



REGIONE LIGURIA

autostrade // per l'italia

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA
E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE D'ARTE MAGGIORI

RAMPE SVINCOLO A12

RAMPA "A"

RELAZIONE DI CALCOLO

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Lucio Ferretti Torricelli Ord. Ingg. Brescia N.2188 RESPONSABILE UFFICIO STR	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A CAPO COMMESSA	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE
--	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA: DICEMBRE 2014	REVISIONE	
	DIRETTORIO		FILE					n.	data
-	codice commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
-	11001302			STR0055					
							SCALA: -		

 ingegneria europea	RESPONSABILE PROGETTO GENOVA Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI : -
	CONSULENZA A CURA DI :	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI : Ing. Roberta Stucchi - O.I. Milano n° A 28579
	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA' Ing. Lucio Ferretti Torricelli - O.I. Brescia N. 2188	

VISTO DEL COMMITTENTE R.U.P. - Ing. Andrea Frediani	VISTO DEL CONCEDENTE Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
---	--

1.	Introduzione	5
1.1	Generalità	5
1.2	Descrizione generale dell'opera	5
1.2.1	Sottostrutture	8
1.2.2	Sistema di vincolo	10
1.3	Normative di riferimento	11
1.4	Contestualizzazione dell'opera	12
1.4.1	Condizioni ambientali	12
1.4.2	Classi di esposizione	12
1.4.3	Classificazione traffico	12
1.4.4	Caratteristiche materiali	12
1.4.5	Classe di esecuzione	13
1.5	Software di calcolo	13
1.6	Convenzioni generali	14
1.7	Impostazioni generali delle analisi	15
1.7.1	Fasi di analisi	15
1.7.2	Analisi e verifiche eseguite	17
1.7.3	Modalità di verifica sezioni in acciaio e acciaio cls	17
1.8	Caratteristiche e proprietà sezioni	24
1.8.1	Stato della soletta	24
1.8.2	Larghezze collaboranti	24
1.8.3	Larghezze collaboranti alle travi longitudinali	24
1.9	Sistema di irrigidimento (stiffeners e ribs)	28
2.	Analisi dei carichi	28
2.1	Carichi agenti in fase 1	28
2.1.1	Pesi propri acciaio (g_{k1}')	28
2.1.2	Peso proprio soletta (g_{k1}'')	29
2.2	Carichi agenti in fase 2	30
2.2.1	Sovraccarichi permanenti (g_{k2})	30
2.2.2	Reologia calcestruzzo ($g_{sh,k}$)	30
2.3	Carichi agenti in fase 3	32
2.3.1	Variazioni termiche (T_k)	32
2.3.2	Carichi mobili (Q_k)	33
2.3.3	Azione del vento (F_w)	37
2.3.4	Attrito appoggi (Q_{frict})	38
2.3.5	Azione sismica (E_d)	38
2.4	Combinazioni di carico	39
3.	Analisi strutturale	42
3.1	Analisi statica globale	42

3.1.1	Risultati salienti	43
3.2	Analisi dinamica	77
4.	Verifica impalcato metallico	79
4.1	Verifica travi longitudinali	79
4.1.1	S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento	79
4.1.2	S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento	82
4.1.3	S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento	83
4.1.4	Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma_E$	84
4.1.5	Verifica connessione trave/soletta	85
4.2	Verifica stiffeners trasversali e ribs longitudinali	88
4.2.1	Irrigidenti intermedi	88
4.2.2	Irrigidenti d'appoggio	91
5.	Deformazioni e controfrecce	99
5.1	Contromonte di progetto	102
6.	Apparecchiature di appoggio e giunto	103
6.1	Generalità	103
6.2	Portate appoggi	103
6.3	Deformazioni agli appoggi	104
6.3.1	Spostamenti orizzontali	104
6.3.2	Rotazioni	105
6.4	Dimensionamento varchi e giunti	107
7.	Spalle	108
7.1	Generalità	108
7.2	Analisi dei carichi	109
7.3	Calcolo sollecitazioni	111
7.3.1	Sollecitazioni lungo l'elevazione	114
7.3.2	Sollecitazioni in fondazione	121
8.	Verifica pile	123
8.1	Descrizione della struttura	123
8.2	Sollecitazioni di verifica – Pila A1	127
8.3	Verifiche della sezione di spiccato	128
8.4	Sollecitazioni di verifica – Pila A2	134
8.5	Verifiche della sezione di spiccato	135
8.6	Sollecitazioni di verifica – Pila A3	140
8.7	Verifiche della sezione di spiccato	141
8.8	Sollecitazioni di verifica – Pila A4	148
8.9	Verifiche della sezione di spiccato	149
8.10	Sollecitazioni di verifica – Pila A5	156
8.11	Verifiche della sezione di spiccato	157

8.12 Sollecitazioni di verifica – Pila A6	163
8.13 Verifiche della sezione di spiccato	164

1. Introduzione

1.1 Generalità

La presente relazione riporta i calcoli statici effettuati nell'ambito delle attività di progettazione strutturale definitiva delle opere afferenti l'intervento di realizzazione della bretella Autostradale Rapallo Fontanabuona, con riferimento alla rampa di svincolo A, da realizzarsi nell'ambito della riqualificazione di tracciato della strada SP 22.

1.2 Descrizione generale dell'opera

L'opera consta di sette campate, ordite tra due spalle in c.a., denominate rispettivamente "spalla 1" e "spalla 2" di luce pari a 238 m (26+30+40+40+40+40+22 m) e larghezza complessiva di soletta pari a 9.80 m.

La tipologia strutturale prescelta è quella del grigliato composto acciaio calcestruzzo, formato da:

- 2 allineamenti di travi longitudinali a doppio T, in composizione strutturale con la soletta, disposte ad interasse trasversali pari a 4.8 m.
- 2 traversi di spalla, disposti a collegare i 2 allineamenti di trave
- 6 traversi di pila, disposti a collegare i 2 allineamenti di trave in corrispondenza delle elevazioni
- 47 traversi intermedi reticolari verticali a K formati da doppi profili L in composizione bullonata, disposti a collegare a coppie gli allineamenti delle travi principali.

Lo schema statico adottato è quello di travi semplicemente appoggiate in corrispondenza delle spalle e delle pile. L'impalcato è composto da un cassoncino torsio-rigido realizzato con due travi ad altezza costante connesse fra loro mediante traversi reticolari verticali a K e da un controvento orizzontale di torsione, disposto inferiormente.

Le luci nette delle travi longitudinali, che risultano ordite parallelamente, sono pari a 26, 30, 40, 40, 40 e 22 m; la luce complessiva, considerato il retrotrave da 50 cm, è pari a 239 m.

L'altezza complessiva dell'opera è pari a 2.00 m (trave metallica da 1.70 m + soletta da 0.30 m), per cui conseguono rapporti luce-altezza da 1/11 a 1/20.

L'assieme formato da travi e traversi è stabilizzato, prima della realizzazione della soletta, da un sistema di controventi di montaggio formato da profili 100x10, che collegano orizzontalmente le due travi.

Tutte le giunzioni tra conci delle travi longitudinali sono previste realizzate mediante saldature p.p. a piè d'opera.

La soletta in calcestruzzo è realizzata con l'ausilio di predalla collaborante in calcestruzzo, di spessore da 60 mm. Lo spessore complessivo del pacchetto in calcestruzzo è pari a 300 mm.

La soletta, di larghezza costante pari a 9.80 m ospita un piano viabile da 8.40 m, due cordoli laterali di larghezza pari a 0.70 m che ospitano le barriere di sicurezza.

Le figure seguenti riportano schematicamente la configurazione dell'opera.

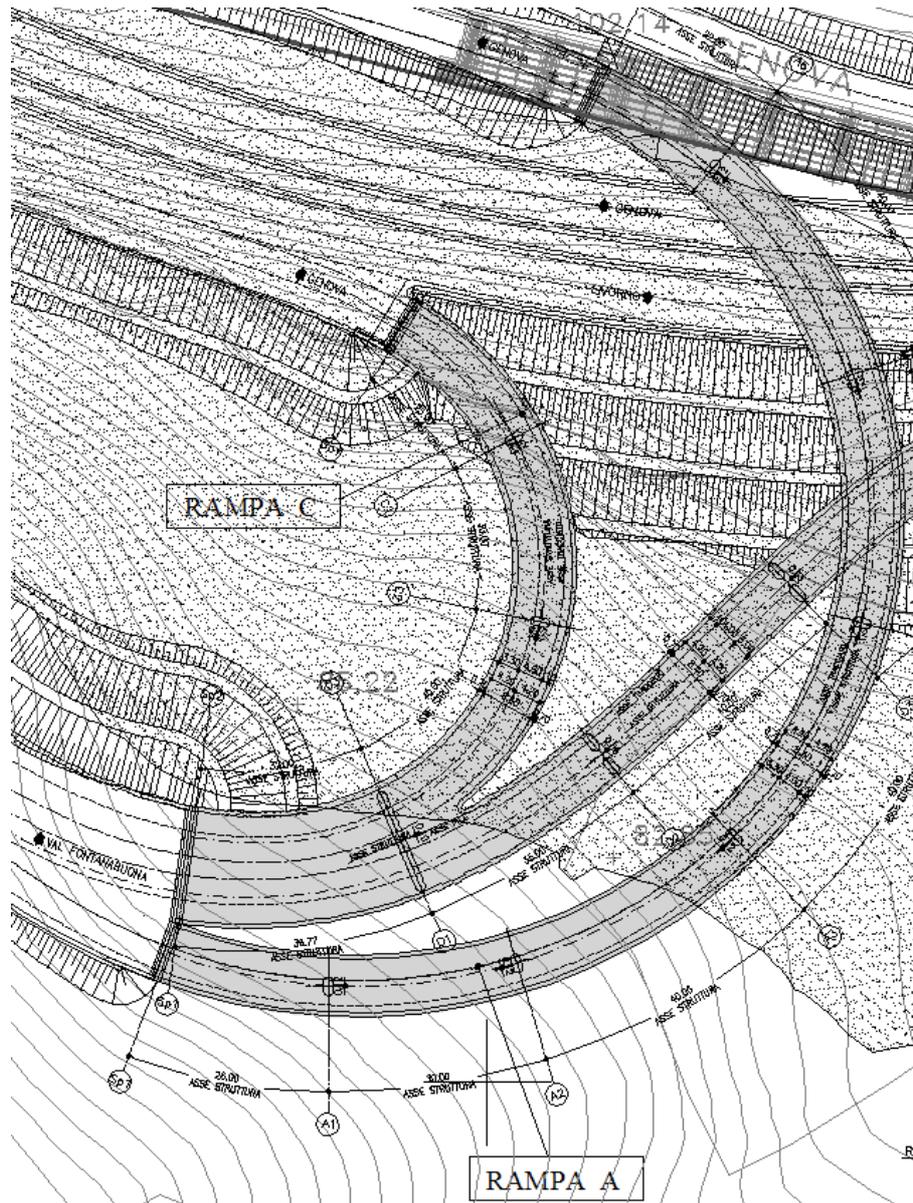
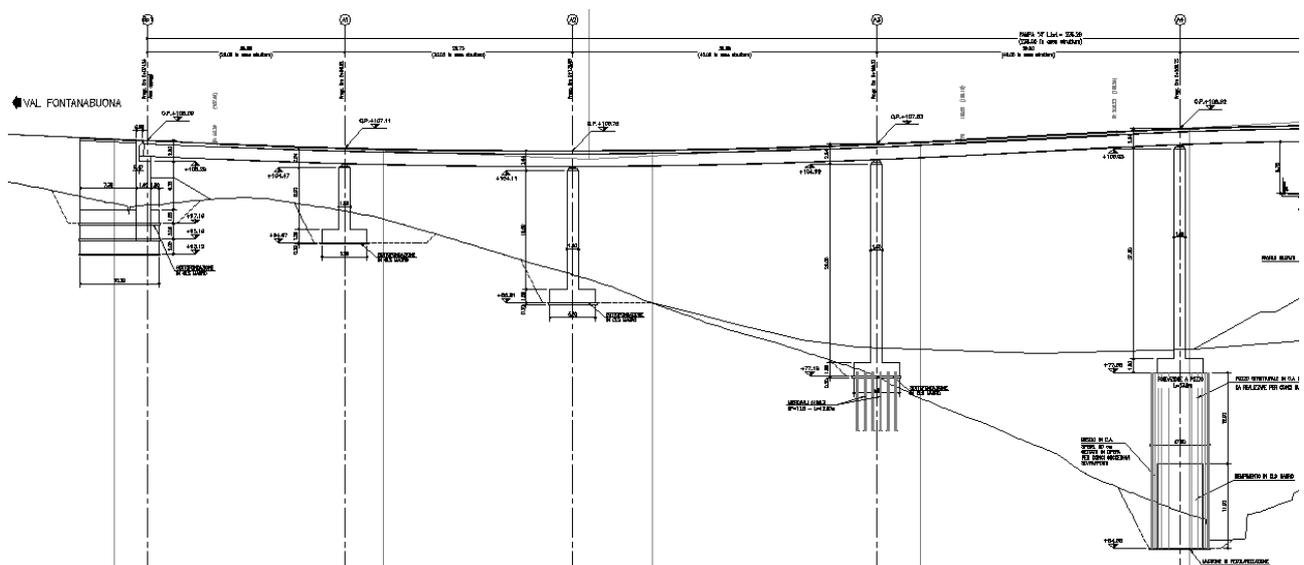


Fig. 1 – Planimetria della rampa A.



1.2.1 Sottostrutture

La travata è supportata da spalle in c.a. formate da suola di base, fondata su pali, paramento, dello spessore di 1.90 m, e paraghiaia di spessore 40 cm, e da elevazioni di altezza variabile fondate su soles di fondazione diretta (per le elevazioni A1 e A2), poggianti su sistemi di micropali (per le elevazioni A3 e A6) o su pozzi (per le elevazioni A4 e A5).

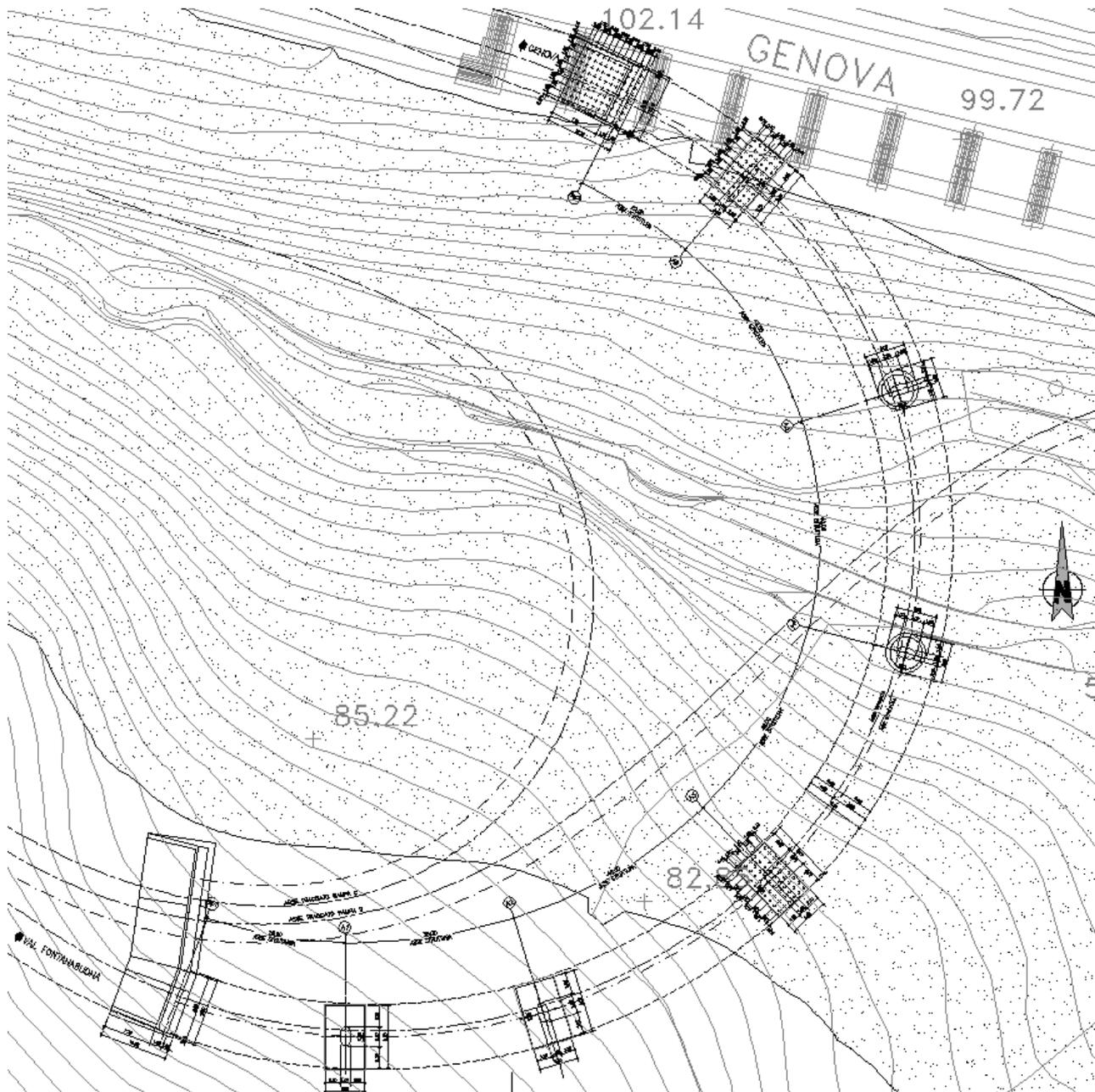


Fig. 3 – Pianta delle fondazioni.

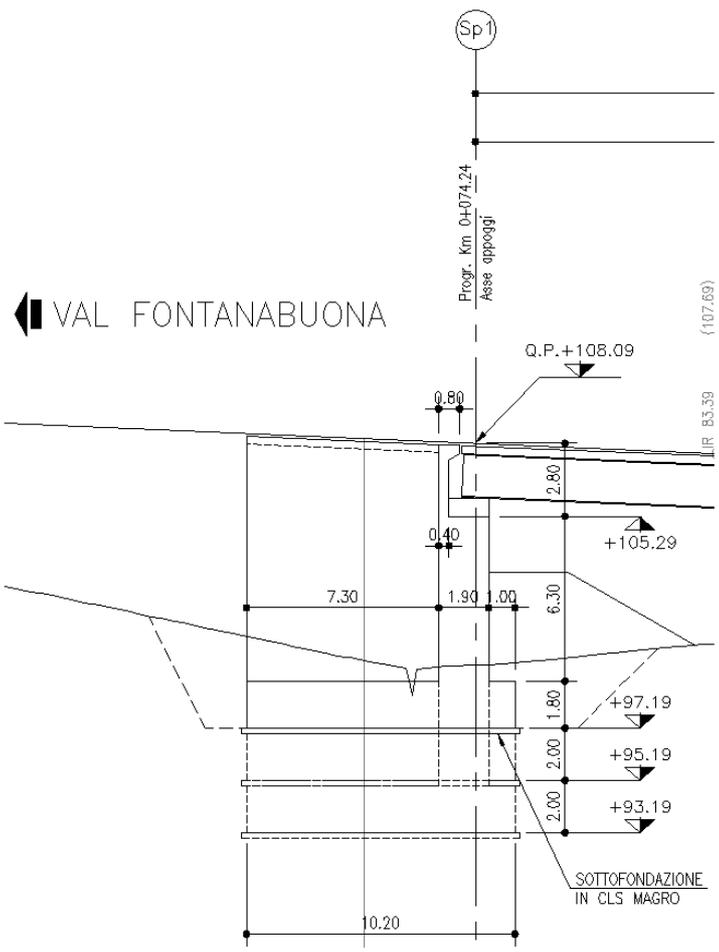
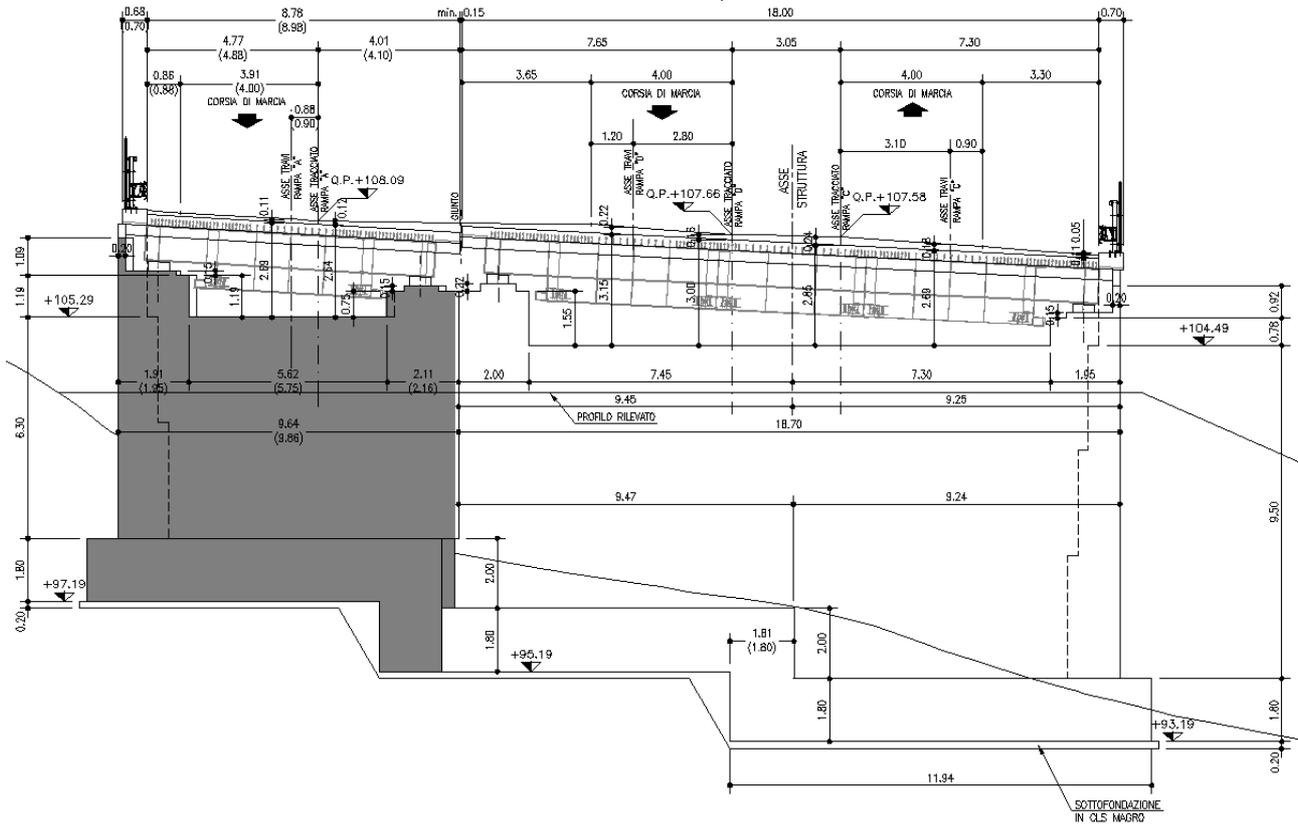


Fig. 4 – Sezioni della spalla 1 lato Val Fontanabuona.

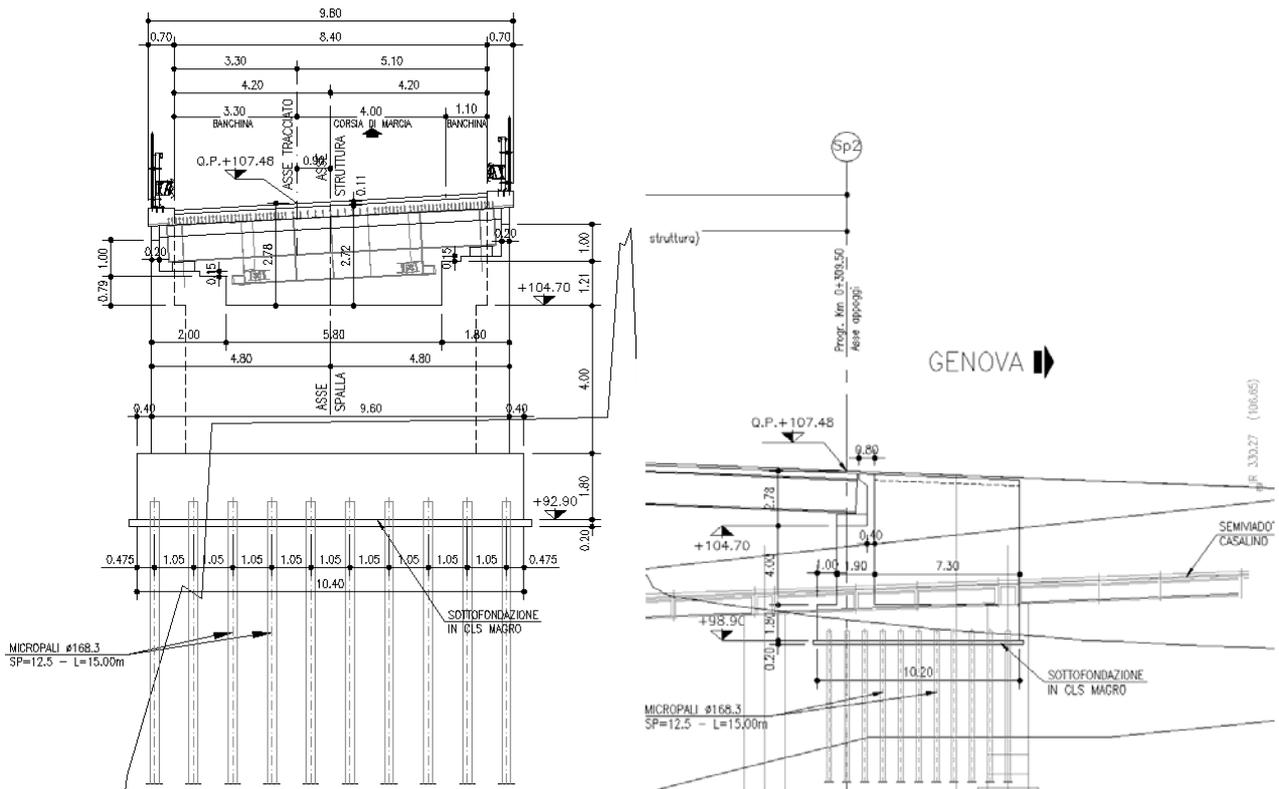


Fig. 5 – Sezioni della spalla 2 lato Val Fontanabuona.

1.2.2 Sistema di vincolo

La struttura è vincolata ai sostegni mediante dispositivi di isolamento in neoprene armato ad alta dissipazione, disposti in corrispondenza di ciascuna spalla ed elevazione.

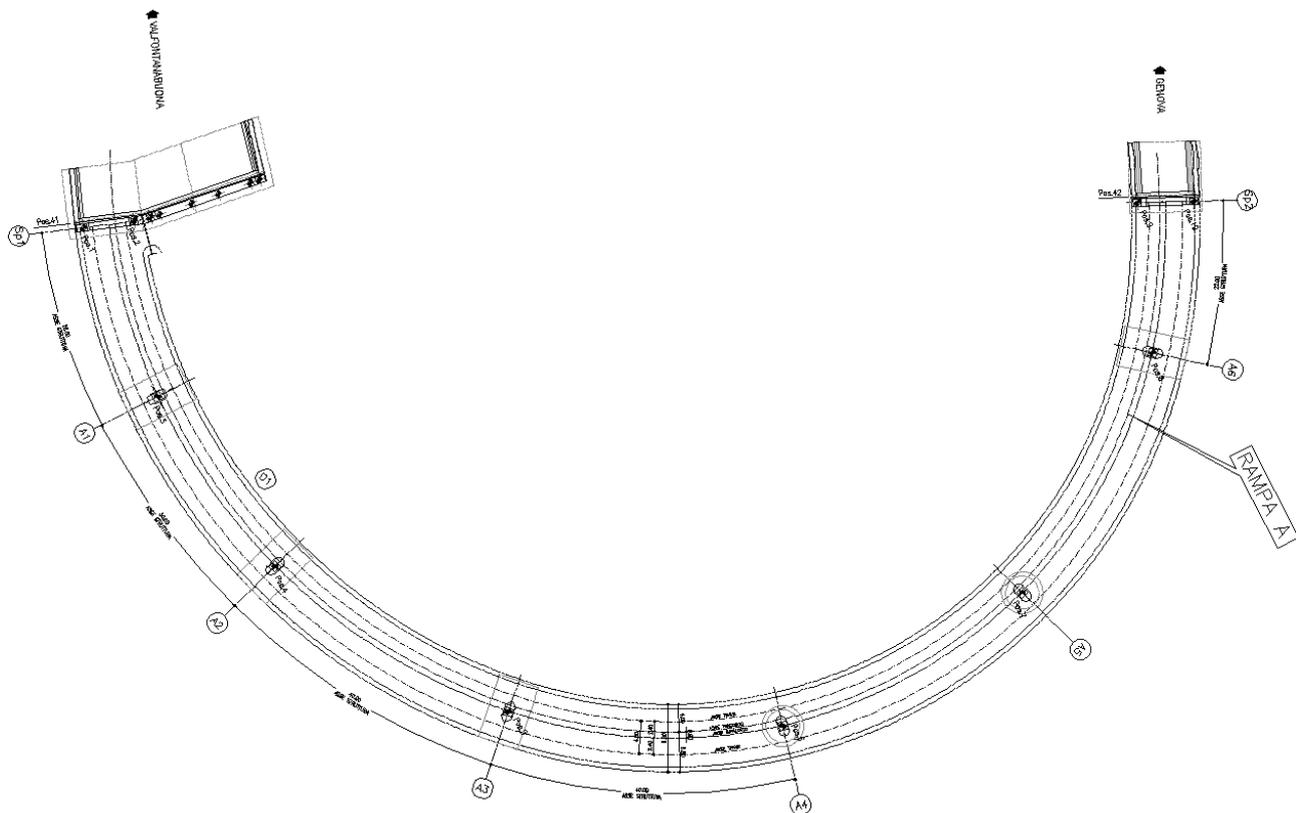


Fig. 6 – Pianta appoggi della rampa A.

Le caratteristiche indicative del sistema di vincolo sono le seguenti:

$k_h = 2.68$ N/mm	rigidezza orizzontale dei dispositivi posti in corrispondenza delle spalle 1 e 2
$k_h = 14.04$ N/mm	rigidezza orizzontale dei dispositivi posti in corrispondenza delle elevazioni
$\xi = 16$ %	smorzamento equivalente per tutti i dispositivi adottati

1.3 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-08")
- Circ. 2 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008
- D.M. 31 luglio 2012: Approvazione della Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'approvazione degli Eurocodici
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
- UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
- UNI EN 1994-1-1: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1090-1: Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali
- UNI EN 1090-2: Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti tecnici per strutture in acciaio.

1.4 Contestualizzazione dell'opera

1.4.1 Condizioni ambientali

Per l'opera in esame si prevede l'esposizione al seguente "range" di temperature (NAD EN 1991-1-4):

$$T_{\min} = -9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 39 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Per l'umidità ambientale si assume:

$$\text{RH} = 80 \%$$

1.4.2 Classi di esposizione

Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, applicheranno le seguenti classi di esposizione:

soletta: XF4

baggioli: XF4

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati al punto seguente, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.4.3 Classificazione traffico

Con riferimento ai carichi mobili, il ponte è classificato di prima categoria.

Si considerano pertanto, ai fini delle verifiche per tutti gli S.L. (eccetto fatica) carichi di classe 1 secondo EN 1991-2 cap.4.

Le verifiche nei confronti dello S.L. di fatica vengono effettuate con riferimento al metodo dei coefficienti λ (EN 1993-2, cap. 9.5.2.).

Per la definizione dei parametri base, si fa riferimento ai seguenti criteri (EN 1991-2, EN 1993-2):

categoria traffico: 2 (asse viario con media intensità di pesante) EN 1991-2 4.6.1.(3)

N_{obs} : $0.5 \cdot 10^6$

Composizione traffico: Medium Distance

vita di progetto: $t_{\text{id}} = 100$ anni

approccio: safe life (γ_M) 1.35

1.4.4 Caratteristiche materiali

Le caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati sono di seguito specificate, unitamente ai soli parametri distintivi impiegati nell'analisi della struttura.

Calcestruzzo soletta:

cls classe C35/45 MPa

$E_c = 34077$ MPa modulo elastico a breve termine

$\nu = 0.2$ modulo di Poisson

$\alpha_t = 1.0 \cdot 10^{-5}$	coefficiente dilatazione termica
$f_{ck} = 35.0 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctm} = 3.2 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione

Acciaio in barre nervate

Acciaio tipo B450C

Acciaio per carpenteria

Acciaio tipo S355 autoprotetto

$E_s = 210000 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\nu = 0.27$	modulo di Poisson
$\alpha_t = 1.2 \cdot 10^{-5}$	coefficiente dilatazione termica

Bulloni

Bulloni cl 10.9.

Ad esclusione delle controventature di montaggio, tutte le bullonature sono da considerarsi di categoria "B" ai sensi della EN 1993-1.8 ("slip resistant at serviceability"), con classe di preparazione "C" secondo EN 1090.

Saldature

Le giunzioni di assemblaggio dei conci metallici sono realizzate in opera a piena penetrazione.

Salvo diversamente specificato negli elaborati di dettaglio, le rimanenti unioni saldate sono ad angolo.

1.4.5 Classe di esecuzione

La classe generale di esecuzione dell'opera è EXC3 secondo EN 1090-2.

Per le saldature delle travi, e per le tolleranze geometriche degli elementi principali si prevede classe EXC4

1.5 Software di calcolo

Per l'analisi strutturale dell'impalcato e delle sottostrutture si adotta il metodo degli elementi finiti; si utilizza, a tale fine, il pacchetto software denominato "LUSAS (vers. 15.0)", fornito da F.E.A. (U.K.) su piattaforma windows NT. Il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base e all'interpretazione dei risultati di output ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni in acciaio ed acciaio calcestruzzo si adotta il programma "Ponti EC4" sviluppato da Alhambra s.r.l.. Il programma opera sulla base di un database di sezioni opportunamente sincronizzato con quello del sistema ad elementi finiti, ed effettua le verifiche di resistenza e di stabilità locale di membrature in acciaio ed acciaio-clt sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC-08.

In particolare, la procedura opera, per ciascuna sezione, le seguenti verifiche:

- calcolo proprietà geometrico - statiche delle sezioni nelle varie fasi considerate.

S.L.U.:

- identificazione delle sezioni, consistente nella preclassificazione dei singoli componenti, e nella classificazione effettiva, effettuata sulla base di ciascuna combinazione di carico.

- verifica per tensioni normali (interazione N/M):
 1. sezioni cl. 1 e 2: analisi e verifica plastica di ciascuna sezione, e deduzione del rapporto di sfruttamento plastico;
 2. sezioni classe 3: analisi tensionale elastica su sezione lorda, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico;
 3. sezioni classe 4: analisi tensionale elastica su sezione efficace, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico.
- taglio: verifica a taglio plastico, includendo i fenomeni di shear buckling.
- interazione pressoflessione - taglio (N-M-V): deduzione del rapporto di sfruttamento finale della sezione.
- verifica rapporto v_{Ed}/v_{Rd} piolature (sezioni con rapporto di sfruttamento plastico a flessione ≤ 1).
- calcolo plastico piolature (sezioni con rapporto di sfruttamento plastico a flessione > 1).

S.L.E. :

- verifica elastica S.L. delle tensioni in esercizio.
- verifica Web Breathing.
- fessurazione soletta.
- verifica elastica piolature.

Fatica:

- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , per preselezionate categorie di dettaglio.
- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , della connessione travi/soletta.

1.6 Convenzioni generali

Nel prosieguo del presente elaborato si adotteranno le notazioni contemplate dalle varie norme EN di riferimento.

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze:	m
forze - coppie:	kN
tensioni:	MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Convenzioni specifiche verranno riportate nel prosieguo della presente relazione.

Si farà riferimento, di norma, a sistemi di tipo cartesiano ortogonale, in cui, in generale, si ha piano x-y orizzontale, con x posto tangente al tracciato nel punto in esame ed asse z verticale.

In generale, per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

F_x	azione assiale
F_y	azione tagliante agente nel piano orizzontale
F_z	azione tagliante agente nel piano verticale
M_x	momento torcente

M_y momento flettente agente nel piano verticale

M_z momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x , F_z , M_y , dal momento che risultano non significativi i contributi F_y , M_x ed M_z .

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

$M (M_f)$ in luogo di M_y

V in luogo di F_z

T in luogo di M_x

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

1.7 Impostazioni generali delle analisi

1.7.1 Fasi di analisi

Per l'analisi della sovrastruttura si ricorre, in generale a modellazione agli elementi finiti. La travata viene modellata mediante elementi di tipo "thick beam" come un grigliato di travi e traversi (in corrispondenza delle spalle e delle elevazioni), collegati alle spalle mediante elementi di tipo "joint" opportunamente orientati allo scopo di restituire gli effettivi gradi di libertà forniti dalle apparecchiature di vincolo. A ciascuna trave viene attribuita una rigidità torsionale fittizia equivalente a quella del cassone torsiorigido. Tali travi sono collegate trasversalmente con elementi "discreti" rigidi.

L'analisi globale dell'impalcato viene eseguita con la metodologia classica riservata alle strutture acciaio calcestruzzo. Le aree di calcestruzzo vengono omogeneizzate ad equivalenti aree in acciaio attraverso coefficienti variabili a seconda delle caratteristiche dipendenti dalla reologia.

Gli effetti dei vari carichi vengono quindi linearmente sovrapposti con riferimento alle varie "fasi" di vita della struttura, ciascuna caratterizzata da differenti caratteristiche della sezione resistente ed da ben precise tipologie di carico.

La tabella seguente riepiloga, per ciascuna fase, i carichi considerati in linea generale, e le rispettive sezioni resistenti.

fase	carico	sigla	sezione resistente
1	peso proprio elementi in acciaio peso proprio coppelle peso proprio getto soletta in c.a.	G_{k1}' G_{k1}'' G_{k1}'''	trave metallica
2a	carichi permanenti portati	G_{k2}	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata ($n=n_{2a}$)
2b	ritiro cedimenti vincolari	$G_{sh,k}$ $G_{settl,k}$	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata ($n=n_{2b}$)
3	Variazioni termiche uniformi Variazioni termiche lineari Azione del vento Carchi mobili gr. i (*) Accelerazione centrifuga Frenatura	$T_{k,N}$ $T_{k,M}$ $F_{w,k}$ Q_k' Q_k'' Q_k'''	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata ($n=n_0$)

(*)Azione multicomponente

Il calcolo dei vari coefficienti di omogeneizzazione è riportato nel capitolo “analisi dei carichi”.

In dettaglio:

Fase 1

Tale fase coincide con la posa in opera delle travi, dei traversi metallici e il getto delle solette in calcestruzzo; la sezione resistente della trave è relativa al solo acciaio così come quella dei traversi, essendo le solette in calcestruzzo non ancora collaboranti; i carichi agenti sono quelli dovuti al peso proprio di travi e traversi ed al getto delle solette in calcestruzzo.

Fase 2

In fase 2 vengono esaminati i carichi di tipo permanente, ovvero:

- pesi permanenti portati (peso dei cordoli, dei guardavia, del manto di finitura, delle barriere e degli impianti previsti nella zona di bordo dell’impalcato adibito al traffico veicolare)
- cedimenti vincolari dei sostegni
- ritiro della soletta in calcestruzzo

Tali carichi sono stati considerati in due differenti condizioni in base alla loro durata:

- o fase 2a: si considerano i soli carichi permanenti;
- o fase 2b: si considerano agenti il ritiro ed i cedimenti vincolari.

La sezione resistente è quella composta acciaio/calcestruzzo; si tiene conto, per i carichi di tale fase, dell’influenza della viscosità omogeneizzando le aree in calcestruzzo ad acciaio secondo i coefficienti di omogeneizzazione descritti nel seguito.

Fase 3

In tale fase si considera, di volta in volta, la presenza di tutti i contributi di carico di tipo istantaneo, ovvero:

- carichi mobili
- variazioni termiche
- azioni di breve durata in genere (vento)

La sezione resistente è anche in questo caso quella composta acciaio/calcestruzzo; in questo caso, però, l’omogeneizzazione delle aree in calcestruzzo avviene secondo il coefficiente n_0 di breve durata, definito nel seguito.

Ai soli fini della suddivisione dei carichi in tipologie, la medesima suddivisione in fasi viene considerata anche per gli elementi metallici.

1.7.2 Analisi e verifiche eseguite

Sono state effettuate le verifiche necessarie al corretto dimensionamento degli elementi afferente ad un livello di progettazione definitivo.

In linea generale, sono state pertanto effettuate le seguenti analisi/verifiche:

- analisi globale, statica e dinamica dell'intera struttura
- ciclo completo di verifica S.L.U. , S.L.E., S.L.E.fr., S.L.F. di travi principali, connessione trave soletta e trasversi (cfr. dettaglio par. successivo)
- verifica sistema di irrigidimento travi (stiffeners)
- valutazione frecce e contromonte impalcato
- calcolo sollecitazioni pile (sezione di spiccato)
- calcolo sollecitazioni spalle (elevazione ed intradosso fondazioni)
- sollecitazioni e spostamenti apparecchi di appoggio e giunto

1.7.3 Modalità di verifica sezioni in acciaio e acciaio cls

Il ciclo completo di verifiche delle sezioni in acciaio calcestruzzo (o solo acciaio) viene effettuato secondo le modalità contenute in EN 1993 - 1994.

1.7.3.1 Verifica sezioni

I criteri di riferimento per la verifica della resistenza delle sezioni (cross section checks) sono quelli contenuti in EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2/NTC-08 cap 4.2., 4.3 e relative Istruzioni.

Si fornisce di seguito una breve descrizione delle verifiche effettuate nell'ambito dei vari S.L. considerati.

S.L.U. Fondamentale: verifica di resistenza delle sezioni (incluse verifiche di local buckling)

Le verifica S.L.U. di resistenza delle sezioni viene effettuata sistematicamente considerando le combinazioni S.L.U. – $M_{max}/M_{min}/V_{max}/V_{min}$, tenendo ovviamente conto, di volta in volta, delle rispettive caratteristiche di sollecitazione concomitanti. Si sintetizzano di seguito i passi principali della verifica:

- Preclassificazione della sezione

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sottocomponenti

- Analisi plastica

Tracciamento dei domini di resistenza della sezione N/M_{rd} ed $N/M_{f,rd}$ (dominio della sezione privata dell'anima)

- Classificazione effettiva della sezione

Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti)

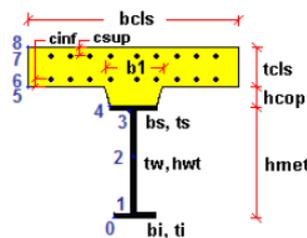
- Verifica plastica a pressoflessione (sezioni cl. 1 e 2):

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento plastico $\eta_{1,}$,; effettuata con riferimento a N_{Ed} , M_{Ed} agenti isolatamente, e per effetto combinato.

- Verifica elastica a pressoflessione (sezioni cl. 3-4)

valutazione del massimo rapporto di sfruttamento elastico η_1 , effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3/4 con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde/efficaci. Le caratteristiche geometriche efficaci vengono dedotte in maniera iterativa, tenendo conto delle flessioni parassite che nascono per effetto dell'eccentricità assunta dall'azione assiale di progetto causata dallo "shift" progressivo dell'a.n.e..

Le tensioni vengono valutate in corrispondenza delle 8 fibre indicate nello schema seguente.



Nell'ambito del calcolo tensionale, la soletta viene considerata "cracked" (non reagente) all'atto dell'annullamento della tensione di compressione valutata in corrispondenza della fibra media. Contestualmente all'annullamento della soletta, si annullano anche le sollecitazioni da ritiro primario.

- Verifica a taglio - sezioni non soggette a "shear buckling"

Viene valutata la suscettibilità o meno delle sezioni allo shear buckling, procedendo quindi come segue:

sezioni non soggette a "shear buckling"

Viene effettuato il calcolo del taglio resistente plastico, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

sezioni suscettibili di "shear buckling"

per sezioni soggette a "shear buckling" viene valutato il coefficiente di riduzione χ_w , e successivamente valutato il taglio resistente $V_{b,Rd}$ come somma dei contributo resistenti dell'anima $V_{bw,Rd}$ e, se applicabile, delle flange $V_{bf,Rd}$.

- Verifica interazione azione assiale - flessione - taglio (tutte le classi)

Si adotta univocamente, per tutte le classi di sezione, l'approccio proposto da EN 1993-1-5, cap. 7.1, che consiste nella valutazione di un rapporto di sfruttamento modificato in funzione dei singoli rapporti di sfruttamento valutati per pressoflessione e taglio agenti separatamente. L'adozione di questa formulazione risulta a rigore solo leggermente più cautelativa di quella riservata alle sezioni di classe 1 - 2, per le quali l'interazione N-M-V si risolverebbe con la deduzione di un rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali valutato con riferimento ad una anima opportunamente ridotta per tenere conto dell'influenza del taglio (cfr. EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(2)).

Un'ulteriore ipotesi cautelativa, riservata alla verifica di sezioni in classe 3-4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico η_1 in luogo di quello plastico $\bar{\eta}_1$, indipendentemente

dall'andamento delle tensioni lungo l'anima (a rigore la EN 1993-1-5, cap. 7.1.(4) e (5) prevede tale accortezza solo qualora l'anima risulta interamente in compressione).

Come già evidenziato relativamente al calcolo del contributo resistente a taglio delle flange, le resistenze plastiche della sezione completa e della sezione privata dell'anima sono rilevate direttamente dai rispettivi domini di interazione, per cui:

$$M_{pl,Rd} = M_{pl(N),Rd}$$

$$M_{f,Rd} = M_{f(N),Rd}$$

S.L.E. Caratteristico: verifica limitazione delle tensioni

La verifica viene condotta con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione fondamentale S.L.E., applicando il coefficiente di materiale $\gamma_{m,ser} = 1.0$.

S.L.E. Frequente: verifica web breathing

La verifica è volta alla limitazione della snellezza dei singoli sottopannelli. Per i criteri di verifica, si rimanda a EN 1993-2, cap. 7.4/istr. NTC08, cap. 4.2.4.1.3.4.

La verifica viene effettuata mediante il metodo rigoroso, consistente nella verifica diretta della stabilità dei sottopannelli con riferimento al quadro tensionale della combinazione S.L.E. frequente.

Viene pertanto confrontato il quadro tensionale indotto dalla combinazione S.L.E. frequente, rappresentato da $\sigma_{x,Ed,ser}$ (calcolate però con riferimento all'area efficace, se pertinente) e $\tau_{xy,Ed,ser}$, con le tensioni normali e tangenziali critiche del pannello, mediante la relazione (cfr. 1993-2 cap. 7.4.(3)):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \tau_{xy,Ed,ser}}{k_{\tau} \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

In cui:

$$\sigma_E = 186200(t/h)^2 \quad \text{tensione critica Euleriana}$$

$$k_{\sigma}, k_{\tau} = \quad \text{coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.}$$

La verifica viene effettuata in automatico dal programma Ponti EC4, sulla base delle combinazioni S.L.E. frequenti elaborate per tutte le sezioni di verifica, rispettivamente per Mmax/min e Vmax/min.

La tensione normale critica viene valutata a partire da quella Euleriana, tenendo conto della eventuale sovrapposizione dei fenomeni di instabilità di piastra e di colonna tramite il coefficiente ξ , seguendo i criteri contenuti in EN 1993-1-5 - 4.5.4.(1).

S.L.Fatica

Le verifiche a fatica vengono effettuate con l'impiego del metodo dei coefficienti λ , associato al veicolo a fatica FLM3 (EN 1993-2 cap. 9/istr. NTC-08, cap. 4.2.4.1.4.6.3.).

In estrema sintesi, il metodo consiste nell'estrazione, per i vari punti di interesse, del range di sforzi $\Delta\sigma_p$ dovuto al singolo transito di uno specifico modello di carico (FLM3), da calibrarsi opportunamente mediante l'applicazione dei fattori equivalenti di danno, in modo da fornire il medesimo impatto del traffico reale.

Si ha pertanto:

$\Delta\sigma_p = |\sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}|$ ampiezza escursione tensioni, valutata dalla combinazione di progetto a fatica (comp. non ciclica + comp. ciclica da FLM3).

$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Delta\sigma_p$ range di progetto: ampiezza equivalente allo spettro di danneggiamento per 2E6 cicli

con:

$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ fattore equivalente di danno

Verifica:

$$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$$

In ottemperanza a quanto previsto dalle istruzioni e dal N.A.D. e nell'ottica del concetto "safe life", si pone:

$$\gamma_{Ff} = 1$$

Si pone inoltre, per lo specifico caso:

$\gamma_{Mf} = 1.35$ alta conseguenza a seguito della rottura del dettaglio (fail safe)

$\gamma_{Mf} = 1.15$ bassa conseguenza a seguito della rottura del dettaglio (non fail safe)

Tutti i dettagli vengono ascritti alla categoria fail safe ad eccezione dei pioli.

L'ampiezza dei $\Delta\sigma_p$ di tensione viene calcolata sulla base di σ_{max} e σ_{min} derivanti dalla combinazione di carico a fatica, elaborata con riferimento a EN 1992-1-1 cap. 6.8.3.(2), che prevede la sovrapposizione della componente "non ciclica" delle sollecitazioni, derivata dalla combinazione S.L.E. frequente, con la componente "ciclica", derivata dall'involuppo delle sollecitazioni dovute al transito del veicolo FLM3.

Relativamente alle sollecitazioni di input, il programma gestisce in automatico le sollecitazioni derivanti dalla combinazione S.L.E. frequente, elaborata come d'uso per Mmax/min e Vmax/min, sovrapponendole alle sollecitazioni derivanti dall'involuppo per Mmax/min Vmax/min derivanti dal transito di FLM3, con l'obiettivo di estrarre il massimo valore di ampiezza di $\Delta\sigma_p$. Il programma procede quindi al calcolo del range di progetto $\Delta\sigma_E$, tramite applicazione dei coefficienti λ , ed al confronto del valore calcolato con i $\Delta\sigma_c$ tabellari, opportunamente modificati mediante l'applicazione del size effect k_s , quando rilevante, e del coefficiente di sicurezza γ_{Mf} .

Il valore dei coefficienti $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ viene determinato secondo quanto previsto in EN 1993-2 cap. 9 e EN 1994-2 cap. 6.8.6.2 rispettivamente per i dettagli di carpenteria e per le piolature (in quest'ultimo caso i coefficienti λ verranno indicati con il pedice aggiuntivo "v").

Per l'individuazione delle caratteristiche distintive la tipologia di traffico ed il modello di carico, si fa riferimento a EN 1991-2 cap. 4.6 (NTC-08, cap. 5).

1.7.3.2 Verifica connessione trave - soletta

Ai fini delle verifiche, si fa riferimento a quanto contenuto in EN 1994-1/EN 1994-2/NTC-08, 4.3.4.1.2 + istr. cap. C.4.3.4.

Le piolature adottate sono tutte a completo ripristino di resistenza.

Il ciclo di verifica completo delle piolature comprende i seguenti passi:

Verifica tensioni S.L.U. (valido per sezioni con $\eta_1 \leq 1$)

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.U. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{\max}/M_{\min} , V_{\max}/V_{\min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.U.:

$$v_{L,Ed}(x) = V_{Ed}(x) S/J$$

$$v_{L,Ed}^{ULS} \leq 1.1 N_i/I_i P_{Rd}$$

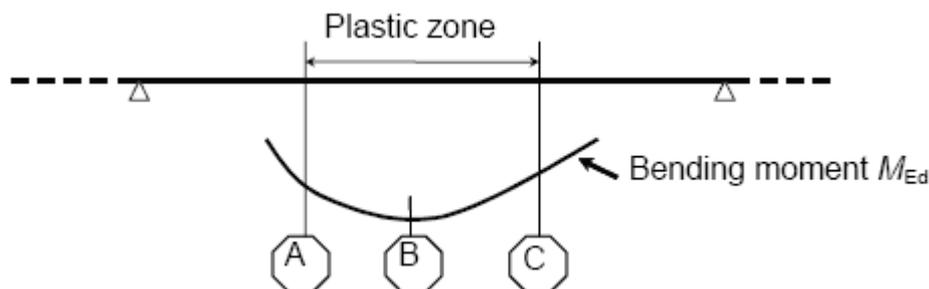
In cui S e J sono univocamente definite sulla base delle caratteristiche "uncracked"

Tale approccio risulta ovviamente valido solamente per le sezioni che non attingono alle proprie risorse extra elastiche ($\eta_1 \leq 1$). Per sezioni di classe 1-2, qualora il rapporto di sfruttamento elastico η_1 risulta maggiore di 1, non risulta più valido l'approccio di calcolo dello scorrimento ($v = VS/J$), ed è quindi necessario tenere conto in maniera non lineare della relazione tra azione tagliante V_e scorrimento v_L mediante l'approccio non lineare indicato al punto seguente.

Verifica plastica S.L.U. (obbligatorio per sezioni con $\eta_1 > 1$)

Nelle zone plasticizzate (in generale a momento negativo) non risulta più valido l'approccio di calcolo dell'azione nei pioli basata sul flusso elastico: in questo caso, infatti, il legame fra il taglio per unità di lunghezza, le forze interne della soletta ed il momento flettente non è più lineare (EN 1994-2 cap. 6.6.2.2).

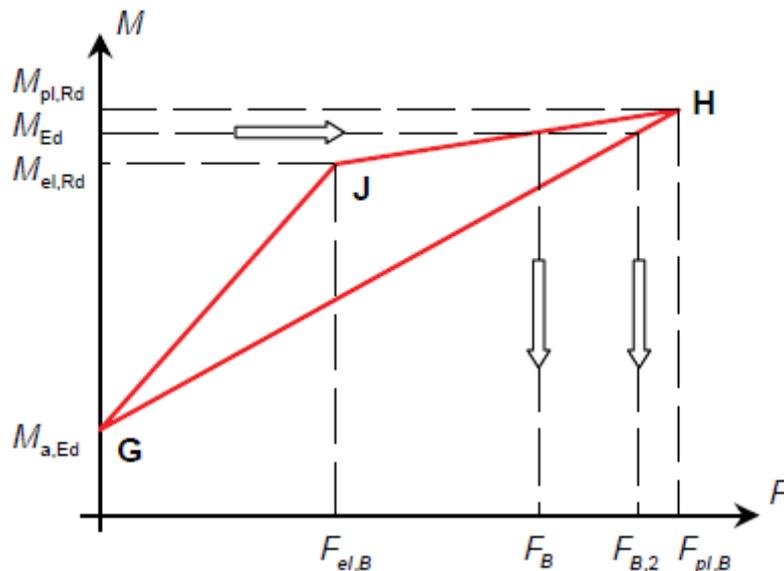
Il calcolo viene effettuato individuando, propedeuticamente, la regione entro la quale le sezioni attingono alle proprie risorse extra-elastiche. Tale regione (simmetrica nel caso in esame), è schematicamente rappresentata dai due punti di boundary A e C e dal punto di minimo momento (mezzzeria) indicati nello schema seguente. I punti di boundary sono individuate dalle sezioni nelle quali la massima tensione è pari allo snervamento del materiale.



La verifica è di tipo "globale", e comprende la valutazione dello scorrimento in maniera diretta, mediante considerazioni di equilibrio del concio dei concio di soletta compresi tra la boundary ed il punto di minimo momento (concio di soletta compreso tra A e B e concio di soletta compreso tra B e C).

L'azione assiale insistente ai confini della zona plastica (punti A / B) è pari all'integrale delle tensioni rilevate lungo la soletta in calcestruzzo; a tale azione va aggiunta l'effetto del ritiro primario.

L'azione assiale N_B è la risultante delle azioni in soletta, da valutarsi con riferimento all'effettivo stato, parzialmente "plastico" della sezione. Per il calcolo, si fa riferimento ai criteri di "non linear resistance to bending" contenuti in EN 1994-2 cap. 6.2.1.4.(6), con l'ausilio della costruzione riportata nel diagramma seguente, che riporta in un sistema d'assi M/N, i possibili stati della sezione di minimo momento flettente.



Si indica con:

$M_{a,Ed}$	momento flettente agente sulla sola trave metallica
$M_{el,Rd}$	momento flettente elastico
M_{Ed}	momento flettente di progetto
$M_{pl,Rd}$	momento plastico della sezione
$F_{el,B}$	azione assiale agente nella soletta, al raggiungimento del momento elastico (N_B)

Il diagramma è caratterizzato dai seguenti punti notevoli:

G punto corrispondente al momento flettente della trave in fase 1

H punto che individua il raggiungimento dello stato plastico della sezione, caratterizzato da $M_{pl,Rd}$ ed $F_{pl,B}$ (azione assiale plastica in soletta).

J punto corrispondente allo yielding del prima fibra della sezione, caratterizzato da $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$ (risultante tensioni in soletta sotto l'azione di $M_{el,Rd}$).

Come si nota dal diagramma, l'effettiva azione assiale F_B insistente in soletta nel reale stato della sezione è rappresentato dalla linea verticale che interseca la retta JH all'ordinata corrispondente al momento di progetto M_{Ed} . In alternativa, operando in maniera semplificata, risulta possibile stabilire un limite superiore a N_B , intercettando direttamente la retta GH.

In linea generale, si segue l'approccio "rigoroso" che, pur comportando la necessità di valutare $M_{el,Rd}$, comporta una stima più accurata di N_B .

Per il calcolo di $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$, viene valutato il fattore "k" (≤ 1) che, applicato al momento flettente agente sulla sezione composta $M_{c,Ed}$ (derivante da fase 2 e fase 3) comporta un quadro tensionale al limite di snervamento, e che implica pertanto l'espressione:

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k M_{c,ED}$$

Si avrà pertanto, con riferimento alle fibre estreme della sezione:

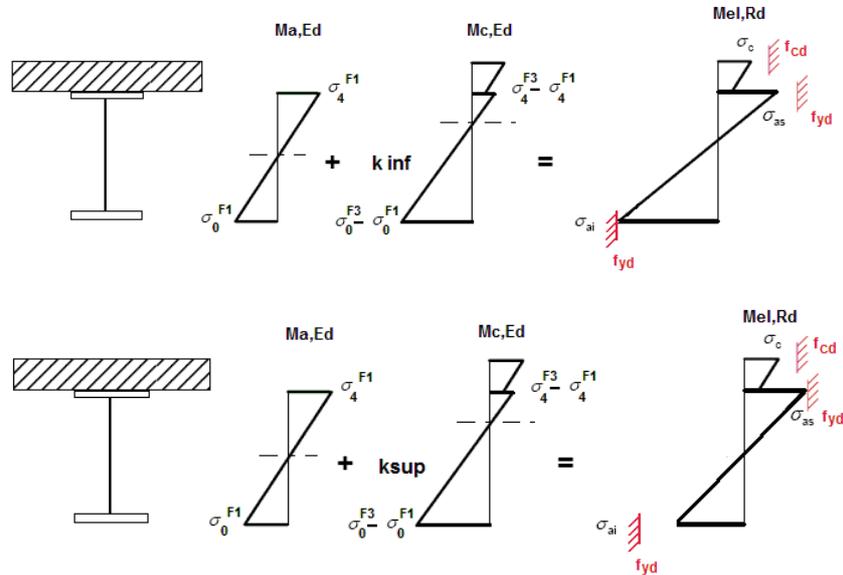
$$k = f_{yd} - \sigma_{if1} / \Delta\sigma_i$$

$i = 1$ o 4 (lembo inferiore/superiore trave metallica)

σ_{if1} = tensione alla fibra "i" della sezione in fase 1

$\Delta\sigma_i$ = variazione di tensione alla fibra "i" tra la fase 3 e la fase 1

Si utilizza uno dei due schemi di calcolo riportati nelle figure sottostanti, a seconda che la tensione di snervamento sia stata superata nella fibra inferiore oppure in quella superiore.



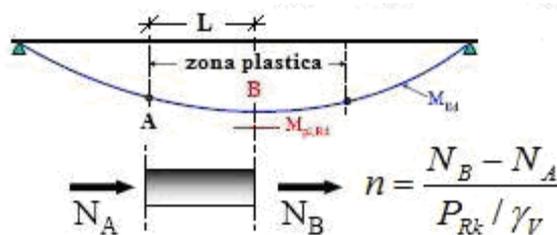
Quando la sezione è plasticizzata il coefficiente k risulta compreso fra 0 ed 1, e rappresenta il coefficiente moltiplicativo che riporta il diagramma di tensioni in fase 3 ad un diagramma al limite elastico.

Noto k è immediato valutare $M_{el,Ed}$ e la corrispondente azione assiale di soletta, tramite integrazione delle tensioni:

$$N_{el,Ed} = k \cdot (\sigma_5 + \sigma_8) / 2 \cdot A_{soletta}$$

Essendo σ_5 e σ_8 le tensioni normali nella soletta in fase 3, calcolate a partire da $M_{el,Ed}$.

Il numero di pioli necessario nella zona plastica è infine calcolabile, con riferimento allo schema ed alla formula seguente.



Si evidenzia che, per il caso in esame, non risultano sfruttate le risorse plastiche di alcuna sezione, pertanto, questa verifica non risulta necessaria.

Verifica tensioni S.L.E.

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.E. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.E..

Il criterio di confronto dello scorrimento con la portanza della piolatura è identico a quello visto per la verifica delle tensioni S.L.U. , con ovvia sostituzione delle grandezze.

$$V_{L,Ed}^{SLS}(x) \leq N_i/I_i \cdot (k_s P_{Rd})$$

Verifica a S.L.fatica

Per la verifica a fatica si seguono i criteri generali contenuti in EN 1994-2. Vengono presi in esame i seguenti dettagli (EN 1993-1-9- cap. 8.):

Saldatura piolo - rottura piatt. categoria/dettaglio: 80/9 (*) tab. 8.4 EN 1993-1-9

Saldatura piolo - rottura piolo categoria/dettaglio: 90/10

Il ciclo di verifica segue quanto previsto in EN 1994-2 cap. 6.8.7.2.(2), comprendendo la verifica separata per rottura del piolo e per rottura della piattabanda.

Per le piattabande in tensione si tiene conto dell'interazione dei due fenomeni, sfruttando la relazione:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.3$$

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} \leq 1.0 \quad \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.0$$

1.8 Caratteristiche e proprietà sezioni

1.8.1 Stato della soletta

Ai fini della valutazione delle proprietà delle sezioni, l'effetto del cracking della soletta viene valutato con riferimento ai criteri contenuti in EN 1994-2, 5.4.2.3..

Ai fini dell'analisi globale, le sezioni ove la massima tensione nella fibra estrema della soletta, in combinazione S.L.E. caratteristica, supera il valore $\sigma_{c,lim}$ verranno considerate "cracked", e pertanto, ai fini del calcolo delle proprietà delle sezioni, si terrà conto delle sole armature longitudinali presenti.

Il valore limite di riferimento risulta (EN 1994-2, 5.4.3.2(2)):

$$\sigma_{c,lim} = 2 f_{ctm} = 6.4 \text{ MPa}$$

Operativamente verrà quindi effettuata una valutazione della tensione rilevata alla fibra estrema, sotto l'effetto dei carichi afferenti alla combinazione S.L.E. rara.

Alle sezioni, od alle parti di struttura ove si riscontrasse il superamento del valore $\sigma_{c,lim}$, verranno quindi assegnata le rispettive proprietà "cracked", valutate con riferimento alla presenza delle sole armature metalliche.

1.8.2 Larghezze collaboranti

L'effettiva larghezza di soletta collaborante viene valutata in accordo a quanto esposto nella norma UNI EN 1994-2 al punto 5.4.1.2.

1.8.3 Larghezze collaboranti alle travi longitudinali

Per semplicità, l'analisi strutturale viene condotta considerando l'ampiezza di soletta lorda, staccata dalla trave tipo, caratterizzata dalla larghezza complessiva mostrata in figura.

Ai fini delle verifiche strutturali, si considerano le effettive larghezza collaboranti previste da EN 1994-2.

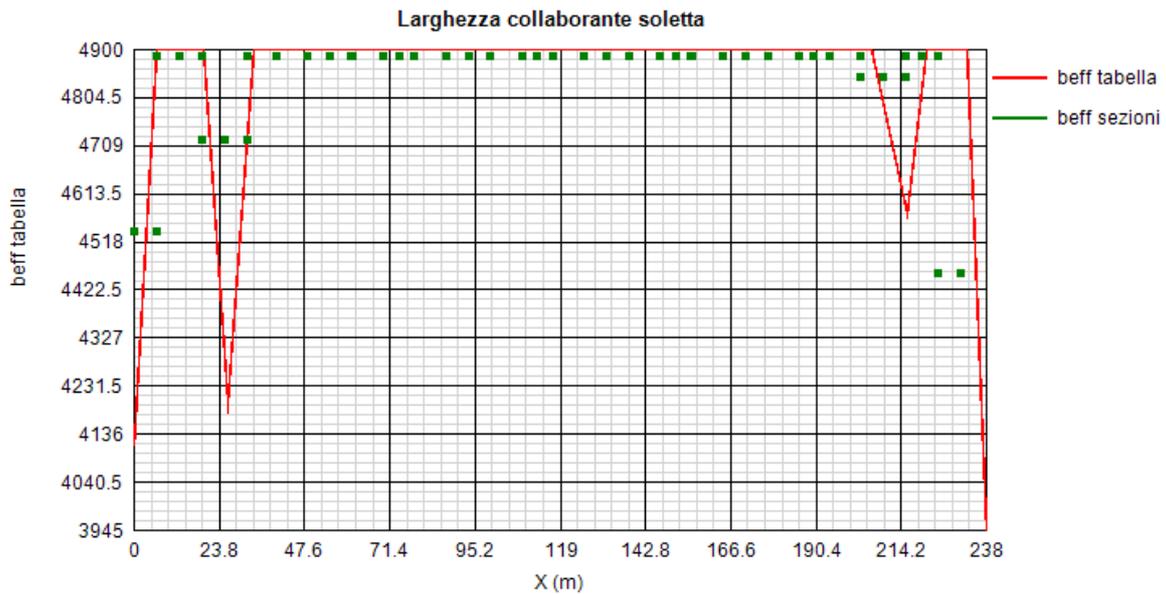
La larghezza lorda effettiva risulta:

$$b_{\text{tot}} = 2400 + 2500 = 4900 \text{ mm}$$

si considera inoltre:

$b_0 = 600 \text{ mm}$ larghezza impegnata dal sistema di connessione

L'andamento della larghezza collaborante viene valutato mediante il programma PontiEC4, che restituisce una larghezza costante per l'intero sviluppo dell'opera.

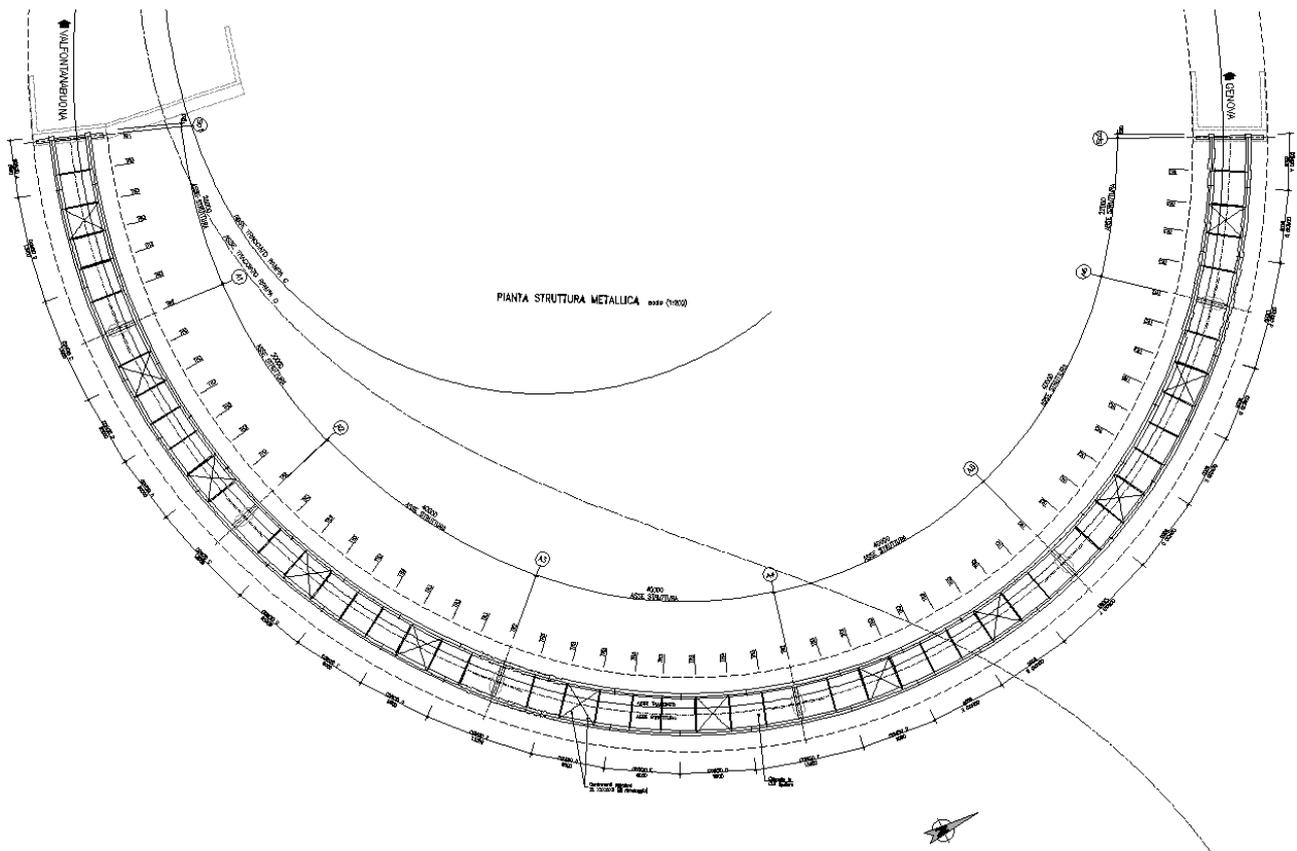


L'impalcato risulta suddiviso in 10 tipologie di conci di caratteristiche variabili. Per ragioni di economia si è cercato di ottimizzare le larghezze e gli spessori dei vari piatti di acciaio costituenti le piattabande e le anime delle travi principali, modulando lo spessore in base all'effettivo impegno statico.

La lunghezza complessiva della trave è pari a 238 m

Vengono adottate le seguenti tipologie di conci:

- concio A: L 7.0 m spalla 2 (Lato Val Fontanabuona)
- concio B: L 13.0 m centrale
- concio C: L 13.0 m elevazione A1 e A2
- concio D: L 8.5/9.0 m intermedio/centrale
- concio E: L 9.0 m centrale
- concio F: L 13.0 m spalla 2 (Lato Genova)



Le caratteristiche costituenti le lamiere delle travi principali di ciascun concio sono riportate nella tabella seguente (valori espressi in mm).

Conci	h_t (mm)	b_s (mm)	t_s (mm)	h_w (mm)	t_w (mm)	b_i (mm)	t_i (mm)	t_{cls} (mm)	h_{cop} (mm)	b_{eff} (mm)	\varnothing_{sup} (mm)	pb_{sup} (mm)	c_{sup} (mm)	\varnothing_{inf} (mm)	pb_{inf} (mm)	c_{inf} (mm)
A	1'700	700	35	1'625	20	900	40	240	60	4'553	20	200	55	20	200	22
B	1'700	700	35	1'625	18	900	40	240	60	4'900	20	200	55	20	200	22
C	1'700	700	40	1'610	20	900	50	240	60	4'733	20	100	55	20	100	22
D	1'700	700	40	1'610	18	900	50	240	60	4'900	20	200	55	20	200	22
E	1'700	700	40	1'610	20	900	50	240	60	4'900	20	100	55	20	100	22
F	1'700	700	40	1'610	18	900	50	240	60	4'900	20	200	55	20	200	22

Nella tabella precedente, si è indicato con:

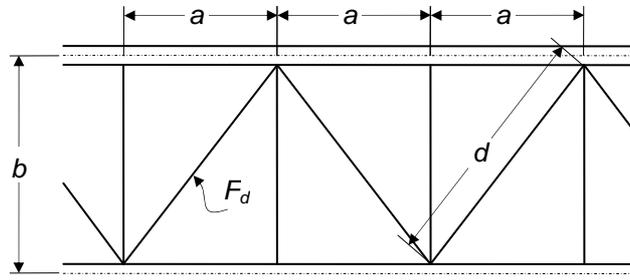
- b_i larghezza piattabanda superiore
- t_i spessore piattabanda superiore
- b_s larghezza piattabande superiori
- t_s spessore piattabande superiori
- h_w altezza anime
- t_w spessore anime

Nell'ambito della modellazione adottata (grigliato a due travi torsiorigide), le proprietà geometrico statiche delle sezioni di impalcato sono determinate con riferimento al cassoncino metallico, composto da una coppia di travi e dalla relativa porzione di soletta collaborante.

L'inerzia trasversale di ciascuna trave è calibrata in modo da restituire l'effettiva inerzia trasversale della travata di impalcato.

La rigidezza torsionale del singolo cassone è stata dedotta calcolando lo fittizio equivalente equivalente alla controventatura inferiore ($t^* = t_{inf}$) in accordo con quanto previsto in *Torsion in Structures* di C.F.Kollbrunner e K. Basler:

$$t^* = E/G \cdot ab / [d^3/F_d + a^3/3 \cdot (1/F_0 + 1/F_u)]$$



F_d è l'area dei profili del controvento torsionale inferiore (2L120x12).

Sulla base dei dati riportati di seguito si è dedotto lo spessore fittizio della controventatura inferiore e la rigidezza torsionale del cassone nelle diverse fasi modellate.

Dati generali comuni a tutto il cassone

h_s	1700	Altezza complessiva parte metallica cassone (per calcolo propr. torsionali)
ec. ctrv. sup	0	distanza asse ctrv. tors. superiore da estradosso (per calcolo propr. torsionali)
Fd inf	5508	Area profili ctrv. tors. inferiore (2L120x12) per calcolo spessore ctrv. Inf.
int. lg	4500	interasse lg trasversi per calcolo spessore ctrv. sup.
t eq. sup.	60	spessore equivalente traliccio superiore per calcolo propr. torsionali
interasse tra	4800	interasse travi celle
h_{cls}	300	Spessore tot. soletta
t_{inf}	1	Spessore anima1
anima f. A	20	Spessore anime esterne 20.00

La tabella seguente riporta il valore della costante di torsione valutata per le varie tipologie di concio, in funzione dello spessore anime e dello spessore del controvento equivalente inferiore. Tutti i valori sono espressi in mm.

Concio	tweb	tinf	kt f.1	kt f.2a	kt f.2b	kt f.2c	kt f.3	kt f.cracked
A	20	1.09	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10
B	18	1.09	5.48E+10	6.49E+10	6.50E+10	6.20E+10	6.68E+10	6.68E+10
C	20	1.09	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10
D	18	1.09	5.48E+10	6.49E+10	6.50E+10	6.20E+10	6.68E+10	6.68E+10
E	16	1.09	5.46E+10	6.45E+10	6.46E+10	6.17E+10	6.65E+10	6.65E+10
F	20	1.09	5.50E+10	6.52E+10	6.53E+10	6.23E+10	6.71E+10	6.71E+10

I trasversi di spalla ed i trasversi tipo, formati da profili a doppio T, sono collegati agli irrigidenti delle travi mediante connessioni bullonate. La distanza tra intradosso trasverso e intradosso travi principali è rispettivamente pari 700 mm e 0 mm per i trasversi di spalla ed i trasversi intermedi. I trasversi reticolari intermedi sono invece composti da doppi L di dimensioni 120x12 per i correnti inferiori e i diagonali, mentre 2L di dimensioni 100x8 sono adottati per i correnti superiori.

La tabella seguente riporta le caratteristiche dei piatti componenti i profili strutturali dei trasversi.

		Traverso pila	Traverso spalla	Traverso oriz.	Traverso diag.
Sezione metallica	h_{tot}	1700	1000	2L=120x12	2L=120x12
	b_{bot}	600	500	2L=100x8	
	t_{bot}	40	30		
	b_{top}	600	500		
	t_{top}	35	30		
	h_{web}	1625	940		
	t_{web}	20	30		

1.9 Sistema di irrigidimento (stiffeners e ribs)

Le caratteristiche dimensionali degli irrigidimenti d'anima vengono predefinite sulla base dei criteri contenuti in EN 1993-1-5, cap. 9.

Le anime delle travi vengono irrigidite mediante un sistema irrigidimenti così composto:

- **Irrigidimenti verticali d'appoggio**

Formati da un piatto 300x25, posto simmetricamente rispetto all'anima

- **Irrigidimenti verticali intermedi**

Formati da un piatto semplice 250x20 mm, disposto lato giunzione con i traversi (la larghezza di tale piatto, per ragioni costruttive potrà eventualmente essere incrementata).

- **Irrigidimenti longitudinali**

È presente un ordine di ribs longitudinali sui traversi posti in corrispondenza delle pile, formato da un piatto semplice 160x16 mm, ordito a distanza pari a 850 mm rispetto all'estradosso della piattabanda superiore.

2. Analisi dei carichi

Nel presente capitolo si riportano i contributi di carico presi in esame fase per fase.

L'analisi dei carichi viene fatta in accordo a quanto previsto dalla norma UNI EN 1990.

2.1 Carichi agenti in fase 1

2.1.1 Pesì propri acciaio (g_{k1})

Il peso dei vari elementi strutturali metallici è stato conteggiato con riferimento ad un peso specifico convenzionale di 78.50 kN/m³.

Il peso complessivo a metro lineare di trave per ciascuna tipologia di concio è risultato:

concio tipo	A (mm ²)	L _{tot} (m)	P _{netto} (kN/m)	P _{lordo} (kN/m)	P _{tot} (kN)	P _{proprio} g _{k1'} (N/m/tr)
Concio A	93'000	26	7.30	9.58	249	9579
Concio B	89'750	26	7.05	9.32	242	9324
Concio C	105'200	52	8.26	10.54	548	10537
Concio D	101'980	196	8.01	10.28	2016	10284
Concio E	105'200	72	8.26	10.54	759	10537
Concio F	101'980	104	8.01	10.28	1070	10284
Traverso PILE	77'500	29	6.08	6.69	193	6692
Traverso SPALLE	58'200	15	4.57	4.80	71	4797
Peso complessivo struttura in acciaio:					totale	5147 kN
					incidenza	221 kg/m²

I valori indicati tengono conto, per le travi principali, del peso della vestizione indicato in tabella:

Per le travi			
Vestizione		kN/m	forf.
1) saldature		0.16	2%
2) piastrame bull.		0.36	5%
3) Irr. An. pr.		0.24	2%
4) Irr. An. sec.		0.00	
5) pioli		0.13	2%
6) Trv. Princ.		0.85	
9) Ctrv. Tors.		0.55	
10) Ctrv. Mont.		0.00	
totale		2.28 kN/m	

Per i traversi in corrispondenza delle elevazioni si è assunto per la vestizione un incremento di peso forfetario pari al 10%, mentre per i traversi di spalle l'incremento assunto è pari al 5%.

I pesi indicati vengono computati automaticamente dal programma ad elementi finiti a partire dalle dimensioni geometriche degli elementi strutturali modellati, tramite applicazione di un opportuno valore di densità equivalente.

2.1.2 Peso proprio soletta (g_{k1'})

Per il contributo del getto in calcestruzzo (spessore 0.2 m), si ha:

$$g_{1,\text{getto}} = 25.0 \times 0.24 = 6.0 \text{ kN/m}^2$$

Per le coppelle prefabbricate, si ha:

$$g_{1,\text{coppelle}} = 25.0 \times 0.06 = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

I contributi di carico dovuti al peso del calcestruzzo della soletta vengono applicati sotto forma di "patch load", come pressioni/mq sulla superficie di competenza della soletta, ed automaticamente ripartiti sulle travi longitudinali.

La massa complessiva dell'impalcato, per effetto dei pesi propri risulta:

$$M(G_{k,\text{acciaio}}) = 514700 \text{ kg}$$

$$M(G_{k,\text{cls}}) = 1749300 \text{ kg}$$

2.2 Carichi agenti in fase 2

2.2.1 Sovraccarichi permanenti (g_{k2})

Si sono considerati i seguenti contributi:

- Manto asfaltatura carreggiata $g_2^I = 3.0 \text{ kN/m}^2$
- Marciapiedi (spessore 0.16 m) $g_2^{II} = 25 \times 0.16 = 4.00 \text{ kN/m}^2$ (*)
- Guardavia $g_2^{IV} = 1.5 \text{ kN/m}$
- Veletta $g_2^{IV} = 0.5 \text{ kN/m}$

(*) I carichi, linearmente distribuiti, dovuti a barriere e veletta vengono per semplicità implementati come carico uniformemente distribuito con riferimento alle seguenti larghezze di distribuzione:

marciapiede sinistro: 0.70 m

marciapiede destro: 0.70 m

Anche in questo caso, tutti i contributi vengono implementati nel modello E.F. come patch load, insistente sulle rispettive aree di competenza (piano viabile e marciapiedi).

La massa complessiva dovuta ai sovraccarichi permanenti risulta:

$$M(G_k) = 902496 \text{ kg}$$

2.2.2 Reologia calcestruzzo ($g_{sh,k}$)

Gli effetti dovuti alle reologia del calcestruzzo (ritiro, viscosità) hanno influenza unicamente sul quadro tensionale dei traversi.

Il calcolo delle deformazioni conseguenti alla viscosità e al ritiro viene effettuato in accordo ai criteri presentati nell'Appendice B della norma UNI EN 1992-1-1.

Viscosità

Le deformazioni viscosive subite dalla soletta per effetto dei carichi di tipo permanente generano all'interno della sezione una redistribuzione delle tensioni con generale migrazione delle tensioni dal calcestruzzo all'acciaio e conseguente nascita, sulle strutture iperstatiche, di sollecitazioni "parassite". Come d'uso, si terrà conto di tale redistribuzione, eseguendo l'analisi della struttura sotto l'effetto dei carichi di lunga durata (fase 2a-b) tenendo conto di un modulo elastico ridotto della soletta.

Di seguito si riporta il calcolo della deformazione finale da ritiro e il calcolo dei coefficienti di viscosità valutati con l'aiuto di un foglio elettronico con riferimento ai carichi di fase 2, ossia permanenti, cedimenti e ritiro.

Soletta impalcato adibito al traffico veicolare:**Dati soletta cls per valutazione effetti ritiro/viscosità**

t	300 mm	- Spessore complessivo soletta
tcalc	240 mm	- spessore per calcolo az. ritiro (escl. coppella)
b	9'800 mm	Larghezza reale soletta
Ac	2940000 mm ²	- Area per calcolo spessore eq
u	11800 mm	- Perimetro di calcolo (intradosso+laterali+marciapiedi)
ho	498.31 mm	- Spessore fittizio

Dati e parametri per valutazione ritiro	
h_o	498.31 mm
t_s	2
α_{ds1}	4 cemento tipo N
α_{ds2}	0.12 cemento tipo N
β_{RH}	0.7564 (1992-1-1- B.12)
$\varepsilon_{cd}(0)$	2.533E-04 ε_{sh} essiccamento (EN1992-1-1 B.11)
$\varepsilon_{ca}(\infty)$	6.250E-05 ε_{sh} autogeno (EN1992-1-1 - 3.11)
k_h	0.70 EN 1992-1-1 - prospett 3.3
$\varepsilon_{cs}(\infty)$	-2.369E-04

Azione compl. da ritiro

Nr (kN)	-7670.30	Azione complessiva gravante sull'intera soletta
nr	-782.68	Azione unitaria (per metro in trasversale della soletta)

Valutazione coefficienti di viscosità (annex B EN 1992-1-1)

α_1	0.866			B.8c
α_2	0.960			B.8c
α_3	0.902			B.8c
α	0			B.9
$\beta(f_{cm})$	2.56			B.4
β_h	1331.49			B.8a / B.8b
φ_{RH}	1.169			B.3a / B.3b
	t_{01}	t_{02}	t_{03}	
t_{0i}	30	1	50	
$t_{0i,mod}$	30	1	50	B.5
$\beta(t_0)$	0.482	0.909	0.437	B.2
φ_0	1.444	2.723	1.310	B.2
$\varphi(t_0, t_\infty)$	1.422	2.682	1.290	B.1

Il calcolo e l'applicazione degli effetti primari del ritiro (azione assiale e momento flettente su sezione composta) viene effettuato in automatico dal programma di calcolo PontiEC4 in fase di verifica sezione; il calcolo degli effetti secondari da ritiro (dovuti all'iperstaticità della struttura) viene effettuato applicando sui traversi il sistema di variazioni termiche equivalenti di seguito riportato in tabella.

Valutazione azioni termiche equivalenti al ritiro

concio tipo	Δ cls/omog [mm]	η (b_{eff}/b) [-]	Nr [kN]	A [mm ²]	J [mm ⁴]	ϵ_{runif} [-]	ϵ_{rgrad} [-]	Δt_{uni} [°C]	Δt_{grad} [°C]
Concio A	589.3	0.93	-3563	178933	1.05E+11	-8.8E-05	-8.8E-05	-7.3	-7.4
Concio B	560.4	1.00	-3835	182242	1.06E+11	-1.0E-04	-9.6E-05	-8.4	-8.0
Concio C	585.4	0.97	-3705	209417	1.26E+11	-8.1E-05	-7.9E-05	-6.8	-6.6
Concio D	612.2	1.00	-3835	194472	1.20E+11	-9.4E-05	-9.3E-05	-7.8	-7.7
Concio E	605.2	1.00	-3835	191252	1.19E+11	-9.5E-05	-9.3E-05	-8.0	-7.7
Concio F	613.1	1.00	-3835	228686	1.41E+11	-8.0E-05	-7.9E-05	-6.7	-6.6

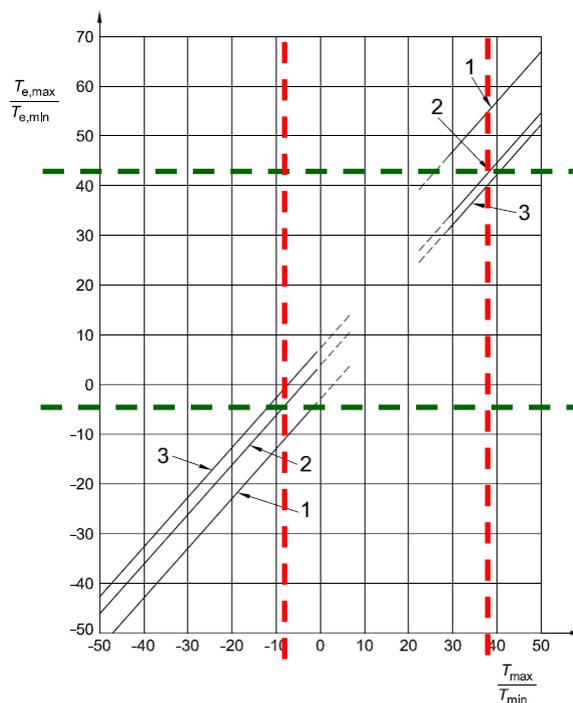
2.3 Carichi agenti in fase 3

2.3.1 Variazioni termiche (T_k)

Si fa riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-5/NTC-08, cap. 3.5, unitamente all'annesso nazionale, sia per quanto riguarda il calcolo del range di temperatura, sia per quanto riguarda l'approccio di calcolo.

2.3.1.1 Variazioni termiche uniformi (Δt_N)

Per l'Italia, il "range" di temperatura dell'aria è definito dai seguenti valori (NTC-08 cap. 3.5 – EN 1991-1-5+N.A.D.):



$$T_{\min} = -9 \text{ °C}$$

$$T_{\max} = +39 \text{ °C}$$

Per strutture da ponte di gruppo 2 (EN 1991-1-5, 6.1.1.), la temperatura della struttura risulta pertanto:

$$T_{e,\min} = -5 \text{ °C}$$

$$T_{e,\max} = +44 \text{ °C}$$

Fissando T_0 a 15.0 °C (N.A.D.), si ottiene l'escursione termica effettiva subita dall'impalcato:

$$q_{TN,cool} = -20 \text{ °C}$$

$$q_{TN,heat} = +29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

a cui corrisponde complessivamente un'escursione pari a:

$$\Delta T_N = 49.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2.3.1.2 Variazioni termiche lineari (Δt_M)

Relativamente alle metodologie proposte in EN 1991-1-5, cap. 6.1.4, si adotta l'approccio 1 (cfr. cap. 6.1.4.1.) confermato dal N.A.D., che prevede l'applicazione di un gradiente equivalente di temperatura.

Per ponti di gruppo 2 (composite deck), i valori caratteristici delle variazioni lineari di temperatura (gradiente tra intradosso ed estradosso) risultano:

$$q_{TM,heat} = 15.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u caldo dell'intradosso}$$

$$q_{TM,cool} = -18.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u freddo dell'intradosso}$$

A valle dell'applicazione di k_{sur} ($t = 100.0 \text{ mm}$), si ha pertanto:

$$q_{TM,heat} = 15.0/1.7 = 8.8 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u caldo dell'intradosso}$$

$$q_{TM,cool} = -18.0/1.7 = -10.59 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u freddo dell'intradosso}$$

2.3.1.3 Combinazione degli effetti uniformi e lineari

Con riferimento a EN 1991-1-5 6.1.5(1), la combinazione degli effetti uniformi con i lineari verr\`a effettuata nel seguente modo:

$$C1: \quad q_{TM} + 0.35 q_{TN}$$

$$C2: \quad 0.75 q_{TM} + q_{TN}$$

2.3.2 Carichi mobili (Q_k)

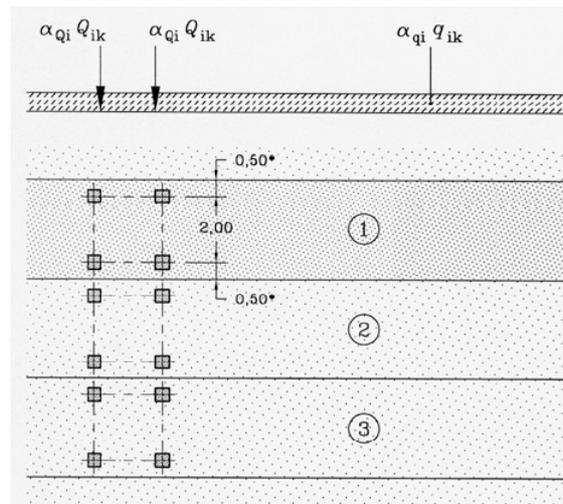
2.3.2.1 Azioni da carico veicolare

I carichi da traffico transitanti sui ponti sono definiti nella norma UNI EN 1991-2. Si fa riferimento in particolare ai ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata presenta larghezza utile pari a 8.4 m, ed \`e in grado quindi di ospitare un minimo di 2 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m ed una remaining area di larghezza pari a 2.4 m.

Modelli di carico per S.L. esercizio

Per le verifiche globali dell'impalcato si ricorre al Modello di carico 1 (LM1), mostrato in figura, composto da due sistemi accoppiati: un tandem system (TS) formato da un veicolo a due assi, avente ciascuno un peso pari a Q_{ik} , e un carico uniformemente distribuito (UDL system), avente un peso per unit\`a di superficie pari a q_{ik} . In funzione del numero di corsie di volta in volta caricate, i valori di Q_{ik} e q_{ik} sono quelli riportati in tabella.



Location	Tandem system <i>TS</i>	<i>UDL</i> system
	Axle loads Q_{ik} (kN)	q_{ik} (or q_{ik}) (kN/m ²)
Lane Number 1	300	9
Lane Number 2	200	2,5
Lane Number 3	100	2,5
Other lanes	0	2,5
Remaining area (q_{ik})	0	2,5

Ai fini della massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni per carico mobile, si predispongono specifici patterns di carico, corrispondenti a vari schemi organizzazione trasversale delle corsie, che vengono fatti “muovere” longitudinalmente lungo l’impalcato. In questo modo è possibile ottenere la massimizzazione/minimizzazione di tutte le caratteristiche di sollecitazione sui vari elementi strutturali.

In particolare, si predispongono i seguenti patterns:

Pattern TS

TS: formato dai 2 veicoli (TS1, TS2) affiancati, con veicolo TS1 posto lato bordo.

Pattern UDL

Si considera in questo caso un pattern di carico distribuito, di lunghezza pari a 2 m, viaggiante sulla traiettoria di carico. La massimizzazione/minimizzazione viene ottenuta combinando i soli pattern in grado di fornire un effetto di volta in volta sfavorevole.

Il pattern UDL elementare è formato da:

1 una stesa da 9 kN/m², larga 3 m, disposta lato bordo esterno.

n. 1 una stesa da 2.5 kN/m², larga 3 m

n. 1 una stesa da 2.5 kN/m², larga 2.4 m

In via preliminare, si considera la simultaneità di tutte le corsie di carico, nell’ambito di due condizioni principali, caratterizzate rispettivamente da massima eccentricità della corsia 1, rispettivamente in sinistra e in destra.

Le eccentricità considerate per dette stese, rispetto all’asse soletta, sono le seguenti:

corsia 1 (TS1 e UDL1): 2.70 m / -2.70 m

corsia 2 (TS2 e UDL2): -0.3 m / -0.3 m

remaining (UDL) -3.0 m / 3.0 m

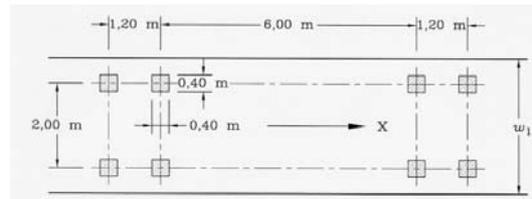
N.B.: Il patch load risultante agisce solamente sul piano viabile e pertanto la parte eccedente non viene conteggiata.

Modelli di carico per verifica a fatica

Le verifiche a fatica vengono effettuate con riferimento al metodo dei coefficienti λ , approccio "safe life", considerando quale modello di carico base il veicolo FLM3 previsto da EN 1991-2, cap. 4.6.4.

Il veicolo a 4 assi da 120 kN, viene fatto viaggiare in asse alla carreggiata effettiva, alternativamente nelle due direzioni di marcia, incrementando la posizione longitudinale di 1 m.

Di seguito si riporta la configurazione in pianta e la disposizione trasversale del veicolo FLM3.



Si considerano trasversalmente due posizioni di carico, afferenti alle due traiettorie individuate, lungo cui viene fatto viaggiare il veicolo FLM3. In ambedue i casi il veicolo viaggia al centro della corsia "reale", avente asse posizionato a distanza $b = 2.7$ m rispetto all'asse della soletta rispettivamente a destra e a sinistra.

Pertanto, l'eccentricità della linea di transito del FLM3 risulta pari a:

$$e = 2.7 / -2.7 \text{ m}$$

Il $\Delta\sigma$ di progetto viene dedotto involupando separatamente i risultati del transito sulle due traiettorie.

2.3.2.2 Azioni associate ai carichi mobili

Di seguito si riportano le azioni che, associate ai carichi veicolari, concorrono a formare l'azione multicomponente di carico mobile.

Frenatura (Q_{fk})

La forza di frenatura, valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-2, è data da un'azione longitudinale funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1. La sua intensità è pari a:

$$Q_{fk} = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L \quad 180 \leq Q_{fk} \leq 900 \text{ kN}$$

con:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$w_1 = 3.0 \text{ m}$$

$$L = 238 \text{ m} \quad \text{lunghezza totale}$$

Si ha pertanto

$$Q_{fk} = \min (0.6 \times (2 \times 300) + 0.10 \times 9 \times 3 \times 238; 900) = 900 \text{ kN}$$

L'azione viene uniformemente ripartita sulle 2 travi, con intensità per metro lineare pari a: $q_{fk} = 1891 \text{ N/m}$

Forza centrifuga (Q_{fk})

Nei ponti con asse curvo di raggio R, la forza centrifuga, applicata a livello della pavimentazione e agente in direzione normale all'asse del ponte, corrispondente ad ogni colonna di carico è valutata come indicato nelle NTC'08 §5.1.3.6:

$$Q_{fk} = 0.2 \cdot Q_v \quad \text{se } R < 200\text{m}$$

$$Q_{fk} = 40 \cdot Q_v / R \quad \text{se } 200\text{m} \leq R < 1500\text{m}$$

$$Q_{fk} = 0 \quad \text{se } R \geq 1500\text{m}$$

dove:

$$Q_v = \sum_i 2 \cdot Q_{ik}$$

Per la rampa in esame si ha pertanto:

$$n^\circ \text{ travi} = 2$$

$$n^\circ \text{ corsie} = 2$$

$$Q_v = \sum_i 2 \cdot Q_{ik} = 2 \cdot (300 + 200) = 1000 \text{ kN}$$

L'azione centrifuga viene uniformemente ripartita sulle 2 travi, con intensità per metro lineare pari riportata in tabella.

Luce campata [m]	Raggio campata [m]	Az base(N/m)/trave
26	72	3846
30	100	3333
40	83	2500
40	69	2500
40	68	2500
40	69	2500
22	92	4545

2.3.2.3 Gruppi di azioni da traffico

Le azioni da traffico vengono definite, in base a quanto specificato nella norma EN 1991-2 al paragrafo 4.5, come azioni multi-componenti che combinano tra loro i singoli carichi agenti sulla carreggiata, ed in particolare i modelli di carico mobile (LM1 e LM2), il carico da folla sui marciapiedi, l'azione di frenatura e la forza centrifuga.

Nel presente caso, i gruppi di azioni da traffico presi in esame risultano quelli indicati nella seguente tabella.

	LM1	LM2	LM4	Frenatura	Forza centrifuga
Gruppo 1a	Val. caratt.				
Gruppo 1b		Val. caratt.			
Gruppo 2a	Val. frequente			Val. caratt.	
Gruppo 2b	Val. frequente				Val. caratt.
Gruppo 3			Val. caratt.		

In particolare i valori dei coefficienti di combinazione adottati per il modello LM1 sono i seguenti:

LM1	ψ_0	ψ_1
TS	0.75	0.75
UDL	0.40	0.40

mentre quelli relativi al modello LM2 e al carico da folla LM4 risultano i seguenti:

	ψ_0	ψ_1
LM2	0.00	0.75
LM4	0.00	0.75

2.3.3 Azione del vento (F_w)

L'azione del vento viene valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-1-4 e all'Annesso Nazionale.

Al fini del calcolo dell'azione del vento, si considerano i seguenti parametri di base:

Categoria sito: II

Zona: 7

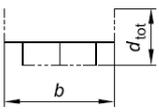
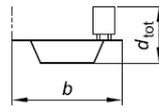
Le caratteristiche della struttura riportano quanto segue:

$b_{imp} = 9.8 \text{ m}$ (larghezza media)

$d_{carico} = 5.16 \text{ m}$ altezza sagoma impalcato carico

Per semplicità il calcolo dell'azione del vento verrà effettuato sempre con riferimento all'impalcato carico.

La tabella seguente riporta il calcolo della pressione del vento (si adottano le medesime notazioni previste dalla EN).

Calcolo azioni del vento su impalcati da ponte secondo EN 1991-1-4 + NAD		
	Calcolo parametri di base	Caratteristiche impalcato
Categoria sito	II III-III-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	b_{imp} 9.8 m (cfr. figura)
Zona	7 UNI EN 1991-1-4	z 10 m quota baricentro struttura da p.c.
a_s	100 m - quota sito	d_{sagoma} 3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
ψ_{b0}	28 4.1.(1) P	$d_{scarico}$ 2.16 (m) d_{ref} . A ponte scarico (cfr. figura)
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d_{carico} 5.16 (m) d_{ref} a ponte carico (cfr. figura)
k_s	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	ψ_0 0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
ψ_{b0}	28 4.1.(1) P	$C_{tx \text{ scarico}}$ 1.30 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
ψ_b	31.5 velocità di base del vento	$C_{tx \text{ carico}}$ 1.88
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	$b/d_{scarico}$ 4.54
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	b/d_{carico} 1.90
C_r	1.01 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	$f_{w \text{ scarico}}$ 1900 (N/m ²) pressione specifica nominale
C_{scd}	1.00 fattore di struttura	$f_{w \text{ carico}}$ 2745
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)	F_w^* 1637 (N/m ²) pressione specifica nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3	$F_{w \text{ scarico}}$ 4105 (N/m) Risultante a ponte scarico, caratteristico
T_r	200 periodo di ritorno	$F_{w \text{ carico}}$ 14164 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
k_f	0.14	$\min(\psi_0 F_w; F_w^*)$ 8446 (N/m) Ris. a ponte scarico, valore di combinazione ($\min \psi_0 F_w; F_w^*$)
n	1	L'altezza della sagoma in transito non sarebbe a rigore oggetto di decisione nazionale
α_r	1.13	Esempi di calcolo di d_{tot} per impalcato con barriera e con sagoma stradale
z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2	EN 1991-1-4 - figura 8.3
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1	
z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2	
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2	
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)	
$V_m(z)$	31.7 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)	
σ_v	5.99 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)	
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)	
$I_v(z)$	0.19 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)	
$C_e(z)$	2.35 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione	
$q_p(z)$	1461.91 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)	
v_b^*	28.38 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD	
$v_m^*(z)$	28.57 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)	
$I_v^*(z)$	0.21 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)	
$C_e^*(z)$	2.50 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione	
$q_p^*(z)$	1259.03 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)	

Ai fini dell'implementazione nel modello E.F., l'azione orizzontale di 14164 N/m viene ripartita sulle uniformemente sulle travi. Per le elevazioni si condirera invece un'altezza di riferimento di 8m e una larghezza di impatto dell'azione da vento di 1.5m.

Calcolo azioni del vento su pile prismatiche EN 1991-1-4 + NAD	
Calcolo parametri di base	Caratteristiche sezione
Categoria sito	II III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	7 UNI EN 1991-1-4
a_s	100 m - quota sito
v_{b0}	28 4.1.(1) P
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	28 4.1.(1) P
v_b	31.5 velocità di base del vento
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
C_r	1.19 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
$C_r(0)$	0.83 Coeff. Rugosità terreno, q_0 (EN 1991-1-4 §4.3.2)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	200 periodo di ritorno
k_1	0.14
n	1
α_r	1.13
z_0	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	4.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.19 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$V_m(z)$	37.6 Velocità media del vento quota z max
$V_m(0)$	26.3 Velocità media del vento quota p.c.
σ_v	5.99 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$I_v(z)$	0.16
$I_v(0)$	0.23
$C_e(z)$	3.0057
$q_p(z)$	1867.96
$q_p(0)$	1119.00
b	1.5 m (cfr. figura)
d	26.5 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
r	0.75 raggio smusso (m)
z_{max}	26.5 m quota testa pila
d/b	17.667
l/b	17.67
r/b	0.5000
λ	70.00 snellezza effettiva EN 1991-1-4 cap. 7.13(2) prosp. 7.16 caso 4
$C_{f,0}$	0.90 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.23
ψ_f	0.50 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.24
Ψ_λ	1.00 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.36
C_f	0.45 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) (7.9)
$f_{w,0}$	503.55
$f_{w,(zmax)}$	840.58
EN 1991-1-4 figura 7.24	

2.3.4 Attrito appoggi (Q_{frict})

Data la tipologia di appoggi, il contributo di tale azione non è pertinente.

2.3.5 Azione sismica (E_d)

La caratterizzazione dell'azione sismica dell'opera in esame viene effettuata ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 e relative istruzioni. In particolare si fa riferimento ai seguenti parametri legati all'opera in sé:

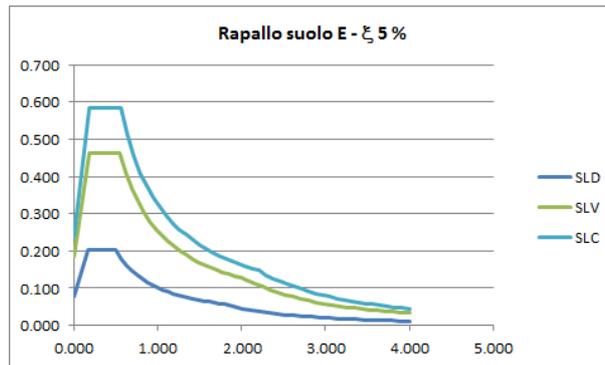
- o Vita utile dell'opera 50 anni
- o Classe d'uso IV $C_u = 2.0$
- o Vita di riferimento 100 anni

I parametri legati al sito e alle caratteristiche del terreno risultano i seguenti:

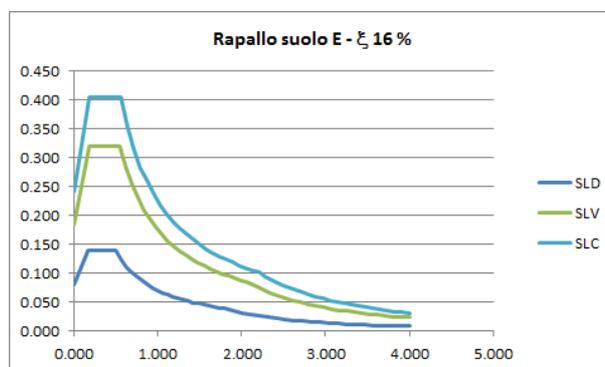
- o Comune: Rapallo (GE)
- o Categoria di sottosuolo: E
- o Condizione topografica: T1

Per la definizione dello spettro elastico di progetto si adotta la procedura di calcolo "Spettri-NTCver.1.0.3.xlsx" messo a punto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le figure seguenti riportano gli spettri orizzontali di base, rispettivamente per le diverse per dei vari S.L. (SLD, SLV, SLC).



L'utilizzo di isolatori elastomerici per vincolare l'opera alle sottostrutture, fanno sì che la dinamica sia essenzialmente dominata da questi dispositivi. Appare pertanto lecito riferirsi, nel prosieguo, agli spettri di progetto estratti sulla base dello smorzamento degli isolatori stessi, di seguito riportati.



I parametri identificativi degli spettri di progetto sono i seguenti.

	SLD	SLV	SLC
ag	0.050	0.116	0.151
F0	2.535	2.492	2.417
Tc	0.253	0.291	0.298
Ss	1.600	1.600	1.598
Cc	1.994	1.883	1.867
St	1.000	1.000	1.000
q	1.449	1.449	1.449
S	1.600	1.600	1.598
eta	0.690	0.690	0.690
Tb	0.168	0.183	0.185
Tc	0.504	0.549	0.556
Td	1.799	2.063	2.205

2.4 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico vengono elaborate con riferimento a:

- EN 1990 tab. A.2.4.B + N.A.D./NTC-08, tab. 5.1.V per i coefficienti moltiplicativi
- EN 1990 tab. A.2.1+N.A.D./NTC-08 tab. 5.1.VI per i coefficienti di combinazione

Per la formulazione generale delle combinazioni di carico si rimanda a EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4/NTC-08 cap. 2.5.3.+ N.A.D..

Per il particolare tipo di struttura, le azioni variabili dominanti di interesse sono le seguenti:

- carichi mobili Q_k (gruppo 1 e 2) per impalcato, sottostrutture ed apparecchiature di appoggio.
- azione del vento F_{wk} limitatamente alle sottostrutture ed apparecchiature di appoggio.

Esse verranno considerate di volta in volta dominanti, nell'elaborazione delle combinazioni S.L.U., S.L.E. caratteristica e S.L.E. frequente.

Di seguito si riepilogano le combinazioni di carico utilizzate nelle verifiche.

S.L.U. - STR

Si considera, nell'ambito dello S.L.U. (STR) l'inviluppo le seguenti combinazioni.

S.L.U. - Q_k dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} Q_{frict,k} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,1} Q_{k,gr1/2} + \gamma_{q,2} 0.6 T_k + \gamma_{q,3} 0.6 F_{w,k}$$

(*) Per $Q_{k,gr1/2}$ si intende l'inviluppo delle sollecitazioni, elaborato sulla base dei carichi di gruppo 1 e 2

S.L.U. - F_{wk} dominante

$$E_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} Q_{frict,k} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,3} F_{wk} + \gamma_{q,1} (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + \gamma_{q,2} 0.6 T_{,k}$$

I parametri di scelta nazionale indicati dal N.A.D. sono i seguenti:

γ_{G1}	1.35 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio
γ_{G2}	1.35 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente
γ_{G3}	1.5 - -1.5	coefficiente moltiplicativo per le azioni di attrito
γ_{shLT}	1.2 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro
$\gamma_{sett.}$	0 - 1.2	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari
γ_{Q1}	1.35 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
γ_{Q2}	1.2	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
γ_{Q3}	1.5	coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

S.L.U. - GEO

Ai soli fini delle verifiche geotecniche, si considerano le medesime combinazioni viste per lo S.L.U. – STR, impiegando i seguenti coefficienti di combinazione:

γ_{G1}	1 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio e di pretensione stralli
γ_{G2}	1 - 1	coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso permanente
γ_{G3}	1 - -1	coefficiente moltiplicativo per le azioni di attrito
γ_{shLT}	1 - 1	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro, nell'analisi long term
γ_{shST}	0	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute al ritiro, nell'analisi short term
$\gamma_{sett.}$	0 - 1	coefficiente moltiplicativo per le azioni dovute ai cedimenti vincolari
γ_{Q1}	1.15 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi da traffico.
γ_{Q2}	1.0 - 0	coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.
γ_{Q3}	1.3	coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

S.L.E. – fondamentale

Si considera l'inviluppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. fond. - Q_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + Q_{k,gr1/2} + 0.6 T_k + 0.6 F_{w,k}$$

S.L.E. fond. - T_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + T_k + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.6 F_{w,k}$$

S.L.E. fond. - F_{wk} dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + F_{wk} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.6 T_k$$

S.L.E. - frequente

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni.

S.L.E. freq. - Q_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) + 0.5 T_k$$

S.L.E. freq. - F_{wk} dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.2 F_{wk} + 0.5 T_k$$

S.L.E. - quasi permanente

Si considera la seguente combinazione.

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k$$

S.L.U. - fatica

L'approccio scelto per le verifiche a fatica è quello relativo alla "vita illimitata", per i cui criteri di base si rimanda alle Istruzioni NTC-08 cap. C.4.2.4.1.4.6.1..(EN 1991-1-9 cap. 3(1)/(7)b)

Per la modellazione della parte ciclica dei carichi si adotta il modello di carico per fatica n.3 (FLM3), unitamente al metodo dei coefficienti λ , i cui criteri generali sono contenuti in EN1993-1-8 cap. 6.3/EN1993-2 cap. 9.5.2 (istr. NTC-08 C.4.2.4.1.4.6.3).

L'elaborazione della combinazione di verifica a fatica viene effettuata con riferimento a quanto previsto in EN 1992-1-1 6.8.3(1), sovrapponendo le sollecitazioni indotte dalla parte ciclica dei carichi a quello indotto dalla parte non ciclica. Relativamente alla parte non ciclica, si fa riferimento alla combinazione S.L.E. frequente, in cui i carichi variabili sono costituiti dai contributi non dominanti significativi (T_k , F_{wk}), mentre la parte ciclica è costituita dalle sollecitazioni indotte dal transito del veicolo FLM3, alternativamente sulle corsie lente predisposte sul piano viabile.

Pertanto, l'ampiezza del Δ di tensione viene valutata sulla base di:

$$\Sigma G_{k,j} + G_{kp} \gamma_{sett.} G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k + 0.2 F_{wk} + Q_{fat(FLM3)}$$

Si evidenzia che, come necessario, si terrà conto, nell'ambito del calcolo del massimo/minimo effetto, dell'eventuale cambio di "stato" (cracked/uncracked) della soletta.

S.L.U. - sismica

Ai fini delle verifiche in fase sismica, si considera la combinazione derivata dalla somma degli effetti della S.L.E. quasi permanente e delle azioni, ovvero:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k + E_d$$

E_d rappresenta l'effetto sismico, in questo caso, valutato sulla base di una semplice analisi statica equivalente.

Tutte le combinazioni ed involuipi indicati vengono effettuati in automatico dal sistema ad elementi finiti Lusas, che provvede inoltre a selezionare, nell'ambito dei coefficienti di combinazione quello di volta in volta più gravoso.

3. Analisi strutturale

3.1 Analisi statica globale

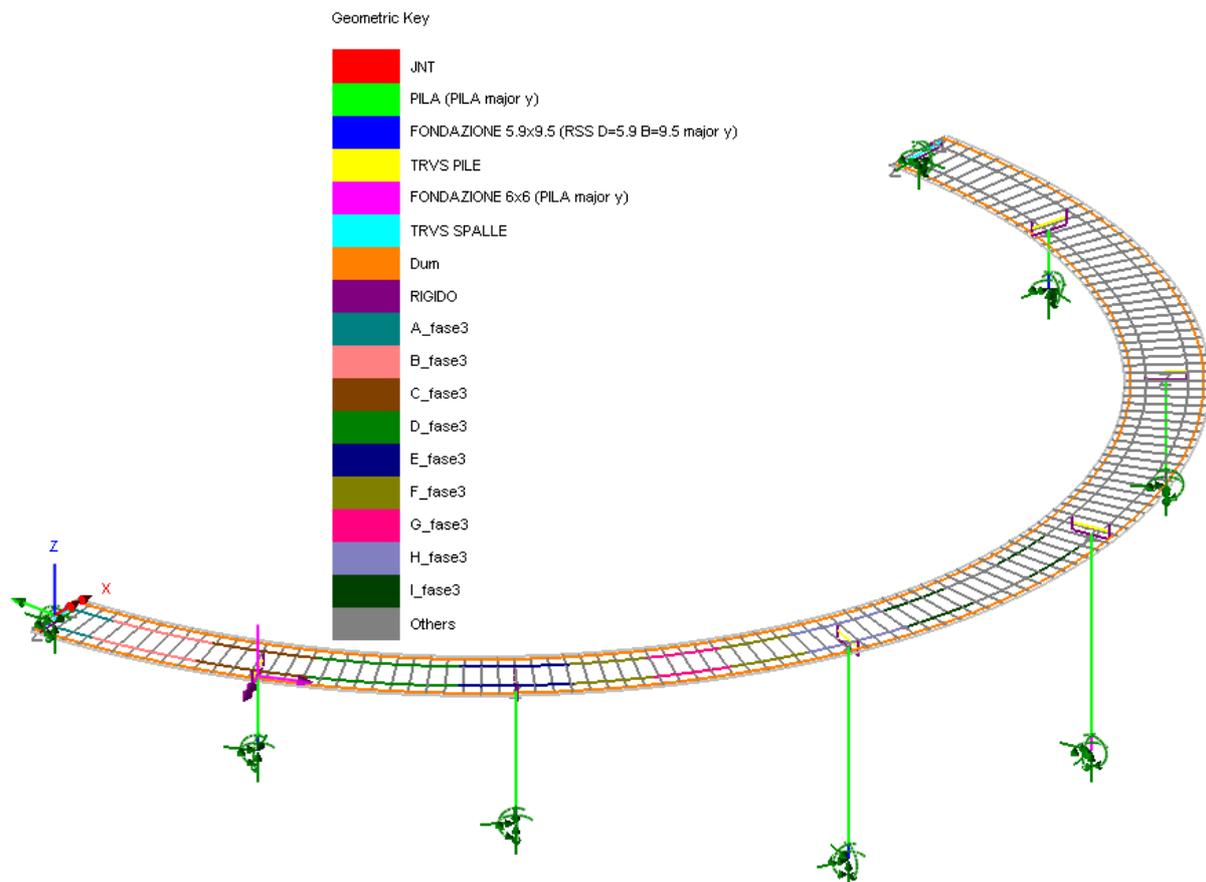
La modellazione E.F. si basa sulla risoluzione di un semplice grigliato di travi e traversi; trasversalmente il collegamento fra le travi avviene per mezzo di elementi rigidi. Grazie a questi elementi l'azione torcente letta in corrispondenza delle travi dx e sx risulta essere la stessa.

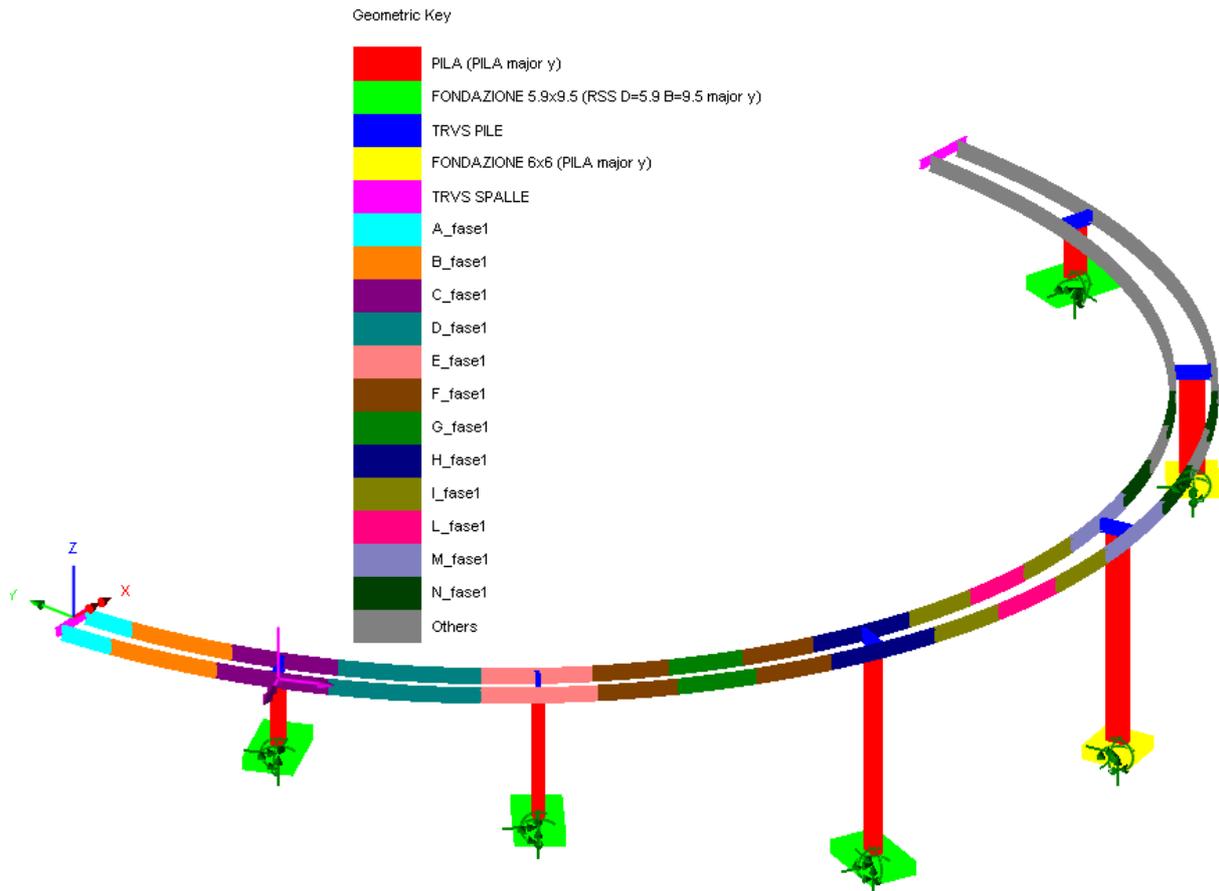
Il piano nodale viene assunto convenzionalmente coincidente con l'estradosso delle travi metalliche principali. La formulazione degli elementi finiti consente di tenere conto implicitamente dell'offset delle effettive linee d'asse di tutti gli elementi strutturali. L'eccentricità del piano nodale rispetto al piano appoggi viene restituita attraverso elementi rigidi di opportuna lunghezza.

Il medesimo modello, previa opportuna implementazione delle rispettive caratteristiche geometriche, viene impiegato per l'analisi di tutte le fasi.

La discretizzazione prevede elementi tipo "beam" lineari a due nodi, di lunghezza massima pari a 2 m.

Di seguito si riporta il modello ad elementi finiti, in forma schematica e renderizzata (soletta non presente).



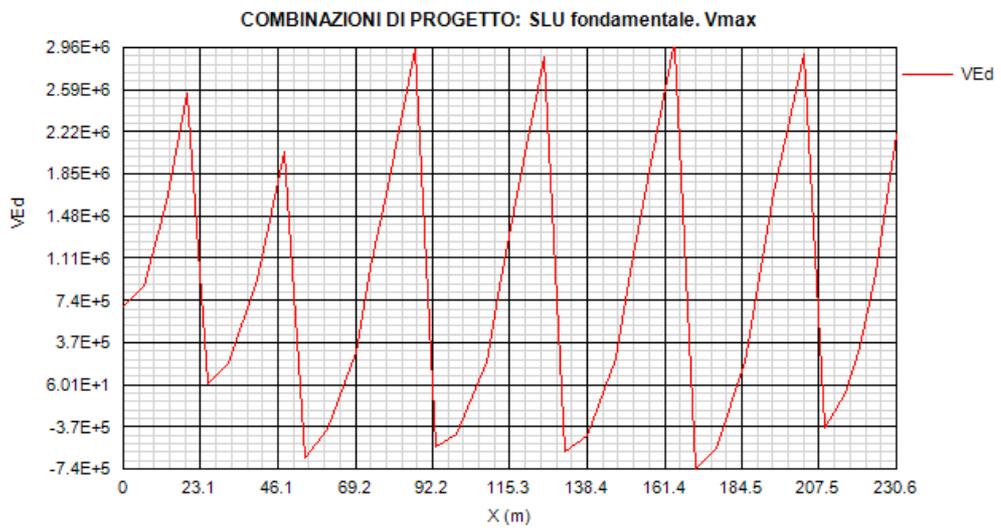
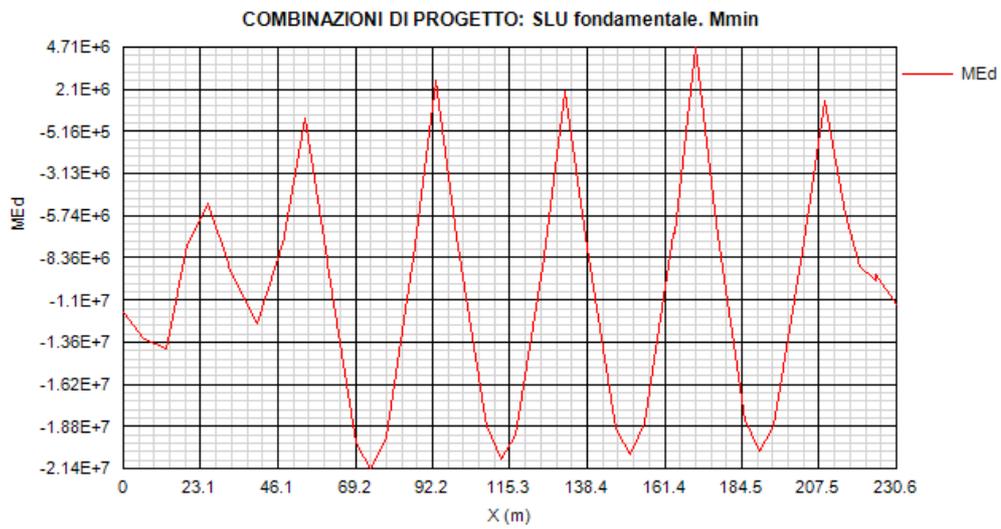
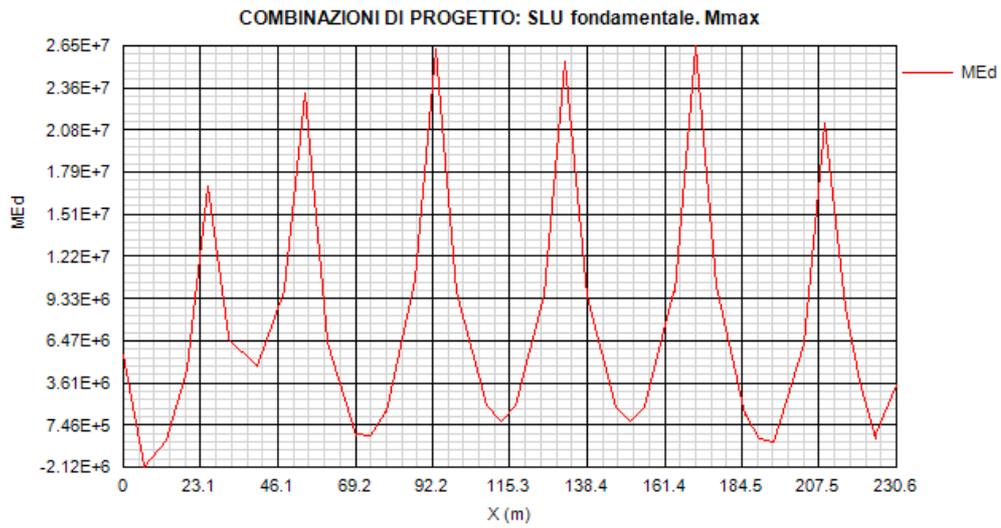


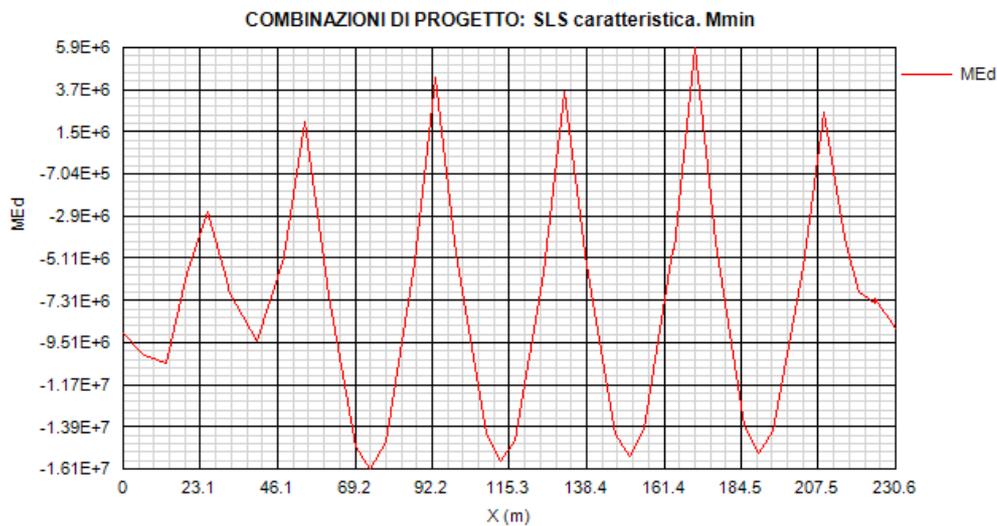
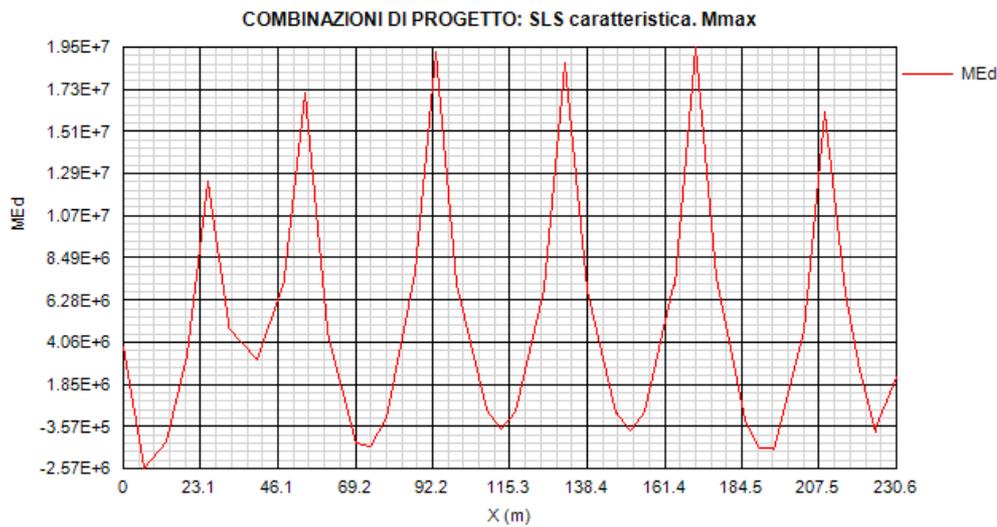
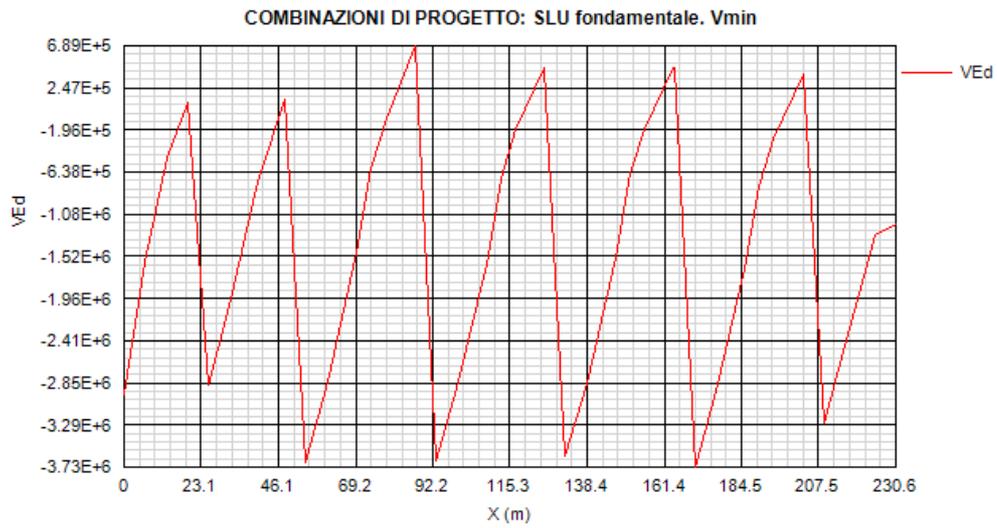
3.1.1 Risultati salienti

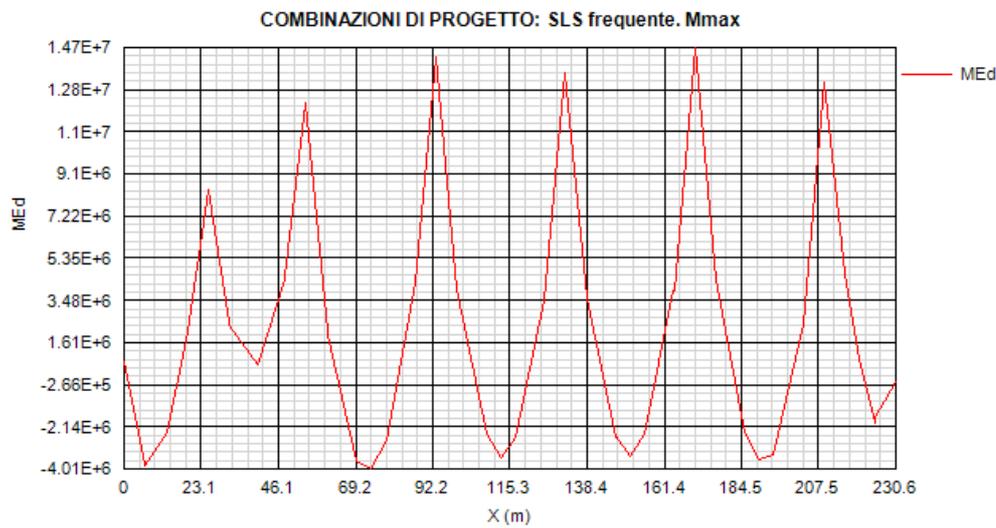
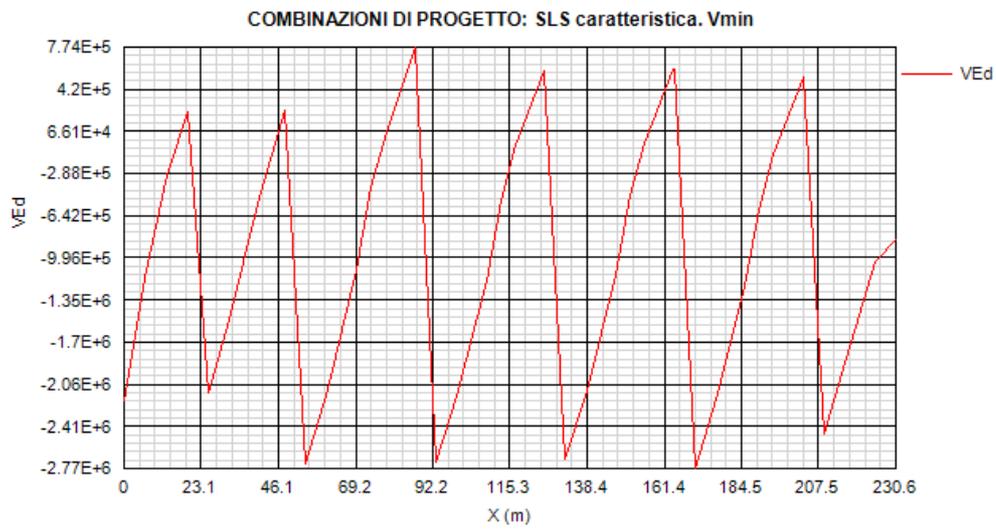
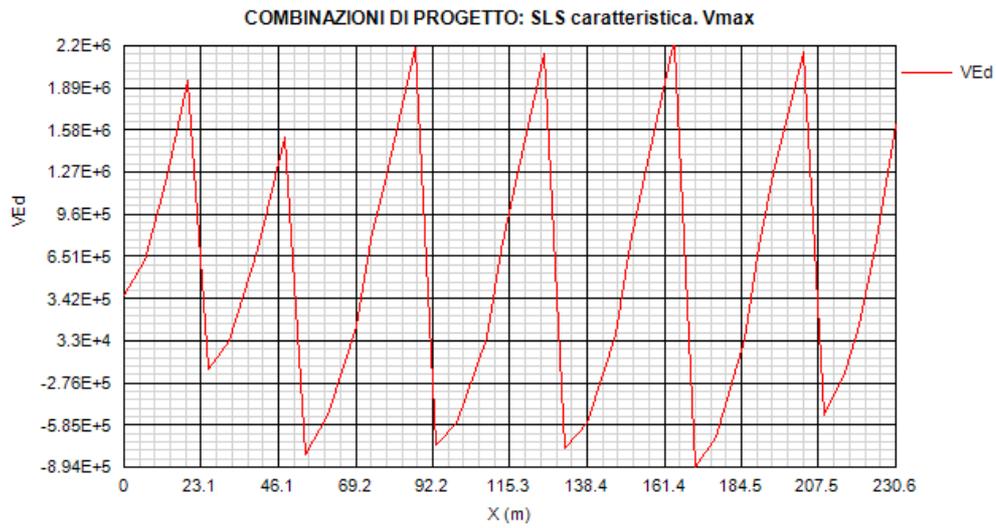
Di seguito si riportano i principali diagrammi di azione interna rilevati sulle travi e risp. sui traversi a valle delle combinazioni per max/min M e max/min V nei vari S.L. considerati. I diagrammi vengono estratti direttamente dal programma PontiEC4, nel quale vengono direttamente implementati i risultati dell'analisi E.F. ed i rispettivi valori sono espressi in N e Nm.

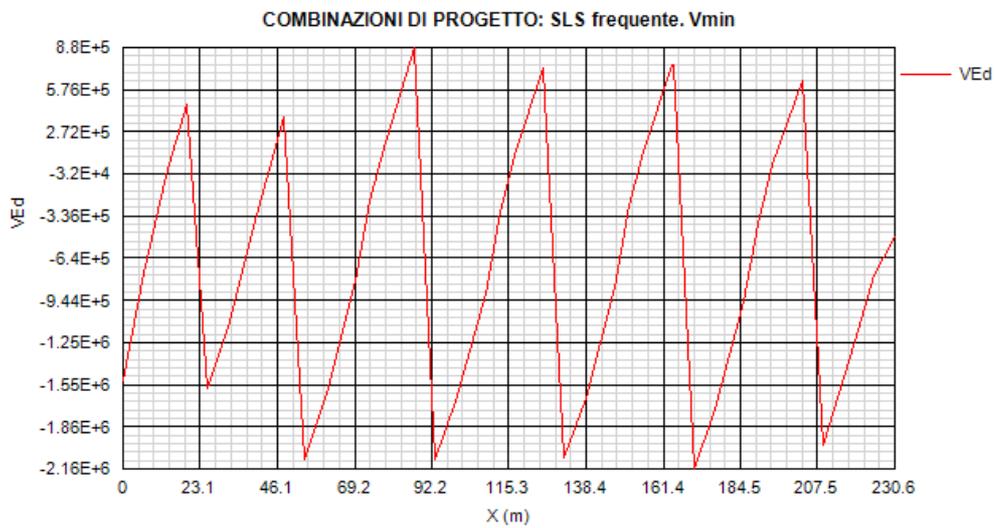
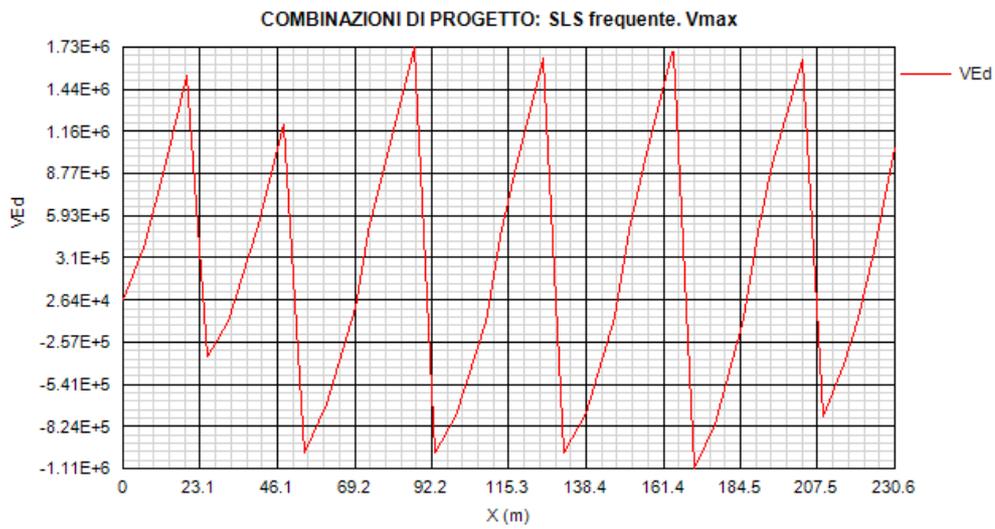
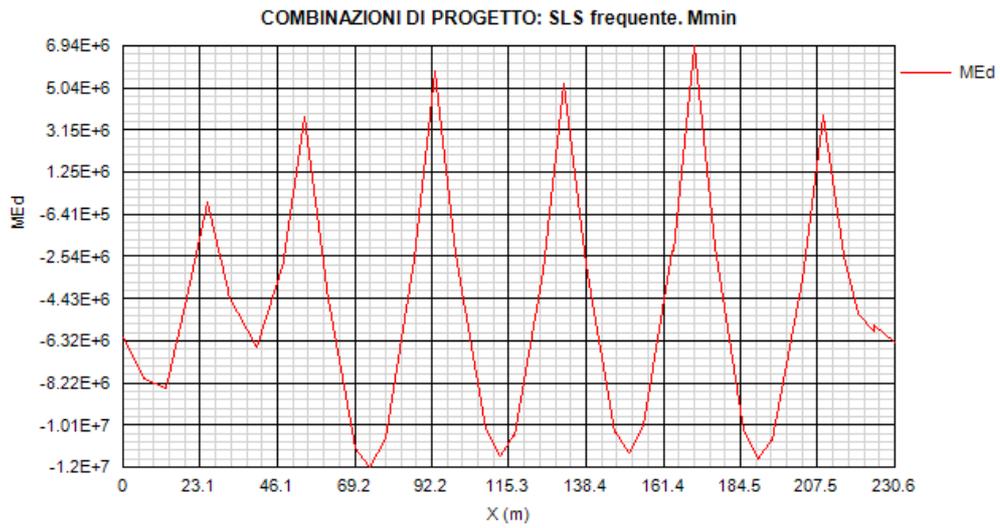
3.1.1.1 Quadro tensionale nelle travi principali

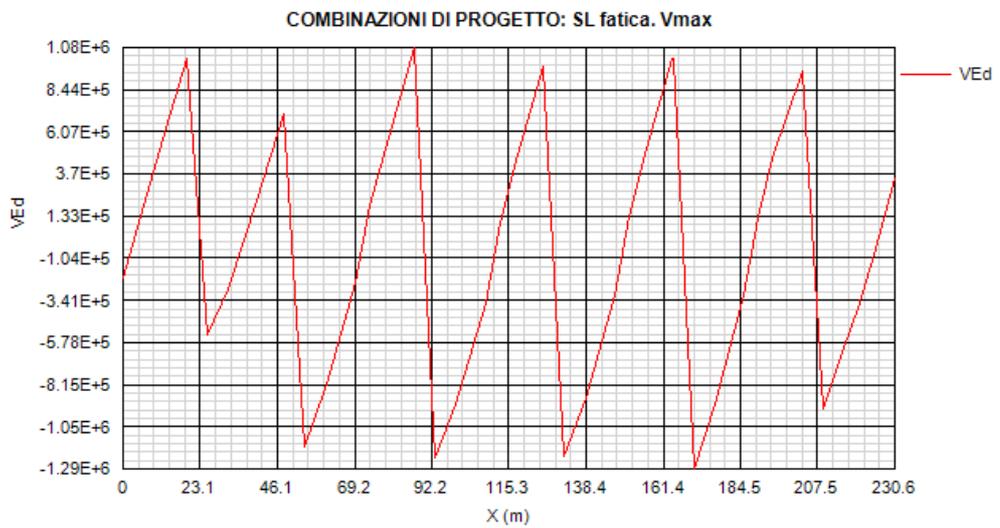
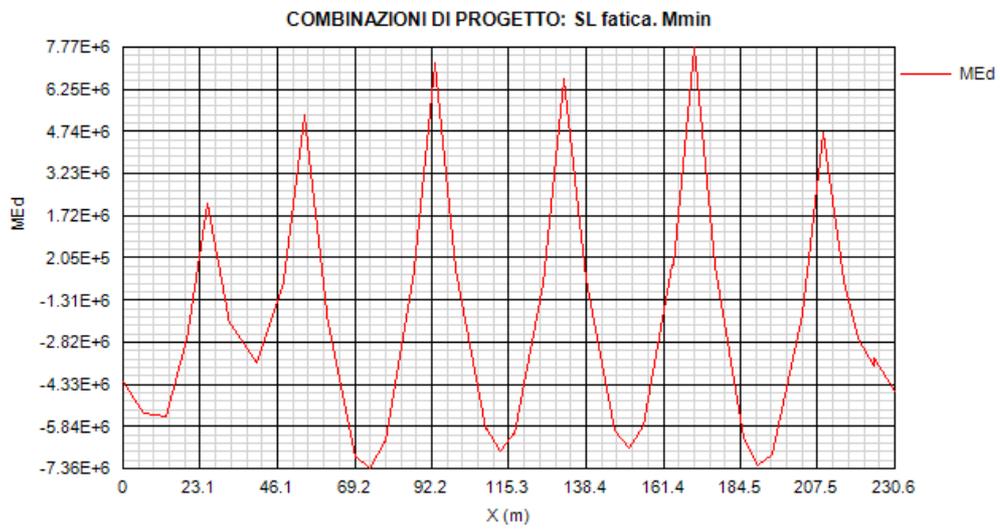
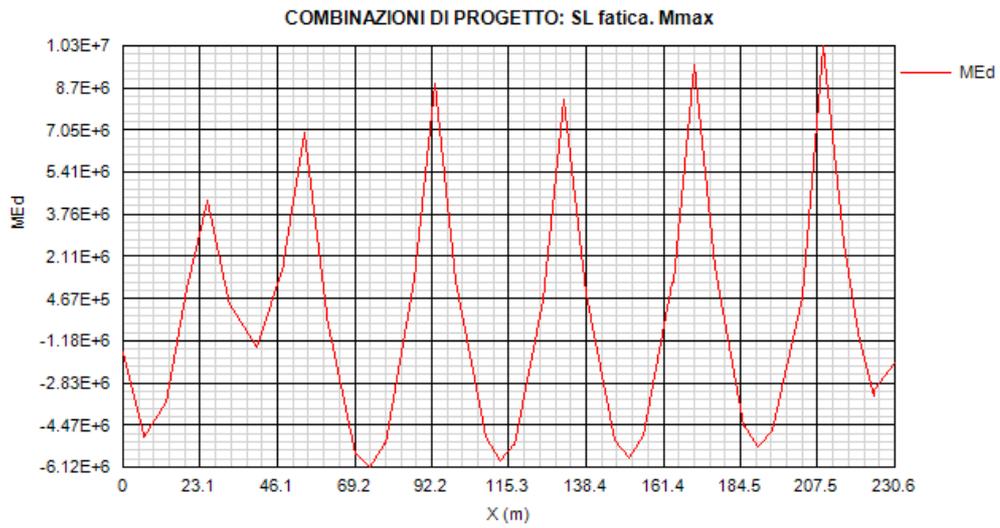
L'impalcato metallico è simmetrico; l'organizzazione della soletta comporta una significativa eccentricità dei carichi rivolta verso la trave di destra, su cui pertanto si fisserà l'attenzione.

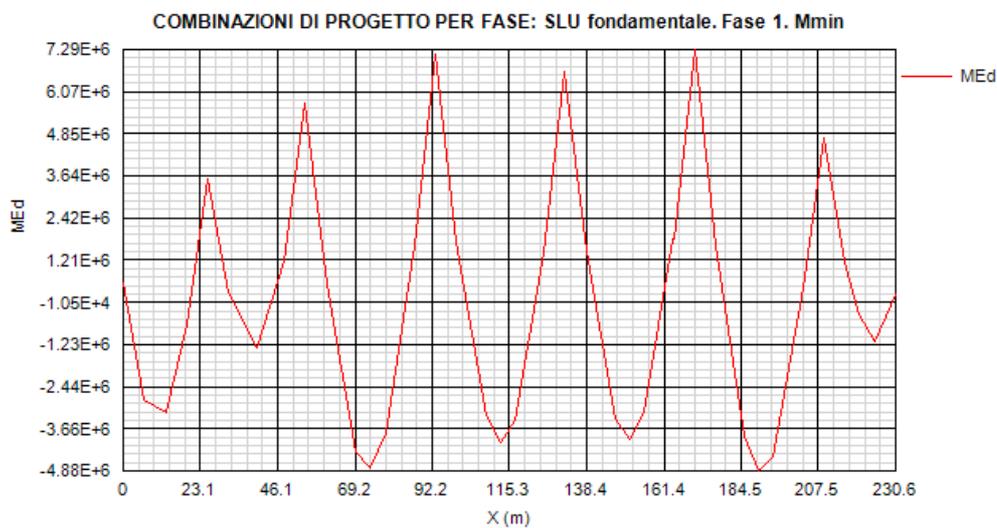
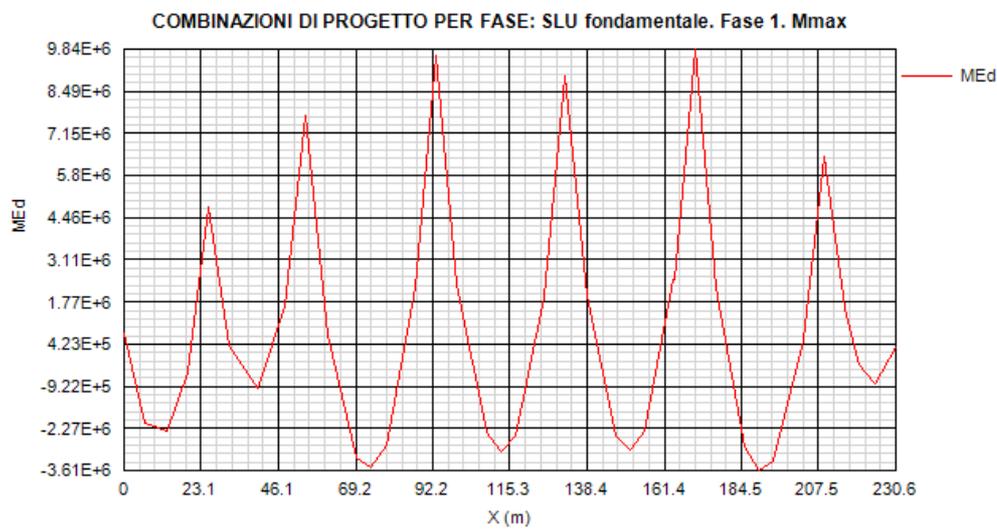
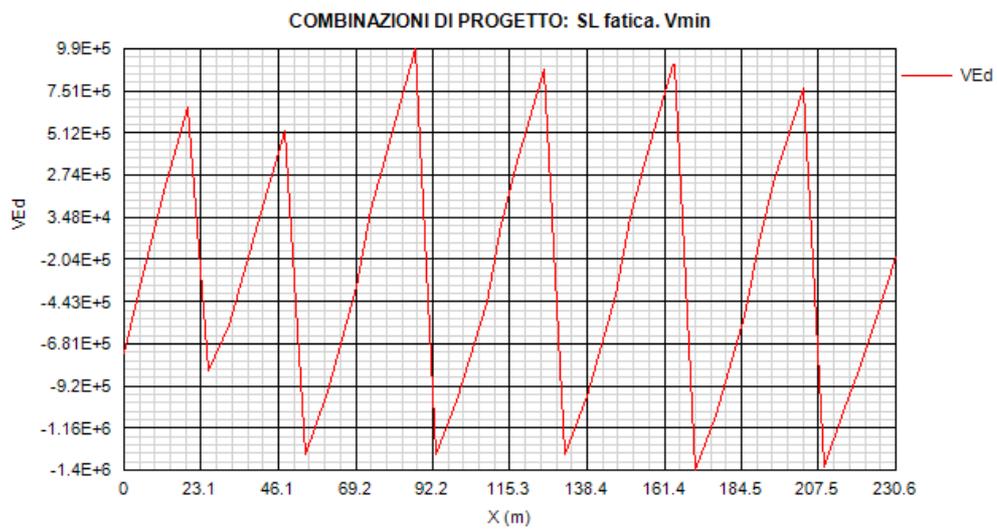


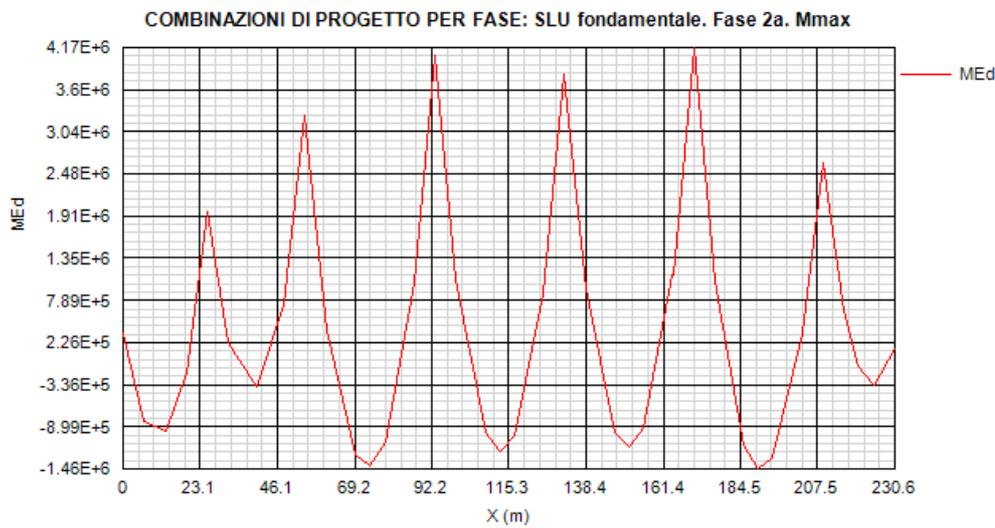
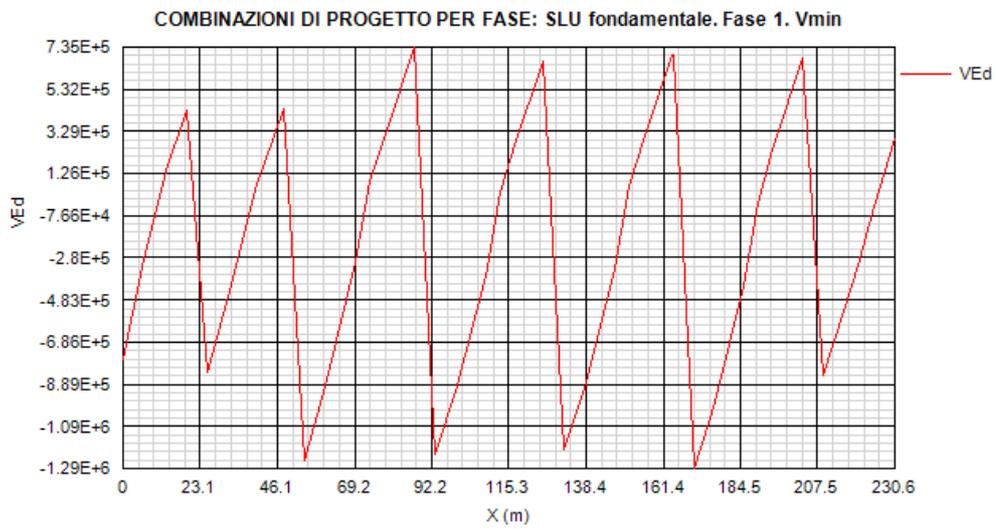
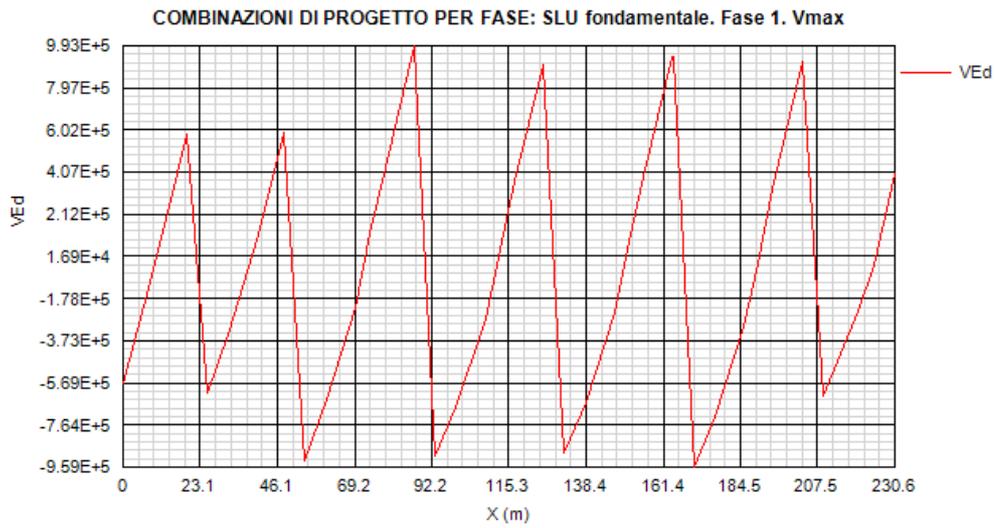


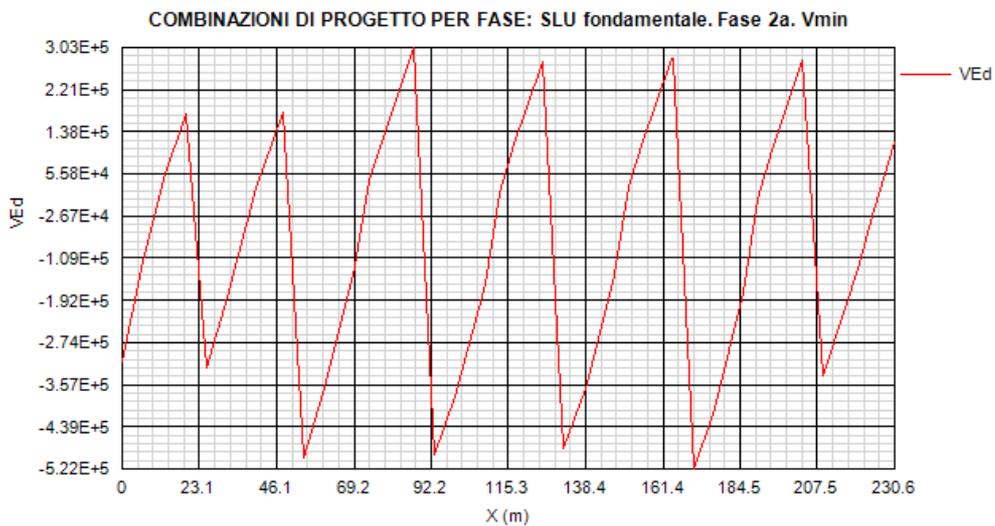
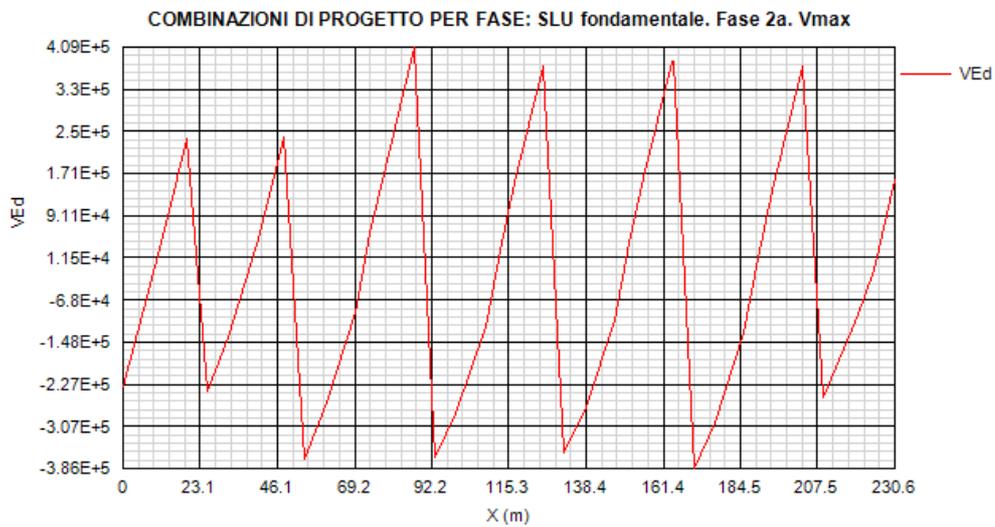
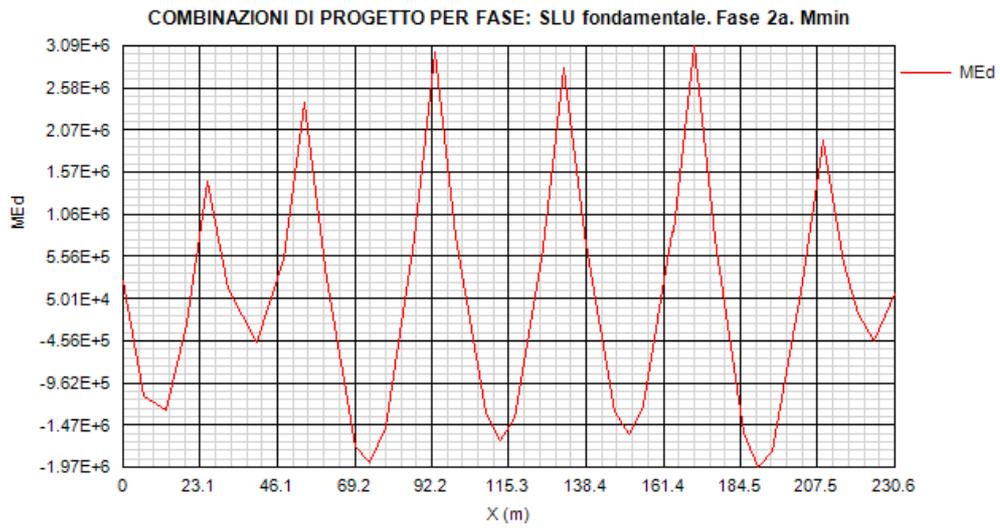


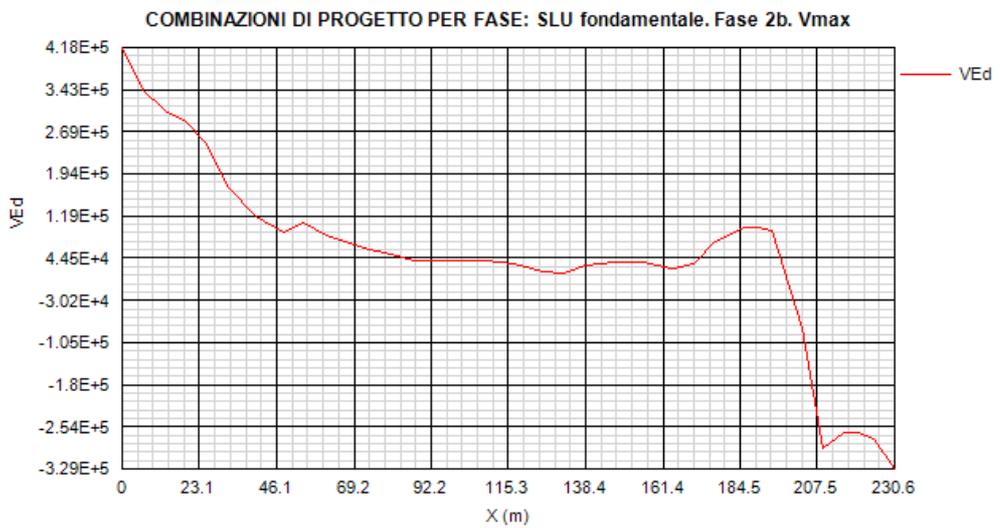
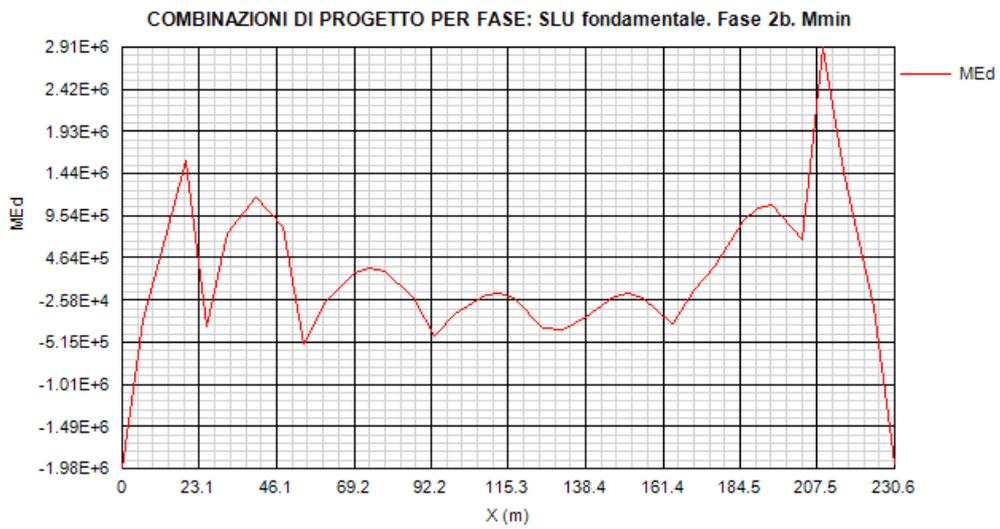
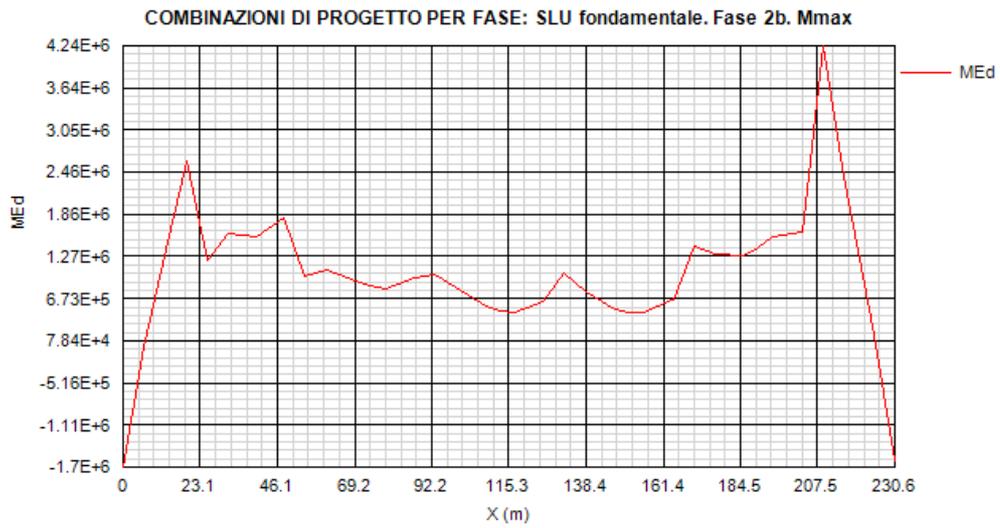


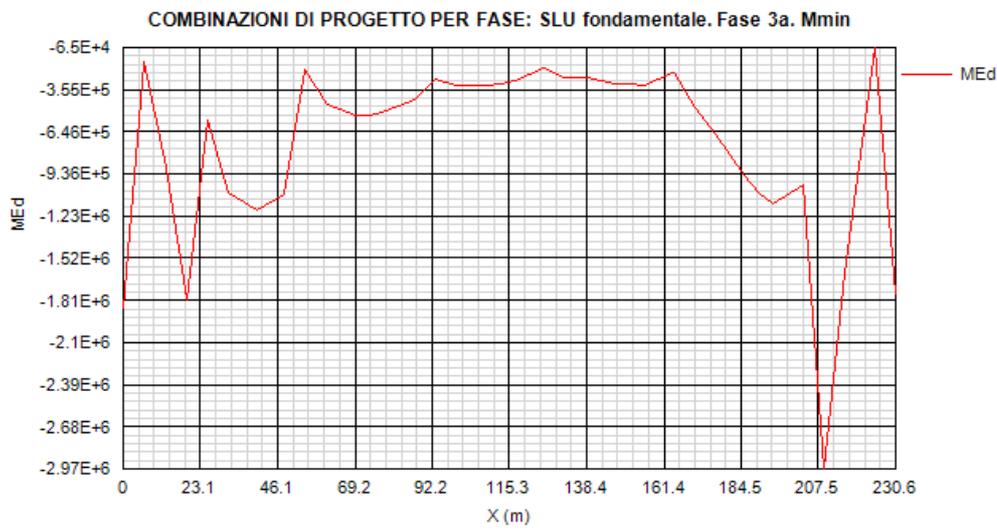
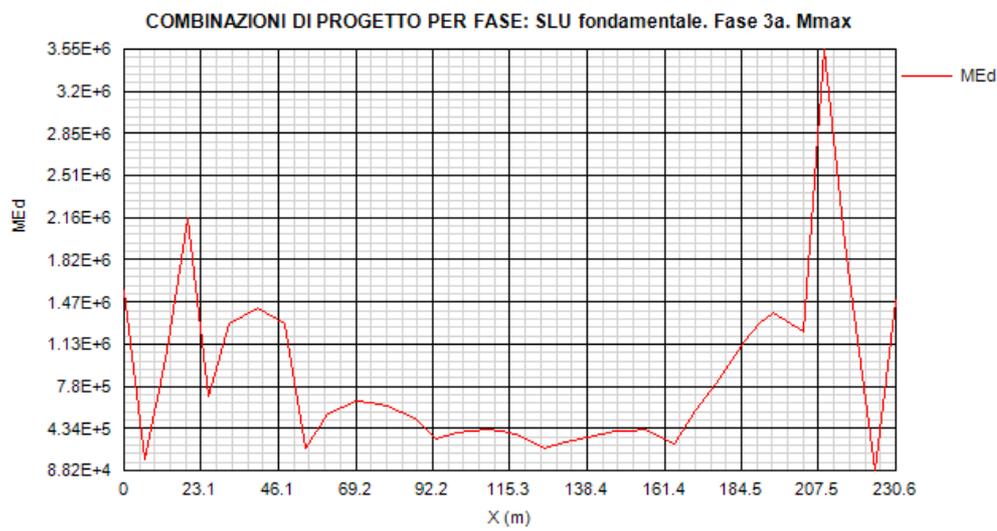
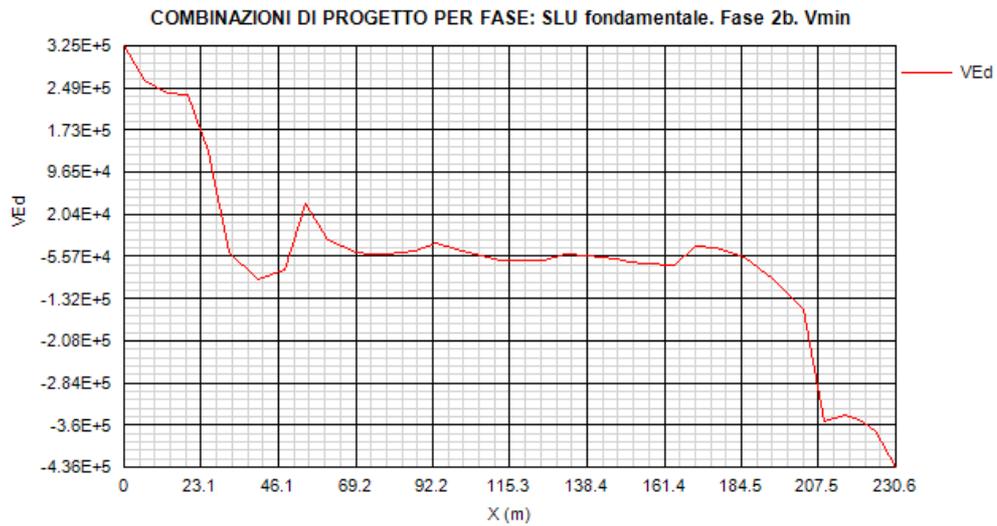


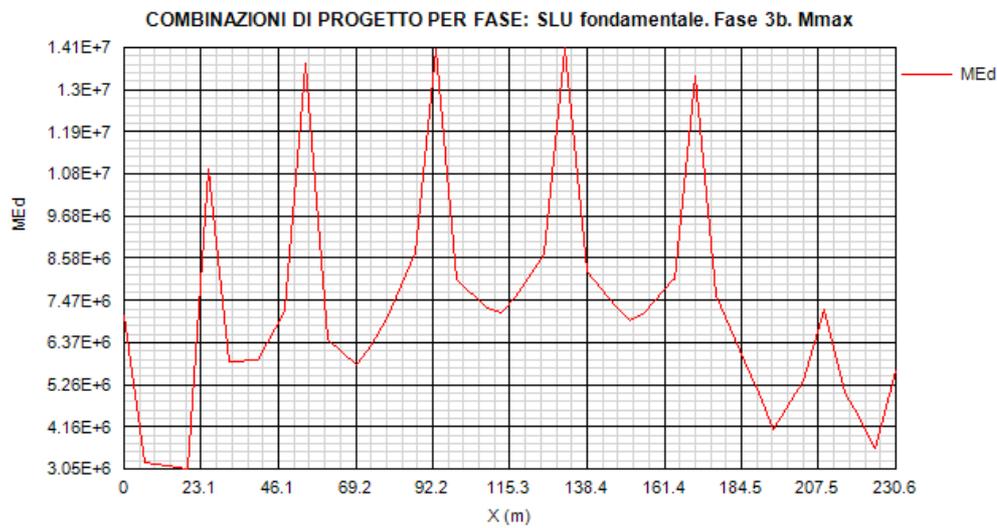
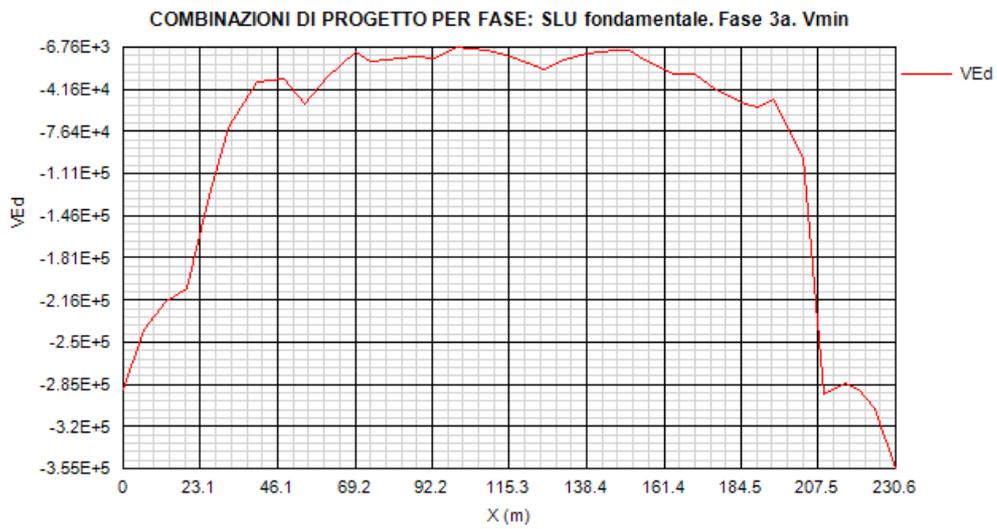
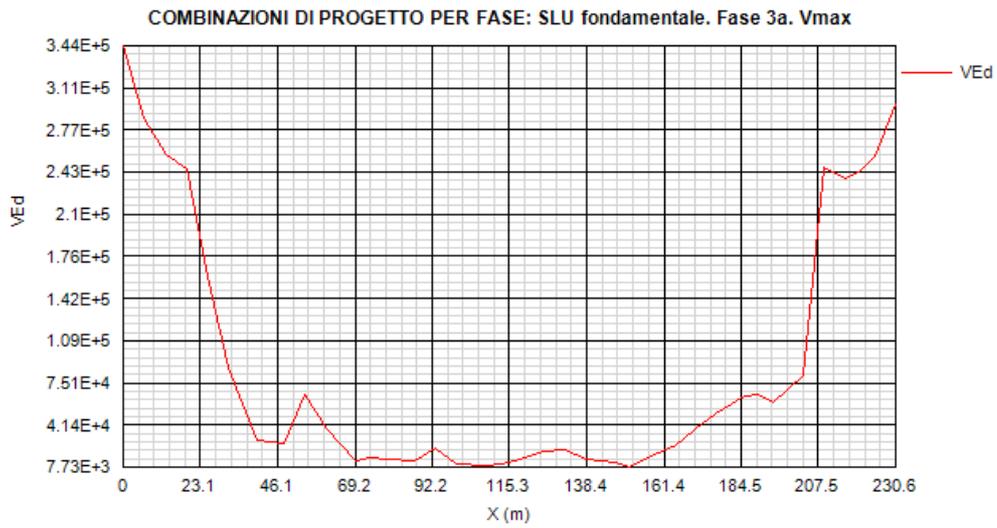


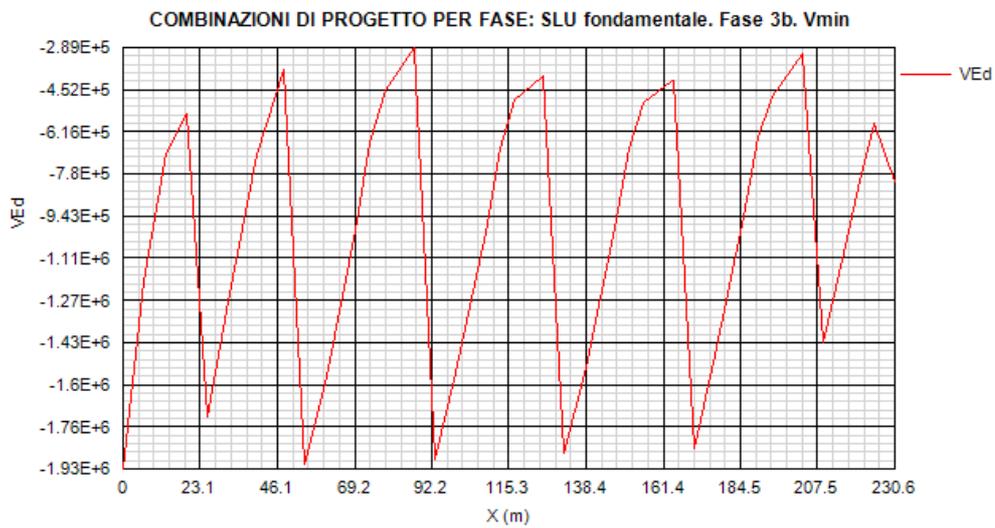
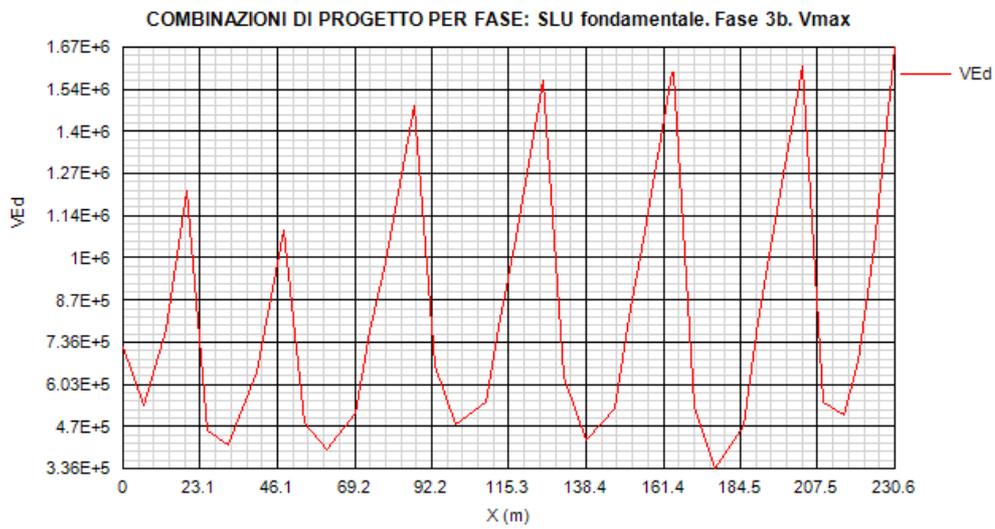
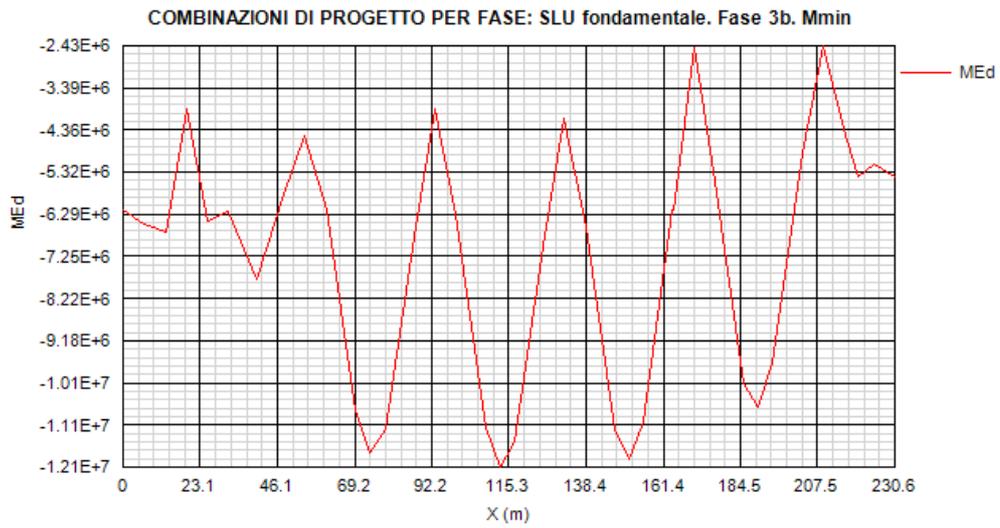


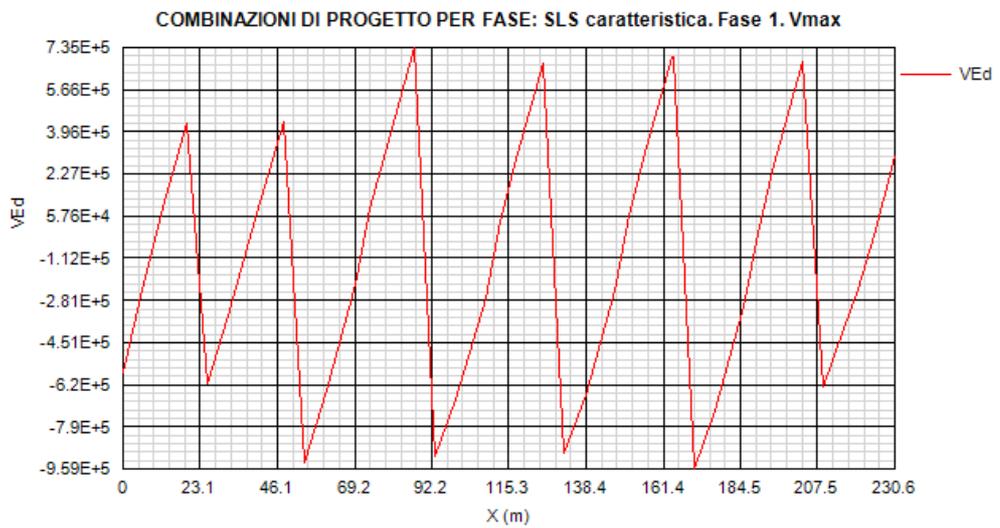
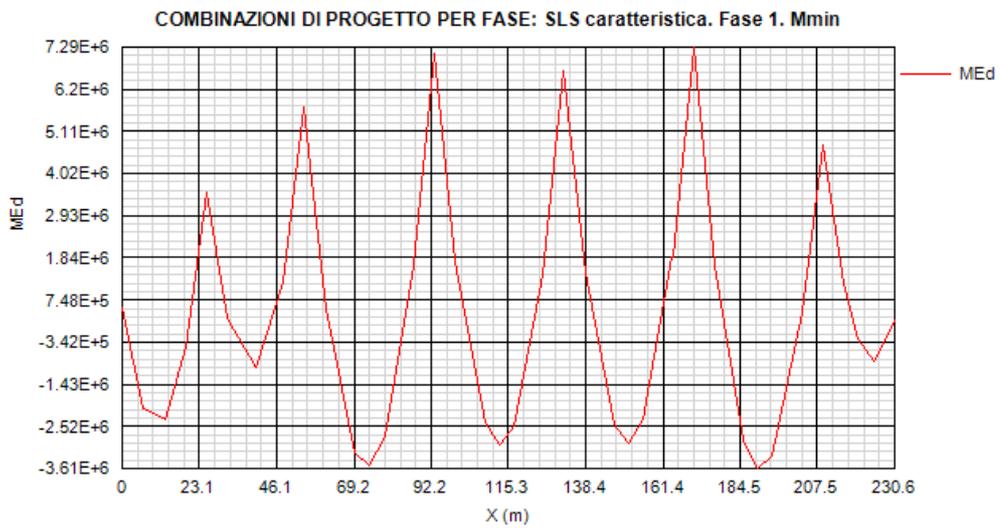
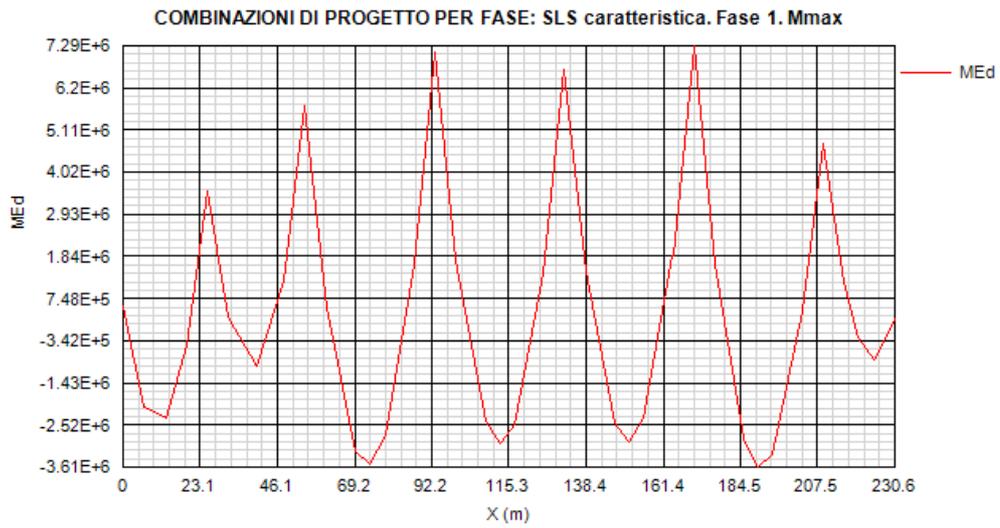


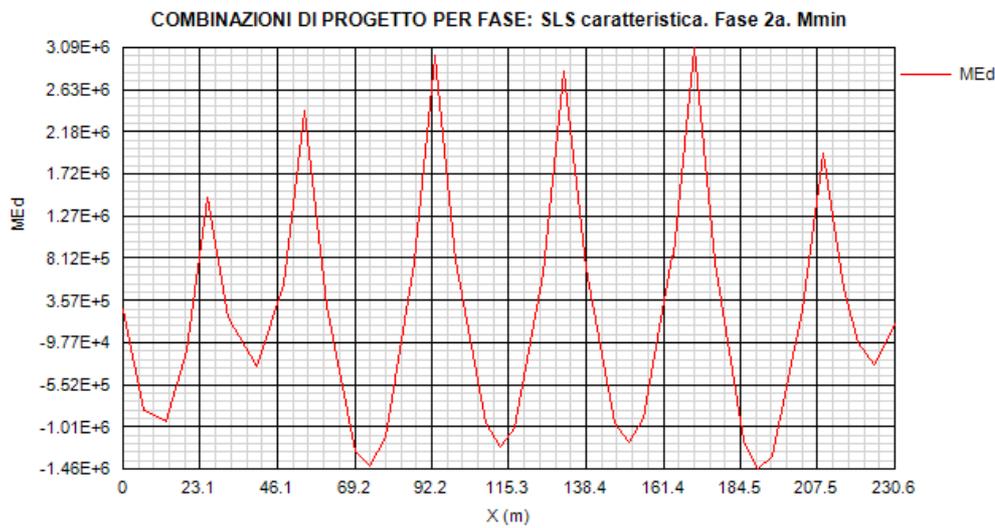
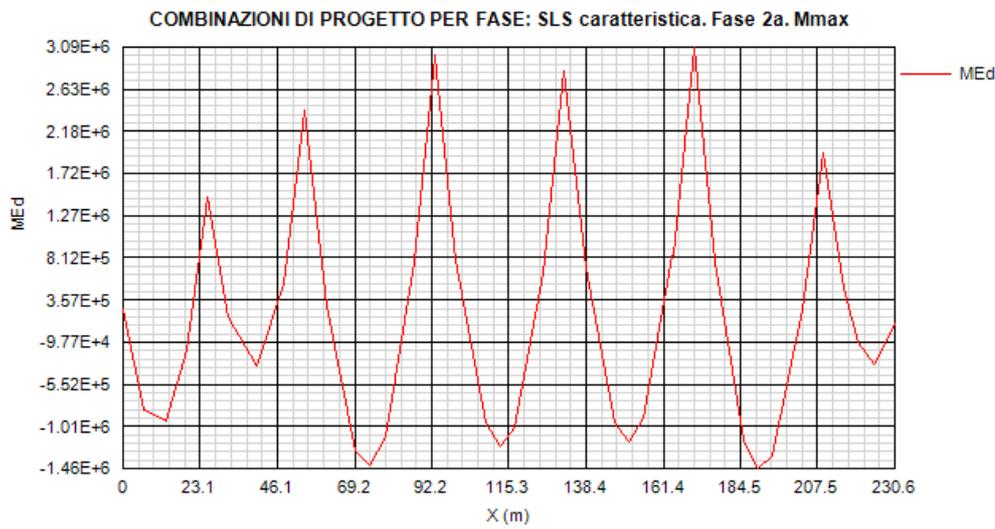
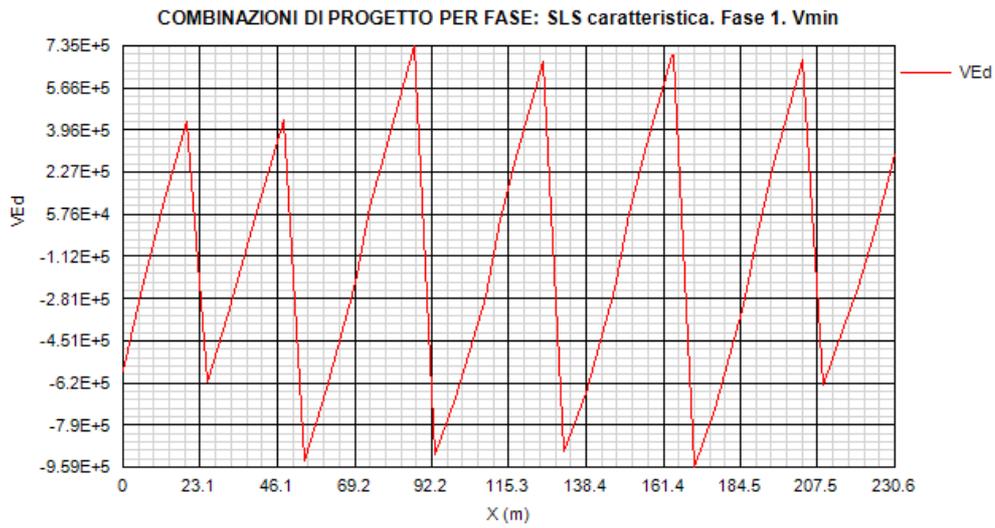


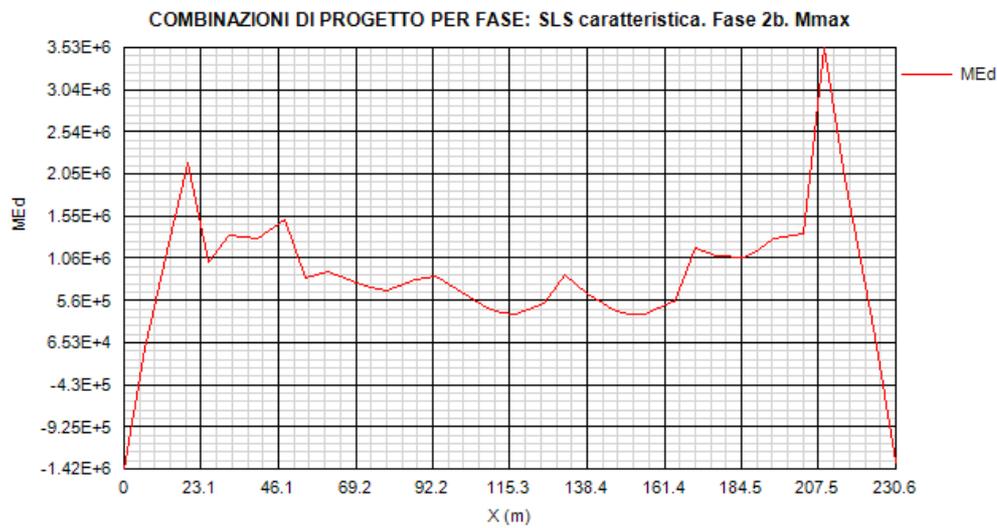
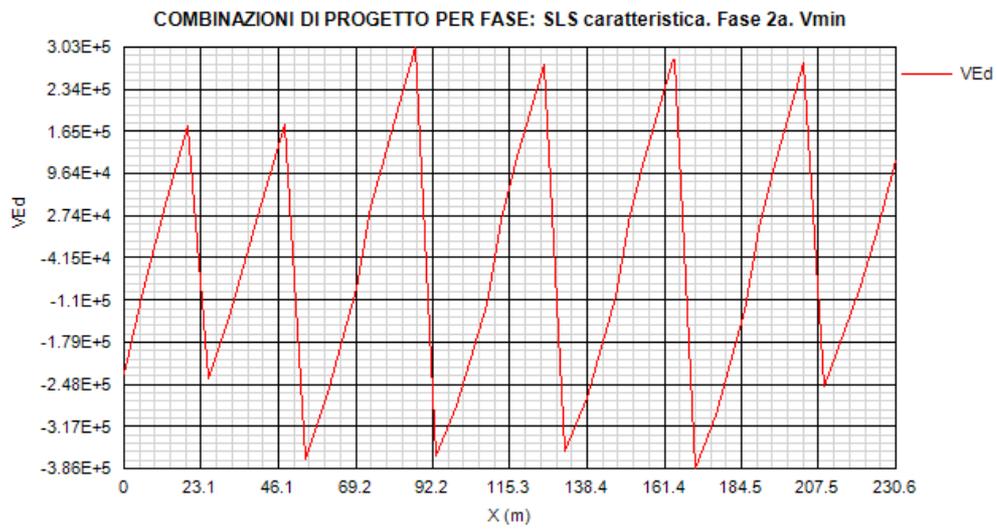
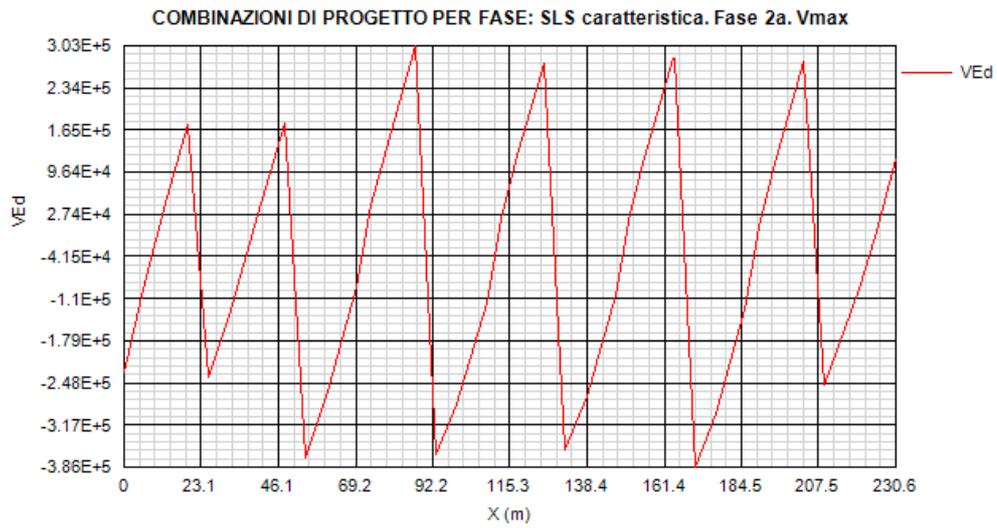


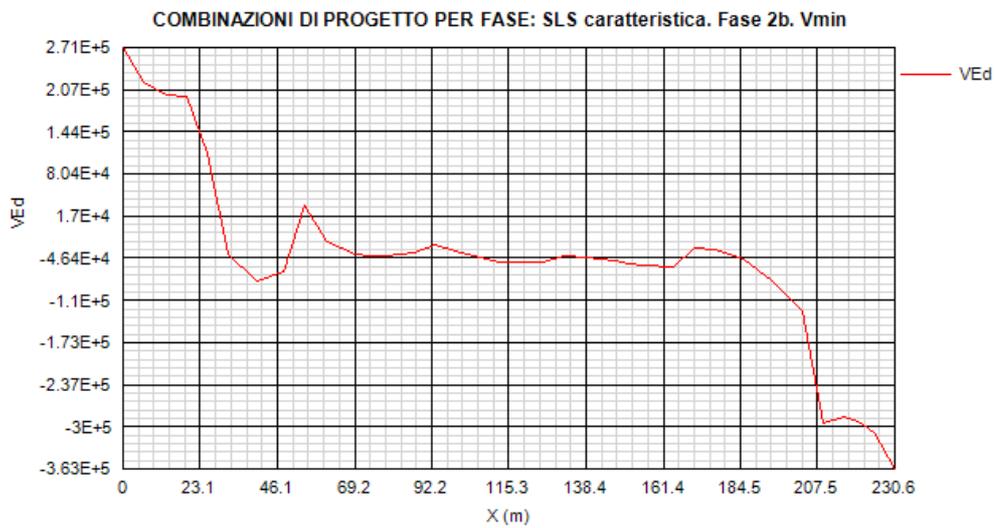
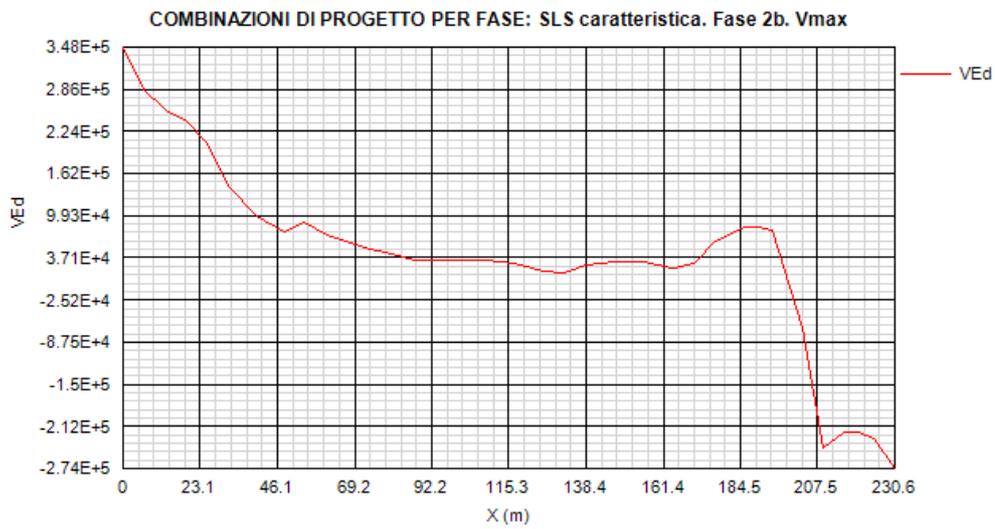
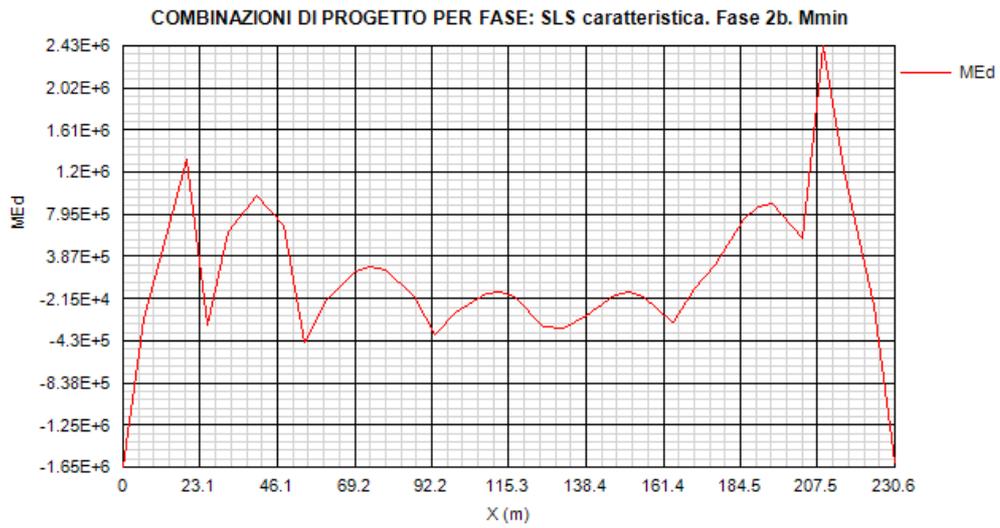


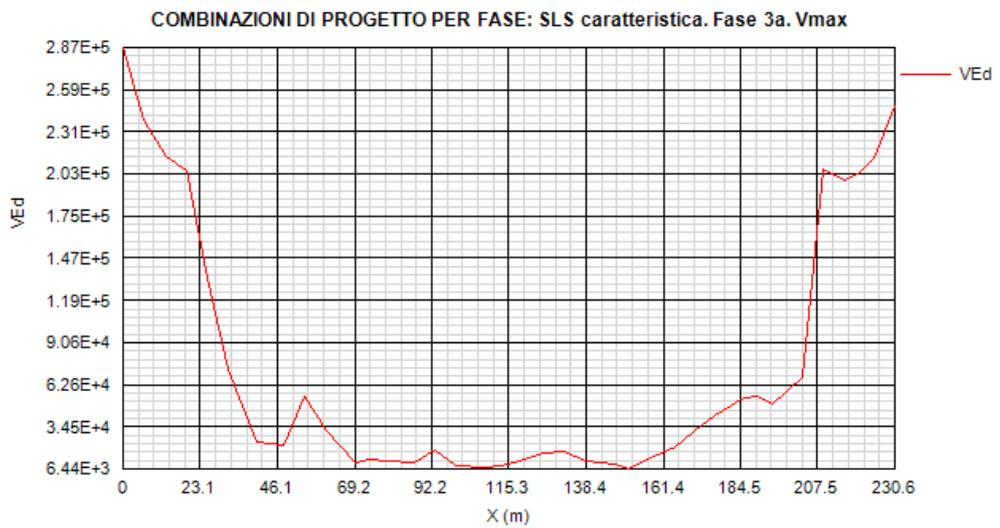
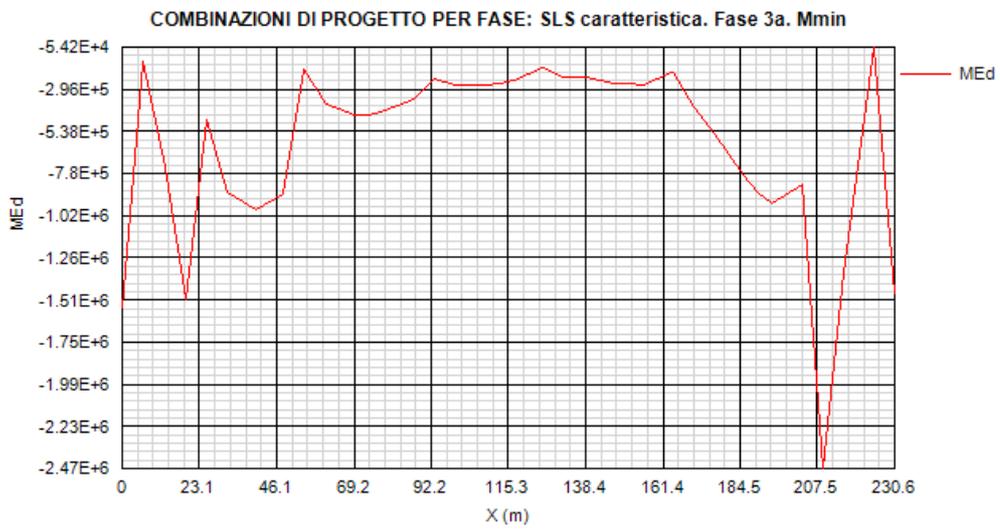
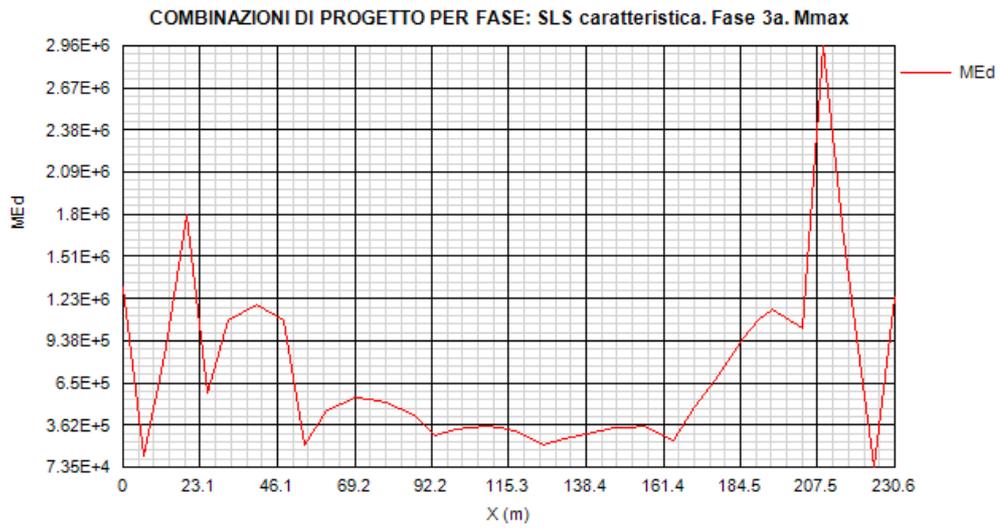


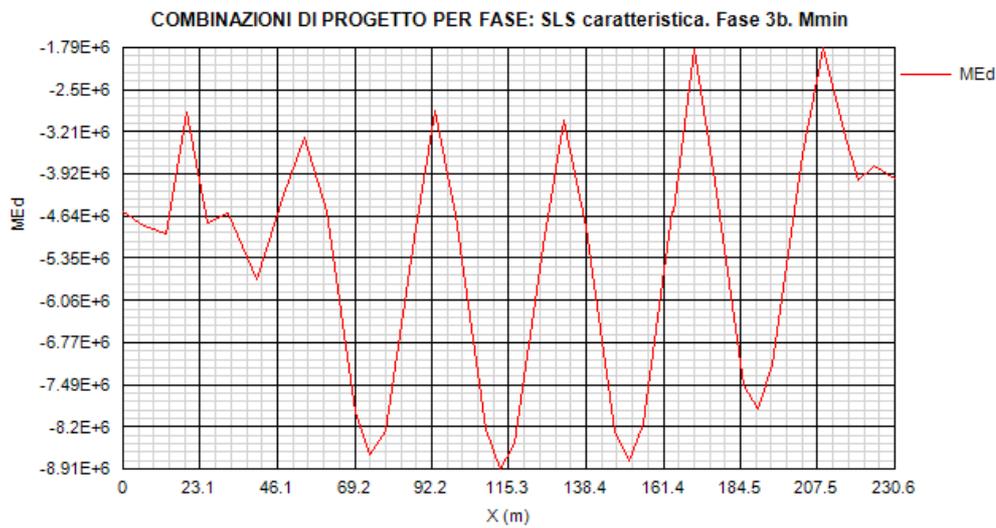
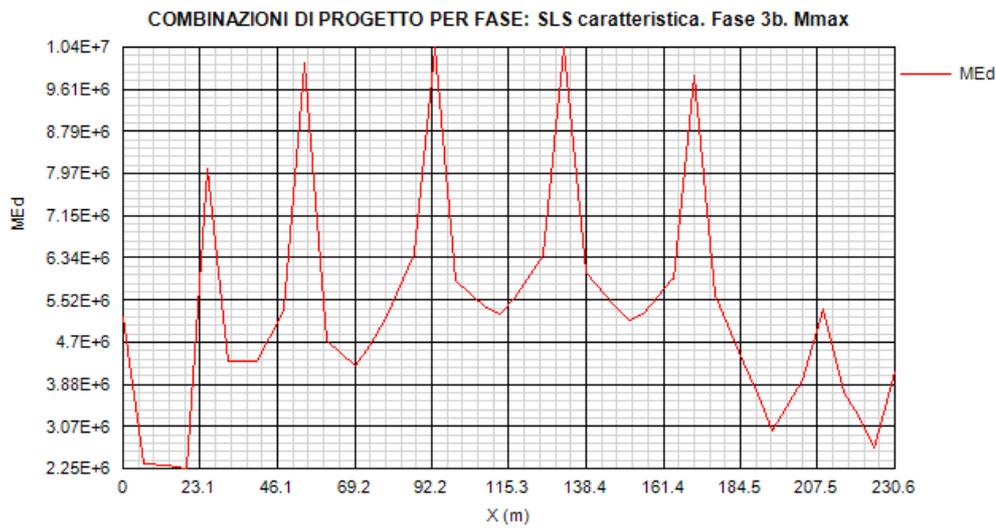
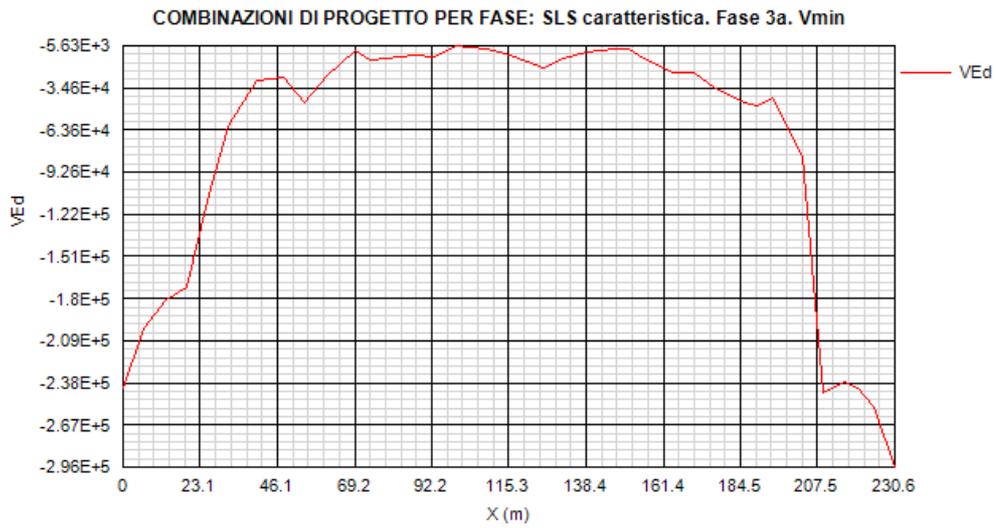


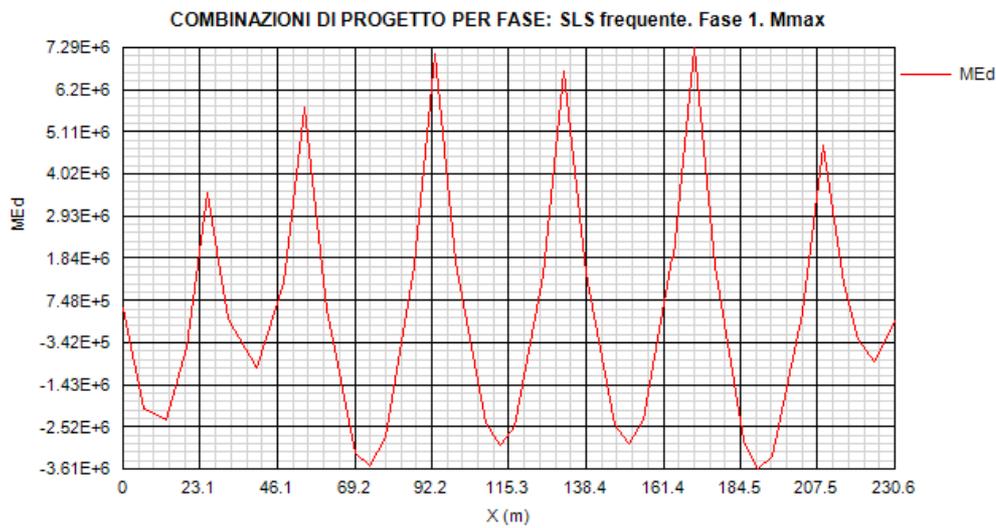
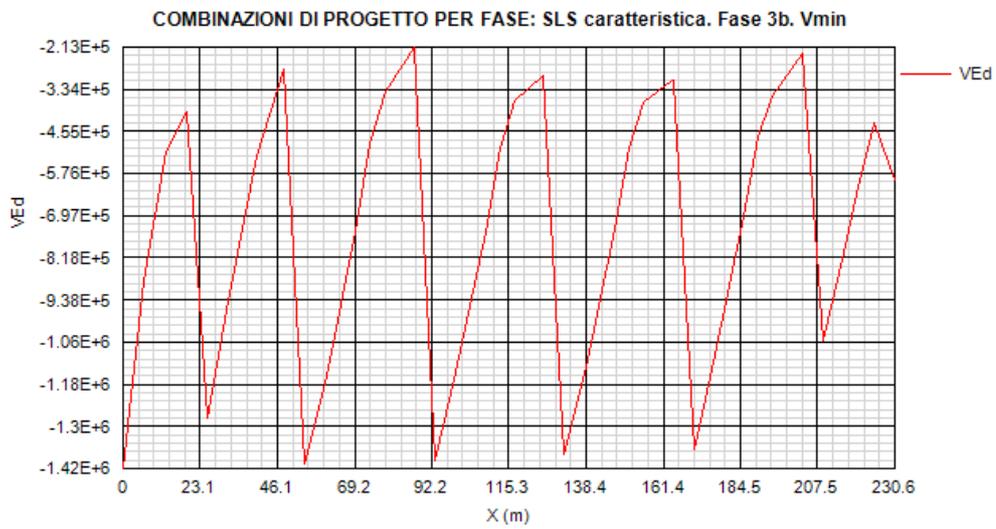
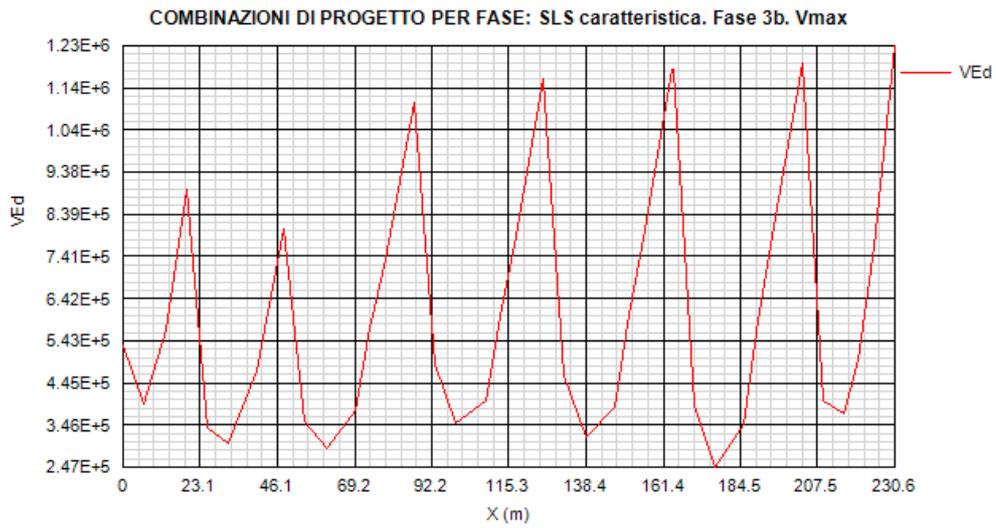


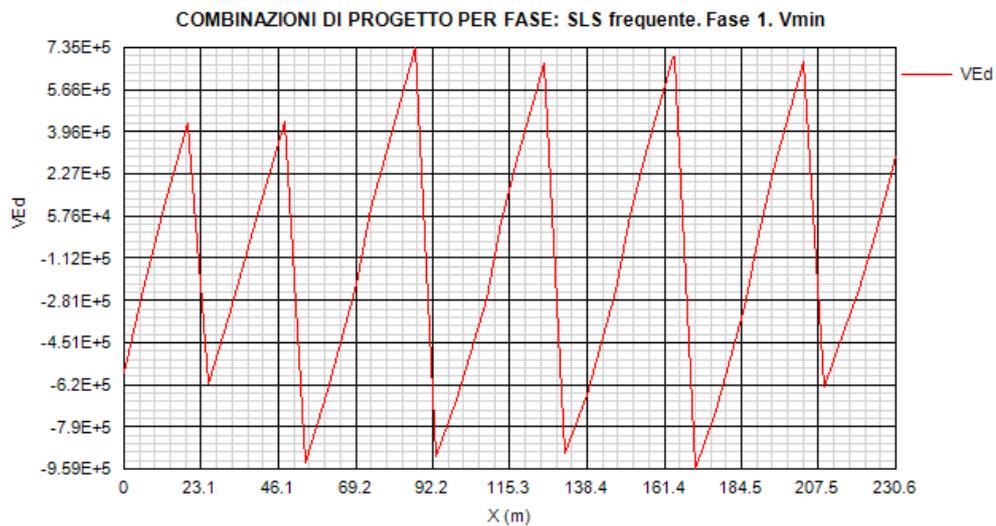
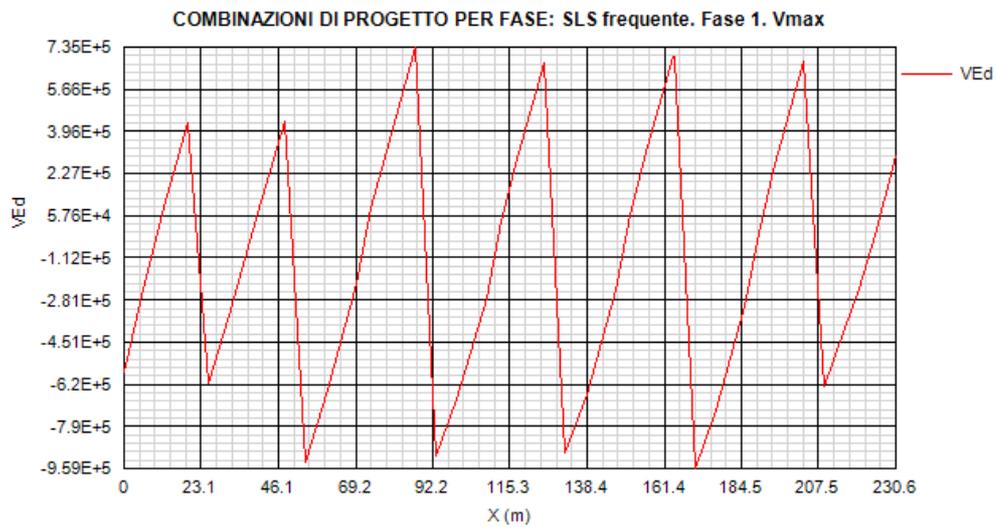
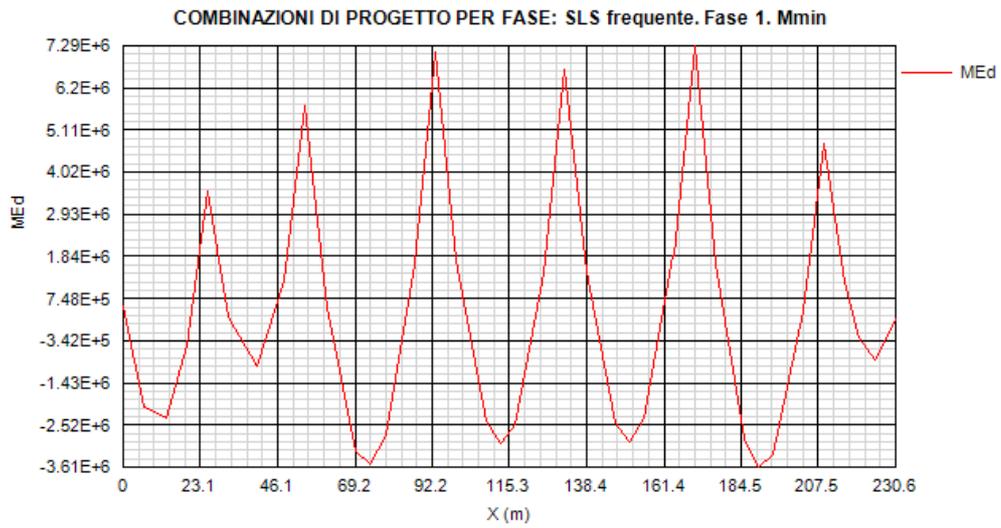


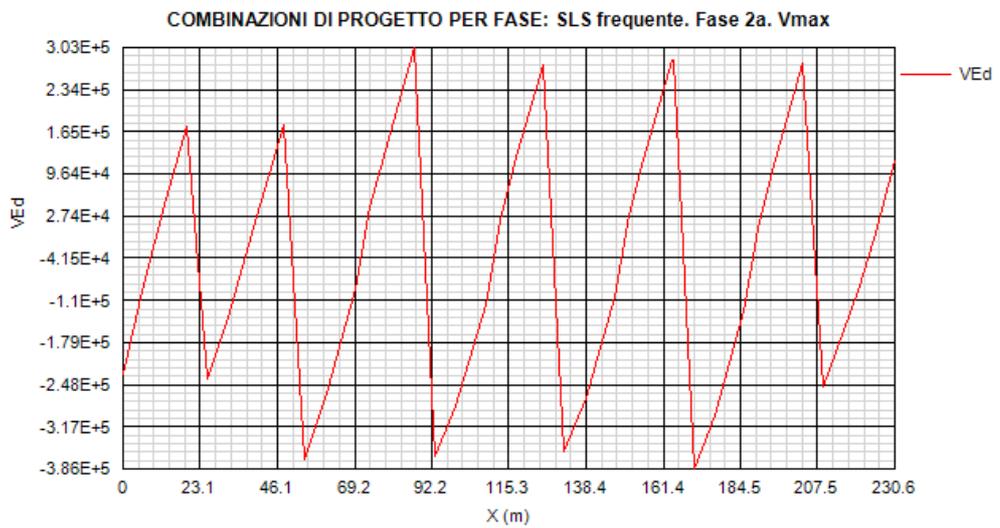
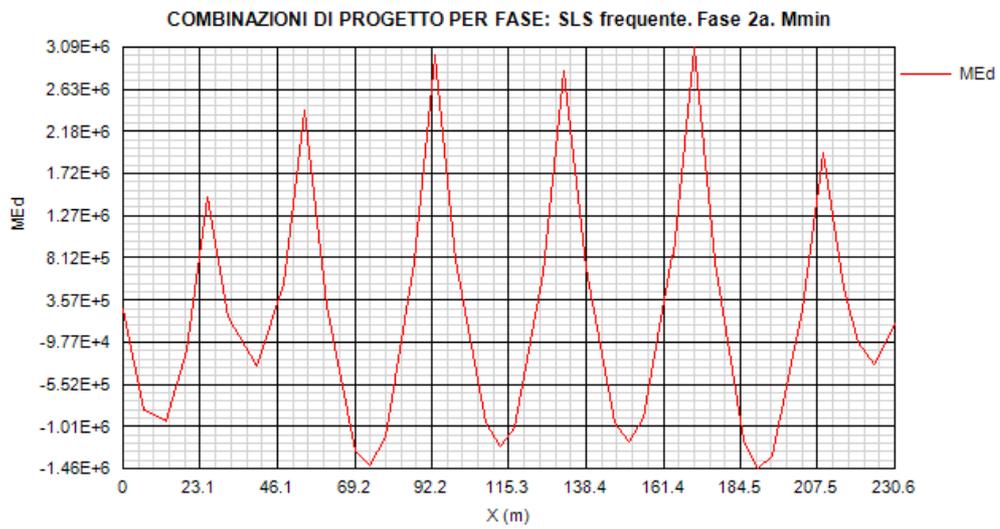
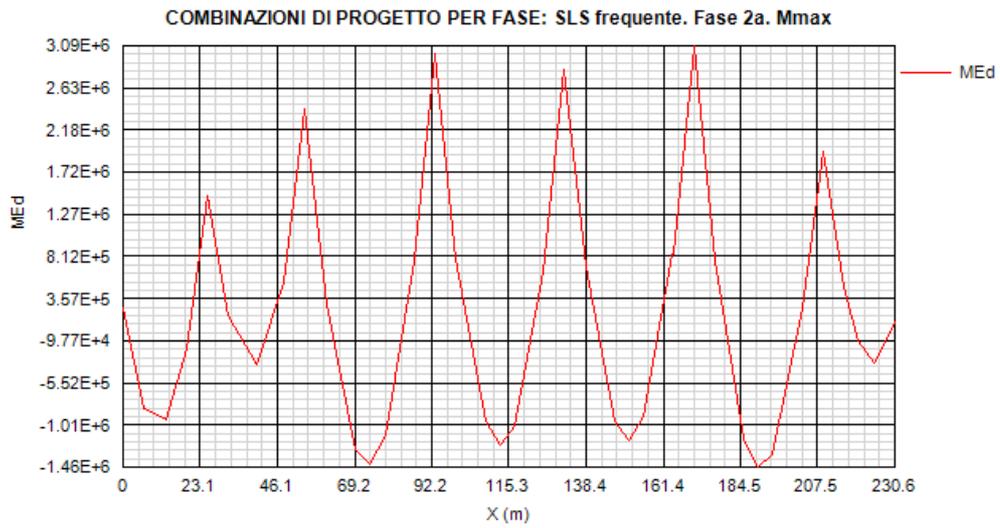


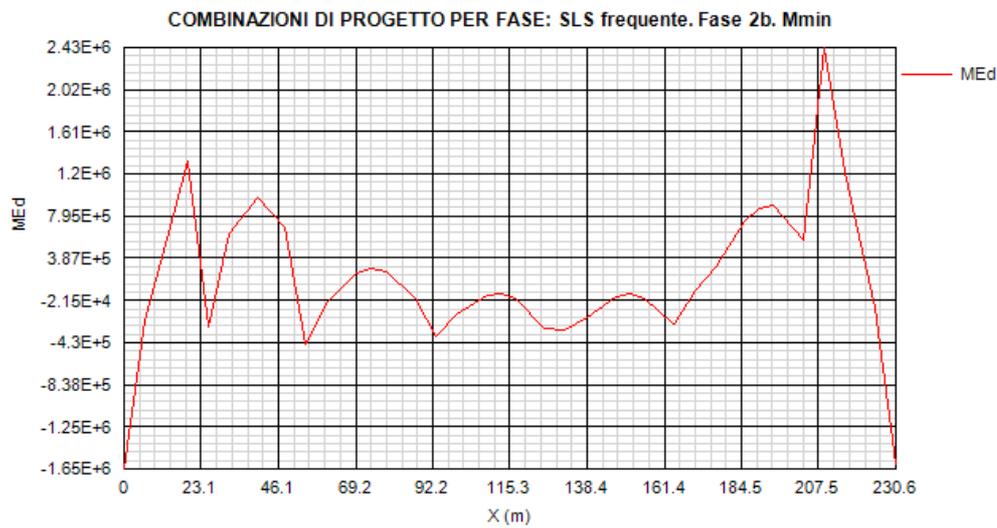
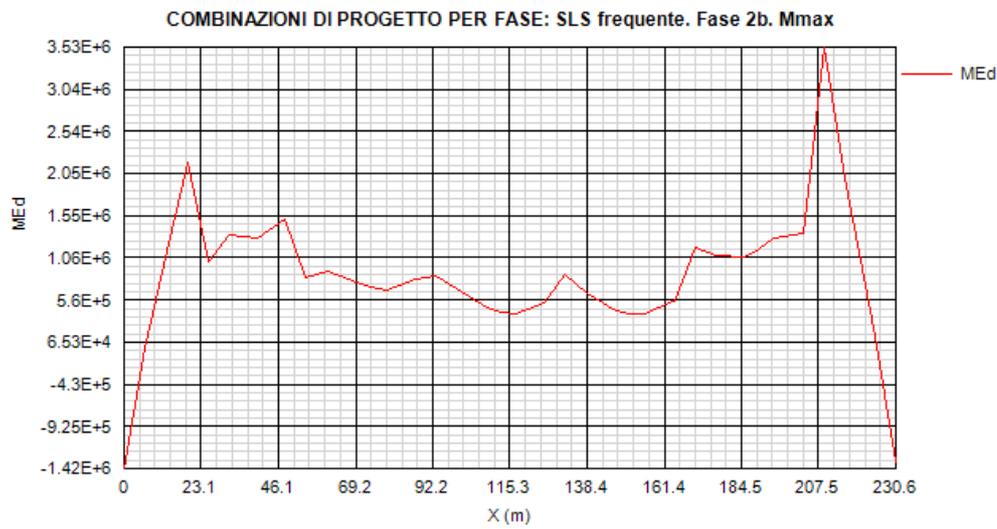
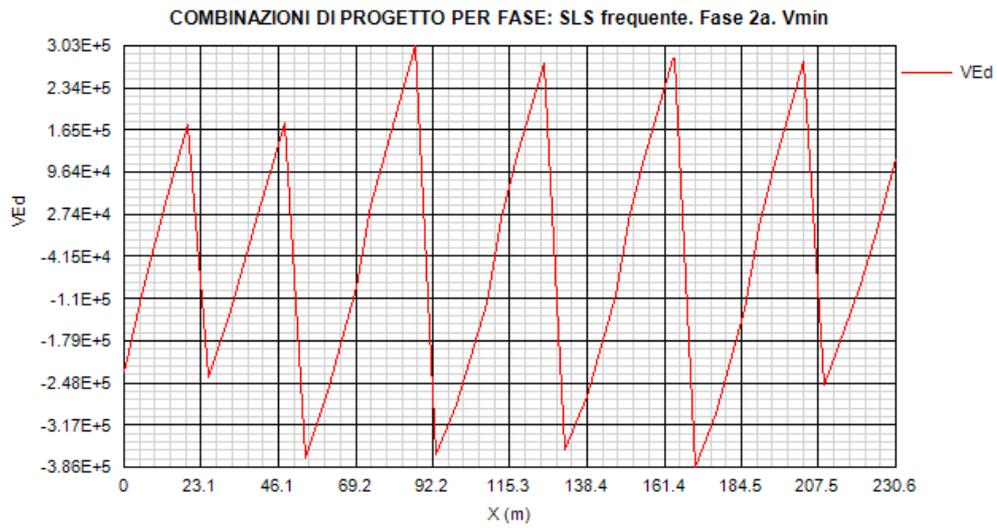


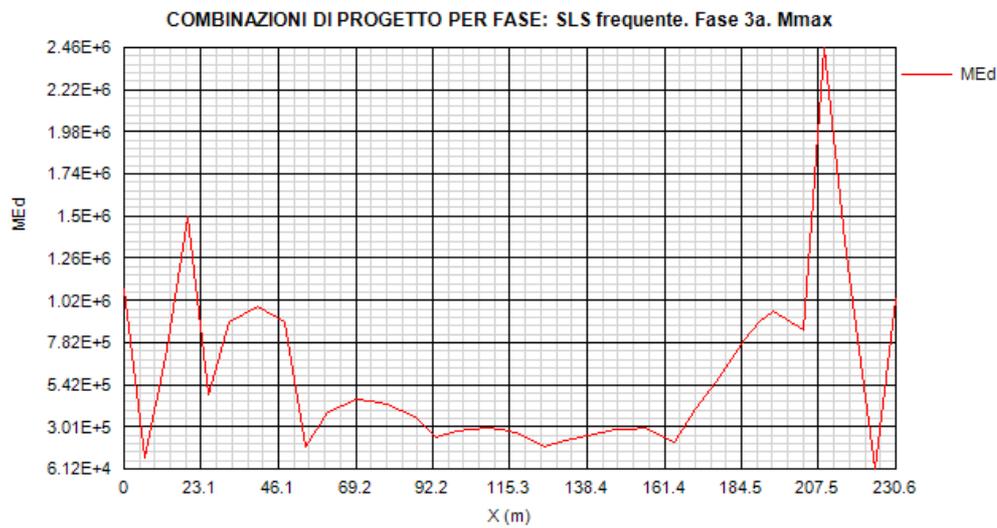
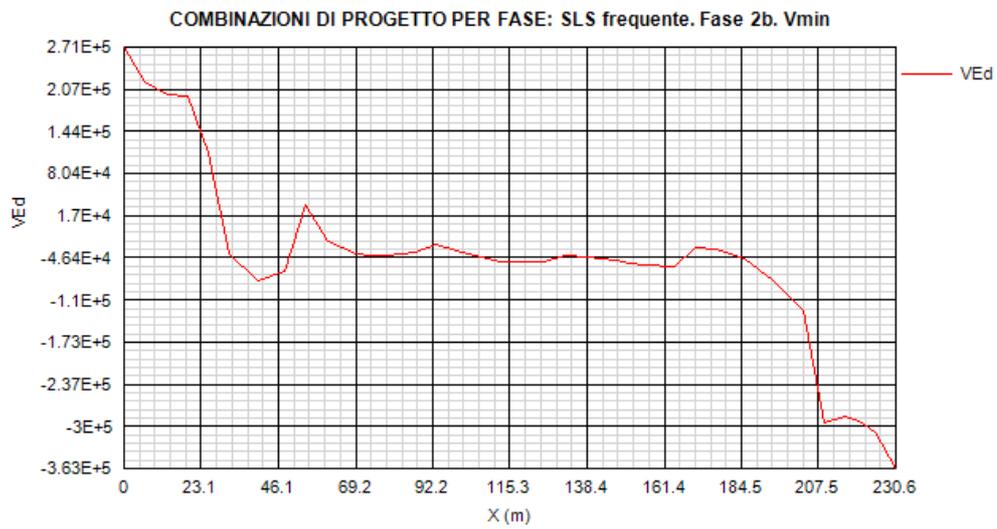
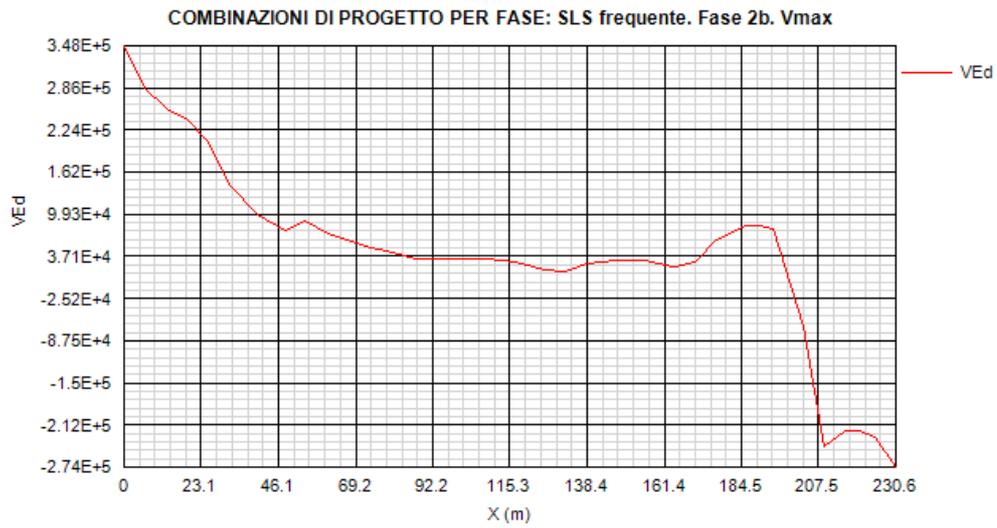


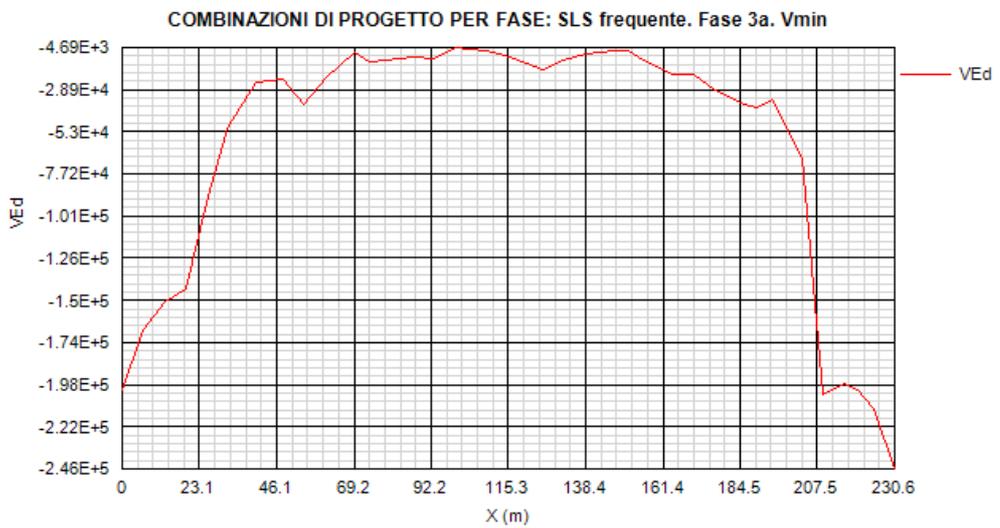
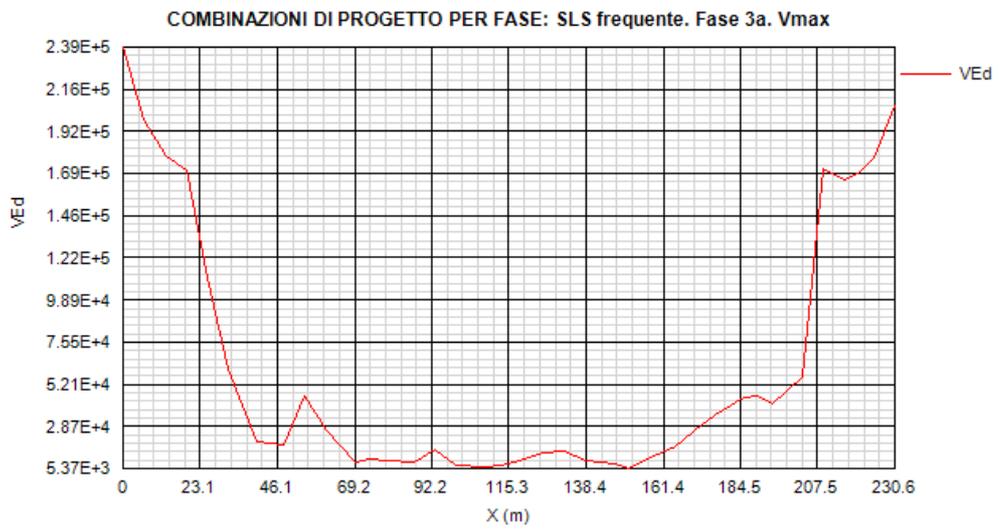
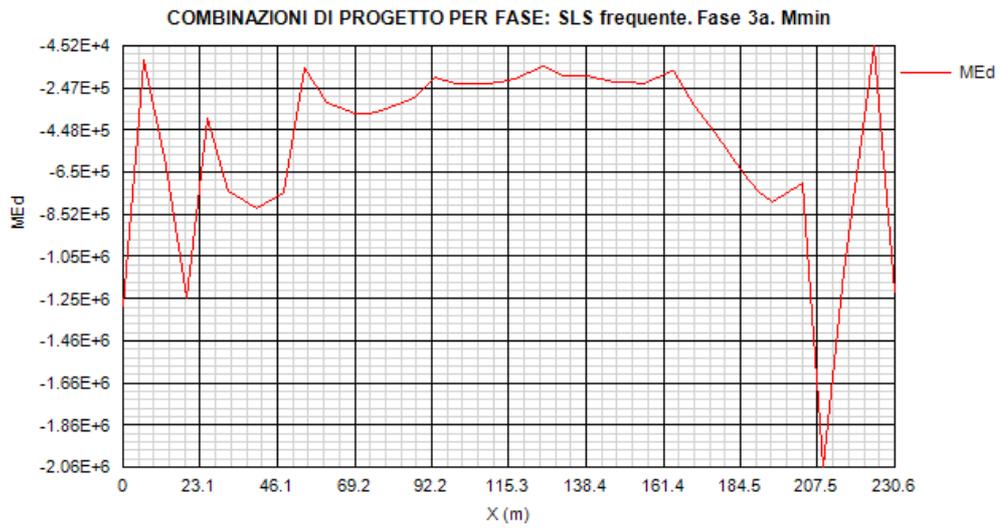


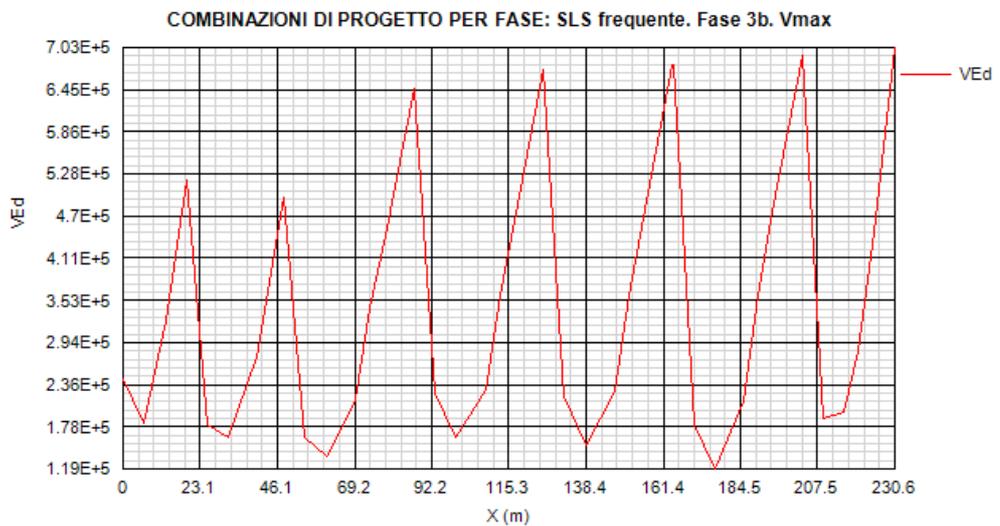
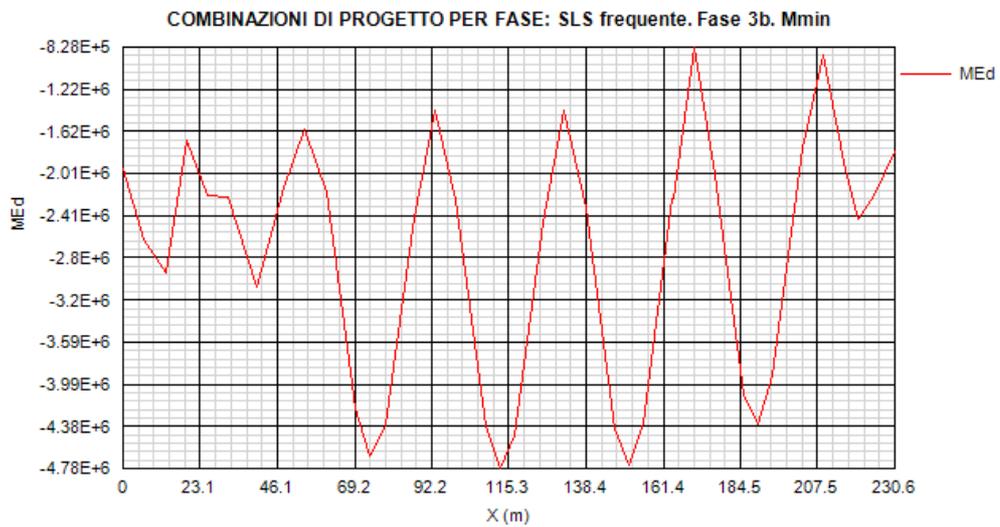
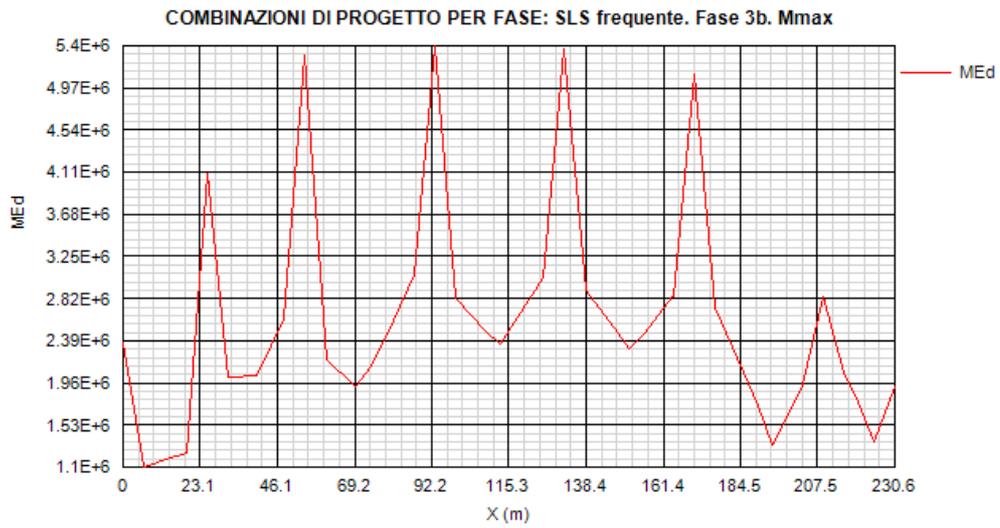


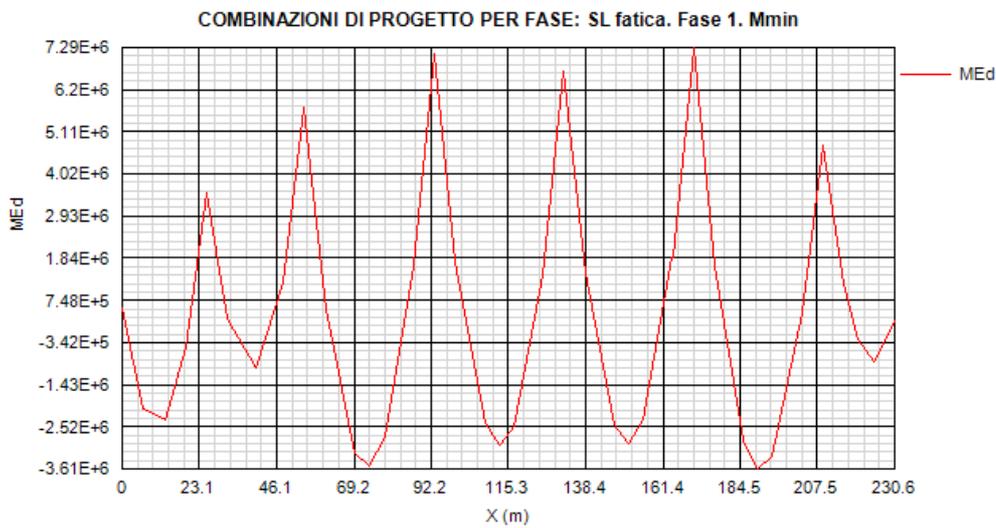
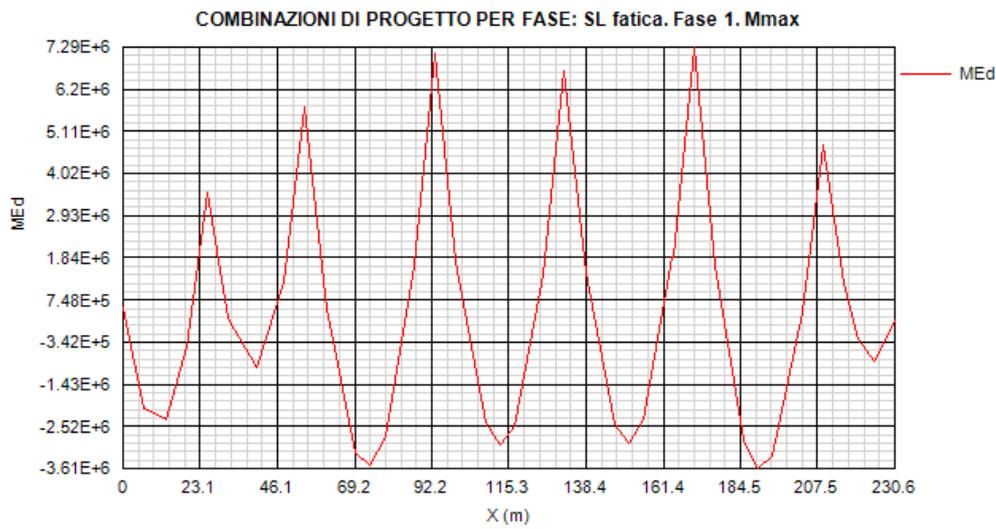
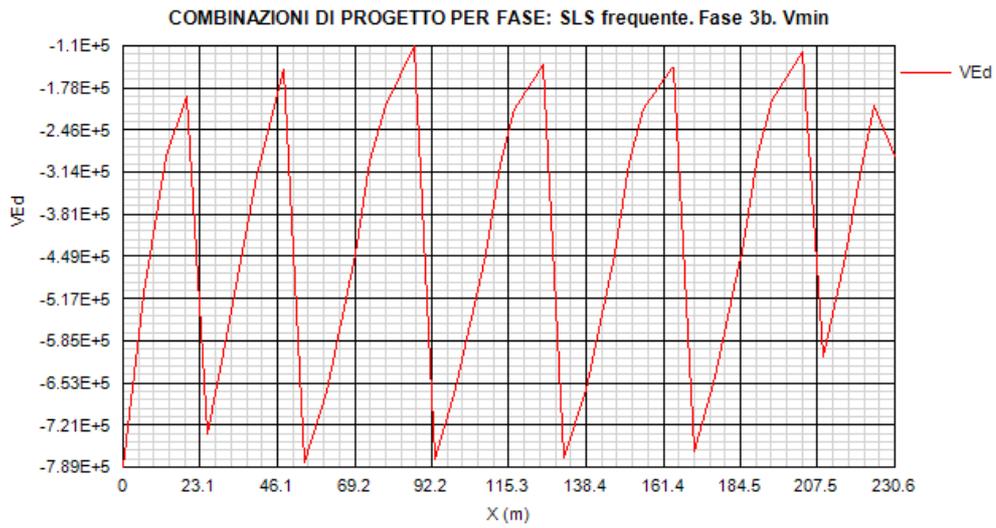


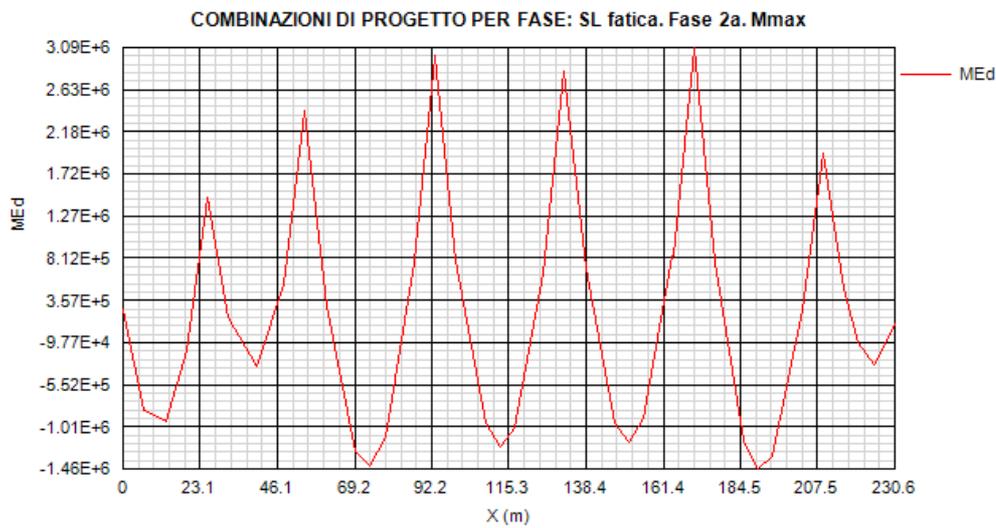
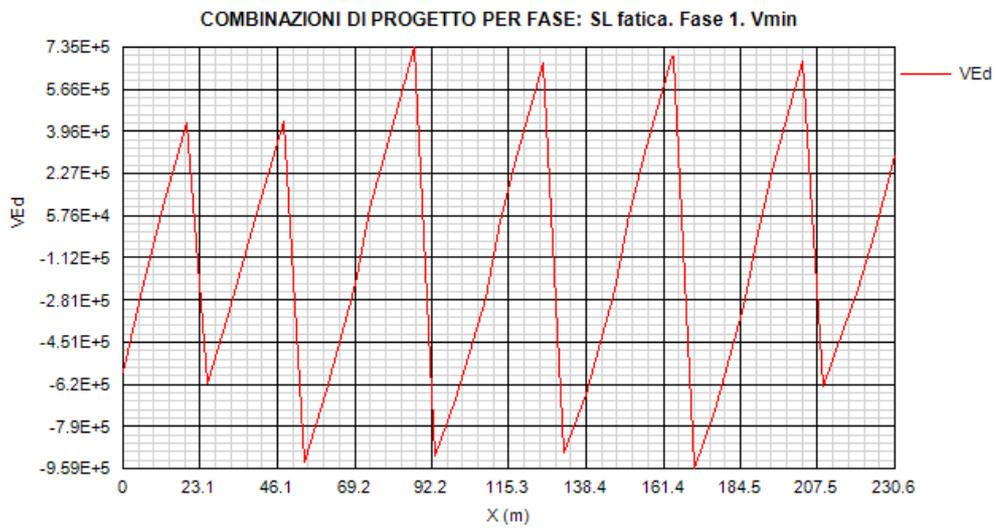
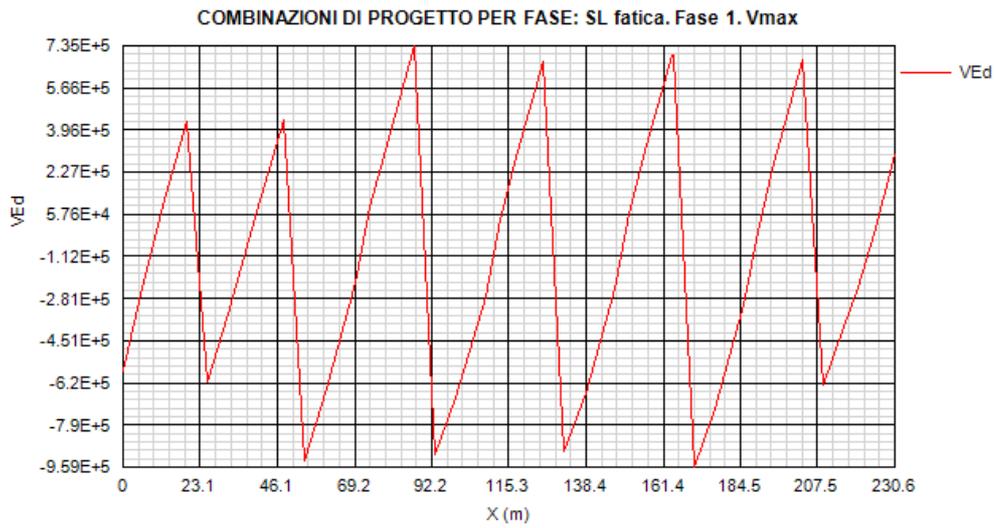


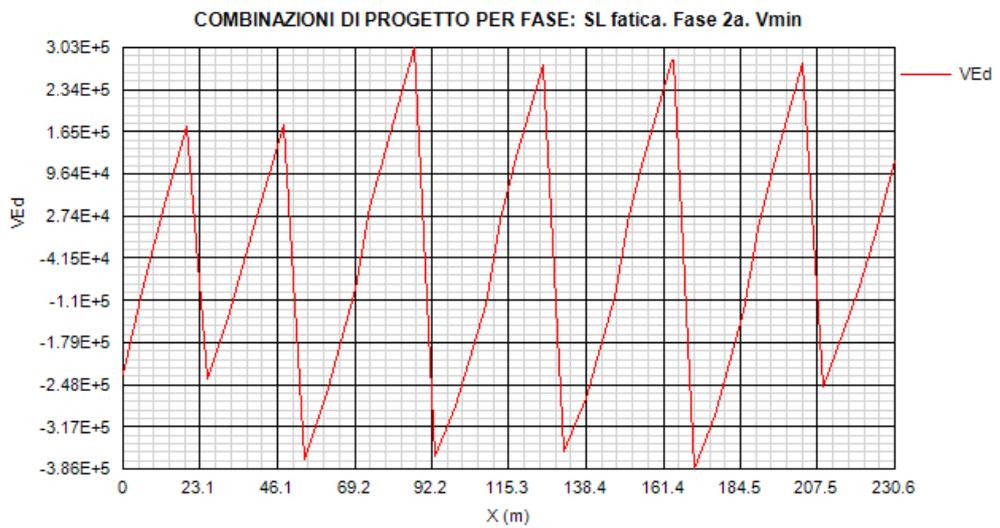
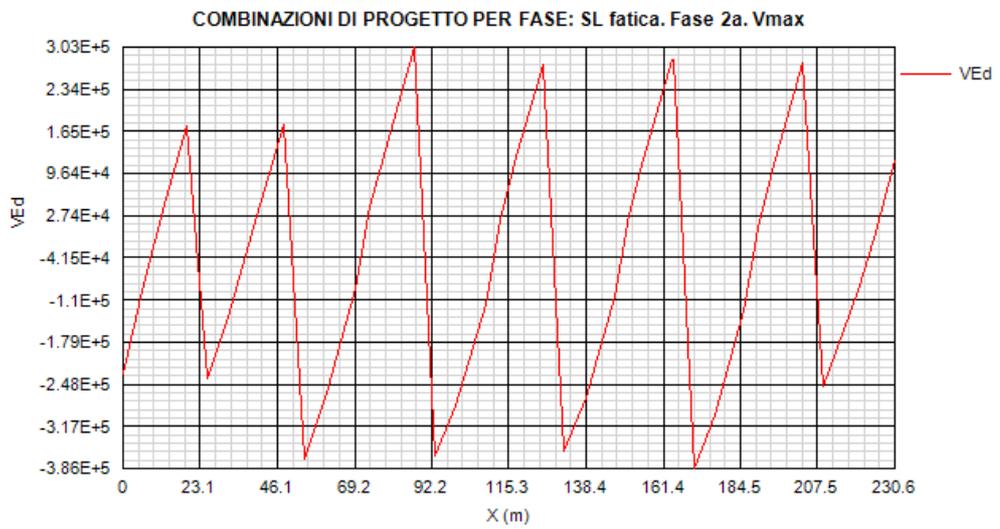
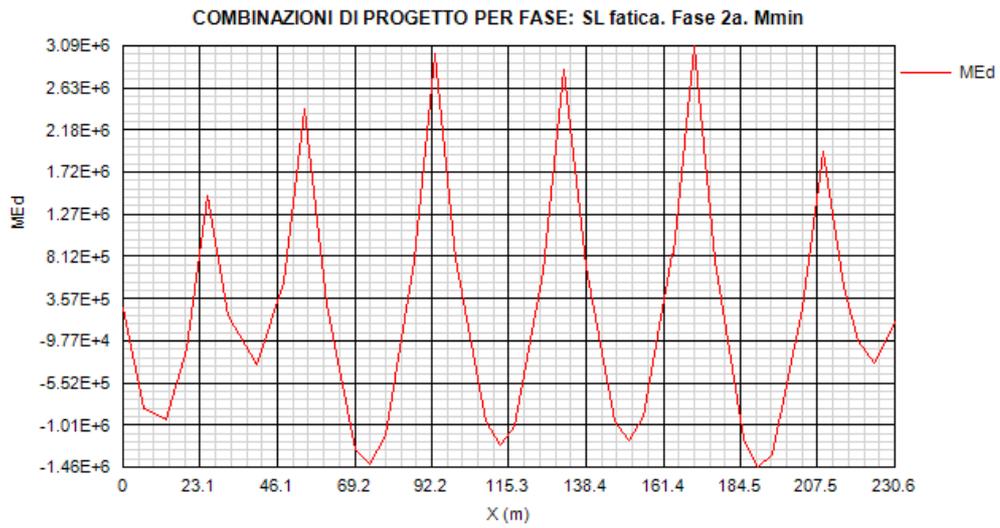


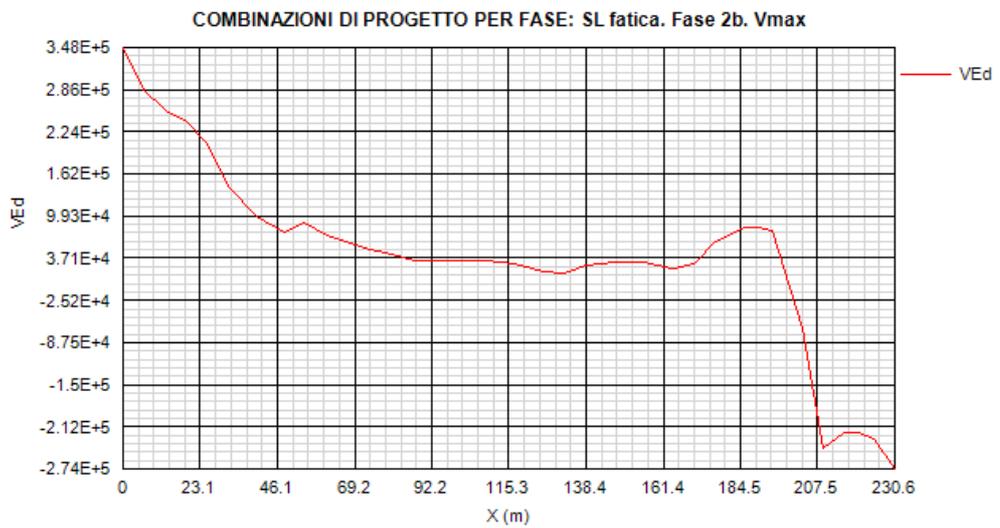
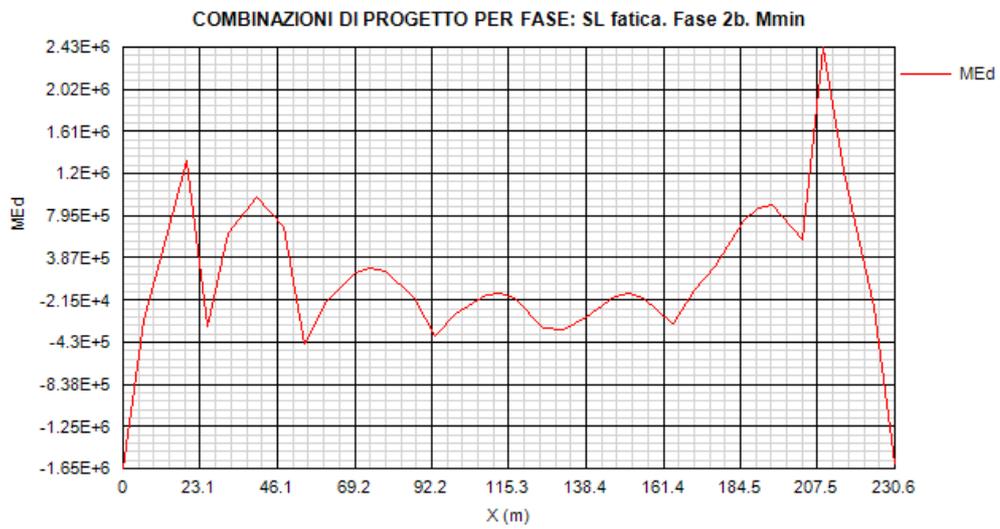
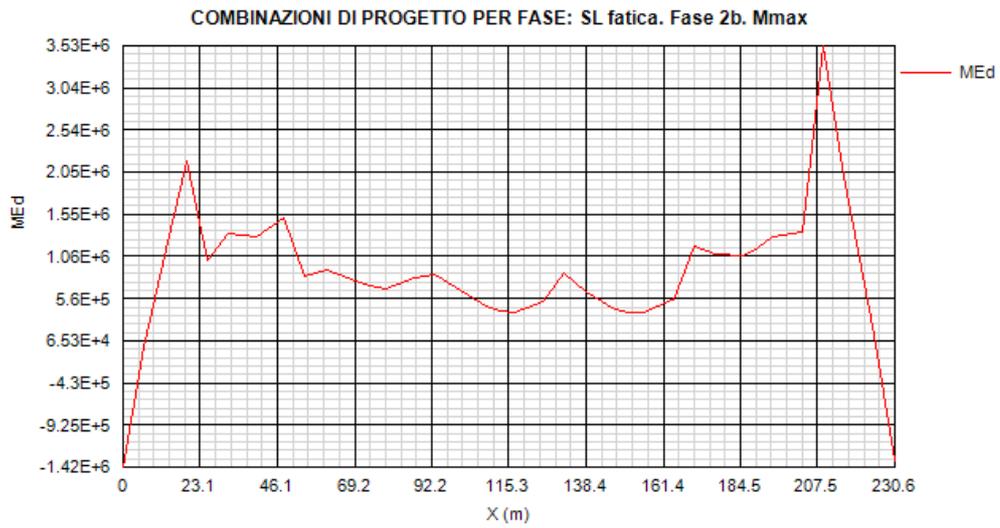


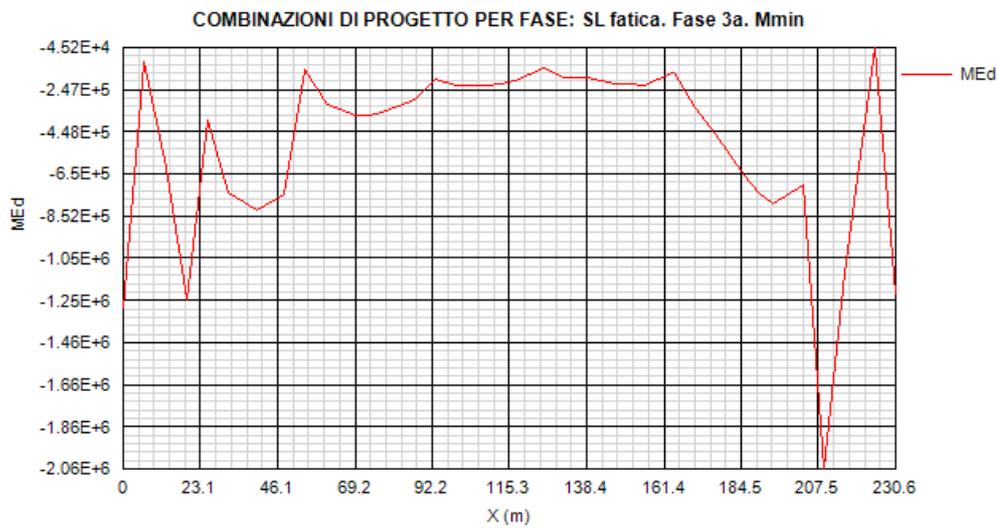
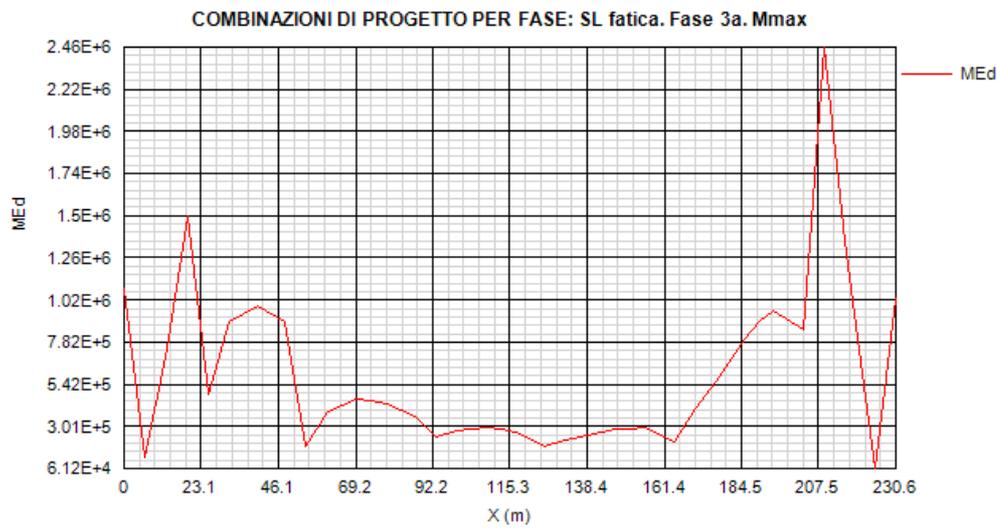
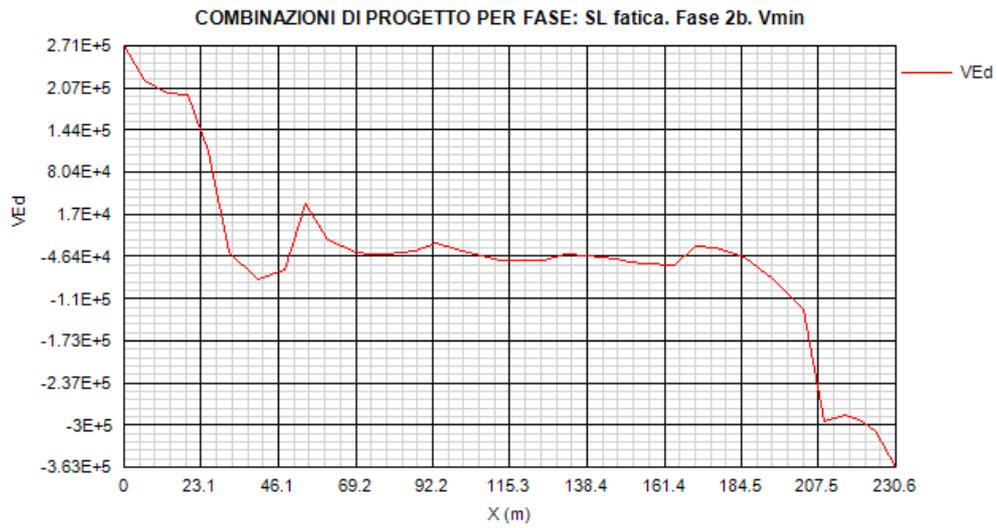


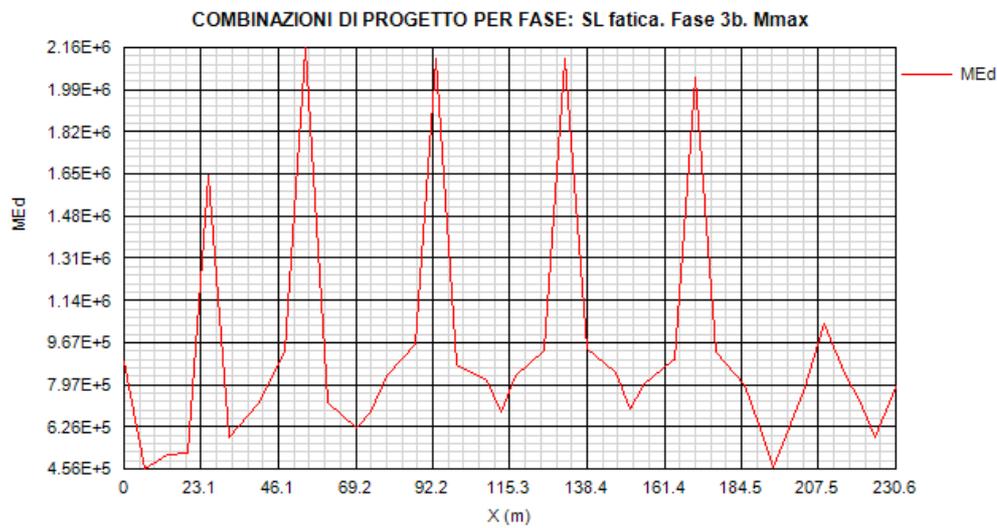
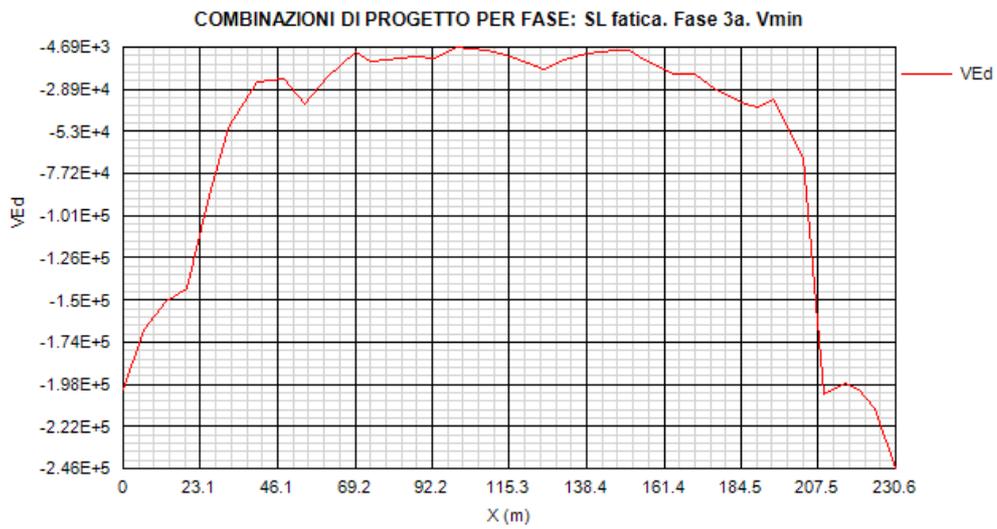
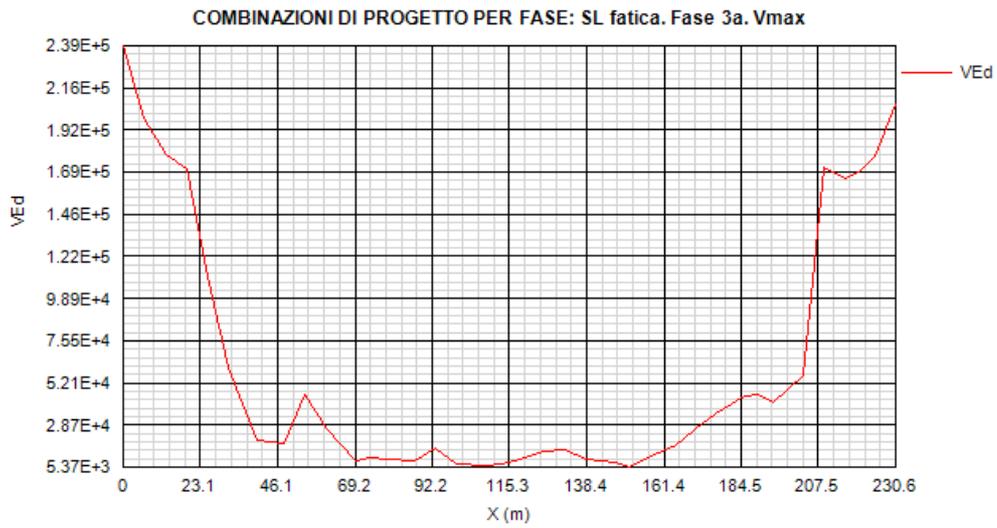


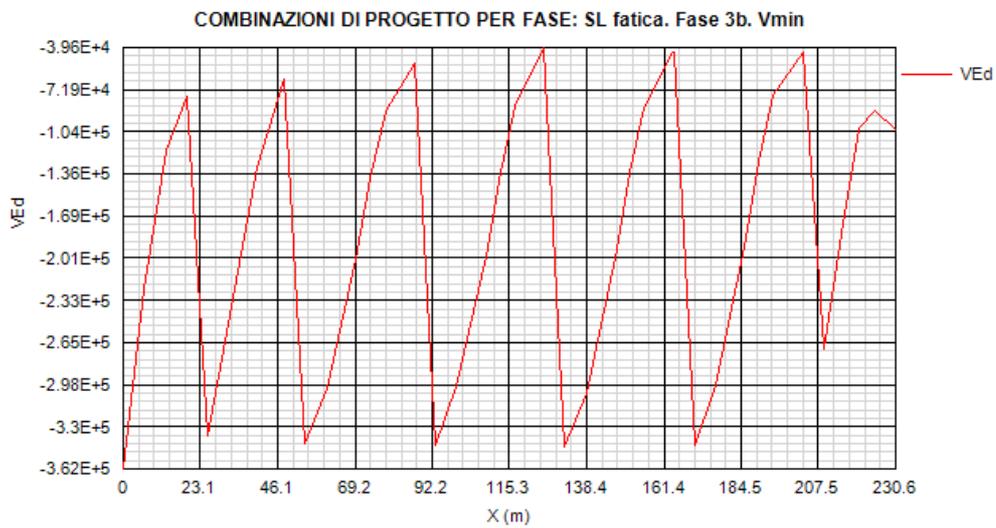
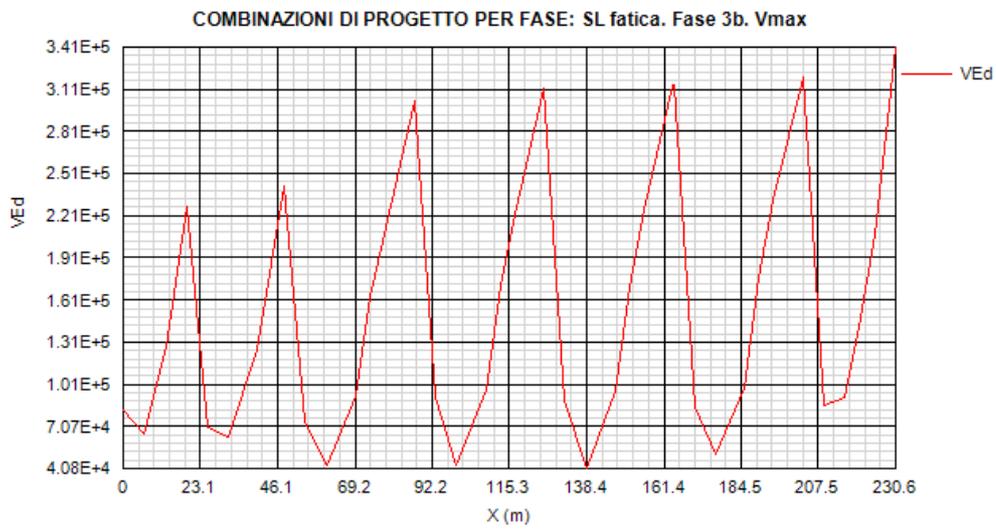
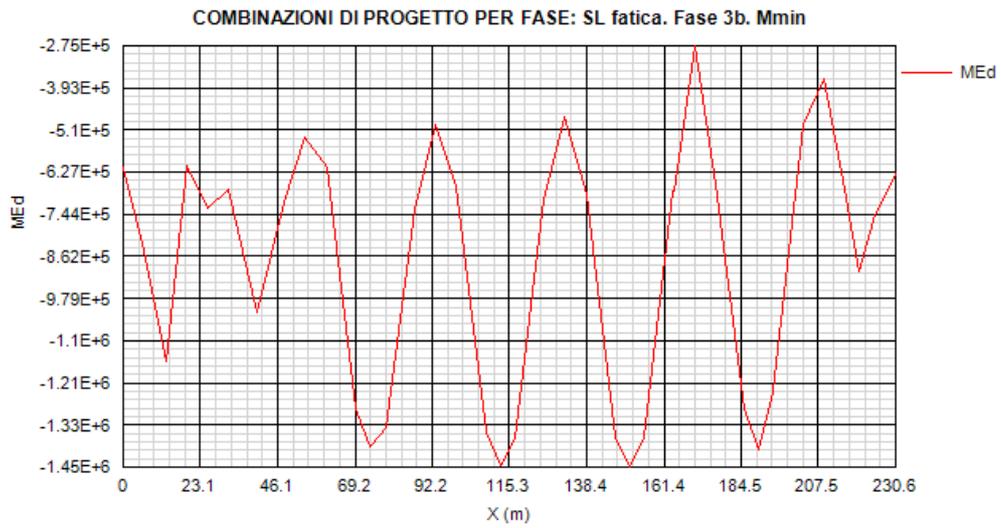








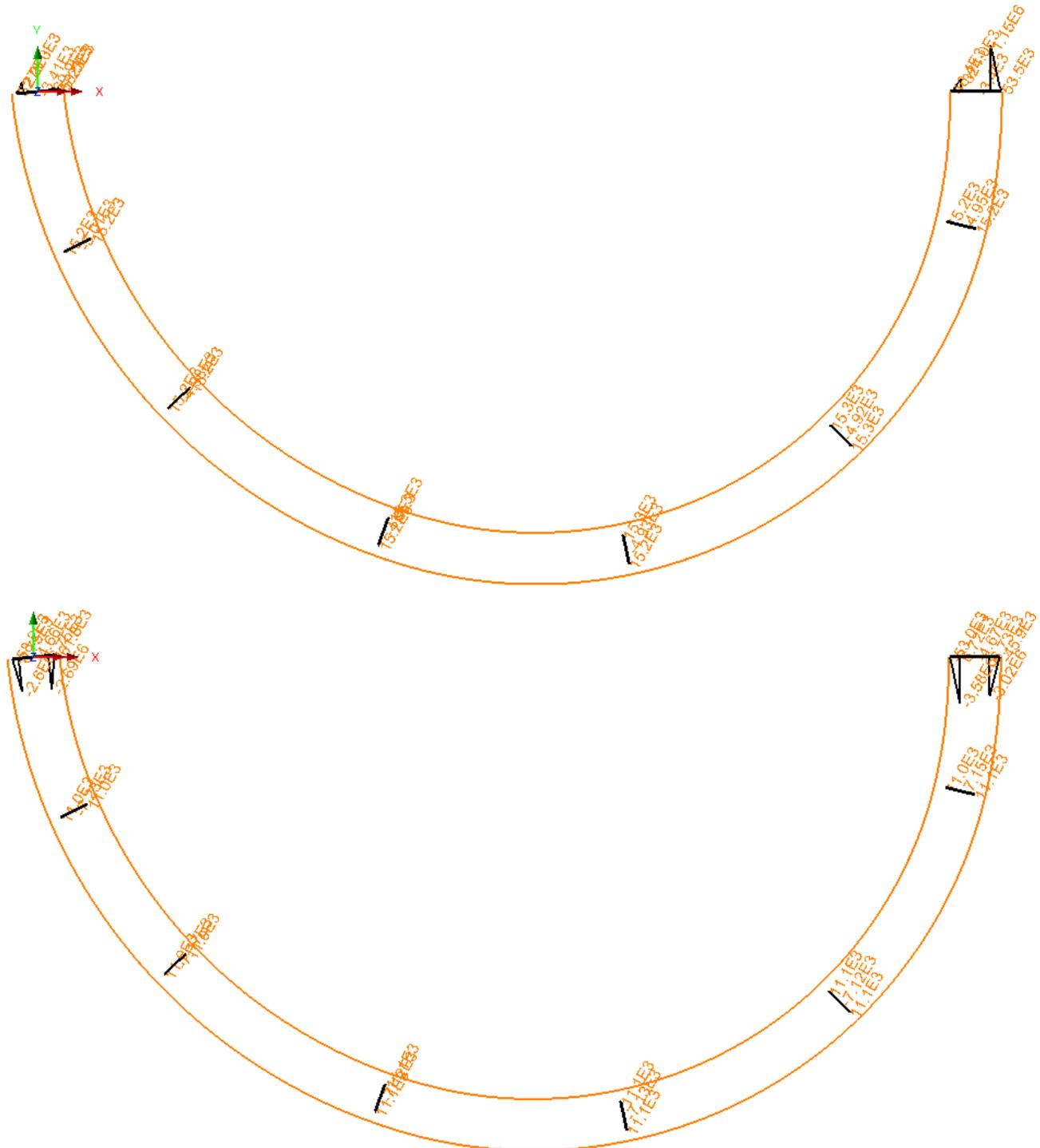




3.1.1.2 Quadro tensionale trasversi

La tipologia dell'opera comporta in quadro tensionale per i trasversi molto limitato.

Di seguito si riporta il momento flettente, tratto direttamente dall'analisi E.F., sotto la combinazione S.L.U. Mmax e S.L.U. Mmin



Il massimo momento flettente si rileva in corrispondenza dei trasversi di spalla, con:

$$M_{\max} = 3581 \text{ kNm}$$

Per i trasversi in corrispondenza delle elevazioni, il massimo valore del momento flettente risulta;

$$M_{\max} = 15.3 \text{ kNm}$$

Per i trasversi di spalla, il massimo momento flettente allo S.L.U. elastico risulta:

$$M_{Rd} = 355/1,05 \times 1.83e7/1000^2 = 6187 \text{ kNm}$$

Mentre per i traversi in corrispondenza delle elevazioni, il massimo momento flettente allo S.L.U. elastico risulta:

$$M_{Rd} = 355/1,05 \times 4.66e7/1000^2 = 15755 \text{ kNm}$$

Essendo $M_{Ed} \ll M_{Rd}$, non si procede in questa sede ad ulteriori verifiche.

3.2 Analisi dinamica

La massa complessiva della struttura risulta così composta:

M1 = 528279 kg	struttura metallica
M2 = (1749300 + 902496) kg	soletta in cls e sovraccarichi permanenti
M4 = (1074574+ 1332900) kg	elevazioni e fondazioni

Per un totale di:

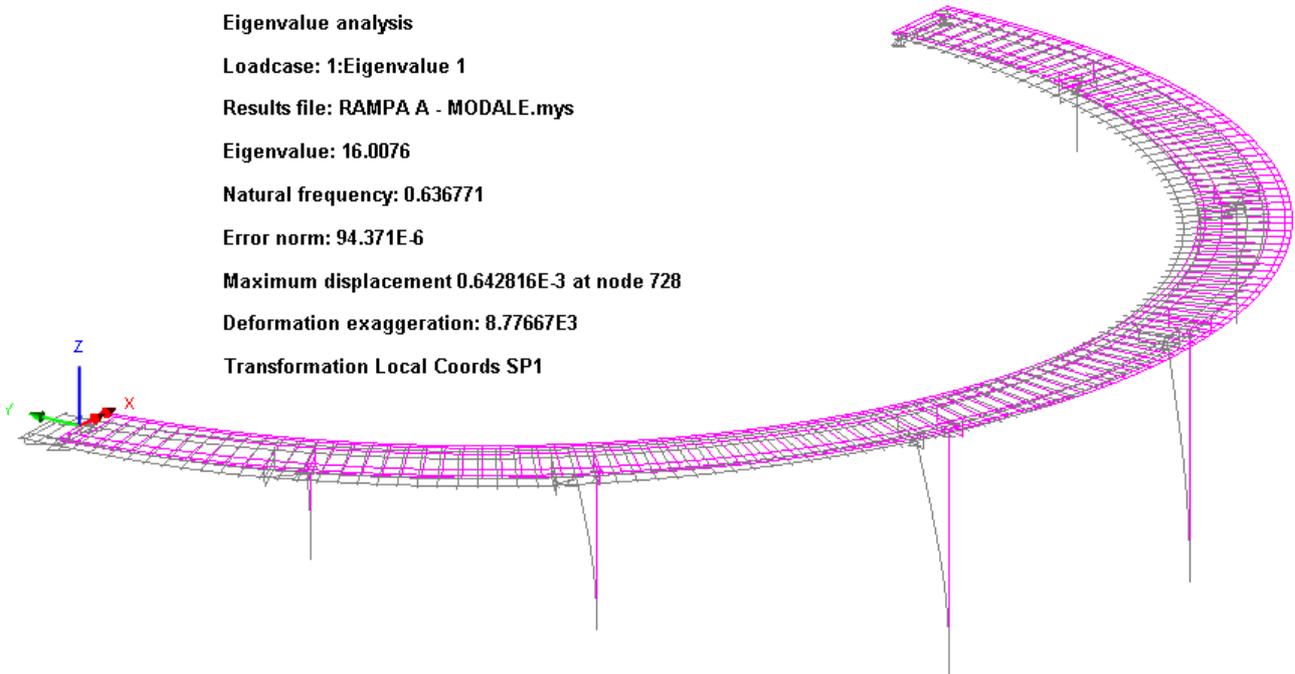
$$M_{tot} = 5587549 \text{ kg}$$

L'analisi dinamica, ovviamente dominata dall'effetto degli isolatori, viene arrestata ai primi modi rappresentativi ovvero in grado di eccitare almeno il 90% delle masse significative.

Nelle figure seguenti si riportano i modi principali longitudinale, trasversale e verticale.

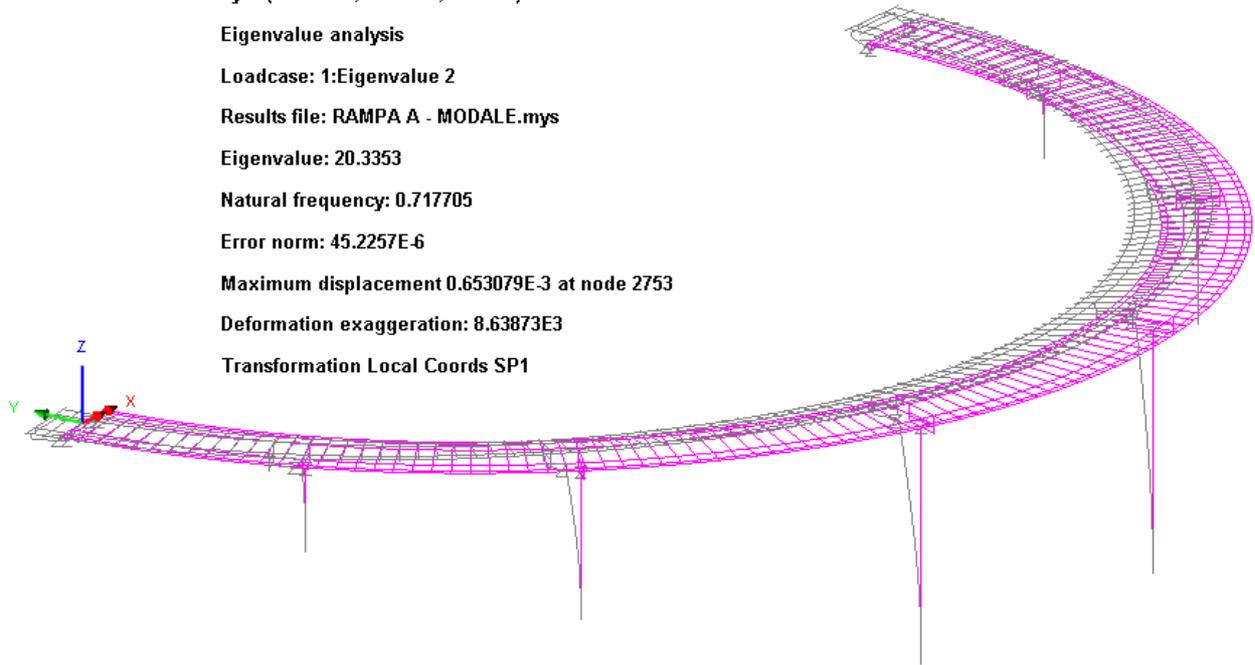
Modo 1 (f = 0.637 Hz)

Scale: 1: 940.296
 Zoom: 140.493
 Eye: (-0.766293, -0.54212, 0.34482)
 Eigenvalue analysis
 Loadcase: 1:Eigenvalue 1
 Results file: RAMPA A - MODALE.mys
 Eigenvalue: 16.0076
 Natural frequency: 0.636771
 Error norm: 94.371E-6
 Maximum displacement 0.642816E-3 at node 728
 Deformation exaggeration: 8.77667E3
 Transformation Local Coords SP1



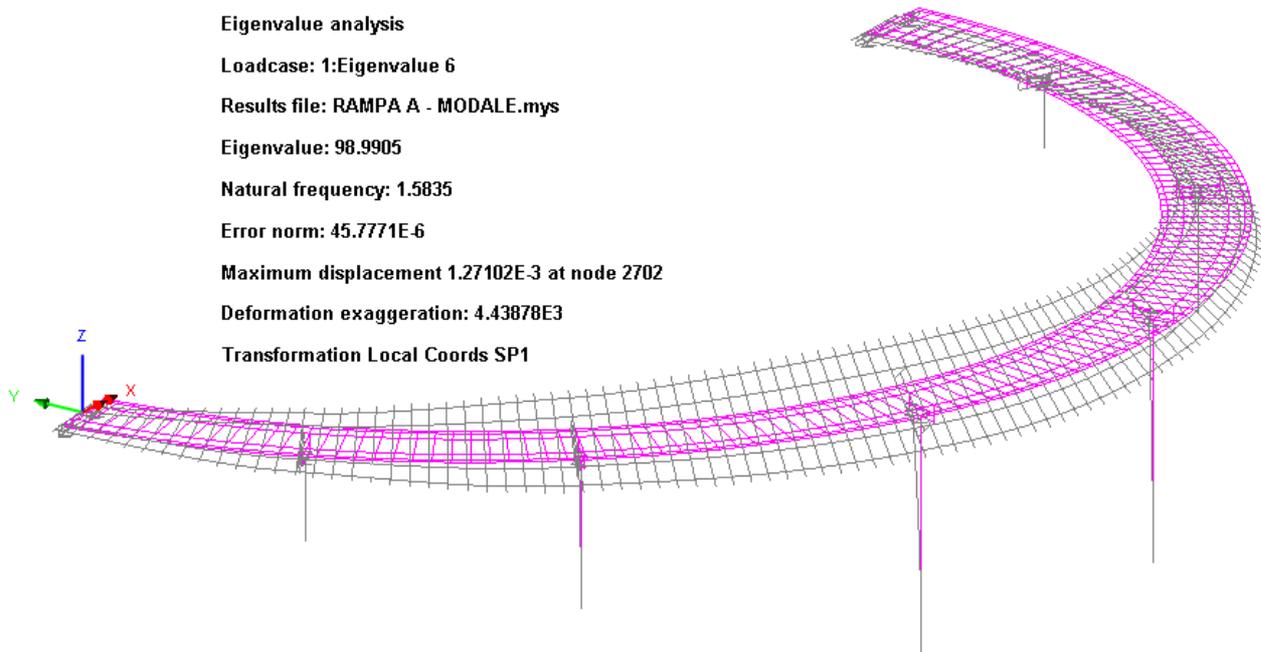
Modo 2 (f=0.653 Hz)

Scale: 1: 940.296
 Zoom: 140.493
 Eye: (-0.766293, -0.54212, 0.34482)
 Eigenvalue analysis
 Loadcase: 1:Eigenvalue 2
 Results file: RAMPA A - MODALE.mys
 Eigenvalue: 20.3353
 Natural frequency: 0.717705
 Error norm: 45.2257E-6
 Maximum displacement 0.653079E-3 at node 2753
 Deformation exaggeration: 8.63873E3
 Transformation Local Coords SP1



Modo 5 (f=1.58 Hz)

Scale: 1: 940.296
 Zoom: 140.493
 Eye: (-0.766293, -0.54212, 0.34482)
 Eigenvalue analysis
 Loadcase: 1:Eigenvalue 6
 Results file: RAMPA A - MODALE.mys
 Eigenvalue: 98.9905
 Natural frequency: 1.5835
 Error norm: 45.7771E-6
 Maximum displacement 1.27102E-3 at node 2702
 Deformation exaggeration: 4.43878E3
 Transformation Local Coords SP1



Di seguito i parametri identificativi dei modi analizzati.

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS									
MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P.FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P.FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P.FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	-1680	0.5197	52%	177.2	5.78E-03	1%	-0.37	2.52E-08	0%
2	164.9	5.01E-03	52%	1784	0.5861	59%	2.326	9.96E-07	0%
3	-739.8	0.1008	63%	8.676	1.39E-05	59%	-8.75E-03	1.41E-11	0%
4	-29.99	1.66E-04	63%	372.3	2.55E-02	62%	3.126	1.80E-06	0%
5	168.9	5.25E-03	63%	104.3	2.00E-03	62%	-19.96	7.34E-05	0%
6	-25.59	1.21E-04	63%	191.6	6.76E-03	63%	-38.11	2.67E-04	0%
7	141.1	3.67E-03	63%	-18.18	6.08E-05	63%	18.08	6.02E-05	0%
8	51.14	4.82E-04	64%	-12.85	3.04E-05	63%	4.166	3.20E-06	0%
9	-2.189	8.82E-07	64%	6.072	6.79E-06	63%	107.2	2.12E-03	0%
10	-16.05	4.74E-05	64%	5.594	5.76E-06	63%	153.8	4.35E-03	1%
11	123.6	2.81E-03	64%	60	6.63E-04	63%	-18.01	5.97E-05	1%
12	-249.2	1.14E-02	65%	50.53	4.70E-04	63%	-39.66	2.90E-04	1%
13	9.08	1.52E-05	65%	-25.28	1.18E-04	63%	11.24	2.33E-05	1%
14	2.418	1.08E-06	65%	-62.03	7.09E-04	63%	-23.39	1.01E-04	1%
15	-32.67	1.97E-04	65%	-18.53	6.32E-05	63%	-7.837	1.13E-05	1%
16	-75.81	1.06E-03	65%	123.2	2.79E-03	63%	4.13	3.14E-06	1%
17	-75.74	1.06E-03	65%	-280.2	1.45E-02	65%	-157.2	4.55E-03	1%
18	25.27	1.18E-04	65%	-154.8	4.41E-03	65%	-282.7	1.47E-02	3%
19	12.43	2.84E-05	65%	89.45	1.47E-03	65%	-983.1	0.178	20%
20	24.78	1.13E-04	65%	24.08	1.07E-04	65%	13.44	3.32E-05	20%

La sovrapposizione modale viene effettuata con riferimento agli spettri identificati ai paragrafi precedenti, adottando il metodo CQC.

I risultati vengono presentati direttamente nel prosieguo della relazione.

4. Verifica impalcato metallico

Per le modalità operative proprie del software di verifica, si rimanda ai capitoli introduttivi.

Nei capitoli seguenti si riportano i risultati salienti delle verifiche, espressi in generale in termini di rapporti di sfruttamento.

4.1 Verifica travi longitudinali

L'impalcato è sostanzialmente simmetrico. Le verifiche vengono pertanto eseguite solo sulla trave posta in sinistra.

Le sollecitazioni di verifica vengono direttamente dedotte dalle combinazioni del modello ad elementi finiti.

4.1.1 S.L.U. - resistenza delle sezioni – rapporti di sfruttamento

Si riportano di seguito i diagrammi dei seguenti rapporti di sfruttamento:

max η assoluto

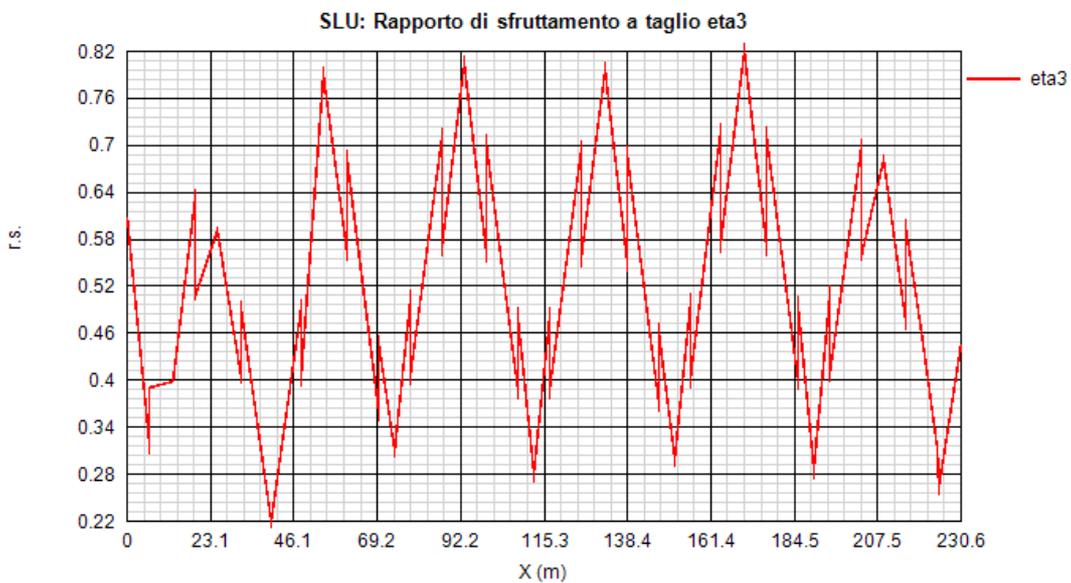
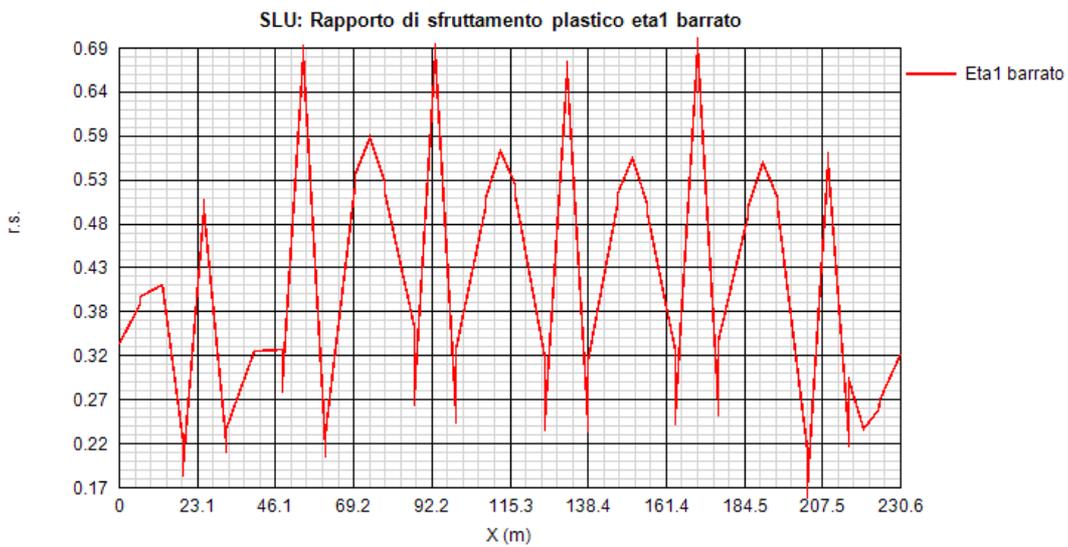
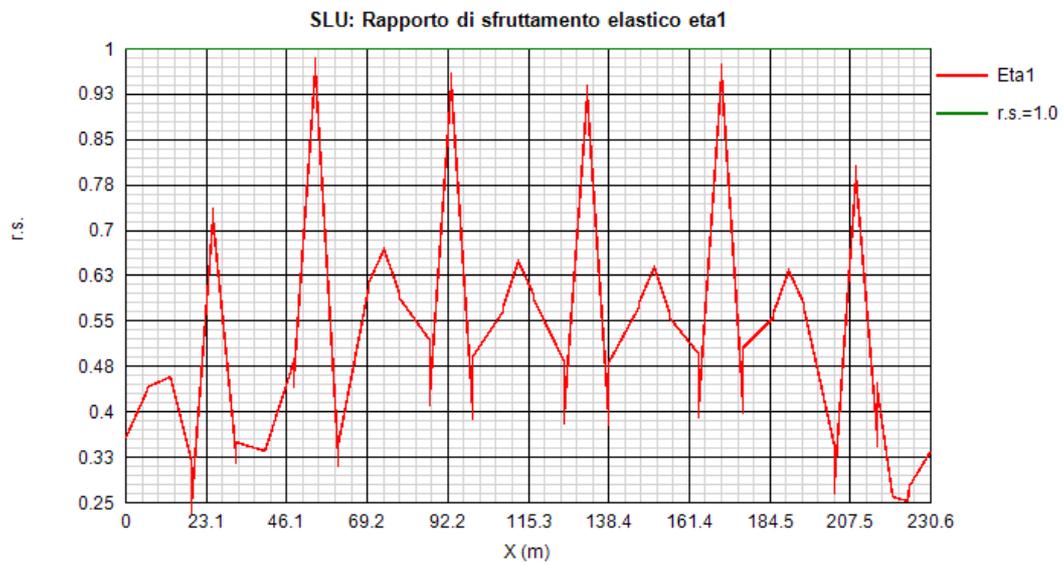
Derivante dall'interazione N/M/V (EN1993-1-5, 7.1.(1)); nei casi in cui non vi è interazione, tale valore coincide con il rapporto di sfruttamento a flessione η_1 .

max η_1 / η_{1l}

Rapporto di sfruttamento a flessione; nell'ambito delle condizioni di applicabilità dell'analisi plastica, esso coincide con il rapporto $\eta_{1l} = M_{Ed}/M_{pl}$ (rapporto di sfruttamento plastico); in tutti gli altri casi è pari a $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(\gamma_{m0}f_{yk})$. I rapporti di sfruttamento a flessione, risp. elastici e plastici vengono tracciati indipendentemente dal campo di applicabilità; in ogni caso, il valore considerato nel calcolo del rapporto di sfruttamento assoluto considera di volta in volta il rapp. elastico/plastico in funzione degli effettivi limiti di applicabilità.

max η_3

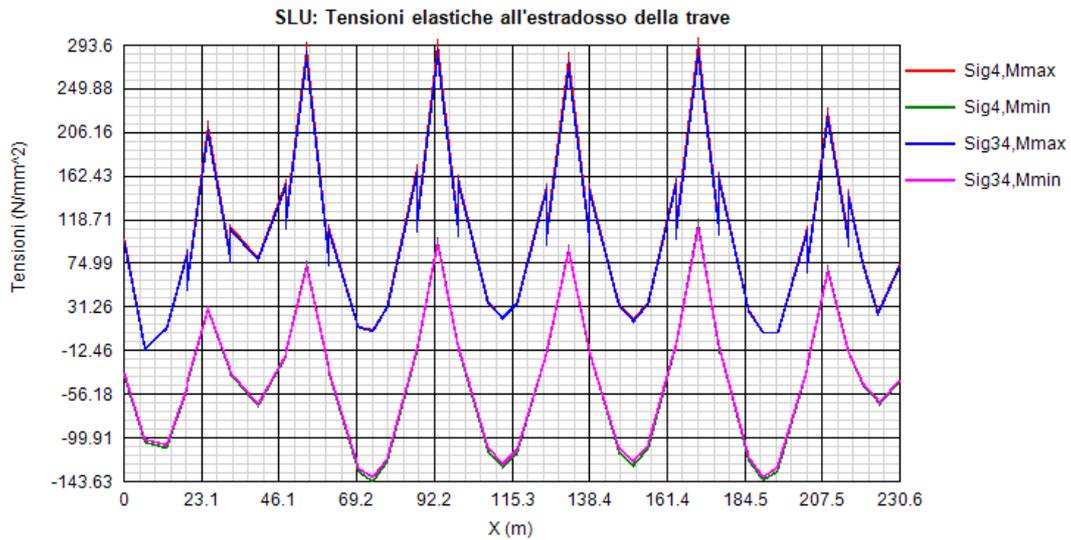
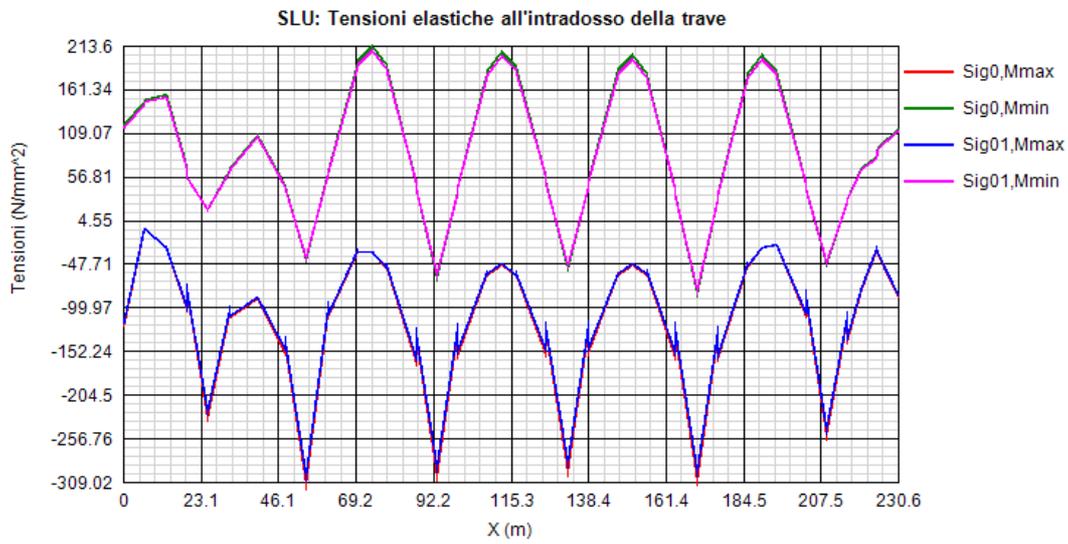
Rapporto di sfruttamento a taglio $\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd}$



Come si nota, i rapporti di sfruttamento rilevati risultano soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

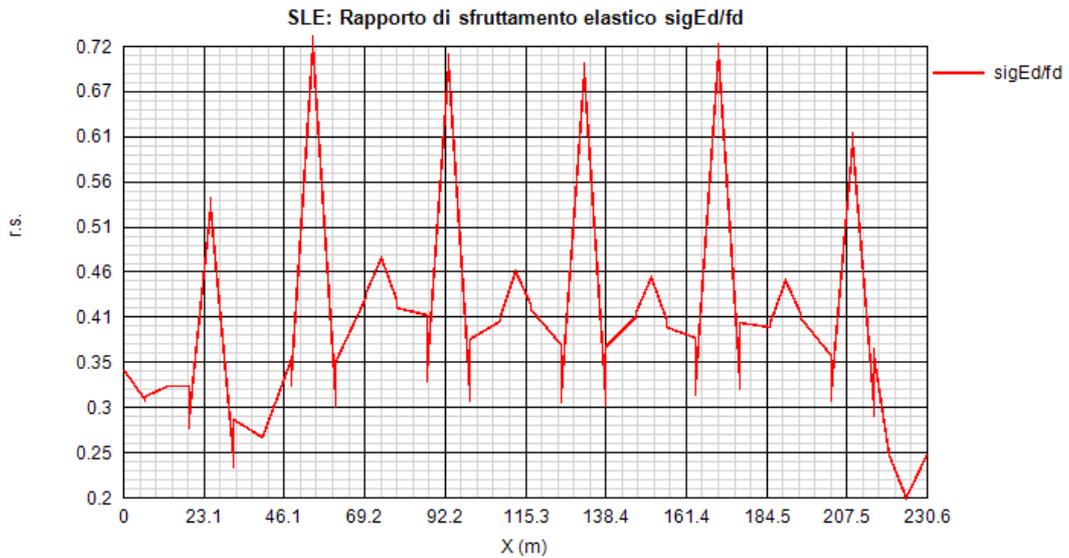
Le sezioni metalliche permangono tutte in campo elastico.

Si riportano anche i diagrammi relativi alle tensioni S.L.U. rilevate sulla piattabanda inferiore e superiore della trave (valori in MPa).



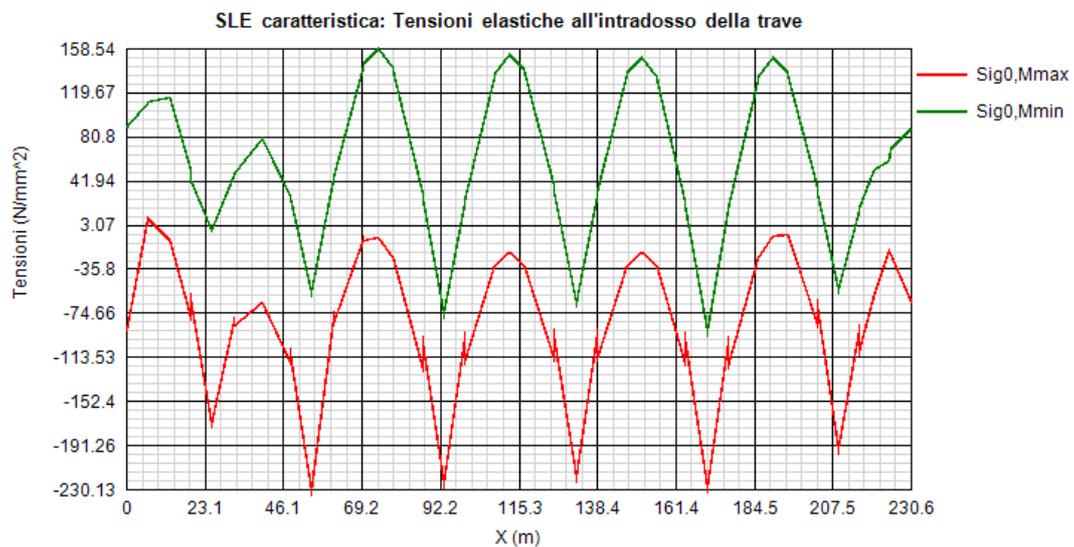
4.1.2 S.L.E. - limitazione delle tensioni – rapporti di sfruttamento

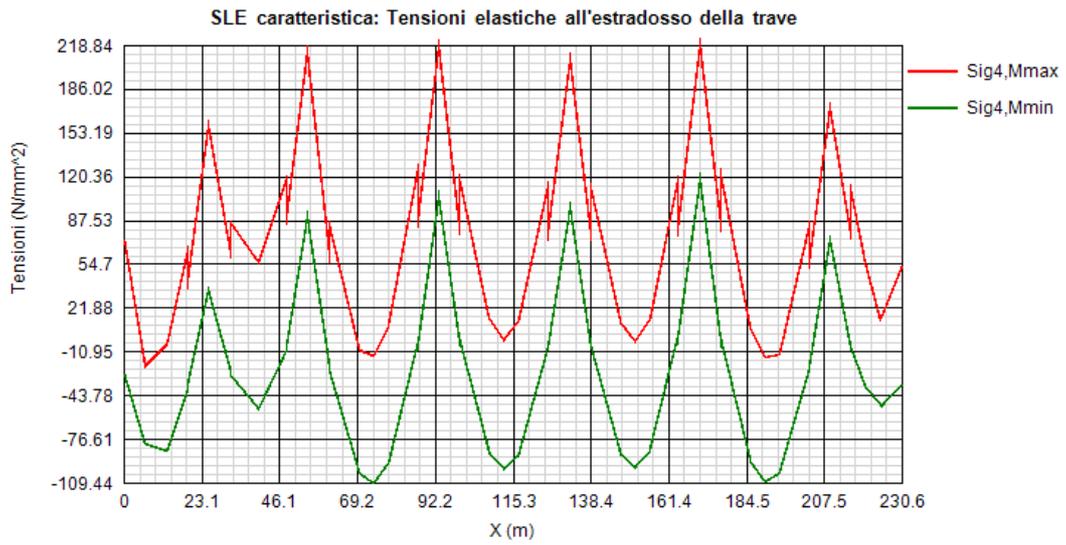
Di seguito si riporta l'andamento del rapporto di sfruttamento S.L.E. tra tensione di Von Mises e tensione di riferimento.



Come si può notare dall'esame del diagramma, i rapporti di sfruttamento S.L.E. appaiono soddisfacentemente al di sotto dell'unità.

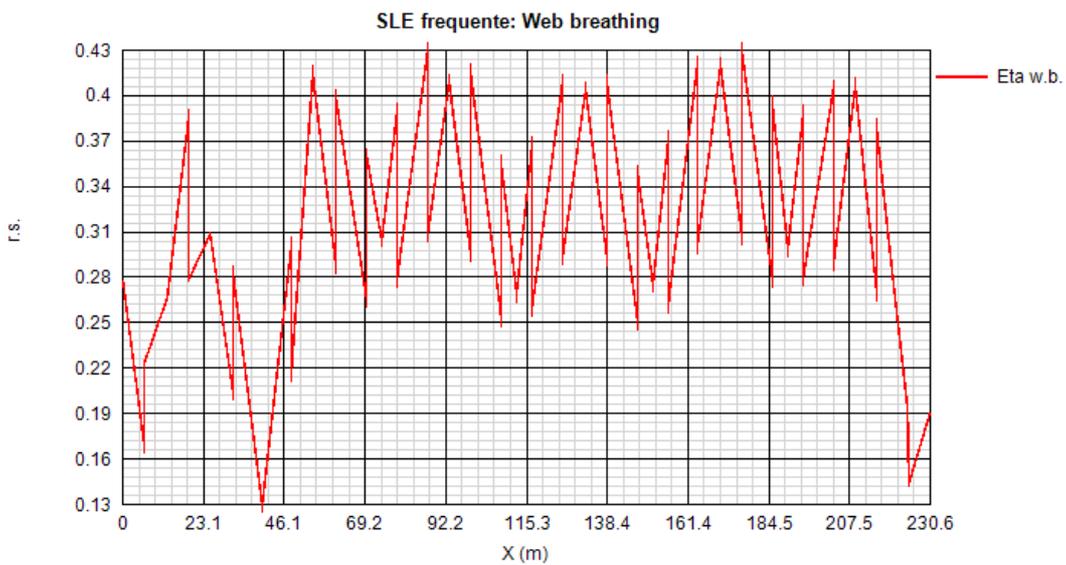
Si riportano anche in questo caso i diagrammi relativi alle tensioni all'intradosso ed estradosso della trave. (MPa).





4.1.3 S.L.E. frequente- "web breathing" – rapporti di sfruttamento

Relativamente alla verifica di Web Breathing, i diagrammi seguenti riportano l'andamento del rapporto di sfruttamento.



4.1.4 Verifiche a fatica – calcolo $\Delta\sigma_E$

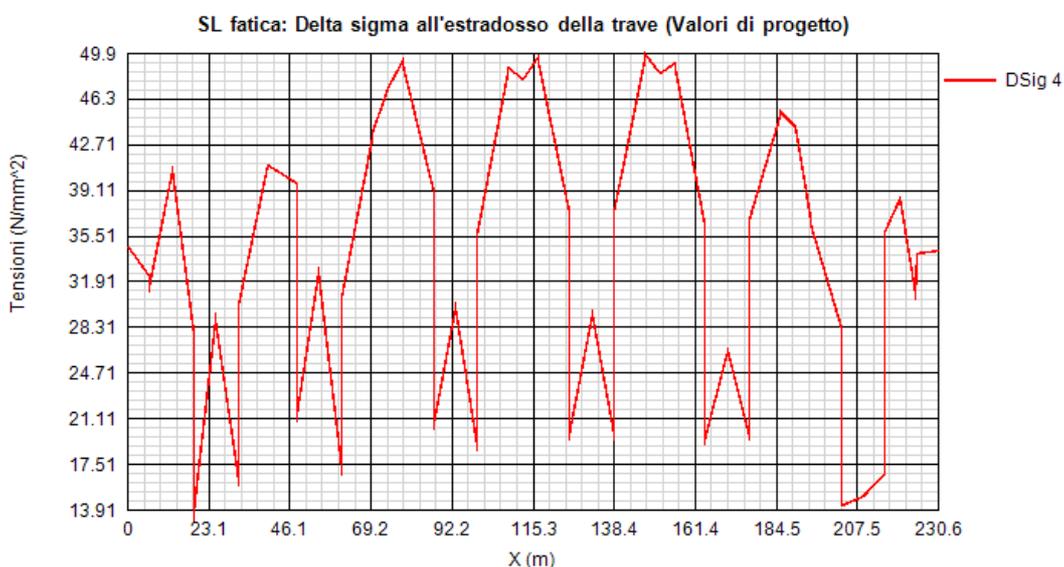
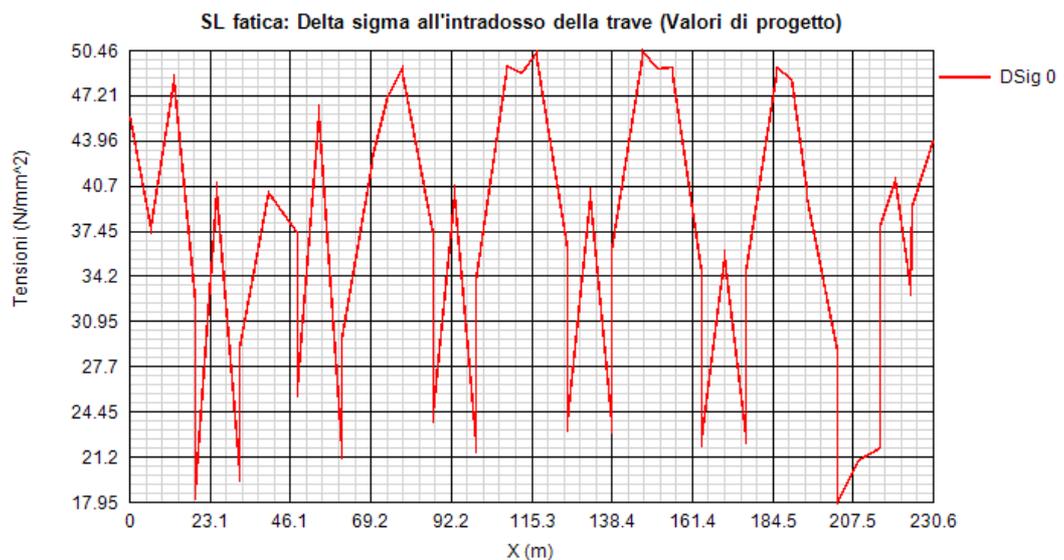
Per la verifica a fatica dei **dettagli di carpenteria**, si prendono in esame i dettagli di seguito elencati unitamente alla categoria/num. dettaglio dedotti dalle rispettive tabelle di EN 1993-1-9:

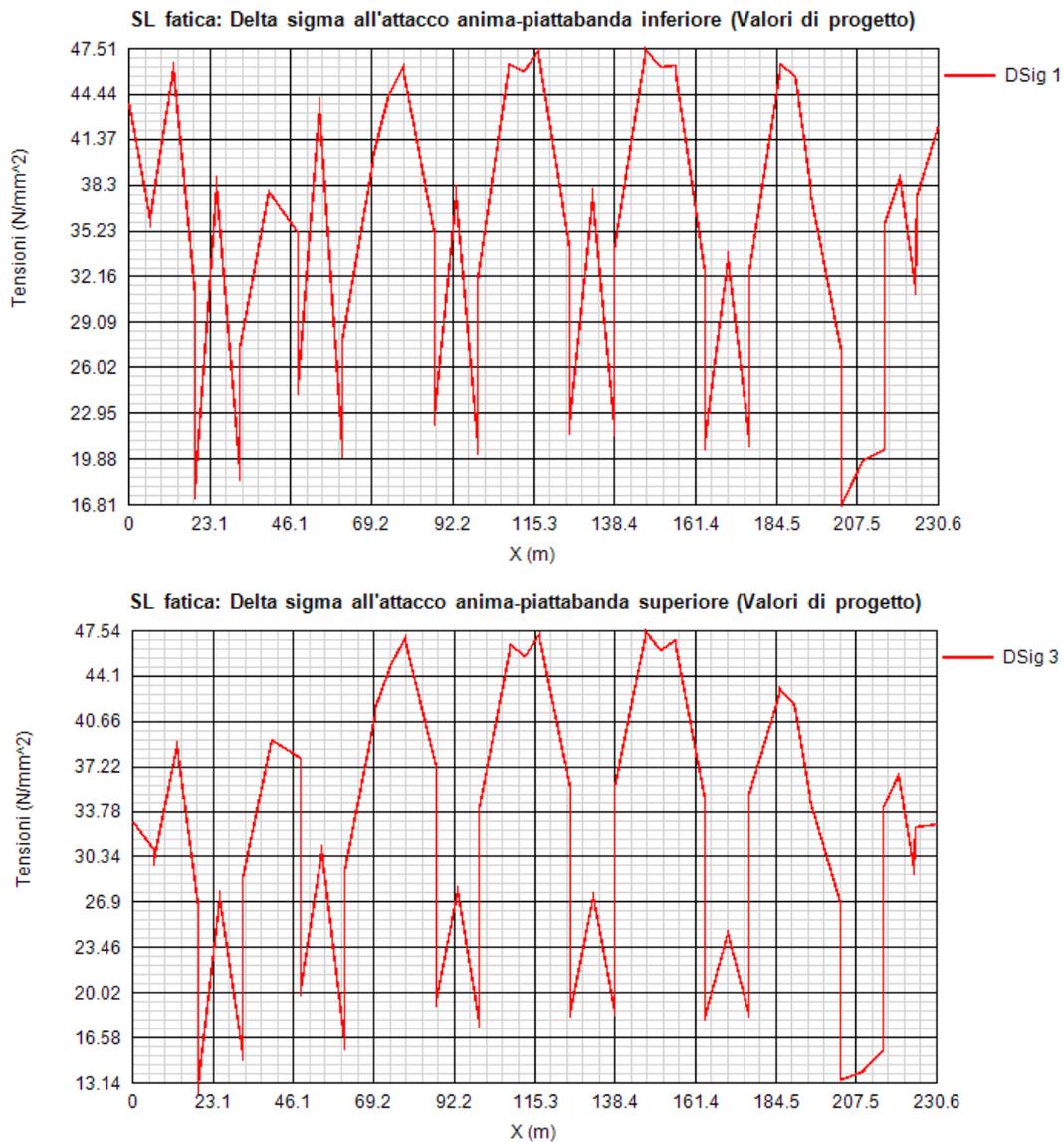
Piattabande - tensioni normali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Anima - tensioni tangenziali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Saldatura composizione anima-piatt.	categoria/dettaglio:	125/1	tab. 8.2 EN 1993-1-9
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	categoria/dettaglio:	112/6(*)	tab. 8.3 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - piattabande	categoria/dettaglio:	80/6(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - anima	categoria/dettaglio:	80/7(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9

(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

(**) $t < 50$ mm in tutti i casi

Di seguito si riporta l'ampiezza di $\Delta\sigma_E$ rilevati in corrispondenza della piattabanda inferiore e superiore e dell'attacco anima/piattabanda inferiore e superiore di ciascun concio.





Si esplicita pertanto, a titolo di esempio, la verifica del dettaglio più critico, rappresentato dalla saldatura piattabanda/irrigidente (cat. 80), sulla sezione maggiormente critica, caratterizzata da $\gamma_f \Delta \sigma_E = 45.47$ MPa (concio D, el. 1082 G.p.1):

$$\gamma_f \Delta \sigma_E = 49.9 \text{ MPa} \quad \text{su piattabanda inferiore}$$

$$\gamma_f \Delta \sigma_E = 51.8 \text{ MPa} \quad \text{su attacco anima piattabanda inferiore}$$

$$\Delta \sigma_{Rs} / \gamma_m = 80 / 1.35 = 59.26 \text{ MPa}$$

$$\eta = 51.8 / 59.26 = 0.87$$

Risultando, per la categoria di dettaglio più sfavorevole un $\Delta \sigma$ ammissibile pari a $80 / 1.35 = 59.3$ MPa (attacco irrigidente/piattabanda), è immediato accertare il pieno soddisfacimento delle verifiche.

4.1.5 Verifica connessione trave/soletta

4.1.5.1 Caratteristiche piolatura e detailing

Il sistema di connessione trave/soletta è formato da pioli tipo Nelson elettrosaldati, di diametro ϕ 19 mm ed altezza pari a 225 mm.

La piolatura corrente è formata da:

5 pioli / 200 mm (25 pioli/m) per i conci "A", "C" e "F"

4 pioli / 200 mm (20 pioli/m) per i conci "D"

3 pioli / 200 mm (15 pioli/m) per i conci "B" e "E"

Per il singolo pioli, valori di riferimento nell'ambito delle verifiche S.L.U. e S.L.E. sono pertanto i seguenti:

$$P_{Rd,SLU} = 81.66 \text{ kN}$$

Ponendo $k_s = 0.75$, conformemente a quanto previsto dal N.A.D. di EN 1994-2 (cfr. Istruzioni della NTC-08) si ha

$$P_{Rd,S.L.E.} = 0.75 \cdot 81.66 = 61.2 \text{ kN}$$

Per i limiti dimensionali da rispettare nel detailing delle piolature si fa riferimento ai contenuti di NTC-08 cap. 4.3.4.3.4/EN 1994-2 cap. 6.6.5.. Di seguito si evidenzia il riferimento specifico a quest'ultimo testo normativo, più puntuale.

Il massimo interasse longitudinale delle piolature dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_{max}/t_f \leq 22 \varepsilon$$

$$e_{max}/t_f \leq 22 \cdot 0.81 = 17.9$$

La distanza delle file longitudinali di pioli dal bordo dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_d/t_f \leq 9 \varepsilon$$

$$e_d/t_f \leq 9 \cdot 0.81 = 7.29$$

$$e_{d,min} = 25.0 \text{ mm} \quad (1994-2 \text{ 6.6.5.6(2)})$$

La minima distanza misurata tra la parte inferiore della testa del piolo e lo strato inferiore di armatura dovrà essere $> 40 \text{ mm}$.

I pioli dovranno rispettare le seguenti limitazioni dimensionali:

$$h_p \geq 3d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(1)} \quad h_p = \text{altezza piolo}$$

$$d_t \geq 1.5d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad d_t = \text{diametro testa}$$

$$h_t \geq 0.4d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad h_t = \text{altezza testa}$$

$$d_p \geq 1.5t_{sup} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo, } t_{sup} = \text{spessore flangia (*)}$$

(*) per piattabande in tensione, soggette a fatica

$$d_p \geq 2.5t_{sup} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(5)} \quad d_p = \text{diam. piolo, } t_{sup} = \text{spessore flangia (**)}$$

(**) per tutte le piattabande

$$d_p \geq 1.5t_{sup} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo, } t_{sup} = \text{spessore flangia}$$

L'interasse dei pioli dovrà rispettare le seguenti limitazioni dimensionali (EN1994-2 6.6.5.7.(4)):

$$s_{lg} \geq 5 d_p \quad \text{in direzione longitudinale}$$

$$s_{tv} \geq 2.5 d_p \quad \text{in direzione trasversale}$$

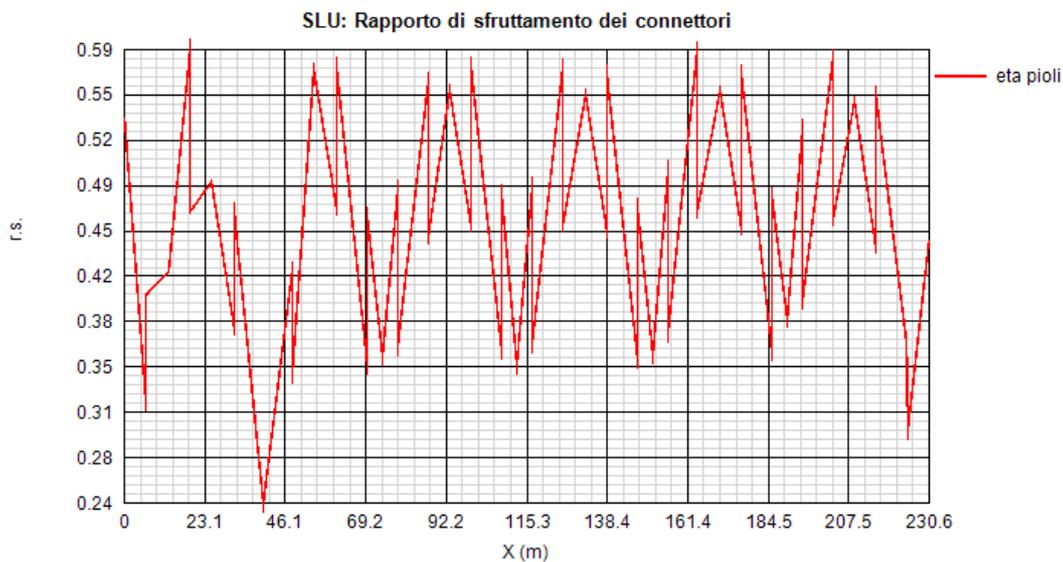
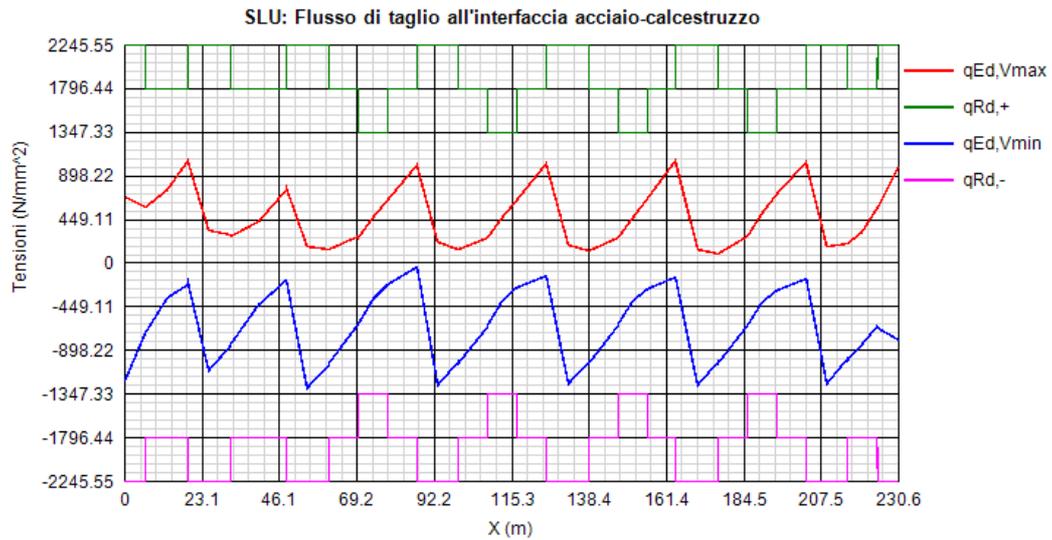
Nel rispetto delle limitazioni dimensionali esposte, per le tipologie previste di piolatura, la disposizione sulla piattabanda verrà organizzata come segue.

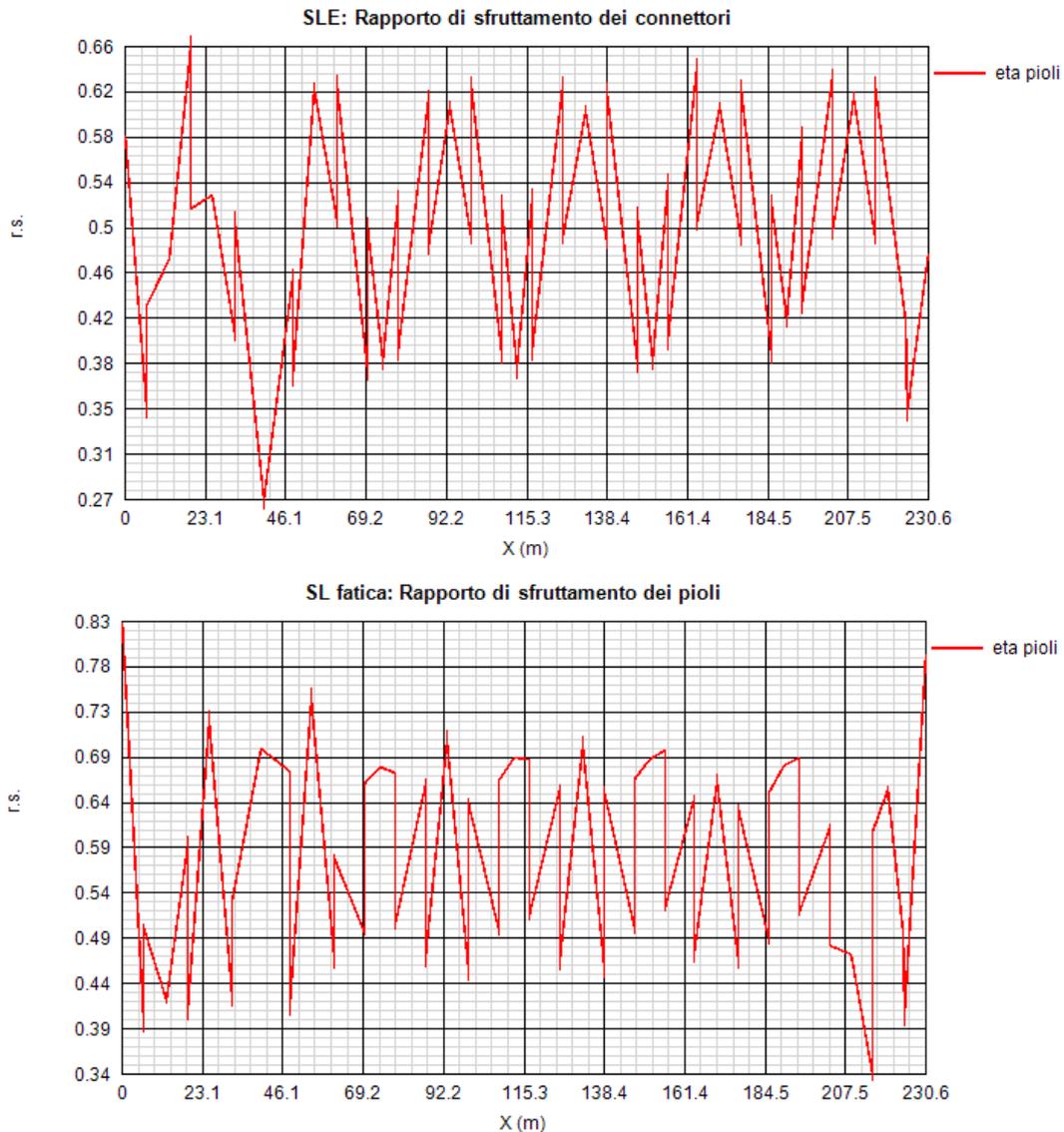
4.1.5.2 Riepilogo rapporti di sfruttamento verifica elastica S.L.U. - S.L.E. - fatica

Le verifiche vengono effettuate con il programma PontiEC4, su tutti i traversi della struttura.

Il calcolo dello scorrimento nelle varie sezioni di verifica ed il confronto con la piolatura di progetto viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate ($M_{max/min}$ e $V_{max/min}$).

I diagrammi seguenti riportano, oltre alla copertura S.L.U. del flusso di taglio acciaio calcestruzzo, l'andamento del rapporto di sfruttamento dei connettori allo S.L.U., S.L.E. e S.L.F.; in quest'ultimo caso, il rapporto di sfruttamento indicato è il maggiore relativo alle varie modalità di collasso.





4.2 Verifica stiffeners trasversali e ribs longitudinali

Le verifiche degli stiffeners vengono effettuate secondo in criteri di EN 1993-3-5, cap. 9.

Vengono effettuate le seguenti verifiche:

- 1) Lateral Torsional buckling (EN 1993-1-5, cap. 9.2.1.(8))
- 2) Verifica requisiti di rigidezza (EN 1993-1-5. cap. 9.3.3.(2))
- 3) Verifica di resistenza (S.L.U.) (EN 1993.1.5., cap. 9.2.1)

Le verifiche vengono effettuate in automatico dal programma Ponti EC4, con riferimento all'effettivo quadro tensionale rilevato nelle varie sezioni.

4.2.1 Irrigidenti intermedi

In sede di verifica si considera un piatto asimmetrico 300x25 mm. Per ragioni costruttive, al fine di agevolare l'aggancio dei traversi, gli irrigidenti intermedi il piatto potrà in realtà avere maggiore larghezza.

Di seguito le verifiche 1) e 2), comuni a tutte le sezioni, rispettivamente per gli elementi installati sui conci.

Lateral Torsional Buckling

Verifica a Torsional buckling

Stiffeners rettangolari

Stiffeners a T ed a L

$$\frac{I_T}{I_P} \geq 5.3 \frac{f_y}{E}$$

$$\sigma_{cr} \geq 6 f_y$$

Conci	A-F
Check	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr}	--
$6 \cdot f_y$	--
I_{Cr}	--
I_w	--
I_T	1.302E+6
I_P	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
C_θ	--
E	210000
f_y	355
G	80769
A	4500

Rigidezza

$$I_{ST} \geq 1.5 h_W^3 t_W^3 / a^2 \quad a / h_W < \sqrt{2}$$

$$I_{ST} \geq 0.75 h_W^3 t_W^3 / a^2 \quad a / h_W \geq \sqrt{2}$$

Concio A

$$I_{st} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 9.66E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1610 \text{ mm} \quad s/h_w = 2.795$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad \phi_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio B

$$I_{st} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad s/h_w = 2.769$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad \phi_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio C

$$I_{st} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad s/h_w = 2.769$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad \phi_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio D

$$I_{st} = 1.037E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$s = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad s/h_w = 2.769$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad \phi_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio E

$$I_{st} = 1.037E+9 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 9.79E+8 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Concio F

$$I_{st} = 1.037E+9 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 9.79E+8 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm}$$

$$A_{st} = 16513.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 51.1 \text{ mm}^2$$

Verifica di resistenza

Vista la similitudine di comportamento dei dispositivi installati sulle tipologie di concio, i risultati della verifica di resistenza (elaborata per tutte le sezioni e per tutte le combinazioni S.L.U.) viene qui proposta per gli irrigidenti disposti sul concio A, caratterizzato da massima azione tagliante.

Concio A (el. 965. G.P. 1, comb. Vmin)

Requisiti minimi per gli stiffeners trasversali	
Tensione massima	Spostamento massimo
$\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$	$w \leq \frac{i_{2v}}{300}$
$\sigma_{max} = 0.1 < 322.7 \text{ N/mm}^2$	$w = 0 < 5.4 \text{ mm}$
VERIFICA SODDISFATTA	
$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 0E+00 + 3.309E+4 = 3.309E+4 \text{ N}$	
$N_{st,Ed} = N_{st,tension} + N_{st,compression} = 0E+00 + 0E+00 = 0E+00 \text{ N}$	
$\sigma_m = 0.124 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C)/\sigma_{cr}(F) = 0 \Rightarrow 0.5$	
$\sigma_{cr}(F) = 1E+300 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr}(C) = 3.75 \text{ N/mm}^2$	
$N_{Ed} = 9.043E+5 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.102 \quad N_{cr,st} = 8.139E+7 \text{ N}$	
$e_1 = 51.1 \text{ mm} \quad e_{max} = 200.9 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm}$	
$\delta_m = 0$	
$(I_{st \text{ min}} = 1.582E+9 \text{ mm}^4 \quad u = 2.752)$	

4.2.2 Irrigidenti d'appoggio

In appoggio viene disposta una coppia di irrigidenti 300x25 mm, simmetricamente rispetto all'anima.

La verifica viene effettuata considerando, oltre alla funzione di stabilizzazione anima, anche considerando la reazione verticale d'appoggio:

$$N_{sd,S.L.U.} = 4700 \text{ kN}$$

Di seguito l'output della verifica, specializzato alla sezione d'appoggio lato pila spalla 1

Sezione Aapp S1

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T / I_P	0.01
$5.3 f_y / E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 229.7 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\begin{aligned} \Sigma N_{st,Ed} &= N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 3.309E+4 = 4.733E+6 \text{ N} \\ N_{st,Ed} &= N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N} \\ \sigma_m &= 0.124 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5 \\ N_{Ed} &= 9.043E+5 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.102 \\ N_{cr,st} &= 2.302E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sezione Capp S7

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.66E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\begin{aligned} t_w &= 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2 \\ a &= 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1610 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.795 \end{aligned}$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{max} = 229.5 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\begin{aligned} \Sigma N_{st,Ed} &= N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 4.901E+4 = 4.749E+6 \text{ N} \\ N_{st,Ed} &= N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N} \\ \sigma_m &= 0.187 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5 \end{aligned}$$

$$N_{Ed} = 1.352E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.093$$

$$N_{cr,st} = 2.345E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.37 \text{ mm}$$

Sezione Capp S13

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_y/E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.66E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1610 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.795$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{max} = 229.6 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 6.918E+4 = 4.769E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.263 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 1.908E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.093$$

$$N_{cr,st} = 2.345E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.37 \text{ mm}$$

Sezione Happ F22**Verifica degli stiffeners****Torsional buckling degli stiffeners verticali**

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_v$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_v/E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_v (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.54E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1590 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.83$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 229.3 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 6.35E+4 = 4.763E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.248 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 1.774E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.081$$

$$N_{cr,st} = 2.404E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.3 \text{ mm}$$

Sezione Fapp S31

Verifica degli stiffeners**Torsional buckling degli stiffeners verticali**

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T / I_P	0.01
$5.3 f_y / E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.54E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1590 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.83$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 229.3 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 5.977E+4 = 4.76E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.233 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)} / \sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 1.67E+6 \text{ N} \quad \lambda_{rw} = 1.081$$

$$N_{cr,st} = 2.404E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.3 \text{ mm}$$

Sezione Fapp S40**Verifica degli stiffeners****Torsional buckling degli stiffeners verticali**

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_v$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm ⁴)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T/I_P	0.01
$5.3 f_v/E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_v (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \min} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.54E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1590 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.83$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = 229.3 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 6.117E+4 = 4.761E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.239 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)}/\sigma_{cr(P)} = 3.75/1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 1.709E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.081$$

$$N_{cr,st} = 2.404E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\max} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.3 \text{ mm}$$

Sezione Fapp S49

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
--	-------------------------

	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898
Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T / I_P	0.01
$5.3 f_y / E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.54E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1590 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.83$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 229.3 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 6.373E+4 = 4.764E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.249 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)} / \sigma_{cr(P)} = 3.75 / 1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 1.78E+6 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.081$$

$$N_{cr,st} = 2.404E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\text{max}} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.3 \text{ mm}$$

Sezione Aapp S54

Verifica degli stiffeners

Torsional buckling degli stiffeners verticali

	Stiffeners verticali
	VERIFICA SODDISFATTA
c.u.	0.898

Type	Vert. (R)
σ_{cr} (N/mm ²)	--
$6 \cdot f_y$ (N/mm ²)	--
I_{cr} (mm)	--
I_w (mm ⁶)	--
I_T (mm ⁴)	1.302E+6
I_P (mm ⁴)	1.305E+8
I_T / I_P	0.01
$5.3 f_y / E$	0.009
$c\theta$ (N)	--
E (N/mm ²)	210000
f_y (N/mm ²)	355
G (N/mm ²)	80769
a (mm)	4500

Stiffeners verticali agenti come supporto rigido per i pannelli d'anima

$$I_{st} = 2.933E+8 \text{ mm}^4 > I_{st \text{ min}} = 0.75 h_w t_w^3 = 9.75E+6 \text{ mm}^4$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$t_w = 20 \text{ mm} \quad b_w = 513.2 \text{ mm} \quad A_{st} = 22763.4 \text{ mm}^2 \quad e_1 = 0 \text{ mm}^2$$

$$a = 4500 \text{ mm} \quad h_w = 1625 \text{ mm} \quad a/h_w = 2.769$$

Massima tensione ed inflessione degli stiffeners verticali (Comb. Vmin)

$$w = 0.1 < 5.4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 229.5 < 322.7 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA SODDISFATTA

Essendo:

$$\Sigma N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} = 4.7E+6 + 6.421E+3 = 4.706E+6 \text{ N}$$

$$N_{st,Ed} = N_{st,ten} + N_{st,ex} = 0E+00 + 4.7E+6 = 4.7E+6 \text{ N}$$

$$\sigma_m = 0.024 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{cr(C)} / \sigma_{cr(P)} = 3.75 / 1E+300 = 0 \Rightarrow 0.5$$

$$N_{Ed} = 1.755E+5 \text{ N} \quad \lambda_w = 1.102$$

$$N_{cr,st} = 2.302E+8 \text{ N} \quad e_1 = 0 \text{ mm} \quad e_{\text{max}} = 260 \text{ mm} \quad w_0 = 5.42 \text{ mm}$$

5. Deformazioni e controfrecce

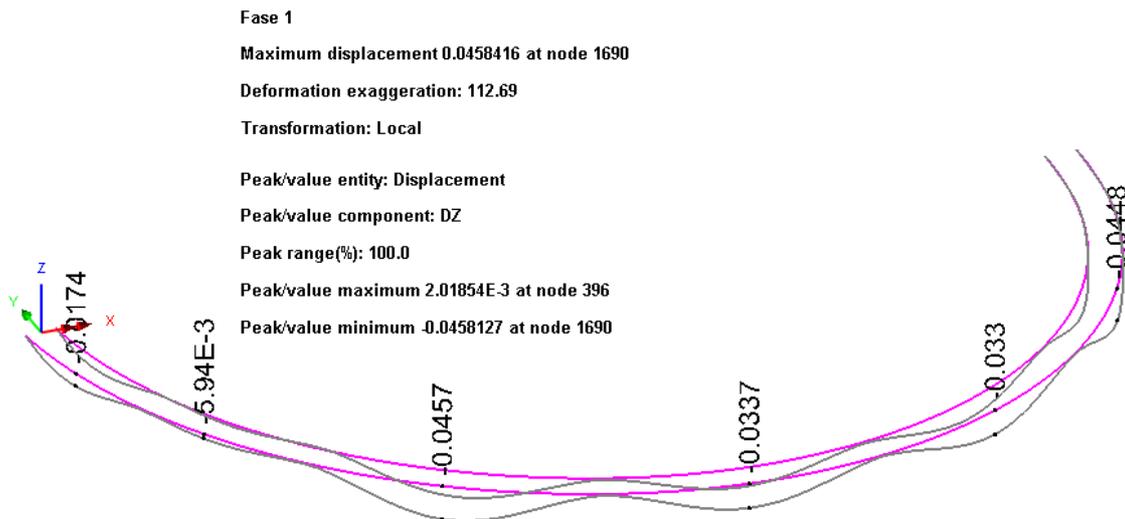
Nel presente paragrafo vengono riportate le massime deformazioni verticali subite dalle travi di impalcato e dai traversi in condizioni di esercizio.

Per la valutazione della deformabilità delle travi principali viene esaminato il contributo apportato dai seguenti carichi:

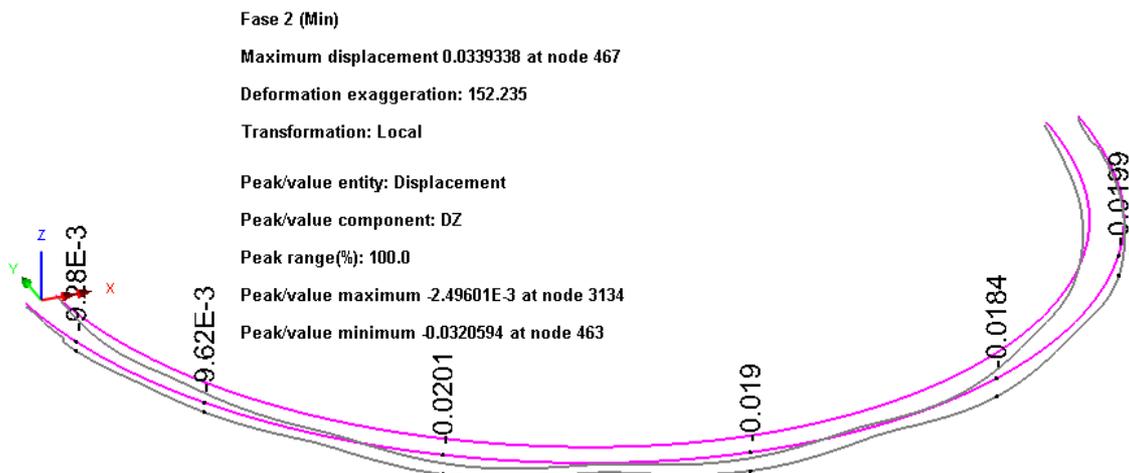
- Peso proprio acciaio + Peso getto soletta (fase 1);
- Sovraccarichi permanenti + Cedimenti + Ritiro (fase 2);
- Carichi mobili (val. caratteristico)
- Carichi mobili frequenti
- comb. S.L.E. caratteristica
- comb. S.L.E. frequente

Nel seguito vengono riportate le deformate relative ai sopraccitati carichi, con l'indicazione del valore massimo di freccia riscontrato.

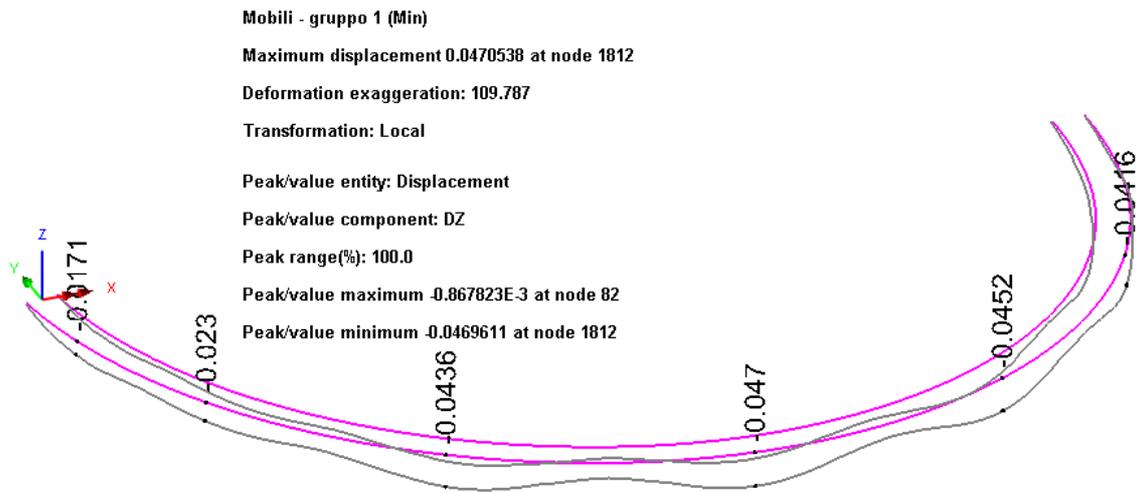
fase 1



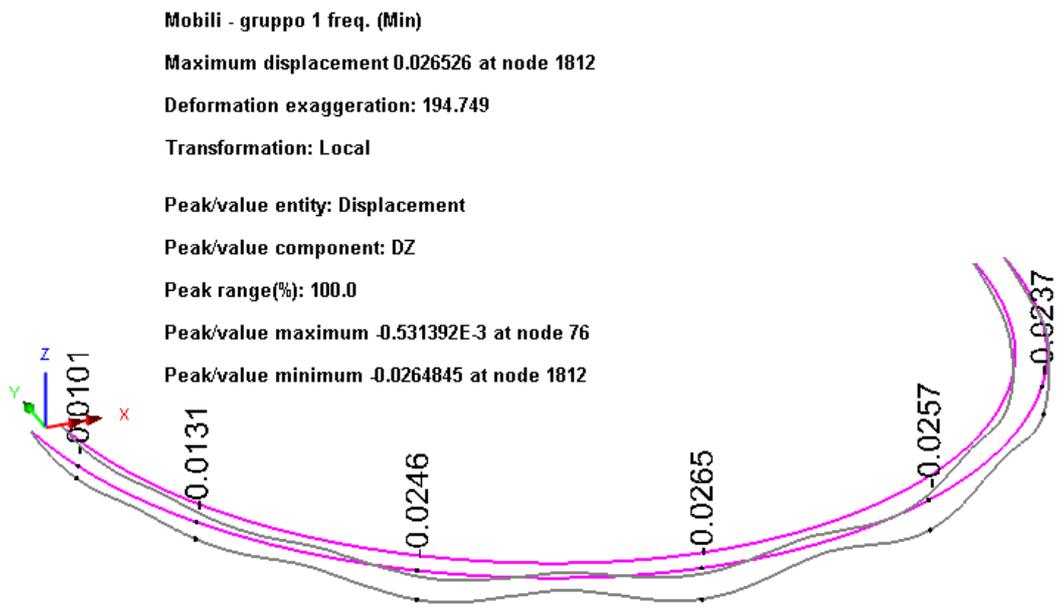
fase 2



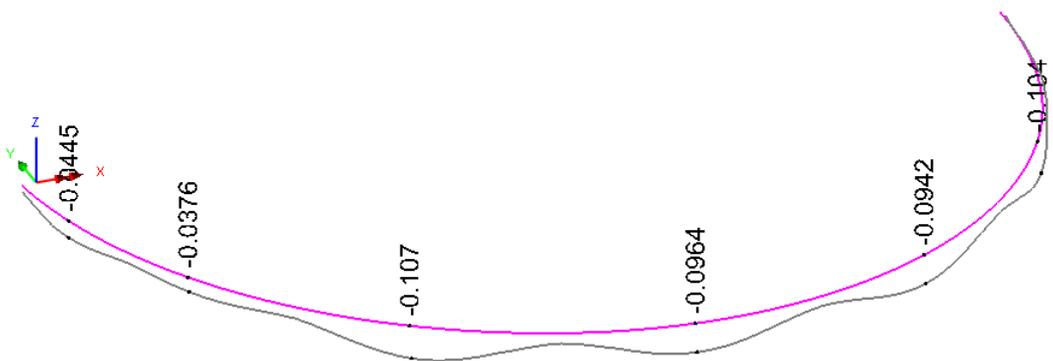
fase 3 – mobili caratteristici



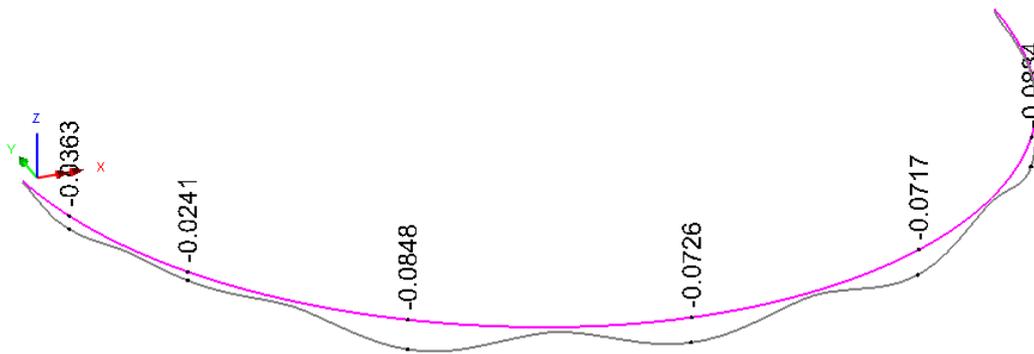
fase 3 – mobili frequenti



S.L.E. caratteristica



S.L.E. frequente



Si riportano le frecce degli impalcati di luce maggiore

	Sp1-A1 L=26m		A1-A2 L=30m		A2-A3 L=40m	
	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)	δ_z mm	f/L (-)
Fase 1	17	1/1529	6	1/5000	46	1/870
Fase 2	9	1/2888	10	1/3000	20	1/2000
Fase 3	17	1/1529	23	1/1304	44	1/909
Mobili						
Fase 3	10	1/2600	13	1/2308	25	1/1600
Mobili frequ.						
S.L.E. caratt.	45	1/578	38	1/789	107	1/374
S.L.E. frequ.	36	1/722	24	1/1250	85	1/471

L'esame dei valori di tabella consente di appurare il pieno soddisfacimento dello S.L.E. per deformazione.

5.1 Contromonte di progetto

La controfrecchia da assegnare all'impalcato nella fase di montaggio è stata calcolata in modo da recuperare in maniera pressoché integrale la freccia di mezzeria rilevata in corrispondenza della combinazione dei seguenti contributi:

- $g_{k1} + g_{k2}$: carichi di peso proprio e permanente

- ηQ_k : aliquota carichi mobili gr. 1

Il fattore η viene fissato in 0.2.

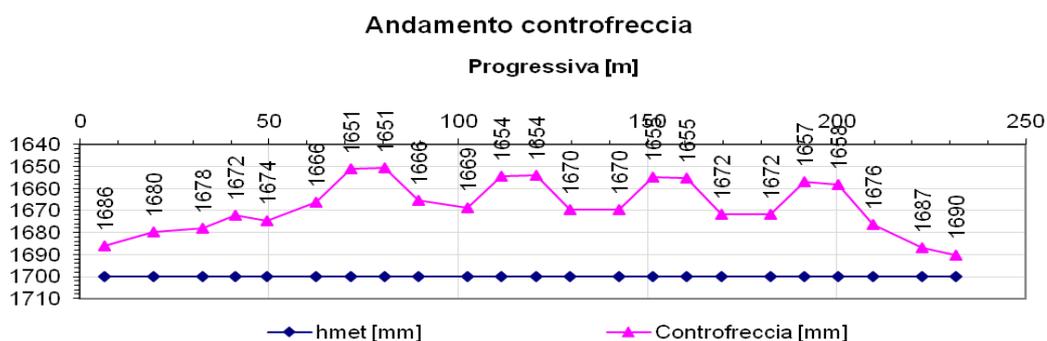
La massima freccia rilevata risulta:

$$\delta_z = 45 \text{ mm}$$

Per semplicità, la contromonta assegnata è comune a tutte le travi, anche se presentano freccia massima leggermente differente. Nel grafico seguente si riporta l'andamento della deformata (cambiata di segno) delle quattro travi, sovrapposta alla contromonta d'officina di progetto.

Si prevede pertanto, operando in corrispondenza delle giunzioni, di apportare le seguenti contromonte:

	X [m]	Controfrecchia δ_z [mm]
A→B	6.5	16
B→C	19.5	22
C→D	32.5	23
D→D	41.0	30
D→C	49.5	27
C→D	62.5	35
D→E	71.5	55
E→D	80.5	55
D→F	89.5	35
F→D	102.5	34
D→E	111.5	54
E→D	120.5	54
D→F	129.5	32
F→D	142.5	32
D→E	151.5	53
E→D	160.5	53
D→F	169.5	30
F→D	182.5	30
D→E	191.5	50
E→D	200.5	50
D→F	209.5	26
F→D	222.5	13
D→A	231.5	11



6. Apparecchiature di appoggio e giunto

6.1 Generalità

Come accennato in premessa, il sistema di vincolo prevede l'utilizzo di apparecchiature elastomeriche ad alto smorzamento.

In figura si riporta lo schema indicativo delle apparecchiature di vincolo.

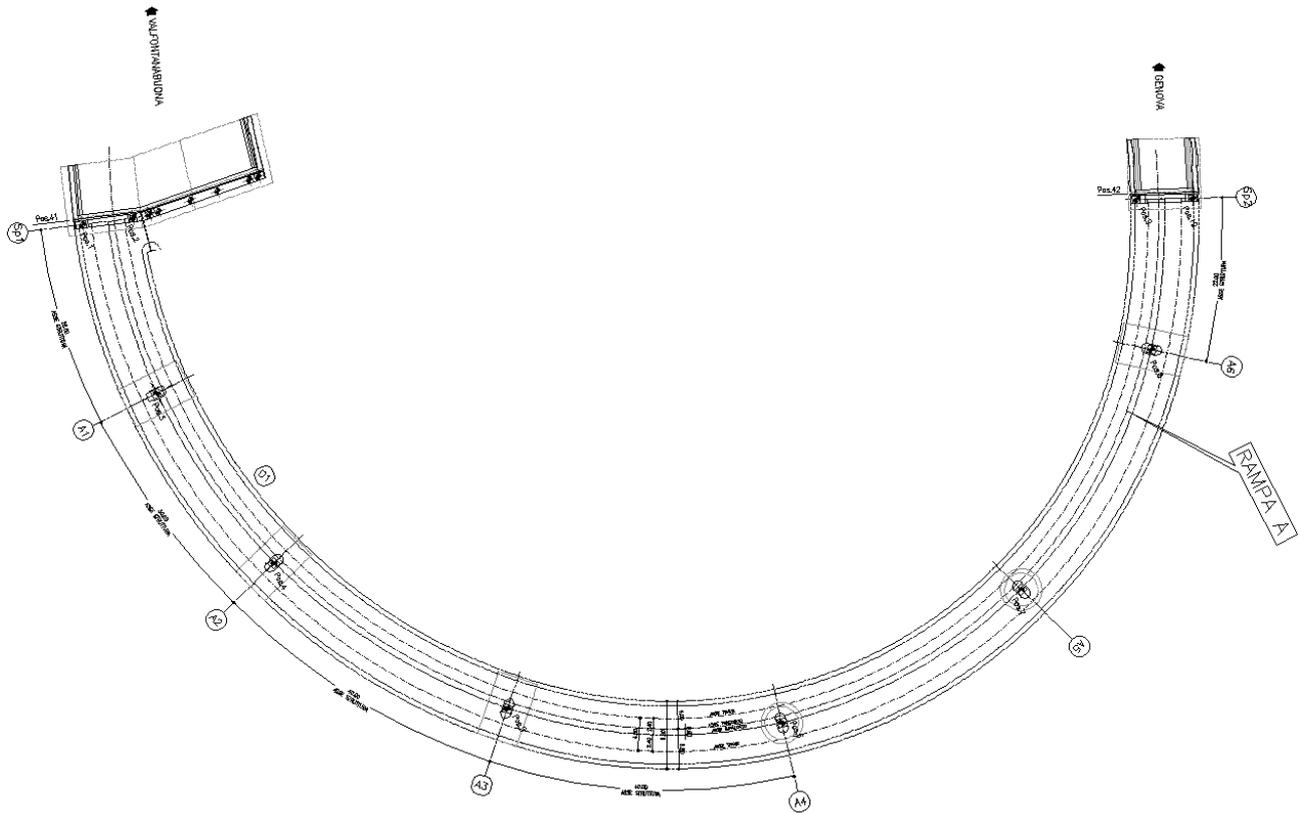


Fig. 7 - Schema planimetrico appoggi

Nel prosieguo le apparecchiature vengono individuate numerando le rispettive posizioni da 11 a 19, a partire dalle apparecchiature elastomeriche installate sulla pila spalla 1.

Si richiamano qui le caratteristiche prestazionali dei dispositivi, valide per le apparecchiature considerate:

pos. 1-2 e 9-10: dispositivo elastomerico ad alto smorzamento (16%); $k_h = 2.68e6$ N/m

pos. 3-8: dispositivo elastomerico ad alto smorzamento (16%); $k_h = 14.04e6$ N/m

6.2 Portate appoggi

Le sollecitazioni insistenti sulle apparecchiature di vincolo vengono direttamente dedotte dall'analisi E.F., nelle combinazioni di carico pertinenti, ovvero:

S.L.U.

S.L.E. caratteristica

S.L.E. frequente

S.L.E. quasi permanente

Sisma SLD

Sisma SLV

Sisma SLC

Di seguito, raccolte in tabelle separate rispettivamente per la fase di esercizio e sismica, si riportano i valori di sollecitazione dedotte rispettivamente max/min Fx, Fy, Fz. Vista la tipologia delle apparecchiature, le sollecitazioni agenti sul piano vengono direttamente combinate in risultante, genericamente indicata con Fh.

Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase esercizio

sostegno	pos.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp 1 e 2	1-2-9-10	300	2750	200	2100	100	1500	50	850
P1-P6	3-4-5-6-7-8	900	11700	650	8700	250	7250	200	5650

Portate apparecchiature di appoggio (kN) fase sismica

sostegno	pos.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
Sp 1 e 2	1-2-9-10	150	900	300	1000	350	1050
P1-P6	3-4-5-6-7-8	600	5700	1150	5800	1450	5850

Ai fini del dimensionamento, nell'intento di uniformare le caratteristiche, si farà riferimento ai seguenti dati prestazionali.

PORTATE APPARECCHIATURE DI APPOGGIO (kN) FASE ESERCIZIO

RAMPA A	Pos.	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
	1-2-9-10	300	2750	200	2100	100	1500	50	850
	3-8	900	11700	650	8700	250	7250	200	5650

PORTATE APPARECCHIATURE DI APPOGGIO (kN) FASE SISMICA

RAMPA A	Pos.	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC	
		max Fh	max Fz	max Fh	max Fz	max Fh	max Fz
	1-2-9-10	150	900	300	1000	350	1050
	3-8	600	5700	1150	5800	1450	5850

6.3 Deformazioni agli appoggi**6.3.1 Spostamenti orizzontali**

Di seguito si riportano gli spostamenti massimi rilevati in corrispondenza dispositivi, per i vari inviluppi.

Deformazioni di progetto dispositivi elastomerici (mm) +/-

sostegno	pos.	S.L.U. max δh	S.L.E. max δh	S.L.E. fr max δh	S.L.E. q.p. max δh	Sisma SLD max δh	Sisma SLV max δh	Sisma SLC max δh
Sp 1 e 2	1-2-9-10	110	80	30	20	50	110	130
P1-P6	3-4-5-6-7-8	70	50	20	20	40	90	110

Ai fini del dimensionamento, si fa riferimento ai seguenti valori.

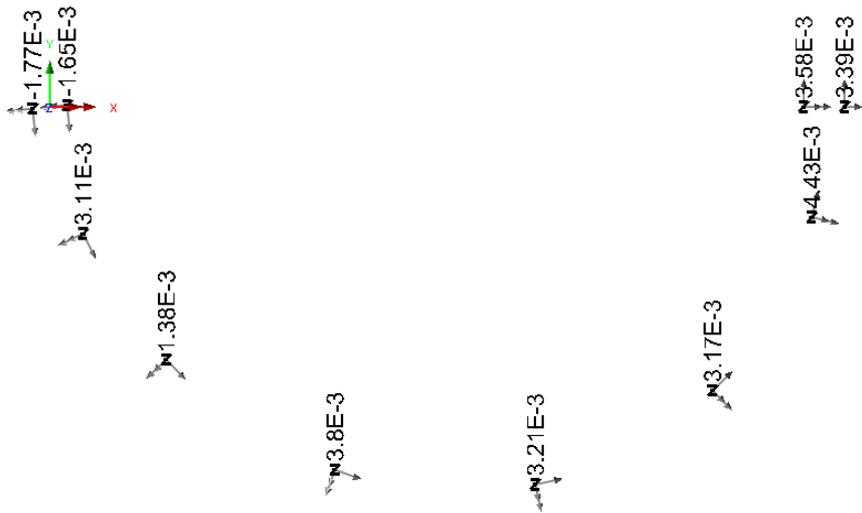
DEFORMAZIONI DI PROGETTO DISPOSITIVI ELASTOMERICI (mm) +/-

RAMPA A	Pos.	S.L.U.	S.L.E.	S.L.E. fr	S.L.E. q.p.	Sisma SLD	Sisma SLV	Sisma SLC
		max δh	max δh	max δh	max δh	max δh	max δh	max δh
	1-2-9-10	110	80	30	20	50	110	130
	3+8	70	50	20	20	40	90	110

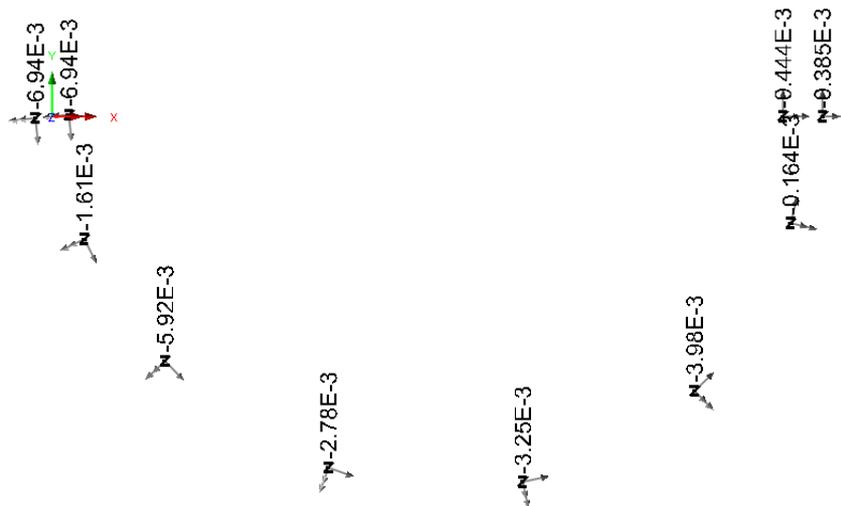
6.3.2 Rotazioni

La massima rotazioni attorno all'asse trasversale, rilevate sulle apparecchiature allo S.L.U. e S.L.E. sono riportate nei grafici seguenti:

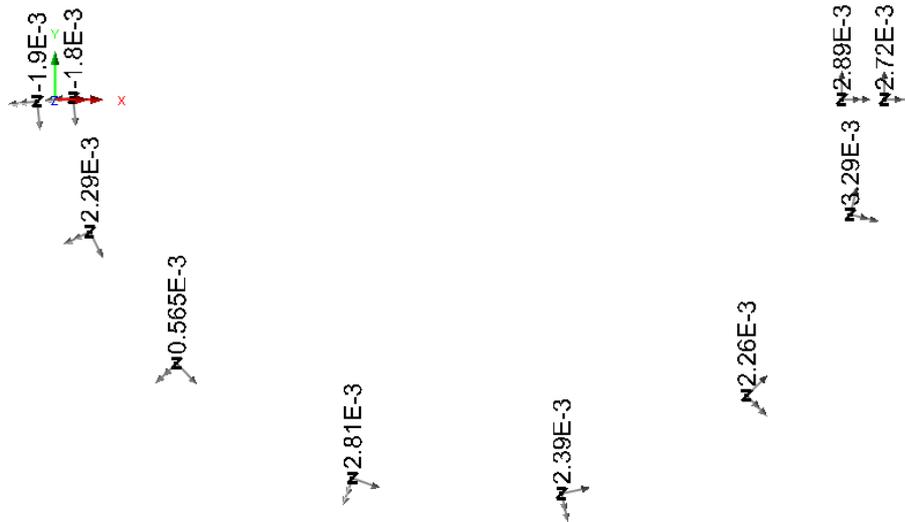
S.L.U. rot max



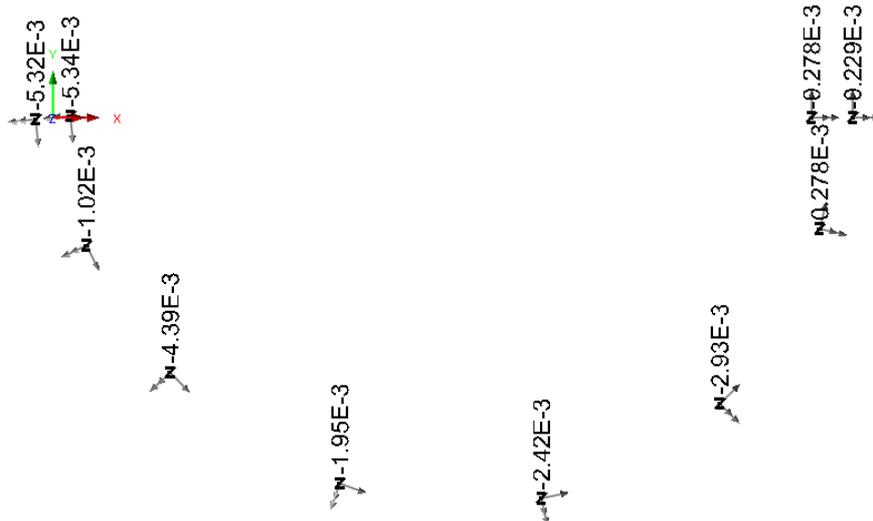
S.L.U. rot min



S.L.E. rot max



S.L.E. rot min



	Sp1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Sp2
S.L.U.	$6.9 \cdot 10^{-3}$	$3.1 \cdot 10^{-3}$	$5.9 \cdot 10^{-3}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$	$3.3 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
S.L.E. [rad]	$5.3 \cdot 10^{-3}$	$2.3 \cdot 10^{-3}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$	$2.8 \cdot 10^{-3}$	$2.4 \cdot 10^{-3}$	$2.9 \cdot 10^{-3}$	$3.3 \cdot 10^{-3}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$

Tali rotazioni d'esercizio risultano parzialmente compensate dalla rotazione di contromonta (vedi par. seguente). Di seguito si riportano i valori netti (compensati) di progetto per S.L.U. e S.L.E.

Rotazioni appoggi (rad)

sostegno	costr. (*) θ_y max	S.L.U. θ_y max	S.L.E. θ_y max
Sp 1 e 2	-0.0004	0.0011	0.0007
P1-P6	-0.0116	0.0149	0.0094

6.4 Dimensionamento varchi e giunti

I valori adottati per il dimensionamento discendono direttamente dai valori di deformazione rilevata in corrispondenza delle apparecchiature di vincolo posizionate sulle spalle; in questo caso si considerano le deformazioni longitudinali (δx e δy) in luogo della risultante.

La tabella seguente riporta, per tutti gli S.L., il valore dell'escursione massima teorica in corrispondenza dei giunti, valutata cautelativamente come doppio del valore assoluto dell'escursione di progetto.

Escursione complessiva giunto (mm) - fase di esercizio

sostegno	S.L.U.		S.L.E. car.		S.L.E. fr.		S.L.E. q.p.		
	pos.	tot δx	tot δy						
Sp 1	41	110	180	70	120	20	50	15	30
Sp 2	42	110	200	70	140	20	50	15	30

Escursione complessiva giunto (mm) - fase sismica

sostegno	Sisma SLD		Sisma SLV		Sisma SLC		
	pos.	max δx	max δy	max δx	max δy	max δx	max δy
Sp 1	41	50	80	100	160	130	200
Sp 2	42	50	100	100	180	130	230

Il dimensionamento della corsa complessiva dei giunti (previsti in prima battuta privi di preregolazione) viene effettuato con riferimento ai seguenti S.L.

S.L.E. caratteristico

Sisma SLD

La tabella seguente riporta quindi il valore di dimensionamento assegnato alle apparecchiature.

Escursione complessiva giunti (mm)

sostegno	pos.	S.L.E. car.		Sisma SLD	
		tot δx	tot δy	max δx	max δy
Sp 1	41	70	120	50	80
Sp 2	42	70	140	50	100

Il dimensionamento del varco giunti viene effettuato con riferimento ai seguenti S.L.:

S.L.U.

sisma S.L.C.

Con riferimento alla massima escursione positiva in corrispondenza dei giunti, si rileva pertanto:

Varco giunti (mm)

sostegno	δ tot
Sp 1-2	120

Si prevede pertanto, per ambedue le spalle, un varco complessivo di ampiezza minima pari a 120 mm.

Le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali principali sono riepilogate nelle tabelle seguenti.

Spalla Sp1

Definizione carpenterie [m]			
Largh. spalla (b_i)	9.64		
	t_i/b_i	h_i	h_i
Paraghiaia (t_1, h_1)	0.40	2.80	
Mensola parag. (t_2, h_2, h_2'')	0.40	0.60	0.40
Paramento (t_3, h_3)	1.90	6.30	
Fondazione (b_4, h_4)	10.20	1.80	
Suola esterna (b_5)	1.00	1.80	
Suola interna (b_6)	7.30	1.80	
Piano app. impalcato (b_7)		0.40	
h media baggioli (h_8)		0.20	
dist. Ax appoggi da filo param	0.50		
γ_{cls}	25.00	[kN/m ³]	

Spalla Sp2

Definizione carpenterie [m]			
Largh. spalla (b_i)	9.60		
	t_i/b_i	h_i	h_i
Paraghiaia (t_1, h_1)	0.40	2.78	
Mensola parag. (t_2, h_2, h_2'')	0.40	0.60	0.40
Paramento (t_3, h_3)	1.90	4.00	
Fondazione (b_4, h_4)	10.20	1.80	
Suola esterna (b_5)	1.00	1.80	
Suola interna (b_6)	7.30	1.80	
Piano app. impalcato (b_7)		0.40	
h media baggioli (h_8)		0.20	
dist. Ax appoggi da filo param	0.50		
γ_{cls}	25.00	[kN/m ³]	

7.2 Analisi dei carichi

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni lungo gli elementi strutturali principali, si considerano i seguenti contributi di carico

In condizioni statiche (S.L.E. e S.L.U.) le azioni da considerare agenti sulla spalla sono:

- Peso proprio spalla (calcestruzzo)
- Peso proprio del terreno sulla suola interna
- Sovraccarico accidentale sul rilevato a tergo spalla ($q = 20 \text{ kN/m}^2$)
- Spinta statica a riposo del terreno a tergo spalla

- Spinta del sovraccarico a tergo (a riposo)
- Carichi derivanti dall'impalcato

Per la determinazione dei vari effetti si considerano i seguenti parametri generali di calcolo:

- Peso specifico terreno rilevato: $\gamma_t = 20.0 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo attrito interno rilevato: $\phi_r = 35.0^\circ$;
- Attrito terreno-terreno (cautelativamente): $\delta = 0^\circ$;

In condizioni sismiche (SIS), le azioni da considerare agenti sulla spalla sono:

- Peso proprio spalla (calcestruzzo)
- Peso proprio del terreno sulla suola interna
- Spinta sismica del terreno a tergo spalla (formula Mononobe-Okabe)
- Azione inerziale del corpo spalla stesso
- Carichi permanenti derivanti dall'impalcato

Per la determinazione dei vari effetti sismici si considerano i seguenti parametri generali di calcolo:

- Accelerazione locale $a_g = 0.116 \text{ g}$ (Comune di Rapallo)
- Categoria di sottosuolo: E
- Condizione topografica: T1
- Accelerazione di aggancio spettro (T=0) $a_{max} = 0.186 \text{ g}$
- Coefficiente sismico orizzontale $k_h = 0.045$
- Coefficiente sismico verticale $k_v = 0.022$

Le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato sono la somma delle sollecitazioni relative alla combinazione quasi permanente e delle azioni inerziali, valutate per T=0.

Il calcolo delle sollecitazioni lungo la spalla ed in fondazione viene effettuato mediante una semplice procedura implementata su foglio elettronico, basato sulla teoria dell'equilibrio limite focalizzando l'attenzione sul comportamento longitudinale del sistema.

Per semplicità, sia per la spalla Sp1, sia per la spalla Sp2, le sollecitazioni vengono dedotte considerando una porzione di spalla di larghezza pari a 1 m, trascurando, nell'analisi, la presenza dei contributi di carico dovuto ai muri laterali, e le sollecitazioni flettenti con asse momento longitudinale.

Di seguito si riportano in forma tabellare i risultati delle analisi condotte per la determinazione dei carichi gravanti sui pali di fondazione propri del corpo spalle; a tali addendi si sommano le azioni trasmesse dall'impalcato, rispettivamente valutate con riferimento alle combinazioni per max Fx (azione longitudinale) e concomitante Fz (azione verticale), e per la combinazione min Fz, con concomitante Fx. Si noti che in quest'ultimo caso, ad eccezione della combinazione sismica, le azioni longitudinali da impalcato sono rivolte verso il terrapieno, essendo il concomitante orizzontale generato quasi esclusivamente dalle azioni verticali dei carichi mobili.

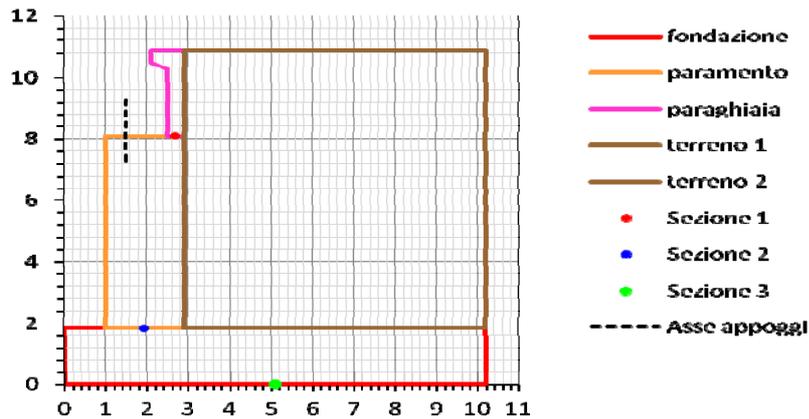
La particolare configurazione dello schema di vincolo, basato su appoggi elastici, comporta la nascita di azioni orizzontali stabilizzanti (rivolte verso il rilevato) di significativa entità, dato lo schema statico di trave semplicemente appoggiata di grande luce.

7.3 Calcolo sollecitazioni

Di seguito si riportano le tabelle recanti le generalità relative al calcolo delle sollecitazioni lungo le spalle, rispettivamente per le due condizioni di massima azione longitudinale e massima azione verticale.

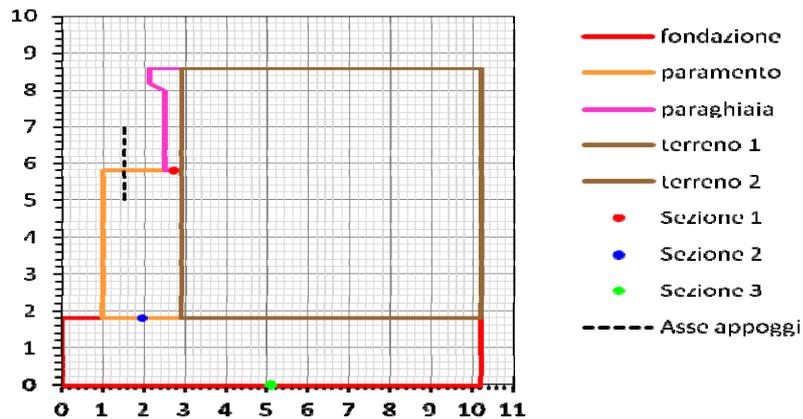
Spalla Sp1 – generalità

Definizione carpenterie [m]				Carichi a tergo spalla	
Largh. spalla (b_1)	9.64			G_k	3.00 kN/m ²
	t_i/b_i	h_i	h_i	Q_k	20.00 kN/m ²
Paraghiaia (t_1, h_1)	0.40	2.80		Carichi aggiuntivi	
Mensola parag. (t_2, h_2, h_2')	0.40	0.60	0.40		
Paramento (t_3, h_3)	1.90	6.30		Azioni accidentali (quota p. appoggio imp.)	
Fondazione (b_4, h_4)	10.20	1.80			
Suola esterna (b_5)	1.00	1.80			
Suola interna (b_6)	7.30	1.80			
Piano app. impalcato (b_7)		0.40			
h media baggioli (h_8)		0.20			
dist. Ax appoggi da filo param	0.50				
γ_{ols}	25.00	[kN/m ²]			
Caratteristiche terreno				Azioni accidentali (quota p. appoggio imp.)	
	[°]	[rad]		V_x (kN)	N (kN)
$\phi_{rilevato}$ (M1)	35.0	0.6109		S.L.U. Str	115 -3868
δ Attrito terra-muro (M1)	17.5	0.3054		S.L.U. Geo	85 -3311
$\phi_{rilevato}$ (M2)	29.3	0.5106		S.L.U. Sisma	204 -1424
δ Attrito terra-muro (M2)	14.6	0.2553		S.L.E. Fond.	78 -2864
ψ Incl. Paramento	90.0	1.5708		S.L.E. Freq.	7 -2253
β Incl. scarpata	0.0	0.0000		S.L.E. Q. Per.	4 -1352
γ_t rilevato	20.00	[kN/m ²]			
Coefficienti di spinta				Caratteristiche sismica	
	θ_A 0.0455	θ_B 0.0435		a_{max} (g)	0.186
	$k_{0,statico}$ (M1) 0.4264	$k_{0,statico}$ (M2) 0.5113		Cat. Suolo	E
	$k_{a,statico}$ (M1) 0.2461	$k_{a,statico}$ (M2) 0.3105		F_0	2.492
	$k_{a,din.1}$ (M1) 0.2716	$k_{a,din.1}$ (M2) 0.3394		S_s	1.600
	$k_{a,din.2}$ (M1) 0.2705	$k_{a,din.2}$ (M2) 0.3381		S	1.60
				β_m	0.240 NTC-08 Table 7.11.II
				k_h	0.045 NTC-08 §7.11.6
				k_v	0.022 NTC-08 §7.11.7
				Cat. Topog.	T1
				T_c	0.291
				S_T	1.000



Spalla Sp2 - generalità

Definizione carpenterie [m]				Carichi a tergo spalla			
Largh. spalla (b ₁)	9.60			G _k	3.00	kN/m ²	
	t _i /b ₁	h _i	h _i	Q _k	20.00	kN/m ²	
Paraghiaia (t ₁ , h ₁)	0.40	2.78		Carichi aggiuntivi			
Mensola parag. (t ₂ , h ₂ , h _{2'})	0.40	0.60	0.40				
Paramento (t ₃ , h ₃)	1.90	4.00					
Fondazione (b ₄ , h ₄)	10.20	1.80					
Suola esterna (b ₅)	1.00	1.80					
Suola interna (b ₆)	7.30	1.80					
Piano app. impalcato (b ₇)		0.40		Azioni accidentali (quota p. appoggio imp.)			
h media baggioli (h ₈)		0.20		V _x (kN)	N (kN)		
dist. Ax appoggi da filo param	0.50			S.L.U. Str	115	-3080	
γ _{ols}	25.00	[kN/m ³]		S.L.U. Geo	91	-2705	
				S.L.U. Sisma	395	-836	
				S.L.E. Fond.	78	-2281	
				S.L.E. Freq.	5	-1708	
				S.L.E. Q. Per.	4	-835	
				V _x (kN/m)	N (kN/m)		
				S.L.U. Str	12	-321	
				S.L.U. Geo	9	-282	
				S.L.U. Sisma	41	-87	
				S.L.E. Fond.	8	-238	
				S.L.E. Freq.	1	-178	
				S.L.E. Q. Per.	0	-87	
Caratteristiche terreno				Coespinta			
		[°]	[rad]	θ _A	0.0455	θ _B	0.0435
φ _{rilevato} (M1)		35.0	0.6109	K _{0,statico} (M1)	0.4264	atico (M2)	0.5113
δ Attrito terra-muro (M1)		17.5	0.3054	K _{a,statico} (M1)	0.2461	atico (M2)	0.3105
φ _{rilevato} (M2)		29.3	0.5106	K _{a,din.1} (M1)	0.2716	din.1 (M2)	0.3394
δ Attrito terra-muro (M2)		14.6	0.2553	K _{a,din.2} (M1)	0.2705	din.2 (M2)	0.3381
ψ Incl. Paramento		90.0	1.5708				
β Incl. scarpata		0.0	0.0000				
γ _t rilevato		20.00	[kN/m ³]				
				Caratterizzazione sismica			
				a _{max} (g)	0.186	a _g	0.116
				Cat. Suolo	E	Cat. Topog.	T1
				F ₀	2.492	T _c	0.291
				S _s	1.600	S _T	1.000
				S	1.60		
				β _m	0.240	NTC-08 Table 7.11.II	
				k _n	0.045	NTC-08 §7.11.6	
				k _v	0.022	NTC-08 §7.11.7	



L'idealizzazione, effettuata per semplicità, della spalla Sp2, prevede un paramento di altezza costante, pari alla altezza media dell'elemento, una larghezza complessiva di fondazione (impronta) pari a 9.6 m ed una profondità pari a 4.00 m.

Le azioni trasmesse dall'impalcato, per i rispettivi involucri (output limitate alle sole caratteristiche di interesse) sono le seguenti:

Spalla Sp1

Azioni verticali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	12	-401	S.L.U. Str	-10	-62
S.L.U. Geo	9	-343	S.L.U. Geo	-17	-117
S.L.U. Sisma	21	-148	S.L.U. Sisma	-26	-123
S.L.E. Fond.	8	-297	S.L.E. Fond.	-12	-110
S.L.E. Freq.	1	-234	S.L.E. Freq.	-1	-129
S.L.E. Q. Per.	0	-140	S.L.E. Q. Per.	1	-130

Azioni orizzontali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	21	-236	S.L.U. Str	-42	-101
S.L.U. Geo	18	-192	S.L.U. Geo	-36	-117
S.L.U. Sisma	28	-132	S.L.U. Sisma	-40	-123
S.L.E. Fond.	14	-172	S.L.E. Fond.	-29	-110
S.L.E. Freq.	4	-126	S.L.E. Freq.	-10	-129
S.L.E. Q. Per.	2	-125	S.L.E. Q. Per.	-5	-130

Spalla Sp2

Azioni verticali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	12	-321	S.L.U. Str	-11	34
S.L.U. Geo	9	-282	S.L.U. Geo	17	-86
S.L.U. Sisma	41	-87	S.L.U. Sisma	-43	-67
S.L.E. Fond.	8	-238	S.L.E. Fond.	14	-82
S.L.E. Freq.	1	-178	S.L.E. Freq.	3	-68
S.L.E. Q. Per.	0	-87	S.L.E. Q. Per.	1	-67

Azioni orizzontali massime e minime

	Vx (kN/m)	N (kN/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)
S.L.U. Str	-18	-71	S.L.U. Str	-53	-107
S.L.U. Geo	-17	-88	S.L.U. Geo	-46	-86
S.L.U. Sisma	45	-76	S.L.U. Sisma	-15	-67
S.L.E. Fond.	-12	-68	S.L.E. Fond.	-38	-82
S.L.E. Freq.	-2	-74	S.L.E. Freq.	-13	-68
S.L.E. Q. Per.	1	-75	S.L.E. Q. Per.	-8	-67

7.3.1 Sollecitazioni lungo l'elevazione

Si riportano le tabelle recanti le sollecitazioni (valutate con riferimento alla striscia di larghezza unitaria) gravanti rispettivamente allo spiccato paraghiaia ed allo spiccato paramento. Per lo spiccato paraghiaia, le sollecitazioni sono identiche rispettivamente per la condizione Fx max ed Fzmin.

Spalla Sp1 - Condizione Fx max

Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-33	2
Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
Spinta orizz. terreno (M1)	33	0	31
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	4	0	5
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	24	0	33
da spalla Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	2	0	2
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	10
da impalcato S.L.U. STR min N	0	0	0
S.L.U. Sisma min N	0	0	0
S.L.E. fond. min N	0	0	0
S.L.E. freq. min N	0	0	0
S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
S.L.U. STR min N	82	-69	102
S.L.U. Sisma min N (θ_1)	47	-35	54
S.L.U. Sisma min N (θ_2)	48	-35	55
S.L.E. fond. min N	61	-51	75
S.L.E. freq. min N	54	-47	64
S.L.E. q.p. min N	37	-35	39

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-332	-23
	Sovraccarico acc.	0	-38	0
	Sovraccarico perm.	0	-6	0
	Spinta orizz. terreno (M1)	353	0	1071
	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	12	0	53
	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	78	0	353
	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	16	0	73
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	7	0	34
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	25	0	114
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	7	0	34
	Eff. inerziale elem. cls	62	0	223
	da impalcato	S.L.U. STR min N	-42	-101
S.L.U. Sisma min N		-40	-123	-202
S.L.U. GEO min N		-36	-117	-182
S.L.E. fond. min N		-29	-110	-142
S.L.E. freq. min N		-10	-129	-4
S.L.E. q.p. min N		-5	-130	24

Spalla Sp1 - Condizione Fz min**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-33	2
	Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
	Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
	Spinta orizz. terreno (M1)	33	0	31
	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	4	0	5
	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	24	0	33
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	2	0	2
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	10	
da impalcato	S.L.U. STR min N	0	0	0
	S.L.U. Sisma min N	0	0	0
	S.L.E. fond. min N	0	0	0
	S.L.E. freq. min N	0	0	0
	S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
totale (/m)	S.L.U. STR min N	82	-69	102
	S.L.U. Sisma min N (θ_1)	47	-35	54
	S.L.U. Sisma min N (θ_2)	48	-35	55
	S.L.E. fond. min N	61	-51	75
	S.L.E. freq. min N	54	-47	64
	S.L.E. q.p. min N	37	-35	39

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)		
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-332	-23	
	Sovraccarico acc.	0	-38	0	
	Sovraccarico perm.	0	-6	0	
	Spinta orizz. terreno (M1)	353	0	1071	
	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	12	0	53	
	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	78	0	353	
	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0	
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	16	0	73	
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	7	0	34	
	Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	25	0	114	
	Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	7	0	34	
	Eff. inerziale elem. cls	62	0	223	
	da impalcato	S.L.U. STR min N	12	-401	258
		S.L.U. Sisma min N	21	-148	204
S.L.U. GEO min N		9	-343	212	
S.L.E. fond. min N		8	-297	187	
S.L.E. freq. min N		1	-234	110	
S.L.E. q.p. min N		0	-140	66	

Spalla Sp2 - Condizione Fx max**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-33	2
Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	33	0	31
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	4	0	5
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	24	0	33
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	2	0	2
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	10
da impalcato			
S.L.U. STR min N	0	0	0
S.L.U. Sisma min N	0	0	0
S.L.E. fond. min N	0	0	0
S.L.E. freq. min N	0	0	0
S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
totale (/m)			
S.L.U. STR min N	81	-69	100
S.L.U. Sisma min N (θ_1)	46	-35	53
S.L.U. Sisma min N (θ_2)	47	-35	54
S.L.E. fond. min N	60	-51	74
S.L.E. freq. min N	53	-46	63
S.L.E. q.p. min N	37	-35	38

Sezione 2 (spiccato paramento)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-223	-23
Sovraccarico acc.	0	-38	0
Sovraccarico perm.	0	-6	0
Spinta orizz. terreno (M1)	196	0	443
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	9	0	29
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	58	0	196
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
da spalla Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	9	0	30
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	6	0	19
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	14	0	47
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	6	0	19
Eff. inerziale elem. cls	41	0	104
da impalcato S.L.U. STR min N	-53	-107	-176
S.L.U. Sisma min N	-15	-67	-35
S.L.U. GEO min N	-46	-86	-154
S.L.E. fond. min N	-38	-82	-121
S.L.E. freq. min N	-13	-68	-24
S.L.E. q.p. min N	-8	-67	-3

Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
totale (/m) S.L.U. STR min N	301	-466	696
S.L.U. Sisma min N (θ_1)	245	-295	568
S.L.U. Sisma min N (θ_2)	250	-295	585
S.L.E. fond. min N	225	-349	525
S.L.E. freq. min N	232	-323	563
S.L.E. q.p. min N	197	-295	447

Spalla Sp2 - Condizione Fz min**Sezione 1 (spiccato parte superiore paraghiaia)**

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-33	2
Sovraccarico acc. sbalzo par.	0	-16	3
Sovraccarico perm. sbalzo par.	0	-2	0
da spalla			
Spinta orizz. terreno (M1)	33	0	31
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	4	0	5
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	24	0	33
Δ Sismico Sp. terreno - θ_1 (M1)	2	0	2
Δ Sismico Sp. perm. - θ_1 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. terreno - θ_2 (M1)	2	0	3
Δ Sismico Sp. perm. - θ_2 (M1)	2	0	3
Eff. inerziale elem. cls	6	0	10
da impalcato			
S.L.U. STR min N	0	0	0
S.L.U. Sisma min N	0	0	0
S.L.E. fond. min N	0	0	0
S.L.E. freq. min N	0	0	0
S.L.E. q.p. min N	0	0	0

Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
totale (/m)			
S.L.U. STR min N	81	-69	100
S.L.U. Sisma min N (θ_1)	46	-35	53
S.L.U. Sisma min N (θ_2)	47	-35	54
S.L.E. fond. min N	60	-51	74
S.L.E. freq. min N	53	-46	63
S.L.E. q.p. min N	37	-35	38

7.3.2 Sollecitazioni in fondazione

Di seguito si riportano le sollecitazioni agenti alo spiccato fondazione per metro di larghezza di spalla e risp. sull'intera fondazione di larghezza pari 9.60 m per ambedue le spalle.

Spalla Sp1

Nmax				Vmax				
Sezione 3 (spiccato fondazione)				Sezione 3 (spiccato fondazione)				
Sollecitazioni per le singole condizioni elementari				Sollecitazioni per le singole condizioni elementari				
	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)		Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	
da spalla	Pesi propri cls spalla	0	-791	1024	Pesi propri cls spalla	0	-791	1024
	Sovraccarico acc.	0	-184	-92	Sovraccarico acc.	0	-184	-92
	Sovraccarico perm.	0	-28	-14	Sovraccarico perm.	0	-28	-14
	Spinta orizz. terreno (M1)	507	0	1841	Spinta orizz. terreno (M1)	507	0	1841
	Spinta orizz. terreno (M2)	607	0	2207	Spinta orizz. terreno (M2)	607	0	2207
	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	14	0	76	Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	14	0	76
	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	93	0	507	Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	93	0	507
	Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	17	0	91	Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	17	0	91
	Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	111	0	607	Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	111	0	607
	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0	Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
	Peso terreno 2 tergo spalla	0	-1329	-1926	Peso terreno 2 tergo spalla	0	-1329	-1926
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	23	0	126	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	23	0	126
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	9	0	48	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	9	0	48
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	36	0	197	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	36	0	197
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	9	0	48	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	9	0	48
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	25	0	138	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	25	0	138
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	11	0	60	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	11	0	60
	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	24	0	130	Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	24	0	130
	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	11	0	60	Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	11	0	60
	Eff. inerziale elem. cls	147	0	411	Eff. inerziale elem. cls	147	0	411
Eff. inerziale terreno tergo spalla	247	0	1566	Eff. inerziale terreno tergo spalla	247	0	1566	
da impalcato	S.L.U. STR min N	12	-401	1544	S.L.U. STR min N	-42	-101	13
	S.L.U. Sisma min N	21	-148	707	S.L.U. Sisma min N	-40	-123	115
	S.L.U. GEO min N	9	-343	1310	S.L.U. GEO min N	-36	-117	121
	S.L.E. fond. min N	8	-297	1137	S.L.E. fond. min N	-29	-110	153
	S.L.E. freq. min N	1	-234	848	S.L.E. freq. min N	-10	-129	385
	S.L.E. q.p. min N	0	-140	508	S.L.E. q.p. min N	-5	-130	426
Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica (/m)				Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica (/m)				
totale (/m)	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)		
	S.L.U. STR min N	840	-3549	3454	S.L.U. STR min N	786	-3248	1923
	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	967	-2295	3859	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	906	-2271	3267
	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	980	-2295	3929	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	919	-2271	3337
	S.L.U. GEO min N	677	-2730	2995	S.L.U. GEO min N	632	-2504	1806
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	928	-2295	3854	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	868	-2271	3262
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	1074	-2295	4256	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	1013	-2271	3664
	S.L.E. fond. min N	622	-2629	2552	S.L.E. fond. min N	584	-2442	1568
	S.L.E. freq. min N	586	-2510	2138	S.L.E. freq. min N	576	-2405	1676
	S.L.E. q.p. min N	521	-2288	1508	S.L.E. q.p. min N	515	-2278	1426
Sezione 3 (spiccato fondazione)				Sezione 3 (spiccato fondazione)				
Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica (totali)				Sollecitazioni compressive per le combinazioni di verifica (totali)				
totale, b=9.64 m	Vx (kN)	N (kN)	My (kNm)	Vx (kN)	N (kN)	My (kNm)		
	S.L.U. STR min N	8100	-34209	33295	S.L.U. STR min N	7579	-31311	18540
	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	9324	-22125	37197	S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	8738	-21891	31490
	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	9448	-22125	37876	S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	8862	-21891	32169
	S.L.U. GEO min N	6527	-26318	28872	S.L.U. GEO min N	6093	-24134	17412
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	8950	-22125	37150	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	8364	-21891	31443
	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	10350	-22125	41027	S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	9764	-21891	35320
	S.L.E. fond. min N	5993	-25339	24602	S.L.E. fond. min N	5631	-23539	15115
	S.L.E. freq. min N	5653	-24196	20613	S.L.E. freq. min N	5553	-23188	16156
	S.L.E. q.p. min N	5022	-22053	14538	S.L.E. q.p. min N	4968	-21959	13748

Spalla Sp2

Nmax

Vmax

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

Sollecitazioni per le singole condizioni elementari

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-682	679
Sovraccarico acc.	0	-184	-92
Sovraccarico perm.	0	-28	-14
Spinta orizz. terreno (M1)	314	0	898
Spinta orizz. terreno (M2)	376	0	1076
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	11	0	47
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	73	0	314
Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	13	0	56
Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	88	0	376
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Peso terreno 2 tergo spalla	0	-990	-1435
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	14	0	62
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	7	0	30
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	22	0	96
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	7	0	30
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	16	0	68
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	9	0	37
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	15	0	63
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	9	0	37
Eff. inerziale elem. cls	127	0	255
Eff. inerziale terreno tergo spalla	184	0	954
S.L.U. STR min N	12	-321	1227
S.L.U. Sisma min N	41	-87	560
S.L.U. GEO min N	9	-282	1071
S.L.E. fond. min N	8	-238	904
S.L.E. freq. min N	1	-178	644
S.L.E. q.p. min N	0	-87	315

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
Pesi propri cls spalla	0	-682	679
Sovraccarico acc.	0	-184	-92
Sovraccarico perm.	0	-28	-14
Spinta orizz. terreno (M1)	314	0	898
Spinta orizz. terreno (M2)	376	0	1076
Spinta orizz. sovr. perm. (M1)	11	0	47
Spinta orizz. sovr. acc. (M1)	73	0	314
Spinta orizz. sovr. perm. (M2)	13	0	56
Spinta orizz. sovr. acc. (M2)	88	0	376
Peso terreno 1 tergo spalla	0	0	0
Peso terreno 2 tergo spalla	0	-990	-1435
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M1)	14	0	62
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M1)	7	0	30
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M1)	22	0	96
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M1)	7	0	30
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₁ (M2)	16	0	68
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₁ (M2)	9	0	37
Δ Sismico Sp. terreno - θ ₂ (M2)	15	0	63
Δ Sismico Sp. perm. - θ ₂ (M2)	9	0	37
Eff. inerziale elem. cls	127	0	255
Eff. inerziale terreno tergo spalla	184	0	954
S.L.U. STR min N	-53	-107	64
S.L.U. Sisma min N	-15	-67	148
S.L.U. GEO min N	-46	-86	34
S.L.E. fond. min N	-38	-82	71
S.L.E. freq. min N	-13	-68	166
S.L.E. q.p. min N	-8	-67	195

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (m)

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (m)

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
S.L.U. STR min N	549	-2863	1763
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	698	-1786	2036
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	706	-1786	2070
S.L.U. GEO min N	451	-2220	1625
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	639	-1786	1982
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	764	-1786	2233
S.L.E. fond. min N	406	-2121	1301
S.L.E. freq. min N	377	-2006	974
S.L.E. q.p. min N	325	-1786	490

	Vx (kN/m)	N (kN/m)	My (kNm/m)
S.L.U. STR min N	484	-2649	600
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	641	-1766	1623
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	649	-1766	1658
S.L.U. GEO min N	395	-2024	588
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	582	-1766	1570
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	708	-1766	1821
S.L.E. fond. min N	361	-1966	468
S.L.E. freq. min N	363	-1896	497
S.L.E. q.p. min N	317	-1766	369

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sezione 3 (spiccato fondazione)

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (totali)

Sollecitazioni complessive per le combinazioni di verifica (totali)

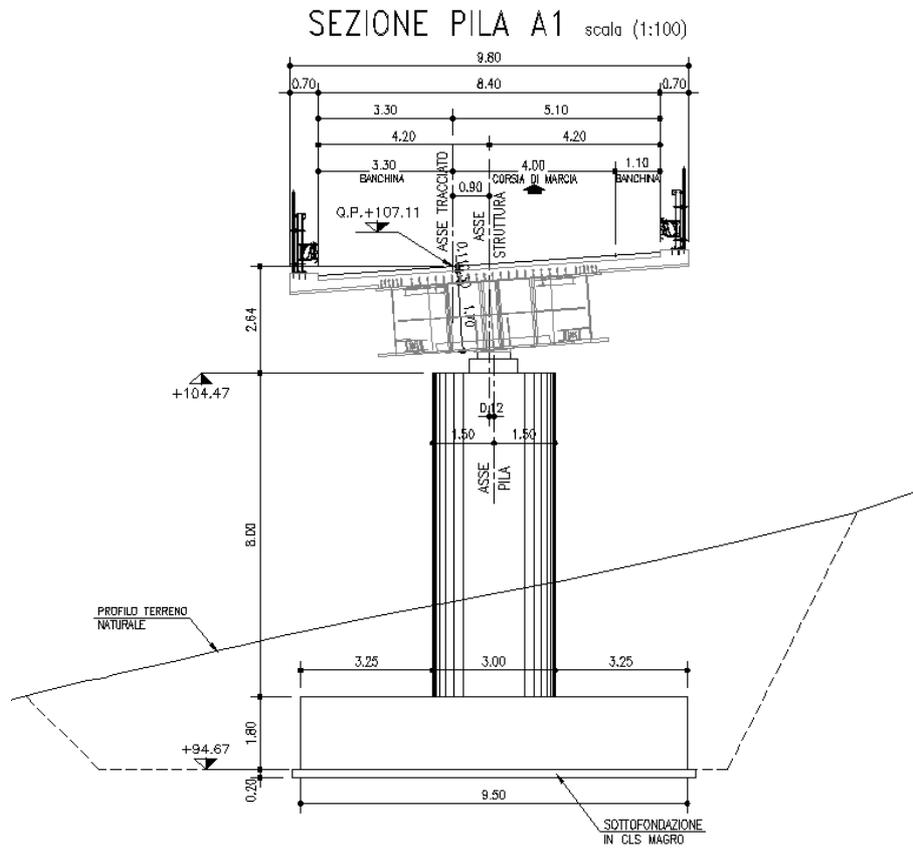
	Vx (kN)	N (kN)	My (kNm)
S.L.U. STR min N	5274	-27487	16921
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	6697	-17149	19544
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	6774	-17149	19873
S.L.U. GEO min N	4325	-21315	15601
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	6133	-17149	19026
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	7339	-17149	21438
S.L.E. fond. min N	3899	-20361	12490
S.L.E. freq. min N	3616	-19257	9351
S.L.E. q.p. min N	3123	-17148	4707

	Vx (kN)	N (kN)	My (kNm)
S.L.U. STR min N	4648	-25432	5762
S.L.U. Sisma min N (θ ₁)	6154	-16955	15585
S.L.U. Sisma min N (θ ₂)	6231	-16955	15915
S.L.U. GEO min N	3796	-19432	5643
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₁)	5590	-16955	15067
S.L.U. (Sisma) GEO min N (θ ₂)	6795	-16955	17479
S.L.E. fond. min N	3461	-18870	4493
S.L.E. freq. min N	3485	-18203	4767
S.L.E. q.p. min N	3044	-16956	3547

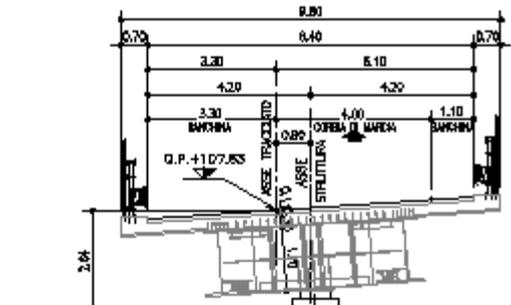
8. Verifica pile

8.1 Descrizione della struttura

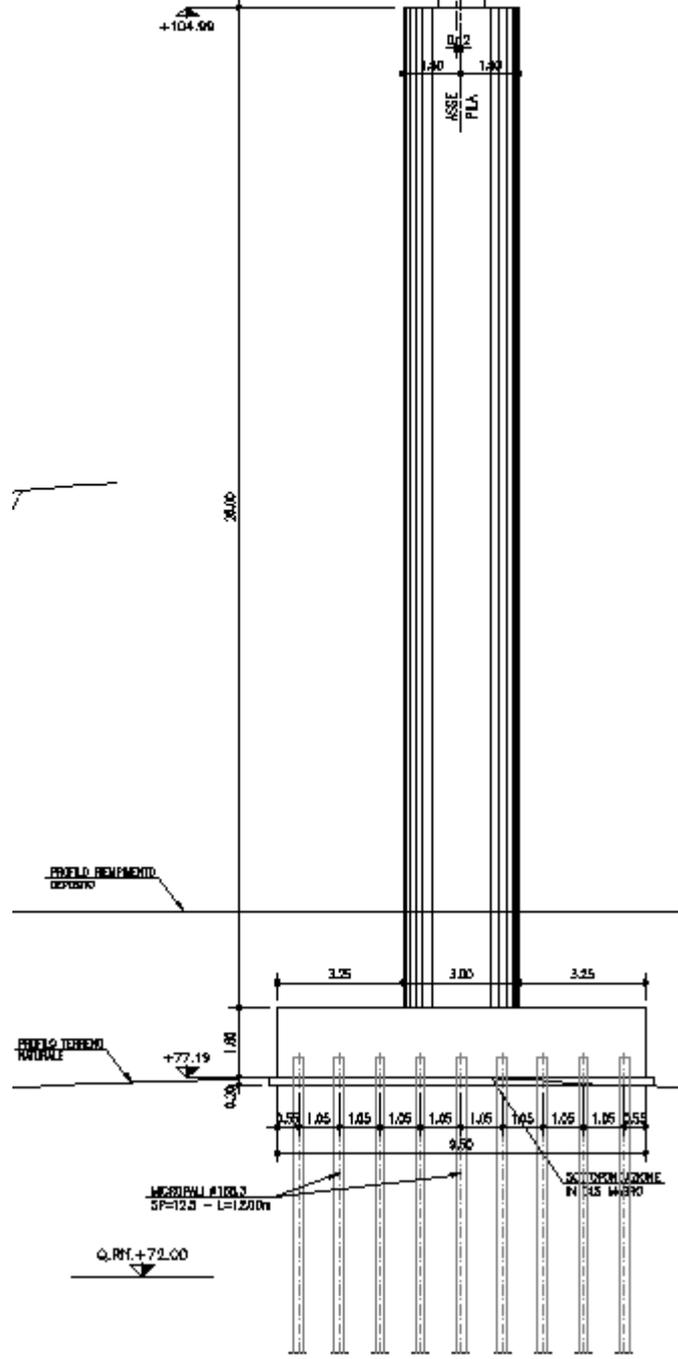
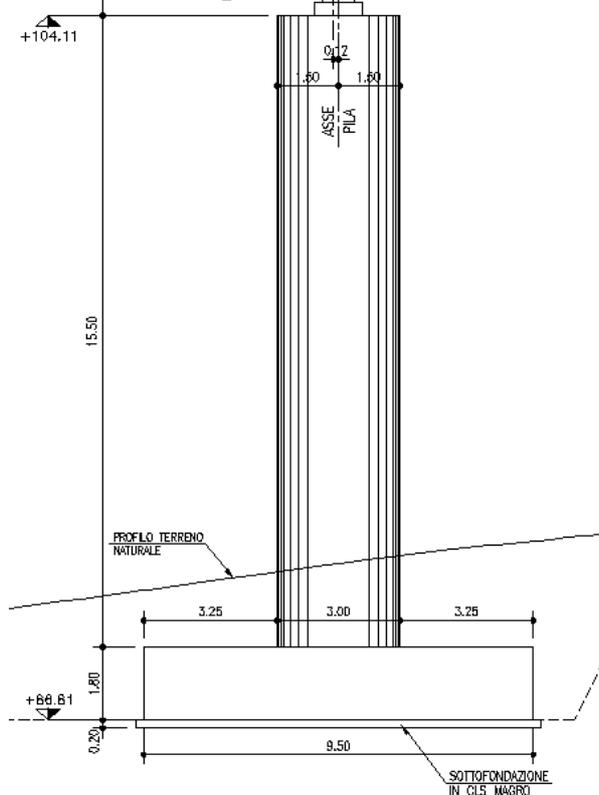
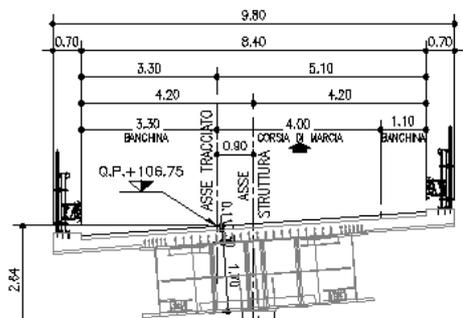
Le strutture di elevazione hanno uno spessore di 1.5, larghezza di 3.0 m e altezza variabile.



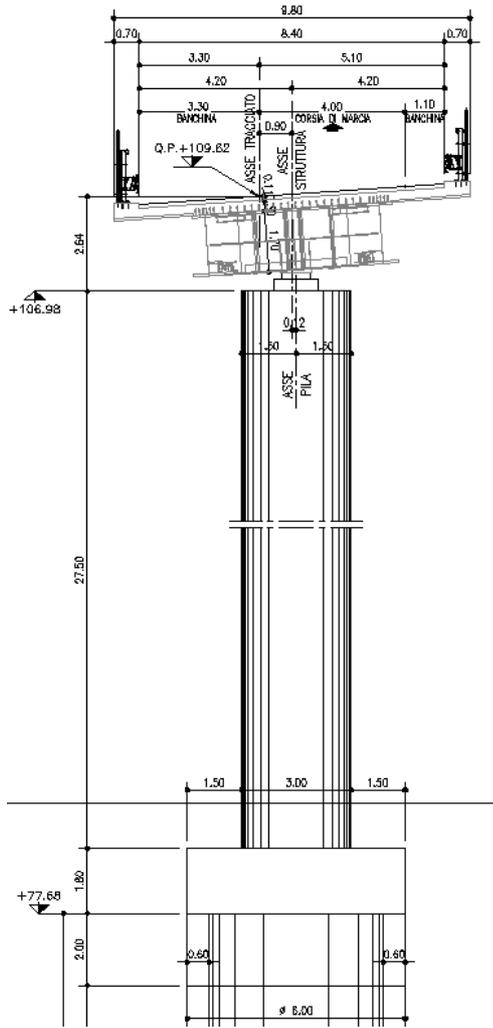
SEZIONE PILA A3 scala (1:100)



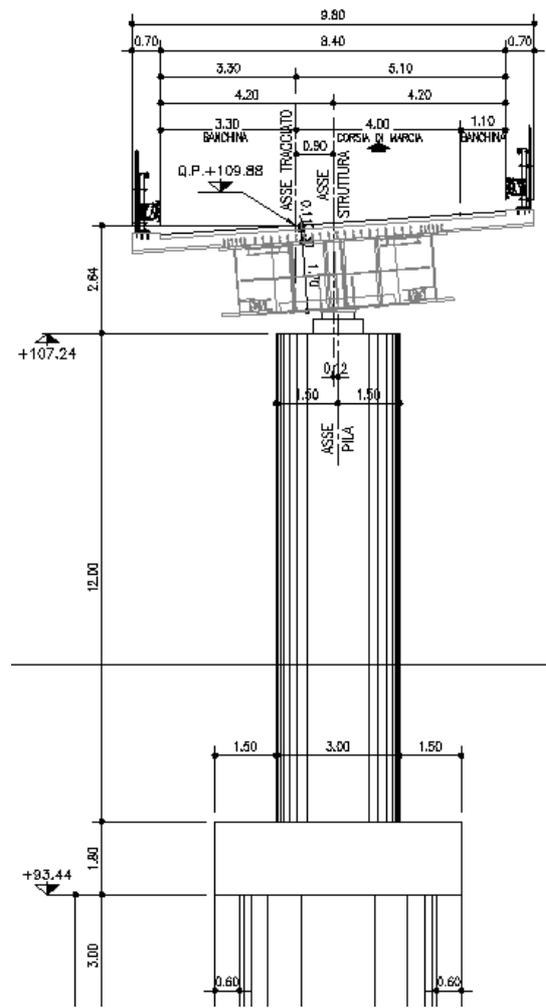
SEZIONE PILA A2 scala (1:100)

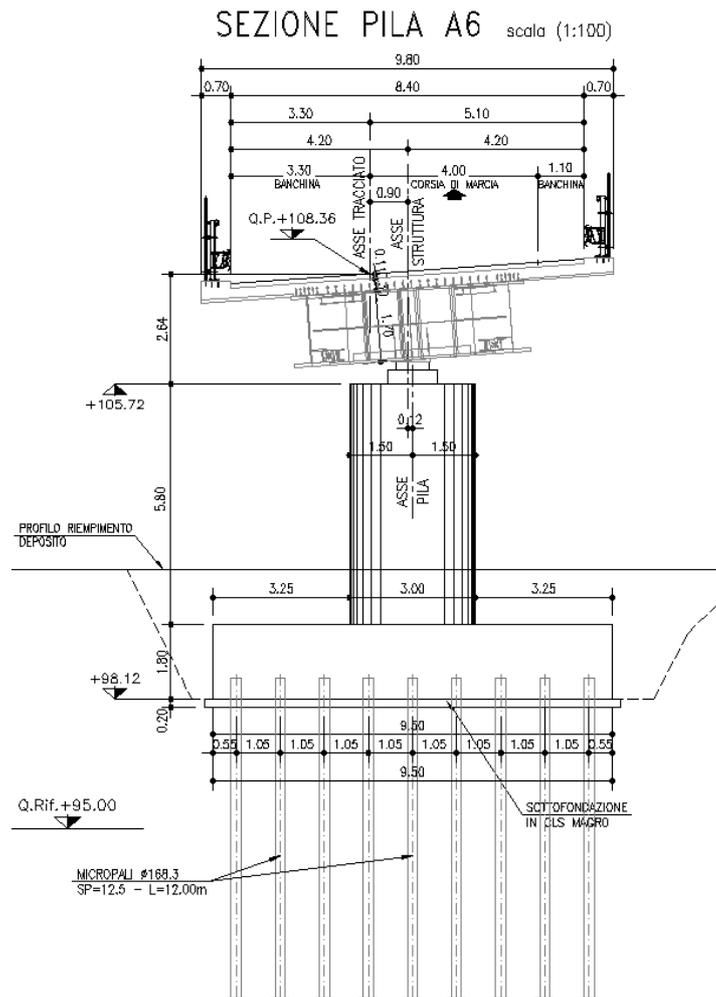


SEZIONE PILA A4 scala (1:100)



SEZIONE PILA A5 scala (1:100)





Pila	Larghezza [m]	Spessore [m]	Lunghezza [m]
A1	3.00	1.50	8.00
A2	3.00	1.50	15.50
A3	3.00	1.50	26.00
A4	3.00	1.50	27.50
A5	3.00	1.50	12.00
A6	3.00	1.50	5.80

Le verifiche verranno condotte con riferimento alla sezione di spiccato dell'elevazione essendo caratterizzate dalle maggiori sollecitazioni assiali, flettenti e di taglio. Nel caso di elevazioni con altezza maggiore di 20 m di considerano sia gli effetti del primo ordine sia quelli del secondo ordine (calcolati considerando un'eccentricità pari a 1/500 dell'altezza dell'elevazione in esame)

8.2 Sollecitazioni di verifica – Pila A1

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:

$$\begin{matrix} A_{pila} & 4.02 & \text{m}^2 \\ H_{pila} & 8.00 & \text{m} \end{matrix} \rightarrow e = 0.00 \text{ m}$$

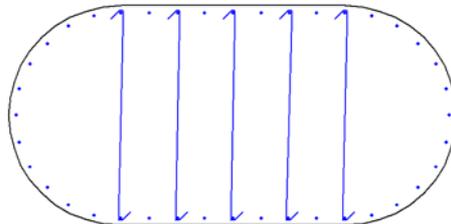
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-3939	-3135	224	344	0	2750	1813	2750	1813
	-10455	-9651	-281	-323	0	-2584	-2269	-2584	-2269
	-6114	-5310	809	152	0	1218	6494	1218	6494
	-7689	-6885	-770	-193	0	-1545	-6186	-1545	-6186
	-6761	-5957	433	605	0	4836	3501	4836	3501
	-6950	-6146	-232	-702	0	-5616	-1876	-5616	-1876
	-7751	-6666	780	136	0	1088	6262	1088	6262
	-5956	-4870	-554	-386	0	-3087	-4453	-3087	-4453
	-6761	-5957	433	605	0	4836	3501	4836	3501
	-6950	-6146	-232	-702	0	-5616	-1876	-5616	-1876
-6114	-5310	809	152	0	1218	6494	1218	6494	
-7689	-6885	-770	-193	0	-1545	-6186	-1545	-6186	
SLU SLV	-4637	-3833	-57	24	0	192	-453	192	-453
	-5164	-4360	67	-53	0	-423	539	-423	539
	-5111	-4307	107	-69	0	-552	854	-552	854
	-4684	-3880	-83	34	0	274	-664	274	-664
	-4714	-3910	-81	35	0	283	-651	283	-651
	-5080	-4276	105	-70	0	-562	842	-562	842
	-5090	-4286	105	-70	0	-561	843	-561	843
	-4705	-3901	-82	35	0	282	-652	282	-652
	-4714	-3910	-81	35	0	283	-651	283	-651
	-5080	-4276	105	-70	0	-562	842	-562	842
-5111	-4307	107	-69	0	-552	854	-552	854	
-4684	-3880	-83	34	0	274	-664	274	-664	
SLE RARA	-4131	-3327	131	235	0	1882	1066	1882	1066
	-7796	-6992	-172	-223	0	-1786	-1395	-1786	-1395
	-5800	-4996	587	81	0	649	4707	649	4707
	-5688	-4884	-555	-116	0	-925	-4456	-925	-4456
	-5576	-4772	267	415	0	3317	2163	3317	2163
	-5845	-5041	-132	-506	0	-4050	-1073	-4050	-1073
	-5788	-4984	567	69	0	552	4555	552	4555
	-5629	-4825	-397	-258	0	-2067	-3192	-2067	-3192
	-5576	-4772	267	415	0	3317	2163	3317	2163
	-5845	-5041	-132	-506	0	-4050	-1073	-4050	-1073
-5800	-4996	587	81	0	649	4707	649	4707	
-5688	-4884	-555	-116	0	-925	-4456	-925	-4456	
SLE FREQUENTE	-4375	-3571	-72	24	0	192	-578	192	-578
	-6572	-5768	56	-29	0	-233	445	-233	445
	-5104	-4300	183	-1	0	-7	1469	-7	1469
	-4691	-3887	-159	-34	0	-271	-1279	-271	-1279
	-4708	-3904	-5	104	0	829	-36	829	-36
	-5087	-4283	29	-138	0	-1107	226	-1107	226
	-5083	-4279	182	-2	0	-15	1458	-15	1458
	-4712	-3908	-158	-33	0	-263	-1268	-263	-1268
	-4708	-3904	-5	104	0	829	-36	829	-36
	-5087	-4283	29	-138	0	-1107	226	-1107	226
-5104	-4300	183	-1	0	-7	1469	-7	1469	
-4691	-3887	-159	-34	0	-271	-1279	-271	-1279	
SLE Q.PERMANENTE	-4637	-3833	-57	24	0	192	-453	192	-453
	-5164	-4360	67	-53	0	-423	539	-423	539
	-5111	-4307	107	-69	0	-552	854	-552	854
	-4684	-3880	-83	34	0	274	-664	274	-664
	-4714	-3910	-81	35	0	283	-651	283	-651
	-5080	-4276	105	-70	0	-562	842	-562	842
	-5090	-4286	105	-70	0	-561	843	-561	843
	-4705	-3901	-82	35	0	282	-652	282	-652
	-4714	-3910	-81	35	0	283	-651	283	-651
	-5080	-4276	105	-70	0	-562	842	-562	842
-5111	-4307	107	-69	0	-552	854	-552	854	
-4684	-3880	-83	34	0	274	-664	274	-664	

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

8.3 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 40 \varnothing 20 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli \varnothing 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA 1_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA A\LUSAS\OUT\PILA 1_BASE.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO -	Classe: C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd : 181.30 daN/cm ²
	Resis. compr. ridotta fcd' : 90.65 daN/cm ²
	Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
	Def.unit. ultima ecu : 0.0035
	Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm ²
	Coeff. di Poisson : 0.20
	Resis. media a trazione fctm : 30.20 daN/cm ²
	Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
	Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
	Sc Limite : 192.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite : Non prevista
	Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
	Sc Limite : 192.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
	Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
	Sc Limite : 144.00 daN/cm ²
	Apert.Fess.Limite : 0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo: B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm ²
	Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm ²
	Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm ²
	Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm ²
	Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
	Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
	Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm ²
	Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm ²
	Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1
 Forma del Dominio: Poligonale

Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-87.00	-74.00
2	-98.00	-71.00
3	-109.00	-67.00
4	-119.00	-61.00
5	-128.00	-53.00
6	-136.00	-44.00
7	-142.00	-34.00
8	-146.00	-23.00
9	-149.00	-12.00
10	-150.00	0.00
11	-149.00	12.00
12	-146.00	23.00
13	-142.00	34.00
14	-136.00	44.00
15	-128.00	53.00
16	-119.00	61.00
17	-109.00	67.00
18	-98.00	71.00
19	-87.00	74.00
20	-75.00	75.00
21	75.00	75.00
22	87.00	74.00
23	98.00	71.00
24	109.00	67.00
25	119.00	61.00
26	128.00	53.00
27	136.00	44.00
28	142.00	34.00
29	146.00	23.00
30	149.00	12.00
31	150.00	0.00
32	149.00	-12.00
33	146.00	-23.00
34	142.00	-34.00
35	136.00	-44.00
36	128.00	-53.00
37	119.00	-61.00
38	109.00	-67.00
39	98.00	-71.00
40	87.00	-74.00
41	75.00	-75.00
42	-75.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	93.00	68.00	20
2	110.00	61.00	20
3	124.00	49.00	20
4	136.00	35.00	20
5	143.00	18.00	20
6	145.00	0.00	20
7	143.00	-18.00	20
8	136.00	-35.00	20
9	124.00	-49.00	20
10	110.00	-61.00	20
11	93.00	-68.00	20
12	-93.00	-68.00	20
13	-110.00	-61.00	20
14	-124.00	-49.00	20
15	-136.00	-35.00	20
16	-143.00	-18.00	20
17	-145.00	0.00	20
18	-143.00	18.00	20
19	-136.00	35.00	20
20	-124.00	49.00	20
21	-110.00	61.00	20
22	-93.00	68.00	20

23	75.00	-70.00	20
24	75.00	70.00	20
25	-75.00	70.00	20
26	-75.00	-70.00	20
27	-56.00	-70.00	20
28	-37.00	-70.00	20
29	-19.00	-70.00	20
30	0.00	-70.00	20
31	19.00	-70.00	20
32	37.00	-70.00	20
33	56.00	-70.00	20
34	-56.00	70.00	20
35	-37.00	70.00	20
36	-19.00	70.00	20
37	0.00	70.00	20
38	19.00	70.00	20
39	38.00	70.00	20
40	56.00	70.00	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1045600	-259900	-233500	-32500	-28900
2	611400	121700	659300	15200	82100
3	695000	-563500	-193000	-70500	-23900
4	695000	-563500	-193000	-70500	-23900
5	611400	121700	659300	15200	82100
6	516500	-43100	56800	-5400	7100
7	511100	-56400	89500	-7100	11100
8	508000	-57400	88100	-7200	11000
9	508000	-57400	88100	-7200	11000
10	511100	-56400	89500	-7100	11100

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	779600	-179700	-143300
2	580000	64600	477900
3	584500	-406400	-110000
4	584500	-406400	-110000
5	580000	64600	477900

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	657200	-24100	47200
2	510400	-1800	153300
3	508700	-112000	24300
4	508700	-112000	24300
5	510400	-1800	153300

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	516500	-43100	56800
2	511100	-56400	89500
3	508000	-57400	88100
4	508000	-57400	88100
5	511100	-56400	89500

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 2.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	1045600	-259900	-233500	1045588	-840276	-755795	3.235
2	S	611400	121700	659300	611392	241174	1287580	1.954
3	S	695000	-563500	-193000	695026	-750725	-256004	1.332
4	S	695000	-563500	-193000	695026	-750725	-256004	1.332
5	S	611400	121700	659300	611392	241174	1287580	1.954
6	S	516500	-43100	56800	516488	-558077	735645	12.951
7	S	511100	-56400	89500	511078	-521647	826895	9.242
8	S	508000	-57400	88100	508022	-526911	808609	9.179
9	S	508000	-57400	88100	508022	-526911	808609	9.179
10	S	511100	-56400	89500	511078	-521647	826895	9.242

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00167	-87.0	-74.0	0.00321	-93.0	-68.0	-0.00827	93.0	68.0
2	0.00350	-0.00382	142.0	34.0	0.00321	136.0	35.0	-0.01330	-136.0	-35.0
3	0.00350	-0.00383	-87.0	-74.0	0.00297	-75.0	-70.0	-0.01308	75.0	70.0
4	0.00350	-0.00383	-87.0	-74.0	0.00297	-75.0	-70.0	-0.01308	75.0	70.0
5	0.00350	-0.00382	142.0	34.0	0.00321	136.0	35.0	-0.01330	-136.0	-35.0
6	0.00350	-0.00324	98.0	-71.0	0.00315	93.0	-68.0	-0.01187	-93.0	68.0
7	0.00350	-0.00318	109.0	-67.0	0.00312	110.0	-61.0	-0.01171	-110.0	61.0
8	0.00350	-0.00321	109.0	-67.0	0.00311	93.0	-68.0	-0.01176	-93.0	68.0
9	0.00350	-0.00321	109.0	-67.0	0.00311	93.0	-68.0	-0.01176	-93.0	68.0
10	0.00350	-0.00318	109.0	-67.0	0.00312	110.0	-61.0	-0.01171	-110.0	61.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N. Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000015288	-0.000063517	-0.002530291		
2	0.000053548	0.000027678	-0.005044816		
3	-0.000008911	-0.000105130	-0.005054891		
4	-0.000008911	-0.000105130	-0.005054891		
5	0.000053548	0.000027678	-0.005044816		
6	0.000025330	-0.000075739	-0.004359821		
7	0.000029136	-0.000068958	-0.004296030		
8	0.000028504	-0.000070418	-0.004324942		
9	0.000028504	-0.000070418	-0.004324942		
10	0.000029136	-0.000068958	-0.004296030		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	14.9 cm	[Passo massimo di normativa = 24.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	5	(Diametro = 10 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N. Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	38360	1191076	338283	141.4	261.7	21.80°	1.144	3.1	27.2(20.4)
2	S	79913	914378	155604	221.3	135.4	21.80°	1.084	4.1	8.0(1.2)
3	S	72267	1129933	381602	140.2	261.4	21.80°	1.096	5.9	30.9(24.2)
4	S	72267	1129933	381602	140.2	261.4	21.80°	1.096	5.9	30.9(24.2)
5	S	79913	914378	155604	221.3	135.4	21.80°	1.084	4.1	8.0(1.2)
6	S	7373	915549	278485	146.2	207.8	21.80°	1.071	0.6	21.6(14.9)
7	S	10860	852803	223190	148.8	190.3	21.80°	1.070	0.8	17.0(10.3)
8	S	10801	862017	224631	148.2	193.2	21.80°	1.070	0.8	17.2(10.5)
9	S	10801	862017	224631	148.2	193.2	21.80°	1.070	0.8	17.2(10.5)
10	S	10860	852803	223190	148.8	190.3	21.80°	1.070	0.8	17.0(10.3)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N. Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	41.6	0.0	0.0	-51	93.0	68.0	423	145	0.125	0.002
2	S	49.2	142.0	34.0	-439	-136.0	-35.0	2950	273	0.218	0.041
3	S	88.8	-75.0	-75.0	-1758	75.0	70.0	5119	285	0.207	0.170
4	S	88.8	-75.0	-75.0	-1758	75.0	70.0	5119	285	0.207	0.170
5	S	49.2	142.0	34.0	-439	-136.0	-35.0	2950	273	0.218	0.041

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	19.8	109.0	-67.0	176	-110.0	61.0	0	0		0.000
2	S	20.7	150.0	0.0	58	-145.0	0.0	0	0		0.000
3	S	24.3	75.0	-75.0	11	-75.0	70.0	0	0	0.218	0.000
4	S	24.3	75.0	-75.0	11	-75.0	70.0	0	0	0.218	0.000
5	S	20.7	150.0	0.0	58	-145.0	0.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	18.6	98.0	-71.0	95	-93.0	68.0	0	0		0.000
2	S	21.0	109.0	-67.0	57	-110.0	61.0	0	0		0.000
3	S	20.9	109.0	-67.0	56	-110.0	61.0	0	0		0.000
4	S	20.9	109.0	-67.0	56	-110.0	61.0	0	0		0.000
5	S	21.0	109.0	-67.0	57	-110.0	61.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

8.4 Sollecitazioni di verifica – Pila A2

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:

$$\begin{matrix} A_{pila} & 4.02 & \text{m}^2 \\ H_{pila} & 15.50 & \text{m} \end{matrix} \rightarrow e = 0.00 \text{ m}$$

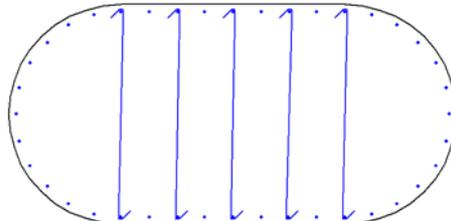
	Fx [kN]	F _{x,top} [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		Fx [kN]	F _{x,top} [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-6166	-4063	-37	11	0	177	-599	177	-599	SLU SLV	-5956	-4398	54	-78	0	-1210	841	-1210	841
	-6134	-4031	65	-120	0	-1859	1001	-1859	1001		-6242	-4684	640	529	0	7852	9586	7852	9586
	-6225	-4122	27	-181	0	-2802	404	-2802	404		-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011
	-6075	-3972	0	72	0	1121	-2	1121	-2		-6145	-4587	521	587	0	8794	7697	8794	7697
	-6237	-4134	-38	5	0	84	-609	84	-609		-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2
	-6063	-3960	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011		-6125	-4567	698	367	0	5341	10481	5341	10481
	-5956	-4398	54	-78	0	-1210	841	-1210	841		-6134	-4576	65	-120	0	-1859	1001	-1859	1001
	-6336	-4778	5	39	0	610	76	610	76		-6073	-4516	522	593	0	8887	7707	8887	7707
	-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011		-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2
	-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42		-6125	-4567	698	367	0	5341	10481	5341	10481
-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2	-5969	-4411	700	375	0	5476	10521	5476	10521		
-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971	-6325	-4767	-638	-426	0	-6256	-9553	-6256	-9553		
SLE RARA	-6225	-4668	27	-181	0	-2802	404	-2802	404	SLE FREQUENTE	-6237	-4680	-38	5	0	84	-609	84	-609
	-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2		-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011
	-6237	-4680	-38	5	0	84	-609	84	-609		-5956	-4398	54	-78	0	-1210	841	-1210	841
	-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011		-6336	-4778	5	39	0	610	76	610	76
	-5956	-4398	54	-78	0	-1210	841	-1210	841		-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011
	-6336	-4778	5	39	0	610	76	610	76		-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42
	-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011		-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2
	-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42		-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971
	-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2		-6134	-4576	65	-120	0	-1859	1001	-1859	1001
	-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971		-6160	-4602	-2	70	0	1079	-33	1079	-33
-6134	-4576	65	-120	0	-1859	1001	-1859	1001	-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2		
-6160	-4602	-2	70	0	1079	-33	1079	-33	-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971		
SLE Q.PERMANENTE	-5956	-4398	54	-78	0	-1210	841	-1210	841		-6336	-4778	5	39	0	610	76	610	76
	-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011		-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011
	-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42		-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42
	-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2		-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2
	-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971		-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971
	-6134	-4576	65	-120	0	-1859	1001	-1859	1001		-6134	-4576	65	-120	0	-1859	1001	-1859	1001
	-6160	-4602	-2	70	0	1079	-33	1079	-33		-6160	-4602	-2	70	0	1079	-33	1079	-33
	-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2		-6075	-4517	0	72	0	1121	-2	1121	-2
	-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971		-6219	-4661	63	-123	0	-1900	971	-1900	971
	-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011		-6063	-4505	65	-114	0	-1766	1011	-1766	1011
-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42	-6231	-4673	-3	64	0	986	-42	986	-42		

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

8.5 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 40 \varnothing 26 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli \varnothing 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA 2_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA A\LUSAS\OUT\PILA 2_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inertza
 Riferimento alla sismicit : Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-87.00	-74.00
2	-98.00	-71.00
3	-109.00	-67.00
4	-119.00	-61.00
5	-128.00	-53.00
6	-136.00	-44.00
7	-142.00	-34.00
8	-146.00	-23.00
9	-149.00	-12.00
10	-150.00	0.00
11	-149.00	12.00
12	-146.00	23.00
13	-142.00	34.00
14	-136.00	44.00
15	-128.00	53.00
16	-119.00	61.00
17	-109.00	67.00
18	-98.00	71.00
19	-87.00	74.00
20	-75.00	75.00
21	75.00	75.00
22	87.00	74.00
23	98.00	71.00
24	109.00	67.00
25	119.00	61.00
26	128.00	53.00
27	136.00	44.00
28	142.00	34.00
29	146.00	23.00
30	149.00	12.00
31	150.00	0.00
32	149.00	-12.00
33	146.00	-23.00
34	142.00	-34.00
35	136.00	-44.00
36	128.00	-53.00
37	119.00	-61.00
38	109.00	-67.00
39	98.00	-71.00
40	87.00	-74.00
41	75.00	-75.00
42	-75.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	93.00	68.00	26
2	110.00	61.00	26
3	124.00	49.00	26
4	136.00	35.00	26
5	143.00	18.00	26
6	145.00	0.00	26
7	143.00	-18.00	26
8	136.00	-35.00	26
9	124.00	-49.00	26
10	110.00	-61.00	26
11	93.00	-68.00	26
12	-93.00	-68.00	26
13	-110.00	-61.00	26
14	-124.00	-49.00	26
15	-136.00	-35.00	26
16	-143.00	-18.00	26
17	-145.00	0.00	26
18	-143.00	18.00	26
19	-136.00	35.00	26
20	-124.00	49.00	26

21	-110.00	61.00	26
22	-93.00	68.00	26
23	75.00	-70.00	26
24	75.00	70.00	26
25	-75.00	70.00	26
26	-75.00	-70.00	26
27	-56.00	-70.00	26
28	-37.00	-70.00	26
29	-19.00	-70.00	26
30	0.00	-70.00	26
31	19.00	-70.00	26
32	37.00	-70.00	26
33	56.00	-70.00	26
34	-56.00	70.00	26
35	-37.00	70.00	26
36	-19.00	70.00	26
37	0.00	70.00	26
38	19.00	70.00	26
39	38.00	70.00	26
40	56.00	70.00	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	613500	-186000	100100	-12000	6400
2	622600	-280300	40400	-18100	2700
3	606300	-176600	101000	-11400	6500
4	623200	98500	-4300	6300	-300
5	607500	112000	-300	7200	-100
6	624200	785100	958600	52800	63900
7	606300	-176600	101000	-11400	6500
8	612600	534100	1048100	36600	69700
9	612600	534100	1048100	36600	69700
10	596900	547600	1052100	37500	70000

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	607500	112000	-300
2	623800	8300	-60900
3	633600	61000	7500
4	622000	-190100	97000
5	613500	-186000	100100

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	606300	-176600	101000
2	595700	-121000	84000
3	623200	98500	-4300
4	616000	107900	-3300
5	607500	112000	-300

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	633600	61000	7500
2	606300	-176600	101000
3	622000	-190100	97000
4	622000	-190100	97000
5	606300	-176600	101000

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 15.4 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.1 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	613500	-186000	100100	613478	-892016	483333	4.803
2	S	622600	-280300	40400	622587	-934253	133384	3.332
3	S	606300	-176600	101000	606285	-885341	502033	5.003
4	S	623200	98500	-4300	623201	937828	-44070	9.522
5	S	607500	112000	-300	607495	930675	-978	8.310
6	S	624200	785100	958600	624177	786612	963480	1.004
7	S	606300	-176600	101000	606285	-885341	502033	5.003
8	S	612600	534100	1048100	612575	651353	1272575	1.215
9	S	612600	534100	1048100	612575	651353	1272575	1.215
10	S	596900	547600	1052100	596921	651393	1252155	1.190

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00313	87.0	-74.0	0.00304	93.0	-68.0	-0.01150	-93.0	68.0
2	0.00350	-0.00429	75.0	-75.0	0.00292	75.0	-70.0	-0.01410	-75.0	70.0
3	0.00350	-0.00310	87.0	-74.0	0.00305	93.0	-68.0	-0.01145	-93.0	68.0
4	0.00350	-0.00470	-75.0	75.0	0.00287	-75.0	70.0	-0.01500	75.0	-70.0
5	0.00350	-0.00503	-75.0	75.0	0.00284	-75.0	70.0	-0.01573	75.0	-70.0
6	0.00350	-0.00233	98.0	71.0	0.00319	93.0	68.0	-0.00981	-93.0	-68.0
7	0.00350	-0.00310	87.0	-74.0	0.00305	93.0	-68.0	-0.01145	-93.0	68.0
8	0.00350	-0.00228	109.0	67.0	0.00322	110.0	61.0	-0.00971	-110.0	-61.0
9	0.00350	-0.00228	109.0	67.0	0.00322	110.0	61.0	-0.00971	-110.0	-61.0
10	0.00350	-0.00233	109.0	67.0	0.00321	110.0	61.0	-0.00981	-110.0	-61.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.

x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000012648	-0.000089606	-0.004231156		
2	0.000004389	-0.000116832	-0.005591582		
3	0.000013081	-0.000088720	-0.004203290		
4	-0.000001498	0.000126027	-0.006064306		
5	-0.000000048	0.000132571	-0.006446422		
6	0.000021801	0.000065774	-0.003306439		
7	0.000013081	-0.000088720	-0.004203290		
8	0.000029869	0.000052135	-0.003248846		
9	0.000029869	0.000052135	-0.003248846		
10	0.000029769	0.000053014	-0.003296787		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 14.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe: 2
Numero Legature: 5 (Diametro = 8 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
(Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	12777	1110806	264126	140.9	258.5	21.80°	1.084	1.0	21.3(14.6)
2	S	18189	1122466	282975	140.0	262.5	21.80°	1.086	1.5	23.0(16.2)
3	S	12226	1109892	262977	140.9	258.4	21.80°	1.083	1.0	21.2(14.4)
4	S	6303	1123138	288312	139.9	262.8	21.80°	1.086	0.5	23.4(16.7)
5	S	7200	1118105	291085	140.0	261.9	21.80°	1.084	0.6	23.6(16.9)
6	S	70223	1029973	208964	145.5	231.7	21.80°	1.086	5.5	16.3(9.6)
7	S	12226	1109892	262977	140.9	258.4	21.80°	1.083	1.0	21.2(14.4)
8	S	66406	880738	169955	154.8	186.5	21.80°	1.084	4.9	12.5(5.7)
9	S	66406	880738	169955	154.8	186.5	21.80°	1.084	4.9	12.5(5.7)
10	S	66971	878864	170312	154.4	186.9	21.80°	1.082	4.9	12.5(5.8)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	24.8	-75.0	75.0	59	75.0	-70.0	423	0	0.125	0.000
2	S	17.9	-142.0	34.0	166	136.0	-35.0	2950	0	0.218	0.000
3	S	20.7	75.0	75.0	134	-75.0	-70.0	5119	0	0.207	0.000
4	S	35.5	87.0	-74.0	-82	-93.0	68.0	5119	0	0.207	0.000
5	S	35.0	87.0	-74.0	-81	-93.0	68.0	2950	0	0.218	0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	34.0	87.0	-74.0	-72	-93.0	68.0	0	0		0.000
2	S	27.9	87.0	-74.0	6	-93.0	68.0	0	0		0.000
3	S	24.0	-75.0	75.0	81	75.0	-70.0	0	0	0.218	0.000
4	S	24.7	-75.0	75.0	66	75.0	-70.0	0	0	0.218	0.000
5	S	24.8	-75.0	75.0	59	75.0	-70.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	20.7	75.0	75.0	134	-75.0	-70.0	0	0		0.000
2	S	34.0	87.0	-74.0	-72	-93.0	68.0	0	0		0.000
3	S	35.5	87.0	-74.0	-82	-93.0	68.0	0	0		0.000
4	S	35.5	87.0	-74.0	-82	-93.0	68.0	0	0		0.000
5	S	34.0	87.0	-74.0	-72	-93.0	68.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

8.6 Sollecitazioni di verifica – Pila A3

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:

$$A_{pila} = 4.02 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad e = 0.05 \text{ m}$$

$$H_{pila} = 26.00 \text{ m}$$

	Fx [kN]	F _{x,top} [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		Fx [kN]	F _{x,top} [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-8523	-4996	2	68	0	1759	62	1943	245	SLU SLV	-7982	-5369	6	-26	0	-670	145	-868	343
	-8066	-4539	5	-103	0	-2680	128	-2847	295		-8158	-5545	354	275	0	6226	6927	6430	7131
	-8190	-4662	1	-148	0	-3853	-36	-4025	-207		-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381
	-8034	-4506	2	63	0	1636	48	1802	213		-7972	-5359	187	559	0	12933	3596	13130	3793
	-8744	-5216	-7	-5	0	-136	-181	-328	-373		-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247
	-8138	-4611	7	-32	0	-833	178	-1003	348		-8106	-5493	358	175	0	3618	7021	3820	7223
	-7982	-5369	6	-26	0	-670	145	-868	343		-8066	-5453	5	-103	0	-2680	128	-2880	328
	-8242	-5629	0	-10	0	-264	13	-471	220		-8044	-5431	189	618	0	14478	3642	14677	3842
	-8138	-4611	7	-32	0	-833	178	-1003	348		-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247
	-8085	-4558	-1	-4	0	-101	-20	-269	-188		-8106	-5493	358	175	0	3618	7021	3820	7223
-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247	-8025	-5412	194	531	0	12201	3794	12400	3993		
-8190	-5577	4	-110	0	-2872	106	-3077	311	-8199	-5586	-188	-567	0	-13136	-3636	-13341	-3842		
SLE RARA	-8190	-5577	1	-148	0	-3853	-36	-4058	-241	SLE FREQUENTE	-8744	-6131	-7	-5	0	-136	-181	-361	-407
	-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247		-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381
	-8744	-6131	-7	-5	0	-136	-181	-361	-407		-7982	-5369	6	-26	0	-670	145	-868	343
	-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381		-8242	-5629	0	-10	0	-264	13	-471	220
	-7982	-5369	6	-26	0	-670	145	-868	343		-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381
	-8242	-5629	0	-10	0	-264	13	-471	220		-8085	-5472	-1	-4	0	-101	-20	-303	-221
	-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381		-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247
	-8085	-5472	-1	-4	0	-101	-20	-303	-221		-8190	-5577	4	-110	0	-2872	106	-3077	311
	-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247		-8066	-5453	5	-103	0	-2680	128	-2880	328
	-8190	-5577	4	-110	0	-2872	106	-3077	311		-8158	-5545	1	56	0	1443	26	1647	230
-8066	-5453	5	-103	0	-2680	128	-2880	328	-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247		
-8158	-5545	1	56	0	1443	26	1647	230	-8190	-5577	4	-110	0	-2872	106	-3077	311		

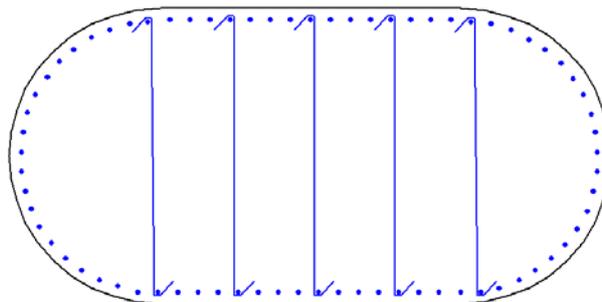
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE Q.PERMANENTE	-7982	-5369	6	-26	0	-670	145	-868	343
	-8242	-5629	0	-10	0	-264	13	-471	220
	-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381
	-8085	-5472	-1	-4	0	-101	-20	-303	-221
	-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247
	-8190	-5577	4	-110	0	-2872	106	-3077	311
	-8066	-5453	5	-103	0	-2680	128	-2880	328
	-8158	-5545	1	56	0	1443	26	1647	230
	-8034	-5421	2	63	0	1636	48	1835	247
	-8190	-5577	4	-110	0	-2872	106	-3077	311
	-8138	-5525	7	-32	0	-833	178	-1036	381
	-8085	-5472	-1	-4	0	-101	-20	-303	-221

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

8.7 Verifiche della sezione di spiccatato

Si considera la sezione di spiccatato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73Ø24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli Ø10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA 3_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA A\LUSAS\OUT\PILA 3_BASE.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO	-	Classe: C32/40	
		Resis. compr. di calcolo fcd :	181.30 daN/cm ²
		Resis. compr. ridotta fcd' :	90.65 daN/cm ²
		Def.unit. max resistenza ec2 :	0.0020
		Def.unit. ultima ecu :	0.0035
		Diagramma tensione-deformaz. :	Parabola-Rettangolo
		Modulo Elastico Normale Ec :	333458 daN/cm ²
		Coeff. di Poisson :	0.20
		Resis. media a trazione fctm :	30.20 daN/cm ²
		Coeff. Omogen. S.L.E. :	15.0
		Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):	
		Sc Limite :	192.00 daN/cm ²
		Apert.Fess.Limite :	Non prevista
		Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):	
		Sc Limite :	192.00 daN/cm ²
		Apert.Fess.Limite :	0.300 mm
		Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):	
		Sc Limite :	144.00 daN/cm ²
		Apert.Fess.Limite :	0.200 mm
ACCIAIO	-	Tipo: B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk :	4500.0 daN/cm ²
		Resist. caratt. rottura ftk :	4500.0 daN/cm ²
		Resist. snerv. di calcolo fyd :	3913.0 daN/cm ²
		Resist. ultima di calcolo ftd :	3913.0 daN/cm ²
		Deform. ultima di calcolo Epu :	0.068
		Modulo Elastico Ef :	2000000 daN/cm ²
		Diagramma tensione-deformaz. :	Bilineare finito
		Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00 daN/cm ²
		Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50 daN/cm ²
		Comb.Rare Sf Limite :	3600.0 daN/cm ²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO**DOMINIO N° 1**

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-87.00	-74.00
2	-98.00	-71.00
3	-109.00	-67.00
4	-119.00	-61.00
5	-128.00	-53.00
6	-136.00	-44.00
7	-142.00	-34.00
8	-146.00	-23.00
9	-149.00	-12.00
10	-150.00	0.00
11	-149.00	12.00
12	-146.00	23.00
13	-142.00	34.00
14	-136.00	44.00
15	-128.00	53.00
16	-119.00	61.00
17	-109.00	67.00
18	-98.00	71.00
19	-87.00	74.00
20	-75.00	75.00
21	75.00	75.00
22	87.00	74.00
23	98.00	71.00
24	109.00	67.00
25	119.00	61.00
26	128.00	53.00
27	136.00	44.00
28	142.00	34.00
29	146.00	23.00
30	149.00	12.00
31	150.00	0.00
32	149.00	-12.00
33	146.00	-23.00
34	142.00	-34.00
35	136.00	-44.00

36	128.00	-53.00
37	119.00	-61.00
38	109.00	-67.00
39	98.00	-71.00
40	87.00	-74.00
41	75.00	-75.00
42	-75.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	85.00	-69.00	24
2	94.00	-67.00	24
3	104.00	-63.00	24
4	112.00	-58.00	24
5	120.00	-52.00	24
6	127.00	-45.00	24
7	133.00	-37.00	24
8	138.00	-28.00	24
9	141.00	-18.00	24
10	143.00	-8.00	24
11	143.00	2.00	24
12	142.00	12.00	24
13	140.00	21.00	24
14	136.00	31.00	24
15	131.00	39.00	24
16	125.00	47.00	24
17	117.00	54.00	24
18	109.00	59.00	24
19	100.00	64.00	24
20	90.00	67.00	24
21	80.00	68.00	24
22	70.00	69.00	24
23	60.00	69.00	24
24	50.00	69.00	24
25	40.00	69.00	24
26	30.00	69.00	24
27	20.00	69.00	24
28	10.00	69.00	24
29	0.00	69.00	24
30	-10.00	69.00	24
31	-20.00	69.00	24
32	-30.00	69.00	24
33	-40.00	69.00	24
34	-50.00	69.00	24
35	-60.00	69.00	24
36	-70.00	69.00	24
37	-81.00	68.00	24
38	-90.00	67.00	24
39	-100.00	64.00	24
40	-109.00	60.00	24
41	-118.00	54.00	24
42	-125.00	48.00	24
43	-131.00	40.00	24
44	-137.00	31.00	24
45	-141.00	22.00	24
46	-143.00	12.00	24
47	-144.00	2.00	24
48	-144.00	-8.00	24
49	-142.00	-18.00	24
50	-139.00	-27.00	24
51	-135.00	-36.00	24
52	-129.00	-44.00	24
53	-122.00	-52.00	24
54	-114.00	-58.00	24
55	-105.00	-63.00	24
56	-96.00	-66.00	24
57	-86.00	-69.00	24
58	-76.00	-69.00	24
59	-66.00	-69.00	24
60	-56.00	-69.00	24
61	-46.00	-69.00	24

62	-36.00	-69.00	24
63	-26.00	-69.00	24
64	-16.00	-69.00	24
65	-6.00	-69.00	24
66	4.00	-69.00	24
67	14.00	-69.00	24
68	24.00	-69.00	24
69	34.00	-69.00	24
70	44.00	-69.00	24
71	54.00	-69.00	24
72	64.00	-69.00	24
73	75.00	-69.00	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	806700	-284700	29400	-10400	400
2	819000	-402500	-20800	-14900	0
3	813900	-100300	34700	-3300	600
4	808600	-26900	-18800	-400	-100
5	803400	183500	24600	6200	100
6	815800	643000	713000	27500	35400
7	813900	-103700	38100	-3300	600
8	810700	381900	722200	17400	35700
9	810700	381900	722200	17400	35700
10	802500	1240000	399300	53000	19400

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	803400	183500	24600
2	874400	-36200	-40700
3	824200	-47100	21900
4	819100	-307800	31100
5	806700	-288100	32800

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	813900	-103700	38100
2	798200	-86800	34200
3	808600	-30300	-22200
4	815800	164700	22900
5	803400	183500	24600

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
----------	---	----	----

1	824200	-47100	21900
2	813900	-103700	38100
3	819100	-307800	31100
4	819100	-307800	31100
5	813900	-103700	38100

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	806700	-284700	29400	806725	-1296773	137193	4.560
2	S	819000	-402500	-20800	819022	-1304721	-66406	3.244
3	S	813900	-100300	34700	813889	-1273175	449793	12.741
4	S	808600	-26900	-18800	808606	-1203213	-834677	45.514
5	S	803400	183500	24600	803376	1296751	176635	7.054
6	S	815800	643000	713000	815808	1108107	1222490	1.718
7	S	813900	-103700	38100	813891	-1269484	477310	12.292
8	S	810700	381900	722200	810685	907176	1695548	2.353
9	S	810700	381900	722200	810685	907176	1695548	2.353
10	S	802500	1240000	399300	802496	1275979	416626	1.030

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00293	75.0	-75.0	0.00295	85.0	-69.0	-0.01091	-70.0	69.0
2	0.00350	-0.00304	-75.0	-75.0	0.00292	-86.0	-69.0	-0.01114	70.0	69.0
3	0.00350	-0.00233	87.0	-74.0	0.00307	85.0	-69.0	-0.00957	-81.0	68.0
4	0.00350	-0.00183	-87.0	-74.0	0.00315	-86.0	-69.0	-0.00850	90.0	67.0
5	0.00350	-0.00282	75.0	75.0	0.00291	70.0	69.0	-0.01073	-86.0	-69.0
6	0.00350	-0.00150	98.0	71.0	0.00314	100.0	64.0	-0.00785	-96.0	-66.0
7	0.00350	-0.00228	87.0	-74.0	0.00308	85.0	-69.0	-0.00946	-81.0	68.0
8	0.00350	-0.00138	109.0	67.0	0.00315	109.0	59.0	-0.00762	-114.0	-58.0
9	0.00350	-0.00138	109.0	67.0	0.00315	109.0	59.0	-0.00762	-114.0	-58.0
10	0.00350	-0.00240	87.0	74.0	0.00295	70.0	69.0	-0.00983	-86.0	-69.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003055	-0.000096963	-0.004001358		
2	-0.000001582	-0.000100092	-0.004125610		
3	0.000008554	-0.000081917	-0.003306101		

4	-0.000013699	-0.000067938	-0.002719171
5	0.000003828	0.000094555	-0.003878731
6	0.000018340	0.000056889	-0.002336418
7	0.000008956	-0.000080669	-0.003248657
8	0.000025045	0.000044265	-0.002195687
9	0.000025045	0.000044265	-0.002195687
10	0.000008033	0.000083512	-0.003378749

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	14.9 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	5	(Diametro = 12 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Vsdu Taglio agente [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
 Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	10407	1175975	529233	138.7	271.2	21.80°	1.111	0.9	43.3(36.6)
2	S	14898	1178071	536102	138.7	271.4	21.80°	1.113	1.2	43.9(37.2)
3	S	3344	1174867	498594	139.2	269.9	21.80°	1.112	0.3	40.7(33.9)
4	S	412	1163158	457965	140.6	264.7	21.80°	1.111	0.0	37.0(30.3)
5	S	6199	1177697	523414	138.6	271.9	21.80°	1.111	0.5	42.9(36.1)
6	S	37035	1130610	424802	144.0	250.9	21.80°	1.112	2.9	33.5(26.8)
7	S	3346	1174052	495893	139.2	269.6	21.80°	1.112	0.3	40.5(33.7)
8	S	32724	1002901	264025	154.5	207.6	21.80°	1.112	2.4	19.4(12.7)
9	S	32724	1002901	264025	154.5	207.6	21.80°	1.112	2.4	19.4(12.7)
10	S	54614	1173005	499302	139.1	270.0	21.80°	1.110	4.5	40.8(34.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
 K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
 Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	35.0	75.0	75.0	29	-86.0	-69.0	423	0	0.125	0.000
2	S	23.8	-98.0	-71.0	229	100.0	64.0	2950	0	0.218	0.000
3	S	23.1	87.0	-74.0	208	-90.0	67.0	5119	0	0.207	0.000
4	S	46.6	75.0	-75.0	-120	-70.0	69.0	5119	0	0.207	0.000
5	S	44.6	75.0	-75.0	-100	-70.0	69.0	2950	0	0.218	0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	28.4	87.0	-74.0	129	-81.0	68.0	0	0		0.000
2	S	26.4	87.0	-74.0	146	-90.0	67.0	0	0		0.000
3	S	21.3	-75.0	75.0	223	90.0	67.0	0	0	0.218	0.000
4	S	33.5	75.0	75.0	57	-86.0	-69.0	0	0	0.218	0.000

5	S	35.0	75.0	75.0	29	-86.0	-69.0	0	0	0.000
---	---	------	------	------	----	-------	-------	---	---	-------

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	23.1	87.0	-74.0	208	-90.0	67.0	0	0		0.000
2	S	28.4	87.0	-74.0	129	-81.0	68.0	0	0		0.000
3	S	46.6	75.0	-75.0	-120	-70.0	69.0	0	0		0.000
4	S	46.6	75.0	-75.0	-120	-70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	28.4	87.0	-74.0	129	-81.0	68.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

8.8 Sollecitazioni di verifica – Pila A4

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:

$$\begin{matrix} A_{pila} & 4.02 & \text{m}^2 \\ H_{pila} & 26.50 & \text{m} \end{matrix} \rightarrow e \quad 0.05 \text{ m}$$

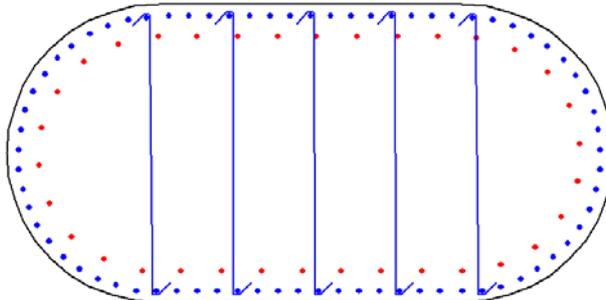
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-8034	-4438	0	-94	0	-2499	-26	-2665	-193	SLU SLV	-7773	-5109	0	-60	0	-1602	-54	-1793	-245
	-7941	-4346	0	60	0	1592	100	1755	262		-7925	-5262	0	324	0	7920	6644	8117	6841
	-7969	-4374	0	-144	0	-3824	19	-3988	183		-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316
	-7827	-4232	0	68	0	1795	87	1953	245		-7763	-5100	0	426	0	10136	3641	10327	3832
	-8694	-5098	0	-107	0	-2842	-285	-3033	-476		-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280
	-7879	-4284	0	64	0	1699	121	1860	281		-7871	-5207	0	183	0	4196	6492	4392	6687
	-7773	-5109	0	-60	0	-1602	-54	-1793	-245		-7941	-5278	0	60	0	1592	100	1790	297
	-8024	-5360	0	32	0	854	69	1055	270		-7701	-5037	0	430	0	10244	3662	10433	3851
	-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316		-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280
	-7918	-5254	0	-105	0	-2774	-117	-2971	-314		-7871	-5207	0	183	0	4196	6492	4392	6687
-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280	-7724	-5061	0	595	0	14609	3879	14799	4068		
-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282	-8072	-5409	0	-636	0	-15684	-3875	-15886	-4078		
SLE RARA	-7969	-5306	0	-144	0	-3824	19	-4023	218	SLE FREQUENTE	-8694	-6030	0	-107	0	-2842	-285	-3068	-511
	-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280		-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316
	-8694	-6030	0	-107	0	-2842	-285	-3068	-511		-7773	-5109	0	-60	0	-1602	-54	-1793	-245
	-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316		-8024	-5360	0	32	0	854	69	1055	270
	-7773	-5109	0	-60	0	-1602	-54	-1793	-245		-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316
	-8024	-5360	0	32	0	854	69	1055	270		-7918	-5254	0	-105	0	-2774	-117	-2971	-314
	-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316		-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280
	-7918	-5254	0	-105	0	-2774	-117	-2971	-314		-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282
	-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280		-7941	-5278	0	60	0	1592	100	1790	297
	-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282		-7855	-5192	0	-101	0	-2666	-96	-2861	-291
-7941	-5278	0	60	0	1592	100	1790	297	-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280		
-7855	-5192	0	-101	0	-2666	-96	-2861	-291	-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282		
SLE Q.PERMANENTE	-7773	-5109	0	-60	0	-1602	-54	-1793	-245	-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316	
	-8024	-5360	0	32	0	854	69	1055	270	-7918	-5254	0	-105	0	-2774	-117	-2971	-314	
	-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316	-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280	
	-7918	-5254	0	-105	0	-2774	-117	-2971	-314	-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282	
	-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280	-7941	-5278	0	60	0	1592	100	1790	297	
	-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282	-7855	-5192	0	-101	0	-2666	-96	-2861	-291	
	-7941	-5278	0	60	0	1592	100	1790	297	-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280	
-7855	-5192	0	-101	0	-2666	-96	-2861	-291	-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282		
-7827	-5164	0	68	0	1795	87	1988	280	-7879	-5216	0	64	0	1699	121	1895	316		
-7969	-5306	0	-108	0	-2869	-83	-3068	-282	-7918	-5254	0	-105	0	-2774	-117	-2971	-314		

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

8.9 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 26+34 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA 4_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA A\LUSAS\OUT\PILA 4_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo f_{cd} : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta f_{cd}' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza $ec2$: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione f_{ctm} : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. f_{yk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura f_{tk} : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo f_{yd} : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo f_{td} : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo E_{pu} : 0.068
 Modulo Elastico E_f : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-87.00	-74.00
2	-98.00	-71.00
3	-109.00	-67.00
4	-119.00	-61.00
5	-128.00	-53.00
6	-136.00	-44.00
7	-142.00	-34.00
8	-146.00	-23.00
9	-149.00	-12.00
10	-150.00	0.00
11	-149.00	12.00
12	-146.00	23.00
13	-142.00	34.00
14	-136.00	44.00
15	-128.00	53.00
16	-119.00	61.00
17	-109.00	67.00
18	-98.00	71.00
19	-87.00	74.00
20	-75.00	75.00
21	75.00	75.00
22	87.00	74.00
23	98.00	71.00
24	109.00	67.00
25	119.00	61.00
26	128.00	53.00
27	136.00	44.00
28	142.00	34.00
29	146.00	23.00
30	149.00	12.00
31	150.00	0.00
32	149.00	-12.00
33	146.00	-23.00
34	142.00	-34.00
35	136.00	-44.00
36	128.00	-53.00
37	119.00	-61.00
38	109.00	-67.00
39	98.00	-71.00
40	87.00	-74.00
41	75.00	-75.00
42	-75.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	85.00	-69.00	26
2	94.00	-67.00	26
3	104.00	-63.00	26
4	112.00	-58.00	26
5	120.00	-52.00	26
6	127.00	-45.00	26
7	133.00	-37.00	26
8	138.00	-28.00	26
9	141.00	-18.00	26
10	143.00	-8.00	26
11	143.00	2.00	26
12	142.00	12.00	26
13	140.00	21.00	26
14	136.00	31.00	26
15	131.00	39.00	26
16	125.00	47.00	26
17	117.00	54.00	26
18	109.00	59.00	26
19	100.00	64.00	26
20	90.00	67.00	26

21	80.00	68.00	26
22	70.00	69.00	26
23	60.00	69.00	26
24	50.00	69.00	26
25	40.00	69.00	26
26	30.00	69.00	26
27	20.00	69.00	26
28	10.00	69.00	26
29	0.00	69.00	26
30	-10.00	69.00	26
31	-20.00	69.00	26
32	-30.00	69.00	26
33	-40.00	69.00	26
34	-50.00	69.00	26
35	-60.00	69.00	26
36	-70.00	69.00	26
37	-81.00	68.00	26
38	-90.00	67.00	26
39	-100.00	64.00	26
40	-109.00	60.00	26
41	-118.00	54.00	26
42	-125.00	48.00	26
43	-131.00	40.00	26
44	-137.00	31.00	26
45	-141.00	22.00	26
46	-143.00	12.00	26
47	-144.00	2.00	26
48	-144.00	-8.00	26
49	-142.00	-18.00	26
50	-139.00	-27.00	26
51	-135.00	-36.00	26
52	-129.00	-44.00	26
53	-122.00	-52.00	26
54	-114.00	-58.00	26
55	-105.00	-63.00	26
56	-96.00	-66.00	26
57	-86.00	-69.00	26
58	-76.00	-69.00	26
59	-66.00	-69.00	26
60	-56.00	-69.00	26
61	-46.00	-69.00	26
62	-36.00	-69.00	26
63	-26.00	-69.00	26
64	-16.00	-69.00	26
65	-6.00	-69.00	26
66	4.00	-69.00	26
67	14.00	-69.00	26
68	24.00	-69.00	26
69	34.00	-69.00	26
70	44.00	-69.00	26
71	54.00	-69.00	26
72	64.00	-69.00	26
73	75.00	-69.00	26
74	94.00	-56.00	24
75	111.00	-47.00	24
76	124.00	-32.00	24
77	132.00	-14.00	24
78	133.00	5.00	24
79	128.00	24.00	24
80	117.00	41.00	24
81	101.00	52.00	24
82	82.00	58.00	24
83	63.00	59.00	24
84	43.00	59.00	24
85	23.00	59.00	24
86	3.00	59.00	24
87	-16.00	59.00	24
88	-36.00	59.00	24
89	-56.00	59.00	24
90	-75.00	59.00	24
91	-95.00	55.00	24
92	-112.00	46.00	24
93	-125.00	31.00	24
94	-133.00	13.00	24
95	-134.00	-6.00	24
96	-129.00	-25.00	24
97	-118.00	-42.00	24
98	-102.00	-53.00	24

99	-83.00	-59.00	24
100	-64.00	-59.00	24
101	-44.00	-59.00	24
102	-24.00	-59.00	24
103	-4.00	-59.00	24
104	15.00	-59.00	24
105	35.00	-59.00	24
106	55.00	-59.00	24
107	75.00	-59.00	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N.Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	794200	175400	26200	6000	0
2	797000	-398900	18200	-14500	-100
3	788000	185900	28100	6400	0
4	791800	-297100	-31500	-10500	-100
5	782800	198800	28000	6700	0
6	792600	811700	684000	32300	0
7	788000	189400	31600	6400	0
8	787100	439100	668600	18300	0
9	787100	439100	668600	18300	0
10	772500	1479900	406800	59400	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	782800	198800	28000
2	869400	-306800	-51200
3	802400	105500	26900
4	797000	-306800	-28300
5	794200	178900	29700

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	788000	189400	31600
2	777300	-179400	-24600
3	791800	-297100	-31500
4	785600	-286100	-29100
5	782800	198800	28000

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	802400	105500	26900
2	788000	189400	31600
3	797000	-306800	-28300

4	797000	-306800	-28300
5	788000	189400	31600

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.6 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	794200	175400	26200	794200	1736410	263320	9.870
2	S	797000	-398900	18200	796979	-1742284	75558	4.371
3	S	788000	185900	28100	788006	1733293	271253	9.302
4	S	791800	-297100	-31500	791778	-1734367	-186818	5.849
5	S	782800	198800	28000	782826	1732186	254860	8.696
6	S	792600	811700	684000	792572	1554767	1315298	1.918
7	S	788000	189400	31600	787991	1732219	287031	9.116
8	S	787100	439100	668600	787088	1306147	1997386	2.981
9	S	787100	439100	668600	787088	1306147	1997386	2.981
10	S	772500	1479900	406800	772476	1709004	466924	1.154

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00213	75.0	75.0	0.00298	70.0	69.0	-0.00918	-86.0	-69.0
2	0.00350	-0.00241	75.0	-75.0	0.00297	85.0	-69.0	-0.00975	-70.0	69.0
3	0.00350	-0.00213	75.0	75.0	0.00298	70.0	69.0	-0.00919	-86.0	-69.0
4	0.00350	-0.00227	-75.0	-75.0	0.00301	-86.0	-69.0	-0.00942	70.0	69.0
5	0.00350	-0.00217	75.0	75.0	0.00297	70.0	69.0	-0.00926	-86.0	-69.0
6	0.00350	-0.00123	87.0	74.0	0.00314	90.0	67.0	-0.00724	-86.0	-69.0
7	0.00350	-0.00211	75.0	75.0	0.00298	70.0	69.0	-0.00915	-86.0	-69.0
8	0.00350	-0.00099	109.0	67.0	0.00318	100.0	64.0	-0.00672	-105.0	-63.0
9	0.00350	-0.00099	109.0	67.0	0.00318	100.0	64.0	-0.00672	-105.0	-63.0
10	0.00350	-0.00195	87.0	74.0	0.00300	70.0	69.0	-0.00882	-86.0	-69.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000003944	0.000083612	-0.003066738		
2	0.000001224	-0.000090752	-0.003398197		
3	0.000004064	0.000083569	-0.003072496		
4	-0.000002967	-0.000086724	-0.003226823		
5	0.000003848	0.000084301	-0.003111144		
6	0.000014829	0.000057161	-0.002020013		

7	0.000004280	0.000083053	-0.003049963
8	0.000020855	0.000044305	-0.001741701
9	0.000020855	0.000044305	-0.001741701
10	0.000006628	0.000078142	-0.002859179

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	8 mm	
Passo staffe:	14.9 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	5	(Diametro = 10 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezz. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	5993	1188003	384689	138.0	275.8	21.80°	1.109	0.5	31.7(24.9)
2	S	14497	1186616	396749	138.0	275.4	21.80°	1.110	1.2	32.6(25.9)
3	S	6392	1184669	384574	138.2	275.0	21.80°	1.108	0.5	31.6(24.9)
4	S	10497	1187799	388935	138.0	276.0	21.80°	1.109	0.9	32.0(25.3)
5	S	6693	1183945	385535	138.1	275.0	21.80°	1.108	0.6	31.7(25.0)
6	S	31265	1166473	330339	141.3	264.5	21.80°	1.109	2.5	26.5(19.8)
7	S	6392	1184626	383651	138.2	275.0	21.80°	1.108	0.5	31.5(24.8)
8	S	16557	1091395	257412	149.5	234.1	21.80°	1.108	1.3	19.6(12.8)
9	S	16557	1091395	257412	149.5	234.1	21.80°	1.108	1.3	19.6(12.8)
10	S	59187	1181091	373617	138.4	274.2	21.80°	1.106	4.9	30.7(23.9)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	33.1	75.0	75.0	9	-86.0	-69.0	0	0		0.000
2	S	44.1	-75.0	-75.0	-90	70.0	69.0	0	0		0.000
3	S	25.9	75.0	75.0	120	-86.0	-69.0	0	0		0.000
4	S	42.1	-75.0	-75.0	-105	70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	31.8	75.0	75.0	34	-86.0	-69.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	32.6	75.0	75.0	19	-86.0	-69.0	0	0		0.000
2	S	31.2	-75.0	-75.0	33	70.0	69.0	0	0		0.000
3	S	41.3	-75.0	-75.0	-97	70.0	69.0	0	0		0.000
4	S	40.2	-75.0	-75.0	-86	70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	33.1	75.0	75.0	9	-86.0	-69.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	25.9	75.0	75.0	120	-86.0	-69.0	0	0		0.000
2	S	32.6	75.0	75.0	19	-86.0	-69.0	0	0		0.000
3	S	42.1	-75.0	-75.0	-105	70.0	69.0	0	0		0.000
4	S	42.1	-75.0	-75.0	-105	70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	32.6	75.0	75.0	19	-86.0	-69.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

8.10 Sollecitazioni di verifica – Pila A5

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:

$$A_{pila} = 4.02 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad e = 0.00 \text{ m}$$

$$H_{pila} = 12.00 \text{ m}$$

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
S.L.U. STR	-6611	-5405	-1084	-104	-1084	-1245	-1084	-1245	-1084	S.L.U. SLV	-6463	-5257	-270	-46	-270	-551	-270	-551	-270
	-6658	-5452	326	83	326	1002	326	1002	326		-6700	-5494	8857	563	8857	6629	8857	6629	8857
	-6680	-5052	-40	-227	-40	-2721	-40	-2721	-40		-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337
	-6600	-4972	296	88	296	1058	296	1058	296		-6535	-5329	8208	417	8208	4880	8208	4880	8208
	-6637	-5009	-1095	-104	-1095	-1244	-1095	-1244	-1095		-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296
	-6631	-5003	337	83	337	1001	337	1001	337		-6567	-5361	8249	412	8249	4823	8249	4823	8249
	-6463	-5257	-270	-46	-270	-551	-270	-551	-270		-6658	-5452	326	83	326	1002	326	1002	326
	-6808	-5602	61	-17	61	-206	61	-206	61		-6509	-5303	8219	417	8219	4879	8219	4879	8219
	-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337		-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296
	-6643	-5437	-588	-163	-588	-1954	-588	-1954	-588		-6567	-5361	8249	412	8249	4823	8249	4823	8249
	-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296		-6480	-5274	8662	633	8662	7458	8662	7458	8662
	-6674	-5468	-547	-168	-547	-2011	-547	-2011	-547		-6795	-5589	-8912	-712	-8912	-8412	-8912	-8412	-8912

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
S.L.E. RARA	-6680	-5474	-40	-227	-40	-2721	-40	-2721	-40	S.L.E. FREQUENTE	-6637	-5431	-1095	-104	-1095	-1244	-1095	-1244	-1095
	-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296		-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337
	-6637	-5431	-1095	-104	-1095	-1244	-1095	-1244	-1095		-6463	-5257	-270	-46	-270	-551	-270	-551	-270
	-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337		-6808	-5602	61	-17	61	-206	61	-206	61
	-6463	-5257	-270	-46	-270	-551	-270	-551	-270		-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337
	-6808	-5602	61	-17	61	-206	61	-206	61		-6643	-5437	-588	-163	-588	-1954	-588	-1954	-588
	-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337		-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296
	-6643	-5437	-588	-163	-588	-1954	-588	-1954	-588		-6674	-5468	-547	-168	-547	-2011	-547	-2011	-547
	-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296		-6658	-5452	326	83	326	1002	326	1002	326
	-6674	-5468	-547	-168	-547	-2011	-547	-2011	-547		-6617	-5411	-577	-163	-577	-1955	-577	-1955	-577
	-6658	-5452	326	83	326	1002	326	1002	326		-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296
	-6617	-5411	-577	-163	-577	-1955	-577	-1955	-577		-6674	-5468	-547	-168	-547	-2011	-547	-2011	-547

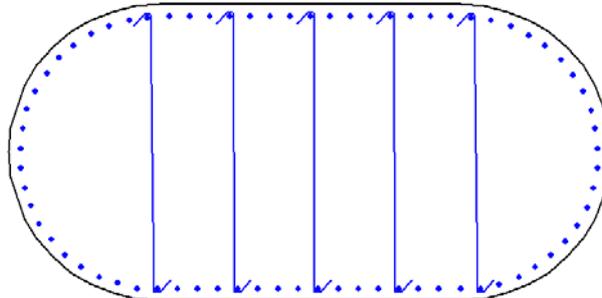
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _{y,trasv} [kNm]	M _{z,long} [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
S.L.E. Q. PERMANENTE	-6463	-5257	-270	-46	-270	-551	-270	-551	-270
	-6808	-5602	61	-17	61	-206	61	-206	61
	-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337
	-6643	-5437	-588	-163	-588	-1954	-588	-1954	-588
	-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296
	-6674	-5468	-547	-168	-547	-2011	-547	-2011	-547
	-6658	-5452	326	83	326	1002	326	1002	326
	-6617	-5411	-577	-163	-577	-1955	-577	-1955	-577
	-6600	-5394	296	88	296	1058	296	1058	296
	-6674	-5468	-547	-168	-547	-2011	-547	-2011	-547
	-6631	-5425	337	83	337	1001	337	1001	337
	-6643	-5437	-588	-163	-588	-1954	-588	-1954	-588

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

8.11 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 73 ϕ 24 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli ϕ 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA 5_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA A\LUSAS\OUT\PILA 5_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-87.00	-74.00
2	-98.00	-71.00
3	-109.00	-67.00
4	-119.00	-61.00
5	-128.00	-53.00
6	-136.00	-44.00
7	-142.00	-34.00
8	-146.00	-23.00
9	-149.00	-12.00
10	-150.00	0.00
11	-149.00	12.00
12	-146.00	23.00
13	-142.00	34.00
14	-136.00	44.00
15	-128.00	53.00
16	-119.00	61.00
17	-109.00	67.00
18	-98.00	71.00
19	-87.00	74.00
20	-75.00	75.00
21	75.00	75.00
22	87.00	74.00
23	98.00	71.00
24	109.00	67.00
25	119.00	61.00
26	128.00	53.00
27	136.00	44.00
28	142.00	34.00
29	146.00	23.00
30	149.00	12.00
31	150.00	0.00
32	149.00	-12.00
33	146.00	-23.00
34	142.00	-34.00
35	136.00	-44.00
36	128.00	-53.00
37	119.00	-61.00
38	109.00	-67.00
39	98.00	-71.00
40	87.00	-74.00
41	75.00	-75.00
42	-75.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	85.00	-69.00	24
2	94.00	-67.00	24
3	104.00	-63.00	24
4	112.00	-58.00	24
5	120.00	-52.00	24
6	127.00	-45.00	24
7	133.00	-37.00	24
8	138.00	-28.00	24
9	141.00	-18.00	24
10	143.00	-8.00	24
11	143.00	2.00	24
12	142.00	12.00	24
13	140.00	21.00	24
14	136.00	31.00	24
15	131.00	39.00	24
16	125.00	47.00	24
17	117.00	54.00	24
18	109.00	59.00	24
19	100.00	64.00	24
20	90.00	67.00	24

21	80.00	68.00	24
22	70.00	69.00	24
23	60.00	69.00	24
24	50.00	69.00	24
25	40.00	69.00	24
26	30.00	69.00	24
27	20.00	69.00	24
28	10.00	69.00	24
29	0.00	69.00	24
30	-10.00	69.00	24
31	-20.00	69.00	24
32	-30.00	69.00	24
33	-40.00	69.00	24
34	-50.00	69.00	24
35	-60.00	69.00	24
36	-70.00	69.00	24
37	-81.00	68.00	24
38	-90.00	67.00	24
39	-100.00	64.00	24
40	-109.00	60.00	24
41	-118.00	54.00	24
42	-125.00	48.00	24
43	-131.00	40.00	24
44	-137.00	31.00	24
45	-141.00	22.00	24
46	-143.00	12.00	24
47	-144.00	2.00	24
48	-144.00	-8.00	24
49	-142.00	-18.00	24
50	-139.00	-27.00	24
51	-135.00	-36.00	24
52	-129.00	-44.00	24
53	-122.00	-52.00	24
54	-114.00	-58.00	24
55	-105.00	-63.00	24
56	-96.00	-66.00	24
57	-86.00	-69.00	24
58	-76.00	-69.00	24
59	-66.00	-69.00	24
60	-56.00	-69.00	24
61	-46.00	-69.00	24
62	-36.00	-69.00	24
63	-26.00	-69.00	24
64	-16.00	-69.00	24
65	-6.00	-69.00	24
66	4.00	-69.00	24
67	14.00	-69.00	24
68	24.00	-69.00	24
69	34.00	-69.00	24
70	44.00	-69.00	24
71	54.00	-69.00	24
72	64.00	-69.00	24
73	75.00	-69.00	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	665800	100100	32500	8300	32500
2	668000	-272200	-4000	-22700	-4000
3	663200	100100	33700	8300	33700
4	664300	-195500	-58800	-16300	-58800
5	660100	105700	29500	8800	29500
6	670100	662800	885700	56200	885700
7	663200	100100	33700	8300	33700
8	656700	482300	824900	41200	824900
9	656700	482300	824900	41200	824900
10	648000	745800	866100	63200	866100

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	660100	105700	29500
2	663800	-124500	-109600
3	680800	-20600	6100
4	667500	-201200	-54700
5	665800	100100	32500

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	663200	100100	33700
2	646400	-55100	-27100
3	664300	-195500	-58800
4	661700	-195600	-57700
5	660100	105700	29500

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	680800	-20600	6100
2	663200	100100	33700
3	667500	-201200	-54700
4	667500	-201200	-54700
5	663200	100100	33700

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.7 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.3 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult, Mx ult, My ult) e (N, Mx, My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000

N. Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	665800	100100	32500	665774	1212859	400535	12.089
2	S	668000	-272200	-4000	667994	-1235411	-12196	4.543
3	S	663200	100100	33700	663172	1209880	414602	12.061
4	S	664300	-195500	-58800	664319	-1211992	-362358	6.208
5	S	660100	105700	29500	660073	1216160	346673	11.482
6	S	670100	662800	885700	670128	998731	1325583	1.500
7	S	663200	100100	33700	663172	1209880	414602	12.061
8	S	656700	482300	824900	656696	899913	1539529	1.866
9	S	656700	482300	824900	656696	899913	1539529	1.866
10	S	648000	745800	866100	647999	1033735	1193322	1.381

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00284	87.0	74.0	0.00291	70.0	69.0	-0.01084	-86.0	-69.0
2	0.00350	-0.00385	-75.0	-75.0	0.00282	-86.0	-69.0	-0.01296	70.0	69.0
3	0.00350	-0.00282	87.0	74.0	0.00290	70.0	69.0	-0.01079	-86.0	-69.0
4	0.00350	-0.00296	-87.0	-74.0	0.00303	-86.0	-69.0	-0.01098	70.0	69.0
5	0.00350	-0.00298	75.0	75.0	0.00290	70.0	69.0	-0.01114	-86.0	-69.0
6	0.00350	-0.00171	109.0	67.0	0.00314	100.0	64.0	-0.00836	-105.0	-63.0
7	0.00350	-0.00282	87.0	74.0	0.00290	70.0	69.0	-0.01079	-86.0	-69.0
8	0.00350	-0.00168	109.0	67.0	0.00313	100.0	64.0	-0.00828	-105.0	-63.0
9	0.00350	-0.00168	109.0	67.0	0.00313	100.0	64.0	-0.00828	-105.0	-63.0
10	0.00350	-0.00183	98.0	71.0	0.00312	100.0	64.0	-0.00860	-96.0	-66.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a	Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
b	Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c	Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000008497	0.000090008	-0.003899872		
2	-0.000000349	-0.000113958	-0.005073026		
3	0.000008740	0.000089359	-0.003872972		
4	-0.000008022	-0.000092428	-0.004037573		
5	0.000007637	0.000093157	-0.004059607		
6	0.000021541	0.000055736	-0.002582333		
7	0.000008740	0.000089359	-0.003872972		
8	0.000025148	0.000049229	-0.002539439		
9	0.000025148	0.000049229	-0.002539439		
10	0.000019928	0.000060135	-0.002722565		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12 mm	
Passo staffe:	10.0 cm	[Passo massimo di normativa = 25.0 cm]
N.Bracci staffe:	2	
Numero Legature:	9	(Diametro = 10 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd	Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro. E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A_Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] (Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_{max} = massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	11318	1145256	1058284	139.4	267.4	21.80°	1.092	0.9	86.2(63.6)

2	S	22712	1145936	1138881	139.2	268.0	21.80°	1.092	1.9	92.9(70.3)
3	S	11541	1141985	1056534	139.6	266.5	21.80°	1.091	0.9	86.0(63.4)
4	S	21323	1142653	1065228	139.5	266.7	21.80°	1.091	1.7	86.7(64.1)
5	S	11181	1141973	1069008	139.5	266.8	21.80°	1.091	0.9	87.0(64.4)
6	S	371717	1051560	762302	146.9	233.0	21.80°	1.092	28.7	58.9(36.3)
7	S	11541	1141985	1056534	139.6	266.5	21.80°	1.091	0.9	86.0(63.4)
8	S	411953	969887	672518	152.1	207.9	21.80°	1.090	30.8	50.2(27.6)
9	S	411953	969887	672518	152.1	207.9	21.80°	1.090	30.8	50.2(27.6)
10	S	332440	1080671	849040	144.8	243.6	21.80°	1.089	26.1	66.6(44.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm ²]
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm ²]
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di conglomerato [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess.	Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3	Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess.	Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	24.9	75.0	75.0	76	-86.0	-69.0	0	0		0.000
2	S	29.0	0.0	0.0	21	90.0	67.0	0	0		0.000
3	S	17.1	87.0	-74.0	199	-70.0	69.0	0	0		0.000
4	S	34.2	-75.0	-75.0	-46	70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	24.6	87.0	74.0	83	-86.0	-69.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	24.6	87.0	74.0	82	-86.0	-69.0	0	0		0.000
2	S	20.0	0.0	0.0	137	90.0	67.0	0	0		0.000
3	S	33.8	0.0	0.0	-42	70.0	69.0	0	0		0.000
4	S	33.7	-75.0	-75.0	-42	70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	24.9	75.0	75.0	76	-86.0	-69.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	17.1	87.0	-74.0	199	-70.0	69.0	0	0		0.000
2	S	24.6	87.0	74.0	82	-86.0	-69.0	0	0		0.000
3	S	34.2	-75.0	-75.0	-46	70.0	69.0	0	0		0.000
4	S	34.2	-75.0	-75.0	-46	70.0	69.0	0	0		0.000
5	S	24.6	87.0	74.0	82	-86.0	-69.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.

8.12 Sollecitazioni di verifica – Pila A6

Di seguito si riportano le massime sollecitazioni di verifica riferite alle combinazioni di S.L.U. e S.L.E. per la sezione di spiccato dell'elevazione:

$$\begin{matrix} A_{pila} & 4.02 & m^2 \\ H_{pila} & 5.80 & m \end{matrix} \rightarrow e \quad 0.00 \quad m$$

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLU STR	-5681	-4922	0	-34	0	-195	0	-195	0	SLU SLV	-5230	-4667	0	1	0	7	0	7	0
	-5313	-4553	0	43	0	247	0	247	0		-5688	-5126	0	311	0	1802	0	1802	0
	-5725	-4965	0	-139	0	-806	0	-806	0		-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0
	-5281	-4521	0	43	0	251	0	251	0		-5529	-4966	0	451	0	2616	0	2616	0
	-5625	-4866	0	-29	0	-167	0	-167	0		-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0
	-5369	-4609	0	38	0	218	0	218	0		-5616	-5053	0	445	0	2583	0	2583	0
	-5230	-4667	0	1	0	7	0	7	0		-5313	-4750	0	43	0	247	0	247	0
	-5778	-5216	0	-37	0	-214	0	-214	0		-5585	-5022	0	446	0	2587	0	2587	0
	-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0		-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0
	-5632	-5069	0	-81	0	-470	0	-470	0		-5629	-5066	0	261	0	1513	0	1513	0
-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0	-5266	-4703	0	570	0	3304	0	3304	0		
-5719	-5156	0	-87	0	-503	0	-503	0	-5734	-5172	0	-613	0	-3555	0	-3555	0		

	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]		F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE RARA	-5725	-5162	0	-139	0	-806	0	-806	0	SLE FREQUENTE	-5625	-5063	0	-29	0	-167	0	-167	0
	-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0		-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0
	-5625	-5063	0	-29	0	-167	0	-167	0		-5230	-4667	0	1	0	7	0	7	0
	-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0		-5778	-5216	0	-37	0	-214	0	-214	0
	-5230	-4667	0	1	0	7	0	7	0		-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0
	-5778	-5216	0	-37	0	-214	0	-214	0		-5632	-5069	0	-81	0	-470	0	-470	0
	-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0		-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0
	-5632	-5069	0	-81	0	-470	0	-470	0		-5719	-5156	0	-87	0	-503	0	-503	0
	-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0		-5313	-4750	0	43	0	247	0	247	0
	-5719	-5156	0	-87	0	-503	0	-503	0		-5688	-5125	0	-86	0	-498	0	-498	0
-5313	-4750	0	43	0	247	0	247	0	-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0		
-5688	-5125	0	-86	0	-498	0	-498	0	-5719	-5156	0	-87	0	-503	0	-503	0		

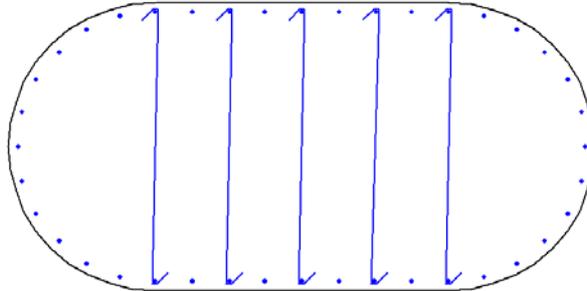
	F _x [kN]	F _{x,top} [kN]	F _y [kN]	F _z [kN]	M _x [kNm]	M _{y,trasv} [kNm]	M _{z,long} [kNm]	M _{y,trasv,II} [kNm]	M _{z,long,II} [kNm]
SLE Q.PERMANENTE	-5230	-4667	0	1	0	7	0	7	0
	-5778	-5216	0	-37	0	-214	0	-214	0
	-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0
	-5632	-5069	0	-81	0	-470	0	-470	0
	-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0
	-5719	-5156	0	-87	0	-503	0	-503	0
	-5313	-4750	0	43	0	247	0	247	0
	-5688	-5125	0	-86	0	-498	0	-498	0
	-5281	-4718	0	43	0	251	0	251	0
	-5719	-5156	0	-87	0	-503	0	-503	0
-5369	-4806	0	38	0	218	0	218	0	
-5632	-5069	0	-81	0	-470	0	-470	0	

Legenda:

- F_x Azione verticale negativa se di compressione
- F_y Azione di taglio in direzione trasversale
- F_z Azione di taglio in direzione longitudinale
- M_x Momento torsionale
- M_y Momento flettente longitudinale del I ordine
- M_z Momento flettente trasversale del I ordine
- M_{y,II} Momento flettente longitudinale del I+II ordine
- M_{z,II} Momento flettente trasversale del I+II ordine

8.13 Verifiche della sezione di spiccato

Si considera la sezione di spiccato riportata di seguito. Si considera un calcestruzzo di classe C32/40 e condizioni di esposizione aggressive. Per la verifica si considera un'armatura composta da 40 \varnothing 20 e un copriferro di 40 mm inoltre si dispongono spilli \varnothing 10.



Di seguito si riportano le verifiche condotte con riferimento alle massime sollecitazioni dedotte agli S.L. ultimi e di esercizio.

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: PILA 6_BASE

(Percorso File: D:\Lavoro\110013 - FONTANABUONA\RAMPA A\LUSAS\OUT\PILA 6_BASE.sez)

Descrizione Sezione:
 Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Zona non sismica
 Posizione sezione nell'asta: In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd : 181.30 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 90.65 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 333458 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 30.20 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista
 Combinazioni Frequenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 192.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.300 mm
 Combinazioni Quasi Permanenti in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 144.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. $\beta_1*\beta_2$: 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. $\beta_1*\beta_2$: 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-87.00	-74.00
2	-98.00	-71.00
3	-109.00	-67.00
4	-119.00	-61.00
5	-128.00	-53.00
6	-136.00	-44.00
7	-142.00	-34.00
8	-146.00	-23.00
9	-149.00	-12.00
10	-150.00	0.00
11	-149.00	12.00
12	-146.00	23.00
13	-142.00	34.00
14	-136.00	44.00
15	-128.00	53.00
16	-119.00	61.00
17	-109.00	67.00
18	-98.00	71.00
19	-87.00	74.00
20	-75.00	75.00
21	75.00	75.00
22	87.00	74.00
23	98.00	71.00
24	109.00	67.00
25	119.00	61.00
26	128.00	53.00
27	136.00	44.00
28	142.00	34.00
29	146.00	23.00
30	149.00	12.00
31	150.00	0.00
32	149.00	-12.00
33	146.00	-23.00
34	142.00	-34.00
35	136.00	-44.00
36	128.00	-53.00
37	119.00	-61.00
38	109.00	-67.00
39	98.00	-71.00
40	87.00	-74.00
41	75.00	-75.00
42	-75.00	-75.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, O
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø, mm
1	93.00	68.00	20
2	110.00	61.00	20
3	124.00	49.00	20
4	136.00	35.00	20
5	143.00	18.00	20
6	145.00	0.00	20
7	143.00	-18.00	20
8	136.00	-35.00	20
9	124.00	-49.00	20
10	110.00	-61.00	20
11	93.00	-68.00	20
12	-93.00	-68.00	20
13	-110.00	-61.00	20
14	-124.00	-49.00	20
15	-136.00	-35.00	20
16	-143.00	-18.00	20
17	-145.00	0.00	20
18	-143.00	18.00	20
19	-136.00	35.00	20
20	-124.00	49.00	20

21	-110.00	61.00	20
22	-93.00	68.00	20
23	75.00	-70.00	20
24	75.00	70.00	20
25	-75.00	70.00	20
26	-75.00	-70.00	20
27	-56.00	-70.00	20
28	-37.00	-70.00	20
29	-19.00	-70.00	20
30	0.00	-70.00	20
31	19.00	-70.00	20
32	37.00	-70.00	20
33	56.00	-70.00	20
34	-56.00	70.00	20
35	-37.00	70.00	20
36	-19.00	70.00	20
37	0.00	70.00	20
38	19.00	70.00	20
39	38.00	70.00	20
40	56.00	70.00	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x

N. Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	531300	24600	0	4200	0
2	572600	-80600	0	-13900	0
3	536900	21800	0	3700	0
4	563200	-47000	0	-8100	0
5	528200	25100	0	4300	0
6	568900	180100	0	31000	0
7	536900	21800	0	3700	0
8	561700	258200	0	44500	0
9	562900	151200	0	26000	0
10	526600	330300	0	56900	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	528200	25100	0
2	562600	-16700	0
3	577900	-21400	0
4	571900	-50300	0
5	531300	24600	0

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N. Comb.	N	Mx	My
1	536900	21800	0
2	523000	600	0
3	563200	-47000	0
4	568800	-49900	0
5	528200	25100	0

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.
 My Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia
 con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

N.Comb.	N	Mx	My
1	577900	-21400	0
2	536900	21800	0
3	571900	-50300	0
4	571900	-50300	0
5	536900	21800	0

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 16.0 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 2.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000

N.Comb.	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.
1	S	531300	24600	0	531308	675196	-664	27.447
2	S	572600	-80600	0	572586	-698217	-385	8.663
3	S	536900	21800	0	536883	678354	-775	31.117
4	S	563200	-47000	0	563192	-693024	-564	14.745
5	S	528200	25100	0	528183	673432	-643	26.830
6	S	568900	180100	0	568915	696154	6	3.865
7	S	536900	21800	0	536883	678354	-775	31.117
8	S	561700	258200	0	561704	692134	43	2.681
9	S	562900	151200	0	562893	692809	-14	4.582
10	S	526600	330300	0	526607	672435	65	2.036

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 ef max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xf max Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yf max Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N.Comb.	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	ef min	Xf min	Yf min	ef max	Xf max	Yf max
1	0.00350	-0.00675	-75.0	75.0	0.00270	-75.0	70.0	-0.01961	75.0	-70.0
2	0.00350	-0.00629	-75.0	-75.0	0.00274	-75.0	-70.0	-0.01858	75.0	70.0
3	0.00350	-0.00668	-75.0	75.0	0.00271	-75.0	70.0	-0.01947	75.0	-70.0
4	0.00350	-0.00639	-75.0	-75.0	0.00273	-75.0	-70.0	-0.01880	75.0	70.0
5	0.00350	-0.00678	-75.0	75.0	0.00270	-75.0	70.0	-0.01969	75.0	-70.0
6	0.00350	-0.00633	-75.0	75.0	0.00274	-75.0	70.0	-0.01867	75.0	-70.0
7	0.00350	-0.00668	-75.0	75.0	0.00271	-75.0	70.0	-0.01947	75.0	-70.0
8	0.00350	-0.00640	-75.0	75.0	0.00273	-75.0	70.0	-0.01884	75.0	-70.0
9	0.00350	-0.00639	-75.0	75.0	0.00273	-75.0	70.0	-0.01881	75.0	-70.0
10	0.00350	-0.00680	-75.0	75.0	0.00270	-75.0	70.0	-0.01974	75.0	-70.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.

x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000000055	0.000159347	-0.008455111		
2	-0.000000017	-0.000152249	-0.007919934		
3	-0.000000062	0.000158322	-0.008378781		
4	-0.000000029	-0.000153766	-0.008034644		
5	-0.000000053	0.000159910	-0.008497273		
6	-0.000000008	0.000152870	-0.007965851		
7	-0.000000062	0.000158322	-0.008378781		
8	-0.000000005	0.000154068	-0.008055512		
9	-0.000000009	0.000153851	-0.008039493		
10	-0.000000004	0.000160281	-0.008521402		

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 24.0 cm]
N.Bracci staffe: 2
Numero Legature: 5 (Diametro = 10 mm)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Vsdu Taglio agente [daN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio resistente ultimo [daN] lato conglomerato compresso
Vwd Taglio resistente [daN] assorbito dalle staffe
Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro.
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Teta Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A_Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
(Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio)

N.Comb.	Ver	Vsdu	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Teta	Acw	Afst	A_Eff
1	S	4200	1083654	384001	141.0	254.6	21.80°	1.073	0.3	30.9(19.6)
2	S	13900	1095533	383443	140.8	256.5	21.80°	1.079	1.1	30.9(19.6)
3	S	3700	1084432	383988	141.0	254.6	21.80°	1.074	0.3	30.9(19.6)
4	S	8100	1094220	383423	140.8	256.5	21.80°	1.077	0.7	30.9(19.6)
5	S	4300	1083223	384003	141.0	254.6	21.80°	1.073	0.3	30.9(19.6)
6	S	31000	1095016	383460	140.8	256.5	21.80°	1.078	2.5	30.9(19.6)
7	S	3700	1084432	383988	141.0	254.6	21.80°	1.074	0.3	30.9(19.6)
8	S	44500	1094011	383464	140.8	256.5	21.80°	1.077	3.6	30.9(19.6)
9	S	26000	1094178	383457	140.8	256.5	21.80°	1.077	2.1	30.9(19.6)
10	S	56900	1083001	384083	141.0	254.6	21.80°	1.072	4.6	30.9(19.6)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	15.2	-75.0	75.0	153	75.0	-70.0	0	0		0.000
2	S	15.1	-75.0	-75.0	177	75.0	70.0	0	0		0.000
3	S	16.0	-75.0	-75.0	176	75.0	70.0	0	0		0.000
4	S	18.8	-75.0	-75.0	132	75.0	70.0	0	0		0.000
5	S	15.2	-75.0	75.0	155	75.0	-70.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	15.0	-75.0	75.0	161	75.0	-70.0	0	0		0.000
2	S	12.5	-75.0	75.0	186	75.0	-70.0	0	0		0.000
3	S	18.2	-75.0	-75.0	134	75.0	70.0	0	0		0.000
4	S	18.7	-75.0	-75.0	132	75.0	70.0	0	0		0.000
5	S	15.2	-75.0	75.0	153	75.0	-70.0	0	0		0.000

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	16.0	-75.0	-75.0	176	75.0	70.0	0	0		0.000
2	S	15.0	-75.0	75.0	161	75.0	-70.0	0	0		0.000
3	S	18.8	-75.0	-75.0	132	75.0	70.0	0	0		0.000
4	S	18.8	-75.0	-75.0	132	75.0	70.0	0	0		0.000
5	S	15.0	-75.0	75.0	161	75.0	-70.0	0	0		0.000

Le verifiche risultano ampiamente soddisfatte.