200,0	101
935	CATENA	240,0	280,0	101					

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE														
CARATTERISTICHE STATICHE DEI PROFILI														
Sez. N.ro	U m2/m	P kg/m	A cmq	Ax cmq	Ay cmq	Jx cm4	Jy cm4	Jt cm4	Wx cm3	Wy cm3	Wt cm3	ix cm	iy cm	sver 1/cm
933	1,04	28,2	672,00	448,00	448,00	43904,0	32256,0	62641,1	3136,00	2688,00	5376,00	8,08	6,93	0,00
934	0,88	20,2	480,00	320,00	320,00	16000,0	23040,0	31872,0	1600,00	1920,00	3200,00	5,77	6,93	0,00
935	1,04	28,2	672,00	448,00	448,00	43904,0	32256,0	62641,1	3136,00	2688,00	5376,00	8,08	6,93	0,00

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE							
DATI PER VERIFICHE EUROCODICE							
Sez. N.ro	Descrizione	Wx Plastico cm3	Wy Plastico cm3	Wt Plastico cm3	Ax Plastico cm2	Ay Plastico cm2	Iw cm6
933	PUNT	4704,00	4032,00	8064,00	672,00	672,00	0,0
934	SAETTE	2400,00	2880,00	4800,00	480,00	480,00	0,0
935	CATENA	4704,00	4032,00	8064,00	672,00	672,00	0,0

CARATTERISTICHE MATERIALE LEGNO																			
CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LEGNO LUNGO LA DIREZIONE DELL'ASTA																			
Mat. N.ro	Classifica zione del Legno	RESISTENZE					RESIST. Taglio			MODULI ELAST. NORMALI				MOD ELAST. TAGENZIALI				DENSITA'	
		Fl. fmk	Trazione ft0k	Compressione fc0k	fc90k	MPa	Aste fvk	XLAM fvk	Roto frk	Medio E0	Carat E0,05	Med E90	Caratt E90,05	Med G	Carat G,05	Roto Gr	RotCar Gr,05	Gamma Carat	Gamma Media
101	GL24h	24	19,2	0,5	24,0	2,5	3,5		1,2	11500	9600	300	250	650	540	65	54	385	420
																		2	0,80
																			200

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,00	0,00	0,00	1	0	0,00	0,00	0,00
2	3,26	0,00	1,49	2	0	2,21	2,21	2,21
3	4,21	0,00	1,92	3	0	3,45	3,45	3,45

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
4	5,15	0,00	1,49	4	0	0,95	0,95	0,95
5	8,41	0,00	0,00	5	0	1,23	0,00	0,00
6	4,21	0,00	0,41	3	0	0,05	0,05	0,05
7	3,32	0,00	1,00	6	0	0,00	0,00	0,00

DATI ASTE SPAZIALI																			
IDENTIFICAZIONE								GEOMETRIA				SCOST.INIZIALI			SCOST. FINALI			Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	Q.iniz (m)	Q.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)		
1	1	2	0,00	1,49	1	2	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
2	2	3	1,49	1,92	2	3	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
3	3	4	1,92	1,49	3	4	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
4	4	5	1,49	0,00	4	5	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
5	2	3	1,49	0,41	2	6	1	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
6	3	3	1,92	0,41	3	6	3	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
7	3	4	0,41	1,49	6	4	1	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
8	1	5	0,00	0,00	1	5	1	935	CATENA	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio

VINCOLI E CEDIMENTI NODALI																			
IDENTIFIC.		RIGIDENZE TRASLANTI			RIGIDENZE ROTAZIONALI			SCOSTAMENTI					VERSO SPOSTAMENTI UNILATERI						
Nodo3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Tr.X cm	Tr.Y cm	Tr.Z cm	Azim Grd	CoZe Grd	Ass. Grd	Tr.X	Tr.Y	Tr.Z	RotX	RotY	RotZ
1	I	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0						
5	E	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0						

VINCOLI INTERNI ASTE																	
VINCOLO NODO INIZIALE									VINCOLO NODO FINALE								
IDENT.			RIGIDENZE TRASLANTI			RIGIDENZE ROTAZIONALI			RIGIDENZE TRASLANTI			RIGIDENZE ROTAZIONALI			COEFFICIENTI BETA		
Asta3d N.ro	Cod ice		Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Beta X	Beta Y
2	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	E	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	INCASTR	INCASTR	1,00	1,00
5	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	LIBERO	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	1,00	1,00
7	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	1,00	1,00

CARICHI DISTRIBUITI ASTE									
CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3					ALIQUOTA SISMICA: 100				
IDENT.	NODO INIZIALE				NODO FINALE				
Asta3d N.ro	Riferi mento	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Mt t*m/ml	Pretens t
1	0	0,000	0,000	-0,880	0,000	0,000	-0,880	0,000	0,00
2	0	0,000	0,000	-0,880	0,000	0,000	-0,880	0,000	0,00
3	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,300	0,000	0,00
4	0	0,000	0,000	-0,300	0,000	0,000	-0,720	0,000	0,00

CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI						
CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3				ALIQUOTA SISMICA:100		
IDENTI	FORZE CONCENTRATE			MOMENTI CONCENTRATI		
Nodo3d N.ro	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mx t*m	My t*m	Mz t*m
3	0,0000	0,0000	-3,0000	0,0000	0,0000	0,0000

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,30
	1,50
PERM + ACC	1,50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
	1,00
PERM + ACC	1,00

OUTPUT SOFTWARE DI CALCOLO

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

Fili N.ro	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Cmb N.r	: Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:
N Sd	: Sforzo normale di calcolo
MxSd	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
MySd	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
VxSd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
VySd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
T Sd	: Torsione di calcolo
N Rd	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
MxV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
MyV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
VxplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
VyplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
T Rd	: Torsione resistente
fy rid	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
Rap %	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
Sez.N	: Numero di archivio della sezione
Ac	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
Qn	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
Asta	: Numerazione dell'asta

Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovrarresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

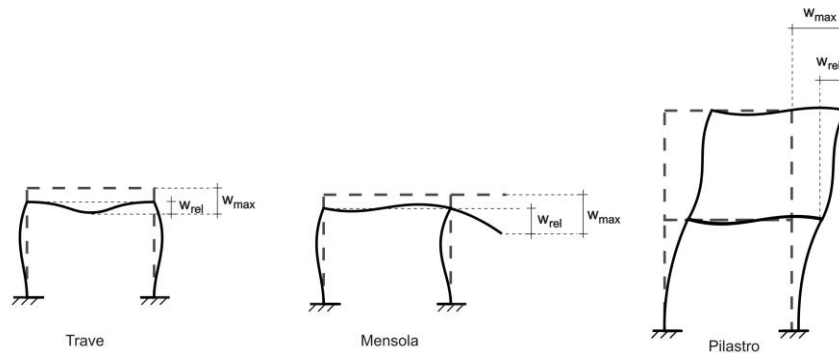
l	: Lunghezza della trave
$\beta \cdot l$	: Lunghezza libera di inflessione
clas.	: Classe di verifica della trave
ϵ	: $(235/fy)^{(1/2)}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di

classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).

Lmd	: Snellezza λ
R%pf	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
R%ft	: Rapporto di verifica per l'instabilità flessio-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
Wmax	: Spostamento massimo
Wrel	: Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
Wlim	: Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti $W_{rel} \leq W_{lim}$, essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con $W_{max} > W_{lim}$.

Se:

Rap %	: 111 La sezione non verifica per taglio elevato
Rap %	: 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

N Rd $\rightarrow \sigma_n$	: Tensione normale dovuta a sforzo normale
MxV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_x}$	: Tensione normale dovuta a momento M_x
MyV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_y}$	: Tensione normale dovuta a momento M_y
VxplRd $\rightarrow \tau_x$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_x
VyplRd $\rightarrow \tau_y$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_y
T Rd $\rightarrow \tau_{M_t}$	: Tensione tangenziale da momento torcente
fy rid $\rightarrow$ Rapp. Fless	: Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno
Rap % $\rightarrow$ Rapp.Taglio	: Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente
clas. $\rightarrow$ KcC	: Coefficiente di instabilità di colonna ($K_{crit,e}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]

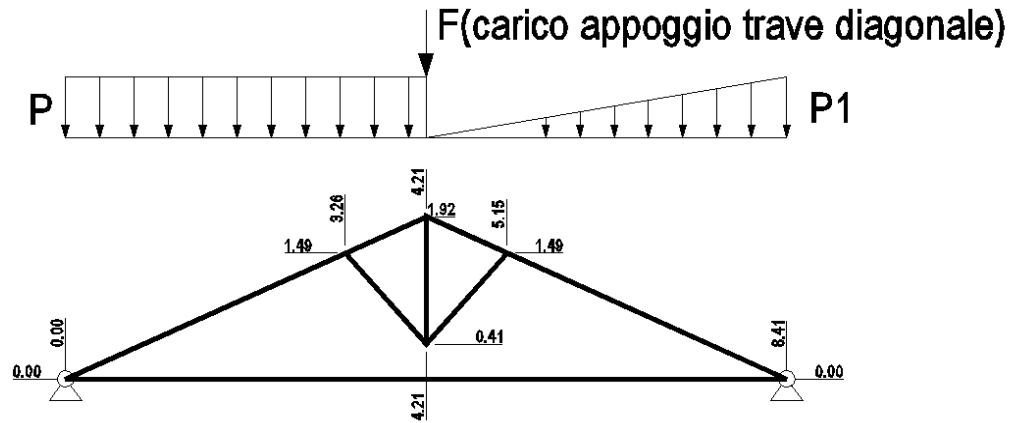
- Imd → KcM** : Coefficiente di instabilità di trave ($K_{crit,m}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
- R%pf → Rx** : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente K_m è applicato al termine del momento Y
- R%ft → Ry** : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente K_m è applicato al termine del momento X

Gli spostamenti W_{max} e W_{rel} sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell'Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con U^P gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con U^Q quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

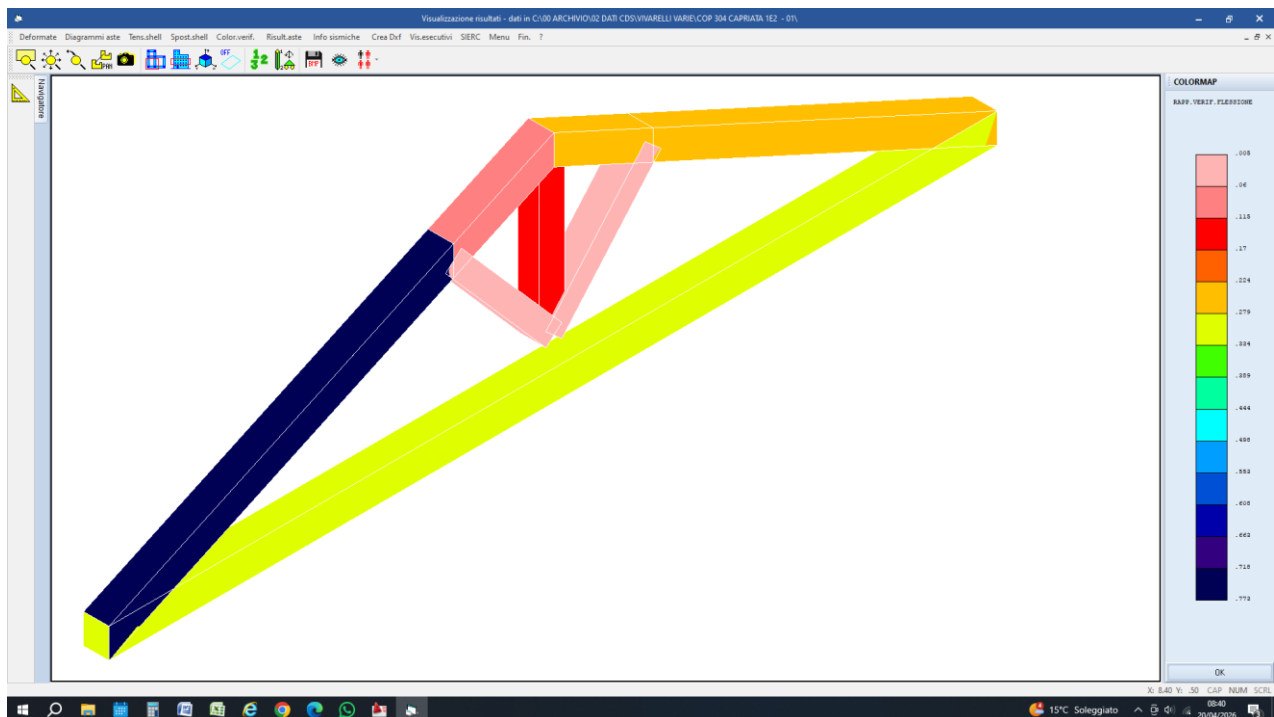
$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$

STAMPA PROGETTO S.L.U. - LEGNO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN LEGNO																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Trat to	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	σ_n	σ_{Mx}	σ_{My} (kg/cmq)	τ_x	τ_y	τ_{Mt}	Rapp. Fless	Rapp. Taglio
Nover.	1	0,00	0		-12660	-2385	0	0	2862	0	19	76	0	0	6	0	0,77	0,46
PUNT	qn=	-826	0		-11340	935	0	0	-25	0	17	30	0	0	0	0	0,32	0,00
Asta: 1	2	1,49	0		-10638	-52	0	0	-1561	0	16	2	0	0	3	0	0,04	0,25
Instab.:I=	358,4	$\beta^*=$	358,4		-12660	-2385	0	KcC=	0,88	KcM=	1,00	Rx=	1,00	Ry=	0,78	Wmax/rel/lim=	4,84	1,83 17,92 mm
Sez.N. 933	2	1,49	0		-9954	-52	0	0	694	0	15	2	0	0	2	0	0,04	0,11
PUNT	qn=	-827	0		-9621	142	0	0	-42	0	14	5	0	0	0	0	0,07	0,01
Asta: 2	3	1,92	0		-9371	0	0	0	-594	0	14	0	0	0	1	0	0,02	0,09
Instab.:I=	104,3	$\beta^*=$	104,3		-9676	140	0	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,20	Ry=	0,18	Wmax/rel/lim=	4,37	0,04 5,21 mm
Sez.N. 933	3	1,92	0		-9925	74	0	0	-765	0	15	2	0	0	2	0	0,05	0,12
PUNT	qn=	-162	0		-9955	-315	0	0	-829	0	15	10	0	0	2	0	0,12	0,13
Asta: 3	4	1,49	0		-10038	-808	0	0	-1011	0	15	26	0	0	2	0	0,27	0,16
Instab.:I=	103,4	$\beta^*=$	103,4		-10038	-808	0	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,42	Ry=	0,34	Wmax/rel/lim=	2,82	0,11 5,17 mm
Sez.N. 933	4	1,49	0		-10760	-808	0	0	1293	0	16	26	0	0	3	0	0,28	0,21
PUNT	qn=	-490	0		-11361	684	0	0	-21	0	17	22	0	0	0	0	0,24	0,00
Asta: 4	5	0,00	0		-11955	-244	0	0	-1321	0	18	8	0	0	3	0	0,11	0,21
Instab.:I=	358,4	$\beta^*=$	358,4		-10760	-808	0	KcC=	0,88	KcM=	1,00	Rx=	0,45	Ry=	0,38	Wmax/rel/lim=	2,60	1,79 17,92 mm
Sez.N. 934	2	1,49	0		-2321	0	0	0	12	0	5	0	0	0	0	0	0,00	0,00
SAETTE	qn=	-13	0		-2335	4	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0,01	0,00
Asta: 5	3	0,41	0		-2349	0	0	0	-12	0	5	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Instab.:I=	143,8	$\beta^*=$	143,8		-2335	4	0	KcC=	0,99	KcM=	1,00	Rx=	0,05	Ry=	0,05	Wmax/rel/lim=	1,89	0,01 7,19 mm
Sez.N. 934	3	1,92	0		3647	0	-74	-74	0	0	8	0	4	0	0	0	0,13	0,02
SAETTE	qn=	0	0		3627	0	-18	-74	0	0	8	0	1	0	0	0	0,10	0,02
Asta: 6	3	0,41	0		3607	0	38	-74	0	0	8	0	2	0	0	0	0,11	0,02
Instab.:I=	151,0	$\beta^*=$	151,0		3647	0	-74	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,13	Ry=	0,14	Wmax/rel/lim=	1,93	1,26 7,55 mm
Sez.N. 934	3	0,41	0		-2446	38	0	0	-15	0	5	2	0	0	0	0	0,03	0,00
SAETTE	qn=	-13	0		-2432	24	0	0	-26	0	5	2	0	0	0	0	0,02	0,01
Asta: 7	4	1,49	0		-2417	0	0	0	-39	0	5	0	0	0	0	0	0,00	0,01
Instab.:I=	143,2	$\beta^*=$	143,2		-2446	38	0	KcC=	0,99	KcM=	1,00	Rx=	0,08	Ry=	0,07	Wmax/rel/lim=	3,77	0,04 7,16 mm
Sez.N. 935	1	0,00	0		10324	-446	0	0	236	0	15	14	0	0	1	0	0,32	0,04
CATENA	qn=	-28	0		10324	315	0	0	0	0	15	10	0	0	0	0	0,28	0,00
Asta: 8	5	0,00	0		10324	244	0	0	-72	0	15	8	0	0	0	0	0,26	0,01
Instab.:I=	841,0	$\beta^*=$	841,0		10324	-446	0	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,35	Ry=	0,30	Wmax/rel/lim=	4,09	4,09 42,05 mm

SCHEMA DI CALCOLO



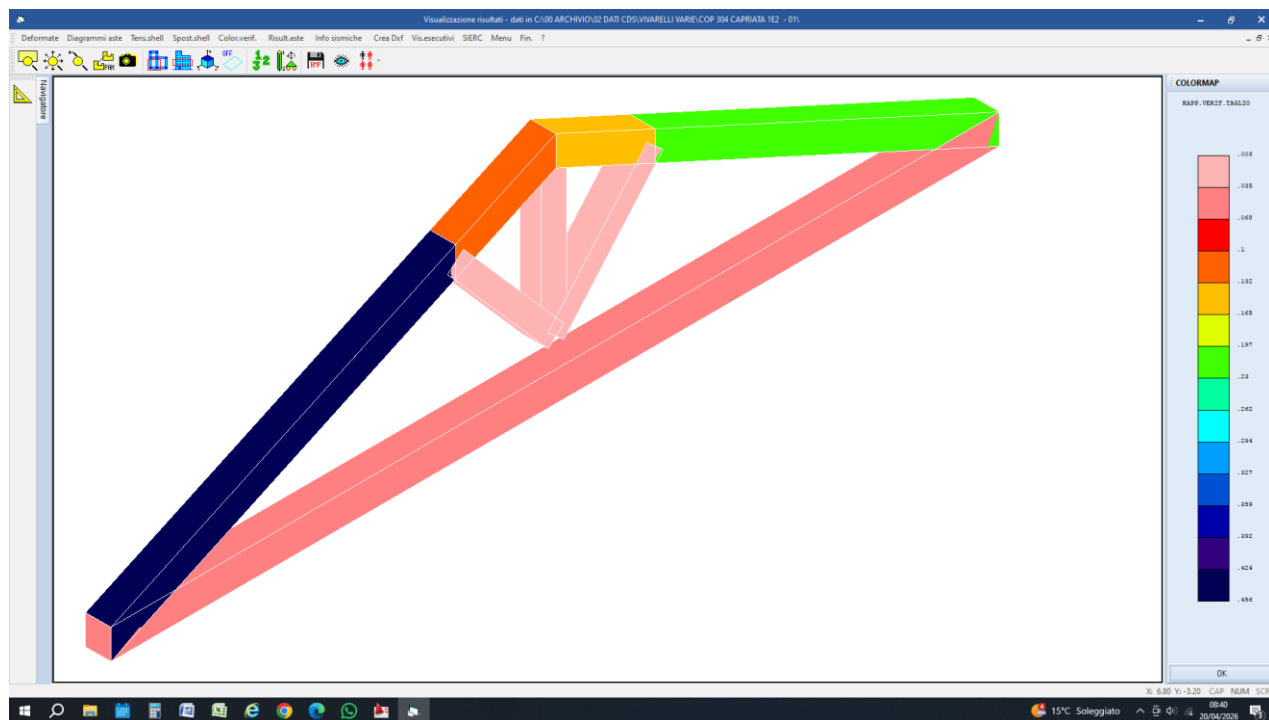
VERIFICA A FLESSIONE



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.772$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.46$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

4.3 COPERTURA 304 - VERIFICA STRUTTURALE CAPRIATA N.7

INPUT SOFTWARE DI CALCOLO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro

piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo

asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate

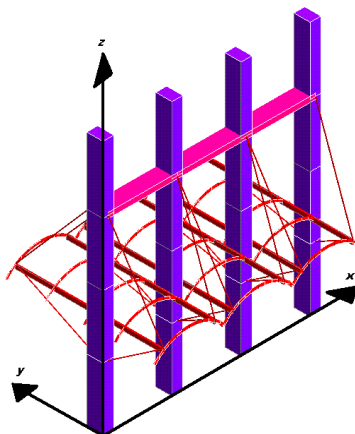
convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

SISTEMI DI RIFERIMENTO

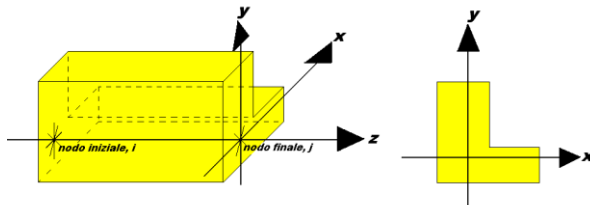
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



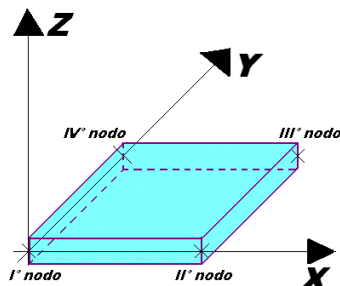
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella caratteristiche statiche dei profili e caratteristiche materiali.

Sez.	: Numero d'archivio della sezione
U	: Perimetro bagnato per metro di sezione
P	: Peso per unità di lunghezza
A	: Area della sezione
A_x	: Area a taglio in direzione X
A_y	: Area a taglio in direzione Y
J_x	: Momento d'inerzia rispetto all'asse X
J_y	: Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
J_t	: Momento d'inerzia torsionale
W_x	: Modulo di resistenza a flessione, asse X
W_y	: Modulo di resistenza a flessione, asse Y
W_t	: Modulo di resistenza a torsione
i_x	: Raggio d'inerzia relativo all'asse X
i_y	: Raggio d'inerzia relativo all'asse Y
sver	: Coefficiente per verifica a svergolamento ($h/(b \cdot t)$)
E	: Modulo di elasticità normale
G	: Modulo di elasticità tangenziale
lambda	: Valore massimo della snellezza
Tipo Acciaio	: Tipo di acciaio
Tipo verifica	: EvitaVerif : non esegue verifica NoVerCompr : verifica solo aste tese Completa : verifica completa
gamma	: peso specifico del materiale
Lungh/SpLim	: Rapporto fra la lunghezza dell'asta e lo spostamento limite
Tipo profilatura	: a freddo/a caldo (Dato valido solo per tipologie tubolari)
W_x Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione X
W_y Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione Y
W_t Plast.	: Modulo di resistenza plastica torsionale
A_x Plast.	: Area a taglio plastica direzione X
A_y Plast.	: Area a taglio plastica direzione Y
I_w	: Costante di ingobbamento (momento di inerzia settoriale)
Num.Rit.Tors	: Numero di ritegni torsionali

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

Materiale N.ro	: Numero identificativo del materiale in esame
Densità	: Peso specifico del materiale

Ex * 1E3	: Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo
Ni.x	: Coefficiente di Poisson in direzione x
Alfa.x	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione x
Ey * 1E3	: Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo
Ni.y	: Coefficiente di Poisson in direzione y
Alfa.y	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione y
E11 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna
E12 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna
E13 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna
E22 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna
E23 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna
E33 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

Nodo3d	: Numero del nodo spaziale
Coord.X	: Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Y	: Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Z	: Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale
Filo	: Numero del filo per individuare le travate in c.a.
Piano Sism.	: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo
Peso	: Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

Asta3d	: Numero dell'asta spaziale
Filo in.	: Numero del filo del nodo iniziale
Filo fin.	: Numero del filo del nodo finale
Q. iniz.	: Quota del nodo iniziale
Q. fin.	: Quota del nodo finale
Nod3d iniz.	: Numero del nodo iniziale
Nod3d fin.	: Numero del nodo finale
Cr. Pr.	: Numero del criterio di progetto per la verifica
Sez. N.ro	: Numero in archivio della sezione
Base x Alt	: Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le altre tipologie ingombro massimo della sezione
Magr.	: Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
Rot.	: Angolo di rotazione della sezione
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
Cri Geo	: Criterio geotecnico
Tipo Elemento	: Tipo elemento ai fini sismici: Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato: - "Secondario NTC18": si intende un elemento asta secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui

vengono applicate le verifiche di duttilità.

- "NoGerarchia": si intende un elemento asta non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze (esempio aste meshate interne a pareti o piastre o travi inclinate)

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella vincoli nodali esterni:

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Codice** : Codice esplicito per la determinazione del vincolo:

I = incastro
C = cerniera completa
W = *Winkler*
E = esplicito
P = plinto
U = Vincolo unilatero

- **Tx** : Rigidezza traslante in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ty** : Rigidezza traslante in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Tz** : Rigidezza traslante in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rx** : Rigidezza rotazionale in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ry** : Rigidezza rotazionale in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rz** : Rigidezza rotazionale in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)

SCOSTAMENTO PER I VINCOLI ELASTICI

- **Tr. X** : Scostamento in direzione X globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Y** : Scostamento in direzione Y globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Z** : Scostamento in direzione Z globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Azim** : Angolo formato fra la proiezione dell'asse Z locale sul piano XY e l'asse X globale (azimut)
- **CoZe** : Angolo formato fra l'asse Z locale e l'asse Z globale (complemento allo zenit)
- **Ass.** : Rotazione attorno dell'asse Z locale del sistema di riferimento locale

ATTRIBUTO DI VERSO PER I VINCOLI UNILATERI

- **Tr. X** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione X
- **Tr. Y** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Y
- **Tr. Z** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Z
- **Rot.X** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore X
- **Rot.Y** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Y
- **Rot.Z** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Z

Gli attributi sul verso degli spostamenti e delle rotazioni possono assumere i seguenti valori:

1 = Impedisce gli spostamenti sia positivi che negativi
3 = Impedisce solo gli spostamenti positivi
5 = Impedisce solo gli spostamenti negativi

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALL.SISMICA** : Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
- **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE									
PIATTI UNI					PIATTI UNI				
Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro	Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro
933	PUNT	240,0	240,0	101	934	SAETTE	240,0	200,0	101
935	CATENA	240,0	240,0	101					

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE														
CARATTERISTICHE STATICHE DEI PROFILI														
Sez. N.ro	U m2/m	P kg/m	A cmq	Ax cmq	Ay cmq	Jx cm4	Jy cm4	Jt cm4	Wx cm3	Wy cm3	Wt cm3	ix cm	iy cm	sver 1/cm
933	0,96	24,2	576,00	384,00	384,00	27648,0	27648,0	46780,4	2304,00	2304,00	4608,00	6,93	6,93	0,00
934	0,88	20,2	480,00	320,00	320,00	16000,0	23040,0	31872,0	1600,00	3200,00	3200,00	5,77	6,93	0,00
935	0,96	24,2	576,00	384,00	384,00	27648,0	27648,0	46780,4	2304,00	2304,00	4608,00	6,93	6,93	0,00

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE							
DATI PER VERIFICHE EUROCODICE							
Sez. N.ro	Descrizione	Wx Plastico cm3	Wy Plastico cm3	Wt Plastico cm3	Ax Plastico cm2	Ay Plastico cm2	Iw cm6
933	PUNT	3456,00	3456,00	6912,00	576,00	576,00	0,0
934	SAETTE	2400,00	2880,00	4800,00	480,00	480,00	0,0
935	CATENA	3456,00	3456,00	6912,00	576,00	576,00	0,0

CARATTERISTICHE MATERIALE LEGNO																			
CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LEGNO LUNGO LA DIREZIONE DELL'ASTA																			
Mat. N.ro	Classifica zione del Legno	RESISTENZE					RESIST. Taglio			MODULI ELAST. NORMALI				MOD ELAST. TAGENZIALI				DENSITA'	
		Fl. fmk	Trazione ft0k	Compressione fc0k	fc90k	MPa	Aste fvk	XLAM fvk	Roto frk	Medio E0	Carat E0,05	Med E90	Caratt E90,05	Med G	Carat G,05	Roto Gr	RotCar Gr,05	Gamma Carat	Gamma Media
101	GL24h	24	19,2	0,5	24,0	2,5	3,5		1,2	11500	9600	300	250	650	540	65	54	385	420
																		2	0,80
																			200

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,63	0,00	0,00	1	0	0,14	0,14	0,14
2	3,61	0,00	1,36	2	0	0,07	0,07	0,07
3	4,49	0,00	1,76	3	0	2,19	2,19	2,19

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
4	5,34	0,00	1,34	4	0	0,06	0,06	0,06
5	8,00	0,00	0,00	5	0	0,13	0,13	0,13
6	4,49	0,00	0,36	3	0	0,04	0,04	0,04
7	0,00	0,00	0,00	6	0	0,00	0,00	0,00
8	8,35	0,00	0,00	7	0	0,00	0,00	0,00

DATI ASTE SPAZIALI																			
IDENTIFICAZIONE								GEOMETRIA				SCOST.INIZIALI			SCOST. FINALI				
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	Q.iniz (m)	Q.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.
1	1	2	0,00	1,36	1	2	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
2	2	3	1,36	1,76	2	3	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
3	3	4	1,76	1,34	3	4	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
4	4	5	1,34	0,00	4	5	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
5	2	3	1,36	0,36	2	6	1	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
6	3	3	1,76	0,36	3	6	3	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
7	3	4	0,36	1,34	6	4	1	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
8	1	5	0,00	0,00	1	5	1	935	CATENA	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
9	6	1	0,00	0,00	7	1	1	935	CATENA	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
10	5	7	0,00	0,00	5	8	1	935	CATENA	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio

VINCOLI E CEDIMENTI NODALI																			
IDENTIFIC.		RIGIDENZE TRASLANTI			RIGIDENZE ROTAZIONALI			SCOSTAMENTI						VERSO SPOSTAMENTI UNILATERI					
Nodo3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Tr.X cm	Tr.Y cm	Tr.Z cm	Azim Grd	CoZe Grd	Ass. Grd	Tr.X	Tr.Y	Tr.Z	RotX	RotY	RotZ
7	I	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0						
8	E	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0						

VINCOLI INTERNI ASTE																	
VINCOLO NODO INIZIALE								VINCOLO NODO FINALE									
IDENT.		RIGIDENZE TRASLANTI			RIGIDENZE ROTAZIONALI			RIGIDENZE TRASLANTI				RIGIDENZE ROTAZIONALI			COEFFICIENTI BETA		
Asta3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Beta X	Beta Y	
2	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	E	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	INCASTR	INCASTR	1,00	1,00	
5	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	1,00	1,00	
7	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	1,00	1,00	

CARICHI TERMICI/DISTRIBUITI/CONCENTRATI						
CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3 ALIQUOTA SISMICA:100						
IDENTI	FORZE CONCENTRATE			MOMENTI CONCENTRATI		
Nodo3d N.ro	Fx (t)	Fy (t)	Fz (t)	Mx t*m	My t*m	Mz t*m
3	0,0000	0,0000	-2,1560	0,0000	0,0000	0,0000

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,30
PERM + ACC	1,50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
PERM + ACC	1,00

OUTPUT SOFTWARE DI CALCOLO

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

Fili N.ro	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Cmb N.r	: Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:
N Sd	: Sforzo normale di calcolo
MxSd	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
MySd	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
VxSd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
VySd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
T Sd	: Torsione di calcolo
N Rd	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
MxV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
MyV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
VxplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
VyplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
T Rd	: Torsione resistente
fy rid	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
Rap %	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
Sez.N	: Numero di archivio della sezione
Ac	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
Qn	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
Asta	: Numerazione dell'asta

Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovrarresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

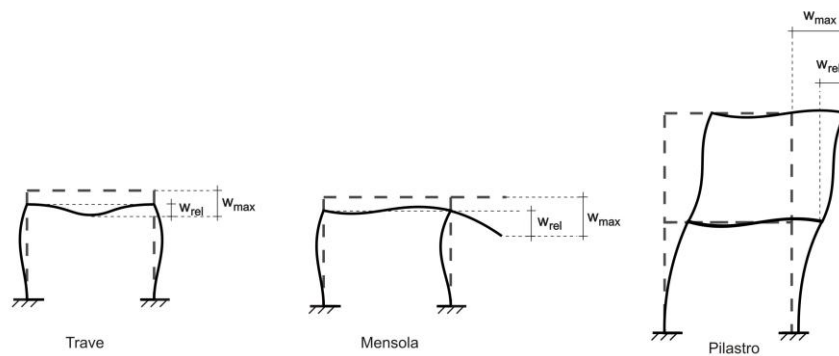
l	: Lunghezza della trave
$\beta \cdot l$	: Lunghezza libera di inflessione
clas.	: Classe di verifica della trave
ϵ	: $(235/f_y)^{(1/2)}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state

effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).

Lmd	: Snellezza lambda
R%pf	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
R%ft	: Rapporto di verifica per l'instabilità flessio-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
Wmax	: Spostamento massimo
Wrel	: Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
Wlim	: Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti $Wrel \leq Wlim$, essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con $Wmax > Wlim$.

Se:

Rap %	: 111 La sezione non verifica per taglio elevato
Rap %	: 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

N Rd $\rightarrow \sigma_n$	: Tensione normale dovuta a sforzo normale
MxV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_x}$	: Tensione normale dovuta a momento M_x
MyV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_y}$	: Tensione normale dovuta a momento M_y
VxplRd $\rightarrow \tau_x$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_x
VyplRd $\rightarrow \tau_y$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_y
T Rd $\rightarrow \tau_{M_t}$	: Tensione tangenziale da momento torcente
fy rid $\rightarrow$ Rapp. Fless	: Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno
Rap % $\rightarrow$ Rapp.Taglio	: Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente
clas. $\rightarrow$ KcC	: Coefficiente di instabilità di colonna ($K_{crit,c}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]
lmd $\rightarrow$ KcM	: Coefficiente di instabilità di trave ($K_{crit,m}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
R%pf $\rightarrow$ Rx	: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente

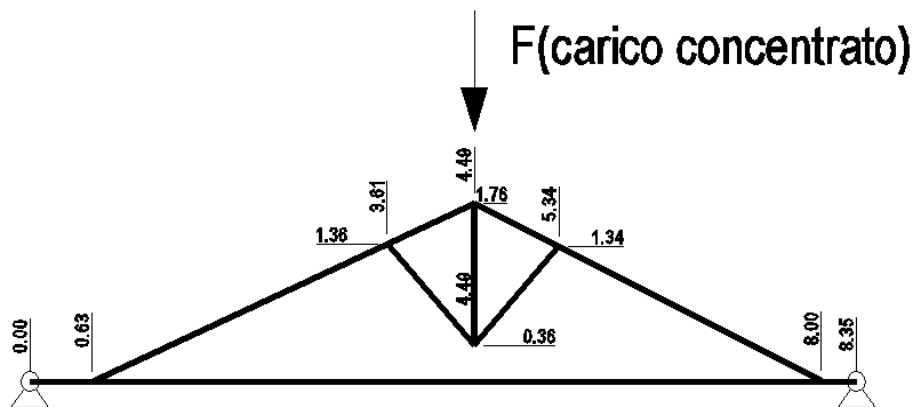
R%ft → Ry : *Km è applicato al termine del momento Y*
: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente Km è applicato al termine del momento X

Gli spostamenti Wmax e Wrel sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell'Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con U^P gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con U^Q quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

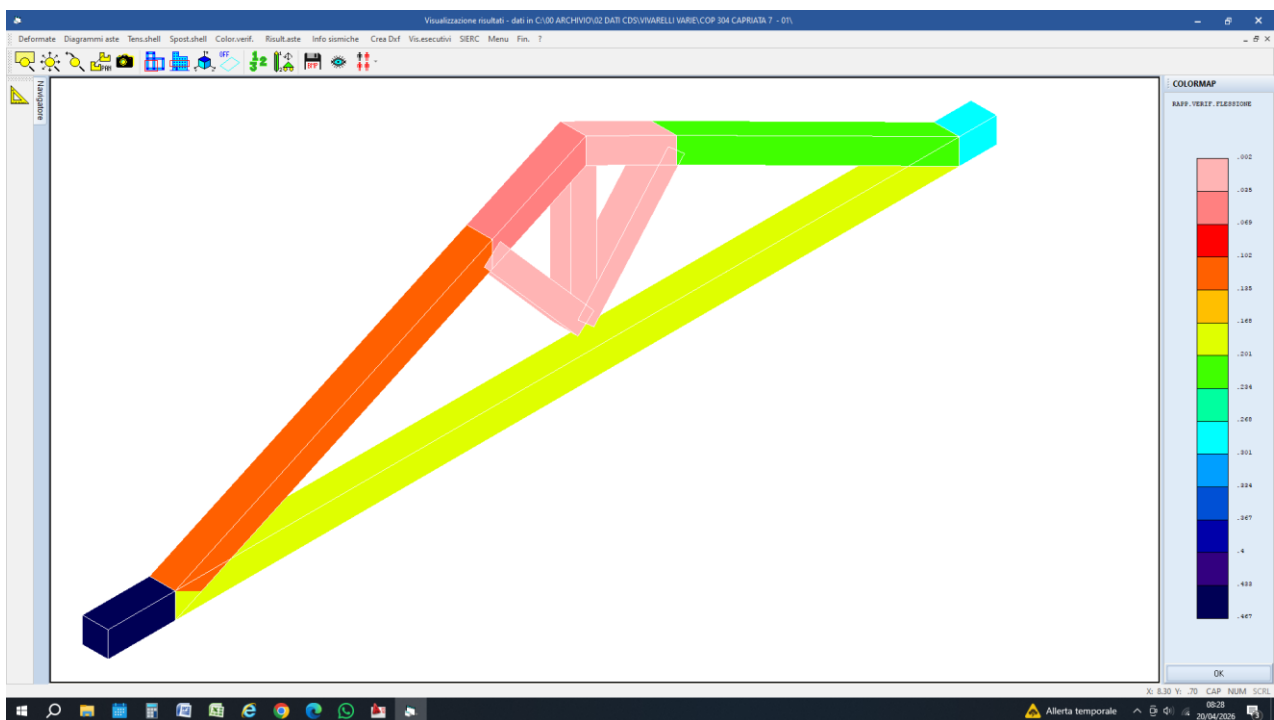
$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$

STAMPA PROGETTO S.L.U. - LEGNO + VERIFICA S.L.E.																			
VERIFICHE ASTE IN LEGNO																			
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tratto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	σn	σMx	σMy	τx	τy	τMt	Rapp. Fless	Rapp. Taglio	
Sez.N. 933	1	0,00	0	0	-4371	235	0	0	-61	0	8	10	0	0	0	0	0,10	0,01	
PUNT	qn=	-22	0	0	-4349	97	0	0	-108	0	8	4	0	0	0	0	0,05	0,02	
Asta: 1	2	1,36	0	0	-4328	-118	0	0	-155	0	8	5	0	0	0	0	0,05	0,03	
Instab.: =	327,6	β* =	327,6	0	-4371	235	0	KcC= 0,91	KcM= 1,00	Rx= 0,19	Ry= 0,16	Wmax/rel/lim=	1,72	0,53	16,38	mm			
Sez.N. 933	2	1,36	0	0	-4230	-118	0	0	136	0	7	5	0	0	0	0	0,05	0,03	
PUNT	qn=	-22	0	0	-4224	-56	0	0	122	0	7	2	0	0	0	0	0,03	0,02	
Asta: 2	3	1,76	0	0	-4217	0	0	0	108	0	7	0	0	0	0	0	0,01	0,02	
Instab.: =	96,7	β* =	96,7	0	-4230	-118	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,13	Ry= 0,11	Wmax/rel/lim=	2,06	0,03	4,83	mm			
Sez.N. 933	3	1,76	0	0	-4245	14	0	0	-68	0	7	1	0	0	0	0	0,01	0,01	
PUNT	qn=	-22	0	0	-4251	-22	0	0	-82	0	7	1	0	0	0	0	0,01	0,02	
Asta: 3	4	1,34	0	0	-4258	-64	0	0	-95	0	7	3	0	0	0	0	0,03	0,02	
Instab.: =	94,8	β* =	94,8	0	-4258	-64	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,11	Ry= 0,10	Wmax/rel/lim=	2,09	0,01	4,74	mm			
Sez.N. 933	4	1,34	0	0	-4358	-64	0	0	243	0	8	3	0	0	1	0	0,03	0,05	
PUNT	qn=	-22	0	0	-4379	267	0	0	201	0	8	12	0	0	1	0	0,12	0,04	
Asta: 4	5	0,00	0	0	-4400	536	0	0	159	0	8	23	0	0	0	0	0,23	0,03	
Instab.: =	297,8	β* =	297,8	0	-4400	536	0	KcC= 0,94	KcM= 1,00	Rx= 0,33	Ry= 0,25	Wmax/rel/lim=	2,53	1,19	14,89	mm			
Sez.N. 934	2	1,36	0	0	-300	0	0	0	12	0	1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	
SAETTE	qn=	-13	0	0	-314	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	
Asta: 5	3	0,36	0	0	-326	0	0	0	-12	0	1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	
Instab.: =	133,2	β* =	133,2	0	-314	4	0	KcC= 0,99	KcM= 1,00	Rx= 0,01	Ry= 0,01	Wmax/rel/lim=	1,53	0,01	6,66	mm			
Sez.N. 934	3	1,76	0	0	551	0	-14	-19	0	0	1	0	1	0	0	0	0,02	0,00	
SAETTE	qn=	0	0	0	533	0	0	-19	0	0	1	0	0	0	0	0	0,01	0,00	
Asta: 6	3	0,36	0	0	514	0	13	-19	0	0	1	0	1	0	0	0	0,02	0,00	
Instab.: =	140,0	β* =	140,0	0	551	0	-14	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,02	Ry= 0,02	Wmax/rel/lim=	0,33	0,50	7,00	mm			
Sez.N. 934	3	0,36	0	0	-346	13	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0,01	0,00	
SAETTE	qn=	-13	0	0	-345	13	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0,01	0,00	
Asta: 7	4	1,34	0	0	-320	0	0	0	-21	0	1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	
Instab.: =	129,7	β* =	129,7	0	-346	13	0	KcC= 0,99	KcM= 1,00	Rx= 0,02	Ry= 0,01	Wmax/rel/lim=	1,65	0,01	6,49	mm			
Sez.N. 935	1	0,00	0	0	4001	-154	0	0	155	0	7	7	0	0	0	0	0,15	0,03	
CATENA	qn=	-24	0	0	4001	229	0	0	-1	0	7	10	0	0	0	0	0,18	0,00	
Asta: 8	5	0,00	0	0	4001	136	0	0	-77	0	7	6	0	0	0	0	0,14	0,01	
Instab.: =	737,0	β* =	737,0	0	4001	229	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,19	Ry= 0,16	Wmax/rel/lim=	5,52	4,70	36,85	mm			
Sez.N. 935	6	0,00	0	0	-1131	0	0	0	1934	0	0	49	0	0	5	0	0,47	0,36	
CATENA	qn=	-24	0	0	-523	0	0	0	1924	0	0	23	0	0	5	0	0,22	0,36	
Asta: 9	1	0,00	0	0	81	0	0	0	1914	0	0	4	0	0	5	0	0,03	0,36	
Instab.: =	63,0	β* =	44,1	0	-1131	0	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,51	Ry= 0,36	Wmax/rel/lim=	0,57	0,11	3,15	mm			
Sez.N. 935	5	0,00	0	0	672	0	0	0	-1914	0	0	29	0	0	5	0	0,28	0,36	
CATENA	qn=	-24	0	0	336	0	0	0	-1919	0	0	15	0	0	5	0	0,14	0,36	
Asta: 10	7	0,00	0	0	0	0	0	0	-1925	0	0	0	0	0	5	0	0,00	0,36	
Instab.: =	35,0	β* =	24,5	0	672	0	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,30	Ry= 0,21	Wmax/rel/lim=	1,01	0,02	1,75	mm			

SCHEMA DI CALCOLO



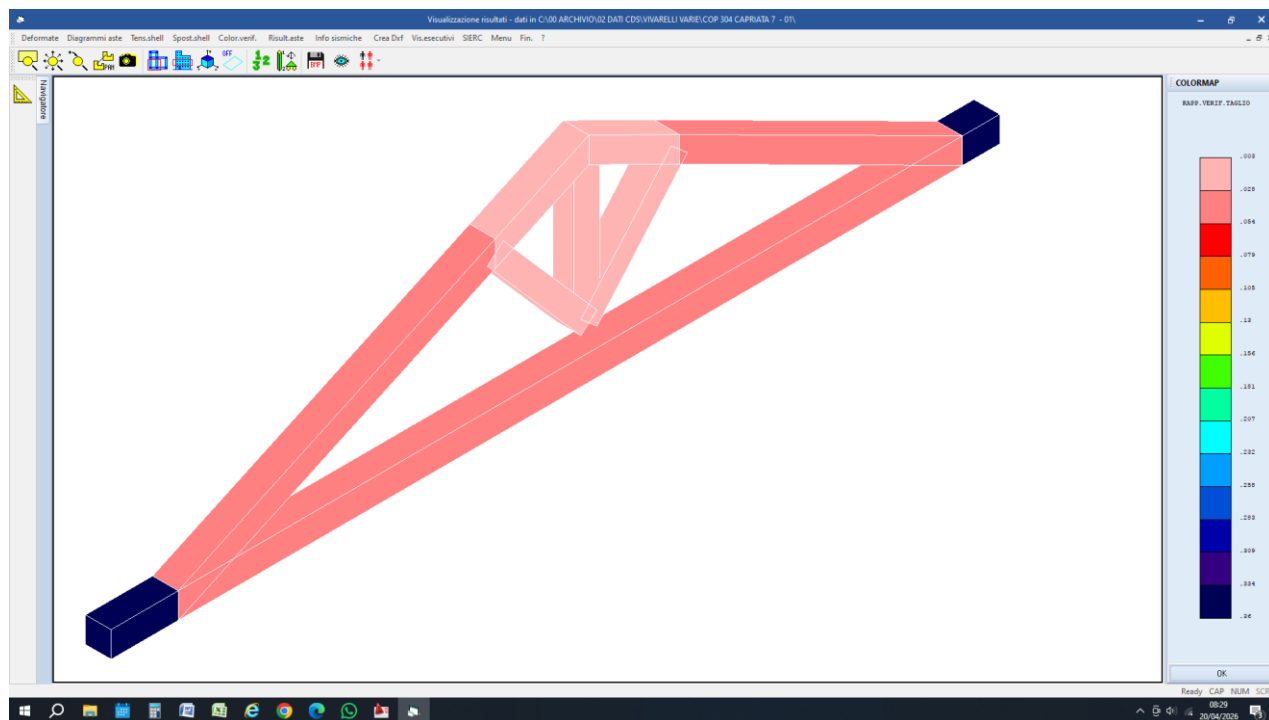
VERIFICA A FLESSIONE



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.47$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.36$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

4.4 COPERTURA 305 - VERIFICA STRUTTURALE CAPRIATA N.8

INPUT SOFTWARE DI CALCOLO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro

piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo

asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate

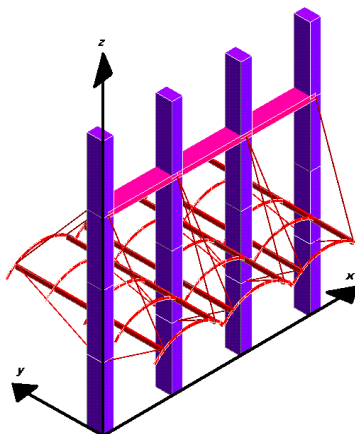
convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

SISTEMI DI RIFERIMENTO

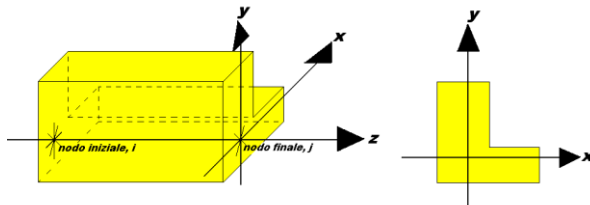
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



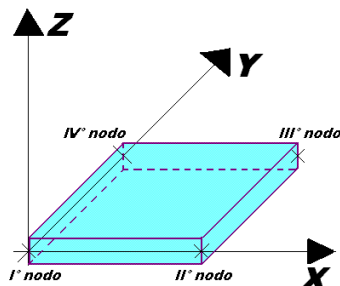
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella caratteristiche statiche dei profili e caratteristiche materiali.

Sez.	: Numero d'archivio della sezione
U	: Perimetro bagnato per metro di sezione
P	: Peso per unità di lunghezza
A	: Area della sezione
A_x	: Area a taglio in direzione X
A_y	: Area a taglio in direzione Y
J_x	: Momento d'inerzia rispetto all'asse X
J_y	: Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
J_t	: Momento d'inerzia torsionale
W_x	: Modulo di resistenza a flessione, asse X
W_y	: Modulo di resistenza a flessione, asse Y
W_t	: Modulo di resistenza a torsione
i_x	: Raggio d'inerzia relativo all'asse X
i_y	: Raggio d'inerzia relativo all'asse Y
sver	: Coefficiente per verifica a svergolamento ($h/(b \cdot t)$)
E	: Modulo di elasticità normale
G	: Modulo di elasticità tangenziale
lambda	: Valore massimo della snellezza
Tipo Acciaio	: Tipo di acciaio
Tipo verifica	: EvitaVerif : non esegue verifica NoVerCompr : verifica solo aste tese Completa : verifica completa
gamma	: peso specifico del materiale
Lungh/SpLim	: Rapporto fra la lunghezza dell'asta e lo spostamento limite
Tipo profilatura	: a freddo/a caldo (Dato valido solo per tipologie tubolari)
W_x Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione X
W_y Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione Y
W_t Plast.	: Modulo di resistenza plastica torsionale
A_x Plast.	: Area a taglio plastica direzione X
A_y Plast.	: Area a taglio plastica direzione Y
I_w	: Costante di ingobbamento (momento di inerzia settoriale)
Num.Rit.Tors	: Numero di ritegni torsionali

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

Materiale N.ro	: Numero identificativo del materiale in esame
Densità	: Peso specifico del materiale

Ex * 1E3	: Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo
Ni.x	: Coefficiente di Poisson in direzione x
Alfa.x	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione x
Ey * 1E3	: Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo
Ni.y	: Coefficiente di Poisson in direzione y
Alfa.y	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione y
E11 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna
E12 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna
E13 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna
E22 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna
E23 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna
E33 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

Nodo3d	: Numero del nodo spaziale
Coord.X	: Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Y	: Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Z	: Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale
Filo	: Numero del filo per individuare le travate in c.a.
Piano Sism.	: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo
Peso	: Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

Asta3d	: Numero dell'asta spaziale
Filo in.	: Numero del filo del nodo iniziale
Filo fin.	: Numero del filo del nodo finale
Q. iniz.	: Quota del nodo iniziale
Q. fin.	: Quota del nodo finale
Nod3d iniz.	: Numero del nodo iniziale
Nod3d fin.	: Numero del nodo finale
Cr. Pr.	: Numero del criterio di progetto per la verifica
Sez. N.ro	: Numero in archivio della sezione
Base x Alt	: Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le altre tipologie ingombro massimo della sezione
Magr.	: Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
Rot.	: Angolo di rotazione della sezione
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
Cri Geo	: Criterio geotecnico
Tipo Elemento	: Tipo elemento ai fini sismici: Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato: - "Secondario NTC18": si intende un elemento asta secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui

vengono applicate le verifiche di duttilità.

- "NoGerarchia": si intende un elemento asta non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze (esempio aste meshate interne a pareti o piastre o travi inclinate)

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella vincoli nodali esterni:

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Codice** : Codice esplicito per la determinazione del vincolo:

I = incastro
C = cerniera completa
W = *Winkler*
E = esplicito
P = plinto
U = Vincolo unilatero

- **Tx** : Rigidezza traslante in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ty** : Rigidezza traslante in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Tz** : Rigidezza traslante in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rx** : Rigidezza rotazionale in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ry** : Rigidezza rotazionale in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rz** : Rigidezza rotazionale in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)

SCOSTAMENTO PER I VINCOLI ELASTICI

- **Tr. X** : Scostamento in direzione X globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Y** : Scostamento in direzione Y globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Z** : Scostamento in direzione Z globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Azim** : Angolo formato fra la proiezione dell'asse Z locale sul piano XY e l'asse X globale (azimut)
- **CoZe** : Angolo formato fra l'asse Z locale e l'asse Z globale (complemento allo zenit)
- **Ass.** : Rotazione attorno dell'asse Z locale del sistema di riferimento locale

ATTRIBUTO DI VERSO PER I VINCOLI UNILATERI

- **Tr. X** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione X
- **Tr. Y** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Y
- **Tr. Z** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Z
- **Rot.X** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore X
- **Rot.Y** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Y
- **Rot.Z** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Z

Gli attributi sul verso degli spostamenti e delle rotazioni possono assumere i seguenti valori:

1 = Impedisce gli spostamenti sia positivi che negativi
3 = Impedisce solo gli spostamenti positivi
5 = Impedisce solo gli spostamenti negativi

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALL.SISMICA** : Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
- **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE									
PIATTI UNI					PIATTI UNI				
Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro	Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro
933	PUNT	240,0	280,0	101	934	SAETTE	240,0	200,0	101
935	CATENA	240,0	280,0	101					

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE														
CARATTERISTICHE STATICHE DEI PROFILI														
Sez. N.ro	U m2/m	P kg/m	A cmq	Ax cmq	Ay cmq	Jx cm4	Jy cm4	Jt cm4	Wx cm3	Wy cm3	Wt cm3	ix cm	iy cm	sver 1/cm
933	1,04	28,2	672,00	448,00	448,00	43904,0	32256,0	62641,1	3136,00	2688,00	5376,00	8,08	6,93	0,00
934	0,88	20,2	480,00	320,00	320,00	16000,0	23040,0	31872,0	1600,00	1920,00	3200,00	5,77	6,93	0,00
935	1,04	28,2	672,00	448,00	448,00	43904,0	32256,0	62641,1	3136,00	2688,00	5376,00	8,08	6,93	0,00

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE							
DATI PER VERIFICHE EUROCODICE							
Sez. N.ro	Descrizione	Wx Plastico cm3	Wy Plastico cm3	Wt Plastico cm3	Ax Plastico cm2	Ay Plastico cm2	Iw cm6
933	PUNT	4704,00	4032,00	8064,00	672,00	672,00	0,0
934	SAETTE	2400,00	2880,00	4800,00	480,00	480,00	0,0
935	CATENA	4704,00	4032,00	8064,00	672,00	672,00	0,0

CARATTERISTICHE MATERIALE LEGNO																							
CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LEGNO LUNGO LA DIREZIONE DELL'ASTA																							
Mat. N.ro	Classifica zione del Legno	RESISTENZE					RESIST. Taglio			MODULI ELAST. NORMALI				MOD ELAST. TAGENZIALI				DENSITA'		Cl. di Ser	Coef Kdef	Rapp. Lung/ SpLim	
		Fl. fmk	Trazione		Compressione		Aste fvk	XLAM fvk	Roto frk	Medio E0	Carat E0,05	Med E90	Caratt E90,05	Med G	Carat G,05	Roto Gr	RotCar Gr,05	Gamma Carat	Gamma Media				
		ft0k	ft90k	fc0k	fc90k	MPa				MPa				MPa				kg/mc - xSLE					
101	GL24h	24	19.2	0.5	24.0	2.5	3.5		1.2	11500	9600	300	250	650	540	65	54	385	420	2	0.80	20	Lim

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,00	0,00	0,00	1	0	0,00	0,00	0,00

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
2	3,26	0,00	1,49	2	0	3,11	3,11	3,11
3	4,21	0,00	1,92	3	0	1,20	1,20	1,20
4	5,15	0,00	1,49	4	0	2,96	2,96	2,96
5	8,41	0,00	0,00	5	0	2,41	0,00	0,00
6	4,21	0,00	0,41	3	0	0,05	0,05	0,05
7	3,32	0,00	1,00	6	0	0,00	0,00	0,00

DATI ASTE SPAZIALI																			
IDENTIFICAZIONE								GEOMETRIA				SCOST.INIZIALI			SCOST. FINALI				
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	Q.iniz (m)	Q.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.
1	1	2	0,00	1,49	1	2	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
2	2	3	1,49	1,92	2	3	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
3	3	4	1,92	1,49	3	4	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
4	4	5	1,49	0,00	4	5	1	933	PUNT	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
5	2	3	1,49	0,41	2	6	1	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio
6	3	3	1,92	0,41	3	6	3	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
7	3	4	0,41	1,49	6	4	1	934	SAETTE	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
8	1	5	0,00	0,00	1	5	1	935	CATENA	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio

VINCOLI E CEDIMENTI NODALI																			
IDENTIFIC.		RIGIDEZZE TRASLANTI				RIGIDEZZE ROTAZIONALI			SCOSTAMENTI					VERSO SPOSTAMENTI UNILATERI					
Nodo3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Tr.X cm	Tr.Y cm	Tr.Z cm	Azim Grd	CoZe Grd	Ass. Grd	Tr.X	Tr.Y	Tr.Z	RotX	RotY	RotZ
1	I	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0						
5	E	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0						

VINCOLI INTERNI ASTE																	
VINCOLO NODO INIZIALE								VINCOLO NODO FINALE									
IDENT.	RIGIDEZZE TRASLANTI				RIGIDEZZE ROTAZIONALI			RIGIDEZZE TRASLANTI				RIGIDEZZE ROTAZIONALI			COEFFICIENTI BETA		
Asta3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t'm	Ry t'm	Rz t'm	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t'm	Ry t'm	Rz t'm	Beta X	Beta Y	
2	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	E	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	INCASTR	INCASTR	1,00	1,00	
5	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	1,00	1,00	
7	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	C	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	LIBERO	LIBERO	1,00	1,00	

CARICHI DISTRIBUITI ASTE									
CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3					ALIQUOTA SISMICA: 100				
IDENT.	NODO INIZIALE				NODO FINALE				
Asta3d N.ro	Riferi mento	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Mt t*m/ml	Pretens t
1	0	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,00
2	0	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,00
3	0	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,00
4	0	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,000	-1,250	0,000	0,00

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,30
PERM + ACC	1,50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
PERM + ACC	1,00

OUTPUT SOFTWARE DI CALCOLO

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

Fili N.ro	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Cmb N.r	: Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:
N Sd	: Sforzo normale di calcolo
MxSd	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
MySd	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
VxSd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
VySd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
T Sd	: Torsione di calcolo
N Rd	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
MxV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
MyV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
VxplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
VyplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
T Rd	: Torsione resistente
fy rid	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
Rap %	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
Sez.N	: Numero di archivio della sezione
Ac	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
Qn	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
Asta	: Numerazione dell'asta

Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovraresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

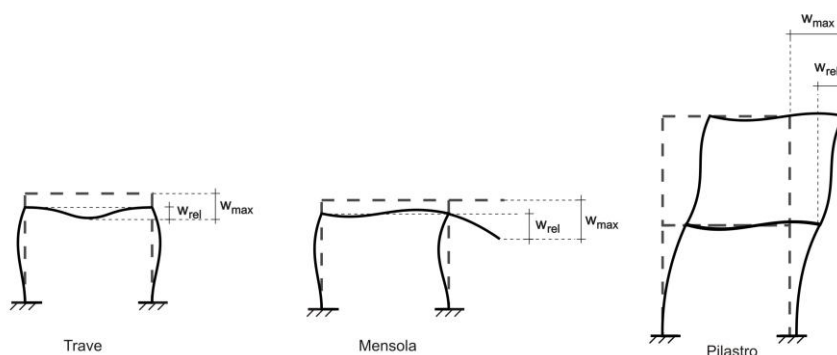
l	: Lunghezza della trave
$\beta \cdot l$	: Lunghezza libera di inflessione
clas.	: Classe di verifica della trave
ϵ	: $(235/fy)^{(1/2)}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla

tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).

Lmd	: Snellezza lambda
R%pf	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
R%ft	: Rapporto di verifica per l'instabilità flessio-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
Wmax	: Spostamento massimo
Wrel	: Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
Wlim	: Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti $W_{rel} \leq W_{lim}$, essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con $W_{max} > W_{lim}$.

Se:

Rap %	: 111 La sezione non verifica per taglio elevato
Rap %	: 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

N Rd $\rightarrow \sigma_n$	: Tensione normale dovuta a sforzo normale
MxV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_x}$	: Tensione normale dovuta a momento M_x
MyV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_y}$	: Tensione normale dovuta a momento M_y
VxplRd $\rightarrow \tau_x$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_x
VyplRd $\rightarrow \tau_y$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_y
T Rd $\rightarrow \tau_{M_t}$	: Tensione tangenziale da momento torcente
fy rid $\rightarrow$ Rapp. Fless	: Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno
Rap % $\rightarrow$ Rapp.Taglio	: Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente
clas. $\rightarrow$ KcC	: Coefficiente di instabilità di colonna ($K_{crit,c}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]
lmd $\rightarrow$ KcM	: Coefficiente di instabilità di trave ($K_{crit,m}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
R%pf $\rightarrow$ Rx	: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia

R%ft → Ry

dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente K_m è applicato al termine del momento Y

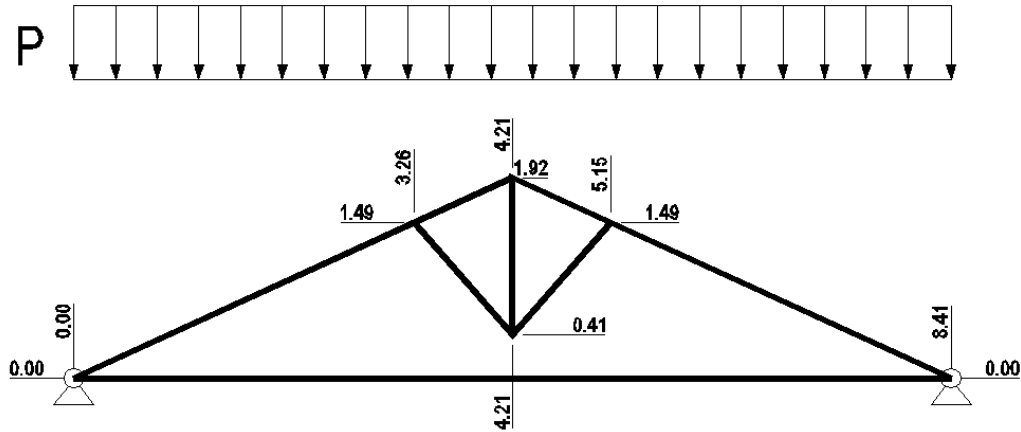
: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente K_m è applicato al termine del momento X

Gli spostamenti W_{max} e W_{rel} sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell'Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con U^P gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con U^Q quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

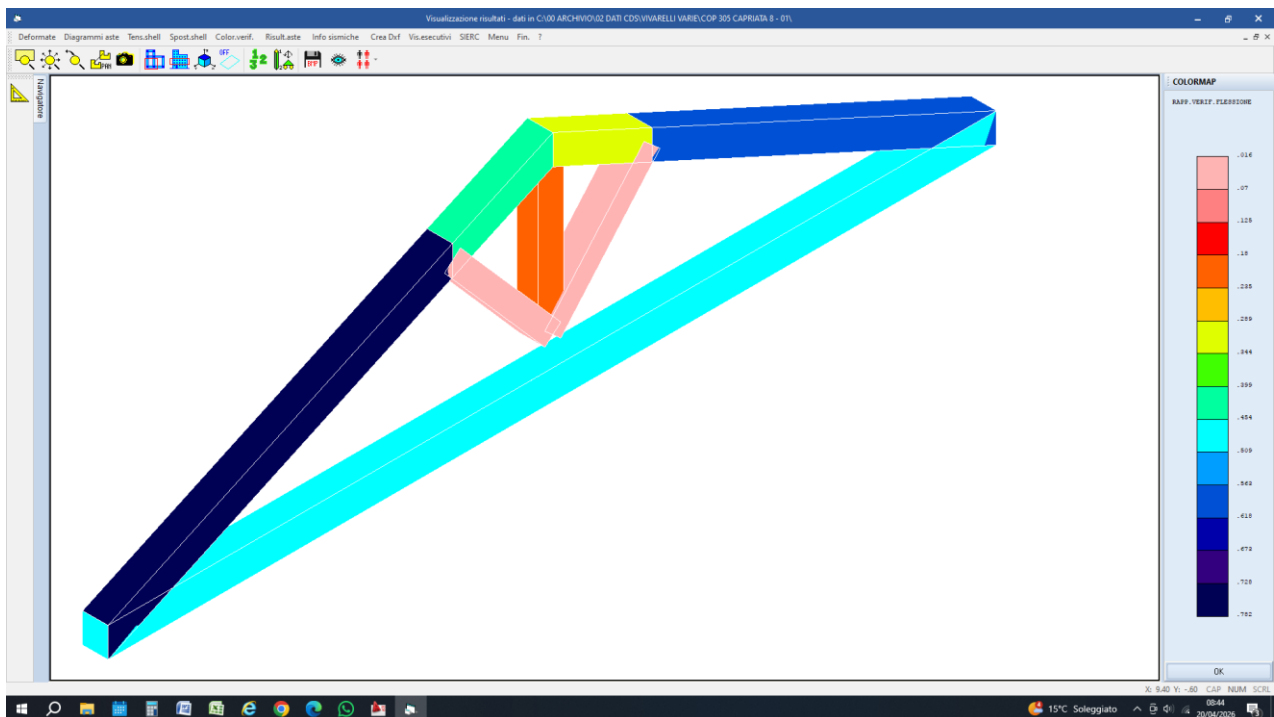
$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$

STAMPA PROGETTO S.L.U. - LEGNO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN LEGNO																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Trat to	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	σn	σMx	σMy (kg/cm²)	τx	τy	τMt	Rapp. Fless	Rapp. Taglio
Nover.	1	0,00	0	-14382	-2381	0	0	3402	0	21	76	0	0	8	0	0,78	0,54	
PUNT	qn=	-1163	0	-12799	946	0	0	-61	0	19	30	0	0	0	0	0,33	0,01	
Asta: 1	2	1,49	0	-11533	-1356	0	0	-2830	0	17	43	0	0	6	0	0,45	0,45	
Instab.:l=	358,4	β'f=	358,4	-14382	-2381	0	KcC=	0,88	KcM=	1,00	Rx=	1,03	Ry=	0,81	Wmax/rel/lim=	3,39	1,78	17,92 mm
Sez.N. 933	2	1,49	0	-10004	-1356	0	0	2209	0	15	43	0	0	5	0	0,44	0,35	
PUNT	qn=	-1163	0	-9613	-474	0	0	1344	0	14	15	0	0	3	0	0,17	0,21	
Asta: 2	3	1,92	0	-9182	0	0	0	393	0	14	0	0	0	1	0	0,02	0,06	
Instab.:l=	104,3	β'f=	104,3	-10004	-1356	0	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,61	Ry=	0,47	Wmax/rel/lim=	3,76	0,17	5,21 mm
Sez.N. 933	3	1,92	0	-9051	-22	0	0	-65	0	13	1	0	0	0	0	0,03	0,01	
PUNT	qn=	-1162	0	-9443	-265	0	0	-921	0	14	8	0	0	2	0	0,10	0,15	
Asta: 3	4	1,49	0	-9873	-1018	0	0	-1862	0	15	32	0	0	4	0	0,34	0,30	
Instab.:l=	103,4	β'f=	103,4	-9873	-1018	0	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,49	Ry=	0,39	Wmax/rel/lim=	4,82	0,11	5,17 mm
Sez.N. 933	4	1,49	0	-11385	-1018	0	0	3154	0	17	32	0	0	7	0	0,34	0,50	
PUNT	qn=	-1163	0	-12849	1842	0	0	-49	0	19	59	0	0	0	0	0,61	0,01	
Asta: 4	5	0,00	0	-14234	-882	0	0	-3078	0	21	28	0	0	7	0	0,32	0,49	
Instab.:l=	358,4	β'f=	358,4	-12849	1842	0	KcC=	0,88	KcM=	1,00	Rx=	0,83	Ry=	0,65	Wmax/rel/lim=	7,65	5,31	17,92 mm
Sez.N. 934	2	1,49	0	-5229	0	0	0	12	0	11	0	0	0	0	0	0,01	0,00	
SAETTE	qn=	-13	0	-5243	4	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0,02	0,00	
Asta: 5	3	0,41	0	-5257	0	0	0	-12	0	11	0	0	0	0	0	0,01	0,00	
Instab.:l=	143,8	β'f=	143,8	-5243	4	0	KcC=	0,99	KcM=	1,00	Rx=	0,12	Ry=	0,12	Wmax/rel/lim=	3,60	0,01	7,19 mm
Sez.N. 934	3	1,92	0	7969	0	22	0	0	0	17	0	1	0	0	0	0,21	0,00	
SAETTE	qn=	0	0	7949	0	22	0	0	0	17	0	1	0	0	0	0,21	0,00	
Asta: 6	3	0,41	0	7929	0	22	0	0	0	17	0	1	0	0	0	0,21	0,00	
Instab.:l=	151,0	β'f=	151,0	7969	0	22	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,22	Ry=	0,23	Wmax/rel/lim=	1,23	1,99	7,55 mm
Sez.N. 934	3	0,41	0	-5270	22	0	0	-3	0	11	1	0	0	0	0	0,03	0,00	
SAETTE	qn=	-13	0	-5257	16	0	0	-15	0	11	1	0	0	0	0	0,02	0,00	
Asta: 7	4	1,49	0	-5242	0	0	0	-27	0	11	0	0	0	0	0	0,01	0,01	
Instab.:l=	143,2	β'f=	143,2	-5270	22	0	KcC=	0,99	KcM=	1,00	Rx=	0,13	Ry=	0,13	Wmax/rel/lim=	3,39	0,03	7,16 mm
Sez.N. 935	1	0,00	0	11666	-766	0	0	350	0	17	24	0	0	1	0	0,45	0,06	
CATENA	qn=	-28	0	11666	383	0	0	196	0	17	12	0	0	0	0	0,33	0,03	
Asta: 8	5	0,00	0	11666	882	0	0	42	0	17	28	0	0	0	0	0,48	0,01	
Instab.:l=	841,0	β'f=	841,0	11666	882	0	KcC=	1,00	KcM=	1,00	Rx=	0,52	Ry=	0,43	Wmax/rel/lim=	8,02	8,02	42,05 mm

SCHEMA DI CALCOLO



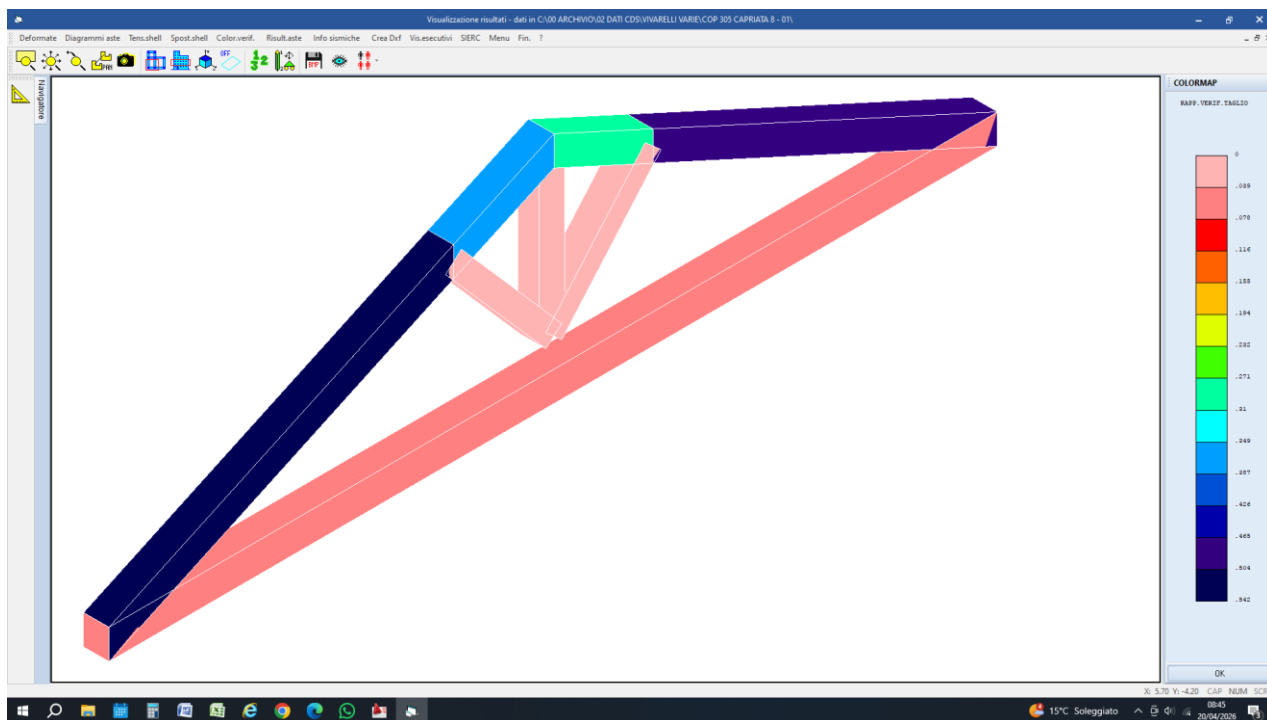
VERIFICA A FLESSIONE



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.782$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO



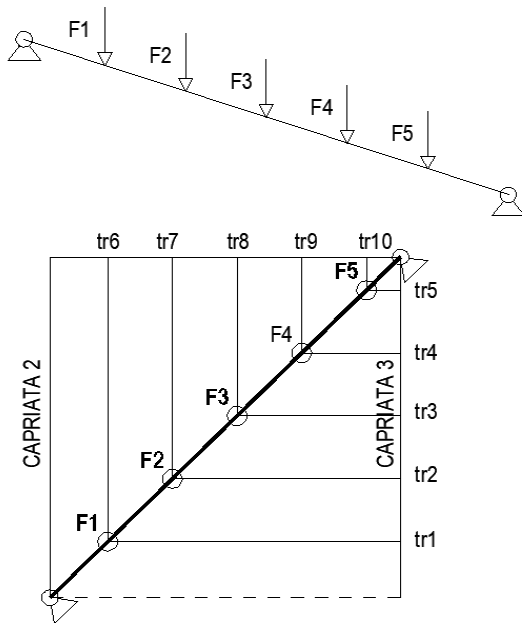
Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.47$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

4.5 COPERTURA 304 VERIFICA STRUTTURALE TRAVE COMPLUVIO

4.5.1 CALCOLO SOLLECITAZIONE SULLA TRAVE DI COMPLUVIO

SCHEMA DI CALCOLO



CARICO DISTRIBUITO SUL SOLAIO

Peso proprio	40 kg/mq
Carico permanente	168 kg/mq
Carico accidentale	140 kg/mq

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI EDI TAGLIO AGLI APPOGGI DELLE TRAVI SECONDARIE

Trave n	Ltrave	Linfluenza	Carico SLU distrinuito	Carico SLU linea sulla trave	Taglio travi secondarie	
	m	m	kg/mq	kg/ml	kg	
1	3,32	0,80	522,00	626,40	1039,82	T1
2	2,56	0,80	522,00	626,40	801,79	T2
3	1,80	0,80	522,00	626,40	563,76	T3
4	1,04	0,80	522,00	626,40	325,73	T4
5	0,28	0,80	522,00	626,40	87,70	T5
6	3,52	0,80	522,00	626,40	1102,46	T6
7	2,74	0,80	522,00	626,40	858,17	T7
8	1,96	0,80	522,00	626,40	613,87	T8
9	1,19	0,80	522,00	626,40	372,71	T9
10	0,41	0,80	522,00	626,40	128,41	T10

CALCOLO DEI CARICHI CONCENTRATI SULLA TRAVE

F1	<i>T1+T6</i>	<i>2142,29</i>
F2	<i>T2+T7</i>	<i>1659,96</i>
F3	<i>T3+T8</i>	<i>1177,63</i>
F4	<i>T4+T9</i>	<i>698,44</i>
F5	<i>T5+T10</i>	<i>216,11</i>

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

<i>Sommatoria dei carichi concentrati sulla trave (F)</i>	<i>5894,42 kg</i>
<i>Lunghezza della trave (L)</i>	4,65 m
<i>Carico distribuito sulla trave (Q=F/L)</i>	<i>1267,62 kg/ml</i>
Momento flettente $M = Q \cdot L \cdot L/8$	3426,13 kgm
Taglio agli oppoggi $V = Q \cdot L/2$	2947,21 kg

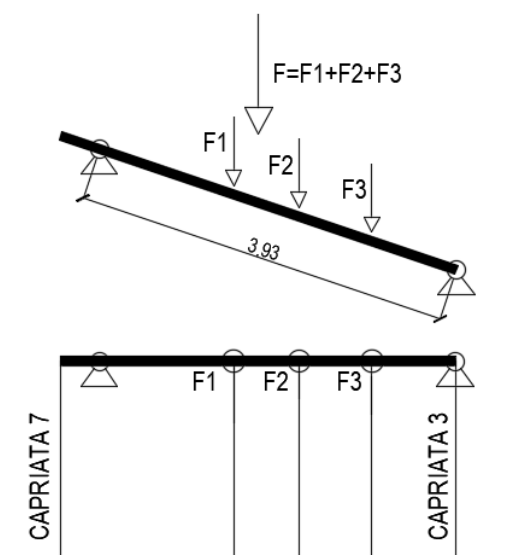
4.5.2 VERIFICHE DI RESISTENZA A TAGLIO E FLESSIONE DELLA TRAVE DI COMPLUVIO

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	20,00	cm
Altezza della sezione	28,00	cm
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	GL24	
Flessione ($f_{m,k}$)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio ($f_{v,k}$)	2,70	N/mm ²
	27,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,60	Gpa
	116000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,72	
	7200,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	20,00	cm
H - Altezza della sezione	28,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	36586,67	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	2613,33	cm ³
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Momento flettente	3426,00	kgm
Taglio	2947,00	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	131,10	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
Kmod (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE	0,90	
γ_M (Tab. 4,4,III) - 1,45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO	1,45	
$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	148,97	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	16,76	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,88	OK
VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)		
τ_d = tensione tangenziale = $1,5 * (T / A)$	7,89	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,47	OK

4.6 COPERTURA 304 - VERIFICA STRUTTURALE TRAVE ARCHITRAVE

4.6.1 VERIFICHE STRUTTURALE A TAGLIO E FLESSIONE

SCHEMA DI CALCOLO



CARICHI SUL SOLAIO

Peso proprio	40	kg/mq
carico permanente	168,00	kg/mq
carico accidentale	140,00	kg/mq
TOT	348,00	kg/mq

CARICHI SULL'ARCHITRAVE

Carico F1 = TAGLIO TRAVE SECONDARIA T1	964,45	kg
Carico F2 = TAGLIO TRAVE SECONDARIA T2	499,87	kg
Carico F3 = TAGLIO TRAVE SECONDARIA T3	405,21	kg

Carico concentrato per verifica strutturale della trave SLU $F = (F1+F2+F3)*1,5$	2804,29	kg
Luce di calcolo	3,93	m

A vantaggio di sicurezza, per il calcolo del taglio e del momento flettente, viene considerato lo schema di calcolo con carico concentrato al centro della trave

Momento flettente ($M = (F*L)/4$)	2755,21	kgm
Taglio ($T = F/2$)	1402,14	kgm

DIMENSIONI GEOMETRICHE

Base della sezione	24,00	cm
Altezza della sezione	24,00	cm

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338

Tipo di legno	GL24	
Flessione ($f_{m,k}$)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio ($f_{v,k}$)	2,70	N/mm ²
	27,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,60	Gpa
	116000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,72	
	7200,00	kg/cm ²

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	24,00	cm
H - Altezza della sezione	24,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	27648,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	2304,00	cm ³
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		

COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
carico permanente + accidentale sull'architrave	1232,00	kg/ml
carico dell'amuratura sovrastante	265,50	kg/ml
carico totale sull'architrave	1497,50	kg/ml
carico totale sull'architrave SLU (P)	2246,25	kg/ml
Momento flettente $M = P \times l^2 / 8$	2755,21	kgm
Taglio $T = P \times l / 2$	1402,14	kg

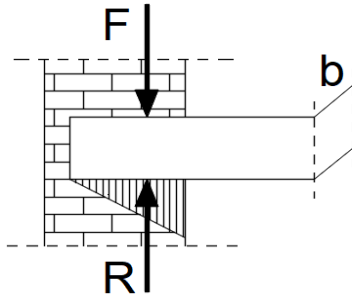
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	119,58	kg/cm ²

Calcolo resistenza del materiale di progetto		
Kmod (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE	0,90	
γ_M (Tab. 4,4,III) - 1,45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO	1,50	
$f_{m,y,d} = K_{mod} \times f_{m,y,k} / \gamma_M$	144,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} \times f_{v,k} / \gamma_M$	16,20	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,83	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)		
τ_d = tensione tangenziale = $1,5 \times (T / A)$	3,65	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,23	OK

4.6.2 VERIFICA DELLA PRESSIONE DI APPOGGIO ALLA MURATURA

VERIFICA PRESSIONE DI APPOGGIO SULLA MURATURA (NUOVO PILASTRO IN BLOCCO SISMICO)



PRESSIONE SULLA MURATURA - SENZA DORMIENTE

Massimo carico all'appoggio con la muratura (taglio all'estremità della trave)

Larghezza della trave

Resistenza media a compressione sulla muratura

Coefficiente di sicurezza per il materiale muratura (Tab. 4.5.II)

Fattore di Confidenze per strutture esistenti (Liv Conoscenza LC1)

Resistenza a compressione di progetto della muratura

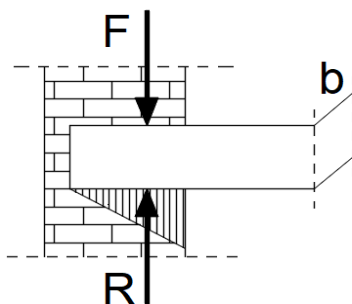
Lunghezza di appoggio necessaria (imponendo equilibrio carico triangolare $F=R$)

Lunghezza di progetto

STRINGA DI VERIFICA

F	1402,00	kg
b	24,00	cm
f_m	8,00	kg/cm ²
γ_m	1,50	
FC	1,00	
$f_d = f_m / \gamma_m$	5,33	kg/cm ²
$L_{rd} = 2F / (f_d * b)$	21,91	cm
L_{ed}	40,00	cm
L_{ed} / L_{rd}	0,55	OK

VERIFICA PRESSIONE DI APPOGGIO SULLA MURATURA - MURATURA ESISTENTE IN MATTONI PIENI



PRESSIONE SULLA MURATURA - SENZA DORMIENTE

Massimo carico all'appoggio con la muratura (taglio all'estremità della trave)

F **1402,00** kg

Larghezza della trave

b **24,00** cm

Resistenza media a compressione sulla muratura

f_m **26,00** kg/cm²

Coefficiente di sicurezza per il materiale muratura (Tab. 4.5.II)

γ_m **1,50**

Fattore di Confidenze per strutture esistenti (Liv Conoscenza LC1)

FC **1,35**

Resistenza a compressione di progetto della muratura

$f_d = f_m / \gamma_m$ **12,84** kg/cm²

Lunghezza di appoggio necessaria (imponendo equilibrio carico triangolare $F=R$)

$L_{rd} = 2F / (f_d * b)$ **9,10** cm

Lunghezza di progetto

L_{ed} **30,00** cm

STRINGA DI VERIFICA

L_{ed} / L_{rd} **0,30** **OK**

4.7 COPERTURA 306 307 - VERIFICHE STRUTTURALI COPERTURA

4.7.1 VERIFICHE STRUTTURALI TRAVE DIAGONALE E CAPRIATA 10 COPERTURA 307

INPUT SOFTWARE DI CALCOLO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

METODI DI CALCOLO

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI MODALE* o dell'*ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**). Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo

asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

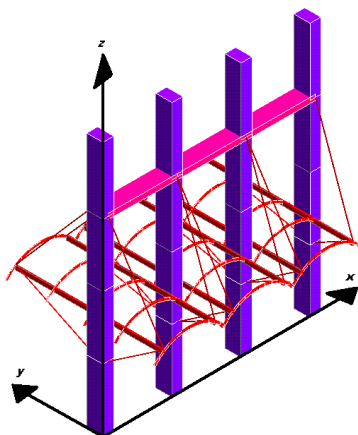
La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

SISTEMI DI RIFERIMENTO

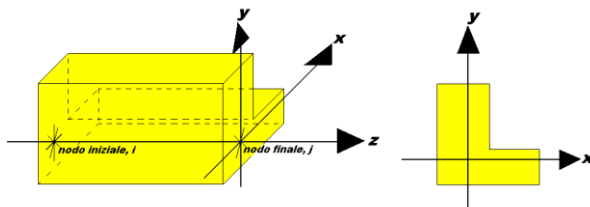
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



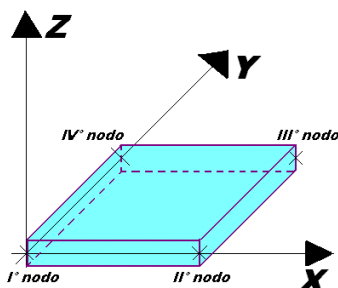
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

$$[\text{lunghezze}] = \text{m}$$

[forze] = kgf / daN
 [tempo] = sec
 [temperatura] = °C

CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella caratteristiche statiche dei profili e caratteristiche materiali.

Sez.	: Numero d'archivio della sezione
U	: Perimetro bagnato per metro di sezione
P	: Peso per unità di lunghezza
A	: Area della sezione
Ax	: Area a taglio in direzione X
Ay	: Area a taglio in direzione Y
Jx	: Momento d'inerzia rispetto all'asse X
Jy	: Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
Jt	: Momento d'inerzia torsionale
Wx	: Modulo di resistenza a flessione, asse X
Wy	: Modulo di resistenza a flessione, asse Y
Wt	: Modulo di resistenza a torsione
ix	: Raggio d'inerzia relativo all'asse X
iy	: Raggio d'inerzia relativo all'asse Y
sver	: Coefficiente per verifica a svergolamento ($h/(b \cdot t)$)
E	: Modulo di elasticità normale
G	: Modulo di elasticità tangenziale
lambda	: Valore massimo della snellezza
Tipo Acciaio	: Tipo di acciaio
Tipo verifica	: EvitaVerif: non esegue verifica NoVerCompr: verifica solo aste tese Completa: verifica completa
gamma	: peso specifico del materiale
Lungh/SpLim	: Rapporto fra la lunghezza dell'asta e lo spostamento limite
Tipo profilatura	: a freddo/a caldo (Dato valido solo per tipologie tubolari)
Wx Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione X
Wy Plast.	: Modulo di resistenza plastica in direzione Y
Wt Plast.	: Modulo di resistenza plastica torsionale
Ax Plast.	: Area a taglio plastica direzione X
Ay Plast.	: Area a taglio plastica direzione Y
Iw	: Costante di ingobbamento (momento di inerzia settoriale)
Num.Rit.Tors	: Numero di ritegni torsionali

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa dell'archivio materiali.

Materiale N.ro	: Numero identificativo del materiale in esame
Densità	: Peso specifico del materiale
Ex * 1E3	: Modulo elastico in direzione x moltiplicato per 10 al cubo
Ni.x	: Coefficiente di Poisson in direzione x
Alfa.x	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione x
Ey * 1E3	: Modulo elastico in direzione y moltiplicato per 10 al cubo
Ni.y	: Coefficiente di Poisson in direzione y
Alfa.y	: Coefficiente di dilatazione termica in direzione y
E11 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 1a colonna
E12 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 2a colonna
E13 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 1a riga - 3a colonna
E22 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 2a colonna
E23 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 2a riga - 3a colonna
E33 * 1E3	: Elemento della matrice elastica moltiplicato per 10 al cubo, 3a riga - 3a colonna

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

Nodo3d	: Numero del nodo spaziale
Coord.X	: Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Y	: Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale
Coord.Z	: Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale
Filo	: Numero del filo per individuare le travate in c.a.
Piano Sism.	: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo
Peso	: Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

Asta3d	: Numero dell'asta spaziale
Filo in.	: Numero del filo del nodo iniziale
Filo fin.	: Numero del filo del nodo finale
Q. iniz.	: Quota del nodo iniziale
Q. fin.	: Quota del nodo finale
Nod3d iniz.	: Numero del nodo iniziale
Nod3d fin.	: Numero del nodo finale
Cr. Pr.	: Numero del criterio di progetto per la verifica
Sez. N.ro	: Numero in archivio della sezione
Base x Alt	: Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le altre tipologie ingombro massimo della sezione
Magr.	: Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
Rot.	: Angolo di rotazione della sezione
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
dx	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dy	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
dz	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
Cri Geo	: Criterio geotecnico
Tipo Elemento	: Tipo elemento ai fini sismici:

Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato:

- "Secondario NTC18": si intende un elemento asta secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui vengono applicate le verifiche di duttilità.

- "NoGerarchia": si intende un elemento asta non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze (esempio aste meshate interne a pareti o piastre o travi inclinate)

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella vincoli nodali esterni:

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Codice** : Codice esplicito per la determinazione del vincolo:

I = incastro
C = cerniera completa
W = Winkler
E = esplicito
P = plinto
U = Vincolo unilatero

- **Tx** : Rigidezza traslante in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ty** : Rigidezza traslante in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Tz** : Rigidezza traslante in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rx** : Rigidezza rotazionale in direzione X sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Ry** : Rigidezza rotazionale in direzione Y sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)
- **Rz** : Rigidezza rotazionale in direzione Z sul sistema di riferimento locale del vincolo (-1 spostamento impedito)

SCOSTAMENTO PER I VINCOLI ELASTICI

- **Tr. X** : Scostamento in direzione X globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Y** : Scostamento in direzione Y globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Tr. Z** : Scostamento in direzione Z globale del sistema di riferimento locale del vincolo
- **Azim** : Angolo formato fra la proiezione dell'asse Z locale sul piano XY e l'asse X globale (azimut)
- **CoZe** : Angolo formato fra l'asse Z locale e l'asse Z globale (complemento allo zenit)
- **Ass.** : Rotazione attorno dell'asse Z locale del sistema di riferimento locale

ATTRIBUTO DI VERSO PER I VINCOLI UNILATERI

- **Tr. X** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione X
- **Tr. Y** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Y
- **Tr. Z** : Attributo sul verso dello spostamento impedito dal vincolo unilatero lungo la direzione Z
- **Rot.X** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore X
- **Rot.Y** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Y
- **Rot.Z** : Attributo sul verso della rotazione impedita dal vincolo unilatero lungo l'asse vettore Z

Gli attributi sul verso degli spostamenti e delle rotazioni possono assumere i seguenti valori:

1 = Impedisce gli spostamenti sia positivi che negativi
3 = Impedisce solo gli spostamenti positivi
5 = Impedisce solo gli spostamenti negativi

SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALL.SISMICA** : Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
- **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE									
PIATTI UNI					PIATTI UNI				
Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro	Sez. N.ro	Descrizione	b mm	s mm	Mat/Tip N.ro
933	T1	200,0	280,0	101	934	T2	200,0	200,0	101
935	T3	200,0	280,0	101	936	T4	240,0	240,0	101

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE														
CARATTERISTICHE STATICHE DEI PROFILI														
Sez. N.ro	U m2/m	P kg/m	A cmq	Ax cmq	Ay cmq	Jx cm4	Jy cm4	Jt cm4	Wx cm3	Wy cm3	Wt cm3	ix cm	iy cm	sver 1/cm
933	0,96	23,5	560,00	373,33	373,33	36586,7	18666,7	41664,0	2613,33	1866,67	3733,33	8,08	5,77	0,00
934	0,80	16,8	400,00	266,67	266,67	13333,3	13333,3	22560,0	1333,33	2666,67	1333,33	5,77	5,77	0,00
935	0,96	23,5	560,00	373,33	373,33	36586,7	18666,7	41664,0	2613,33	1866,67	3733,33	8,08	5,77	0,00
936	0,96	24,2	576,00	384,00	384,00	27648,0	27648,0	46780,4	2304,00	2304,00	4608,00	6,93	6,93	0,00

ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE							
DATI PER VERIFICHE EUROCODICE							
Sez. N.ro	Descrizione	Wx Plastico cm3	Wy Plastico cm3	Wt Plastico cm3	Ax Plastico cm2	Ay Plastico cm2	Iw cm6
933	T1	3920,00	2800,00	5600,00	560,00	560,00	0,0
934	T2	2000,00	2000,00	4000,00	400,00	400,00	0,0
935	T3	3920,00	2800,00	5600,00	560,00	560,00	0,0
936	T4	3456,00	3456,00	6912,00	576,00	576,00	0,0

CARATTERISTICHE MATERIALE LEGNO																			
CARATTERISTICHE DEL MATERIALE LEGNO LUNGO LA DIREZIONE DELL'ASTA																			
Mat. N.ro	Classifica zione del Legno	RESISTENZE					RESIST. Taglio			MODULI ELAST. NORMALI				MOD ELAST. TAGENZIALI				DENSITA'	
		Fl. fmk	Trazione ft0k	Compressio fc0k	Compressio fc90k	MPa	Aste fvk	XLAM fvk	Roto frk	Medio E0	Carat E0,05	Med E90	Caratt E90,05	Med G	Carat G,05	Roto Gr	RotCar Gr,05	Gamma Carat	Gamma Media
101	GL24h	24	19,2	0,5	24,0	2,5	3,5	1,2	11500	9600	300	250	650	540	65	54	385	420	2
																		0,80	200

ARCHIVIO MATERIALI PIASTRE: MATRICE ELASTICA													
Materiale N.ro	Densita' kg/mc	Ex/1E3 kg/cmq	Ni.x	Alfa.x (*1E5)	Ey/1E3 kg/cmq	Ni.y	Alfa.y (*1E5)	E11/1E3 kg/cmq	E12/1E3 kg/cmq	E13/1E3 kg/cmq	E22/1E3 kg/cmq	E23/1E3 kg/cmq	E33/1E3 kg/cmq
1	2500	285	0.20	0.00	285	0.20	0.00	296	59	0	296	0	119

COORDINATE DEI NODI								
IDENT.	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
Nodo3d N.ro	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,62	0,00	0,00	1	0	0,00	0,00	0,00
2	3,26	0,00	1,49	2	0	0,00	0,00	0,00
3	2,67	0,00	0,75	3	0	2,12	2,12	2,12
4	5,15	0,00	1,49	4	0	0,00	0,00	0,00
5	4,48	0,00	0,00	5	0	0,07	0,00	0,00
6	2,67	0,00	0,21	3	0	0,00	0,00	0,00
7	3,32	0,00	1,00	6	0	0,00	0,00	0,00
8	0,25	0,00	0,00	7	0	0,00	0,00	0,00
9	4,80	0,00	0,00	8	0	0,00	0,00	0,00
10	2,67	3,34	0,75	9	0	0,00	0,00	0,00
11	2,67	-3,97	0,75	10	0	0,00	0,00	0,00

DATI ASTE SPAZIALI																			
IDENTIFICAZIONE								GEOMETRIA				SCOST.INIZIALI			SCOST. FINALI				
Asta3d N.ro	Filo in.	Filo fin.	Q.iniz (m)	Q.fin. (m)	Nod3d iniz.	Nod3d fin.	Cr. Pr.	Sez. N.ro	Sigla Sezione	Magr. (cm)	Rot. Grd	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	dx (cm)	dy (cm)	dz (cm)	Cri Geo	Tipo Elemento ai fini sism.
1	1	3	0,00	0,75	1	3	1	933	T1	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
2	3	5	0,75	0,00	3	5	1	933	T1	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
3	3	9	0,75	0,75	3	10	1	936	T4	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
4	10	3	0,75	0,75	11	3	1	936	T4	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
5	3	3	0,75	0,21	3	6	3	934	T2	0	0	0	0	0	0	0	0		NoGerarchia Acciaio
6	1	5	0,00	0,00	1	5	1	935	T3	0	0	0	0	0	0	0	0		Trave telaio

VINCOLI E CEDIMENTI NODALI																			
IDENTIFIC.		RIGIDEZZE TRASLANTI			RIGIDEZZE ROTAZIONALI			SCOSTAMENTI					VERSO SPOSTAMENTI UNILATERI						
Nodo3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t'm	Ry t'm	Rz t'm	Tr.X cm	Tr.Y cm	Tr.Z cm	Azim Grd	CoZe Grd	Ass. Grd	Tr.X	Tr.Y	Tr.Z	RotX	RotY	RotZ
1	I	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0						
5	E	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0						
10	C	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
11	C	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						

VINCOLI INTERNI ASTE																
VINCOLO NODO INIZIALE								VINCOLO NODO FINALE								
IDENT.		RIGIDEZZE TRASLANTI			RIGIDEZZE ROTAZIONALI			RIGIDEZZE TRASLANTI			RIGIDEZZE ROTAZIONALI			COEFFICIENTI BETA		
Asta3d N.ro	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Cod ice	Tx t/m	Ty t/m	Tz t/m	Rx t*m	Ry t*m	Rz t*m	Beta X	Beta Y
1	I	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	INCASTR	E	INCASTR	INCASTR	INCASTR	LIBERO	INCASTR	INCASTR	1,00	1,00

CARICHI DISTRIBUITI ASTE									
CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 3					ALIQUOTA SISMICA: 100				
IDENT.	NODO INIZIALE				NODO FINALE				
Asta3d N.ro	Riferi mento	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Qx t/ml	Qy t/ml	Qz t/ml	Mt t*m/ml	Pretens t
3	0	0,000	0,000	-0,570	0,000	0,000	-1,050	0,000	0,00
4	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,570	0,000	0,00

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,30
	1,50
PERM + ACC	1,50

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
	1,00
PERM + ACC	1,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
PESO PROPRIO	1,00
	1,00
PERM + ACC	1,00

OUTPUT SOFTWARE DI CALCOLO

VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

Fili N.ro	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
Quota	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale
Tratto	: Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave
Cmb N.r	: Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti ($1.3 \cdot G1 + 1.5 \cdot G2$). Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:
N Sd	: Sforzo normale di calcolo
MxSd	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
MySd	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
VxSd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
VySd	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
T Sd	: Torsione di calcolo
N Rd	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
MxV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
MyV.Rd	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
VxplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
VyplRd	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse Y locale
T Rd	: Torsione resistente
fy rid	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
Rap %	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
Sez.N	: Numero di archivio della sezione
Ac	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
Qn	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
Asta	: Numerazione dell'asta

Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovrarresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

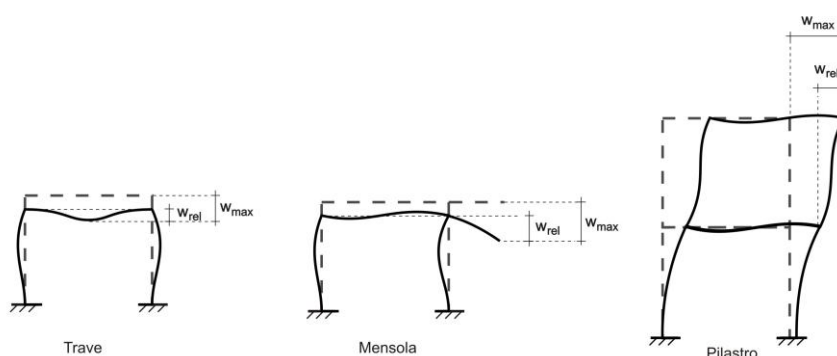
l	: Lunghezza della trave
$\beta \cdot l$	: Lunghezza libera di inflessione
clas.	: Classe di verifica della trave
ϵ	: $(235/f_y)^{(1/2)}$. Se il valore è maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state

effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).

Lmd	: Snellezza lambda
R%pf	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
R%ft	: Rapporto di verifica per l'instabilità flessio-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
Wmax	: Spostamento massimo
Wrel	: Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
Wlim	: Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti $W_{rel} \leq W_{lim}$, essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con $W_{max} > W_{lim}$.

Se:

Rap %	: 111 La sezione non verifica per taglio elevato
Rap %	: 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

N Rd $\rightarrow \sigma_n$	: Tensione normale dovuta a sforzo normale
MxV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_x}$	: Tensione normale dovuta a momento M_x
MyV.Rd $\rightarrow \sigma_{M_y}$	: Tensione normale dovuta a momento M_y
VxplRd $\rightarrow \tau_x$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_x
VyplRd $\rightarrow \tau_y$	: Tensione tangenziale dovuta a taglio T_y
T Rd $\rightarrow \tau_{M_t}$	: Tensione tangenziale da momento torcente
fy rid $\rightarrow$ Rapp. Fless	: Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno
Rap % $\rightarrow$ Rapp.Taglio	: Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente
clas. $\rightarrow$ KcC	: Coefficiente di instabilità di colonna ($K_{crit,c}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]
lmd $\rightarrow$ KcM	: Coefficiente di instabilità di trave ($K_{crit,m}$) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
R%pf $\rightarrow$ Rx	: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente

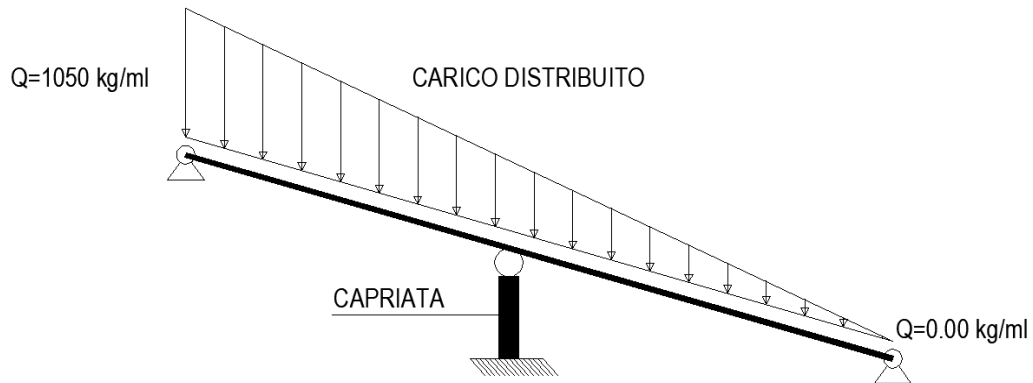
R%ft → Ry *Km è applicato al termine del momento Y*
: Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell'instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente Km è applicato al termine del momento X

Gli spostamenti Wmax e Wrel sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell'Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con U^P gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con U^Q quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

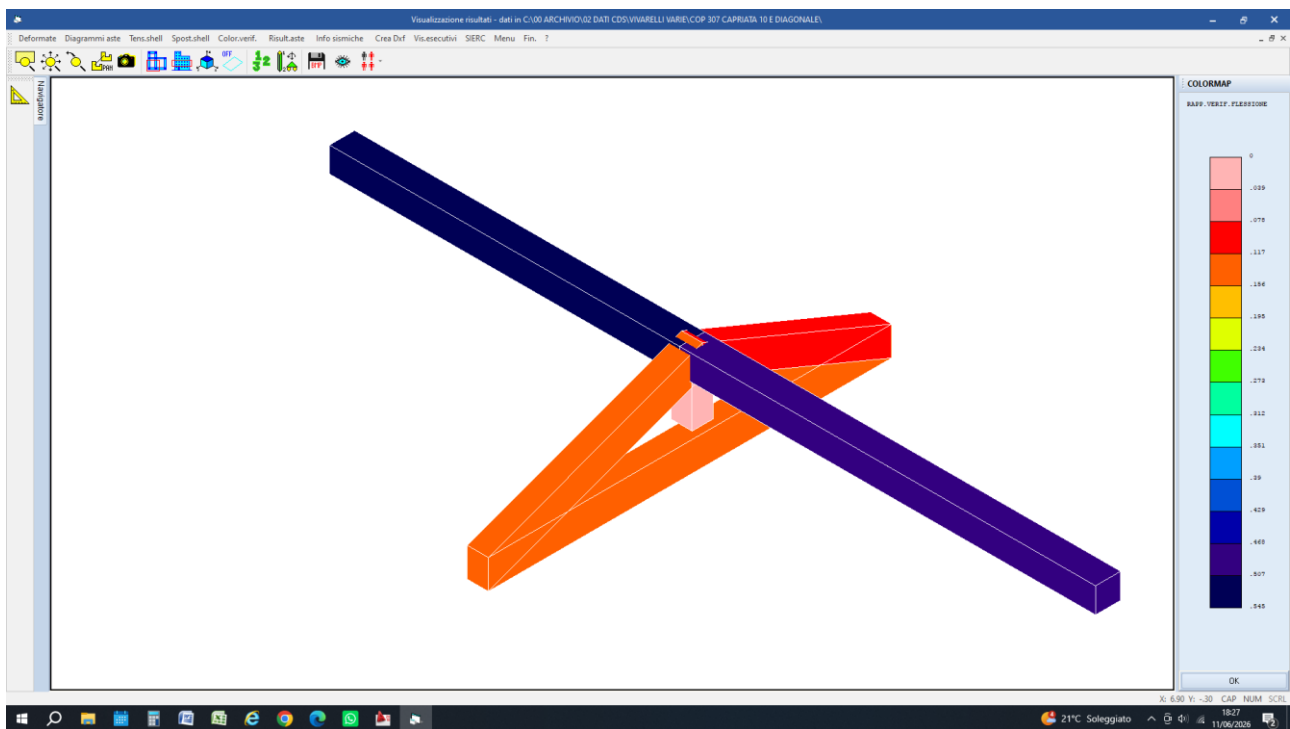
$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$

STAMPA PROGETTO S.L.U. - LEGNO + VERIFICA S.L.E.																		
VERIFICHE ASTE IN LEGNO																		
DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tratto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	σn	σMx	σMy (kg/cm²)	τx	τy	τMt	Rapp. Fless	Rapp. Taglio
Sez.N. 933	1	0,00	0	0	-5074	-230	77	107	137	13	9	9	4	0	0	0	0,12	0,07
T1	qn=	-22	0	0	-5062	-98	-40	107	105	13	9	4	2	0	0	0	0,06	0,06
Asta: 1	3	0,75	0	0	-5051	0	-157	107	74	13	9	0	8	0	0	0	0,09	0,05
Instab.:/=	218,3	β*=	218,3	0	-5074	-230	77	KcC= 0,96	KcM= 1,00	Rx= 0,22	Ry= 0,21	Wmax/rel/lim= 0,97		0,22	10,91	mm		
Sez.N. 933	3	0,75	0	0	-5110	0	-172	-131	-19	-14	9	0	9	0	0	0	0,10	0,05
T1	qn=	-22	0	0	-5122	-33	-40	-131	-47	-14	9	1	2	0	0	0	0,04	0,06
Asta: 2	5	0,00	0	0	-5133	-91	85	-131	-74	-14	9	3	5	0	0	0	0,08	0,06
Instab.:/=	195,9	β*=	195,9	0	-5110	0	-172	KcC= 0,97	KcM= 1,00	Rx= 0,17	Ry= 0,19	Wmax/rel/lim= 0,86		0,14	9,80	mm		
Sez.N. 936	3	0,75	0	0	-130	-1321	-2	-1	2277	0	0	57	0	0	6	0	0,55	0,42
T4	qn=	-834	0	0	-130	1173	-1	-1	-52	0	0	51	0	0	0	0	0,48	0,01
Asta: 3	9	0,75	0	0	-130	0	0	-1	-1887	0	0	0	0	0	5	0	0,00	0,35
Instab.:/=	334,0	β*=	233,8	0	-130	-1321	-2	KcC= 0,97	KcM= 1,00	Rx= 0,60	Ry= 0,42	Wmax/rel/lim= 4,68		4,24	16,70	mm		
Sez.N. 936	10	0,75	0	0	109	0	0	3	332	0	0	0	0	0	1	0	0,00	0,06
T4	qn=	-309	0	0	109	344	-5	3	-16	0	0	15	0	0	0	0	0,15	0,00
Asta: 4	3	0,75	0	0	109	-1176	-13	3	-1490	0	0	51	1	0	4	0	0,49	0,28
Instab.:/=	397,0	β*=	277,9	0	109	-1176	-13	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,54	Ry= 0,38	Wmax/rel/lim= 1,78		1,36	19,85	mm		
Sez.N. 934	3	0,75	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
T2	qn=	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Asta: 5	3	0,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
Instab.:/=	54,0	β*=	54,0	0	12	0	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,00	Ry= 0,00	Wmax/rel/lim= 0,83		0,77	2,70	mm		
Sez.N. 935	1	0,00	0	0	4714	-102	0	0	109	0	8	4	0	0	0	0	0,14	0,02
T3	qn=	-24	0	0	4714	92	0	0	-1	0	8	4	0	0	0	0	0,14	0,00
Asta: 6	5	0,00	0	0	4714	91	0	0	-9	0	8	3	0	0	0	0	0,14	0,00
Instab.:/=	386,0	β*=	386,0	0	4714	-102	0	KcC= 1,00	KcM= 1,00	Rx= 0,15	Ry= 0,14	Wmax/rel/lim= 0,26		0,26	19,30	mm		

SCHEMA DI CALCOLO



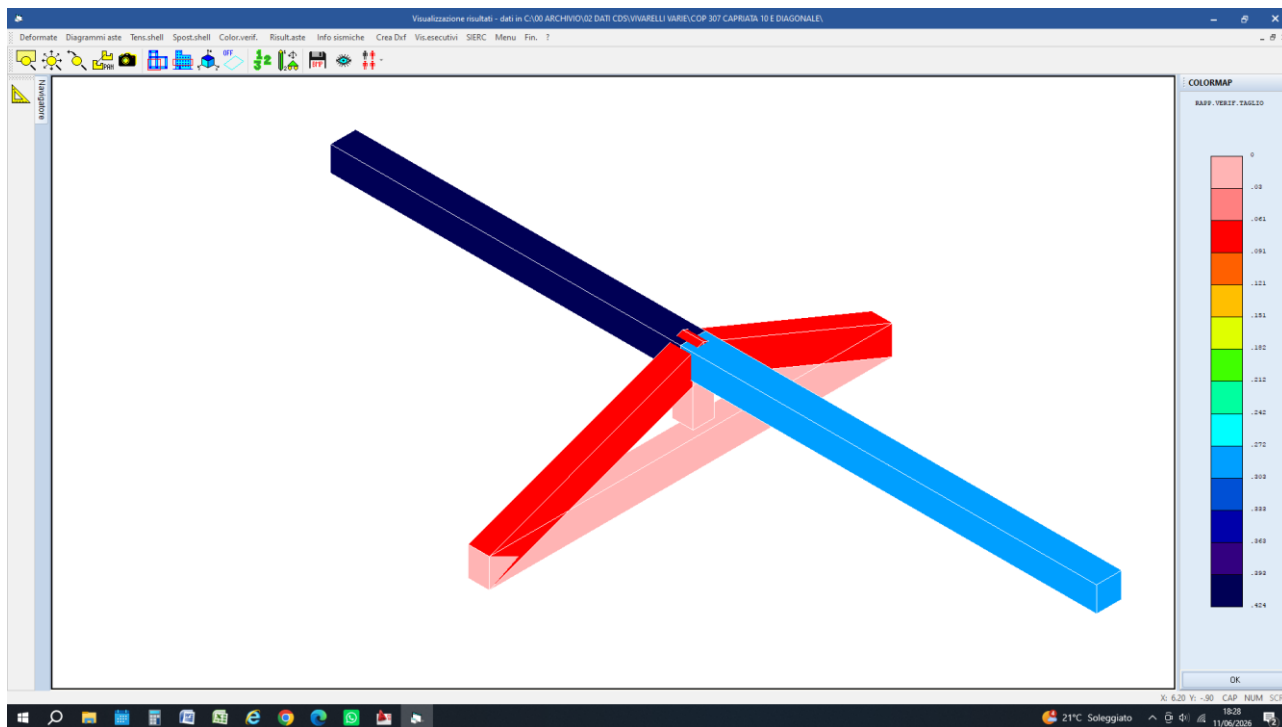
VERIFICA A FLESSIONE



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.545$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA A TAGLIO



Rapporto massimo di verifica $S_d / R_d = 0.424$

Essendo il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza minore di 1 la verifica risulta soddisfatta.

4.7.2 VERIFICA TRAVE SECONDARIA 16x18 COPERTURA 306

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	16,00	cm
Altezza della sezione	18,00	cm
Luce di calcolo	4,08	m
Interasse travi o larghezza di influenza	0,78	m
Carico permanente	115,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	GL24	
Flessione (f_m, k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (f_v, k)	2,70	N/mm ²
	27,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,60	Gpa
	116000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,72	
	7200,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	16,00	cm
H - Altezza della sezione	18,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	7776,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	864,00	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	14,40	kg/ml
Carico permanente	115,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	0,78	m
Peso proprio trave	14,40	kg/ml
Carico permanente distribuito	89,70	kg/ml
Carico accidentale distribuito	109,20	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	299,13	kg/ml
Luce di calcolo della trave	4,08	m
Momento flettente $M = P \times l^2 / 8$	622,43	kgm
Taglio $T = P \times l / 2$	610,23	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4.4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	72,04	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
Kmod (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE	0,90	

γ_M (Tab. 4,4,III) - **1.45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO**

$$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$$

$$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$$

Verifica a flessione (verifica se <1)

1,45

148,97 kg/cm²

16,76 kg/cm²

0,48 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$$

Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)

3,18

0,19 OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permanenti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi

0,78

m

Peso proprio trave

14,40

kg/ml

Carico permanente distribuito

89,70

kg/ml

P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)

135,33

kg/ml

Luce di calcolo della trave

4,08

m

Momento flettente M = P*I²/8

281,59

kgm

Taglio T = P*I/2

276,07

kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$$\sigma_{m,y,d} = \text{tensione a flessione} = M / W$$

32,59

kg/cm²

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) **0,6 PER CARICHI PERMANENTI**

0,60

γ_M

1,45

$$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$$

99,31

kg/cm²

$$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$$

11,17

kg/cm²

Verifica a flessione (verifica se <1)

0,33 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$$

Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)

1,44

0,13 OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA

104,10

kg/ml

Carico accidentale combinazione RARA

109,20

kg/ml

Carico di calcolo q

213,30

kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale

0,30

Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE

104,10

kg/ml

Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE

32,76

kg/ml

Carico di calcolo q

136,86

kg/ml

L - luce di calcolo

4,08

m

Modulo elastico E

116000,00

kg/cm²

Momento di inerzia J

7776,00

cm⁴

$$W_{ist} - \text{FRECCIA ISTANTANEA} = 5/385 * q * l^4 / (E * J) \text{ (q combinazione rara)}$$

0,85

cm

k_{def} (Tab, 4, 4, V)	0,60	
W'_{in} - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)	0,55	cm
$W_{creep} = W'_{in} * k_{def}$	0,33	cm
$W_{fin} = W'_{in} + W_{creep}$	0,87	cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{ist}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (<u>1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili</u>)	250,00	
Freccia ammissibile = L / C_i	1,63	
$W_{ist} / \text{Freccia ammissibile} < 1$	0,52	OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{fin}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (<u>1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili</u>)	200,00	
Freccia ammissibile = L / C_i	2,04	
$W_{fin} / \text{Freccia ammissibile} < 1$	0,43	OK

4.7.3 VERIFICA TRAVE SECONDARIA 16x18 COPERTURA 307

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	16,00	cm
Altezza della sezione	18,00	cm
Luce di calcolo	3,80	m
Interasse travi o larghezza di influenza	0,88	m
Carico permanente	115,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	GL24	
Flessione (f_m, k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (f_v, k)	2,70	N/mm ²
	27,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,60	Gpa
	116000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,72	
	7200,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	16,00	cm
H - Altezza della sezione	18,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	7776,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	864,00	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	14,40	kg/ml
Carico permanente	115,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	0,88	m
Peso proprio trave	14,40	kg/ml
Carico permanente distribuito	101,20	kg/ml
Carico accidentale distribuito	123,20	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	335,08	kg/ml
Luce di calcolo della trave	3,80	m
Momento flettente $M = P \times l^2 / 8$	604,82	kgm
Taglio $T = P \times l / 2$	636,65	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4.4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	70,00	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
Kmod (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE	0,90	

γ_M (Tab. 4,4,III) - **1.45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO**

$$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$$

$$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$$

Verifica a flessione (verifica se <1)

1,45

148,97 kg/cm²

16,76 kg/cm²

0,47 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$$

Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)

3,32

0,20 OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permanenti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi

0,88

m

Peso proprio trave

14,40

kg/ml

Carico permanente distribuito

101,20

kg/ml

P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)

150,28

kg/ml

Luce di calcolo della trave

3,80

m

Momento flettente M = P*I²/8

271,26

kgm

Taglio T = P*I/2

285,53

kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$$\sigma_{m,y,d} = \text{tensione a flessione} = M / W$$

31,40

kg/cm²

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) **0,6 PER CARICHI PERMANENTI**

0,60

γ_M

1,45

$$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$$

99,31

kg/cm²

$$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$$

11,17

kg/cm²

Verifica a flessione (verifica se <1)

0,32 OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$$

Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)

1,49

0,13 OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA

115,60

kg/ml

Carico accidentale combinazione RARA

123,20

kg/ml

Carico di calcolo q

238,80

kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale

0,30

Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE

115,60

kg/ml

Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE

36,96

kg/ml

Carico di calcolo q

152,56

kg/ml

L - luce di calcolo

3,80

m

Modulo elastico E

116000,00

kg/cm²

Momento di inerzia J

7776,00

cm⁴

$$W_{ist} - \text{FRECCIA ISTANTANEA} = 5/385 * q * l^4 / (E * J) \text{ (q combinazione rara)}$$

0,72

cm

k_{def} (Tab, 4, 4, V)	0,60	
W'_{in} - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)	0,46	cm
$W_{creep} = W'_{in} * k_{def}$	0,28	cm
$W_{fin} = W'_{in} + W_{creep}$	0,73	cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{ist}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (<u>1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili</u>)	250,00	
Freccia ammissibile = L / C_i	1,52	
$W_{ist} / \text{Freccia ammissibile} < 1$	0,47	OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{fin}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (<u>1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili</u>)	200,00	
Freccia ammissibile = L / C_i	1,90	
$W_{fin} / \text{Freccia ammissibile} < 1$	0,39	OK

4.8 VERIFICA TAVOLATO COPERTURE

DIMENSIONI GEOMETRICHE		
Base della sezione	100,00	cm
Altezza della sezione	6,00	cm
Luce di calcolo	1,60	m
Interasse travi o larghezza di influenza	1,00	m
Carico permanente	100,00	kg/mq
Carico accidentale (ABITAZIONE)	140,00	kg/mq
CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE - UNI EN1194 - UNI EN338		
Tipo di legno	C24	
Flessione (f_m, k)	24,00	N/mm ²
	240,00	kg/cm ²
Taglio (f_v, k)	2,50	N/mm ²
	25,00	kg/cm ²
E - Modulo elastico a flessione	11,00	Gpa
	110000,00	kg/cm ²
G - Modulo elastico a taglio	0,69	
	6900,00	kg/cm ²
CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE DI VERIFICA		
B - Base della sezione	100,00	cm
H - Altezza della sezione	6,00	cm
J = Momento di inerzia della sezione = $B \times H^3 / 12$	1800,00	cm ⁴
W = Modulo resistente della sezione - $W = B \times H^2 / 6$	600,00	cm ³
ANALISI DEI CARICHI		
Peso proprio trave	30,00	kg/ml
Carico permanente	100,00	kg/mq
Carico accidentale	140,00	kg/mq
VERIFICHE STATI LIMITE ULTIMI - SLU		
COMBINAZIONE DI CARICO 1 -P.P. + permanenti + accidentali		
SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE		
Interasse delle travi	1,00	m
Peso proprio trave	30,00	kg/ml
Carico permanente distribuito	100,00	kg/ml
Carico accidentale distribuito	140,00	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2018 Par. 2.5.3)	379,00	kg/ml
Luce di calcolo della trave	1,60	m
Momento flettente M = $P \times l^2 / 8$	121,28	kgm
Taglio T = $P \times l / 2$	303,20	kg
VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)		
$\sigma_{m,y,d}$ = tensione a flessione = M / W	20,21	kg/cm ²
Calcolo resistenza del materiale di progetto		
Kmod (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,8 PER CARICO ABITAZIONI; 0,9 PER CARICO NEVE		0,90

γ_M (Tab. 4,4,III) - 1.45 PER LEGNO LAMELLARE ; 1,50 PER LEGNO MASSICCIO	1,50	
$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	144,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	15,00	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,14	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$	0,76	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,05	OK

COMBINAZIONE DI CARICO 2 - P.P. + permaneti

SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE

Interasse delle travi	1,00	m
Peso proprio trave	30,00	kg/ml
Carico permanente distribuito	100,00	kg/ml
P - Carico TOTALE per combinazione SLU (NTC2008 Par. 2.5.3)	169,00	kg/ml
Luce di calcolo della trave	1,60	m
Momento flettente M = P*I²/8	54,08	kgm
Taglio T = P*I/2	135,20	kg

VERIFICA A FLESSIONE (NTC2018 Par.4,4,8,1,6)

$\sigma_{m,y,d} = \text{tensione a flessione} = M / W$	9,01	kg/cm ²
--	------	--------------------

Calcolo resistenza del materiale di progetto

K_{mod} (carico accidentale - Tab. 4,4,IV) 0,6 PER CARICHI PERMANENTI	0,60	
γ_M	1,50	
$f_{m,y,d} = K_{mod} * f_{m,y,k} / \gamma_M$	96,00	kg/cm ²
$f_{v,d} = K_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M$	10,00	kg/cm ²
Verifica a flessione (verifica se <1)	0,09	OK

VERIFICA A TAGLIO (NTC2018 Par.4,4,8,1,9)

$\tau_d = \text{tensione tangenziale} = 1,5 * (T / A)$	0,34	
Verifica ($\tau_d / f_{v,d} < 1$)	0,03	OK

VERICHE STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE - DEFORMABILITA' CNR DT 206-R1/2018

COMBINAZIONE RARA - carico di calcolo

Peso proprio + carico permanente combinazione RARA	130,00	kg/ml
Carico accidentale combinazione RARA	140,00	kg/ml
Carico di calcolo q	270,00	kg/ml

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE - carico di calcolo

Coeff ψ_2 - (NTC2018 Tab. 2,5,1) per carico accidentale	0,00	
Peso proprio + carico permanente combinazione QUASI PERMANENTE	130,00	kg/ml
Carico accidentale combinazione QUASI PERMANENTE	0,00	kg/ml
Carico di calcolo q	130,00	kg/ml

L - luce di calcolo	1,60	m
Modulo elastico E	110000,00	kg/cm ²
Momento di inerzia J	1800,00	cm ⁴

Wist - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione rara)	0,12	cm
kdef (Tab.4,4,V)	0,60	

$W'in$ - FRECCIA ISTANTANEA = $5/385 * q * l^4 / (E * J)$ (q combinazione quasi permanente)

0,06 cm

$W_{creep} = W'in * k_{def}$

0,03 cm

$W_{fin} = W'in + W_{creep}$

0,09 cm

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{ist}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

250,00

Freccia ammissibile = L / C_i

0,64

$W_{ist} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,18

OK

VERIFICA LIMITAZIONE FRECCIA W_{fin}

C_i - coefficiente per FRECCIA LIMITE ISTANTANEA (1/250 coperture, 1/300 coperture praticabili, 1/300 per solai, 1/350 solai con finiture fragili)

200,00

Freccia ammissibile = L / C_i

0,80

$W_{fin} / \text{Freccia ammissibile} < 1$

0,11

OK

4.9 VERIFICA STRUTTURE PORTA CONTROSOFFITTI BAGNI PALESTRA E SPOGLAITOI

4.9.1 VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO APPOGGIO DEL CONTROSOFFITTO BAGNI

CARATTERISTICHE DELLA TRAVE

Lunghezza trave	11,40	[m]
Interasse travi	0,75	[m]
Peso lineare della trave	15,80	[kg/m]

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE ACCIAIO

Tipo di sezione in acciaio		IPE160	
Momento di inerzia	J	869,30	[cm ⁴]
Modulo elastico acciaio	E	2100000,00	[kg/cm ²]
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	2750,00	[kg/cm ²]
Modulo di resistenza elastico/plastico	W	85,07	[cm ³]
Coefficiente di sicurezza	γ _{M0}	1,05	

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Carico permanente	G2	25,00	[kg/mq]
Carico accidentale	Q	0,00	[kg/mq]

CARICO DISTRIBUITO SULLA TRAVE - SLU

Peso proprio SLU	G1	23,70	[kg/ml]
Carico permanente SLU	G2	28,13	[kg/ml]
Carico accidentale SLU	Q	0,00	[kg/ml]
Totale carico SLU		51,83	[kg/ml]

CARICO DISTRIBUITO SULLA TRAVE - SLE

Peso proprio SLE	G1	15,80	[kg/ml]
Carico permanente SLE	G2	18,75	[kg/ml]
Carico accidentale SLE	Q	0,00	[kg/ml]
Totale carico SLE		34,55	[kg/ml]

VERIFICA DI RESISTENZA STATO LIMITE ULTIMO - FLESSIONE

Momento flettente di progetto M _{Ed} (P*L*L/8)	Med	841,90	[kgm]
Momento flettente di progetto M _{Ed}	Med	84189,71	[kgcm]
Momento resistente (NTC2008 - formula 4,2,13)	M _{pl,Rd}	222802,38	[kgcm]
Med/M _{pl,Rd} (verifica se minore di 1)		0,38	OK

VERIFICA DI RESISTENZA STATO LIMITE ULTIMO - TAGLIO

Taglio di progetto (p*L/2)	Ved	295,40	[kg]
Altezza anima resistente a taglio		18,00	[cm]
Spessore anima resistente a taglio		0,60	[cm]

Area sezione resistente a taglio A_v

10,80 [cmq]

Taglio resistente (NTC2008 - formula 4,2,18 ntc2008)

V_c, R_d 16331,24 [kg]

$V_{ed}/V_c, R_d$ (verifica se minore di 1)

0,02 OK

VERIFICA STATO LIMITE DI ESERCIZIO - DEFORMABILITA'

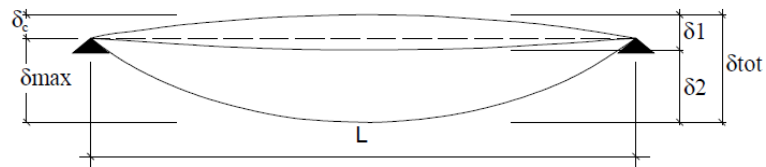


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_c la montatura iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della montatura iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$.

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.		

DEFORMAZIONE TOTALE

Deformazione massima di progetto SLE

δ_{max} 4,16 cm

Deformazione limite - Tab. 4,2,X

$L/250$ 4,56 cm

Verifica di deformabilità (verifica se minore di 1)

0,91 OK

DEFORMAZIONE DOVUTA AI SOLI CARICHI VARIABILI

Deformazione di progetto SLE

δ_2 0,00 cm

Deformazione limite - Tab. 4,2,X

$L/300$ 3,80 cm

Verifica di deformabilità (verifica se minore di 1)

0,00 OK

4.9.2 VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO APPOGGIO DEL CONTROSOFFITTO PALESTRA

CARATTERISTICHE DELLA TRAVE

Lunghezza trave	7,95	[m]
Interasse travi	0,75	[m]
Peso lineare della trave	12,90	[kg/m]

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE ACCIAIO

Tipo di sezione in acciaio		IPE160	
Momento di inerzia	J	541,20	[cm ⁴]
Modulo elastico acciaio	E	2100000,00	[kg/cm ²]
Tensione caratteristica di snervamento	fyk	2750,00	[kg/cm ²]
Modulo di resistenza elastico/plastico	W	77,32	[cm ³]
Coefficiente di sicurezza	YMO	1,05	

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Carico permanente	G2	25,00	[kg/mq]
Carico accidentale	Q	0,00	[kg/mq]

CARICO DISTRIBUITO SULLA TRAVE - SLU

Peso proprio SLU	G1	19,35	[kg/ml]
Carico permanente SLU	G2	28,13	[kg/ml]
Carico accidentale SLU	Q	0,00	[kg/ml]
Totale carico SLU		47,48	[kg/ml]

CARICO DISTRIBUITO SULLA TRAVE - SLE

Peso proprio SLE	G1	12,90	[kg/ml]
Carico permanente SLE	G2	18,75	[kg/ml]
Carico accidentale SLE	Q	0,00	[kg/ml]
Totale carico SLE		31,65	[kg/ml]

VERIFICA DI RESISTENZA STATO LIMITE ULTIMO - FLESSIONE

Momento flettente di progetto M Ed (P*L*L/8)	Med	375,07	[kgm]
Momento flettente di progetto M Ed	Med	37506,73	[kgcm]
Momento resistente (NTC2008 - formula 4,2,13)	Mpl,Rd	202504,76	[kgcm]
Med/Mpl,Rd (verifica se minore di 1)		0,19	OK

VERIFICA DI RESISTENZA STATO LIMITE ULTIMO - TAGLIO

Taglio di progetto (p*L/2)	Ved	188,71	[kg]
Altezza anima resistente a taglio		18,00	[cm]
Spessore anima resistente a taglio		0,60	[cm]
Area sezione resistente a taglio Av		10,80	[cm ²]
Taglio resistente (NTC2008 - formula 4,2,18 ntc2008)	Vc,Rd	16331,24	[kg]
Ved/Vc,Rd (verifica se minore di 1)		0,01	OK

VERIFICA STATO LIMITE DI ESERCIZIO - DEFORMABILITA'

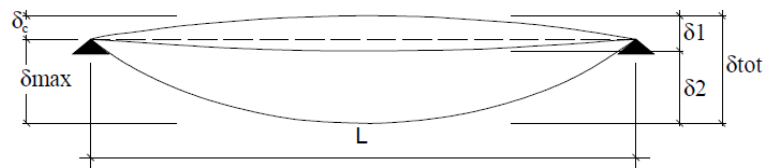


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

- δ_C la monta iniziale della trave,
- δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,
- δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,
- δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$.

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
<i>In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.</i>		

DEFORMAZIONE TOTALE

Deformazione massima di progetto SLE

δ_{max} 1,45 cm

Deformazione limite - Tab. 4,2,X

$L/250$ 3,18 cm

Verifica di deformabilità (verifica se minore di 1)

0,45 OK

DEFORMAZIONE DOVUTA AI SOLI CARICHI VARIABILI

Deformazione di progetto SLE

δ_2 0,00 cm

Deformazione limite - Tab. 4,2,X

$L/300$ 2,65 cm

Verifica di deformabilità (verifica se minore di 1)

0,00 OK

4.9.3 VERIFICA TRAVE IN ACCIAIO APPOGGIO DEL CONTROSOFFITTO SPOGLIATOI

CARATTERISTICHE DELLA TRAVE

Lunghezza trave	4,07	[m]
Interasse travi	1,00	[m]
Peso lineare della trave	8,10	[kg/m]

CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE ACCIAIO

Tipo di sezione in acciaio	IPE100	
Momento di inerzia	J	171,00 [cm ⁴]
Modulo elastico acciaio	E	2100000,00 [kg/cm ²]
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	2750,00 [kg/cm ²]
Modulo di resistenza elastico/plastico	W	34,20 [cm ³]
Coefficiente di sicurezza	YMO	1,05

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Carico permanente	G2	25,00	[kg/mq]
Carico accidentale	Q	0,00	[kg/mq]

CARICO DISTRIBUITO SULLA TRAVE - SLU

Peso proprio SLU	G1	12,15	[kg/ml]
Carico permanente SLU	G2	37,50	[kg/ml]
Carico accidentale SLU	Q	0,00	[kg/ml]
Totale carico SLU		49,65	[kg/ml]

CARICO DISTRIBUITO SULLA TRAVE - SLE

Peso proprio SLE	G1	8,10	[kg/ml]
Carico permanente SLE	G2	25,00	[kg/ml]
Carico accidentale SLE	Q	0,00	[kg/ml]
Totale carico SLE		33,10	[kg/ml]

VERIFICA DI RESISTENZA STATO LIMITE ULTIMO - FLESSIONE

Momento flettente di progetto M Ed (P*L*L/8)	Med	102,81	[kgm]
Momento flettente di progetto M Ed	Med	10280,59	[kgcm]
Momento resistente (NTC2008 - formula 4,2,13)	Mpl,Rd	89571,43	[kgcm]
Med/Mpl,Rd (verifica se minore di 1)		0,11	OK

VERIFICA DI RESISTENZA STATO LIMITE ULTIMO - TAGLIO

Taglio di progetto (p*L/2)	Ved	101,04	[kg]
Altezza anima resistente a taglio		18,00	[cm]
Spessore anima resistente a taglio		0,60	[cm]
Area sezione resistente a taglio Av		10,80	[cm ²]
Taglio resistente (NTC2008 - formula 4,2,18 ntc2008)	Vc,Rd	16331,24	[kg]
Ved/Vc,Rd (verifica se minore di 1)		0,01	OK

VERIFICA STATO LIMITE DI ESERCIZIO - DEFORMABILITA'

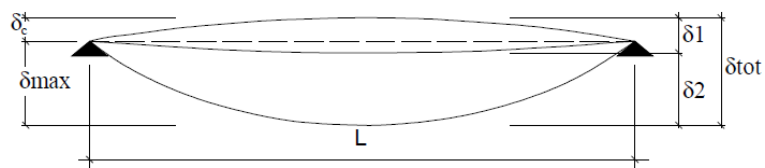


Figura 4.2.1 - Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_C la pendenza iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della pendenza iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$.

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.		

DEFORMAZIONE TOTALE

Deformazione massima di progetto SLE

δ_{max} 0,33 cm

Deformazione limite - Tab. 4,2,X

$L/250$ 1,63 cm

Verifica di deformabilità (verifica se minore di 1)

0,20 OK

DEFORMAZIONE DOVUTA AI SOLI CARICHI VARIABILI

Deformazione di progetto SLE

δ_2 0,00 cm

Deformazione limite - Tab. 4,2,X

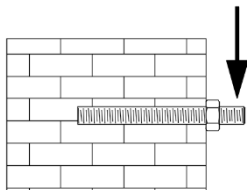
$L/300$ 1,36 cm

Verifica di deformabilità (verifica se minore di 1)

0,00 OK

4.9.4 VERIFICA APPOGGI DELLE TRAVI DEL CONTROSOFFITTO ALLA MURATURA ESISTENTE – BAGNI

RESISTENZA A TAGLIO ANCORAGGI SU MURATURA



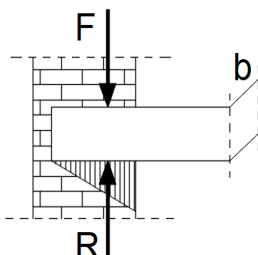
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELL'ACCIAIO DEL TIRAFONDO

Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio del tirafondo	f_{yk}	2350,00	kg/cm ²
Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio del tirafondo	f_{uk}	3550,00	kg/cm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ_{M0}	1,05	

VERIFICA DI RESISTENZA DELLA MURATURA

α		1,00	
Diametro del singolo tirafondo	d	12,00	mm
Area del tirafondo	A_s	1,13	cm ²
Resistenza media a compressione della muratura (maggiorata con coefficienti correttivi) NTC2018 Tab C8.5.I e Tab C8.5.II	f_m	3,60	N/mm ²
Fattore di Confidenza per strutture esistenti (LC1 FC=1,35 LC2 FC=1,20 LC3 FC=1,00)	FC	1,35	
Coefficiente di sicurezza della muratura	γ_m	1,25	
Resistenza di progetto a compressione della muratura	f_{ed}	2,13	N/mm ²
Modulo elastico della muratura	E_{cm}	1800,00	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza per la verifica a taglio	γ_v	1,25	
Resistenza a taglio del piolo per rottura del calcestruzzo	$V_{rd} = (0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm})^{0.5} / \gamma_v) \cdot 0,10$	207,02	Kg
Forza di taglio massimasul nodo		800,00	kg
Numero di ancoraggi	n°	8,00	
Forza di taglio di progetto sul singolo ancoraggio	$V_{ed} = V / n^\circ$	100,00	kg
Stringa di verifica	V_{ed} / V_{rd}	0,48	OK

VERIFICA DELLA PRESSIONE DI APPOGGIO SULLA MURATURA



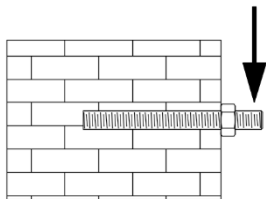
forza di taglio sul singolo ancoraggio	V_{ed}	100,00	kg
Larghezza dell'ancoraggio (diametro)	b	1,20	cm
Resistenza di progetto a compressione della muratura	$f_d = f_m / \gamma_m$	21,33	kg/cm ²
Lunghezza di appoggio necessaria (imponendo equilibrio carico triangolare $F=R$)	$L_{rd} = 2V_{ed} / (f_d * b)$	7,81	cm
Lunghezza di progetto	L_{ed}	20,00	cm
STRINGA DI VERIFICA	L_{ed} / L_{rd}	0,39	OK

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DEL TIRAFONDO

Forza di taglio sul singolo tirafondo	V_{ed}	100,00	kg
Forza di taglio resistente del tirafondo	$V_{rd} = (0,5 * f_{uk} * A_s) / \gamma_{M0}$	1910,91	kg
STRINGA DI VERIFICA	V_{ed} / V_{rd}	0,05	OK

4.9.5 VERIFICA APPOGGI DELLE TRAVI DEL CONTROSOFFITTO ALLA MURATURA ESISTENTE PALESTRA

RESISTENZA A TAGLIO ANCORAGGI SU MURATURA



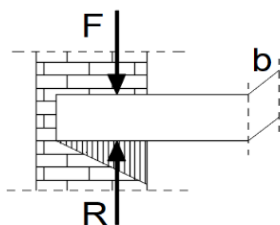
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELL'ACCIAIO DEL TIRAFONDO

Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio del tirafondo	f_{yk}	2350,00	kg/cm ²
Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio del tirafondo	f_{uk}	3550,00	kg/cm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ_{M0}	1,05	

VERIFICA DI RESISTENZA DELLA MURATURA

α		1,00	
Diametro del singolo tirafondo	d	12,00	mm
Area del tirafondo	A_s	1,13	cm ²
Resistenza media a compressione della muratura (maggiorata con coefficienti correttivi) NTC2018 Tab C8.5.I e Tab C8.5.II	f_m	6,00	N/mm ²
Fattore di Confidenza per strutture esistenti (LC1 FC=1,35 LC2 FC=1,20 LC3 FC=1,00)	FC	1,00	
Coefficiente di sicurezza della muratura	γ_m	1,25	
Resistenza di progetto a compressione della muratura	f_{ed}	4,80	N/mm ²
Modulo elastico della muratura	E_{cm}	1800,00	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza per la verifica a taglio	γ_v	1,25	
Resistenza a taglio del piolo per rottura del calcestruzzo	$V_{rd} = (0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm}) \cdot 0,5 / \gamma_v) \cdot 0,10$	310,53	Kg
Forza di taglio massimasul nodo		167,00	kg
Numero di ancoraggi	n°	4,00	
Forza di taglio di progetto sul singolo ancoraggio	$V_{ed} = V / n^\circ$	41,75	kg
Stringa di verifica	V_{ed} / V_{rd}	0,13	OK

VERIFICA DELLA PRESSIONE DI APPOGGIO SULLA MURATURA



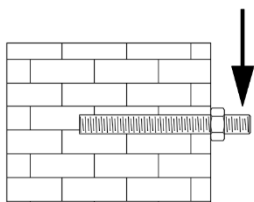
forza di taglio sul singolo ancoraggio	V_{ed}	41,75	kg
Larghezza dell'ancoraggio (diametro)	b	1,20	cm
Resistenza di progetto a compressione della muratura	$f_d = f_m / \gamma_m$	48,00	kg/cm ²
Lunghezza di appoggio necessaria (imponendo equilibrio carico triangolare $F=R$)	$L_{rd} = 2V_{ed} / (f_d * b)$	1,45	cm
Lunghezza di progetto	L_{ed}	20,00	cm
STRINGA DI VERIFICA	L_{ed} / L_{rd}	0,07	OK

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DEL TIRAFONDO

Forza di taglio sul singolo tirafondo	V_{ed}	41,75	kg
Forza di taglio resistente del tirafondo	$V_{rd} = (0,5 * f_{uk} * A_s) / \gamma_{M0}$	1910,91	kg
STRINGA DI VERIFICA	V_{ed} / V_{rd}	0,02	OK

4.9.6 VERIFICA APPOGGI DELLE TRAVI DEL CONTROSOFFITTO ALLA MURATURA ESISTENTE – SPOGLIATOI

RESISTENZA A TAGLIO ANCORAGGI SU MURATURA



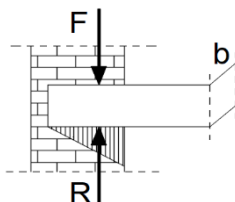
CARATTERISTICHE MECCANICHE DELL'ACCIAIO DEL TIRAFONDO

Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio del tirafondo	f_{yk}	2350,00	kg/cm ²
Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio del tirafondo	f_{uk}	3550,00	kg/cm ²
Coefficiente di sicurezza dell'acciaio	γ_{M0}	1,05	

VERIFICA DI RESISTENZA DELLA MURATURA

α		1,00	
Diametro del singolo tirafondo	d	12,00	mm
Area del tirafondo	A_s	1,13	cm ²
Resistenza media a compressione della muratura (maggiorata con coefficienti correttivi) NTC2018 Tab C8.5.I e Tab C8.5.II	f_m	3,60	N/mm ²
Fattore di Confidenza per strutture esistenti (LC1 FC=1,35 LC2 FC=1,20 LC3 FC=1,00)	FC	1,35	
Coefficiente di sicurezza della muratura	γ_m	1,25	
Resistenza di progetto a compressione della muratura	f_{ed}	2,13	N/mm ²
Modulo elastico della muratura	E_{cm}	1800,00	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza per la verifica a taglio	γ_v	1,25	
Resistenza a taglio del piolo per rottura del calcestruzzo	$V_{rd} = (0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm})^{1/3} \cdot 0,5 / \gamma_v) \cdot 0,10$	207,02	Kg
Forza di taglio massimasul nodo		167,00	kg
Numero di ancoraggi	n°	4,00	
Forza di taglio di progetto sul singolo ancoraggio	$V_{ed} = V / n^\circ$	41,75	kg
Stringa di verifica	V_{ed} / V_{rd}	0,20	OK

VERIFICA DELLA PRESSIONE DI APPOGGIO SULLA MURATURA



forza di taglio sul singolo ancoraggio	V_{ed}	41,75	kg
Larghezza dell'ancoraggio (diametro)	b	1,20	cm
Resistenza di progetto a compressione della muratura	$f_d = f_m / \gamma_m$	21,33	kg/cm ²
Lunghezza di appoggio necessaria (imponendo equilibrio carico triangolare $F=R$)	$L_{rd} = 2V_{ed} / (f_d * b)$	3,26	cm
Lunghezza di progetto	L_{ed}	20,00	cm
STRINGA DI VERIFICA	L_{ed} / L_{rd}	0,16	OK

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DEL TIRAFONDO

Forza di taglio sul singolo tirafondo	V_{ed}	41,75	kg
Forza di taglio resistente del tirafondo	$V_{rd} = (0,5 * f_{uk} * A_s) / \gamma_{M0}$	1910,91	kg
STRINGA DI VERIFICA	V_{ed} / V_{rd}	0,02	OK