

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

**INTERCONNESSIONE DI NOVI LIGURE ALTERNATIVA ALLO SHUNT
BARRIERE ANTIRUMORE NUOVA INTERCONNESSIONE LINEA STORICA
DA PK 106+689 A PK 113+687.220**

Fondazioni B.A. portale in c.a. - AREA 7 - Relazione di calcolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing. E. Pagani		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 0	D	C V	C L	B A V C 0 0	0 1 0	B

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	CCR Ing.	27/07/15	COCIV	29/07/15	A. Mancarella 	30/07/15	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. A. Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
B00	Rev. prot. 0002131/CTVA M.A.T.T.	AIE	27/07/16	COCIV	27/07/16	A. Mancarella 	27/07/16	

n. Elab.:	File: A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00
-----------	---------------------------------------

CUP: F81H9200000008

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00	Foglio 3 di 49

INDICE

INDICE.....	3
1. INTRODUZIONE.....	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2.1. Normativa tecnica vigente	5
3. METODO DI CALCOLO.....	7
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	8
4.1. Calcestruzzo Per Le Strutture.....	8
4.2. Acciaio Per Le Strutture In Cemento Armato	8
5. PARAMETRI GEOTECNICI TERRENO	9
6. INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	9
7. MODELLAZIONE.....	10
8. ANALISI DEI CARICHI.....	11
8.1. Condizioni elementari di carico.....	11
8.2. Combinazioni di carico	11
8.3. Definizione dei carichi	12
8.4. grafici esplicativi dei carichi	17
9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO E MODELLAZIONE SISMICA.....	20
9.1. Azione sismica	20
10. VERIFICHE GEOTECNICHE E SLU PALI Ø 600 E MICROPALI.....	21
10.1. Sollecitazioni	22
10.2. Portanza carichi verticali.....	24
10.3. Calcolo del Momento di Plasticizzazione.....	25
10.4. Calcolo del Carico Limite Orizzontale	26
10.5. Sollecitazioni lungo il Palo	27
11. VERIFICHE STRUTTURALI	34
11.1. Verifiche Trave di Fondazione.....	34
11.2. Verifiche Trave in Elevazione	37
11.3. Verifiche Setti.....	43
11.4. Incidenza Armature	49

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 49</p>

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto é redatto in conformità alle Normative e Leggi vigenti:

- [NT_1]. D.M. 11.03.1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”
- [NT_2]. Circ. Dir. Centr. Tecn. N°97/81 “Istruzioni relative alle Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegni delle terre e delle opere di fondazione”.
- [NT_3]. D.M. 09.01.1996 “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche”
- [NT_4]. D.M. 16.01.1996 “Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- [NT_5]. Circolare 156 del 04.07.1996 “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”
- [NT_6]. D.M. 04/05/1990: "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali".
- [NT_7]. Ministero LL.PP. 25/02/1991: "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali".
- [NT_8]. D.M. 16.01.1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”
- [NT_9]. Ordinanza 3274 del 20/03/03 del Consiglio dei ministri – Allegato 1 – “Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”
- [NT_10]. Ordinanza 3274 del 20/03/03 del Consiglio dei ministri – Allegato 4 – “Norme Tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni”
- [NT_11]. Ordinanza n.3316 - Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03
- [NT_12]. Raccomandazioni AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce” ed. Maggio 1993.
- [NT_13]. Istruzioni FF.SS. n°I/SC/PS-OM/2298 – “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo.”
- [NT_14]. Istruzioni FF.SS. 44a - “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione l'esecuzione e il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrastanti la sede ferroviaria”.
- [NT_15]. Prescrizioni tecniche per la progettazione FF.SS. - “Manuale di progettazione - Corpo stradale”

2.1. NORMATIVA TECNICA VIGENTE

- [NT_16]. Norma UNI EN 206-1:2006 “Calcestruzzo. Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- [NT_17]. UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 49</p>

- [NT_18]. UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1
- [NT_19]. Linee guida sul calcestruzzo strutturale - 5 aprile 2013- Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale
- [NT_20]. UNI EN 1991-1-5:2004 “Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Azioni in generale – Azioni termiche”
- [NT_21]. UNI EN 1992-1-1:1993 “Eurocodice2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1 – Regole generali e regole per edifici”
- [NT_22]. UNI EN 1993-1-1:2005 “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1 – Regole generali e regole per edifici”
- [NT_23]. UNI EN 1997-1:1997 “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”
- [NT_24]. Raccomandazioni AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce” ed. giugno 2012.
- [NT_25]. Raccomandazioni AGI “Raccomandazioni sui pali di fondazione” ed. dicembre 1984.
- [NT_26]. Norma UNI EN 10025 – 2005 – “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali
- [NT_27]. DM 16 Gennaio 1996 – “Norme tecniche per le costruzioni”
- [NT_28]. Istruzioni RFI- RFI/DTC/INC/PO/SP/IFS/001/A – 21 dicembre 2011 – “Specifiche per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario.”

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00</p>	<p>Foglio 7 di 49</p>

3. METODO DI CALCOLO

Il metodo di calcolo e di verifica utilizzato è quello degli stati limite (SLU-SLE). I risultati dell'analisi strutturale condotta per le singole condizioni di carico, moltiplicati da opportuni coefficienti e combinati in casi di carico, definiscono le sollecitazioni di calcolo delle membrature da verificare.

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza e le azioni di calcolo sono stati assunti in conformità con il D.M. 16.01.96 – “Norme tecniche per le costruzioni”.

Le caratteristiche dei materiali sono state assunte in conformità con il D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP.), nonché alle Istruzioni RFI/DTC/INC/PO/SP/IFS/001/A.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00
	Foglio 8 di 49

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Con riferimento alle normative citate le strutture sono state verificate adottando i seguenti parametri di resistenza dei materiali.

4.1. CALCESTRUZZO PER LE STRUTTURE

CALCESTRUZZO FONDAZIONI CLASSE C25/30 ($R_{ck} \geq 30 N/mm^2$)

Classe di esposizione: XC2 (UNI EN 206-1)

Copriferro nominale min. per strutture interrato = 30 mm (ricoprimento armature più esterne)

Classe di consistenza: S3 (UNI EN 206-1)

Massima dimensione aggregati ≤ 32 mm

CALCESTRUZZO ELEVAZIONI CLASSE C32/40 ($R_{ck} \geq 40 N/mm^2$)

Classe di esposizione: XC4 (UNI EN 206-1)

Copriferro nominale min. per strutture in elevazione = 40mm (ricoprimento armature più esterne)

Classe di consistenza: S4 (UNI EN 206-1)

Massima dimensione aggregati ≤ 32 mm

CALCESTRUZZO PER MAGRONI CLASSE C12/15 ($R_{ck} \geq 15 N/mm^2$)

Resistenza media $\geq 15 N/mm^2$

Contenuto minimo cemento: 150 kg/m³

CALCESTRUZZO PALI CLASSE C25/30 ($R_{ck} \geq 30 N/mm^2$)

Classe di esposizione: XC2 (UNI EN 206-1)

Copriferro nominale min. per strutture interrato = 60mm

(nel caso di pali trivellati) 60mm

Classe di consistenza: S3÷S5 (UNI EN 206-1)

Massima dimensione aggregati ≤ 32 mm

4.2. ACCIAIO PER LE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Per l'acciaio di armatura è stato utilizzato un acciaio B 450 C avente le seguenti caratteristiche.

$f_{y,k} = 450$ MPa (resistenza caratteristica di snervamento #11.3.2 – NTC08);

$f_{t,k} = 540$ MPa (resistenza caratteristica di rottura #11.3.2 – NTC08);

$\gamma_s = 1.15$ (coefficiente di sicurezza #4.1.2.1.1.3 – NTC08).

5. PARAMETRI GEOTECNICI TERRENO

Per le caratteristiche geo meccaniche del terreno si assumono i parametri dedotti dalla relazione geologica del Dott. Geologo Anselmi.

LITOLOGIA TRATTO A:

- 0,0 ÷ 5,00 Limo Argilloso debolmente sabbioso di colore rossiccio con abbondanti inclusi eterogenei a spigoli vivi ed arrotondati
- 5,00 Ghiaia eterogenea ed etero metrica da sub angolare a sub arrotondata in matrice limoso sabbiosa di colore nocciola

PARAMETRI GEOTECNICI:

Litologia	γ	C	ϕ	E
	(t/m ³)	(Kg/cm ²)	(°)	(Kg/cm ²)
Limo argilloso Debolmente sabbioso	1.8	0.2	25	200
Ghiaia	1.9	0.0	33	400
Argilla marnosa marne argillose	2.1	2.0	35	2000

6. INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Norme C.N.R.-U.N.I 10024/86: informazioni sul codice di calcolo.

Codice DOLMENWIN, versione 14, prodotto, distribuito e assistito dalla Soc. CDM DOLMEN, con sede in Torino, via Drovetti 9/F.

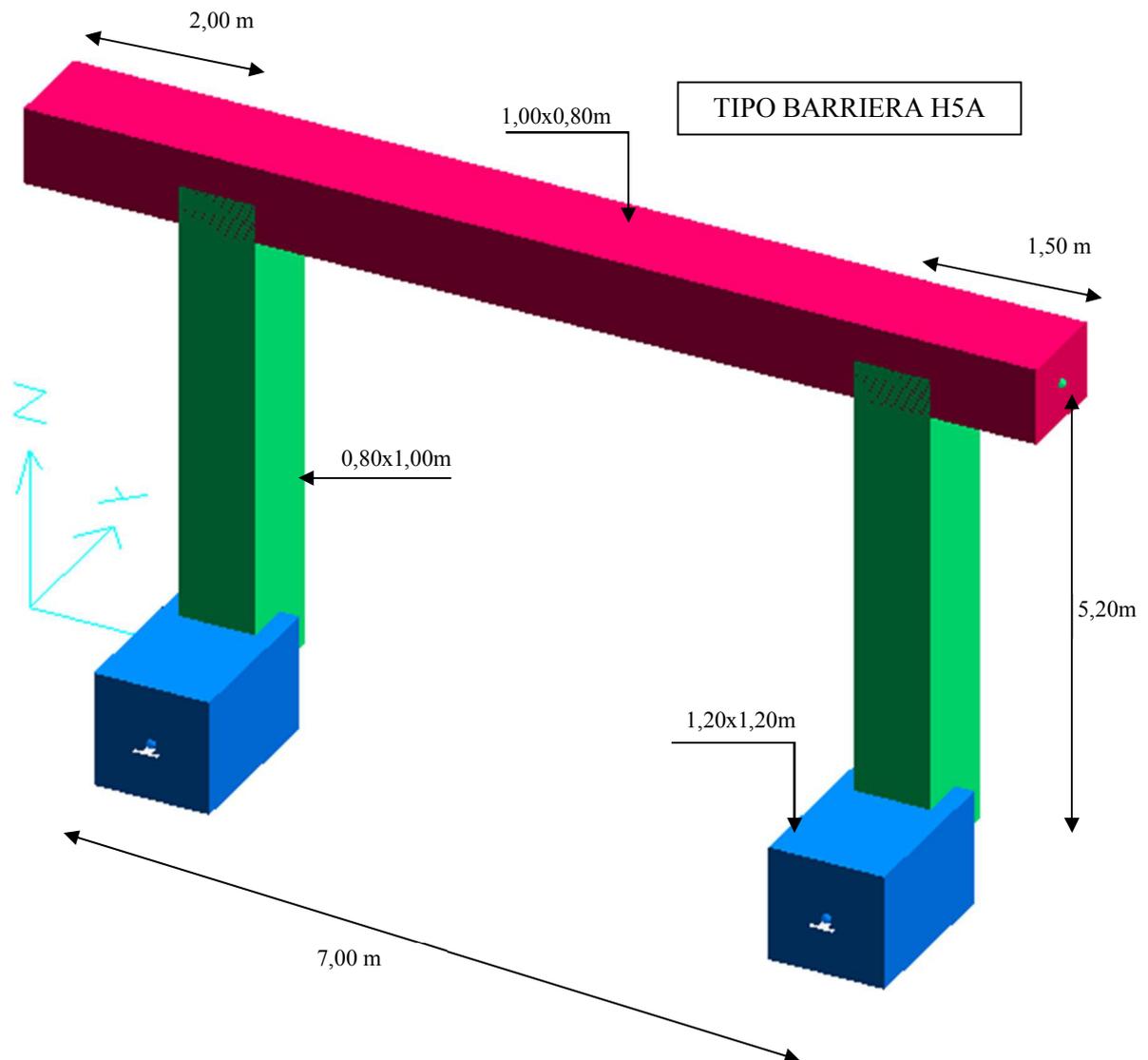
Il codice effettua l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà. Gli elementi considerati sono di tipo guscio, sia rettangolare che triangolare, aventi comportamento membrana e piastra. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sugli elementi guscio come carichi d'area. I vincoli esterni sono definiti da sei costanti di rigidezza elastica.

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, che riporta, per una serie di strutture significative, i confronti tra le analisi effettuate con il codice e quelle effettuate con codici di confronto (HERCULES della Soc. SOCOTEC - Parigi). La presenza di un modulo CAD per l'introduzione dei dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi e dei carichi introdotti. E' possibile ottenere rappresentazioni grafiche di deformate, sollecitazioni e stati di tensione della struttura.

7. MODELLAZIONE

Il modello strutturale rappresentativo del portale presente nell'area 7, è stato effettuato con elementi finiti monodimensionali (modello ad aste), ciascuno con la propria sezione reale.

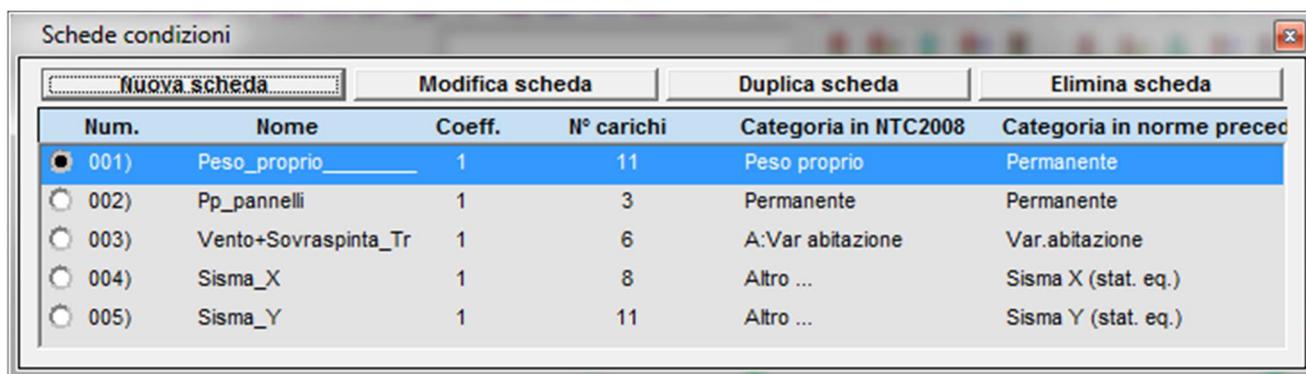
MODELLO IN 3D CON GLI ELEMENTI ESTRUSI



8. ANALISI DEI CARICHI

8.1. CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

Nella seguente tabella si riportano le condizioni di carico analizzate nel modello F.E.M.



Num.	Nome	Coeff.	N° carichi	Categoria in NTC2008	Categoria in norme preced
<input checked="" type="radio"/> 001)	Peso_proprio_____	1	11	Peso proprio	Permanente
<input type="radio"/> 002)	Pp_pannelli	1	3	Permanente	Permanente
<input type="radio"/> 003)	Vento+Sovraspinta_Tr	1	6	A:Var abitazione	Var.abitazione
<input type="radio"/> 004)	Sisma_X	1	8	Altro ...	Sisma X (stat. eq.)
<input type="radio"/> 005)	Sisma_Y	1	11	Altro ...	Sisma Y (stat. eq.)

8.2. COMBINAZIONI DI CARICO

NOME	DESCRIZIONE	VERIFICA	TIPO	CONDIZ. INSERITE			CASI INSERITI	
				Num.	Coeff.	Segno	Num.	Coeff.
1	1.4PP+1.4Pa+1.5S	S.L.U.	somma	1	1.400	+		
				2	1.400	+		
				3	1.500	±		
2	1.0PP+1.0Pa+1.5S	S.L.U.	somma	1	1.000	+		
				2	1.000	+		
				3	1.500	±		
3	SISMAX SLU	nessuna	somma	4	1.500	±		
4	SISMAY SLU	nessuna	somma	5	1.500	±		
5	SLU con SISMAX PRINC	S.L.U.	somma	1	1.000	+	c3	1.000
				2	1.000	+	c4	0.300
6	SLU con SISMAY PRINC	S.L.U.	somma	1	1.000	+	c4	1.000
				2	1.000	+	c3	0.300

Si riporta una breve descrizione dei casi di carico considerati:

caso 1: combinazione a Stato Limite Ultimo, che considera i pesi propri delle strutture, carichi permanenti dovuti al peso delle barriere ed i carichi variabili relativi al vento e alla sovraspinta dovuta al passaggio del treno, senza considerare l'azione del sisma;

caso 2: combinazione a Stato Limite Ultimo, che considera i pesi propri delle strutture, carichi permanenti dovuti al peso delle barriere considerate come carichi favorevoli ed i carichi variabili relativi al vento e alla sovraspinta dovuta al passaggio del treno, senza considerare l'azione del sisma;

caso 3 e 4: combinazioni delle azioni sismiche, utilizzate nei casi di carico sismici effettivi 4 e 5;

caso 5 e 6: combinazioni a Stato Limite Ultimo, che considerano i normali carichi (pesi propri, permanenti relativi alle barriere) e le azioni sismiche, con una direzione principale del sisma.

8.3. DEFINIZIONE DEI CARICHI

Di seguito vengono definiti tutti i carichi riportati al paragrafo precedente.

- **“Peso_Proprio”**

Il peso proprio degli elementi in elevazione ed in fondazione si è ricavato direttamente dal programma di calcolo utilizzando un valore di peso specifico del cemento armato pari a:

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3.$$

Tutti i carichi definiti “peso proprio” partecipano al carico sismico come masse sismiche.

- **“Pp_pannelli”**

In tale combinazione viene contemplato il peso dei pannelli sia in c.a. sia in acciaio delle barriere ed anche l'incidenza dei montanti costituiti da profili in acciaio.

Tali carichi sono stati desunti dai documenti sopra citati, di cui si riporta uno stralcio di seguito.

$$Pp_{\text{Pannelli acciaio}} = 50 \text{ daN/m}^2$$

$$Pp_{\text{Pannelli c.a.}} = 350 \text{ daN/m}^2$$

$$Pp_{\text{Profili}} = 20 \text{ daN/m}$$

In definitiva si sono desunti i pesi dei pannelli dall'elaborato fornito da COCIV e intitolato "Montanti Metallici per Barriere Antirumore" con codifica A301-00-D-CV-CL-BAVC00-00X-A.

Barriera	z [m]	N [kN]
H0	3.0	22.50
H1	3.5	23.25
H2	4.0	24.00
H3A	4.5	24.75
H4A	5.0	25.50
H5A	5.5	26.25
H6A	6.0	27.00
H7A	6.5	27.75
H8A	7.0	19.00
H9A	7.5	19.50
H10	8.0	20.00

Estratto dalla relazione: Montanti Metallici per Barriere Antirumore

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00	Foglio 13 di 49

Le considerazioni, i calcoli e le verifiche allegate di seguito risultano valide anche nel caso in cui i pannelli di acciaio vengano sostituiti con dei pannelli di vetro stratificato tipo 8+1.52+8 mm.

Tele sostituzione, infatti, non comporta aumenti di carico rispetto alle considerazioni citate sopra in quanto il peso dei paraventi in vetro risulta minore di quelli in acciaio come mostrato nei calcoli sotto riportati:

$$P_{P \text{ pannelli vetro}} = (0.008 + 0.008) \cdot 2700 = 43.2 \text{ daN/m}^2$$

$$P_{P \text{ pannelli vetro}} = 43.2 \text{ daN/m}^2 < P_{P \text{ pannelli acciaio}} = 50 \text{ daN/m}^2$$

- **“Azione del Vento”**

Il carico del vento secondo il D.M. 16-01-1996 è il seguente:

$p = q_{\text{ref}} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d =$ pressione del vento

$$q_{\text{ref}} = v_{\text{ref}}^2 / 1.6 = 391 \text{ N/m}^2, \text{ pressione cinetica di riferimento}$$

$$v_{\text{ref}} = v_{\text{ref},0} = 25 \text{ m/s, per } a_s < a_0, \text{ velocità di riferimento del vento}$$

$$a_s = 200 \text{ m, altitudine sul livello del mare del sito}$$

Zona 1 (Piemonte,..)

$$v_{\text{ref},0} = 25 \text{ m/s; } a_0 = 1000 \text{ m; } a_s < a_0$$

$$\left. \begin{aligned} C_e(z) &= k_r^2 \cdot C_t \cdot \ln(z/z_0) a [7 + C_t \cdot \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{\text{min}} \\ C_e(z) &= C_e(z_{\text{min}}) \text{ per } z < z_{\text{min}} \end{aligned} \right\} \text{ Coefficiente di esposizione}$$

Classe di rugosità del terreno C, Aree con ostacoli diffusi

Categoria III, sito distante oltre 30 Km dalla costa, altitudine <500m

$$k_r = 0.20, \quad z_0 = 0.10\text{m}, \quad z_{\text{min}} = 5.00\text{m}, \quad z = 6.00\text{m}$$

$$z = z_{\text{min}}$$

Calcolo coefficiente di topografia

$$C_t = 1 + \beta \gamma [1 - 0.1(x/H)]$$

$$\beta = 0.5 \text{ per } z/H \leq 0.75$$

$$\beta = 0.8 - 0.4(z/H) \text{ per } 0.75 < z/H \leq 2$$

$$\beta = 0 \text{ per } z/H > 2$$

$$\gamma = 0 \text{ per } H/D \leq 0.10$$

$$\gamma = 1/0.20(H/D - 0.10) \text{ per } 0.10 < H/D \leq 0.30$$

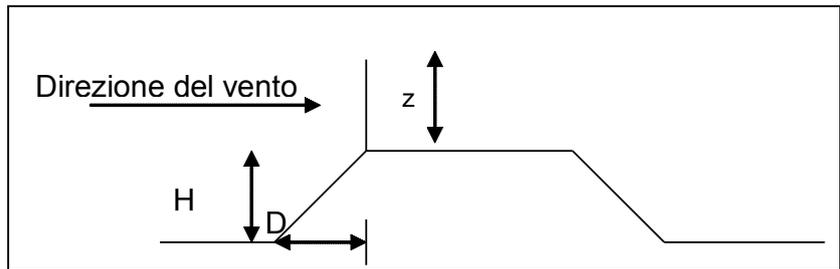
$$\gamma = 1 \text{ per } H/D > 0.30$$

x , distanza tra ciglio rilevato e barriera

H , altezza rilevato

D , larghezza scarpata

z , altezza barriera



Ipotizzando le condizioni peggiori

($H=8\text{m}$, $D=12\text{m}$, $x=0$, $z=6.00\text{m}$), si ottiene:

$$z/H = 0.75 \quad \rightarrow \beta = 0.5$$

$$H/D = 0.66 \quad \rightarrow \gamma = 1$$

Quindi

$$C_t = 1.5$$

$$C_e = 3.23$$

$C_p = 1.2$ coefficiente di forma per pensiline con $\alpha > 35^\circ$

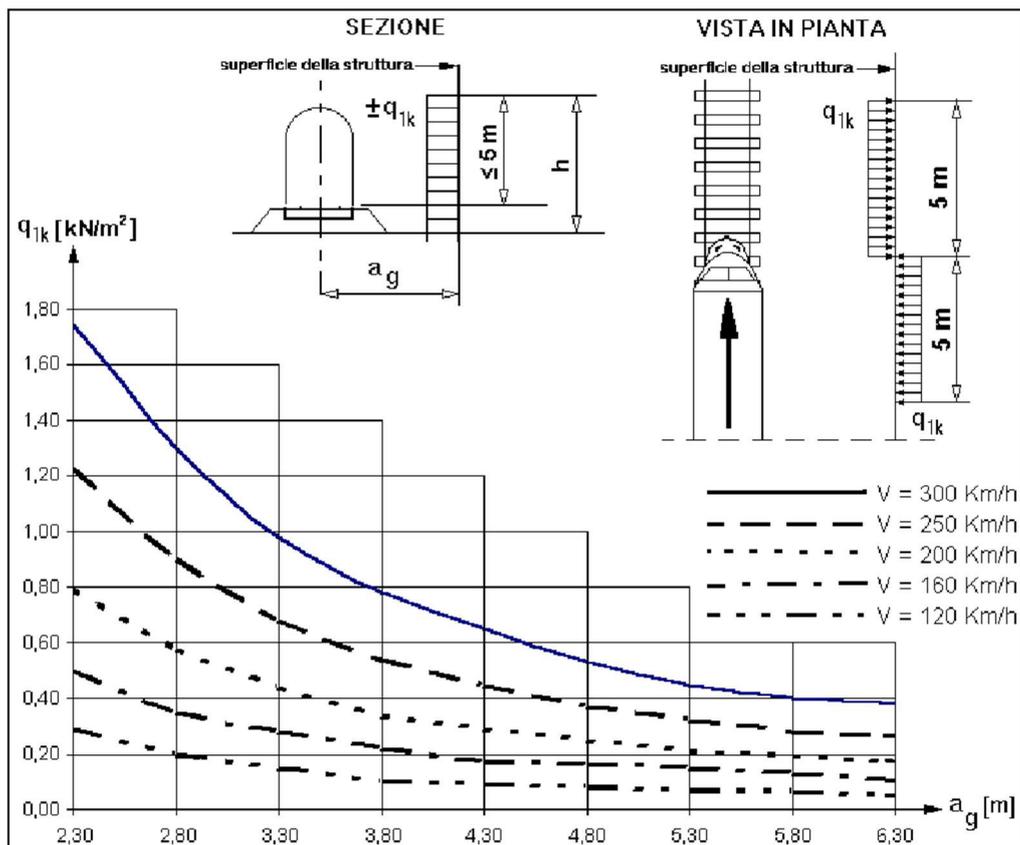
$$C_d = 1.0$$

$$p = q_{\text{ref}} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 391 \cdot 3.57 \cdot 1.2 \cdot 1 = 1675 \text{ N/m}^2$$

- “Sovrappinta_Treno”

In tale combinazione viene contemplata l'azione di sovrappinta dovuta al passaggio del treno, considerando una velocità massima dei convogli di 160 km/h.

L'effetto aerodinamico associato al passaggio del convoglio ferroviario è stato valutato ipotizzando la situazione più gravosa possibile, facendo riferimento alla seguente figura ricavata dall'istruzione FS “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari”.



Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario

$$q_{1k} = f(a_g, v) = 0.20 \text{ kN/m}^2 \text{ per treni aerodinamici ETR}$$

$$a_g = 4.30 \text{ m, distanza asse binario-barriera minima}$$

$$v = 160 \text{ Km/h, velocità massima per treni aerodinamici ETR,}$$

$$p_a = q_{1k} \times k_1 = 0.20 \text{ kN/m}^2 \text{ per treni aerodinamici ETR}$$

$$k_1 = 1.00 \text{ per treni aerodinamici ETR,}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00 Foglio 16 di 49

- **Vento + sovraspinta treno**

La velocità del treno nel tratto considerato è $V_{\max} \leq 160$ km/h. L'azione orizzontale da applicare alle barriere antirumore, sia per le verifiche statiche che per le verifiche a deformazione, verrà assunta come valore statico pari al massimo tra 1.50 kN/m^2 e la somma dell'azione dovuta al vento e agli effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari.

$$q_h = p + p_{a,\max} = 1.675 + 0.20 = 1.875 \text{ kN/m}^2$$

La pressione che si assume per le verifica statiche e di deformazione sarà pari a **1.90 kN/m²**.

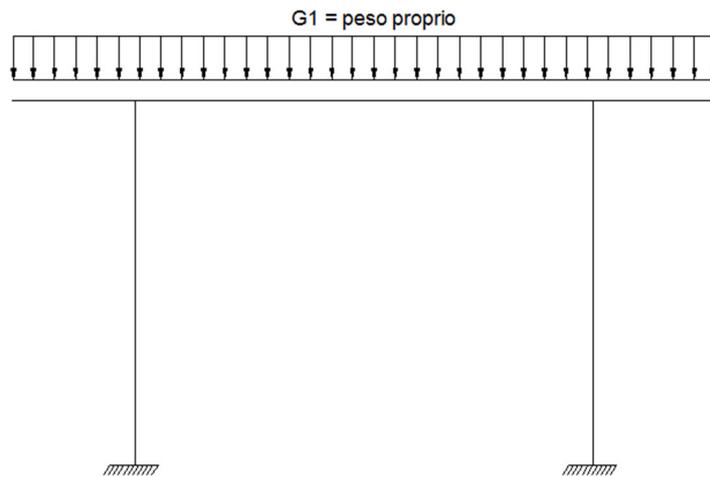
- **Carichi sismici**

Vedi **Capitolo 9 - Pericolosità sismica di base del sito e modellazione sismica**

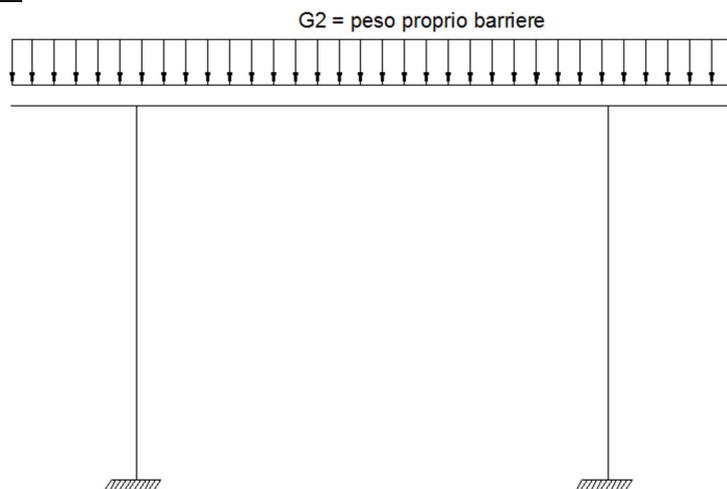
8.4. GRAFICI ESPLICATIVI DEI CARICHI

- Peso proprio

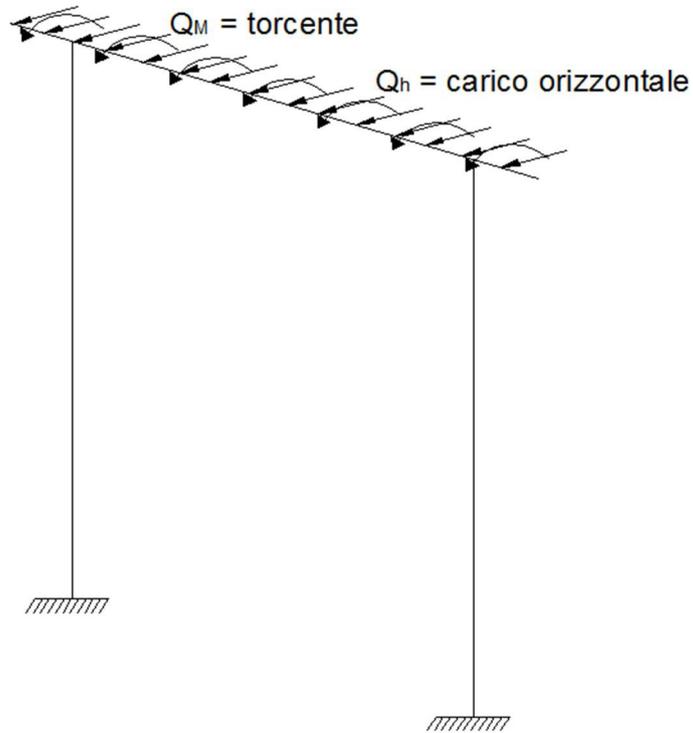
Il peso proprio è stato attribuito a tutti gli elementi in c.a.



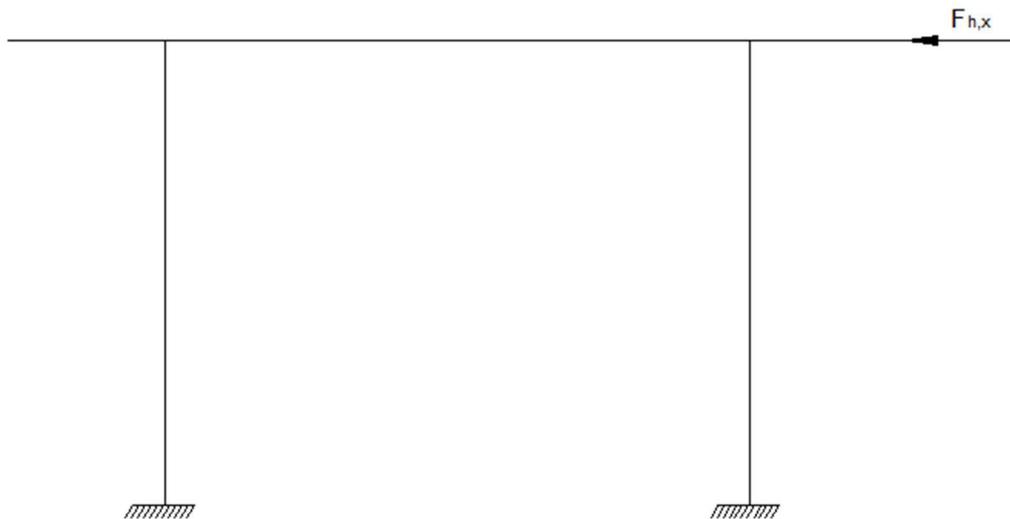
- Peso proprio pannelli



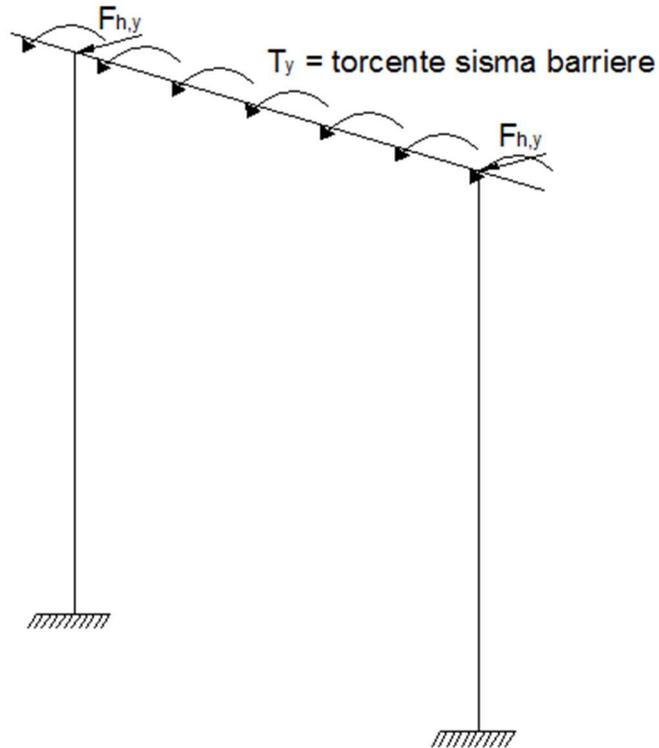
- Vento + sovraspinta treno



- sisma x



- sisma y



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00	Foglio 20 di 49

9. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO E MODELLAZIONE SISMICA

9.1. AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sono state considerate tramite un'analisi statica con i parametri di seguito esposti.

$$F_h = C \cdot R \cdot \varepsilon \cdot \beta \cdot I \cdot W$$

dove:

$$C = \frac{S-2}{100} = 0,04$$

Coefficiente di intensità sismica

$$S = 6$$

Grado di sismicità

$$R = 1$$

Coefficiente di risposta relativo alla direzione considerata

$$I = 1,2$$

Coefficiente di protezione sismica

$$\varepsilon = 1.3$$

Coefficiente di fondazione

$$\beta = 1$$

Coefficiente di struttura

$$W = P_{\text{proprio}} + \text{Permanenti} = 55010 + 9922 = 64932 \text{ daN} \quad \text{Peso complessivo delle masse}$$

$$F_h = 0,0624 \cdot 64932 = 4052 \text{ daN}$$

Per il sisma in direzione Y si è calcolato il momento torcente dovuto all'effetto del sisma sulla barriera.

- MODELLO (barriere H5A)

$$W_{\text{barriera}} = 945 \text{ daN}$$

$$F_{h,y} = W \cdot K_h = 945 \cdot 0.0624 = 59 \text{ daN}$$

$$M_t = F_{h,y} \cdot (H_{\text{bar}} + (H_{\text{trave}}/2)) / 2 = 59 \cdot (5.5 + 0.4) / 2 = 174 \text{ daNm}$$

10. VERIFICHE GEOTECNICHE E SLU PALI Ø 600 E MICROPALI

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche di portata verticale condotte sui pali Ø600.

Tali verifiche sono state eseguite seguendo l'Approccio 2 (A1+M1+R2), secondo quanto previsto dall' UNI EN 1997 "Eurocodice 7".

Si considerano pertanto le combinazioni dei carichi a SLU (A1) e i parametri geotecnici ridotti dei coefficienti γ_M dell'insieme M1, visibili nei prospetti A.3 e A.4 dell'Eurocodice 7 riportati sotto.

prospetto A.3 Coefficienti parziali sulle azioni (γ_F) o sugli effetti delle azioni (γ_E)

Azione		Simbolo	Insieme	
			A1	A2
Permanente	Sfavorevole	γ_G	1,35	1,0
	Favorevole		1,0	1,0
Variabile	Sfavorevole	γ_Q	1,5	1,3
	Favorevole		0	0

prospetto A.4 Coefficienti parziali sui parametri del terreno (γ_M)

Parametro del terreno	Simbolo	Insieme	
		M1	M2
Angolo di resistenza al taglio ^{a)}	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,0	1,25
Resistenza al taglio non drenata	γ_{cu}	1,0	1,4
Resistenza non confinata	γ_{qu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,0	1,0

a) Questo coefficiente si applica a $\tan \varphi'$.

I valori di calcolo della resistenza si ottengono a partire dai valori caratteristici applicando i coefficienti parziali γ_R del prospetto A.7 dell' UNI EN 1997 "Eurocodice 7" qui di seguito riportato:

prospetto A.7 Coefficienti parziali sulla resistenza (γ_R) per pali trivellati

Resistenza	Simbolo	Insieme			
		R1	R2	R3	R4
Base	γ_b	1,25	1,1	1,0	1,6
Laterale (compressione)	γ_s	1,0	1,1	1,0	1,3
Totale/combinata (compressione)	γ_t	1,15	1,1	1,0	1,5
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,15	1,1	1,6

La resistenza caratteristica è ottenuta con metodo empirico che prevede l'utilizzo dei risultati di prove in sito applicando alle resistenze i fattori di correlazione ξ deducibili nel prospetto A.10 qui di seguito riportato:

prospetto A.10 **Fattori di correlazione ξ per ricavare i valori caratteristici da risultati di prove sul sottosuolo (n - numero di profili di prova)**

ξ per $n =$	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
ξ_4	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

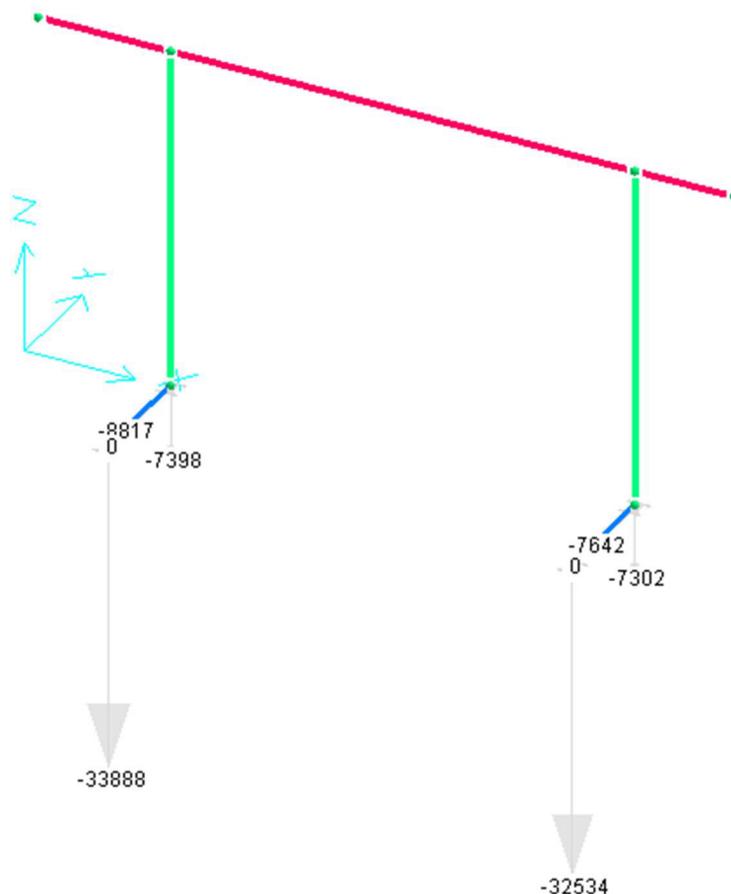
I valori delle capacità portanti di calcolo andranno confrontati con il massimo valore del carico verticale di calcolo sollecitante.

$$N_{Rd} > N_{Sd}$$

10.1. SOLLECITAZIONI

Si riportano le reazioni alla testa dei palicalcolate per i casi di carico n. 1, 2, 5 e 6.

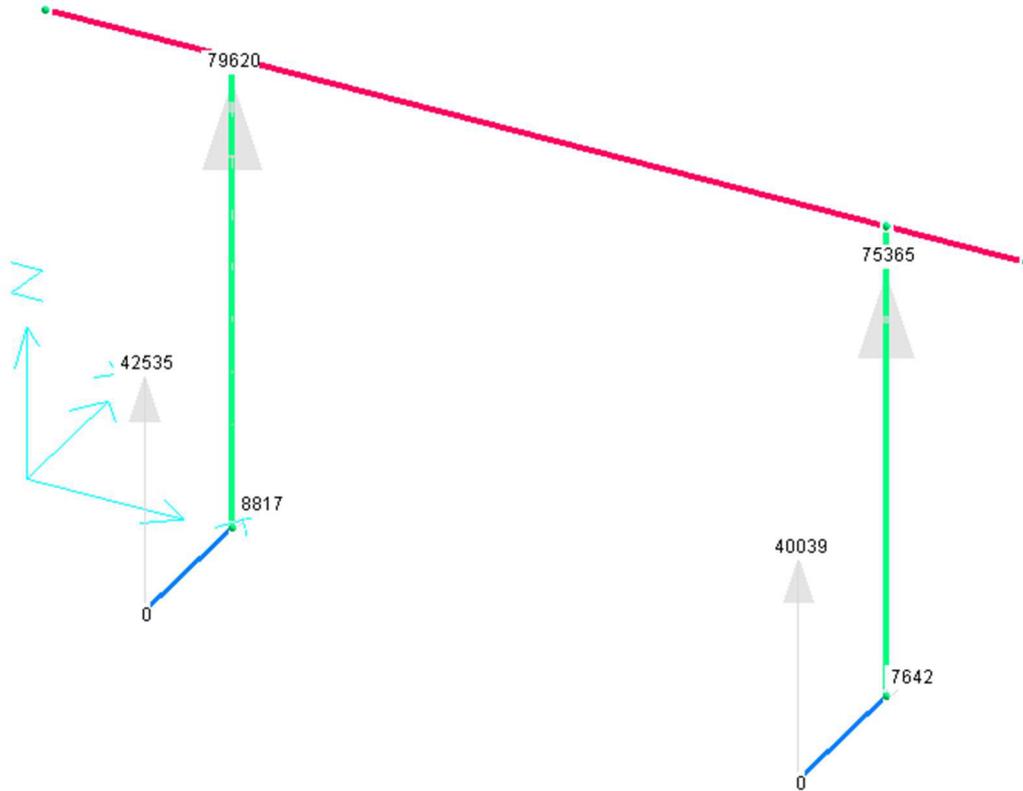
Reazioni minime



$$N_{Sd, \min} = 339 \text{ kN (trazione)}$$

;

$$H_{Sd} = 88 / 2 \text{ pali} = 44 \text{ kN (taglio orizzontale)}$$

Reazioni massime

$N_{Sd,max} = 796\text{kN}$ (compression) ; $H_{Sd} = 88 / 2\text{pali} = 44\text{kN}$ (taglio orizzontale)

10.2. PORTANZA CARICHI VERTICALI

Il dimensionamento dei pali trivellati $\Phi 600$ è stato eseguito tenendo conto delle sollecitazioni massime sopra riportate. In particolare:

$$N_{Sd,max} = 796 \text{ kN (compressione)}$$

$$N_{Sd,max} = 339 \text{ kN (trazione)}$$

PORTANZA PER CARICHI VERTICALI DEI PALI TRIVELLATI (Teoria di Berezantzev)

Riferimento: **Pali Fondaz. L = 11m d = 0.6m**

Lunghezza palo	m	11.00
Diametro palo	m	0.60
Peso del palo: P_g	daN	7'772

STRATIGRAFIA:

	tipologia:	denominazione
strato 1	coerente n.cons.lmis	Limo sabbioso
strato 2	incoerente denso	Ghiaia
strato 3	incoerente sciolto	0
strato 4	coerente precon. (C)	0
strato 5	incoerente sciolto	0

Pressione q_z alla quota di testa del palo	daN/m ²	2'700
--	--------------------	--------------

PORTANZA LATERALE: $PL = A_l * (s_o + k * \mu * q_z)$

		strato 1	strato 2	strato 3	strato 4	strato 5
lunghezza	m	3.5	7.5	0	0	0
densità	daN/m ³	1800	1900	0	0	0
Angolo Attrito	(°)	25.0	33.0	0.0	0.0	0.0
Coesione	daN/cm ²	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
s_o	daN/cm ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
k		0.578	0.400	0.500	0.000	0.500
μ		0.466	0.649	0.000	0.000	0.000
q_z	daN/m ²	5850	16125	23250	23250	23250
Portanza laterale	daN	10'390	59'149	0	0	0
PORTANZA LATERALE LIMITE: PL						69'539daN
PORTANZA LATERALE: $PL_c = PL / (1.1 * 1.25)$						50'574daN

PORTANZA ALLA PUNTA: $PP = A_p * (N_c * C + N_q * q_z)$ (Teoria di Berezantzev)

Strato 2	Ghiaia	
densità	daN/m ³	1900
Ang. Attrito	(°)	33.0
Coesione	daN/cm ²	0
N_q		26.1
N_c		38.7
q_z	daN/m ²	23250
PORTANZA ALLA PUNTA LIMITE: PP		171'489daN
PORTANZA ALLA PUNTA: $PP_c = PP / (1.1 * 1.25)$		124'719daN

PORTANZA TOTALE TERRENO IN COMPRES.: $P_{tot} = PL_c + PP_c$	175'293daN
--	-------------------

CARICO MAX IN COMPRES. SUL PALO: $P_{c,comp} = P_{tot} - P_g$	167'522daN
CARICO MAX IN TRAZIONE SUL PALO: $P_{c,traz} = P_g + PL_c / (1.15 * 1.25)$	56'147daN

$$N_{Rd,max} = 1675 \text{ kN} > N_{Sd,max} = 796 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,min} = 561.5 \text{ kN} > N_{Sd,min} = 339 \text{ kN}$$

10.3. CALCOLO DEL MOMENTO DI PLASTICIZZAZIONE

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 600 (mm)
 Raggio = 300 (mm)
 Sforzo Normale = -796 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

Rck = 30 (N/mm²)

$\gamma_{m,c}$ = 2.1

α = 0.85

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 14.22 (N/mm²)

Acciaio

tipo di acciaio

fyk = 450 (N/mm²)

γ_E = 1.00

γ_S = 1.15

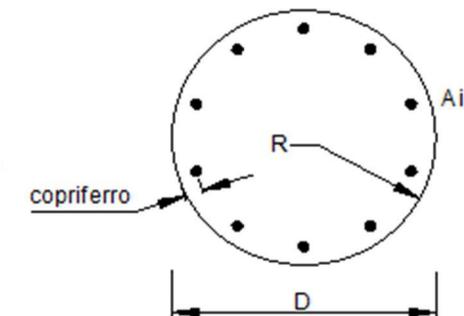
fyd = fyk / γ_S / γ_E = 391.3 (N/mm²)

Es = 200000 (N/mm²)

ϵ_{ys} = 0.196%

ϵ_{yk} = 1.111%

ϵ_{sd} = 1.000%



copriferro

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
14	20	4398.23	82
0	18	0.00	70
0	8	0.00	30

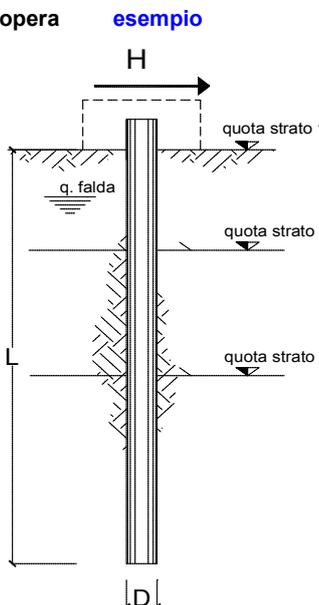
calcolo

Momento di Plasticizzazione

My = 195.1 (kN m)

10.4. CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE

opera **esempio**



strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1		100.00				1.00	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2		99.00	18	18	25	2.46	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3		96.50	18	18	33	3.39	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00	

Quota falda 80 (m)
 Diametro del palo D 0.60 (m)
 Lunghezza del palo L 11.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo My 195 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Palo lungo H = 165.3 (kN)
 Palo intermedio H = 1226.6 (kN)
 Palo corto H = 5401.3 (kN)

Hlim = 165.3 (kN) Palo lungo

$$H_{Rd} = 165\text{kN} > H_{Sd,max} = 44\text{kN}$$

(VERIFICATO)

10.5. SOLLECITAZIONI LUNGO IL PALO

Si riporta di seguito il calcolo delle sollecitazioni lungo il palo in funzione del carico orizzontale dedotto dalla modellazione agli Elementi Finiti, ed ipotizzando la testa impedita di ruotare.

A favore di sicurezza si considera che il primo metro di terreno non collabori alla resistenza laterale.

T_{max} = H forza orizzontale applicata in testa al micropalo sporgente dal terreno di $h = 2$ m per lapresenza di uno strato superficiale assunto come non collaborante (nel caso di rilevati) oppure $h = 1$ m nei restanti casi.

$M_{max} = 0.5 \cdot H \cdot (h + L_0)$ calcolato in base alle seguenti proprietà:

$$L_0 = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot J}{k_h \cdot D_d}}$$

dove

E modulo elastico del calcestruzzo

J_s momento d'inerzia del tubo

J_c momento d'inerzia del calcestruzzo

l'acciaio è omogeneizzato al calcestruzzo con $n=6$

$J = J_c + n \cdot J_s$ momento d'inerzia totale

$k_h = c_g \cdot n_h \cdot z/d$ coefficiente di reazione orizzontale del terreno

$c_g = 0.5$ coefficiente riduttivo di gruppo (dipendente dal numero di micropali)

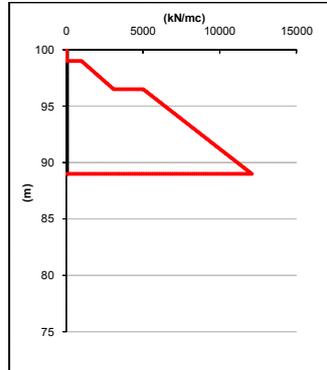
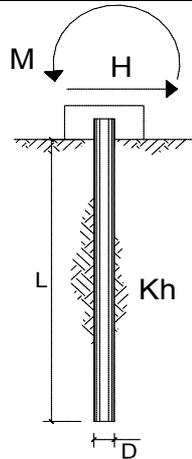
$n_h = a \cdot \gamma / 1.35$ dove:

a coefficiente adimensionale dipendente dallo stato di addensamento del terreno;

γ peso specifico del terreno.

z profondità media del terreno reagente, trascurando i primi 2 metri di terreno per tener conto dellascarsa resistenza laterale offerta da tale strato

$d = D_d$



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1		100.00	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2		99.00	1000	500
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3		96.50	5000	500
<input type="checkbox"/> strato 4				
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo	0.6 (m)
J palo	0.00636 (m ⁴)
Lunghezza del palo	11 (m)
Forza orizzontale in testa	44 (kN)
Momento in testa	0 (kNm)
E cls	31476 (Mpa)
dimensione elementi	0.4 (m)

palo impedito di ruotare

palo impedito di traslare

palo libero

SPOSTAMENTI, ROTAZIONI, PRESSIONE

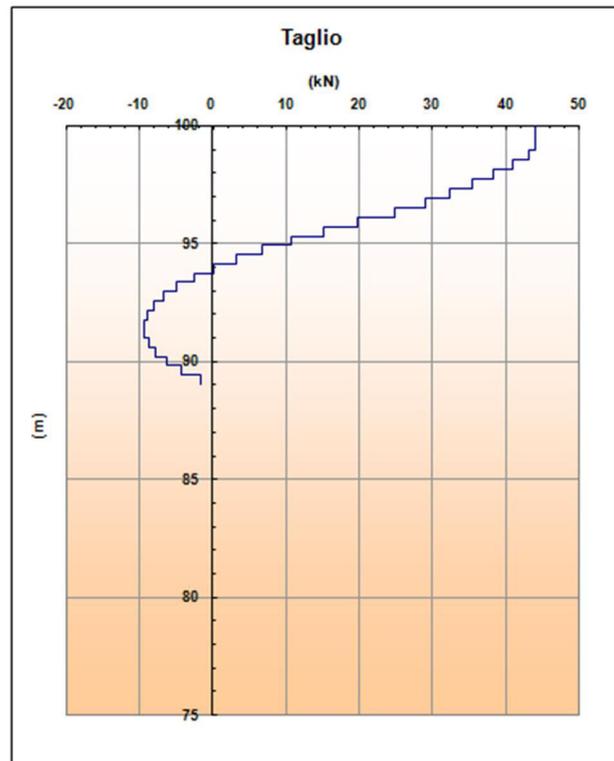
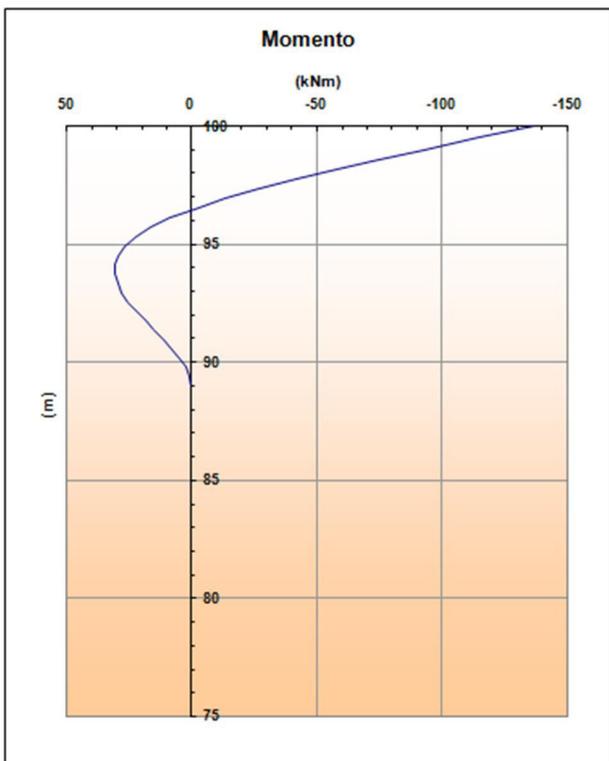
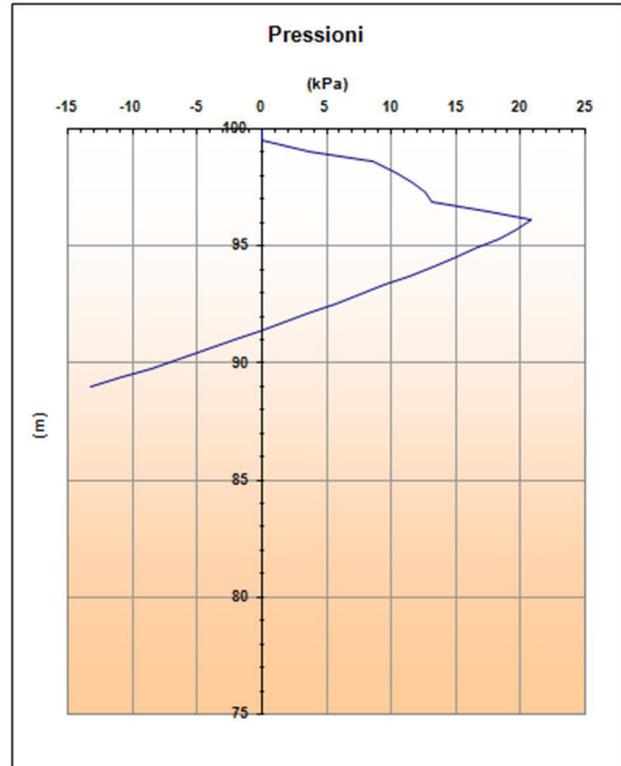
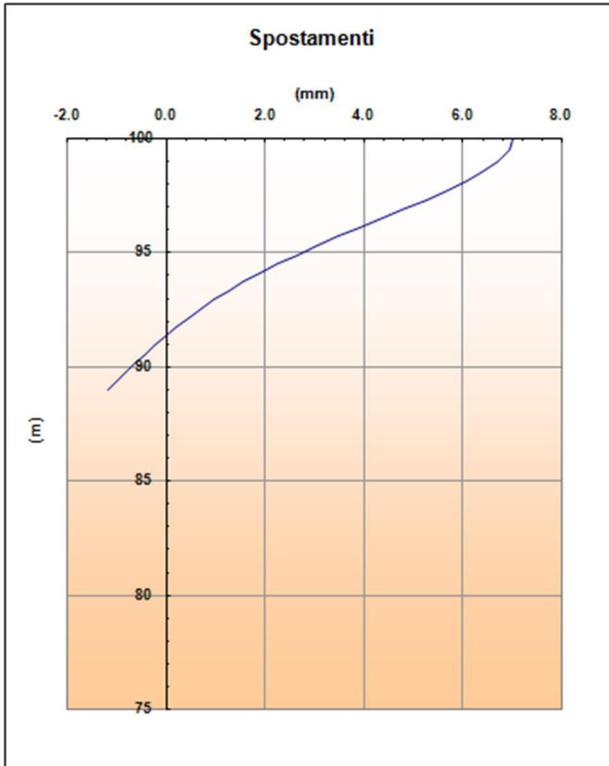
Spostamenti, Rotazioni, Pressione				
nodo	z	y(z)	$\alpha(z)$	p(z)
	quota (m)	(mm)	(rad)	(kPa)
1	100.00	7.01	0.00000	0.00
2	99.50	6.93	0.00031	0.00
3	99.00	6.70	0.00057	3.64
4	98.58	6.42	0.00075	8.66
5	98.17	6.08	0.00089	10.31
6	97.75	5.69	0.00099	11.62
7	97.33	5.26	0.00106	12.58
8	96.92	4.81	0.00110	13.17
9	96.50	4.35	0.00112	17.57
10	96.11	3.91	0.00111	20.83
11	95.71	3.47	0.00109	19.66
12	95.32	3.05	0.00105	18.28
13	94.92	2.65	0.00100	16.72
14	94.53	2.26	0.00095	15.04
15	94.13	1.90	0.00089	13.26
16	93.74	1.56	0.00083	11.42
17	93.34	1.25	0.00077	9.53
18	92.95	0.96	0.00071	7.61
19	92.55	0.69	0.00066	5.69
20	92.16	0.43	0.00061	3.75
21	91.76	0.20	0.00057	1.80
22	91.37	-0.02	0.00054	-0.17
23	90.97	-0.23	0.00052	-2.18
24	90.58	-0.43	0.00050	-4.24
25	90.18	-0.62	0.00048	-6.36
26	89.79	-0.81	0.00048	-8.58
27	89.39	-1.00	0.00047	-10.89
28	89.00	-1.18	0.00047	-13.23

SOLLECITAZIONI

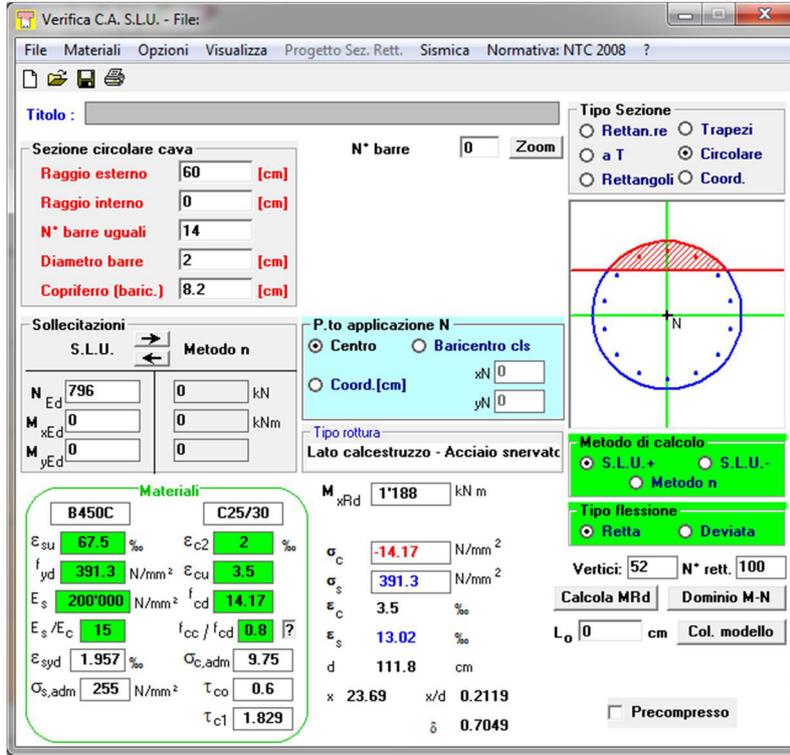
Sollecitazioni			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota (m)	(kNm)	(kN)
1	100.00	-136.72	44.00
2	99.50	-114.72	44.00
	99.50	-114.72	44.00
3	99.00	-92.72	44.00
	99.00	-92.72	43.09
4	98.58	-74.77	43.09
	98.58	-74.77	40.93
5	98.17	-57.72	40.93
	98.17	-57.72	38.35
6	97.75	-41.74	38.35
	97.75	-41.74	35.44
7	97.33	-26.97	35.44
	97.33	-26.97	32.30
8	96.92	-13.51	32.30
	96.92	-13.51	29.01
9	96.50	-1.43	29.01
	96.50	-1.43	24.76
10	96.11	8.35	24.76
	96.11	8.35	19.83
11	95.71	16.17	19.83
	95.71	16.17	15.17
12	95.32	22.16	15.17
	95.32	22.16	10.84
13	94.92	26.44	10.84
	94.92	26.44	6.88
14	94.53	29.16	6.88
	94.53	29.16	3.32
15	94.13	30.47	3.32
	94.13	30.47	0.18
16	93.74	30.54	0.18
	93.74	30.54	-2.53
17	93.34	29.54	-2.53
	93.34	29.54	-4.78
18	92.95	27.65	-4.78
	92.95	27.65	-6.59
19	92.55	25.05	-6.59
	92.55	25.05	-7.93
20	92.16	21.92	-7.93
	92.16	21.92	-8.82
21	91.76	18.44	-8.82
	91.76	18.44	-9.25
22	91.37	14.79	-9.25
	91.37	14.79	-9.21
23	90.97	11.16	-9.21
	90.97	11.16	-8.69
24	90.58	7.73	-8.69
	90.58	7.73	-7.69
25	90.18	4.69	-7.69
	90.18	4.69	-6.18
26	89.79	2.26	-6.18
	89.79	2.26	-4.15
27	89.39	0.62	-4.15
	89.39	0.62	-1.57
28	89.00	0.00	-1.57

$$M_{sd} = 136.7 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = 44 \text{ kN}$$



Verifica a Presso-flessione



Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 14
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 8.2 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 796 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17 ‰
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8 [?]
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

M_{xRd}: 1'188 kNm

σ_c: -14.17 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 ‰
 ε_s: 13.02 ‰
 d: 111.8 cm
 x: 23.69 x/d: 0.2119
 δ: 0.7049

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

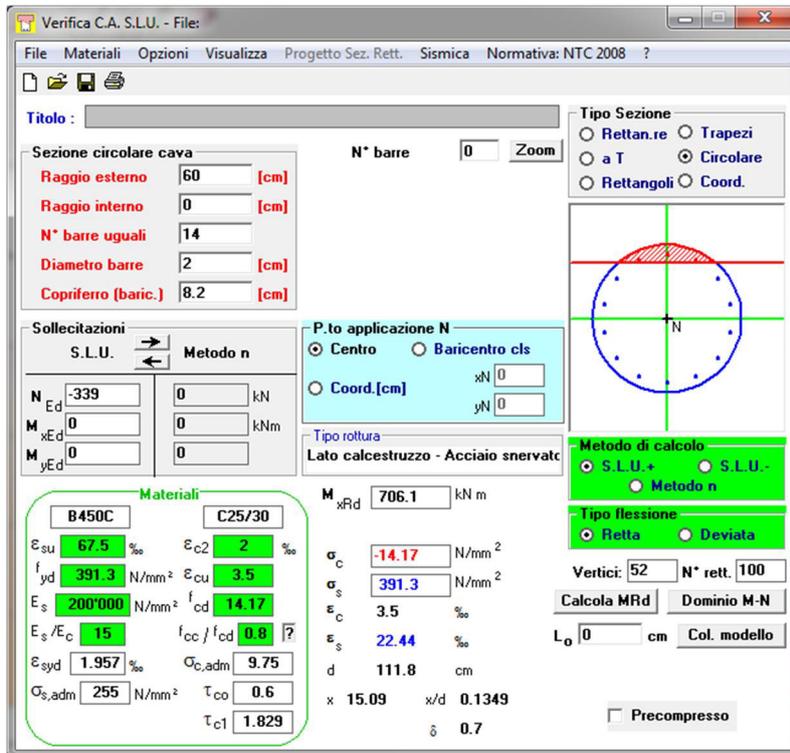
Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

$$M_{Rd,Nmax} = 1188 \text{ kNm} > M_{Sd} = 136.7 \text{ kNm}$$



Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 14
- Diametro barre: 2 [cm]
- Copriferro (baric.): 8.2 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

- Rettan.re
- Trapezi
- a T
- Circolare
- Rettangoli
- Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: -339 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17 ‰
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8 [?]
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

M_{xRd}: 706.1 kNm

σ_c: -14.17 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 ‰
 ε_s: 22.44 ‰
 d: 111.8 cm
 x: 15.09 x/d: 0.1349
 δ: 0.7

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

$$M_{Rd,Nmin} = 706 \text{ kNm} > M_{Sd} = 136.7 \text{ kNm}$$

Verifica a Taglio

$$V_{Sdu} = 44 \text{ kN}$$

$$V_{Sdu} < V_{cd} + V_{wd}$$

A favore di sicurezza si omette il calcolo del contributo a taglio offerto dalla sezione di calcestruzzo e si affida l'intera sollecitazione alla resistenza fornita dalle staffe.

Taglio resistente per sezioni armate:

$$V_{wd} = 0.8 \cdot d \cdot A_{Sw} / s \cdot f_{yd}$$

dove: $A_{Sw} = 1 \text{ } \varnothing 10 / 150 = 158 \text{ mm}^2$; $d = 520 \text{ mm}$; $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$

$$V_{wd} = 171.5 \text{ kN} > V_{Sdu} = 44 \text{ kN} \quad (\text{VERIFICATO})$$

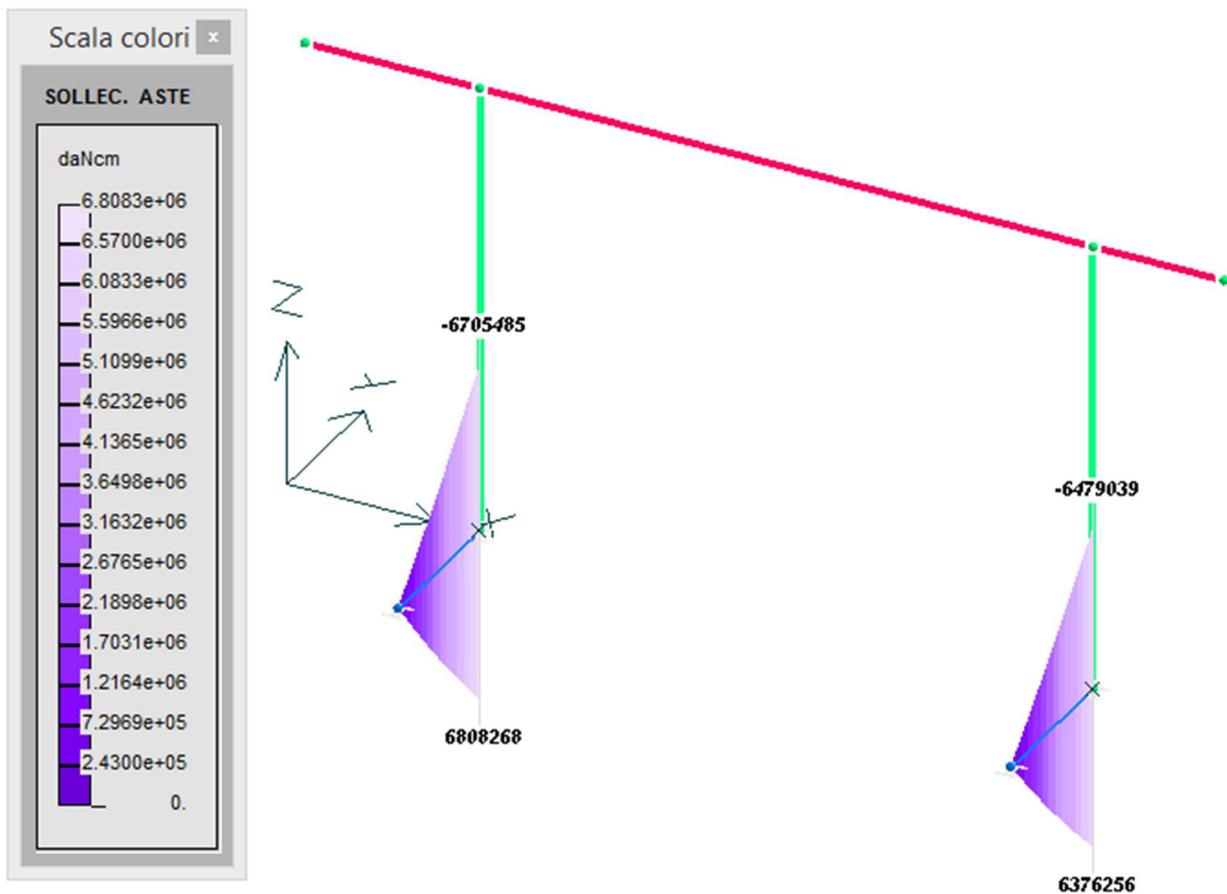
11. VERIFICHE STRUTTURALI

11.1. VERIFICHE TRAVE DI FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche delle soles di fondazione del sistema strutturale.

A tal proposito si riportano i diagrammi di involuppo delle principali sollecitazioni calcolate per i casi di carico n. 1, 2, 5 e 6.

Momento flettente - M

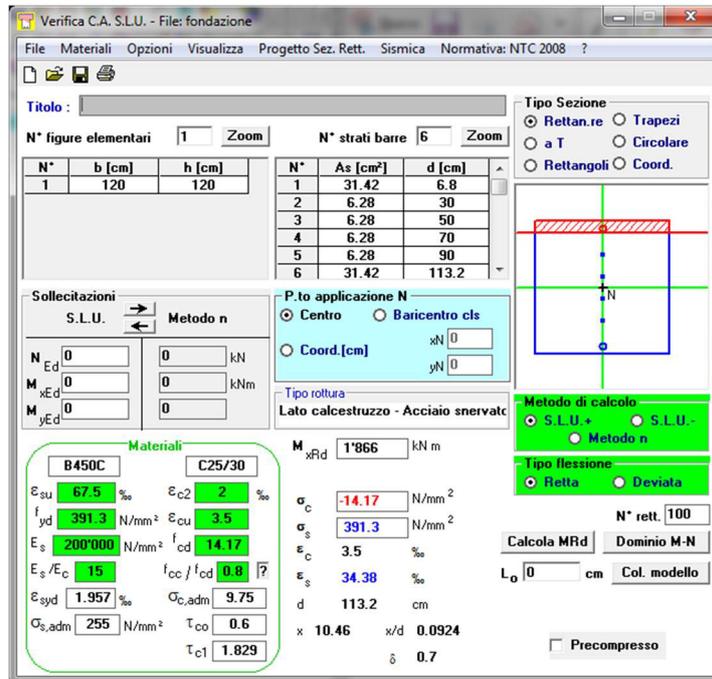


$$M_{sd} = 671 \text{ kNm}$$

Si riporta la verifica delle soles di fondazione a flessione eseguita con l'ausilio del software di calcolo GELFI.

$$A_s = A'_s = 10 \text{ } \varnothing 20;$$

$$A_{\text{Scentrale}} = 4+4 \text{ } \varnothing 20.$$



Verifica C.A. S.L.U. - File: fondazione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 6 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	120	1	31.42	6.8
			2	6.28	30
			3	6.28	50
			4	6.28	70
			5	6.28	90
			6	31.42	113.2

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C		C25/30	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200'000 N/mm²	f _{cd}	14.17
ε _s /ε _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	9.75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

M_{xRd} 1'866 kNm

σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 34.38 ‰
 d 113.2 cm
 x 10.46 x/d 0.0924
 δ 0.7

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

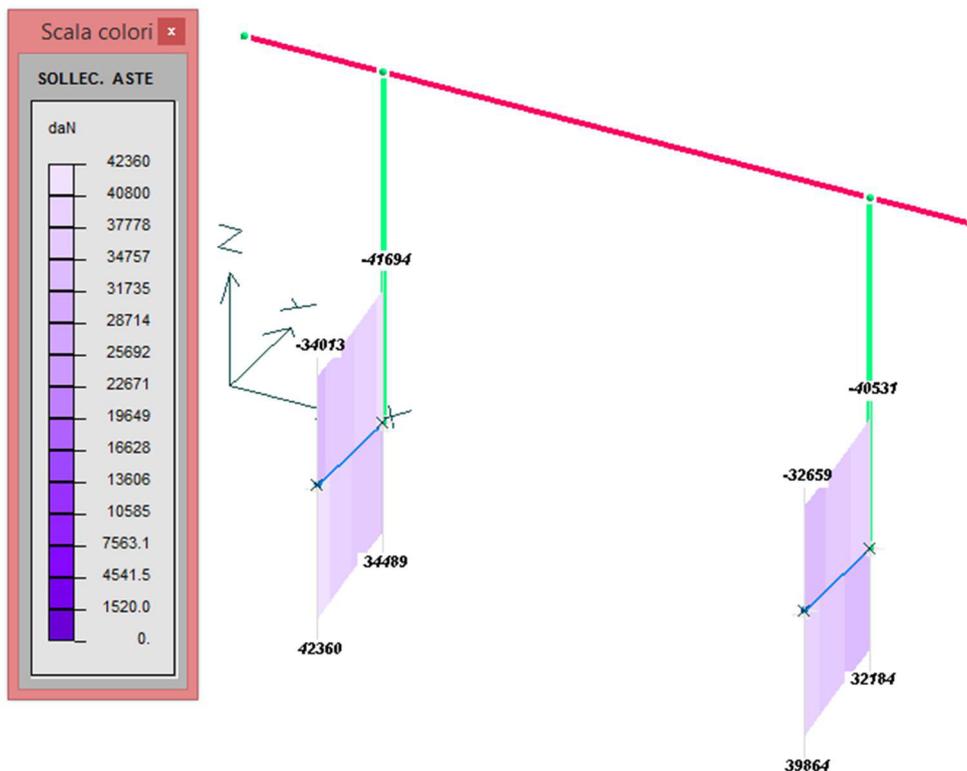
Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

$$M_{Rd} = 1866 \text{ kNm} > M_{Sd} = 671 \text{ kNm}$$

Taglio - V



$V_{Sdu} = 424\text{kN}$

A favore di sicurezza si omette il calcolo del contributo a taglio offerto dalla sezione di calcestruzzo e si affida l'intera sollecitazione alla resistenza fornita dalle staffe.

Si riporta la verifica delle travi di fondazione a taglio.

$A_{Sw} = 1 \text{ staffa } \varnothing 16/150 = 402 \text{ mm}^2$

$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{Sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$

dove:

Verifica a taglio DM 96

A_{sw}	402 mm ²	$\varnothing 16/150$	
B	1200 mm	s	150 mm
H	1200 mm	alfa	90
d	1140 mm		
c	60 mm		

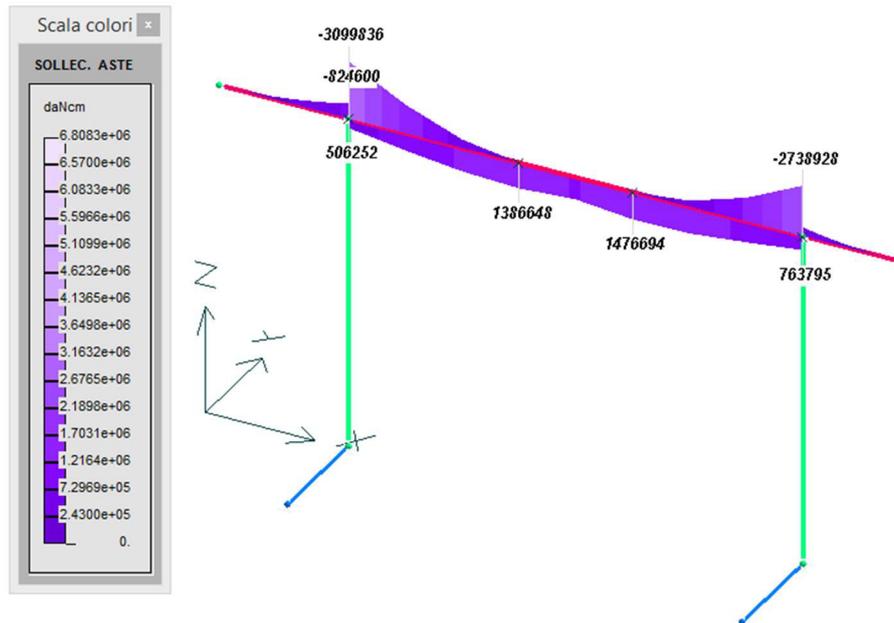
$V_{wd} = 1075.9 \text{ kN}$

11.2. VERIFICHE TRAVE IN ELEVAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche della trave in elevazione del sistema strutturale.

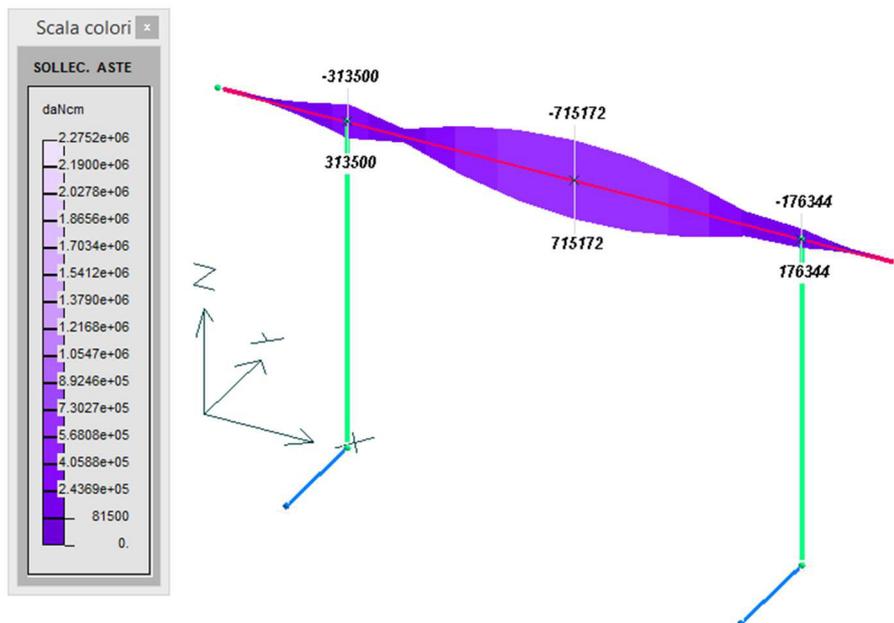
A tal proposito si riportano i diagrammi di involucro delle principali sollecitazioni calcolate per i casi di carico n. 1, 2, 5 e 6.

Momento flettente $-M_x$ (flessione nel piano verticale)



$$M_{sd}^{(-)} = 310 \text{ kNm} \quad ; \quad M_{sd}^{(+)} = 148 \text{ kNm}$$

Momento flettente $-M_y$ (flessione nel piano orizzontale)



$$M_{sd}^{(-)} = 71.5 \text{ kNm} \quad ; \quad M_{sd}^{(+)} = 31.4 \text{ kNm}$$

Si riporta la verifica della trave a presso-flessione deviata eseguita con l'ausilio del software di calcolo GELFI.

$$A_s = A'_s = 7 \text{ } \varnothing 24;$$

$$A_{\text{Scentrale}} = 3+3 \text{ } \varnothing 20.$$

Verifica C.A. S.L.U. - File: trave 100x80

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	100	0
3	100	80
4	0	80

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	4.52	6.4	6.4
2	4.52	20.93	6.4
3	4.52	35.47	6.4
4	4.52	50	6.4
5	4.52	64.5	6.4
6	4.52	79	6.4

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kNm
M_{yRd} kNm
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Materiali

B450C C32/40
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ‰
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
τ_{c1} ‰

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

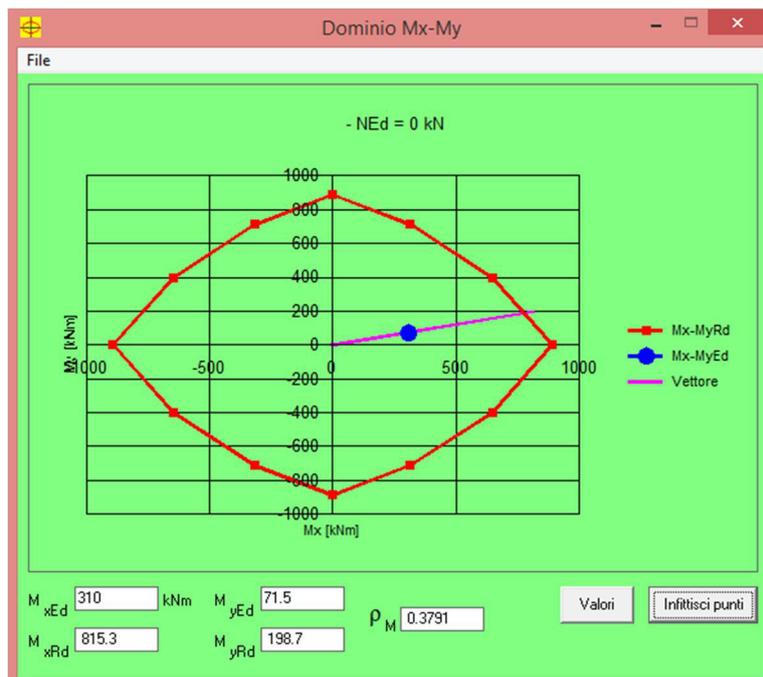
Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio Mx-My

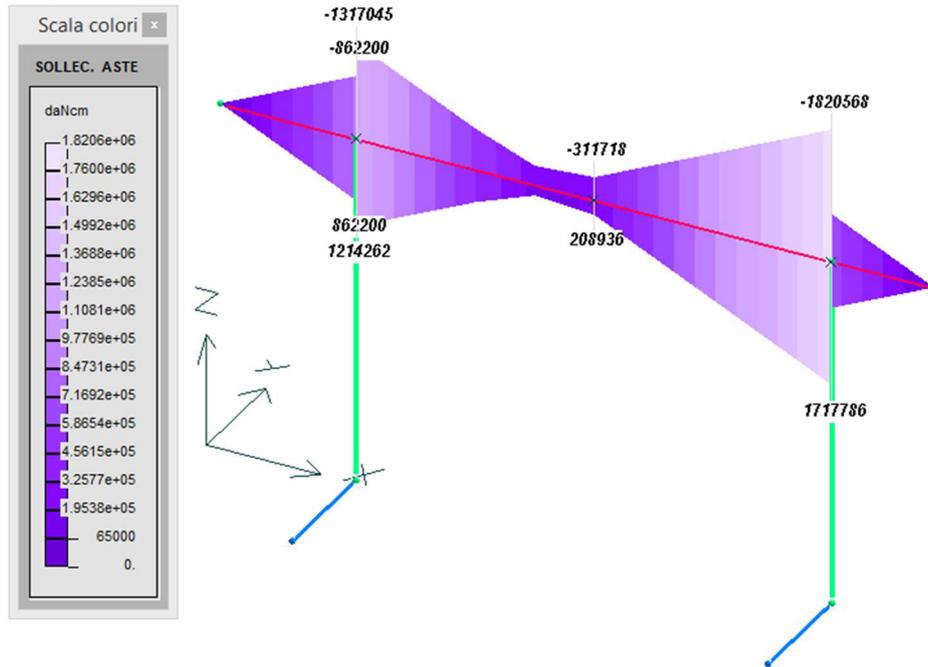
angolo asse neutro θ°

Precompresso



$$M_{Rd,x} = 815.3 \text{ kNm} > M_{Sd,x} = 310 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,y} = 198.7 \text{ kNm} > M_{Sd,y} = 71.5 \text{ kNm}$$

Momentotorcente - T

$$T_{Sd} = 182 \text{ kNm}$$

Si riporta la verifica della trave a torsione.

$$A_{Sl} = 12 \text{ } \varnothing 18 = 30.54 \text{ cm}^2;$$

$$A_{Sw} = \text{staffa chiusa } \varnothing 10/100 = 1.57 \text{ cm}^2$$

$$T_{Rcd} = 1/2 * (f_{cd} * B_e * h_s)$$

$$T_{Rsd} = 2 * B_e * A_{Sw} / s * f_{yd}$$

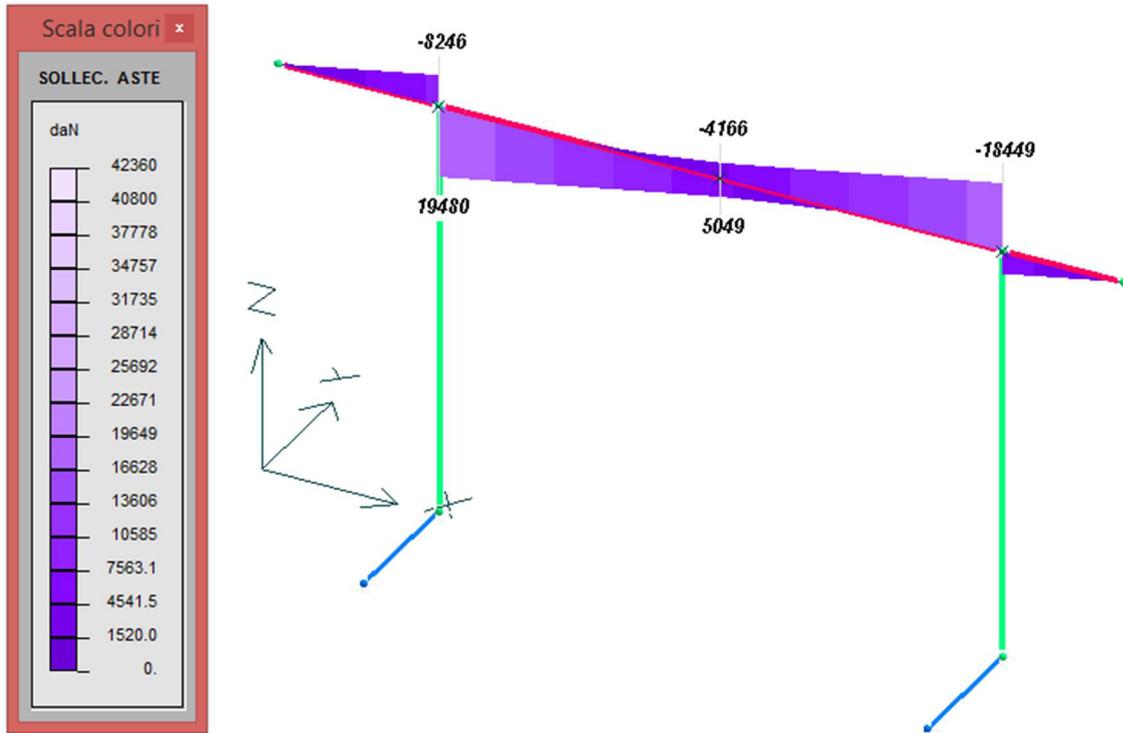
$$T_{Rld} = 2 * B_e * \Sigma A_{Sl} / u_e * f_{yd}$$

Dove:

Verifica a torsione DM 96

Asl	24.12 cm ²	fcd	18.13 N/mm ²	C32/40
Asw	1.57 cm ²	f _{yd}	391.3 N/mm ²	B450C
B	100 cm	s, staffe	15 cm	
H	80 cm			
c	6 cm			
Be	5984 cm ²			
ue	312 cm			
de	88 cm			
hs	14.7 cm			

Trcd =	795.6 kNm
Trsd =	490.2 kNm
Trld =	362.0 kNm

Taglio - V_z 

$$V_{Sd,z} = 195 \text{ kN}$$

A favore di sicurezza si omette il calcolo del contributo a taglio offerto dalla sezione di calcestruzzo e si affida l'intera sollecitazione alla resistenza fornita dalle staffe.

Si riporta la verifica a taglio delle travi.

$$A_{Sw} = 1 \text{ staffa } \Phi 10/100 = 157 \text{ mm}^2$$

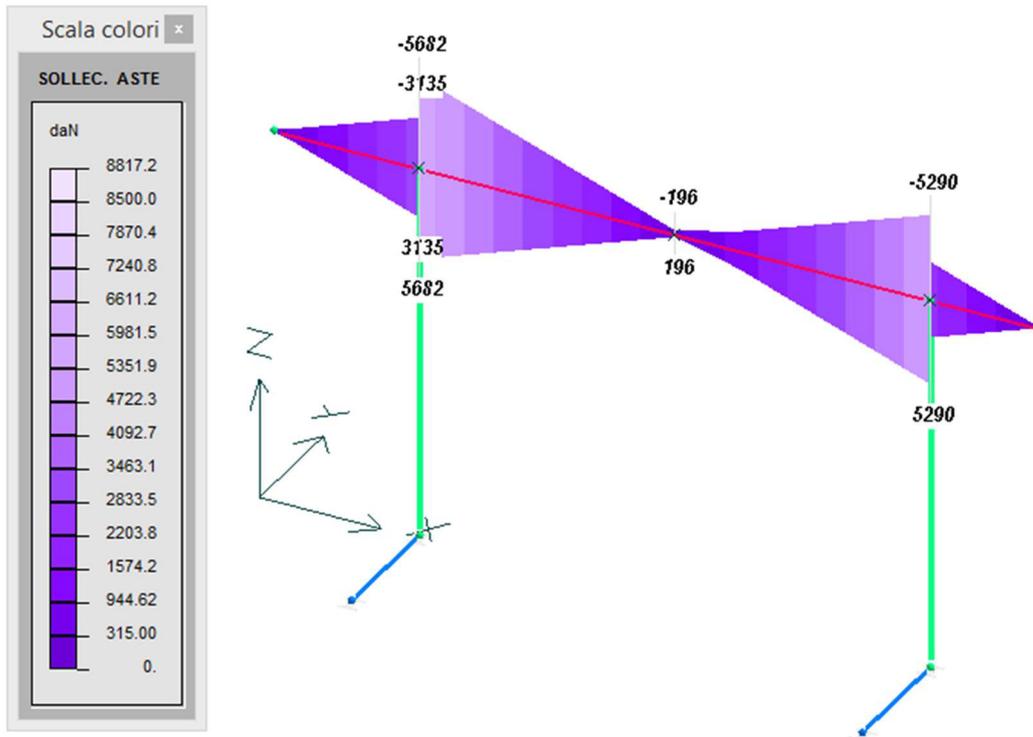
$$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{Sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

dove:

Verifica a taglio DM 96

A_{sw}	157 mm ²	$\Phi 10/100$	
B	1000 mm	s	100 mm
H	800 mm	alfa	90
d	740 mm		
c	60 mm		

$$V_{wd} = 409.2 \text{ kN}$$

Taglio - V_y 

$$V_{Sd,y} = 57 \text{ kN}$$

A favore di sicurezza si omette il calcolo del contributo a taglio offerto dalla sezione di calcestruzzo e si affida l'intera sollecitazione alla resistenza fornita dalle staffe.

Si riporta la verifica a taglio delle travi.

$$A_{Sw} = 1 \text{ spillo } \varnothing 10/100 = 79 \text{ mm}^2$$

$$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{Sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

dove:

Verifica a taglio DM 96

A _{sw}	79 mm ²	spillo $\varnothing 10/100$	
B	800 mm	s	100 mm
H	1000 mm	alfa	90
d	940 mm		
c	60 mm		

V _{wd}	261.5 kN
-----------------	----------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00
	Foglio 42 di 49

Si riporta inoltre la verifica per le sollecitazioni composte di torsione e taglio prevista dal DM 16/01/1996 al p.to 4.2.3.1, al fine di limitare il tasso di lavoro nelle bielle compresse di calcestruzzo.

La relazione da rispettare è la seguente:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rcd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rdu}} \leq 1 \Rightarrow \frac{182}{795.6} + \frac{195}{4024.9} < 1 \Rightarrow 0.28 < 1$$

Dove: $V_{Rdu} = 0.30 f_{cd} b_w d$.

Armature minime secondo DM 16/01/1996

Travi

Armatura longitudinale tesa minima mmq

$$0.15\% < \rho$$

In direzione "z"

$$1200 < \mathbf{3164}$$

In direzione "y"

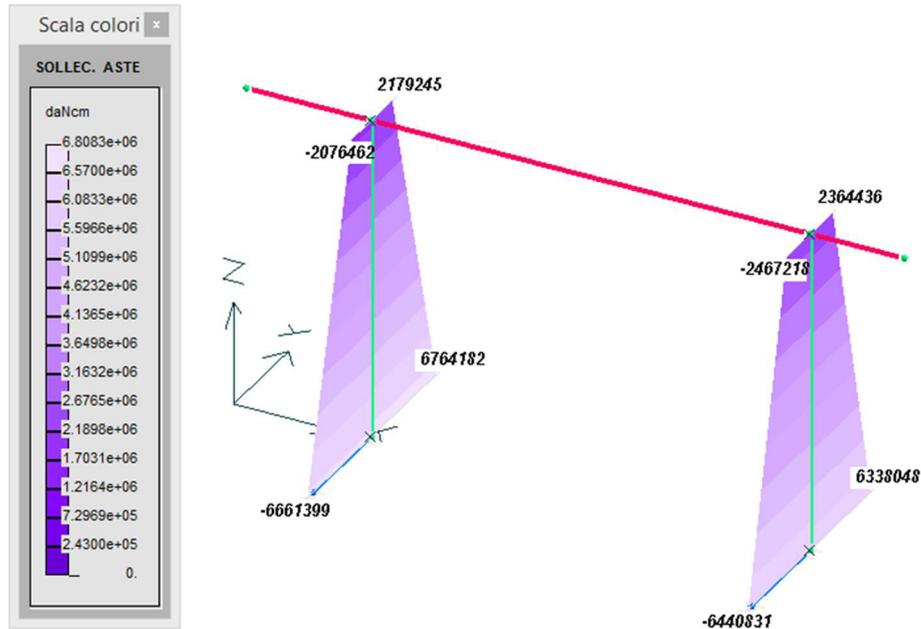
$$1200 < \mathbf{1846}$$

11.3. VERIFICHE SETTI

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche dei setti del sistema strutturale.

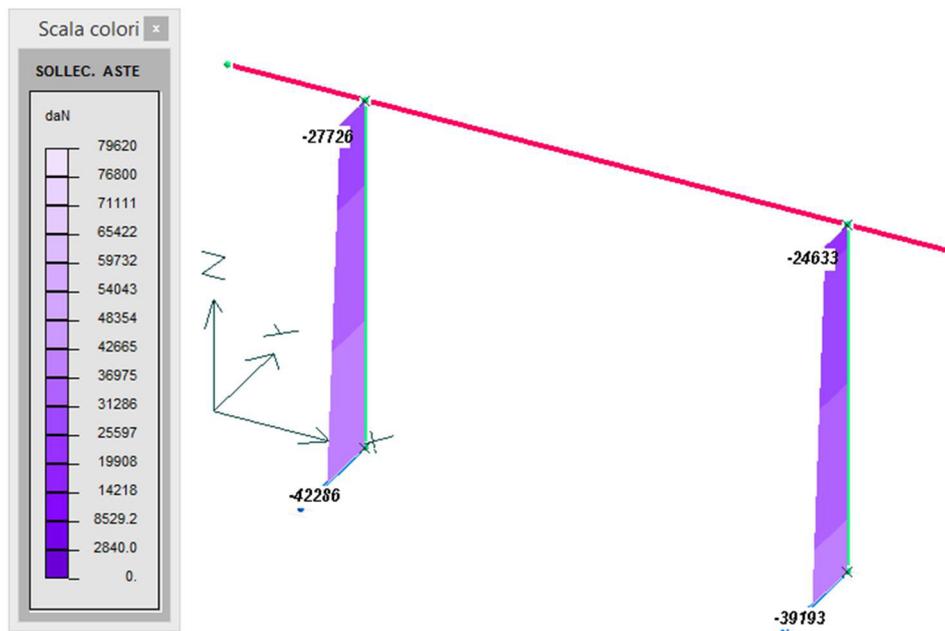
A tal proposito si riportano i diagrammi di involucro delle principali sollecitazioni calcolate per i casi di carico n. 1, 2, 5 e 6.

Momento flettente - M



$$M_{sd} = 247 \text{ kNm}$$

Sforzo Normale - N



$$N_{Sd,min} = 423 \text{ kN}$$

Si riporta la verifica dei setti a presso-flessione eseguita con l'ausilio del software di calcolo GELFI.

$$A_s = A'_s = 7 \text{ } \varnothing 22;$$

$$A_{\text{Scentrale}} = 4+4 \text{ } \varnothing 20.$$

Verifica C.A. S.L.U. - File: pilastro 100x80

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 22 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	80	0
3	80	100
4	0	100

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
18	3.14	6	73
19	3.14	74	23
20	3.14	74	39
21	3.14	74	55.5
22	3.14	74	73

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 247 kN
M_{xEd}: 423 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 1'497 kNm

Materiali: B450C C32/40

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 18.13 ‰
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 12.25
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.7333
τ_{c1}: 2.114

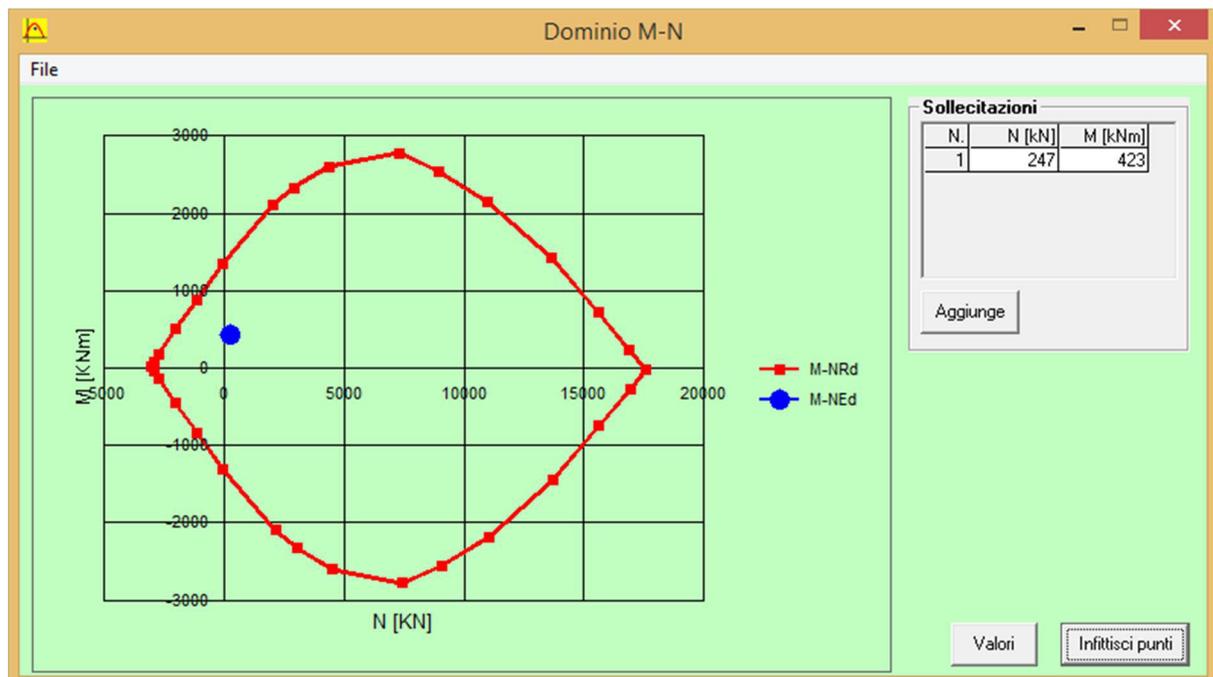
σ_c: -18.13 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 24.76 ‰
d: 94 cm
x: 11.64 x/d: 0.1238
δ: 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello
Precompresso



$$M_{Rd} = 1497 \text{ kNm} > M_{Sd} = 247 \text{ kNm}$$

Momentoflettente – M_y

Sollecitazioni aste

ASTA 2

Ascissa = 520.00 su lunghezza totale di 520.00 cm

Caso 8 : SLU con SISMAY PRINC

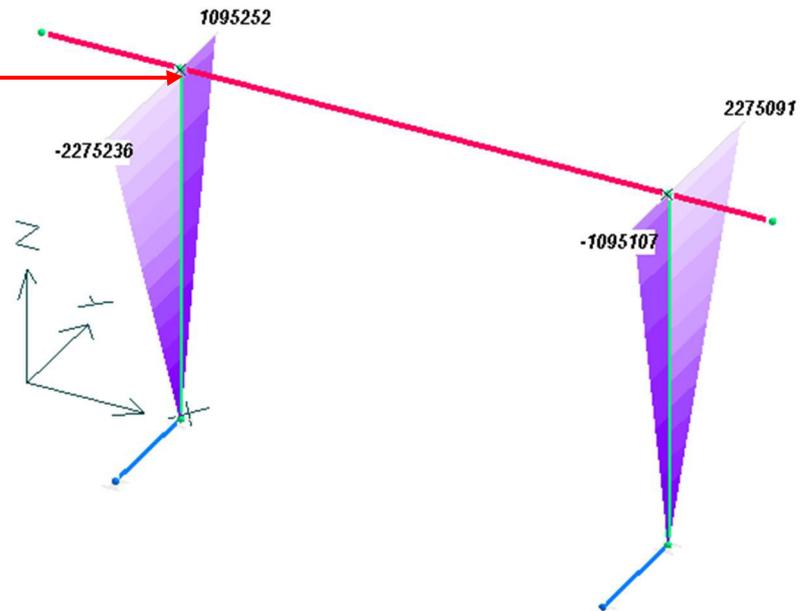
N = -12031.798 daN Mt = 828.172 daNcm
 Ty = -957.550 daN My = 1095251.926 daNcm
 Tz = -2086.038 daN Mz = -189935.370 daNcm

Freccia Y = -0.000000 cm
 Freccia Z = -0.000000 cm

Caso 7 : SLU con SISMAY PRINC

N = -27725.702 daN Mt = -828.172 daNcm
 Ty = 957.550 daN My = -2275235.740 daNcm
 Tz = 4333.626 daN Mz = 292718.269 daNcm

Freccia Y = 0.000000 cm
 Freccia Z = -0.000000 cm



$M_{Sd,y} = 227.5 \text{ kNm}$; $M_{Sd,x} = 29.3 \text{ kNm}$

Si riporta la verifica del setto a presso-flessione deviata eseguita con l'ausilio del software di calcolo GELFI.

$A_S = A'_S = 7 \text{ } \varnothing 22$;

$A_{Scentrale} = 4+4 \text{ } \varnothing 20$.

Verifica C.A. S.L.U. - File: pilastro 100x80

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 22 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	80	0
3	80	100
4	0	100

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
18	3.14	6	73
19	3.14	74	23
20	3.14	74	39
21	3.14	74	55.5
22	3.14	74	73

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 29.3 kNm
 M_{yEd} 227.5 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

Proprietà	B450C	C32/40
ϵ_{su}	67.5 %	2 %
f_{yd}	391.3 N/mm²	3.5 %
E_s	200000 N/mm²	18.13
E_s/E_c	15	0.8
ϵ_{syd}	1.957 %	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0.7333
T_{c1}		2.114

M_{xRd} 115 kNm
 M_{yRd} 1062 kNm
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 %
 ϵ_s 16.81 %
 d 77.24 cm
 x 13.31 x/d 0.1723
 δ 0.7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

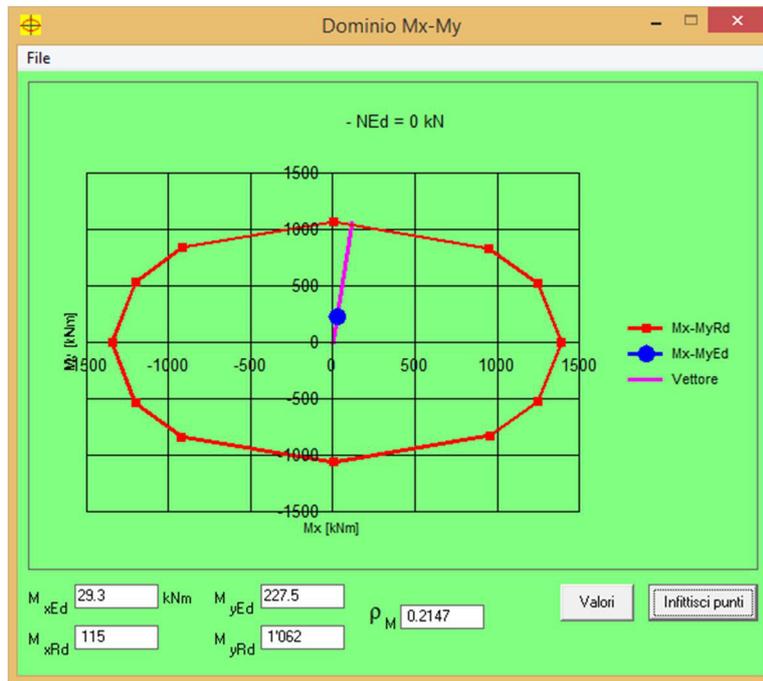
Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° 272

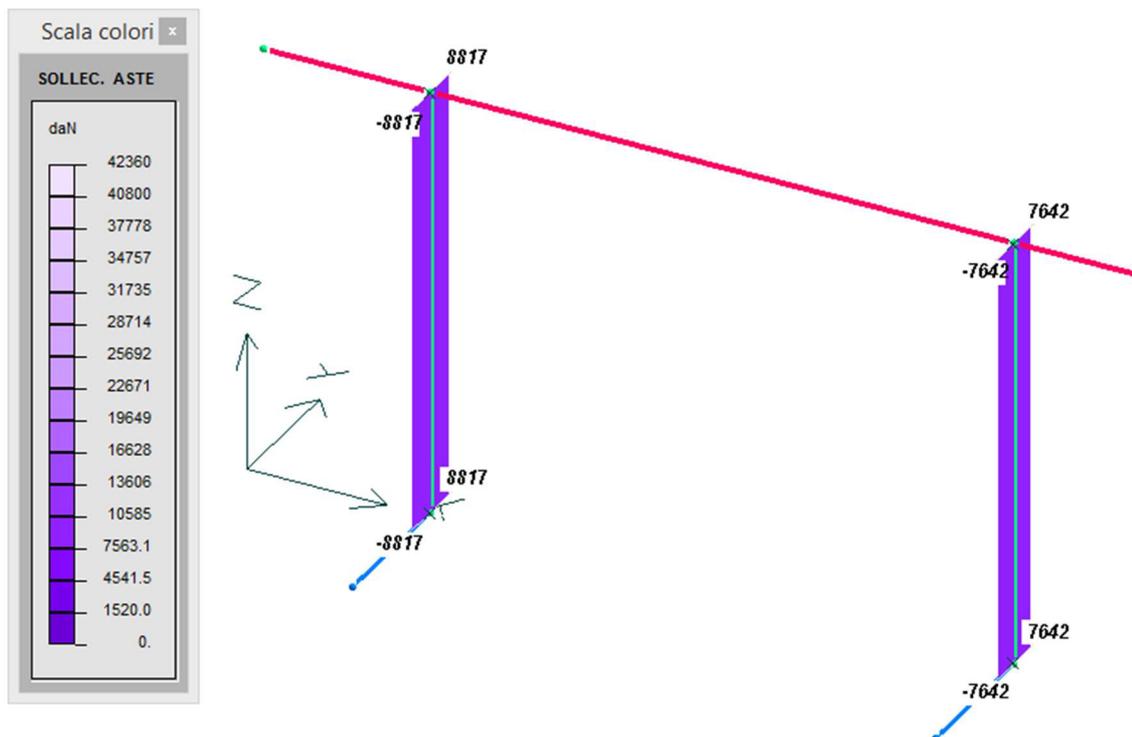
Precompresso



$$M_{Rd,x} = 115 \text{ kNm} > M_{Sd,x} = 29.3 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,y} = 1062 \text{ kNm} > M_{Sd,y} = 227.5 \text{ kNm}$$

Taglio $-V_y$



$V_{Sd,y} = 88.2 \text{ kN}$

A favore di sicurezza si omette il calcolo del contributo a taglio offerto dalla sezione di calcestruzzo e si affida l'intera sollecitazione alla resistenza fornita dalle staffe.

Si riporta la verifica a taglio dei setti.

$A_{Sw} = 1 \text{ staffa } \varnothing 10/100 = 157 \text{ mm}^2$

$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{Sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$

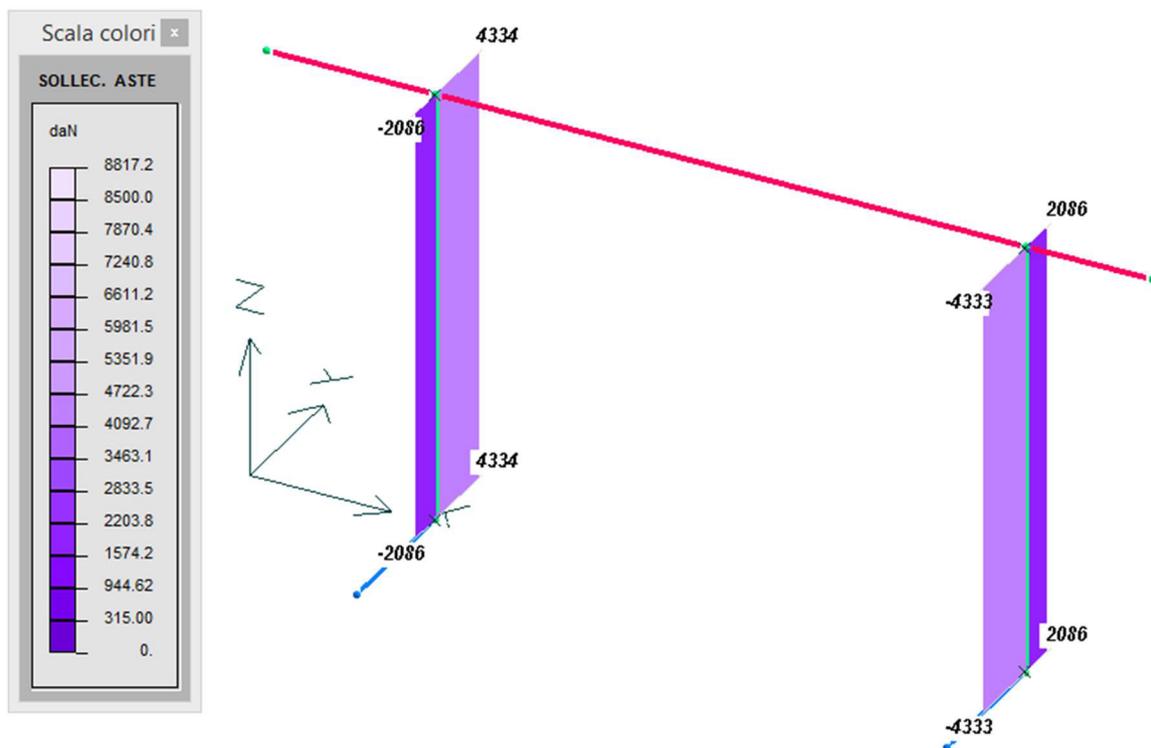
dove:

Verifica a taglio DM 96

A_{sw}	157 mm ²	staffa $\varnothing 10/100$	
B	800 mm	s	100 mm
H	1000 mm	α	90
d	940 mm		
c	60 mm		

V_{wd}	519.7 kN
----------	----------

Taglio $-V_z$



$V_{Sd,z} = 43.4 \text{ kN}$

A favore di sicurezza si omette il calcolo del contributo a taglio offerto dalla sezione di calcestruzzo e si affida l'intera sollecitazione alla resistenza fornita dalle staffe.

Si riporta la verifica a taglio dei setti.

$A_{Sw} = 1 \text{ spillo } \varnothing 10/100 = 79 \text{ mm}^2$

$V_{wd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{Sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)$

dove:

Verifica a taglio DM 96

A_{sw}	79 mm ²	spillo $\varnothing 10/100$
B	1000 mm	s 100 mm
H	800 mm	alfa 90
d	740 mm	
c	60 mm	

V_{wd}	205.9 kN
----------	----------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-00-D-CV-CL-BAVC-00-010-B00		Foglio 49 di 49

Armature minime secondo DM 16/01/1996

Pilastri

Armatura longitudinale minima mmq

$$0.3\% < A_s/A_c < 6\%$$

$$2400 < 7832 < 48000$$

Armatura longitudinale minima mmq

$$0.15 N_{sd}/f_{yd} < A_s$$

$$162 < 7832$$

11.4. INCIDENZA ARMATURE

Alle armature appena calcolate vanno considerate delle armature aggiuntive di confinamento delle zone critiche e un incremento del 20-25% per le sovrapposizioni e i pieghi. Nel calcolo dell'incidenza delle armature nella trave e nei setti si è tenuto in conto delle armature a taglio (staffe) affinché una barra longitudinale ogni due sia legata da un'armatura trasversale.

AREA 7	sez. [cm]	B	H	Armatura fuori calcolo [kg/m ³]	A _s =A' _s	A _{Slaterale}	A _{S torsione}	Staffe torsione	Staffe taglio	V _{staffe} [cm ³ /m]	V _c [cm ³ /m]	A _{sl,tot} [cm ²]	V _{sl,tot} [cm ³ /m]	V _{s,tot} [cm ³ /m]	ω [%]	incidenza armatura [kg/m ³]
FONDAZIONI	120 x 120 (h)	120	120	39	10Φ20	4+4Φ20	//	//	Φ16/150	7035	1440000	109.9	10990	18025	1.25	137
SETTI	80 x 100 (h)	80	100	9	7Φ22	4+4Φ20	//	//	Φ10/100	1936	800000	94.0	9398	11334	1.42	120
TRAVI	100 x 80 (h)	100	80	8	7Φ24	3+3Φ20	12Φ16	Φ10/100	Φ10/100	2765	800000	127.5	12749	15514	1.94	160
PALI	Φ60				14Φ20	//	//	//	Φ10/150	742	282743	50.1	5011	5754	2.03	160

Alla luce di tali considerazioni e della tabella riassuntiva delle armature calcolate si ipotizza un'incidenza di armatura media di 120 kg/m³ di calcestruzzo per i setti, 160 kg/m³ per la trave, 160 kg/m³ per i pali di fondazione e 140 kg/m³ per le soles di fondazione.