



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

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

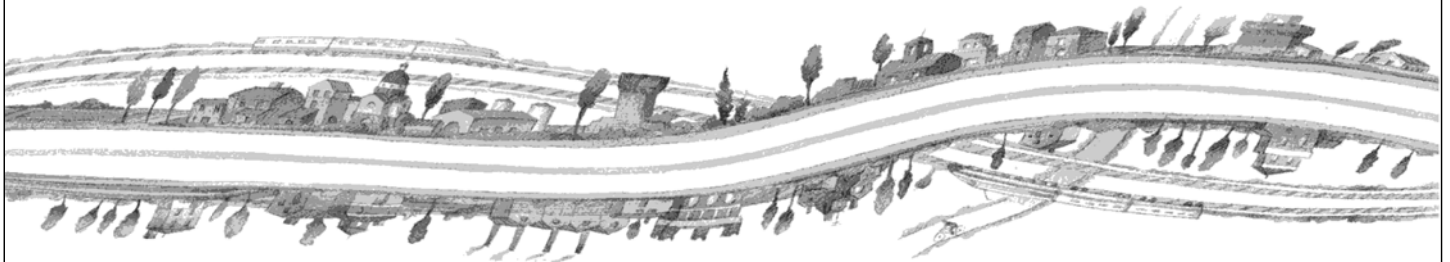
### ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

OPERE STRUTTURALI

OPERE D'ARTE MAGGIORI - PONTI

APO12 - PONTE SUL FIUME PANARO

RELAZIONE DI CALCOLO



IL PROGETTISTA

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

IL CONCESSIONARIO

Ing. Antonello Mezzaluna  
Albo Ing. Bologna n° 5225 A

Ing. Giancarlo Guadagnini  
Albo Ing. Ravenna n° 700 A

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



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

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: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: -
2446	PD	0	A30	APO12	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 .....	18
6.2.1. Peso proprio degli elementi strutturali (PP) .....	18
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) .....	21
6.2.6. Azioni parassite dei vincoli (AP) .....	22
6.2.7. Carichi mobili (ML).....	23
6.2.8. Azione di frenatura (FR) .....	25
6.2.9. Azione del vento (VN).....	26
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.....	33
6.4.1. Diagrammi delle sollecitazioni .....	35
6.4.2. Analisi modale dell'opera.....	39
6.5. CRITERIO DI DIMENSIONAMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	41
6.5.1. Dimensionamento soletta d'impalcato .....	41
6.5.2. Dimensionamento cassone metallico .....	42
6.5.2.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV.....	42
6.5.2.2 Verifiche di deformabilità – SLE.....	59
6.5.3. Dimensionamento controventamenti trasversali.....	60
6.5.4. Dimensionamento delle pile .....	60
6.5.4.1 Verifiche di Resistenza – SLU/SLV.....	60
6.5.4.2 Verifica a fessurazione – SLE.....	67
6.5.5. Plinto di fondazione delle pile .....	69

6.5.6.	Dimensionamento dei diaframmi di fondazione delle pile.....	69
6.5.6.1	Verifiche di Resistenza – SLU/SLV.....	69
6.5.6.2	Verifica a fessurazione – SLE.....	74
6.5.6.3	Verifica a capacità portante per carichi verticali.....	76
6.5.6.4	Verifica a capacità portante per carichi orizzontali.....	80
6.5.7.	Dimensionamento del sistema di isolamento sismico.....	86
6.5.8.	Dimensionamento dei giunti di dilatazione .....	91
<b>7.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA: SPALLE .....</b>	<b>94</b>
7.1.1.	Verifiche di Resistenza del muro frontale – SLU/SLV .....	100
7.1.2.	Verifica a fessurazione del muro frontale – SLE.....	103
7.1.3.	Verifiche di Resistenza dei pali – SLU/SLV .....	106
7.1.4.	Verifica a fessurazione dei pali – SLE .....	109
7.1.5.	Verifica a capacità portante per carichi verticali .....	112
7.1.6.	Verifica a capacità portante per carichi orizzontali .....	115
<b>8.</b>	<b>DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE DEI DIAFRAMMI IDRAULICI .....</b>	<b>117</b>
8.1.	SINTESI DELLE ANALISI E VERIFICHE.....	117
8.1.1.	Verifiche di resistenza dei diaframmi.....	121

## 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 58 m, 70 m e 58 m, per una lunghezza totale di 186 m (misurata da asse appoggi delle spalle).

L'opera è costituita da due carreggiate separate, di larghezza variabile da 17.11 m a 16.35 m per la carreggiata destra e variabile da 16.35 m a 16.84 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.

Le due carreggiate hanno medesima pendenza trasversale pari al 3.42% verso Sx in corrispondenza della "Sezione su Spalla A" (spalle all'origine del tracciato) per poi invertire la pendenza trasversale lungo lo sviluppo dell'impalcato ottenendo il 2.50% verso Dx in corrispondenza della "Sezione su Spalla B".

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

A bordo impalcato, sulla carreggiata Sx, è prevista l'installazione di barriere antirumore per un tratto complessivo di 102.50 m in arretramento rispetto alla Spalla A.

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 3.0 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 con profilati ad L per i correnti superiori e per i diagonali, 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 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).

Il sistema di vincolamento dell'impalcato alle sottostrutture è previsto tramite isolatori a scorrimento con superficie curva (Friction Pendulum Isolators) inquadrabili secondo la tipologia di "Isolatori a scorrimento" descritta al punto 11.9.8 delle NTC08.

La vita nominale dell'opera è assunta pari a 100 anni.

Nel seguito si riporta il dimensionamento degli elementi strutturali principali, per quanto riguarda le opere provvisorie (palanco lati) 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 XA1 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 Idraulici	Trave di coronamento Diafr. Idraulici	Fondazione	Elevazione	Pulvino	Baggioli e ritegni	Soletta di transizione	Soletta Marciapiede su Spalla	Soletta (escluso predalles)	Traverso	
<b>PONTE SUL FIUME PANARO</b>															
APO12	Ponte alla progr. 34+769	SPALLA PASSANTE (su 2 file di pali)	110				110	110			200	80			
APO12	Ponte alla progr. 34+769	PILA su Diaframmi		100		70	100	85			200				
APO12	Ponte alla progr. 34+769	IMPALCATO ACCIAIO											220		290



## 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 →  $C_u = 2.0$ ;
- 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).

### 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 ed 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;
- 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 i due 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 avente area equivalente alla sezione ellittica e avente larghezza pari a 9.2 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 rigidezza costante per ognuno dei tre tratti in cui i diaframmi sono stati divisi (4 m, 13 m e 13 m);
- Le spalle non sono schematizzate in quanto analizzate con una modellazione dedicata (punto 7); i modelli terminano con un unico elemento di collegamento “link” schematizzante la coppia dei due 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	10.6	CONCIO CAMPATA	10.6	22.33	236.70
2	10.6	CONCIO CAMPATA	21.2	22.33	236.70
3	10.6	CONCIO CAMPATA	31.8	22.33	236.70
4	10.6	CONCIO CAMPATA	42.4	22.33	236.70
5	10.6	CONCIO INTERMEDIO	53.0	37.38	396.23
6	10.0	CONCIO PILA	63.0	54.68	546.80
7	12.0	CONCIO INTERMEDIO	75.0	37.38	448.56
8	12.0	CONCIO CAMPATA	87.0	22.33	267.96
9	12.0	CONCIO CAMPATA	99.0	22.33	267.96
10	12.0	CONCIO CAMPATA	111.0	22.33	267.96
11	12.0	CONCIO INTERMEDIO	123.0	37.38	448.56
12	10.0	CONCIO PILA	133.0	54.68	546.80
13	10.6	CONCIO INTERMEDIO	143.6	37.38	396.23
14	10.6	CONCIO CAMPATA	154.2	22.33	236.70
15	10.6	CONCIO CAMPATA	164.8	22.33	236.70
16	10.6	CONCIO CAMPATA	175.4	22.33	236.70
17	10.6	CONCIO CAMPATA	186.0	22.33	236.70

Altezza totale cassone h	3.000	m
Larghezza ali superiori $b_{sup}$	1.600	m
Larghezza ala inferiore $b_{inf}$	7.200	m
Spessore ali superiori $t_{f,sup}$	0.080	m
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.040	m
Spessore anime $t_w$	0.024	m
Angolo anima rispetto all'orizzontale	65.000	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.134	rad
Area sezione trasversale A	0.696531	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.420	m
Momento di inerzia baricentrico J	1.2778	m <sup>4</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.8996586	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.9257304	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.851998	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.808852	m <sup>3</sup>
Peso al m	54.68	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.1525	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	0.7287	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.498	m
J baricentrico	1.3733	m <sup>4</sup>
Area resistente a taglio	0.1525	m <sup>2</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.9168	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.9419	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.9657	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.9143	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura inf.	-0.8681	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.7706	m <sup>3</sup>

Concio in pila – cassone metallico + armatura soletta

Altezza totale cassone h	3.000	m
Larghezza ali superiori b <sub>sup</sub>	1.200	m
Larghezza ala inferiore b <sub>inf</sub>	7.200	m
Spessore ali superiori t <sub>f, sup</sub>	0.070	m
Spessore ala inferiore t <sub>f, inf</sub>	0.025	m
Spessore anime t <sub>w</sub>	0.020	m
Angolo anima rispetto all'orizzontale	65.000	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.134	rad
Area sezione trasversale A	0.4762125	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.449	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.8479	m <sup>4</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.585349	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.595629	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.572327	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.546505	m <sup>3</sup>
Peso al m	37.38	kN/m
Area a taglio lungo y A <sub>v,y</sub>	0.1282	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	0.5084	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	1.558	m
J baricentrico	0.9386	m <sup>4</sup>
Area resistente a taglio	0.1282	m <sup>2</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.6024	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.6122	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.6841	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.6509	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura inf.	-0.6167	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - armatura sup.	-0.5451	m <sup>3</sup>

Concio intermedio – cassone metallico + armatura in soletta



Altezza totale cassone h	3.000	m
Larghezza ali superiori $b_{sup}$	0.900	m
Larghezza ala inferiore $b_{inf}$	7.200	m
Spessore ali superiori $t_{f,sup}$	0.020	m
Spessore ala inferiore $t_{f,inf}$	0.020	m
Spessore anime $t_w$	0.016	m
Angolo anima rispetto all'orizzontale	65.000	°
Angolo anima rispetto all'orizzontale	1.134	rad
Area sezione trasversale A	0.284512	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	0.934	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.3849	m <sup>4</sup>
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.4119385	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 2	0.4209485	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 3	-0.188167	m <sup>3</sup>
Modulo di flessione - fibra 4	-0.186346	m <sup>3</sup>
Peso al m	22.33	kN/m
Area a taglio lungo y $A_{v,y}$	0.0960	m <sup>2</sup>

Concio campata – solo cassone metallico

<b>Caratteristiche soletta</b>		
Spessore s	0.35	m
Larghezza collaborante b	16.75	m
Area sezione trasversale A	5.8625	m <sup>2</sup>
Altezza baricentro da intradosso	3.175	m
Momento di inerzia baricentrico J	0.0598464	m <sup>4</sup>

Area trasversale $A_{id}$	1.1220	$m^2$
Altezza baricentro da intradosso $y_{id}$	2.6068	m
Momento di inerzia baricentrico $J_{id}$	1.4596	$m^4$
Area resistente a taglio direzione y $A_{v,y}$	0.0960	$m^2$
Area linea media per torsione	27.93	$m^2$
Modulo di flessione intradosso - fibra 1	0.5599	$m^3$
Modulo di flessione - fibra 2	0.5642	$m^3$
Modulo di flessione - fibra 3	-3.9115	$m^3$
Modulo di flessione - fibra 4	-3.7126	$m^3$
Modulo di flessione - armatura inf.	-3.0848	$m^3$
Modulo di flessione - armatura sup.	-2.1683	$m^3$
Modulo di flessione - fibra 5	-1.9641	$m^3$

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  $27.93 m^2$ .

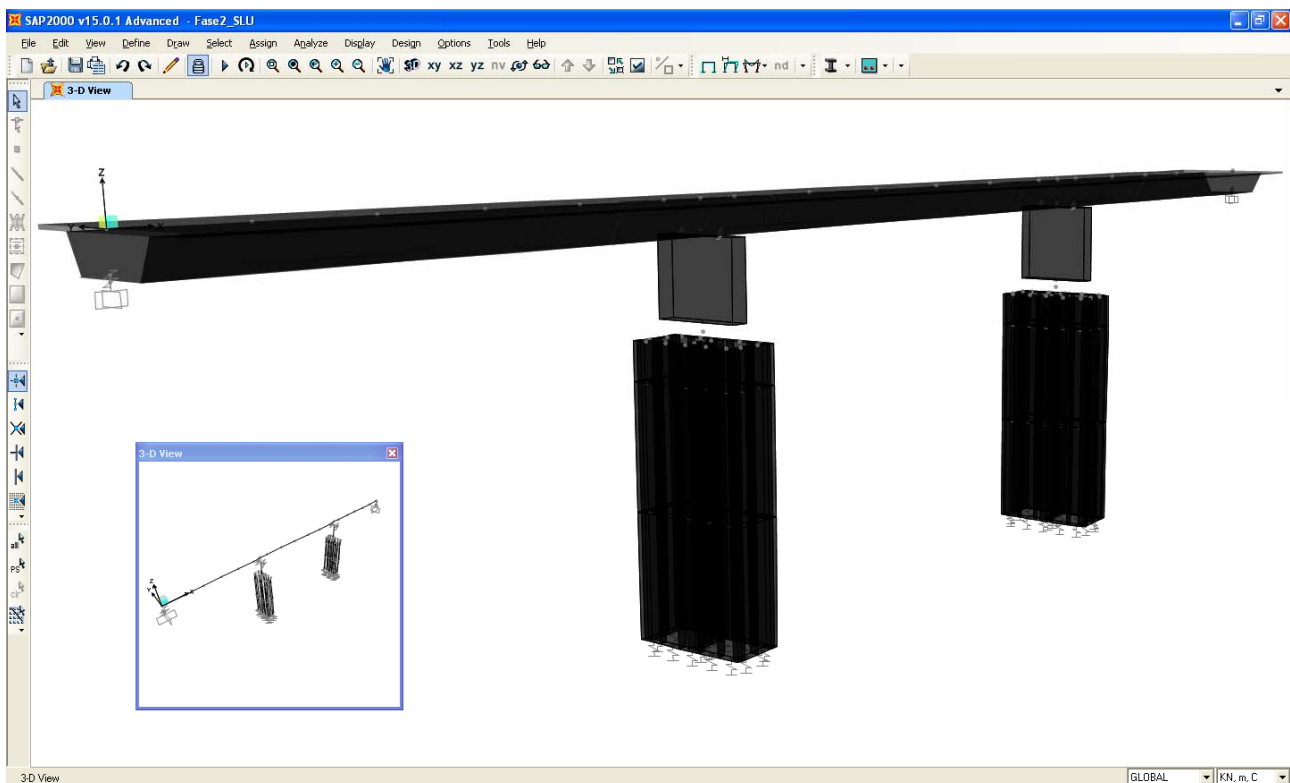


FIGURA 6-1: IMMAGINE DEL MODELLO DI CALCOLO "SLU"

## **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 146.6 KN/m ed il peso di irrigidimenti, crociere, controventamenti e piolature per un totale di 10 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 54.0 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
- $\varepsilon_{c0} = -0.000424$
- $h_0 = 2 \cdot (16.35 \cdot 0.35) / (16.35 + 2 \cdot 0.35) = 672$  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

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

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

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

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:

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

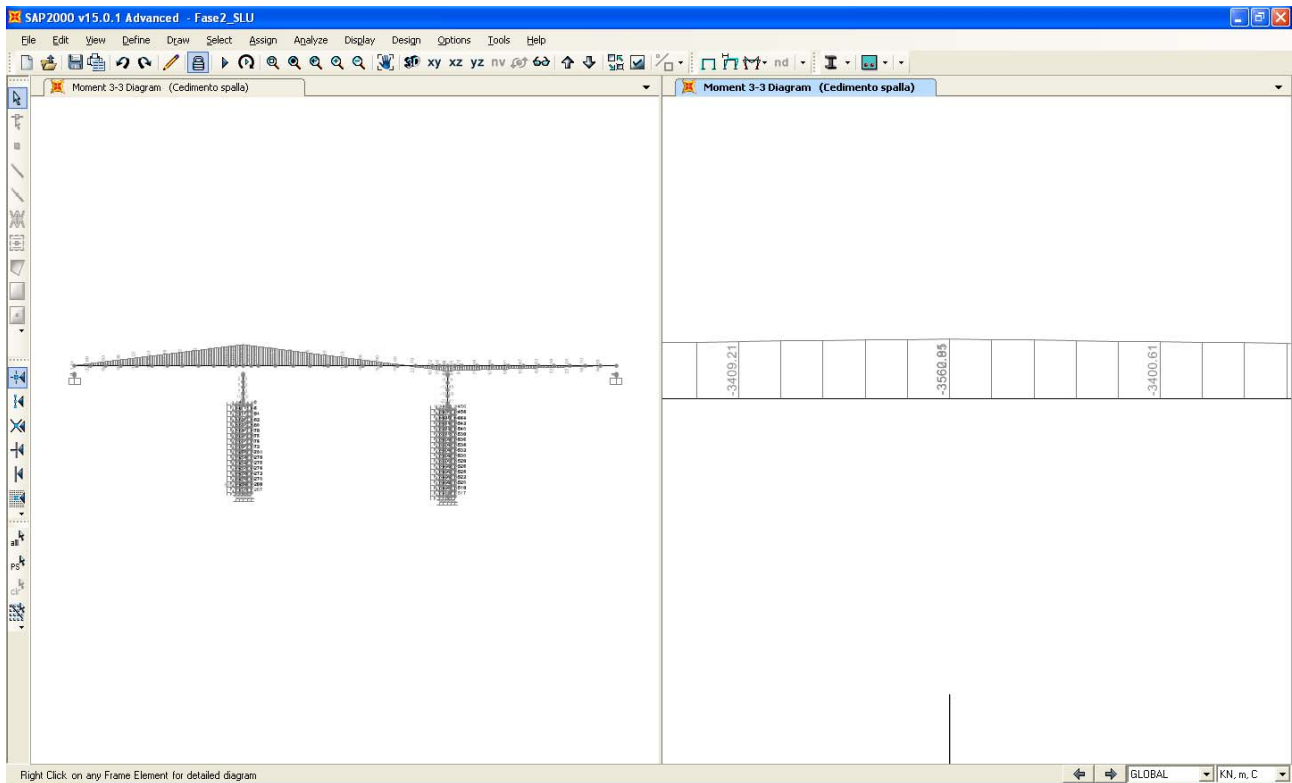
Queste variazioni termiche applicate in soletta vanno combinate secondo quanto previsto al punto 6.1.4.4 della medesima normativa tecnica, ottenendo 4 differenti condizioni di carico termico applicate al modello di calcolo "SLU" e qui riassunte:

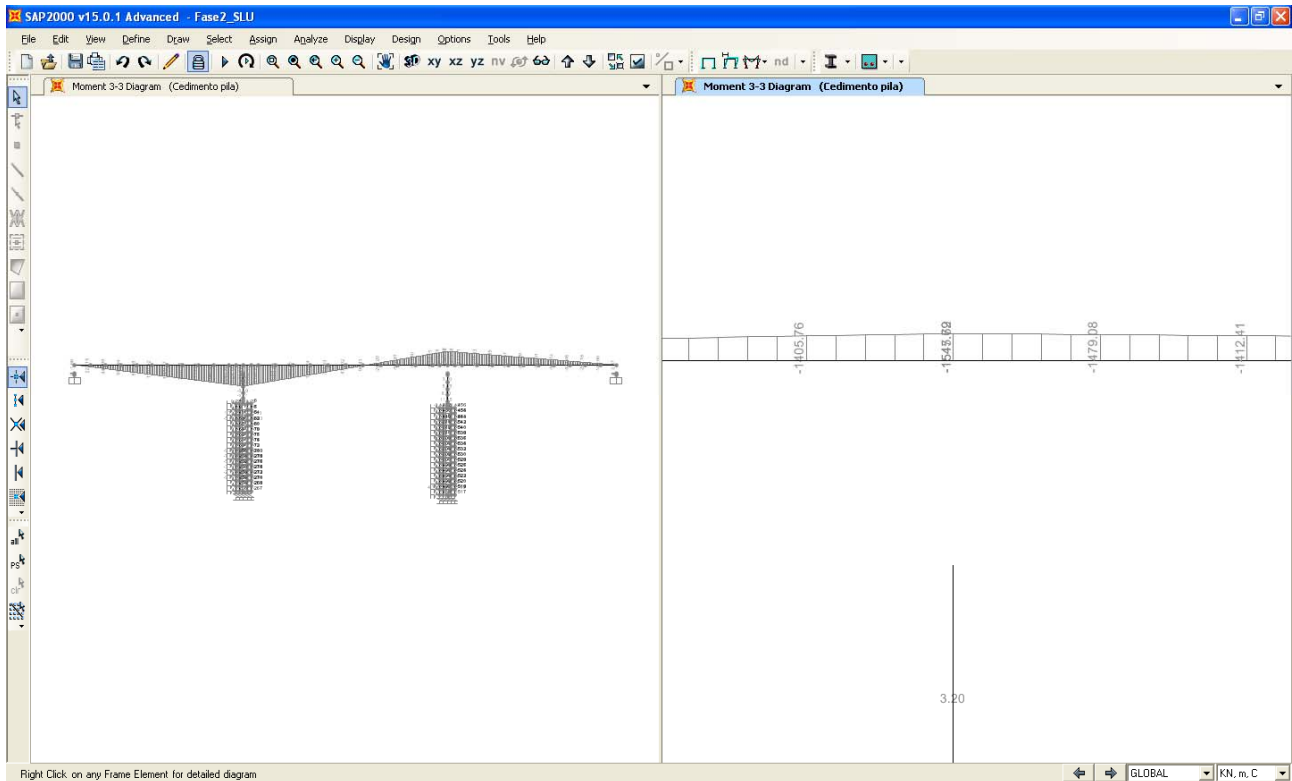
- $\Delta T = +21.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  soletta  
 $\Delta T = +11.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  struttura metallica
- $\Delta T = -19.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  soletta  
 $\Delta T = -9.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  struttura metallica
- $\Delta T = +41.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  soletta 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





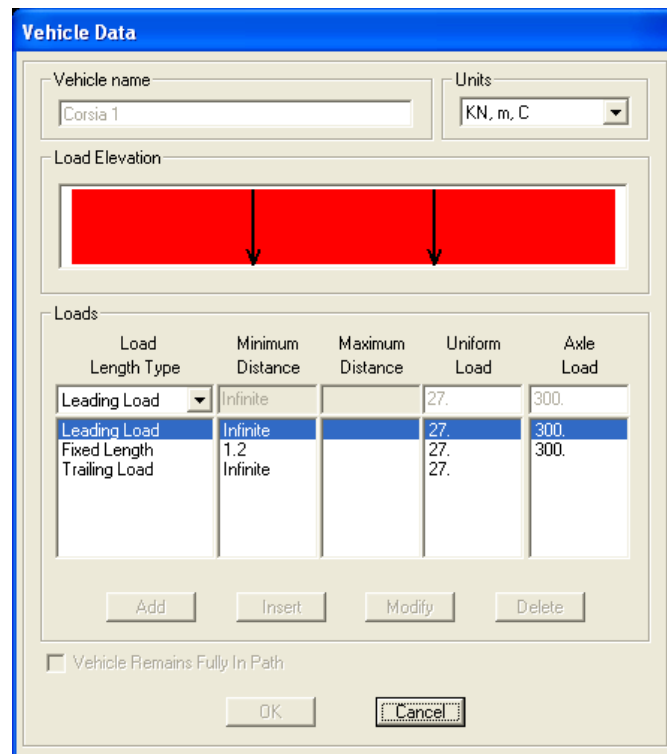
Poiché la loro incidenza percentuale in riferimento alle massime sollecitazioni agenti in condizione statica (SLU) risulta all'incirca pari all'1% - 3%, i cedimenti in oggetto possono essere trascurati.

### 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 previsti per i ponti stradali indicati la 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 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	

Vehicle Remains Fully In Path

**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	

Vehicle Remains Fully In Path

**Vehicle Data**

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

Load Elevation: [Redacted]

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

Buttons: 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:

$$F_{FR} = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.1 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 186 = 862.2 \text{ KN.}$$

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:  $v_{b,0}=25$  m/s;
- $a_s < 750$  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)

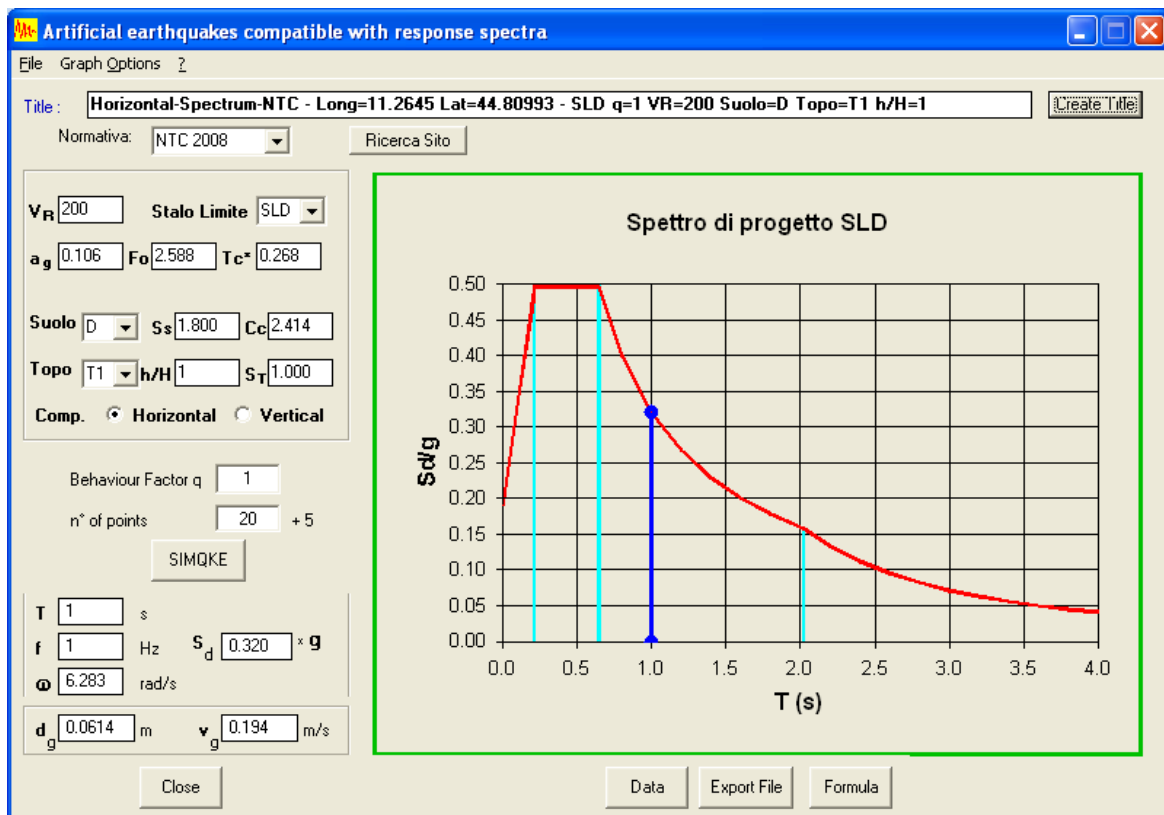
L'opera è prevista munita di sistema di protezione sismica costituito da isolatori a scorrimento a superficie curva (Friction Pendulum Isolators), inquadrabili secondo la tipologia di "Isolatori a scorrimento" descritta al punto 11.9.8 delle NTC08 (si veda per maggiori informazioni il punto 6.4). Tale 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.

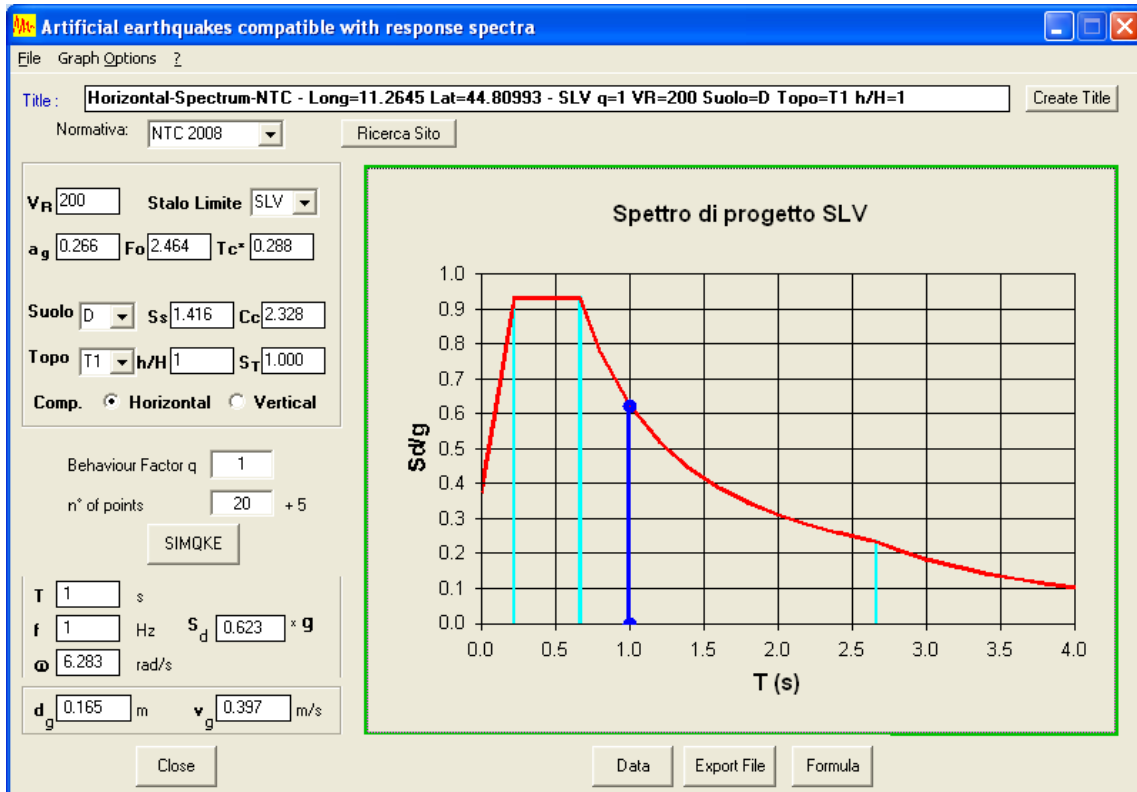
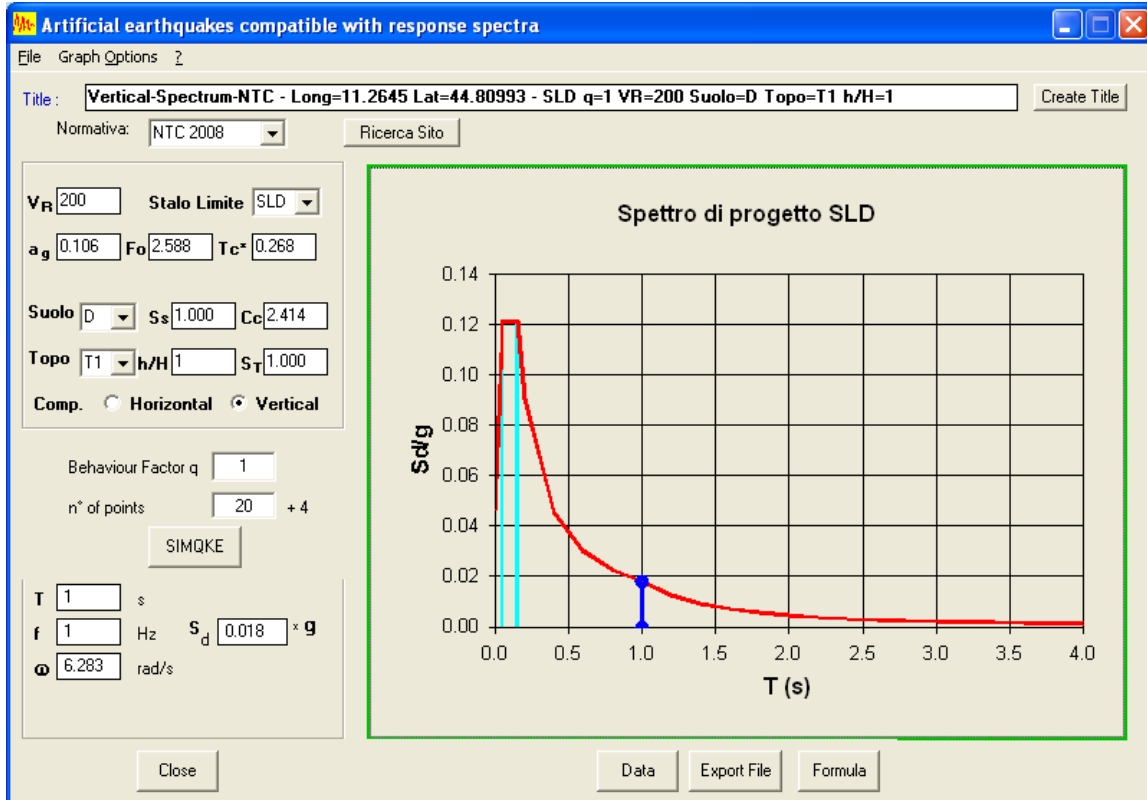
La determinazione dell'azione sismica è stata eseguita assumendo i seguenti parametri:

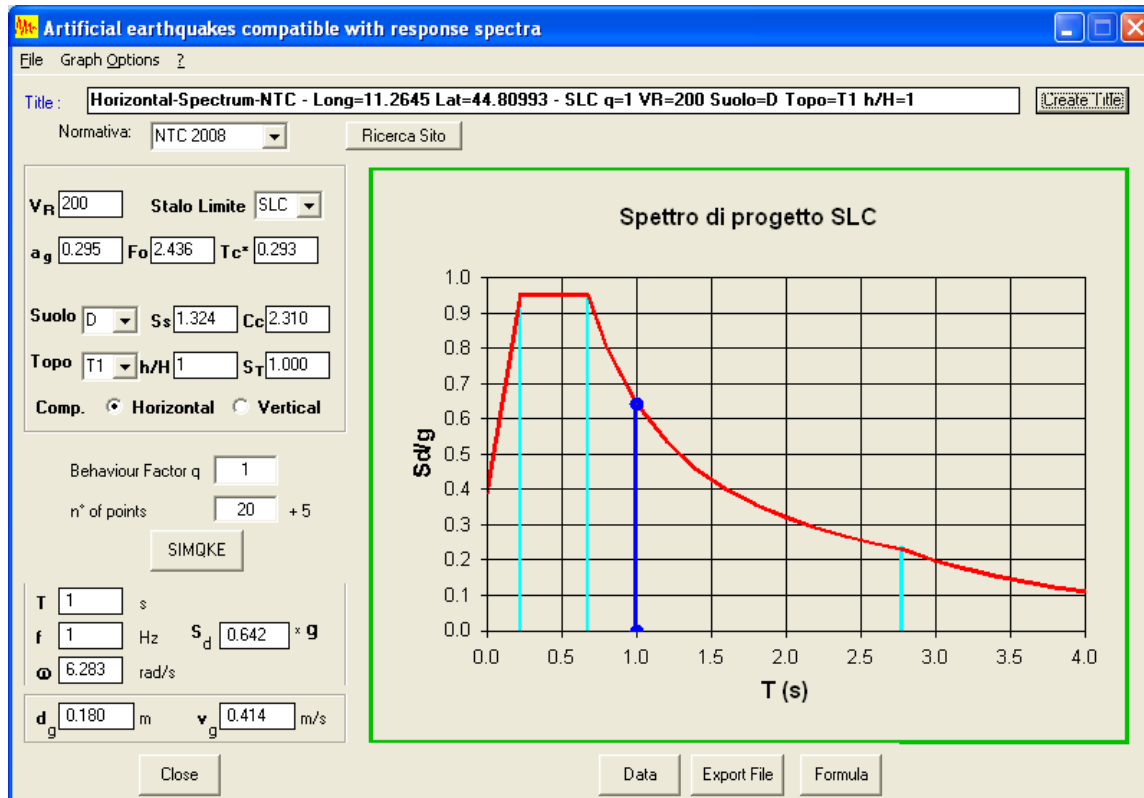
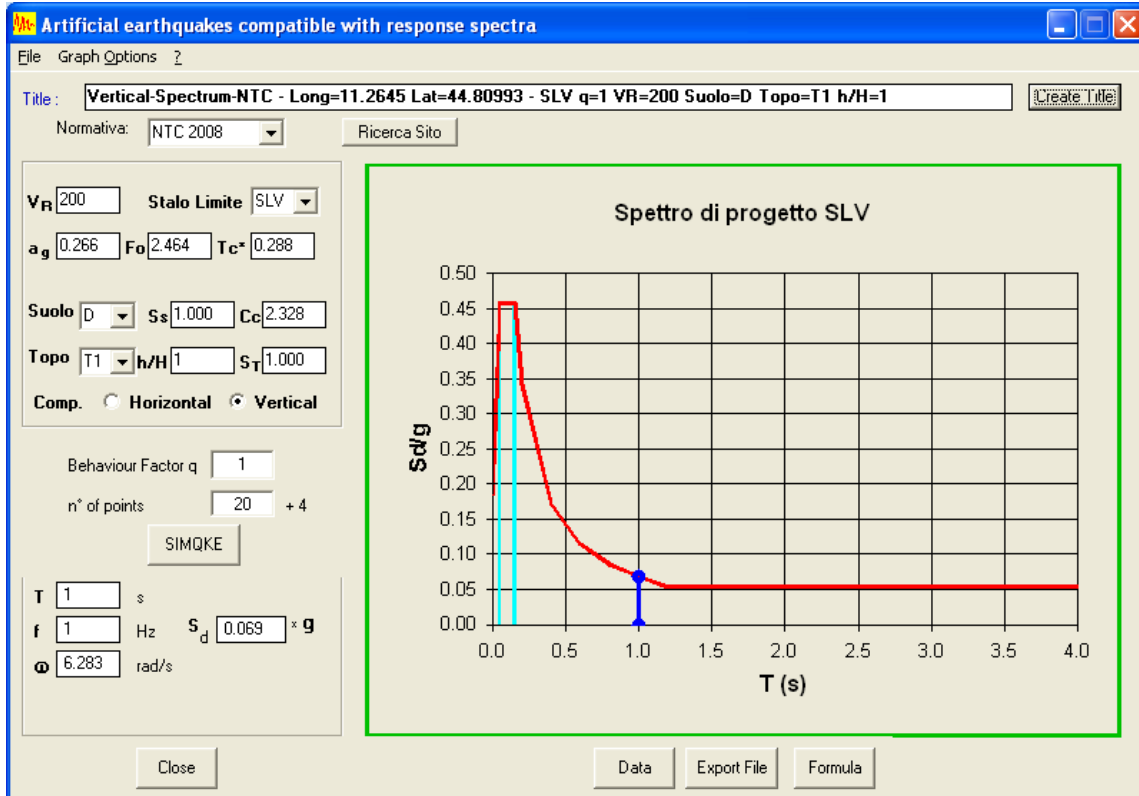
- Longitudine:  $11.2645^\circ$ ;
- Latitudine:  $44.80993^\circ$
- Vita nominale: 100 anni;
- Classe d'uso: IV  $\rightarrow C_u = 2.0$ ;
- Stato Limite: SLD, SLV, SLC;

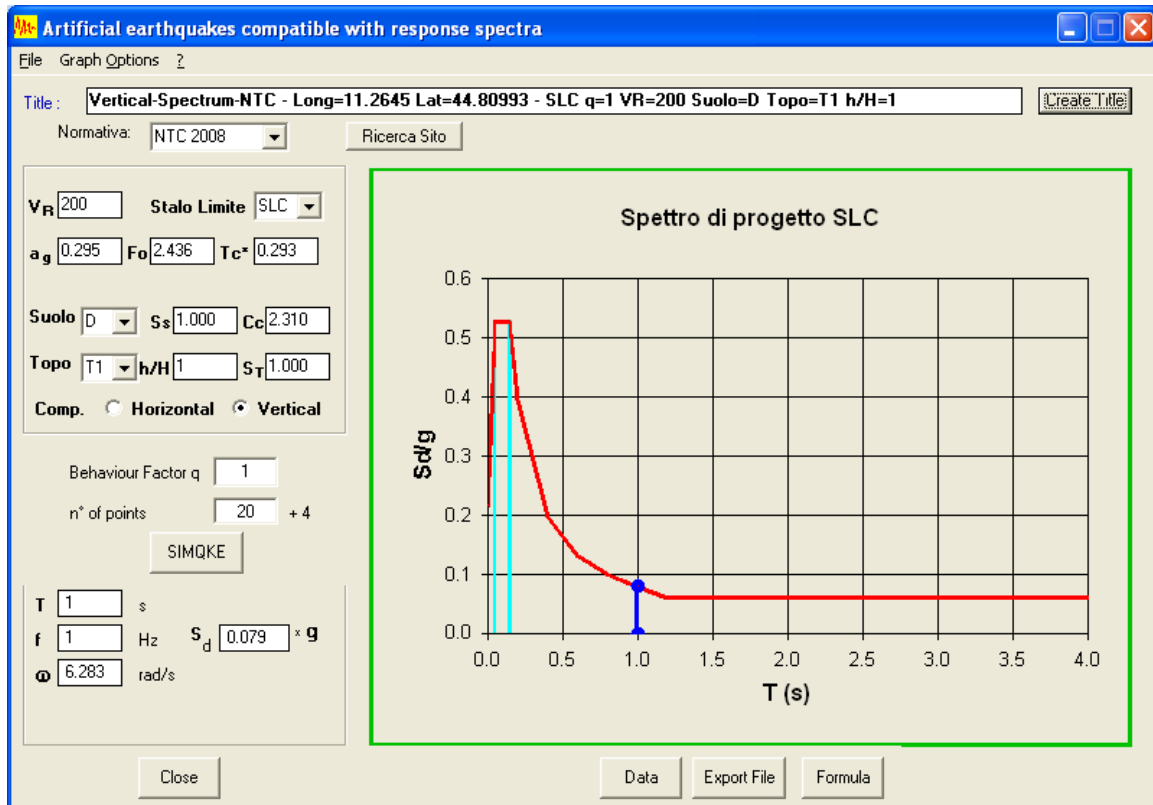
- Categoria di sottosuolo: D;
- Categoria topografica: T1;
- Fattore di struttura:  $q = 1$  (struttura isolata sismicamente, paragrafo 7.10 delle NTC08);
- Indice di smorzamento viscoso equivalente:  $\xi = 0.05$  (si veda il punto 6.4).

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		ISOLATORE UNICO SPALLA	
R	3700 mm	R	3700 mm
m	0.065 -	m	0.065 -
X	300 mm	X	320 mm
N	9030 KN	N	5180 KN
$K_{esi}$	4397.0 KN/m	$K_{esi}$	2452.2 KN/m
$\xi_{esi}$	0.283 -	$\xi_{esi}$	0.273 -

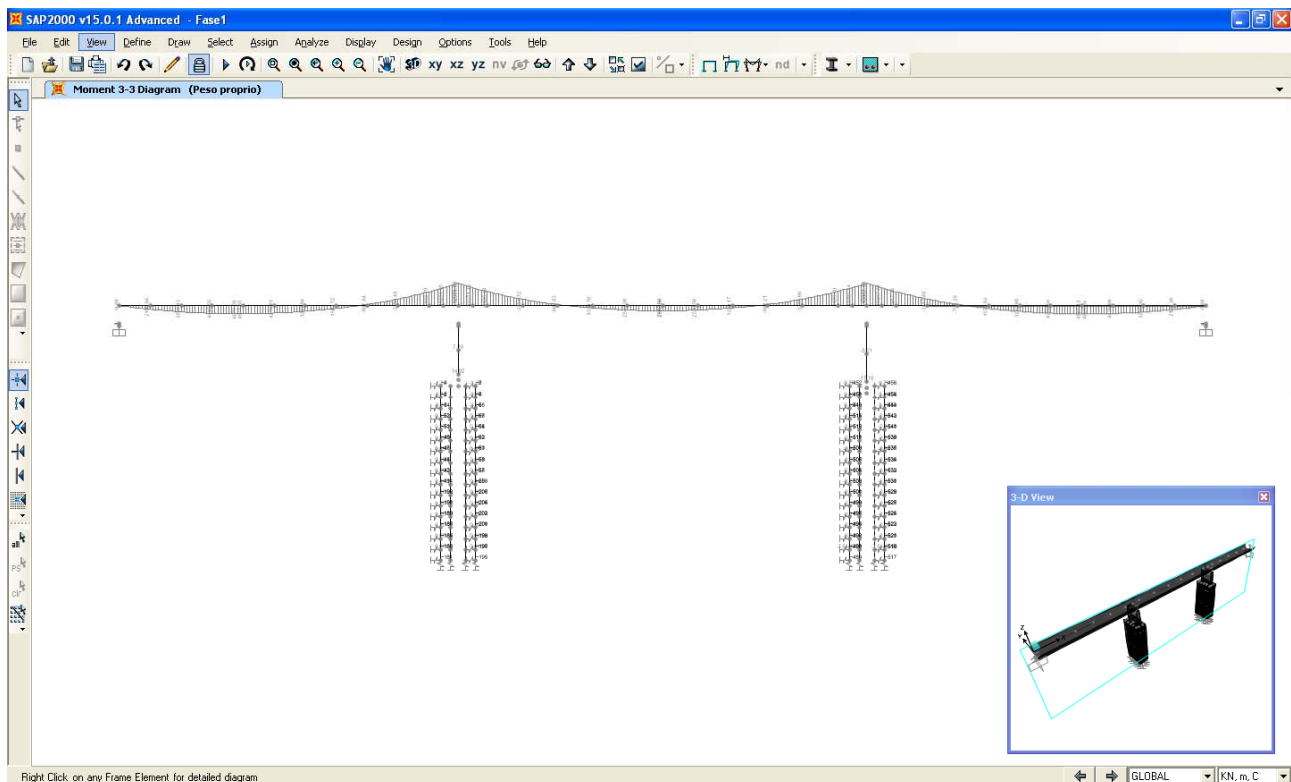
Dal momento che la rigidità del sistema di isolamento  $K_{esi}$  e l'indice di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_{esi}$  dipendono dal massimo spostamento di progetto (SLC), è stata applicata una procedura iterativa accertandosi il rispetto di quanto previsto al punto 7.10.5.2 delle NTC08. Le analisi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

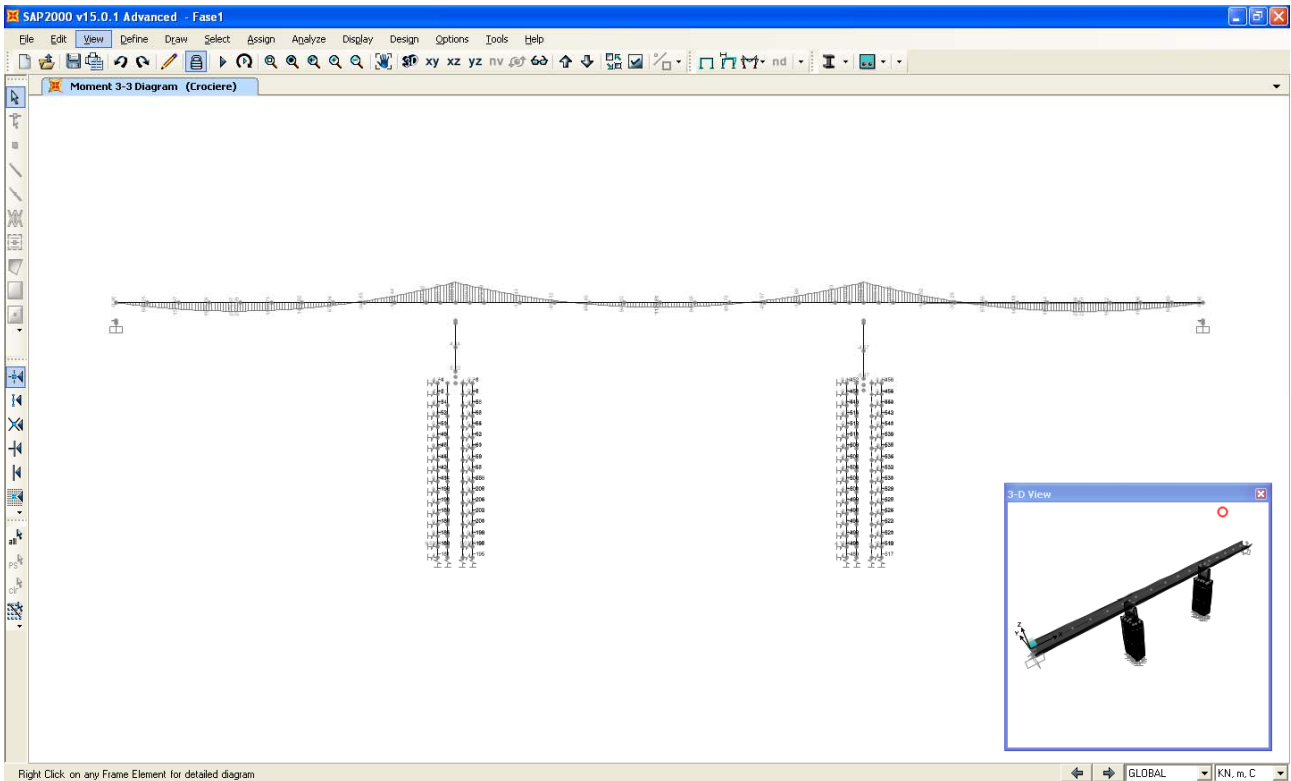
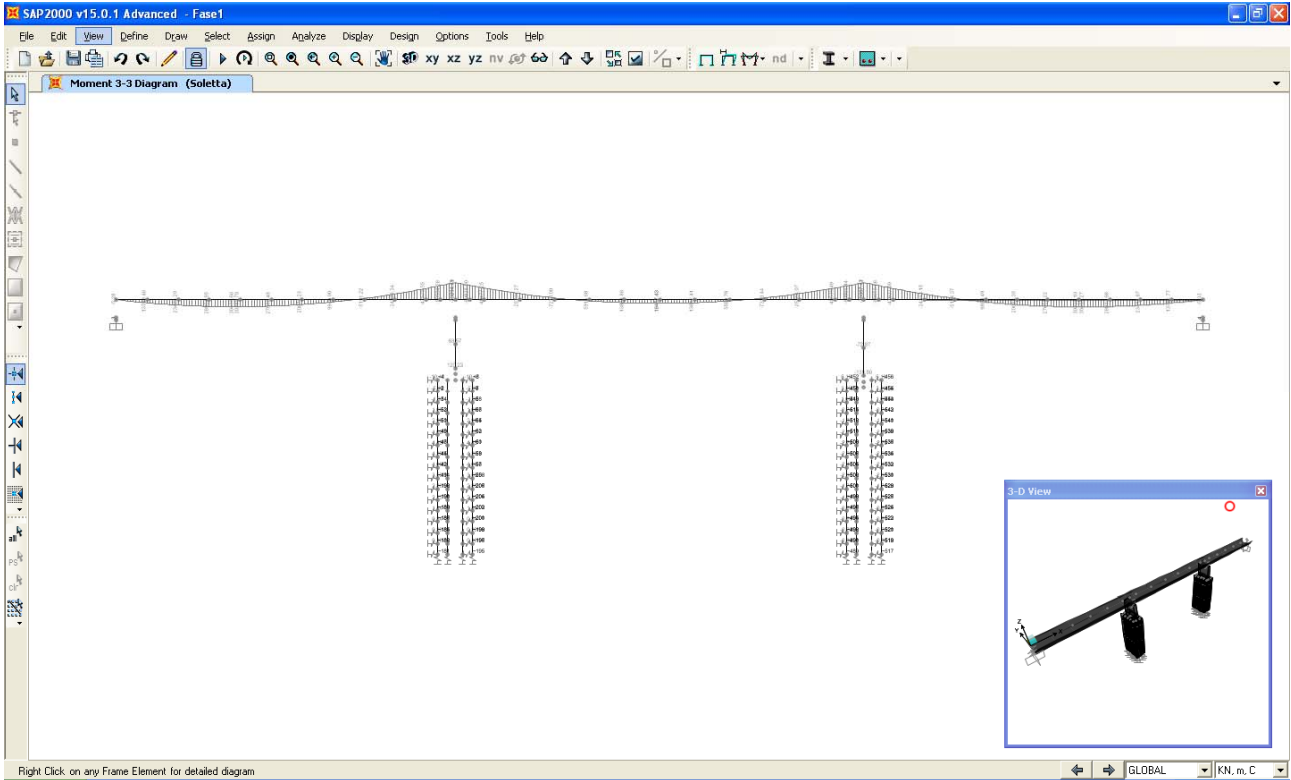
“dinamiche lineari” con spettro di risposta e la riduzione delle forme spettrali in funzione di  $\xi_{esi}$  è stata considerata direttamente dal programma di calcolo utilizzato per i primi modi di vibrare orizzontali; per i modi rimanenti si sono considerati gli spettri di risposta elastici definiti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

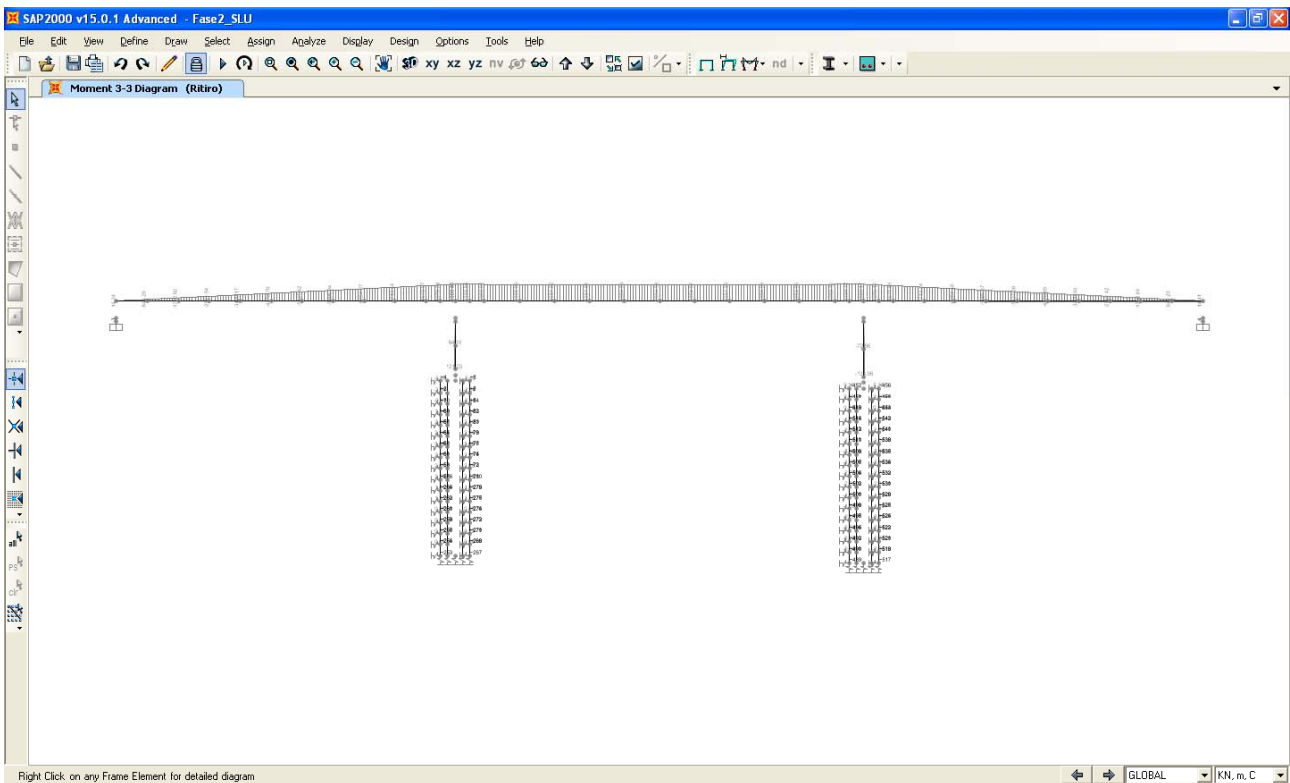
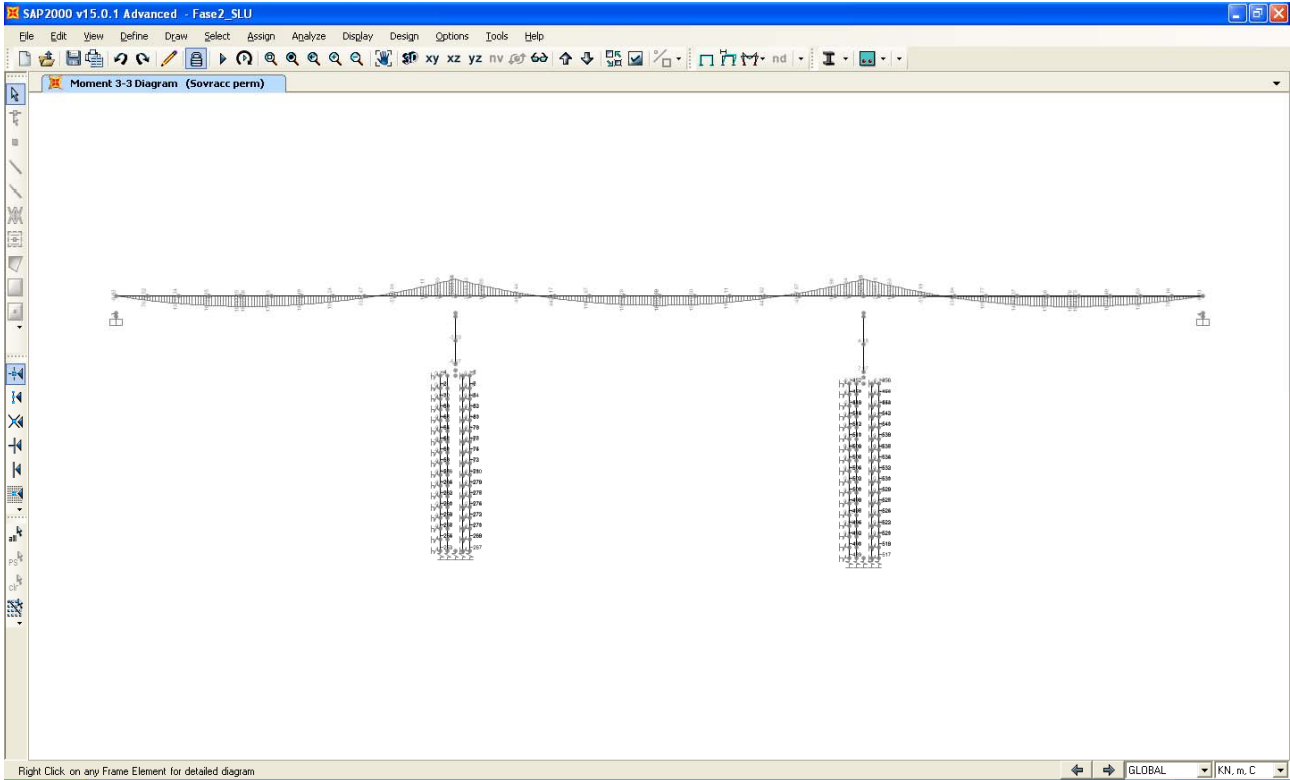
Va precisato che al fine di poter modellare in maniera elastica equivalente il comportamento del sistema di isolamento si è limitato in tutte le analisi di tipo sismico (SLC, SLV e SLD) il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente al valore di  $\xi_{esi} = 0.20$  (per valori superiori, infatti,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

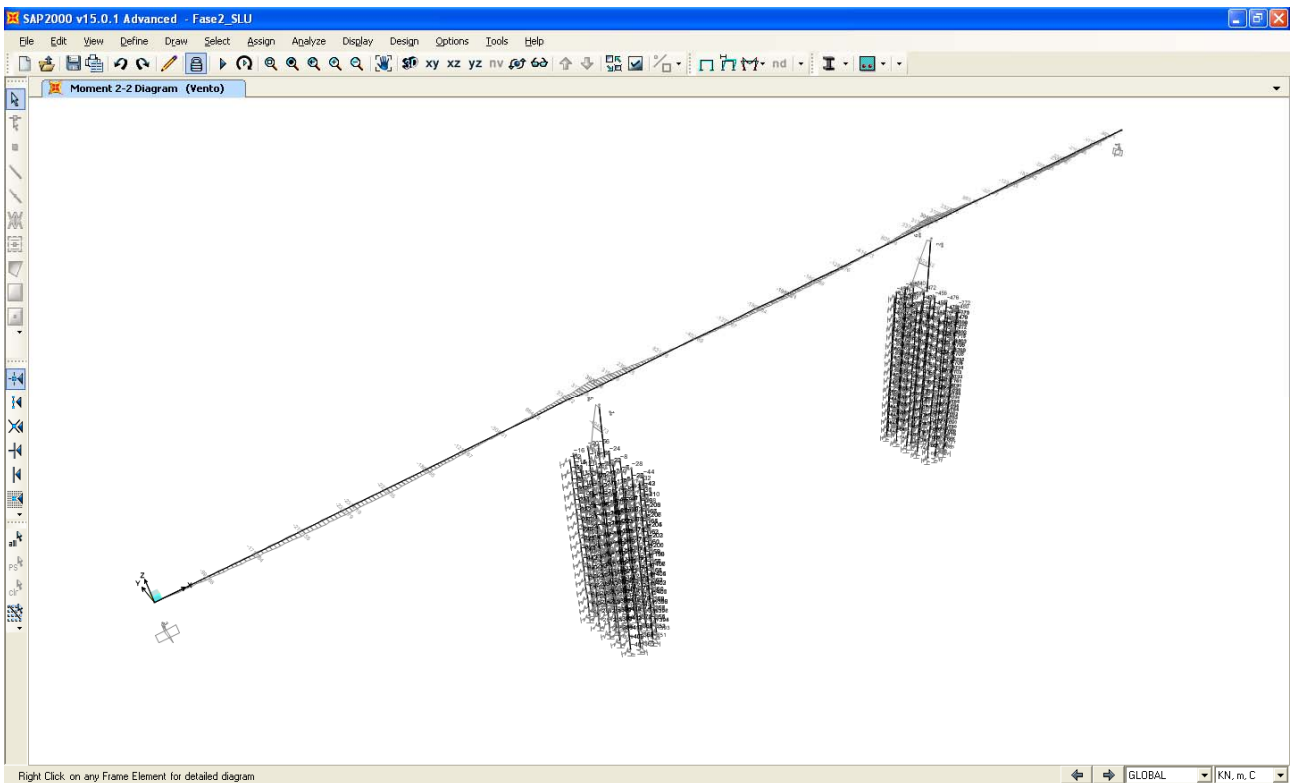
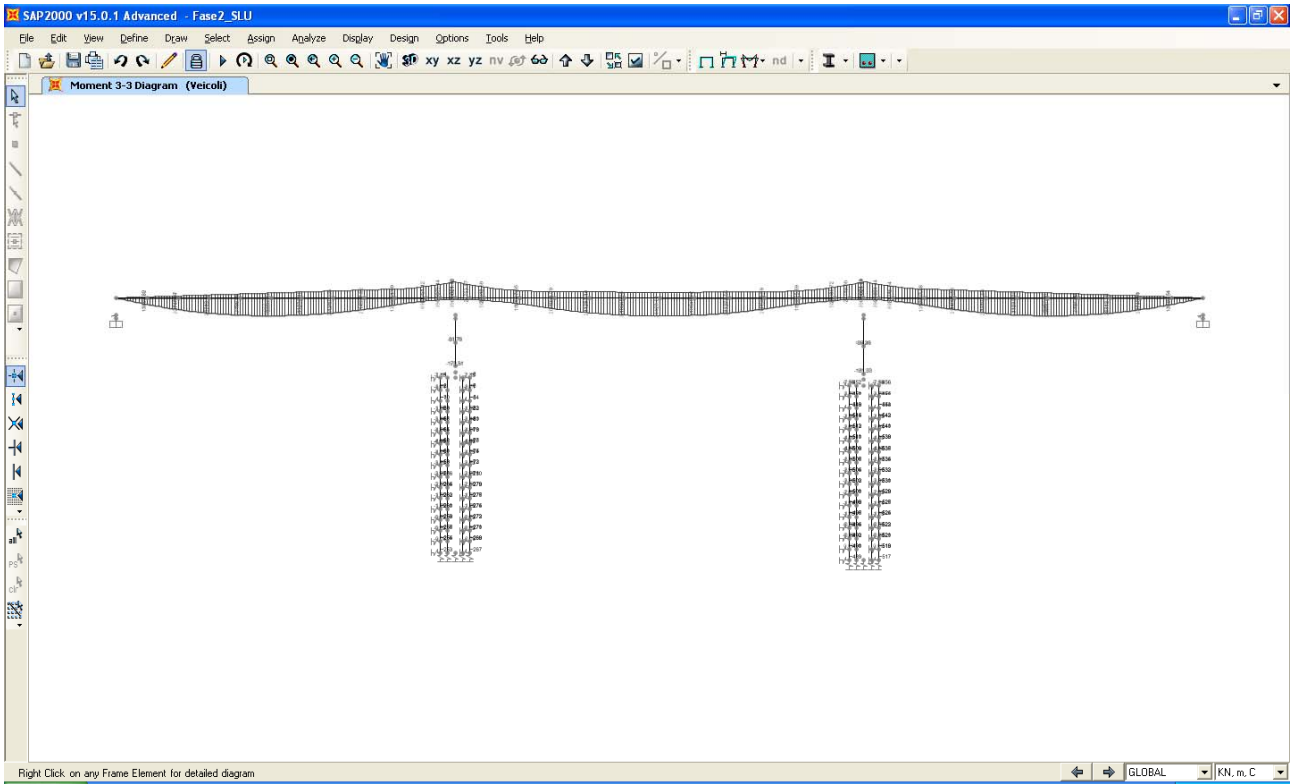
#### 6.4.1. Diagrammi delle sollecitazioni

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.



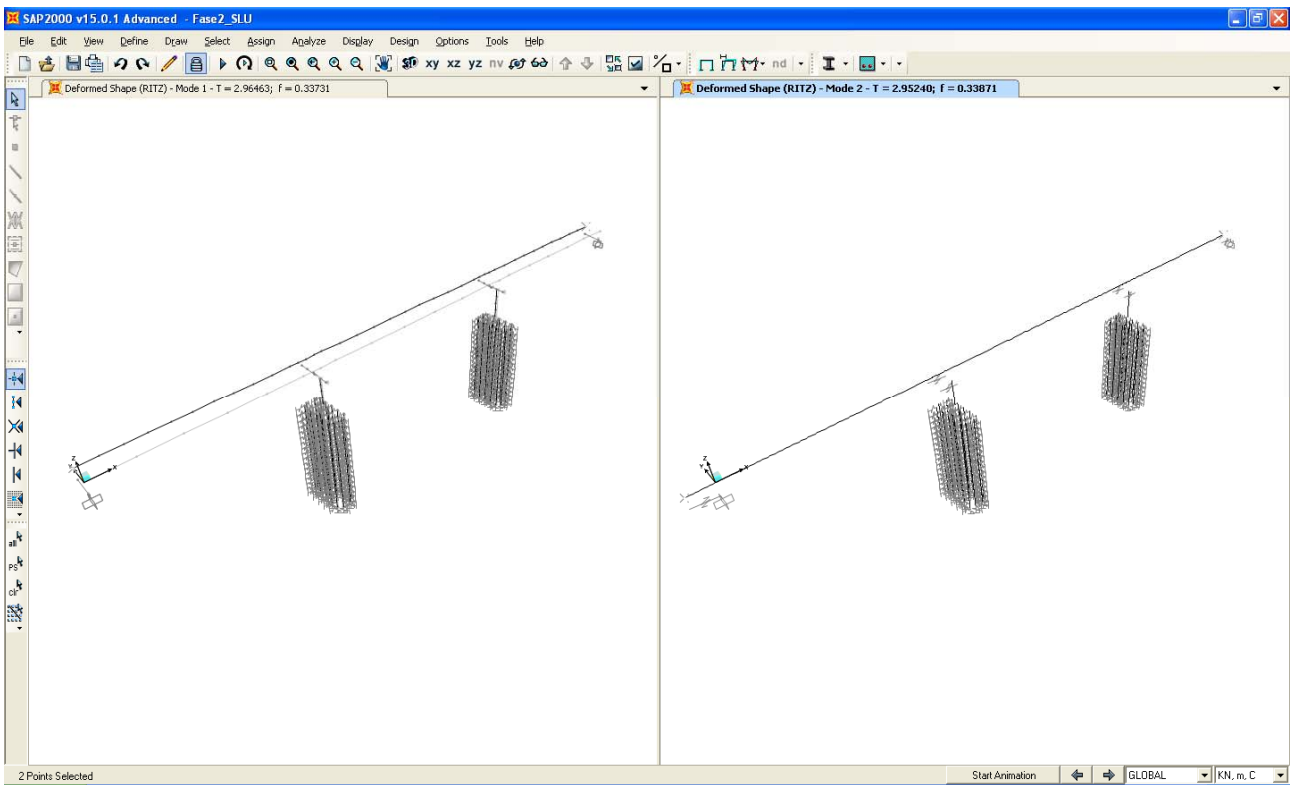




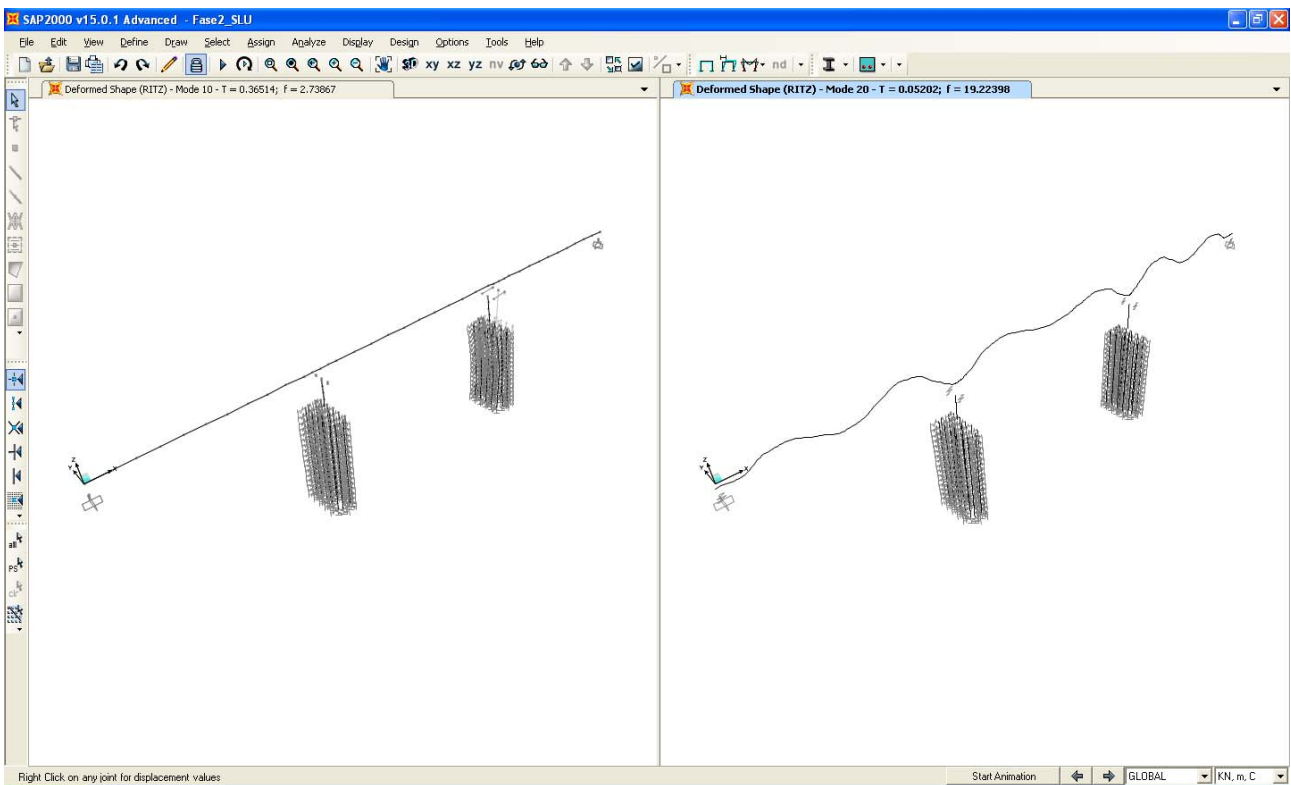
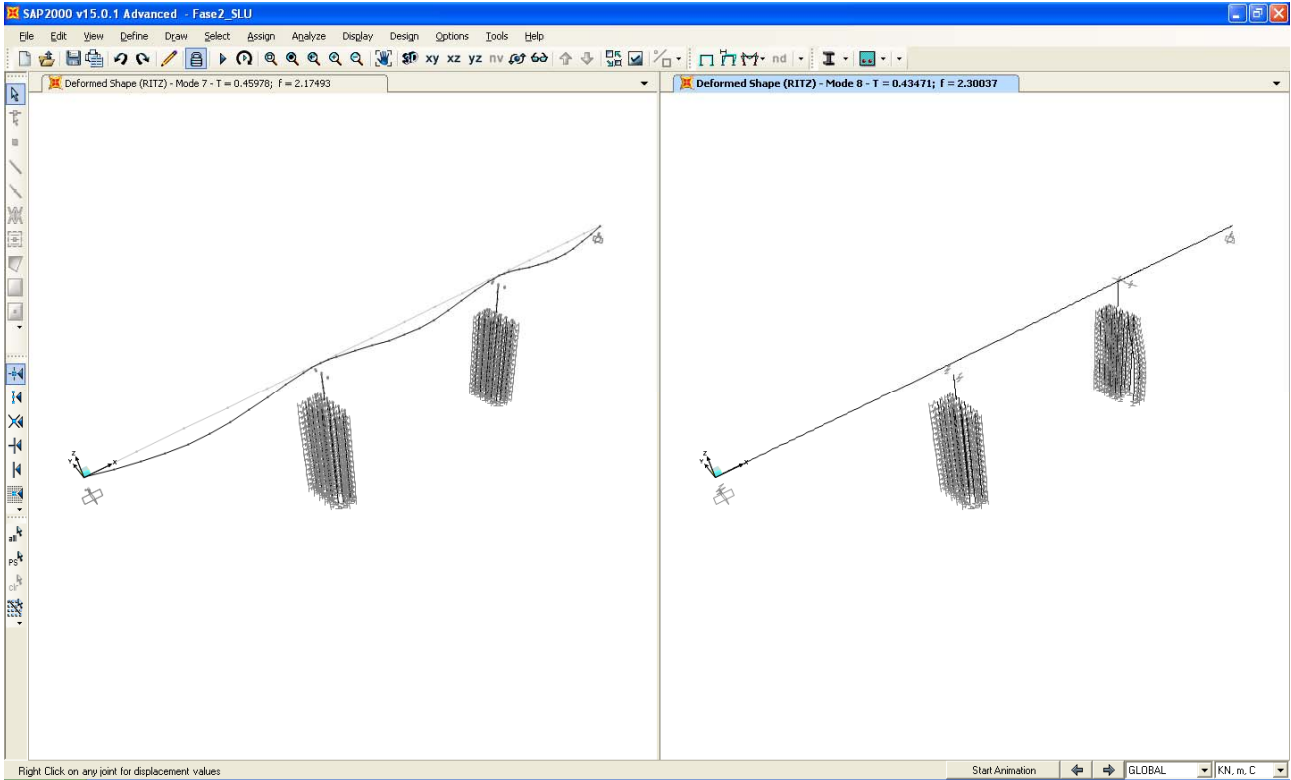


#### 6.4.2. Analisi modale dell'opera

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	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
RITZ	Mode	1	2.965	0.000	0.875	0.000	0.000	0.875	0.000	0.002	0.000	0.683	0.002	0.000	0.683
RITZ	Mode	2	2.952	0.869	0.000	0.000	0.869	0.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.683
RITZ	Mode	3	2.879	0.000	0.000	0.000	0.869	0.875	0.000	0.000	0.000	0.203	0.002	0.000	0.886
RITZ	Mode	4	0.808	0.000	0.000	0.000	0.869	0.875	0.000	0.001	0.000	0.000	0.003	0.000	0.886
RITZ	Mode	5	0.778	0.000	0.000	0.000	0.869	0.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.886
RITZ	Mode	6	0.547	0.000	0.000	0.000	0.869	0.875	0.000	0.000	0.139	0.000	0.003	0.139	0.886
RITZ	Mode	7	0.460	0.000	0.000	0.630	0.869	0.875	0.630	0.000	0.481	0.000	0.003	0.620	0.886
RITZ	Mode	8	0.435	0.000	0.066	0.000	0.869	0.941	0.630	0.493	0.000	0.096	0.496	0.620	0.982
RITZ	Mode	9	0.403	0.000	0.059	0.000	0.869	1.000	0.630	0.379	0.000	0.018	0.875	0.620	1.000
RITZ	Mode	10	0.365	0.068	0.000	0.000	0.936	1.000	0.630	0.000	0.000	0.000	0.875	0.620	1.000
RITZ	Mode	11	0.330	0.061	0.000	0.000	0.997	1.000	0.630	0.000	0.000	0.000	0.875	0.620	1.000
RITZ	Mode	12	0.287	0.000	0.000	0.000	0.997	1.000	0.630	0.000	0.000	0.000	0.875	0.620	1.000
RITZ	Mode	13	0.223	0.000	0.000	0.000	0.997	1.000	0.630	0.000	0.023	0.000	0.875	0.643	1.000
RITZ	Mode	14	0.173	0.000	0.000	0.007	0.997	1.000	0.637	0.000	0.005	0.000	0.875	0.648	1.000
RITZ	Mode	15	0.118	0.000	0.000	0.081	0.997	1.000	0.718	0.000	0.063	0.000	0.875	0.712	1.000
RITZ	Mode	16	0.089	0.000	0.000	0.124	0.997	1.000	0.842	0.000	0.099	0.000	0.875	0.811	1.000
RITZ	Mode	17	0.083	0.000	0.000	0.000	0.997	1.000	0.842	0.019	0.000	0.000	0.894	0.811	1.000
RITZ	Mode	18	0.076	0.002	0.000	0.000	0.999	1.000	0.842	0.000	0.000	0.000	0.894	0.811	1.000
RITZ	Mode	19	0.059	0.001	0.000	0.000	1.000	1.000	0.842	0.000	0.000	0.000	0.894	0.811	1.000
RITZ	Mode	20	0.052	0.000	0.000	0.131	1.000	1.000	0.973	0.000	0.101	0.000	0.894	0.912	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 quello 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/deformabilità e per quelli in c.a. la verifica a 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 e i conci "intermedi"; 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;
- $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$ ,  $w_4$ ,  $w_5$ ,  $A_{inf}$ ,  $A_{sup}$  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 rigidità flessionale);
  - Le tensioni sono indicate in MPa.

**Sezione in asse pila**

“Fase 1” - sollecitazioni

				<b>MAX</b>	12.8	-5535.0	0.0	0.0	0.0	-60957.9
				<b>MIN</b>	9.5	-8898.3	0.0	0.0	0.0	-123219.4

**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
105	0	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6591.3	0.0	0.0	0.0	-91273.6
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6591.1	0.0	0.0	0.0	-91267.0
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6591.1	0.0	0.0	0.0	-91267.0
105	0.5008	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6485.5	0.0	0.0	0.0	-87999.2
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6379.9	0.0	0.0	0.0	-84784.1
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6379.9	0.0	0.0	0.0	-84784.1
105	1.5004	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6274.3	0.0	0.0	0.0	-81621.8
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6168.7	0.0	0.0	0.0	-78512.3
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6168.7	0.0	0.0	0.0	-78512.3
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6063.1	0.0	0.0	0.0	-75455.6
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-6063.1	0.0	0.0	0.0	-75455.6
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5957.5	0.0	0.0	0.0	-72451.6
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5957.5	0.0	0.0	0.0	-72451.6
105	3.4996	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5852.0	0.0	0.0	0.0	-69500.4
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5746.4	0.0	0.0	0.0	-66602.0
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5746.4	0.0	0.0	0.0	-66602.0
105	4.4992	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5640.8	0.0	0.0	0.0	-63756.3
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5535.2	0.0	0.0	0.0	-60963.5
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5535.2	0.0	0.0	0.0	-60963.5
105	5	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5535.0	0.0	0.0	0.0	-60957.9
105	0	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8898.3	0.0	0.0	0.0	-123219.4
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8898.0	0.0	0.0	0.0	-123210.5
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8898.0	0.0	0.0	0.0	-123210.5
105	0.5008	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8755.4	0.0	0.0	0.0	-118798.9
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8612.9	0.0	0.0	0.0	-114458.5
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8612.9	0.0	0.0	0.0	-114458.5
105	1.5004	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8470.3	0.0	0.0	0.0	-110189.5
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8327.8	0.0	0.0	0.0	-105991.6
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8327.8	0.0	0.0	0.0	-105991.6
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8185.2	0.0	0.0	0.0	-101865.0
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8185.2	0.0	0.0	0.0	-101865.0
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8042.7	0.0	0.0	0.0	-97809.6
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-8042.7	0.0	0.0	0.0	-97809.6
105	3.4996	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7900.1	0.0	0.0	0.0	-93825.5
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7757.6	0.0	0.0	0.0	-89912.7
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7757.6	0.0	0.0	0.0	-89912.7
105	4.4992	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7615.0	0.0	0.0	0.0	-86071.0
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7472.5	0.0	0.0	0.0	-82300.7
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7472.5	0.0	0.0	0.0	-82300.7
105	5	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7472.2	0.0	0.0	0.0	-82293.2

“Fase 1” - tensioni

$\sigma$ dovute a M				$\sigma$ dovute a N	$\tau$	$\sigma$ ideale		
w1	w2	w3	w4			w2	w3	
0.0	0.0	144.6	152.3	0.0	0.0	167.1	176.4	MAX
-137.0	-133.1	0.0	0.0	0.0	-58.3	0.0	0.0	MIN
-101.5	-98.6	107.1	112.8	0.0	-43.2	123.8	130.7	
-101.4	-98.6	107.1	112.8	0.0	-43.2	123.8	130.7	
-101.4	-98.6	107.1	112.8	0.0	-43.2	123.8	130.7	
-97.8	-95.1	103.3	108.8	0.0	-42.5	120.2	126.9	
-94.2	-91.6	99.5	104.8	0.0	-41.8	116.8	123.1	
-94.2	-91.6	99.5	104.8	0.0	-41.8	116.8	123.1	
-90.7	-88.2	95.8	100.9	0.0	-41.1	113.3	119.4	
-87.3	-84.8	92.2	97.1	0.0	-40.4	110.0	115.8	
-87.3	-84.8	92.2	97.1	0.0	-40.4	110.0	115.8	
-83.9	-81.5	88.6	93.3	0.0	-39.8	106.7	112.2	
-83.9	-81.5	88.6	93.3	0.0	-39.8	106.7	112.2	
-80.5	-78.3	85.0	89.6	0.0	-39.1	103.4	108.7	
-80.5	-78.3	85.0	89.6	0.0	-39.1	103.4	108.7	
-77.3	-75.1	81.6	85.9	0.0	-38.4	100.2	105.2	
-74.0	-71.9	78.2	82.3	0.0	-37.7	97.1	101.8	
-74.0	-71.9	78.2	82.3	0.0	-37.7	97.1	101.8	
-70.9	-68.9	74.8	78.8	0.0	-37.0	94.0	98.5	
-67.8	-65.9	71.6	75.4	0.0	-36.3	91.0	95.3	
-67.8	-65.9	71.6	75.4	0.0	-36.3	91.0	95.3	
-67.8	-65.8	71.5	75.4	0.0	-36.3	91.0	95.2	
-137.0	-133.1	144.6	152.3	0.0	-58.3	167.1	176.4	
-137.0	-133.1	144.6	152.3	0.0	-58.3	167.1	176.4	
-137.0	-133.1	144.6	152.3	0.0	-58.3	167.1	176.4	
-132.0	-128.3	139.4	146.9	0.0	-57.4	162.3	171.3	
-127.2	-123.6	134.3	141.5	0.0	-56.5	157.6	166.2	
-127.2	-123.6	134.3	141.5	0.0	-56.5	157.6	166.2	
-122.5	-119.0	129.3	136.2	0.0	-55.5	153.0	161.2	
-117.8	-114.5	124.4	131.0	0.0	-54.6	148.5	156.3	
-117.8	-114.5	124.4	131.0	0.0	-54.6	148.5	156.3	
-113.2	-110.0	119.6	125.9	0.0	-53.7	144.0	151.4	
-113.2	-110.0	119.6	125.9	0.0	-53.7	144.0	151.4	
-108.7	-105.7	114.8	120.9	0.0	-52.7	139.6	146.7	
-108.7	-105.7	114.8	120.9	0.0	-52.7	139.6	146.7	
-104.3	-101.4	110.1	116.0	0.0	-51.8	135.3	142.0	
-99.9	-97.1	105.5	111.2	0.0	-50.9	131.1	137.5	
-99.9	-97.1	105.5	111.2	0.0	-50.9	131.1	137.5	
-95.7	-93.0	101.0	106.4	0.0	-49.9	127.0	133.0	
-91.5	-88.9	96.6	101.8	0.0	-49.0	122.9	128.6	
-91.5	-88.9	96.6	101.8	0.0	-49.0	122.9	128.6	
-91.5	-88.9	96.6	101.7	0.0	-49.0	122.9	128.6	

“SLU” - sollecitazioni

					MAX	32.7	-2205.1	512.5	16163.4	6173.1	12480.5	12480.5
					MIN	-221.6	-7935.0	-3.3	-3802.1	-225.1	-91573.4	-91573.4
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	
105	0	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2572.6	512.5	16163.4	6173.1	-4748.8	-4748.8	
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2572.5	512.5	16163.2	6172.6	-4745.7	-4745.7	
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2572.5	512.5	16163.2	6172.6	-4745.7	-4745.7	
105	0.5008	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2535.8	505.2	16012.4	5918.9	-3152.3	-3152.3	
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2499.1	497.9	15861.6	5668.8	-1583.7	-1583.7	
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2499.1	497.9	15861.6	5668.8	-1583.7	-1583.7	
105	1.5004	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2462.3	490.7	15712.4	5422.5	-11.4	-11.4	
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2425.6	483.4	15563.2	5179.7	1536.1	1536.1	
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2425.6	483.4	15563.2	5179.7	1536.1	1536.1	
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2388.9	476.1	15371.8	4940.6	3074.4	3074.4	
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2388.9	476.1	15371.8	4940.6	3074.4	3074.4	
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2352.1	468.9	15268.0	4705.1	4973.0	4973.0	
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2352.1	468.9	15268.0	4705.1	4973.0	4973.0	
105	3.4996	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2315.4	461.6	15121.4	4473.3	6867.1	6867.1	
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2278.6	454.3	14974.7	4245.2	8736.4	8736.4	
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2278.6	454.3	14974.7	4245.2	8736.4	8736.4	
105	4.4992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2241.9	447.0	14826.8	4020.7	10619.0	10619.0	
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2205.2	439.8	14678.8	3799.8	12476.8	12476.8	
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2205.2	439.8	14678.8	3799.8	12476.8	12476.8	
105	5	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2205.1	439.7	14678.4	3799.4	12480.5	12480.5	
105	0	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7935.0	-3.3	-3756.4	-225.1	-91573.4	-91573.4	
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7934.8	-3.3	-3756.3	-225.1	-91566.0	-91566.0	
105	0.001	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7934.8	-3.3	-3756.3	-225.1	-91566.0	-91566.0	
105	0.5008	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7840.8	-3.3	-3744.5	-224.0	-87931.8	-87931.8	
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7746.7	-3.3	-3732.7	-222.8	-84322.5	-84322.5	
105	1.0006	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7746.7	-3.3	-3732.7	-222.8	-84322.5	-84322.5	
105	1.5004	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7652.7	-3.3	-3736.6	-221.7	-81121.9	-81121.9	
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7558.6	-3.3	-3740.4	-220.6	-77946.0	-77946.0	
105	2.0002	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7558.6	-3.3	-3740.4	-220.6	-77946.0	-77946.0	
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7455.7	-3.3	-3705.3	-219.5	-74998.0	-74998.0	
105	2.5	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7455.7	-3.3	-3705.3	-219.5	-74998.0	-74998.0	
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7370.7	-3.3	-3757.7	-218.5	-72114.5	-72114.5	
105	2.9998	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7370.7	-3.3	-3757.7	-218.5	-72114.5	-72114.5	
105	3.4996	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7276.8	-3.3	-3768.0	-217.4	-69317.8	-69317.8	
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7182.9	-3.3	-3778.3	-216.4	-66545.8	-66545.8	
105	3.9994	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7182.9	-3.3	-3778.3	-216.4	-66545.8	-66545.8	
105	4.4992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-7089.1	-3.3	-3790.2	-215.4	-63886.5	-63886.5	
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6995.3	-3.3	-3802.1	-214.4	-61251.9	-61251.9	
105	4.999	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6995.3	-3.3	-3802.1	-214.4	-61251.9	-61251.9	
105	5	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6995.0	-3.3	-3802.0	-214.4	-61246.7	-61246.7	



“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					
12.1	11.9	94.8	100.2	-0.1	-0.1	105.5	118.8	0.0	0.0	6.0	134.4	132.3		-0.1	-0.1	105.2	118.5				MAX	
-99.9	-97.2	-2.8	-3.2	-0.5	-0.7	0.0	0.0	-0.3	-52.0	-1.4	0.0	0.0		-0.4	-0.7	0.0	0.0				MIN	
-5.2	-5.0	4.9	5.2	Cls tes	cls tes	5.5	6.2	0.0	-16.9	6.0	40.0	40.0		Cls tes	Cls tes	5.5	6.2					
-5.2	-5.0	4.9	5.2	Cls tes	cls tes	5.5	6.2	0.0	-16.9	6.0	40.0	40.0		Cls tes	Cls tes	5.5	6.2					
-5.2	-5.0	4.9	5.2	Cls tes	cls tes	5.5	6.2	0.0	-16.9	6.0	40.0	40.0		Cls tes	Cls tes	5.5	6.2					
-3.4	-3.3	3.3	3.4	Cls tes	cls tes	3.6	4.1	0.0	-16.6	6.0	39.3	39.3		Cls tes	Cls tes	3.7	4.1					
-1.7	-1.7	1.6	1.7	Cls tes	cls tes	1.8	2.1	0.0	-16.4	5.9	38.7	38.7		Cls tes	Cls tes	1.9	2.1					
-1.7	-1.7	1.6	1.7	Cls tes	cls tes	1.8	2.1	0.0	-16.4	5.9	38.7	38.7		Cls tes	Cls tes	1.9	2.1					
0.0	0.0	0.0	0.0	Cls tes	cls tes	0.0	0.0	0.0	-16.1	5.9	38.1	38.1		Cls tes	Cls tes	0.1	0.1					
1.5	1.5	-0.3	-0.4	-0.1	-0.1	Compresso	Compresso	0.0	-15.9	5.8	37.6	37.6		-0.1	-0.1	Compresso	Compresso					
1.5	1.5	-0.3	-0.4	-0.1	-0.1	Compresso	Compresso	0.0	-15.9	5.8	37.6	37.6		-0.1	-0.1	Compresso	Compresso					
3.0	2.9	-0.7	-0.8	-0.1	-0.2	Compresso	Compresso	0.0	-15.7	5.7	37.2	37.1		-0.1	-0.2	Compresso	Compresso					
3.0	2.9	-0.7	-0.8	-0.1	-0.2	Compresso	Compresso	0.0	-15.7	5.7	37.2	37.1		-0.1	-0.2	Compresso	Compresso					
4.8	4.7	-1.1	-1.3	-0.2	-0.3	Compresso	Compresso	0.0	-15.4	5.7	36.9	36.6		-0.2	-0.3	Compresso	Compresso					
4.8	4.7	-1.1	-1.3	-0.2	-0.3	Compresso	Compresso	0.0	-15.4	5.7	36.9	36.6		-0.2	-0.3	Compresso	Compresso					
6.6	6.5	-1.5	-1.7	-0.2	-0.4	Compresso	Compresso	0.0	-15.2	5.6	36.7	36.1		-0.2	-0.4	Compresso	Compresso					
8.5	8.3	-1.9	-2.2	-0.3	-0.5	Compresso	Compresso	0.0	-14.9	5.6	36.5	35.6		-0.3	-0.5	Compresso	Compresso					
8.5	8.3	-1.9	-2.2	-0.3	-0.5	Compresso	Compresso	0.0	-14.9	5.6	36.5	35.6		-0.3	-0.5	Compresso	Compresso					
10.3	10.1	-2.3	-2.7	-0.4	-0.6	Compresso	Compresso	0.0	-14.7	5.5	36.5	35.1		-0.4	-0.6	Compresso	Compresso					
12.1	11.9	-2.8	-3.2	-0.5	-0.7	Compresso	Compresso	0.0	-14.5	5.5	36.5	34.6		-0.4	-0.7	Compresso	Compresso					
12.1	11.9	-2.8	-3.2	-0.5	-0.7	Compresso	Compresso	0.0	-14.5	5.5	36.5	34.6		-0.4	-0.7	Compresso	Compresso					
12.1	11.9	-2.8	-3.2	-0.5	-0.7	Compresso	Compresso	0.0	-14.5	5.5	36.5	34.6		-0.4	-0.7	Compresso	Compresso					
-99.9	-97.2	94.8	100.2	Cls tes	cls tes	105.5	118.8	-0.3	-52.0	-1.4	134.4	132.3		Cls tes	Cls tes	105.2	118.5					
-99.9	-97.2	94.8	100.1	Cls tes	cls tes	105.5	118.8	-0.3	-52.0	-1.4	134.4	132.3		Cls tes	Cls tes	105.2	118.5					
-99.9	-97.2	94.8	100.1	Cls tes	cls tes	105.5	118.8	-0.3	-52.0	-1.4	134.4	132.3		Cls tes	Cls tes	105.2	118.5					
-95.9	-93.4	91.1	96.2	Cls tes	cls tes	101.3	114.1	-0.3	-51.4	-1.4	130.9	128.8		Cls tes	Cls tes	101.0	113.8					
-92.0	-89.5	87.3	92.2	Cls tes	cls tes	97.1	109.4	-0.3	-50.8	-1.4	127.4	125.5		Cls tes	Cls tes	96.8	109.1					
-92.0	-89.5	87.3	92.2	Cls tes	cls tes	97.1	109.4	-0.3	-50.8	-1.4	127.4	125.5		Cls tes	Cls tes	96.8	109.1					
-88.5	-86.1	84.0	88.7	Cls tes	cls tes	93.5	105.3	-0.3	-50.2	-1.4	124.3	122.4		Cls tes	Cls tes	93.1	105.0					
-85.0	-82.8	80.7	85.3	Cls tes	cls tes	89.8	101.1	-0.3	-49.6	-1.4	121.2	119.4		Cls tes	Cls tes	89.5	100.8					
-85.0	-82.8	80.7	85.3	Cls tes	cls tes	89.8	101.1	-0.3	-49.6	-1.4	121.2	119.4		Cls tes	Cls tes	89.5	100.8					
-81.8	-79.6	77.7	82.0	Cls tes	cls tes	86.4	97.3	-0.3	-48.9	-1.4	118.2	116.5		Cls tes	Cls tes	86.1	97.0					
-81.8	-79.6	77.7	82.0	Cls tes	cls tes	86.4	97.3	-0.3	-48.9	-1.4	118.2	116.5		Cls tes	Cls tes	86.1	97.0					
-78.7	-76.6	74.7	78.9	Cls tes	cls tes	83.1	93.6	-0.3	-48.3	-1.4	115.4	113.8		Cls tes	Cls tes	82.8	93.3					
-78.7	-76.6	74.7	78.9	Cls tes	cls tes	83.1	93.6	-0.3	-48.3	-1.4	115.4	113.8		Cls tes	Cls tes	82.8	93.3					
-75.6	-73.6	71.8	75.8	Cls tes	cls tes	79.9	89.9	-0.3	-47.7	-1.4	112.7	111.1		Cls tes	Cls tes	79.5	89.6					
-72.6	-70.6	68.9	72.8	Cls tes	cls tes	76.7	86.4	-0.3	-47.1	-1.4	110.0	108.5		Cls tes	Cls tes	76.4	86.0					
-72.6	-70.6	68.9	72.8	Cls tes	cls tes	76.7	86.4	-0.3	-47.1	-1.4	110.0	108.5		Cls tes	Cls tes	76.4	86.0					
-69.7	-67.8	66.2	69.9	Cls tes	cls tes	73.6	82.9	-0.3	-46.5	-1.4	107.3	105.9		Cls tes	Cls tes	73.3	82.6					
-66.8	-65.0	63.4	67.0	Cls tes	cls tes	70.6	79.5	-0.3	-45.9	-1.4	104.8	103.4		Cls tes	Cls tes	70.3	79.2					
-66.8	-65.0	63.4	67.0	Cls tes	cls tes	70.6	79.5	-0.3	-45.9	-1.4	104.8	103.4		Cls tes	Cls tes	70.3	79.2					
-66.8	-65.0	63.4	67.0	Cls tes	cls tes	70.6	79.5	-0.3	-45.9	-1.4	104.8	103.4		Cls tes	Cls tes	70.3	79.2					



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		
-55.7	-54.0	239.4	252.5	-0.1	-0.1	105.5	118.8	0.1	-50.7	6.0	301.1	307.7	-0.1	-0.1	105.2	118.5	MAX	
-236.8	-230.3	68.8	72.2	-0.5	-0.7	0.0	0.0	-0.3	-110.4	-1.4	111.3	119.2	-0.4	-0.7	0.1	0.1	MIN	
-106.6	-103.6	112.0	118.0	Cls tes	cls tes	5.5	6.2	0.1	-60.1	6.0	154.4	160.2	Cls tes	Cls tes	5.5	6.2		
-106.6	-103.6	112.0	118.0	Cls tes	cls tes	5.5	6.2	0.1	-60.1	6.0	154.4	160.2	Cls tes	Cls tes	5.5	6.2		
-106.6	-103.6	112.0	118.0	Cls tes	cls tes	5.5	6.2	0.1	-60.1	6.0	154.4	160.2	Cls tes	Cls tes	5.5	6.2		
-101.3	-98.4	106.5	112.2	Cls tes	cls tes	3.6	4.1	0.1	-59.1	6.0	149.6	155.2	Cls tes	Cls tes	3.7	4.1		
-96.0	-93.3	101.2	106.6	Cls tes	cls tes	1.8	2.1	0.1	-58.2	5.9	145.0	150.3	Cls tes	Cls tes	1.9	2.1		
-96.0	-93.3	101.2	106.6	Cls tes	cls tes	1.8	2.1	0.1	-58.2	5.9	145.0	150.3	Cls tes	Cls tes	1.9	2.1		
-90.7	-88.2	95.8	100.9	Cls tes	cls tes	0.0	0.0	0.1	-57.3	5.9	140.4	145.4	Cls tes	Cls tes	0.1	0.1		
-85.8	-83.3	91.8	96.7	-0.1	-0.1	Compresso	Compresso	0.0	-56.3	5.8	136.1	141.5	-0.1	-0.1	Compresso	Compresso		
-85.8	-83.3	91.8	96.7	-0.1	-0.1	Compresso	Compresso	0.0	-56.3	5.8	136.1	141.5	-0.1	-0.1	Compresso	Compresso		
-80.9	-78.6	87.9	92.5	-0.1	-0.2	Compresso	Compresso	0.0	-55.4	5.7	131.9	137.6	-0.1	-0.2	Compresso	Compresso		
-80.9	-78.6	87.9	92.5	-0.1	-0.2	Compresso	Compresso	0.0	-55.4	5.7	131.9	137.6	-0.1	-0.2	Compresso	Compresso		
-75.7	-73.5	83.9	88.3	-0.2	-0.3	Compresso	Compresso	0.0	-54.5	5.7	127.5	133.8	-0.2	-0.3	Compresso	Compresso		
-75.7	-73.5	83.9	88.3	-0.2	-0.3	Compresso	Compresso	0.0	-54.5	5.7	127.5	133.8	-0.2	-0.3	Compresso	Compresso		
-70.6	-68.5	80.1	84.2	-0.2	-0.4	Compresso	Compresso	0.0	-53.5	5.6	123.3	130.1	-0.2	-0.4	Compresso	Compresso		
-65.6	-63.6	76.2	80.1	-0.3	-0.5	Compresso	Compresso	0.0	-52.6	5.6	119.2	126.4	-0.3	-0.5	Compresso	Compresso		
-65.6	-63.6	76.2	80.1	-0.3	-0.5	Compresso	Compresso	0.0	-52.6	5.6	119.2	126.4	-0.3	-0.5	Compresso	Compresso		
-60.6	-58.8	72.5	76.1	-0.4	-0.6	Compresso	Compresso	0.0	-51.7	5.5	115.2	122.8	-0.4	-0.6	Compresso	Compresso		
-55.7	-54.0	68.8	72.2	-0.5	-0.7	Compresso	Compresso	0.0	-50.7	5.5	111.3	119.3	-0.4	-0.7	Compresso	Compresso		
-55.7	-54.0	68.8	72.2	-0.5	-0.7	Compresso	Compresso	0.0	-50.7	5.5	111.3	119.3	-0.4	-0.7	Compresso	Compresso		
-55.7	-54.0	68.8	72.2	-0.5	-0.7	Compresso	Compresso	0.0	-50.7	5.5	111.3	119.2	-0.4	-0.7	Compresso	Compresso		
-236.8	-230.3	239.4	252.5	Cls tes	cls tes	105.5	118.8	-0.3	-110.4	-1.4	301.1	307.7	Cls tes	Cls tes	105.2	118.5		
-236.8	-230.3	239.4	252.5	Cls tes	cls tes	105.5	118.8	-0.3	-110.4	-1.4	301.1	307.7	Cls tes	Cls tes	105.2	118.5		
-236.8	-230.3	239.4	252.5	Cls tes	cls tes	105.5	118.8	-0.3	-110.4	-1.4	301.1	307.7	Cls tes	Cls tes	105.2	118.5		
-228.0	-221.7	230.5	243.0	Cls tes	cls tes	101.3	114.1	-0.3	-108.8	-1.4	292.8	299.0	Cls tes	Cls tes	101.0	113.8		
-219.2	-213.2	221.7	233.7	Cls tes	cls tes	97.1	109.4	-0.3	-107.3	-1.4	284.6	290.5	Cls tes	Cls tes	96.8	109.1		
-219.2	-213.2	221.7	233.7	Cls tes	cls tes	97.1	109.4	-0.3	-107.3	-1.4	284.6	290.5	Cls tes	Cls tes	96.8	109.1		
-211.0	-205.2	213.3	225.0	Cls tes	cls tes	93.5	105.3	-0.3	-105.7	-1.4	276.8	282.5	Cls tes	Cls tes	93.1	105.0		
-202.8	-197.2	205.1	216.3	Cls tes	cls tes	89.8	101.1	-0.3	-104.2	-1.4	269.1	274.5	Cls tes	Cls tes	89.5	100.8		
-202.8	-197.2	205.1	216.3	Cls tes	cls tes	89.8	101.1	-0.3	-104.2	-1.4	269.1	274.5	Cls tes	Cls tes	89.5	100.8		
-195.0	-189.7	197.2	208.0	Cls tes	cls tes	86.4	97.3	-0.3	-102.5	-1.4	261.7	266.8	Cls tes	Cls tes	86.1	97.0		
-195.0	-189.7	197.2	208.0	Cls tes	cls tes	86.4	97.3	-0.3	-102.5	-1.4	261.7	266.8	Cls tes	Cls tes	86.1	97.0		
-187.4	-182.2	189.5	199.8	Cls tes	cls tes	83.1	93.6	-0.3	-101.1	-1.4	254.6	259.4	Cls tes	Cls tes	82.8	93.3		
-187.4	-182.2	189.5	199.8	Cls tes	cls tes	83.1	93.6	-0.3	-101.1	-1.4	254.6	259.4	Cls tes	Cls tes	82.8	93.3		
-179.9	-174.9	181.9	191.8	Cls tes	cls tes	79.9	89.9	-0.3	-99.5	-1.4	247.5	252.0	Cls tes	Cls tes	79.5	89.6		
-172.5	-167.8	174.4	183.9	Cls tes	cls tes	76.7	86.4	-0.3	-98.0	-1.4	240.5	244.8	Cls tes	Cls tes	76.4	86.0		
-172.5	-167.8	174.4	183.9	Cls tes	cls tes	76.7	86.4	-0.3	-98.0	-1.4	240.5	244.8	Cls tes	Cls tes	76.4	86.0		
-165.4	-160.8	167.2	176.3	Cls tes	cls tes	73.6	82.9	-0.3	-96.4	-1.4	233.8	237.8	Cls tes	Cls tes	73.3	82.6		
-158.3	-153.9	160.0	168.7	Cls tes	cls tes	70.6	79.5	-0.3	-94.9	-1.4	227.1	230.9	Cls tes	Cls tes	70.3	79.2		
-158.3	-153.9	160.0	168.7	Cls tes	cls tes	70.6	79.5	-0.3	-94.9	-1.4	227.1	230.9	Cls tes	Cls tes	70.3	79.2		
-158.3	-153.9	160.0	168.7	Cls tes	cls tes	70.6	79.5	-0.3	-94.8	-1.4	227.1	230.9	Cls tes	Cls tes	70.3	79.2		

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	12.8	-3219.3	0.0	0.0	0.0	-8432.2
					MIN	9.5	-7472.2	0.0	0.0	0.0	-82292.8
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	
106	0	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5535.0	0.0	0.0	0.0	-60957.7	
106	0.50042	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5438.4	0.0	0.0	0.0	-58212.0	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5341.8	0.0	0.0	0.0	-55514.7	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5341.8	0.0	0.0	0.0	-55514.7	
106	1.50075	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5245.4	0.0	0.0	0.0	-52868.4	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5148.9	0.0	0.0	0.0	-50270.3	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5148.9	0.0	0.0	0.0	-50270.3	
106	2.50058	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-5052.4	0.0	0.0	0.0	-47720.4	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4955.9	0.0	0.0	0.0	-45218.7	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4955.9	0.0	0.0	0.0	-45218.7	
106	3.50042	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4859.5	0.0	0.0	0.0	-42765.2	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4763.0	0.0	0.0	0.0	-40360.0	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4763.0	0.0	0.0	0.0	-40360.0	
106	4.50025	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4666.5	0.0	0.0	0.0	-38003.0	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4570.1	0.0	0.0	0.0	-35694.3	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4570.1	0.0	0.0	0.0	-35694.3	
106	5.50008	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4473.6	0.0	0.0	0.0	-33433.7	
106	6	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4377.1	0.0	0.0	0.0	-31221.4	
106	6	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4377.1	0.0	0.0	0.0	-31221.4	
106	6.49992	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4280.7	0.0	0.0	0.0	-29057.3	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4184.2	0.0	0.0	0.0	-26941.5	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4184.2	0.0	0.0	0.0	-26941.5	
106	7.49975	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-4087.7	0.0	0.0	0.0	-24873.8	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3991.2	0.0	0.0	0.0	-22854.4	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3991.2	0.0	0.0	0.0	-22854.4	
106	8.49958	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3894.8	0.0	0.0	0.0	-20883.3	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3798.3	0.0	0.0	0.0	-18960.3	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3798.3	0.0	0.0	0.0	-18960.3	
106	9.49942	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3701.8	0.0	0.0	0.0	-17085.6	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3605.4	0.0	0.0	0.0	-15259.1	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3605.4	0.0	0.0	0.0	-15259.1	
106	10.49925	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3508.9	0.0	0.0	0.0	-13480.8	
106	10.99917	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3412.4	0.0	0.0	0.0	-11750.8	
106	10.99917	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3412.4	0.0	0.0	0.0	-11750.8	
106	11.49958	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3315.9	0.0	0.0	0.0	-10067.3	
106	12	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-3219.3	0.0	0.0	0.0	-8432.2	
106	0	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7472.2	0.0	0.0	0.0	-82292.8	
106	0.50042	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7341.8	0.0	0.0	0.0	-78586.3	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7211.5	0.0	0.0	0.0	-74944.9	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7211.5	0.0	0.0	0.0	-74944.9	
106	1.50075	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-7081.2	0.0	0.0	0.0	-71372.3	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6951.0	0.0	0.0	0.0	-67864.8	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6951.0	0.0	0.0	0.0	-67864.8	
106	2.50058	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6820.8	0.0	0.0	0.0	-64422.5	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6690.5	0.0	0.0	0.0	-61045.2	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6690.5	0.0	0.0	0.0	-61045.2	
106	3.50042	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6560.3	0.0	0.0	0.0	-57733.1	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6430.1	0.0	0.0	0.0	-54486.0	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6430.1	0.0	0.0	0.0	-54486.0	
106	4.50025	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6299.8	0.0	0.0	0.0	-51304.1	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6169.6	0.0	0.0	0.0	-48187.2	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6169.6	0.0	0.0	0.0	-48187.2	
106	5.50008	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-6039.4	0.0	0.0	0.0	-45135.5	
106	6	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5909.1	0.0	0.0	0.0	-42148.9	
106	6	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5909.1	0.0	0.0	0.0	-42148.9	
106	6.49992	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5778.9	0.0	0.0	0.0	-39227.4	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5648.7	0.0	0.0	0.0	-36371.0	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5648.7	0.0	0.0	0.0	-36371.0	
106	7.49975	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5518.4	0.0	0.0	0.0	-33579.7	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5388.2	0.0	0.0	0.0	-30853.5	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5388.2	0.0	0.0	0.0	-30853.5	
106	8.49958	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5257.9	0.0	0.0	0.0	-28192.4	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5127.7	0.0	0.0	0.0	-25596.4	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-5127.7	0.0	0.0	0.0	-25596.4	
106	9.49942	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4997.5	0.0	0.0	0.0	-23065.5	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4867.2	0.0	0.0	0.0	-20599.8	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4867.2	0.0	0.0	0.0	-20599.8	
106	10.49925	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4737.0	0.0	0.0	0.0	-18199.1	
106	10.99917	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4606.8	0.0	0.0	0.0	-15863.6	
106	10.99917	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4606.8	0.0	0.0	0.0	-15863.6	
106	11.49958	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4476.4	0.0	0.0	0.0	-13590.9	
106	12	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-4346.0	0.0	0.0	0.0	-11383.4	

“Fase 1” - tensioni

σ dovute a M				σ dovute a N	τ	σ ideale		MAX MIN
w1	w2	w3	w4			w2	w3	
-14.4	-14.2	143.8	150.6	0.0	-25.1	171.1	175.7	
-140.6	-138.2	14.7	15.4	0.0	-58.3	45.7	45.9	
-104.1	-102.3	106.5	111.5	0.0	-43.2	126.7	130.2	
-99.4	-97.7	101.7	106.5	0.0	-42.4	122.2	125.5	
-94.8	-93.2	97.0	101.6	0.0	-41.7	117.9	120.9	
-94.8	-93.2	97.0	101.6	0.0	-41.7	117.9	120.9	
-90.3	-88.8	92.4	96.7	0.0	-40.9	113.6	116.4	
-85.9	-84.4	87.8	92.0	0.0	-40.2	109.3	112.1	
-85.9	-84.4	87.8	92.0	0.0	-40.2	109.3	112.1	
-81.5	-80.1	83.4	87.3	0.0	-39.4	105.2	107.8	
-77.3	-75.9	79.0	82.7	0.0	-38.7	101.2	103.6	
-77.3	-75.9	79.0	82.7	0.0	-38.7	101.2	103.6	
-73.1	-71.8	74.7	78.3	0.0	-37.9	97.3	99.5	
-69.0	-67.8	70.5	73.9	0.0	-37.1	93.4	95.5	
-69.0	-67.8	70.5	73.9	0.0	-37.1	93.4	95.5	
-64.9	-63.8	66.4	69.5	0.0	-36.4	89.7	91.6	
-61.0	-59.9	62.4	65.3	0.0	-35.6	86.0	87.8	
-61.0	-59.9	62.4	65.3	0.0	-35.6	86.0	87.8	
-57.1	-56.1	58.4	61.2	0.0	-34.9	82.5	84.1	
-53.3	-52.4	54.6	57.1	0.0	-34.1	79.0	80.5	
-53.3	-52.4	54.6	57.1	0.0	-34.1	79.0	80.5	
-49.6	-48.8	50.8	53.2	0.0	-33.4	75.6	77.0	
-46.0	-45.2	47.1	49.3	0.0	-32.6	72.4	73.6	
-46.0	-45.2	47.1	49.3	0.0	-32.6	72.4	73.6	
-42.5	-41.8	43.5	45.5	0.0	-31.9	69.2	70.3	
-39.0	-38.4	39.9	41.8	0.0	-31.1	66.2	67.1	
-39.0	-38.4	39.9	41.8	0.0	-31.1	66.2	67.1	
-35.7	-35.1	36.5	38.2	0.0	-30.4	63.2	64.0	
-32.4	-31.8	33.1	34.7	0.0	-29.6	60.4	61.1	
-32.4	-31.8	33.1	34.7	0.0	-29.6	60.4	61.1	
-29.2	-28.7	29.9	31.3	0.0	-28.9	57.6	58.3	
-26.1	-25.6	26.7	27.9	0.0	-28.1	55.0	55.5	
-26.1	-25.6	26.7	27.9	0.0	-28.1	55.0	55.5	
-23.0	-22.6	23.6	24.7	0.0	-27.4	52.5	52.9	
-20.1	-19.7	20.5	21.5	0.0	-26.6	50.1	50.5	
-20.1	-19.7	20.5	21.5	0.0	-26.6	50.1	50.5	
-17.2	-16.9	17.6	18.4	0.0	-25.9	47.9	48.1	
-14.4	-14.2	14.7	15.4	0.0	-25.1	45.7	45.9	
-140.6	-138.2	143.8	150.6	0.0	-58.3	171.1	175.7	
-134.3	-131.9	137.3	143.8	0.0	-57.3	165.0	169.4	
-128.0	-125.8	130.9	137.1	0.0	-56.2	159.1	163.2	
-128.0	-125.8	130.9	137.1	0.0	-56.2	159.1	163.2	
-121.9	-119.8	124.7	130.6	0.0	-55.2	153.3	157.2	
-115.9	-113.9	118.6	124.2	0.0	-54.2	147.6	151.3	
-115.9	-113.9	118.6	124.2	0.0	-54.2	147.6	151.3	
-110.1	-108.2	112.6	117.9	0.0	-53.2	142.1	145.5	
-104.3	-102.5	106.7	111.7	0.0	-52.2	136.6	139.8	
-104.3	-102.5	106.7	111.7	0.0	-52.2	136.6	139.8	
-98.6	-96.9	100.9	105.6	0.0	-51.2	131.3	134.3	
-93.1	-91.5	95.2	99.7	0.0	-50.2	126.1	128.9	
-93.1	-91.5	95.2	99.7	0.0	-50.2	126.1	128.9	
-87.6	-86.1	89.6	93.9	0.0	-49.1	121.1	123.6	
-82.3	-80.9	84.2	88.2	0.0	-48.1	116.1	118.5	
-82.3	-80.9	84.2	88.2	0.0	-48.1	116.1	118.5	
-77.1	-75.8	78.9	82.6	0.0	-47.1	111.3	113.5	
-72.0	-70.8	73.6	77.1	0.0	-46.1	106.7	108.6	
-72.0	-70.8	73.6	77.1	0.0	-46.1	106.7	108.6	
-67.0	-65.9	68.5	71.8	0.0	-45.1	102.1	103.9	
-62.1	-61.1	63.5	66.6	0.0	-44.1	97.7	99.3	
-62.1	-61.1	63.5	66.6	0.0	-44.1	97.7	99.3	
-57.4	-56.4	58.7	61.4	0.0	-43.0	93.5	94.9	
-52.7	-51.8	53.9	56.5	0.0	-42.0	89.3	90.6	
-52.7	-51.8	53.9	56.5	0.0	-42.0	89.3	90.6	
-48.2	-47.3	49.3	51.6	0.0	-41.0	85.3	86.5	
-43.7	-43.0	44.7	46.8	0.0	-40.0	81.5	82.5	
-43.7	-43.0	44.7	46.8	0.0	-40.0	81.5	82.5	
-39.4	-38.7	40.3	42.2	0.0	-39.0	77.8	78.6	
-35.2	-34.6	36.0	37.7	0.0	-38.0	74.3	75.0	
-35.2	-34.6	36.0	37.7	0.0	-38.0	74.3	75.0	
-31.1	-30.6	31.8	33.3	0.0	-36.9	70.9	71.5	
-27.1	-26.6	27.7	29.0	0.0	-35.9	67.7	68.1	
-27.1	-26.6	27.7	29.0	0.0	-35.9	67.7	68.1	
-23.2	-22.8	23.7	24.9	0.0	-34.9	64.6	65.0	
-19.4	-19.1	19.9	20.8	0.0	-33.9	61.7	62.0	



“SLU” - sollecitazioni

					MAX	32.7	-1099.6	439.7	14631.6	3799.4	56872.4	56872.4
					MIN	-221.6	-6995.0	-3.3	-4550.9	-750.8	-61244.6	-61244.6
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	
106	0	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2205.1	439.7	14631.6	3799.4	12444.4	12444.4	
106	0.50042	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2168.3	432.5	14481.8	3581.9	14324.2	14324.2	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2131.5	425.2	14331.9	3368.1	16179.1	16179.1	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2131.5	425.2	14331.9	3368.1	16179.1	16179.1	
106	1.50075	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2094.8	417.9	14184.2	3158.2	18058.6	18058.6	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2058.1	410.6	14036.4	2951.9	19913.3	19913.3	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2058.1	410.6	14036.4	2951.9	19913.3	19913.3	
106	2.50058	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-2021.3	403.4	13890.6	2749.3	21799.9	21799.9	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1984.6	396.1	13744.8	2550.3	23661.6	23661.6	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1984.6	396.1	13744.8	2550.3	23661.6	23661.6	
106	3.50042	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1947.8	388.8	13600.9	2355.0	25555.5	25555.5	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1911.1	381.5	13457.1	2163.3	27424.5	27424.5	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1911.1	381.5	13457.1	2163.3	27424.5	27424.5	
106	4.50025	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1874.3	374.3	13315.2	1975.2	29324.3	29324.3	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1837.6	367.0	13173.3	1790.9	31199.2	31199.2	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1837.6	367.0	13173.3	1790.9	31199.2	31199.2	
106	5.50008	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1800.8	359.7	13072.1	1610.1	33101.4	33101.4	
106	6	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1764.1	352.4	12971.0	1433.0	34978.8	34978.8	
106	6	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1764.1	352.4	12893.4	1433.0	34978.8	34978.8	
106	6.49992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1727.4	345.2	12755.5	1259.6	36876.6	36876.6	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1690.6	337.9	12617.5	1089.8	38749.5	38749.5	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1690.6	337.9	12617.5	1089.8	38749.5	38749.5	
106	7.49975	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1653.9	330.6	12481.5	923.6	40630.0	40630.0	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1617.1	323.4	12345.5	761.1	42485.6	42485.6	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1617.1	323.4	12345.5	761.1	42485.6	42485.6	
106	8.49958	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1575.5	316.1	12211.4	602.2	44350.3	44350.3	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1508.9	308.8	12077.4	447.0	46190.1	46190.1	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1508.9	308.8	12077.4	447.0	46190.1	46190.1	
106	9.49942	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1441.5	301.5	11945.3	323.2	48065.3	48065.3	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1374.1	294.3	11813.2	264.3	49915.7	49915.7	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1374.1	294.3	11813.2	264.3	49915.7	49915.7	
106	10.4993	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1305.9	287.0	11682.3	263.8	51709.5	51709.5	
106	10.9992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1237.7	279.7	11551.4	263.3	53478.5	53478.5	
106	10.9992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1237.7	279.7	11551.4	263.3	53478.5	53478.5	
106	11.4996	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1168.6	272.4	11419.5	262.8	55188.0	55188.0	
106	12	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	-1099.6	265.1	11287.3	262.3	56872.4	56872.4	
106	0	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6995.0	-3.3	-3801.6	-214.4	-61244.6	-61244.6	
106	0.50042	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6901.2	-3.3	-3819.0	-213.4	-58726.8	-58726.8	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6807.3	-3.3	-3836.3	-212.5	-56233.9	-56233.9	
106	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6807.3	-3.3	-3836.3	-212.5	-56233.9	-56233.9	
106	1.50075	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6713.5	-3.3	-3858.3	-211.6	-53872.9	-53872.9	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6619.8	-3.3	-3880.3	-210.7	-51536.7	-51536.7	
106	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6619.8	-3.3	-3880.3	-210.7	-51536.7	-51536.7	
106	2.50058	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6526.1	-3.3	-3905.1	-209.8	-49338.4	-49338.4	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6432.4	-3.3	-3929.8	-208.9	-47164.9	-47164.9	
106	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6432.4	-3.3	-3929.8	-208.9	-47164.9	-47164.9	
106	3.50042	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6338.9	-3.3	-3956.4	-208.1	-45131.0	-45131.0	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6245.3	-3.3	-3983.1	-207.3	-43122.0	-43122.0	
106	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6245.3	-3.3	-3983.1	-207.3	-43122.0	-43122.0	
106	4.50025	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6151.9	-3.3	-4011.8	-206.5	-41252.0	-41252.0	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6058.5	-3.3	-4040.4	-205.7	-39406.8	-39406.8	
106	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-6058.5	-3.3	-4040.4	-205.7	-39406.8	-39406.8	
106	5.50008	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5979.8	-3.3	-4024.5	-204.9	-37697.3	-37697.3	
106	6	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5901.1	-3.3	-4008.6	-204.1	-36012.6	-36012.6	
106	6	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5872.0	-3.3	-4101.6	-204.1	-36012.6	-36012.6	
106	6.49992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5779.0	-3.3	-4134.1	-203.4	-34455.6	-34455.6	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5686.0	-3.3	-4166.7	-202.6	-32923.4	-32923.4	
106	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5686.0	-3.3	-4166.7	-202.6	-32923.4	-32923.4	
106	7.49975	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5593.2	-3.3	-4201.2	-201.9	-31502.9	-31502.9	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5500.3	-3.3	-4235.7	-201.2	-30107.1	-30107.1	
106	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5500.3	-3.3	-4235.7	-201.2	-30107.1	-30107.1	
106	8.49958	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5407.8	-3.3	-4272.2	-200.5	-28826.2	-28826.2	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5315.2	-3.3	-4308.6	-199.8	-27570.1	-27570.1	
106	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5315.2	-3.3	-4308.6	-199.8	-27570.1	-27570.1	
106	9.49942	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5222.9	-3.3	-4347.1	-199.1	-26465.0	-26465.0	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5130.6	-3.3	-4385.5	-228.5	-25384.7	-25384.7	
106	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5130.6	-3.3	-4385.5	-228.5	-25384.7	-25384.7	
106	10.4993	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-5038.6	-3.3	-4425.9	-342.1	-24333.7	-24333.7	
106	10.9992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-4946.6	-3.3	-4466.3	-481.9	-23307.5	-23307.5	
106	10.9992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-4946.6	-3.3	-4466.3	-481.9	-23307.5	-23307.5	
106	11.4996	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-4854.8	-3.3	-4508.6	-618.1	-22305.3	-22305.3	
106	12	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-4763.0	-3.3	-4550.9	-750.8	-21327.9	-21327.9	

### "SLU" - tensioni

σ dovute a M								σ dovute a N		τ <sub>v</sub>	τ <sub>T</sub>	σ ideale		N fase 1	σ tot cls		σ tot armatura		
w1	w2	w3	w4-acc	w4-clis	w5	Ainf	Asup				w2	w3		w4	w5	Ainf	Asup		
82.3	81.5	89.5	94.1	-0.5	-0.8	99.3	112.4	0.0	-8.6	6.5	140.0	132.0		-0.5	-0.8	98.9	111.9		MAX
-101.7	-100.0	-12.3	-14.6	-2.1	-3.7	34.6	39.1	-0.4	-54.6	-2.0	44.8	26.6		-2.1	-3.7	34.1	38.7		MIN



Verifica completa

σ dovute a M									σ dovute a N		σ <sub>v</sub>	σ <sub>τ</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		
67.9	67.3	233.3	244.7	-0.5	-0.8	99.3	112.4	0.1	-33.7	6.5		310.3	305.9	-0.5	-0.8	98.9	111.9	MAX	
-242.3	-238.2	2.4	0.9	-2.1	-3.7	34.6	39.1	-0.4	-112.8	-1.8		88.1	67.1	-2.1	-3.7	34.1	38.7	MIN	





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	12.8	1451.4	0.0	0.0	0.0	27706.0
					MIN	12.8	1451.4	0.0	0.0	0.0	27706.0
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	
108	0	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-1072.1	0.0	0.0	0.0	23370.2	
108	0.50042	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-982.6	0.0	0.0	0.0	24064.2	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-893.0	0.0	0.0	0.0	24697.7	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-893.0	0.0	0.0	0.0	24697.7	
108	1.50075	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-803.6	0.0	0.0	0.0	25270.2	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-714.1	0.0	0.0	0.0	25782.4	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-714.1	0.0	0.0	0.0	25782.4	
108	2.50058	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-624.7	0.0	0.0	0.0	26234.1	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-535.2	0.0	0.0	0.0	26625.5	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-535.2	0.0	0.0	0.0	26625.5	
108	3.50042	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-445.8	0.0	0.0	0.0	26956.5	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-356.3	0.0	0.0	0.0	27227.2	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-356.3	0.0	0.0	0.0	27227.2	
108	4.50025	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-266.8	0.0	0.0	0.0	27437.4	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-177.4	0.0	0.0	0.0	27587.3	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-177.4	0.0	0.0	0.0	27587.3	
108	5.50008	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	-87.9	0.0	0.0	0.0	27676.9	
108	6	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	2.0	0.0	0.0	0.0	27706.0	
108	6	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	2.0	0.0	0.0	0.0	27706.0	
108	6.49992	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	122.8	0.0	0.0	0.0	27674.8	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	243.6	0.0	0.0	0.0	27583.3	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	243.6	0.0	0.0	0.0	27583.3	
108	7.49975	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	364.3	0.0	0.0	0.0	27431.3	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	485.1	0.0	0.0	0.0	27219.0	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	485.1	0.0	0.0	0.0	27219.0	
108	8.49958	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	605.8	0.0	0.0	0.0	26946.3	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	726.6	0.0	0.0	0.0	26613.3	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	726.6	0.0	0.0	0.0	26613.3	
108	9.49942	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	847.4	0.0	0.0	0.0	26219.9	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	968.1	0.0	0.0	0.0	25766.1	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	968.1	0.0	0.0	0.0	25766.1	
108	10.49925	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	1088.9	0.0	0.0	0.0	25251.9	
108	10.99917	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	1209.6	0.0	0.0	0.0	24677.4	
108	10.99917	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	1209.6	0.0	0.0	0.0	24677.4	
108	11.49958	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	1330.5	0.0	0.0	0.0	24041.8	
108	12	ENV-SLU	Combination	Max	12.8	1451.4	0.0	0.0	0.0	23345.8	
108	0	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-1447.3	0.0	0.0	0.0	17311.2	
108	0.50042	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-1326.4	0.0	0.0	0.0	17825.3	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-1205.6	0.0	0.0	0.0	18294.6	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-1205.6	0.0	0.0	0.0	18294.6	
108	1.50075	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-1084.8	0.0	0.0	0.0	18718.7	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-964.0	0.0	0.0	0.0	19098.0	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-964.0	0.0	0.0	0.0	19098.0	
108	2.50058	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-843.3	0.0	0.0	0.0	19432.7	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-722.5	0.0	0.0	0.0	19722.6	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-722.5	0.0	0.0	0.0	19722.6	
108	3.50042	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-601.8	0.0	0.0	0.0	19967.8	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-481.0	0.0	0.0	0.0	20168.3	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-481.0	0.0	0.0	0.0	20168.3	
108	4.50025	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-360.2	0.0	0.0	0.0	20324.0	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-239.5	0.0	0.0	0.0	20435.1	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-239.5	0.0	0.0	0.0	20435.1	
108	5.50008	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	-118.7	0.0	0.0	0.0	20501.4	
108	6	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	1.5	0.0	0.0	0.0	20523.0	
108	6	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	1.5	0.0	0.0	0.0	20523.0	
108	6.49992	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	91.0	0.0	0.0	0.0	20499.9	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	180.4	0.0	0.0	0.0	20432.1	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	180.4	0.0	0.0	0.0	20432.1	
108	7.49975	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	269.9	0.0	0.0	0.0	20319.5	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	359.3	0.0	0.0	0.0	20162.2	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	359.3	0.0	0.0	0.0	20162.2	
108	8.49958	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	448.8	0.0	0.0	0.0	19960.2	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	538.2	0.0	0.0	0.0	19713.5	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	538.2	0.0	0.0	0.0	19713.5	
108	9.49942	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	627.7	0.0	0.0	0.0	19422.1	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	717.1	0.0	0.0	0.0	19086.0	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	717.1	0.0	0.0	0.0	19086.0	
108	10.49925	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	806.6	0.0	0.0	0.0	18705.1	
108	10.99917	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	896.0	0.0	0.0	0.0	18279.5	
108	10.99917	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	896.0	0.0	0.0	0.0	18279.5	
108	11.49958	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	985.6	0.0	0.0	0.0	17808.8	
108	12	ENV-SLU	Combination	Min	9.5	1075.1	0.0	0.0	0.0	17293.2	

“Fase 1” - tensioni

σ dovute a M				σ dovute a N	τ	σ ideale		
w1	w2	w3	w4			w2	w3	
67.3	65.8	-91.9	-92.8	0.0	15.1	65.9	147.2	MAX
67.3	65.8	0.0	0.0	0.0	15.1	45.5	93.9	MIN
56.7	55.5	-124.2	-125.4	0.0	-11.2	58.8	125.7	
58.4	57.2	-127.9	-129.1	0.0	-10.2	59.9	129.1	
60.0	58.7	-131.3	-132.5	0.0	-9.3	60.9	132.2	
60.0	58.7	-131.3	-132.5	0.0	-9.3	60.9	132.2	
61.3	60.0	-134.3	-135.6	0.0	-8.4	61.8	135.0	
62.6	61.2	-137.0	-138.4	0.0	-7.4	62.6	137.6	
62.6	61.2	-137.0	-138.4	0.0	-7.4	62.6	137.6	
63.7	62.3	-139.4	-140.8	0.0	-6.5	63.4	139.8	
64.6	63.3	-141.5	-142.9	0.0	-5.6	64.0	141.8	
64.6	63.3	-141.5	-142.9	0.0	-5.6	64.0	141.8	
65.4	64.0	-143.3	-144.7	0.0	-4.6	64.6	143.4	
66.1	64.7	-144.7	-146.1	0.0	-3.7	65.0	144.8	
66.1	64.7	-144.7	-146.1	0.0	-3.7	65.0	144.8	
66.6	65.2	-145.8	-147.2	0.0	-2.8	65.4	145.8	
67.0	65.5	-146.6	-148.0	0.0	-1.8	65.7	146.6	
67.0	65.5	-146.6	-148.0	0.0	-1.8	65.7	146.6	
67.2	65.7	-147.1	-148.5	0.0	-0.9	65.8	147.0	
67.3	65.8	-147.2	-148.7	0.0	0.0	65.9	147.2	
67.3	65.8	-147.2	-148.7	0.0	0.0	65.9	147.2	
67.2	65.7	-147.1	-148.5	0.0	1.3	65.8	147.0	
67.0	65.5	-146.6	-148.0	0.0	2.5	65.7	146.6	
67.0	65.5	-146.6	-148.0	0.0	2.5	65.7	146.6	
66.6	65.2	-145.8	-147.2	0.0	3.8	65.5	145.9	
66.1	64.7	-144.7	-146.1	0.0	5.1	65.3	144.9	
66.1	64.7	-144.7	-146.1	0.0	5.1	65.3	144.9	
65.4	64.0	-143.2	-144.6	0.0	6.3	65.0	143.6	
64.6	63.2	-141.4	-142.8	0.0	7.6	64.6	142.0	
64.6	63.2	-141.4	-142.8	0.0	7.6	64.6	142.0	
63.6	62.3	-139.3	-140.7	0.0	8.8	64.2	140.1	
62.5	61.2	-136.9	-138.3	0.0	10.1	63.7	138.0	
62.5	61.2	-136.9	-138.3	0.0	10.1	63.7	138.0	
61.3	60.0	-134.2	-135.5	0.0	11.3	63.2	135.6	
59.9	58.6	-131.1	-132.4	0.0	12.6	62.6	132.9	
59.9	58.6	-131.1	-132.4	0.0	12.6	62.6	132.9	
58.4	57.1	-127.8	-129.0	0.0	13.9	62.0	130.0	
56.7	55.5	-124.1	-125.3	0.0	15.1	61.4	126.8	
42.0	41.1	-92.0	-92.9	0.0	-15.1	48.7	95.6	
43.3	42.3	-94.7	-95.7	0.0	-13.8	48.7	97.7	
44.4	43.5	-97.2	-98.2	0.0	-12.6	48.6	99.6	
44.4	43.5	-97.2	-98.2	0.0	-12.6	48.6	99.6	
45.4	44.5	-99.5	-100.5	0.0	-11.3	48.6	101.4	
46.4	45.4	-101.5	-102.5	0.0	-10.0	48.6	102.9	
46.4	45.4	-101.5	-102.5	0.0	-10.0	48.6	102.9	
47.2	46.2	-103.3	-104.3	0.0	-8.8	48.6	104.4	
47.9	46.9	-104.8	-105.8	0.0	-7.5	48.7	105.6	
47.9	46.9	-104.8	-105.8	0.0	-7.5	48.7	105.6	
48.5	47.4	-106.1	-107.2	0.0	-6.3	48.7	106.6	
49.0	47.9	-107.2	-108.2	0.0	-5.0	48.7	107.5	
49.0	47.9	-107.2	-108.2	0.0	-5.0	48.7	107.5	
49.3	48.3	-108.0	-109.1	0.0	-3.8	48.8	108.2	
49.6	48.5	-108.6	-109.7	0.0	-2.5	48.8	108.7	
49.6	48.5	-108.6	-109.7	0.0	-2.5	48.8	108.7	
49.8	48.7	-109.0	-110.0	0.0	-1.2	48.8	108.9	
49.8	48.8	-109.1	-110.1	0.0	0.0	48.8	109.0	
49.8	48.8	-109.1	-110.1	0.0	0.0	48.8	109.0	
49.8	48.7	-108.9	-110.0	0.0	0.9	48.8	108.9	
49.6	48.5	-108.6	-109.6	0.0	1.9	48.7	108.6	
49.6	48.5	-108.6	-109.6	0.0	1.9	48.7	108.6	
49.3	48.3	-108.0	-109.0	0.0	2.8	48.5	108.1	
48.9	47.9	-107.2	-108.2	0.0	3.7	48.4	107.3	
48.9	47.9	-107.2	-108.2	0.0	3.7	48.4	107.3	
48.5	47.4	-106.1	-107.1	0.0	4.7	48.1	106.4	
47.9	46.8	-104.8	-105.8	0.0	5.6	47.9	105.2	
47.9	46.8	-104.8	-105.8	0.0	5.6	47.9	105.2	
47.1	46.1	-103.2	-104.2	0.0	6.5	47.5	103.8	
46.3	45.3	-101.4	-102.4	0.0	7.5	47.2	102.2	
46.3	45.3	-101.4	-102.4	0.0	7.5	47.2	102.2	
45.4	44.4	-99.4	-100.4	0.0	8.4	46.8	100.4	
44.4	43.4	-97.1	-98.1	0.0	9.3	46.4	98.4	
44.4	43.4	-97.1	-98.1	0.0	9.3	46.4	98.4	
43.2	42.3	-94.6	-95.6	0.0	10.3	45.9	96.3	
42.0	41.1	-91.9	-92.8	0.0	11.2	45.5	93.9	





“SLU” – sollecitazioni

					MAX	32.7	2634.5	90.5	8388.9	253.0	86757.9	86757.9
					MIN	-221.6	-2634.9	-89.3	-8312.1	-3105.4	-5331.9	-5331.9
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	
108	0	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	670.7	90.5	8388.9	253.0	83442.5	83442.5	
108	0.50042	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	749.1	83.3	8283.5	252.7	83964.4	83964.4	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	827.4	76.0	8177.8	252.4	84461.3	84461.3	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	827.4	76.0	8177.8	252.4	84461.3	84461.3	
108	1.50075	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	906.4	68.7	8074.6	252.2	84889.5	84889.5	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	985.3	61.4	7971.4	251.9	85293.0	85293.0	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	985.3	61.4	7971.4	251.9	85293.0	85293.0	
108	2.50058	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1064.9	54.2	7870.6	251.6	85628.2	85628.2	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1144.5	46.9	7769.7	251.3	85938.6	85938.6	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1144.5	46.9	7769.7	251.3	85938.6	85938.6	
108	3.50042	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1224.8	39.6	7671.1	251.0	86180.8	86180.8	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1305.0	32.3	7572.5	250.8	86398.1	86398.1	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1305.0	32.3	7572.5	250.8	86398.1	86398.1	
108	4.50025	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1385.9	25.1	7476.3	250.5	86547.0	86547.0	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1466.8	17.8	7380.1	250.3	86671.2	86671.2	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1466.8	17.8	7380.1	250.3	86671.2	86671.2	
108	5.50008	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1520.8	10.5	7288.9	250.0	86726.9	86726.9	
108	6	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1574.9	4.0	7197.8	249.8	86757.9	86757.9	
108	6	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1629.9	4.0	7192.2	249.8	86757.9	86757.9	
108	6.49992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1712.1	3.7	7100.6	249.5	86727.1	86727.1	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1794.3	3.7	7009.0	249.3	86671.6	86671.6	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1794.3	3.7	7009.0	249.3	86671.6	86671.6	
108	7.49975	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1877.1	3.7	6919.8	249.1	86547.6	86547.6	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1959.9	3.7	6830.5	248.9	86398.9	86398.9	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	1959.9	3.7	6830.5	248.9	86398.9	86398.9	
108	8.49958	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2043.3	3.7	6743.5	248.7	86181.7	86181.7	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2126.7	3.7	6656.6	248.5	85939.8	85939.8	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2126.7	3.7	6656.6	248.5	85939.8	85939.8	
108	9.49942	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2210.7	3.7	6571.9	248.3	85629.6	85629.6	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2294.7	3.7	6487.3	248.1	85294.6	85294.6	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2294.7	3.7	6487.3	248.1	85294.6	85294.6	
108	10.4993	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2379.3	3.7	6405.0	248.1	84891.3	84891.3	
108	10.9992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2464.0	3.7	6322.7	248.2	84463.2	84463.2	
108	10.9992	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2464.0	3.7	6322.7	248.2	84463.2	84463.2	
108	11.4996	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2549.3	3.7	6242.6	248.3	83966.5	83966.5	
108	12	ENV-SLU	Combination	Max	32.7	2634.5	3.7	6162.3	248.5	83444.9	83444.9	
108	0	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2634.9	-3.3	-6092.7	-2842.2	-5331.9	-5331.9	
108	0.50042	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2549.7	-3.3	-6172.7	-2883.9	-4975.3	-4975.3	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2464.4	-3.3	-6252.5	-2922.1	-4643.5	-4643.5	
108	1.00083	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2464.4	-3.3	-6252.5	-2922.1	-4643.5	-4643.5	
108	1.50075	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2379.8	-3.3	-6334.5	-2956.5	-4336.7	-4336.7	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2295.2	-3.3	-6416.5	-2987.3	-4054.8	-4054.8	
108	2.00067	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2295.2	-3.3	-6416.5	-2987.3	-4054.8	-4054.8	
108	2.50058	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2211.1	-3.3	-6500.8	-3014.5	-3797.7	-3797.7	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2127.1	-3.3	-6585.2	-3038.1	-3565.4	-3565.4	
108	3.0005	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2127.1	-3.3	-6585.2	-3038.1	-3565.4	-3565.4	
108	3.50042	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-2043.7	-3.3	-6671.8	-3058.0	-3358.0	-3358.0	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1960.3	-3.3	-6758.5	-3074.3	-3175.3	-3175.3	
108	4.00033	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1960.3	-3.3	-6758.5	-3074.3	-3175.3	-3175.3	
108	4.50025	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1877.5	-3.3	-6847.5	-3087.3	-3017.4	-3017.4	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1794.7	-3.3	-6936.4	-3096.6	-2884.3	-2884.3	
108	5.00017	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1794.7	-3.3	-6936.4	-3096.6	-2884.3	-2884.3	
108	5.50008	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1717.2	-3.3	-6937.9	-3102.8	-2776.0	-2776.0	
108	6	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1639.8	-3.3	-6939.3	-3105.4	-2692.5	-2692.5	
108	6	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1630.3	-3.3	-7119.0	-3105.4	-2692.5	-2692.5	
108	6.49992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1548.8	-9.2	-7212.6	-3104.4	-2775.7	-2775.7	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1467.2	-16.5	-7306.3	-3099.7	-2883.7	-2883.7	
108	6.99983	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1467.2	-16.5	-7306.3	-3099.7	-2883.7	-2883.7	
108	7.49975	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1386.3	-23.8	-7402.2	-3091.3	-3016.6	-3016.6	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1305.4	-31.1	-7498.1	-3079.4	-3174.3	-3174.3	
108	7.99967	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1305.4	-31.1	-7498.1	-3079.4	-3174.3	-3174.3	
108	8.49958	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1225.2	-38.3	-7596.4	-3063.8	-3356.8	-3356.8	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1144.9	-45.6	-7694.7	-3044.6	-3564.1	-3564.1	
108	8.9995	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1144.9	-45.6	-7694.7	-3044.6	-3564.1	-3564.1	
108	9.49942	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-1065.3	-52.9	-7795.2	-3021.7	-3796.2	-3796.2	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-985.7	-60.2	-7895.8	-2995.2	-4053.1	-4053.1	
108	9.99933	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-985.7	-60.2	-7895.8	-2995.2	-4053.1	-4053.1	
108	10.4993	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-906.8	-67.4	-7998.7	-2965.1	-4334.8	-4334.8	
108	10.9992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-827.8	-74.7	-8101.6	-2931.4	-4641.3	-4641.3	
108	10.9992	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-827.8	-74.7	-8101.6	-2931.4	-4641.3	-4641.3	
108	11.4996	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-749.5	-82.0	-8207.0	-2893.9	-4972.9	-4972.9	
108	12	ENV-SLU	Combination	Min	-221.6	-671.1	-89.3	-8312.1	-2852.9	-5329.4	-5329.4	



“SLU” - tensioni

σ dovute a M									σ dovute a N			τ <sub>v</sub>		τ <sub>t</sub>		σ ideale		N fase 1	σ tot cls		σ tot armatura		MAX	MIN
w1	w2	w3	w4-acc	w4-cls	w5	Ainf	Asup					w2	w3			w4	w5		Ainf	Asup				
154.9	153.8	18.3	18.5	-3.2	-6.1	19.3	21.3	0.0	27.4	4.7	158.8	57.6			-3.2	-6.1	18.6	20.6						
-11.7	-11.5	-22.2	-23.4	-3.3	-6.3	9.7	10.7	-0.7	-27.4	-4.7	23.5	26.7			-3.3	-6.3	9.0	10.0						
149.0	147.9	-21.3	-22.5	-3.2	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	7.0	4.7	149.3	29.4			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
150.0	148.8	-21.5	-22.6	-3.2	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	7.8	4.6	150.4	30.4			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
150.8	149.7	-21.6	-22.8	-3.3	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	8.6	4.6	151.5	31.4			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
150.8	149.7	-21.6	-22.8	-3.3	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	8.6	4.6	151.5	31.4			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
151.6	150.4	-21.7	-22.9	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	9.4	4.5	152.4	32.5			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
152.3	151.2	-21.8	-23.0	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	10.3	4.5	153.3	33.5			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
152.3	151.2	-21.8	-23.0	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	10.3	4.5	153.3	33.5			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
152.9	151.8	-21.9	-23.1	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	11.1	4.4	154.1	34.6			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
153.5	152.3	-22.0	-23.1	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	11.9	4.3	154.9	35.7			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
153.5	152.3	-22.0	-23.1	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	11.9	4.3	154.9	35.7			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
153.9	152.7	-22.0	-23.2	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	12.8	4.3	155.6	36.8			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.3	153.1	-22.1	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	13.6	4.2	156.2	38.0			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.3	153.1	-22.1	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	13.6	4.2	156.2	38.0			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.6	153.4	-22.1	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	14.4	4.2	156.8	39.1			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.8	153.6	-22.2	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	15.3	4.1	157.3	40.2			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.8	153.6	-22.2	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	15.3	4.1	157.3	40.2			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.9	153.7	-22.2	-23.4	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	15.8	4.1	157.6	41.0			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.9	153.8	-22.2	-23.4	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	16.4	4.0	157.8	41.7			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.9	153.8	-22.2	-23.4	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	17.0	4.0	158.0	42.6			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.9	153.7	-22.2	-23.4	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	17.8	4.0	158.3	43.8			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.8	153.6	-22.2	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	18.7	3.9	158.5	45.0			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.8	153.6	-22.2	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	18.7	3.9	158.5	45.0			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.6	153.4	-22.1	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	19.6	3.9	158.7	46.2			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.3	153.1	-22.1	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	20.4	3.8	158.8	47.4			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
154.3	153.1	-22.1	-23.3	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	20.4	3.8	158.8	47.4			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
153.9	152.7	-22.0	-23.2	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	21.3	3.8	158.8	48.7			-3.3	-6.3	Compresso	Compresso						
153.5	152.3	-22.0	-23.1	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	22.2	3.7	158.8	49.9			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
153.5	152.3	-22.0	-23.1	-3.3	-6.3	Compresso	Compresso	0.0	22.2	3.7	158.8	49.9			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
152.9	151.8	-21.9	-23.1	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	23.0	3.7	158.7	51.2			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
152.3	151.2	-21.8	-23.0	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	23.9	3.6	158.5	52.4			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
152.3	151.2	-21.8	-23.0	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	23.9	3.6	158.5	52.4			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
151.6	150.5	-21.7	-22.9	-3.3	-6.2	Compresso	Compresso	0.0	24.8	3.6	158.3	53.7			-3.3	-6.2	Compresso	Compresso						
150.9	149.7	-21.6	-22.8	-3.3	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	25.7	3.5	158.0	55.0			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
150.9	149.7	-21.6	-22.8	-3.3	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	25.7	3.5	158.0	55.0			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
150.0	148.8	-21.5	-22.6	-3.2	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	26.6	3.5	157.7	56.3			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
149.0	147.9	-21.3	-22.5	-3.2	-6.1	Compresso	Compresso	0.0	27.4	3.4	157.3	57.6			-3.2	-6.1	Compresso	Compresso						
-11.7	-11.5	18.3	18.5	Cls tes	cls tes	19.3	21.3	-0.7	-27.4	-3.4	54.8	56.3	Cls tes	Cls tes	18.6	20.6								
-10.9	-10.7	17.0	17.2	Cls tes	cls tes	18.0	19.8	-0.7	-26.6	-3.5	53.2	54.5	Cls tes	Cls tes	17.3	19.1								
-10.2	-10.0	15.9	16.1	Cls tes	cls tes	16.8	18.5	-0.7	-25.7	-3.5	51.6	52.8	Cls tes	Cls tes	16.1	17.8								
-10.2	-10.0	15.9	16.1	Cls tes	cls tes	16.8	18.5	-0.7	-25.7	-3.5	51.6	52.8	Cls tes	Cls tes	16.1	17.8								
-9.5	-9.3	14.8	15.0	Cls tes	cls tes	15.7	17.3	-0.7	-24.8	-3.5	50.1	51.1	Cls tes	Cls tes	15.0	16.6								
-8.9	-8.7	13.9	14.0	Cls tes	cls tes	14.6	16.2	-0.7	-23.9	-3.6	48.6	49.4	Cls tes	Cls tes	13.9	15.5								
-8.9	-8.7	13.9	14.0	Cls tes	cls tes	14.6	16.2	-0.7	-23.9	-3.6	48.6	49.4	Cls tes	Cls tes	13.9	15.5								
-8.3	-8.2	13.0	13.1	Cls tes	cls tes	13.7	15.1	-0.7	-23.0	-3.6	47.0	47.8	Cls tes	Cls tes	13.0	14.4								
-7.8	-7.7	12.2	12.3	Cls tes	cls tes	12.9	14.2	-0.7	-22.2	-3.7	45.5	46.2	Cls tes	Cls tes	12.2	13.5								
-7.8	-7.7	12.2	12.3	Cls tes	cls tes	12.9	14.2	-0.7	-22.2	-3.7	45.5	46.2	Cls tes	Cls tes	12.2	13.5								
-7.4	-7.2	11.5	11.6	Cls tes	cls tes	12.1	13.4	-0.7	-21.3	-3.7	44.1	44.7	Cls tes	Cls tes	11.4	12.7								
-7.0	-6.8	10.9	11.0	Cls tes	cls tes	11.5	12.7	-0.7	-20.4	-3.8	42.6	43.1	Cls tes	Cls tes	10.8	12.0								
-7.0	-6.8	10.9	11.0	Cls tes	cls tes	11.5	12.7	-0.7	-20.4	-3.8	42.6	43.1	Cls tes	Cls tes	10.8	12.0								
-6.6	-6.5	10.3	10.4	Cls tes	cls tes	10.9	12.0	-0.7	-19.6	-3.8	41.1	41.6	Cls tes	Cls tes	10.2	11.3								
-6.3	-6.2	9.9	10.0	Cls tes	cls tes	10.4	11.5	-0.7	-18.7	-3.9	39.7	40.2	Cls tes	Cls tes	9.7	10.8								
-6.3	-6.2	9.9	10.0	Cls tes	cls tes	10.4	11.5	-0.7	-18.7	-3.9	39.7	40.2	Cls tes	Cls tes	9.7	10.8								
-6.1	-6.0	9.5	9.6	Cls tes	cls tes	10.0	11.1	-0.7	-17.9	-3.9	38.3	38.7	Cls tes	Cls tes	9.3	10.4								
-5.9	-5.8	9.2	9.3	Cls tes	cls tes	9.7	10.7	-0.7	-17.1	-3.9	36.9	37.3	Cls tes	Cls tes	9.0	10.0								
-5.9	-5.8	9.2	9.3	Cls tes	cls tes	9.7	10.7	-0.7	-17.0	-4.0	36.9	37.3	Cls tes	Cls tes	9.0	10.0								
-6.1	-6.0	9.5	9.6	Cls tes	cls tes	10.0	11.1	-0.7	-16.1	-4.0	35.6	36.0	Cls tes	Cls tes	9.3	10.4								
-6.3	-6.2	9.9	10.0	Cls tes	cls tes	10.4	11.5	-0.7	-15.3	-4.1	34.3	34.8	Cls tes	Cls tes	9.7	10.8								
-6.3	-6.2	9.9	10.0	Cls tes	cls tes	10.4	11.5	-0.7	-15.3	-4.1	34.3	34.8	Cls tes	Cls tes	9.7	10.8								
-6.6	-6.5	10.3	10.4	Cls tes	cls tes	10.9	12.0	-0.7	-14.4	-4.1	33.0	33.6	Cls tes	Cls tes	10.2	11.3								
-6.9	-6.8	10.9	11.0	Cls tes	cls tes	11.5	12.7	-0.7	-13.6	-4.2	31.7	32.5	Cls tes	Cls tes	10.8	12.0								
-6.9	-6.8	10.9	11.0	Cls tes	cls tes	11.5	12.7	-0.7	-13.6	-4.2	31.7	32.5	Cls tes	Cls tes	10.8	12.0								
-7.3	-7.2	11.5	11.6	Cls tes	cls tes	12.1	13.4	-0.7	-12.8	-4.2	30.5	31.4	Cls tes	Cls tes	11.4	12.7								
-7.8	-7.7	12.2	12.3	Cls tes	cls tes	12.9	14.2	-0.7	-11.9	-4.3	29.3	30.4	Cls tes	Cls tes	12.2	13.5								
-7.8	-7.7	12.2	12.3	Cls tes	cls tes	12.9	14.2	-0.7	-11.9	-4.3	29.3	30.4	Cls tes	Cls tes	12.2	13.5								
-8.3	-8.2	13.0	13.1	Cls tes	cls tes	13.7	15.1	-0.7	-11.1	-4.4	28.2	29.5	Cls tes	Cls tes	13.0	14.4								
-8.9	-8.7	13.9	14.0	Cls tes	cls tes	14.6	16.2	-0.7	-10.3	-4.4	27.1	28.6	Cls tes	Cls tes	13.9	15.5								
-8.9	-8.7	13.9	14.0	Cls tes	cls tes	14.6	16.2	-0.7	-10.3	-4.4	27.1	28.6	Cls tes	Cls tes	13.9	15.5								
-9.5	-9.3	14.8	15.0	Cls tes	cls tes	15.7	17.3	-0.7	-9.4	-4.5	26.1	28.0	Cls tes	Cls tes	15.0	16.6								
-10.2	-10.0	15.9	16.1	Cls tes	cls tes	16.8	18.5	-0.7	-8.6	-4.5	25.2	27.4	Cls tes	Cls tes	16.1	17.8								
-10.2	-10.0	15.9	16.1	Cls tes	cls tes	16.8	18.5	-0.7	-8.6	-4.5	25.2	27.4	Cls tes	Cls tes	16.1	17.8								
-10.9	-10.7	17.0	17.2																					



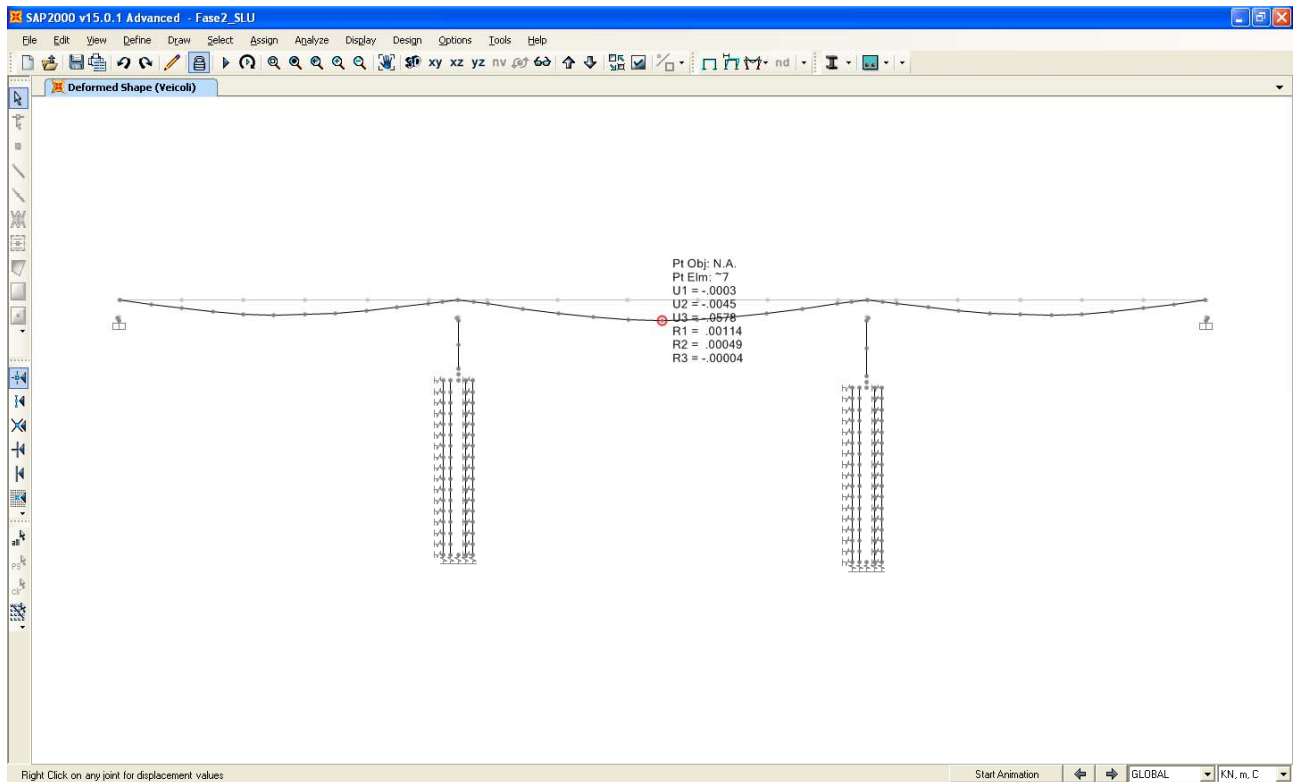
Verifica completa

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		
222.2	219.6	-73.7	-74.4	-3.2	-6.1	19.3	21.3	0.1	42.6	4.7	223.7	174.3	-3.2	-6.1	18.6	20.6	MAX		
30.3	29.6	-169.4	-172.0	-3.3	-6.3	9.7	10.7	-0.7	-42.5	-3.9	29.9	74.7	-3.3	-6.3	9.0	10.0	MIN		

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.

### 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 58 mm, pertanto:



$$v_{\max} = 58 \text{ mm} \cong L/1200 < L/1000.$$

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 loro 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 schematizzata con una sezione rettangolare di larghezza 7.90 m e altezza 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** kN  
 M<sub>xEd</sub>: **0** kNm  
 M<sub>yEd</sub>: **0** kNm

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

N° rett.: **100**

Calcola MRd Dominio Mx-My

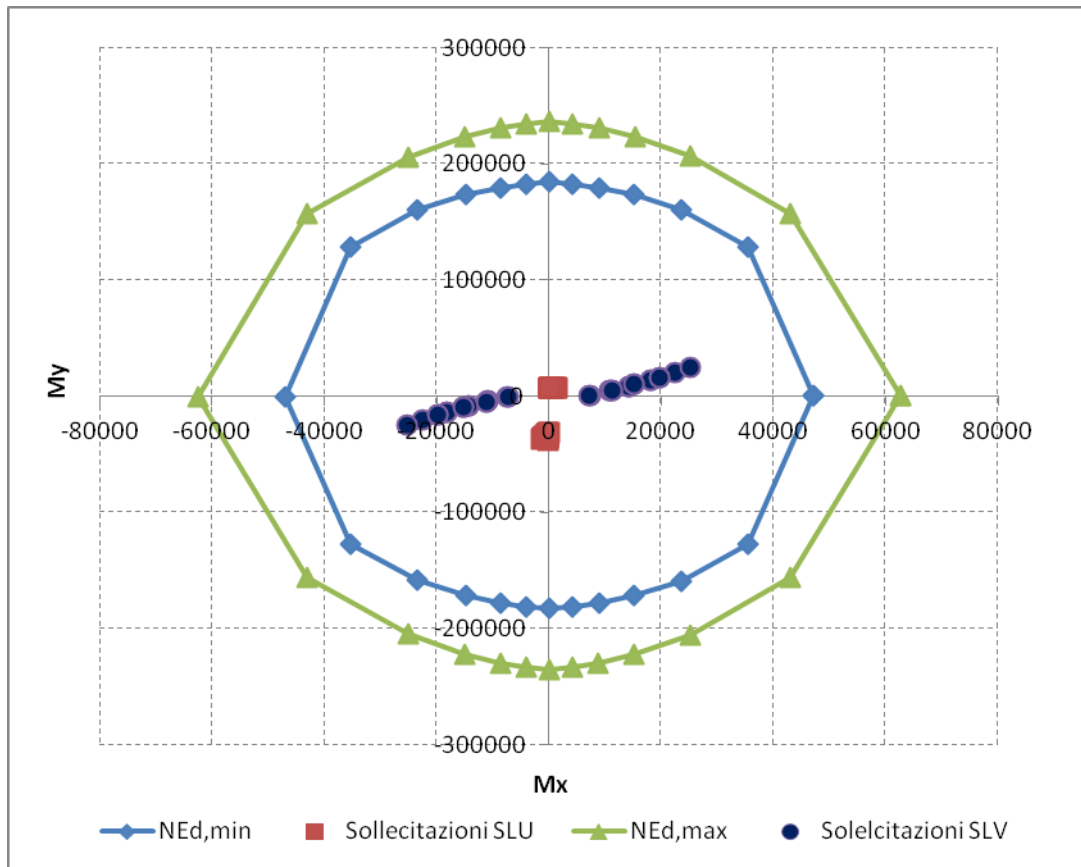
angolo asse neutro  $\theta^\circ$ : **0**

Precompresso

**Materiali**

B450C		C32/40	
$\epsilon_{su}$	<b>67.5</b> ‰	$\epsilon_{c2}$	<b>2</b> ‰
$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm²	$\epsilon_{cu}$	<b>3.5</b> ‰
$E_s$	<b>200 000</b> N/mm²	$f_{cd}$	<b>15.87</b>
$E_s/E_c$	<b>15</b>	$f_{cc}/f_{cd}$	<b>0.8</b> ?
$\epsilon_{syd}$	<b>1.957</b> ‰	$\sigma_{c,adm}$	<b>12.25</b>
$\sigma_{s,adm}$	<b>255</b> N/mm²	$\tau_{co}$	<b>0.7333</b>
		$\tau_{c1}$	<b>2.114</b>

M<sub>xRd</sub>: **41 114** kN m  
 M<sub>yRd</sub>: **25.65** kN m  
 $\sigma_c$ : **-15.87** N/mm²  
 $\sigma_s$ : **391.3** N/mm²  
 $\epsilon_c$ : **3.5** ‰  
 $\epsilon_s$ : **32.75** ‰  
 d: **183.5** cm  
 x: **17.72** x/d: **0.09655**  
 $\delta$ : **0.7**



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
97	0	ENV-SLU	Combination	Max	-23410.7	23.7	6.7	1.8	6688.8	184.4
97	2.05	ENV-SLU	Combination	Max	-22318.2	23.7	6.7	1.8	6688.3	141.2
97	2.05	ENV-SLU	Combination	Max	-22318.2	23.7	6.7	1.8	6688.3	141.2
97	4.1	ENV-SLU	Combination	Max	-21225.7	23.7	6.7	1.8	6687.7	98.1
97	4.1	ENV-SLU	Combination	Max	-21225.7	23.7	6.7	1.8	6687.7	98.1
97	6.15	ENV-SLU	Combination	Max	-20133.2	23.7	6.7	1.8	6687.1	55.0
97	6.15	ENV-SLU	Combination	Max	-20133.2	23.7	6.7	1.8	6687.1	55.0
97	8.2	ENV-SLU	Combination	Max	-19040.7	23.7	6.7	1.8	6686.5	11.8
97	0	ENV-SLU	Combination	Min	-38766.6	-158.7	-1040.0	-1.9	-36946.5	-1409.3
97	2.05	ENV-SLU	Combination	Min	-37291.8	-158.7	-1040.0	-1.9	-35667.6	-1076.8
97	2.05	ENV-SLU	Combination	Min	-37291.8	-158.7	-1040.0	-1.9	-35667.6	-1076.8
97	4.1	ENV-SLU	Combination	Min	-35816.9	-158.7	-1040.0	-1.9	-34388.7	-744.3
97	4.1	ENV-SLU	Combination	Min	-35816.9	-158.7	-1040.0	-1.9	-34388.7	-744.3
97	6.15	ENV-SLU	Combination	Min	-34342.0	-158.7	-1040.0	-1.9	-33109.8	-411.8
97	6.15	ENV-SLU	Combination	Min	-34342.0	-158.7	-1040.0	-1.9	-33109.8	-411.8
97	8.2	ENV-SLU	Combination	Min	-32867.1	-158.7	-1040.0	-1.9	-31830.9	-79.3
98	0	ENV-SLU	Combination	Max	-22807.6	158.2	7.4	1.8	6660.3	1552.8
98	2.375	ENV-SLU	Combination	Max	-21864.6	158.2	7.4	1.8	6660.5	1184.4
98	2.375	ENV-SLU	Combination	Max	-21864.6	158.2	7.4	1.8	6660.5	1184.4
98	4.75	ENV-SLU	Combination	Max	-20921.6	158.2	7.4	1.8	6660.7	816.0
98	4.75	ENV-SLU	Combination	Max	-20921.6	158.2	7.4	1.8	6660.7	816.0
98	7.125	ENV-SLU	Combination	Max	-19978.6	158.2	7.4	1.8	6660.9	447.5
98	7.125	ENV-SLU	Combination	Max	-19978.6	158.2	7.4	1.8	6660.9	447.5
98	9.5	ENV-SLU	Combination	Max	-19035.6	158.2	7.4	1.8	6661.0	79.1
98	0	ENV-SLU	Combination	Min	-37952.0	-23.6	-1037.9	-1.9	-37570.6	-257.4
98	2.375	ENV-SLU	Combination	Min	-36679.0	-23.6	-1037.9	-1.9	-36094.8	-196.0
98	2.375	ENV-SLU	Combination	Min	-36679.0	-23.6	-1037.9	-1.9	-36094.8	-196.0
98	4.75	ENV-SLU	Combination	Min	-35405.9	-23.6	-1037.9	-1.9	-34619.1	-134.6
98	4.75	ENV-SLU	Combination	Min	-35405.9	-23.6	-1037.9	-1.9	-34619.1	-134.6
98	7.125	ENV-SLU	Combination	Min	-34132.9	-23.6	-1037.9	-1.9	-33143.3	-73.2
98	7.125	ENV-SLU	Combination	Min	-34132.9	-23.6	-1037.9	-1.9	-33143.3	-73.2
98	9.5	ENV-SLU	Combination	Min	-32859.8	-23.6	-1037.9	-1.9	-31667.5	-11.8



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
97	0	ENV-SLV	Combination	Max	-20479.8	3288.0	2481.9	1.0	22481.4	19833.2
97	2.05	ENV-SLV	Combination	Max	-19387.3	3288.0	2481.9	1.0	18100.4	13530.6
97	2.05	ENV-SLV	Combination	Max	-19390.8	2682.1	2107.5	1.0	18100.4	13530.6
97	4.1	ENV-SLV	Combination	Max	-18298.3	2682.1	2107.5	1.0	14281.0	8436.1
97	4.1	ENV-SLV	Combination	Max	-18301.9	2113.3	1818.3	1.0	14281.0	8436.1
97	6.15	ENV-SLV	Combination	Max	-17209.4	2113.3	1818.3	1.0	10792.8	4366.6
97	6.15	ENV-SLV	Combination	Max	-17213.3	1733.3	1667.8	1.0	10792.8	4366.6
97	8.2	ENV-SLV	Combination	Max	-16120.8	1733.3	1667.8	1.0	7401.8	851.4
97	0	ENV-SLV	Combination	Min	-24605.2	-3317.3	-2481.9	-1.0	-22481.4	-20128.8
97	2.05	ENV-SLV	Combination	Min	-23512.7	-3317.3	-2481.9	-1.0	-18100.4	-13756.0
97	2.05	ENV-SLV	Combination	Min	-23509.2	-2711.4	-2107.5	-1.0	-18100.4	-13756.0
97	4.1	ENV-SLV	Combination	Min	-22416.7	-2711.4	-2107.5	-1.0	-14281.0	-8591.2
97	4.1	ENV-SLV	Combination	Min	-22413.1	-2142.7	-1818.3	-1.0	-14281.0	-8591.2
97	6.15	ENV-SLV	Combination	Min	-21320.6	-2142.7	-1818.3	-1.0	-10792.8	-4451.5
97	6.15	ENV-SLV	Combination	Min	-21316.7	-1762.6	-1667.8	-1.0	-10792.8	-4451.5
97	8.2	ENV-SLV	Combination	Min	-20224.2	-1762.6	-1667.8	-1.0	-7401.8	-866.1
98	0	ENV-SLV	Combination	Max	-19874.3	3647.9	2697.7	0.9	25251.3	24589.8
98	2.375	ENV-SLV	Combination	Max	-18931.3	3647.9	2697.7	0.9	19788.8	16432.3
98	2.375	ENV-SLV	Combination	Max	-18935.4	2945.0	2234.4	0.9	19788.8	16432.3
98	4.75	ENV-SLV	Combination	Max	-17992.4	2945.0	2234.4	0.9	15204.3	9946.9
98	4.75	ENV-SLV	Combination	Max	-17996.7	2249.6	1865.2	0.9	15204.3	9946.9
98	7.125	ENV-SLV	Combination	Max	-17053.7	2249.6	1865.2	0.9	11152.8	4972.6
98	7.125	ENV-SLV	Combination	Max	-17058.3	1754.0	1667.8	0.9	11152.8	4972.6
98	9.5	ENV-SLV	Combination	Max	-16115.3	1754.0	1667.8	0.9	7248.6	858.8
98	0	ENV-SLV	Combination	Min	-24004.8	-3618.7	-2697.7	-0.9	-25251.3	-24338.3
98	2.375	ENV-SLV	Combination	Min	-23061.8	-3618.7	-2697.7	-0.9	-19788.8	-16240.0
98	2.375	ENV-SLV	Combination	Min	-23057.7	-2915.8	-2234.4	-0.9	-19788.8	-16240.0
98	4.75	ENV-SLV	Combination	Min	-22114.7	-2915.8	-2234.4	-0.9	-15204.3	-9813.8
98	4.75	ENV-SLV	Combination	Min	-22110.4	-2220.4	-1865.2	-0.9	-15204.3	-9813.8
98	7.125	ENV-SLV	Combination	Min	-21167.4	-2220.4	-1865.2	-0.9	-11152.8	-4898.8
98	7.125	ENV-SLV	Combination	Min	-21162.8	-1724.8	-1667.8	-0.9	-11152.8	-4898.8
98	9.5	ENV-SLV	Combination	Min	-20219.8	-1724.8	-1667.8	-0.9	-7248.6	-844.2

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

TAGLIO RESISTENTE IN DIREZIONE TRASVERSALE –  $V_{Rd,3}$

<b>Dati</b>		
b (mm)	2000.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	9200.0	altezza della sezione
d (mm)	9135.0	altezza utile
$f_{ck}$ (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
$f_{yd}$ (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
$f_{cd}$ (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
$f'_{cd}$ (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$A_{sl}$ (mmq)	49600.0	armatura longitudinale
k	1.15	fattore di ingranamento
$v_{min}$	0.24	tensione resistente minima
$\rho_l$	0.0027	rapporto geom. di armatura longit.
$N_{Ed}$ (N)	16115000.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
$\sigma_{cp}$ (MPa)	0.88	tensione media di compressione nella sezione
$\alpha_c$	1.00	coefficiente maggiorativo
<b>Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima</b>		
$V_{Rd}$ (KN)	<b>7574.0</b>	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura

TAGLIO RESISTENTE IN DIREZIONE LONGITUDINALE –  $V_{Rd,2}$

Dati		
b (mm)	9200.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	2000.0	altezza della sezione
d (mm)	1935.0	altezza utile
$f_{ck}$ (MPa)	32.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
$f_{yd}$ (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
$f_{cd}$ (MPa)	18.13	resistenza di progetto del calcestruzzo
$f'_{cd}$ (MPa)	9.07	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$A_{sl}$ (mmq)	49600.0	armatura longitudinale
k	1.32	fattore di ingranamento
$v_{min}$	0.30	tensione resistente minima
$\rho_l$	0.0028	rapporto geom. di armatura longit.
$N_{Ed}$ (N)	16115000.0	sforzo di compressione di progetto nella sezione
$\sigma_{cp}$ (MPa)	0.88	tensione media di compressione nella sezione
$\alpha_c$	1.00	coefficiente maggiorativo
<b>Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima</b>		
$V_{Rd}$ (KN)	8192.5	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura

La verifica di resistenza a taglio risulta 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	0.73
0.00	0.73
0.00	0.61
0.00	0.61
0.00	0.50
0.00	0.50
0.00	0.43
0.00	0.43
0.16	0.73
0.16	0.73
0.16	0.61
0.16	0.61
0.16	0.50
0.16	0.50
0.16	0.44
0.16	0.44
0.02	0.80
0.02	0.80
0.02	0.65
0.02	0.65
0.02	0.52
0.02	0.52
0.02	0.43
0.02	0.43
0.14	0.80
0.14	0.80
0.14	0.65
0.14	0.65
0.14	0.52
0.14	0.52
0.14	0.43
0.14	0.43
<b>0.16</b>	<b>0.73</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]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	0	0	1	7.070001	15	6.5
2	790	0	2	7.070001	30	6.5
3	790	190	3	7.070001	50	6.5
4	0	190	4	7.070001	70	6.5
			5	7.070001	90	6.5
			6	7.070001	110	6.5

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

N<sub>Ed</sub> 0 17760 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 690 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 16640

**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

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

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

**Verifica**  
 σ<sub>c</sub> -1.944 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> -0.01849 ‰  
 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.

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

Il plinto delle pile è previsto di forma rettangolare con lati pari a 7.80 m x 13.3 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

**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

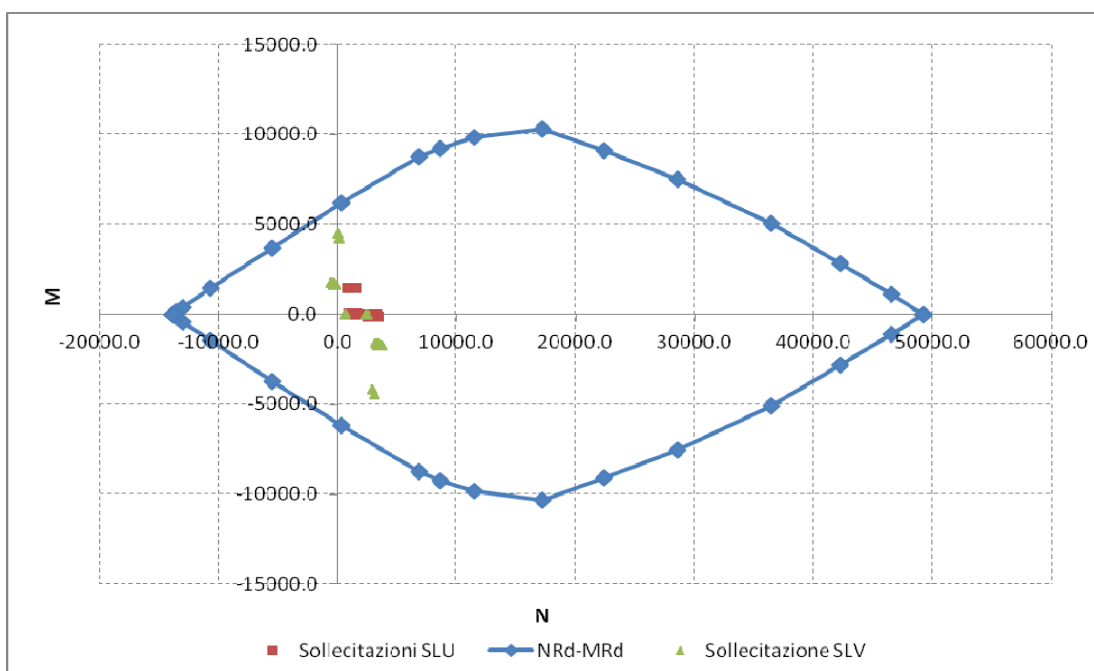
**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**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 del dominio resistente.

### **Verifica a taglio**

Le massime sollecitazioni agenti in sezione posta in sommità ai diaframmi sono riportate nelle tabelle seguenti (P indica l'azione assiale positiva se di compressione, 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
65	4	ENV-SLU	Combination	Max	1555.3	2.8	0.0	0.0	0.0	1465.7
65	4	ENV-SLU	Combination	Min	3388.0	-250.6	0.0	0.0	0.0	-114.5
66	4	ENV-SLU	Combination	Max	1504.0	2.8	0.0	0.0	0.0	1465.9
66	4	ENV-SLU	Combination	Min	3410.6	-250.6	0.0	0.0	0.0	-114.7
67	4	ENV-SLU	Combination	Max	1539.1	3.1	0.0	0.0	0.0	1458.1
67	4	ENV-SLU	Combination	Min	3474.6	-249.8	0.0	0.0	0.0	-116.7
68	4	ENV-SLU	Combination	Max	1594.2	3.1	0.0	0.0	0.0	1457.9
68	4	ENV-SLU	Combination	Min	3450.5	-249.8	0.0	0.0	0.0	-116.5
69	4	ENV-SLU	Combination	Max	1564.1	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
69	4	ENV-SLU	Combination	Min	3279.2	-15.5	0.0	0.0	0.0	-35.0
70	4	ENV-SLU	Combination	Max	1484.1	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
70	4	ENV-SLU	Combination	Min	3305.1	-15.5	0.0	0.0	0.0	-35.0
71	4	ENV-SLU	Combination	Max	1516.7	15.4	0.0	0.0	0.0	33.8
71	4	ENV-SLU	Combination	Min	3368.5	-8.1	0.0	0.0	0.0	-60.3
72	4	ENV-SLU	Combination	Max	1599.7	15.4	0.0	0.0	0.0	33.8
72	4	ENV-SLU	Combination	Min	3343.6	-8.1	0.0	0.0	0.0	-60.3
73	4	ENV-SLU	Combination	Max	1594.0	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
73	4	ENV-SLU	Combination	Min	2915.0	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
74	4	ENV-SLU	Combination	Max	1508.4	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
74	4	ENV-SLU	Combination	Min	2937.4	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
75	4	ENV-SLU	Combination	Max	1540.7	15.4	0.0	0.0	0.0	33.7
75	4	ENV-SLU	Combination	Min	2995.4	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
76	4	ENV-SLU	Combination	Max	1629.2	15.4	0.0	0.0	0.0	33.7
76	4	ENV-SLU	Combination	Min	2973.9	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
77	4	ENV-SLU	Combination	Max	1553.4	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
77	4	ENV-SLU	Combination	Min	2575.9	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
78	4	ENV-SLU	Combination	Max	1564.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
78	4	ENV-SLU	Combination	Min	2565.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	4	ENV-SLU	Combination	Max	1545.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	4	ENV-SLU	Combination	Min	2585.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	4	ENV-SLU	Combination	Max	1512.2	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
80	4	ENV-SLU	Combination	Min	2598.8	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
81	4	ENV-SLU	Combination	Max	1544.5	15.4	0.0	0.0	0.0	33.6
81	4	ENV-SLU	Combination	Min	2650.9	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
82	4	ENV-SLU	Combination	Max	1580.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	4	ENV-SLU	Combination	Min	2637.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
83	4	ENV-SLU	Combination	Max	1601.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
83	4	ENV-SLU	Combination	Min	2615.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
84	4	ENV-SLU	Combination	Max	1589.1	15.4	0.0	0.0	0.0	33.6
84	4	ENV-SLU	Combination	Min	2628.9	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
85	4	ENV-SLU	Combination	Max	1347.9	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
85	4	ENV-SLU	Combination	Min	2542.0	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
86	4	ENV-SLU	Combination	Max	1310.6	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
86	4	ENV-SLU	Combination	Min	2560.7	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
87	4	ENV-SLU	Combination	Max	1334.6	15.4	0.0	0.0	0.0	33.6
87	4	ENV-SLU	Combination	Min	2612.8	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
88	4	ENV-SLU	Combination	Max	1372.2	15.4	0.0	0.0	0.0	33.6
88	4	ENV-SLU	Combination	Min	2595.1	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
89	4	ENV-SLU	Combination	Max	977.0	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
89	4	ENV-SLU	Combination	Min	2560.6	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
90	4	ENV-SLU	Combination	Max	934.0	8.1	0.0	0.0	0.0	63.1
90	4	ENV-SLU	Combination	Min	2580.3	-15.5	0.0	0.0	0.0	-34.9
91	4	ENV-SLU	Combination	Max	947.6	15.4	0.0	0.0	0.0	33.6
91	4	ENV-SLU	Combination	Min	2632.0	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
92	4	ENV-SLU	Combination	Max	991.3	15.4	0.0	0.0	0.0	33.6
92	4	ENV-SLU	Combination	Min	2613.4	-8.0	0.0	0.0	0.0	-60.2
93	4	ENV-SLU	Combination	Max	866.7	2.8	0.0	0.0	0.0	1465.7
93	4	ENV-SLU	Combination	Min	2560.4	-250.6	0.0	0.0	0.0	-114.5
94	4	ENV-SLU	Combination	Max	831.7	2.8	0.0	0.0	0.0	1465.9
94	4	ENV-SLU	Combination	Min	2579.0	-250.6	0.0	0.0	0.0	-114.7
95	4	ENV-SLU	Combination	Max	843.4	3.1	0.0	0.0	0.0	1458.1
95	4	ENV-SLU	Combination	Min	2629.6	-249.8	0.0	0.0	0.0	-116.7
96	4	ENV-SLU	Combination	Max	880.8	3.1	0.0	0.0	0.0	1457.9
96	4	ENV-SLU	Combination	Min	2609.7	-249.8	0.0	0.0	0.0	-116.5

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
65	4	ENV-SLV	Combination	Max	129.4	716.4	0.0	0.0	0.0	4188.3
65	4	ENV-SLV	Combination	Min	2899.1	-716.4	0.0	0.0	0.0	-4188.3
66	4	ENV-SLV	Combination	Max	117.1	716.4	0.0	0.0	0.0	4188.4
66	4	ENV-SLV	Combination	Min	2927.3	-716.4	0.0	0.0	0.0	-4188.4
67	4	ENV-SLV	Combination	Max	24.6	767.6	0.0	0.0	0.0	4485.7
67	4	ENV-SLV	Combination	Min	3095.1	-767.6	0.0	0.0	0.0	-4485.7
68	4	ENV-SLV	Combination	Max	36.2	767.6	0.0	0.0	0.0	4485.6
68	4	ENV-SLV	Combination	Min	3064.7	-767.6	0.0	0.0	0.0	-4485.6
69	4	ENV-SLV	Combination	Max	-408.2	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.5
69	4	ENV-SLV	Combination	Min	3420.8	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.8
70	4	ENV-SLV	Combination	Max	-406.2	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.5
70	4	ENV-SLV	Combination	Min	3463.5	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.8
71	4	ENV-SLV	Combination	Max	-597.0	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.2
71	4	ENV-SLV	Combination	Min	3730.6	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
72	4	ENV-SLV	Combination	Max	-600.7	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.2
72	4	ENV-SLV	Combination	Min	3686.2	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
73	4	ENV-SLV	Combination	Max	-263.7	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.4
73	4	ENV-SLV	Combination	Min	3276.3	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.7
74	4	ENV-SLV	Combination	Max	-261.8	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.4
74	4	ENV-SLV	Combination	Min	3319.0	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.7
75	4	ENV-SLV	Combination	Max	-439.6	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.1
75	4	ENV-SLV	Combination	Min	3573.2	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
76	4	ENV-SLV	Combination	Max	-443.3	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.1
76	4	ENV-SLV	Combination	Min	3528.8	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
77	4	ENV-SLV	Combination	Max	-119.2	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.4
77	4	ENV-SLV	Combination	Min	3131.8	-358.6	0.0	0.0	0.0	-1633.7
78	4	ENV-SLV	Combination	Max	687.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
78	4	ENV-SLV	Combination	Min	2341.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	4	ENV-SLV	Combination	Max	676.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
79	4	ENV-SLV	Combination	Min	2368.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
80	4	ENV-SLV	Combination	Max	-117.3	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.4
80	4	ENV-SLV	Combination	Min	3174.6	-358.6	0.0	0.0	0.0	-1633.7
81	4	ENV-SLV	Combination	Max	-282.3	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.1
81	4	ENV-SLV	Combination	Min	3415.8	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.4
82	4	ENV-SLV	Combination	Max	612.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	4	ENV-SLV	Combination	Min	2507.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
83	4	ENV-SLV	Combination	Max	622.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
83	4	ENV-SLV	Combination	Min	2478.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
84	4	ENV-SLV	Combination	Max	-286.0	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.1
84	4	ENV-SLV	Combination	Min	3371.5	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.4
85	4	ENV-SLV	Combination	Max	-263.7	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.4
85	4	ENV-SLV	Combination	Min	3276.3	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.7
86	4	ENV-SLV	Combination	Max	-261.8	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.4
86	4	ENV-SLV	Combination	Min	3319.0	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.7
87	4	ENV-SLV	Combination	Max	-439.6	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.1
87	4	ENV-SLV	Combination	Min	3573.2	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
88	4	ENV-SLV	Combination	Max	-443.3	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.1
88	4	ENV-SLV	Combination	Min	3528.8	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
89	4	ENV-SLV	Combination	Max	-408.2	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.5
89	4	ENV-SLV	Combination	Min	3420.8	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.8
90	4	ENV-SLV	Combination	Max	-406.2	363.3	0.0	0.0	0.0	1612.5
90	4	ENV-SLV	Combination	Min	3463.5	-358.7	0.0	0.0	0.0	-1633.8
91	4	ENV-SLV	Combination	Max	-597.0	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.2
91	4	ENV-SLV	Combination	Min	3730.6	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
92	4	ENV-SLV	Combination	Max	-600.7	386.7	0.0	0.0	0.0	1732.2
92	4	ENV-SLV	Combination	Min	3686.2	-391.3	0.0	0.0	0.0	-1711.5
93	4	ENV-SLV	Combination	Max	129.4	716.4	0.0	0.0	0.0	4188.3
93	4	ENV-SLV	Combination	Min	2899.1	-716.4	0.0	0.0	0.0	-4188.3
94	4	ENV-SLV	Combination	Max	117.1	716.4	0.0	0.0	0.0	4188.4
94	4	ENV-SLV	Combination	Min	2927.3	-716.4	0.0	0.0	0.0	-4188.4
95	4	ENV-SLV	Combination	Max	24.6	767.6	0.0	0.0	0.0	4485.7
95	4	ENV-SLV	Combination	Min	3095.1	-767.6	0.0	0.0	0.0	-4485.7
96	4	ENV-SLV	Combination	Max	36.2	767.6	0.0	0.0	0.0	4485.6
96	4	ENV-SLV	Combination	Min	3064.7	-767.6	0.0	0.0	0.0	-4485.6

La massima azione tagliante vale quindi:

- $V_{Ed} = 767.6$  KN condizione sismica.

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

Dati		
b (mm)	2500.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	1000.0	altezza della sezione
d (mm)	935.0	altezza utile
$f_{ck}$ (MPa)	25.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
$f_{yd}$ (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
$f_{cd}$ (MPa)	14.17	resistenza di progetto del calcestruzzo
$f'_{cd}$ (MPa)	7.08	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
$A_{sl}$ (mmq)	17671.0	armatura longitudinale
k	1.46	fattore di ingranamento
$v_{min}$	0.31	tensione resistente minima
$\rho_l$	0.0076	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
<b>Resist. a taglio dell'elemento non armato e armatura minima</b>		
$V_{Rd}$ (KN)	<b>1092.7</b>	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta. S'intende che sarà prevista un'armatura a taglio non inferiore a quella minima prevista da normativa vigente.

#### 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]	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>	329	1243	kN
M <sub>xEd</sub>	0	193	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/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	

$\sigma_c$  **-0.7229** N/mm²

$\epsilon_s$  **-0.01037** ‰

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 merito 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):

$$R_{cd} = 1614.0 \cdot 2.5 = 4035.0 \text{ KN}$$

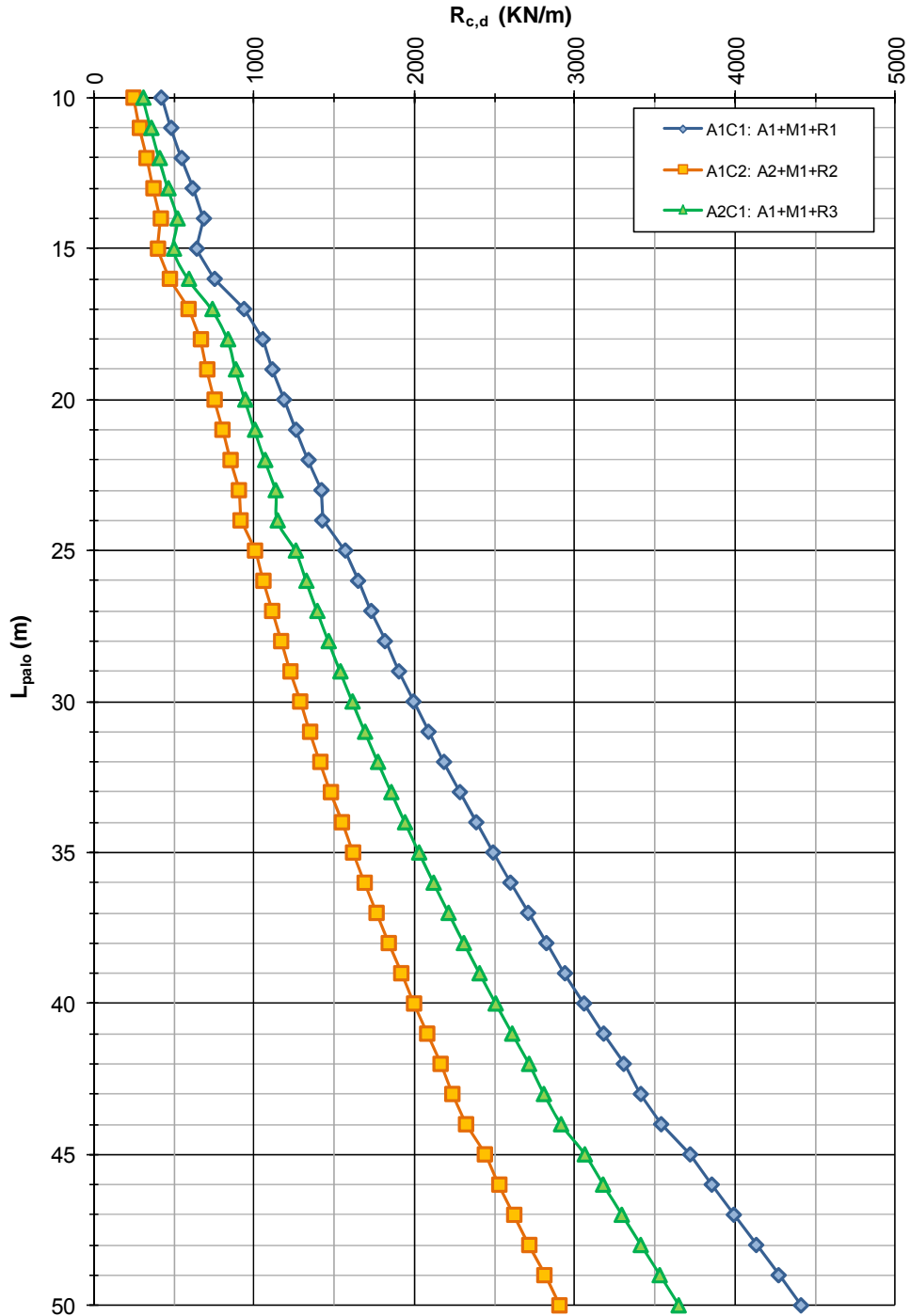
(ipotesi con scalzamento pari a 6.0 m dovuto all'erosione dell'acqua, valida per la condizione statica). La massima azione assiale registrata in sommità dei diaframmi vale:

- $N_{Ed} = 3474.6 \text{ KN}$  condizione statica;
- $N_{Ed} = 3730.6 \text{ KN}$  condizione sismica.

Si ha pertanto:

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

**APO12 - Ponte sul fiume Panaro**  
**NTC del 14/01/2008**  
**Capacità portante a compressione - Diaframmi s=1000mm**



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 <sub>Ed</sub> (KN) BASE PILA - FASE 1	N <sub>Ed</sub> (KN) BASE PILA - FASE 2	PESO PLINTO (KN)	N <sub>Ed</sub> (KN)
SLU	24309.8	12590.3	4936.0	41836.1
SLV	17281.0	5868.6	3656.3	26805.9

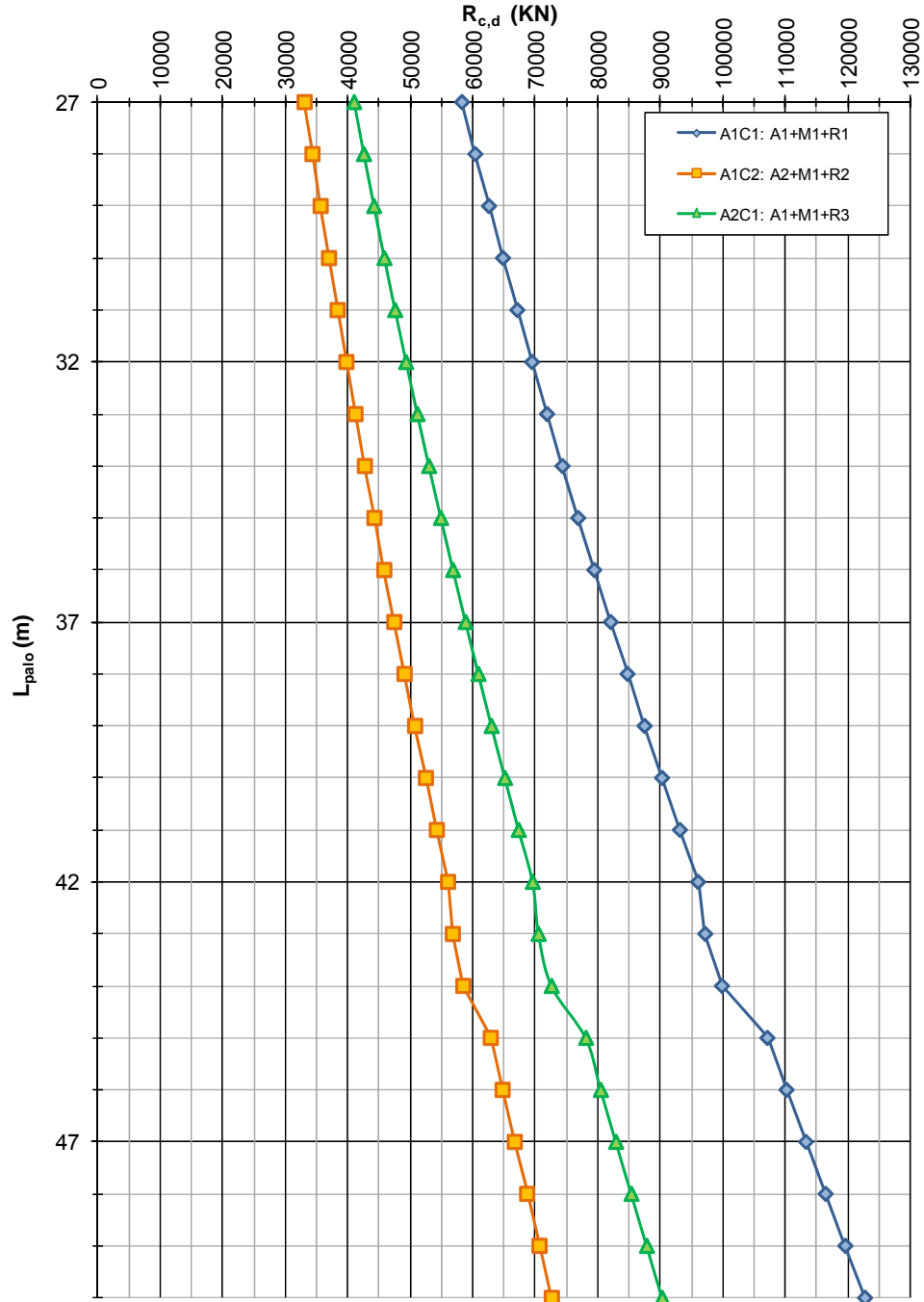
Dal grafico si ottiene:

$$R_{cd} = 45898.0 \text{ KN}$$

(ipotesi con scalzamento pari a 6.0 m, in quanto vincolante la condizione statica). Si ha pertanto:

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

APO12 - Ponte sul fiume Panaro  
NTC del 14/01/2008  
Capacità portante a compressione - Pozzo di diaframmi  $s=1000\text{mm}$





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

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

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

**Materiali**

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

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

M<sub>xRd</sub>  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**  
 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

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

σ<sub>c</sub> -14.17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 2.826 %  
 ε<sub>s</sub> 67.5 %  
 d 243.5 cm  
 x 9.785      x/d 0.04018  
                                  δ 0.7

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

**Tipo flessione:**  
 Retta    Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd      Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm      Col. modello

Precompresso

Si ha quindi:

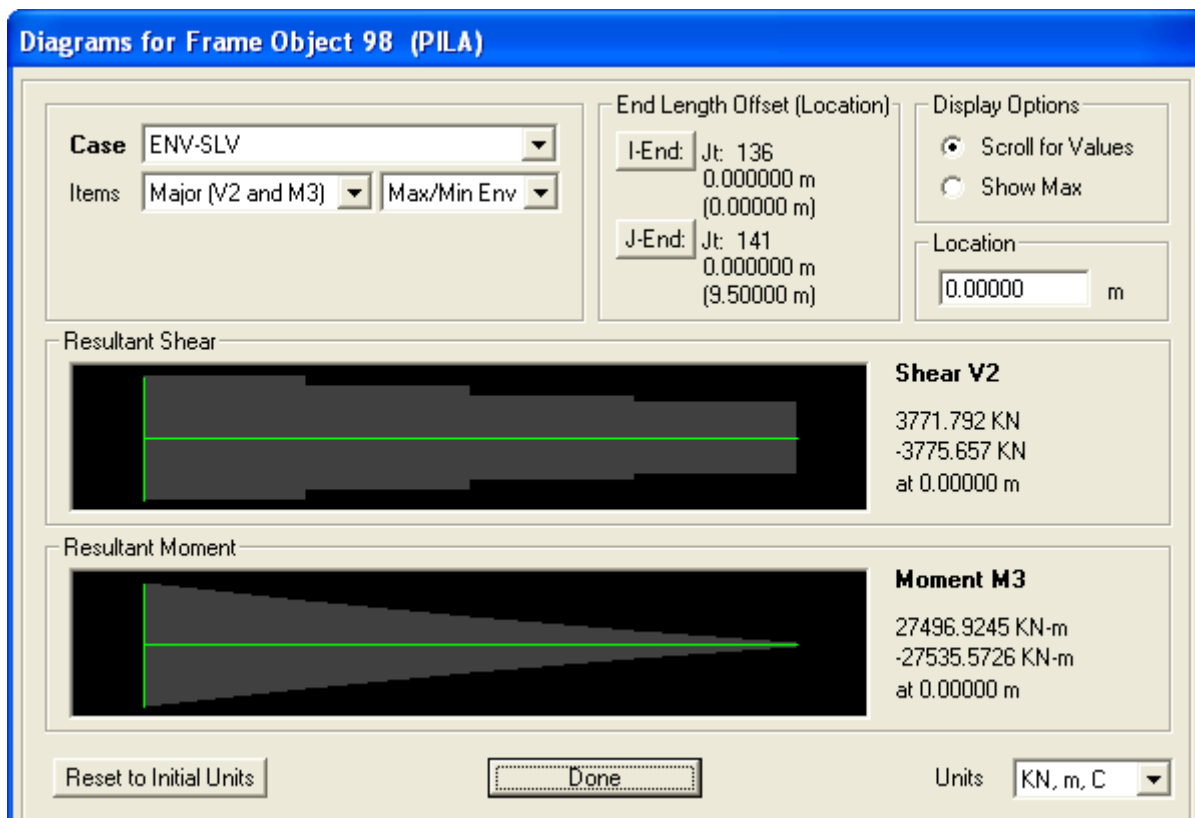
- $M_{Rd} = 269288.0$  KNm (sezione monolitica);
- $M_{Rd} = 10 \cdot 4589 + 6 \cdot 4950 = 75590.0$  KNm (sezioni singoli diaframmi);
- $M_{Rd} = 172439.0$  KNm (valore assunto come riferimento).

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

$$H_{Rd} \cong 7040.0 \text{ KN}$$

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).

$$H_{Ed} \cong 3775.7 \text{ KN}$$



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  $f_{cd}$   %  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   %  $\sigma_{c,adm}$    
 $\sigma_{s,adm}$   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

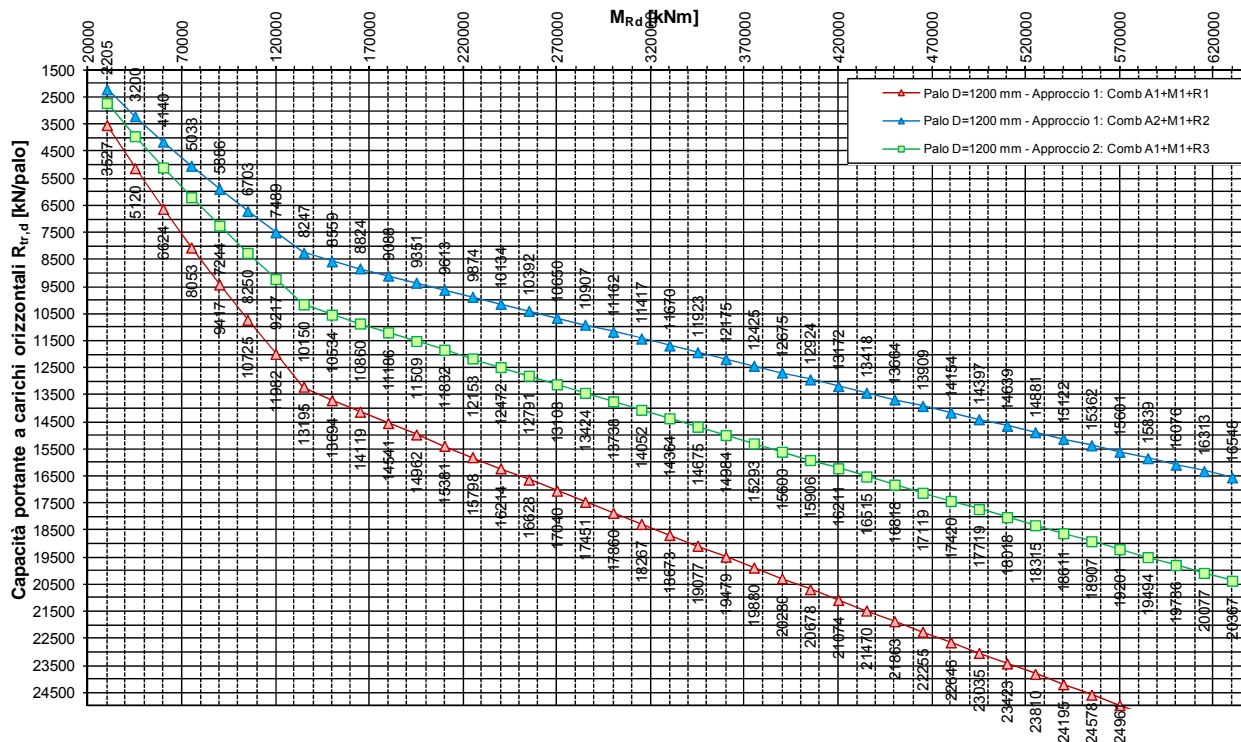
Precompresso

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 APO12 - ZOX**  
**Capacità portante di progetto del pozzo di diaframmi soggetto a carichi trasversali -  $R_{tr,d}$**   
 **$B = 7.00\text{ m}$  - condizione di incastro in testa**

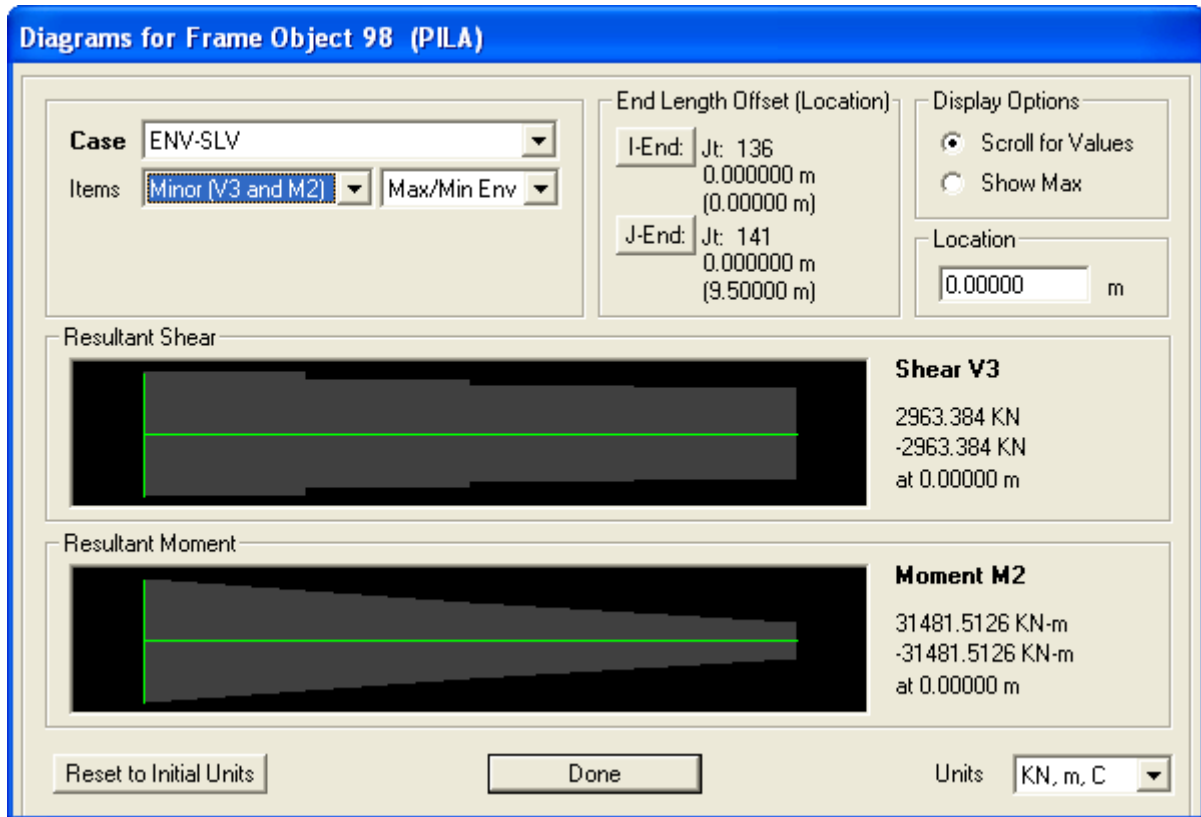


Si ha pertanto come capacità portante ai carichi orizzontali del pozzo di pali:

$$H_{Rd} \cong 13424.0 \text{ KN}$$

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).

$$H_{Ed} \cong 2963.4 \text{ KN}$$



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 6.4.

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 1, 2, 5 e 6 si riferiscono agli isolatori delle pile.

CONDIZIONE STATICA								
Link	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	I-End	ENV-SLU	-8362.4	42.3	4.7	0.0	2.3	21.2
1	J-End	ENV-SLU	-8362.4	42.3	4.7	0.0	0.0	0.0
1	I-End	ENV-SLU	-21361.4	-81.5	-518.9	0.0	-259.5	-40.7
1	J-End	ENV-SLU	-21361.4	-81.5	-518.9	0.0	0.0	0.0
2	I-End	ENV-SLU	-8365.7	81.1	5.2	0.0	2.6	40.5
2	J-End	ENV-SLU	-8365.7	81.1	5.2	0.0	0.0	0.0
2	I-End	ENV-SLU	-21327.1	-42.2	-517.5	0.0	-258.7	-21.1
2	J-End	ENV-SLU	-21327.1	-42.2	-517.5	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLU	-4349.6	42.2	4.7	0.0	2.3	21.1
5	J-End	ENV-SLU	-4349.6	42.2	4.7	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLU	-15685.8	-81.4	-518.9	0.0	-259.5	-40.7
5	J-End	ENV-SLU	-15685.8	-81.4	-518.9	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLU	-4381.6	81.0	5.2	0.0	2.6	40.5
6	J-End	ENV-SLU	-4381.6	81.0	5.2	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLU	-15680.5	-42.0	-517.5	0.0	-258.7	-21.0
6	J-End	ENV-SLU	-15680.5	-42.0	-517.5	0.0	0.0	0.0
		<b>MAX</b>	<b>-4349.6</b>	<b>81.1</b>	<b>5.2</b>	<b>0.0</b>	<b>2.6</b>	<b>40.5</b>
		<b>MIN</b>	<b>-21361.4</b>	<b>-81.5</b>	<b>-518.9</b>	<b>0.0</b>	<b>-259.5</b>	<b>-40.7</b>



CONDIZIONE SISMICA								
Link	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	I-End	ENV-SLC	-6047.6	1215.7	1166.9	0.0	583.5	607.8
1	J-End	ENV-SLC	-6047.6	1215.7	1166.9	0.0	0.0	0.0
1	I-End	ENV-SLC	-10764.0	-1191.4	-1166.9	0.0	-583.5	-595.7
1	J-End	ENV-SLC	-10764.0	-1191.4	-1166.9	0.0	0.0	0.0
2	I-End	ENV-SLC	-6087.8	1175.3	1167.7	0.0	583.8	587.7
2	J-End	ENV-SLC	-6087.8	1175.3	1167.7	0.0	0.0	0.0
2	I-End	ENV-SLC	-10722.6	-1199.5	-1167.7	0.0	-583.8	-599.8
2	J-End	ENV-SLC	-10722.6	-1199.5	-1167.7	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLC	-6047.6	1215.7	1166.9	0.0	583.5	607.8
5	J-End	ENV-SLC	-6047.6	1215.7	1166.9	0.0	0.0	0.0
5	I-End	ENV-SLC	-10764.0	-1191.4	-1166.9	0.0	-583.5	-595.7
5	J-End	ENV-SLC	-10764.0	-1191.4	-1166.9	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLC	-6087.8	1175.3	1167.7	0.0	583.8	587.7
6	J-End	ENV-SLC	-6087.8	1175.3	1167.7	0.0	0.0	0.0
6	I-End	ENV-SLC	-10722.6	-1199.5	-1167.7	0.0	-583.8	-599.8
6	J-End	ENV-SLC	-10722.6	-1199.5	-1167.7	0.0	0.0	0.0
		<b>MAX</b>	<b>-6047.6</b>	<b>1215.7</b>	<b>1167.7</b>	<b>0.0</b>	<b>583.8</b>	<b>607.8</b>
		<b>MIN</b>	<b>-10764.0</b>	<b>-1199.5</b>	<b>-1167.7</b>	<b>0.0</b>	<b>-583.8</b>	<b>-599.8</b>

CONDIZIONE STATICA - SLU							
LinkElem	Station	OutputCase	P	V2	V3	M3	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	
Spalla A - isolatore 1	I-End	ENV-SLU	-2263.5	2.1	3.4	1.1	
Spalla A - isolatore 1	J-End	ENV-SLU	-2264.2	2.1	3.4	0.0	
Spalla A - isolatore 1	I-End	ENV-SLU	-5247.2	-72.2	-163.9	-36.1	
Spalla A - isolatore 1	J-End	ENV-SLU	-5213.0	-72.2	-163.9	0.0	
Spalla B - isolatore 1	I-End	ENV-SLU	-2263.9	72.5	3.3	36.3	
Spalla B - isolatore 1	J-End	ENV-SLU	-2264.6	72.5	3.3	0.0	
Spalla B - isolatore 1	I-End	ENV-SLU	-5247.6	-2.1	-164.5	-1.1	
Spalla B - isolatore 1	J-End	ENV-SLU	-5213.4	-2.1	-164.5	0.0	
			<b>-2263.5</b>	<b>72.5</b>	<b>3.4</b>	<b>36.3</b>	<b>MAX</b>
			<b>-5247.6</b>	<b>-72.2</b>	<b>-164.5</b>	<b>-36.1</b>	<b>MIN</b>
CONDIZIONE STATICA - SLU							
LinkElem	Station	OutputCase	P	V2	V3	M3	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	
Spalla A - isolatore 2	I-End	ENV-SLU	-2265.0	2.1	3.4	1.1	
Spalla A - isolatore 2	J-End	ENV-SLU	-2264.2	2.1	3.4	0.0	
Spalla A - isolatore 2	I-End	ENV-SLU	-5178.9	-72.2	-163.9	-36.1	
Spalla A - isolatore 2	J-End	ENV-SLU	-5213.0	-72.2	-163.9	0.0	
Spalla B - isolatore 2	I-End	ENV-SLU	-2265.2	72.5	3.3	36.3	
Spalla B - isolatore 2	J-End	ENV-SLU	-2264.6	72.5	3.3	0.0	
Spalla B - isolatore 2	I-End	ENV-SLU	-5179.1	-2.1	-164.5	-1.1	
Spalla B - isolatore 2	J-End	ENV-SLU	-5213.4	-2.1	-164.5	0.0	
			<b>-2264.2</b>	<b>72.5</b>	<b>3.4</b>	<b>36.3</b>	<b>MAX</b>
			<b>-5213.4</b>	<b>-72.2</b>	<b>-164.5</b>	<b>-36.1</b>	<b>MIN</b>

CONDIZIONE SISMICA - SLC							
LinkElem	Station	OutputCase	P	V2	V3	M3	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	
Spalla A - isolatore 1	I-End	ENV-SLC	-1764.4	386.3	362.8	193.2	
Spalla A - isolatore 1	J-End	ENV-SLC	-1840.0	386.3	362.8	0.0	
Spalla A - isolatore 1	I-End	ENV-SLC	-2858.8	-396.3	-362.8	-198.2	
Spalla A - isolatore 1	J-End	ENV-SLC	-2783.2	-396.3	-362.8	0.0	
Spalla B - isolatore 1	I-End	ENV-SLC	-1765.0	396.4	363.9	198.2	
Spalla B - isolatore 1	J-End	ENV-SLC	-1840.9	396.4	363.9	0.0	
Spalla B - isolatore 1	I-End	ENV-SLC	-2858.7	-386.4	-363.9	-193.2	
Spalla B - isolatore 1	J-End	ENV-SLC	-2782.9	-386.4	-363.9	0.0	
			<b>-1764.4</b>	<b>396.4</b>	<b>363.9</b>	<b>198.2</b>	<b>MAX</b>
			<b>-2858.8</b>	<b>-396.3</b>	<b>-363.9</b>	<b>-198.2</b>	<b>MIN</b>
CONDIZIONE SISMICA - SLC							
LinkElem	Station	OutputCase	P	V2	V3	M3	
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	
Spalla A - isolatore 2	I-End	ENV-SLC	-1915.6	386.3	362.8	193.2	
Spalla A - isolatore 2	J-End	ENV-SLC	-1840.0	386.3	362.8	0.0	
Spalla A - isolatore 2	I-End	ENV-SLC	-2707.6	-396.3	-362.8	-198.2	
Spalla A - isolatore 2	J-End	ENV-SLC	-2783.2	-396.3	-362.8	0.0	
Spalla B - isolatore 2	I-End	ENV-SLC	-1916.7	396.4	363.9	198.2	
Spalla B - isolatore 2	J-End	ENV-SLC	-1840.9	396.4	363.9	0.0	
Spalla B - isolatore 2	I-End	ENV-SLC	-2707.1	-386.4	-363.9	-193.2	
Spalla B - isolatore 2	J-End	ENV-SLC	-2782.9	-386.4	-363.9	0.0	
			<b>-1840.0</b>	<b>396.4</b>	<b>363.9</b>	<b>198.2</b>	<b>MAX</b>
			<b>-2783.2</b>	<b>-396.3</b>	<b>-363.9</b>	<b>-198.2</b>	<b>MIN</b>

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
1	ENV-SLC	-0.00038	0.27629	0.26521	0.00006	0.00005	0.00103
1	ENV-SLC	-0.00067	-0.27078	-0.26521	-0.00006	-0.00005	-0.00337
2	ENV-SLC	-0.00038	0.26712	0.26538	0.00005	0.00005	0.00384
2	ENV-SLC	-0.00067	-0.27262	-0.26538	-0.00005	-0.00005	-0.00149
5	ENV-SLC	-0.00038	0.27629	0.26521	0.00006	0.00005	0.00103
5	ENV-SLC	-0.00067	-0.27078	-0.26521	-0.00006	-0.00005	-0.00337
6	ENV-SLC	-0.00038	0.26712	0.26538	0.00005	0.00005	0.00384
6	ENV-SLC	-0.00067	-0.27262	-0.26538	-0.00005	-0.00005	-0.00149
<b>MAX/MIN (mm)</b>							
		<b>-0.4</b>	<b>276.3</b>	<b>265.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>3.8</b>
		<b>-0.4</b>	<b>276.3</b>	<b>265.4</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>3.8</b>

CONDIZIONE SISMICA								
LinkElem	OutputCase	StepType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
Spalla A	ENV-SLC	Max	-0.0002	0.3079	0.2903	0.0001	0.0011	0.0098
Spalla A	ENV-SLC	Min	-0.0003	-0.3182	-0.2903	-0.0001	-0.0011	0.0072
Spalla B	ENV-SLC	Max	-0.0002	0.3183	0.2911	0.0001	0.0011	-0.0073
Spalla B	ENV-SLC	Min	-0.0004	-0.3080	-0.2911	-0.0001	-0.0011	-0.0098
<b>MAX/MIN (mm)</b>								
			<b>-0.2</b>	<b>318.3</b>	<b>291.1</b>	<b>0.1</b>	<b>1.1</b>	<b>9.8</b>
			<b>-0.2</b>	<b>318.3</b>	<b>291.1</b>	<b>0.1</b>	<b>1.1</b>	<b>9.8</b>

Dai valori sopra riportati si deduce immediatamente che gli isolatori devono garantire spostamenti orizzontali pari a **350 mm**.

#### 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.

<b>TABLE: Joint Displacements</b>					
<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>StepType</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>
Text	Text	Text	Text	m	m
153	ENV-SLC	Combination	Max	316.2	293.4
153	ENV-SLC	Combination	Min	-313.0	-293.4
153	ENV-SLD	Combination	Max	127.7	106.2
153	ENV-SLD	Combination	Min	-124.6	-106.2
172	ENV-SLC	Combination	Max	313.1	294.3
172	ENV-SLC	Combination	Min	-316.3	-294.3
172	ENV-SLD	Combination	Max	124.7	106.5
172	ENV-SLD	Combination	Min	-127.8	-106.5

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;

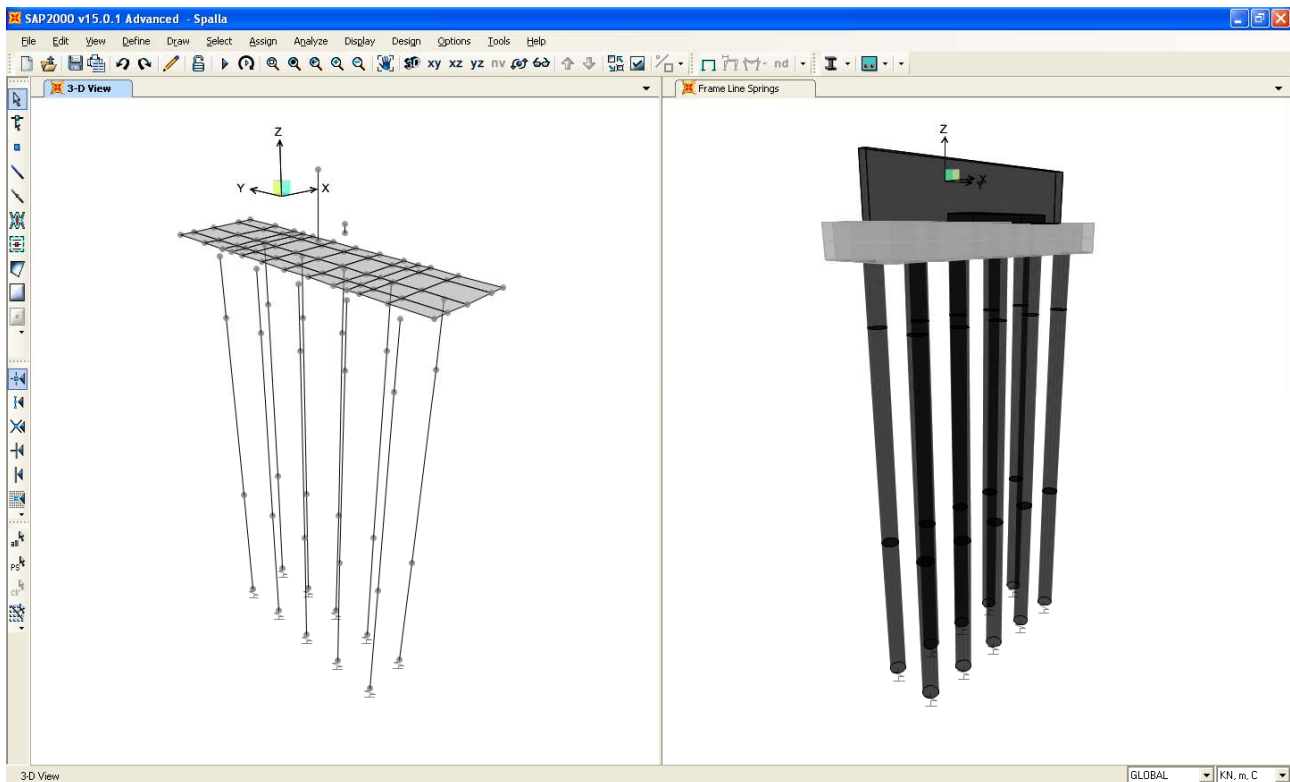
- Carrabilità per scorrimenti trasversali: +/- 300 mm.

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: 4.4 m;
- Larghezza del muro paraghiaia: 17.6 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: 17.6 m;
- Numero di pali: 10;
- Diametro pali: 1200 mm;
- Lunghezza pali: 37.0 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  $K_h = 5578$  KN/m/m per il primo tratto di lunghezza 4.0 m, pari a  $K_h = 32073$  KN/m/m per il secondo tratto di lunghezza 15.0 m e  $K_h = 78092$  KN/m/m per l’ultimo tratto di lunghezza 18 m (schematizzazione del terreno alla “Winkler”) e verticalmente tramite un vincolo elastico alla base di rigidezza  $K_h = 721254$  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 il basso).

CASO DI CARICO	N [KN]	M [KNm]	V <sub>y</sub> [KN]
PERMANENTI	4689.0	0.0	0.0
VENTO	0.0	106.6	-213.2
VEICOLI - N <sub>MAX</sub>	2648.9	-1.1	2.1
VEICOLI - M <sub>MAX</sub>	1740.8	-1.7	3.5
VEICOLI - N <sub>MIN</sub>	-353.3	0.2	-0.5

- 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  $\varphi' = 38^\circ$ ;

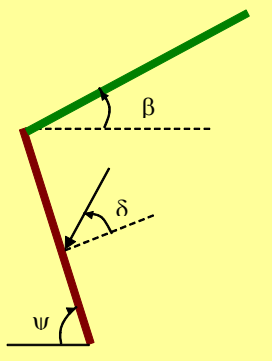
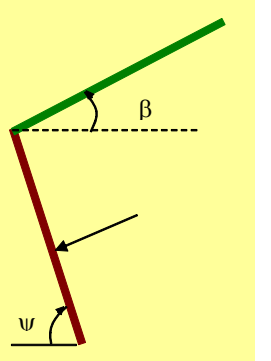
Peso dell’unità di volume del terreno  $\gamma = 19.5$  KN/mc;

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

Per quanto attiene ai parametri utilizzati in condizione sismica si deve precisare che l’influenza del coefficiente sismico verticale  $K_v$  sul valore finale della spinta orizzontale secondo la formulazione di



Mononobe- Okabe è circa pari al 5%. In virtù di tale considerazione si assume un unico coefficiente di spinta in condizioni sismica incrementato del 5% rispetto al caso  $k_v=0$ , mentre si considera  $K_v$  per quanto riguarda le azioni inerziali innescate dai pesi propri degli elementi.

-----

**INPUT DATA**

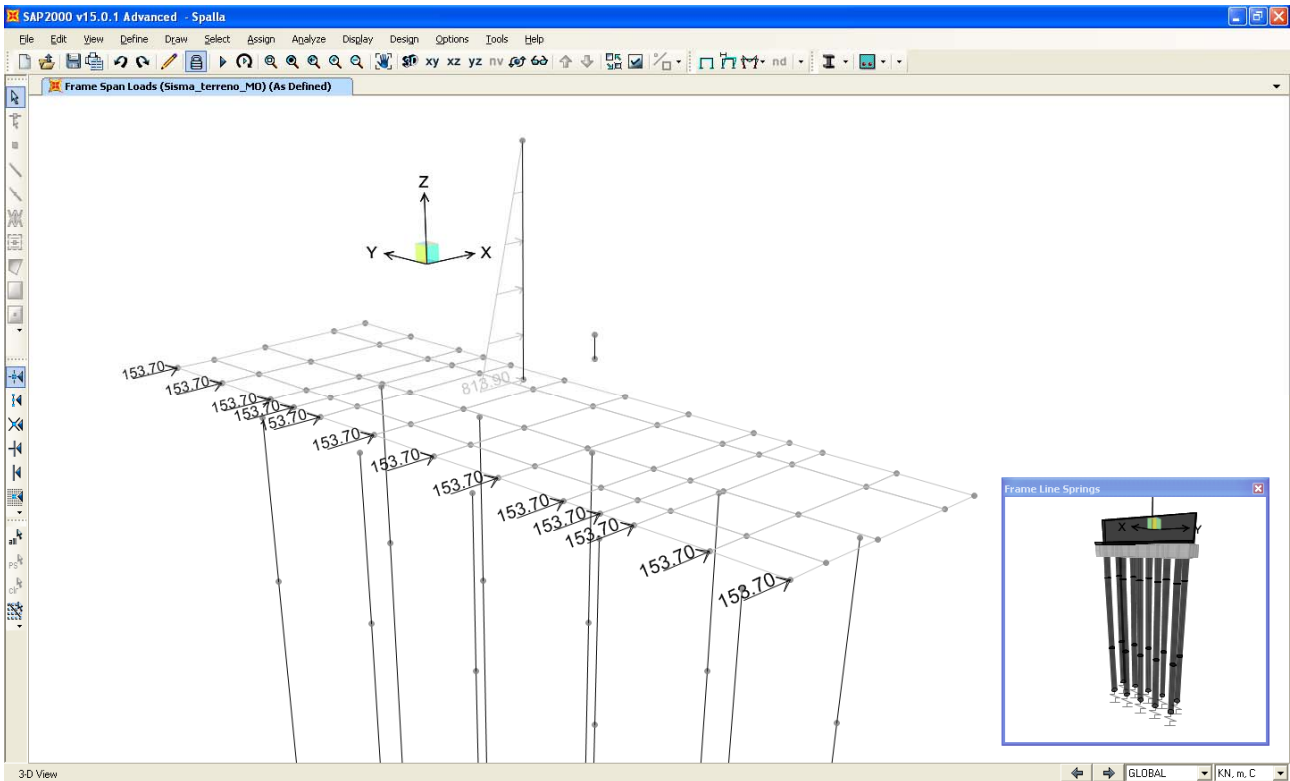
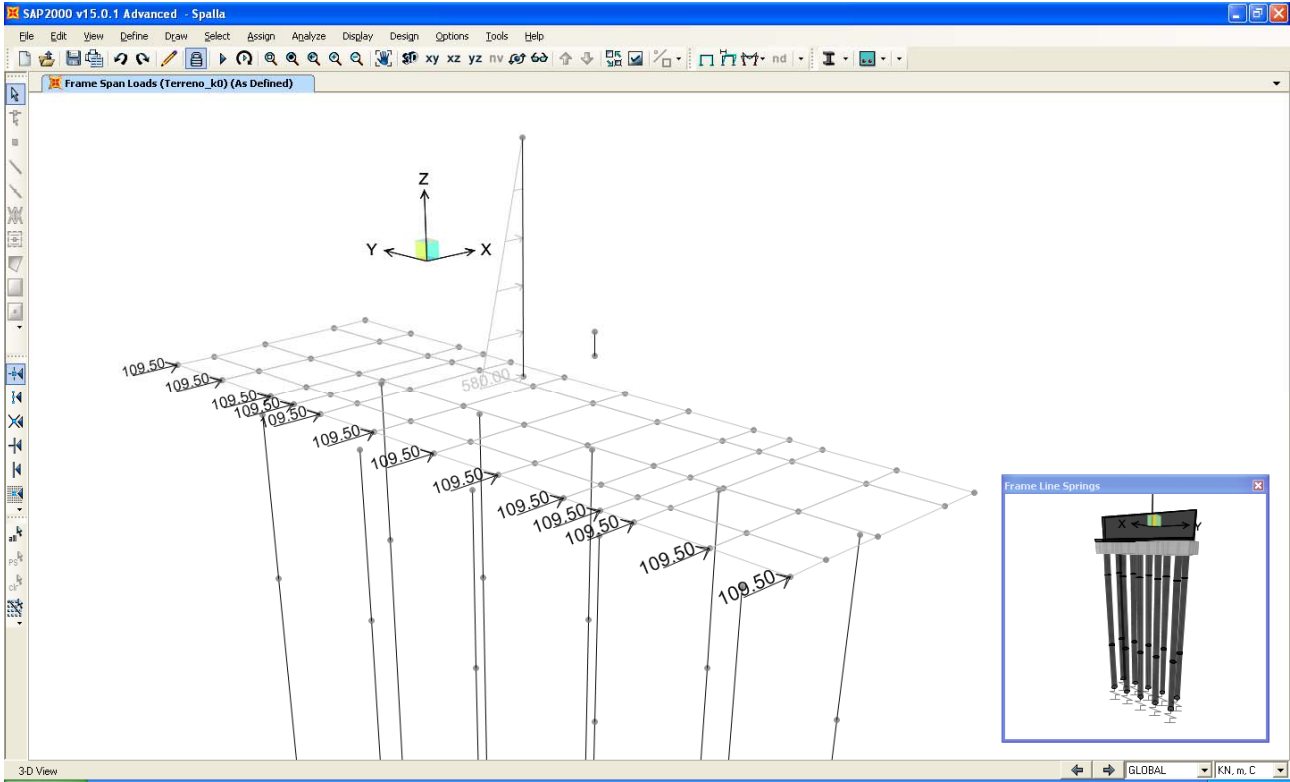
Case:	1	(-)
1 "Water table level under the supporting structure"		
2 "Impermeable soil in seismic condition under the water table"		
3 "High seismic permeability soil under the water table"		
$\phi$ = shear resistance angle of soil	38.0	(<45°)
$\psi$ = batter of soil wall side with horizontal	90.0	(°)
$\beta$ = slope of soil surface with horizontal	0.0	(°)
$\delta$ = friction angle wall-soil	0.0	(°)
$\gamma$ = natural soil unit weight	19.5	(kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_d$ = dry soil unit weight	19.5	(kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_w$ = water unit weight	9.5	(kN/m <sup>3</sup> )
$k_h$ = horizontal seismic coefficient	0.390	(-)
$k_v$ = vertical seismic coefficient	0.000	(-)

**OUTPUT**

Seismic conditions (Mononobe-Okabe)		
$k_a$	0.513	
$k_p$	3.32	

$$K_{a,assunto} = 0.513 * 1.05 = 0.539.$$

Considerando una larghezza di spalla pari a 17.6 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 e terreno imbarcato inclusi) un'azione orizzontale diretta in direzione X pari a 0.390 volte il peso proprio dell'elemento stesso, secondo la relazione:

$$F_{\text{inerziale}} = K_h \cdot a_g \cdot g \cdot W = 0.390 \cdot W \quad (W = \text{peso proprio dell'elemento considerato}).$$

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:

$$F_{\text{inerziale}} = K_v \cdot a_g \cdot g \cdot W = 0.195 \cdot W \quad (W = \text{peso proprio dell'elemento considerato}).$$

- 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:

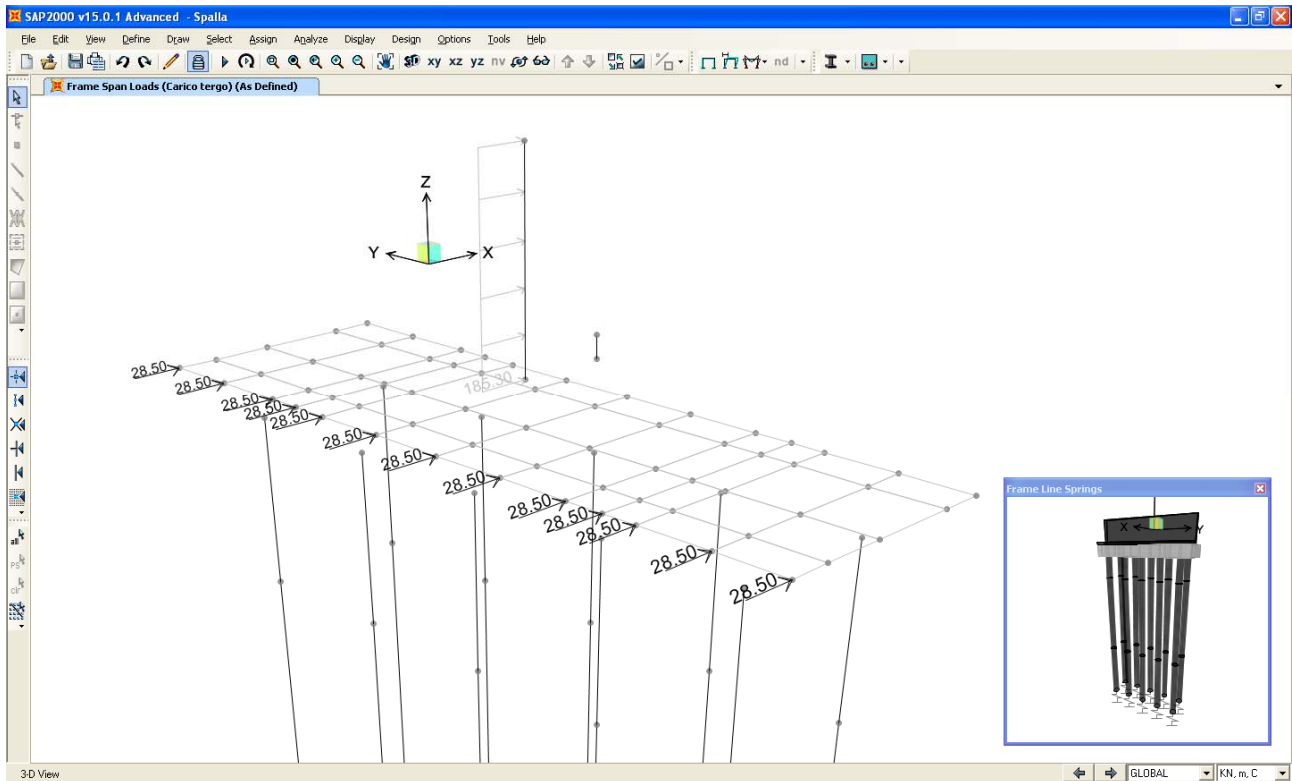
$$p_{\text{sup}} = 34.6 \text{ KPa.}$$

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

$$p_{\text{inf}} = 12.6 \text{ KPa.}$$

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:

$$q_{t,imb} = 19.5 \cdot 4.4 = 85.8 \text{ KPa.}$$

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 nella sezione di base. 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 24 mm ad interasse 200 mm. Nella Tabella seguente si riportano le sollecitazioni dedotte dalle analisi strutturali ricavate per la sezione di base che risulta la sezione maggiormente sollecitata (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	-1568.2	1722.6	0.0	0.0	0.0	2526.5
3	0	SLV1	Combination	-1161.6	3715.8	0.0	0.0	0.0	6861.8
3	0	SLU2	Combination	-1568.2	1722.6	0.0	0.0	0.0	2526.5
3	0	SLU3	Combination	-1161.6	1722.6	0.0	0.0	0.0	2526.5
3	0	SLV2	Combination	-935.1	3715.8	0.0	0.0	0.0	6861.8
3	0	SLU4	Combination	-1161.6	1722.6	0.0	0.0	0.0	2526.5
3	0	SLU5	Combination	-1568.2	2823.3	0.0	0.0	0.0	4948.0
3	0	SLU6	Combination	-1161.6	2823.3	0.0	0.0	0.0	4948.0
3	0	SLV3	Combination	-1388.1	3715.8	0.0	0.0	0.0	6861.8

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

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

Titolo: **SPALLA**

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	1760	60	1	398.10	6
			2	398.10	54

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 1243 kN  
M<sub>xEd</sub>: 0 193 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

N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

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

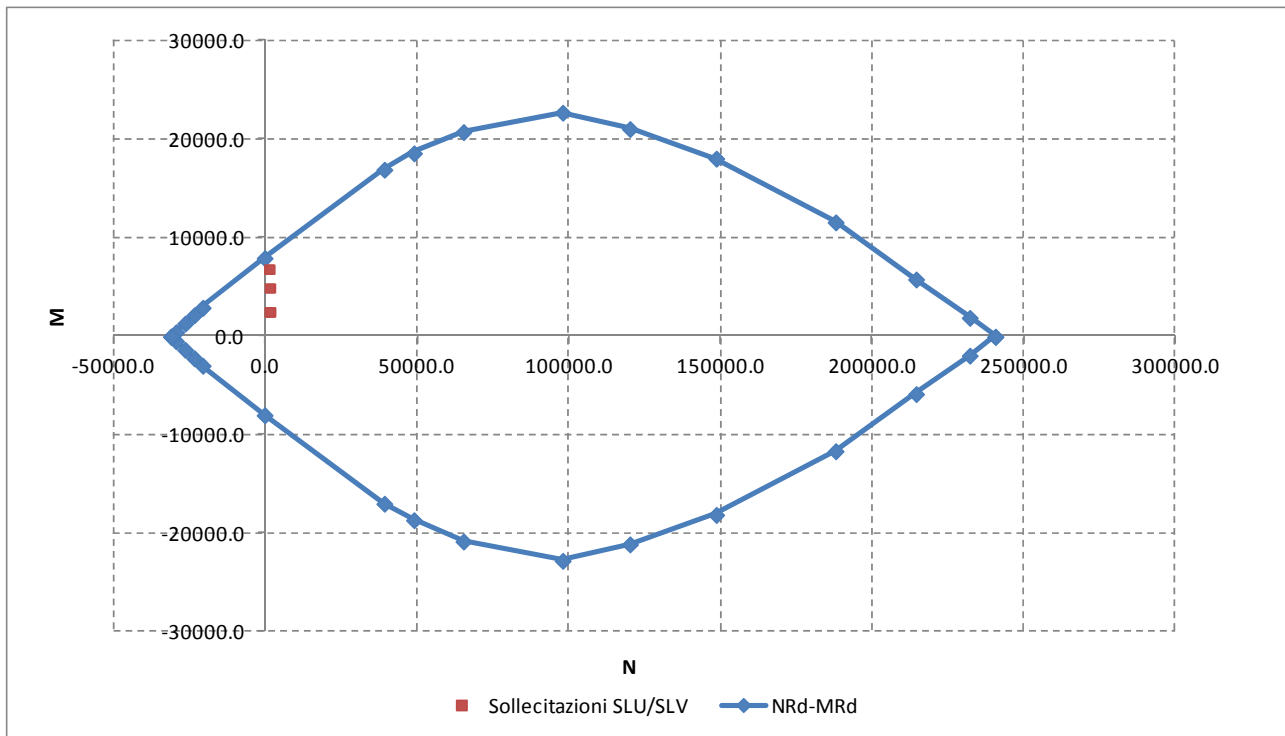
Precompresso

**Materiali**

B450C C35/45

$\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
E<sub>s</sub>: 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 13.5  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm²  $\tau_{co}$ : 0.8  
 $\tau_{c1}$ : 2.257

M<sub>xRd</sub>: 8 065 kN m  
 $\sigma_c$ : -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$ : 3.5 ‰  
 $\epsilon_s$ : 29 ‰  
d: 54 cm  
x: 5.816 x/d: 0.1077  
 $\delta$ : 0.7



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:

- $V_{Ed} = 3715.8 \text{ KN}$ .

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

<b>Dati</b>		
b (mm)	17600.0	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)	39810.0	armatura longitudinale
k	1.61	fattore di ingranamento
$v_{min}$	0.42	tensione resistente minima
$\rho_l$	0.0042	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)	4490.0	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta. S'intende che sarà prevista un'armatura apposita a taglio non inferiore a quella minima prevista dalla normativa vigente.

### 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, 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 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: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	1760	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	398.10	6
2	398.10	54

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

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

N<sub>Ed</sub>: 0 1161 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 0 3217 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** **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$ : 3.5 ‰  
 $E_s$ : 200 000 N/mm²  $f_{cd}$ : 19.83  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 13.5  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm²  $\tau_{co}$ : 0.8  
 $\tau_{c1}$ : 2.257

$\sigma_c$ : -4.12 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 151.4 N/mm²  
 $\epsilon_s$ : 0.7572 ‰  
 d: 54 cm  
 x: 15.65 x/d: 0.2898  
 $\delta$ : 0.8022

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 anche attraverso il metodo diretto stimando la massima ampiezza delle fessure; si veda la seguente Figura che riporta la massima tensione di trazione nel conglomerato cementizio in ipotesi di sezione totalmente reagente.

**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	1760	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	398.1	6
2	398.1	54

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

Sollecitazioni  
 S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  1161 kN  
 M<sub>xEd</sub>  3217 kNm  
 M<sub>yEd</sub>  0

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/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$ <input type="text" value="200 000"/> N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ <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/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.8"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="2.257"/>

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$   ‰

Verifica

Precompresso

La resistenza a trazione ai fini della formazione di fessure nel conglomerato cementizio (stato limite di “formazione delle fessure”) è pari al valore  $\sigma_t = f_{tcm}/1.2 = 2.68$  MPa: pertanto la verifica risulta soddisfatta in quanto la massima trazione nel conglomerato cementizio risulta inferiore alla sua resistenza a trazione ai fini dell’inesco della fessura.

$$\sigma_t = f_{tcm}/1.2 = 2.68 \text{ MPa} > \sigma_{max} = 2.40 \text{ MPa.}$$

### 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	890.0	-348.5	-42.2	0.0	-225.5	-464.8
1	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-817.2	-763.5	-101.1	0.0	-499.9	-1482.3
2	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	890.0	-362.0	95.5	0.0	501.4	-463.9
2	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-784.4	-763.5	27.6	0.0	180.5	-1482.3
7	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	683.4	-343.2	-29.6	0.0	-158.8	-380.8
7	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1247.8	-751.8	-83.8	0.0	-406.6	-1410.4
9	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	683.4	-346.9	75.7	0.0	397.5	-380.4
9	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1248.3	-751.8	17.6	0.0	128.8	-1410.4
11	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	604.1	-332.6	0.2	0.0	0.8	-301.9
11	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-1471.0	-743.8	-16.5	0.0	-52.2	-1357.7
31	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2210.6	-350.0	-58.6	0.0	-302.2	-472.6
31	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3428.6	-765.2	-119.5	0.0	-582.9	-1491.5
32	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2146.4	-363.4	110.8	0.0	577.3	-471.7
32	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3428.6	-765.2	32.3	0.0	209.1	-1491.5
35	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2473.3	-339.6	-60.7	0.0	-313.7	-357.9
35	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3812.0	-751.6	-118.4	0.0	-577.3	-1409.6
37	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2439.8	-342.5	108.7	0.0	566.9	-357.5
37	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-3812.5	-751.6	31.7	0.0	206.6	-1409.6
41	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-2640.0	-321.3	0.3	0.0	0.9	-243.3
41	0	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-4186.1	-741.6	-19.2	0.0	-58.3	-1349.5

**Verifica a pressoflessione**

Si riportano le informazioni principali inerenti la verifica. La sezione viene armata con 30 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: 30  
 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>: -905 [kN]  
 M<sub>xEd</sub>: 0 [kNm]  
 M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

**P.to applicazione N**

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

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 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

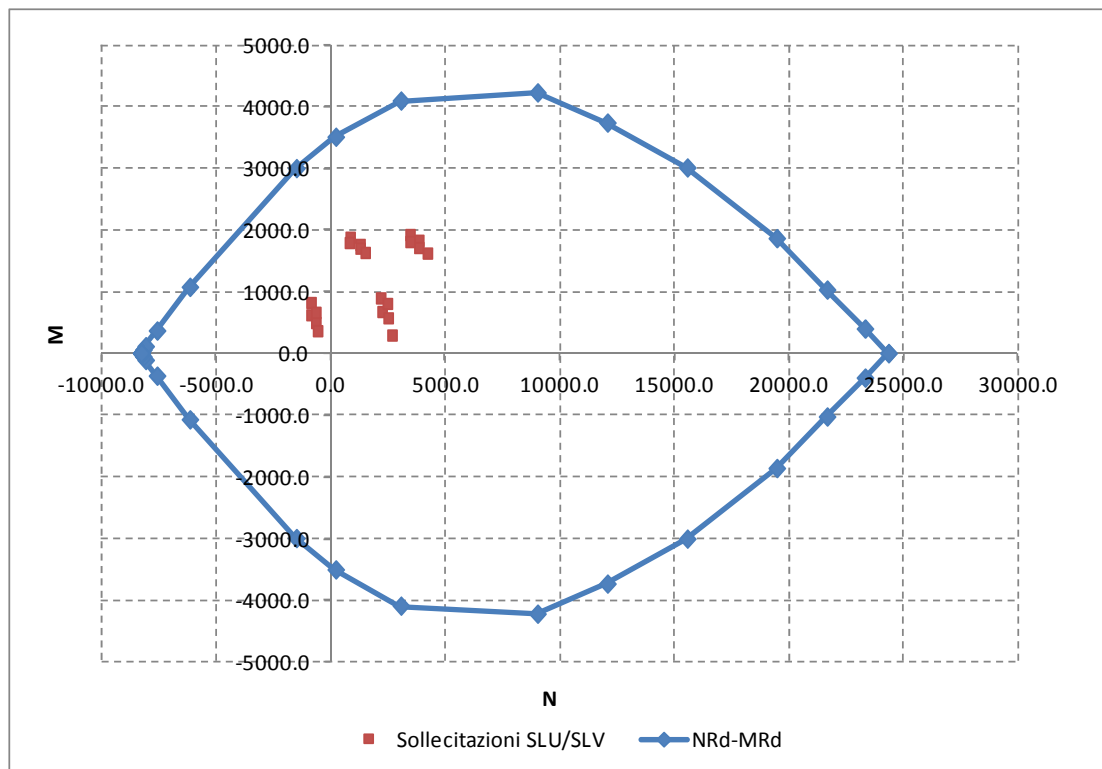
Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

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

Precompresso

M<sub>xRd</sub>: 3 192 [kN m]  
 $\sigma_c$ : -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$ : 3.5 %  
 $\epsilon_s$ : 9.118 %  
 d: 111 cm  
 x: 30.79 x/d: 0.2774  
 $\delta$ : 0.7867



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 taglianti ai fini di considerare l'effetto ombra e l'effetto di bordo dei pali in gruppo):

- $V_{Ed} = 929.4 \text{ KN}$ .

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 150 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 (mm)	1200.0	larghezza dell'anima resistente a taglio
h (mm)	960.0	altezza della sezione
d (mm)	912.0	altezza utile
$f_{ck}$ (MPa)	25.0	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
$f_{yd}$ (MPa)	391.0	resistenza di progetto dell'acciaio
$f_{cd}$ (MPa)	14.17	resistenza di progetto del calcestruzzo
$f'_{cd}$ (MPa)	7.08	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima

<b>Resist. a taglio della trave armata a taglio</b>	
$A_{st}$ (mmq)	226.0
s (mm)	150.0
$ctg\theta_{calcolato}$	3.66
$ctg\theta$	2.50
Rottura	duttile lato acc
$V_{Rd3}$ (kN)	1208.8
$V_{Rd2}$ (kN)	2405.8
<b><math>V_{Rd}</math> (kN)</b>	<b>1208.8</b>

La verifica di resistenza a taglio risulta pertanto soddisfatta; l'armatura assunta è pari a circa 1507 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, 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 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: 30
- 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>	1133	483	kN
M <sub>xEd</sub>	0	740	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

**Risultati:**

- $\sigma_c$ : -4.733 N/mm<sup>2</sup>
- $\sigma_s$ : 91.71 N/mm<sup>2</sup>
- $\epsilon_s$ : 0.4586 ‰
- d: 111 cm
- x: 48.43 x/d: 0.4363
- $\delta$ : 0.9854

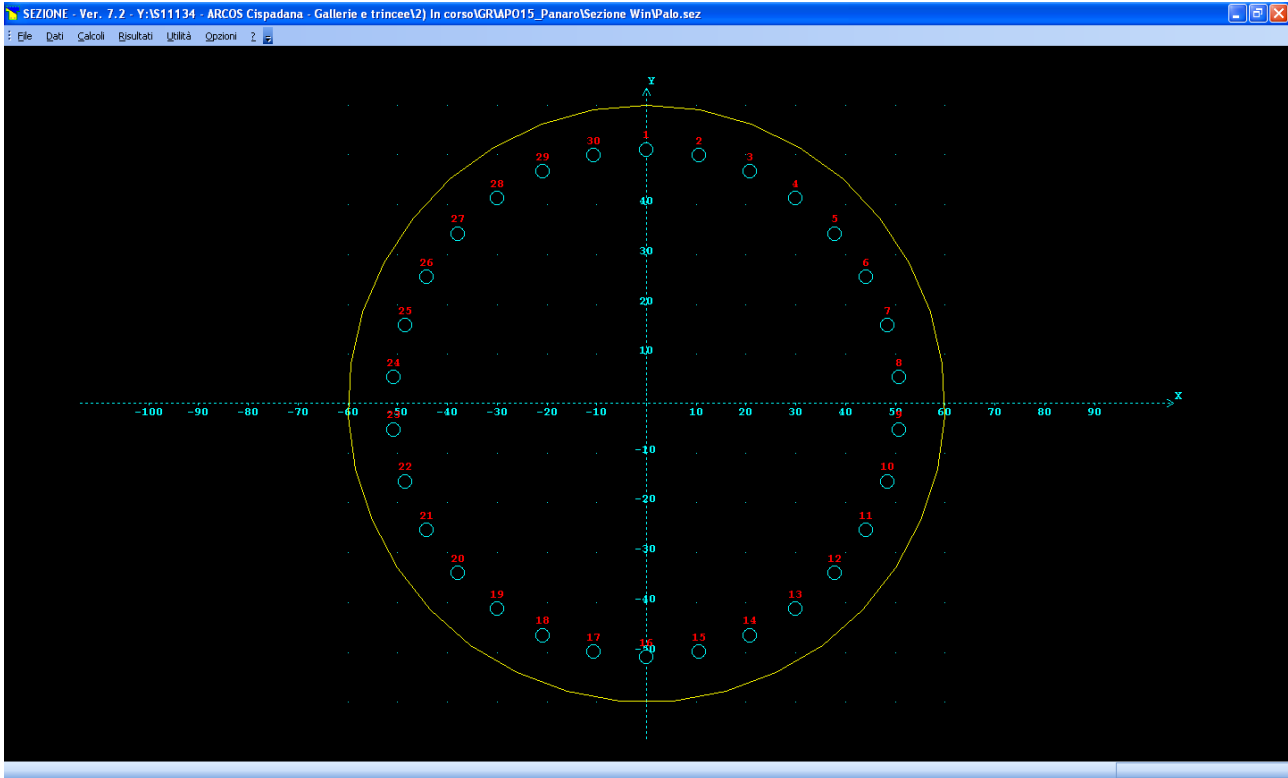
Vertici: 52

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 poi eseguita la verifica anche tramite il metodo diretto utilizzando il programma Sezione Win della IngegneriaSoft; si riportano i principali risultati.



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

Comb. freq. n.ro 1: Tens. min. cls= -3.43 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;  $A_{eff} = 2755.92$  cm<sup>2</sup>;  $A_s = 77.75$  cm<sup>2</sup>;  $\rho = A_s/A_{eff} = 0.028214$ ;  $s = 10.66$  cm  
 $\phi = 3.00$  cm;  $k_2 = 0.4000$ ;  $k_3 = 0.1250$ ;  $s_{rm} = 22.4490$  cm;  $\zeta = 0.59859$   
 $\sigma_t = -3.43$  N/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_s = -115.85$  N/mm<sup>2</sup>;  $\beta_1 = 1.00$ ;  $\beta_2 = 0.50$ ;  $\epsilon_{sm} = 0.000337$   
 $w_k = 1.7 \cdot s_{rm} \cdot \epsilon_{sm} = 0.1285$  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.

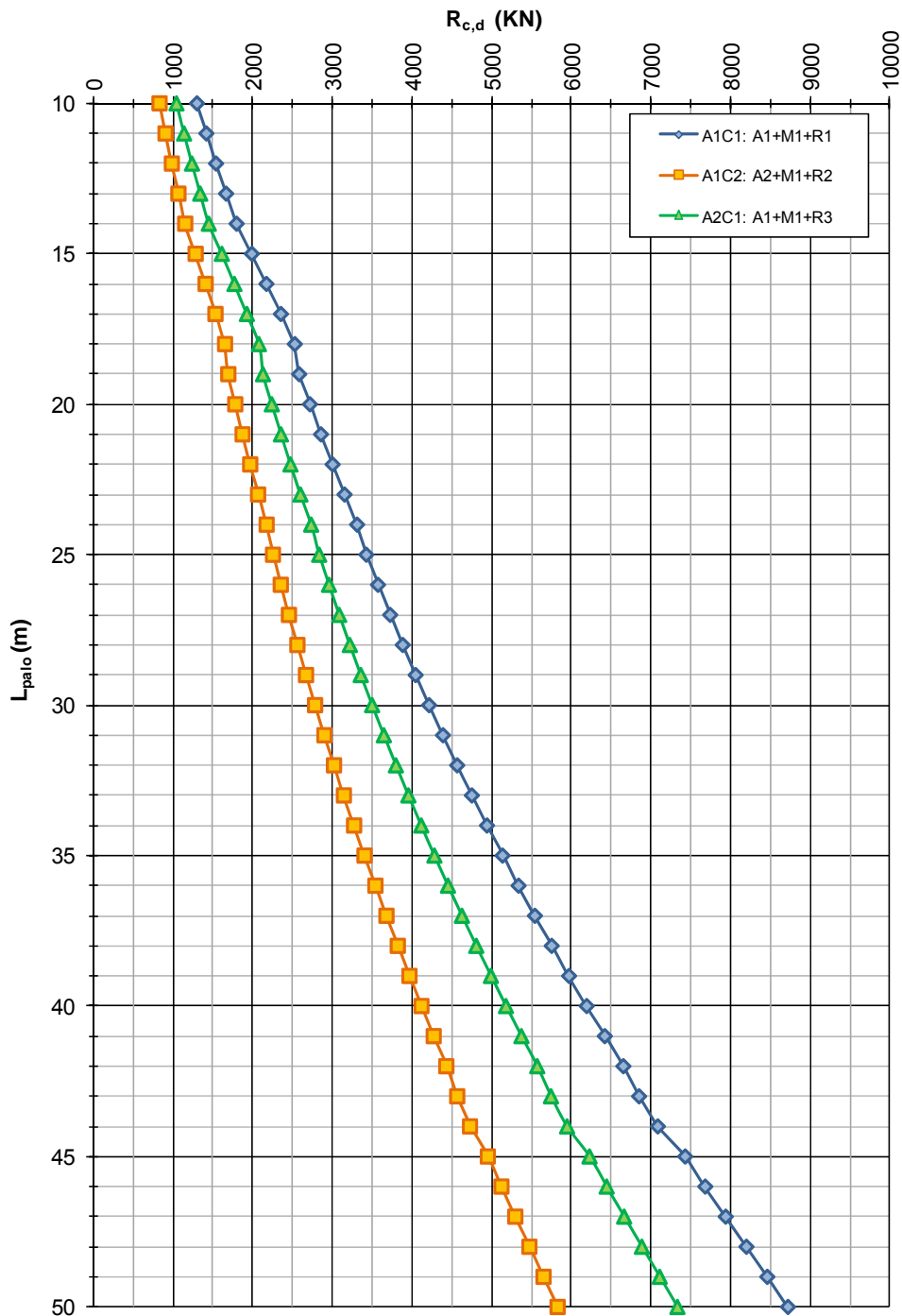


### **7.1.5. Verifica a capacità portante per carichi verticali**

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 37.0 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):

$$R_{cd} = 4627.0 \text{ KN}$$

**APO12 - Ponte sul fiume Panaro**  
**NTC del 14/01/2008**  
**Capacità portante a compressione - Pali trivellati  $\phi$  1200mm**



La massima azione assiale registrata in sommità dei pali vale:

- $N_{Ed} = 4186.1 \text{ KN}$ .

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).

The screenshot shows a software window titled "Base Reactions" with a menu bar (File, View, Format-Filter-Sort, Select, Options) and a status bar (Units: As Noted, Base Reactions). The main area contains a table with the following data:

	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
▶	ENV-SLU/SLV	Combination	Max	-3644.325	191.88	37940.675	312.948	47339.9488	882.648
	ENV-SLU/SLV	Combination	Min	-11936.455	-2.835	21407.238	-4.4685	-108520.906	-13.041

At the bottom of the window, it shows "Record: 1 of 2" and buttons for "Add Tables..." and "Done".

$$Q_{G,Rd} = 0.7 \cdot 4627 \cdot 10 = 32389.0 \text{ KN}$$

$$N_{Ed} = 37940.7 - 10 \cdot 1046.2 \cdot 1.35 = 23817.0 < Q_{G,Rd}$$

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, 890.0 KN a cui corrisponde il seguente momento resistente della sezione.

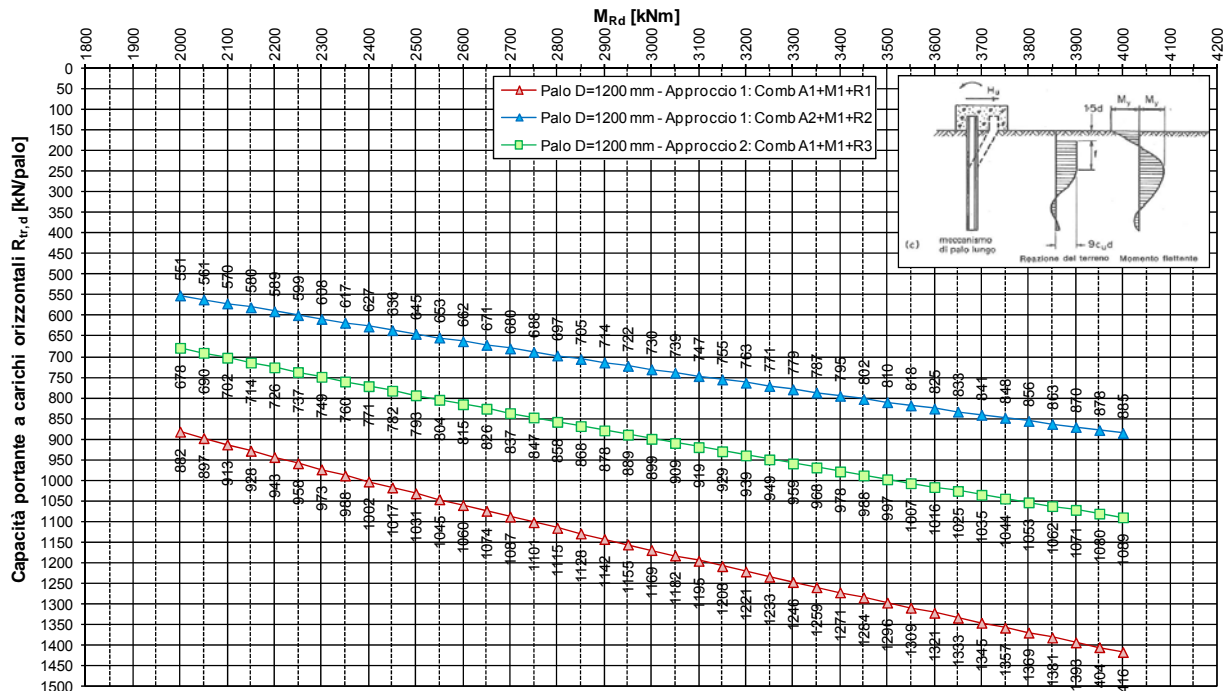
The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window title is 'Verifica C.A. S.L.U. - File: PALO'. The interface is divided into several sections:

- Titolo:** PALO
- Sezione circolare cava:**
  - Raggio esterno: 60 [cm]
  - Raggio interno: 0 [cm]
  - N° barre uguali: 30
  - Diametro barre: 3 [cm]
  - Copriferro (baric.): 9 [cm]
- Tipologia:** N° barre: 0, Zoom
- Tipologia Sezione:**
  - Rettan.re
  - Trapezi
  - a T
  - Circolare
  - Rettangoli
  - Coord.
- Sollecitazioni:**
  - S.L.U. (selected) / Metodo n
  - N<sub>Ed</sub>: -890 kN
  - M<sub>xEd</sub>: 0 kNm
  - M<sub>yEd</sub>: 0 kNm
- P.to applicazione N:**
  - Centro
  - Baricentro cls
  - Coord.[cm] (xN: 0, yN: 0)
- Tipologia rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
- Materiali:**
  - B450C / C25/30
  - ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰
  - f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>
  - E<sub>s</sub>: 200 000 N/mm<sup>2</sup>
  - E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15
  - ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰
  - σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm<sup>2</sup>
  - ε<sub>c2</sub>: 2 ‰
  - ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰
  - f<sub>cd</sub>: 14.17
  - f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8
  - σ<sub>c,adm</sub>: 9.75
  - τ<sub>co</sub>: 0.6
  - τ<sub>c1</sub>: 1.829
- Momento resistente:** M<sub>xRd</sub>: 3 196 kNm
- Stress:**
  - σ<sub>c</sub>: -14.17 N/mm<sup>2</sup>
  - σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>
  - ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰
  - ε<sub>s</sub>: 9.092 ‰
- Dimensioni e Geometria:**
  - d: 111 cm
  - x: 30.85, x/d: 0.2779
  - δ: 0.7874
- Metodo di calcolo:**
  - S.L.U.+
  - S.L.U.-
  - Metodo n
- Tipologia flessione:**
  - Retta
  - Deviata
- Altri parametri:**
  - Vertici: 52, N° rett.: 100
  - Calcola MRd / Dominio M-N
  - L<sub>0</sub>: 0 cm, Col. modello
  - Precompresso

Dal grafico relativo alla capacità portante si ha quanto segue:

$$R_{tR,d} = 939.0 \text{ KN} > V_{Ed} = 929.4 \text{ KN}.$$

**Pali di fondazione**  
**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. 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):

$$H_{Rd} = 0.8 \cdot 10 \cdot 1035 = 8280.0 \text{ KN}$$

$$H_{Ed} = 7617.7 \text{ KN}$$

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

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 21.33 m e la quota di scalzamento è di 8.56 m;

- Condizione S2: Scalzamento dopo la massima piena.

In questa condizione la quota idrica è quella del petto dell'argine pari a 15.2 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:  $c_u = 50 \text{ kPa}$ .
- 

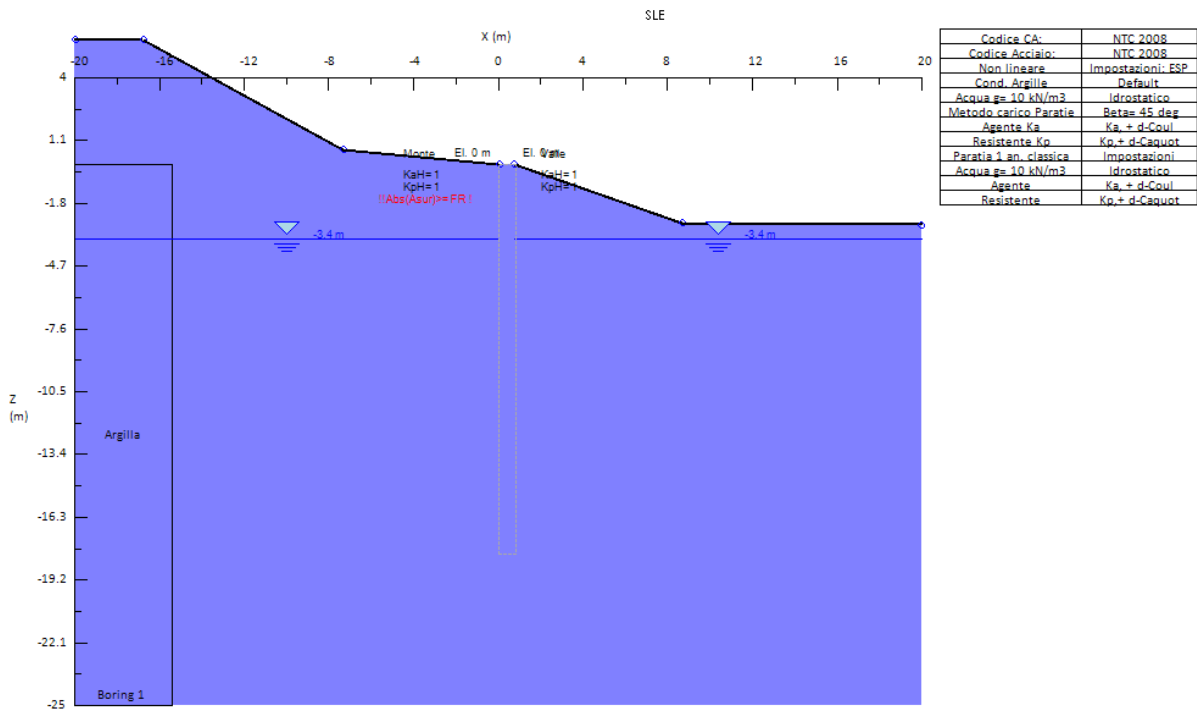
Il calcolo viene sviluppato con il programma Paratie Plus 2011 della Ce.A.S. assumendo per i diaframmi uno spessore di 80 cm e una lunghezza di 18.0 m.

### 8.1. SINTESI DELLE ANALISI E VERIFICHE

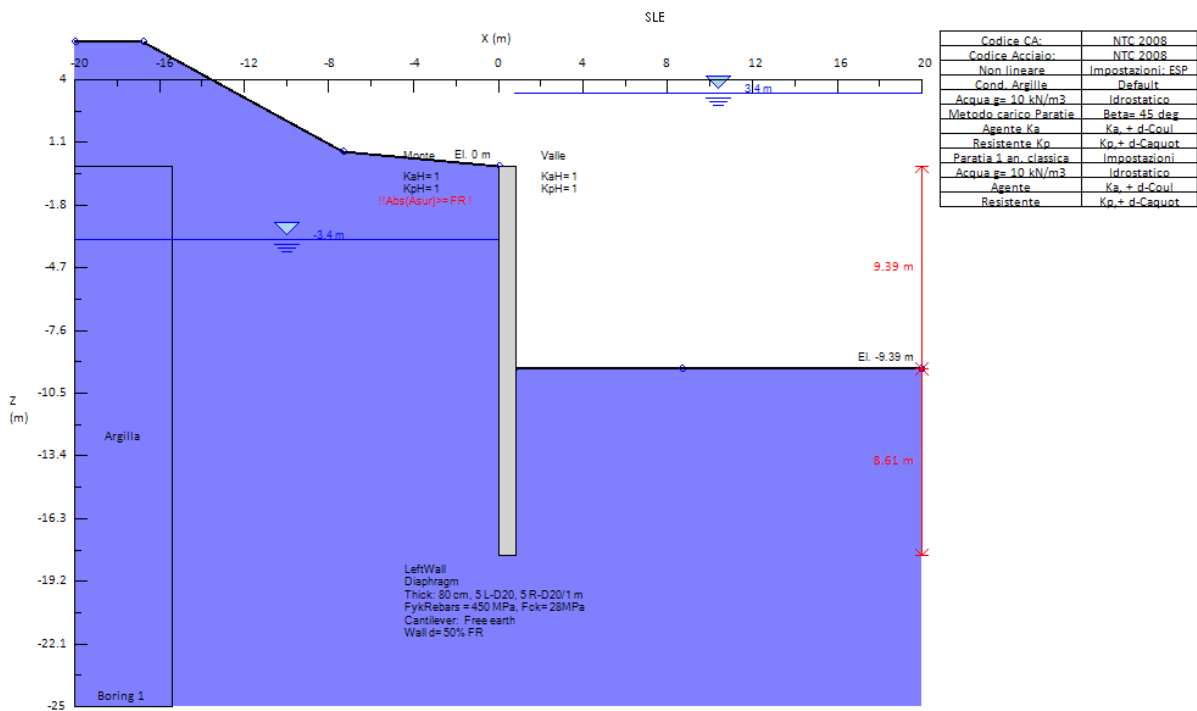
---

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

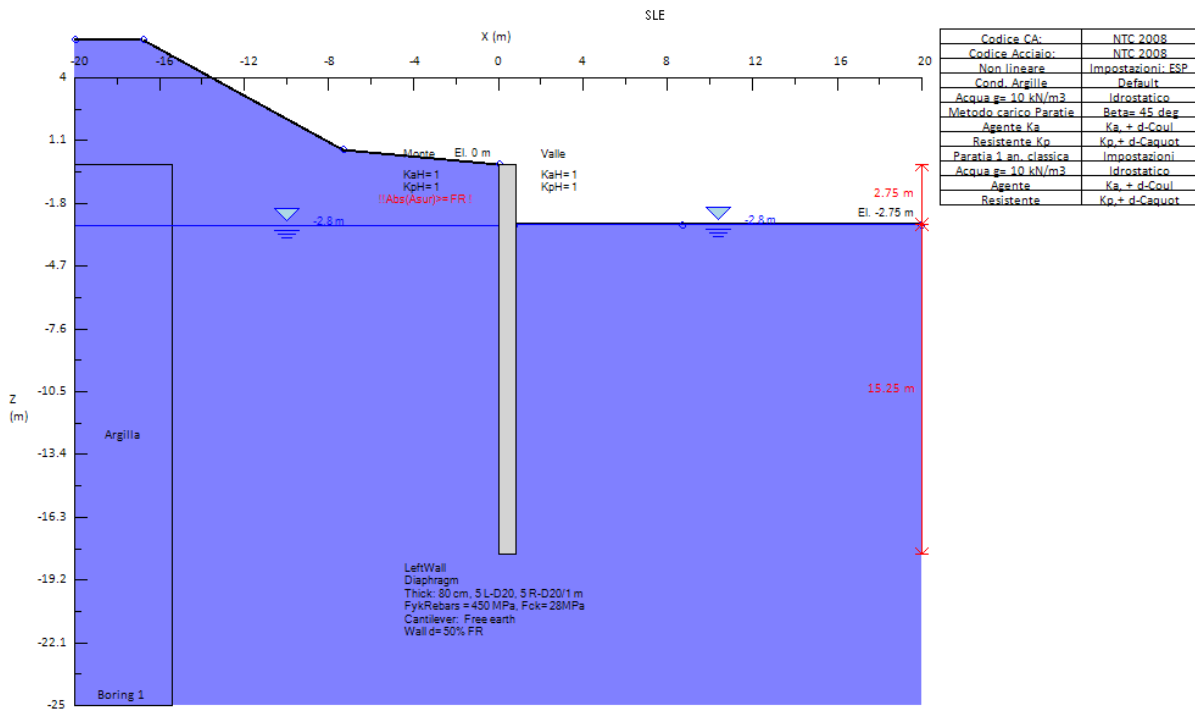
### Fase 0



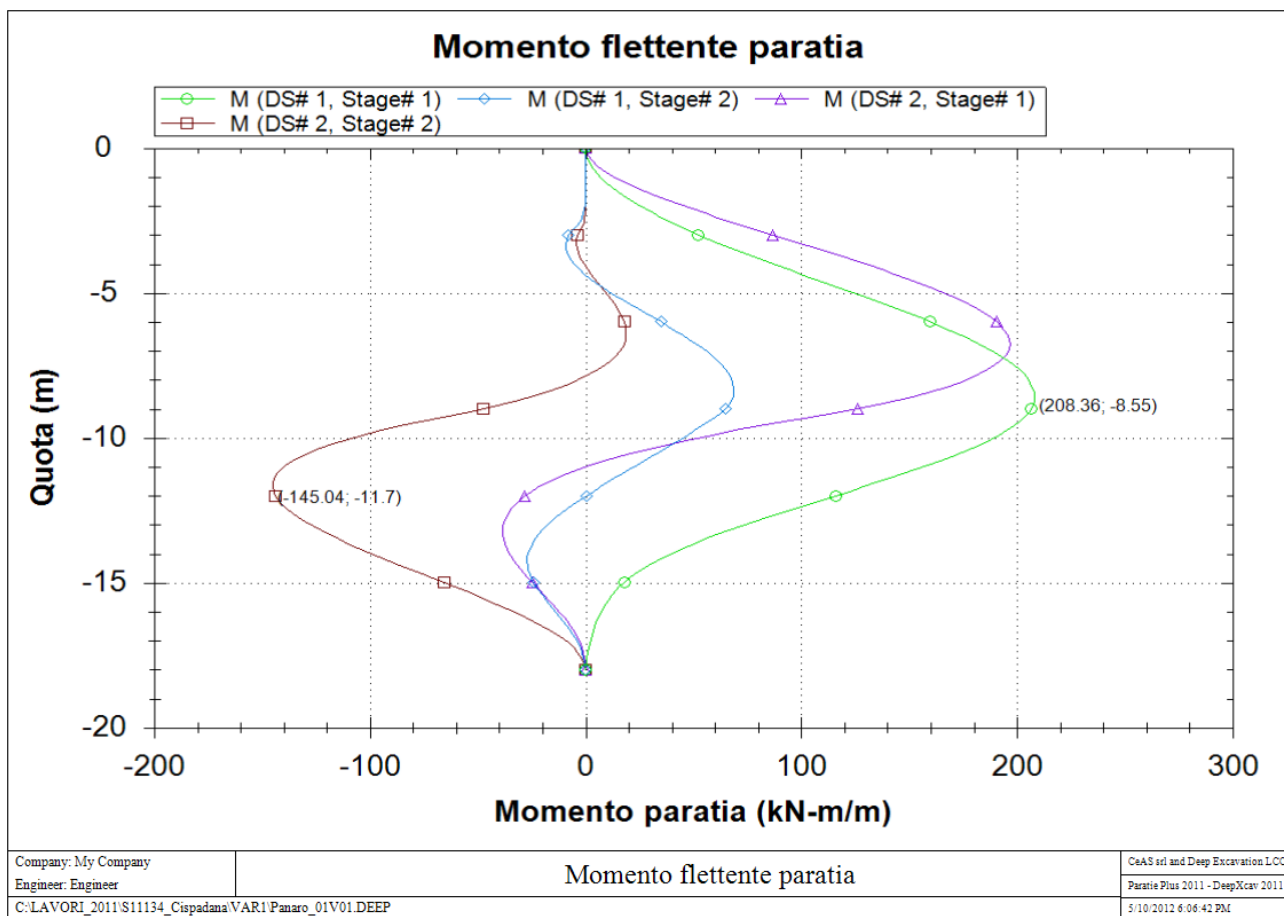
### Condizione S1

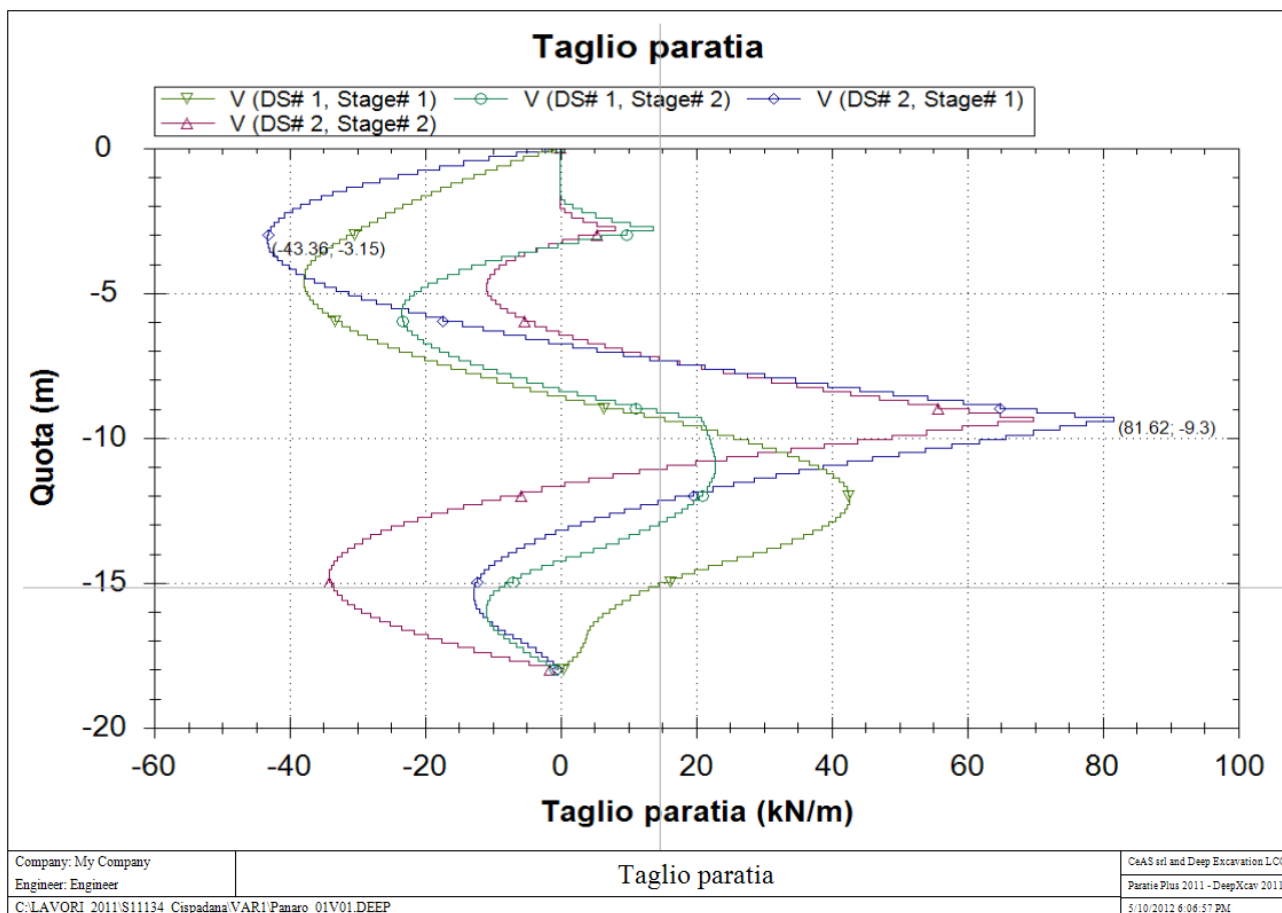


## Condizione S2









### 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:

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

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

**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

**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>  kNm

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta    Deviata

**Materiali**  
 B450C    C28/35  
 $\epsilon_{su}$   ‰    $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   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    $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kNm  
 $\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x    x/d   
 $\delta$

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

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>	28	N/mm²	resistenza caratt. a compressione del calcestruzzo
f <sub>yd</sub>	391.3	N/mm²	resistenza di progetto dell'acciaio
f <sub>cd</sub>	15.87	N/mm²	resistenza di progetto del calcestruzzo
f' <sub>cd</sub>	7.93	N/mm²	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
A <sub>sl</sub>	1570	mm²	armatura longitudinale
k	1.53		fattore di ingranamento
v <sub>min</sub>	0.35	N/mm²	tensione resistente minima
$\rho_l$	0.0022		rapporto geom. di armatura longit.
N <sub>ed</sub>	0	N	sforzo di compressione di progetto nella sezione
$\sigma_{cp}$	0.00	N/mm²	tensione media di compressione nella sezione
$\alpha_c$	1.00		coefficiente maggiorativo
Resist. a taglio della trave non armata e armatura minima			
V <sub>rd</sub>	246.18	kN	resist. a taglio della trave in assenza di apposita armatura