

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

RELAZIONE

FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60

RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n°8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale	Conorzio IRICAV DUE Il Direttore		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I N 0 D	0 0	D	I 2	C L	F V 0 1 0 2	0 0 1	C

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	Data

Progettazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
A	EMISSIONE	S.Grimaldi	Mag 2015	S.Grimaldi	Mag 2015	P.Polidori	Mag 2015	Ing Alberto Checchi iscritto all'Ordine degli Ingegneri Provincia di Roma al n°12414 - Sez. A settore Civile e Ambientale Settembre 2015
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA	S.Grimaldi	Lug 2015	S.Grimaldi	Lug 2015	P.Polidori	Lug 2015	
C	REVISIONE PER ISTRUTTORIA	S.Grimaldi	Sett 2015	S.Grimaldi	Sett 2015	S.Grimaldi	Sett 2015	

File: IN0D00DI2CLFV0102001C_00A.doc	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. INOD 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 1 di 52

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	9
4.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA.....	9
4.2	BULLONI	9
4.3	CALCESTRUZZO.....	9
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	10
5.1	TERRENO DI FONDAZIONE.....	10
6	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO	11
6.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI G_1	11
6.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI G_2	11
6.3	SOVRACCARICHI VARIABILI Q	12
6.4	AZIONI ECCEZIONALI	16
6.5	AZIONI SISMICHE Q_2	17
6.6	STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA.....	26
6.7	STATO LIMITE DI DANNO	28
7	COMBINAZIONI DI CARICO E VALUTAZIONE DELLE MASSE.....	30
8	CRITERI DI MODELLAZIONE	32
8.1	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	32
8.2	CONDIZIONI DI VINCOLO	33
9	ANALISI DEI RISULTATI E SOLLECITAZIONI	34
9.1	MODI PROPRI DI VIBRAZIONE E DEFORMAZIONI SISMICHE	34
9.2	DEFORMAZIONI STATICHE	35
9.3	SOLLECITAZIONI	37
10	VERIFICHE	39
10.1	ELEMENTI IN ACCIAIO	40
	Colonna $\Phi 329.3/16$	40
	Trave trasversale HEA 340	41
	Trave longitudinale HEA 340.....	42
	Controvento UPN 160	43
	Trave secondaria IPE 180.....	44

Linea AV/AC VERONA – PADOVA**1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO**Titolo:
RELAZIONE
FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60
RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C

. Pag
2 di 52

10.2	PIASTRA DI BASE	45
10.3	TRAVI DI FONDAZIONE	49

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono i calcoli e le verifiche strutturali del fabbricato viaggiatori della stazione di Lonigo (VI), nell'ambito della progettazione definitiva della linea ferroviaria AV/AC Verona-Padova (sub-tratta Verona-Vicenza).

Si riporta di seguito la planimetria generale dell'area interessata dall'intervento.

La caratterizzazione sismica ha fornito i seguenti valori di accelerazione al suolo di riferimento per i diversi stati limite:

SLV $a_g = 0.206g$

SLD $a_g = 0.083g$

Le strutture sono state progettate e verificate in campo elastico in favore di sicurezza; è stato considerato un fattore di struttura pari a $q=1.00$.

La modellazione dell'azione sismica e delle strutture è stata eseguita mediante il programma di calcolo strutturale agli elementi finiti Midas-Gen.

La struttura è progettata coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2008.

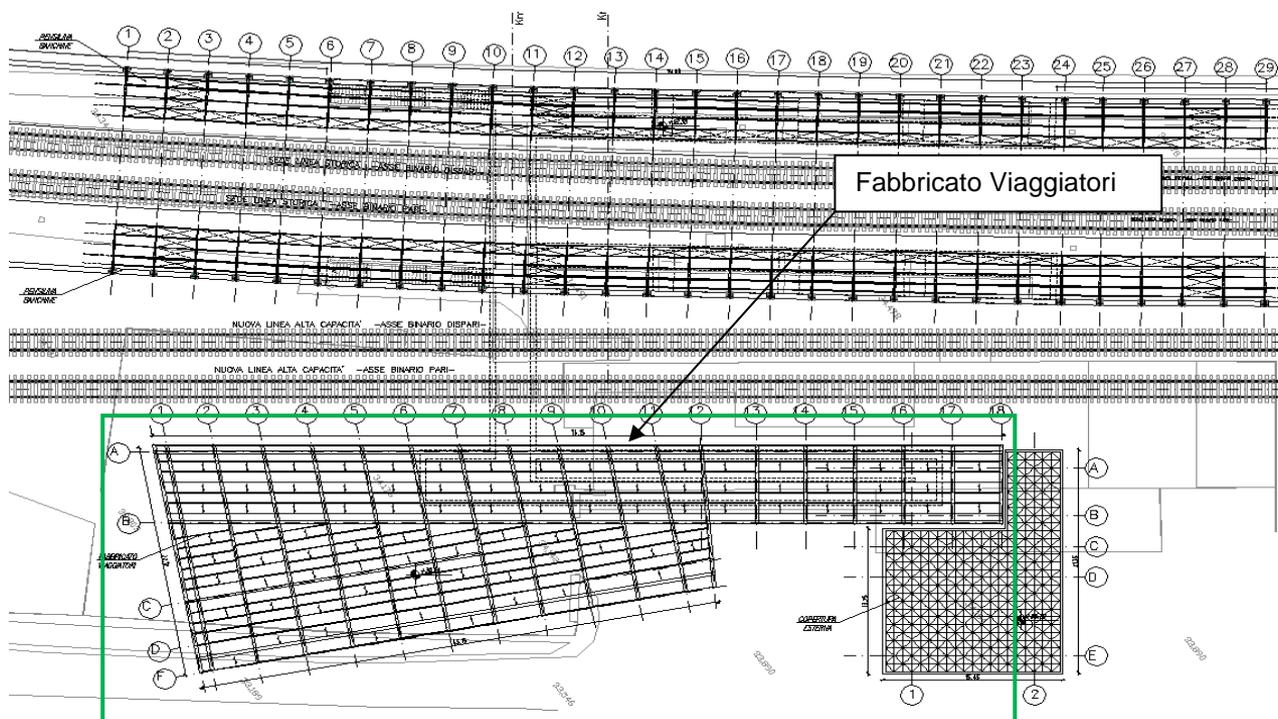


Figura 1: Planimetria generale dell'intervento

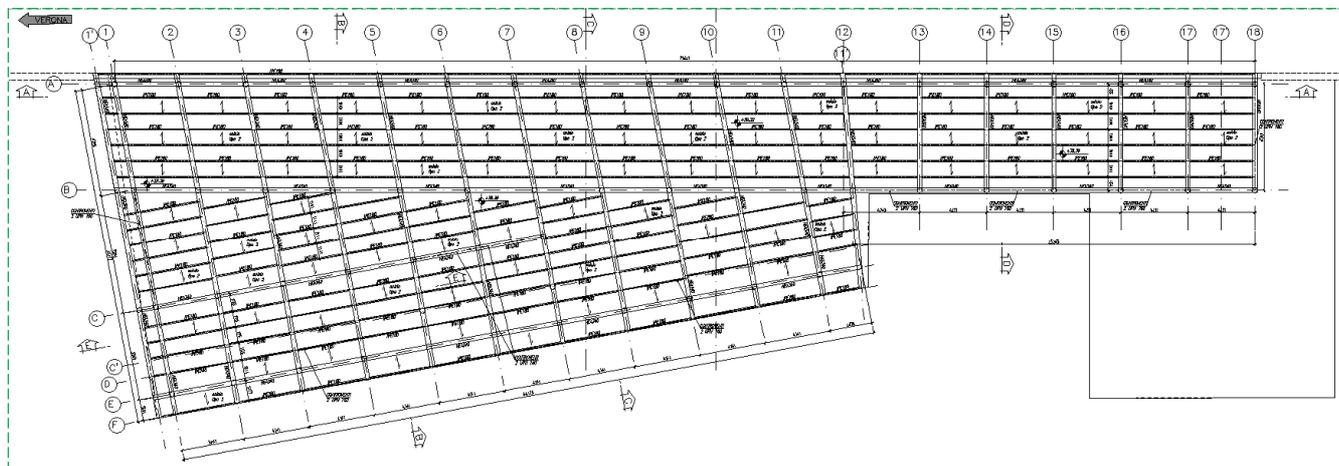


Figura 2: Dettaglio fabbricato viaggiatori

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le opere strutturali consistono nella realizzazione di un fabbricato viaggiatori realizzato da un unico piano fuori terra.

Le fondazioni del fabbricato sono costituite da un graticcio di travi di fondazione 80x50cm.

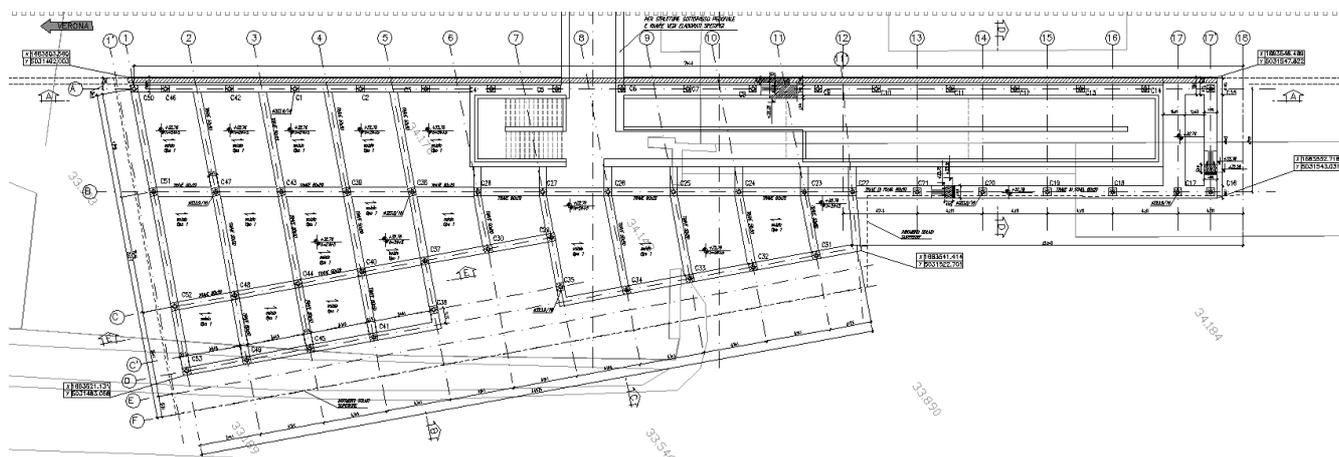


Figura 3: Piano terra

Le strutture in elevazione fuori terra sono in carpenteria metallica. I pilastri sono colonne in acciaio $\Phi 323.9/16\text{mm}$. Lato AV le colonne sono posizionate in modo inclinato ed assorbono anche la funzione di controventamento. Per gli altri allineamenti sono previsti controventi UPN160. Il solaio di copertura, posto a q.ta +6.00m dal piano campagna è realizzato mediante un graticcio di travi principali HE340A, le travi secondarie sono profilati IPE180, su cui è ordita la lamiera gregata tipo HI-BOND 10/10 H=55mm.

Le travi principali e secondarie sono connesse alla soletta di completamento (sp=45mm) per mezzo di connettori ad elevata duttilità tipo Hilti X-HVB.

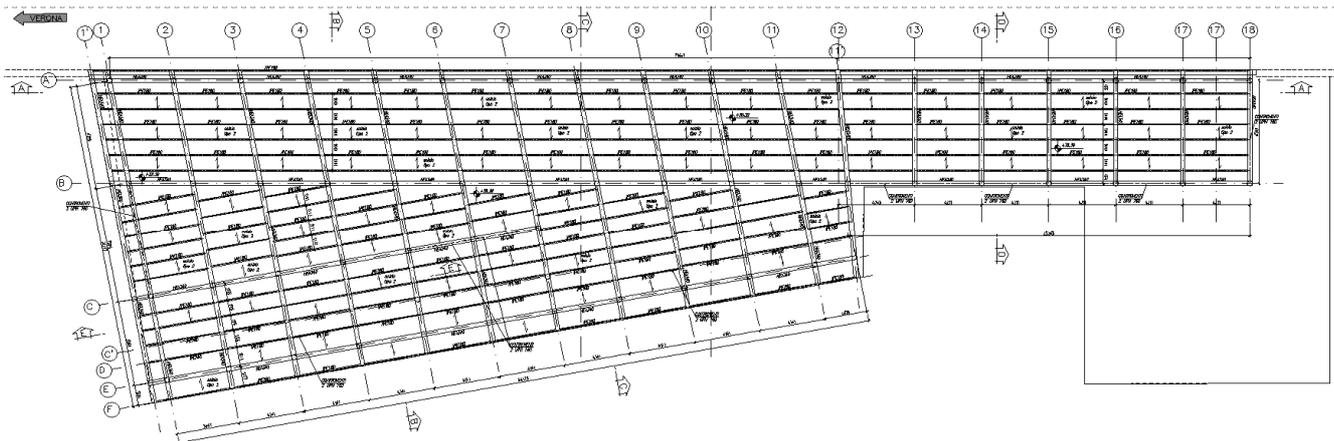


Figura 4: Piano copertura

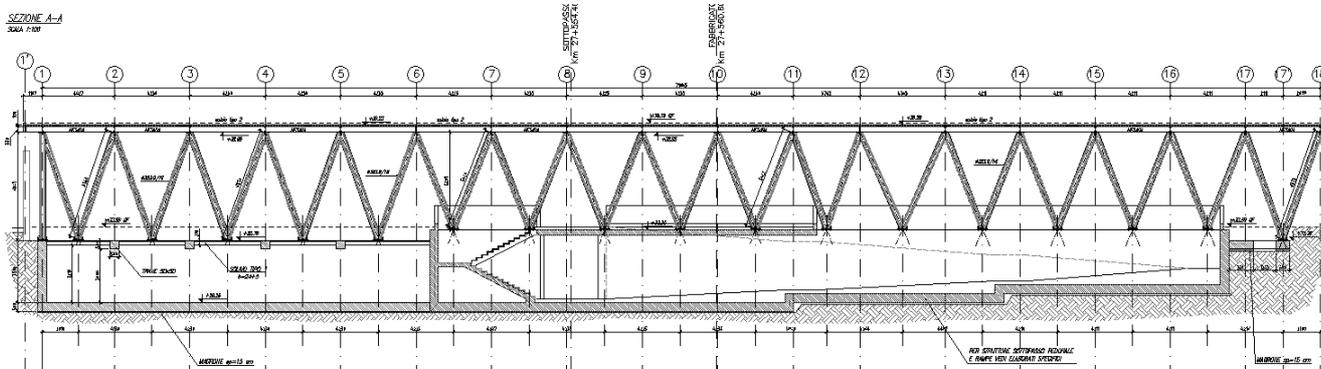


Figura 5: Sezione longitudinale

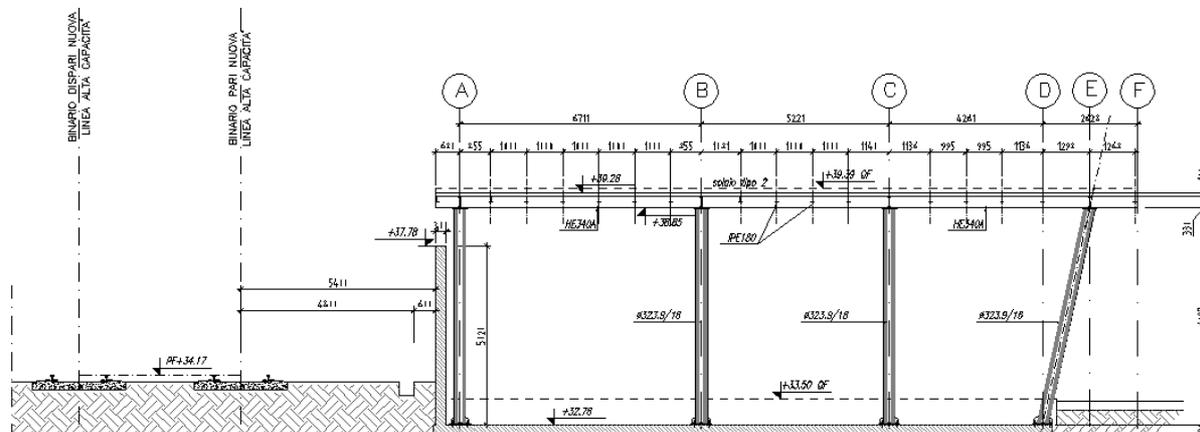


Figura 6: Sezione trasversale 1

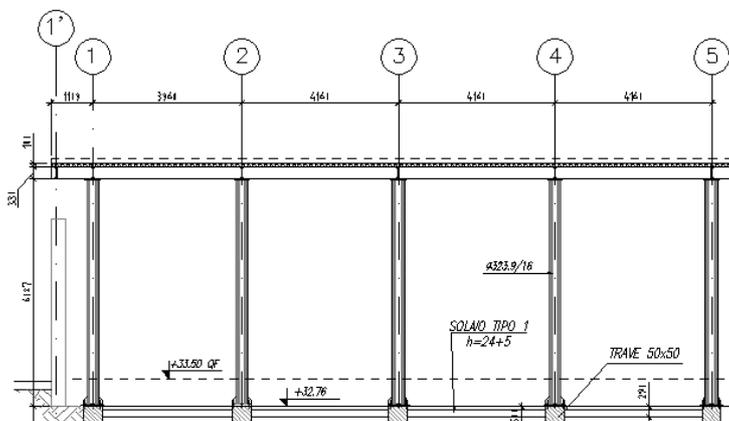


Figura 7: Sezione trasversale 2

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 7 di 52

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono condotte in accordo alle vigenti disposizioni legislative e in particolare alle seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Inoltre si è tenuto conto dei seguenti documenti:

- CEB - FIP MODEL CODE 1990 - Final Draft (CEB : Bulletin d'Information n. 204).
- Punching Shear in Reinforced Concrete (CEB : Bulletin d'Information n. 168, Gennaio 1985).
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: EUROCODICE 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili
- [229] UNI EN 1990 – Aprile 2006: EUROCODICE: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-4 – Luglio 2006: EUROCODICE 1. Azioni sulle strutture. Parte 4: Azioni su silos e serbatoi.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-1 – 2005: EUROCODICE 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- Raccomandazioni A.G.I. sulle indagini geotecniche – 1977 Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. (Associazione Geotecnica Italiana - Giugno 1977).
- C.N.R.: Norme Tecniche, 1983 Determinazione del modulo di reazione "k" (Norme Tecniche C.N.R., fascicolo n. 92/1983).

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 8 di 52

- Raccomandazioni A.G.I. sulle prove di laboratorio – 1990 Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio. (Associazione Geotecnica Italiana - Commissione AGI per il laboratori geotecnici - Maggio 90).
- Specifiche A.N.I.S.I.G. per indagini geognostiche. Modalità tecnologiche e norme di misurazione e contabilizzazione per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche. (Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche).
- UNI-EN 1997-1 Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- (G.U. 21/03/1974, n. 76) CEB Model Code for Seismic Design of Concrete Structures (CEB: Bullettin d'Information n. 165, aprile 1985).
- UNI-EN 1998-1 Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 9 di 52
	IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati con le classi di esposizione coerenti con la UNI EN 206.

4.1 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Profilati: S 355

- | | |
|--|-------------------------------|
| ○ Modulo di elasticità | $E_a = 210000 \text{ MPa}$ |
| ○ Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$ |
| ○ Tensione di snervamento rottura | $f_{yt} \geq 430 \text{ MPa}$ |
| ○ Tensione di snervamento di progetto | $f_{yd} \geq 262 \text{ MPa}$ |

4.2 BULLONI

Classe vite 8.8 - Classe dado 8.8

- | | |
|--|-------------------------------|
| ○ Tensione di snervamento caratteristica | $f_{yb} \geq 649 \text{ MPa}$ |
| ○ Tensione di snervamento rottura | $f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$ |
| ○ Resistenza a taglio del bullone | $f_{yd} \geq 384 \text{ MPa}$ |
| ○ Tensione di snervamento di progetto | $f_{yd} \geq 262 \text{ MPa}$ |

4.3 CALCESTRUZZO

C32/40: $f_{ck} \geq 32 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm^2
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm^2
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm^2
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm^2
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm^2
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,10	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm^2

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	. Pag 10 di 52
	IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	

Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk\ 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

5.1 TERRENO DI FONDAZIONE

Le caratteristiche geotecniche del terreno in esame sono riportate di seguito:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0.025 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 20^\circ$$

con γ pari al peso specifico del terreno; γ_{sat} pari al peso specifico saturo del terreno; c' pari alla coesione; φ' pari all'angolo di attrito.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 11 di 52

6 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

Si considerano di seguito le azioni elementari agenti sulla struttura:

- il peso proprio della struttura e della costruzione;
- i sovraccarichi permanenti;
- i sovraccarichi accidentali: carico dovuto all'azione della neve; carico dovuto all'azione del vento; carico dovuto alla sola manutenzione della copertura;

6.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI G_1

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

6.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI G_2

▪ Copertura

Spessore massetto di finitura	S_{fin}	0.20	m
Peso specifico massetto	γ_{fin}	14.00	kN/m ³
Carico permanente finiture	$p_{g2,1}$	2.80	kPa
Impermeabilizzazione	$p_{g2,2}$	0.30	kPa
Impianti ed intonaco	$p_{g2,3}$	0.60	kPa
Sovraccarico permanente	$p_{g2\ tot}$	3.70	kPa

6.3 SOVRACCARICHI VARIABILI Q

Di seguito si riportano i carichi variabili di superficie uniformemente distribuiti q_k .

- **Carico neve (3.4 NTC-2008):**

In accordo alla posizione ed all'altezza sul livello del mare valutata nel sito di realizzazione dell'edificio si riporta il calcolo dell'azione da neve con i relativi coefficienti:

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

●	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

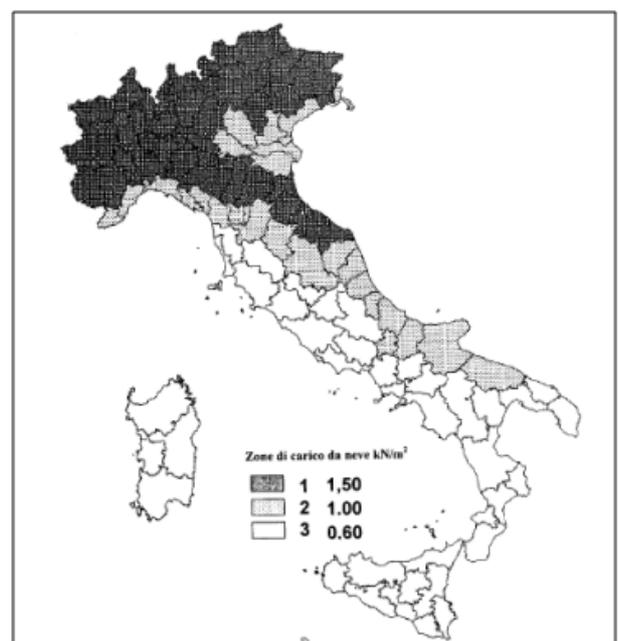
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$ μ_i (coefficiente di forma) q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) C_E (coefficiente di esposizione) C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	31
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.50

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C _E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

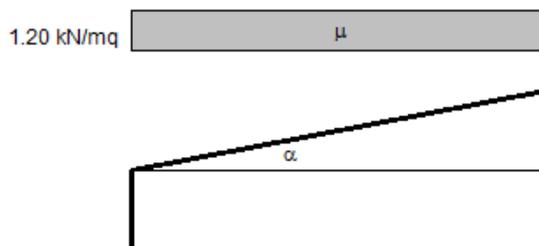
Valore del carico della neve al suolo

q _s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.50
---	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
----------------------------	---

μ	0.8
---	-----

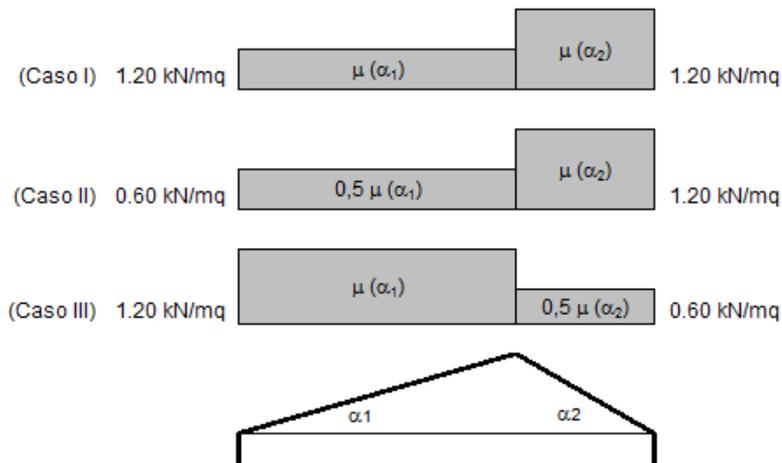


Coefficiente di forma (copertura a due falde)

α ₁ (inclinazione falda [°])	0
α ₂ (inclinazione falda [°])	0

μ (α ₁)	0.8
---------------------	-----

μ (α ₂)	0.8
---------------------	-----



In definitiva risulta:

Neve

q_{neve} = 1.20 kN/m²

▪ **Carico vento** (3.3 NTC-2008):

In accordo alla posizione ed all'altezza sul livello del mare valutata nel sito di realizzazione dell'edificio si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento.

In particolare, per la valutazione del coefficiente di forma c_p , funzione della tipologia, della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento, in assenza di opportuna documentazione o prove sperimentali in galleria del vento, si fa riferimento a quanto stabilito nella Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008" - par. C3.3.10.3 (tettoie e pensiline isolate ad uno o due spioventi, per le quali il rapporto tra la totale altezza sul suolo e la massima dimensione in pianta non è maggiore di uno).

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

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

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
1	25	1000	0.01
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			31
T_R (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			25.000
$\alpha_R (T_R)$			1.00073
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			25.018

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2$ ($\rho = 1,25 \text{ kg/mc}$)

q_b [N/mq]	391.20
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

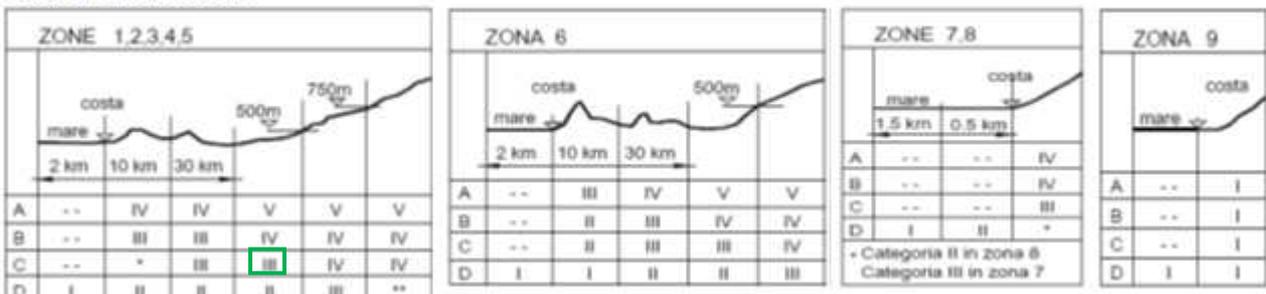
Esso può essere assunto automaticamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza e di capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche a seconda riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

Categoria di esposizione



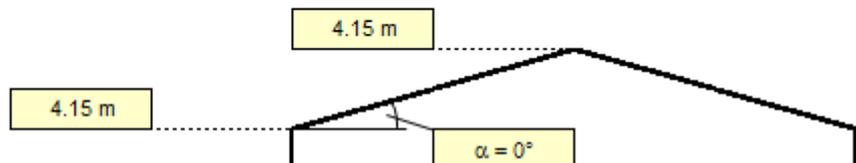
Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
1	C	31

$$c_e(z) = k_f^2 \cdot c_i \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_i \cdot \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	k_f	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_i
III	0.2	0.1	5	1

z [m]	c_e
$z \leq 5$	1.708
$z = 4.15$	1.708
$z = 4.15$	1.708



Coefficiente di forma c_p (C.3.3.10.3.2):

'Elementi con spioventi aventi inclinazione sull'orizzontale $\alpha = 0^\circ$ $c_p = \pm 1,2$

Coefficiente dinamico c_d (3.3.8):

Il coefficiente dinamico è stato cautelativamente assunto pari ad 1.

In definitiva si ha per la pressione del vento:

$$P_{vento} = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

$$P_{vento} = \mathbf{0.94 \text{ kN/m}^2}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 16 di 52

- **Carico dovuto alla sola manutenzione della copertura** (3.1.4 NTC-2008):

Copertura non praticabile, accessibile per sola manutenzione (Cat. H1; Tab.3.1.II):

$$q_{\text{cop}} = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

- **Carico Ambienti privi di ostacoli, folla compatta** (3.1.4 NTC-2008):

Stazioni ferroviarie (Cat. C3; Tab.3.1.II):

$$q_{\text{terra}} = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

6.4 AZIONI ECCEZIONALI

In accordo con la normativa vigente sono stati considerati i carichi eccezionali prodotti dall'urto di un autoveicolo nei pilastri in prossimità del parcheggio.

Tipo di strada	Tipo di veicolo	Forza $F_{d,x}$ [kN]
Autostrade, strade extraurbane	-	1000
Strade locali	-	750
Strade urbane	-	500
Aree di parcheggio e autorimesse	Automobili	50
	Veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 3,5 t	150

E stata considerata una forza puntuale di 50 kN agente a 1.75m di altezza del pilastro.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 17 di 52

6.5 AZIONI SISMICHE Q₂

Nel presente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel D.M. 14 gennaio 2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica.

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

a_g : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = C_C \cdot T_c^*$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

T^*_C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$: con S_S pari sempre a 1

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

T : periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05; \quad T_B = 0.15; \quad T_D = 1.0;$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 19 di 52

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_N), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente.

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
1	Opere provvisorie- Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 100$ anni (categoria 3).

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 20 di 52

ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto si considera una Classe d'uso III.

Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a $100 \times 1.5 = 150$ anni.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Stati limite di esercizio

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA 1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 21 di 52

Stato Limite di Operatività (**SLO**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (**SLD**): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stati limite ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 22 di 52

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T_c^*)

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima sul sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento (V_R), e quindi dalla vita nominale (V_N) e dalla classe d'uso (C_u) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

Latitudine: 45.412577°

Longitudine: 11.343621°

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	90	0.066	2.495	0.267
SLD	151	0.083	2.494	0.271
SLV	1424	0.206	2.436	0.287
SLC	2475	0.253	2.387	0.293

Figura 8: Valutazione dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)

Si riportano al termine dell'analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici per i diversi stati limite.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.	
	IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 23 di 52

Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento.

In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media c_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m,

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	
		Pag 24 di 52

	caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Dalle prove eseguite risulta che i terreni di fondazione appartengono alla **categoria D**.

Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti, S_s e C_c , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 25 di 52

Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella.

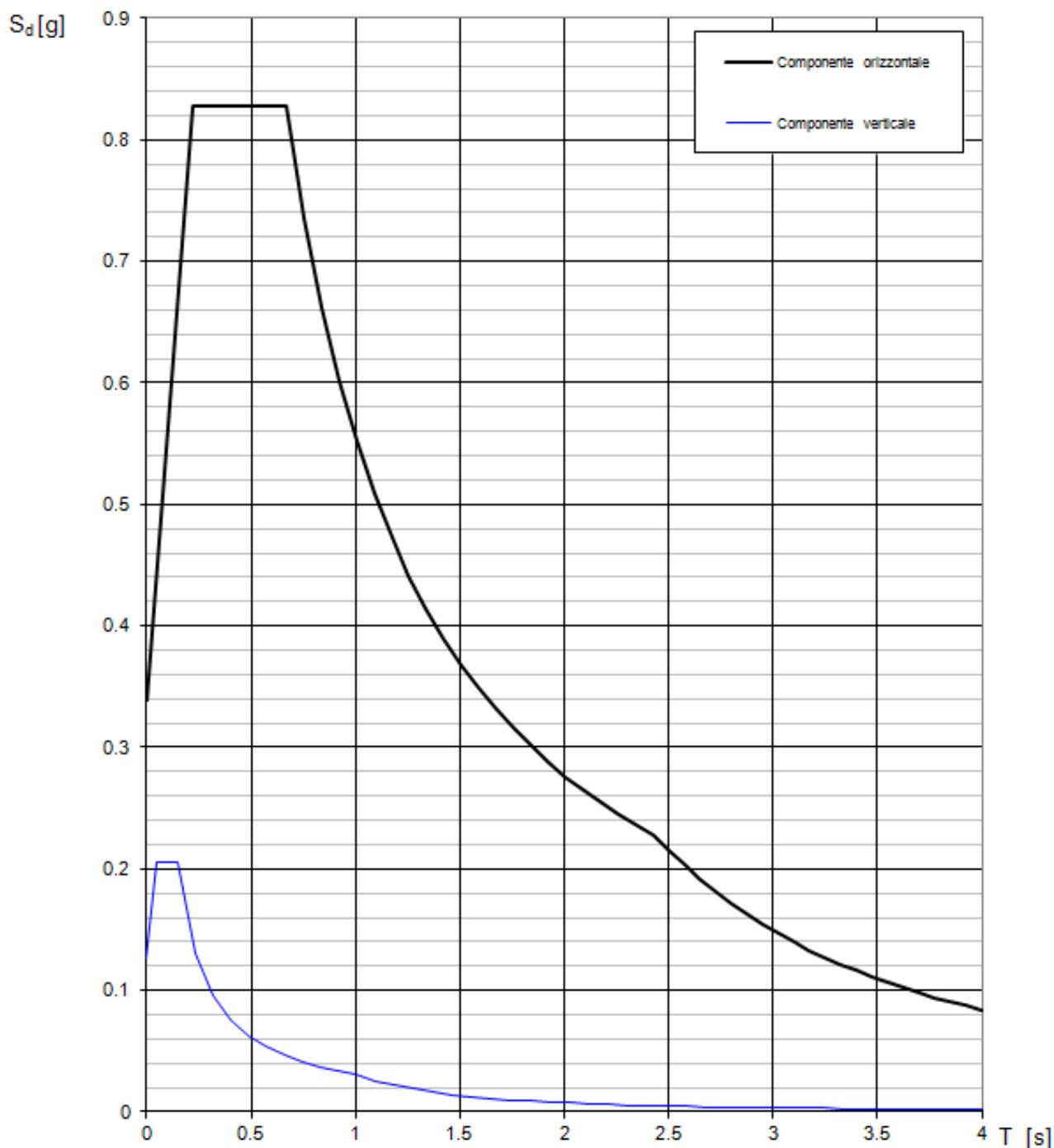
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame $S_T = 1$

Si riportano di seguito i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici per i diversi stati limite.

6.6 STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_n	0.206 g
F_o	2.436
T_c^*	0.287 s
S_s	1.646
C_c	2.332
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.646
η	1.000
T_B	0.223 s
T_C	0.670 s
T_D	2.425 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

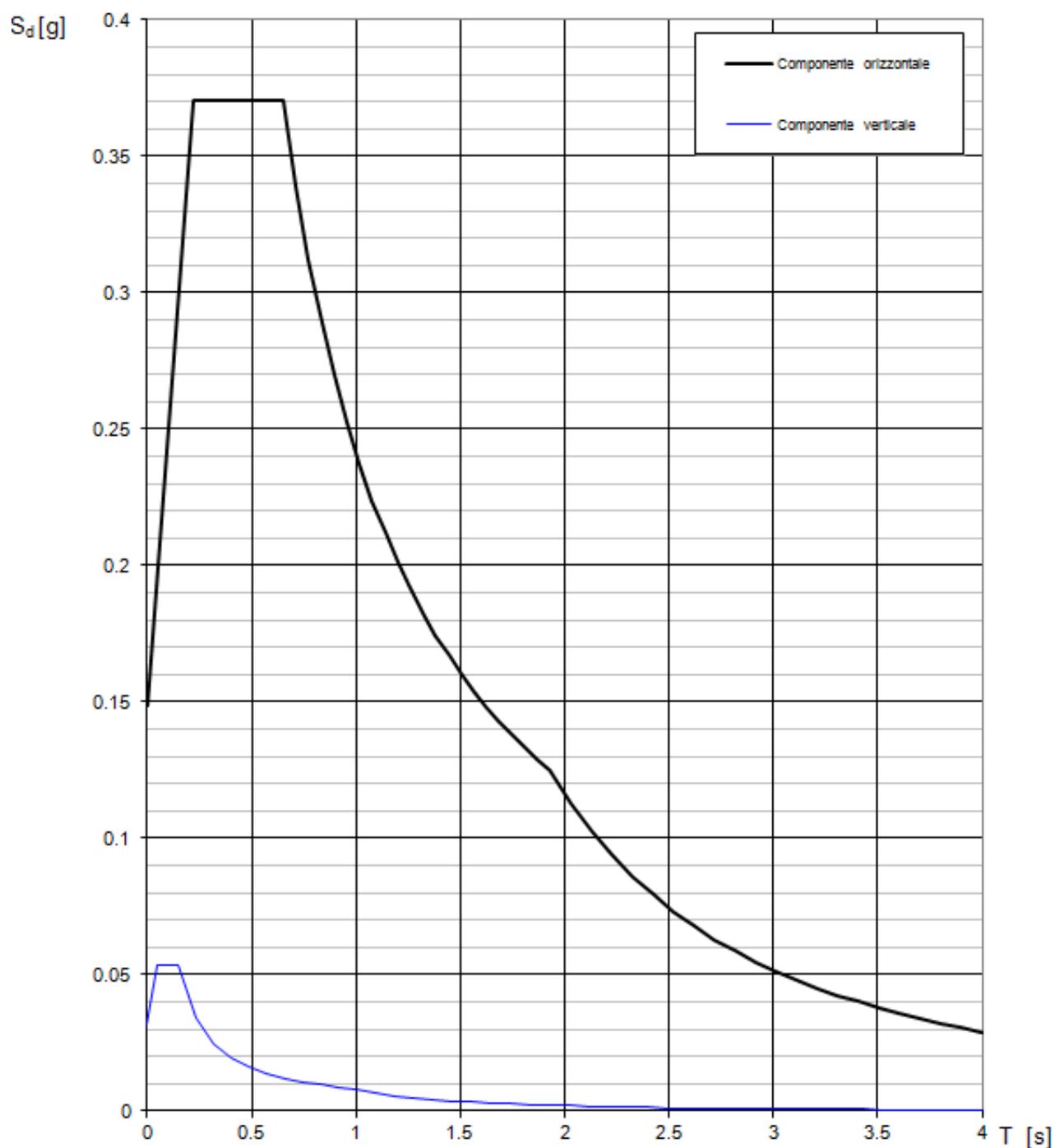
Lo spettro di progetto $S_s(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.340
$T_B \leftarrow$	0.223	0.827
$T_C \leftarrow$	0.670	0.827
	0.754	0.736
	0.837	0.662
	0.921	0.602
	1.004	0.552
	1.088	0.510
	1.171	0.473
	1.255	0.442
	1.339	0.414
	1.422	0.390
	1.506	0.368
	1.589	0.349
	1.673	0.331
	1.757	0.316
	1.840	0.301
	1.924	0.288
	2.007	0.276
	2.091	0.265
	2.175	0.255
	2.258	0.245
	2.342	0.237
$T_D \leftarrow$	2.425	0.229
	2.500	0.215
	2.575	0.203
	2.650	0.191
	2.725	0.181
	2.800	0.171
	2.875	0.163
	2.950	0.154
	3.025	0.147
	3.100	0.140
	3.175	0.133
	3.250	0.127
	3.325	0.122
	3.400	0.116
	3.475	0.111
	3.550	0.107
	3.625	0.102
	3.700	0.098
	3.775	0.094
	3.850	0.091
	3.925	0.087
	4.000	0.084

6.7 STATO LIMITE DI DANNO

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_n	0.083 g
F_0	2.494
T_C^*	0.271 s
S_S	1.800
C_C	2.401
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.800
η	1.000
T_B	0.217 s
T_C	0.651 s
T_D	1.930 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_g(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.149
0.217	0.371
0.651	0.371
0.712	0.339
0.773	0.312
0.834	0.289
0.895	0.270
0.955	0.252
1.016	0.237
1.077	0.224
1.138	0.212
1.199	0.201
1.260	0.191
1.321	0.183
1.382	0.175
1.443	0.167
1.504	0.160
1.565	0.154
1.626	0.148
1.687	0.143
1.747	0.138
1.808	0.133
1.869	0.129
1.930	0.125
2.029	0.113
2.127	0.103
2.226	0.094
2.324	0.086
2.423	0.079
2.522	0.073
2.620	0.068
2.719	0.063
2.817	0.059
2.916	0.055
3.014	0.051
3.113	0.048
3.211	0.045
3.310	0.042
3.409	0.040
3.507	0.038
3.606	0.036
3.704	0.034
3.803	0.032
3.901	0.031
4.000	0.029

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 30 di 52

7 COMBINAZIONI DI CARICO E VALUTAZIONE DELLE MASSE

Le masse strutturali sono calcolate in automatico dal software di calcolo utilizzato considerando le masse sismiche provenienti dai carichi superficiali, dai carichi lineari, dal peso proprio degli elementi strutturali.

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

I carichi accidentali sono stati considerati ai fini del peso sismico secondo i seguenti coefficienti di combinazione, Ψ_{2j} (da tab. 2.5.I NTC-2008):

Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento 0.60

La componente sismica E è stata calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti ed è stata poi combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa, utilizzando la radice quadrata della somma dei quadrati. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z$$

Gli effetti della torsione accidentale sono presi in considerazione applicando ad ogni piano i momenti $M_i = e_{ai} F_i$, con $e_{ai} = \pm 5\%$ della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo a quanto riportato nella Normativa vigente, par.2.5.3:

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 31 di 52

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 32 di 52

8 CRITERI DI MODELLAZIONE

8.1 MODELLAZIONE ADOTTATA

La modellazione è stata eseguita con il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti Midas-Gen. Il modello di calcolo è di tipo tridimensionale: le travi in acciaio ed in calcestruzzo sono state modellate come elementi beam, la platea di fondazione ed i muri come elementi shell.

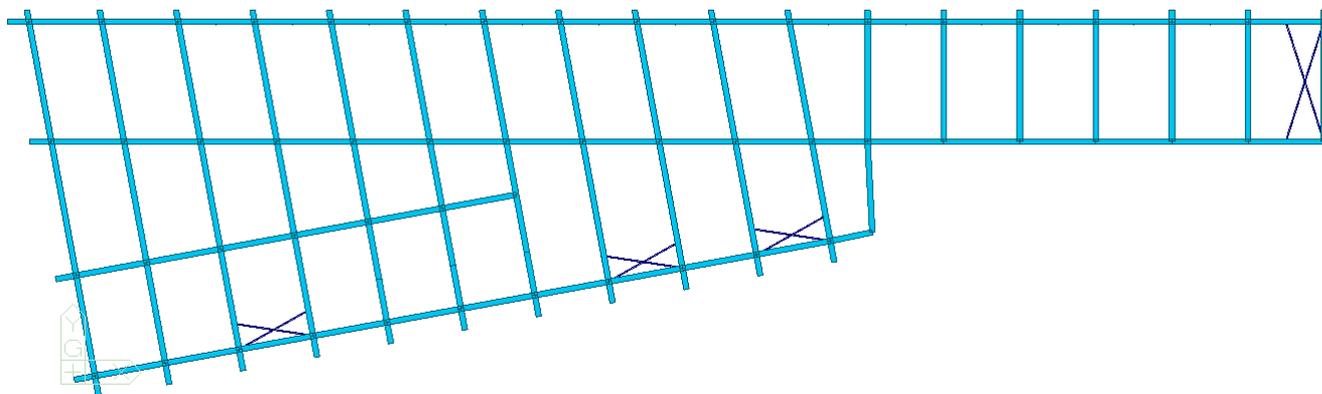


Figura 9: Modello piano di riferimento

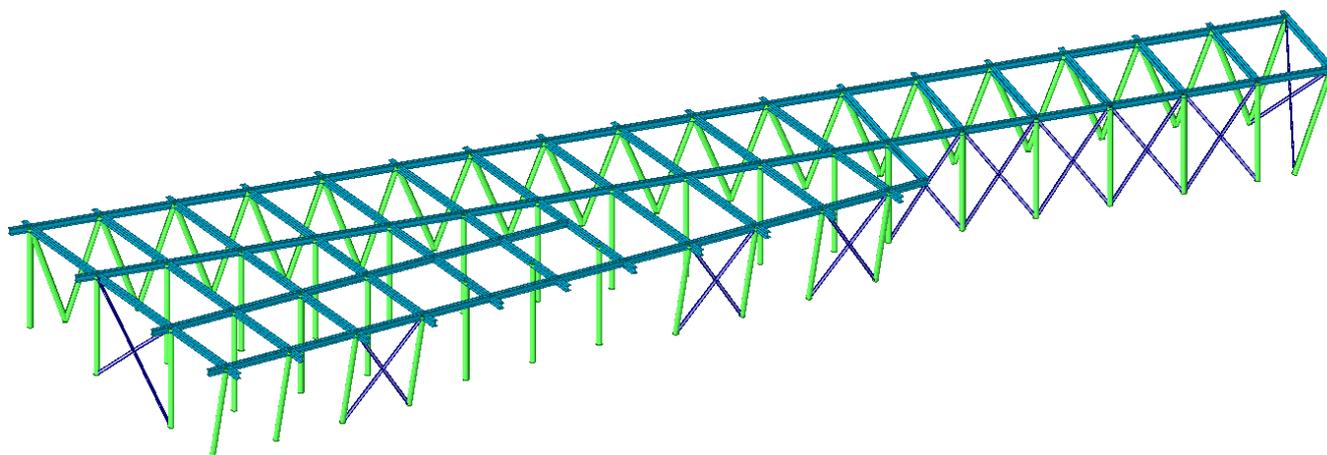


Figura 10: Modello vista prospettica 1

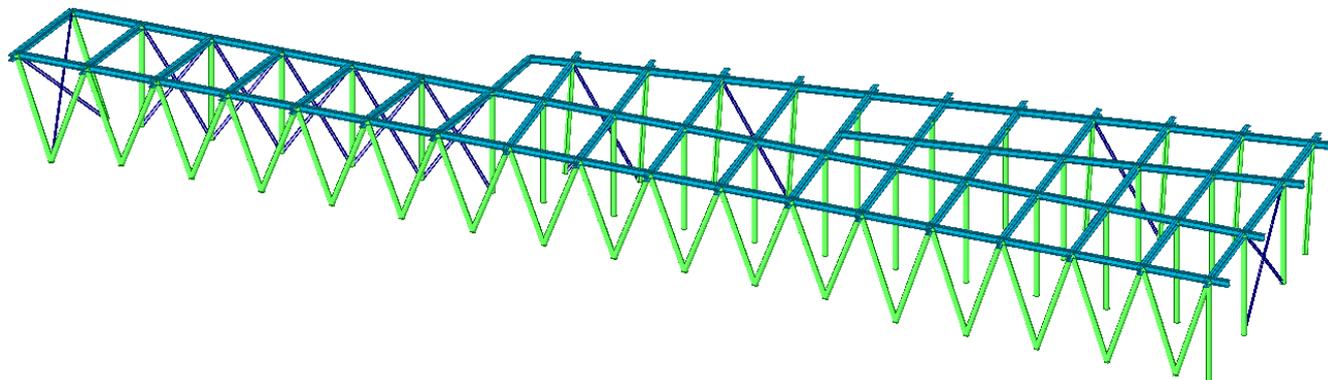


Figura 11: Modello vista prospettica 2

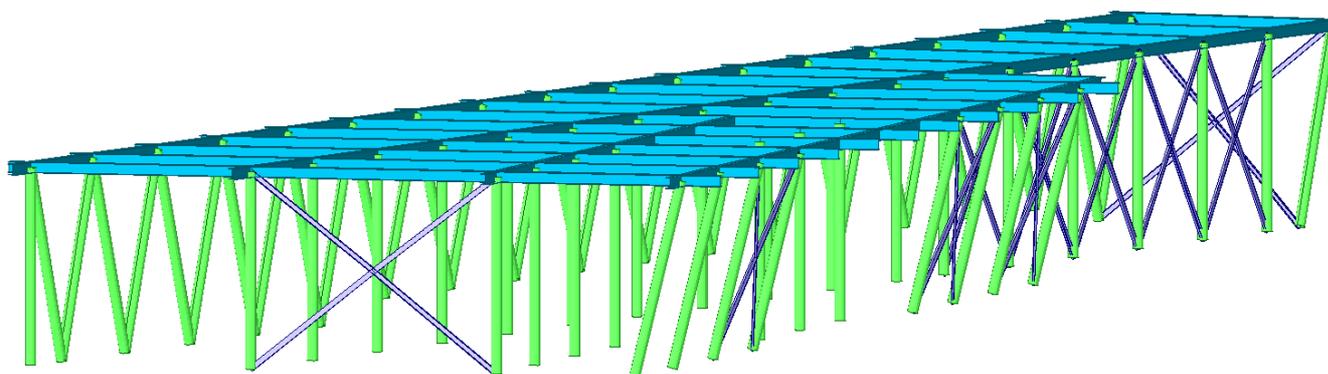


Figura 12: Modello spaccato prospettico 1

8.2 CONDIZIONI DI VINCOLO

Il vincolo alla base del modello, è simulato mediante l'applicazione di molle non lineari che simulano la rigidezza del terreno di fondazione mediante una trattazione alla Winkler.

9 ANALISI DEI RISULTATI E SOLLECITAZIONI

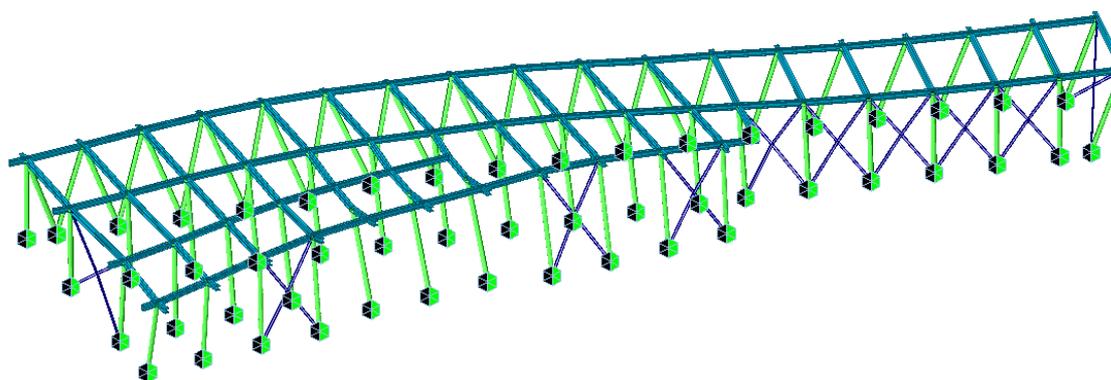
Si riportano di seguito le verifiche effettuate sul modello globale della struttura per mezzo del software di calcolo descritto in precedenza.

9.1 MODI PROPRI DI VIBRAZIONE E DEFORMAZIONI SISMICHE

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di risposta modale; in particolare si riportano le grandezze caratterizzanti i primi tre modi di vibrazione della struttura e le deformate corrispondenti:

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)								
1	6.6121	1.0524	0.9503	5.5526e-143								
2	7.5774	1.2060	0.8292	1.4231e-133								
3	9.0921	1.4471	0.6911	2.2627e-120								
4	9.9079	1.5769	0.6342	3.4875e-114								
5	10.3390	1.6455	0.6077	1.2750e-110								
6	11.5497	1.8382	0.5440	3.0377e-104								
7	12.8303	2.0420	0.4897	1.5131e-096								
8	13.6459	2.1718	0.4604	5.3637e-092								
9	14.8349	2.3611	0.4235	2.3662e-087								
10	15.3793	2.4477	0.4085	1.7169e-084								
11	17.8115	2.8348	0.3528	1.1593e-073								
12	18.1703	2.8919	0.3458	3.6087e-067								

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.1687	0.1687	72.8322	72.8322	0.0182	0.0182	0.1493	0.1493	0.0000	0.0000	1.4011	1.4011
2	0.0296	0.1983	0.2725	73.1047	0.0011	0.0193	0.0001	0.1495	0.0070	0.0070	35.7599	37.1610
3	0.0669	0.2651	13.3960	86.5007	0.0003	0.0196	0.0126	0.1621	0.0008	0.0077	5.3356	42.4966
4	0.1133	0.3784	0.4366	86.9373	0.0036	0.0233	0.0056	0.1676	0.0001	0.0078	21.8346	64.3312
5	0.0648	0.4432	0.0015	86.9388	0.0000	0.0233	0.0017	0.1693	0.0044	0.0122	0.0023	64.3335
6	0.0157	0.4589	1.9153	88.8541	0.0031	0.0264	0.0177	0.1870	0.0016	0.0137	0.4706	64.8041
7	0.0007	0.4596	0.0230	88.8771	0.0000	0.0264	0.0377	0.2247	0.0000	0.0137	0.0012	64.8053
8	0.5137	0.9733	0.0677	88.9447	0.0000	0.0265	0.0014	0.2261	0.0016	0.0153	4.2980	69.1033
9	15.7465	16.7198	1.5307	90.4754	0.0000	0.0265	0.0024	0.2285	0.0014	0.0168	0.2299	69.3332
10	12.3089	29.0286	0.5639	91.0393	0.0003	0.0268	0.0028	0.2313	0.0004	0.0171	0.3417	69.6749
11	0.0001	29.0288	0.0949	91.1342	0.0002	0.0269	0.0003	0.2315	0.0000	0.0172	2.7204	72.3953
12	0.0002	29.0290	0.0185	91.1527	0.0000	0.0270	0.0040	0.2356	0.0000	0.0172	0.0064	72.4017



NATURAL PERIOD
 (SEC)
 0.950254
 MPH(+)
 DX= 0.168797
 DY= 72.832233
 DZ= 0.018243
 FX= 0.149331
 FY= 0.000015
 FZ= 1.401106

Mode 1
 MAX : 16
 MIN : 94
 FILE: Modello A7-
 UNIT: [cps]
 DATE: 09/22/2015
 VIEW-DIRECTION
 X: -0.214
 Y: -0.830
 Z: 0.515

Figura 13: Primo modo di vibrazione della struttura $T_1 = 0.95s$ (SLU)

9.2 DEFORMAZIONI STATICHE

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di spostamenti degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello in una combinazione di carico SLE.

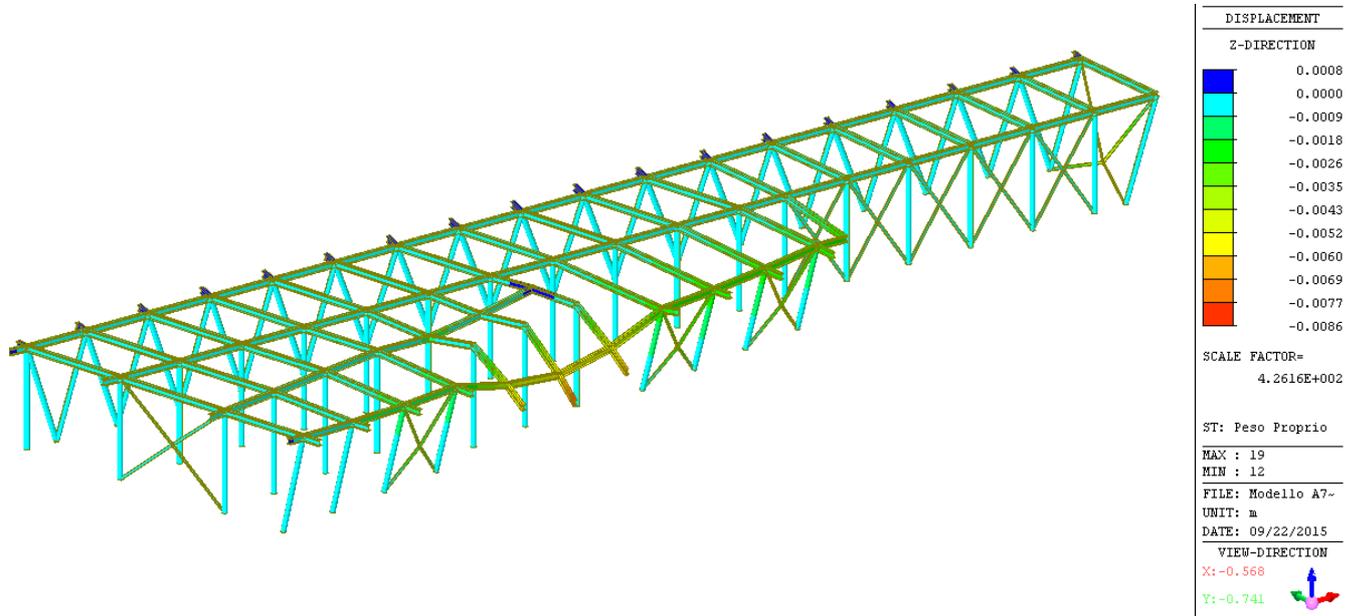


Figura 14: Spostamenti della struttura per soli carichi statici (combinazione SLE)

9.3 SOLLECITAZIONI

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi in termini di sollecitazioni degli elementi strutturali per soli carichi statici, estrapolati dal modello considerando l'involuppo massimo delle combinazioni SLU.

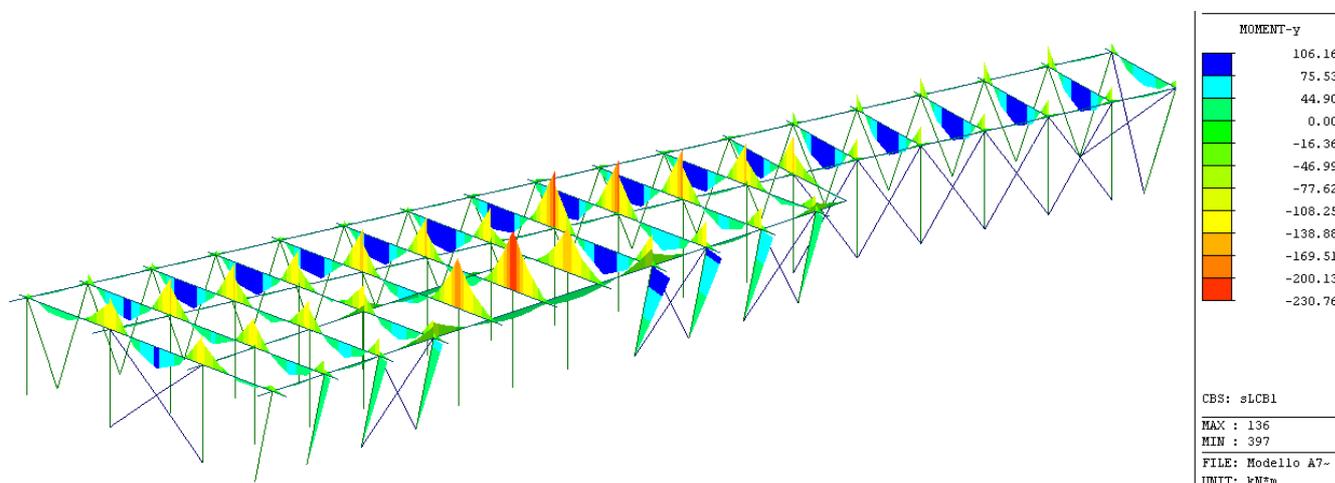


Figura 15: Momenti flettenti (involuppo delle combinazioni SLU)

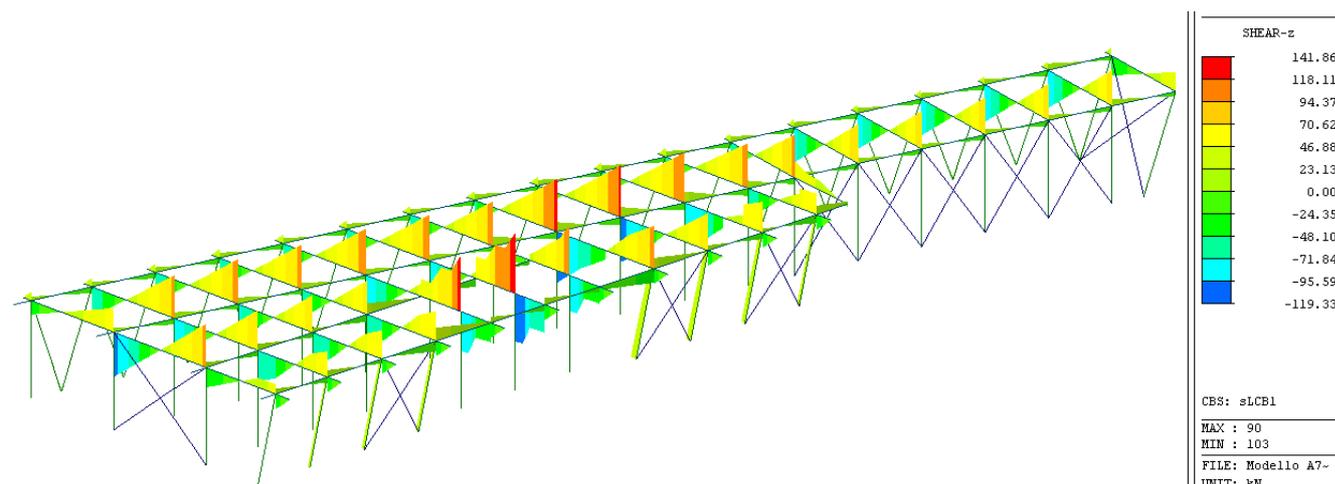


Figura 16: Taglio (involuppo delle combinazioni SLU)

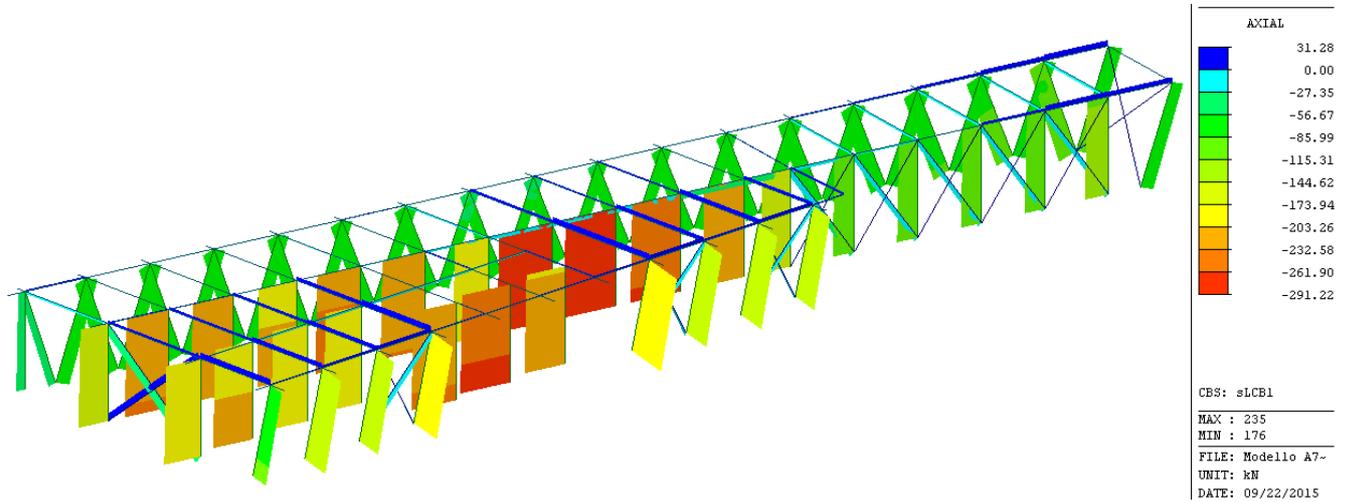


Figura 17: Sforzo normale (involuppo delle combinazioni SLU)

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 39 di 52

10 VERIFICHE

Le verifiche riportate di seguito è di tipo grafico ed è condotta attraverso il programma sulla base della normativa di riferimento. Dall'involuppo delle sollecitazioni di tutte le combinazioni il software esegue la verifica di ogni singolo elemento della struttura. Ad ognuno di essi viene associato un valore dato dal rapporto fra le sollecitazioni agenti (combinata fra loro) più limitanti e quelle resistenti. Se tale valore (coefficiente di verifica) è compreso fra 0 ed 1 il singolo elemento risulta essere verificato. Nella legenda delle immagini di verifica è riportata una mappa cromatica associata all'immagine con il relativo coefficiente di verifica.

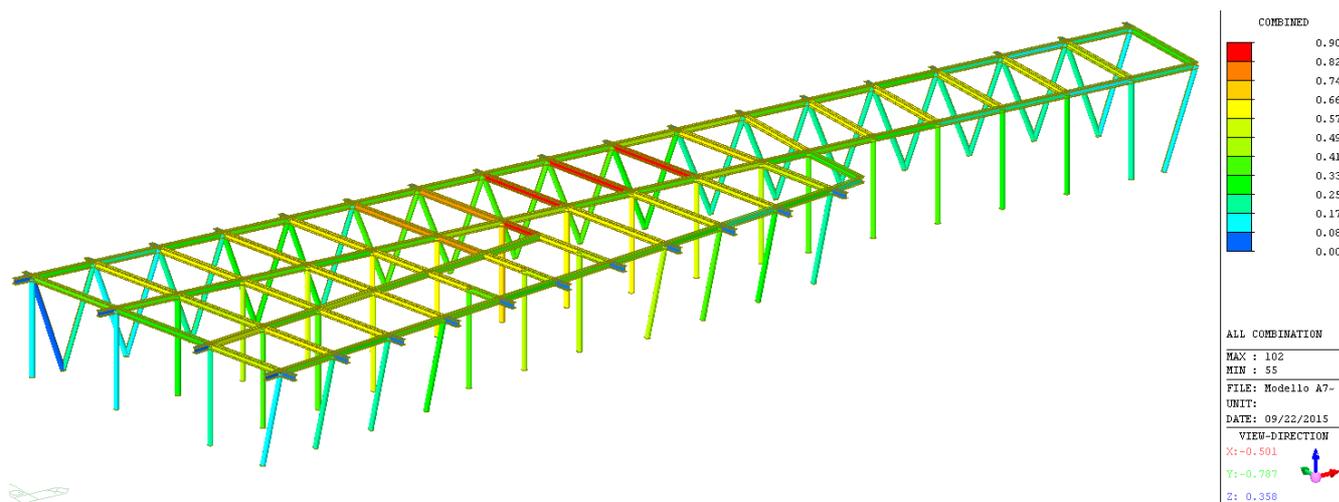


Figura 18: Verifica grafica

Come è evidente nella verifica grafica sopra riportata in ogni punto la struttura risulta verificata.

Seguono, a titolo di esempio di come il programma esegue le verifiche strutturali per ogni sezione, i dettagli delle verifiche delle aste maggiormente sollecitate per ciascuna tipologia di elemento in acciaio (colonna, trave longitudinale, travi trasversali). Per tutte le altre verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo.

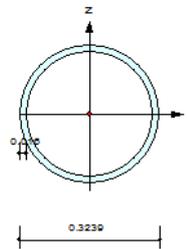
10.1 ELEMENTI IN ACCIAIO

Colonna $\Phi 329.3/16$

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sulla colonna più sollecitata, rappresentative di quelle eseguite sulle colonne della struttura:

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 179
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : Colonne F323.9-12 (No:1)
 (Built-up Section).
 Member Length : 5.90000



2. Member Forces

Axial Force : Fxx = -198.27 (LCB: 9, POS:J)
 Bending Moments : My = -3.5751, Mz = -285.70
 End Moments : Myi = -10.556, Myj = -3.5751 (for Lb)
 Myi = -10.556, Myj = -3.5751 (for Ly)
 Mzi = -214.37, Mzj = -285.70 (for Lz)
 Shear Forces : Fyy = 92.3638 (LCB: 13, POS:I)
 Fzz = 9.20829 (LCB: 32, POS:I)

Outer Dia. 0.32390		Wall Thick. 0.01000	
Area	0.01548	Asz	0.00774
Gyb	0.02376	Gzb	0.02376
Iyy	0.00018	Izz	0.00018
Ybar	0.16195	Zbar	0.16195
Wely	0.00114	Welz	0.00114
ry	0.10901	rz	0.10901

3. Design Parameters

Unbraced Lengths : Ly = 5.90000, Lz = 5.90000, Lb = 5.90000
 Effective Length Factors : Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors : Cmy = 0.85, Cnz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 198.27/5494.24 = 0.036 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 3.575/538.962 = 0.007 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 285.697/538.962 = 0.530 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\text{Beta}}$$

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, R_{max1}, (R_{oom} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.573 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.046 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.005 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

5. Deflection Checking Results

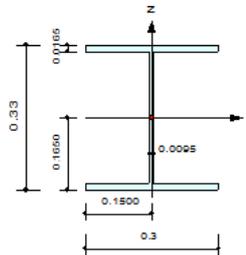
$$\text{Story High}/300.0 = 0.0197 > 0.0070 \text{ (Memb:179, LCB: 21, Dir-Y)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Trave trasversale HEA 340

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sulla trave longitudinale della pensilina:

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 108
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : HEA340 (No:2)
 (Rolled : HEA340).
 Member Length : 6.79086



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -34.789 (LCB: 9, POS:J)
 Bending Moments My = -267.53, Mz = -21.704
 End Moments Myi = -235.07, Myj = -267.53 (for Lb)
 Myi = -235.07, Myj = -267.53 (for Ly)
 Mzi = -22.533, Mzj = -21.704 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 6.52712 (LCB: 5, POS:I)
 Fzz = 128.820 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.33000	Web Thick	0.00950
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01650
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01650
Area	0.01330	Az	0.00314
Qy	0.00270	Qz	0.01125
Iyy	0.00028	Izz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Wely	0.00168	Wetz	0.00050
ry	0.14400	rz	0.07450

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 6.79086, Lz = 6.79086, Lb = 6.79086
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 34.79/4721.50 = 0.007 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 267.534/509.612 = 0.525 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 21.704/265.966 = 0.082 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\text{Beta}}$$

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, R_{max1}, (R_{oom} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.624 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.003 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.141 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

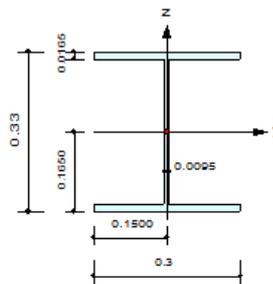
5. Deflection Checking Results

$$L/250.0 = 0.0272 > 0.0044 \text{ (Memb:108, LCB: 22, POS: 3.0m, Dir-Z)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Trave longitudinale HEA 340

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
 Unit System : kN, m
 Member No : 108
 Material : S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name : HEA340 (No:2)
 (Rolled : HEA340).
 Member Length : 6.79086



2. Member Forces

Axial Force : Fxx = -34.789 (LCB: 9, POS:J)
 Bending Moments : My = -267.53, Mz = -21.704
 End Moments : Myi = -235.07, Myj = -267.53 (for Lb)
 Myi = -235.07, Myj = -267.53 (for Ly)
 Mzi = -22.533, Mzj = -21.704 (for Lz)
 Shear Forces : Fyy = 6.52712 (LCB: 5, POS:I)
 Fzz = 128.820 (LCB: 3, POS:J)

Depth	0.33000	Web Thick	0.00950
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01650
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01650
Area	0.01330	Asz	0.00314
Qye	0.09270	Qzb	0.01125
Iyy	0.00028	Izz	0.00007
Ybar	0.15000	Zbar	0.16500
Weiy	0.00168	Weiz	0.00050
ry	0.14400	rz	0.07400

3. Design Parameters

Unbraced Lengths : Ly = 6.79086, Lz = 6.79086, Lb = 6.79086
 Effective Length Factors : Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors : Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 34.79/4721.50 = 0.007 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 267.534/509.612 = 0.525 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 21.704/265.966 = 0.082 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\text{Beta}}$$

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_{y,Rd} + M_{Edz}/M_{z,Rd}$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i_LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{sdz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, R_{max1}, (R_{oom} + R_{bend}), \text{MAX}(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.624 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.003 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.141 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

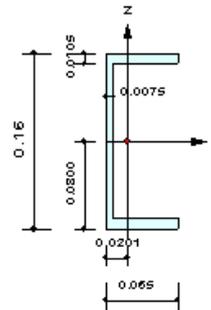
5. Deflection Checking Results

$$L/250.0 = 0.0272 > 0.0044 \text{ (Memb:108, LCB: 22, POS: 3.0m, Dir-Z)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Controvento UPN 160

1. Design Information

Design Code : Eurocode3:05
Unit System : kN, m
Member No : 235
Material : S355 (No:1)
($F_y = 355000$, $E_s = 210000000$)
Section Name : UPN160 (No:3)
(Rolled : UPN160).
Member Length : 4.77541



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -33.308$ (LCB: 9, POS:I)
Bending Moments $M_y = -0.4862$, $M_z = -0.5605$
End Moments $M_{yi} = -0.4862$, $M_{yj} = 0.00000$ (for Lb)
 $M_{zi} = -0.4862$, $M_{zj} = 0.00000$ (for Ly)
 $M_{zi} = -0.5605$, $M_{zj} = 0.00000$ (for Lz)
Shear Forces $F_{yy} = -0.2564$ (LCB: 8, POS:I)
 $F_{zz} = -0.7149$ (LCB: 32, POS:I)

Depth	0.16000	Web Thick	0.00750
Top.F.Width	0.06500	Top.F.Thick	0.01050
Bot.F.Width	0.06500	Bot.F.Thick	0.01050
Area	0.00240	Azz	0.00120
Qyb	0.00922	Qzb	0.00101
Iyy	0.00001	Izz	0.00000
Ybar	0.02005	Zbar	0.08000
Wely	0.00012	Welz	0.00002
ry	0.06210	rz	0.01890

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 4.77541$, $L_z = 4.77541$, $L_b = 4.77541$
Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 33.3076/67.6815 = 0.492 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 0.4862/48.8480 = 0.010 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.5605/13.9213 = 0.040 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$RNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny,Rd}, M_{Edz}/M_{nz,Rd}]$$

$$R_{max1} = (M_{Edy}/M_{ny,Rd})^{\text{Alpha}} + (M_{Edz}/M_{nz,Rd})^{\text{Beta}}$$

$$R_{com} = N_{Ed}/(A*fy/\text{Gamma}_{M0}), R_{bend} = M_{Edy}/M_y,Rd + M_{Edz}/M_z,Rd$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed}/(\chi_{iy}*A*fy/\text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = (k_{yy}*M_{Edy})/(\chi_{i_LT}*W_{ply}*fy/\text{Gamma}_{M1}) + (k_{yz}*M_{Edz})/(W_{plz}*fy/\text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed}/(\chi_{iz}*A*fy/\text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = (K_{zz}*M_{Edy})/(\chi_{i_LT}*W_{ply}*fy/\text{Gamma}_{M1}) + (K_{zz}*M_{Edz})/(W_{plz}*fy/\text{Gamma}_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[RNRd, R_{max1}, (R_{com}+R_{bend}), \text{MAX}(R_{c_LT1}+R_{b_LT1}, R_{c_LT2}+R_{b_LT2})] = 0.569 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.001 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.003 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Trave secondaria IPE 180

Solaio in lamiera gregata	2,0	kN/m ²	
Sovraccarico permanente portato:	3,7	kN/m ²	
Sovraccarico accidentale D1:	1,7	kN/m ²	
Interasse	1,3	m	
SOLLECITAZIONI AGENTI SUL PROFILATO			
Sollecitazioni SLU agenti	Fd	13,38	kN/m
Lunghezza profilato	L	4,5	m
Momento Flettente di calcolo	Md	33,86	kNm
Taglio agente	Td	30,09	kN
CARATTERISTICHE PROFILATO METALLICO			
Acciaio da carpenteria tipo:	Fe 510		
Tensione di snervamento	f _d	355	MPa
Modulo elastico	Es	206 000	MPa
Profilato	IPE 180		
Peso Profilato	G	24,7	kg/m
Modulo di resistenza elastico	W _{el,y}	146,3	cm ³
Modulo di inerzia	I _y	1317	cm ⁴
Peso totale profilato metallico	g	18,8	kg
VERIFICA TENSIONALE			
Tensione agente in mezzzeria	σ _{max}	231,41	MPa
Sfruttamento tensionale	s	65,2%	
Fattore di sicurezza	FS	1,33	
VERIFICA DEFORMAZIONE			
Carico lineare in condizione di carico accidentale	p _d	2,13	kN/m
Freccia	f	4,18	mm
Abbassamento adimensionale	L/Δf		1/ 1076
Limite Normativo per solai generici Tab 4.2.X	1/300	15	mm

10.2 PIASTRA DI BASE

Si riportano a seguire le sollecitazioni di calcolo alla base del pilastro, dimensionanti per le verifiche della piastra di base:

Momento trasversale $M_y = 28.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Momento longitudinale $M_x = 285 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Sforzo normale $N = 314 \text{ kN}$

VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE CIRCOLARI PER COLONNE TUBOLARI			
Materiali utilizzati			
Valore di snervamento dell'acciaio della colonna	$f_{yk,c}$	355	[N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio della colonna	$f_{uk,c}$	510	[N/mm ²]
Valore di snervamento dell'acciaio dei tirafondi	$f_{yk,t}$	355	[N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio dei tirafondi	$f_{uk,t}$	510	[N/mm ²]
Valore di snervamento dell'acciaio della piastra	$f_{yk,b}$	335	[N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio della piastra	$f_{uk,b}$	470	[N/mm ²]
Coefficienti di sicurezza			
Coefficiente di sicurezza per le sezioni lorde	γ_{M0}	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per sezioni nette e per i tirafondi	γ_{M2}	1.25	[-]
Caratteristiche geometriche			
Diametro esterno della colonna tubolare	$d_{c,ext}$	323.90	[mm]
Spessore della colonna tubolare	t_c	12.00	[mm]
Diametro interno della colonna tubolare	$d_{c,int}$	299.9	[mm ²]
Area della sezione trasversale	A_c	11758	[mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale	I_c	143195605	[mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,c}$	884196	[mm ³]
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,c}$	1167955	[mm ³]
Classificazione della sezione	$d_{c,ext}/t_c$	26.99166667	[-]
	ϵ	0.81	[-]
	CL	Classe 2	[-]
Momento resistente della colonna	$M_{Rd,c}$	394.88	[kNm]
25% del momento resistente	$25\%M_{Rd,c}$	98.72	[kNm]

Sollecitazioni di progetto		
Forza assiale (positiva se di compressione)	$N_{Ed,c}$	314.00 [kN]
Forza assiale (negativa se di trazione)	$N_{Ed,t}$	153.00 [kN]
Momento flettente di progetto	M_{Ed}	314.00 [kNm]
Tensione massima nei tirafondi (da Gelfi)	σ_t	141.00 [N/mm ²]
Tasso di lavoro della colonna per pura flessione	ρ_c	0.80 [-]
Verifica di resistenza dei tirafondi		
Diametro dei tirafondi	ϕ_t	20.00 [mm]
Area della sezione lorda del tirafondo	A_t	314 [mm ²]
Area della sezione netta del tirafondo	$A_{t,netta}$	245 [mm ²]
Resistenza della sezione lorda	$N_{pl,Rd}$	106.22 [kN]
Resistenza della sezione netta	$N_{u,Rd}$	89.98 [kN]
Resistenza minima del tirafondo	$N_{min,Rd}$	89.98 [kN]
Sollecitazione nel tirafondo	$N_{t,Ed}$	44.30 [kN]
Tasso di lavoro del tirafondo	ρ_t	0.49 [-]
Resistenza della piastra lato tirafondi		
Distanza tra la colonna ed il tirafondo	s	60.00 [mm]
Spessore della piastra di base	t_b	30.00 [mm]
Larghezza efficace della piastra di base	b_{eff}	140 [mm]
Modulo di resistenza plastico della piastra	$W_{pl,b}$	31500 [mm ³]
VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE CIRCOLARI PER COLONNE TUBOLARI		
Momento resistente della piastra di base	$M_{pl,Rd}$	10.05 [kNm]
Momento sollecitante della piastra di base	$M_{b,Ed}$	5.40 [kNm]
Tasso di lavoro della piastra di base	$\rho_{b,t}$	0.54 [-]
Resistenza della piastra lato calcestruzzo		
Diametro della piastra di base	d_b	550.00 [mm]
Resistenza del grout sotto la piastra	f_{jd}	20.00 [N/mm ²]
Coefficiente di ripartizione	c	69 [mm]
Diametro effettivo esterno	$d_{b,eff,ext}$	462.26 [mm]
Diametro effettivo interno	$d_{b,eff,int}$	161.54 [mm]
Considerare o meno la ripartizione interna		si [-]
Area efficace della piastra di base	$A_{c,eff}$	147330 [mm ²]
Resistenza efficace del grout al di sotto della piastra	$N_{j,Rd}$	2947 [kN]
Forza assiale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	314 [kN]
Tasso di lavoro del grout	ρ_j	0.11 [-]
Distanza tra bordo piastra e bordo colonna	s_b	113.05 [mm]
Ripartizione effettiva	c_{eff}	69 [mm]
Modulo di resistenza plastico della piastra	$W_{pl,b}$	225 [mm ³ /mm]
Momento resistente della piastra di base	$M_{pl,Rd}$	0.072 [kNm/m]
Momento sollecitante della piastra di base	$M_{b,Ed}$	0.048 [kNm/m]
Tasso di lavoro della piastra di base	$\rho_{b,c}$	0.67 [-]

Linea AV/AC VERONA – PADOVA

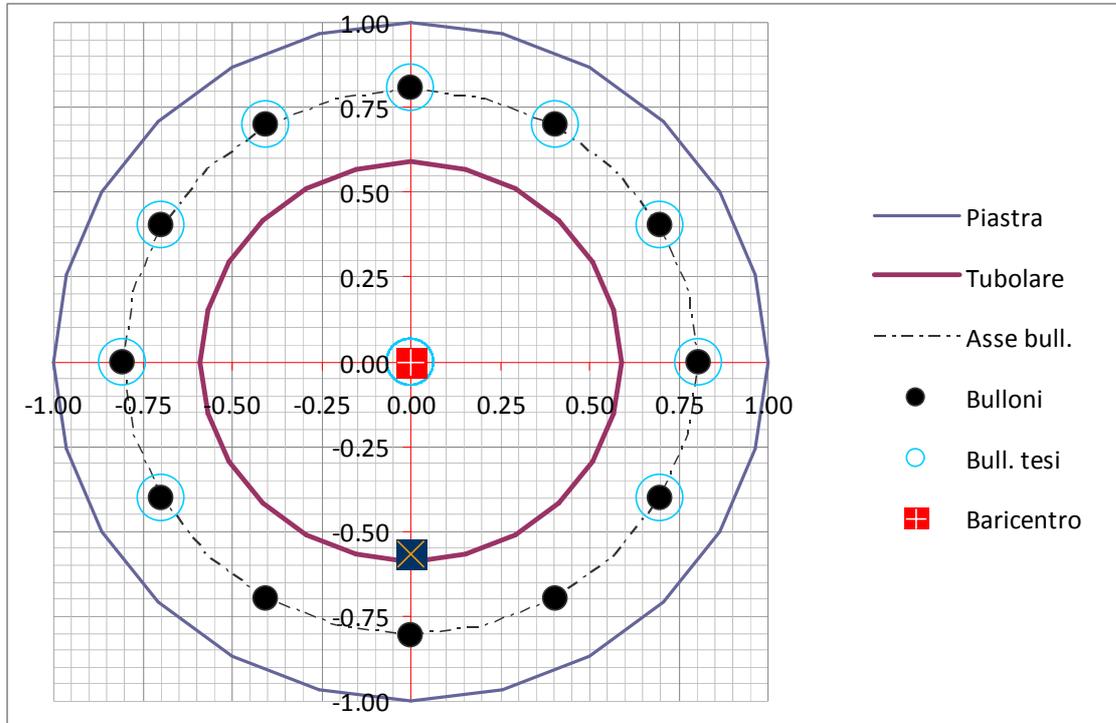
1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

Titolo:
RELAZIONE
FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60
RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI

PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV.

IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C

. Pag
47 di 52



 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE FV01 STAZIONE LONIGO - FABBRICATO KM 27560,60 RELAZIONE DI CALCOLO FABBRICATO VIAGGIATORI	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D 00 DI2 CL FV 0102001C	. Pag 48 di 52

VERIFICA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO DEI TIRAFONDI

La resistenza tangenziale di aderenza acciaio-clt di calcolo, nel caso in esame, risulta, in accordo alle nuove norme tecniche NTC08 (par. 4.1.2.1.1.4), pari a:

$$f_{bd} := \frac{2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}}{1.5} = 2.98 \text{ Mpa}$$

Con η pari a 1, avendo tirafondi di diametro inferiore a 32 mm ($d = 20$ mm); e con f_{ctk} pari alla resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo, valutata come segue:

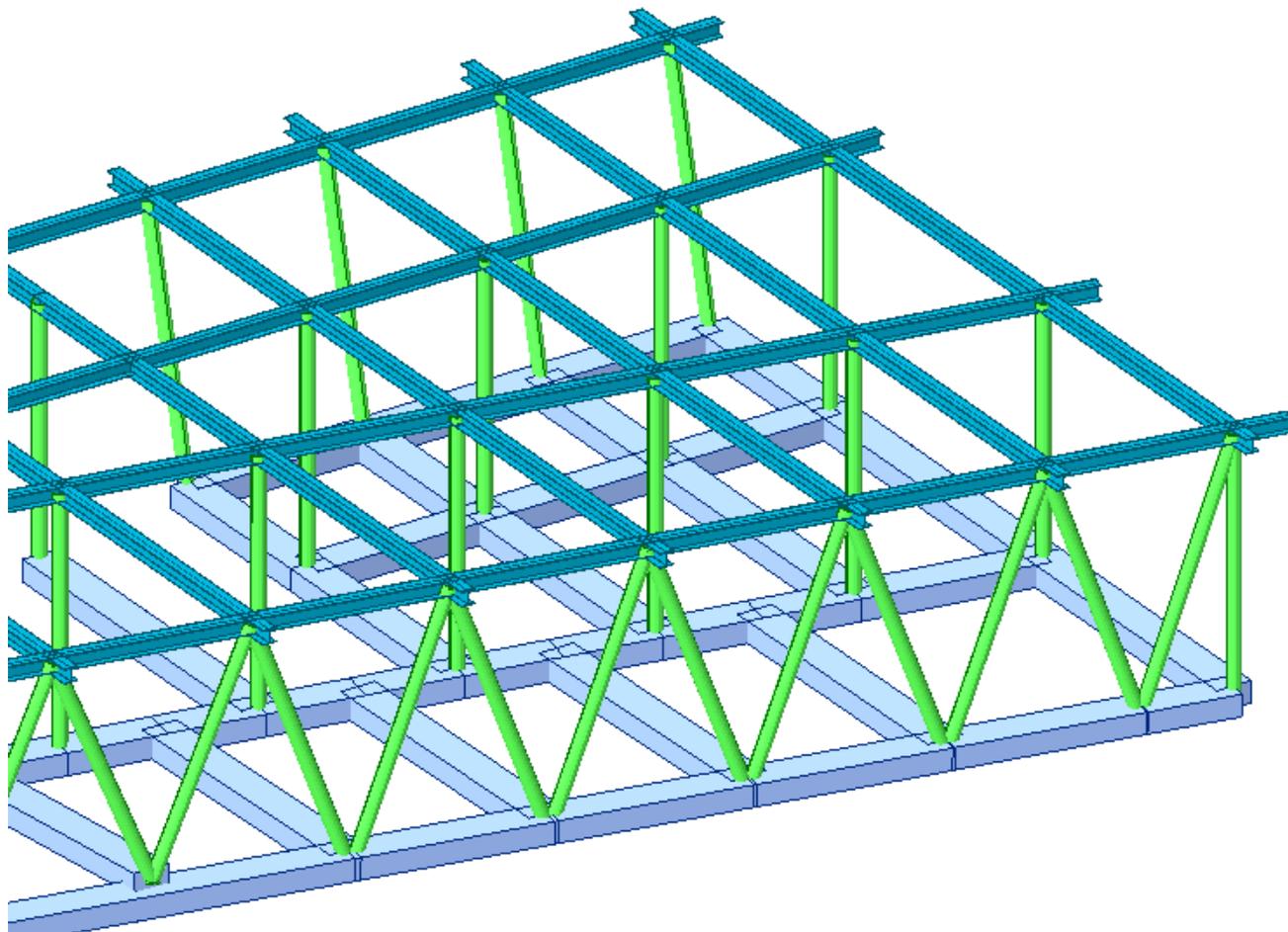
$$f_{ctk} := 0.7 \cdot 0.3 \cdot \left(\frac{f_{ck}}{1 \text{ MPa}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 1 \text{ MPa} = 1.984 \text{ MPa}$$

Tenendo conto dell'azione di trazione $T_{\text{tirafondo}}$ esercitata sul tirafondo (44.49 kN), valutata in precedenza, e della resistenza tangenziale di aderenza acciaio-clt di calcolo, è possibile ricavare dalla condizione di equilibrio alla traslazione imposta sul tirafondo, la lunghezza di ancoraggio minima da garantire al tirafondo ($d = 20$ mm), come segue:

$$L_{\text{ancoraggio}} := \frac{T_{\text{tirafondo}}}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot f_{bd}} = 23.7 \text{ cm}$$

La lunghezza di ancoraggio adottata per i tirafondi ($L = 100$ cm) soddisfa dunque la verifica di aderenza acciaio-calcestruzzo.

10.3 TRAVI DI FONDAZIONE

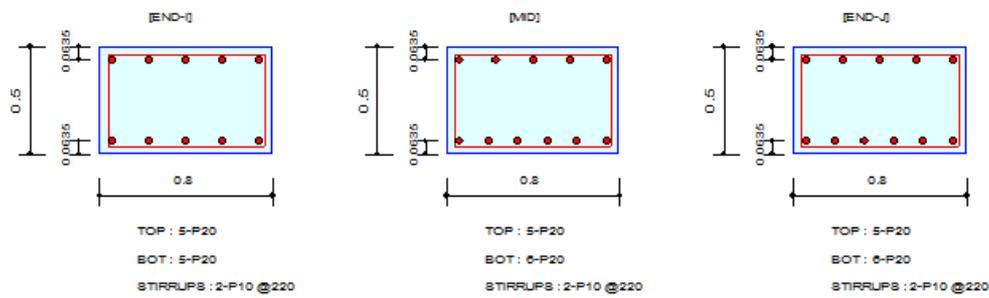


Di seguito si riporta la verifica della sezione maggiormente sollecitata:

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04
 Unit System : kN, m
 Material Data : $f_{ck} = 25000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Beam Span : 1.05 m
 Section Property : fondazione (No : 2)

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	16	8	8
Moment (M _{Ed})	218.53	236.99	245.22
Strength (M _{Rd})	253.22	252.76	252.76
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8630	0.9376	0.9702
(+) Load Combination No.	4	12	12
Moment (M _{Ed})	213.82	253.42	273.94
Strength (M _{Rd})	253.22	300.66	300.66
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8444	0.8429	0.9111
Required Rebar Top (A _{s_top})	0.0014	0.0015	0.0015
Required Rebar Bot (A _{s_bot})	0.0013	0.0016	0.0017

4. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	16	16	16
Factored Shear Force (V _{Ed})	74.33	70.02	78.66
Shear Strength by Conc. (V _{Rdc})	157.40	146.12	167.27
Required Shear Reinf. (A _{sw})	0.0007	0.0007	0.0007
Required Stirrups Spacing	2-P10 @220	2-P10 @220	2-P10 @220
Check Ratio	0.4722	0.4792	0.4702