



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

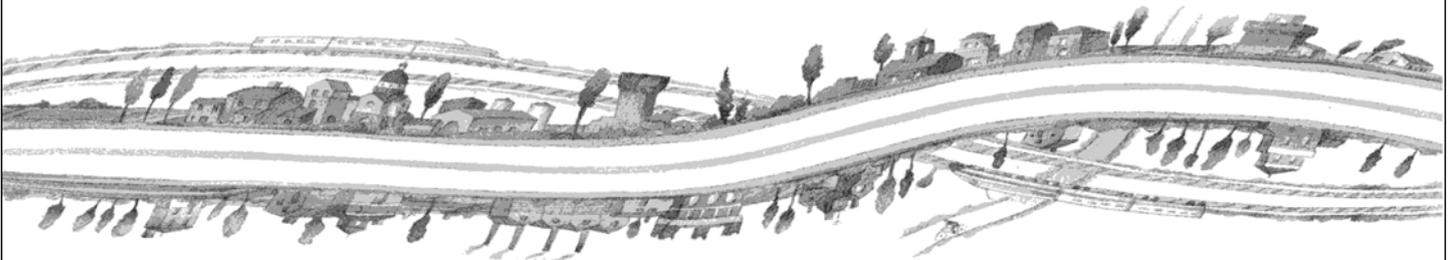
## PROGETTO DEFINITIVO

**ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI  
DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)  
OPERE STRUTTURALI**

**OPERE D'ARTE MAGGIORI - PONTI**

**APO13 - PONTE SUL CANALE COLLETTORE ACQUE ALTE (FOSCAGLIA)**

**RELAZIONE DI CALCOLO**



IL PROGETTISTA

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

IL CONCESSIONARIO

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi



*G. Tatturi*

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				A. Fagnocchi	G. Guadagnini	E. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: <b>MAGGIO 2012</b>
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: -
2457	PD	0	A32	APO13	0	OM	RC	01	A	

## INDICE

<b>1. DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>6</b>
<b>4. INCIDENZE</b> .....	<b>7</b>
<b>5. DATI DI BASE</b> .....	<b>8</b>
5.1. DATI GENERALI .....	8
5.2. APERTURA LIMITE FESSURE .....	8
5.3. DATI SISMICI .....	10
5.4. PARAMETRI GEOTECNICI .....	10
<b>6. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: IMPALCATO E PILE</b> .....	<b>11</b>
6.1. MODELLI DI CALCOLO .....	11
6.2. ANALISI DEI CARICHI .....	17
6.2.1. Peso proprio degli elementi strutturali (PP) .....	17
6.2.2. Carichi permanenti portati (SP, SL, CR).....	18
6.2.3. Distorsioni - ritiro (RT) .....	18
6.2.4. Distorsioni - variazioni termiche (TMP 1, TMP 2, TMN 1, TMN 2).....	19
6.2.5. Distorsioni - cedimenti vincolari (CSP, CPI) .....	20
6.2.6. Azioni parassite dei vincoli (AP) .....	22
6.2.7. Carichi mobili (ML).....	22
6.2.8. Azione di frenatura (FR) .....	25
6.2.9. Azione del vento (VN).....	25
6.2.10. Azione sismica (SLD-X, SLD-Y, SLD -Z, SLV-X, SLV-Y, SLV-Z, SLC-X, SLC-Y, SLC-Z).....	26
6.3. COMBINAZIONE DEI CARICHI .....	30
6.4. ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI.....	32
6.4.1. Diagrammi delle sollecitazioni .....	34
6.4.2. Analisi modale dell'opera.....	38
6.5. CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	40
6.5.1. Dimensionamento soletta d'impalcato .....	40
6.5.2. Dimensionamento cassone metallico .....	41
6.5.2.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV.....	41
6.5.2.2 Verifiche di deformabilità – SLE.....	57
6.5.3. Dimensionamento controventamenti trasversali.....	58
6.5.4. Dimensionamento delle pile .....	58
6.5.4.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV.....	58
6.5.4.2 Verifica a fessurazione – SLE.....	64
6.5.5. Plinto di fondazione delle pile .....	66

6.5.6.	Dimensionamento dei diaframmi di fondazione delle pile.....	66
6.5.6.1	Verifiche di Resistenza – SLU/SLV.....	66
6.5.6.2	Verifica a fessurazione – SLE.....	68
6.5.6.3	Verifica a capacità portante per carichi verticali.....	70
6.5.6.4	Verifica a capacità portante per carichi orizzontali.....	74
6.5.7.	Dimensionamento del sistema di isolamento sismico.....	83
6.5.8.	Dimensionamento dei giunti di dilatazione .....	87
<b>7.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: SPALLE .....</b>	<b>89</b>
7.1.1.	Verifiche di Resistenza del muro frontale – SLU/SLV .....	95
7.1.2.	Verifica a fessurazione del muro frontale – SLE.....	98
7.1.3.	Verifiche di Resistenza dei pali – SLU/SLV .....	101
7.1.4.	Verifica a fessurazione dei pali – SLE .....	104
7.1.5.	Verifica a capacità portante per carichi verticali .....	107
7.1.6.	Verifica a capacità portante per carichi orizzontali .....	110
<b>8.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DEI DIAFRAMMI IDRAULICI .....</b>	<b>112</b>
8.1.	SINTESI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	112
8.1.1.	Verifiche di resistenza dei diaframmi.....	116

## 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in oggetto è un ponte costituito da 3 campate con luci di calcolo, misurate in asse tracciato stradale, pari rispettivamente a 38 m, 43 m e 38 m, per una lunghezza totale di 119 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

L'opera è costituita da due carreggiate separate, di larghezza 17.56 m per la carreggiata destra e 16.35 m per la carreggiata sinistra, ospitanti ciascuna due corsie di marcia (Fase 1). Ogni carreggiata è già predisposta inoltre per garantire, in Fase 2, l'allargamento alla terza corsia di marcia su ciascuna carreggiata; i due impalcati sono previsti ad una distanza pari a 1.20 m. Il varco tra i due impalcati permette di ospitare polifere e cavidotti impiantistici. Idoneo grigliato, con portata pari a 6.3 kN/mq e con opportuno sistema di fissaggio agli impalcati, garantirà la sicurezza contro il rischio di caduta.

La carreggiata sinistra ha pendenza trasversale verso Sx (spalle all'origine del tracciato) variabile dal 3.67%, in corrispondenza della "Sezione su Spalla A", al 3.80% in corrispondenza della "Sezione su Spalla B".

La carreggiata destra invece ha pendenza trasversale verso Sx (spalle all'origine del tracciato) pressoché costante lungo lo sviluppo del ponte pari al 3.67%.

Sui cordoli di estremità di 0.70 m si prevede l'installazione di una barriera bordo ponte tipo H4.

A bordo impalcato non è prevista l'installazione di barriere antirumore.

La soluzione tecnica prevista è quella di impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo. L'impalcato è costituito da un cassone metallico ad altezza minima pari a 2.2 m avente le anime inclinate su cui appoggia una soletta collaborante in c.a. di spessore pari a 35 cm, avente funzionamento principale lungo la direzione trasversale. La sezione è completata da una trave centrale avente funzione di rompitratta per la soletta, dai cordoli in c.a. di posizionamento dei guard-rail e da tutti gli elementi di arredo del ponte (veletta laterale in c.a., strutture leggere reggi-impianti, impianti, elementi di scolo e di raccolta delle acque meteoriche, ecc...). Ad interasse pari a 3.50 m sono previsti dei controventamenti trasversali realizzati in lamiera piena, mentre per l'irrigidimento delle anime e della piattabanda inferiore si prevedono delle normali costole metalliche a loro volta irrigidite da elementi longitudinali poste ad un interasse opportuno. In corrispondenza di spalle e pile i controventamenti trasversali sono previsti anch'essi in lamiera piena opportunamente irrigidita. I due sbalzi laterali misurano 3.40 m per ogni impalcato. La struttura metallica di impalcato verrà assemblata in opera mediante apposita officina di saldatura e varata a spinta con l'ausilio di pile provvisorie e dispositivi di scorrimento (si veda specifica tavola progettuale).

L'opera ha vita nominale di 100 anni.

Nel seguito si riporta il dimensionamento degli elementi strutturali principali, per quanto riguarda le opere provvisorie (palancolati) a presidio degli scavi si rimanda agli elaborati geotecnici tipologici:

PD\_0\_000\_00000\_0\_GT\_FC\_04: TIPOLOGIE DI OPERE PROVVISORIE A PRESIDIO DEGLI SCAVI 1/2.

PD\_0\_000\_00000\_0\_GT\_FC\_05: TIPOLOGIE DI OPERE PROVVISORIE A PRESIDIO DEGLI SCAVI 2/2.

PD\_0\_000\_00000\_0\_GT\_RC\_01: RELAZIONE DI CALCOLO OPERE PROVVISORIE A PRESIDIO DEGLI SCAVI.



## **2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO**

---

Si veda in proposito l'elaborato "PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_KT\_01".

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si veda in proposito gli elaborati "PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_TB\_01" e "PD\_0\_0000\_0000\_0\_GE\_KT\_02".

A seguito delle indagini chimiche specialistiche effettuate sull'acqua di falda è necessario prevedere una classe di esposizione XA2 per le opere di fondazione a contatto con il terreno.

Si precisa inoltre che si sono assunti i seguenti valori per la resistenza caratteristica a snervamento e di calcolo dell'acciaio da carpenteria.

ACCIAIO DA CARPENTERIA "CORTEN" S355J0W (ex 510C) e S355K2G1W (ex 510D)		
Spessore elemento	$f_{yk}$ (MPa)	$f_{yd}$ (MPa)
$t \leq 40$ mm	355.0	338.1
$t > 40$ mm	335.0	319.0

## 4. INCIDENZE

Si forniscono qui di seguito le incidenze d'armatura relative ai singoli elementi costituenti l'opera.

Cod Wbs	Descrizione Opera	Parte d'opera	Incidenza kg/mc												Incidenza kg/mq
			Pali	Diaframmi	Diaframmi Idrraulici	Trave di coronamento Diafr. Idrraulici	Fondazione	Elevazione	Pulvino	Baggioli e ritegni	Soletta di transizione	Soletta Marciapiede su Spalla	Soletta (escluso predalles)	Traverso	
PONTE SUL CANALE COLLETTORE ACQUE ALTE (ex Foscaglia)															
APO13	Ponte alla progr. 36+253	SPALLA PASSANTE (su 2 file di pali)	105				110	90			200	80			
APO13	Ponte alla progr. 36+253	PILA su Diaframmi		100		70	105	80			200				
APO13	Ponte alla progr. 36+253	IMPALCATO ACCIAIO											220		270

## 5. DATI DI BASE

### 5.1. DATI GENERALI

Si rimanda alle informazioni fornite al punto 1.

### 5.2. APERTURA LIMITE FESSURE

Con riferimento a quanto descritto al paragrafo 3, viene determinata per ogni tipologia di getto in conglomerato cementizio armato la classe di esposizione: ciò, ai sensi della Tab. 4.1.III delle NTC08, qualifica automaticamente la "Condizione ambientale".

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Nella tabella seguente sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$$w_1 = 0.2 \text{ mm};$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm};$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm.}$$

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo indiretto tabellare proposto al punto C4.1.2.2.4, cioè limitando la tensione di trazione agente nelle barre in acciaio calcolata in ipotesi classica di sezione parzializzata (metodo “n”) secondo la combinazione di calcolo pertinente (a seconda dell’aggressività dell’ambiente) in funzione del diametro massimo delle barre e dell’interasse tra le barre stesse. Qualora la tensione risultasse inferiore a 160.0 MPa la verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta.

**Tabella C4.1.II** *Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III** *Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

Al fine di garantire una maggior attendibilità alla verifica in oggetto, si è proceduto anche alla verifica secondo il metodo diretto riportato nella stessa C.M. 617 del 2009.

### 5.3. DATI SISMICI

---

La determinazione dell'azione sismica è stata eseguita assumendo i seguenti parametri:

- Longitudine: 11.2645°;
- Latitudine: 44.80993°
- Vita nominale: 100 anni;
- Classe d'uso: IV  $\rightarrow C_u = 2.0$ ;
- Stato Limite: SLD, SLV, SLC;
- Categoria di sottosuolo: D;
- Categoria topografica: T1;
- Fattore di struttura:  $q = 1$  (struttura isolata sismicamente, paragrafo 7.10 delle NTC08).

### 5.4. PARAMETRI GEOTECNICI

---

I parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno a tergo della spalla sono estratti dal Documento "Relazione di verifiche geotecniche".

In particolare, ai fini del calcolo della spinta a riposo ed attiva si possono assumere i seguenti parametri:

$$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3 ; \varnothing = 38.0^\circ \text{ [M1]}$$

dove:

$\gamma$  : peso specifico del terrapieno;

$\varnothing$  : angolo d'attrito *caratteristico* del terrapieno.

Per quanto riguarda i livelli di falda di calcolo si rimanda alla relazione geotecnica dell'opera.

## 6. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: IMPALCATO E PILE

### 6.1. MODELLI DI CALCOLO

Il dimensionamento dell'opera è stato ottenuto mediante modellazioni ad elementi finiti modimensionali tipo "frames" tramite il programma di calcolo "SAP2000" v. 15.0.1 della "Computers & Structures Inc.", Berkeley – California (USA). Per quanto riguarda l'analisi globale dell'opera, si sono realizzati due differenti modelli di calcolo al fine di analizzarne le fasi costruttive e d'esercizio. In particolare:

- Modello di calcolo "Fase 1". Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato tensio-deformativo dell'opera in fase di getto della soletta di impalcato e pertanto schematizza come impalcato il solo cassone metallico soggetto al peso proprio ed al carico del peso della soletta fluida;
- Modello di calcolo "SLU". Il modello è finalizzato alla determinazione dello stato tensio-deformativo dell'opera in fase finale e pertanto schematizza come impalcato il cassone metallico con soletta in c.a. collaborante soggetto ai carichi permanenti portati, al ritiro, alle variazioni termiche, ai possibili cedimenti vincolari di pile o spalle, ai carichi mobili, al vento e all'azione sismica. Il modulo elastico E del conglomerato cementizio è stato assegnato pari al 50% del modulo istantaneo.

Per i modelli valgono i seguenti dettagli:

- L'impalcato è schematizzato con una serie di elementi "frames" che ne rappresentano la sezione e la suddivisione in conci di calcolo;
- Per i conci in pila nel modello "SLU" si è ridotto il momento d'inerzia rispetto all'asse d'inerzia orizzontale per trascurare il contributo della soletta in c.a. ipotizzata fessurata in tali zone e si è invece inserita l'armatura metallica di soletta;
- Il vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è modellato rispettando la reale differenza di quota tra i nodi dovuta all'altezza dell'impalcato tramite vincolamenti interni a corpo rigido denominati "joint constrains". Il vincolamento è modellato tramite due elementi di collegamento "link" di tipo elastico-lineare che schematizzano i due isolatori sismici a scorrimento con superficie curva (isolatori a pendolo ad attrito) i cui valori di rigidezza orizzontale e indice di smorzamento viscoso equivalente sono costanti per tutti i modelli realizzati e sono pari ai valori riportati al punto 6.4.;
- Le pile sono schematizzate con elementi "frames" verticali alla cui sommità si collegano gli isolatori sismici tramite vincolamenti interni a corpo rigido denominati "joint constrains"; lo stesso dicasi per i il collegamento della base della pila con il plinto di fondazione. La sezione trasversale della pila è schematizzata come sezione rettangolare di larghezza pari a 11.6 m e altezza 2.0 m;

- Il plinto di fondazione è schematizzato tramite un carico concentrato verticale assegnato per tener in considerazione del peso del plinto e della sua massa, mentre il collegamento plinto-pali e plinto-pila è modellato tramite vincolamenti interni a corpo rigido denominati “joint constrains”;
- I diaframmi sono schematizzati come elementi finiti monodimensionali “frames” a cui si è assegnato un vincolamento orizzontale diffuso di tipo elastico (terreno elastico alla “Winkler” in direzione orizzontale) di rigidità costante per ognuno dei tre tratti in cui i diaframmi sono stati divisi (4.0 m, 13.0 m e 13.0 m);
- Le spalle non sono schematizzate in quanto analizzate con una modellazione dedicata (punto 7); i modelli terminano con una coppia di elementi di collegamento “link” schematizzanti la coppia di isolatori sismici direttamente incastrato alla base.

Per quanto attiene alle sezioni trasversali dell'impalcato implementate, valgono le proprietà geometrico-inerziali riportate nelle Figure seguenti e utilizzate nei calcoli di dimensionamento.

CONCIO NUM.	L (m)	TIPOLOGIA SEZ.	L PROGRESSIVA (m)	Peso (KN/m)	Peso (KN)
1	11.0	CONCIO CAMPATA	11.0	19.37	213.07
2	11.0	CONCIO CAMPATA	22.0	19.37	213.07
3	11.0	CONCIO INTERMEDIO	33.0	25.69	282.59
4	10.0	CONCIO PILA	43.0	40.56	405.60
5	10.5	CONCIO INTERMEDIO	53.5	25.69	269.75
6	12.0	CONCIO CAMPATA	65.5	19.37	232.44
7	10.5	CONCIO INTERMEDIO	76.0	25.69	269.75
8	10.0	CONCIO PILA	86.0	40.56	405.60
9	11.0	CONCIO INTERMEDIO	97.0	25.69	282.59
10	11.0	CONCIO CAMPATA	108.0	19.37	213.07
11	11.0	CONCIO CAMPATA	119.0	19.37	213.07

Altezza totale cassone h	2.200	m
Larghezza ali superiori $b_{sup}$	1.400	m
Larghezza ala inferiore $b_{inf}$	7.600	m
Spessore ali superiori $t_{f,sup}$	0.070	m
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.030	m
Spessore anime $t_w$	0.020	m
Angolo anima rispetto all'orizzontale	65.000	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.134	rad
Area sezione trasversale A	0.5166837	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.022	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.5217	m <sup>4</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.5106922	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.5261423	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.470724	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.442761	m <sup>3</sup>
Peso al m	40.56	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.0927	m <sup>2</sup>

Concio in pila – solo cassone metallico

<b>Armatura superiore in soletta</b>		
Diametro	16	mm
Numero	80	-
Area	0.0161	m <sup>2</sup>
Distanza da estradosso soletta	0.07	m
<b>Armatura inferiore in soletta</b>		
Diametro	16	mm
Numero	80	-
Area	0.0161	m <sup>2</sup>
Distanza da intradosso soletta	0.08	m

Area	0.5489	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.101	m
J baricentrico	0.5779	m <sup>4</sup>
Area resistente a taglio	0.0927	m <sup>2</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.5248	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.5395	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.5618	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.5260	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura inf.	-0.4903	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.4192	m <sup>3</sup>

Concio in pila – cassone metallico + armatura soletta

Altezza totale cassone h	2.200	m
Larghezza ali superiori b <sub>sup</sub>	1.000	m
Larghezza ala inferiore b <sub>inf</sub>	7.600	m
Spessore ali superiori t <sub>f, sup</sub>	0.050	m
Spessore ala inferiore t <sub>f, inf</sub>	0.020	m
Spessore anime t <sub>w</sub>	0.016	m
Angolo anima rispetto all'orizzontale	65.000	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.134	rad
Area sezione trasversale A	0.3272062	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	0.919	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.3139	m <sup>4</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.3416405	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.3492431	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.254927	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.244978	m <sup>3</sup>
Peso al m	25.69	kN/m
Area a taglio lungo y A <sub>v,y</sub>	0.0752	m <sup>2</sup>

Concio intermedio – solo cassone metallico

<b>Armatura superiore in soletta</b>		
Diametro		16 mm
Numero		80 -
Area	0.0161	m <sup>2</sup>
Distanza da estradosso soletta	0.07	m
<b>Armatura inferiore in soletta</b>		
Diametro		16 mm
Numero		80 -
Area	0.0161	m <sup>2</sup>
Distanza da intradosso soletta	0.08	m
Area	0.3594	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.050	m
J baricentrico	0.3767	m <sup>4</sup>
Area resistente a taglio	0.0752	m <sup>2</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.3590	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.3659	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.3424	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.3275	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura inf.	-0.3062	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.2634	m <sup>3</sup>

Concio intermedio – cassone metallico + armatura in soletta

Altezza totale cassone h	2.200	m
Larghezza ali superiori $b_{sup}$	0.700	m
Larghezza ala inferiore $b_{inf}$	7.600	m
Spessore ali superiori $t_{f, sup}$	0.020	m
Spessore ala inferiore $t_{f, inf}$	0.020	m
Spessore anime $t_w$	0.014	m
Angolo anima rispetto all'orizzontale	65.000	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.134	rad
Area sezione trasversale A	0.2467323	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	0.552	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.1658	m <sup>4</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.3001972	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.3114786	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.101836	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.1006	m <sup>3</sup>
Peso al m	19.37	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.0667	m <sup>2</sup>

Concio campata – solo cassone metallico

<b>Caratteristiche soletta</b>		
Spessore s	0.35	m
Larghezza collaborante b	16.55	m
Area sezione trasversale A	5.7925	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	2.375	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.0591318	m <sup>4</sup>

Area trasversale $A_{id}$	0.6923	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso $y_{id}$	1.7254	m
Momento di inerzia baricentrico $J_{id}$	0.6979	m <sup>4</sup>
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.0667	m <sup>2</sup>
Area linea media per torsione	22.27	m <sup>2</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.4045	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.4093	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-1.5352	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-1.4705	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura inf.	-1.2584	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.9249	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 5	-0.8464	m <sup>3</sup>

Concio campata – cassone metallico + soletta c.a.

Si precisa che ai fini della determinazione delle tensioni tangenziali dovute a torsione, l'area sottesa dalla linea media della sezione trasversale è sempre assunta pari a  $22.27 \text{ m}^2$ .

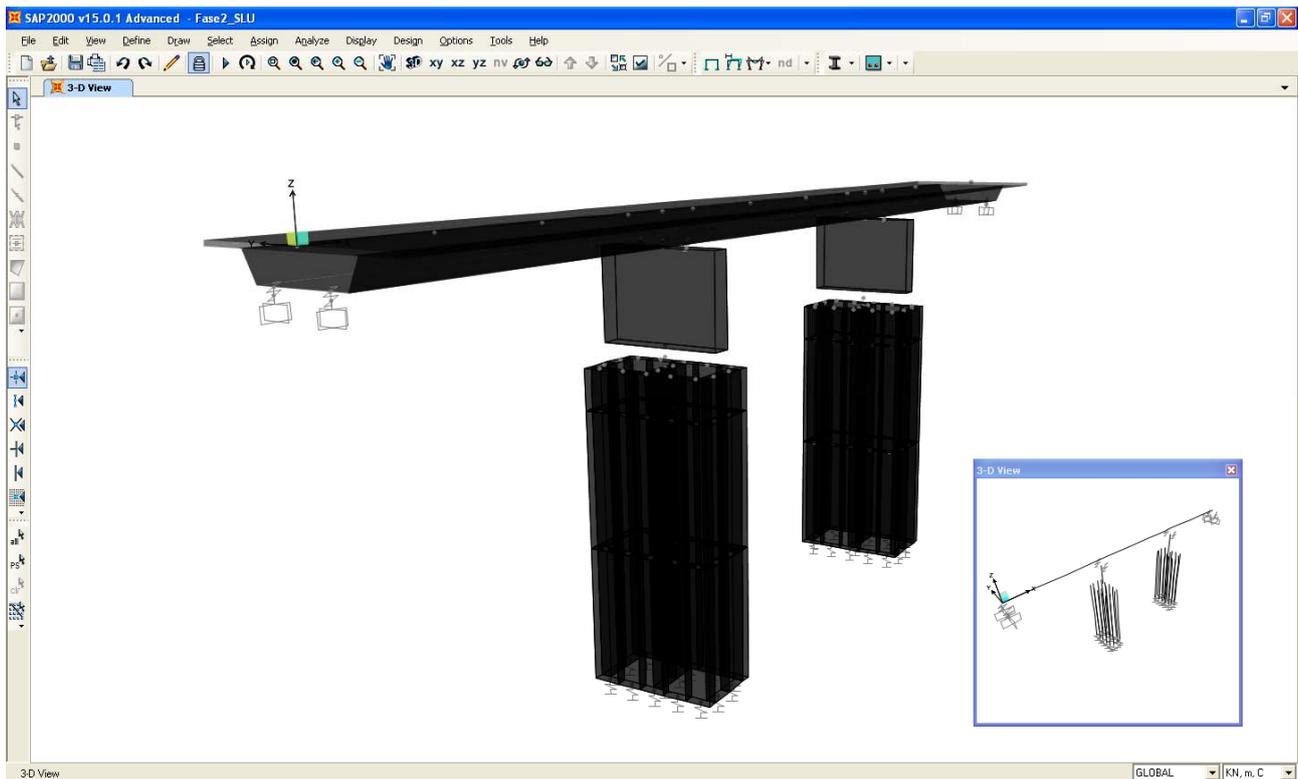


FIGURA 6-1: IMMAGINE DEL MODELLO DI CALCOLO "SLU"

## 6.2. ANALISI DEI CARICHI

Il dimensionamento della struttura è stato svolto in relazione ai carichi sotto riportati.

### 6.2.1. Peso proprio degli elementi strutturali (PP)

Il peso proprio delle strutture viene assegnato in maniera automatica dal programma di calcolo (in funzione della geometria degli elementi che le schematizzano) come carico uniformemente distribuito. In particolare si è assegnato un peso proprio pari a 20 KN agli elementi "link" schematizzanti gli isolatori sismici e un carico concentrato pari a 4000 KN ai nodi baricentrici dei plinti di fondazione in modo da simulare il loro peso proprio e la loro massa.

### 6.2.2. Carichi permanenti portati (SP, SL, CR)

I carichi permanenti portati sono stati assegnati come carico lineare sugli elementi finiti "frames" che schematizzano l'impalcato.

Nel modello "Fase 1" è stato assegnato il peso della soletta gettata in opera pari a 144.8 KN/m ed il peso di irrigidimenti, crociere, controventamenti e piolature per un totale di 10.0 KN/m.

Nel modello "SLU" è stato assegnato il peso proprio della pavimentazione stradale, dei cordoli di impalcato, dei guard-rail, della veletta laterale, delle strutture leggere reggi-impianti, per un totale pari a 59.0 KN/m.

### 6.2.3. Distorsioni - ritiro (RT)

Il ritiro della soletta d'impalcato è stato considerato partendo dalle indicazioni riportate al punto 11.2.10.6 delle NTC08. In particolare si è assunto quanto segue:

- Umidità relativa aria = 60%;
- $f_{ck} = 32.0$  MPa
- $\varepsilon_{c0} = -0.000424$
- $h_0 = 2 \cdot (16.55 \cdot 0.35) / (16.55 + 2 \cdot 0.35) = 672$  mm;
- $k_h = 0.7$ ;
- $\varepsilon_{cd,\infty} = -0.0002968$
- $\varepsilon_{ca,\infty} = -0.000055$
- $\varepsilon_{cs,\infty} = -0.0003518$

Ipotizzando che il getto della soletta avvenga per fasi, in modo da realizzare porzioni di dimensioni sufficientemente ridotte di volume di getto, è ragionevole adottare un valore di progetto non superiore al 50% di quello sopra calcolato. Pertanto:

$$\varepsilon_{csd,\infty} = -0.000176.$$

Tale deformazione indotta dal ritiro va considerata agente nel lungo termine e pertanto associata ad un modulo elastico E del conglomerato cementizio che in prima analisi è possibile assumere pari ad 1/3 del modulo elastico istantaneo. Dal momento che nel modello "SLU" il modulo elastico E assegnato al conglomerato cementizio è pari ad 1/2 del modulo elastico E istantaneo, va da sé che il valore di deformazione dovuta al ritiro da assegnare nel modello di calcolo è pari a:

$$\varepsilon_{cs,c,\infty} = -0.000176/3*2 = -0.0001173.$$

Ai fini del calcolo, quindi, si è assunta una variazione termica equivalente pari a:

$$\Delta T_R = -12 \text{ °C}.$$

Tale variazione termica equivalente è stata assegnata agli elementi “frames” schematizzanti l’impalcato come somma di una variazione termica negativa uniforme pari a -6 °C ed una variazione termica “a farfalla” pari a +/- 6 °C (con intradosso positivo ed estradosso negativo).

#### **6.2.4. Distorsioni - variazioni termiche (TMP 1, TMP 2, TMN 1, TMN 2)**

Le variazioni termiche sono state considerate partendo dalle indicazioni riportate al Capitolo 6 della normativa EN 1991-1-5:2003 “Eurocodice 1: azioni sulle strutture. Parte 1-5: azioni generali – azioni termiche”. In particolare si è assunto quanto segue:

- $T_{MAX} = 45 \text{ °C}$ ;
- $T_{MIN} = -15 \text{ °C}$ ;
- $T_0 = 15 \text{ °C}$ ;
- Tipologia strutturale: 2.

Assumendo tali valori si ottengono le seguenti temperature

- $T_{e,max} = 49 \text{ °C}$ ;
- $T_{e,min} = -11 \text{ °C}$ .

Da questi valori si ottengono le seguenti variazioni termiche uniformi applicate ai modelli di calcolo ai fini del dimensionamento degli isolatori e dei giunti

- $\Delta T_{N,con} = 15 - (-11) + 10 = 36 \text{ °C}$ ;
- $\Delta T_{N,exp} = 49 - 15 + 10 = 44 \text{ °C}$ .

Per quanto riguarda le variazioni termiche applicate al modello ai fini del dimensionamento degli elementi strutturali, si è fatto riferimento all’approccio 2 per la determinazione della variazione della temperatura lungo l’impalcato:

- $\Delta T_{heating} = 10 \text{ °C}$ ;
- $\Delta T_{cooling} = -10 \text{ °C}$ .

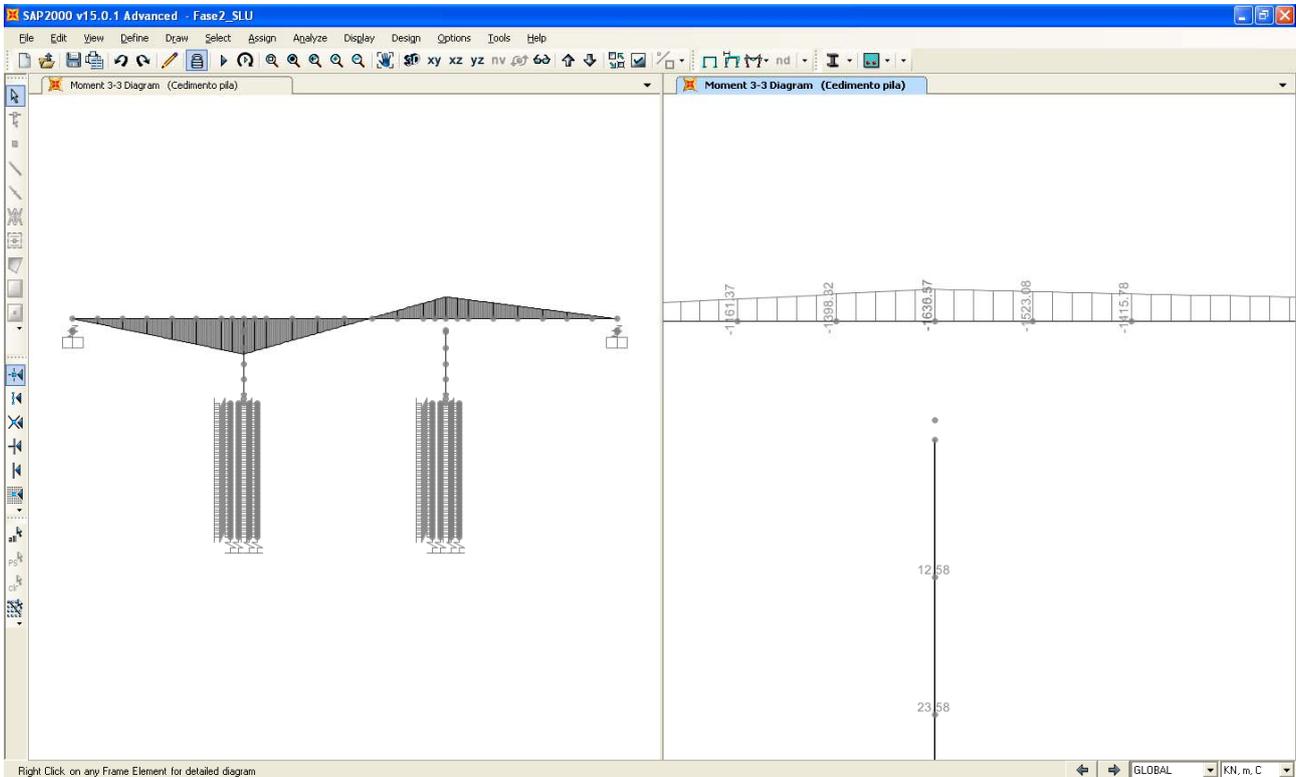
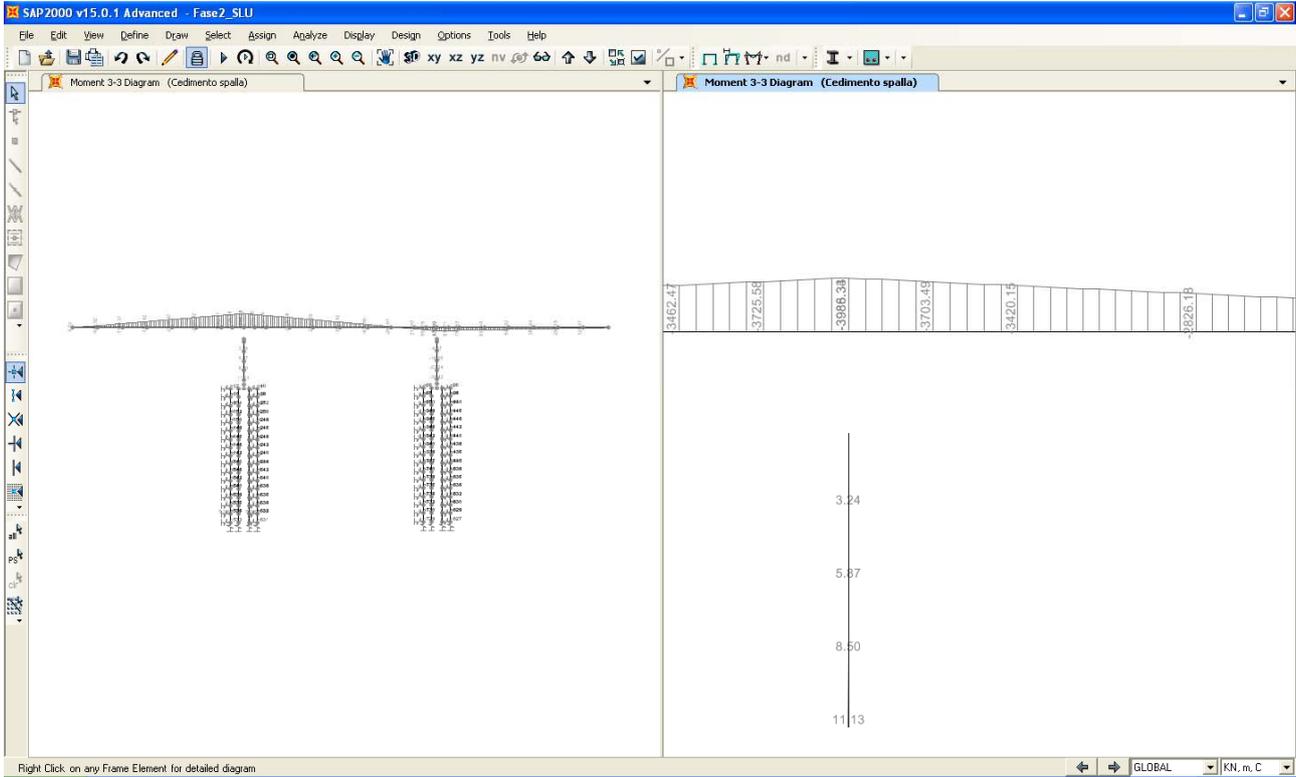
Queste variazioni termiche applicate in soletta vanno combinate secondo quanto previsto al punto 6.1.4.4 della medesima normativa tecnica, ottenendo 4 differenti condizioni di carico termico applicate al modello di calcolo "SLU" e qui riassunte:

- $\Delta T = +21.9 \text{ }^\circ\text{C}$  soletta  
 $\Delta T = +11.9 \text{ }^\circ\text{C}$  struttura metallica
- $\Delta T = -19.1 \text{ }^\circ\text{C}$  soletta  
 $\Delta T = -9.1 \text{ }^\circ\text{C}$  struttura metallica
- $\Delta T = +41.5 \text{ }^\circ\text{C}$  soletta  
 $\Delta T = +34 \text{ }^\circ\text{C}$  struttura metallica
- $\Delta T = -33.5 \text{ }^\circ\text{C}$  soletta  
 $\Delta T = -26 \text{ }^\circ\text{C}$  struttura metallica.

Al fine di gestire in maniera più agevole i vari casi di variazione termica, si è proceduto a creare un unico involucro "TM" da considerare poi nelle varie combinazioni di carico di progetto.

#### **6.2.5. Distorsioni - cedimenti vincolari (CSP, CPI)**

Ai fini della determinazione degli effetti delle distorsioni, è ragionevole ipotizzare un cedimento verticale pari a 30 mm per quanto attiene alle spalle e pari a 10 mm per quanto attiene alle pile. Le sollecitazioni in termini di momenti flettenti agenti sull'impalcato dovuti a tali cedimenti vincolari sono riportati nelle Figure seguenti.



Poiché la loro incidenza percentuale in riferimento alle massime sollecitazioni agenti in condizione statica (SLU) risulta all'incirca pari all'1% - 3%, i cedimenti in oggetto possono essere trascurati.

#### **6.2.6. Azioni parassite dei vincoli (AP)**

Per quanto riguarda le combinazioni di carico in condizione statica, fino a quando le azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato ai dispositivi di vincolamento risultano inferiori alle forze d'attrito, i dispositivi si comportano come collegamenti rigidi; una volta superato tale valore di forza, si comportano come collegamenti elastici di rigidezza crescente all'aumentare dell'azione assiale agente (diversa da combinazione a combinazione) e al diminuire dello spostamento orizzontale (anch'esso diverso tra una combinazione di carico e l'altra). Dal momento però che la condizione dimensionante per le sottostrutture è quella sismica (condizione per cui le forze trasmesse alle sottostrutture vengono lette in modo corretto grazie alla modellazione stessa dei dispositivi) in cui viene considerato il ritiro al suo valore caratteristico e le variazioni termiche al 50% del loro valore caratteristico, si considera superflua l'ipotesi di approfondire tale problematica in quanto non vincolante ai fini del dimensionamento delle sottostrutture.

#### **6.2.7. Carichi mobili (ML)**

I carichi mobili sono stati considerati in base alle indicazioni previste per i ponti stradali indicati al punto 5.1.3.3.3 delle NTC08. Data la larghezza della carreggiata si sono assegnate 3 corsie di carico di larghezza pari a 3.0 m secondo lo Schema di Carico 1 e si è aggiunto un carico distribuito pari a 2.50 KPa sulla parte rimanente. I carichi mobili così definiti "Vehicles Class" sono stati assegnati a corsie di carico definite a priori e posizionate secondo la massima eccentricità rispetto all'asse dell'opera (corsie accatastate da un lato dell'impalcato). Si è poi eseguita l'analisi di tipo "Moving Load" in base alla quale il programma di calcolo determina di volta in volta l'effetto più gravoso (sollecitazioni, deformazioni, reazioni vincolari) che le varie configurazioni di carichi mobili provocano sui vari elementi finiti costituenti il modello di calcolo "SLU" secondo la teoria delle linee di influenza.

**Vehicle Data**

Vehicle name: Corsia 1      Units: KN, m, C

Load Elevation: 

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		27.	300.
Leading Load	Infinite		27.	300.
Fixed Length	1.2		27.	300.
Trailing Load	Infinite		27.	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

OK      Cancel

**Vehicle Data**

Vehicle name: Corsia 2      Units: KN, m, C

Load Elevation: 

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		7.5	200.
Leading Load	Infinite		7.5	200.
Fixed Length	1.2		7.5	200.
Trailing Load	Infinite		7.5	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

OK      Cancel

**Vehicle Data**

Vehicle name: Corsia 3      Units: KN, m, C

Load Elevation: 

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		7.5	100.
Leading Load	Infinite		7.5	100.
Fixed Length	1.2		7.5	100.
Trailing Load	Infinite		7.5	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

OK      Cancel

**Vehicle Data**

Vehicle name: Corsia 4      Units: KN, m, C

Load Elevation: 

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Trailing Load	Infinite		13.125	
Trailing Load	Infinite		13.125	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

OK      Cancel

### 6.2.8. Azione di frenatura (FR)

L'azione di frenatura indotta dai veicoli è stata considerata in base alle indicazioni previste per i ponti stradali indicate al punto 5.1.3.5 delle NTC08. Data la lunghezza dell'impalcato si ha:

$$F_{FR} = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 119 = 681.3 \text{ KN.}$$

Considerando che ai sensi di quanto indicato nella Tabella 5.1.IV riportata nelle NTC08 l'azione di frenatura va considerata solo in combinazione con il valore frequente dei carichi mobili verticali (pari al 75% del loro valore caratteristico), che per il dimensionamento dell'impalcato risultano vincolanti i carichi verticali e che ai fini del dimensionamento delle sottostrutture è l'azione sismica ad essere vincolante (azione che non viene combinata con l'azione dei veicoli e della frenatura), l'azione della frenatura verrà trascurata nei dimensionamenti degli elementi strutturali. S'intende che gli isolatori sismici hanno il compito di assorbire l'azione della frenatura (combinata opportunamente con l'azione del vento trasversale) tramite la loro resistenza di attrito statico.

### 6.2.9. Azione del vento (VN)

L'azione del vento è assegnata sulla base delle indicazioni riportate al punto 3.3 delle NTC08 assumendo i seguenti parametri di base:

- Zona 2:  $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ ;
- $a_s < 750 \text{ m}$ ;
- Classe di rugosità del terreno: D;
- Categoria di esposizione II;
- Coefficiente di esposizione  $C_e = 2.62$ ;
- Coefficiente di forma  $C_p = 1.40$ ;

$$q_v = 1.50 \text{ KPa.}$$

Per quanto riguarda la modellazione, il vento è stato assegnato come forza per unità di lunghezza agente in direzione ortogonale all'asse dell'impalcato. Il calcolo dell'intensità di detta forza è eseguito assumendo una superficie di impatto del vento di altezza pari alla somma tra l'altezza della trave metallica, l'altezza della soletta, altezza della pavimentazione stradale (assunta pari a 10 cm) e l'altezza di ingombro dei veicoli (assunta pari a 3.0 m).

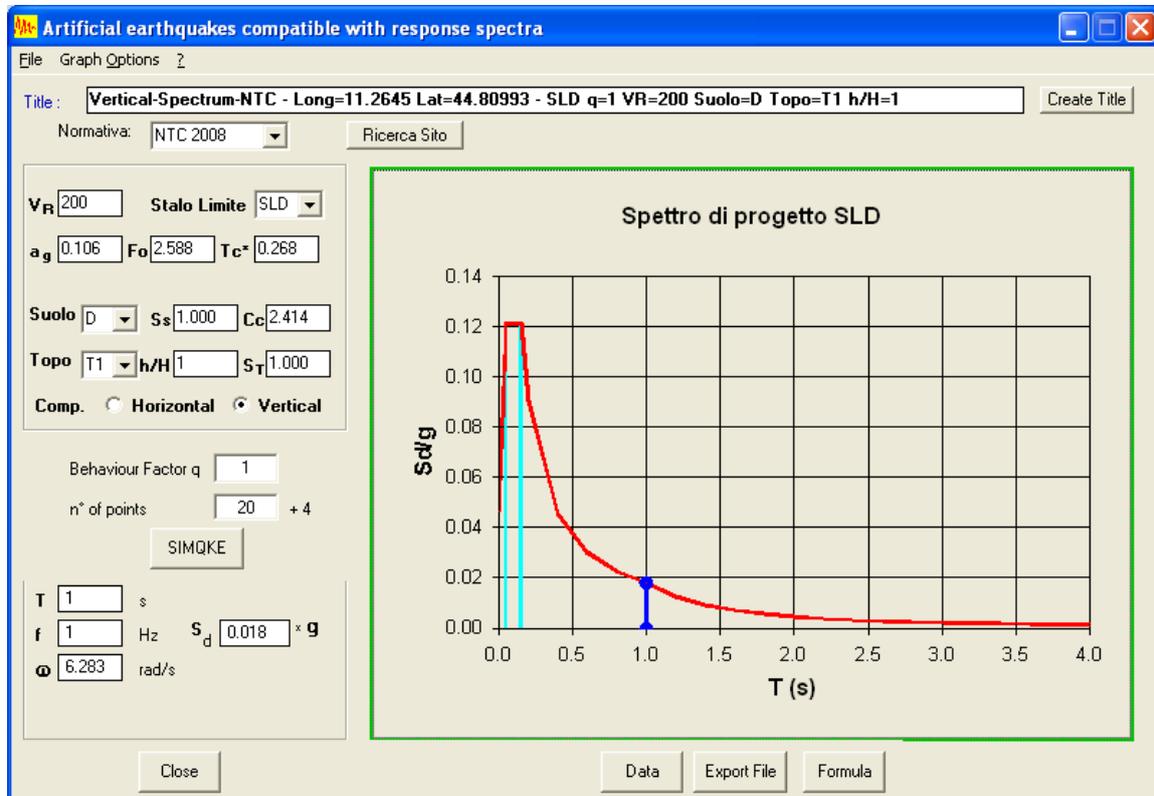
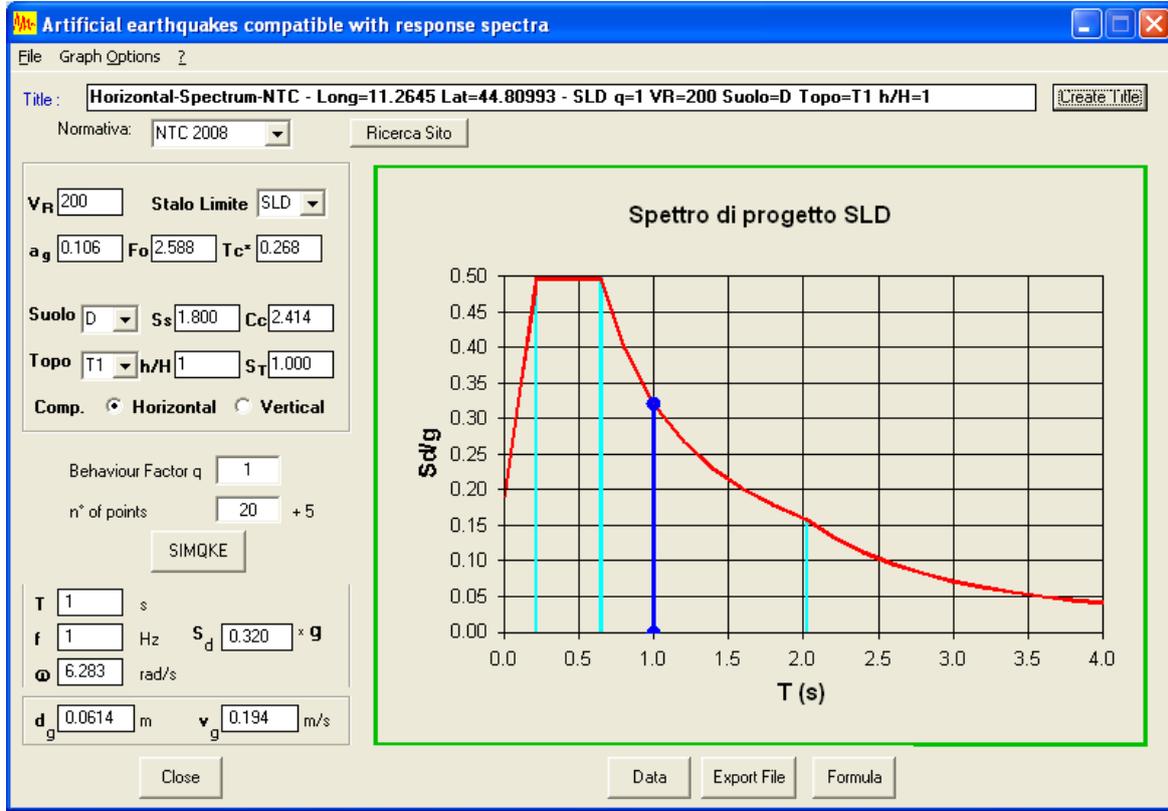
### **6.2.10. Azione sismica (SLD-X, SLD-Y, SLD -Z, SLV-X, SLV-Y, SLV-Z, SLC-X, SLC-Y, SLC-Z)**

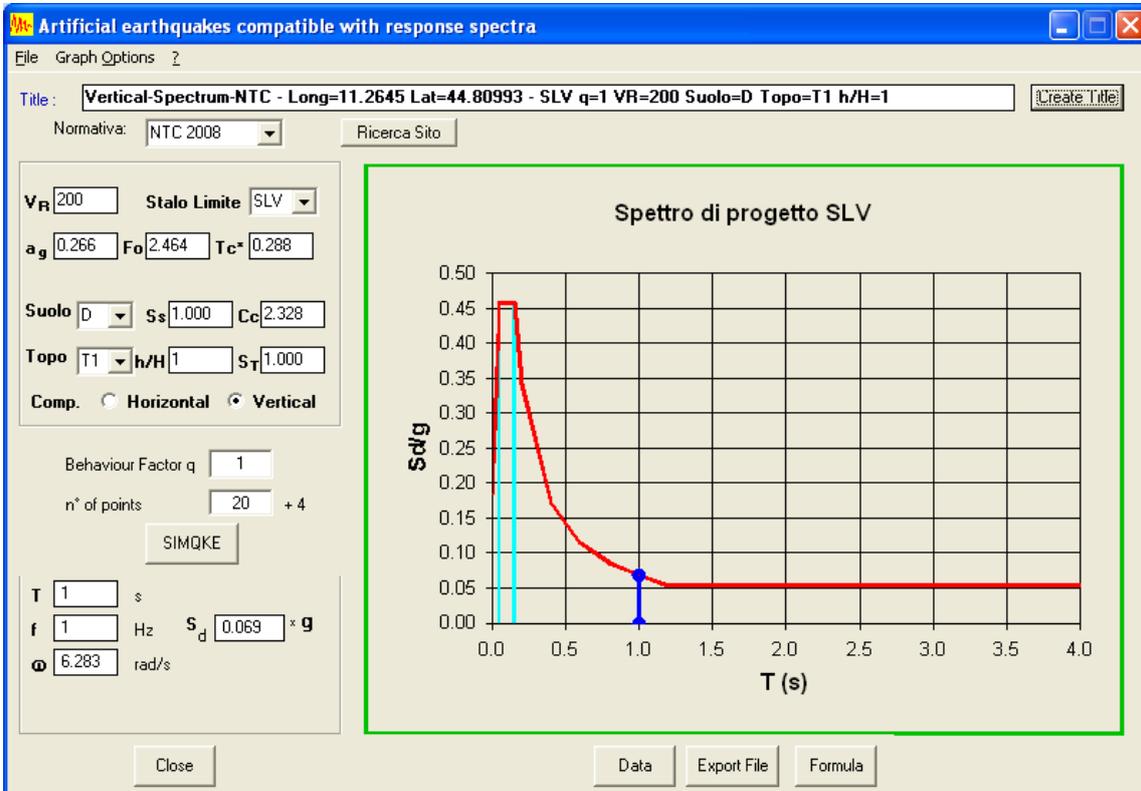
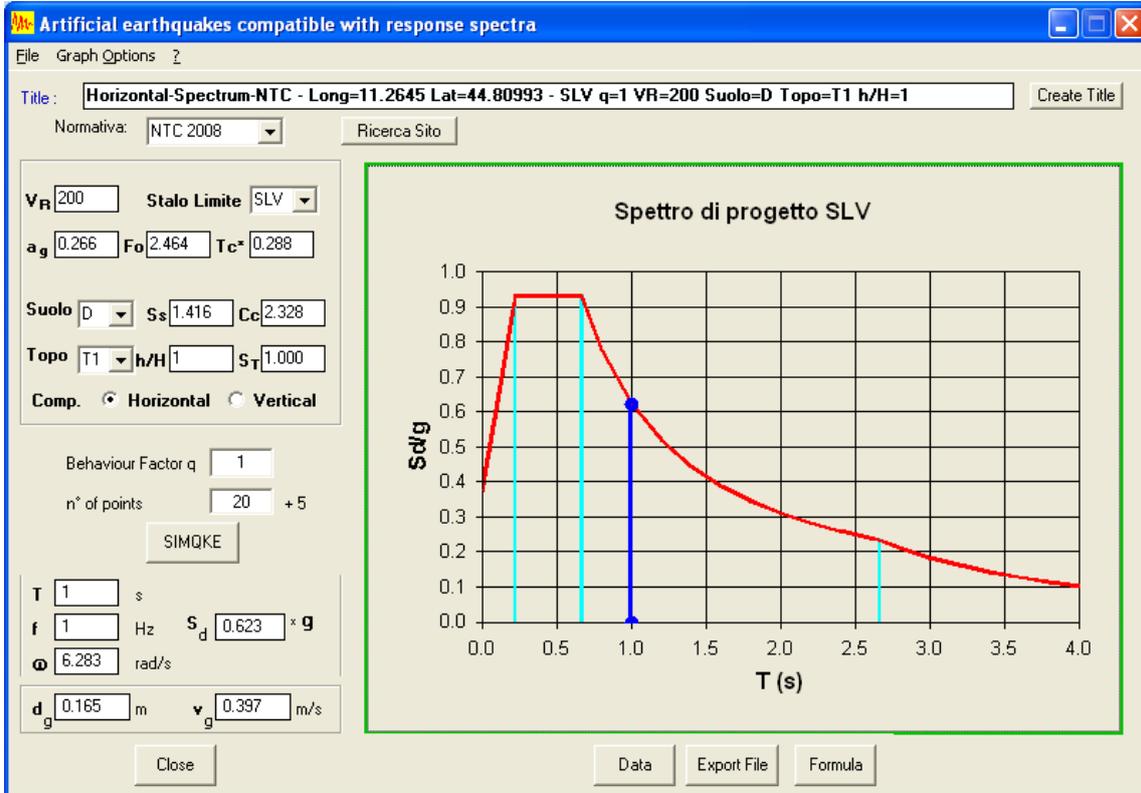
L'opera è prevista munita di sistema di protezione sismica costituito da isolatori a scorrimento a superficie curva (Friction Pendulum Isolators), inquadrabili secondo la tipologia di "Isolatori a scorrimento" descritta al punto 11.9.8 delle NTC08 (si veda per maggiori informazioni il punto 6.4). Tale sistema di isolamento può essere modellato come lineare equivalente secondo le indicazioni del punto 7.10.5.2 delle NTC08; pertanto si è adottata l'analisi lineare dinamica (analisi con spettro di risposta) come metodologia di analisi sismica.

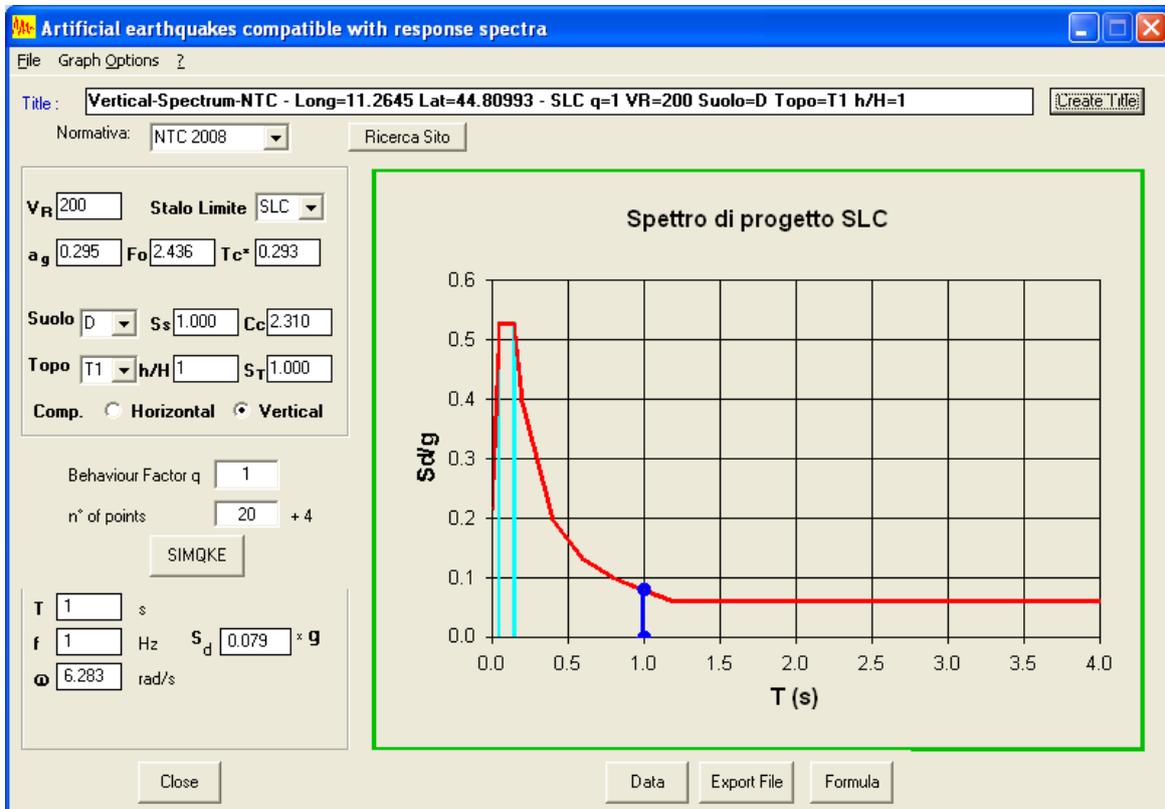
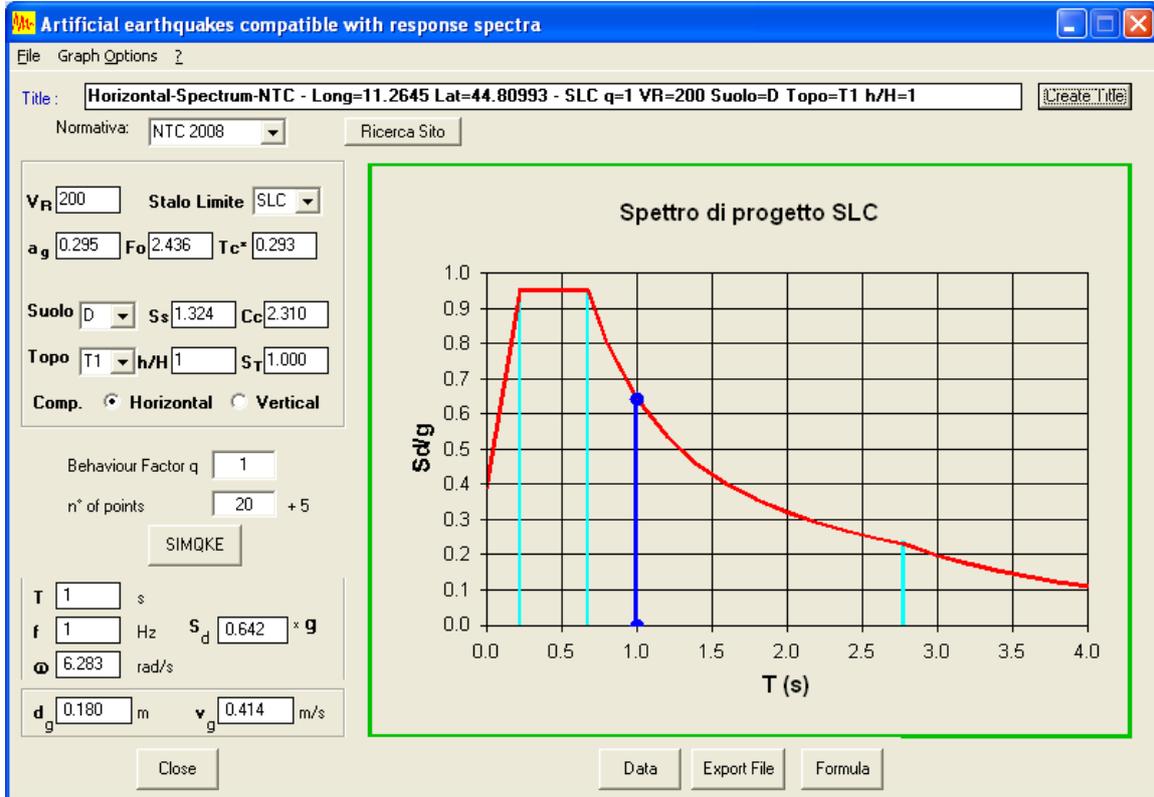
La determinazione dell'azione sismica è stata eseguita assumendo i seguenti parametri:

- Longitudine:  $11.2645^\circ$ ;
- Latitudine:  $44.80993^\circ$
- Vita nominale: 100 anni;
- Classe d'uso: IV  $\rightarrow C_u = 2.0$ ;
- Stato Limite: SLD, SLV, SLC;
- Categoria di sottosuolo: D;
- Categoria topografica: T1;
- Fattore di struttura:  $q = 1$  (struttura isolata sismicamente, paragrafo 7.10 delle NTC08);
- Indice di smorzamento viscoso equivalente:  $\xi = 0.05$  (si veda il punto 6.4).

Si ottengono i parametri riassunti nella schermata seguente.







### 6.3. COMBINAZIONE DEI CARICHI

Le combinazioni di carico da implementare per le verifiche di resistenza allo SLU e le verifiche allo SLE in condizioni statiche e sismiche sono riportate sotto, mentre i coefficienti parziali di sicurezza sono riportati nelle Tabelle seguenti.

#### **Combinazioni SLU-SLE**

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
 
$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:
 
$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
 
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
 
$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

#### **Combinazione SLD-SLV-SLC**

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

#### **Carichi gravitazionali per valutazione delle masse in fase sismica**

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

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento $q_s$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_s$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

SLU-FASE 1	1	2																	
PP	1.35	1.00																	
SL	1.35	1.00																	
CR	1.35	1.00																	
SLU-FASE 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
SP	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	
RT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
TM	0.00	0.72	0.00	0.72	1.20	1.20	1.20	1.20	0.00	0.00	0.72	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ML	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	1.01	0.00	1.01	0.00	1.01	0.00	1.01	0.00	1.35	1.35	0.00	1.01	0.00	
VN	0.00	0.00	0.90	0.90	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.90	1.50	1.50	1.50	
SLV - FASE 2	1	2	3	4	5	6													
SP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
RT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
SLV-X	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30	0.30													
SLV-y	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30													
SLV-Z	0.30	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00													
TM	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50													
SLC - FASE 2	1	2	3	4	5	6													
SP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
RT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
SLC-X	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30	0.30													
SLC-Y	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30													
SLC-Z	0.30	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00													
TM	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50													
SLE-FASE 1	1																		
PP	1.00																		
SL	1.00																		
CR	1.00																		
SLE FASE 2-FR	1	2	3	4	5														
SP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00														
RT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00														
TM	0.00	0.50	0.60	0.00	0.50														
ML	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00														
VN	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20														
SLE FASE 2-QP	1	2																	
SP	1.00	1.00																	
RT	1.00	1.00																	
TMP	0.00	0.50																	
ML	0.00	0.00																	
VN	0.00	0.00																	
SLD- FASE 2	1	2	3	4	5	6													
SP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
RT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00													
SLD-X	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30	0.30													
SLD-Y	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00	0.30													
SLD-Z	0.30	0.30	1.00	0.30	0.30	1.00													
TM	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50													

Va segnalato che nel caso di combinazioni contenenti analisi a spettro di risposta il programma di calcolo utilizzato provvede alla restituzione del valore massimo e minimo per ogni grandezza in output (per questo motivo, ad esempio, la combinazione  $Ex + 0.3Ey + 0.3Ez$  fornisce i medesimi risultati numerici della combinazione  $-Ex - 0.3Ey - 0.3Ez$  che diviene, pertanto, inutile).

## 6.4. ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

La tabella seguente riporta la tipologia di analisi eseguita per ognuno dei casi di carico indagati.

CASO DI ANALISI	TIPOLOGIA
PP	STATICA LINEARE
SL	STATICA LINEARE
CR	STATICA LINEARE
SP	STATICA LINEARE
RT	STATICA LINEARE
TMP 1	STATICA LINEARE
TMP 2	STATICA LINEARE
TMN 1	STATICA LINEARE
TMN 2	STATICA LINEARE
ML	STATICA LINEARE
VN	STATICA LINEARE
SLD-X	DINAMICA LINEARE
SLD-Y	DINAMICA LINEARE
SLD-Z	DINAMICA LINEARE
SLV-X	DINAMICA LINEARE
SLV-Y	DINAMICA LINEARE
SLV-Z	DINAMICA LINEARE
SLC-X	DINAMICA LINEARE
SLC-Y	DINAMICA LINEARE
SLC-Z	DINAMICA LINEARE

Per quanto attiene alle analisi in condizione sismica è opportuno approfondire tramite le seguenti informazioni. Il sistema di isolamento previsto è modellabile come “lineare equivalente” ai sensi del punto 7.10.5.2 delle NTC08 e presenta le caratteristiche dinamiche, ai fini del calcolo, di seguito riassunte.

ISOLATORI SINGOLI PILA		ISOLATORI SINGOLI SPALLA	
R	3700 mm	R	3700 mm
m	0.065 -	m	0.065 -
X	280 mm	X	320 mm
N	5470 KN	N	1500 KN
$K_{esi}$	2748.2 KN/m	$K_{esi}$	710.1 KN/m
$\xi_{esi}$	0.294 -	$\xi_{esi}$	0.273 -

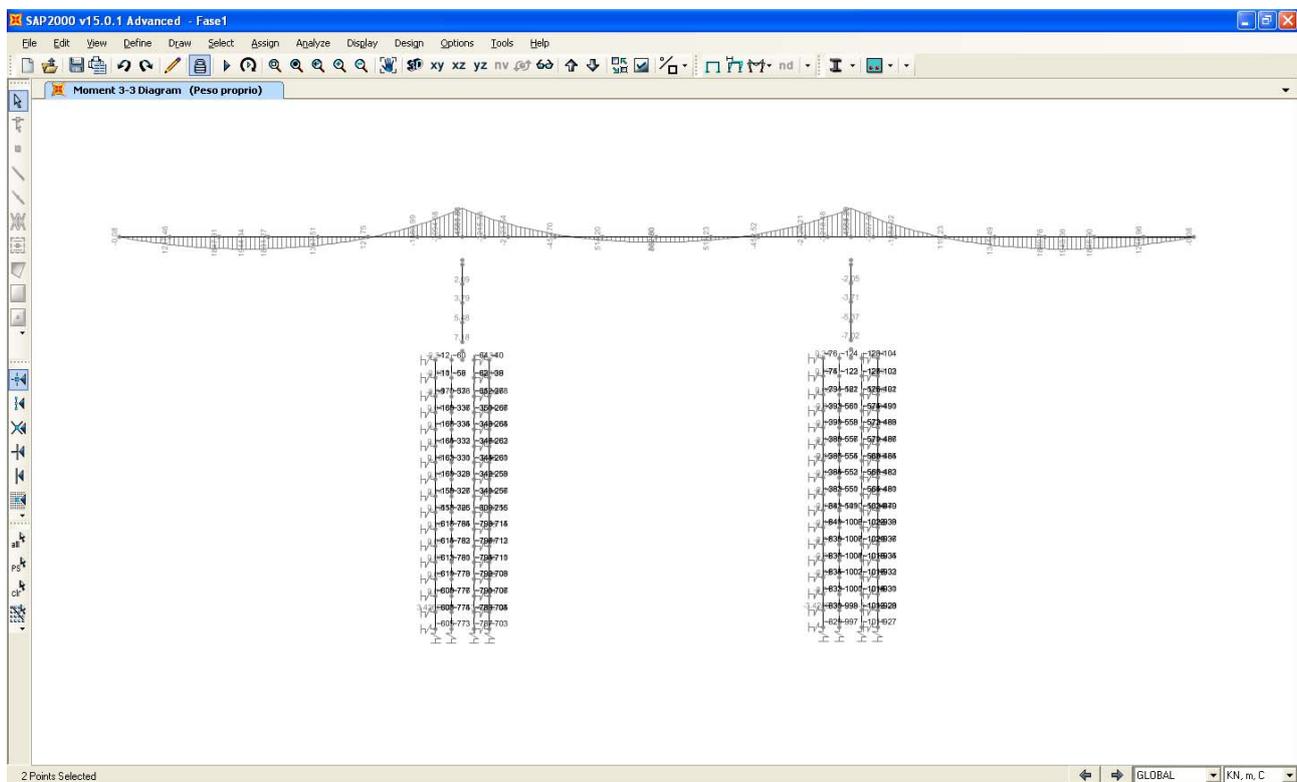
Dal momento che la rigidità del sistema di isolamento  $K_{esi}$  e l'indice di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_{esi}$  dipendono dal massimo spostamento di progetto (SLC), è stata applicata una procedura iterativa accertandosi il rispetto di quanto previsto al punto 7.10.5.2 delle NTC08. Le analisi svolte sono di tipo

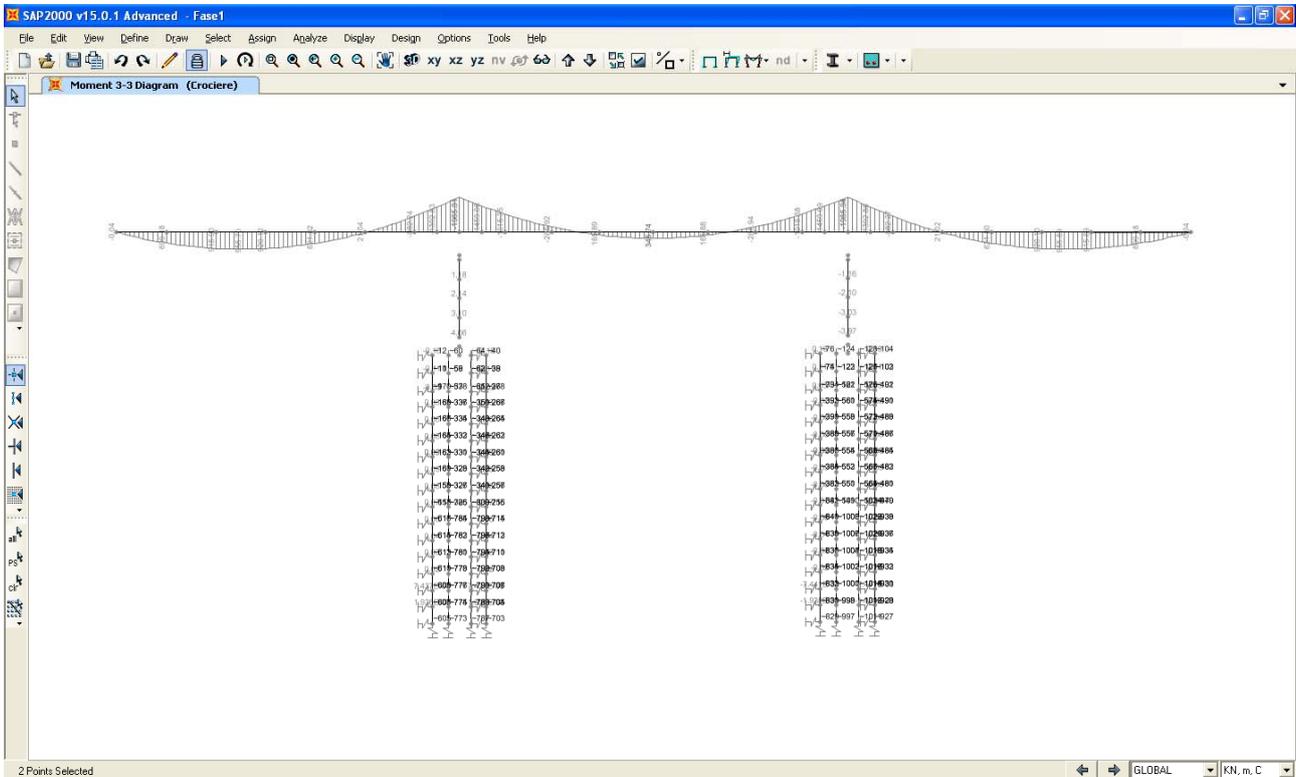
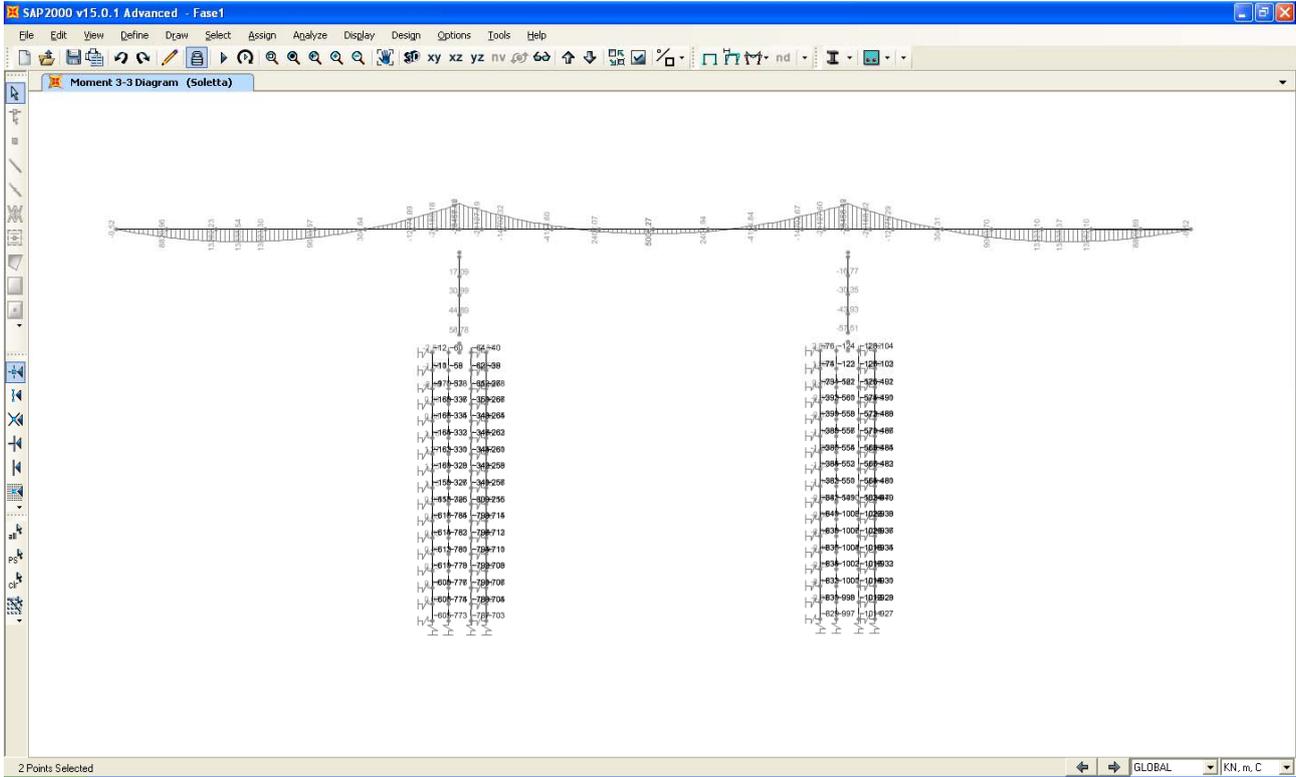
“dinamiche lineari” con spettro di risposta e la riduzione delle forme spettrali in funzione di  $\xi_{esi}$  è stata considerata direttamente dal programma di calcolo utilizzato per i primi modi di vibrare orizzontali; per i modi rimanenti si sono considerati gli spettri di risposta elastici definiti per un indice di smorzamento viscoso equivalente standard pari al 5%.

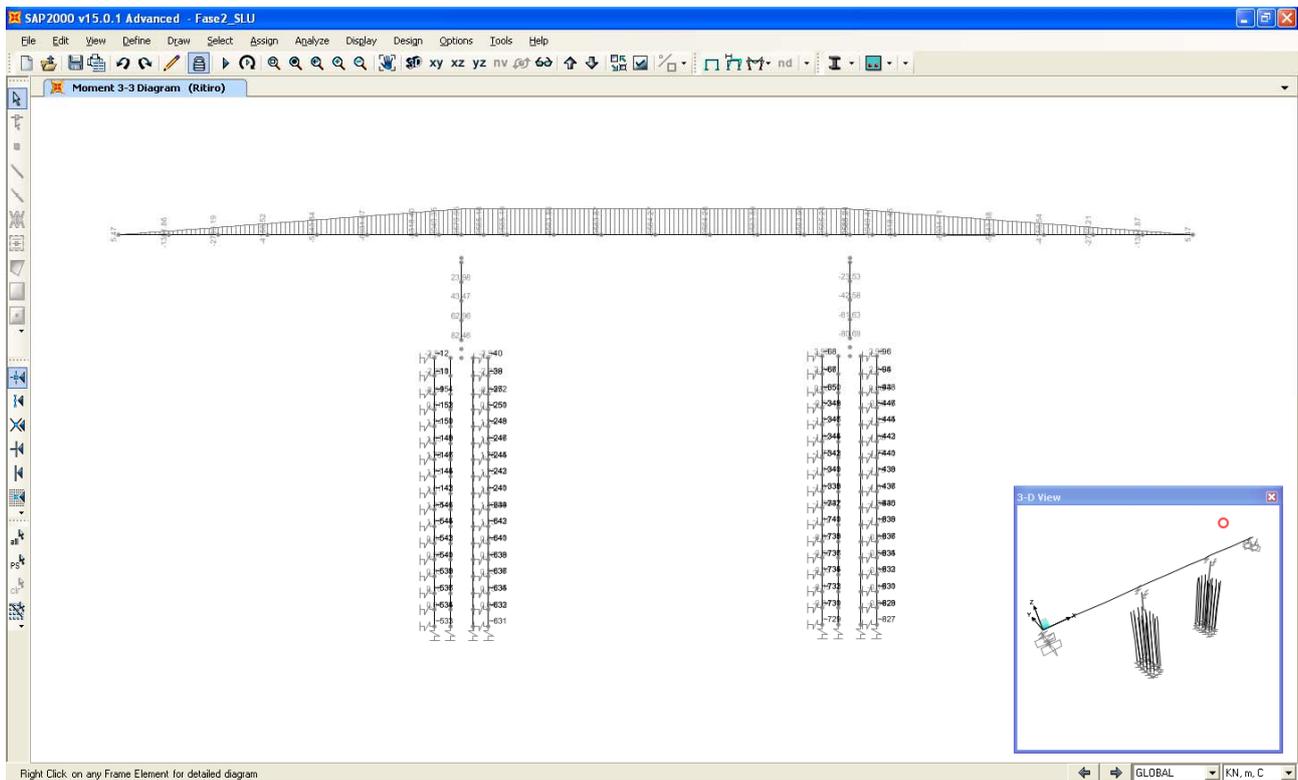
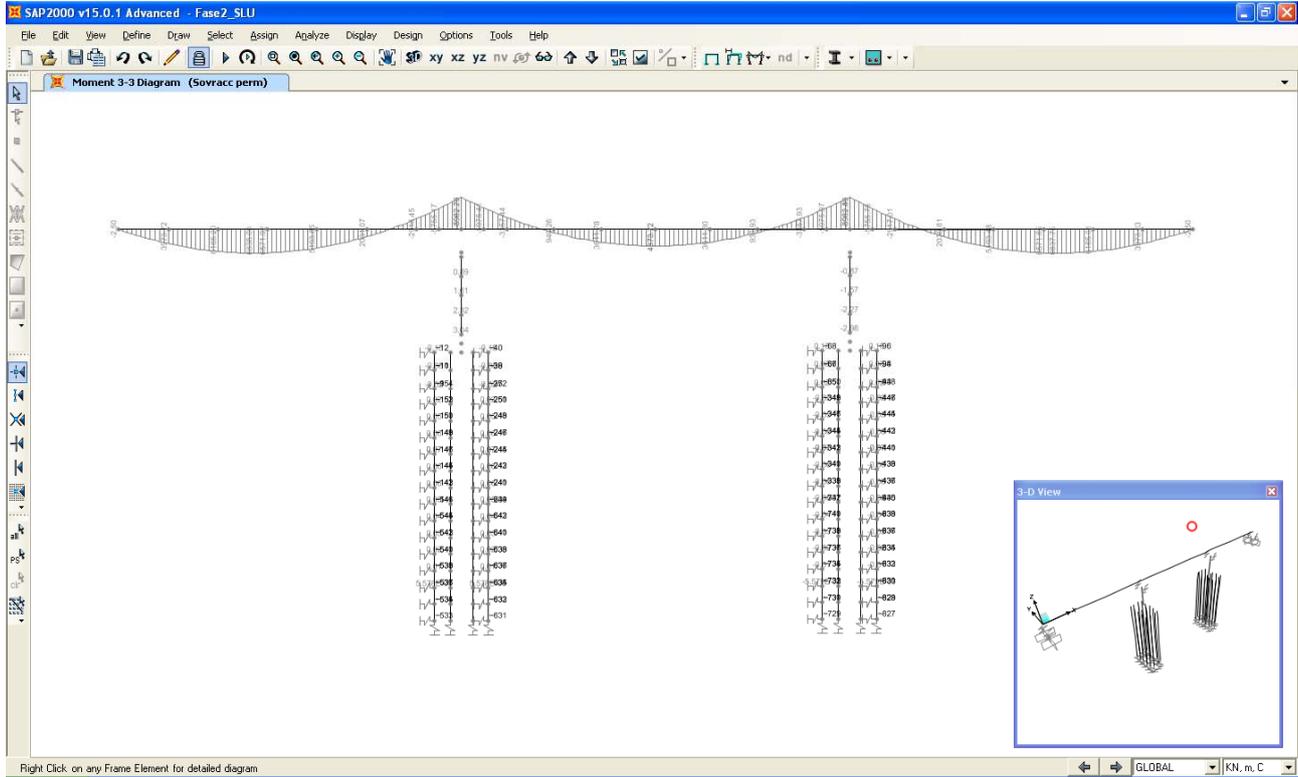
Va precisato che al fine di poter modellare in maniera elastica equivalente il comportamento del sistema di isolamento si è limitato in tutte le analisi di tipo sismico (SLC, SLV e SLD) il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente al valore di  $\xi_{esi} = 0.20$  (per valori superiori, infatti, potrebbe risultare non soddisfatta la prima condizione riportata dalle NTC08 al punto 7.10.5.2)

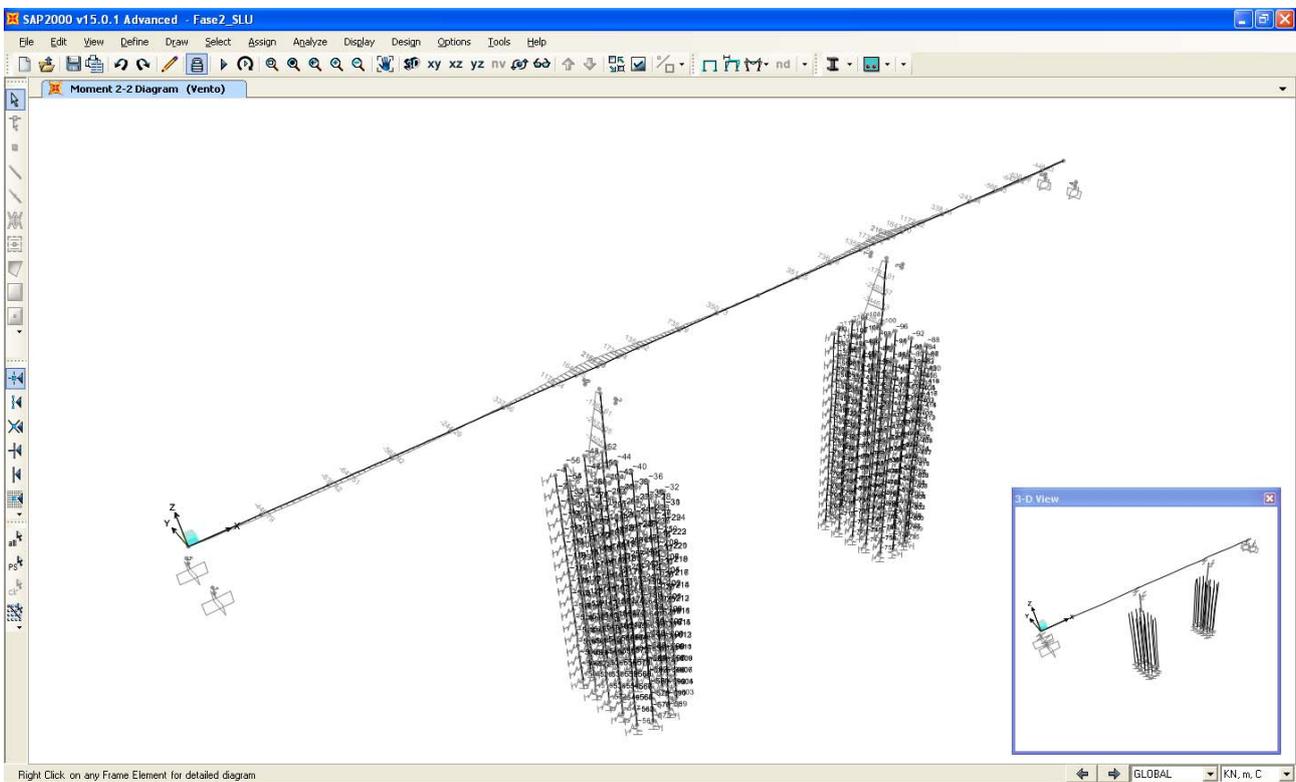
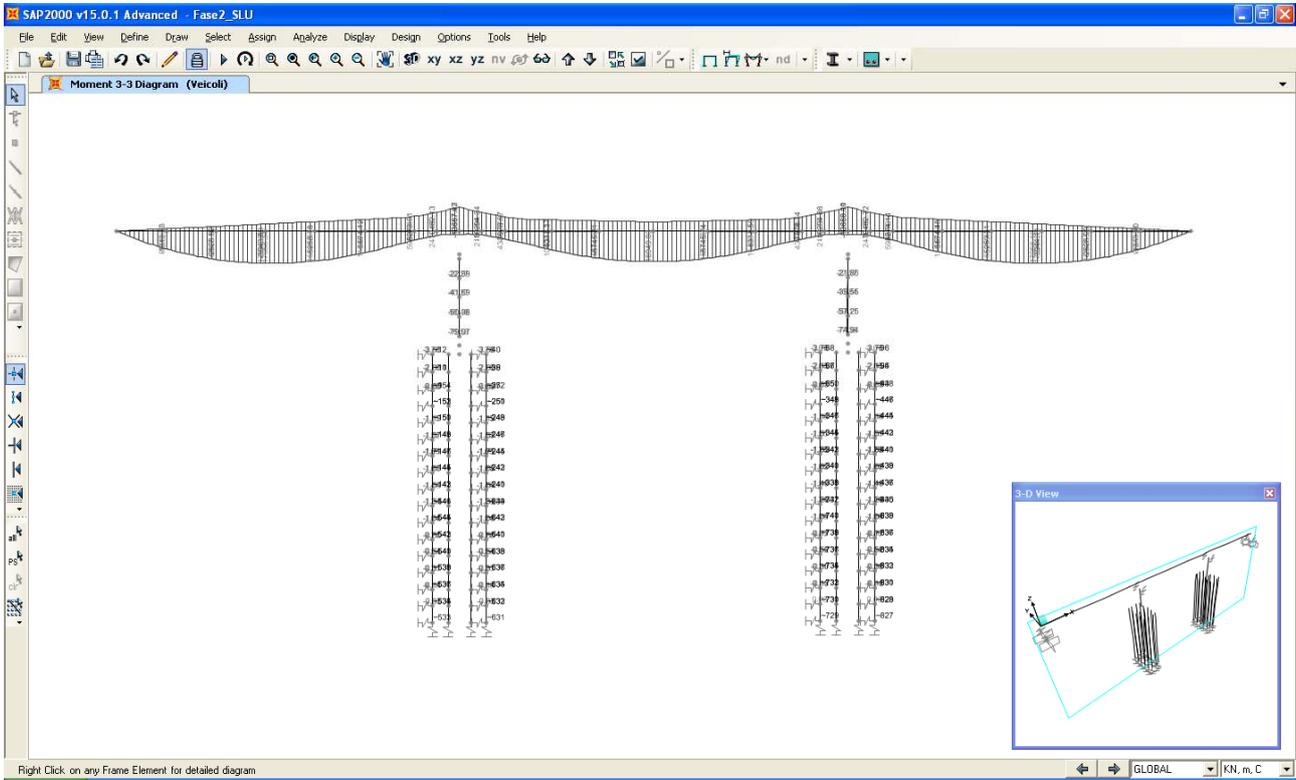
### 6.4.1. Diagrammi delle sollecitazioni

In quanto segue si riportano le Figure estratte dal programma di calcolo SAP2000 che mostrano l'andamento delle sollecitazioni flessionali dell'impalcato in riferimento ai vari casi di analisi indagati per la condizione statica.



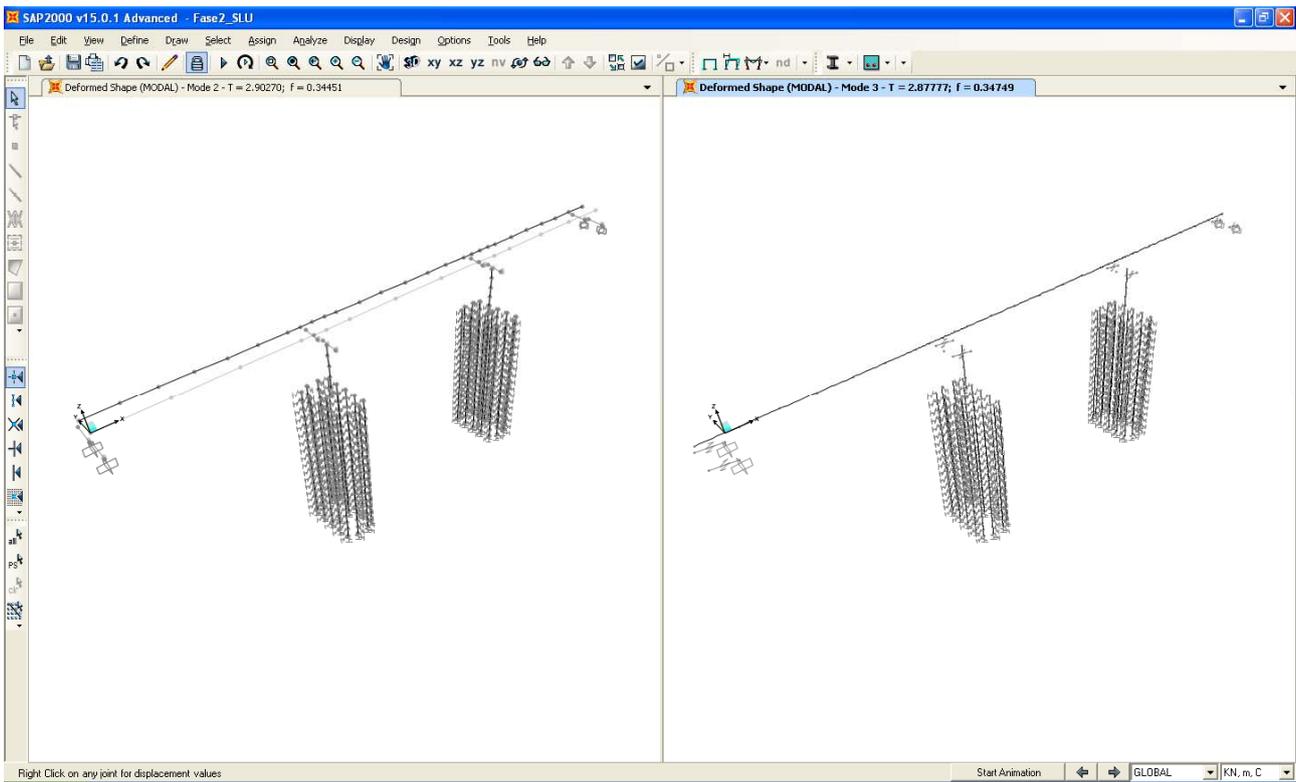






## 6.4.2. Analisi modale dell'opera

L'analisi modale dell'opera è stata eseguita tramite algoritmo di "Ritz" assegnando come vettore iniziale dei carichi le accelerazioni orizzontali in direzione longitudinale e trasversale ed in direzione verticale. Di seguito si riportano le deformate modali dei modi di vibrare significativi in termini di massa attivata e la tabella riportante la percentuale di massa attivata per ogni singolo modo.



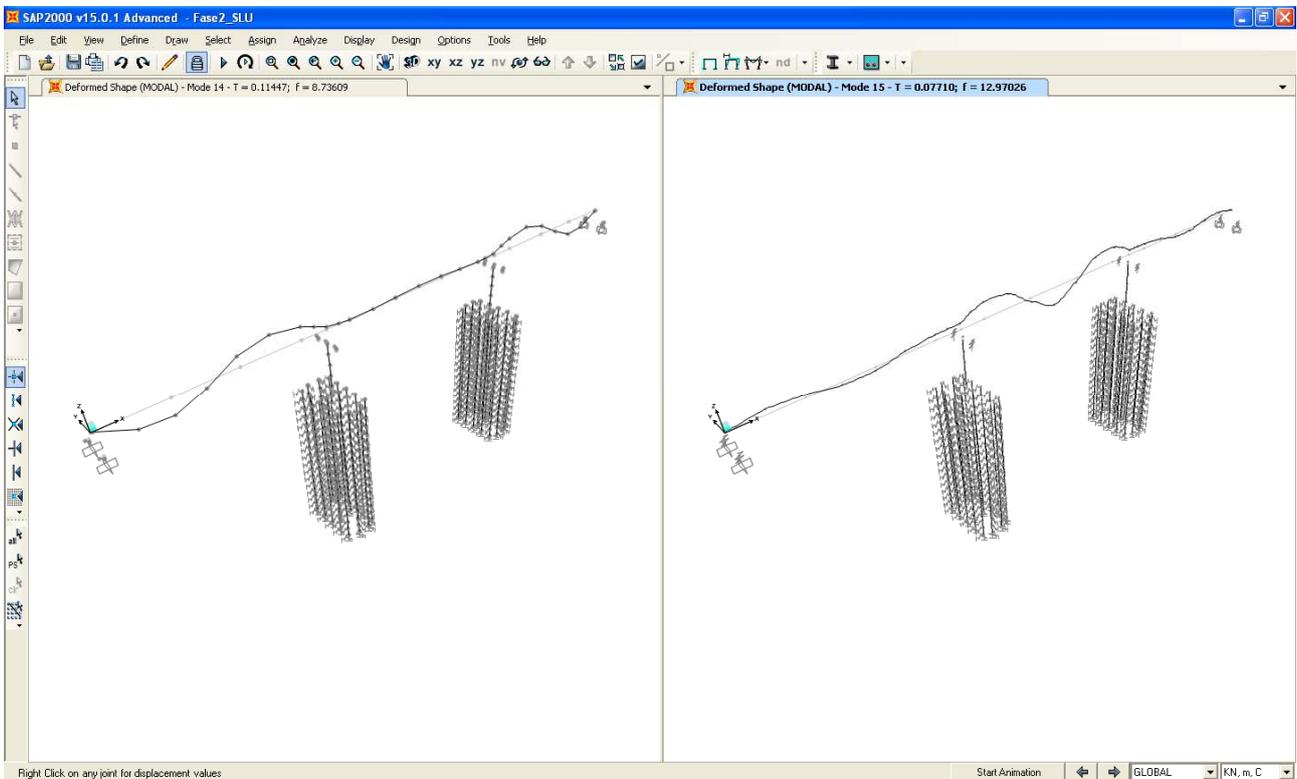
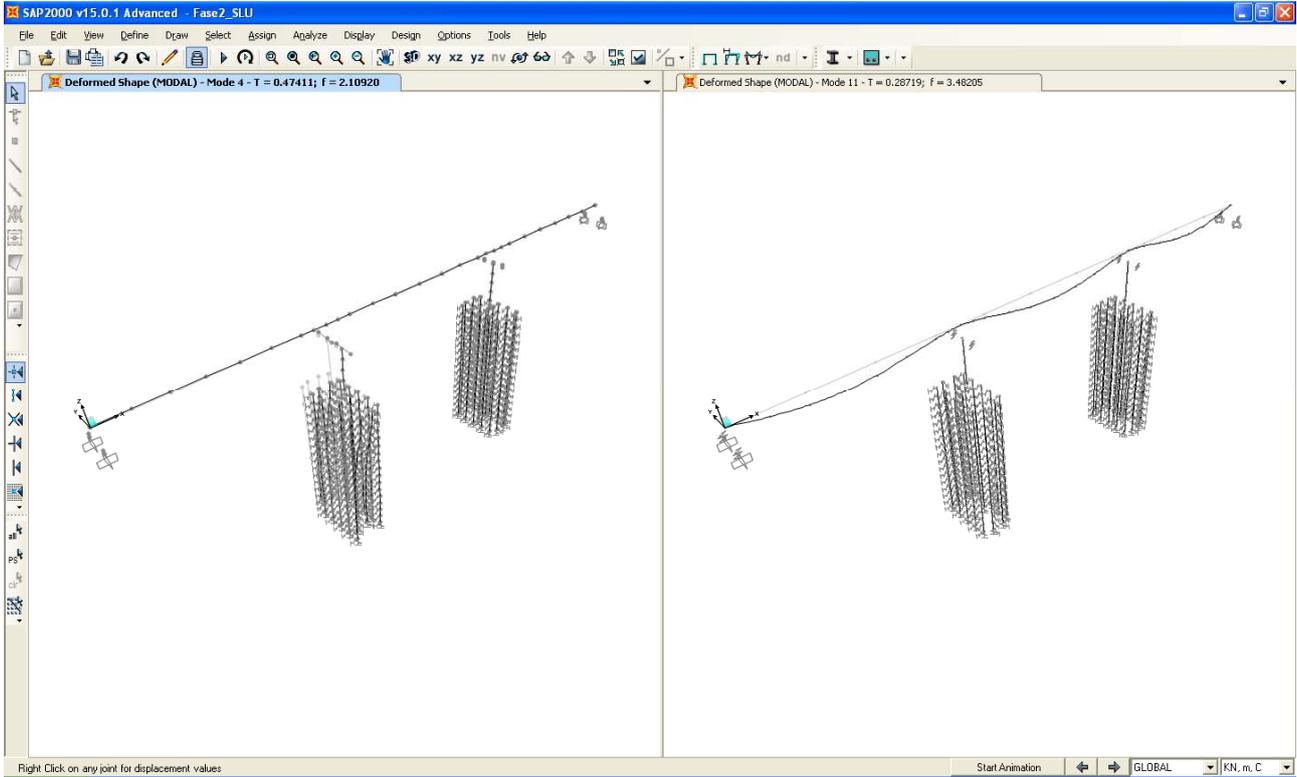


TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless											
MODAL	Mode	1	2.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.194	0.000	0.000	0.194
MODAL	Mode	2	2.903	0.000	0.775	0.000	0.000	0.775	0.000	0.002	0.000	0.608	0.002	0.000	0.802
MODAL	Mode	3	2.878	0.764	0.000	0.000	0.764	0.775	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.802
MODAL	Mode	4	0.474	0.000	0.114	0.000	0.764	0.889	0.000	0.446	0.000	0.037	0.447	0.000	0.839
MODAL	Mode	5	0.468	0.000	0.110	0.000	0.764	0.999	0.000	0.416	0.000	0.160	0.864	0.000	0.999
MODAL	Mode	6	0.437	0.000	0.000	0.003	0.764	0.999	0.003	0.000	0.002	0.000	0.864	0.002	0.999
MODAL	Mode	7	0.410	0.000	0.001	0.000	0.764	1.000	0.003	0.004	0.000	0.001	0.868	0.002	1.000
MODAL	Mode	8	0.370	0.115	0.000	0.000	0.879	1.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.868	0.004	1.000
MODAL	Mode	9	0.364	0.118	0.000	0.000	0.997	1.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.868	0.006	1.000
MODAL	Mode	10	0.338	0.000	0.000	0.000	0.997	1.000	0.003	0.000	0.127	0.000	0.868	0.132	1.000
MODAL	Mode	11	0.287	0.000	0.000	0.574	0.997	1.000	0.577	0.000	0.448	0.000	0.868	0.580	1.000
MODAL	Mode	12	0.183	0.000	0.000	0.000	0.997	1.000	0.577	0.000	0.000	0.000	0.868	0.580	1.000
MODAL	Mode	13	0.120	0.000	0.000	0.000	0.997	1.000	0.577	0.000	0.016	0.000	0.868	0.597	1.000
MODAL	Mode	14	0.114	0.000	0.000	0.017	0.997	1.000	0.594	0.000	0.015	0.000	0.868	0.611	1.000
MODAL	Mode	15	0.077	0.000	0.000	0.182	0.997	1.000	0.777	0.000	0.141	0.000	0.868	0.752	1.000
MODAL	Mode	16	0.066	0.003	0.000	0.000	1.000	1.000	0.777	0.000	0.001	0.000	0.868	0.752	1.000
MODAL	Mode	17	0.060	0.000	0.000	0.123	1.000	1.000	0.900	0.000	0.095	0.000	0.868	0.847	1.000
MODAL	Mode	18	0.049	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.900	0.000	0.003	0.000	0.868	0.850	1.000
MODAL	Mode	19	0.038	0.000	0.000	0.070	1.000	1.000	0.970	0.000	0.055	0.000	0.868	0.905	1.000
MODAL	Mode	20	0.035	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.970	0.120	0.000	0.000	0.988	0.905	1.000

## 6.5. CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza e di stabilità (ove vincolanti) degli elementi strutturali sono state condotte operando con il metodo semiprobabilistico agli stati limite in conformità a quanto previsto dalle NTC08.

Le verifiche a fessurazione (SLE) negli elementi in c.a. sono state condotte sia con il metodo indiretto tabellare di cui alla C.M. n.617 del 020/2/2009, sia con il metodo diretto ed in base alle classi di esposizione dei vari elementi definite nel capitolo sui materiali. Si trascura la verifica a fessurazione della soletta in direzione longitudinale in quanto non dimensionante ai fini di una progettazione definitiva.

Le verifiche a fatica e le verifiche alle tensioni in esercizio degli elementi metallici e in c.a. sono state trascurate in quanto non dimensionanti ai fini di una progettazione definitiva (per gli elementi metallici sono generalmente vincolanti le verifiche di resistenza/instabilità/deforabilità e per quelli in c.a. le verifiche di resistenza e di fessurazione).

### 6.5.1. Dimensionamento soletta d'impalcato

Il dimensionamento della soletta di impalcato è stato eseguito mediante un apposito modello agli elementi finiti realizzato con SAP2000 Advanced v.15.0.1, in grado di analizzare lo stato tensio-deformativo della soletta in direzione trasversale. Lo schema statico adottato è quello di trave continua su tre appoggi rigidi munita di sbalzi alle estremità. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "PD-0-A00-A0000-0-OM-RT-01".

## 6.5.2. Dimensionamento cassone metallico

### 6.5.2.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV

La sezione del cassone metallico costituente l'impalcato è stata dimensionata secondo il criterio elastico indicato al punto 4.3.4.2.1.1 delle NTC08 e cioè limitando le deformazioni al limite elastico della resistenza dei materiali ( $f_{cd}$  e  $f_{yd}$ ). Come già indicato, il contributo della soletta in c.a. è stato trascurato (anche ai fini delle verifiche sezionali) per i conci in asse pila; in tali conci si è considerata agente l'armatura in soletta.

L'azione tagliante verticale si è considerata uniformemente distribuita sulle anime del cassone metallico, mentre per la determinazione delle tensioni tangenziali dovute alla torsione si è fatto riferimento alla formulazione di "Bredt" per sezioni sottili chiuse.

Per quanto riguarda la combinazione delle tensioni normali e tangenziali si è utilizzato il metodo elastico di "Von Mises" riportato nell'espressione 4.2.5 delle NTC08.

Il calcolo è stato svolto differenziando le sollecitazioni allo SLU dovute al modello di calcolo "fase 1" da quelle dovute al modello di calcolo "SLU" e, operando in campo elastico e lineare, si è eseguita a valle la somma delle tensioni (le condizioni sismiche non sono dimensionanti per l'impalcato).

In seguito si riportano le Tabelle inerenti i calcoli svolti per la sezioni in asse pila, per la sezione di passaggio dal concio in asse pila al concio "intermedio" e per la sezione in campata maggiormente sollecitata. Valgono le seguenti indicazioni:

- P, V2, T e M3 indicano rispettivamente l'azione assiale (positiva se di trazione), il taglio verticale, il momento torcente e il momento flettente agente attorno all'asse d'inerzia orizzontale;
- Si riportano le sollecitazioni per l'unica combinazione di carico "ENV-SLU" definita come l'involuppo tra tutte le combinazioni di carico allo SLU;
- w1, w2, w3, w4, w5, A<sub>inf</sub>, A<sub>sup</sub> indicano rispettivamente l'intradosso del cassone metallico, l'estradosso della piattabanda inferiore, l'intradosso delle piattabande superiori, l'estradosso delle piattabande superiori, l'estradosso della soletta in c.a., l'armatura inferiore in soletta e l'armatura superiore in soletta;
- $\tau$ ,  $\tau_V$  indicano la tensione tangenziale dovuta al taglio e  $\tau_T$  la tensione tangenziale dovuta alla torsione calcolata unicamente per l'anima (è solo in anima che si combinano le tensioni normali a quelle tangenziali dovute al taglio, per cui la tensione tangenziale dovuta alla torsione è trascurabile negli elementi rimanenti);
- La tensione ideale è calcolata solo alla fibra 2 e alla fibra 3 secondo le ipotesi già dette sulla distribuzione dell'azione di taglio;

- Con “Fase 2” si intendono le sollecitazioni (e tensioni) determinante con il modello “SLU” e si fissano a 1.0 eventuali coefficienti moltiplicativi del momento flettente M3 (la riduzione del momento flettente in pila è automaticamente considerata in fase di analisi dal modello di calcolo in quanto si è opportunamente trascurata la soletta in termini di rigidezza flessionale);
- Le tensioni sono indicate in MPa.

### Sezione in asse pila

“Fase 1” - sollecitazioni

					MAX	9.3	-2940.3	0.0	0.0	0.0	-17840.5
					MIN	6.9	-5288.0	0.0	0.0	0.0	-47228.1
<b>TABLE: Element Forces - Frames</b>											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
39	0	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3917.1	0.0	0.0	0.0	-34983.8	
39	0.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3819.4	0.0	0.0	0.0	-33049.7	
39	1	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3721.7	0.0	0.0	0.0	-31164.4	
39	1.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3624.0	0.0	0.0	0.0	-29328.0	
39	2	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3526.3	0.0	0.0	0.0	-27540.4	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3428.7	0.0	0.0	0.0	-25801.6	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3428.7	0.0	0.0	0.0	-25801.6	
39	3	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3331.0	0.0	0.0	0.0	-24111.7	
39	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3233.3	0.0	0.0	0.0	-22470.7	
39	4	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3135.6	0.0	0.0	0.0	-20878.4	
39	4.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-3037.9	0.0	0.0	0.0	-19335.0	
39	5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2940.3	0.0	0.0	0.0	-17840.5	
39	0	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-5288.0	0.0	0.0	0.0	-47228.1	
39	0.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-5156.2	0.0	0.0	0.0	-44617.1	
39	1	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-5024.3	0.0	0.0	0.0	-42071.9	
39	1.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4892.4	0.0	0.0	0.0	-39592.8	
39	2	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4760.6	0.0	0.0	0.0	-37179.5	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4628.7	0.0	0.0	0.0	-34832.2	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4628.7	0.0	0.0	0.0	-34832.2	
39	3	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4496.8	0.0	0.0	0.0	-32550.8	
39	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4364.9	0.0	0.0	0.0	-30335.4	
39	4	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4233.1	0.0	0.0	0.0	-28185.9	
39	4.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-4101.2	0.0	0.0	0.0	-26102.3	
39	5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3969.3	0.0	0.0	0.0	-24084.7	

"Fase 1" - tensioni

$\sigma$ dovute a M				$\sigma$ dovute a N	$\tau$	$\sigma$ ideale		
w1	w2	w3	w4			w2	w3	
0.0	0.0	100.3	106.7	0.0	0.0	133.5	140.8	MAX
-92.5	-89.8	0.0	0.0	0.0	-57.1	0.0	0.0	MIN
-68.5	-66.5	74.3	79.0	0.0	-42.3	98.9	104.3	
-64.7	-62.8	70.2	74.6	0.0	-41.2	95.1	100.1	
-61.0	-59.2	66.2	70.4	0.0	-40.2	91.3	96.0	
-57.4	-55.7	62.3	66.2	0.0	-39.1	87.7	92.0	
-53.9	-52.3	58.5	62.2	0.0	-38.0	84.1	88.1	
-50.5	-49.0	54.8	58.3	0.0	-37.0	80.7	84.3	
-50.5	-49.0	54.8	58.3	0.0	-37.0	80.7	84.3	
-47.2	-45.8	51.2	54.5	0.0	-35.9	77.3	80.6	
-44.0	-42.7	47.7	50.8	0.0	-34.9	74.0	77.0	
-40.9	-39.7	44.4	47.2	0.0	-33.8	70.8	73.5	
-37.9	-36.7	41.1	43.7	0.0	-32.8	67.6	70.1	
-34.9	-33.9	37.9	40.3	0.0	-31.7	64.6	66.8	
-92.5	-89.8	100.3	106.7	0.0	-57.1	133.5	140.8	
-87.4	-84.8	94.8	100.8	0.0	-55.6	128.3	135.2	
-82.4	-80.0	89.4	95.0	0.0	-54.2	123.3	129.6	
-77.5	-75.3	84.1	89.4	0.0	-52.8	118.4	124.2	
-72.8	-70.7	79.0	84.0	0.0	-51.4	113.6	119.0	
-68.2	-66.2	74.0	78.7	0.0	-49.9	108.9	113.8	
-68.2	-66.2	74.0	78.7	0.0	-49.9	108.9	113.8	
-63.7	-61.9	69.2	73.5	0.0	-48.5	104.3	108.8	
-59.4	-57.7	64.4	68.5	0.0	-47.1	99.9	104.0	
-55.2	-53.6	59.9	63.7	0.0	-45.7	95.5	99.2	
-51.1	-49.6	55.5	59.0	0.0	-44.2	91.3	94.6	
-47.2	-45.8	51.2	54.4	0.0	-42.8	87.2	90.1	



“SLU” - sollecitazioni

					MAX	18.6	-973.5	278.3	11772.1	195.5	21894.6	21894.6
					MIN	-165.5	-5154.8	-5.6	-9306.9	-1977.8	-42027.7	-42027.7
<b>TABLE: Element Forces - Frames</b>												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m	
39	0	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1268.5	278.3	11772.1	195.5	11738.0	11738.0	
39	0.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1239.0	271.9	11591.9	194.1	12483.3	12483.3	
39	1	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1209.5	265.5	11411.4	192.6	13208.6	13208.6	
39	1.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1180.0	259.1	11240.0	191.2	14154.3	14154.3	
39	2	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1150.5	252.8	11068.3	189.8	15080.4	15080.4	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1121.0	246.4	10816.3	188.4	16140.6	16140.6	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1121.0	246.4	10816.3	188.4	16140.6	16140.6	
39	3	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1091.5	240.0	10735.4	187.1	17331.2	17331.2	
39	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1062.0	233.6	10571.6	185.8	18477.5	18477.5	
39	4	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1032.5	227.3	10408.1	184.6	19603.1	19603.1	
39	4.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1003.0	220.9	10243.6	184.0	20759.6	20759.6	
39	5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-973.5	214.5	10079.7	183.4	21894.6	21894.6	
39	0	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-5154.8	-5.6	-9306.9	-776.2	-42027.7	-42027.7	
39	0.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-5063.5	-5.6	-9161.1	-910.6	-40156.1	-40156.1	
39	1	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4972.0	-5.6	-9015.1	-1041.7	-38304.0	-38304.0	
39	1.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4880.4	-5.6	-8888.9	-1169.8	-36639.1	-36639.1	
39	2	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4788.7	-5.6	-8762.5	-1294.6	-34992.7	-34992.7	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4680.2	-5.6	-8558.6	-1416.4	-33440.4	-33440.4	
39	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4680.2	-5.6	-8558.6	-1416.4	-33440.4	-33440.4	
39	3	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4604.9	-5.6	-8524.8	-1534.9	-31960.3	-31960.3	
39	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4512.8	-5.6	-8408.7	-1650.3	-30580.1	-30580.1	
39	4	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4420.7	-5.6	-8292.8	-1762.6	-29220.9	-29220.9	
39	4.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4328.5	-5.6	-8177.7	-1871.8	-27990.1	-27990.1	
39	5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4236.5	-5.6	-8062.9	-1977.8	-26781.0	-26781.0	



“SLU” - tensioni

σ dovute a M							σ dovute a N		τ <sub>v</sub>	τ <sub>τ</sub>	σ ideale		N fase 1	σ tot cls		σ tot armatura		
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup			w2	w3		w4	w5	Ainf	Asup		
37.4	36.7	74.8	79.9	-0.5	-0.8	85.7	100.3	0.0	0.0	13.2	138.6	136.5		-0.5	-0.8	85.4	100.0	MAX
-80.1	-77.9	-10.9	-12.5	-1.0	-1.6	0.0	0.0	-0.3	-55.6	-10.4	0.0	0.0		-1.0	-1.6	0.0	0.0	MIN
20.1	19.7	-5.9	-6.7	-0.5	-0.8	Compresso	Compresso	0.0	-13.7	13.2	50.6	47.0		-0.5	-0.8	Compresso	Compresso	
21.3	20.9	-6.2	-7.1	-0.5	-0.9	Compresso	Compresso	0.0	-13.4	13.0	50.3	46.1		-0.5	-0.9	Compresso	Compresso	
22.6	22.2	-6.6	-7.6	-0.6	-0.9	Compresso	Compresso	0.0	-13.0	12.8	50.0	45.3		-0.6	-0.9	Compresso	Compresso	
24.2	23.7	-7.1	-8.1	-0.6	-1.0	Compresso	Compresso	0.0	-12.7	12.6	49.9	44.5		-0.6	-1.0	Compresso	Compresso	
25.8	25.3	-7.5	-8.6	-0.7	-1.1	Compresso	Compresso	0.0	-12.4	12.4	49.9	43.7		-0.7	-1.1	Compresso	Compresso	
27.6	27.1	-8.1	-9.2	-0.7	-1.2	Compresso	Compresso	0.0	-12.1	12.1	50.0	42.7		-0.7	-1.2	Compresso	Compresso	
27.6	27.1	-8.1	-9.2	-0.7	-1.2	Compresso	Compresso	0.0	-12.1	12.1	50.0	42.7		-0.7	-1.2	Compresso	Compresso	
29.6	29.1	-8.7	-9.9	-0.8	-1.2	Compresso	Compresso	0.0	-11.8	12.1	50.5	42.2		-0.8	-1.2	Compresso	Compresso	
31.6	31.0	-9.2	-10.6	-0.8	-1.3	Compresso	Compresso	0.0	-11.5	11.9	50.9	41.4		-0.8	-1.3	Compresso	Compresso	
33.5	32.9	-9.8	-11.2	-0.9	-1.4	Compresso	Compresso	0.0	-11.1	11.7	51.4	40.7		-0.9	-1.4	Compresso	Compresso	
35.5	34.8	-10.4	-11.9	-0.9	-1.5	Compresso	Compresso	0.0	-10.8	11.5	52.1	40.0		-0.9	-1.5	Compresso	Compresso	
37.4	36.7	-10.9	-12.5	-1.0	-1.6	Compresso	Compresso	0.0	-10.5	11.3	52.7	39.3		-1.0	-1.6	Compresso	Compresso	
-80.1	-77.9	74.8	79.9	Cls teso	cls teso	85.7	100.3	-0.3	-55.6	-10.4	138.6	136.5		Cls teso	Cls teso	85.4	100.0	
-76.5	-74.4	71.5	76.3	Cls teso	cls teso	81.9	95.8	-0.3	-54.6	-10.3	135.0	133.1		Cls teso	Cls teso	81.6	95.5	
-73.0	-71.0	68.2	72.8	Cls teso	cls teso	78.1	91.4	-0.3	-53.6	-10.1	131.5	129.6		Cls teso	Cls teso	77.8	91.1	
-69.8	-67.9	65.2	69.7	Cls teso	cls teso	74.7	87.4	-0.3	-52.7	-10.0	128.2	126.4		Cls teso	Cls teso	74.4	87.1	
-66.7	-64.9	62.3	66.5	Cls teso	cls teso	71.4	83.5	-0.3	-51.7	-9.8	124.9	123.2		Cls teso	Cls teso	71.1	83.2	
-63.7	-62.0	59.5	63.6	Cls teso	cls teso	68.2	79.8	-0.3	-50.5	-9.6	121.3	119.8		Cls teso	Cls teso	67.9	79.5	
-63.7	-62.0	59.5	63.6	Cls teso	cls teso	68.2	79.8	-0.3	-50.5	-9.6	121.3	119.8		Cls teso	Cls teso	67.9	79.5	
-60.9	-59.2	56.9	60.8	Cls teso	cls teso	65.2	76.2	-0.3	-49.7	-9.6	118.7	117.2		Cls teso	Cls teso	64.9	75.9	
-58.3	-56.7	54.4	58.1	Cls teso	cls teso	62.4	73.0	-0.3	-48.7	-9.4	115.7	114.3		Cls teso	Cls teso	62.1	72.7	
-55.7	-54.2	52.0	55.6	Cls teso	cls teso	59.6	69.7	-0.3	-47.7	-9.3	112.8	111.5		Cls teso	Cls teso	59.3	69.4	
-53.3	-51.9	49.8	53.2	Cls teso	cls teso	57.1	66.8	-0.3	-46.7	-9.2	110.0	108.7		Cls teso	Cls teso	56.8	66.5	
-51.0	-49.6	47.7	50.9	Cls teso	cls teso	54.6	63.9	-0.3	-45.7	-9.1	107.2	106.0		Cls teso	Cls teso	54.3	63.6	

Verifica completa

σ dovute a M								σ dovute a N	τ <sub>v</sub>	τ <sub>T</sub>	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura	
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup				w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup
2.5	2.8	175.1	186.6	0.0	0.0	85.7	100.3	0.0	0.0	13.2	271.4	275.8	0.0	0.0	85.4	100.0
-172.6	-167.7	0.0	0.0	-1.0	-1.6	0.0	0.0	-0.3	-112.7	-10.4	0.0	0.0	-1.0	-1.6	0.0	0.0
-48.4	-46.8	68.5	72.3	-0.5	-0.8	Compresso	Compresso	0.0	-55.9	13.2	128.6	138.0	-0.5	-0.8	Compresso	Compresso
-43.4	-41.9	64.0	67.5	-0.5	-0.9	Compresso	Compresso	0.0	-54.6	13.0	124.3	133.4	-0.5	-0.9	Compresso	Compresso
-38.5	-37.1	59.6	62.8	-0.6	-0.9	Compresso	Compresso	0.0	-53.2	12.8	120.2	129.0	-0.6	-0.9	Compresso	Compresso
-33.2	-32.0	55.2	58.1	-0.6	-1.0	Compresso	Compresso	0.0	-51.8	12.6	116.1	124.6	-0.6	-1.0	Compresso	Compresso
-28.2	-27.0	51.0	53.6	-0.7	-1.1	Compresso	Compresso	0.0	-50.5	12.4	112.2	120.3	-0.7	-1.1	Compresso	Compresso
-22.9	-22.0	46.8	49.0	-0.7	-1.2	Compresso	Compresso	0.0	-49.1	12.1	108.3	115.9	-0.7	-1.2	Compresso	Compresso
-22.9	-22.0	46.8	49.0	-0.7	-1.2	Compresso	Compresso	0.0	-49.1	12.1	108.3	115.9	-0.7	-1.2	Compresso	Compresso
-17.6	-16.7	42.6	44.5	-0.8	-1.2	Compresso	Compresso	0.0	-47.7	12.1	104.9	111.9	-0.8	-1.2	Compresso	Compresso
-12.4	-11.7	38.5	40.2	-0.8	-1.3	Compresso	Compresso	0.0	-46.3	11.9	101.5	107.9	-0.8	-1.3	Compresso	Compresso
-7.4	-6.8	34.6	35.9	-0.9	-1.4	Compresso	Compresso	0.0	-45.0	11.7	98.4	104.1	-0.9	-1.4	Compresso	Compresso
-2.4	-1.9	30.7	31.8	-0.9	-1.5	Compresso	Compresso	0.0	-43.6	11.5	95.5	100.3	-0.9	-1.5	Compresso	Compresso
2.5	2.8	27.0	27.8	-1.0	-1.6	Compresso	Compresso	0.0	-42.2	11.3	92.8	96.6	-1.0	-1.6	Compresso	Compresso
-172.6	-167.7	175.1	186.6	Cls tesoro	cls tesoro	85.7	100.3	-0.3	-112.7	-10.4	271.4	275.8	Cls tesoro	Cls tesoro	85.4	100.0
-163.9	-159.2	166.3	177.1	Cls tesoro	cls tesoro	81.9	95.8	-0.3	-110.3	-10.3	262.8	266.7	Cls tesoro	Cls tesoro	81.6	95.5
-155.4	-151.0	157.6	167.8	Cls tesoro	cls tesoro	78.1	91.4	-0.3	-107.9	-10.1	254.2	257.9	Cls tesoro	Cls tesoro	77.8	91.1
-147.3	-143.2	149.3	159.1	Cls tesoro	cls tesoro	74.7	87.4	-0.3	-105.4	-10.0	246.1	249.4	Cls tesoro	Cls tesoro	74.4	87.1
-139.5	-135.5	141.3	150.5	Cls tesoro	cls tesoro	71.4	83.5	-0.3	-103.0	-9.8	238.0	241.0	Cls tesoro	Cls tesoro	71.1	83.2
-131.9	-128.2	133.5	142.2	Cls tesoro	cls tesoro	68.2	79.8	-0.3	-100.4	-9.6	229.9	232.6	Cls tesoro	Cls tesoro	67.9	79.5
-131.9	-128.2	133.5	142.2	Cls tesoro	cls tesoro	68.2	79.8	-0.3	-100.4	-9.6	229.9	232.6	Cls tesoro	Cls tesoro	67.9	79.5
-124.6	-121.1	126.0	134.3	Cls tesoro	cls tesoro	65.2	76.2	-0.3	-98.2	-9.6	222.7	225.1	Cls tesoro	Cls tesoro	64.9	75.9
-117.7	-114.3	118.9	126.7	Cls tesoro	cls tesoro	62.4	73.0	-0.3	-95.8	-9.4	215.3	217.4	Cls tesoro	Cls tesoro	62.1	72.7
-110.9	-107.7	111.9	119.2	Cls tesoro	cls tesoro	59.6	69.7	-0.3	-93.4	-9.3	208.1	210.0	Cls tesoro	Cls tesoro	59.3	69.4
-104.4	-101.5	105.3	112.2	Cls tesoro	cls tesoro	57.1	66.8	-0.3	-91.0	-9.2	201.1	202.7	Cls tesoro	Cls tesoro	56.8	66.5
-98.2	-95.4	98.8	105.3	Cls tesoro	cls tesoro	54.6	63.9	-0.3	-88.5	-9.1	194.2	195.7	Cls tesoro	Cls tesoro	54.3	63.6

Come si deduce dall'ultima tabella riportata la verifica di resistenza è soddisfatta in quanto le massime tensioni risultano inferiori a quelle al limite elastico dei materiali.

**Sezione di passaggio “concio pila” – “concio intermedio**

“Fase 1” - sollecitazioni

					MAX	9.3	-1045.2	0.0	0.0	0.0	4160.9
					MIN	6.9	-3969.3	0.0	0.0	0.0	-24085.6
TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
40	0	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2940.3	0.0	0.0	0.0	-17841.2	
40	0.47727	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2854.1	0.0	0.0	0.0	-16458.5	
40	0.95455	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2768.0	0.0	0.0	0.0	-15116.8	
40	1.43182	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2681.8	0.0	0.0	0.0	-13816.3	
40	1.90909	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2595.7	0.0	0.0	0.0	-12556.9	
40	2.38636	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2509.5	0.0	0.0	0.0	-11338.6	
40	2.86364	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2423.4	0.0	0.0	0.0	-10161.4	
40	3.34091	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2337.3	0.0	0.0	0.0	-9025.4	
40	3.81818	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2251.1	0.0	0.0	0.0	-7930.4	
40	4.29545	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2165.0	0.0	0.0	0.0	-6876.6	
40	4.77273	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-2078.8	0.0	0.0	0.0	-5863.8	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1992.7	0.0	0.0	0.0	-4892.2	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1992.7	0.0	0.0	0.0	-4892.2	
40	5.72727	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1906.6	0.0	0.0	0.0	-3961.7	
40	6.20455	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1820.4	0.0	0.0	0.0	-3072.3	
40	6.68182	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1734.3	0.0	0.0	0.0	-2224.0	
40	7.15909	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1648.1	0.0	0.0	0.0	-1416.9	
40	7.63636	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1562.0	0.0	0.0	0.0	-650.8	
40	8.11364	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1475.9	0.0	0.0	0.0	100.1	
40	8.59091	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1389.7	0.0	0.0	0.0	1023.2	
40	9.06818	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1303.6	0.0	0.0	0.0	1890.9	
40	9.54545	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1217.4	0.0	0.0	0.0	2703.1	
40	10.02273	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1131.3	0.0	0.0	0.0	3459.7	
40	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1045.2	0.0	0.0	0.0	4160.9	
40	0	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3969.3	0.0	0.0	0.0	-24085.6	
40	0.47727	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3853.0	0.0	0.0	0.0	-22218.9	
40	0.95455	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3736.8	0.0	0.0	0.0	-20407.7	
40	1.43182	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3620.5	0.0	0.0	0.0	-18652.0	
40	1.90909	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3504.2	0.0	0.0	0.0	-16951.8	
40	2.38636	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3387.9	0.0	0.0	0.0	-15307.1	
40	2.86364	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3271.6	0.0	0.0	0.0	-13717.9	
40	3.34091	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3155.3	0.0	0.0	0.0	-12184.2	
40	3.81818	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-3039.0	0.0	0.0	0.0	-10706.1	
40	4.29545	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2922.7	0.0	0.0	0.0	-9283.4	
40	4.77273	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2806.4	0.0	0.0	0.0	-7916.2	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2690.1	0.0	0.0	0.0	-6604.5	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2690.1	0.0	0.0	0.0	-6604.5	
40	5.72727	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2573.9	0.0	0.0	0.0	-5348.3	
40	6.20455	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2457.6	0.0	0.0	0.0	-4147.6	
40	6.68182	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2341.3	0.0	0.0	0.0	-3002.5	
40	7.15909	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2225.0	0.0	0.0	0.0	-1912.8	
40	7.63636	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-2108.7	0.0	0.0	0.0	-878.6	
40	8.11364	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1992.4	0.0	0.0	0.0	74.1	
40	8.59091	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1876.1	0.0	0.0	0.0	758.0	
40	9.06818	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1759.8	0.0	0.0	0.0	1400.7	
40	9.54545	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1643.5	0.0	0.0	0.0	2002.3	
40	10.02273	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1527.2	0.0	0.0	0.0	2562.8	
40	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1411.0	0.0	0.0	0.0	3082.2	

"Fase 1" – tensioni

$\sigma$ dovute a M				$\sigma$ dovute a N	$\tau$	$\sigma$ ideale		
w1	w2	w3	w4			w2	w3	
12.2	11.9	94.5	98.3	0.0	-13.9	114.5	131.5	MAX
-70.5	-69.0	-16.3	-17.0	0.0	-52.8	26.9	29.1	MIN
-52.2	-51.1	70.0	72.8	0.0	-39.1	84.8	97.4	
-48.2	-47.1	64.6	67.2	0.0	-38.0	80.9	92.2	
-44.2	-43.3	59.3	61.7	0.0	-36.8	77.0	87.1	
-40.4	-39.6	54.2	56.4	0.0	-35.7	73.3	82.2	
-36.8	-36.0	49.3	51.3	0.0	-34.5	69.7	77.5	
-33.2	-32.5	44.5	46.3	0.0	-33.4	66.3	72.9	
-29.7	-29.1	39.9	41.5	0.0	-32.2	62.9	68.6	
-26.4	-25.8	35.4	36.8	0.0	-31.1	59.7	64.4	
-23.2	-22.7	31.1	32.4	0.0	-29.9	56.6	60.5	
-20.1	-19.7	27.0	28.1	0.0	-28.8	53.6	56.7	
-17.2	-16.8	23.0	23.9	0.0	-27.6	50.7	53.1	
-14.3	-14.0	19.2	20.0	0.0	-26.5	48.0	49.8	
-14.3	-14.0	19.2	20.0	0.0	-26.5	48.0	49.8	
-11.6	-11.3	15.5	16.2	0.0	-25.4	45.3	46.6	
-9.0	-8.8	12.1	12.5	0.0	-24.2	42.8	43.6	
-6.5	-6.4	8.7	9.1	0.0	-23.1	40.4	40.9	
-4.1	-4.1	5.6	5.8	0.0	-21.9	38.2	38.4	
-1.9	-1.9	2.6	2.7	0.0	-20.8	36.0	36.1	
0.3	0.3	-0.4	-0.4	0.0	-19.6	34.0	34.0	
3.0	2.9	-4.0	-4.2	0.0	-18.5	32.1	32.3	
5.5	5.4	-7.4	-7.7	0.0	-17.3	30.5	30.9	
7.9	7.7	-10.6	-11.0	0.0	-16.2	29.1	30.0	
10.1	9.9	-13.6	-14.1	0.0	-15.0	27.9	29.4	
12.2	11.9	-16.3	-17.0	0.0	-13.9	26.9	29.1	
-70.5	-69.0	94.5	98.3	0.0	-52.8	114.5	131.5	
-65.0	-63.6	87.2	90.7	0.0	-51.2	109.2	124.4	
-59.7	-58.4	80.1	83.3	0.0	-49.7	104.0	117.6	
-54.6	-53.4	73.2	76.1	0.0	-48.1	99.0	110.9	
-49.6	-48.5	66.5	69.2	0.0	-46.6	94.2	104.6	
-44.8	-43.8	60.0	62.5	0.0	-45.0	89.5	98.5	
-40.2	-39.3	53.8	56.0	0.0	-43.5	85.0	92.6	
-35.7	-34.9	47.8	49.7	0.0	-42.0	80.6	87.0	
-31.3	-30.7	42.0	43.7	0.0	-40.4	76.4	81.6	
-27.2	-26.6	36.4	37.9	0.0	-38.9	72.4	76.5	
-23.2	-22.7	31.1	32.3	0.0	-37.3	68.5	71.7	
-19.3	-18.9	25.9	27.0	0.0	-35.8	64.8	67.2	
-19.3	-18.9	25.9	27.0	0.0	-35.8	64.8	67.2	
-15.7	-15.3	21.0	21.8	0.0	-34.2	61.2	62.9	
-12.1	-11.9	16.3	16.9	0.0	-32.7	57.8	58.9	
-8.8	-8.6	11.8	12.3	0.0	-31.1	54.6	55.2	
-5.6	-5.5	7.5	7.8	0.0	-29.6	51.5	51.8	
-2.6	-2.5	3.4	3.6	0.0	-28.0	48.6	48.7	
0.2	0.2	-0.3	-0.3	0.0	-26.5	45.9	45.9	
2.2	2.2	-3.0	-3.1	0.0	-24.9	43.3	43.3	
4.1	4.0	-5.5	-5.7	0.0	-23.4	40.7	40.9	
5.9	5.7	-7.9	-8.2	0.0	-21.9	38.3	38.7	
7.5	7.3	-10.1	-10.5	0.0	-20.3	35.9	36.6	
9.0	8.8	-12.1	-12.6	0.0	-18.8	33.7	34.7	



“SLU” - sollecitazioni

					MAX	18.6	411.5	214.5	10066.7	183.4	42118.1	42118.1
					MIN	-165.5	-4236.3	-5.6	-8063.7	-3470.0	-26778.5	-26778.5
TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m	
40	0	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-973.5	214.5	10066.7	183.4	21877.9	21877.9	
40	0.47727	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-927.7	208.4	9909.8	182.9	22986.7	22986.7	
40	0.95455	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-879.8	202.4	9752.4	182.5	24078.2	24078.2	
40	1.43182	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-820.9	196.3	9600.4	182.0	25186.8	25186.8	
40	1.90909	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-761.9	190.2	9447.9	181.5	26278.9	26278.9	
40	2.38636	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-701.6	184.1	9300.2	181.0	27395.1	27395.1	
40	2.86364	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-641.3	178.0	9152.2	180.5	28494.5	28494.5	
40	3.34091	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-579.8	171.9	9008.5	180.1	29626.5	29626.5	
40	3.81818	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-518.3	165.8	8864.6	179.6	30741.4	30741.4	
40	4.29545	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-455.5	159.8	8725.0	179.1	31803.6	31803.6	
40	4.77273	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-392.7	153.7	8585.3	178.6	32848.1	32848.1	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-353.2	147.6	8331.9	178.1	33762.7	33762.7	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-353.2	147.6	8331.9	178.1	33762.7	33762.7	
40	5.72727	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-264.7	141.5	8314.2	177.7	34797.7	34797.7	
40	6.20455	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-199.4	135.4	8182.7	177.2	35701.9	35701.9	
40	6.68182	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-134.2	129.3	8051.4	176.7	36587.7	36587.7	
40	7.15909	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-67.7	123.2	7923.9	176.2	37411.4	37411.4	
40	7.63636	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	-1.3	117.2	7796.7	175.8	38216.2	38216.2	
40	8.11364	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	66.4	111.1	7673.4	175.3	38958.5	38958.5	
40	8.59091	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	134.0	105.0	7550.3	174.8	39681.7	39681.7	
40	9.06818	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	202.8	98.9	7429.7	174.3	40341.8	40341.8	
40	9.54545	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	271.6	92.8	7309.6	173.9	40982.7	40982.7	
40	10.0227	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	341.6	86.7	7189.3	173.4	41560.1	41560.1	
40	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	411.5	80.6	7069.6	172.9	42118.1	42118.1	
40	0	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4236.3	-5.6	-8063.7	-1977.8	-26778.5	-26778.5	
40	0.47727	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4148.5	-5.6	-7957.9	-2076.1	-25745.8	-25745.8	
40	0.95455	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-4060.5	-5.6	-7851.7	-2171.5	-24730.5	-24730.5	
40	1.43182	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3973.0	-5.6	-7752.0	-2264.1	-23834.5	-23834.5	
40	1.90909	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3885.3	-5.6	-7652.0	-2353.7	-22955.7	-22955.7	
40	2.38636	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3798.0	-5.6	-7556.8	-2440.4	-22206.3	-22206.3	
40	2.86364	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3710.7	-5.6	-7461.3	-2524.2	-21474.6	-21474.6	
40	3.34091	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3623.8	-5.6	-7369.8	-2605.1	-20884.5	-20884.5	
40	3.81818	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3536.9	-5.6	-7278.2	-2683.1	-20312.5	-20312.5	
40	4.29545	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3450.4	-5.6	-7190.3	-2758.2	-19768.9	-19768.9	
40	4.77273	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3363.9	-5.6	-7102.4	-2830.3	-19243.3	-19243.3	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3252.9	-5.6	-6903.1	-2899.6	-18736.3	-18736.3	
40	5.25	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3252.9	-5.6	-6903.1	-2899.6	-18736.3	-18736.3	
40	5.72727	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3191.9	-5.6	-6934.1	-2966.0	-18247.4	-18247.4	
40	6.20455	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3106.4	-5.6	-6853.6	-3029.5	-17776.6	-17776.6	
40	6.68182	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-3020.9	-5.6	-6773.2	-3090.0	-17324.1	-17324.1	
40	7.15909	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2935.9	-5.6	-6696.5	-3147.7	-16889.6	-16889.6	
40	7.63636	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2851.1	-5.6	-6619.8	-3202.5	-16473.4	-16473.4	
40	8.11364	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2766.7	-5.6	-6546.7	-3254.3	-16075.2	-16075.2	
40	8.59091	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2682.4	-5.6	-6473.8	-3303.3	-15695.3	-15695.3	
40	9.06818	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2598.7	-5.6	-6403.7	-3349.3	-15333.4	-15333.4	
40	9.54545	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2515.1	-5.6	-6333.8	-3392.5	-14989.8	-14989.8	
40	10.0227	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2432.1	-5.6	-6265.2	-3432.7	-14664.1	-14664.1	
40	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2349.2	-5.6	-6197.0	-3470.0	-14356.8	-14356.8	



“SLU” - tensioni

σ dovute a M								σ dovute a N		τ <sub>v</sub>	τ <sub>τ</sub>	σ ideale		N fase 1	σ tot cls		σ tot armatura		
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup				w2	w3		w4	w5	Ainf	Asup		
103.1	101.9	78.2	81.8	-1.0	-1.9	87.5	101.7	0.0	5.5	14.1	138.4	140.6		-1.0	-1.9	87.0	101.2	MAX	
-74.6	-73.2	-23.0	-25.9	-2.0	-3.6	46.9	54.5	-0.5	-56.3	-11.3	70.7	28.2		-2.0	-3.6	46.4	54.1	MIN	
53.5	52.9	-11.9	-13.4	-1.0	-1.9	Compresso	Compresso	0.0	-12.9	14.1	70.7	48.4		-1.0	-1.9	Compresso	Compresso		
56.3	55.6	-12.5	-14.1	-1.1	-1.9	Compresso	Compresso	0.0	-12.3	13.9	71.8	47.1		-1.1	-1.9	Compresso	Compresso		
58.9	58.3	-13.1	-14.8	-1.1	-2.0	Compresso	Compresso	0.0	-11.7	13.7	73.0	45.9		-1.1	-2.0	Compresso	Compresso		
61.6	60.9	-13.7	-15.5	-1.2	-2.1	Compresso	Compresso	0.0	-10.9	13.5	74.2	44.4		-1.2	-2.1	Compresso	Compresso		
64.3	63.6	-14.3	-16.2	-1.2	-2.2	Compresso	Compresso	0.0	-10.1	13.3	75.4	43.0		-1.2	-2.2	Compresso	Compresso		
67.0	66.3	-14.9	-16.8	-1.3	-2.3	Compresso	Compresso	0.0	-9.3	13.1	76.8	41.5		-1.3	-2.3	Compresso	Compresso		
69.7	68.9	-15.5	-17.5	-1.3	-2.4	Compresso	Compresso	0.0	-8.5	12.8	78.3	40.1		-1.3	-2.4	Compresso	Compresso		
72.5	71.7	-16.1	-18.2	-1.4	-2.5	Compresso	Compresso	0.0	-7.7	12.6	79.9	38.8		-1.4	-2.5	Compresso	Compresso		
75.2	74.4	-16.8	-18.9	-1.5	-2.6	Compresso	Compresso	0.0	-6.9	12.4	81.6	37.4		-1.5	-2.6	Compresso	Compresso		
77.8	76.9	-17.3	-19.5	-1.5	-2.7	Compresso	Compresso	0.0	-6.1	12.2	83.2	36.1		-1.5	-2.7	Compresso	Compresso		
80.4	79.5	-17.9	-20.2	-1.6	-2.8	Compresso	Compresso	0.0	-5.2	12.0	84.9	34.8		-1.6	-2.8	Compresso	Compresso		
82.6	81.7	-18.4	-20.8	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso	0.0	-4.7	11.7	86.5	33.8		-1.6	-2.9	Compresso	Compresso		
82.6	81.7	-18.4	-20.8	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso	0.0	-4.7	11.7	86.5	33.8		-1.6	-2.9	Compresso	Compresso		
85.2	84.2	-19.0	-21.4	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso	0.0	-3.5	11.7	88.2	32.4		-1.6	-2.9	Compresso	Compresso		
87.4	86.4	-19.5	-21.9	-1.7	-3.0	Compresso	Compresso	0.0	-2.7	11.5	89.8	31.3		-1.7	-3.0	Compresso	Compresso		
89.5	88.5	-19.9	-22.5	-1.7	-3.1	Compresso	Compresso	0.0	-1.8	11.3	91.4	30.2		-1.7	-3.1	Compresso	Compresso		
91.6	90.5	-20.4	-23.0	-1.8	-3.2	Compresso	Compresso	0.0	-0.9	11.1	92.9	29.1		-1.8	-3.2	Compresso	Compresso		
93.5	92.5	-20.8	-23.5	-1.8	-3.2	Compresso	Compresso	0.0	0.0	10.9	94.4	28.2		-1.8	-3.2	Compresso	Compresso		
95.3	94.3	-21.2	-23.9	-1.8	-3.3	Compresso	Compresso	0.0	0.9	10.8	96.4	29.3		-1.8	-3.3	Compresso	Compresso		
97.1	96.0	-21.6	-24.4	-1.9	-3.4	Compresso	Compresso	0.0	1.8	10.6	98.4	30.4		-1.9	-3.4	Compresso	Compresso		
98.7	97.6	-22.0	-24.8	-1.9	-3.4	Compresso	Compresso	0.0	2.7	10.4	100.2	31.6		-1.9	-3.4	Compresso	Compresso		
100.3	99.2	-22.3	-25.2	-1.9	-3.5	Compresso	Compresso	0.0	3.6	10.3	102.0	32.8		-1.9	-3.5	Compresso	Compresso		
101.7	100.6	-22.7	-25.5	-2.0	-3.5	Compresso	Compresso	0.0	4.5	10.1	103.7	34.0		-2.0	-3.5	Compresso	Compresso		
103.1	101.9	-23.0	-25.9	-2.0	-3.6	Compresso	Compresso	0.0	5.5	9.9	105.4	35.2		-2.0	-3.6	Compresso	Compresso		
-74.6	-73.2	78.2	81.8	Cls tesoro	cls tesoro	87.5	101.7	-0.5	-56.3	-11.3	138.4	140.6		Cls tesoro	Cls tesoro	87.0	101.2		
-71.7	-70.4	75.2	78.6	Cls tesoro	cls tesoro	84.1	97.8	-0.5	-55.2	-11.2	135.0	137.1		Cls tesoro	Cls tesoro	83.6	97.3		
-68.9	-67.6	72.2	75.5	Cls tesoro	cls tesoro	80.8	93.9	-0.5	-54.0	-11.0	131.6	133.5		Cls tesoro	Cls tesoro	80.3	93.4		
-66.4	-65.1	69.6	72.8	Cls tesoro	cls tesoro	77.8	90.5	-0.5	-52.8	-10.9	128.4	130.2		Cls tesoro	Cls tesoro	77.4	90.0		
-64.0	-62.7	67.1	70.1	Cls tesoro	cls tesoro	75.0	87.2	-0.5	-51.7	-10.7	125.2	126.9		Cls tesoro	Cls tesoro	74.5	86.7		
-61.9	-60.7	64.9	67.8	Cls tesoro	cls tesoro	72.5	84.3	-0.5	-50.5	-10.6	122.2	123.9		Cls tesoro	Cls tesoro	72.1	83.9		
-59.8	-58.7	62.7	65.6	Cls tesoro	cls tesoro	70.1	81.5	-0.5	-49.3	-10.5	119.3	120.9		Cls tesoro	Cls tesoro	69.7	81.1		
-58.2	-57.1	61.0	63.8	Cls tesoro	cls tesoro	68.2	79.3	-0.5	-48.2	-10.3	116.6	118.1		Cls tesoro	Cls tesoro	67.7	78.8		
-56.6	-55.5	59.3	62.0	Cls tesoro	cls tesoro	66.3	77.1	-0.5	-47.0	-10.2	113.9	115.3		Cls tesoro	Cls tesoro	65.9	76.7		
-55.1	-54.0	57.7	60.4	Cls tesoro	cls tesoro	64.6	75.1	-0.5	-45.9	-10.1	111.2	112.6		Cls tesoro	Cls tesoro	64.1	74.6		
-53.6	-52.6	56.2	58.8	Cls tesoro	cls tesoro	62.8	73.1	-0.5	-44.7	-10.0	108.6	109.9		Cls tesoro	Cls tesoro	62.4	72.6		
-52.2	-51.2	54.7	57.2	Cls tesoro	cls tesoro	61.2	71.1	-0.5	-43.3	-9.7	105.2	106.5		Cls tesoro	Cls tesoro	60.7	70.7		
-52.2	-51.2	54.7	57.2	Cls tesoro	cls tesoro	61.2	71.1	-0.5	-43.3	-9.7	105.2	106.5		Cls tesoro	Cls tesoro	60.7	70.7		
-50.8	-49.9	53.3	55.7	Cls tesoro	cls tesoro	59.6	69.3	-0.5	-42.4	-9.7	103.4	104.7		Cls tesoro	Cls tesoro	59.1	68.8		
-49.5	-48.6	51.9	54.3	Cls tesoro	cls tesoro	58.1	67.5	-0.5	-41.3	-9.6	100.9	102.1		Cls tesoro	Cls tesoro	57.6	67.0		
-48.3	-47.3	50.6	52.9	Cls tesoro	cls tesoro	56.6	65.8	-0.5	-40.2	-9.5	98.4	99.6		Cls tesoro	Cls tesoro	56.1	65.3		
-47.1	-46.2	49.3	51.6	Cls tesoro	cls tesoro	55.2	64.1	-0.5	-39.0	-9.4	96.0	97.1		Cls tesoro	Cls tesoro	54.7	63.7		
-45.9	-45.0	48.1	50.3	Cls tesoro	cls tesoro	53.8	62.5	-0.5	-37.9	-9.3	93.5	94.6		Cls tesoro	Cls tesoro	53.3	62.1		
-44.8	-43.9	47.0	49.1	Cls tesoro	cls tesoro	52.5	61.0	-0.5	-36.8	-9.2	91.2	92.2		Cls tesoro	Cls tesoro	52.0	60.6		
-43.7	-42.9	45.8	47.9	Cls tesoro	cls tesoro	51.3	59.6	-0.5	-35.7	-9.1	88.8	89.8		Cls tesoro	Cls tesoro	50.8	59.1		
-42.7	-41.9	44.8	46.8	Cls tesoro	cls tesoro	50.1	58.2	-0.5	-34.6	-9.0	86.5	87.5		Cls tesoro	Cls tesoro	49.6	57.8		
-41.8	-41.0	43.8	45.8	Cls tesoro	cls tesoro	49.0	56.9	-0.5	-33.4	-8.9	84.2	85.2		Cls tesoro	Cls tesoro	48.5	56.5		
-40.9	-40.1	42.8	44.8	Cls tesoro	cls tesoro	47.9	55.7	-0.5	-32.3	-8.8	82.0	82.9		Cls tesoro	Cls tesoro	47.4	55.2		
-40.0	-39.2	41.9	43.8	Cls tesoro	cls tesoro	46.9	54.5	-0.5	-31.2	-8.7	79.7	80.6		Cls tesoro	Cls tesoro	46.4	54.1		

Verifica completa

σ dovute a M								σ dovute a N		τ <sub>v</sub>	τ <sub>t</sub>	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup				w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup		
115.3	113.8	172.7	180.1	-1.0	-1.9	87.5	101.7	0.1	-8.4	14.1	252.7	270.5	-1.0	-1.9	87.0	101.2	MAX	
-145.1	-142.1	-39.3	-42.9	-2.0	-3.6	56.6	65.8	-0.4	-109.1	-11.3	99.7	50.5	-2.0	-3.6	56.1	65.3	MIN	
1.3	1.8	58.1	59.4	-1.0	-1.9	Compresso	Compresso	0.1	-52.0	14.1	114.6	128.5	-1.0	-1.9	Compresso	Compresso		
8.1	8.5	52.0	53.1	-1.1	-1.9	Compresso	Compresso	0.1	-50.3	13.9	111.5	122.8	-1.1	-1.9	Compresso	Compresso		
14.7	15.0	46.2	46.9	-1.1	-2.0	Compresso	Compresso	0.1	-48.5	13.7	108.8	117.2	-1.1	-2.0	Compresso	Compresso		
21.2	21.4	40.5	40.9	-1.2	-2.1	Compresso	Compresso	0.1	-46.6	13.5	106.2	111.6	-1.2	-2.1	Compresso	Compresso		
27.6	27.6	34.9	35.1	-1.2	-2.2	Compresso	Compresso	0.1	-44.6	13.3	104.0	106.2	-1.2	-2.2	Compresso	Compresso		
33.9	33.8	29.5	29.4	-1.3	-2.3	Compresso	Compresso	0.1	-42.7	13.1	102.3	101.0	-1.3	-2.3	Compresso	Compresso		
40.0	39.8	24.3	24.0	-1.3	-2.4	Compresso	Compresso	0.1	-40.8	12.8	101.0	96.0	-1.3	-2.4	Compresso	Compresso		
46.1	45.8	19.3	18.6	-1.4	-2.5	Compresso	Compresso	0.1	-38.8	12.6	100.2	91.1	-1.4	-2.5	Compresso	Compresso		
52.0	51.7	14.4	13.5	-1.5	-2.6	Compresso	Compresso	0.1	-36.8	12.4	99.8	86.5	-1.5	-2.6	Compresso	Compresso		
57.7	57.3	9.6	8.5	-1.5	-2.7	Compresso	Compresso	0.1	-34.8	12.2	99.7	82.1	-1.5	-2.7	Compresso	Compresso		
63.2	62.7	5.1	3.7	-1.6	-2.8	Compresso	Compresso	0.1	-32.9	12.0	99.9	78.0	-1.6	-2.8	Compresso	Compresso		
68.3	67.7	0.8	-0.8	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso	0.1	-31.2	11.7	100.5	74.3	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso		
68.3	67.7	0.8	-0.8	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso	0.1	-31.2	11.7	100.5	74.3	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso		
73.6	72.8	-3.4	-5.2	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso	0.1	-28.9	11.7	101.2	70.3	-1.6	-2.9	Compresso	Compresso		
78.4	77.6	-7.4	-9.4	-1.7	-3.0	Compresso	Compresso	0.1	-26.9	11.5	102.2	66.8	-1.7	-3.0	Compresso	Compresso		
83.0	82.2	-11.2	-13.4	-1.7	-3.1	Compresso	Compresso	0.1	-24.8	11.3	103.3	63.6	-1.7	-3.1	Compresso	Compresso		
87.4	86.5	-14.8	-17.2	-1.8	-3.2	Compresso	Compresso	0.1	-22.8	11.1	104.6	60.6	-1.8	-3.2	Compresso	Compresso		
91.6	90.6	-18.3	-20.8	-1.8	-3.2	Compresso	Compresso	0.1	-20.8	10.9	106.0	57.9	-1.8	-3.2	Compresso	Compresso		
95.6	94.5	-21.6	-24.4	-1.8	-3.3	Compresso	Compresso	0.1	-18.7	10.8	107.5	55.5	-1.8	-3.3	Compresso	Compresso		
100.1	98.9	-25.6	-28.6	-1.9	-3.4	Compresso	Compresso	0.1	-16.7	10.6	109.7	53.8	-1.9	-3.4	Compresso	Compresso		
104.3	103.0	-29.4	-32.5	-1.9	-3.4	Compresso	Compresso	0.1	-14.6	10.4	111.8	52.4	-1.9	-3.4	Compresso	Compresso		
108.2	106.9	-32.9	-36.2	-1.9	-3.5	Compresso	Compresso	0.1	-12.6	10.3	114.0	51.4	-1.9	-3.5	Compresso	Compresso		
111.8	110.5	-36.2	-39.7	-2.0	-3.5	Compresso	Compresso	0.1	-10.5	10.1	116.1	50.8	-2.0	-3.5	Compresso	Compresso		
115.3	113.8	-39.3	-42.9	-2.0	-3.6	Compresso	Compresso	0.1	-8.4	9.9	118.2	50.5	-2.0	-3.6	Compresso	Compresso		
-145.1	-142.1	172.7	180.1	Cls tesoro	Cls tesoro	87.5	101.7	-0.4	-109.1	-11.3	252.7	270.5	Cls tesoro	Cls tesoro	87.0	101.2		
-136.8	-134.0	162.4	169.3	Cls tesoro	Cls tesoro	84.1	97.8	-0.4	-106.4	-11.2	244.0	260.2	Cls tesoro	Cls tesoro	83.6	97.3		
-128.6	-126.0	152.3	158.8	Cls tesoro	Cls tesoro	80.8	93.9	-0.4	-103.7	-11.0	235.5	250.0	Cls tesoro	Cls tesoro	80.3	93.4		
-121.0	-118.5	142.8	148.9	Cls tesoro	Cls tesoro	77.8	90.5	-0.4	-101.0	-10.9	227.3	240.4	Cls tesoro	Cls tesoro	77.4	90.0		
-113.6	-111.3	133.5	139.3	Cls tesoro	Cls tesoro	75.0	87.2	-0.4	-98.3	-10.7	219.4	231.0	Cls tesoro	Cls tesoro	74.5	86.7		
-106.7	-104.5	124.9	130.3	Cls tesoro	Cls tesoro	72.5	84.3	-0.4	-95.5	-10.6	211.7	222.0	Cls tesoro	Cls tesoro	72.1	83.9		
-100.0	-98.0	116.5	121.6	Cls tesoro	Cls tesoro	70.1	81.5	-0.4	-92.8	-10.5	204.2	213.3	Cls tesoro	Cls tesoro	69.7	81.1		
-93.8	-92.0	108.8	113.5	Cls tesoro	Cls tesoro	68.2	79.3	-0.4	-90.1	-10.3	197.0	205.0	Cls tesoro	Cls tesoro	67.7	78.8		
-87.9	-86.2	101.3	105.7	Cls tesoro	Cls tesoro	66.3	77.1	-0.4	-87.4	-10.2	190.0	196.9	Cls tesoro	Cls tesoro	65.9	76.7		
-82.2	-80.6	94.2	98.3	Cls tesoro	Cls tesoro	64.6	75.1	-0.4	-84.7	-10.1	183.2	189.1	Cls tesoro	Cls tesoro	64.1	74.6		
-76.8	-75.3	87.3	91.1	Cls tesoro	Cls tesoro	62.8	73.1	-0.4	-82.0	-10.0	176.4	181.5	Cls tesoro	Cls tesoro	62.4	72.6		
-71.5	-70.1	80.6	84.2	Cls tesoro	Cls tesoro	61.2	71.1	-0.4	-79.0	-9.7	169.1	173.3	Cls tesoro	Cls tesoro	60.7	70.7		
-71.5	-70.1	80.6	84.2	Cls tesoro	Cls tesoro	61.2	71.1	-0.4	-79.0	-9.7	169.1	173.3	Cls tesoro	Cls tesoro	60.7	70.7		
-66.5	-65.2	74.3	77.6	Cls tesoro	Cls tesoro	59.6	69.3	-0.4	-76.7	-9.7	163.4	166.9	Cls tesoro	Cls tesoro	59.1	68.8		
-61.7	-60.5	68.2	71.2	Cls tesoro	Cls tesoro	58.1	67.5	-0.4	-74.0	-9.6	157.1	159.9	Cls tesoro	Cls tesoro	57.6	67.0		
-57.1	-55.9	62.4	65.2	Cls tesoro	Cls tesoro	56.6	65.8	-0.4	-71.3	-9.5	150.9	153.1	Cls tesoro	Cls tesoro	56.1	65.3		

Come si deduce dall'ultima tabella riportata la verifica di resistenza è soddisfatta in quanto le massime tensioni risultano inferiori a quelle al limite elastico dei materiali.

**Sezione in campata**

“Fase 1” - sollecitazioni

					MAX	9.3	1411.2	0.0	0.0	0.0	8390.0
					MIN	6.9	-1411.0	0.0	0.0	0.0	3078.5
TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
41	0	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-1045.2	0.0	0.0	0.0	4157.5	
41	0.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-958.1	0.0	0.0	0.0	4833.6	
41	1	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-870.9	0.0	0.0	0.0	5450.9	
41	1.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-783.8	0.0	0.0	0.0	6009.3	
41	2	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-696.7	0.0	0.0	0.0	6509.0	
41	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-609.6	0.0	0.0	0.0	6949.9	
41	3	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-522.5	0.0	0.0	0.0	7332.1	
41	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-435.4	0.0	0.0	0.0	7655.4	
41	4	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-348.3	0.0	0.0	0.0	7919.9	
41	4.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-261.2	0.0	0.0	0.0	8125.6	
41	5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-174.1	0.0	0.0	0.0	8272.5	
41	5.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	-87.0	0.0	0.0	0.0	8360.7	
41	6	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	0.1	0.0	0.0	0.0	8390.0	
41	6	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	0.1	0.0	0.0	0.0	8390.0	
41	6.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	117.7	0.0	0.0	0.0	8360.5	
41	7	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	235.3	0.0	0.0	0.0	8272.3	
41	7.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	352.9	0.0	0.0	0.0	8125.2	
41	8	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	470.5	0.0	0.0	0.0	7919.4	
41	8.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	588.1	0.0	0.0	0.0	7654.7	
41	9	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	705.7	0.0	0.0	0.0	7331.3	
41	9.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	823.3	0.0	0.0	0.0	6949.1	
41	10	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	940.8	0.0	0.0	0.0	6508.0	
41	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	1058.4	0.0	0.0	0.0	6008.2	
41	11	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	1176.0	0.0	0.0	0.0	5449.6	
41	11.5	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	1293.6	0.0	0.0	0.0	4832.2	
41	12	ENV-SLU	Combination	Max	9.3	1411.2	0.0	0.0	0.0	4156.0	
41	0	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1411.0	0.0	0.0	0.0	3079.6	
41	0.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1293.4	0.0	0.0	0.0	3580.4	
41	1	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1175.8	0.0	0.0	0.0	4037.7	
41	1.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-1058.2	0.0	0.0	0.0	4451.4	
41	2	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-940.6	0.0	0.0	0.0	4821.5	
41	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-823.0	0.0	0.0	0.0	5148.1	
41	3	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-705.4	0.0	0.0	0.0	5431.1	
41	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-587.8	0.0	0.0	0.0	5670.6	
41	4	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-470.2	0.0	0.0	0.0	5866.6	
41	4.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-352.6	0.0	0.0	0.0	6019.0	
41	5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-235.1	0.0	0.0	0.0	6127.8	
41	5.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	-117.5	0.0	0.0	0.0	6193.1	
41	6	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	0.1	0.0	0.0	0.0	6214.8	
41	6	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	0.1	0.0	0.0	0.0	6214.8	
41	6.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	87.2	0.0	0.0	0.0	6193.0	
41	7	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	174.3	0.0	0.0	0.0	6127.6	
41	7.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	261.4	0.0	0.0	0.0	6018.7	
41	8	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	348.5	0.0	0.0	0.0	5866.2	
41	8.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	435.6	0.0	0.0	0.0	5670.2	
41	9	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	522.7	0.0	0.0	0.0	5430.6	
41	9.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	609.8	0.0	0.0	0.0	5147.5	
41	10	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	696.9	0.0	0.0	0.0	4820.8	
41	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	784.0	0.0	0.0	0.0	4450.5	
41	11	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	871.1	0.0	0.0	0.0	4036.7	
41	11.5	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	958.2	0.0	0.0	0.0	3579.4	
41	12	ENV-SLU	Combination	Min	6.9	1045.3	0.0	0.0	0.0	3078.5	

“Fase 1” – tensioni

σ dovute a M				σ dovute a N	τ	σ ideale		MAX MIN
w1	w2	w3	w4			w2	w3	
27.9	26.9	0.0	0.0	0.0	21.1	39.0	82.3	
0.0	0.0	-82.4	-83.4	0.0	-21.1	0.0	0.0	
13.8	13.3	-40.8	-41.3	0.0	-15.7	30.2	49.0	
16.1	15.5	-47.5	-48.0	0.0	-14.4	29.3	53.5	
18.2	17.5	-53.5	-54.2	0.0	-13.1	28.6	58.1	
20.0	19.3	-59.0	-59.7	0.0	-11.7	28.1	62.4	
21.7	20.9	-63.9	-64.7	0.0	-10.4	27.7	66.4	
23.2	22.3	-68.2	-69.1	0.0	-9.1	27.4	70.0	
24.4	23.5	-72.0	-72.9	0.0	-7.8	27.2	73.2	
25.5	24.6	-75.2	-76.1	0.0	-6.5	27.1	76.0	
26.4	25.4	-77.8	-78.7	0.0	-5.2	27.0	78.3	
27.1	26.1	-79.8	-80.8	0.0	-3.9	27.0	80.0	
27.6	26.6	-81.2	-82.2	0.0	-2.6	27.0	81.3	
27.9	26.8	-82.1	-83.1	0.0	-1.3	27.0	82.1	
27.9	26.9	-82.4	-83.4	0.0	0.0	27.0	82.3	
27.9	26.9	-82.4	-83.4	0.0	0.0	27.0	82.3	
27.9	26.8	-82.1	-83.1	0.0	1.8	27.1	82.1	
27.6	26.6	-81.2	-82.2	0.0	3.5	27.3	81.4	
27.1	26.1	-79.8	-80.8	0.0	5.3	27.7	80.3	
26.4	25.4	-77.8	-78.7	0.0	7.1	28.2	78.7	
25.5	24.6	-75.2	-76.1	0.0	8.8	29.0	76.7	
24.4	23.5	-72.0	-72.9	0.0	10.6	29.9	74.2	
23.1	22.3	-68.2	-69.1	0.0	12.3	30.9	71.5	
21.7	20.9	-63.9	-64.7	0.0	14.1	32.2	68.4	
20.0	19.3	-59.0	-59.7	0.0	15.9	33.6	65.0	
18.2	17.5	-53.5	-54.2	0.0	17.6	35.2	61.6	
16.1	15.5	-47.5	-48.0	0.0	19.4	37.0	58.1	
13.8	13.3	-40.8	-41.3	0.0	21.1	39.0	54.8	
10.3	9.9	-30.2	-30.6	0.0	-21.1	37.9	47.5	
11.9	11.5	-35.2	-35.6	0.0	-19.4	35.5	48.6	
13.5	13.0	-39.6	-40.1	0.0	-17.6	33.2	50.0	
14.8	14.3	-43.7	-44.2	0.0	-15.9	31.0	51.6	
16.1	15.5	-47.3	-47.9	0.0	-14.1	28.9	53.2	
17.1	16.5	-50.6	-51.2	0.0	-12.3	27.0	54.9	
18.1	17.4	-53.3	-54.0	0.0	-10.6	25.3	56.4	
18.9	18.2	-55.7	-56.4	0.0	-8.8	23.8	57.7	
19.5	18.8	-57.6	-58.3	0.0	-7.0	22.5	58.9	
20.1	19.3	-59.1	-59.8	0.0	-5.3	21.4	59.8	
20.4	19.7	-60.2	-60.9	0.0	-3.5	20.6	60.5	
20.6	19.9	-60.8	-61.6	0.0	-1.8	20.1	60.9	
20.7	20.0	-61.0	-61.8	0.0	0.0	20.0	61.0	
20.7	20.0	-61.0	-61.8	0.0	0.0	20.0	61.0	
20.6	19.9	-60.8	-61.6	0.0	1.3	20.0	60.8	
20.4	19.7	-60.2	-60.9	0.0	2.6	20.2	60.3	
20.0	19.3	-59.1	-59.8	0.0	3.9	20.5	59.5	
19.5	18.8	-57.6	-58.3	0.0	5.2	20.9	58.3	
18.9	18.2	-55.7	-56.4	0.0	6.5	21.5	56.8	
18.1	17.4	-53.3	-54.0	0.0	7.8	22.1	55.0	
17.1	16.5	-50.5	-51.2	0.0	9.1	22.9	52.9	
16.1	15.5	-47.3	-47.9	0.0	10.4	23.8	50.7	
14.8	14.3	-43.7	-44.2	0.0	11.7	24.9	48.2	
13.4	13.0	-39.6	-40.1	0.0	13.1	26.1	45.6	
11.9	11.5	-35.1	-35.6	0.0	14.4	27.4	43.0	
10.3	9.9	-30.2	-30.6	0.0	15.7	28.9	40.6	



“SLU” – sollecitazioni

					MAX	18.6	2349.0	80.6	7069.1	172.9	45412.9	45412.9
					MIN	-165.5	-2349.0	-80.7	-7069.2	-3691.7	-14357.5	-14357.5
<b>TABLE: Element Forces - Frames</b>												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	M3	
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m	
41	0	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	411.5	80.6	7069.1	172.9	42124.0	42124.0	
41	0.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	486.2	74.3	6944.2	172.4	42639.5	42639.5	
41	1	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	560.8	67.9	6818.8	171.9	43135.5	43135.5	
41	1.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	636.5	61.5	6699.7	171.4	43558.4	43558.4	
41	2	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	712.4	55.1	6580.2	170.9	43962.1	43962.1	
41	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	789.4	48.8	6488.8	170.4	44292.7	44292.7	
41	3	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	866.4	42.4	6397.2	169.9	44603.8	44603.8	
41	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	944.6	36.0	6315.5	169.4	44841.6	44841.6	
41	4	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1022.8	29.6	6233.6	168.9	45059.7	45059.7	
41	4.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1102.1	23.3	6157.0	168.5	45204.5	45204.5	
41	5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1181.4	16.9	6080.3	168.0	45329.5	45329.5	
41	5.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1225.7	10.5	5965.8	167.5	45381.2	45381.2	
41	6	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1270.0	5.6	5851.4	167.0	45412.9	45412.9	
41	6	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1342.2	5.6	5937.2	167.0	45412.9	45412.9	
41	6.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1423.7	5.6	5870.8	167.3	45381.1	45381.1	
41	7	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1505.2	5.6	5804.4	167.7	45329.4	45329.4	
41	7.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1587.7	5.6	5768.4	168.2	45204.4	45204.4	
41	8	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1670.2	5.6	5732.4	168.6	45059.6	45059.6	
41	8.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1753.7	5.6	5782.3	169.1	44841.4	44841.4	
41	9	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1837.1	5.6	5832.2	169.6	44603.6	44603.6	
41	9.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	1921.6	5.6	5886.8	170.0	44292.5	44292.5	
41	10	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	2006.0	5.6	5941.3	170.5	43961.9	43961.9	
41	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	2091.4	5.6	6001.3	170.9	43558.1	43558.1	
41	11	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	2176.7	5.6	6061.0	171.4	43135.2	43135.2	
41	11.5	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	2262.9	5.6	6128.3	171.9	42639.2	42639.2	
41	12	ENV-SLU	Combination	Max	18.6	2349.0	5.6	6195.3	172.3	42124.3	42124.3	
41	0	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2349.0	-5.6	-6195.1	-3470.0	-14357.3	-14357.3	
41	0.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2262.9	-5.6	-6128.3	-3506.0	-14054.7	-14054.7	
41	1	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2176.6	-5.6	-6061.0	-3538.8	-13771.9	-13771.9	
41	1.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2091.3	-5.6	-6001.3	-3568.5	-13509.2	-13509.2	
41	2	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-2005.9	-5.6	-5941.3	-3594.9	-13266.3	-13266.3	
41	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1921.6	-5.6	-5886.8	-3618.2	-13043.4	-13043.4	
41	3	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1837.1	-5.6	-5832.2	-3638.2	-12840.3	-12840.3	
41	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1753.6	-5.6	-5782.4	-3655.1	-12657.3	-12657.3	
41	4	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1670.1	-5.6	-5732.4	-3668.8	-12494.0	-12494.0	
41	4.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1587.6	-5.6	-5768.4	-3679.3	-12350.8	-12350.8	
41	5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1505.1	-5.6	-5804.4	-3686.6	-12227.4	-12227.4	
41	5.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1428.6	-5.6	-5759.0	-3690.7	-12124.0	-12124.0	
41	6	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1352.1	-5.6	-5713.5	-3691.7	-12040.4	-12040.4	
41	6	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1342.2	-5.6	-5937.2	-3691.7	-12040.4	-12040.4	
41	6.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1261.7	-10.6	-6008.8	-3690.5	-12124.0	-12124.0	
41	7	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1181.3	-17.0	-6080.3	-3686.2	-12227.5	-12227.5	
41	7.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1102.0	-23.4	-6157.0	-3678.8	-12350.9	-12350.9	
41	8	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-1022.7	-29.7	-6233.6	-3668.3	-12494.2	-12494.2	
41	8.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-944.5	-36.1	-6315.5	-3654.5	-12657.5	-12657.5	
41	9	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-866.4	-42.5	-6397.3	-3637.6	-12840.6	-12840.6	
41	9.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-789.3	-48.9	-6488.9	-3617.4	-13043.7	-13043.7	
41	10	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-712.3	-55.2	-6580.3	-3594.1	-13266.6	-13266.6	
41	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-636.5	-61.6	-6699.7	-3567.6	-13509.5	-13509.5	
41	11	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-560.7	-68.0	-6818.8	-3537.9	-13772.2	-13772.2	
41	11.5	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-486.1	-74.4	-6944.2	-3505.1	-14055.1	-14055.1	
41	12	ENV-SLU	Combination	Min	-165.5	-411.6	-80.7	-7069.2	-3469.0	-14357.5	-14357.5	



“SLU” - tensioni

σ dovute a M								σ dovute a N			τ <sub>v</sub>		τ <sub>tr</sub>		σ ideale		N fase 1	σ tot cls		σ tot armatura		
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup				w2	w3		w4	w5	Ainf	Asup					
112.3	111.0	77.9	79.0	-2.2	-3.8	83.4	94.4	0.0	35.2	11.3	129.3	109.9		-2.2	-3.8	82.8	93.8					MAX
-41.9	-40.8	-29.6	-30.9	-2.4	-4.1	69.9	79.2	-0.6	-35.2	-11.3	51.3	40.9		-2.4	-4.1	69.3	78.6					MIN
104.1	102.9	-27.4	-28.6	-2.2	-3.8	Compresso	Compresso	0.0	6.2	11.3	107.3	40.9		-2.2	-3.8	Compresso	Compresso					
105.4	104.2	-27.8	-29.0	-2.2	-3.9	Compresso	Compresso	0.0	7.3	11.1	109.0	42.3		-2.2	-3.9	Compresso	Compresso					
106.6	105.4	-28.1	-29.3	-2.3	-3.9	Compresso	Compresso	0.0	8.4	10.9	110.6	43.7		-2.3	-3.9	Compresso	Compresso					
107.7	106.4	-28.4	-29.6	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.0	9.5	10.7	112.1	45.1		-2.3	-4.0	Compresso	Compresso					
108.7	107.4	-28.6	-29.9	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.0	10.7	10.6	113.6	46.6		-2.3	-4.0	Compresso	Compresso					
109.5	108.2	-28.9	-30.1	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.0	11.8	10.4	114.9	48.1		-2.3	-4.0	Compresso	Compresso					
110.3	109.0	-29.1	-30.3	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	13.0	10.3	116.2	49.6		-2.3	-4.1	Compresso	Compresso					
110.9	109.6	-29.2	-30.5	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	14.2	10.1	117.4	51.2		-2.3	-4.1	Compresso	Compresso					
111.4	110.1	-29.4	-30.6	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	15.3	10.0	118.5	52.8		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
111.7	110.5	-29.4	-30.7	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	16.5	9.9	119.6	54.4		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
112.1	110.8	-29.5	-30.8	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	17.7	9.8	120.6	56.0		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
112.2	110.9	-29.6	-30.9	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	18.4	9.6	121.0	56.7		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
112.3	111.0	-29.6	-30.9	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	19.0	9.4	121.4	57.4		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
112.3	111.0	-29.6	-30.9	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	20.1	9.5	122.3	59.2		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
112.2	110.9	-29.6	-30.9	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	21.3	9.4	123.0	60.9		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
112.1	110.8	-29.5	-30.8	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	22.6	9.3	123.8	62.6		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
111.7	110.5	-29.4	-30.7	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	23.8	9.3	124.4	64.3		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
111.4	110.1	-29.4	-30.6	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	25.0	9.2	125.1	66.1		-2.4	-4.1	Compresso	Compresso					
110.9	109.6	-29.2	-30.5	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	26.3	9.3	125.7	68.1		-2.3	-4.1	Compresso	Compresso					
110.3	109.0	-29.1	-30.3	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.0	27.5	9.4	126.4	70.2		-2.3	-4.1	Compresso	Compresso					
109.5	108.2	-28.9	-30.1	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.0	28.8	9.4	126.9	72.2		-2.3	-4.0	Compresso	Compresso					
108.7	107.4	-28.6	-29.9	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.0	30.1	9.5	127.5	74.3		-2.3	-4.0	Compresso	Compresso					
107.7	106.4	-28.4	-29.6	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.0	31.3	9.6	127.9	76.4		-2.3	-4.0	Compresso	Compresso					
106.6	105.4	-28.1	-29.3	-2.3	-3.9	Compresso	Compresso	0.0	32.6	9.7	128.4	78.5		-2.3	-3.9	Compresso	Compresso					
105.4	104.2	-27.8	-29.0	-2.2	-3.9	Compresso	Compresso	0.0	33.9	9.8	128.8	80.7		-2.2	-3.9	Compresso	Compresso					
104.1	102.9	-27.4	-28.6	-2.2	-3.8	Compresso	Compresso	0.0	35.2	9.9	129.3	82.8		-2.2	-3.8	Compresso	Compresso					
-41.9	-40.8	77.9	79.0	Cls tes	cls tes	83.4	94.4	-0.6	-35.2	-9.9	88.5	109.9	Cls tes	Cls tes	82.8	93.8						
-41.1	-40.0	76.3	77.3	Cls tes	cls tes	81.6	92.4	-0.6	-33.9	-9.8	85.9	107.1	Cls tes	Cls tes	81.0	91.8						
-40.2	-39.2	74.7	75.8	Cls tes	cls tes	80.0	90.5	-0.6	-32.6	-9.7	83.4	104.3	Cls tes	Cls tes	79.4	89.9						
-39.5	-38.4	73.3	74.3	Cls tes	cls tes	78.5	88.8	-0.6	-31.3	-9.6	81.0	101.6	Cls tes	Cls tes	77.9	88.2						
-38.8	-37.7	72.0	73.0	Cls tes	cls tes	77.1	87.2	-0.6	-30.1	-9.5	78.6	99.0	Cls tes	Cls tes	76.5	86.6						
-38.1	-37.1	70.8	71.8	Cls tes	cls tes	75.8	85.7	-0.6	-28.8	-9.4	76.2	96.5	Cls tes	Cls tes	75.2	85.2						
-37.5	-36.5	69.7	70.6	Cls tes	cls tes	74.6	84.4	-0.6	-27.5	-9.4	73.9	94.1	Cls tes	Cls tes	74.0	83.8						
-37.0	-36.0	68.7	69.6	Cls tes	cls tes	73.5	83.2	-0.6	-26.3	-9.3	71.6	91.8	Cls tes	Cls tes	72.9	82.6						
-36.5	-35.5	67.8	68.7	Cls tes	cls tes	72.6	82.1	-0.6	-25.0	-9.2	69.4	89.6	Cls tes	Cls tes	72.0	81.5						
-36.1	-35.1	67.0	68.0	Cls tes	cls tes	71.7	81.2	-0.6	-23.8	-9.3	67.5	87.7	Cls tes	Cls tes	71.1	80.6						
-35.7	-34.8	66.3	67.3	Cls tes	cls tes	71.0	80.4	-0.6	-22.6	-9.3	65.6	85.8	Cls tes	Cls tes	70.4	79.8						
-35.4	-34.5	65.8	66.7	Cls tes	cls tes	70.4	79.7	-0.6	-21.4	-9.2	63.6	84.1	Cls tes	Cls tes	69.8	79.1						
-35.2	-34.3	65.3	66.2	Cls tes	cls tes	69.9	79.2	-0.6	-20.3	-9.2	61.7	82.4	Cls tes	Cls tes	69.3	78.6						
-35.2	-34.3	65.3	66.2	Cls tes	cls tes	69.9	79.2	-0.6	-20.1	-9.5	62.0	82.6	Cls tes	Cls tes	69.3	78.6						
-35.4	-34.5	65.8	66.7	Cls tes	cls tes	70.4	79.7	-0.6	-18.9	-9.6	60.6	81.8	Cls tes	Cls tes	69.8	79.1						
-35.7	-34.8	66.3	67.3	Cls tes	cls tes	71.0	80.4	-0.6	-17.7	-9.8	59.3	81.1	Cls tes	Cls tes	70.4	79.8						
-36.1	-35.1	67.0	68.0	Cls tes	cls tes	71.7	81.2	-0.6	-16.5	-9.9	58.0	80.6	Cls tes	Cls tes	71.1	80.6						
-36.5	-35.5	67.8	68.7	Cls tes	cls tes	72.6	82.1	-0.6	-15.3	-10.0	56.8	80.2	Cls tes	Cls tes	72.0	81.5						
-37.0	-36.0	68.7	69.6	Cls tes	cls tes	73.5	83.2	-0.6	-14.2	-10.1	55.8	80.0	Cls tes	Cls tes	72.9	82.6						
-37.5	-36.5	69.7	70.6	Cls tes	cls tes	74.6	84.4	-0.6	-13.0	-10.3	54.8	79.9	Cls tes	Cls tes	74.0	83.8						
-38.1	-37.1	70.8	71.8	Cls tes	cls tes	75.8	85.8	-0.6	-11.8	-10.4	53.9	80.0	Cls tes	Cls tes	75.2	85.2						
-38.8	-37.7	72.0	73.0	Cls tes	cls tes	77.1	87.2	-0.6	-10.7	-10.6	53.1	80.3	Cls tes	Cls tes	76.5	86.6						
-39.5	-38.4	73.3	74.3	Cls tes	cls tes	78.5	88.8	-0.6	-9.5	-10.7	52.5	80.7	Cls tes	Cls tes	77.9	88.2						
-40.2	-39.2	74.7	75.8	Cls tes	cls tes	80.0	90.5	-0.6	-8.4	-10.9	52.0	81.3	Cls tes	Cls tes	79.4	89.9						
-41.1	-40.0	76.3	77.3	Cls tes	cls tes	81.6	92.4	-0.6	-7.3	-11.1	51.6	82.1	Cls tes	Cls tes	81.0	91.8						
-41.9	-40.8	77.9	79.0	Cls tes	cls tes	83.4	94.4	-0.6	-6.2	-11.3	51.3	83.0	Cls tes	Cls tes	82.8	93.8						



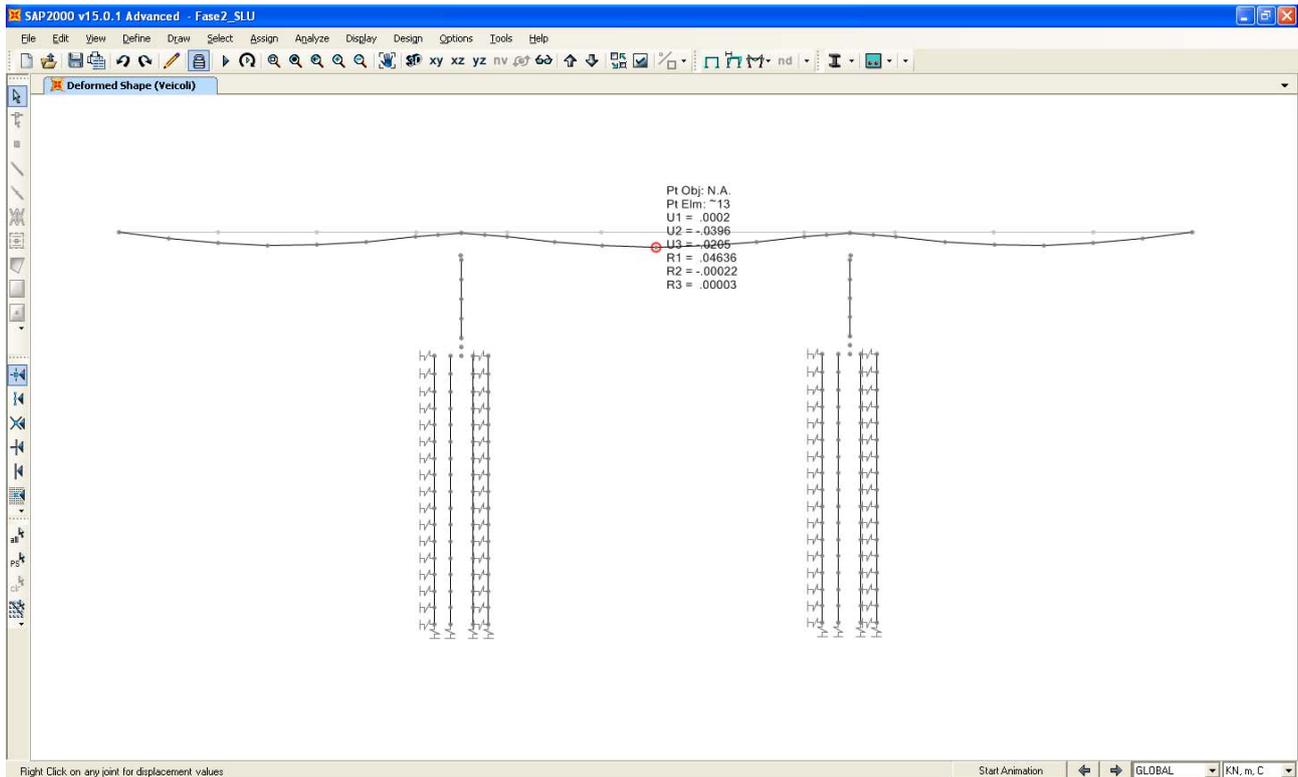
Verifica completa

σ dovute a M								σ dovute a N		τ <sub>v</sub>	τ <sub>t</sub>	σ ideale		σ tot cls		σ tot armatura		
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup					w2	w3	w4	w5	Ainf	Asup	
140.2	137.9	47.7	48.4	-2.2	-3.8	83.4	94.4	0.1	56.3	11.3	163.4	133.5	-2.2	-3.8	82.8	93.8	MAX	
-31.7	-31.0	-112.0	-114.3	-2.4	-4.1	69.9	79.2	-0.6	-56.3	-11.3	29.5	30.0	-2.4	-4.1	69.3	78.6	MIN	
118.0	116.3	-68.3	-70.0	-2.2	-3.8	Compresso	Compresso	0.1	-9.5	11.3	121.8	77.2	-2.2	-3.8	Compresso	Compresso		
121.5	119.7	-75.2	-77.0	-2.2	-3.9	Compresso	Compresso	0.1	-7.1	11.1	123.9	81.5	-2.2	-3.9	Compresso	Compresso		
124.8	122.9	-81.6	-83.5	-2.3	-3.9	Compresso	Compresso	0.1	-4.6	10.9	125.9	85.9	-2.3	-3.9	Compresso	Compresso		
127.7	125.7	-87.4	-89.4	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.1	-2.2	10.7	127.8	90.2	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso		
130.4	128.3	-92.6	-94.6	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.1	0.2	10.6	129.7	94.4	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso		
132.6	130.5	-97.1	-99.2	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.1	2.7	10.4	132.6	99.7	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso		
134.7	132.5	-101.1	-103.2	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	5.2	10.3	135.3	104.5	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso		
136.4	134.1	-104.4	-106.6	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	7.6	10.1	137.7	108.8	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso		
137.8	135.5	-107.1	-109.4	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	10.1	10.0	140.0	112.6	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
138.8	136.5	-109.2	-111.5	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	12.6	9.9	142.0	115.9	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
139.6	137.3	-110.8	-113.1	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	15.1	9.8	144.0	118.8	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
140.0	137.7	-111.7	-114.0	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	17.1	9.6	145.3	120.8	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
140.2	137.9	-112.0	-114.3	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	19.0	9.4	146.5	122.2	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
140.2	137.9	-112.0	-114.3	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	20.1	9.5	147.2	123.1	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
140.0	137.7	-111.7	-114.0	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	23.1	9.4	148.9	125.0	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
139.6	137.3	-110.8	-113.1	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	26.1	9.3	150.4	126.5	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
138.8	136.5	-109.2	-111.5	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	29.1	9.3	151.9	127.8	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
137.8	135.5	-107.1	-109.4	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	32.1	9.2	153.3	128.7	-2.4	-4.1	Compresso	Compresso		
136.4	134.1	-104.4	-106.6	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	35.1	9.3	154.6	129.6	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso		
134.7	132.5	-101.0	-103.2	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso	0.1	38.1	9.4	156.0	130.2	-2.3	-4.1	Compresso	Compresso		
132.6	130.5	-97.1	-99.2	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.1	41.1	9.4	157.3	130.7	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso		
130.4	128.3	-92.5	-94.6	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.1	44.2	9.5	158.5	131.1	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso		
127.7	125.7	-87.4	-89.3	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso	0.1	47.2	9.6	159.7	131.6	-2.3	-4.0	Compresso	Compresso		
124.8	122.9	-81.6	-83.5	-2.3	-3.9	Compresso	Compresso	0.1	50.2	9.7	160.9	132.0	-2.3	-3.9	Compresso	Compresso		
121.5	119.7	-75.2	-77.0	-2.2	-3.9	Compresso	Compresso	0.1	53.3	9.8	162.2	132.7	-2.2	-3.9	Compresso	Compresso		
118.0	116.3	-68.2	-70.0	-2.2	-3.8	Compresso	Compresso	0.1	56.3	9.9	163.4	133.5	-2.2	-3.8	Compresso	Compresso		
-31.7	-31.0	47.7	48.4	Cls tesoro	cls tesoro	83.4	94.4	-0.6	-56.3	-9.9	119.0	124.1	Cls tesoro	Cls tesoro	82.8	93.8		
-29.1	-28.5	41.1	41.7	Cls tesoro	cls tesoro	81.6	92.4	-0.6	-53.3	-9.8	113.1	116.6	Cls tesoro	Cls tesoro	81.0	91.8		
-26.8	-26.2	35.1	35.6	Cls tesoro	cls tesoro	80.0	90.5	-0.6	-50.2	-9.7	107.2	109.4	Cls tesoro	Cls tesoro	79.4	89.9		
-24.6	-24.1	29.6	30.1	Cls tesoro	cls tesoro	78.5	88.8	-0.6	-47.2	-9.6	101.5	102.6	Cls tesoro	Cls tesoro	77.9	88.2		
-22.7	-22.3	24.6	25.1	Cls tesoro	cls tesoro	77.1	87.2	-0.6	-44.2	-9.5	95.7	96.0	Cls tesoro	Cls tesoro	76.5	86.6		
-21.0	-20.6	20.2	20.6	Cls tesoro	cls tesoro	75.8	85.7	-0.6	-41.1	-9.4	90.1	89.8	Cls tesoro	Cls tesoro	75.2	85.2		
-19.4	-19.1	16.3	16.7	Cls tesoro	cls tesoro	74.6	84.4	-0.6	-38.1	-9.4	84.5	83.7	Cls tesoro	Cls tesoro	74.0	83.8		
-18.1	-17.8	13.0	13.3	Cls tesoro	cls tesoro	73.5	83.2	-0.6	-35.1	-9.3	79.0	77.8	Cls tesoro	Cls tesoro	72.9	82.6		
-17.0	-16.7	10.2	10.4	Cls tesoro	cls tesoro	72.6	82.1	-0.6	-32.1	-9.2	73.5	72.1	Cls tesoro	Cls tesoro	72.0	81.5		
-16.0	-15.8	7.9	8.1	Cls tesoro	cls tesoro	71.7	81.2	-0.6	-29.1	-9.3	68.4	66.8	Cls tesoro	Cls tesoro	71.1	80.6		
-15.3	-15.1	6.2	6.4	Cls tesoro	cls tesoro	71.0	80.4	-0.6	-26.1	-9.3	63.3	61.5	Cls tesoro	Cls tesoro	70.4	79.8		
-14.8	-14.6	5.0	5.1	Cls tesoro	cls tesoro	70.4	79.7	-0.6	-23.2	-9.2	58.1	56.3	Cls tesoro	Cls tesoro	69.8	79.1		
-14.5	-14.3	4.3	4.5	Cls tesoro	cls tesoro	69.9	79.2	-0.6	-20.3	-9.2	53.1	51.1	Cls tesoro	Cls tesoro	69.3	78.6		
-14.5	-14.3	4.3	4.5	Cls tesoro	cls tesoro	69.9	79.2	-0.6	-20.1	-9.5	53.4	51.5	Cls tesoro	Cls tesoro	69.3	78.6		
-14.8	-14.6	5.0	5.1	Cls tesoro	cls tesoro	70.4	79.7	-0.6	-17.6	-9.6	49.6	47.4	Cls tesoro	Cls tesoro	69.8	79.1		
-15.3	-15.1	6.2	6.4	Cls tesoro	cls tesoro	71.0	80.4	-0.6	-15.1	-9.8	45.8	43.4	Cls tesoro	Cls tesoro	70.4	79.8		
-16.0	-15.8	7.9	8.1	Cls tesoro	cls tesoro	71.7	81.2	-0.6	-12.6	-9.9	42.2	39.6	Cls tesoro	Cls tesoro	71.1	80.6		
-17.0	-16.7	10.2	10.4	Cls tesoro	cls tesoro	72.6	82.1	-0.6	-10.1	-10.0	38.9	36.1	Cls tesoro	Cls tesoro	72.0	81.5		
-18.1	-17.8	13.0	13.3	Cls tesoro	cls tesoro	73.5	83.2	-0.6	-7.6	-10.1	35.8	33.2	Cls tesoro	Cls tesoro	72.9	82.6		
-19.4	-19.1	16.3	16.7	Cls tesoro	cls tesoro	74.6	84.4	-0.6	-5.1	-10.3	33.1	31.0	Cls tesoro	Cls tesoro	74.0	83.8		
-21.0	-20.6	20.2	20.6	Cls tesoro	cls tesoro	75.8	85.8	-0.6	-2.7	-10.4	31.0	30.0	Cls tesoro	Cls tesoro	75.2	85.2		
-22.7	-22.3	24.6	25.1	Cls tesoro	cls tesoro	77.1	87.2	-0.6	-0.2	-10.6	29.5	30.5	Cls tesoro	Cls tesoro	76.5	86.6		
-24.6	-24.1	29.6	30.1	Cls tesoro	cls tesoro	78.5	88.8	-0.6	2.2	-10.7	33.4	36.7	Cls tesoro	Cls tesoro	77.9	88.2		
-26.8	-26.2	35.1	35.6	Cls tesoro	cls tesoro	80.0	90.5	-0.6	4.7	-10.9	38.0	43.8	Cls tesoro	Cls tesoro	79.4	89.9		
-29.1	-28.5	41.1	41.8	Cls tesoro	cls tesoro	81.6	92.4	-0.6	7.1	-11.1	42.9	51.4	Cls tesoro	Cls tesoro	81.0	91.8		
-31.7	-31.0	47.7	48.4	Cls tesoro	cls tesoro	83.4	94.4	-0.6	9.5	-11.3	47.9	59.3	Cls tesoro	Cls tesoro	82.8	93.8		

Come si deduce dall'ultima tabella riportata la verifica di resistenza è soddisfatta in quanto le massime tensioni risultano inferiori a quelle al limite elastico del materiali.

## 6.5.2.2 Verifiche di deformabilità – SLE

Ai fini della deformabilità si è determinato il massimo abbassamento dell'impalcato causato dai carichi mobili e si è rapportato al valore di  $L/1000$  considerato accettabile per la tipologia di opera in oggetto. Il massimo spostamento in campata è pari a circa 21 mm, pertanto:



$$v_{\max} = 21 \text{ mm} \cong L/2000 < L/1000.$$

Si sottolinea che i valori dello spostamento trasversale ( $u_2$ ) registrati dal modello di calcolo impiegato non hanno significato fisico in quanto il modello non coglie il reale comportamento tridimensionale della struttura di impalcato che, per effetto dell'elevata rigidità flessionale della soletta nel suo piano, è in pratica in grado di annullare tali movimenti.

### 6.5.3. Dimensionamento controventamenti trasversali

Il dimensionamento degli elementi principali costituenti la sezione trasversale corrente di impalcato è stato eseguito mediante un apposito modello agli elementi finiti realizzato con SAP2000 Advanced v.15.0.1. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "PD-0-A00-A0000-0-OM-RT-01".

### 6.5.4. Dimensionamento delle pile

#### 6.5.4.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV

Il fusto delle pile è stato dimensionato eseguendo le verifiche allo Stato Limite Ultimo in condizioni di pressoflessione deviata e di taglio in diverse sezioni lungo il fusto. In particolare per la condizione di pressoflessione deviata si è costruito il diagramma resistente  $M_x$ - $M_y$  per il caso di  $N_{Ed,min}$  e di  $N_{Ed,max}$  tra tutte le combinazioni di carico in condizione statica e sismica e si sono plottate al suo interno le coppie di sollecitazioni  $M_{Ed,x}$ - $M_{Ed,y}$  fornite dalle combinazioni "ENV-SLU" e "ENV-SLV" ottenute dall'involuppo di tutte le combinazioni in condizione statica e sismica. I criteri generali seguiti sono ovviamente conformi a quanto previsto al punto 4.1.2.1 delle NTC08 sia per quanto riguarda la pressoflessione sia per l'azione di taglio. In particolare per la determinazione delle resistenze a taglio del fusto della pila si sono assunte le formulazioni riportate ai punti 4.1.2.1.3.1 e 4.1.2.1.3.2 a seconda che la sezione in esame sia non dotata o dotata di apposita armatura a taglio; tali formulazioni si sono utilizzate per le due direzioni principali in modo separato (longitudinale e trasversale) e la verifica è stata poi eseguita utilizzando il criterio semplificato e cautelativo sotto riportato:

$$V_{Ed,x}/V_{Rd,x} + V_{Ed,y}/V_{Rd,y} \leq 1.$$

#### Verifica a pressoflessione

Si riportano le informazioni principali inerenti la verifica. La sezione viene armata con uno strato esterno di barre  $\phi 30$  mm ed uno strato interno di barre  $\phi 26$  mm, per un totale di 153 barre e viene assunta di larghezza pari a 7.90 m e altezza pari a 1.90 m.

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

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

Titolo: **PILA**

N° Vertici: **4** Zoom N° barre: **153** Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	65	7.070001	510	183.5
2	790	0	66	7.070001	530	183.5
3	790	190	67	7.070001	550	183.5
4	0	190	68	7.070001	570	183.5
			69	7.070001	590	183.5
			70	7.070001	610	183.5

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> **27940** 0 kN  
M<sub>xEd</sub> **0** 290 kNm  
M<sub>yEd</sub> **0** 15880

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

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C32/40  
ε<sub>su</sub> **67.5** ‰ ε<sub>c2</sub> **2** ‰  
f<sub>yd</sub> **391.3** N/mm² ε<sub>cu</sub> **3.5** ‰  
E<sub>s</sub> **200 000** N/mm² f<sub>cd</sub> **15.87**  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> **15** f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> **0.8** ?  
ε<sub>syd</sub> **1.957** ‰ σ<sub>c,adm</sub> **12.25**  
σ<sub>s,adm</sub> **255** N/mm² τ<sub>co</sub> **0.7333**  
τ<sub>c1</sub> **2.114**

M<sub>xRd</sub> **41 114** kN m  
M<sub>yRd</sub> **25.65** kN m  
σ<sub>c</sub> **-15.87** N/mm²  
σ<sub>s</sub> **391.3** N/mm²  
ε<sub>c</sub> **3.5** ‰  
ε<sub>s</sub> **32.75** ‰  
d **183.5** cm  
x **17.72** x/d **0.09655**  
δ **0.7**

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

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

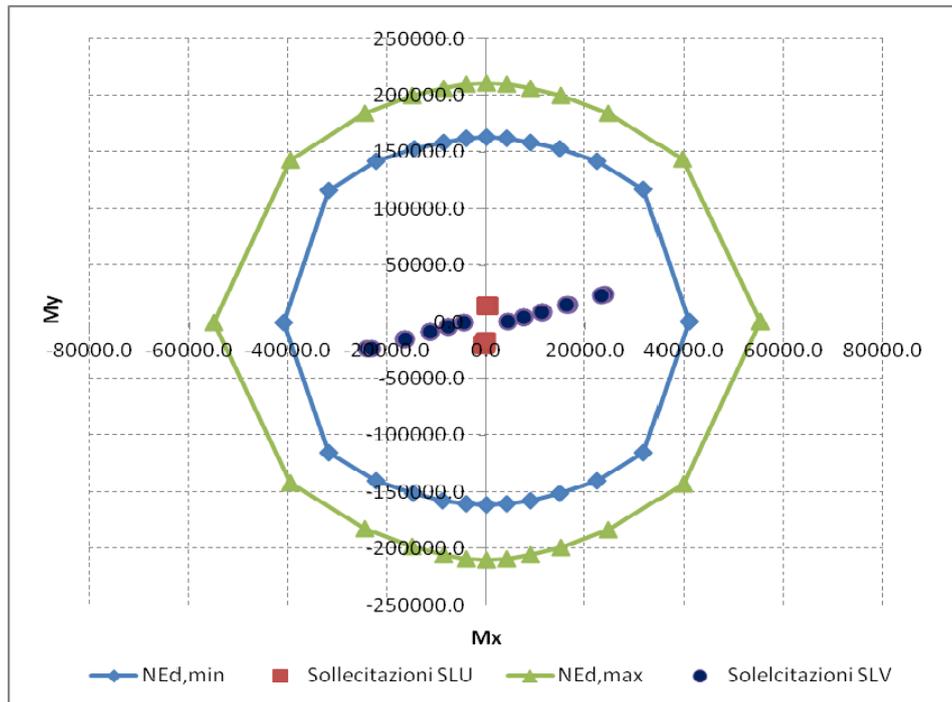
**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. **100**

Calcola MRd Dominio Mx-My

angolo asse neutro θ° **0**

Precompresso



Come si deduce dalla figura sopra riportata, la verifica a presso-flessione deviata risulta soddisfatta in quanto le sollecitazioni ottenute in caso di SLU ed SLV rimangono all'interno del dominio resistente nei due casi limiti di  $N_{Ed,max}$  ed  $N_{Ed,min}$ .

### Verifica a taglio

Le massime sollecitazioni agenti lungo il fusto delle pile sono riportate nelle tabelle seguenti (P indica l'azione assiale positiva di trazione, V2 e V3 rispettivamente le azioni di taglio in direzione longitudinale e trasversale, M2 e M3 rispettivamente i momenti flettenti attorno all'asse principale d'inerzia longitudinale e trasversale e T il momento torcente).



SOLLECITAZIONI - CONDIZIONE STATICA

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
33	0	ENV-SLU	Combination	Max	-16072.5	32.7	8.2	1.6	14472.8	301.0
33	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	-14811.0	32.7	8.2	1.6	14480.3	229.8
33	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	-14811.0	32.7	8.2	1.6	14480.3	229.8
33	7	ENV-SLU	Combination	Max	-13549.5	32.7	8.2	1.6	14487.8	158.7
33	7	ENV-SLU	Combination	Max	-13549.5	32.7	8.2	1.6	14487.8	158.7
33	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	-12288.0	32.7	8.2	1.6	14495.3	87.5
33	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	-12288.0	32.7	8.2	1.6	14495.3	87.5
33	14	ENV-SLU	Combination	Max	-11026.5	32.7	8.2	1.6	14502.8	16.4
33	0	ENV-SLU	Combination	Min	-27190.0	-70.5	-607.4	-1.4	-20595.3	-648.2
33	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	-25486.9	-70.5	-607.4	-1.4	-19819.6	-495.0
33	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	-25486.9	-70.5	-607.4	-1.4	-19819.6	-495.0
33	7	ENV-SLU	Combination	Min	-23783.9	-70.5	-607.4	-1.4	-19043.8	-341.7
33	7	ENV-SLU	Combination	Min	-23783.9	-70.5	-607.4	-1.4	-19043.8	-341.7
33	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	-22080.9	-70.5	-607.4	-1.4	-18268.1	-188.5
33	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	-22080.9	-70.5	-607.4	-1.4	-18268.1	-188.5
33	14	ENV-SLU	Combination	Min	-20377.9	-70.5	-607.4	-1.4	-17492.4	-35.2
34	0	ENV-SLU	Combination	Max	-15956.9	70.5	8.2	1.4	14474.5	634.3
34	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	-14724.4	70.5	8.2	1.4	14481.7	484.6
34	3.5	ENV-SLU	Combination	Max	-14724.4	70.5	8.2	1.4	14481.7	484.6
34	7	ENV-SLU	Combination	Max	-13491.9	70.5	8.2	1.4	14488.8	334.8
34	7	ENV-SLU	Combination	Max	-13491.9	70.5	8.2	1.4	14488.8	334.8
34	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	-12259.4	70.5	8.2	1.4	14495.9	185.0
34	10.5	ENV-SLU	Combination	Max	-12259.4	70.5	8.2	1.4	14495.9	185.0
34	14	ENV-SLU	Combination	Max	-11026.9	70.5	8.2	1.4	14503.1	35.2
34	0	ENV-SLU	Combination	Min	-27033.9	-32.7	-607.4	-1.6	-20526.0	-294.5
34	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	-25370.0	-32.7	-607.4	-1.6	-19767.7	-225.0
34	3.5	ENV-SLU	Combination	Min	-25370.0	-32.7	-607.4	-1.6	-19767.7	-225.0
34	7	ENV-SLU	Combination	Min	-23706.1	-32.7	-607.4	-1.6	-19009.5	-155.4
34	7	ENV-SLU	Combination	Min	-23706.1	-32.7	-607.4	-1.6	-19009.5	-155.4
34	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	-22042.2	-32.7	-607.4	-1.6	-18251.2	-85.9
34	10.5	ENV-SLU	Combination	Min	-22042.2	-32.7	-607.4	-1.6	-18251.2	-85.9
34	14	ENV-SLU	Combination	Min	-20378.4	-32.7	-607.4	-1.6	-17493.0	-16.4

SOLLECITAZIONI - CONDIZIONE SISMICA										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
33	0	ENV-SLV	Combination	Max	-12892.1	4134.2	3880.1	2.6	23962.2	23943.2
33	3.5	ENV-SLV	Combination	Max	-11630.6	4134.2	3880.1	2.6	16628.3	15459.3
33	3.5	ENV-SLV	Combination	Max	-11799.8	3221.7	2925.2	2.6	16628.3	15459.3
33	7	ENV-SLV	Combination	Max	-10538.3	3221.7	2925.2	2.6	11411.8	8979.6
33	7	ENV-SLV	Combination	Max	-10695.1	2328.3	2072.0	2.6	11411.8	8979.6
33	10.5	ENV-SLV	Combination	Max	-9433.6	2328.3	2072.0	2.6	7704.9	4324.3
33	10.5	ENV-SLV	Combination	Max	-9570.8	1654.7	1541.0	2.6	7704.9	4324.3
33	14	ENV-SLV	Combination	Max	-8309.3	1654.7	1541.0	2.6	4480.0	786.9
33	0	ENV-SLV	Combination	Min	-19289.3	-4115.4	-3880.1	-2.6	-23962.2	-23770.2
33	3.5	ENV-SLV	Combination	Min	-18027.8	-4115.4	-3880.1	-2.6	-16628.3	-15327.1
33	3.5	ENV-SLV	Combination	Min	-17858.6	-3202.9	-2925.2	-2.6	-16628.3	-15327.1
33	7	ENV-SLV	Combination	Min	-16597.1	-3202.9	-2925.2	-2.6	-11411.8	-8888.4
33	7	ENV-SLV	Combination	Min	-16440.3	-2309.4	-2072.0	-2.6	-11411.8	-8888.4
33	10.5	ENV-SLV	Combination	Min	-15178.8	-2309.4	-2072.0	-2.6	-7704.9	-4273.9
33	10.5	ENV-SLV	Combination	Min	-15041.6	-1635.9	-1541.0	-2.6	-7704.9	-4273.9
33	14	ENV-SLV	Combination	Min	-13780.1	-1635.9	-1541.0	-2.6	-4480.0	-777.5
34	0	ENV-SLV	Combination	Max	-12802.8	4043.9	3805.6	2.5	23233.6	22963.5
34	3.5	ENV-SLV	Combination	Max	-11570.3	4043.9	3805.6	2.5	16231.5	14833.3
34	3.5	ENV-SLV	Combination	Max	-11732.5	3157.9	2876.7	2.5	16231.5	14833.3
34	7	ENV-SLV	Combination	Max	-10500.0	3157.9	2876.7	2.5	11226.8	8628.0
34	7	ENV-SLV	Combination	Max	-10649.7	2277.7	2050.3	2.5	11226.8	8628.0
34	10.5	ENV-SLV	Combination	Max	-9417.2	2277.7	2050.3	2.5	7630.7	4181.2
34	10.5	ENV-SLV	Combination	Max	-9547.9	1628.8	1539.9	2.5	7630.7	4181.2
34	14	ENV-SLV	Combination	Max	-8315.4	1628.8	1539.9	2.5	4478.6	778.1
34	0	ENV-SLV	Combination	Min	-19147.3	-4062.7	-3805.6	-2.5	-23233.6	-23132.8
34	3.5	ENV-SLV	Combination	Min	-17914.8	-4062.7	-3805.6	-2.5	-16231.5	-14962.7
34	3.5	ENV-SLV	Combination	Min	-17752.5	-3176.7	-2876.7	-2.5	-16231.5	-14962.7
34	7	ENV-SLV	Combination	Min	-16520.0	-3176.7	-2876.7	-2.5	-11226.8	-8717.3
34	7	ENV-SLV	Combination	Min	-16370.4	-2296.5	-2050.3	-2.5	-11226.8	-8717.3
34	10.5	ENV-SLV	Combination	Min	-15137.9	-2296.5	-2050.3	-2.5	-7630.7	-4230.5
34	10.5	ENV-SLV	Combination	Min	-15007.1	-1647.6	-1539.9	-2.5	-7630.7	-4230.5
34	14	ENV-SLV	Combination	Min	-13774.6	-1647.6	-1539.9	-2.5	-4478.6	-787.5

Ipotizzando di adottare un'apposita armatura a taglio costituita da quattro staffe a due braccia di 12 mm di diametro e passo 200 mm, si ha quanto segue per il taglio resistente in direzione di V2 (longitudinale).

<b>Resist. a taglio della trave armata a taglio</b>	
$A_{st}$ (mmq)	904.0
s (mm)	200.0
$ctg\theta_{calcolato}$	7.65
$ctg\theta$	2.50
Rottura	duttile lato acc
$V_{Rd3}$ (kN)	7694.5
$V_{Rd2}$ (kN)	64404.5
<b><math>V_{Rd}</math> (kN)</b>	<b>7694.5</b>

Ipotizzando di adottare un'apposita armatura a taglio costituita da una staffa a due braccia di 12 mm di diametro e passo 200 mm, si ha quanto segue per il taglio resistente in direzione di V3.

<b>Resist. a taglio della trave armata a taglio</b>	
$A_{st}$ (mmq)	226.0
s (mm)	200.0
$ctg\theta_{calcolato}$	6.16
$ctg\theta$	2.50
Rottura	duttile lato acc
$V_{Rd3}$ (kN)	11467.1
$V_{Rd2}$ (kN)	62949.2
<b><math>V_{Rd}</math> (kN)</b>	<b>11467.1</b>

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta, come è mostrato dalla seguente tabella. S'intende che si prevede almeno un'armatura a taglio pari a quella minima prevista dalla normativa vigente.

VERIFICA A TAGLIO	
CONDIZIONE STATICA	CONDIZIONE SISMICA
$V_{Ed2}/V_{Rd,2} + V_{Ed3}/V_{Rd3}$	$V_{Ed2}/V_{Rd,2} + V_{Ed3}/V_{Rd3}$
0.00	0.88
0.00	0.88
0.00	0.67
0.00	0.67
0.00	0.48
0.00	0.48
0.00	0.35
0.00	0.35
0.06	0.87
0.06	0.87
0.06	0.67
0.06	0.67
0.06	0.48
0.06	0.48
0.06	0.35
0.06	0.35
0.01	0.86
0.01	0.86
0.01	0.66
0.01	0.66
0.01	0.47
0.01	0.47
0.01	0.35
0.01	0.35
0.06	0.86
0.06	0.86
0.06	0.66
0.06	0.66
0.06	0.48
0.06	0.48
0.06	0.35
0.06	0.35
<b>0.06</b>	<b>0.88</b>

#### 6.5.4.2 Verifica a fessurazione – SLE

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo indiretto tabellare proposto al punto C4.1.2.2.4, cioè limitando la tensione di trazione agente nelle barre in acciaio calcolata in ipotesi classica di sezione parzializzata (metodo “n”) secondo la combinazione di calcolo pertinente (a seconda dell’aggressività dell’ambiente) in funzione del diametro massimo delle barre e dell’interasse tra le barre stesse. Qualora la

tensione risultasse inferiore a 160.0 MPa la verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta.

Si è poi proceduto, quando significativo, alla stima dell'ampiezza massima delle fessure secondo la verifica del metodo diretto.

### Combinazione frequente

Assumendo contemporanei, a favore di sicurezza, i massimi momenti flettenti agenti nelle due direzioni longitudinale e trasversale per tutte le combinazioni di carico frequenti e contemporaneamente il minimo valore dell'azione assiale, si ha quanto riportato sotto.

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

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

Titolo: **PILA**

N° Vertici: **4** Zoom N° barre: **153** Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	790	0
3	790	190
4	0	190

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	7.070001	15	6.5
2	7.070001	30	6.5
3	7.070001	50	6.5
4	7.070001	70	6.5
5	7.070001	90	6.5
6	7.070001	110	6.5

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 27190 16601 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 140

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

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

Materiali: B450C C32/40

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 15.87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 12.25  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.7333  
 τ<sub>c1</sub>: 2.114

σ<sub>c</sub>: -1.014 N/mm²  
 ε<sub>s</sub>: -0.07489 ‰

Verifica N° iterazioni: 0

Precompresso

La verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta in quanto la sezione risulta interamente compressa: dato tale risultato l'applicazione del metodo diretto perde di significato.

### **Combinazione quasi permanente**

Visti i risultati della combinazione frequente si considera del tutto trascurabile la verifica in combinazione quasi permanente.

### **6.5.5. Plinto di fondazione delle pile**

Il plinto delle pile è previsto di forma rettangolare con lati pari a 7.80 m x 13.30 m e spessore pari a 1.50 m. In virtù del fatto che si comporta sostanzialmente come una lastra tozza e vista la fase progettuale definitiva, si ritiene ragionevole trascurare calcoli specifici di dimensionamento.

### **6.5.6. Dimensionamento dei diaframmi di fondazione delle pile**

#### **6.5.6.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV**

La sezione dei diaframmi di fondazione delle pile è stata dimensionata eseguendo le verifiche allo Stato Limite Ultimo in condizioni di presso/tenso-flessione retta e di taglio nella sezione di sommità in quanto maggiormente sollecitata. I criteri generali seguiti sono ovviamente conformi a quanto previsto al punto 4.1.2.1 delle NTC08 sia per quanto riguarda la presso-flessione sia per l'azione di taglio. In particolare per la determinazione delle resistenza a taglio della sezione del diaframma si sono assunte le formulazioni riportate ai punti 4.1.2.1.3.1 e 4.1.2.1.3.2 a seconda che la sezione in esame sia non dotata o dotata di apposita armatura a taglio.

### **Verifica a pressoflessione**

Si riportano le informazioni principali inerenti la verifica. La sezione viene armata con 25 barre  $\phi 30$  mm su entrambi i lati.

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

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

Titolo: **DIAFRAMMA**

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	250	100	1	176.71	6.5
			2	176.71	93.5

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 1018 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 73 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

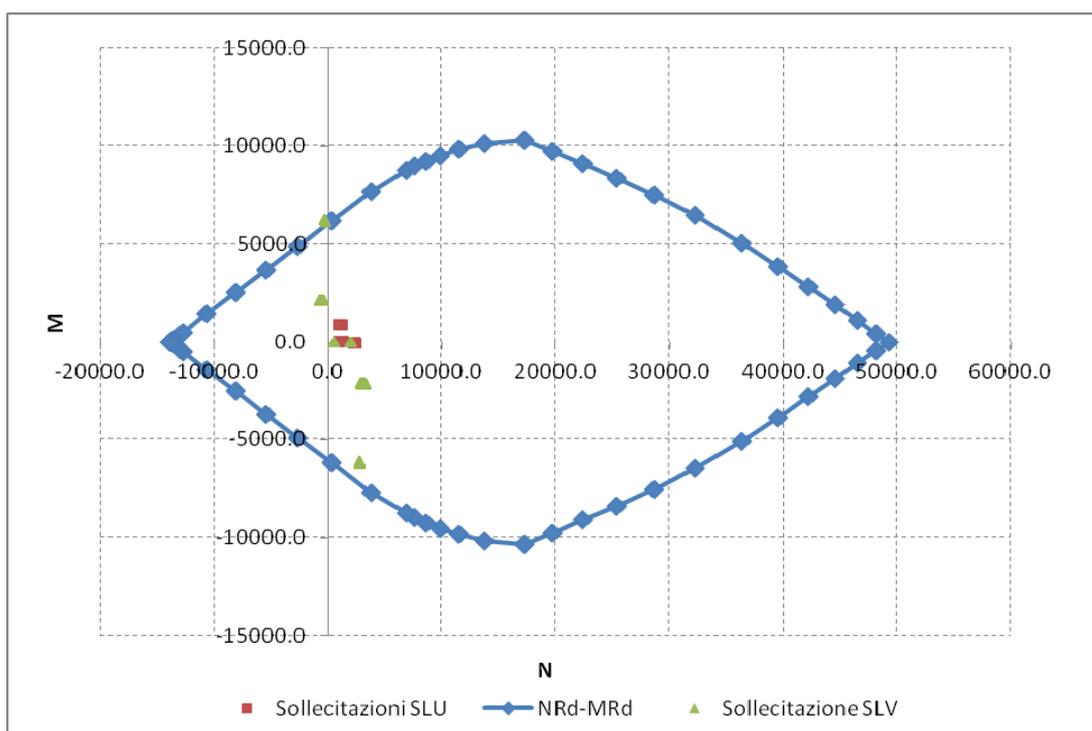
**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200 000 N/mm²	$f_{cd}$	14.17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.829

M<sub>xRd</sub> 6 084 kN m

$\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  30.09 ‰  
 d 93.5 cm  
 x 9.741 x/d 0.1042  
 $\delta$  0.7

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso



Come si deduce dalla figura sopra riportata, la verifica a presso-flessione risulta soddisfatta in quanto le sollecitazioni ottenute in caso di SLU ed SLV rimangono all'interno (o al più sul confine) del dominio resistente.

### Verifica a taglio

La massima azione tagliante vale:

- $V_{Ed} = 1057.2$  KN condizione sismica.

Ipotizzando di inserire un'apposita armatura costituita da due staffe a due braccia di diametro 10 mm e passo pari a 200 mm, si ha quanto segue.

<b>Resist. a taglio della trave armata a taglio</b>	
$A_{st}$ (mmq)	316.0
s (mm)	200.0
$ctg\theta_{calcolato}$	5.26
$ctg\theta$	2.50
Rottura	duttile lato acc
$V_{Rd3}$ (kN)	1299.7
$V_{Rd2}$ (kN)	5138.5
<b><math>V_{Rd}</math> (kN)</b>	<b>1299.7</b>

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta; l'armatura assunta è pari a circa 1580 mmq/m.

#### 6.5.6.2 Verifica a fessurazione – SLE

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo indiretto tabellare proposto al punto C4.1.2.2.4, cioè limitando la tensione di trazione agente nelle barre in acciaio calcolata in ipotesi classica di sezione parzializzata (metodo "n") secondo la combinazione di calcolo pertinente (a seconda dell'aggressività dell'ambiente) in funzione del diametro massimo delle barre e dell'interasse tra le barre stesse. Qualora la tensione risultasse inferiore a 160.0 MPa la verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta.

Si è poi proceduto, quando significativo, alla stima dell'ampiezza massima delle fessure secondo la verifica del metodo diretto.

**Combinazione frequente**

Assumendo a favore di sicurezza il massimo momento flettente agente in sommità diaframma per tutte le combinazioni di carico frequenti e contemporaneamente il minimo valore dell'azione assiale, si ha quanto riportato sotto.

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

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

Titolo : DIAFRAMMA

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	250	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	176.71	6.5
2	176.71	93.5

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 2147 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 7 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 14.17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
 τ<sub>c1</sub> 1.829

σ<sub>c</sub> -0.7199 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> -0.0524 ‰

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

**Verifica**  
 N° iterazioni: 0

Precompresso

La verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta in quanto la sezione risulta interamente compressa; dato tale risultato perde di significato l'applicazione del metodo diretto.

### **Combinazione quasi permanente**

Visti i risultati della combinazione frequente si considera del tutto trascurabile la verifica in combinazione quasi permanente.

#### **6.5.6.3 Verifica a capacità portante per carichi verticali**

La determinazione della capacità portante dei diaframmi di fondazione è stata eseguita in riferimento a quanto riportato nella Relazione Geotecnica inerente l'opera in oggetto ed in ottemperanza alle indicazioni riportate nelle NTC08. In particolare si segnala che si farà riferimento all'Approccio 2 (A1 – M1 – R3) e si considera il caso di diaframma singolo e il caso di pozzo di diaframmi (diaframmi in gruppo).

Da quanto è possibile dedurre dalla Figura sotto riportata, assumendo una lunghezza totale dei diaframmi pari a 30.0 m, si ha una capacità portante di calcolo del singolo diaframma pari a (si segnala che il valore è già depurato del peso proprio del diaframma):

$$R_{cd} = 1445.0 \cdot 2.5 = 3612.5 \text{ KN}$$

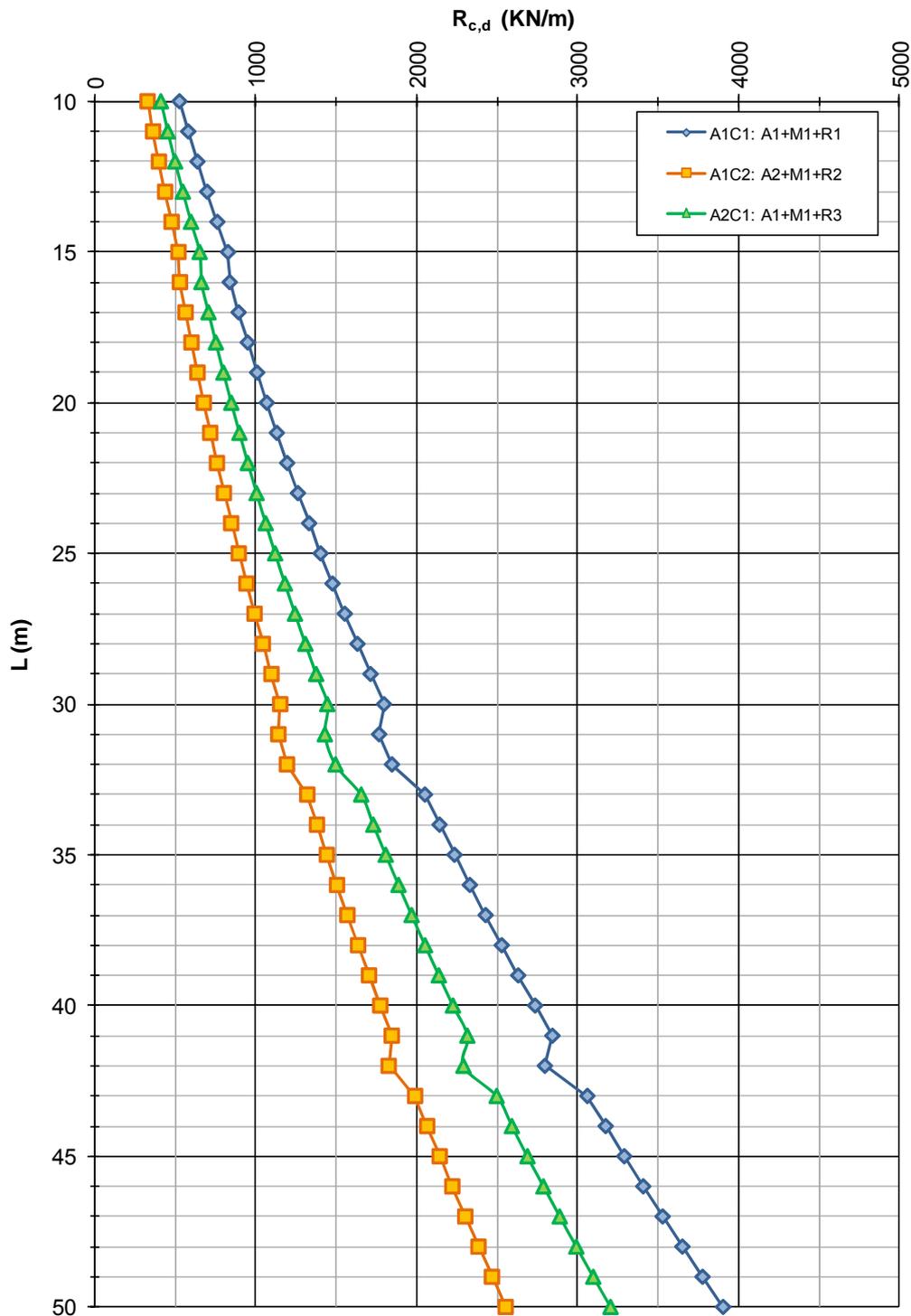
(ipotesi con scalzamento minimo pari a 3.0 m). La massima azione assiale registrata in sommità dei diaframmi vale:

- $N_{Ed} = 2447.9 \text{ KN}$  condizione statica;
- $N_{Ed} = 3282.3 \text{ KN}$  condizione sismica.

**APO13 - Ponte sul canale Foscaglia - ZO17**

NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Diaframmi s=1000mm



Si ha pertanto:

$$N_{Ed} < R_{cd}$$

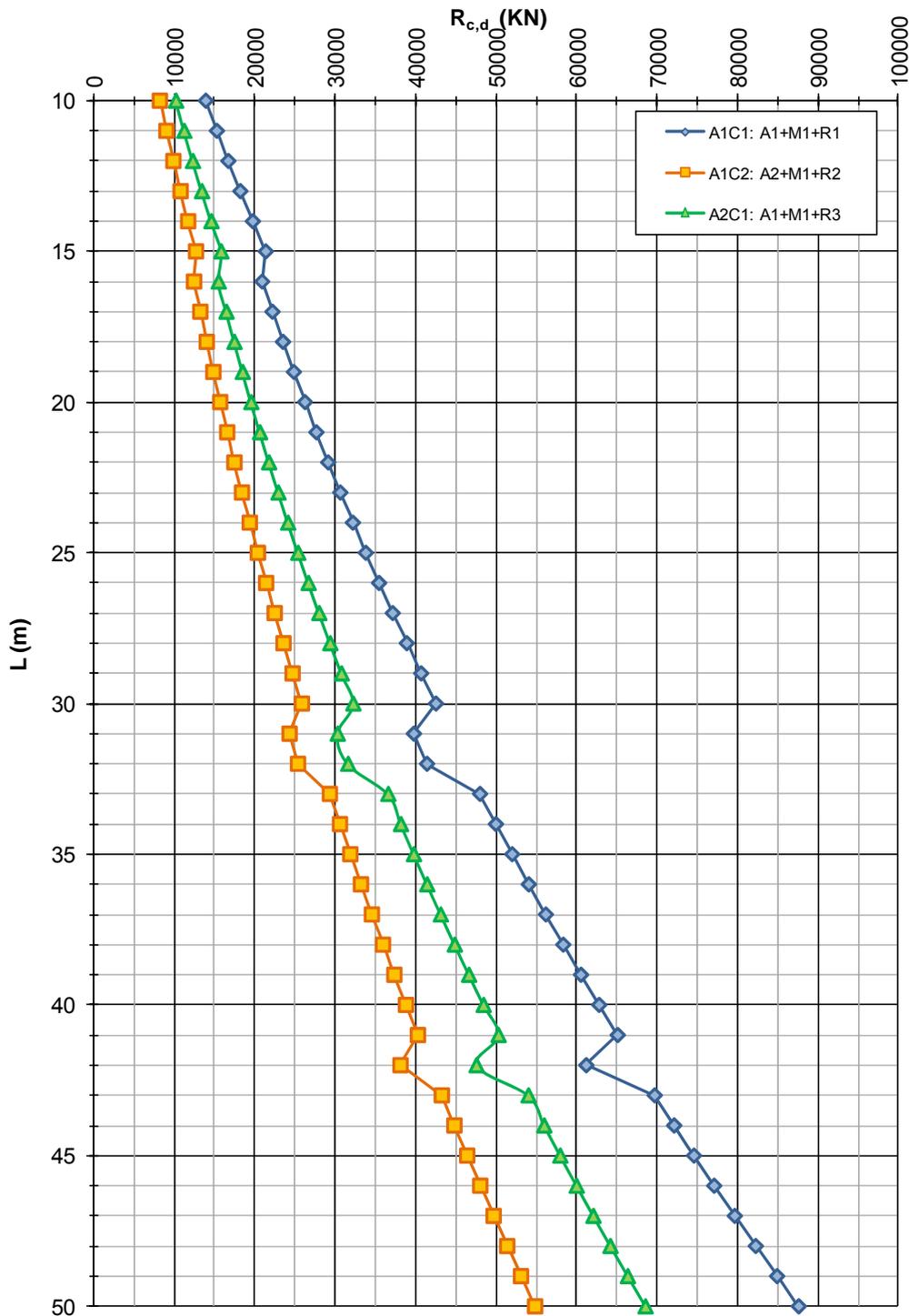
Per quanto riguarda la verifica della capacità portante per carichi verticali dell'intero pozzo di diaframmi, si fa riferimento al seguente grafico dedotto dalle elaborazioni geotecniche. I valori di azione assiale agente in sommità pozzo diaframmi sono riportati nella Tabella seguente.

CASO	$N_{Ed}$ (KN) BASE PILA - FASE 1	$N_{Ed}$ (KN) BASE PILA - FASE 2	PESO PLINTO (KN)	$N_{Ed}$ (KN)
SLU	18018.0	9172	4936.0	32126.0
SLV	13346.7	5942.6	3656.3	22945.6

### APO13 - Ponte sul canale Foscaglia - ZO17

NTC del 14/01/2008

#### Capacità portante a compressione - Pozzo di diaframmi



Dal grafico si ottiene:

$$R_{cd} = 32271.0 \text{ KN}$$

(ipotesi con scalzamento minimo pari a 3.0 m). Si ha pertanto:

$$N_{Ed} < R_{cd}$$

#### 6.5.6.4 Verifica a capacità portante per carichi orizzontali

Dagli studi geotecnici svolti, è possibile ottenere il valore della capacità portante per carichi orizzontali differenziando tra direzione longitudinale e trasversale.

Per quanto riguarda la direzione longitudinale, in maniera semplificata e cautelativa, si è determinato il valore del momento flettente resistente della scatola di diaframmi come valor medio tra la schematizzazione riportata nella Figura seguente (l'armatura è stata assunta pari a barre  $\phi 26$  mm a passo 100 mm su entrambi i lati di ogni pannello di diaframma e posizionata poi nel baricentro dei vari rettangoli schematizzanti la sezione), che ipotizza un'unica sezione monolitica, e la somma dei momenti resistenti dei singoli pannelli. A favore di sicurezza, poi, si è considerata nulla l'azione assiale.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Diaframmi\_YY**

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

Titolo: **Diaframmi YY**

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	1250	100	1	663.66	50
2	300	500	2	796.39	350
3	1250	100	3	663.66	650

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd  Dominio M-N

Lo  cm Col. modello

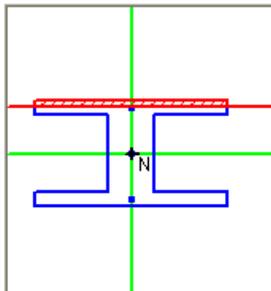
Precompresso

**Materiali**

**B450C** **C25/30**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

$M_{xRd}$   kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 $x$    $x/d$    
 $\delta$



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

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

Titolo: **DIAFRAMMA**

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	250	100	1	132.73	6.5
			2	132.73	93.5

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 1018 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 73 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200 000 N/mm²	$f_{cd}$	14.17
$E_s / E_c$	15	$f_{cc} / f_{cd}$	0.8 ?
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.829

M<sub>xRd</sub> 4 589 kN m  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  32.76 ‰  
 d 93.5 cm  
 x 9.026 x/d 0.09653  
 $\delta$  0.7

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

**Verifica C.A. S.L.U. - File: DIAFRAMMA2**

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

**Titolo:** DIAFRAMMA

N° figure elementari: 1 Zoom      N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	250	1	53.09	6.5
			2	53.09	243.5

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

**Solecitazioni:**  
 S.L.U.    Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0    1018 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0    73 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0    0

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

**Tipo rottura:**  
 Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali:**  
**B450C**    **C25/30**  
 $\sigma_{su}$  67.5 %     $\sigma_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²     $\sigma_{cu}$  3.5  
 $E_s$  200 000 N/mm²     $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15     $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\sigma_{syd}$  1.957 %     $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²     $\tau_{co}$  0.6  
                                   $\tau_{c1}$  1.829

**M<sub>xRd</sub>** 4 950 kN m

$\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  2.826 %  
 $\epsilon_s$  67.5 %  
 d 243.5 cm  
 x 9.785    x/d 0.04018  
 $\delta$  0.7

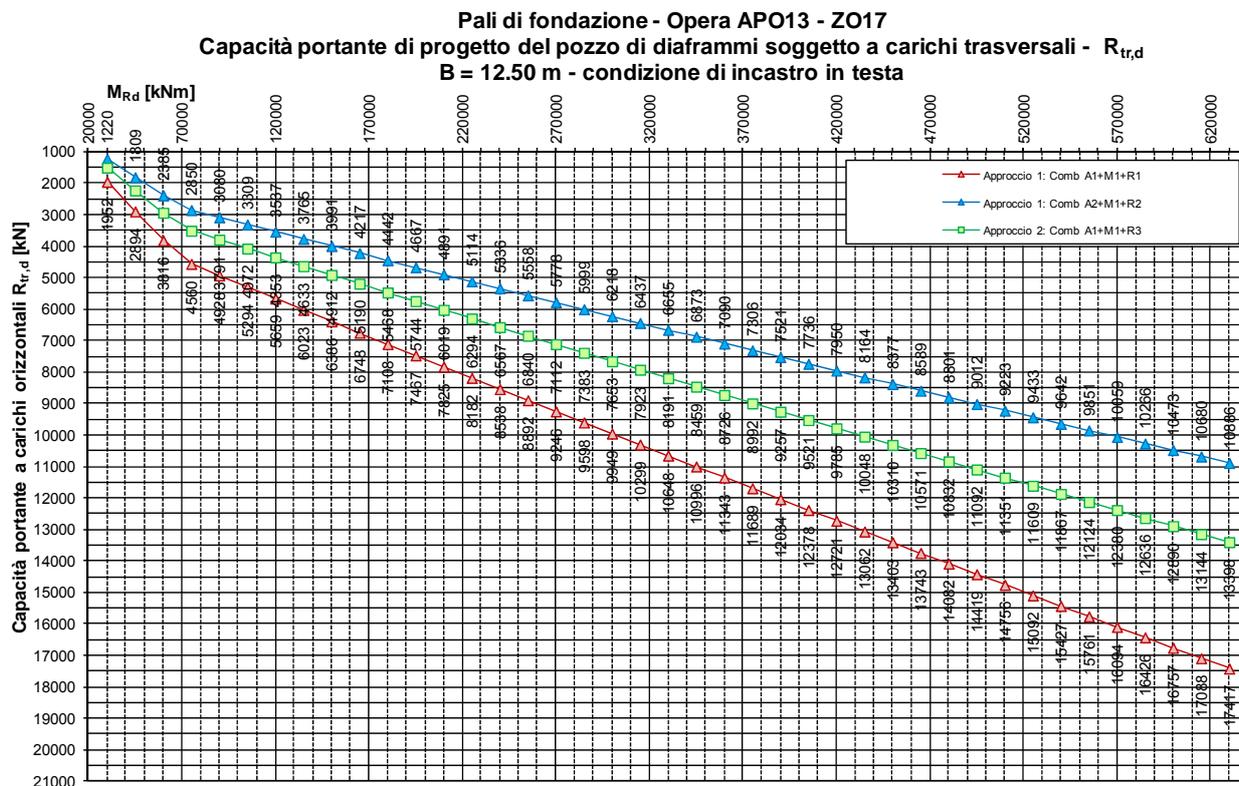
**Metodo di calcolo:**  
 S.L.U.+     S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione:**  
 Retta     Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd    Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello  
 Precompresso

Si ha quindi:

- $M_{Rd} = 269288.0$  KNm (sezione monolitica);
- $M_{Rd} = 10 \cdot 4589 + 6 \cdot 4950 = 75590.0$  KNm (sezioni singoli diaframmi);
- $M_{Rd} = 172439.0$  KNm (valore assunto come riferimento).

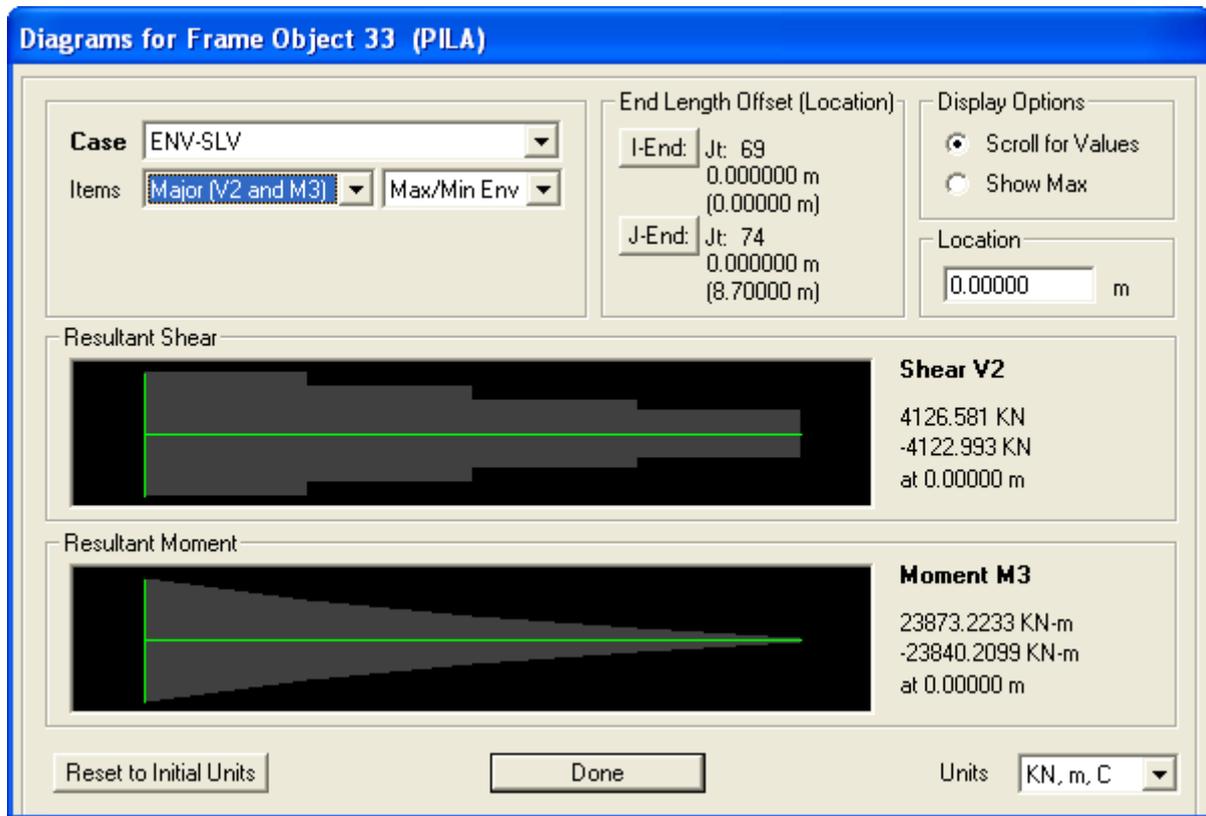


Si ha pertanto come capacità portante ai carichi orizzontali del pozzo di pali:

$$H_{Rd} \cong 5329.0 \text{ KN}$$

Alla base della pila il valore dell'azione tagliante massima in direzione longitudinale (che si ha in condizione sismica) è riportato nella Figura seguente (per la Fase 1 il valore dell'azione tagliante longitudinale è sostanzialmente nullo).

$$H_{Ed} \cong 4126.6 \text{ KN}$$



Si ha pertanto:

$$H_{Ed} < H_{Rd}$$

Per quanto riguarda la direzione trasversale, in maniera semplificata e cautelativa si è determinato il valore del momento flettente resistente della scatola di diaframmi come valor medio tra la schematizzazione riportata nella Figura seguente (l'armatura è stata assunta pari a barre  $\phi 26$  mm a passo 100 mm su entrambi i lati di ogni pannello di diaframma e posizionata poi nel baricentro dei vari rettangoli schematizzanti la sezione), che ipotizza un'unica sezione monolitica, e la somma dei momenti resistenti dei singoli pannelli. A favore di sicurezza, poi, si è considerata nulla l'azione assiale.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Diaframmi\_XX**

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

**Titolo:** Diaframmi XX

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	700	100	1	371.65	50
2	100	475	2	371.65	625
3	700	100	3	371.65	1200
4	100	475	4	504.38	337.5
5	700	100	5	504.38	912.5

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
 B450C  C25/30  
 $\epsilon_{su}$   %  $\epsilon_{c2}$   %  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   %  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   %  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$    $\tau_{c1}$

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

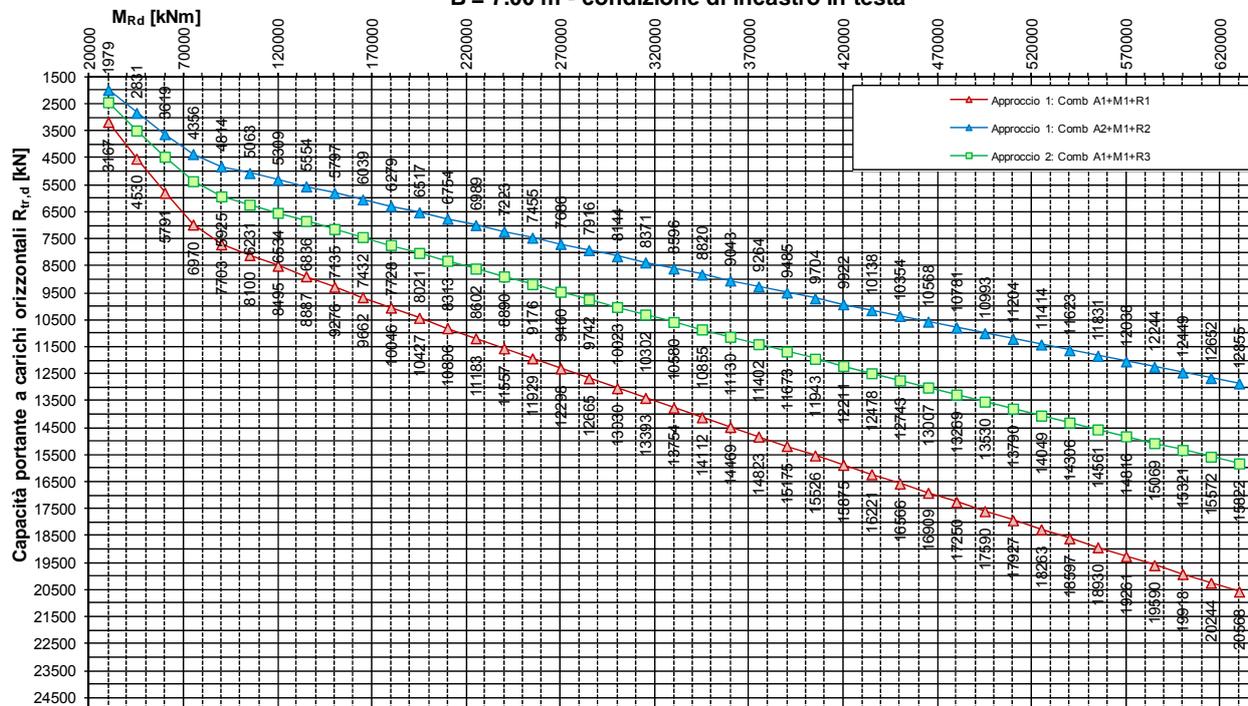
Precompresso

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   %  
 $\epsilon_s$   %  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

Si ha quindi:

- $M_{Rd} = 489070.0$  KNm (sezione monolitica);
- $M_{Rd} = 6 \cdot 4589 + 10 \cdot 4950 = 77034.0$  KNm (sezioni singoli diaframmi);
- $M_{Rd} = 283052.0$  KNm (valore assunto come riferimento).

**Pali di fondazione - Opera APO13 - ZO17**  
**Capacità portante di progetto del pozzo di diaframmi soggetto a carichi trasversali -  $R_{tr,d}$**   
 **$B = 7.00$  m - condizione di incastro in testa**

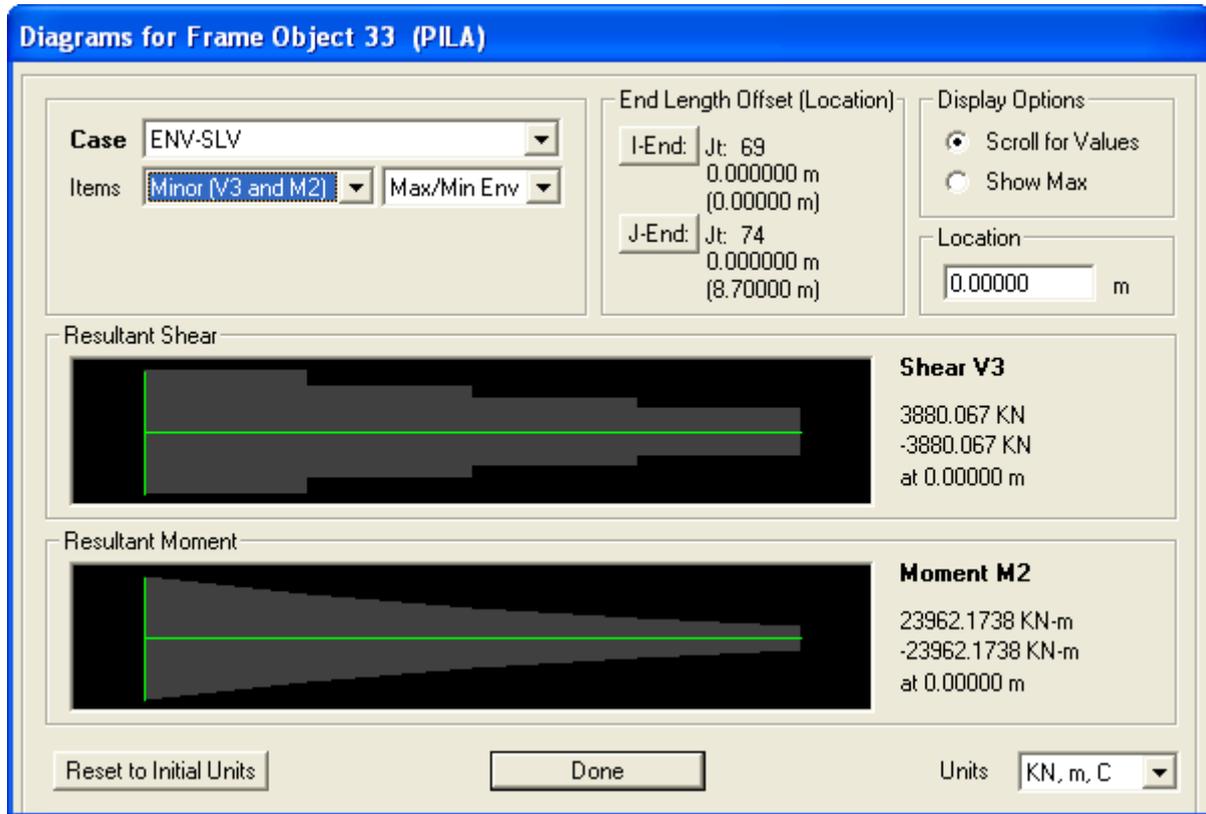


Si ha pertanto come capacità portante ai carichi orizzontali del pozzo di pali:

$$H_{Rd} \cong 9740.0 \text{ KN}$$

Alla base della pila il valore dell'azione tagliante massima in direzione trasversale (che si ha in condizione sismica) è riportato nella Figura seguente (per la Fase 1 il valore dell'azione tagliante trasversale è sostanzialmente nullo).

$$H_{Ed} \cong 3880.1 \text{ KN}$$



Si ha pertanto:

$$H_{Ed} < H_{Rd}$$

### 6.5.7. Dimensionamento del sistema di isolamento sismico

Le caratteristiche generali del sistema di isolamento sismico previsto sono descritte al punto 1.

Nelle tabelle seguenti si riportano le massime azioni agenti (P indica l'azione normale positiva se in trazione, V2 indica l'azione orizzontale in direzione longitudinale, V3 l'azione orizzontale in direzione trasversale mentre T, M2 e M3 indicano le azioni flessionali che non sono da prendere in considerazione per il dimensionamento dei dispositivi) ottenute come somma delle azioni determinate dal modello "Fase 1" e dal modello "SLU". Si precisa che gli elementi indicati con l'indice 2, 3, 6 e 7 si riferiscono agli isolatori delle pile, mentre quelli indicati con 1, 4, 5 e 8 agli isolatori delle spalle.

CONDIZIONE STATICA								
Link	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	I-End	ENV-SLU	-4394.1	16.4	4.1	0.0	2.1	8.2
2	J-End	ENV-SLU	-4394.1	16.4	4.1	0.0	0.0	0.0
2	I-End	ENV-SLU	-12915.5	-35.2	-303.7	0.0	-151.8	-17.6
2	J-End	ENV-SLU	-12915.5	-35.2	-303.7	0.0	0.0	0.0
3	I-End	ENV-SLU	-4394.3	35.2	4.1	0.0	2.0	17.6
3	J-End	ENV-SLU	-4394.3	35.2	4.1	0.0	0.0	0.0
3	I-End	ENV-SLU	-12915.8	-16.4	-303.7	0.0	-151.9	-8.2
3	J-End	ENV-SLU	-12915.8	-16.4	-303.7	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLU	-3853.8	16.4	4.1	0.0	2.1	8.2
6	J-End	ENV-SLU	-3853.8	16.4	4.1	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLU	-12320.5	-35.3	-303.7	0.0	-151.8	-17.6
6	J-End	ENV-SLU	-12320.5	-35.3	-303.7	0.0	0.0	0.0
7	I-End	ENV-SLU	-3853.9	35.3	4.1	0.0	2.0	17.6
7	J-End	ENV-SLU	-3853.9	35.3	4.1	0.0	0.0	0.0
7	I-End	ENV-SLU	-12320.8	-16.4	-303.7	0.0	-151.9	-8.2
7	J-End	ENV-SLU	-12320.8	-16.4	-303.7	0.0	0.0	0.0
		<b>MAX</b>	<b>-3853.8</b>	<b>35.3</b>	<b>4.1</b>	<b>0.0</b>	<b>2.1</b>	<b>17.6</b>
		<b>MIN</b>	<b>-12915.8</b>	<b>-35.3</b>	<b>-303.7</b>	<b>0.0</b>	<b>-151.9</b>	<b>-17.6</b>

CONDIZIONE SISMICA								
Link	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
2	I-End	ENV-SLC	-3738.4	843.7	821.8	0.0	410.9	421.8
2	J-End	ENV-SLC	-3738.4	843.7	821.8	0.0	0.0	0.0
2	I-End	ENV-SLC	-7284.3	-834.2	-821.8	0.0	-410.9	-417.1
2	J-End	ENV-SLC	-7284.3	-834.2	-821.8	0.0	0.0	0.0
3	I-End	ENV-SLC	-3740.3	834.9	821.2	0.0	410.6	417.5
3	J-End	ENV-SLC	-3740.3	834.9	821.2	0.0	0.0	0.0
3	I-End	ENV-SLC	-7282.7	-844.3	-821.2	0.0	-410.6	-422.2
3	J-End	ENV-SLC	-7282.7	-844.3	-821.2	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLC	-3738.4	843.7	821.8	0.0	410.9	421.8
6	J-End	ENV-SLC	-3738.4	843.7	821.8	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLC	-7284.3	-834.2	-821.8	0.0	-410.9	-417.1
6	J-End	ENV-SLC	-7284.3	-834.2	-821.8	0.0	0.0	0.0
7	I-End	ENV-SLC	-3740.3	834.9	821.2	0.0	410.6	417.5
7	J-End	ENV-SLC	-3740.3	834.9	821.2	0.0	0.0	0.0
7	I-End	ENV-SLC	-7282.7	-844.3	-821.2	0.0	-410.6	-422.2
7	J-End	ENV-SLC	-7282.7	-844.3	-821.2	0.0	0.0	0.0
		<b>MAX</b>	<b>-3738.4</b>	<b>843.7</b>	<b>821.8</b>	<b>0.0</b>	<b>410.9</b>	<b>421.8</b>
		<b>MIN</b>	<b>-7284.3</b>	<b>-844.3</b>	<b>-821.8</b>	<b>0.0</b>	<b>-410.9</b>	<b>-422.2</b>

CONDIZIONE STATICA									
Link	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	I-End	ENV-SLU	Max	-674.1	1.3	1.8	0.0	0.9	0.6
1	J-End	ENV-SLU	Max	-674.1	1.3	1.8	0.0	0.0	0.0
1	I-End	ENV-SLU	Min	-5743.5	-24.4	-80.0	0.0	-40.0	-12.2
1	J-End	ENV-SLU	Min	-5743.5	-24.4	-80.0	0.0	0.0	0.0
4	I-End	ENV-SLU	Max	-674.1	24.4	1.8	0.0	0.9	12.2
4	J-End	ENV-SLU	Max	-674.1	24.4	1.8	0.0	0.0	0.0
4	I-End	ENV-SLU	Min	-5743.4	-1.3	-79.9	0.0	-40.0	-0.6
4	J-End	ENV-SLU	Min	-5743.4	-1.3	-79.9	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLU	Max	-319.8	1.3	1.8	0.0	0.9	0.6
5	J-End	ENV-SLU	Max	-319.8	1.3	1.8	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLU	Min	-5021.4	-24.4	-80.0	0.0	-40.0	-12.2
5	J-End	ENV-SLU	Min	-5021.4	-24.4	-80.0	0.0	0.0	0.0
8	I-End	ENV-SLU	Max	-319.8	24.4	1.8	0.0	0.9	12.2
8	J-End	ENV-SLU	Max	-319.8	24.4	1.8	0.0	0.0	0.0
8	I-End	ENV-SLU	Min	-5021.3	-1.3	-79.9	0.0	-40.0	-0.6
8	J-End	ENV-SLU	Min	-5021.3	-1.3	-79.9	0.0	0.0	0.0
			<b>MAX</b>	-319.8	24.4	1.8	0.0	0.9	12.2
			<b>MIN</b>	-5743.5	-24.4	-80.0	0.0	-40.0	-12.2

CONDIZIONE SISMICA									
Link	Station	OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	I-End	ENV-SLC	Max	-769.6	217.5	211.3	0.0	105.6	108.8
1	J-End	ENV-SLC	Max	-769.6	217.5	211.3	0.0	0.0	0.0
1	I-End	ENV-SLC	Min	-2473.9	-219.6	-211.3	0.0	-105.6	-109.8
1	J-End	ENV-SLC	Min	-2473.9	-219.6	-211.3	0.0	0.0	0.0
4	I-End	ENV-SLC	Max	-770.1	219.6	211.2	0.0	105.6	109.8
4	J-End	ENV-SLC	Max	-770.1	219.6	211.2	0.0	0.0	0.0
4	I-End	ENV-SLC	Min	-2473.3	-217.5	-211.2	0.0	-105.6	-108.8
4	J-End	ENV-SLC	Min	-2473.3	-217.5	-211.2	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLC	Max	-769.6	217.5	211.3	0.0	105.6	108.8
5	J-End	ENV-SLC	Max	-769.6	217.5	211.3	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLC	Min	-2473.9	-219.6	-211.3	0.0	-105.6	-109.8
5	J-End	ENV-SLC	Min	-2473.9	-219.6	-211.3	0.0	0.0	0.0
8	I-End	ENV-SLC	Max	-770.1	219.6	211.2	0.0	105.6	109.8
8	J-End	ENV-SLC	Max	-770.1	219.6	211.2	0.0	0.0	0.0
8	I-End	ENV-SLC	Min	-2473.3	-217.5	-211.2	0.0	-105.6	-108.8
8	J-End	ENV-SLC	Min	-2473.3	-217.5	-211.2	0.0	0.0	0.0
			<b>MAX</b>	-769.6	219.6	211.3	0.0	105.6	109.8
			<b>MIN</b>	-2473.9	-219.6	-211.3	0.0	-105.6	-109.8

Dai valori sopra riportati si deduce immediatamente che gli isolatori rimangono sempre in compressione.

La tabella seguente riporta gli spostamenti orizzontali registrati dagli isolatori nelle varie combinazioni di carico indagate per la condizione sismica SLC (la condizione statica non risulta vincolante in tal caso); U1 indica lo spostamento verticale, U2 lo spostamento orizzontale in direzione longitudinale, U3 quello in direzione trasversale e R1, R2 e R3 le rotazioni attorno ai rispettivi assi.

CONDIZIONE SISMICA							
LinkElem	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
2	ENV-SLC	-0.00023	0.28660	0.27856	0.00008	0.00002	0.00046
2	ENV-SLC	-0.00046	-0.28218	-0.27856	-0.00008	-0.00002	-0.00310
3	ENV-SLC	-0.00023	0.28241	0.27838	0.00008	0.00002	0.00304
3	ENV-SLC	-0.00046	-0.28682	-0.27838	-0.00008	-0.00002	-0.00040
6	ENV-SLC	-0.00023	0.28660	0.27856	0.00008	0.00002	0.00046
6	ENV-SLC	-0.00046	-0.28218	-0.27856	-0.00008	-0.00002	-0.00310
7	ENV-SLC	-0.00023	0.28241	0.27838	0.00008	0.00002	0.00304
7	ENV-SLC	-0.00046	-0.28682	-0.27838	-0.00008	-0.00002	-0.00040
<b>MAX/MIN (mm e millesimi di radianti)</b>							
		<b>-0.2</b>	<b>286.6</b>	<b>278.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>3.0</b>
		<b>-0.2</b>	<b>286.6</b>	<b>278.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>3.0</b>

CONDIZIONE SISMICA								
LinkElem	OutputCase	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
1	ENV-SLC	Max	-0.00005	0.30338	0.29760	0.00012	0.00001	0.00745
1	ENV-SLC	Min	-0.00016	-0.31233	-0.29760	-0.00012	-0.00001	0.00513
4	ENV-SLC	Max	-0.00005	0.31233	0.29743	0.00012	0.00001	-0.00513
4	ENV-SLC	Min	-0.00016	-0.30337	-0.29743	-0.00012	-0.00001	-0.00745
5	ENV-SLC	Max	-0.00005	0.30338	0.29760	0.00012	0.00001	0.00745
5	ENV-SLC	Min	-0.00016	-0.31233	-0.29760	-0.00012	-0.00001	0.00513
8	ENV-SLC	Max	-0.00005	0.31233	0.29743	0.00012	0.00001	-0.00513
8	ENV-SLC	Min	-0.00016	-0.30337	-0.29743	-0.00012	-0.00001	-0.00745
<b>MAX/MIN (mm e millesimi di radianti)</b>								
			<b>0.0</b>	<b>312.3</b>	<b>297.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>7.5</b>
			<b>0.0</b>	<b>312.3</b>	<b>297.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>7.5</b>

Dai valori sopra riportati si deduce immediatamente che gli isolatori devono garantire spostamenti orizzontali pari a 330 mm per le spalle e pari a 300 mm per le pile.

### 6.5.8. Dimensionamento dei giunti di dilatazione

Per “capacità di spostamento” dei giunti di dilatazione posti alle estremità dell’impalcato si intende la capacità di deformarsi in allungamento (dilatazione), di accorciarsi (contrazione) e di deformarsi trasversalmente (scorrimento). I giunti sono stati previsti secondo i seguenti indici prestativi:

- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l’assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti al normale esercizio dell’opera (SLE) per le variazioni termiche, l’azione di frenatura, l’azione del vento, le azioni dei carichi mobili e quelle dovute ai carichi permanenti portati;
- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l’assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti allo Stato Limite di Danno (SLD) in condizione sismica, opportunamente combinati con quelli derivanti dalle variazioni termiche e dai carichi permanenti portati;
- Devono garantire la fruibilità del ponte in condizioni sismiche violente (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti, anche se irreversibilmente danneggiati in termini di capacità di spostamento;
- Devono evitare, in termini di distanza strutturale tra la spalle e la testata della soletta, fenomeni longitudinali di martellamento per un sisma violento (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti.

Nella tabella seguente si riportano i valori massimi degli spostamenti longitudinali in dilatazione (positivi) ed in contrazione (negativi) e degli scorrimenti trasversali per le combinazioni di carico in condizione sismica SLC e per la condizione sismica SLD (la condizione statica non risulta dimensionante) per i due nodi di estremità dell’impalcato.

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2
Text	Text	Text	Text	m	m
87	ENV-SLC	Combination	Max	310.0	297.6
87	ENV-SLC	Combination	Min	-307.9	-297.6
87	ENV-SLD	Combination	Max	121.2	108.1
87	ENV-SLD	Combination	Min	-119.1	-108.1
100	ENV-SLC	Combination	Max	307.9	297.5
100	ENV-SLC	Combination	Min	-310.0	-297.5
100	ENV-SLD	Combination	Max	119.1	108.0
100	ENV-SLD	Combination	Min	-121.2	-108.0

Si prevede pertanto l'adozione di giunti di dilatazione che presentino le seguenti caratteristiche:

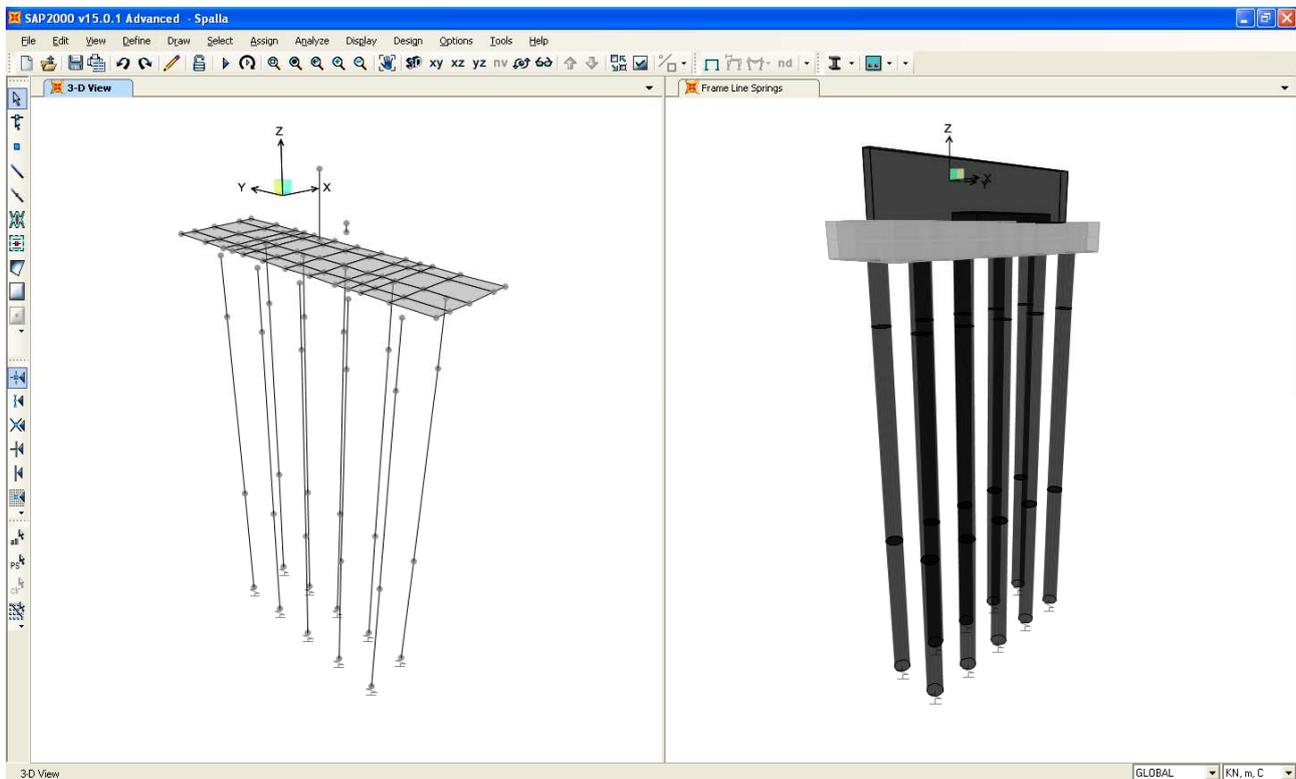
- Capacità di spostamento longitudinale: +/- 130 mm;
- Capacità di scorrimento trasversale: +/- 110 mm;
- Carrabilità per spostamenti longitudinali: +/- 320 mm;
- Carrabilità per scorrimenti trasversali: +/- 300 mm.

Il varco strutturale tra la testata della soletta e il muro frontale di spalla sarà non inferiore a 320 mm in modo tale da scongiurare fenomeni di martellamento in caso di sisma violento.

## 7. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: SPALLE

Il dimensionamento dei pali della spalla è stato effettuato tramite la realizzazione di un apposito modello agli elementi finiti con il programma SAP2000 v.15.0.1 della C&S Inc. La geometria analizzata è sinteticamente descritta da quanto segue:

- Altezza del muro paraghiaia: 3.7 m;
- Larghezza del muro paraghiaia: 19.3 m;
- Spessore muro paraghiaia: 0.6 m;
- Spessore platea di fondazione: 2.0 m;
- Lunghezza platea di fondazione: 5.6 m;
- Larghezza platea di fondazione: 19.3 m;
- Numero di pali: 10;
- Diametro pali: 1200 mm;
- Lunghezza pali: 40.0 m.



Il modello realizzato è caratterizzato dalle seguenti proprietà:

- Il muro paraghiaia e i pali sono schematizzati con elementi finiti monodimensionali “frames”;
- La soletta di fondazione è schematizzata con elementi finiti bidimensionali “areas” di tipo “thin shell”;
- Il collegamento tra base del paraghiaia, asse di definizione degli elementi schematizzanti la soletta e la sommità dei pali è realizzato tramite appositi vincoli interni “joint constrains” a corpo rigido;
- I pali sono stati vincolati orizzontalmente tramite vincoli elastici lineari avente rigidezza  $K_h = 2500$  KN/m per il primo tratto di lunghezza 4.0 m, pari a  $K_h = 14375$  KN/m per il secondo tratto di lunghezza 15.0 m e  $K_h = 36875$  KN/m per l’ultimo tratto di lunghezza 21 m (schematizzazione del terreno alla “Winkler”) e verticalmente tramite un vincolo elastico alla base di rigidezza  $K_h = 685800$  KN/m.

Si sono assegnati i seguenti carichi:

- Peso proprio degli elementi costituenti la spalla;
- Al nodo di sommità dell’elemento “frame” schematizzante il punto di contatto tra impalcato e spalla si sono assegnati i carichi trasmessi dall’impalcato. In particolare si veda la tabella seguente (l’azione verticale N è considerata positiva se diretta verso l’alto).

CASO DI CARICO	N [KN]	M [KNm]	$V_y$ [KN]
<b>PERMANENTI</b>	3344.2	0.0	0.0
<b>VENTO</b>	0.0	236.5	-104.6
<b>VEICOLI - <math>N_{MAX}</math></b>	4441.5	1222.2	0.0
<b>VEICOLI - <math>M_{MAX}</math></b>	1502.2	8276.6	0.0
<b>VEICOLI - <math>N_{MIN}</math></b>	-1709.6	568.4	0.0

- All’elemento “frame” schematizzante il paraghiaia si è assegnata la spinta del terreno a tergo del muro stesso considerata agente in stato “a riposo” per la condizione statica e in stato limite attivo per la condizione sismica (formulazione di Mononobe-Okabe). Vale quanto sotto riportato.

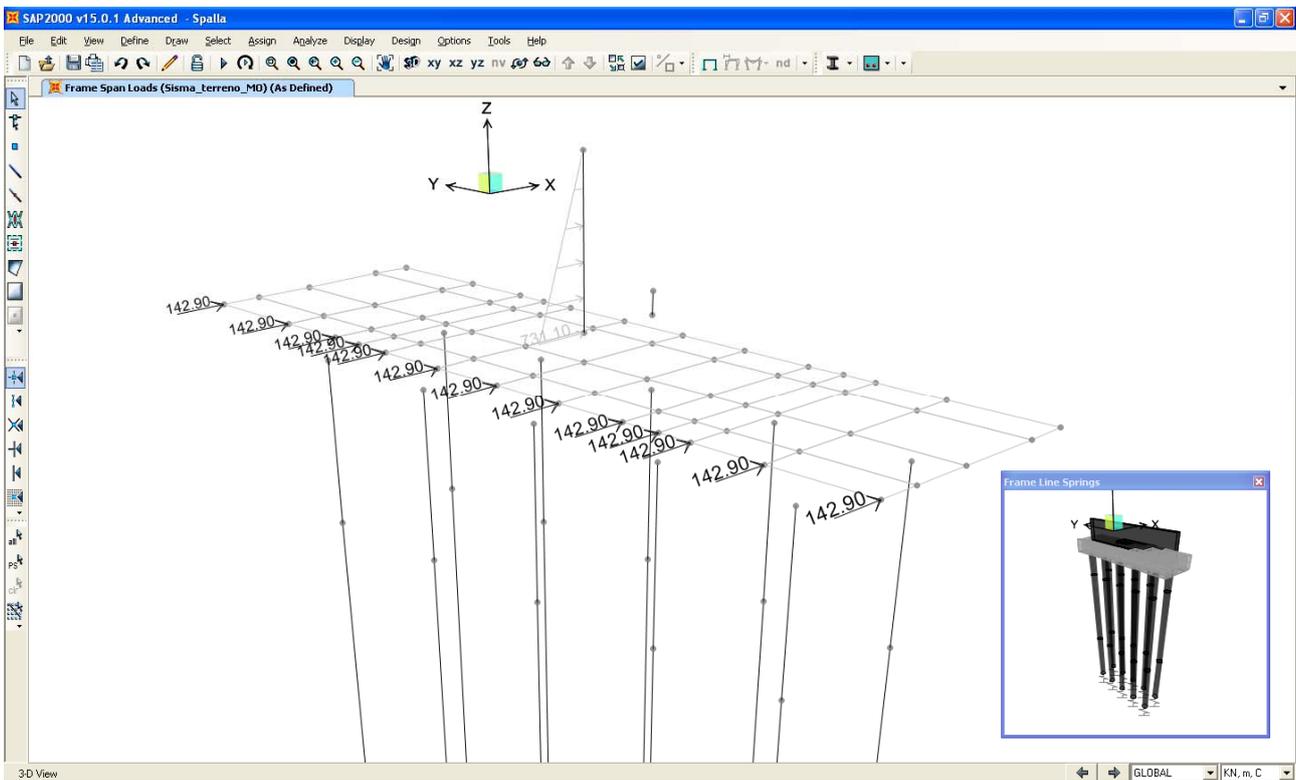
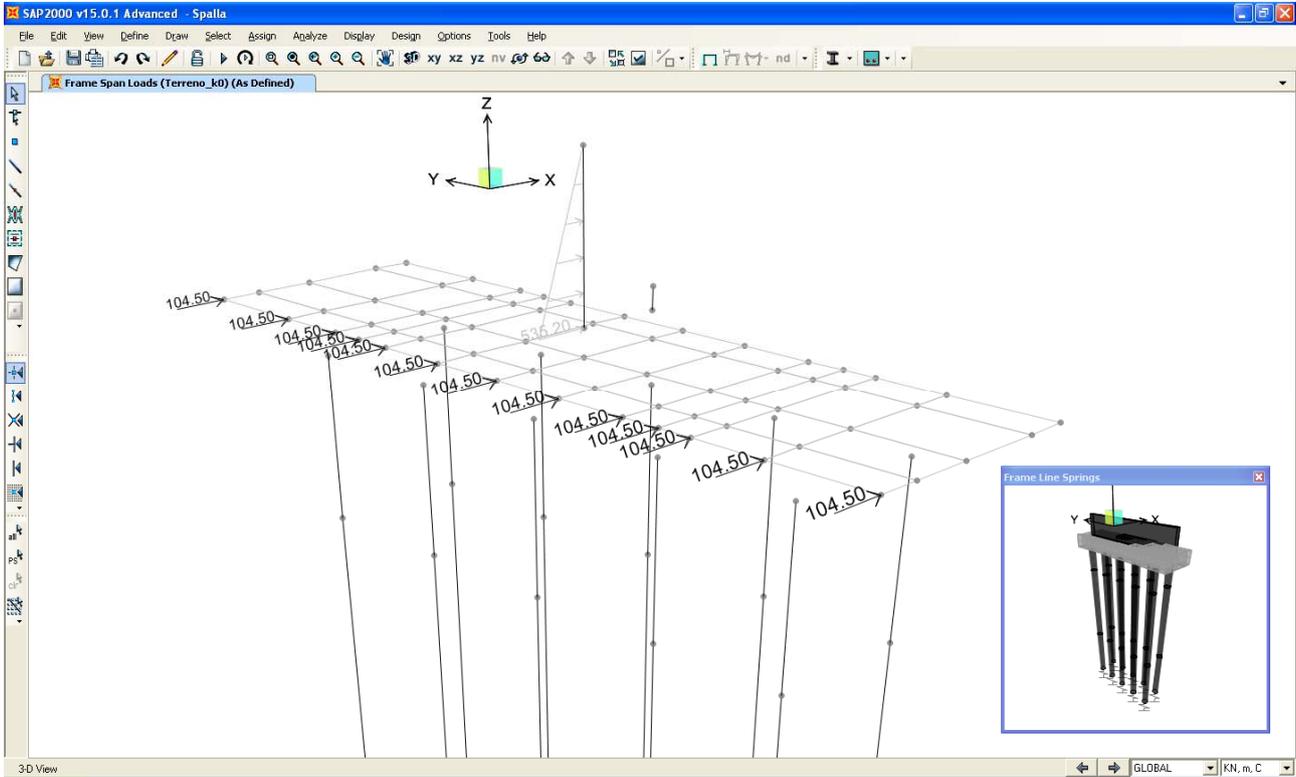
Angolo di resistenza al taglio del terreno  $\varphi' = 38^\circ$ ;

Peso dell’unità di volume del terreno  $\gamma = 19.5$  KN/mc;

Coefficiente di spinta a riposo (condizione statica)  $k_0 = 0.384$ .



Considerando una larghezza di spalla pari a 19.3 m si hanno i valori dei carichi di seguito riportati.



Per quanto riguarda l'azione inerziale orizzontale causata dal sisma e dovuta alle masse proprie degli elementi in gioco, si è assegnato ad ogni elemento modellato (pali inclusi) un'azione orizzontale diretta in direzione X pari a 0.377 volte il peso proprio dell'elemento stesso, secondo la relazione:

$$F_{\text{inerziale}} = K_h \cdot a_g \cdot g \cdot W = 0.377 \cdot W \quad (W = \text{peso proprio dell'elemento considerato}).$$

Per quanto riguarda l'azione inerziale verticale causata dal sisma e dovuta alle masse proprie degli elementi in gioco, si è assegnato ad ogni elemento modellato (pali inclusi) un'azione verticale diretta in direzione Z pari a 0.189 volte il peso proprio dell'elemento stesso, secondo la relazione:

$$F_{\text{inerziale}} = K_v \cdot a_g \cdot g \cdot W = 0.189 \cdot W \quad (W = \text{peso proprio dell'elemento considerato}).$$

- Per quanto riguarda il carico mobile agente a tergo della spalla, si è fatto riferimento a quanto indicato nella C.M. 617/2009. In particolare si è considerata la presenza di tre corsie di carico dello schema di carico 1 e la presenza di ulteriori 2.50 KPa nella porzione laterale rimanente. Considerando tale carico agente in superficie su una lunghezza longitudinale pari a 2.20 m si ha la seguente pressione superficiale:

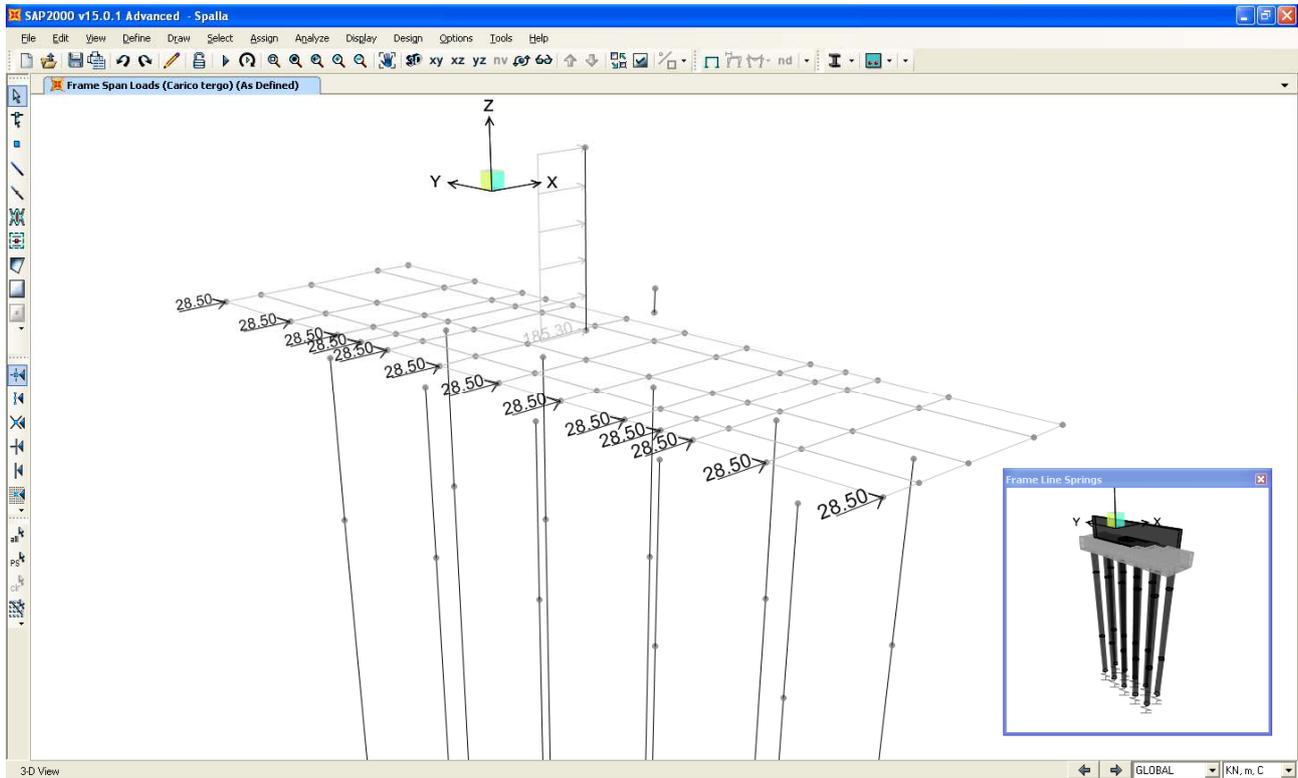
$$p_{\text{sup}} = 31.8 \text{ KPa.}$$

Considerando poi un angolo di diffusione lungo la verticale pari a 30°, la pressione alla quota di spiccato della platea vale:

$$p_{\text{inf}} = 13.4 \text{ KPa.}$$

Si è quindi considerato un carico verticale uniformemente distribuito pari al valore

$$q = 25.0 \text{ KPa.}$$



- Per quanto riguarda il peso del terreno imbarcato, si è assegnato un carico uniformemente distribuito sulla superficie degli elementi "areas" interessati. Il valore assegnato vale:

$$q_{t,imb} = 19.5 \cdot 3.7 = 72.2 \text{ KPa.}$$

In accordo con il punto 7.9.5.6 delle NTC08, il dimensionamento della spalla in condizione sismica è stato eseguito separatamente per la direzione longitudinale e trasversale; in particolare, data la geometria della spalla e il fatto che l'impalcato è isolato sismicamente, si trascura l'analisi trasversale in quanto non dimensionante i pali della spalla.

Si sono analizzate le seguenti combinazioni di carico per lo SLU e SLV.

SPALLA - SLU/SLV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PESO PROPRIO	1.35	1.35	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
PERMANENTI	1.35	1.35	1.00	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
SPINTA TERRENO RIPOSO	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00
VENTO	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00	0.00	0.00
VEICOLI - $N_{MAX}$	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VEICOLO - $M_{MAX}$	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VEICOLI - $N_{MIN}$	0.00	0.00	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CARICO A TERGO	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00
SISMA X	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
SISMA Z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00

SPALLA - SLE FR	1	2	3	4
PESO PROPRIO	1.00	1.00	1.00	1.00
PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00
SPINTA TERRENO RIPOSO	1.00	1.00	1.00	1.00
VENTO	0.00	0.00	0.00	0.20
VEICOLI - $N_{MAX}$	0.00	0.00	0.00	0.00
VEICOLO - $M_{MAX}$	0.75	0.00	0.00	0.00
VEICOLI - $N_{MIN}$	0.00	0.75	0.00	0.00
CARICO A TERGO	0.00	0.00	0.75	0.00
SISMA X	0.00	0.00	0.00	0.00
SISMA Z	0.00	0.00	0.00	0.00

### 7.1.1. Verifiche di Resistenza del muro frontale – SLU/SLV

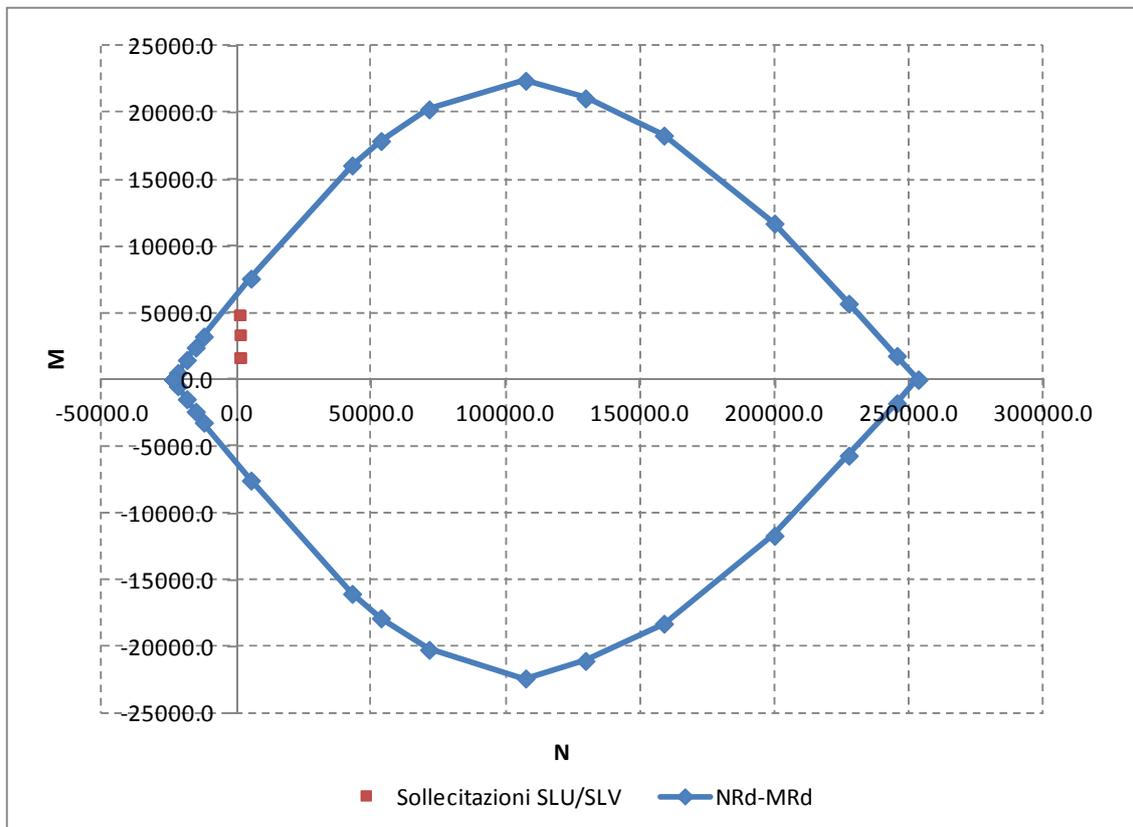
Il paramento frontale della spalla è stato dimensionato eseguendo le verifiche allo Stato Limite Ultimo in condizioni di presso-flessione retta e di taglio alla sezione di base del paramento (sezione maggiormente sollecitata). I criteri generali seguiti sono ovviamente conformi a quanto previsto al punto 4.1.2.1 delle NTC08 sia per quanto riguarda la presso-flessione sia per l'azione di taglio. In particolare per la determinazione delle resistenza a taglio del fusto della pila si sono assunte le formulazioni riportate ai punti 4.1.2.1.3.1 e 4.1.2.1.3.2 a seconda che la sezione in esame sia non dotata o dotata di apposita armatura a taglio.

## Verifica a pressoflessione

Si ipotizza di armare il paramento con barre di diametro 20 mm ad interasse 200 mm. Nella Tabella seguente si riportano le sollecitazioni dedotte dalle analisi strutturali (P azione assiale positiva se di trazione, V2 e V3 azioni taglianti, T momento torcente, M2 e M3 momenti flettenti).

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
3	0	SLU1	Combination	-1446.1	1336.7	0.0	0.0	0.0	1648.5
3	0	SLV1	Combination	-1071.2	3069.9	0.0	0.0	0.0	4845.2
3	0	SLU2	Combination	-1446.1	1336.7	0.0	0.0	0.0	1648.5
3	0	SLU3	Combination	-1071.2	1336.7	0.0	0.0	0.0	1648.5
3	0	SLV2	Combination	-868.7	3069.9	0.0	0.0	0.0	4845.2
3	0	SLU4	Combination	-1071.2	1336.7	0.0	0.0	0.0	1648.5
3	0	SLU5	Combination	-1446.1	2262.2	0.0	0.0	0.0	3360.9
3	0	SLU6	Combination	-1071.2	2262.2	0.0	0.0	0.0	3360.9
3	0	SLV3	Combination	-1273.6	3069.9	0.0	0.0	0.0	4845.2



Come si deduce dalla figura sopra riportata, la verifica a presso-flessione risulta soddisfatta in quanto le sollecitazioni ottenute in caso di SLU ed SLV rimangono sostanzialmente all'interno del dominio resistente.

### Verifica a taglio

La massima azione tagliante, ottenuta come sopra descritto, vale:

- $V_{Ed} = 3069.9 \text{ KN}$ .

Secondo le indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.3.1 delle NTC08, ipotizzando la sezione di indagine sprovvista di apposita armatura a taglio si avrebbe quanto segue (si ipotizza tesa il 50% dell'armatura longitudinale e si considera nulla l'azione assiale).

Dati		
b (mm)	19300.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	600.0	altezza della sezione
d (mm)	540.0	altezza utile
$f_{ck}$ (MPa)	35.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
$f_{yd}$ (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
$f_{cd}$ (MPa)	19.83	resistenza di progetto del calcestruzzo
$f'_{cd}$ (MPa)	9.92	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$A_{sl}$ (mmq)	30159.0	armatura longitudinale
k	1.61	fattore di ingranamento
$v_{min}$	0.42	tensione resistente minima
$\rho_l$	0.0029	rapporto geom. di armatura longit.
$N_{Ed}$ (N)	0.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
$\sigma_{cp}$ (MPa)	0.00	tensione media di compressione nella sezione
$\alpha_c$	1.00	coefficiente maggiorativo
$V_{Rd}$ (KN)	<b>4402.7</b>	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta.

### **7.1.2. Verifica a fessurazione del muro frontale – SLE**

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo indiretto tabellare proposto al punto C4.1.2.2.4, cioè limitando la tensione di trazione agente nelle barre in acciaio calcolata in ipotesi classica di sezione parzializzata (metodo “n”) secondo la combinazione di calcolo pertinente (a seconda dell’aggressività dell’ambiente) in funzione del diametro massimo delle barre e dell’interasse tra le barre stesse. Qualora la tensione risultasse inferiore a 160.0 MPa la verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta.

Si è poi proceduto anche alla verifica con il metodo diretto, quando significativo.

#### **Combinazione frequente**

Assumendo a favore di sicurezza il massimo momento flettente agente alla base del paramento per tutte le combinazioni di carico frequenti e contemporaneamente il minimo valore dell’azione assiale, si ha quanto riportato sotto.

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

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

Titolo: **SPALLA**

N° figure elementari:  Zoom N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	1930	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	301.44	6
2	301.44	54

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

Materiali

B450C	C35/45
$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$ <input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="391.3"/> N/mm²	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$ <input type="text" value="200 000"/> N/mm²	$f_{cd}$ <input type="text" value="19.83"/>
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0.8"/> ?
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="13.5"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.8"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="2.257"/>

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

Verifica

N° iterazioni:

Precompresso

La verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta in quanto la tensione di trazione nelle barre inferiori è al limite minimo di 160.0 MPa. Si è operato anche in riferimento al metodo diretto, stimando l'apertura delle fessure sotto la condizione di carico sopra riportata. Come si evince dalla Figura seguente, tale combinazione comporta una tensione di trazione nella fibra di conglomerato cementizio più tesa inferiore alla sua resistenza a trazione: pertanto la verifica a fessurazione con il metodo diretto è soddisfatta in quanto è soddisfatta la verifica di formazione delle fessure.

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

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

Titolo: **SPALLA**

N° figure elementari:  Zoom N° strati barre:  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	1930	60	1	301.44	6
			2	301.44	54

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
 M<sub>xEd</sub>   kNm  
 M<sub>yEd</sub>

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

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

**Materiali**

B450C		C35/45	
$\varepsilon_{su}$	<input type="text" value="67.5"/> ‰	$\varepsilon_{c2}$	<input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	$\varepsilon_{cu}$	<input type="text" value="3.5"/>
$E_s$	<input type="text" value="200 000"/> N/mm²	$f_{cd}$	<input type="text" value="19.83"/>
$E_s/E_c$	<input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$	<input type="text" value="0.8"/> ?
$\varepsilon_{syd}$	<input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<input type="text" value="13.5"/>
$\sigma_{s,adm}$	<input type="text" value="255"/> N/mm²	$\tau_{co}$	<input type="text" value="0.8"/>
		$\tau_{c1}$	<input type="text" value="2.257"/>

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\varepsilon_s$   ‰

**Verifica**  
 N° iterazioni:

Precompresso

$$\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = 2.68 \text{ MPa} > 1.55 \text{ MPa.}$$

### Combinazione quasi permanente

Visti i risultati della combinazione frequente si considera del tutto trascurabile la verifica in combinazione quasi permanente.

### 7.1.3. Verifiche di Resistenza dei pali – SLU/SLV

La sezione dei pali di fondazione delle spalle è stata dimensionata eseguendo le verifiche allo Stato Limite Ultimo in condizioni di presso/tenso-flessione retta e di taglio nella sezione di sommità in quanto maggiormente sollecitata. In particolare per la condizione di presso/tenso-flessione retta si è costruito il diagramma resistente  $N_{Rd}$ - $M_{Rd}$  e si sono plottate al suo interno le coppie di sollecitazioni  $N_{Ed}$ - $M_{Ed}$  fornite dall'unica combinazione "ENV-SLU/SLV" ottenuta dall'involuppo di tutte le combinazioni in condizione statica e sismica. I criteri generali seguiti sono ovviamente conformi a quanto previsto al punto 4.1.2.1 delle NTC08 sia per quanto riguarda la presso-flessione sia per l'azione di taglio. In particolare per la determinazione delle resistenza a taglio del fusto del palo si sono assunte le formulazioni riportate ai punti 4.1.2.1.3.1 e 4.1.2.1.3.2 a seconda che la sezione in esame sia non dotata o dotata di apposita armatura a taglio; data la sezione circolare dei pali si è semplicemente confrontato tale valore resistente con il valore sollecitante ottenuto come radice quadrata della somma dei quadrati delle azioni taglianti nelle due direzioni (longitudinale e trasversale). Nella Tabella seguente si riportano le sollecitazioni nella sezione di sommità dei 10 pali schematizzati (P azione assiale positiva se di trazione, V2 e V3 azioni taglianti, T momento torcente, M2 e M3 momenti flettenti).

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	839.4	-308.2	-11.1	0.0	-70.1	-557.4
1	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1146.5	-694.4	-58.2	0.0	-351.4	-1854.2
2	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	839.4	-317.9	54.9	0.0	345.4	-564.2
2	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-822.2	-694.4	2.0	0.0	34.4	-1854.2
7	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	745.7	-300.5	-10.5	0.0	-66.3	-480.7
7	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1258.7	-686.3	-49.2	0.0	-296.0	-1797.1
9	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	745.7	-306.3	47.4	0.0	299.3	-489.4
9	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1211.6	-686.3	2.3	0.0	35.7	-1797.1
11	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	708.4	-295.1	0.4	0.0	36.1	-418.2
11	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1426.6	-682.1	-8.2	0.0	-29.7	-1764.8
31	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2435.7	-309.4	-19.2	0.0	-116.0	-569.1
31	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3406.8	-696.6	-67.8	0.0	-409.6	-1867.6
32	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2019.5	-319.9	65.3	0.0	406.8	-576.7
32	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3314.8	-696.6	6.8	0.0	64.5	-1867.6
35	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2675.6	-298.3	-26.5	0.0	-160.8	-464.9
35	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3872.9	-687.7	-71.3	0.0	-431.0	-1807.2
37	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2367.8	-304.2	70.5	0.0	438.9	-477.3
37	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3809.1	-687.7	13.3	0.0	105.0	-1807.2
41	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2770.6	-287.4	47.7	0.0	360.1	-371.3
41	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-4171.1	-683.2	-8.9	0.0	-30.0	-1775.6

#### Verifica a pressoflessione

Si riportano le informazioni principali inerenti la verifica. La sezione viene armata con 40 barre  $\phi 30$  mm.

Si precisa che, in accordo con le indicazioni riportate nella relazione geotecnica, si sono incrementate secondo un fattore 1.2 le sollecitazioni flessionali ai fini di considerare l'effetto ombra e l'effetto di bordo dei pali in gruppo.

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

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

Titolo: **PALO**

**Sezione circolare cava**

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 40  
 Diametro barre: 3 [cm]  
 Copriferro (baric.): 9 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 503 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 840 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

**B450C** **C25/30**

$\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200 000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0.6 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{c1}$ : 1.829 N/mm<sup>2</sup>

M<sub>xRd</sub>: 4 436 kN m

$\sigma_c$ : -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3.5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 6.688 ‰  
 d: 111 cm  
 x: 38.13 x/d: 0.3435  
 $\delta$ : 0.8694

**Metodo di calcolo**

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

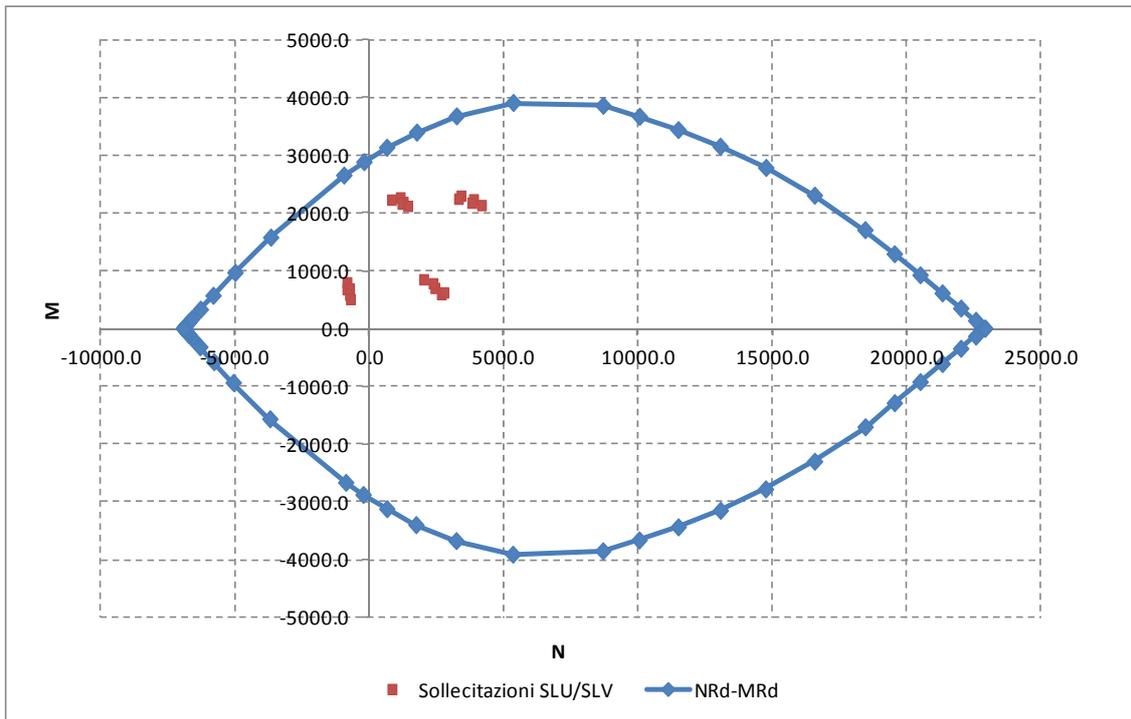
**Tipo flessione**

Retta  Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso



Come si deduce dalla figura sopra riportata, la verifica a presso-flessione risulta soddisfatta in quanto le sollecitazioni ottenute in caso di SLU ed SLV rimangono sostanzialmente all'interno del dominio resistente.

### Verifica a taglio

La massima azione tagliante, ottenuta come sopra descritto, vale (si precisa che, in accordo con le indicazioni riportate nella relazione geotecnica, si sono incrementate secondo un fattore 1.2 le sollecitazioni taglienti ai fini di considerare l'effetto ombra e l'effetto di bordo dei pali in gruppo):

- $V_{Ed} = 839.9 \text{ KN}$ .

Secondo le indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.3.1 delle NTC08, qualora si possano presentare significativi sforzi di trazione è obbligatoria un'apposita armatura trasversale a taglio; si ipotizza di inserire un'armatura a spirale avente diametro 12 mm e passo pari a 200 mm. In tal caso si ha quanto segue (si precisa che si schematizza la sezione circolare ad una rettangolare equivalente di larghezza pari al diametro ed altezza utile pari a  $0.8 \cdot 0.95 = 0.76$  volte il diametro).

<b>Resist. a taglio della trave armata a taglio</b>	
$A_{st}$ (mmq)	226.0
s (mm)	200.0
$ctg\theta_{calcolato}$	4.27
$ctg\theta$	2.50
Rottura	duttile lato acc
$V_{Rd3}$ (kN)	906.6
$V_{Rd2}$ (kN)	2405.8
<b><math>V_{Rd}</math> (kN)</b>	<b>906.6</b>

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta; l'armatura assunta è pari a circa 1030 mmq/m.

#### **7.1.4. Verifica a fessurazione dei pali – SLE**

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo indiretto tabellare proposto al punto C4.1.2.2.4, cioè limitando la tensione di trazione agente nelle barre in acciaio calcolata in ipotesi classica di sezione parzializzata (metodo “n”) secondo la combinazione di calcolo pertinente (a seconda dell'aggressività dell'ambiente) in funzione del diametro massimo delle barre e dell'interasse tra le barre stesse. Qualora la tensione risultasse inferiore a 160.0 MPa la verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta.

Si è poi proceduto anche alla verifica con il metodo diretto, quando significativo.

#### **Combinazione frequente**

Assumendo a favore di sicurezza il massimo momento flettente agente in sommità palo per tutte le combinazioni di carico frequenti e contemporaneamente il minimo valore dell'azione assiale, si ha quanto riportato sotto.

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

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

Titolo: **PALO**

**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 40
- Diametro barre: 3 [cm]
- Copriferro (baric.): 9 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

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

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 503 kN

M<sub>xEd</sub>: 0 840 kNm

M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm]

xN: 0 yN: 0

**Metodo di calcolo**

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

**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	14.17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8 ?
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.829

$\sigma_c$ : -4.595 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$ : 82.45 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$ : 0.4123 ‰

d: 111 cm

x: 50.54 x/d: 0.4553

$\delta$ : 1

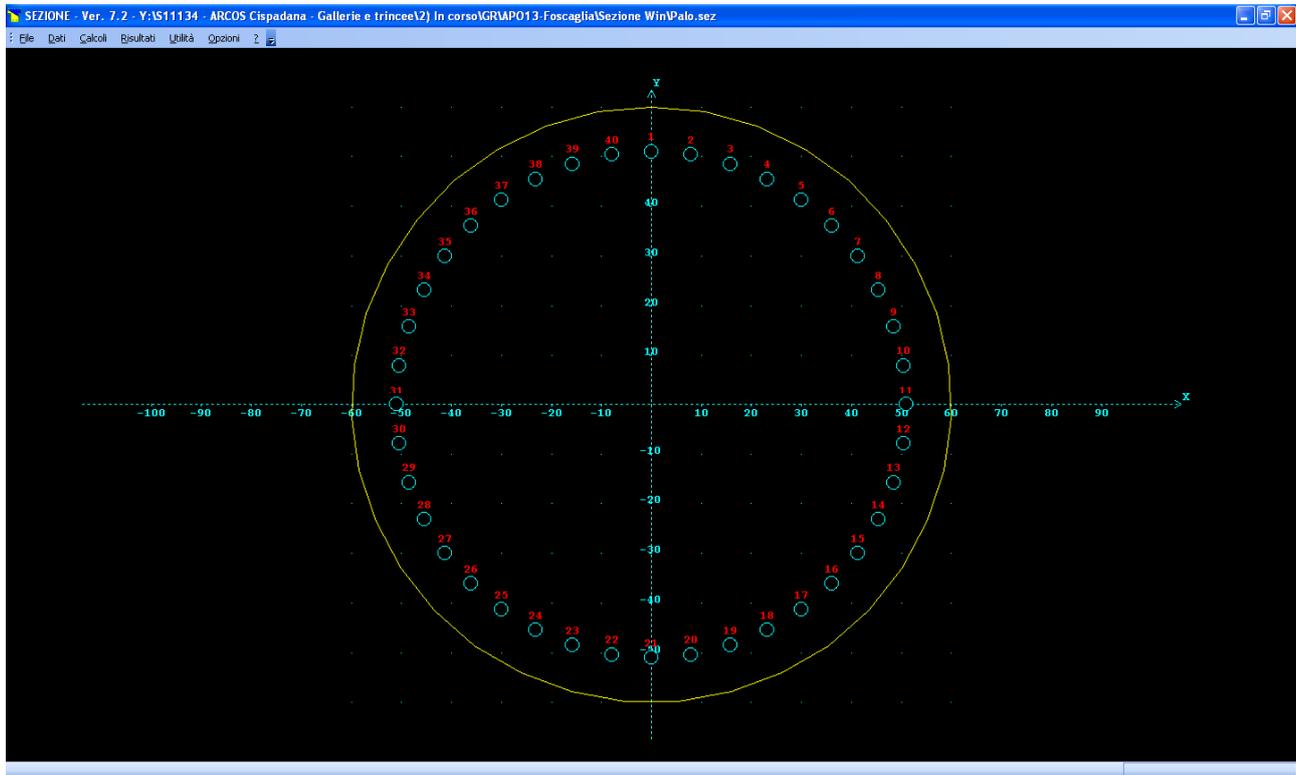
Vertici: 52

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

La verifica a fessurazione si considera automaticamente soddisfatta in quanto la tensione di trazione nelle barre inferiore al limite minimo di 160.0 MPa. Si è proceduto alla verifica anche secondo il metodo diretto tramite il programma Sezione Win della IngegneriaSoft: si riportano i risultati principali.



### VERIFICHE S.L.E.: FESSURAZIONE

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -2.95 N/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = -2.13$  N/mm<sup>2</sup>,  $f_{ctk} = -2.15$  N/mm<sup>2</sup>  
 $c = 7.50$  cm;  $A_{eff} = 2593.56$  cm<sup>2</sup>;  $A_s = 91.89$  cm<sup>2</sup>;  $\rho = A_s/A_{eff} = 0.035431$ ;  $s = 8.00$  cm  
 $\phi = 3.00$  cm;  $k_2 = 0.4000$ ;  $k_3 = 0.1250$ ;  $s_{rm} = 20.8342$  cm;  $\zeta = 0.45927$   
 $\sigma_t = -2.95$  N/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_s = -82.55$  N/mm<sup>2</sup>;  $\beta_1 = 1.00$ ;  $\beta_2 = 0.50$ ;  $\epsilon_{sm} = 0.000184$   
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0652$  mm <  $w_2 = 0.3$  mm.... **VERIFICA POSITIVA**

posto (per gli altri simboli vedere la normativa):

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot (f_c / \sigma_t)^2$$

$\sigma_t$ : tensione max di trazione nel conglomerato con sezione interamente reagente e resistente a trazione

c: valore del copriferro inserito dall'utente

### Combinazione quasi permanente

Visti i risultati della combinazione frequente si considera del tutto trascurabile la verifica in combinazione quasi permanente.

### **7.1.5. Verifica a capacità portante per carichi verticali**

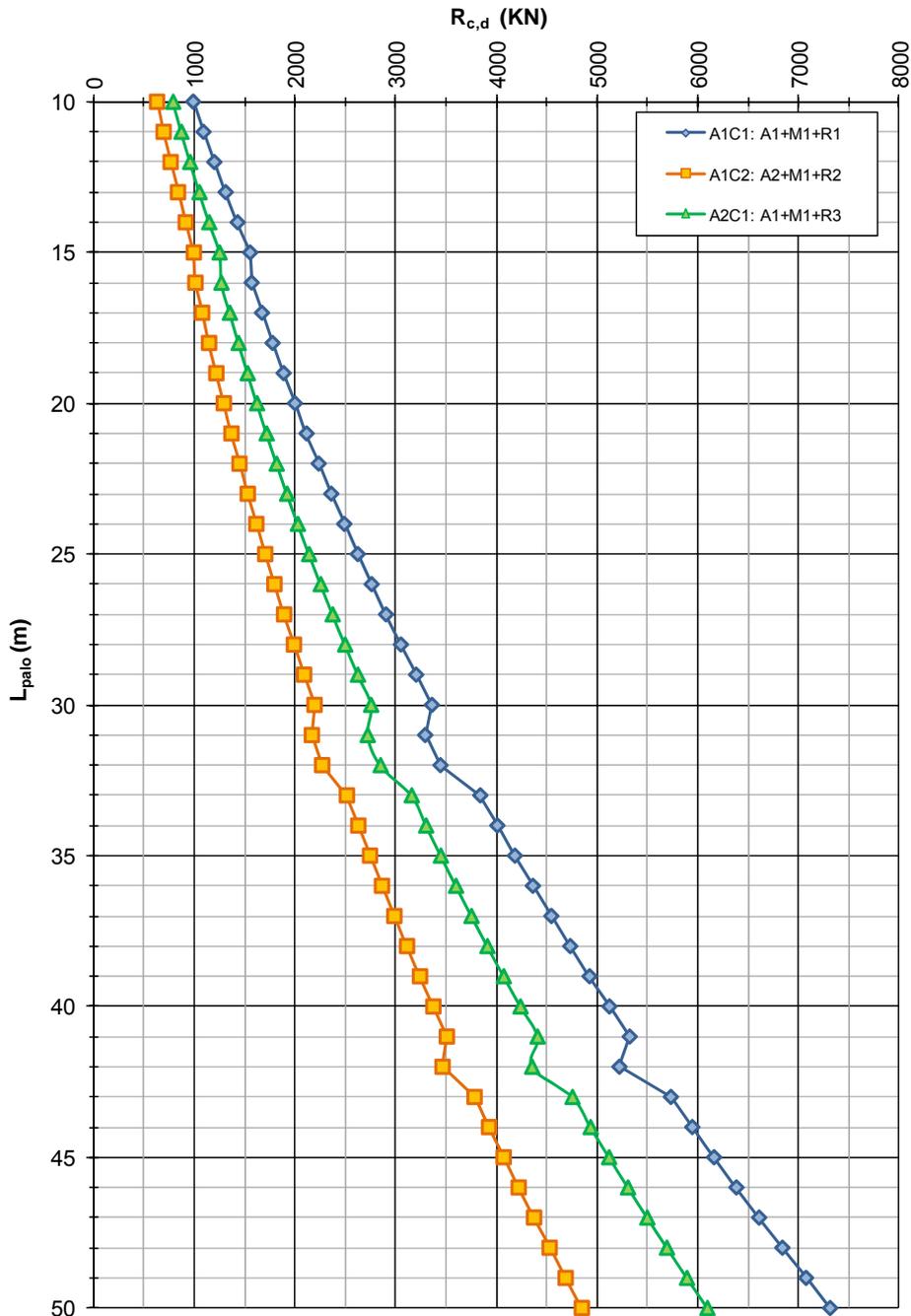
La determinazione della capacità portante dei pali di fondazione è stata eseguita in riferimento a quanto riportato nella Relazione Geotecnica inerente l'opera in oggetto e in ottemperanza alle indicazioni riportate nelle NTC08. In particolare si segnala che si farà riferimento all'Approccio 2 (A1 – M1 – R3) e si considera sia il caso di palo singolo, sia il caso di fondazione come palificata di gruppo i cui pali presentano interasse pari a 3 volte il diametro dei pali. Da quanto è possibile dedurre dalla Figura sotto riportata, assumendo una lunghezza totale dei pali pari a 40.0 m, si ha una capacità portante di calcolo del singolo palo pari a (si segnala che il valore è già depurato del peso proprio del palo):

$$R_{cd} = 4239.0 \text{ KN}$$

**APO13 - Ponte sul Canale Foscaglia - ZO17**

NTC del 14/01/2008

Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm



La massima azione assiale registrata in sommità dei pali vale:

- $N_{Ed} = 4171.7 \text{ KN}$ .

Si ha pertanto:

$$N_{Ed} < R_{cd}$$

Per quanto riguarda la verifica della capacità portante per carichi verticali dell'intera palificata, dal momento che i pali distano tra loro 3 volte il loro diametro, è possibile fare riferimento ad un coefficiente di efficienza pari a 0.7. Si ha pertanto quanto segue (il massimo carico verticale globale  $N_{Ed}$  è stato ottenuto dal modello di calcolo come "Base Reaction" in direzione verticale a cui è stato sottratto il peso dei pali).

	OutputCase Text	Case Type Text	Step Type Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
▶	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-3170.637	94.14	39459.465	-0.0000002247	62335.4048	433.044
	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-11343.616	1.00000001487	20737.116	-11188.566	-114256.99	1.00000009065

$$Q_{B,Rd} = 0.7 \cdot 4239 \cdot 10 = 29673.0 \text{ KN}$$

$$N_{Ed} = 39459.5 - 10 \cdot 1.35 \cdot 1131.0 = 24191.0 < Q_{B,Rd}$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### 7.1.6. Verifica a capacità portante per carichi orizzontali

Dalla seguente Figura, ottenuta dagli studi geotecnici svolti, è possibile ottenere il valore della capacità portante per carichi orizzontali. Il valore dell'azione assiale minima per lo stato limite ultimo (SLU/SLV) vale, in trazione, 839.4 KN a cui corrisponde il seguente momento resistente della sezione.

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

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

Titolo: **PALO**

**Sezione circolare cava**

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 40
- Diametro barre: 3 [cm]
- Copriferro (baric.): 9 [cm]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

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

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 503 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 840 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

**P.to applicazione N**

- Centro
- Baricentro cls
- Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C		C25/30	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	14.17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9.75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.829

**Metodo di calcolo**

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

**Tipo flessione**

- Retta
- Deviata

Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd | Dominio M-N

L<sub>0</sub>: 0 cm Col. modello

Precompresso

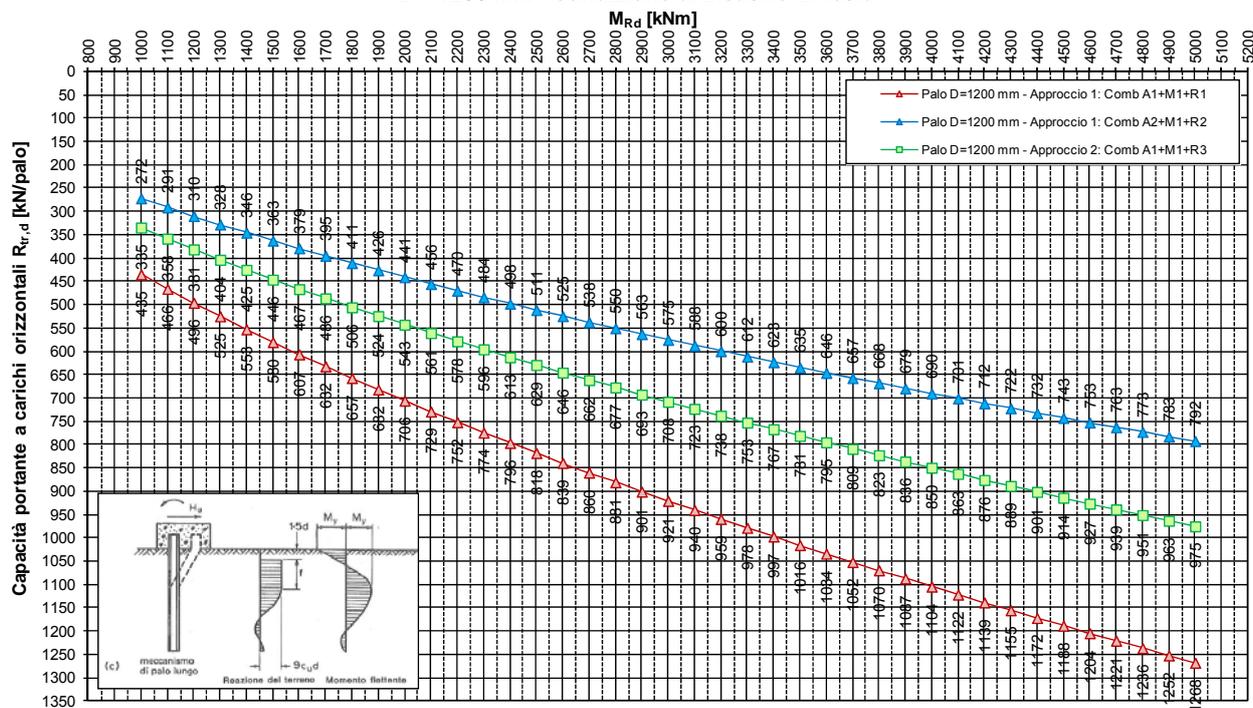
**Output:**

- M<sub>xRd</sub>: 4 436 kNm
- $\sigma_c$ : -14.17 N/mm<sup>2</sup>
- $\sigma_s$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>
- $\epsilon_c$ : 3.5 ‰
- $\epsilon_s$ : 6.688 ‰
- d: 111 cm
- x: 38.13 x/d: 0.3435
- $\delta$ : 0.8694

Dal grafico relativo alla capacità portante si ha quanto segue:

$$R_{tR,d} = 876.0 \text{ KN} > V_{Ed} = 839.9 \text{ KN.}$$

**Pali di fondazione - Opera APO13 - ZO17**  
**Capacità portante di progetto del singolo palo soggetto a carichi trasversali -  $R_{tr,d}$**   
**D = 1200 mm - condizione di incastro in testa**



Per quanto attiene alla verifica nei confronti delle azioni orizzontali della palificata intesa come gruppo di pali, in riferimento a quanto indicato nella relazione geotecnica è possibile assumere un coefficiente di efficienza pari a 0.8 (per la verifica sul gruppo di pali non va considerato il coefficiente moltiplicativo di 1.2 utilizzato nella verifica del palo singolo). Si ha pertanto ( $H_{Ed}$  è l'azione ottenuta sommando tutti i massimi in valore assoluto dell'azione tagliante agente longitudinalmente e il valore della capacità portante orizzontale è calcolato ipotizzando il valore di azione assiale media agente in sommità pali in condizione sismica):

$$H_{Rd} = 0.8 \cdot 10 \cdot 927 = 7416.0 \text{ KN}$$

$$H_{Ed} = 6895.4 \text{ KN}$$

$$H_{Ed} < H_{Rd}.$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

## 8. DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DEI DIAFRAMMI IDRAULICI

---

In base alle indicazioni idrauliche la lunghezza minima dei diaframmi spondali in relazione a possibili fenomeni di sifonamento è di 10÷12 m e dal punto di vista strutturale sono da considerare le due condizioni limite di scalzamento nel seguito descritte:

- Condizione S1: Scalzamento con massima piena.

In questa condizione la quota idrica a valle dei diaframmi è quella della piena bisecolare pari a 18.83 m e la quota di scalzamento è di 7.50 m;

- Condizione S2: Scalzamento dopo la massima piena.

In questa condizione la quota idrica è quella del petto dell'argine pari a 14.0 m che coincide anche con la quota di scalzamento.

La verifica strutturale dei diaframmi idraulici viene sviluppata con riferimento a queste due condizioni considerate allo SLU (A1+M1 e A2+M2); è evidente infatti che si tratta di condizioni limite che se mai si dovessero verificare comporterebbero la necessità di intervenire rapidamente per ripristinare la geometria dell'alveo ante-scalzamento. Per il terreno, trattandosi di situazioni transitorie, si assumono i parametri di breve termine e in particolare:

- peso di volume:  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ;
- coesione non drenata:  $c_u = 50 \text{ kPa}$ .
- 

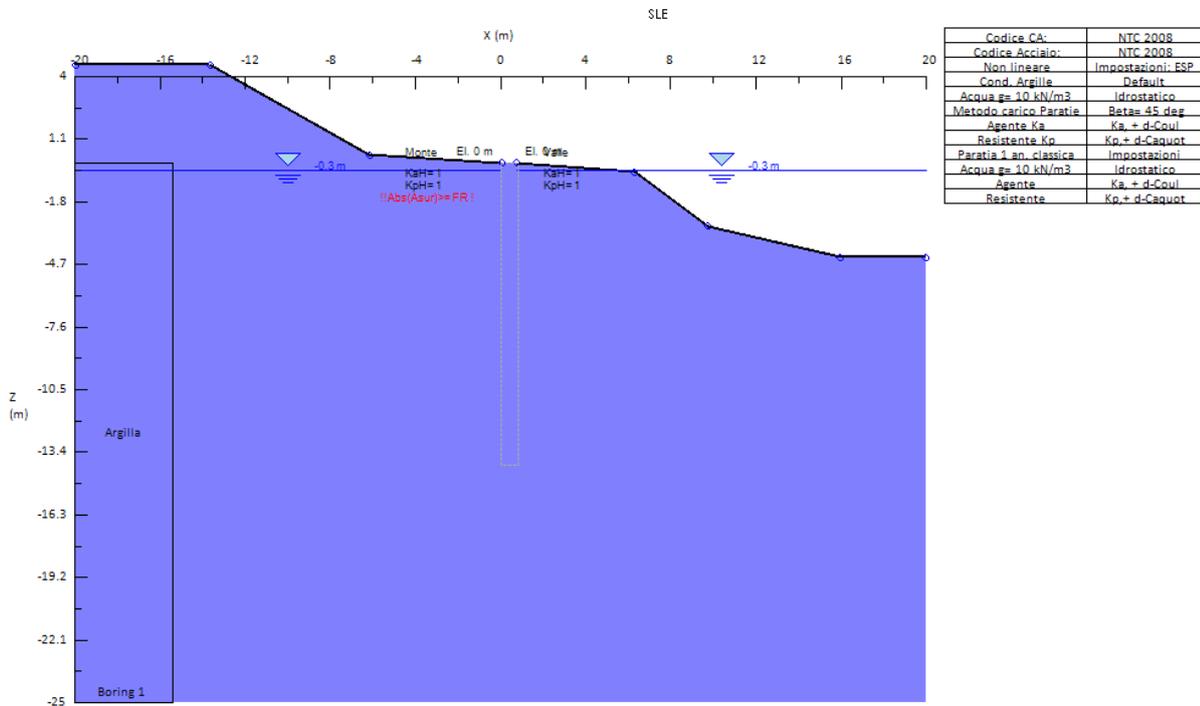
Il calcolo viene sviluppato con il programma Paratie Plus 2011 della Ce.A.S. assumendo per i diaframmi uno spessore di 80 cm e una lunghezza di 14.0 m.

### 8.1. SINTESI DELLE ANALISI E VERIFICHE

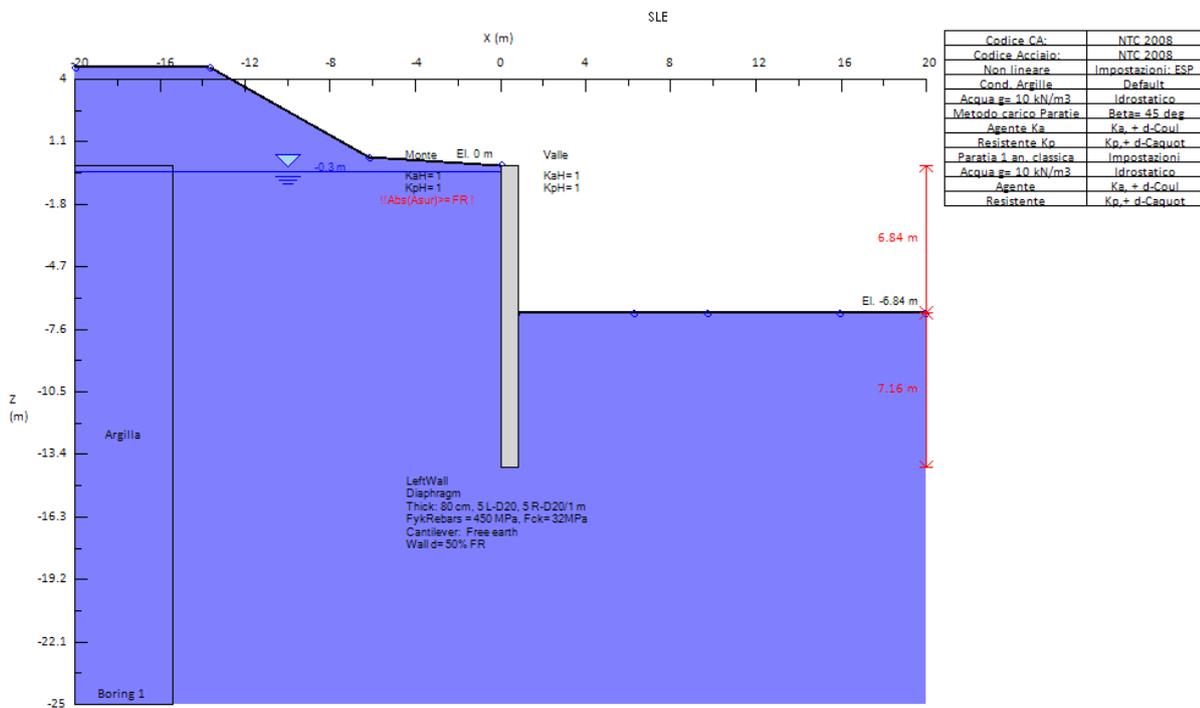
---

Di seguito sono riportati i grafici delle fasi di scavo principali e i diagrammi dei momenti flettenti e del taglio per le varie fasi.

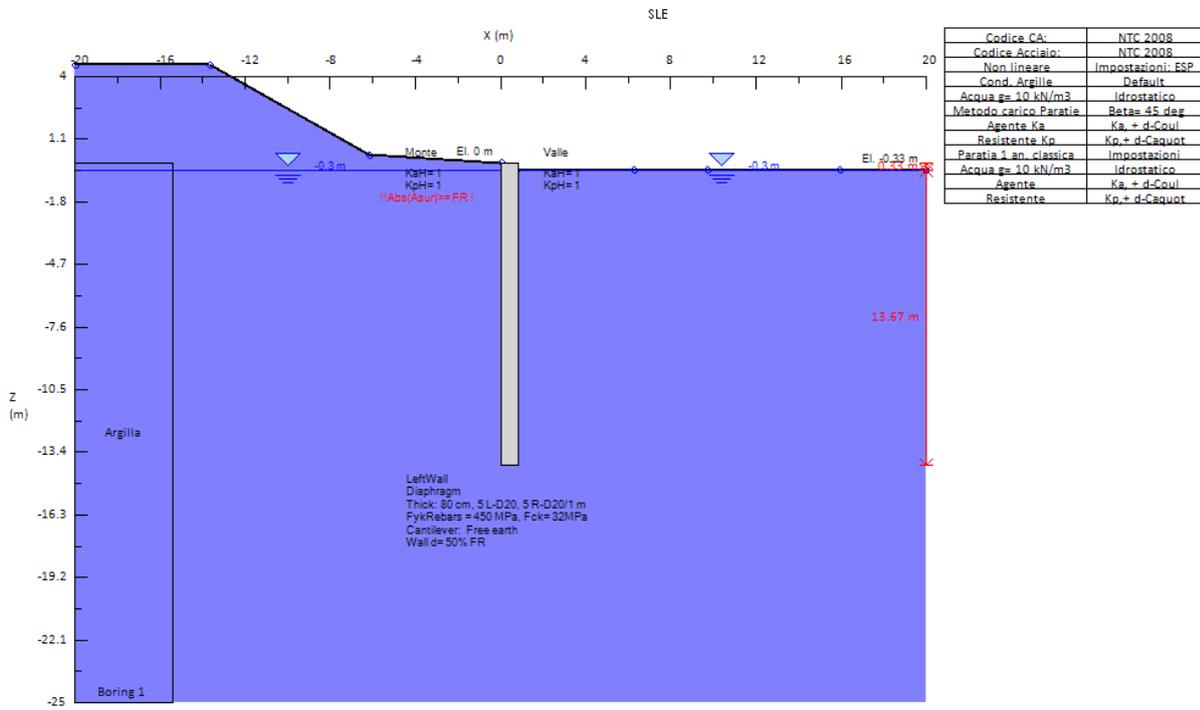
### Fase 0

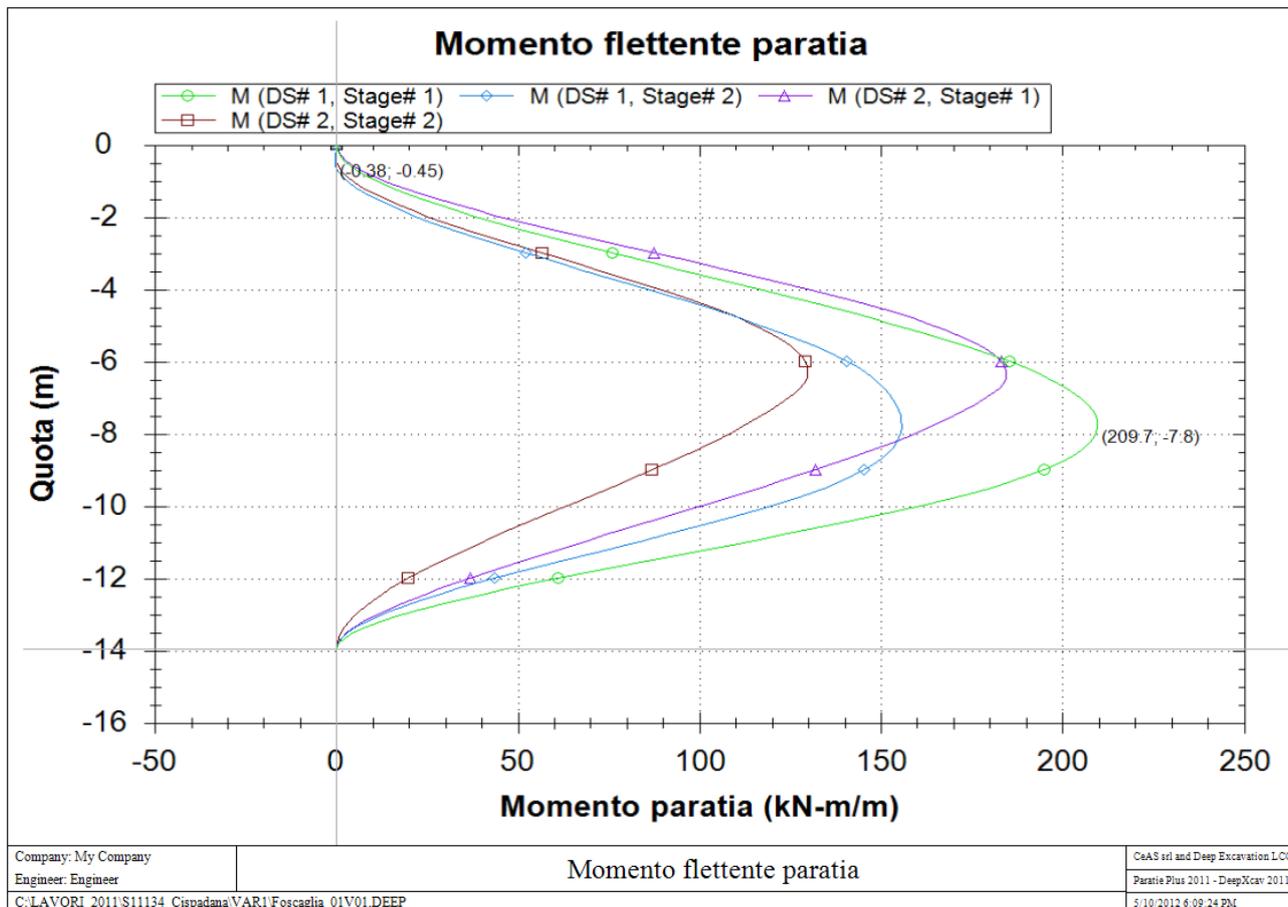


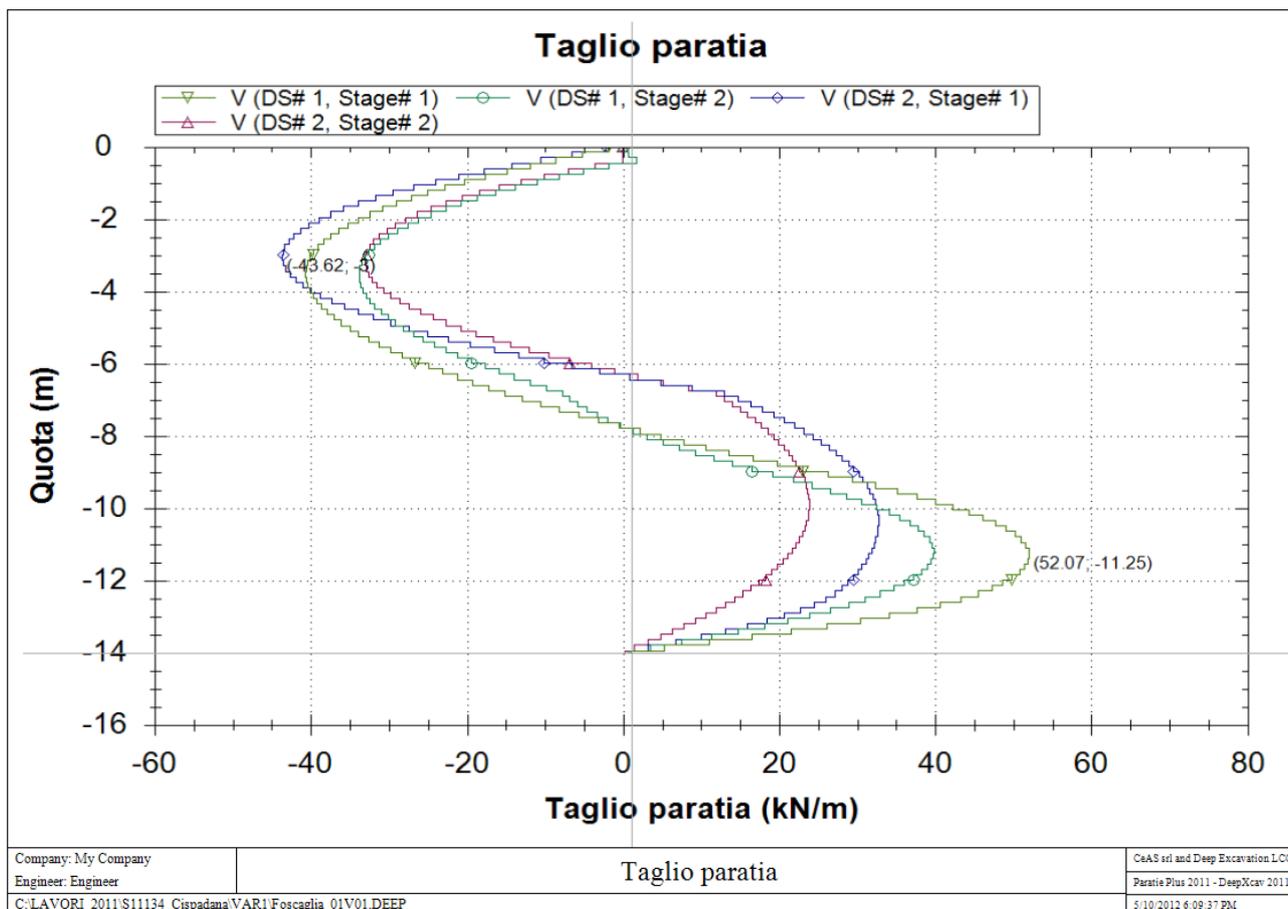
### Condizione S1



## Condizione S2







### 8.1.1. Verifiche di resistenza dei diaframmi

Nel seguito si riporta la verifica dei resistenza a momento flettente e taglio da cui risulta che:

$$M_{rd} \geq M_{s,d};$$

$$V_{rd} \geq V_{sd}.$$

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

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

TITOLO : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.7	10.1
2	15.7	69.9

Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Retta  Deviate

N° rett.

L<sub>0</sub>  cm

Precompresso

**Materiali**  
 B450C  C30/37  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
 σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>c</sub>  ‰  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

Verifica di sezione rettangolare c.c.a.n. staffata soggetta a taglio semplice			
<b>Dati</b>			
b	1000	mm	larghezza dell'anima resistente a taglio
h	800	mm	altezza
d	699	mm	altezza utile
f <sub>ck</sub>	32	N/mmq	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mmq	resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	18.13	N/mmq	resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	9.07	N/mmq	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
Asl	1570	mmq	armatura longitudinale
k	1.53		fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.38	N/mmq	tensione resistente minima
ρ <sub>l</sub>	0.0022		rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	sforzo di compressione di progetto nella sezione
σ <sub>cp</sub>	0.00	N/mmq	tensione media di compressione nella sezione
α <sub>C</sub>	1.00		coefficiente maggiorativo
<b>Resist. a taglio della trave non armata e armatura minima</b>			
V <sub>rd</sub>	263.17	kN	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura