Comune di: VIMODRONE
Provincia di: Città Metropolitana di Milano

RELAZIONE DI CALCOLO

OGGETTO: INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE STRADE E DEI MARCIAPIEDI COMUNALI ANNO 2021
PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO
REALIZZAZIONE DELLA PASSERELLA CICLOPEDONALE SUL CANALE "IDROSCALO 2"

COMMITTENTE: Comune di Vimodrone

Almè, 14/07/2022

IL PROGETTISTA
Ing. Marco ZAMBELLI
Ordine Ingegneri BG n° 2455

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROV. BERGAMO
DOTTORE INGEGNERE MARCO ZAMBELLI ALBO N° 2455

STUDIO DI INGEGNERIA
Dott. Ing. Marco Zambelli
Via Campofiori, 66
24011 Almè (BG)
035/544371 – 339/7979281
mz.engineering@tin.it – marco.zambelli@ingpec.eu

RELAZIONE di CALCOLO

PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO

REALIZZAZIONE DELLA PASSERELLA CICLOPEDONALE SUL CANALE "IDROSCALO 2"

1. INTRODUZIONE

Il sottoscritto Ing. Marco Zambelli, con studio a Almè (BG) in Via Campofiori n. 66, iscritto all'ordine degli Ingegneri della provincia di Bergamo al n. 2455, a seguito dell'incarico ricevuto dal Comune di Vimodrone nell'ambito dell'intervento relativo ai "*Lavori di Manutenzione straordinaria delle strade e dei marciapiedi comunali anno 2021*", ha progettato un nuovo ponte ciclopedonale in acciaio ossidato con travi principali costituite da profili commerciali, soletta di calpestio costituita da lamiera grecata e getto di calcestruzzo e parapetto costituito da lame in acciaio corten a sezione variabile.
Lo scrivente ha redatto la presente Relazione Tecnica relativa alla verifica della sicurezza statica e sismica delle opere di sostegno ai sensi della normativa vigente. Inoltre ai sensi del D.g.r. 30 Marzo 2016 la presente relazione di calcolo contiene anche la relazione sui materiali impiegati, il fascicolo dei calcoli delle strutture portanti e la relazione sulle opere di fondazione.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La struttura in oggetto consta nella realizzazione di un nuovo ponte ciclopedonale di lunghezza pari a circa 10.50 ml e di 3.50 ml di larghezza, realizzato con profili in acciaio ossidato tipo S355 ed in particolare travi principali HEA450, travi secondarie HEA140 e montanti realizzati da lame in acciaio corten a sezione variabile lungo l'intero sviluppo del ponte collegate fra loro da corrimano in tubolare φ50mm. La soletta di calpestio invece è realizzata con lamiera grecata collaborante tipo HI-BOND di spessore pari a 11cm.

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Immagine aerea – Ortofoto dell'area dell'intervento

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura progettata sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

- **Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)
  "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

- **Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)
  "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
  Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

- **D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)
  "Norme tecniche per le Costruzioni"

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)
  "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

- **Eurocodici** approvati dal Comitato Europeo di Normazione in forma di Euro Norma (EN).

- **Appendice nazionali Eurocodici** approvata dal consiglio superiore dei LLPP in data 24/09/2010 e 25/02/2011.

- **D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42 - Suppl. Ord.) Aggiornamento "Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.) "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

4. MATERIALI UTILIZZATI

Sono stati utilizzati i seguenti materiali:

Calcestruzzo classe di resistenza C25/30

Resistenza cubica a compressione	Rck = 300 daN/cmq
Resistenza cilindrica a compressione	fck = 250 daN/cmq
Resistenza di calcolo (SLU)	fcd = 141,7 daN/cmq

Acciaio per C.A. tipo B 450C

Tensione caratteristica di snervamento	fyk = 4500 daN/cmq
Tensione caratteristica di rottura	ftk = 5400 daN/cmq
Resistenza di calcolo (SLU)	fyd = 3913 daN/cmq

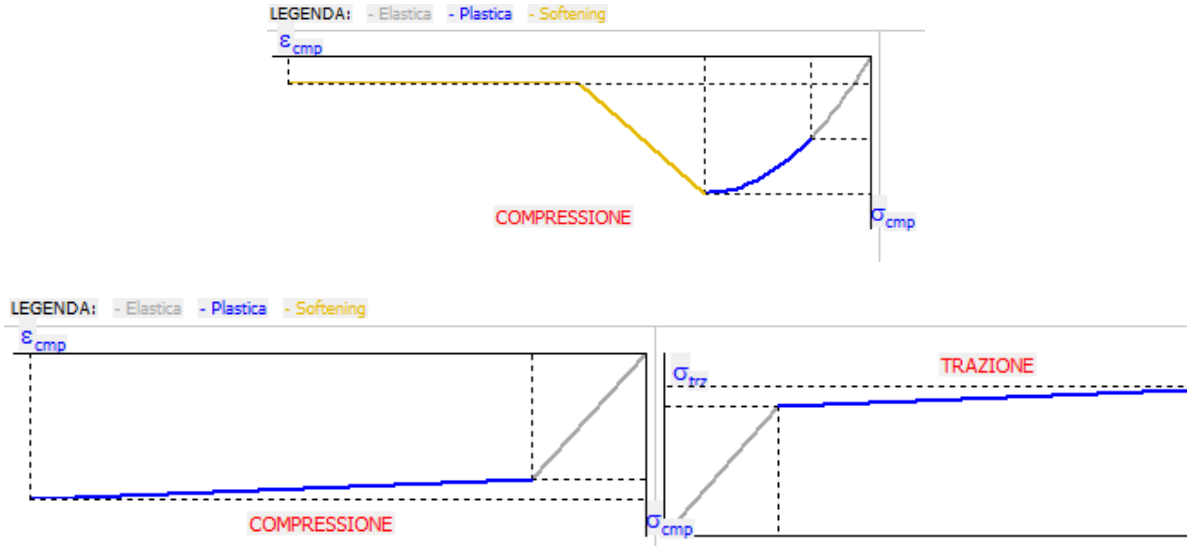
DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Acciaio per carpenterie tipo S355

Tensione caratteristica di snervamento	fyk = 3550 daN/cmq
Tensione caratteristica di rottura	ftk = 5100 daN/cmq

5. DEFINIZIONE PARAMETRI MECCANICI

Nelle verifiche condotte, in aderenza alle NTC 2018, si è utilizzata la metodologia di verifica agli Stati Limite. Si sono pertanto impiegati i legami costitutivi classici della Tecnica delle Costruzioni per la caratterizzazione del comportamento del conglomerato cementizio e dell'acciaio, ed in particolare per il primo l'uso di un legame parabola rettangolo sino ad una deformazione ultima del 3,5 per mille mentre per il secondo un legame elastico perfettamente plastico fino alla deformazione ultima del 10 per mille così come riportato nella figura seguente.



Legami costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio impiegati nelle verifiche

La struttura in esame è stata quindi sottoposta ad un analisi sia statica che dinamica effettuata con i carichi di progetto e finalizzata alla verifica delle sezioni dei vari elementi strutturali maggiormente sollecitati.

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

6. ANALISI DEI CARICHI

Durante la Vita Nominale della struttura si prevedono i carichi permanenti e variabili di seguito riportati:

Carico permanente strutturale	215 daN/mq
Carico permanente non strutturale	200 daN/mq
Carico variabile Folla compatta	500 daN/mq
Carico variabile Spinte sui parapetti	150 daN/mq

Neve

Data la quota pari a circa 128 s.l.m. per la Zona I Mediterranea si assume un valore del carico neve al suolo pari a 150 daN/mq. Adottando i coefficienti di esposizione e termico entrambi pari ad 1 ed un coefficiente di forma pari a 0,8 si ottiene:

Carico variabile da neve	120 daN/mq

Si precisa che il carico da neve non è concomitante con il carico da folla compatta, pertanto si ritiene opportuno trascurare il valore della neve ed assumere solo il valore di carico per folla compatta.

Vento

Per l'azione del vento si assumono i valori e riferimento del capitolo 3.3 ed in particolare:

Velocità di riferimento il valore pari a 25m/s;

Classe di rugosità del terreno: classe D

Categoria di esposizione: II

Coefficiente di esposizione: Ce = 1.8

Coefficiente di pressione: Cp = 1.4 per travi isolate

Considerando il parapetto come superficie piena il valore di calcolo del vento da applicare alla trave principale è pari a

W = 0.05 x 1.25 x 25^2 x 1.8 x 1.4 = 100 daN/mq x 1.5 = 150 daN/m

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

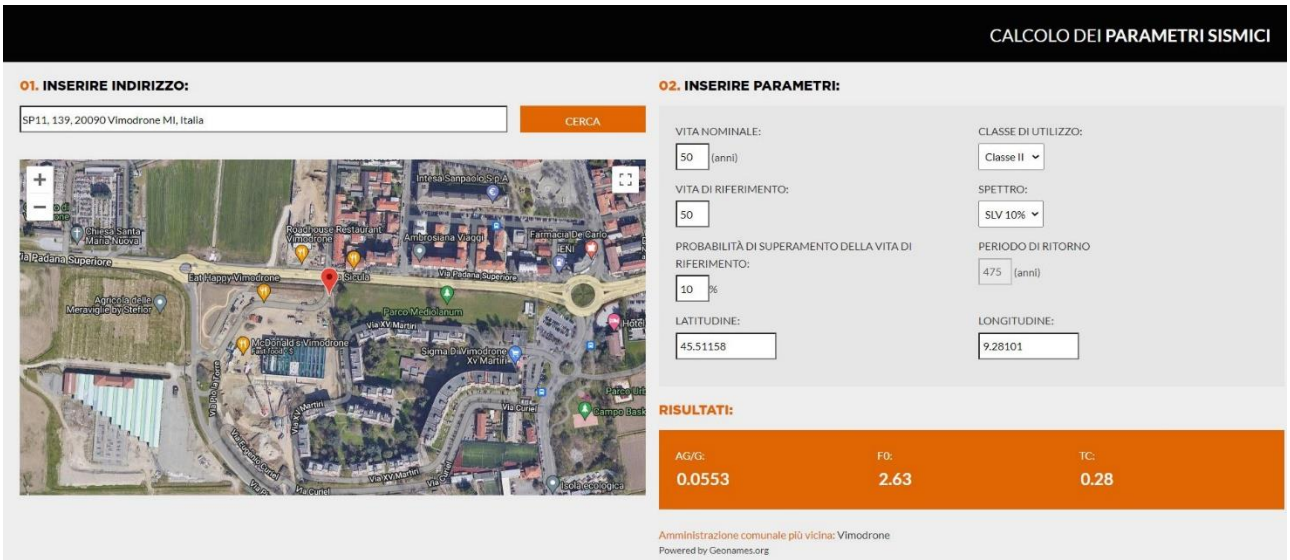
Determinazione dell'azione sismica sul sito di riferimento

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R.
Per la definizione dell'azione sismica si fa riferimento alle NTC del 17/01/2018.

Si assume che la struttura abbia una vita nominale V_N pari a 50 anni e appartenga alla classe d'uso III, quindi secondo quanto definito al paragrafo 2.4.3. della suddetta normativa si ha che il periodo di riferimento per l'azione sismica è pari a:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.5 = 75 \text{ anni.}$$

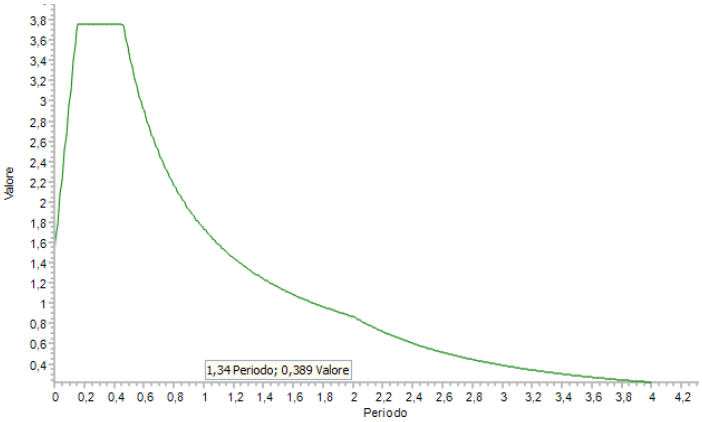
Con riferimento all'ubicazione dell'opera infrastrutturale, sita in comune di Vimodrone, vengono riportati nel seguito i principali parametri di calcolo per la definizione dell'azione sismica. Sulla base dell'effettiva destinazione d'uso dell'edificio è stata quindi definita una classe d'uso pari a II che comporta periodi di ritorno dell'azione sismica allo SLV pari a 475 anni con vita nominale pari a 50 anni.
Di seguito vengo riportati i parametri di calcolo:



DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Il terreno, secondo quanto definito al paragrafo 3.2.2 delle NTC2018, appartiene alla categoria di sottosuolo di tipo C, con categoria topografica a cui appartiene il sito è T1 (una superficie pianeggiante con pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<15°).

Si riporta nel seguito gli spettri utilizzati nell'analisi dove spettro elastico e di progetto coincidono:



7. VERIFICHE STRUTTURALI

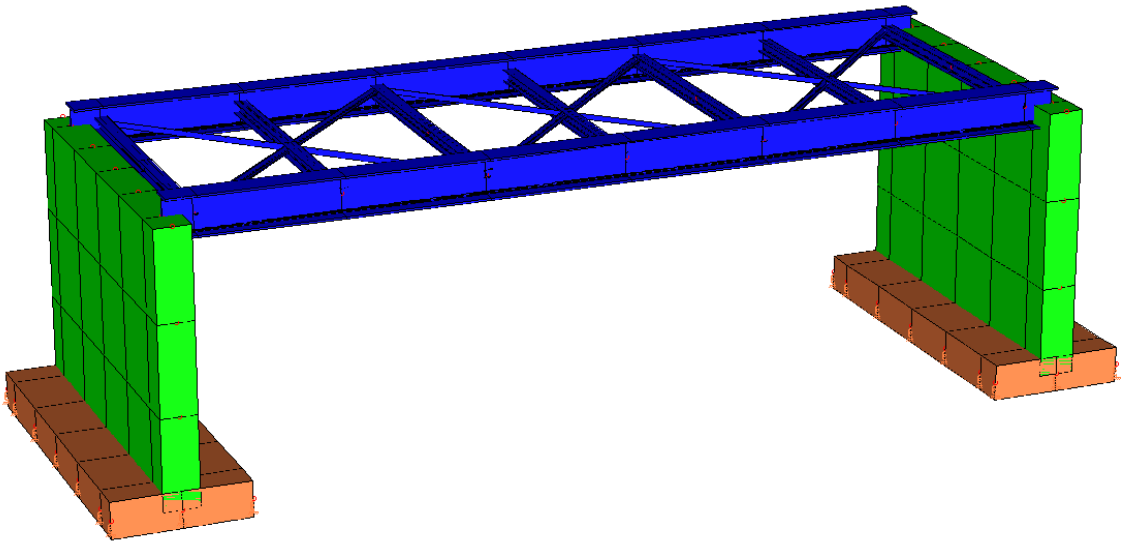
Sulla base dei dati forniti e dalle tavole grafiche a disposizione, è stato sviluppato un modello base tridimensionale agli elementi finiti della struttura in grado di riprodurre la risposta del manufatto nei confronti delle azioni gravitazionali e di risposta globale al sisma. Per la modellazione ad elementi finiti è stato utilizzato il software "EdiLus" della Acca Software.

La struttura in oggetto consta nella realizzazione di un nuovo ponte ciclopedonale di lunghezza pari a circa 10.50 ml e di 3.50 ml di larghezza, realizzato con profili in acciaio ossidato tipo S355 ed in particolare travi principali HEA450, travi secondarie HEA140 e montanti realizzati da lame in acciaio corten a sezione variabile lungo l'intero sviluppo del ponte collegate fra loro da corrimano in tubolare φ50mm.

La soletta di calpestio invece è realizzata con lamiera grecata collaborante tipo HI-BOND di spessore pari a 11cm.

La struttura è stata modellata considerando un vincolo a cerniera sulla sponda dx del canale utile per sopportare le azioni sismiche di progetto, garantito anche dalla presenza di pile d'appoggio, mentre un vincolo di appoggio sulla sponda opposta. Si è considerato un impalcato rigido garantito dalla cappa in calcestruzzo di spessore medio pari a circa 8cm. Si riporta ora una vista tridimensionale del modello creato:

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169



8. VALUTAZIONE DELLA REGOLARITA' IN PIANTA ED IN ALTEZZA

In relazione alle dimensioni geometriche ed alla morfologia della struttura è possibile valutarne la regolarità in pianta ed in elevazione sulla base di alcune condizioni sotto elencate.

Per quanto riguarda le strutture, infatti, una costruzione è possibile classificarla come regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

a) la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento: **SI**

b) il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4: **SI**

c) ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione: **SI**

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

d) tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o,

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio: **SI**

e) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base: **SI**

f) il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti: **SI**

g) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento: **SI**

Pertanto la struttura in esame risulta essere **regolare in pianta e in altezza**.

9. RISULTATI DELL'ANALISI MODALE

L'analisi modale, condotta considerando i primi 30 modi di vibrare della struttura, ha permesso di raggiungere una massa partecipante al sisma prossima all' 100% in direzione X e al 100% in direzione Y, quindi con valori superiori al 85% fissato dalla normativa.

Dir	M_{Str}	M_{SLU}	$M_{Ecc,SLU}$	M_{SLD}	$M_{Ecc,SLD}$	$\%T.M_{Ecc}$	$\Sigma V_{Ed,SLU}$
	[N·s²/m]	[N·s²/m]	[N·s²/m]	[N·s²/m]	[N·s²/m]	[%]	[N]
X	79.202	39.712	39.712	39.712	39.712	100,00	61.833
Y	79.202	39.712	39.710	39.712	39.710	100,00	129.475
Z	79.202	0	0	0	0	100,00	0

LEGENDA:

Dir Direzione del sisma.
M_{Str} Massa complessiva della struttura.
M_{SLU} Massa eccitabile allo SLU.
$M_{Ecc,SLU}$ Massa Eccitata dal sisma allo SLU.
M_{SLD} Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.
$M_{Ecc,SLD}$ Massa Eccitata dal sisma allo SLD.

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

%T.M$_{Ecc}$ Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.
ΣV$_{Ed,SLU}$ Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.

Il primo modo di vibrare risulta essere flessionale in direzione X mentre il secondo è flessionale in direzione Y. Per quanto riguarda le principali deformate modali si riportano il primo modo seguiti dai risultati dell'analisi ordinati in tabella per soli n.10 modi.

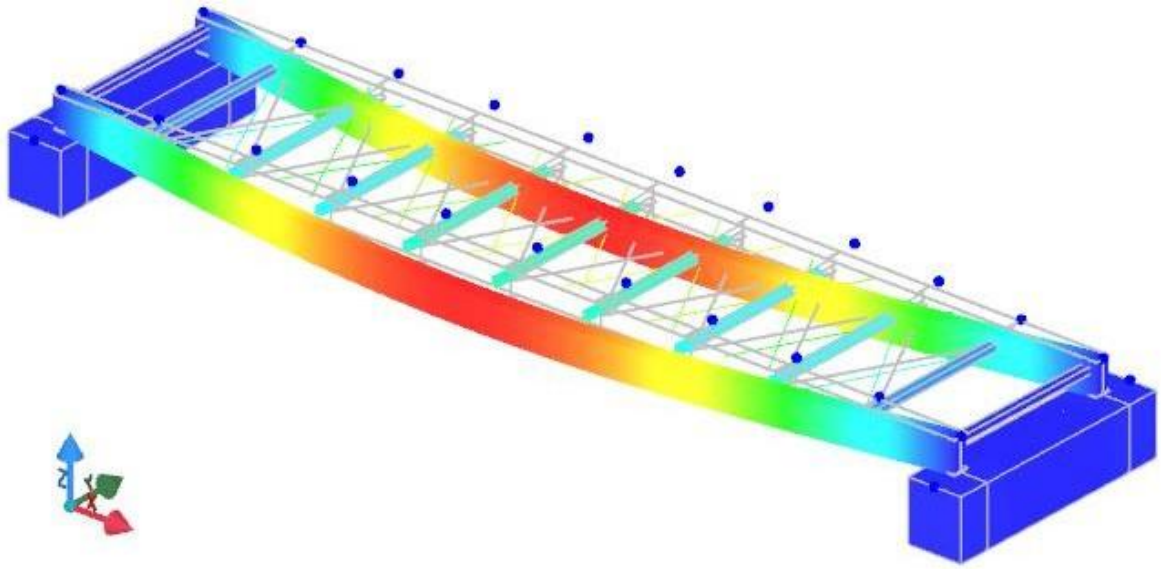
Sptr	T	$a_{g,O}$	$a_{g,V}$	Γ	CM	%M.M	M_{Ecc}
	[s]	[m/s²]	[m/s²]			[%]	[N·s²/m]
Modo Vibrazione n. 1							
SLU-X	0,005	1,557	0,000	-195,723	-0,0001	96,46	38.308
SLU-Y	0,005	1,557	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
Modo Vibrazione n. 2							
SLU-X	0,121	3,260	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
SLU-Y	0,121	3,260	0,000	187,681	0,0691	88,70	35.224
Modo Vibrazione n. 3							
SLU-X	0,056	2,307	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
SLU-Y	0,056	2,307	0,000	57,644	0,0046	8,37	3.323
Modo Vibrazione n. 4							
SLU-X	0,002	1,509	0,000	31,003	0,0000	2,42	961
SLU-Y	0,002	1,509	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
Modo Vibrazione n. 5							
SLU-X	0,027	1,886	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
SLU-Y	0,027	1,886	0,000	29,480	0,0006	2,19	869
Modo Vibrazione n. 6							
SLU-X	0,016	1,721	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
SLU-Y	0,016	1,721	0,000	13,118	0,0001	0,43	172
Modo Vibrazione n. 7							
SLU-X	0,012	1,655	0,000	-9,848	0,0000	0,24	97
SLU-Y	0,012	1,655	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
Modo Vibrazione n. 8							
SLU-X	0,020	1,772	0,000	9,745	0,0001	0,24	95
SLU-Y	0,020	1,772	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
Modo Vibrazione n. 9							
SLU-X	0,001	1,502	0,000	9,543	0,0000	0,23	91
SLU-Y	0,001	1,502	0,000	0,000	0,0000	0,00	0
Modo Vibrazione n. 10							
SLU-X	0,016	1,721	0,000	-9,366	-0,0001	0,22	88
SLU-Y	0,016	1,721	0,000	0,000	0,0000	0,00	0

Sptr Spettro di risposta considerato.
T Periodo del Modo di vibrazione.
$a_{g,O}$ Valore dell'Accelerazione Spettrale Orizzontale, riferita al corrispondente periodo.
$a_{g,V}$ Valore dell'Accelerazione Spettrale Verticale, riferita al corrispondente periodo.
Γ Coefficiente di partecipazione.
CM Coefficiente modale del modo di vibrazione.
%M.M Percentuale di mobilitazione delle masse nel modo di vibrazione.
M$_{Ecc}$ Massa Eccitata nel modo di vibrazione.
SLU-X Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione X.

Sptr	T	$a_{g,O}$	$a_{g,V}$	Γ	CM	%M.M	M_{Ecc}

SLU-Y Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione Y.
SLU-Z Spettro di progetto allo S.L. Ultimo per sisma in direzione Z.
SLD-X Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione X.
SLD-Y Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione Y.
SLD-Z Spettro di progetto allo S.L. di Danno per sisma in direzione Z.
Elast-X Spettro Elastico per sisma in direzione X.
Elast-Y Spettro Elastico per sisma in direzione Y.

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169



1° modo di vibrare in direzione Y

10. VERIFICA DELLA LAMIERA GRECATA COLLABORANTE

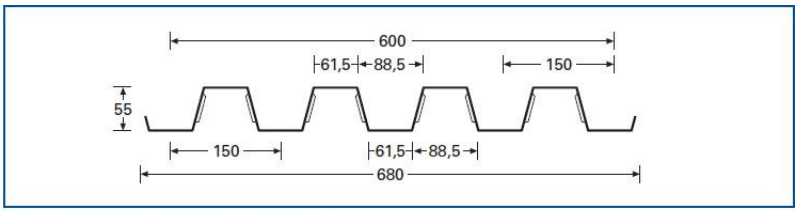
Si riportano le principali caratteristiche dei materiali impiegate adottate e le relative tabelle di portata per lamiera grecata tipo Metecno, modello HI-BOND A55/P600 sp. 1,0 mm:

- LAMIERA GRECATA: si prevede l'impiego dell'acciaio S280 GD definito dalla norma UNI EN 10147 ed equivalente, per le prestazioni meccaniche, al tipo S235 prescritto dalle norme UNI - CNR 10022; la tensione complessiva nella lamiera non dovrà superare 1650 daN/cmq.
- CALCESTRUZZO: si prevede l'impiego di calcestruzzo della classe C25/30, che ammette una tensione di esercizio di 150 daN/cmq.
- ACCIAIO PER MOMENTI NEGATIVI: per queste armature si suggerisce l'impiego di acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C.
- CARATTERISTICHE DELLE LAMIERE GRECATE: i momenti d'inerzia ed i moduli di resistenza vengono calcolati considerando la riduzione degli elementi compressi, sia per effetto dei momenti positivi che negativi, secondo le Istruzioni UNI CNR - 10022.
- CARATTERISTICHE STATICHE DEI SOLAI: i calcoli delle sezioni si richiamano alla teoria del cemento armato ove si è considerato un rapporto fra i moduli di elasticità dell'acciaio e calcestruzzo n = 15.

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Fase transitoria: tale fase avviene prima del getto della soletta collaborante ed il carico massimo uniformemente distribuito è pari a 1000 daN/mq per interasse fra travi secondarie pari a 175cm, superiore ai 400 daN/mq definiti precedentemente.

TIPO A 55/P 600
HI-BOND
HI-BOND
TYPE A 55/P 600



Caratteristiche della lamiera - Properties of the trapezoidal sheets Caracteristiques du profil - Blecheigenschaften	mm	Spessore - Thickness - Epaisseur - Stärke 0,70	0,80	1,00	1,20
Peso - Weight - Poids - Gewicht	kg/m	5,50	6,28	7,85	9,42
Peso - Weight - Poids - Gewicht	kg/m²	9,16	10,47	13,08	15,70
J totale - total	cm⁴/m	53,32	61,44	77,56	93,72
yi	cm	2,44	2,44	2,44	2,44
Area tot.	cm²/m	11,0	12,66	16,00	19,33
Compressione sup. - Top compression					
J_f	cm⁴/m	47,42	56,57	75,84	93,72
W_i	cm³/m	20,70	24,12	31,05	38,05
W_s	cm³/m	14,52	17,63	24,34	31,50
Compressione inf. - Bottom compression					
W_i	cm³/m	16,75	20,46	28,41	36,72
W_c	cm³/m	18,04	21,02	27,04	33,07

Caratteristiche principali lamiera fase transitoria

Carico massimo uniformemente distribuito in da.N/m², freccia ≤ l/200
Maximum load in da.N/m², deflection ≤ l/200
Charge uniformement repartie en da.N/m², flèche ≤ l/200
Gleichmässig verteilte belastung in da.N/m², durchbiegung ≤ l/200

Spess. Thick. Epaiss. Dicke mm	J cm⁴/m	Wp cm⁴/m	Wn cm⁴/m	Distanza fra gli appoggi in metri - Span in meters - Entr'axe des solives - Spannweite in Metern (P, l) 1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50
0,60	39,12	11,11	12,72	1467	939	652	479	367	277 290	202 235	152 194	117 163	92 139	74 120	60 104	49 92	41 81	35 72				
0,70	45,98	13,89	16,00	1833	1173	815	599	458	326 362	238 293	179 242	138 204	108 174	87 150	70 130	58 115	48 102	41 91	35 81			
0,80	54,90	16,85	19,53	2224	1423	989	726	554 556	389 439	284 356	213 294	164 247	129 211	103 182	84 158	69 139	58 123	49 110	41 99	35 89	–	–
1,00	73,46	23,27	26,81	3072	1966	1365	1003	742 768	521 607	380 491	285 406	220 341	173 291	138 251	113 218	93 192	77 170	65 152	55 136	47 123	41 111	36 102
1,20	92,57	30,19	32,82	3985	2550	1771	1301	635 996	656 787	479 638	360 527	277 443	218 377	174 325	142 283	117 249	97 221	82 197	70 177	60 159	52 145	45 132

Tabella di portata lamiera non collaborante

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Fase finale: si riportano le caratteristiche tecniche e la tabella di portata della soletta collaborante. La luce massima delle travi secondarie è pari a 293cm con sovraccarico pari a 200 daN/mq + 500 daN/mq = 700 daN/mq maggiore della luce di progetto pari a 170cm.

Tabella di portata lamiera collaborante

TIPO A 55/P 600 - HI-BOND
HI-BOND TYPE A 55/P 600
Luce massima in metri per solai HI-BOND - Max spans in meters - Max entr'axes en metres - Max spannweite in metern

H Soletta Slab Dalle Decke mm	Spessore Thickness Epaisseur Stärke mm	Sovraccarico utile uniformemente distribuito KN/m² - Useful overload evenly distributed KN/m² Surcharge utile uniformement repartie KN/m² - Nutzlast gleichmassig verteilt KN/m²													
		1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
10	0,70	3,30	3,18	3,07	2,97	2,88	2,79	2,72	2,64	2,58	2,52	2,41	2,31	2,15	1,88
	0,80	3,55	3,42	3,29	3,18	3,08	2,99	2,91	2,83	2,76	2,69	2,56	2,44	2,26	1,88
	1,00	4,01	3,85	3,70	3,57	3,39	3,24	3,12	3,01	2,91	2,83	2,69	2,57	2,26	1,88
	1,20	4,41	4,23	3,94	3,71	3,53	3,37	3,24	3,13	3,03	2,95	2,80	2,68	2,26	1,88
11	0,70	3,20	3,10	3,01	2,93	2,85	2,78	2,72	2,65	2,60	2,54	2,44	2,36	2,21	2,08
	0,80	3,44	3,34	3,24	3,15	3,06	2,98	2,91	2,85	2,78	2,73	2,62	2,52	2,36	2,08
	1,00	3,89	3,76	3,64	3,54	3,44	3,35	3,27	3,19	3,12	3,05	2,93	2,80	2,50	2,08
	1,20	4,29	4,14	4,01	3,89	3,78	3,67	3,53	3,41	3,30	3,21	3,04	2,91	2,50	2,08
12	0,70	3,09	3,02	2,94	2,87	2,81	2,75	2,70	2,64	2,59	2,55	2,46	2,38	2,24	2,13
	0,80	3,33	3,25	3,17	3,09	3,02	2,96	2,89	2,84	2,78	2,73	2,64	2,55	2,40	2,27
	1,00	3,77	3,66	3,57	3,48	3,40	3,33	3,25	3,19	3,13	3,07	2,96	2,86	2,69	2,27
	1,20	4,15	4,04	3,93	3,83	3,74	3,65	3,57	3,50	3,43	3,36	3,24	3,13	2,72	2,27
13	0,70	2,99	2,93	2,87	2,81	2,76	2,71	2,66	2,62	2,58	2,53	2,46	2,39	2,27	2,16
	0,80	3,22	3,15	3,09	3,03	2,91	2,91	2,86	2,81	2,77	2,72	2,64	2,56	2,43	2,31
	1,00	3,65	3,56	3,49	3,41	3,35	3,28	3,22	3,16	3,11	3,06	2,96	2,88	2,72	2,43
	1,20	4,03	3,93	3,84	3,76	3,68	3,61	3,54	3,48	3,42	3,36	3,25	3,15	2,92	2,43

Tabella di portata lamiera collaborante

L'armatura di rinforzo posizionata nella cappa si determina sulla base di un momento negativo di congruenza pari a M = q x L x L / 24 = 900 daN/mq x 1.7 m x 1.7 m / 24 = 108,37 daNm

As = M / (0.9 x d x fs) = 108,37 daNm / (0.9 x 0.08m x 2600 daN/cmq) = 0.6 cmq

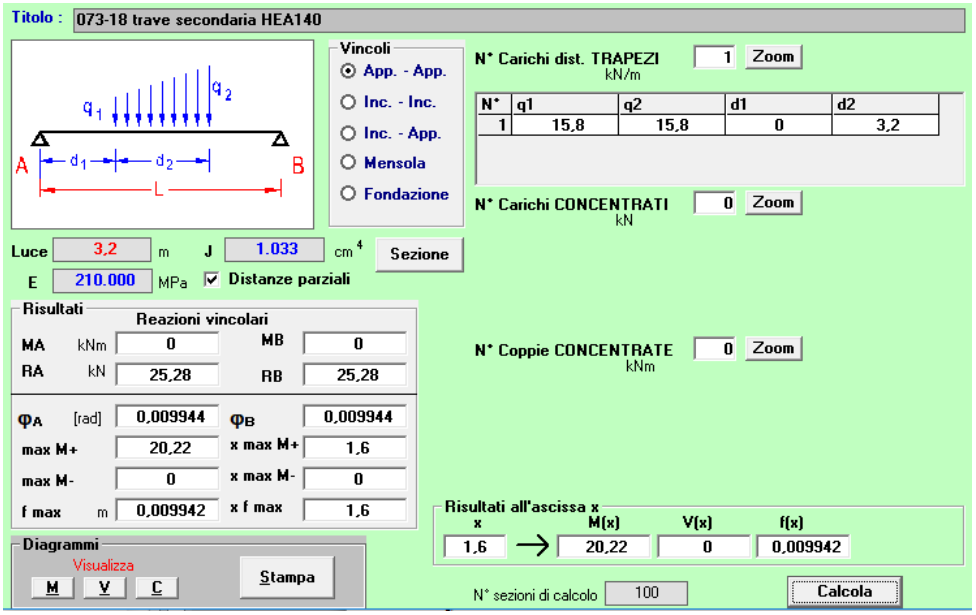
Pertanto si utilizza una rete elettrosaldata φ8 mm. 20x20 cm con area totale pari a 2.51 cm^2 > 0.6 cm^2.

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

11. VERIFICA TRAVI SECONDARIE

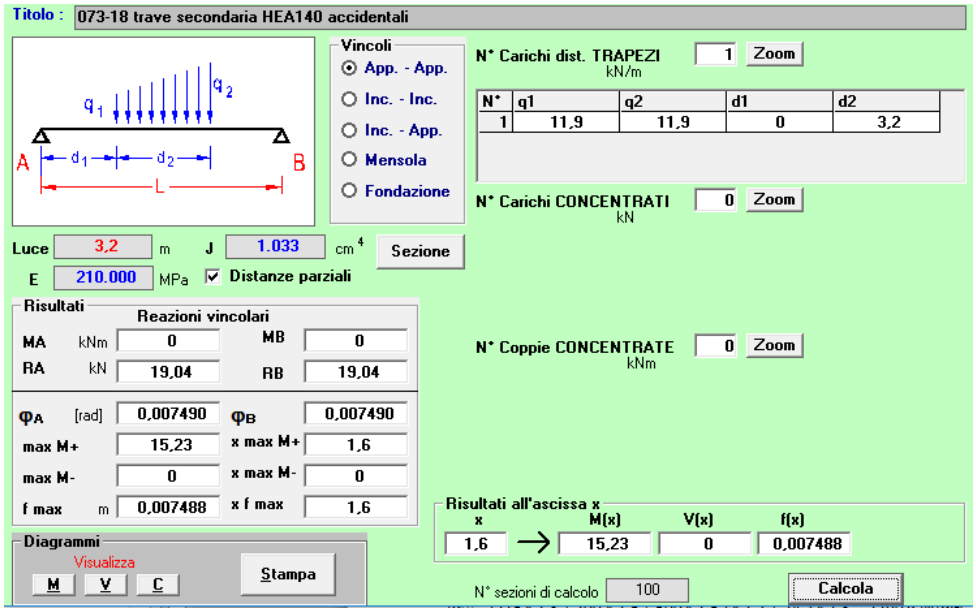
Il carico utilizzato per il dimensionamento agli SLE delle HEA140 è pari a:

P_{SLE} = (215 + 200 + 500) x 1.7 + 24.7 = 1580 daN/m



Limite massimo freccia carico complessivo L/250 = 1.28 cm

Da calcolo la freccia massima è pari a 1cm < Limite ammissibile – **Verifica soddisfatta**



Limite massimo freccia carico variabile L/300 = 1.06 cm

Da calcolo la freccia massima è pari a 0.74 cm < Limite ammissibile – **Verifica soddisfatta**

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

Il carico utilizzato per il dimensionamento agli SLU delle HEA140 è pari a:

PSLU = (215 x 1.3 + 200 x 1.5 + 500 x 1.5) x 1.7 + 24.7 x 1.3 = 2290 daN/m

IPE - HE - HL = verifica di resistenza a flessione

(Flessione nel piano dell'anima)

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \qquad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

M_{Ed} =momento flettente di calcolo
$M_{pl,Rd}$ =momento resistente

W_{pl} = modulo resistente plastico
f_{yk} = tensione caratteristica a snervamento
γ_{M0} = coefficiente di sicurezza

INPUT

Definizione dell'azione sollecitante — M = 29.3 [kNm]

Scelta del profilo — HE 140 A

Classe dell'acciaio — S355JO - S355JR - S355J2

OUTPUT

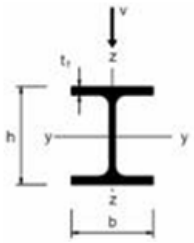
(VERIFICA Punto 4.2.4.1.2 NTC 2008)

M_{Ed} =	29.30 [kNm]	M_{Ed} / $M_{c,Rd}$	0.50	Verifica soddisfatta
$M_{c,Rd}$ =	58.66 [kNm]			

Verifica a flessione nel piano dell'anima

IPE - HE - HL = verifica di resistenza a taglio

(Taglio parallelo all'anima)



$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \qquad V_{c,Rd} = \frac{A_v (f_{yk} / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \qquad A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$

V_{Ed} = azione tagliante di calcolo
$V_{c,Rd}$ = resistenza di calcolo
A_v = area resistente a taglio
f_{yk} = tensione caratteristica a snervamento
γ_{M0} = coefficiente di sicurezza

INPUT

Definizione dell'azione sollecitante — V = 36.64 [kN]

Scelta del profilo — HE 140 A

Classe dell'acciaio — S355JO - S355JR - S355J2

OUTPUT

(VERIFICA Punto 4.2.4.1.2 NTC 2008)

V_{Ed} =	36.64 [kN]	V_{Ed} / $V_{pl,Rd}$ =	0.19	Verifica soddisfatta
$V_{pl,Rd}$ =	197.69 [kN]			

Verifica a taglio nel piano dell'anima

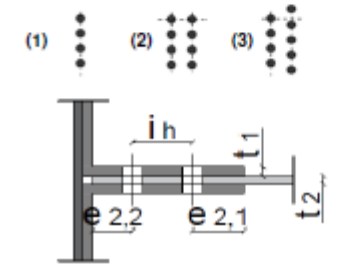
DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

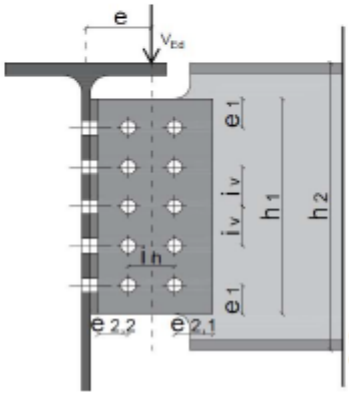
Definire la classe dell'acciaio dei profili	Definire le caratteristiche dei bulloni	
Acciaio trave = S 275 N/NL/M/ML	Bulloni classe 8.8	Utilizzare i menu a tendina per definire le caratteristiche dei profili e dei bulloni utilizzati
Acciaio angolare = S 275 N/NL/M/ML	Bulloni M 12	

INPUT - Definizione geometria e dimensioni del collegamento

Estremità profilo - tipo 1

Allineamento bulloni - tipo 1





Inserire le dimensioni richieste con riferimento alle figure

h_2 =	133.00	[mm]
t_2 =	5.50	[mm]
n_b =	2.00	
i_v =	52.00	[mm]
i_h =	0.00	[mm]
n_S =	2.00	
t_1 =	10.00	[mm]
$e_{1,SUP}$ =	20.00	[mm]
$e_{1,INF}$ =	20.00	[mm]
$e_{2,1}$ =	25.00	[mm]
$e_{2,2}$ =	40.00	[mm]
h_1 =	92.00	[mm]
geometria collegamento	CORRETTA	

INPUT - Definizione delle sollecitazioni di progetto

Definire l'azione di taglio sollecitante V_{Sd} con riferimento alle figure — V_{Sd} = 37 [kN]

OUTPUT - Verifiche secondo NTC 2018

NOTA 1: le seguenti verifiche del presente foglio di calcolo sono valide se vengono rispettati per il collegamento i limiti geometrici presenti nella TAB.4.2 XVIII delle NTC 2018
NOTA 2: nel presente foglio vengono svolte le verifiche su bulloni a taglio non soggetti a precarico

Forza massima agente sui bulloni — $F_{V,Sd,m}$ = 41.44 [kN]

Verifica a taglio bulloni	$F_{V,Sd,m} \le F_{V,Rd,tot}$	$F_{V,Rd,tot}$ =	67.75	[kN]	Verificato
Verifica rifollamento piatti giunto	$F_{V,Sd,m} \le F_{b,Rd}$	$F_{b1,Rd}$ =	105.85	[kN]	Verificato
Verifica rifollamento anima trave	$F_{V,Sd,m} \le F_{b,Rd}$	$F_{b2,Rd}$ =	56.76	[kN]	Verificato
Verifica tranciamento blocco piatti	$V_{Sd,u} \le V_{eff,Rd}$	$V_{eff1,Rd}$ =	222.41	[kN]	Verificato
Verifica tranciamento blocco anima	$V_{Sd,u} \le V_{eff,Rd}$	$V_{eff2,Rd}$ =	non necess.	[kN]	Verificato

Verifica collegamento a taglio nel piano dell'anima

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

12. VERIFICA TRAVI PRINCIPALI

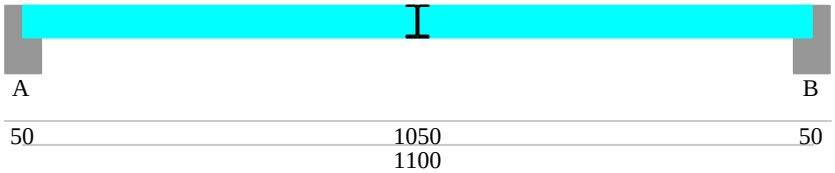
Il carico utilizzato per il dimensionamento agli SLE delle HEA450 è pari a:

PSLE = (215 + 200 + 500) x 1.7 + 24.7 = 1580 daN/m

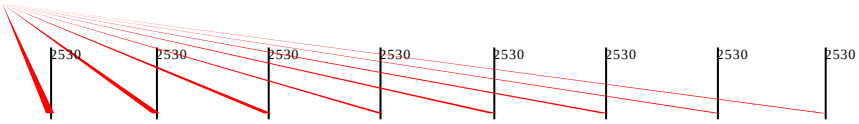
VSLE = 1580 daN/m x 3.2 / 2 m = 2530 daN

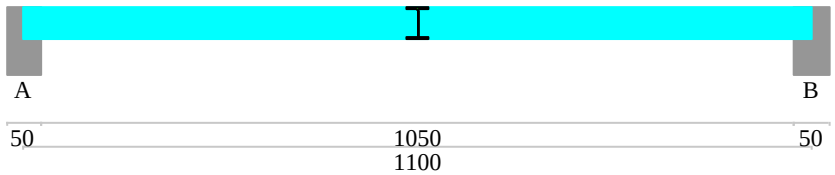
Peso proprio trave è pari a 140 daN/m

```
TRAVE CONTINUA IN ACCIAIO

Metodo di calcolo: stati limite EC3. Valori in daN cm.

Prospetto trave
```




```
Svergolamento: non richiesto
Materiale: Fe360
Gamma M0 =1.05

GEOMETRIA DELLE SEZIONI INIZIALI
 n.  Profilo                Area        Jx        Wx      Wplx     At
  1  HEA450                  178     63865      2903      3223     46

GEOMETRIA DELLE CAMPATE
                                  luce   sezione  estradosso iniziale   estradosso finale  Y asse
campata nø 1                    1100.0         1                 0.0                 0.0    0.00

CARATTERISTICHE DEGLI APPOGGI
appoggio nø   nome   ampiezza   coeff. elastico verticale
         1    A          50.0          0.0000E+00        diretto
         2    B          50.0          0.0000E+00        diretto

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE
                        gamma        E     ni   Fy sp<=40mm  Fy sp>40mm
Fe360               0.0078500  2060000  0.300        2350.0      2150.0

Schemi di carico
```





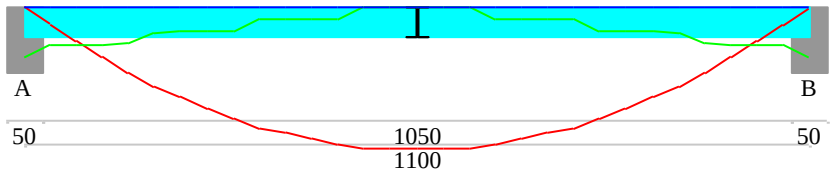
DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

AZIONI CARATTERISTICHE APPLICATE ALLA TRAVE

CAMPATA n. 1

peso proprio	1.40			
forza concentrata	permanente	variabile	ascissa da sin.	ampiezza
	2530.00	0.00	157.0	10.0
	2530.00	0.00	314.0	10.0
	2530.00	0.00	471.0	10.0
	2530.00	0.00	628.0	10.0
	2530.00	0.00	785.0	10.0
	2530.00	0.00	942.0	10.0
	2530.00	0.00	1090.0	10.0
	2530.00	0.00	10.0	10.0

Verifiche



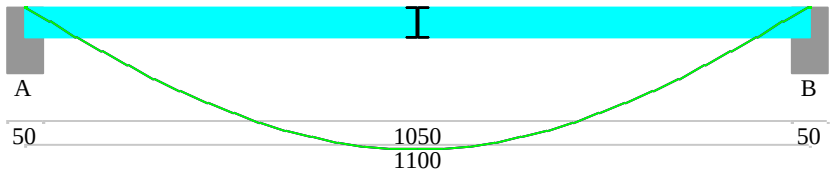
Verifica asta 1

campata n°1

X	Msd	Mrd	Classe	Ro	Vsd	Vrd	Msd.sv	Mrd.sv	Classe.sv	Chi	Lambda.ad
0	0	0	0	0.000	14711	85526	0	0	0	0.00	0.00
220	2258302	7214483	1	0.000	7464	85526	0	0	0	0.00	0.00
440	3424340	7214483	1	0.000	3633	85526	0	0	0	0.00	0.00
660	3422974	7214483	1	0.000	3614	85526	0	0	0	0.00	0.00
880	2257619	7214483	1	0.000	7446	85526	0	0	0	0.00	0.00
1100	0	0	0	0.000	14693	85526	0	0	0	0.00	0.00

Valori massimi
Asta sottoutilizzata
Flessione
X = 550
Msd 3542686
Mrd 7214483
Classe 1
Ro 0
Taglio
X = 0
Vsd 14711
Vrd 85526

Deformata (cm)



DEFORMATA

campata	x	f qp	f ra	f fr
campata n°1	183	1.28	1.28	1.28
campata n°1	403	2.31	2.31	2.31
campata n°1	623	2.47	2.47	2.47
campata n°1	843	1.70	1.70	1.70
campata n°1	1063	0.27	0.27	0.27

Valori massimi

campata	f qp	L/f qp	f ra	L/f ra	f fr	L/f fr
campata n°1	2.53	436	2.53	436	2.53	436

REAZIONI VINCOLARI

		ULTIME		RARE		FREQUENTI		QUASI PERMANENTI	
appoggio nº	nome	massima	minima	massima	minima	massima	minima	massima	minima
1	A	14711	14711	10897	10897	10897	10897	10897	10897
2	B	14693	14693	10883	10883	10883	10883	10883	10883

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169

13. VERIFICA CONTROVENTI

Si riporta la verifica dei controventi di piano utili per evitare spostamenti eccessivi dell'impalcato, vincolati per contrastare le azioni sismiche e quelle del vento.
L'azione massima è pari a circa 4000 daN, pertanto inserendo un tirante φ20 mm. si ha che l'azione massima di trazione è pari a N = 3500 daN/cm x 3.14 cmq / 1.05 = 10467 daN.

14. VERIFICA FONDAZIONI

Per la realizzazione della passerella si realizzeranno due pile di fondazione dello spessore di 40 cm. impostate alla quota di -3.60 m. dal piano campagna.
Come indicato dal geologo Dott. Invernici negli esiti delle indagini geologiche condotte si sono progettate due travi rovesce di fondazione a nastro sulle quali sono innestati i setti verticali (pile) di appoggio delle travi principali della passerella ciclopedonale.
Le travi rovesce di fondazione hanno una larghezza di 150 cm., un'altezza di 40 cm. ed uno sviluppo longitudinale di 400 cm.
Le suddette travi rovesce di fondazione sono appoggiate sopra uno strato di magrone di spessore di 20 cm, armato con rete elettrosaldata in acciaio di maglia 20 x 20 cm e diametro 8 mm.
Come si può evincere dal fascicolo dei calcoli la tensione massima in fondazione allo SLU è pari a 1,072 Kg/cm2, inferiore a quella massima per il tipo di terreno emersa dallo studio geologico del sito ed indicata in max 1,40 Kg/cm2.

15. CONCLUSIONI

Le strutture in calcestruzzo armato e le opere di carpenteria strutturale risultano idonee a sopportare le azioni statiche e le azioni sismiche, con sufficiente margine di sicurezza, in accordo con la Normativa vigente NTC2018.

Almè (BG), 14 luglio 2022

IL PROGETTISTA
Ing. Marco ZAMBELLI
Ordine Ingegneri BG n° 2455

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROV. BERGAMO
INGEGNERE MARCO ZAMBELLI ALBO N° 2455

DOTT. ING. MARCO ZAMBELLI - VIA CAMPOFIORI, 66 - 24011 ALME' - BG - TEL/Fax. 035-544371
CODICE FISCALE ZMBMRC73A24A794U - PARTITA I.V.A. N° 02669880169