





CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 1 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

# INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>2</b>
1.1	INTRODUZIONE	2
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	2
1.2.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	2
1.2.2	<i>Calcestruzzo</i>	2
1.2.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	3
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
<b>2</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA SPALLA A (FISSA)</b>	<b>4</b>
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	6
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	8
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	10
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO	10
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	14
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA SPALLA B (MOBILE)</b>	<b>20</b>
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	21
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	22
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	25
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO	25
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	29
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE</b>	<b>35</b>
4.1	VERIFICHE STRUTTURALI	35
4.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	36
4.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	37
4.1.3	<i>S.L.E. - Fessurazione</i>	38
4.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	40
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	42
4.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	42
4.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	45
<b>5</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE</b>	<b>46</b>
5.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA	46
5.2	ANALISI DEI CARICHI	46
5.3	COMBINAZIONI DI CARICO	47
5.4	SOLLECITAZIONI	50
5.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	54
5.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	55
5.6.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	55
5.6.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	60
5.6.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	61

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 2 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle due spalle del cavalcavia sull'asse principale in corrispondenza della progressiva di progetto pk 4+226, previsto nell'ambito del progetto esecutivo "S.S. N° 640 DI Porto Empedocle – Ammodernamento e adeguamento alla cat. B del D.M. 05.11.2001".

### 1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 1.2.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume  $RH = 70 \%$ . Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- elevazione spalle: XF2;
- zattere spalle e pali: XA2.

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

#### 1.2.2 Calcestruzzo

##### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE SPALLE

$R_{ck}$	= 30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj}$	= 25	MPa	resistenza caratteristica cubica a j giorni
$f_{ck}$	= 24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	= 20.67	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	= 32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	= 2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	= 1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	= 3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	= 31447	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	= 1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$\sigma_{ci}$	= 17.43	MPa	massima compressione iniziale
$\sigma_{ce,rara}$	= 14.94	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione rara
$\sigma_{ce,qp}$	= 11.21	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione quasi permanente
XF2			classe di esposizione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 3 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### CALCESTRUZZO ZATTERE DI FONDAZIONE SPALLE

$R_{ck}$	= 40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj}$	= 33	MPa	resistenza caratteristica cubica a j giorni
$f_{ck}$	= 33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	= 27.56	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	= 41.20	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	= 3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	= 2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	= 3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	= 33643	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	= 1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$\sigma_{ci}$	= 23.24	MPa	massima compressione iniziale
$\sigma_{ce,rara}$	= 19.92	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione rara
$\sigma_{ce,qp}$	= 14.94	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione quasi permanente
XA2			classe di esposizione

#### CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE SPALLE

$R_{ck}$	= 40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj}$	= 33	MPa	resistenza caratteristica cubica a j giorni
$f_{ck}$	= 33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	= 27.56	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	= 41.20	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	= 3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	= 2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	= 3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	= 33643	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	= 1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$\sigma_{ci}$	= 23.24	MPa	massima compressione iniziale
$\sigma_{ce,rara}$	= 19.92	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione rara
$\sigma_{ce,qp}$	= 14.94	MPa	massima compressione in esercizio per combinazione quasi permanente
XA2			classe di esposizione

#### 1.2.3 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

B450C

classe di resistenza

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

resistenza caratteristica di snervamento

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 4 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

$\gamma_s = 1.15$	coefficiente parziale di sicurezza
$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$k = (f_t/f_y)_k = 1.2$	rapporto di sovreresistenza
$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 0.075$	deformazione ultima caratteristica
$\varepsilon_{ud} = 0.9 \cdot \varepsilon_{uk} = 0.0675$	deformazione ultima di calcolo

### 1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

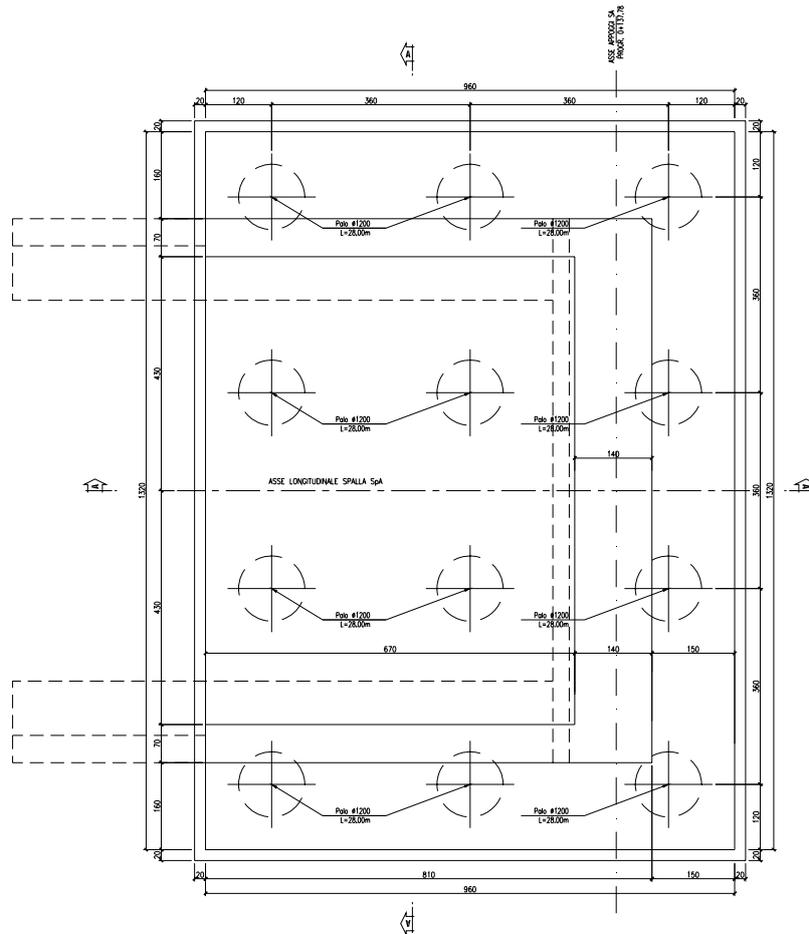
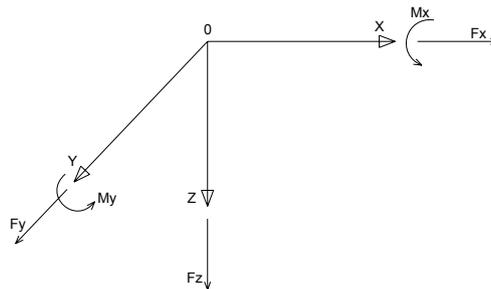
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1090 - 2: Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

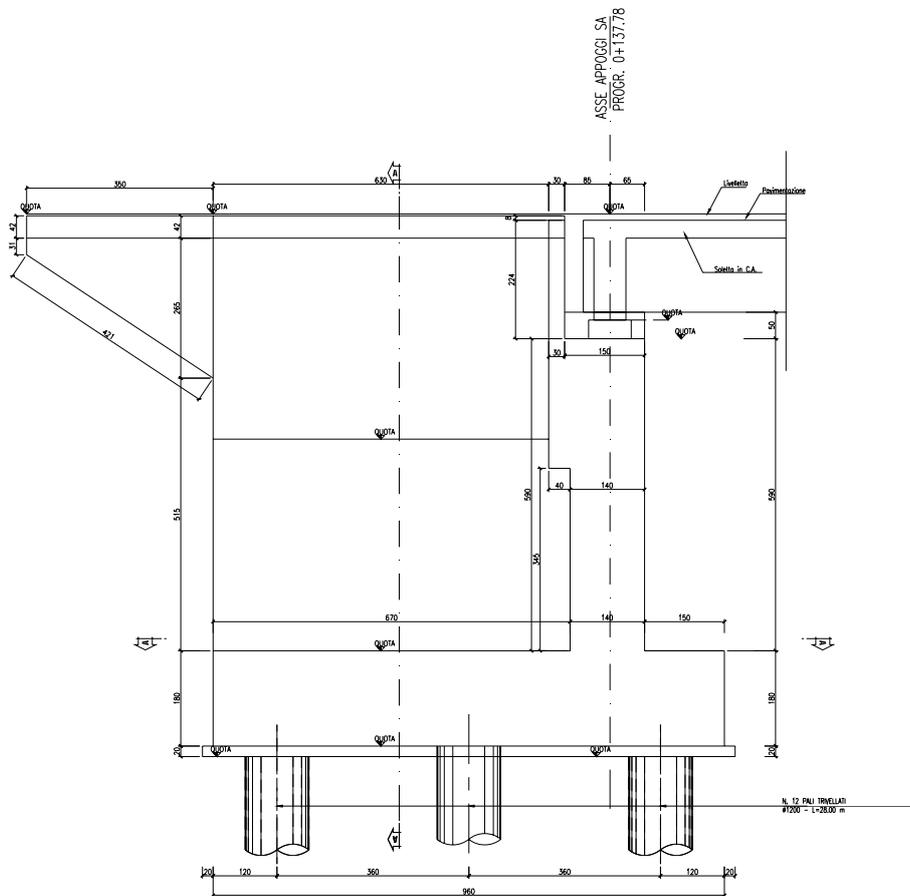
## 2 ANALISI DELLA PALIFICATA SPALLA A (FISSA)

Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione, e le relative verifiche di sicurezza, della spalla A.

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato parallelo alla direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

Le azioni orizzontali ( $F_x$  ed  $F_y$ ) e verticali ( $F_z$ ) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con  $M_x$  i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con  $M_y$  (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse y. I momenti si assumono positivi se di senso antiorario rispetto all'asse-momento cui si riferiscono.





## Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	9,60	13,20	1,80	-	228,1	4,80	0,00	-0,90
muro frontale	1	1,40	10,00	5,90	-	82,6	7,40	0,00	-4,75
muro paraghiaia	1	0,30	10,00	2,24	-	6,7	6,85	0,00	-8,82
muro laterale sx	1	6,70	0,70	4,00	-	18,8	3,35	4,65	-3,80
muro laterale dx	1	6,70	0,70	4,00	-	18,8	3,35	-4,65	-3,80
bandiera sx	1	3,50	0,50	1,15	3,1	3,7	-1,48	4,75	-4,66
bandiera dx	1	3,50	0,50	1,15	3,1	3,7	-1,48	-4,75	-4,66
baggioli	4	0,80	0,80	0,35	-	0,9	7,45	0	-7,88
apparecchi di appoggio	4	0,60	0,60	0,15	-	0,2	7,45	0	-8,13
muro laterale sup sx	1	6,70	0,50	4,20	-	14,1	3,35	4,65	-5,90
muro laterale sup dx	1	6,70	0,50	4,20	-	14,1	3,35	-4,65	-5,90

## 2.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano nel seguente prospetto le azioni trasmesse dall'impalcato. Tali azioni sono riferite al baricentro appoggi e sono state desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del viadotto. Le azioni sismiche longitudinali e trasversali sono state valutate pseudo-staticamente in riferimento al periodo proprio dell'impalcato, determinato a partire dalla sua massa e da una rigidezza equivalente del sistema spalle-pali, mentre l'azione sismica verticale è riferita all'ordinata spettrale corrispondente a  $T = 0$  s.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 7 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### sisma longitudinale

M	=	541,0 t	massa impalcato
X <sub>gs</sub>	=	5,4 m	baricentro spiccato spalla
J <sub>y</sub>	=	185,8 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia longitudinale spalla
E <sub>s</sub>	=	31447 MPa	modulo elastico cls spalla
K <sub>s</sub>	=	85366898 kN/m	rigidezza della spalla
D	=	1200 mm	diametro pali
E <sub>p</sub>	=	31447 MPa	modulo elastico cls pali
J <sub>p</sub>	=	1,018E+11 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia palo
K <sub>t</sub>	=	<b>13000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
L <sub>0</sub>	=	4836 mm	lunghezza elastica palo
K <sub>p</sub>	=	1358086 kN/m	rigidezza dei pali
K	=	1336819 kN/m	rigidezza equivalente
T	=	0,126 s	periodo fondamentale
S <sub>d</sub>	=	<b>0,185</b> g	ordinata spettrale
F <sub>x</sub>	=	<b>981,3</b> kN	azione sismica longitudinale
M <sub>y</sub>	=	<b>-853,7</b> kNm	momento longitudinale

#### sisma trasversale

Mimp	=	270,5 t	massa impalcato
J <sub>x</sub>	=	117,2 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale spalla
K <sub>s</sub>	=	53831255 kN/m	rigidezza della spalla
K <sub>p</sub>	=	1358086 kN/m	rigidezza dei pali in direzione trasversale
K	=	1324666 kN/m	rigidezza equivalente
T	=	0,090 s	periodo fondamentale
S	=	<b>0,160</b> g	ordinata spettrale
F <sub>y</sub>	=	<b>424,6</b> kN	azione sismica trasversale
M <sub>y</sub>	=	<b>369,4</b> kNm	momento trasversale

#### sisma verticale

Mimp	=	270,5 t	massa impalcato
S	=	<b>0,100</b> g	ordinata spettrale
F <sub>z</sub>	=	<b>264,3</b> kN	azione sismica trasversale
M <sub>y</sub>	=	<b>-1969,1</b> kNm	momento longitudinale

#### **Azioni trasmesse (riferite al baricentro appoggi)**

	<b>F<sub>x</sub></b>	<b>F<sub>y</sub></b>	<b>F<sub>z</sub></b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0,0	0,0	2246,3	0,0	0,0	peso proprio impalcato
g2	0,0	-0,2	407,4	82,8	0,0	permanenti portati
e2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ritiro
e3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	carico termico
q1.1	0,0	0,0	1595,0	1369,0	0,0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0,0	0,0	1023,0	2125,5	0,0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	441,0	0,0	0,0	0,0	-820,3	frenatura
q4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	azione centrifuga
q5	0,0	106,7	0,0	67,2	0,0	azione del vento trasversale
q6.1	981,3	0,0	0,0	-853,7	0,0	sisma 1
q6.2	0,0	424,6	0,0	369,4	0,0	sisma 2
q6.3	0,0	0,0	264,3	0,0	-1969,1	sisma 3
q7	79,6	0,0	0,0	0,0	0,0	azione parassita dei vincoli

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 8 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

## 2.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

### Peso proprio spalla (g1)

$\gamma_{cls}$	=	<b>25,00</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5702,4 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2065,0 kN	muro frontale
g1.3	=	168,0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	469,0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	469,0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	93,0 kN	bandiera sx
g1.7	=	93,0 kN	bandiera dx
g1.8	=	22,4 kN	baggioli
g1.9	=	351,8 kN	elemento 1
g1.10	=	351,8 kN	elemento 2
Fz	=	<b>9785,24</b> kN	azione verticale
x	=	5,03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2,58 m	coordinata z punto di applicazione

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18,00</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	316,24 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>5692,32</b> kN	peso del terreno
x	=	3,35 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3,80 m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

$\gamma$	=	<b>18,00</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	<b>35,00</b> °	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0,271	coefficiente di spinta attiva
K0	=	0,426	coefficiente di spinta a riposo
K	=	0,426	coefficiente di spinta adottato
H	=	9,94 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	<b>10,00</b> m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>3791,90</b> kN	spinta del terreno
x	=	0,00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3,31 m	coordinata z punto di applicazione

### Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta			
q	=	<b>20,00</b> kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35,00 °	angolo di attrito del terreno
K	=	0,426	coefficiente di spinta
H	=	9,94 m	altezza di spinta terreno
B	=	10,00 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>847,73</b> kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0,00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4,97 m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 9 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### Incremento di azione verticale

B <sub>x</sub>	=	6,70 m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
F <sub>z</sub>	=	1340,00 kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3,35 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1,80 m	coordinata z punto di applicazione

#### Azioni sismiche (q6)

a <sub>g</sub>	=	0,083 g	accelerazione di picco
S <sub>S</sub>	=	1,2	coefficiente di amplificazione stratigrafica
S <sub>T</sub>	=	1,0	coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1,2	
β <sub>m</sub>	=	1,00	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a <sub>max</sub>	=	0,100 g	accelerazione massima
K <sub>h</sub>	=	0,100	coefficiente sismico orizzontale
K <sub>v</sub>	=	0,050	coefficiente sismico verticale

#### Incremento di spinta terreno in fase sismica (q6.1)

##### Ipotesi di struttura rigida

γ	=	18,00 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	9,94 m	altezza di spinta terreno
B	=	10,00 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	1771,35	

##### Ipotesi di struttura flessibile

φ	=	35 °	angolo di attrito
ψ	=	90 °	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte
β	=	0 °	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
δ	=	0 °	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	5,42 °	tan(θ)=Kh/(1+/-Kv)
K1	=	0,573	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per β < φ-θ
K2	=	0,763	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per β > φ-θ
K	=	0,573	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
E <sub>d</sub>	=	5350 kN	spinta terreno in fase sismica
ΔS	=	1557,96 kN	incremento di spinta in fase sismica

##### Valore adottato

ΔP	=	1771,4 kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0,00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4,97 m	coordinata z punto di applicazione

#### Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia <b>Fi</b> [kN]	coordinata x punto di applicazione <b>x</b> [m]	coordinata y punto di applicazione <b>y</b> [m]	coordinata z punto di applicazione <b>z</b> [m]
plinto	568,0	4,80	0,00	-0,90
muro frontale	205,7	7,40	0,00	-4,75
paraghiaia	16,7	6,85	0,00	-8,82
muro laterale sx	46,7	3,35	4,65	-3,80

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 10 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

muro laterale dx	46,7	3,35	-4,65	-3,80
bandiera sx	9,3	-1,48	4,75	-4,66
bandiera dx	9,3	-1,48	-4,75	-4,66
baggioli	2,2	7,45	0,00	-7,88
elemento 1	35,0	7,45	0,00	-8,13
elemento 2	35,0	3,35	4,65	-5,90
terreno su plinto	567,0	3,35	0,00	-3,80
risultante intradosso plinto	1541,6	4,50	0,11	-3,08

### 2.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Nella tabella seguente vengono riepilogate le azioni trasmesse in fondazione dalla spalla e dall'impalcato. Dette azioni sono riferite al baricentro della paliificata.

Coordinate baricentro pali

x = 4,80 m coordinata x

y = 0,00 m coordinata y

z = 0,00 m coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0,0	0,0	2246,3	0,0	-5952,6	peso proprio impalcato
g1-sp	0,0	0,0	9785,2	0,0	-2237,5	peso proprio spalla
g2-imp	0,0	-0,2	407,4	80,9	-1079,6	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0,0	0,0	5692,3	0,0	8253,9	terreno su plinto spalla
g3-sp	3791,9	0,0	0,0	0,0	-12563,8	spinta del terreno su spalla
e2-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ritiro
e3-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	carico termico differenziale
q1.1-imp	0,0	0,0	1595,0	1369,0	-4226,8	carico mobile - config 1 (max azione verticale)
q1.2-imp	0,0	0,0	1023,0	2125,5	-2711,0	carico mobile - config 2 (max momento trasvers)
q1t-sp	847,7	0,0	1340,0	0,0	-2270,2	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	441,0	0,0	0,0	0,0	-4403,4	frenatura su impalcato
q4-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0,0	106,7	0,0	933,7	0,0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	981,3	0,0	0,0	-853,7	-7973,2	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	0,0	424,6	0,0	3819,1	0,0	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	0,0	0,0	264,3	0,0	-2669,5	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	1771,4	0,0	0,0	0,0	-8803,6	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	1541,6	0,0	0,0	0,0	-4740,4	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0,0	1541,6	0,0	4740,4	0,0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0,0	0,0	770,8	81,5	228,4	forze d'inerzia verticali
q7-imp	79,6	0,0	0,0	0,0	-646,8	azione parassita dei vincoli

### 2.4 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le formulazioni generali delle combinazioni di carico nell'ambito dei vari S.L. si rimanda alle NTC cap. 2.5.3 (rif. Eurocodice EN 1990-annex.A2 cap. A2.3, A2.4). Scegliendo di adottare per le verifiche geotecniche della paliificata l'approccio 2 (NTC cap.6) per il quale i coefficienti parziali delle azioni coincidono con quelli da adottare per le verifiche strutturali, le combinazioni da tenere in conto sono quella fondamentale (S.L.U), la sismica, la frequente, la quasi permanente e la caratteristica. Le azioni elementari sono state combinate attraverso i coefficienti parziali riportati nella seguente matrice.





CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 13 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SL Ey.1	SL Ey.2	SL Ey.3	SL Ey.4	SL Ey.5	SL Ey.6	SL Ey.7	SL Ey.8	SL Ez.1
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0,3	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
q6.1y-imp	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0,30
q6.1z-imp	0,3	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	1
q6.1x-sp	0,3	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
q6.2x-sp	0,3	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
q6.2y-sp	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0,30
q6.2z-sp	0,3	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	1
q7-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	SL Ez.2	SL Ez.3	SL Ez.4	SL Ez.5	SL Ez.6	SL Ez.7	SL Ez.8	SLE fr1	SLE fr2
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0
q1.2-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75
q1t-sp	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0,20
q6.1x-imp	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0	0
q6.1y-imp	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	0	0
q6.1z-imp	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
q6.1x-sp	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0	0
q6.2x-sp	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0	0
q6.2y-sp	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	0	0
q6.2z-sp	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
q7-imp	0	0	0	0	0	0	0	0,60	0,60

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 14 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SLE qp	SLE c1	SLE c2
g1-imp	1	1	1
g1-sp	1	1	1
g2-imp	1	1	1
g2-sp	1	1	1
g3-sp	1	1	1
e2-imp	1	1	1
e3-imp	0,50	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0,75	0
q1.2-imp	0	0	0,75
q1t-sp	0	0,75	0,75
q3-imp	0	0	0
q4-imp	0	0	0
q5-imp	0	0,60	0,60
q6.1x-imp	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0
q7-imp	0	0,60	0,60

## 2.5 SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni sulla palificata, riferite al baricentro della stessa, nelle combinazioni di carico analizzate.

	SLU q1.1	SLU q1.2	SLU q1.3	SLU q1.4	SLU q1.5	SLU q1.6	SLU q1.7	SLU q1.8	SLU q3.1
Fx [kN]	6367	6367	6367	6367	6367	6367	6367	6367	6740
Fy [kN]	96	96	-96	-96	96	96	-96	-96	-96
Fz [kN]	28439	28439	28439	28439	27667	27667	27667	27667	27441
Mx [kNm]	2798	2798	1117	1117	3819	3819	2138	2138	652
My [kNm]	-27944	-27944	-27944	-27944	-25898	-25898	-25898	-25898	-32340

	SLU q3.2	SLU q4.1	SLU q4.2	SLU e2.1	SLU e2.2	SLU e2.3	SLU e2.4	SLU e2.5	SLU e2.6
Fx [kN]	6740	6079	6079	6079	6079	6079	6079	6079	6079
Fy [kN]	-96	-96	-96	96	96	-96	-96	96	96
Fz [kN]	26864	27441	26864	27441	27441	27441	27441	26864	26864
Mx [kNm]	1416	652	1416	2332	2332	652	652	3096	3096
My [kNm]	-30809	-25735	-24204	-25735	-25735	-25735	-25735	-24204	-24204

	SLU e2.7	SLU e2.8	SLU q5.1	SLU q5.2	SLU q5.3	SLU q5.4	SLU q5.5	SLU q5.6	SLU q5.7
Fx [kN]	6079	6079	6079	6079	6079	6079	6079	6079	6079
Fy [kN]	-96	-96	160	160	-160	-160	160	160	-160
Fz [kN]	26864	26864	27441	27441	27441	27441	26864	26864	26864
Mx [kNm]	1416	1416	2893	2893	91	91	3657	3657	855
My [kNm]	-24204	-24204	-25735	-25735	-25735	-25735	-24204	-24204	-24204

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 15 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	<b>SLU q5.8</b>	<b>SL Ex.1</b>	<b>SL Ex.2</b>	<b>SL Ex.3</b>	<b>SL Ex.4</b>	<b>SL Ex.5</b>	<b>SL Ex.6</b>	<b>SL Ex.7</b>	<b>SL Ex.8</b>
Fx [kN]	6079	8086	8086	8086	8086	-502	-502	-502	-502
Fy [kN]	-160	590	-590	590	-590	590	-590	590	-590
Fz [kN]	26864	18442	18442	17821	17821	18442	18442	17821	17821
Mx [kNm]	855	1819	-3316	1771	-3365	3527	-1609	3478	-1658
My [kNm]	-24204	-35829	-35829	-34365	-34365	7205	7205	8670	8670

	<b>SL Ey.1</b>	<b>SL Ey.2</b>	<b>SL Ey.3</b>	<b>SL Ey.4</b>	<b>SL Ey.5</b>	<b>SL Ey.6</b>	<b>SL Ey.7</b>	<b>SL Ey.8</b>	<b>SL Ez.1</b>
Fx [kN]	5080	2504	5080	2504	5080	2504	5080	2504	5080
Fy [kN]	1966	1966	1966	1966	-1966	-1966	-1966	-1966	590
Fz [kN]	18442	18442	17821	17821	18442	18442	17821	17821	19166
Mx [kNm]	8409	8921	8360	8872	-8710	-8198	-8759	-8247	2474
My [kNm]	-20767	-7857	-19303	-6392	-20767	-7857	-19303	-6392	-22476

	<b>SL Ez.2</b>	<b>SL Ez.3</b>	<b>SL Ez.4</b>	<b>SL Ez.5</b>	<b>SL Ez.6</b>	<b>SL Ez.7</b>	<b>SL Ez.8</b>	<b>SLE fr1</b>	<b>SLE fr2</b>
Fx [kN]	2504	5080	2504	5080	2504	5080	2504	4475	4475
Fy [kN]	590	-590	-590	590	590	-590	-590	21	21
Fz [kN]	19166	19166	19166	17096	17096	17096	17096	20332	19903
Mx [kNm]	2986	-2662	-2149	2311	2823	-2825	-2312	1294	1862
My [kNm]	-9566	-22476	-9566	-17594	-4683	-17594	-4683	-18840	-17704

	<b>SLE qp</b>	<b>SLE c1</b>	<b>SLE c2</b>
Fx [kN]	3792	4475	4475
Fy [kN]	0	64	64
Fz [kN]	18131	20332	19903
Mx [kNm]	81	1668	2235
My [kNm]	-13580	-18840	-17704

#### Geometria della palificata

PALO	coordinate nel riferimento assoluto		coordinate nel riferimento locale (origine nel baricentro palificata)		trasversale	longitudinale
	X	Y	Xp	Yp		
1	1,20	-5,40	-3,60	-5,40	29,16	12,96
2	1,20	-1,80	-3,60	-1,80	3,24	12,96
3	1,20	1,80	-3,60	1,80	3,24	12,96
4	1,20	5,40	-3,60	5,40	29,16	12,96
5	4,80	-5,40	0,00	-5,40	29,16	0,00
6	4,80	-1,80	0,00	-1,80	3,24	0,00
7	4,80	1,80	0,00	1,80	3,24	0,00
8	4,80	5,40	0,00	5,40	29,16	0,00
9	8,40	-5,40	3,60	-5,40	29,16	12,96
10	8,40	-1,80	3,60	-1,80	3,24	12,96
11	8,40	1,80	3,60	1,80	3,24	12,96
12	8,40	5,40	3,60	5,40	29,16	12,96
<b>12</b>	<b>4,8</b>	<b>0,0</b>			<b>194,40</b>	<b>103,68</b>



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 17 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SLU q3.2	SLU q4.1	SLU q4.2	SLU e2.1	SLU e2.2	SLU e2.3	SLU e2.4	SLU e2.5	SLU e2.6
N1	1130	1375	1359	1328	1328	1375	1375	1312	1312
N2	1156	1387	1385	1372	1372	1387	1387	1370	1370
N3	1182	1399	1411	1415	1415	1399	1399	1427	1427
N4	1208	1411	1438	1458	1458	1411	1411	1484	1484
N5	2199	2269	2199	2222	2222	2269	2269	2153	2153
N6	2226	2281	2226	2265	2265	2281	2281	2210	2210
N7	2252	2293	2252	2308	2308	2293	2293	2267	2267
N8	2278	2305	2278	2352	2352	2305	2305	2325	2325
N9	3269	3162	3040	3116	3116	3162	3162	2993	2993
N10	3295	3174	3066	3159	3159	3174	3174	3050	3050
N11	3322	3186	3092	3202	3202	3186	3186	3108	3108
N12	3348	3198	3118	3245	3245	3198	3198	3165	3165
V <sub>x</sub>	562	507	507	507	507	507	507	507	507
V <sub>y</sub>	-8	-8	-8	8	8	-8	-8	8	8
V	562	507	507	507	507	507	507	507	507

	SLU e2.7	SLU e2.8	SLU q5.1	SLU q5.2	SLU q5.3	SLU q5.4	SLU q5.5	SLU q5.6	SLU q5.7
N1	1359	1359	1313	1313	1391	1391	1297	1297	1374
N2	1385	1385	1366	1366	1392	1392	1364	1364	1390
N3	1411	1411	1420	1420	1394	1394	1432	1432	1406
N4	1438	1438	1474	1474	1396	1396	1500	1500	1422
N5	2199	2199	2206	2206	2284	2284	2137	2137	2215
N6	2226	2226	2260	2260	2286	2286	2205	2205	2231
N7	2252	2252	2314	2314	2288	2288	2273	2273	2247
N8	2278	2278	2367	2367	2289	2289	2340	2340	2262
N9	3040	3040	3100	3100	3178	3178	2978	2978	3055
N10	3066	3066	3154	3154	3180	3180	3045	3045	3071
N11	3092	3092	3207	3207	3181	3181	3113	3113	3087
N12	3118	3118	3261	3261	3183	3183	3181	3181	3103
V <sub>x</sub>	507	507	507	507	507	507	507	507	507
V <sub>y</sub>	-8	-8	13	13	-13	-13	13	13	-13
V	507	507	507	507	507	507	507	507	507

	SLU q5.8	SL Ex.1	SL Ex.2	SL Ex.3	SL Ex.4	SL Ex.5	SL Ex.6	SL Ex.7	SL Ex.8
N1	1374	242	385	243	385	1689	1832	1689	1832
N2	1390	276	323	275	323	1754	1802	1754	1801
N3	1406	310	262	308	261	1820	1772	1818	1771
N4	1422	343	201	341	198	1885	1742	1883	1740
N5	2215	1486	1629	1436	1579	1439	1581	1388	1531
N6	2231	1520	1568	1469	1516	1504	1552	1453	1500
N7	2247	1554	1506	1501	1454	1569	1522	1517	1470
N8	2262	1587	1445	1534	1392	1635	1492	1582	1439
N9	3055	2730	2873	2629	2772	1189	1331	1087	1230
N10	3071	2764	2812	2662	2709	1254	1302	1152	1199
N11	3087	2798	2750	2695	2647	1319	1272	1216	1169
N12	3103	2831	2689	2727	2585	1385	1242	1281	1138
V <sub>x</sub>	507	674	674	674	674	-42	-42	-42	-42
V <sub>y</sub>	-13	49	-49	49	-49	49	-49	49	-49
V	507	676	676	676	676	65	65	65	65

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 18 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SL Ey.1	SL Ey.2	SL Ey.3	SL Ey.4	SL Ey.5	SL Ey.6	SL Ey.7	SL Ey.8	SL Ez.1
N1	582	1016	583	1017	1058	1492	1058	1492	748
N2	738	1181	737	1181	896	1340	896	1339	794
N3	894	1347	892	1345	735	1188	734	1187	840
N4	1049	1512	1047	1510	574	1036	572	1034	886
N5	1303	1289	1253	1239	1779	1765	1728	1714	1528
N6	1459	1454	1408	1403	1617	1613	1566	1561	1574
N7	1615	1619	1562	1567	1456	1461	1404	1409	1620
N8	1770	1785	1717	1732	1295	1309	1242	1256	1666
N9	2024	1562	1923	1461	2500	2037	2399	1936	2309
N10	2180	1727	2078	1625	2339	1886	2236	1783	2355
N11	2336	1892	2233	1789	2177	1734	2074	1631	2401
N12	2491	2057	2388	1953	2016	1582	1912	1478	2446
V <sub>x</sub>	423	209	423	209	423	209	423	209	423
V <sub>y</sub>	164	164	164	164	-164	-164	-164	-164	49
V	454	265	454	265	454	265	454	265	426

	SL Ez.2	SL Ez.3	SL Ez.4	SL Ez.5	SL Ez.6	SL Ez.7	SL Ez.8	SLE fr1	SLE fr2
N1	1182	891	1325	750	1184	892	1326	1004	992
N2	1237	841	1285	792	1236	840	1283	1028	1027
N3	1293	792	1245	835	1288	788	1241	1052	1061
N4	1348	743	1205	878	1340	735	1198	1076	1096
N5	1514	1671	1657	1360	1346	1503	1489	1658	1607
N6	1570	1622	1617	1403	1399	1451	1446	1682	1641
N7	1625	1573	1577	1446	1451	1399	1403	1706	1676
N8	1680	1523	1537	1489	1503	1346	1360	1730	1710
N9	1846	2452	1989	1971	1509	2114	1652	2313	2222
N10	1902	2402	1949	2014	1561	2062	1609	2337	2256
N11	1957	2353	1909	2057	1613	2009	1566	2361	2291
N12	2012	2304	1870	2100	1666	1957	1523	2385	2325
V <sub>x</sub>	209	423	209	423	209	423	209	373	373
V <sub>y</sub>	49	-49	-49	49	49	-49	-49	2	2
V	214	426	214	426	214	426	214	373	373

	SLE qp	SLE c1	SLE c2
N1	1037	994	982
N2	1039	1025	1023
N3	1040	1056	1065
N4	1042	1087	1106
N5	1509	1648	1597
N6	1510	1679	1638
N7	1512	1710	1679
N8	1513	1741	1721
N9	1980	2302	2211
N10	1982	2333	2253
N11	1983	2364	2294
N12	1985	2395	2335
V <sub>x</sub>	316	373	373
V <sub>y</sub>	0	5	5
V	316	373	373

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 19 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

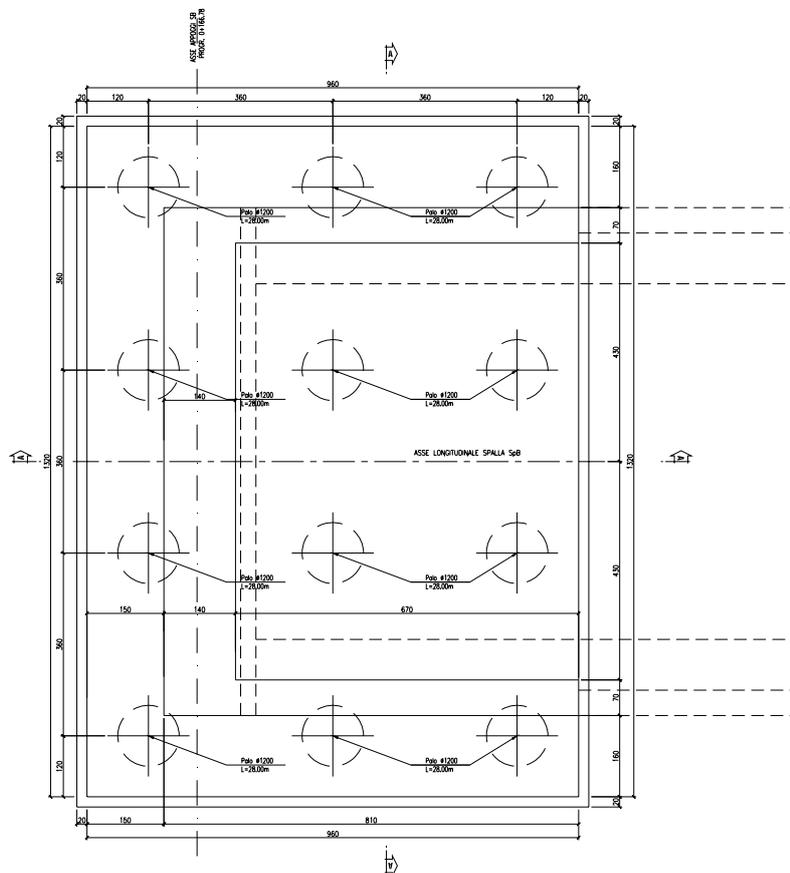
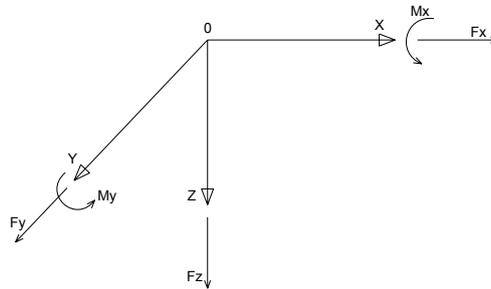
RIEPILOGO RISULTATI	
$N_{max}$ [kN]	3427,8
$N_{min}$ [kN]	198,4
$N_{medio}$ [kN]	2369,9
$V_{ma}$ [kN]	675,6

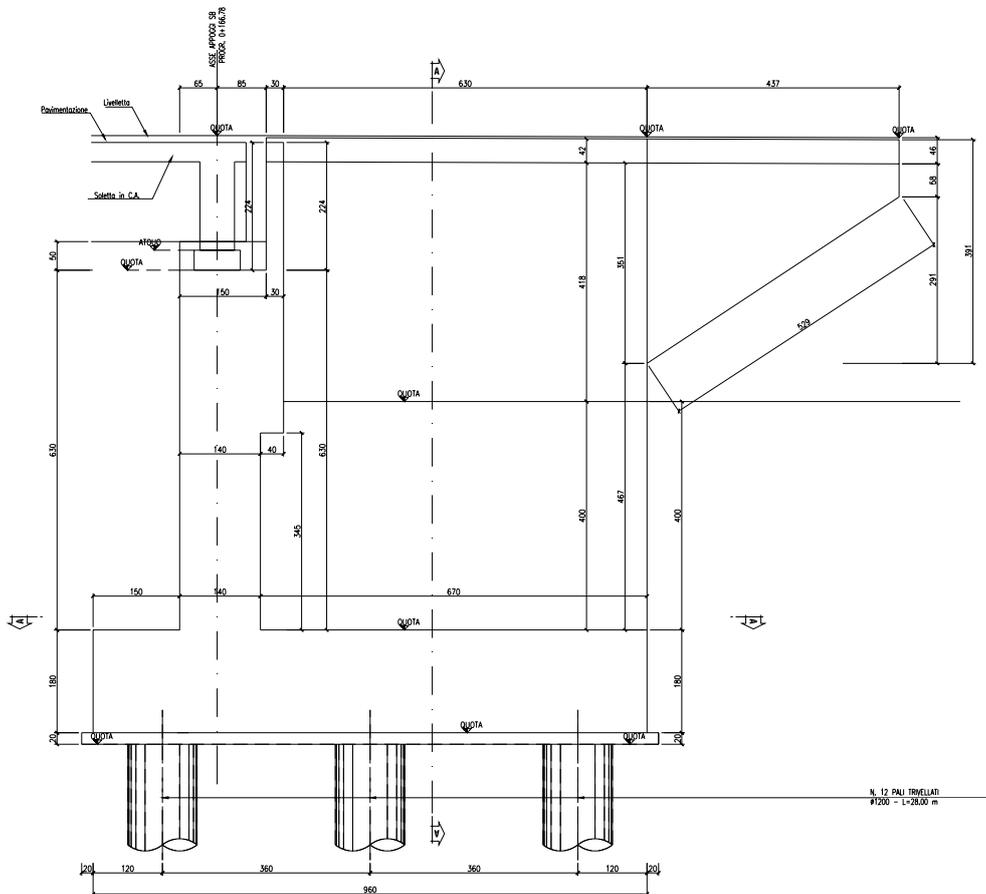
### 3 ANALISI DELLA PALIFICATA SPALLA B (MOBILE)

Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione, e le relative verifiche di sicurezza, della spalla B.

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato parallelo alla direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

Le azioni orizzontali ( $F_x$  ed  $F_y$ ) e verticali ( $F_z$ ) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con  $M_x$  i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con  $M_y$  (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse y. I momenti si assumono positivi se di senso antiorario rispetto all'asse-momento cui si riferiscono.





### Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	9,60	13,20	1,80	-	228,1	4,80	0,00	-0,90
muro frontale	1	1,40	10,00	6,30	-	88,2	7,40	0,00	-4,95
muro paraghiaia	1	0,30	10,00	2,24	-	6,7	6,85	0,00	-9,22
muro laterale inf sx	1	6,70	0,70	4,00	-	18,8	3,35	4,65	-3,80
muro laterale inf dx	1	6,70	0,70	4,00	-	18,8	3,35	-4,65	-3,80
bandiera sx	1	3,50	0,50	0,65	3,9	4,0	-1,33	4,75	-4,47
bandiera dx	1	3,50	0,50	0,65	3,9	4,0	-1,33	-4,75	-4,47
baggioli	4	0,80	0,80	0,35	-	0,9	7,45	0	-8,28
apparecchi di appoggio	4	0,60	0,60	0,15	-	0,2	7,45	0	-8,53
muro laterale sup sx	1	6,70	0,50	4,60	-	15,4	3,35	4,65	-6,10
muro laterale sup dx	1	6,70	0,50	4,60	-	15,4	3,35	-4,65	-6,10

### 3.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano nel seguente prospetto le azioni trasmesse dall'impalcato. Tali azioni sono riferite al baricentro appoggi e sono state desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del viadotto. Le azioni sismiche trasversali sono state valutate pseudo-staticamente in riferimento al periodo proprio dell'impalcato, determinato a partire dalla sua massa e da una rigidezza equivalente del sistema spalle-pali, mentre l'azione sismica verticale è riferita all'ordinata spettrale corrispondente a  $T = 0$  s.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 22 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### sisma trasversale

Mimp	=	270,5 t	massa impalcato
J <sub>x</sub>	=	117,2 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia trasversale spalla
K <sub>s</sub>	=	44214925 kN/m	rigidezza della spalla
K <sub>p</sub>	=	1358086 kN/m	rigidezza dei pali in direzione trasversale
K	=	1317615 kN/m	rigidezza equivalente
T	=	0,090 s	periodo fondamentale
S	=	<b>0,160 g</b>	ordinata spettrale
F <sub>y</sub>	=	424,6 kN	azione sismica trasversale
M <sub>y</sub>	=	369,4 kNm	momento trasversale

#### sisma verticale

Mimp	=	270,5 t	massa impalcato
S	=	<b>0,100 g</b>	ordinata spettrale
F <sub>z</sub>	=	264,3 kN	azione sismica trasversale
M <sub>y</sub>	=	-1969,1 kNm	momento longitudinale

#### Azioni trasmesse (riferite al baricentro appoggi)

	<b>F<sub>x</sub></b>	<b>F<sub>y</sub></b>	<b>F<sub>z</sub></b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0,0	0,0	2246,3	0,0	0,0	peso proprio impalcato
g2	0,0	-0,2	407,4	0,0	0,0	permanenti portati
e2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ritiro
e3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	carico termico
q1.1	0,0	0,0	1595,0	1369,0	0,0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0,0	0,0	1023,0	2125,5	0,0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	frenatura
q4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	azione centrifuga
q5	0,0	106,7	0,0	67,2	0,0	azione del vento trasversale
q6.1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	sisma 1
q6.2	0,0	424,6	0,0	369,4	0,0	sisma 2
q6.3	0,0	0,0	264,3	0,0	-1969,1	sisma 3
q7	79,6	0,0	0,0	0,0	0,0	azione parassita dei vincoli

### **3.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA**

#### Peso proprio spalla (g1)

γ <sub>cls</sub>	=	<b>25,00</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5702,4 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2205,0 kN	muro frontale
g1.3	=	168,0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	469,0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	469,0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	99,5 kN	bandiera sx
g1.7	=	99,5 kN	bandiera dx
g1.8	=	22,4 kN	baggioli
g1.9	=	385,3 kN	elemento 1
g1.10	=	385,3 kN	elemento 2
F <sub>z</sub>	=	<b>10005,36</b> kN	azione verticale
x	=	5,05 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2,70 m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 23 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18,00</b>	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	316,24	m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>5692,32</b>	kN	peso del terreno
x	=	3,35	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3,80	m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

$\gamma$	=	<b>18,00</b>	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	<b>35,00</b>	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0,271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0,426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0,426		coefficiente di spinta adottato
H	=	10,34	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	<b>10,00</b>	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>4103,22</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0,00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3,45	m	coordinata z punto di applicazione

### Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta				
q	=	<b>20,00</b>	kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35,00	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0,426		coefficiente di spinta
H	=	10,34	m	altezza di spinta terreno
B	=	10,00	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>881,84</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0,00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5,17	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale				
Bx	=	<b>6,70</b>	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>1340,00</b>	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3,35	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1,80	m	coordinata z punto di applicazione

### Azioni sismiche (q6)

$a_g$	=	0,083	g	accelerazione di picco
$S_S$	=	1,2		coefficiente di amplificazione stratigrafica
$S_T$	=	1,0		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1,2		
$\beta_m$	=	<b>1,00</b>		coefficiente di riduzione dell'acceler massima
$a_{max}$	=	0,100	g	accelerazione massima
$K_h$	=	0,100		coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0,050		coefficiente sismico verticale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 24 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

### Incremento di spinta terreno in fase sismica (q6.1)

#### *Ipotesi di struttura rigida*

$\gamma$	=	18,00 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	10,34 m	altezza di spinta terreno
B	=	10,00 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	=	1916,78	

#### *Ipotesi di struttura flessibile*

$\phi$	=	35 °	angolo di attrito
$\psi$	=	90 °	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte
$\beta$	=	0 °	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
$\delta$	=	0 °	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	5,42 °	$\tan(\vartheta) = Kh/(1+/-Kv)$
K1	=	0,573	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
K2	=	0,763	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
K	=	0,573	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	5789 kN	spinta terreno in fase sismica
$\Delta S$	=	1685,87 kN	incremento di spinta in fase sismica

#### *Valore adottato*

$\Delta P$	=	1916,8 kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0,00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0,00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5,17 m	coordinata z punto di applicazione

### Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coordinata x punto di applicazione	coordinata y punto di applicazione	coordinata z punto di applicazione
	<b>Fi</b> [kN]	<b>x</b> [m]	<b>y</b> [m]	<b>z</b> [m]
plinto	568,0	4,80	0,00	-0,90
muro frontale	219,6	7,40	0,00	-4,95
paraghiaia	16,7	6,85	0,00	-9,22
muro laterale sx	46,7	3,35	4,65	-3,80
muro laterale dx	46,7	3,35	-4,65	-3,80
bandiera sx	9,9	-1,33	4,75	-4,47
bandiera dx	9,9	-1,33	-4,75	-4,47
baggioli	2,2	7,45	0,00	-8,28
elemento 1	38,4	7,45	0,00	-8,53
elemento 2	38,4	3,35	4,65	-6,10
terreno su plinto	567,0	3,35	0,00	-3,80
risultante intradosso plinto	1563,5	4,53	0,11	-3,15

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 25 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

### 3.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Nella tabella seguente vengono riepilogate le azioni trasmesse in fondazione dalla spalla e dall'impalcato. Dette azioni sono riferite al baricentro della paliificata.

Coordinate baricentro pali

x = 4,80 m coordinata x  
y = 0,00 m coordinata y  
z = 0,00 m coordinata z

Nella tabella seguente vengono riepilogate le azioni trasmesse in fondazione dalla spalla e dall'impalcato.

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0,0	0,0	2246,3	0,0	-5952,6	peso proprio impalcato
g1-sp	0,0	0,0	10005,4	0,0	-2451,5	peso proprio spalla
g2-imp	0,0	-0,2	407,4	-2,0	-1079,6	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0,0	0,0	5692,3	0,0	8253,9	terreno su plinto spalla
g3-sp	4103,2	0,0	0,0	0,0	-14142,4	spinta del terreno su spalla
e2-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ritiro
e3-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	carico termico differenziale
q1.1-imp	0,0	0,0	1595,0	1369,0	-4226,8	carico mobile - config 1 (max azione verticale)
q1.2-imp	0,0	0,0	1023,0	2125,5	-2711,0	carico mobile - config 2 (max momento trasvers)
q1t-sp	881,8	0,0	1340,0	0,0	-2616,1	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	frenatura su impalcato
q4-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0,0	106,7	0,0	976,4	0,0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	0,0	424,6	0,0	3989,0	0,0	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	0,0	0,0	264,3	0,0	-2669,5	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	1916,8	0,0	0,0	0,0	-9909,8	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	1563,5	0,0	0,0	0,0	-4930,2	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0,0	1563,5	0,0	4930,2	0,0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0,0	0,0	781,7	89,2	210,9	forze d'inerzia verticali
q7-imp	79,6	0,0	0,0	0,0	-678,7	azione parassita dei vincoli

### 3.4 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le formulazioni generali delle combinazioni di carico nell'ambito dei vari S.L. si rimanda alle NTC cap. 2.5.3 (rif. Eurocodice EN 1990-annex.A2 cap. A2.3, A2.4). Scegliendo di adottare per le verifiche geotecniche della paliificata l'approccio 2 (NTC cap.6) per il quale i coefficienti parziali delle azioni coincidono con quelli da adottare per le verifiche strutturali, le combinazioni da tenere in conto sono quella fondamentale (S.L.U), la sismica, la frequente, la quasi permanente e la caratteristica. Le azioni elementari sono state combinate attraverso i coefficienti parziali riportati nella seguente matrice.





CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 28 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SL Ey.1	SL Ey.2	SL Ey.3	SL Ey.4	SL Ey.5	SL Ey.6	SL Ey.7	SL Ey.8	SL Ez.1
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0,3	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
q6.1y-imp	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0,30
q6.1z-imp	0,3	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	1
q6.1x-sp	0,3	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
q6.2x-sp	0,3	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
q6.2y-sp	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0,30
q6.2z-sp	0,3	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	1
q7-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	SL Ez.2	SL Ez.3	SL Ez.4	SL Ez.5	SL Ez.6	SL Ez.7	SL Ez.8	SLE fr1	SLE fr2
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0
q1.2-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75
q1t-sp	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0,20
q6.1x-imp	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0	0
q6.1y-imp	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	0	0
q6.1z-imp	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
q6.1x-sp	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0	0
q6.2x-sp	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0	0
q6.2y-sp	0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	0	0
q6.2z-sp	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	0
q7-imp	0	0	0	0	0	0	0	0,60	0,60

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 29 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SLE qp	SLE c1	SLE c2
g1-imp	1	1	1
g1-sp	1	1	1
g2-imp	1	1	1
g2-sp	1	1	1
g3-sp	1	1	1
e2-imp	1	1	1
e3-imp	0,50	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0,75	0
q1.2-imp	0	0	0,75
q1t-sp	0	0,75	0,75
q3-imp	0	0	0
q4-imp	0	0	0
q5-imp	0	0,60	0,60
q6.1x-imp	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0
q7-imp	0	0,60	0,60

### 3.5 SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni sulla palificata, riferite al baricentro della stessa, nelle combinazioni di carico analizzate.

	SLU q1.1	SLU q1.2	SLU q1.3	SLU q1.4	SLU q1.5	SLU q1.6	SLU q1.7	SLU q1.8	SLU q3.1
Fx [kN]	6833	6833	6833	6833	6833	6833	6833	6833	6534
Fy [kN]	96	96	-96	-96	96	96	-96	-96	-96
Fz [kN]	28737	28737	28737	28737	27964	27964	27964	27964	27739
Mx [kNm]	2724	2724	967	967	3745	3745	1988	1988	501
My [kNm]	-30873	-30873	-30873	-30873	-28826	-28826	-28826	-28826	-28546

	SLU q3.2	SLU q4.1	SLU q4.2	SLU e2.1	SLU e2.2	SLU e2.3	SLU e2.4	SLU e2.5	SLU e2.6
Fx [kN]	6534	6534	6534	6534	6534	6534	6534	6534	6534
Fy [kN]	-96	-96	-96	96	96	-96	-96	96	96
Fz [kN]	27161	27739	27161	27739	27739	27739	27739	27161	27161
Mx [kNm]	1265	501	1265	2259	2259	501	501	3023	3023
My [kNm]	-27015	-28546	-27015	-28546	-28546	-28546	-28546	-27015	-27015

	SLU e2.7	SLU e2.8	SLU q5.1	SLU q5.2	SLU q5.3	SLU q5.4	SLU q5.5	SLU q5.6	SLU q5.7
Fx [kN]	6534	6534	6534	6534	6534	6534	6534	6534	6534
Fy [kN]	-96	-96	160	160	-160	-160	160	160	-160
Fz [kN]	27161	27161	27739	27739	27739	27739	27161	27161	27161
Mx [kNm]	1265	1265	2845	2845	-85	-85	3609	3609	679
My [kNm]	-27015	-27015	-28546	-28546	-28546	-28546	-27015	-27015	-27015

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 30 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SLU q5.8	SL Ex.1	SL Ex.2	SL Ex.3	SL Ex.4	SL Ex.5	SL Ex.6	SL Ex.7	SL Ex.8
Fx [kN]	6534	7583	7583	7583	7583	623	623	623	623
Fy [kN]	-160	596	-597	596	-597	596	-597	596	-597
Fz [kN]	27161	18665	18665	18038	18038	18665	18665	18038	18038
Mx [kNm]	679	2701	-2651	2647	-2705	2701	-2651	2647	-2705
My [kNm]	-27015	-30950	-30950	-29475	-29475	-1270	-1270	205	205

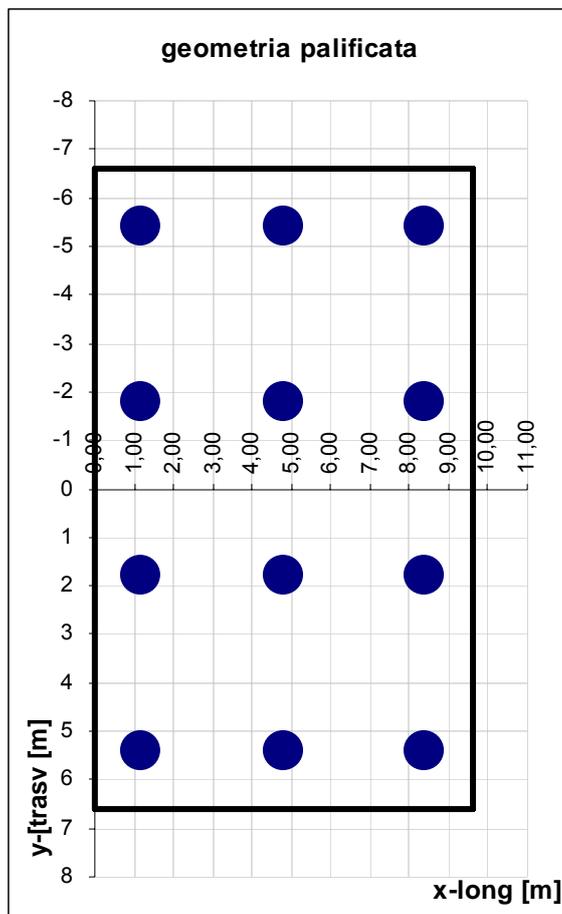
	SL Ey.1	SL Ey.2	SL Ey.3	SL Ey.4	SL Ey.5	SL Ey.6	SL Ey.7	SL Ey.8	SL Ez.1
Fx [kN]	5147	3059	5147	3059	5147	3059	5147	3059	5147
Fy [kN]	1988	1988	1988	1988	-1988	-1988	-1988	-1988	596
Fz [kN]	18665	18665	18038	18038	18665	18665	18038	18038	19397
Mx [kNm]	8944	8944	8890	8890	-8894	-8894	-8948	-8948	2763
My [kNm]	-20562	-11658	-19087	-10183	-20562	-11658	-19087	-10183	-22283

	SL Ez.2	SL Ez.3	SL Ez.4	SL Ez.5	SL Ez.6	SL Ez.7	SL Ez.8	SLE fr1	SLE fr2
Fx [kN]	3059	5147	3059	5147	3059	5147	3059	4812	4812
Fy [kN]	596	-597	-597	596	596	-597	-597	21	21
Fz [kN]	19397	19397	19397	17305	17305	17305	17305	20553	20124
Mx [kNm]	2763	-2589	-2589	2585	2585	-2767	-2767	1220	1787
My [kNm]	-13379	-22283	-13379	-17366	-8462	-17366	-8462	-20912	-19775

	SLE qp	SLE c1	SLE c2
Fx [kN]	4103	4812	4812
Fy [kN]	0	64	64
Fz [kN]	18351	20553	20124
Mx [kNm]	-2	1611	2178
My [kNm]	-15372	-20912	-19775

#### Geometria della palificata

PALO	coordinate nel riferimento assoluto		coordinate nel riferimento locale (origine nel baricentro palificata)		trasversale	longitudinale
	X	Y	Xp	Yp		
1	1,20	-5,40	-3,60	-5,40	29,16	12,96
2	1,20	-1,80	-3,60	-1,80	3,24	12,96
3	1,20	1,80	-3,60	1,80	3,24	12,96
4	1,20	5,40	-3,60	5,40	29,16	12,96
5	4,80	-5,40	0,00	-5,40	29,16	0,00
6	4,80	-1,80	0,00	-1,80	3,24	0,00
7	4,80	1,80	0,00	1,80	3,24	0,00
8	4,80	5,40	0,00	5,40	29,16	0,00
9	8,40	-5,40	3,60	-5,40	29,16	12,96
10	8,40	-1,80	3,60	-1,80	3,24	12,96
11	8,40	1,80	3,60	1,80	3,24	12,96
12	8,40	5,40	3,60	5,40	29,16	12,96
<b>12</b>	<b>4,8</b>	<b>0,0</b>			<b>194,40</b>	<b>103,68</b>



Si presentano infine le azioni assiali risultantu sui singoli pali per le combinazioni di carico analizzatee gli sforzi di taglio.

	SLU q1.1	SLU q1.2	SLU q1.3	SLU q1.4	SLU q1.5	SLU q1.6	SLU q1.7	SLU q1.8	SLU q3.1
N1	1247	1247	1296	1296	1225	1225	1274	1274	1306
N2	1298	1298	1314	1314	1295	1295	1311	1311	1316
N3	1348	1348	1332	1332	1364	1364	1348	1348	1325
N4	1398	1398	1350	1350	1433	1433	1385	1385	1334
N5	2319	2319	2368	2368	2226	2226	2275	2275	2298
N6	2369	2369	2386	2386	2296	2296	2312	2312	2307
N7	2420	2420	2404	2404	2365	2365	2349	2349	2316
N8	2470	2470	2422	2422	2434	2434	2386	2386	2325
N9	3391	3391	3440	3440	3227	3227	3276	3276	3289
N10	3441	3441	3458	3458	3297	3297	3313	3313	3298
N11	3492	3492	3476	3476	3366	3366	3350	3350	3307
N12	3542	3542	3494	3494	3435	3435	3386	3386	3317
V <sub>x</sub>	569	569	569	569	569	569	569	569	544
V <sub>y</sub>	8	8	-8	-8	8	8	-8	-8	-8
V	569	569	570	570	569	569	570	570	545

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 32 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SLU q3.2	SLU q4.1	SLU q4.2	SLU e2.1	SLU e2.2	SLU e2.3	SLU e2.4	SLU e2.5	SLU e2.6
N1	1290	1306	1290	1258	1258	1306	1306	1241	1241
N2	1314	1316	1314	1299	1299	1316	1316	1297	1297
N3	1337	1325	1337	1341	1341	1325	1325	1353	1353
N4	1361	1334	1361	1383	1383	1334	1334	1409	1409
N5	2228	2298	2228	2249	2249	2298	2298	2179	2179
N6	2252	2307	2252	2291	2291	2307	2307	2235	2235
N7	2275	2316	2275	2332	2332	2316	2316	2291	2291
N8	2299	2325	2299	2374	2374	2325	2325	2347	2347
N9	3166	3289	3166	3240	3240	3289	3289	3117	3117
N10	3190	3298	3190	3282	3282	3298	3298	3173	3173
N11	3213	3307	3213	3324	3324	3307	3307	3229	3229
N12	3237	3317	3237	3365	3365	3317	3317	3285	3285
V <sub>x</sub>	544	544	544	544	544	544	544	544	544
V <sub>y</sub>	-8	-8	-8	8	8	-8	-8	8	8
V	545	545	545	545	545	545	545	545	545

	SLU e2.7	SLU e2.8	SLU q5.1	SLU q5.2	SLU q5.3	SLU q5.4	SLU q5.5	SLU q5.6	SLU q5.7
N1	1290	1290	1241	1241	1323	1323	1225	1225	1307
N2	1314	1314	1294	1294	1321	1321	1292	1292	1319
N3	1337	1337	1347	1347	1320	1320	1359	1359	1332
N4	1361	1361	1399	1399	1318	1318	1426	1426	1344
N5	2228	2228	2233	2233	2314	2314	2163	2163	2245
N6	2252	2252	2285	2285	2312	2312	2230	2230	2257
N7	2275	2275	2338	2338	2311	2311	2297	2297	2270
N8	2299	2299	2391	2391	2309	2309	2364	2364	2282
N9	3166	3166	3224	3224	3305	3305	3101	3101	3183
N10	3190	3190	3276	3276	3304	3304	3168	3168	3195
N11	3213	3213	3329	3329	3302	3302	3235	3235	3208
N12	3237	3237	3382	3382	3300	3300	3302	3302	3220
V <sub>x</sub>	544	544	544	544	544	544	544	544	544
V <sub>y</sub>	-8	-8	13	13	-13	-13	13	13	-13
V	545	545	545	545	545	545	545	545	545

	SLU q5.8	SL Ex.1	SL Ex.2	SL Ex.3	SL Ex.4	SL Ex.5	SL Ex.6	SL Ex.7	SL Ex.8
N1	1307	406	554	406	555	1436	1585	1437	1585
N2	1319	456	505	455	505	1486	1536	1486	1535
N3	1332	506	456	504	455	1536	1487	1535	1485
N4	1344	556	407	553	405	1586	1438	1584	1435
N5	2245	1480	1629	1430	1578	1480	1629	1430	1578
N6	2257	1530	1580	1479	1528	1530	1580	1479	1528
N7	2270	1580	1531	1528	1478	1580	1531	1528	1478
N8	2282	1630	1482	1577	1428	1630	1482	1577	1428
N9	3183	2555	2704	2453	2602	1525	1673	1422	1571
N10	3195	2605	2655	2502	2552	1575	1624	1471	1521
N11	3208	2655	2606	2551	2502	1625	1575	1521	1471
N12	3220	2705	2556	2600	2451	1675	1526	1570	1421
V <sub>x</sub>	544	632	632	632	632	52	52	52	52
V <sub>y</sub>	-13	50	-50	50	-50	50	-50	50	-50
V	545	634	634	634	634	72	72	72	72

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 33 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

	SL Ey.1	SL Ey.2	SL Ey.3	SL Ey.4	SL Ey.5	SL Ey.6	SL Ey.7	SL Ey.8	SL Ez.1
N1	593	902	593	903	1089	1398	1089	1398	766
N2	759	1068	758	1067	924	1233	923	1232	817
N3	924	1233	923	1232	759	1068	758	1067	868
N4	1090	1399	1087	1397	594	904	592	901	919
N5	1307	1307	1256	1256	1802	1802	1752	1752	1540
N6	1473	1473	1421	1421	1638	1638	1586	1586	1591
N7	1638	1638	1585	1585	1473	1473	1420	1420	1642
N8	1804	1804	1750	1750	1308	1308	1255	1255	1693
N9	2021	1712	1919	1610	2516	2207	2414	2105	2313
N10	2187	1877	2084	1774	2352	2043	2249	1940	2365
N11	2352	2043	2248	1939	2187	1878	2083	1774	2416
N12	2518	2209	2413	2104	2022	1713	1917	1608	2467
V <sub>x</sub>	429	255	429	255	429	255	429	255	429
V <sub>y</sub>	166	166	166	166	-166	-166	-166	-166	50
V	460	304	460	304	460	304	460	304	432

	SL Ez.2	SL Ez.3	SL Ez.4	SL Ez.5	SL Ez.6	SL Ez.7	SL Ez.8	SLE fr1	SLE fr2
N1	1075	915	1224	767	1077	916	1225	953	941
N2	1126	867	1176	815	1124	865	1174	975	974
N3	1177	819	1128	863	1172	814	1123	998	1007
N4	1229	771	1080	911	1220	762	1071	1021	1040
N5	1540	1688	1688	1370	1370	1519	1519	1679	1627
N6	1591	1640	1640	1418	1418	1468	1468	1701	1660
N7	1642	1592	1592	1466	1466	1416	1416	1724	1694
N8	1693	1545	1545	1514	1514	1365	1365	1747	1727
N9	2004	2462	2153	1973	1664	2122	1813	2405	2314
N10	2055	2414	2105	2021	1712	2071	1762	2428	2347
N11	2107	2366	2057	2069	1760	2019	1710	2450	2380
N12	2158	2318	2009	2117	1808	1968	1659	2473	2413
V <sub>x</sub>	255	429	255	429	255	429	255	401	401
V <sub>y</sub>	50	-50	-50	50	50	-50	-50	2	2
V	260	432	260	432	260	432	260	401	401

	SLE qp	SLE c1	SLE c2
N1	996	942	930
N2	996	972	970
N3	996	1002	1011
N4	995	1031	1051
N5	1529	1668	1616
N6	1529	1698	1657
N7	1529	1728	1697
N8	1529	1757	1737
N9	2063	2394	2303
N10	2063	2424	2343
N11	2063	2454	2384
N12	2063	2484	2424
V <sub>x</sub>	342	401	401
V <sub>y</sub>	0	5	5
V	342	401	401

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 34 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

RIEPILOGO RISULTATI	
$N_{max}$ [kN]	3542,4
$N_{min}$ [kN]	404,6
$N_{medio}$ [kN]	2394,7
$V_{ma}$ [kN]	633,9

## 4 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

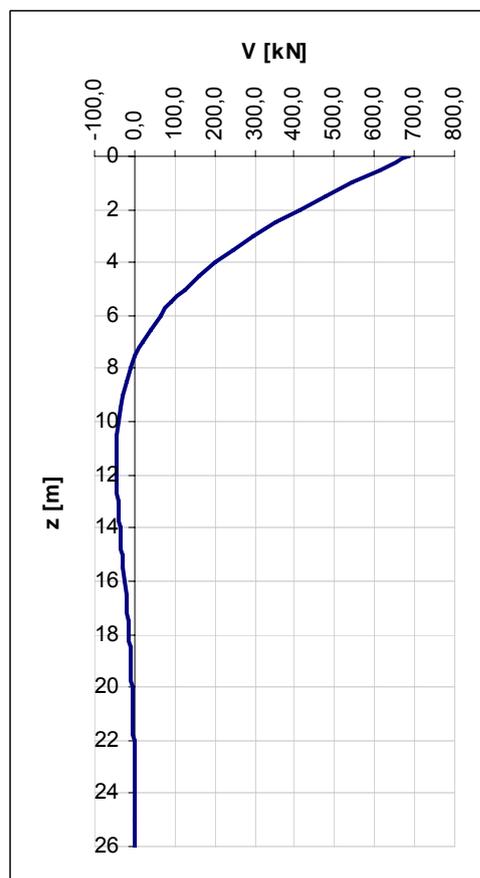
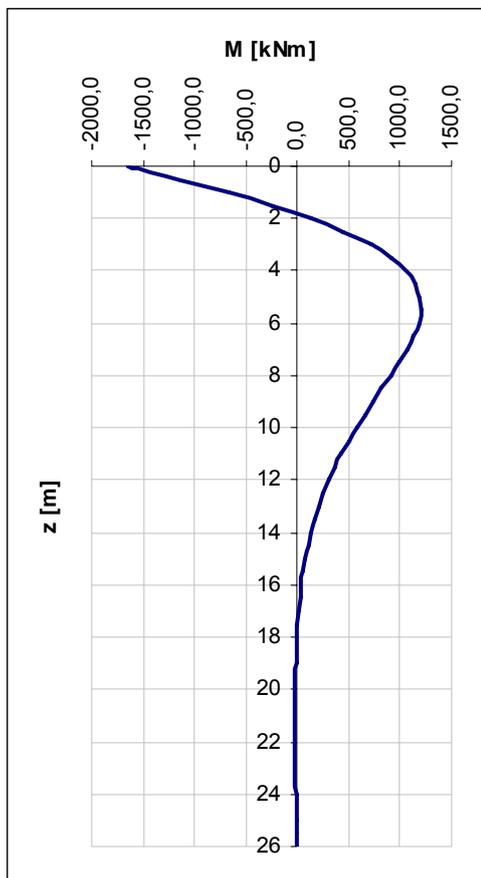
Le verifiche dei pali sono state condotte considerando le condizioni più sfavorevoli tra quelle presentate dalle due palificate.

### 4.1 VERIFICHE STRUTTURALI

Per il calcolo delle sollecitazioni flettenti e taglianti agenti lungo il fusto del palo si adotta lo schema di palo con la testa impedita di ruotare, ma libera di traslare per effetto dell'azione orizzontale ivi applicata, ed immerso in un terreno schematizzato alla Winkler. Per la determinazione della lunghezza elastica del palo,  $\lambda$ , si adotta l'espressione di Zimmerman.

Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

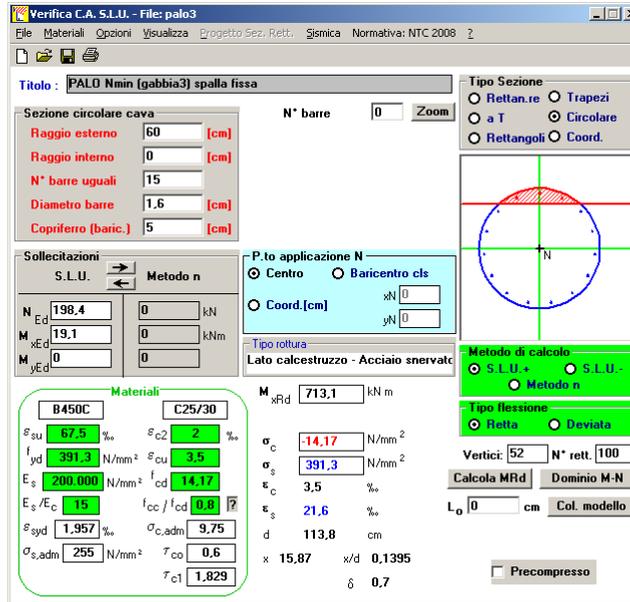
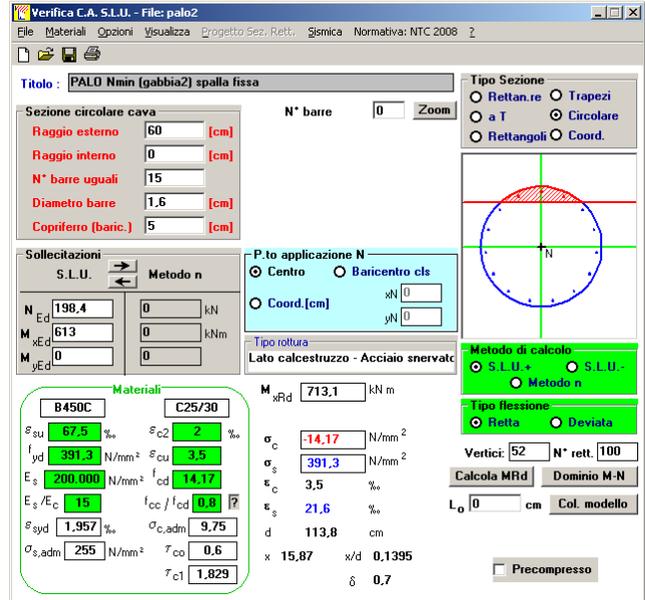
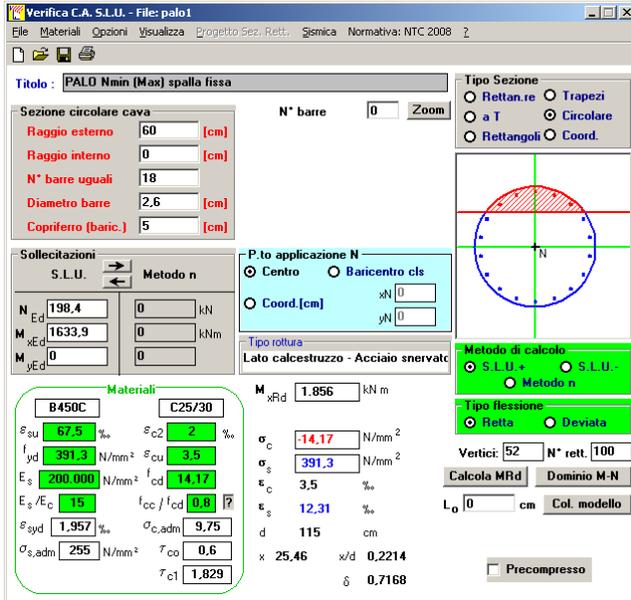
E	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0,1018 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1,80 m	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	23400 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
$\lambda$	=	4,84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0,00</b> m	altezza tratto libero
V	=	675,6 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	1633,9 kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	<b>5,97</b> mm	spostamento massimo in testa



### 4.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

La prima gabbia viene armata con 18 Ø26, mentre per le successive sono sufficienti 15 Ø16.

Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riportano di seguito le schermate di output del programma relative alle sezioni verificate (z = 0 m, 9.7m, 20.7 m).



	$Z_{in}$ [m]	$Z_{in}$ [m]	$c'$ [cm]	$\Phi$ [mm]	$n$	$s$ [cm]	$M_{Ed}$ [kN*m]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{res}$ [kN*m]
gabbia n.1	-1,3	10,7	5	26	18	19,2	1633,9	198,4	1856,0
gabbia n.2	9,7	21,7	5	16	15	23,0	613,0	198,4	713,1
gabbia n.3	20,7	32,7	5	16	15	23,0	19,1	198,4	713,1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 37 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### 4.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø12/25 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/30. La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$ : taglio resistente

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d_e \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha : \text{resistenza di calcolo a taglio trazione}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d_e \cdot b_{we} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{(1 + \cot^2 \theta)} : \text{resistenza di calcolo a taglio compressione}$$

dove:

$$d_e = 0.45 \cdot D + 0.64 \cdot (d - D/2) : \text{altezza utile equivalente della sezione}$$

$D$ : diametro della sezione

$d$ : altezza utile della sezione

$$b_{we} = 0.9 \cdot D : \text{base equivalente della sezione}$$

$A_{sw}$ : area dell'armatura trasversale

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

$$f_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} : \text{resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima}$$

$V_{Ed}$	=	675,6	kN	taglio di calcolo
$N_{Ed}$	=	198,4	kN	sforzo assiale di calcolo
$D$	=	1200	mm	diametro della sezione
$d$	=	1140	mm	altezza utile della sezione
$d_e$	=	886	mm	altezza utile equivalente della sezione
$b_{we}$	=	1080	mm	base equivalente della sezione
$\phi$	=	12		diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90	°	angolo di inclinazione dell' armatura trasversale
$s$	=	250	mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n_{br}$	=	2		numero bracci
$A_{sw}$	=	226,2	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
$\cot \theta$	=	2,50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	0,18	MPa	tensione media di compressione nella sezione
$\alpha_c$	=	1,01		
$V_{Rsd}$	=	705,47	kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	4391,8	kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	705,5	kN	resistenza a taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 38 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### 4.1.3 S.L.E. - Fessurazione

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione  $\sigma_s$  è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature sono state assunte:

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

Per quanto riguarda le combinazioni di carico sono state analizzate n. 3 combinazioni:

- frequente 1;
- frequente 2;
- quasi permanente.

$\sigma_s$ [MPa]	combinazione		
	frequente 1	frequente 2	quasi permanente
Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione			
	w2=0.30 mm		w1=0.20 mm
	Ø		Ø
160	32	32	25
200	25	25	16
240	16	16	12
280	12	12	8
320	10	10	6
360	8	8	-
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione			
	w2=0.30 mm		w1=0.20 mm
	Ø		Ø
160	300	300	200
200	250	250	150
240	200	200	100
280	150	150	50
320	100	100	-
360	50	50	-

Definita la massima tensione ammissibile dalla tabella riportata sopra si considerano per ogni combinazione le condizioni di sollecitazioni associate allo sforzo normale minimo e al taglio massimo. Con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina la massima tensione nella sezione trasversale del palo. Nella tabella seguente si riportano i valori delle verifiche:

		frequente 1		frequente 2		quasi perm			
		Nmin	Vmax	Nmin	Vmax	Nmin	Vmax		
L0	=	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	m	altezza tratto libero
N	=	953	953	941	941	995	995	kN	sforzo assiale alla testa del palo
V	=	401	401	401	401	342	342	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	970	970	970	970	827	827	kNm	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	=	200,0	200,0	200,0	200,0	160,0	160,0	MPa	tens massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	<b>198,2</b>	<b>198,2</b>	<b>199,5</b>	<b>199,5</b>	<b>150,6</b>	<b>150,6</b>	MPa	tensione massima nell'acciaio di calcolo

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_fr1\_Nmin

TITOLO: PALO SLE frequente1 Nmin

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Coprifero (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 953 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,481 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 198,2 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$ : 0,9912 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,95 x/d: 0,3909  
 $\delta$ : 0,9286

Vertici: 52  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_fr1\_Vmax

TITOLO: PALO SLE frequente1 Vmax

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Coprifero (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 953 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,481 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 198,2 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$ : 0,9912 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,95 x/d: 0,3909  
 $\delta$ : 0,9286

Vertici: 52  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_fr2\_Nmin

TITOLO: PALO SLE frequente2 Nmin

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Coprifero (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 941 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,485 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 199,5 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$ : 0,9975 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,79 x/d: 0,3895  
 $\delta$ : 0,9269

Vertici: 52  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_fr2\_Vmax

TITOLO: PALO SLE frequente2 Vmax

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Coprifero (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 941 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

Materiali

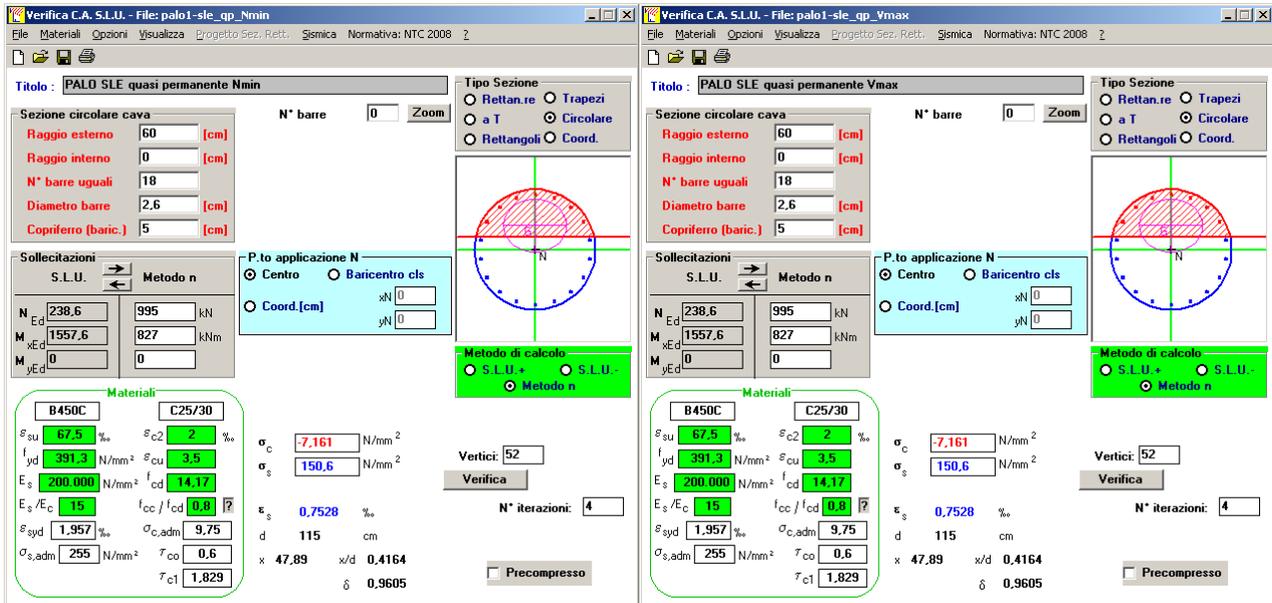
B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,485 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 199,5 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$ : 0,9975 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,79 x/d: 0,3895  
 $\delta$ : 0,9269

Vertici: 52  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso



Concludendo, come si evince dai dati riportati la verifica a fessurazione dei pali risulta soddisfatta.

#### 4.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione:  $0,60 f_{ck}$  in combinazione caratteristica e  $0,40 f_{ck}$  in combinazione quasi permanente; per l'acciaio:  $0,8 f_{yk}$  in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

	rara 1		rara 2		quasi perm			
	Nmin	Vmax	Nmin	Vmax	Nmin	Vmax		
L0	= 4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	4,84	m	lunghezza elastica del palo
h	= 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	m	altezza tratto libero
N	= 942	942	930	930	995	995	kN	sforzo assiale alla testa del palo
V	= 401	401	401	401	342	342	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	= 970	970	970	970	827	827	kNm	massimo momento flettente
σ <sub>C,max</sub>	= 14,94	14,94	14,94	14,94	11,21	11,21	MPa	tens massima nel cls da normativa
σ <sub>Cd,max</sub>	= <b>8,49</b>	<b>8,49</b>	<b>8,50</b>	<b>8,50</b>	<b>7,16</b>	<b>7,16</b>	MPa	tensione massima nel cls di calcolo
σ <sub>S,max</sub>	= 360,0	360,0	360,0	360,0			MPa	tens massima nell'acciaio da normativa
σ <sub>Sd,max</sub>	= <b>199,4</b>	<b>199,4</b>	<b>200,6</b>	<b>200,6</b>			MPa	tensione massima nell'acciaio di calcolo

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_rara1\_Nmin

TITOLO: PALO SLE rara1 Nmin

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 942 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,485 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 199,4 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 0,9969 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,81 x/d: 0,3896  
 $\delta$ : 0,927

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_rara1\_Vmax

TITOLO: PALO SLE rara1 Vmax

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 942 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,485 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 199,4 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 0,9969 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,81 x/d: 0,3896  
 $\delta$ : 0,927

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_rara2\_Nmin

TITOLO: PALO SLE rara2 Nmin

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 930 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,489 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 200,6 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 1,003 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,65 x/d: 0,3882  
 $\delta$ : 0,9253

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1-sle\_rara2\_Vmax

TITOLO: PALO SLE rara2 Vmax

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 18  
 Diametro barre: 2,6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 238,6 930 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 1557,6 970 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

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

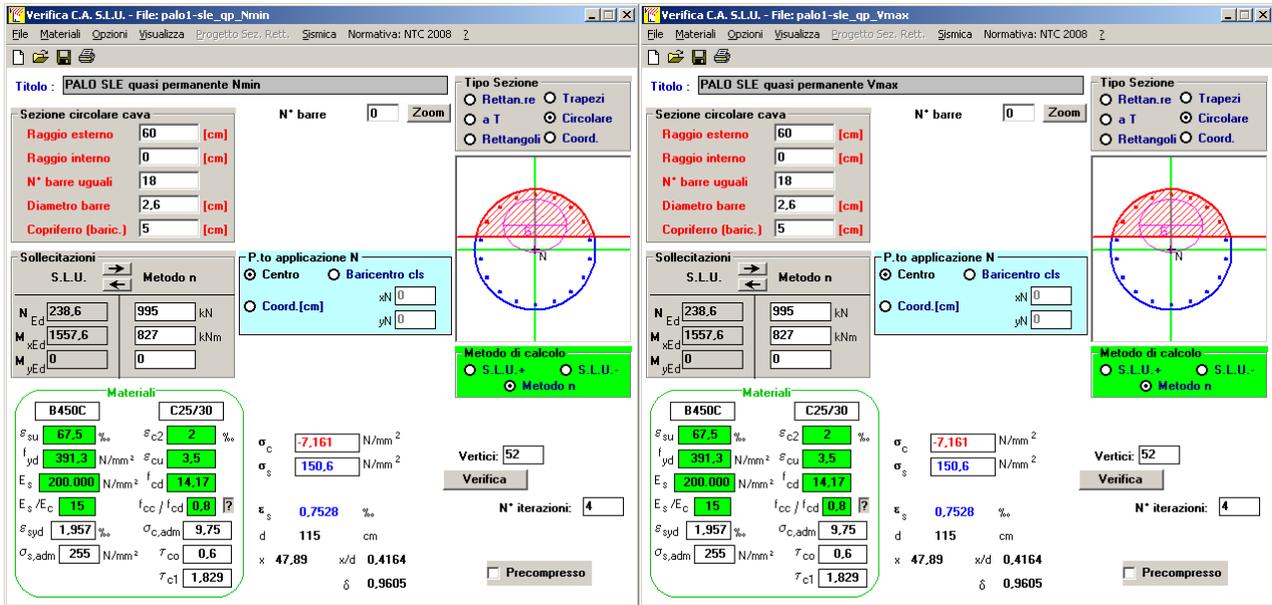
Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $f_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0,8  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -8,489 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 200,6 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 1,003 ‰  
 d: 115 cm  
 x: 44,65 x/d: 0,3882  
 $\delta$ : 0,9253

Vertici: 52  
 Verifica  
 N° iterazioni: 4  
 Precompresso



## 4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

Le verifiche a carico limite verticale delle opere dei pali di fondazione sono effettuate in accordo alle NTC cap.6.4, seguendo l'approccio 2. In particolare viene verificato che sia verificato:

$$E_d \leq R_d$$

nella quale  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione, mentre  $R_d$  rappresenta il valore di progetto della resistenza. Il valore di progetto dell'azione viene determinata amplificando i valori dei carichi agenti attraverso i coefficienti parziali definiti nei paragrafi precedenti. Nelle due tabelle seguenti vengono riportati i coefficienti parziali da applicare ai parametri geotecnici ed i coefficienti parziali attraverso i quali le resistenze caratteristiche alla punta e laterale del palo vengono convertite in resistenze di calcolo (per pali trivellati).

	$\gamma_\gamma$	$\gamma_{\phi'}$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_{cu}$
tipo di combinazione	peso specifico	angolo di attrito	coesione drenata	coesione non drenata
<b>M1</b>	1	1	1	1

	$\gamma_{R,b}$	$\gamma_{R,s}$
tipo di combinazione	resistenza alla base	resistenza laterale
<b>R3</b>	1,35	1,15

In funzione del numero di verticali investigate, è stato adottato un fattore di correlazione di 1.40 coerentemente con quanto riportato nella relazione geotecnica e nella tabella 6.4.IV delle NTC.

verticali investigate	1	2	3	4	5	7	>10
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	<b>1,40</b>
$\xi_4$	1,70	1,65	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

### 4.2.1 S.L.U. – Verifica a carico limite verticale

Si fornisce al presente paragrafo la verifica a carico limite verticale del palo di diametro  $\varnothing 1200$  mm e lunghezza 26.0 m. La verifica viene eseguita in condizioni drenate e non drenate.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 43 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### DATI GENERALI

D	=	1200 mm	diametro palo
L	=	<b>26,00</b> m	lunghezza palo
L/D	=	21,67	rapporto lunghezza/diametro
z <sub>D</sub>	=	<b>0,00</b> m	profondità testa palo da piano campagna
z <sub>w</sub>	=	<b>0,00</b> m	profondità della falda da piano campagna
γ <sub>w</sub>	=	<b>0</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico dell'acqua (=0 in assenza di falda)

#### PARAMETRI GEOTECNICI

	profondità da p.c.		potenza	peso specifico di calcolo	angolo di attrito di calcolo	coesione drenata di calcolo	coesione non drenata di calcolo
	da	a	h	γ <sub>d</sub>	φ <sub>d</sub>	c' <sub>d</sub>	c <sub>ud</sub>
	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]
unità 1	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	1	18,0	17,4	10	40
unità 2	<b>1,0</b>	<b>12,0</b>	11	18,0	17,4	10	40
unità 3	<b>12,0</b>	<b>15,0</b>	3	18,8	21,0	24	110
unità 4	<b>15,0</b>	<b>26,0</b>	11	19,2	16,9	34	119

#### CALCOLO RESISTENZA LATERALE

	press interstiz tetto	press interstiz base	tens vertic tetto	tens vertic base	tens vertic efficace tetto	tens vertic efficace base	coeff di attrito	coeff di adesione	resist laterale media (condiz drenate)	resist laterale (condiz non drenate)	
	u <sub>t</sub>	u <sub>b</sub>	σ <sub>vt</sub>	σ <sub>vb</sub>	σ' <sub>vt</sub>	σ' <sub>vb</sub>	K	μ	α	τ <sub>d,D</sub>	τ <sub>d,UD</sub>
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa]
unità 1	0	0	0	18	0	18	<b>0,50</b>	0,31	0,8	11,4	32,0
unità 2	0	0	18	216	18	216	<b>0,50</b>	0,31	0,8	28,3	32,0
unità 3	0	0	216	272	216	272	<b>0,50</b>	0,38	0,4	70,9	44,0
unità 4	0	0	272	484	272	484	<b>0,50</b>	0,30	0,4	91,4	47,6

#### CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI DRENATE

##### Portanza laterale

τ <sub>s</sub>	=	63,6 kPa	resistenza tangenziale unitaria media
R <sub>s</sub>	=	6229,3 kN	resistenza laterale

##### Portanza alla base

σ' <sub>vb</sub>	=	487,6 kPa	tensione verticale efficace base palo
φ <sub>d</sub>	=	16,9 °	angolo di attrito di calcolo unità di base
c' <sub>d</sub>	=	34,0 kPa	coesione drenata di calcolo unità di base
N' <sub>q</sub>	=	2,08	fattore di capacità portante
N <sub>c</sub>	=	3,55	fattore di capacità portante in condizioni drenate
q <sub>b</sub>	=	1133,5 kPa	resistenza unitaria alla base in condizioni drenate
R <sub>b</sub>	=	1281,9 kN	resistenza alla base in condizioni drenate

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 44 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### Resistenze caratteristiche

$\xi$	=	<b>1,40</b>	fattore di correlazione funzione del n° di verticali indagate
$R_{s,k}$	=	4449,5 kN	resistenza laterale caratteristica
$R_{b,k}$	=	915,6 kN	resistenza alla base caratteristica

#### Calcolo della resistenza di progetto

$\gamma_{R,s}$	=	1,15	tensione verticale efficace base palo
$\gamma_{R,b}$	=	1,35	angolo di attrito di calcolo unità di base
$R_{s,d}$	=	3869,1 kN	coesione drenata di calcolo unità di base
$R_{b,d}$	=	678,3 kN	fattore di capacita portante
$W'_{palo}$	=	735,1 kN	fattore di capacita portante in condizioni drenate
$\gamma_{g,palo}$	=	<b>1,30</b>	resistenza unitaria alla base in condizioni drenate
$R_d$	=	3591,7 kN	resistenza alla base in condizioni drenate
N	=	3542,4 kN	carico assiale testa palo

#### **CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI NON DRENATE**

##### Portanza laterale

$\tau_s$	=	42,3 kPa	resistenza tangenziale unitaria media
$R_s$	=	4145,4 kN	resistenza laterale

##### Portanza alla base

$\sigma_{vb}$	=	487,6 kPa	tensione verticale base palo
$c_{ud}$	=	119,0 kPa	coesione non drenata di calcolo unità di base
$N_c$	=	9,0	fattore di capacita portante
$q_b$	=	1558,6 kPa	resistenza unitaria alla base
$R_b$	=	1762,7 kN	resistenza alla base

#### Resistenze caratteristiche

$\xi$	=	1,40	fattore di correlazione funzione del n° di verticali indagate
$R_{s,k}$	=	2961,0 kN	resistenza laterale caratteristica
$R_{b,k}$	=	1259,1 kN	resistenza alla base caratteristica

#### Calcolo della resistenza di progetto

$\gamma_{R,s}$	=	1,15 kPa	coefficiente parziale resistenza laterale
$\gamma_{R,b}$	=	1,35 °	coefficiente parziale resistenza alla base
$R_{s,d}$	=	2574,8 kPa	resistenza laterale di progetto
$R_{b,d}$	=	932,7	resistenza alla base di progetto
$W_{palo}$	=	147,0	peso netto del palo
$\gamma_{g,palo}$	=	<b>1,30</b> kPa	coefficiente parziale peso palo
$R_d$	=	3316,3 kPa	resistenza di progetto del palo
N	=	2873,0 kPa	carico assiale testa palo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 45 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### 4.2.2 S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms per terreni coesivi. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo del carico limite trasversale del palo.

##### CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE

D	=	1,20 m	di diametro palo
L	=	26,00 m	lunghezza palo
$M_y$	=	1856,0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	95,0 kPa	coesione non drenata

##### palo corto

$Q_{lim,1}$	=	24819,1 kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	344986,2 kNm	momento massimo

##### palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	9389,9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	9,2 m	
$M_{max}$	=	58030,9 kNm	momento massimo

##### palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	1473,9 kN	carico limite per palo lungo
-------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1473,9 kN	carico limite (valore medio)
$\xi$	=	1,40	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1052,8 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1,30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	809,8 kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	591,6 kN	azione trasversale testa palo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 46 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

## 5 ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla A (fissa); considerando che la spalla B le è geometricamente molto simile e con azioni agenti globalmente inferiori, si è deciso di dimensionare anch'essa sulla base dei risultati ottenuti dal modello di calcolo della spalla A.

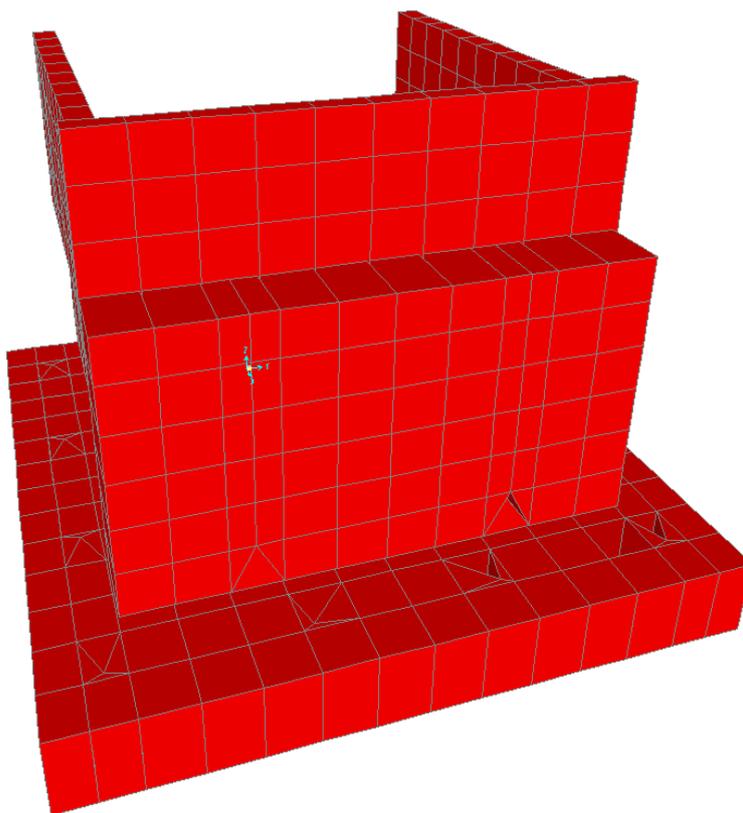
### 5.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sugli elementi che costituiscono la spalla è stato eseguito in SAP2000 schematizzando gli elementi strutturali (plinto di fondazione, muro frontale, trave paraghiaia e muri laterali) come piastre rettangolari, con il plinto vincolato mediante incastri in corrispondenza degli assi dei pali di fondazione.

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidzze della struttura reale. Gli elementi shell impiegati includono gli effetti della deformabilità a taglio.

Nella seguente figura si illustra la geometria del modello.

Il sistema di riferimento globale è impostato con asse X parallelo ai muri laterali, asse Y parallelo al muro frontale e asse Z verticale.



### 5.2 ANALISI DEI CARICHI

La spalla risulta sollecitata da forze concentrate trasmesse dall'impalcato in corrispondenza degli appoggi. Si è tenuto conto dell'eccentricità longitudinale dell'asse appoggi rispetto all'asse del muro frontale inserendo degli elementi frame rigidi, i quali trasmettono le forze concentrate alla spalla.

Oltre alle suddette forze concentrate sono state applicate le forze di superficie che agiscono sulle piastre. Di seguito si riportano le condizioni di carico elementari considerate, i cui valori numerici sono stati forniti nel paragrafo dedicato all'analisi della palificata della stessa spalla.





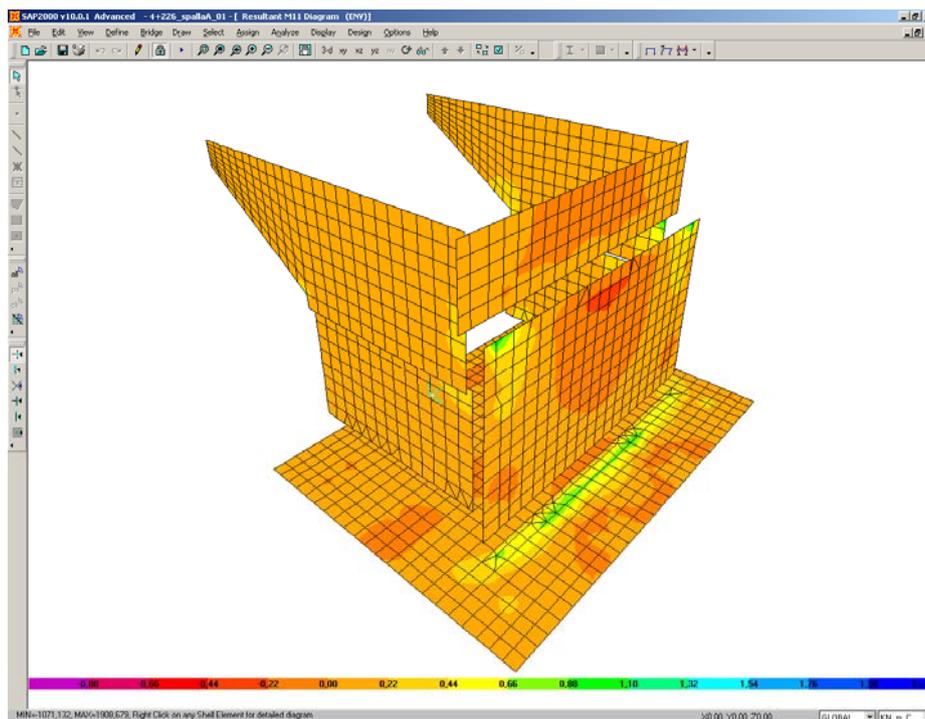


CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 50 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

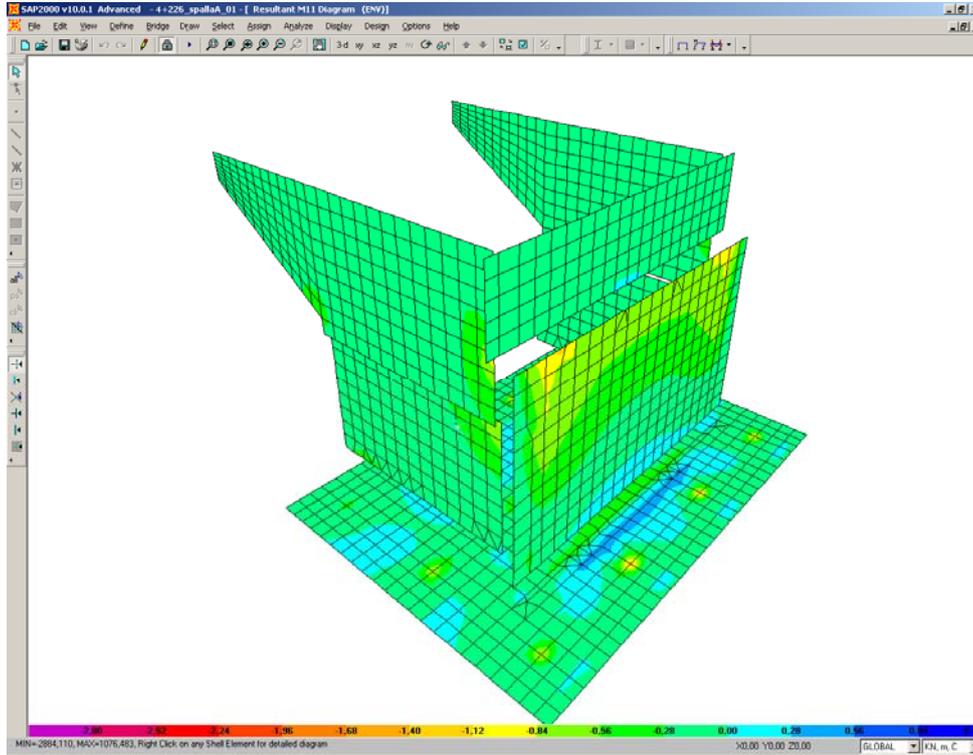
	SL Ez.2	SL Ez.3	SL Ez.4	SL Ez.5	SL Ez.6	SL Ez.7	SL Ez.8	SLE.fr	SLE.qp
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
q1.1-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	-0,3	0,3
q6.1y-imp	0,3	-0,3	-0,3	0,3	0,3	-0,3	-0,3	0,3	-0,3
q6.1z-imp	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
q6.1x-sp	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	-0,3	0,3
q6.2x-sp	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	0,3	-0,3	-0,3	0,3
q6.2y-sp	0,3	-0,3	-0,3	0,3	0,3	-0,3	-0,3	0,3	-0,3
q6.2z-sp	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
q7-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## 5.4 SOLLECITAZIONI

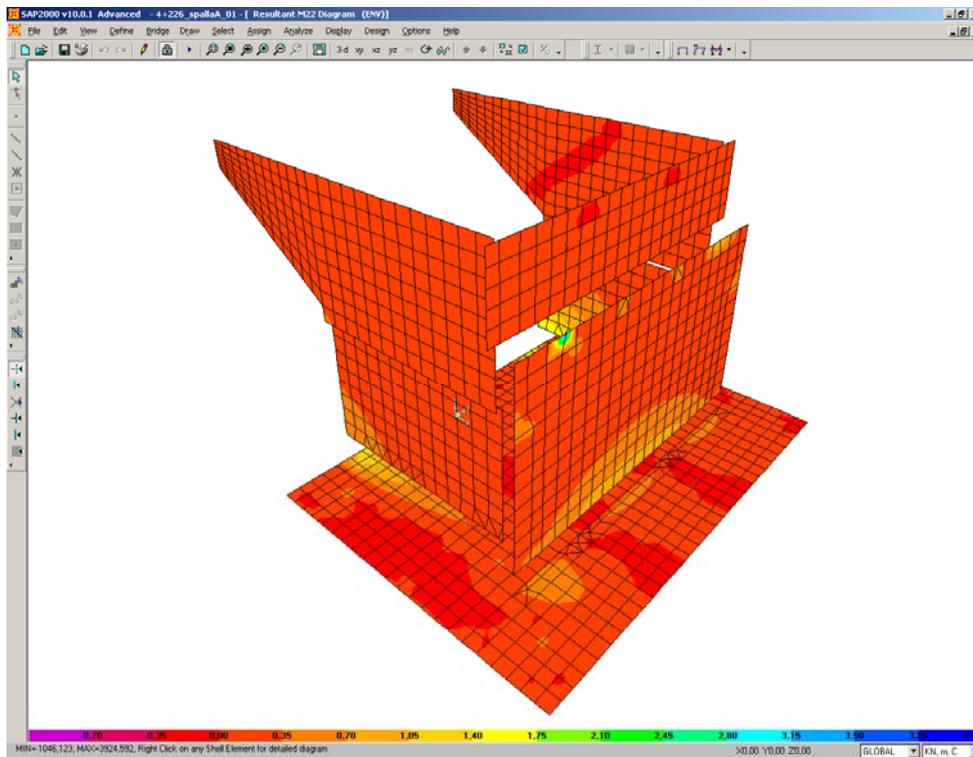
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, F11max, F11min, F22max, F22min) per l'involuppo delle combinazioni analizzate.



M11max



M11min



M22max

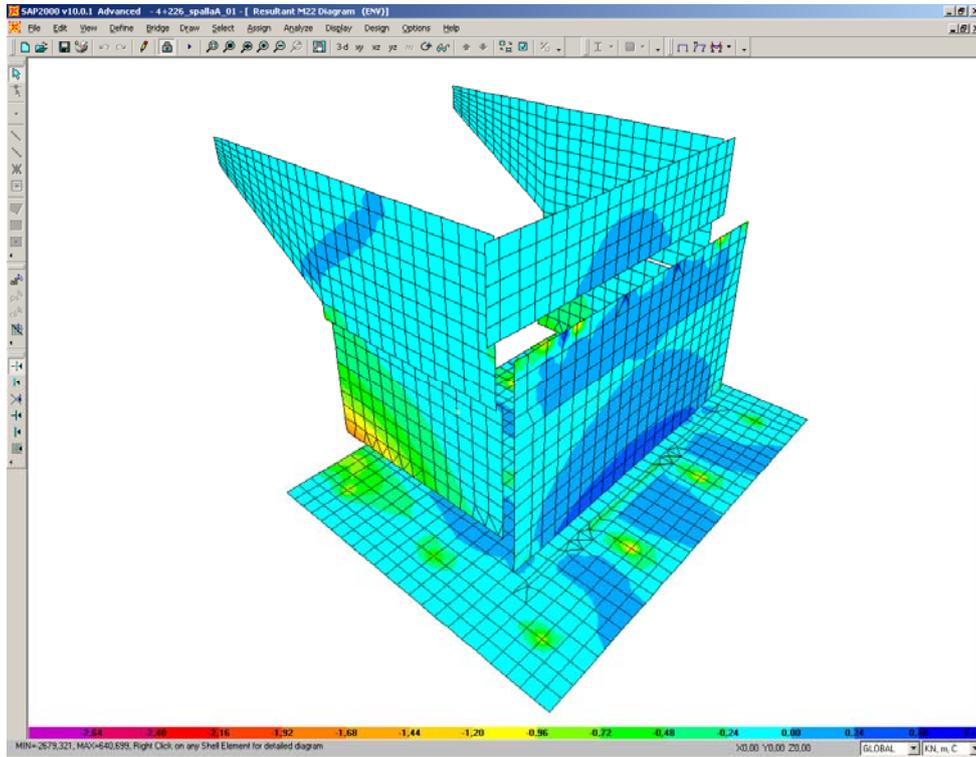
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Cavalcavia alla pk 4+226**

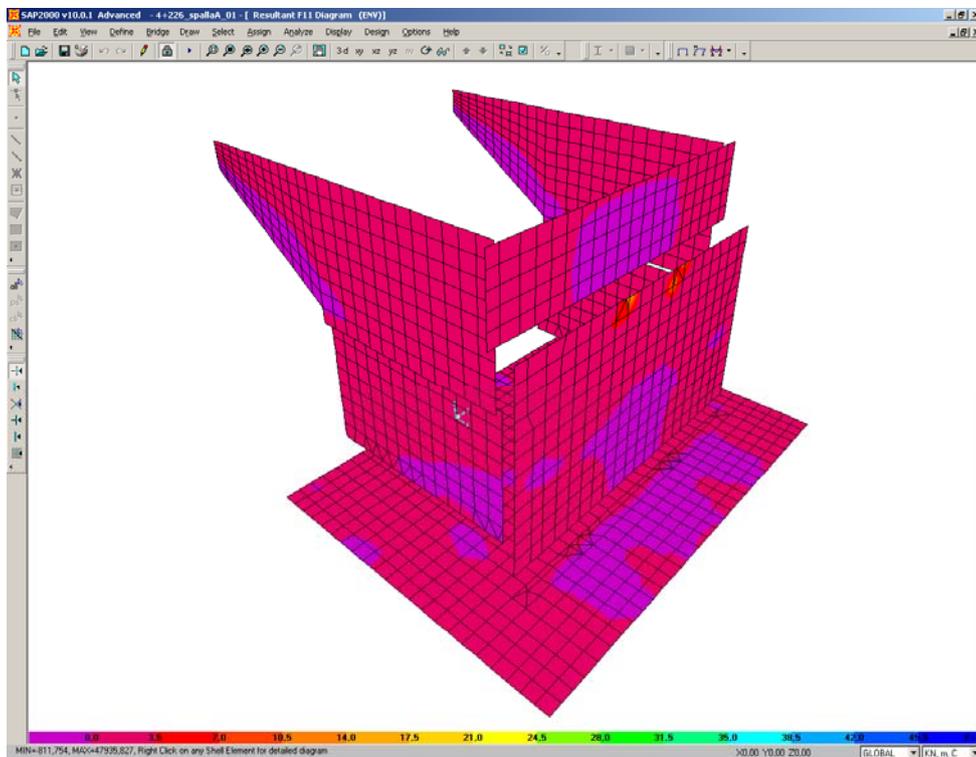
Relazione di Calcolo Spalle

Pagina 52 di 69

Nome file:  
CV03-B-CL019\_A.00\_relazione\_spalle.doc



M22min



F11max

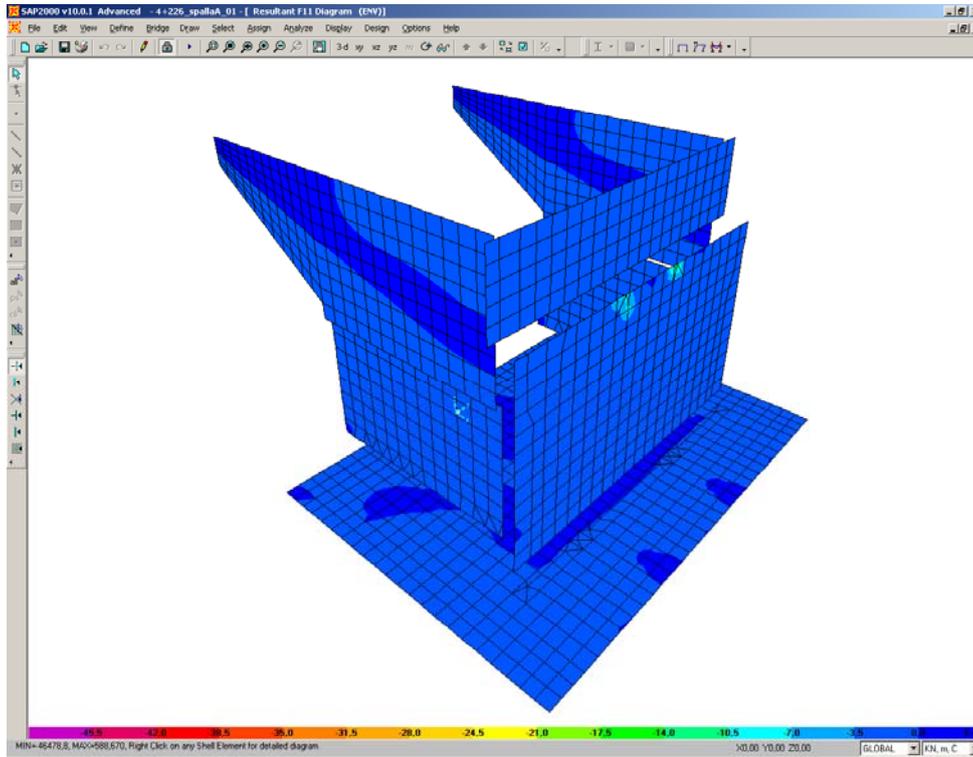
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Cavalcavia alla pk 4+226**

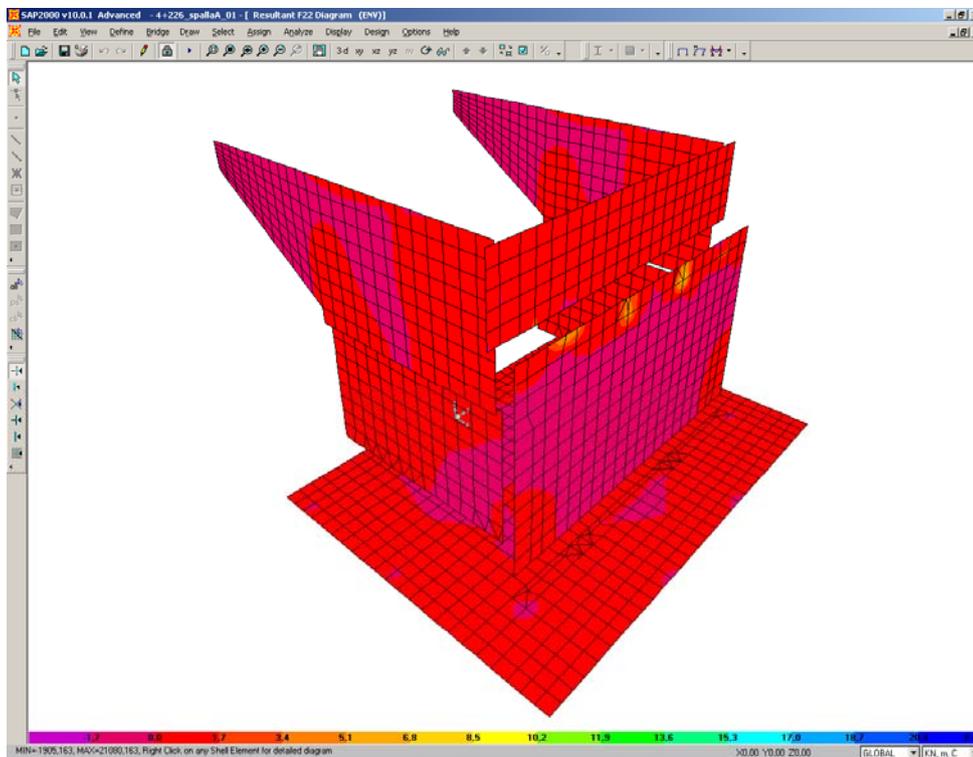
Relazione di Calcolo Spalle

Pagina 53 di 69

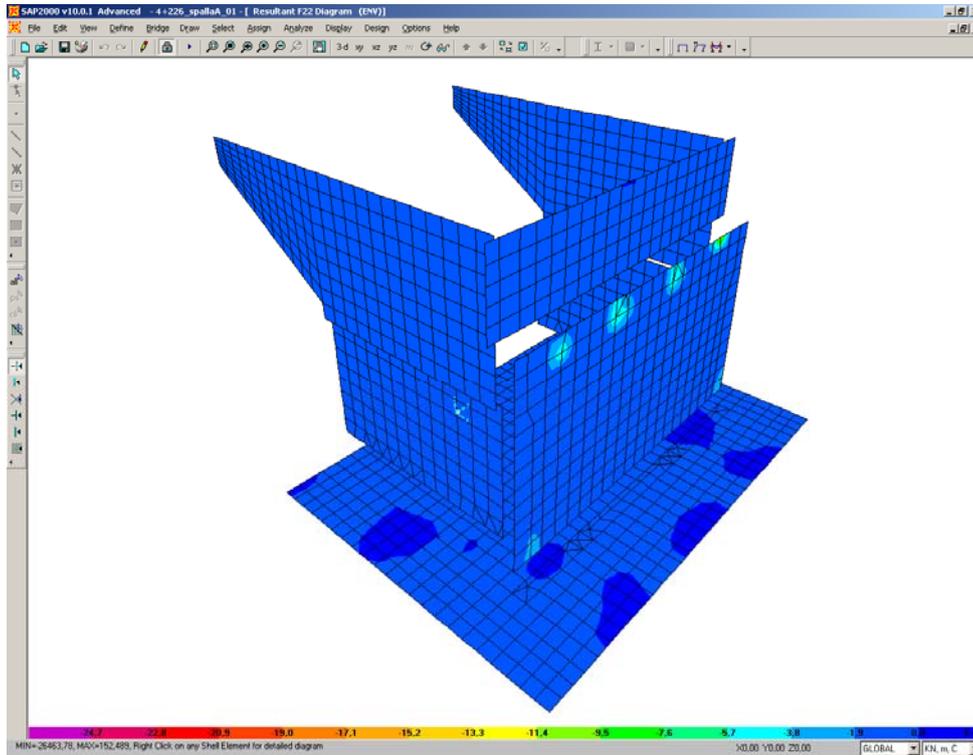
Nome file:  
CV03-B-CL019\_A.00\_relazione\_spalle.doc



F11min



F22max



F22min

## 5.5 ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI

Sulla base delle sollecitazioni ottenute è stata disposta la seguente armatura a flessione:

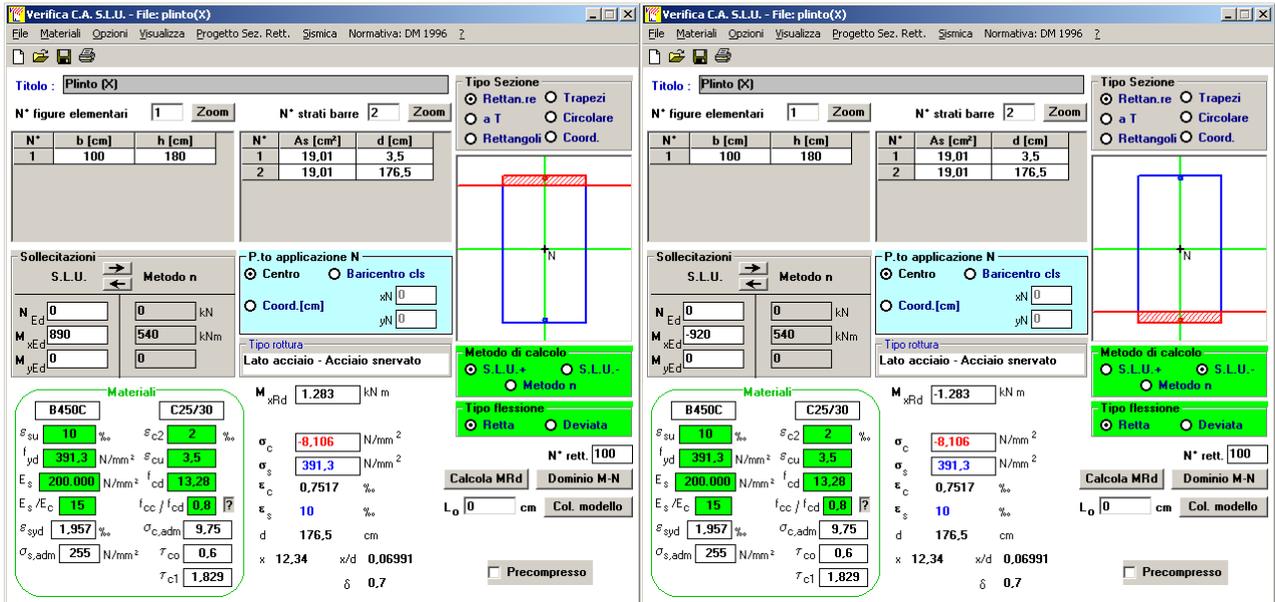
		Armatura Lato terra						Ferri		Armatura Lato viadotto							
		$A_{res,1}$ [cm <sup>2</sup> ]		$A_{res,2}$ [cm <sup>2</sup> ]		$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]				$A_{res,1}$ [cm <sup>2</sup> ]		$A_{res,2}$ [cm <sup>2</sup> ]		$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]			
plinto	X	5	Φ 22	19,0	+	0	Φ 0	0,0	19,0	5	Φ 22	19,0	+	0	Φ 0	0,0	19,0
	Y	5	Φ 22	19,0	+	0	Φ 0	0,0	19,0	5	Φ 22	19,0	+	0	Φ 0	0,0	19,0
muro front	Y	5	Φ 20	15,7	+	0	Φ 0	0,0	15,7	5	Φ 20	15,7	+	0	Φ 0	0,0	15,7
	Z	5	Φ 22	19,0	+	0	Φ 0	0,0	19,0	5	Φ 16	10,1	+	0	Φ 0	0,0	10,1
trave paragh	Y	5	Φ 18	12,7	+	0	Φ 0	0,0	12,7	5	Φ 18	12,7	+	0	Φ 0	0,0	12,7
	Z	5	Φ 20	15,7	+	0	Φ 0	0,0	15,7	5	Φ 20	15,7	+	0	Φ 0	0,0	15,7
muro lat inf	X	5	Φ 18	12,7	+	5	Φ 18	12,7	25,4	5	Φ 18	12,7	+	0	Φ 0	0,0	12,7
	Z	5	Φ 22	19,0	+	5	Φ 22	19,0	38,0	5	Φ 22	19,0	+	0	Φ 0	0,0	19,0
muro lat sup	X	5	Φ 20	15,7	+	5	Φ 20	15,7	31,4	5	Φ 20	15,7	+	0	Φ 0	0,0	15,7
	Z	5	Φ 18	12,7	+	0	Φ 0	0,0	12,7	5	Φ 16	10,1	+	0	Φ 0	0,0	10,1

Per il plinto lato terra = superiore, lato viadotto = inferiore

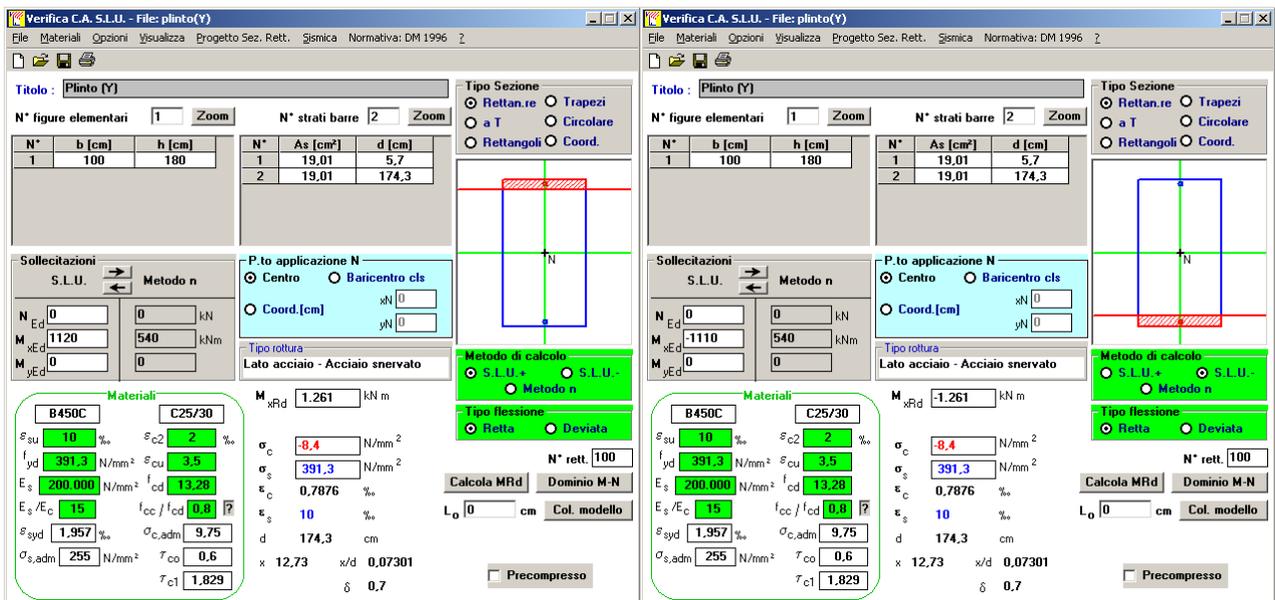
## 5.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

### 5.6.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riportano di seguito le schermate di output del programma relative alle sezioni verificate:



PLINTO - X



PLINTO - Y

**Verifica C.A. S.L.U. - File: muro frontale (Y)**

**Titolo:** Muro frontale (Y)

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	140	1	15,71	3,5
			2	15,71	136,5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 750 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

Materiali: B450C C25/30

σ<sub>su</sub> 10 ‰ σ<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² σ<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 13,28 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 σ<sub>s,adm</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
 τ<sub>co</sub> 0,6 τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 817,7 kNm  
 σ<sub>c</sub> -0,406 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,7884 ‰  
 ε<sub>s</sub> 10 ‰  
 d 136,5 cm  
 x 9,975 x/d 0,07308  
 δ 0,7

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

Precompresso

MURO FRONTALE - Y

**Verifica C.A. S.L.U. - File: muro frontale (Z)**

**Titolo:** Muro frontale (Z)

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	140	1	19,01	5,4
			2	10,05	134,7

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 223 kN  
 M<sub>xEd</sub> 220 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

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

Tipo flessione  
 Retta  Deviata

Materiali: B450C C25/30

σ<sub>su</sub> 10 ‰ σ<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² σ<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 13,28 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 σ<sub>s,adm</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
 τ<sub>co</sub> 0,6 τ<sub>c1</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 661,3 kNm  
 σ<sub>c</sub> -8,596 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0,8123 ‰  
 ε<sub>s</sub> 10 ‰  
 d 134,7 cm  
 x 10,12 x/d 0,07512  
 δ 0,7

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

Precompresso

MURO FRONTALE - Z

**Verifica C.A. S.L.U. - File: trave paraghiaia (Y)**

**Titolo:** [Trave paraghiaia (Y)]

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	12,72	3,5
			2	12,72	26,5

**Sollecitazioni S.L.U.**

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 85 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**P.to applicazione N**

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

**Metodo di calcolo**

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

**Lato acciaio - Acciaio snervato**

**Materiali**

Materiali	B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$	10 ‰	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	3,5
$E_s/E_c$	200,000	13,28
$\epsilon_s$	15 ‰	0,8
$\sigma_{s,adm}$	1,957 ‰	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0,6
$\tau_{c1}$		1,829

**Calcoli**

$M_{xRd} = 121,7$  kNm  
 $\sigma_c = -13,28$  N/mm²  
 $\sigma_s = 391,3$  N/mm²  
 $\epsilon_s = 10$  ‰  
 $d = 26,5$  cm  
 $x = 4,42$  x/d 0,1668  
 $\delta = 0,7$

TRAVE PARAGHIAIA - Y

**Verifica C.A. S.L.U. - File: trave paraghiaia (Z)**

**Titolo:** [Trave paraghiaia (Z)]

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	15,71	5,1
			2	15,71	24,9

**Sollecitazioni S.L.U.**

N<sub>Ed</sub>: 17 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 130 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**P.to applicazione N**

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

**Metodo di calcolo**

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

**Lato acciaio - Acciaio snervato**

**Materiali**

Materiali	B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$	10 ‰	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	3,5
$E_s/E_c$	200,000	13,28
$\epsilon_s$	15 ‰	0,8
$\sigma_{s,adm}$	1,957 ‰	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0,6
$\tau_{c1}$		1,829

**Calcoli**

$M_{xRd} = 139,6$  kNm  
 $\sigma_c = -13,28$  N/mm²  
 $\sigma_s = 391,3$  N/mm²  
 $\epsilon_s = 2,852$  ‰  
 $d = 24,9$  cm  
 $x = 5,526$  x/d 0,2219  
 $\delta = 0,7174$

TRAVE PARAGHIAIA - Z

**Verifica C.A. S.L.U. - File: muro laterale inf (X)**

**Titolo:** Muro laterale inf (X)

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	70	1	25,45	3,5
			2	12,72	66,5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 300 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

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

Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 318,1 kNm

Materiali: B450C C25/30

σ<sub>su</sub> 10 ‰ σ<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² σ<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 13,28 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 †  
 σ<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -9,626 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 10 ‰  
 d 66,5 cm  
 x 5,775 x/d 0,08684  
 δ 0,7

Metodo di flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

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

Precompresso

MURO LATERALE INFERIORE - X

**Verifica C.A. S.L.U. - File: muro laterale inf (Z)**

**Titolo:** Muro risolvo inf (Z)

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	70	1	38,01	5,5
			2	19,01	64,5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 123 kN  
 M<sub>xEd</sub> 460 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

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

Lato acciaio - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 490 kNm

Materiali: B450C C25/30

σ<sub>su</sub> 10 ‰ σ<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² σ<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 13,28 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 †  
 σ<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 ‰  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -12,01 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 10 ‰  
 d 64,5 cm  
 x 7,834 x/d 0,1215  
 δ 0,7

Metodo di flessione: Retta Deviata

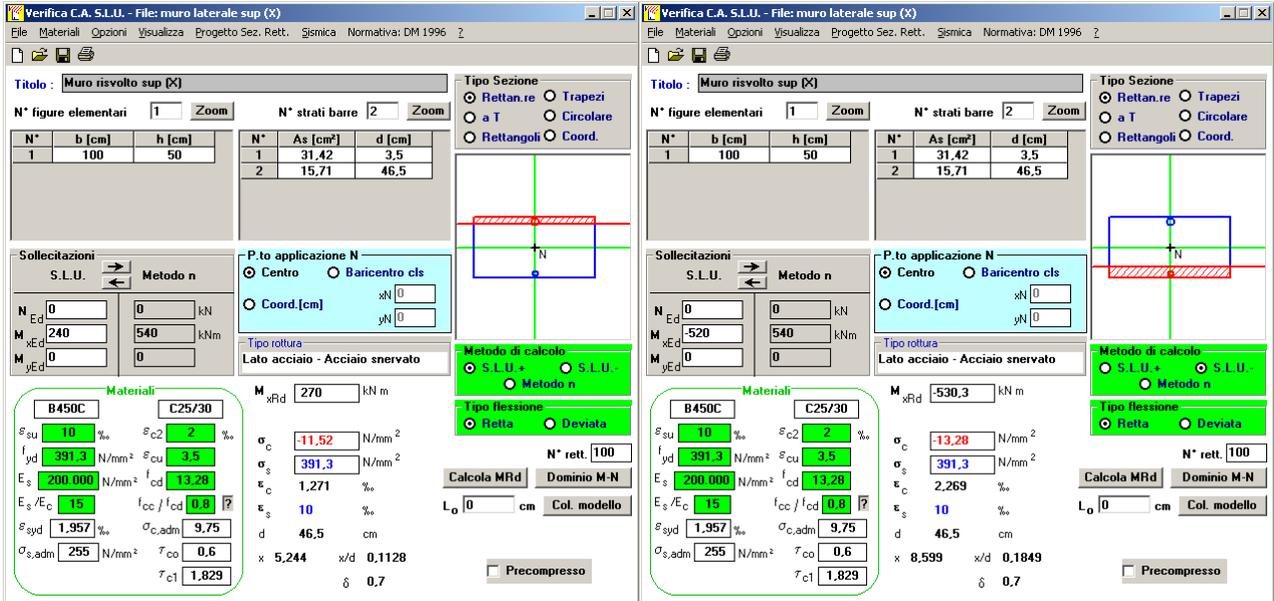
N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

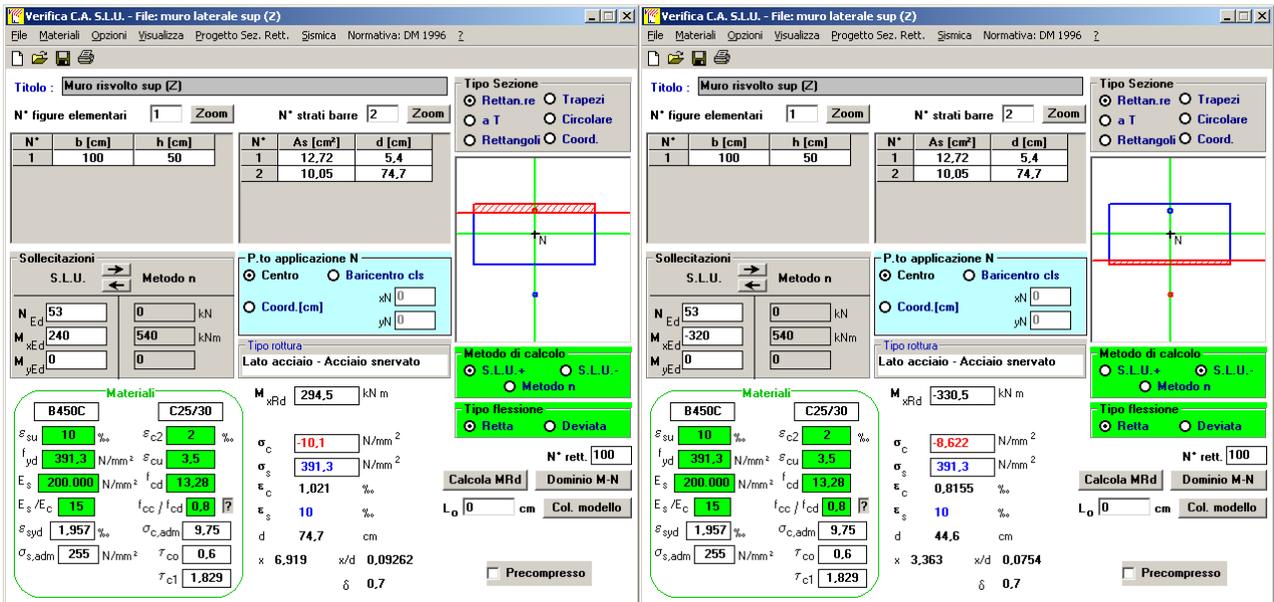
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

MURO LATERALE INFERIORE - Z



MURO LATERALE SUPERIORE - X



MURO LATERALE SUPERIORE - Z

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 60 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

### 5.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Per quanto riguarda la platea si è ritenuto opportuno disporre un cavallotto al metro quadro per assolvere la funzione di armatura resistente a taglio, mentre sugli altri elementi sono state disposte staffe aperte (a C) a passo costante (20 cm) nelle due direzioni.

Considerando una striscia di un metro di parete, la verifica a taglio risulta soddisfatta se:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$ : taglio resistente

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha : \text{resistenza di calcolo a taglio trazione}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{(1 + \cot^2 \theta)} : \text{resistenza di calcolo a taglio compressione}$$

dove:

$d$ : altezza utile della sezione

$b_w$ : base equivalente della sezione

$A_{sw}$ : area dell'armatura trasversale

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$ : resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

	PLINTO	MURO FRONT	TRAVE PARAG	MURO LAT INF	MURO LAT SUP		
$V_{Ed}$	1080	4550	1110	720	510	kN	taglio di calcolo
$N_{Ed}$	0	223	17	123	53	kN	sforzo assiale di calcolo
$h$	1800	1400	300	700	500	mm	altezza della sezione
$d$	1770	1370	270	670	470	mm	altezza utile della sezione
$b_w$	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
$\phi$	24	14	16	16	16		diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	90	90	90	90	90	°	inclinaz dell' armatura trasvers
$s$	1.000	200	200	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudin
$n_{br}$	2,0	5,0	5,0	2,5	2,5		numero bracci
$A_{sw}$	904,78	769,69	1.005,31	502,65	502,65	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
$\cot \theta$	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50		inclinaz delle bielle di calcestruzzo
$\alpha_c$	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02		
$V_{Rsd}$	1410,0	4642,0	1194,9	741,3	520,0	kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	8027,6	6280,1	1250,0	3113,5	2177,3	kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	1410,0	4642,0	1194,9	741,3	520,0	kN	resistenza a taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 61 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

### 5.6.3 S.L.E. – Fessurazione

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4 ) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali ordinarie per quanto riguarda il plinto (classe di esposizione XC2) ed aggressive per il resto degli elementi (classe di esposizione XF2).

Combinazione	frequente									
	PLINTO				MURO FRONTALE				TRAVE PARAGHIAIA	
	X		Y		X		Y		X	
Sezione	inf	sup	inf	sup	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot

#### Materiali

R <sub>ck</sub> [MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	resist caratteristica cubica
f <sub>ck</sub> [MPa]	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	resist caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub> [MPa]	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	resist cilindrica media
f <sub>ctm</sub> [MPa]	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	resist media a trazione semplice
f <sub>ctm</sub> [MPa]	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	resist media a trazione per fless
σ <sub>t</sub> [MPa]	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	tens limite di apert delle fessure
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	coeff di omogen armat (compr)
n'	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	coeff di omogen armat (tens)

#### Geometria

B [mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	base sezione
H [mm]	1800	1800	1800	1800	1400	1400	1400	1400	300	300	altezza sezione

#### Armatura

n <sub>1a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona tesa
n <sub>1b</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ø <sub>1a</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	22	16	18	18	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1b</sub> [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1eq</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	22	16	18	18	diam equiv tondini armatura tesa
d' <sub>sup</sub> [mm]	<b>35</b>	35	57	57	<b>35</b>	35	57	51	<b>35</b>	35	copriferro superiore
d <sub>1</sub> [mm]	1765	1765	1743	1743	1365	1365	1343	1349	265	265	dist dell'armat tesa dal lembo compr
A <sub>s1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1901	1901	1901	1901	1571	1571	1901	1005	1272	1272	area armatura tesa
n <sub>2a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona compressa
n <sub>2b</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ø <sub>2a</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	16	22	18	18	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2b</sub> [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2eq</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	16	22	18	18	diam equiv tondini armat compr
d' <sub>inf</sub> [mm]	35	35	57	57	35	35	51	57	35	35	copriferro inferiore
d <sub>2</sub> [mm]	35	35	57	57	35	35	51	57	35	35	dist arm compr dal lembo compr
A <sub>s2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1901	1901	1901	1901	1571	1571	1005	1901	1272	1272	area armatura compressa

#### Sollecitazioni

M [kNm]	<b>625</b>	<b>600</b>	<b>470</b>	<b>310</b>	<b>125</b>	<b>340</b>	<b>420</b>	<b>130</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	momento flettente
N [kN]	0	0	0	0	0	0	223	223	0	0	sforzo normale
e [mm]	0	0	0	0	0	0	1881	582	0	0	eccentricità

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 62 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

$A_{cls}$	[mm <sup>2</sup> ]	1800000	1800000	1800000	1800000	1400000	1400000	1400000	1400000	300000	300000	area calcestruzzo
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	3801	3801	3801	3801	3142	3142	2906	2906	2545	2545	area armatura
$A_{id}$	[mm <sup>2</sup> ]	1,9E+06	1,9E+06	1,9E+06	1,9E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	3,4E+05	3,4E+05	area sezione ideale
$d_G$	[mm]	900	900	900	900	700	700	706	694	150	150	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id}$	[mm <sup>4</sup> ]	5,3E+11	5,3E+11	5,3E+11	5,3E+11	2,5E+11	2,5E+11	2,5E+11	2,5E+11	2,8E+09	2,8E+09	mom d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	[mm]	534	534	532	532	415	415	413	413	90	90	raggio giratore di inerzia della sez
$Y_{nocc,s}$	[mm]	1216	1216	1215	1215	946	946	948	940	204	204	dist p.to di nocc sup da asse bar

**Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione**

$A_{cls,t}$	[mm <sup>2</sup> ]	1800	1800	1800	1800	1400	1400	1400	1400	300	300	area calcestruzzo
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	3801	3801	3801	3801	3142	3142	2906	2906	2545	2545	area armatura
$A_{id,t}$	[mm <sup>2</sup> ]	5,9E+04	5,9E+04	5,9E+04	5,9E+04	4,9E+04	4,9E+04	4,5E+04	4,5E+04	3,8E+04	3,8E+04	area sezione ideale
$d_{G,t}$	[mm]	900	900	900	900	700	700	890	510	150	150	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$	[mm <sup>4</sup> ]	4,3E+10	4,3E+10	4,1E+10	4,1E+10	2,1E+10	2,1E+10	1,7E+10	1,7E+10	5,1E+08	5,1E+08	mom d'inerzia baric sezione ideale
$\rho_{id,t}$	[mm]	856	856	835	835	659	659	610	610	115	115	raggio giratore di inerzia della sez
$Y_{nocc,i}$	[mm]	1715	1715	1675	1675	1320	1320	1308	1240	238	238	dist p.to di nocc sup da asse bar

**Sezione**      parzial   parzial

**Caratteristiche sezione parzializzata**

$Y_n$	[mm]	268	268	268	268	214	214	325	600	75	75	dist asse neutro da lembo comp
$J_n$	[mm <sup>4</sup> ]	7,2E+10	7,2E+10	7,0E+10	7,0E+10	3,5E+10	3,5E+10	4,2E+10	8,9E+10	8,6E+08	8,6E+08	momento d'inerzia sez parzial
$S_n$	[mm <sup>3</sup> ]	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-06	-9,3E-09	3,2E-05	5,4E-06	2,8E+07	1,8E+08	3,0E-06	3,0E-06	momento statico sezione parzial
$f(Y_n)=0$		-	-	-	-	-	-	-1,5E-05	0,0E+00	-	-	

**Tensioni nei materiali**

$\sigma_c$	[MPa]	-2,33	-2,24	-1,81	-1,19	-0,76	-2,07	-3,24	-0,88	-1,32	-0,88	tens di compr nel lembo più compr del cls calcol nella sez fess
$\sigma_s$	[MPa]	195,3	187,5	149,1	98,4	61,2	166,6	152,2	16,4	49,6	33,1	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

**Controllo della fessurazione**

$M_{fess}$	[kNm]	1252	1252	1247	1247	760	760	813	799	39	39	momento di fessurazione
$M_{fess} / M$		2,00	2,09	2,65	4,02	6,08	2,23	1,94	6,15	2,61	3,92	check 1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 63 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

Sezione	Combin frequente										
	TRAVE PARAGHIAIA		MURO LATERALE INFERIORE				MURO LATERALE SUPERIORE				
	Y		X		Y		X		Y		
	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot	

#### Materiali

R <sub>ck</sub> [MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	resist caratteristica cubica
f <sub>ck</sub> [MPa]	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	resist caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub> [MPa]	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	resist cilindrica media
f <sub>ctm</sub> [MPa]	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	resist media a trazione semplice
f <sub>ctm</sub> [MPa]	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	resist media a trazione per fless
σ <sub>t</sub> [MPa]	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	tens limite di apert delle fessure
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	coeff di omogen armat (compr)
n'	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	coeff di omogen armat (tens)

#### Geometria

B [mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	base sezione
H [mm]	300	300	700	700	700	700	500	500	500	500	500	altezza sezione

#### Armatura

n <sub>1a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona tesa
n <sub>1b</sub>	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	0	
Ø <sub>1a</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	18	16	16	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1b</sub> [mm]	0	0	18	0	22	0	20	0	0	0	0	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1eq</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	18	16	16	diam equiv tondini armatura tesa
d' <sub>sup</sub> [mm]	55	55	35	35	57	57	35	35	53	51	51	copriferro superiore
d <sub>1</sub> [mm]	245	245	665	665	643	643	465	465	447	449	449	dist dell'armat tesa dal lembo compr
A <sub>s1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1571	1571	2545	1272	3801	1901	3142	1571	1272	1005	1005	area armatura tesa
n <sub>2a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona compressa
n <sub>2b</sub>	0	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	
Ø <sub>2a</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	16	18	18	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2b</sub> [mm]	0	0	0	18	0	22	0	20	0	0	0	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2eq</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	16	18	18	diam equiv tondini armat compr
d' <sub>inf</sub> [mm]	55	55	35	35	57	57	35	35	51	53	53	copriferro inferiore
d <sub>2</sub> [mm]	55	55	35	35	57	57	35	35	51	53	53	dist arm compr dal lembo compr
A <sub>s2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1571	1571	1272	2545	1901	3801	1571	3142	1005	1272	1272	area armatura compressa

#### Sollecitazioni

M [kNm]	35	10	70	45	270	50	40	30	30	45	45	momento flettente
N [kN]	17	17	0	0	123	123	0	0	53	53	53	sforzo normale
e [mm]	2083	595	0	0	2204	408	0	0	571	857	857	eccentricità

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

A <sub>cls</sub> [mm <sup>2</sup> ]	300000	300000	700000	700000	700000	700000	500000	500000	500000	500000	500000	area calcestruzzo
A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	3142	3142	3817	3817	5702	5702	4712	4712	2278	2278	2278	area armatura
A <sub>id</sub> [mm <sup>2</sup> ]	3,5E+05	3,5E+05	7,6E+05	7,6E+05	7,9E+05	7,9E+05	5,7E+05	5,7E+05	5,3E+05	5,3E+05	5,3E+05	area sezione ideale
d <sub>G</sub> [mm]	150	150	358	342	361	339	259	241	251	249	249	dist baric sez ideale da lembo sup
J <sub>id</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,7E+09	2,7E+09	3,4E+10	3,4E+10	3,6E+10	3,6E+10	1,4E+10	1,4E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,2E+10	mom d'inerzia baric sez ideale
ρ <sub>id,t</sub> [mm]	88	88	213	213	214	214	155	155	148	148	148	raggio giratore di inerzia della sez
Y <sub>nocc,s</sub> [mm]	201	201	484	474	487	474	351	340	339	337	337	dist p.to di nocc sup da asse bar

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 64 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

$A_{clis,t}$ [mm <sup>2</sup> ]	300	300	700	700	700	700	500	500	500	500	area calcestruzzo
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	3142	3142	3817	3817	5702	5702	4712	4712	2278	2278	area armatura
$A_{id,t}$ [mm <sup>2</sup> ]	4,7E+04	4,7E+04	5,8E+04	5,8E+04	8,6E+04	8,6E+04	7,1E+04	7,1E+04	3,5E+04	3,5E+04	area sezione ideale
$d_{G,t}$ [mm]	150	150	454	246	447	253	321	179	272	228	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$ [mm <sup>4</sup> ]	4,3E+08	4,3E+08	5,1E+09	5,1E+09	6,6E+09	6,6E+09	2,9E+09	2,9E+09	1,3E+09	1,3E+09	mom d'inerzia baric sezione ideale
$\rho_{id,t}$ [mm]	95	95	296	296	276	276	202	202	196	196	raggio giratore di inerzia della sez
$Y_{nocc,i}$ [mm]	210	210	647	603	617	554	449	408	413	397	dist p.to di nocc sup da asse bar

Sezione parzial parzial

#### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$ [mm]	84	93	178	120	227	278	154	103	145	118	dist asse neutro da lembo comp
$J_n$ [mm <sup>4</sup> ]	8,3E+08	8,4E+08	1,1E+10	6,5E+09	1,5E+10	1,4E+10	6,1E+09	3,7E+09	2,9E+09	2,3E+09	momento d'inerzia sez parzial
$S_n$ [mm <sup>3</sup> ]	4,1E+05	1,6E+06	0,0E+00	7,5E-09	7,0E+06	4,1E+07	3,4E-04	1,4E-06	6,2E+06	3,1E+06	momento statico sezione parzial
$f(Y_n)=0$	1,4E-06	-9,9E-06	-	-	0,0E+00	-7,6E-06	-	-	0,0E+00	-9,5E-07	

#### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$ [MPa]	-3,55	-1,09	-1,10	-0,83	-4,21	-1,01	-1,01	-0,84	-1,51	-2,32	tens di compr nel lembo più compr del cls calcol nella sez fess
$\sigma_s$ [MPa]	102,1	27,1	45,2	56,4	115,3	19,9	30,5	44,4	47,0	98,2	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

#### Controllo della fessurazione

$M_{fess}$ [kNm]	39	39	213	204	242	227	121	112	105	104	momento di fessurazione
$M_{fess} / M$	1,11	3,89	3,05	4,53	0,89	4,55	3,01	3,74	3,51	2,32	check 1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 65 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

Combin	quasi permanente									
	PLINTO				MURO FRONTALE				TRAVE PARAGHIAIA	
	X		Y		X		Y		X	
Sezione	inf	sup	inf	sup	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot

#### Materiali

R <sub>ck</sub> [MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	resist caratteristica cubica
f <sub>ck</sub> [MPa]	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	resist caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub> [MPa]	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	resist cilindrica media
f <sub>ctm</sub> [MPa]	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	resist media a trazione semplice
f <sub>ctm</sub> [MPa]	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	resist media a trazione per fless
σ <sub>t</sub> [MPa]	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	tens limite di apert delle fessure
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	coeff di omogen armat (compr)
n'	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	coeff di omogen armat (tens)

#### Geometria

B [mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	base sezione
H [mm]	1800	1800	1800	1800	1400	1400	1400	1400	300	300	300	altezza sezione

#### Armatura

n <sub>1a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona tesa
n <sub>1b</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ø <sub>1a</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	22	16	18	18	18	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1b</sub> [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1eq</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	22	16	18	18	18	diam equiv tondini armatura tesa
d' <sub>sup</sub> [mm]	35	35	57	57	35	35	57	51	35	35	35	copriferro superiore
d <sub>1</sub> [mm]	1765	1765	1743	1743	1365	1365	1343	1349	265	265	265	dist dell'armat tesa dal lembo compr
A <sub>s1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1901	1901	1901	1901	1571	1571	1901	1005	1272	1272	1272	area armatura tesa
n <sub>2a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona compressa
n <sub>2b</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ø <sub>2a</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	16	22	18	18	18	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2b</sub> [mm]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2eq</sub> [mm]	22	22	22	22	20	20	16	22	18	18	18	diam equiv tondini armat compr
d' <sub>inf</sub> [mm]	35	35	57	57	35	35	51	57	35	35	35	copriferro inferiore
d <sub>2</sub> [mm]	35	35	57	57	35	35	51	57	35	35	35	dist arm compr dal lembo compr
A <sub>s2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1901	1901	1901	1901	1571	1571	1005	1901	1272	1272	1272	area armatura compressa

#### Sollecitazioni

M [kNm]	<b>460</b>	<b>525</b>	<b>455</b>	<b>475</b>	<b>85</b>	<b>250</b>	<b>405</b>	<b>60</b>	<b>5</b>	<b>10</b>		momento flettente
N [kN]	0	0	0	0	0	0	223	223	0	0		sforzo normale
e [mm]	0	0	0	0	0	0	1814	269	0	0		eccentricità

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

A <sub>cls</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1800000	1800000	1800000	1800000	1400000	1400000	1400000	1400000	300000	300000		area calcestruzzo
A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	3801	3801	3801	3801	3142	3142	2906	2906	2545	2545		area armatura
A <sub>id</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1,9E+06	1,9E+06	1,9E+06	1,9E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	1,4E+06	3,4E+05	3,4E+05		area sezione ideale
d <sub>G</sub> [mm]	900	900	900	900	700	700	706	694	150	150		dist baric sez ideale da lembo sup
J <sub>id</sub> [mm <sup>4</sup> ]	5,3E+11	5,3E+11	5,3E+11	5,3E+11	2,5E+11	2,5E+11	2,5E+11	2,5E+11	2,8E+09	2,8E+09		mom d'inerzia baric sez ideale
ρ <sub>id,t</sub> [mm]	534	534	532	532	415	415	413	413	90	90		raggio giratore di inerzia della sez
Y <sub>nocc,s</sub> [mm]	1216	1216	1215	1215	946	946	948	940	204	204		dist p.to di nocc sup da asse bar

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 66 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

$A_{clis,t}$ [mm <sup>2</sup> ]	1800	1800	1800	1800	1400	1400	1400	1400	300	300	area calcestruzzo
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	3801	3801	3801	3801	3142	3142	2906	2906	2545	2545	area armatura
$A_{id,t}$ [mm <sup>2</sup> ]	5,9E+04	5,9E+04	5,9E+04	5,9E+04	4,9E+04	4,9E+04	4,5E+04	4,5E+04	3,8E+04	3,8E+04	area sezione ideale
$d_{G,t}$ [mm]	900	900	900	900	700	700	890	510	150	150	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$ [mm <sup>4</sup> ]	4,3E+10	4,3E+10	4,1E+10	4,1E+10	2,1E+10	2,1E+10	1,7E+10	1,7E+10	5,1E+08	5,1E+08	mom d'inerzia baric sezione ideale
$\rho_{id,t}$ [mm]	856	856	835	835	659	659	610	610	115	115	raggio giratore di inerzia della sez
$Y_{nocc,i}$ [mm]	1715	1715	1675	1675	1320	1320	1308	1240	238	238	dist p.to di nocc sup da asse bar

Sezione parzial parzial

#### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$ [mm]	268	268	268	268	214	214	329	1340	75	75	dist asse neutro da lembo comp
$J_n$ [mm <sup>4</sup> ]	7,2E+10	7,2E+10	7,0E+10	7,0E+10	3,5E+10	3,5E+10	4,2E+10	8,5E+11	8,6E+08	8,6E+08	momento d'inerzia sez parzial
$S_n$ [mm <sup>3</sup> ]	5,3E-07	1,0E-03	1,1E-06	-2,5E-08	0,0E+00	1,3E-07	2,9E+07	9,3E+08	9,3E-10	7,6E-05	momento statico sezione parzial
$f(Y_n)=0$	-	-	-	-	-	-	-3,8E-05	1,2E-04	-	-	

#### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$ [MPa]	-1,72	-1,96	-1,75	-1,83	-0,52	-1,52	-3,15	-0,09	-0,44	-0,88	tens di compr nel lembo più compr del cls calcol nella sez fess
$\sigma_s$ [MPa]	143,7	164,0	144,4	150,7	41,6	122,5	145,5	0,0	16,5	33,1	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

#### Controllo della fessurazione

$M_{fess}$ [kNm]	1252	1252	1247	1247	760	760	813	799	39	39	momento di fessurazione
$M_{fess} / M$	2,72	2,39	2,74	2,63	8,94	3,04	2,01	13,32	7,83	3,92	check 1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 67 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

Sezione	Combin										
	quasi permanente										
	TRAVE PARAGHIAIA		MURO LATERALE INFERIORE				MURO LATERALE SUPERIORE				
	Y		X		Y		X		Y		
	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot	terra	viadot	

#### Materiali

R <sub>ck</sub> [MPa]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	resist caratteristica cubica
f <sub>ck</sub> [MPa]	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	24,90	resist caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub> [MPa]	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	32,90	resist cilindrica media
f <sub>ctm</sub> [MPa]	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	resist media a trazione semplice
f <sub>ctm</sub> [MPa]	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	resist media a trazione per fless
σ <sub>t</sub> [MPa]	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	tens limite di apert delle fessure
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	coeff di omogen armat (compr)
n'	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	coeff di omogen armat (tens)

#### Geometria

B [mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	base sezione
H [mm]	300	300	700	700	700	700	500	500	500	500	500	altezza sezione

#### Armatura

n <sub>1a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona tesa
n <sub>1b</sub>	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	0	
Ø <sub>1a</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	18	16	16	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1b</sub> [mm]	0	0	18	0	22	0	20	0	0	0	0	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1eq</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	18	16	16	diam equiv tondini armatura tesa
d' <sub>sup</sub> [mm]	55	55	35	35	57	57	35	35	53	51	51	copriferro superiore
d <sub>1</sub> [mm]	245	245	665	665	643	643	465	465	447	449	449	dist dell'armat tesa dal lembo compr
A <sub>s1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1571	1571	2545	1272	3801	1901	3142	1571	1272	1005	1005	area armatura tesa
n <sub>2a</sub>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona compressa
n <sub>2b</sub>	0	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	
Ø <sub>2a</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	16	18	18	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2b</sub> [mm]	0	0	0	18	0	22	0	20	0	0	0	diametro tondini armatura compr
Ø <sub>2eq</sub> [mm]	20	20	18	18	22	22	20	20	16	18	18	diam equiv tondini armat compr
d' <sub>inf</sub> [mm]	55	55	35	35	57	57	35	35	51	53	53	copriferro inferiore
d <sub>2</sub> [mm]	55	55	35	35	57	57	35	35	51	53	53	dist arm compr dal lembo compr
A <sub>s2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	1571	1571	1272	2545	1901	3801	1571	3142	1005	1272	1272	area armatura compressa

#### Sollecitazioni

M [kNm]	15	5	205	55	350	50	205	25	100	30	30	momento flettente
N [kN]	17	17	0	0	123	123	0	0	53	53	53	sforzo normale
e [mm]	893	298	0	0	2857	408	0	0	1905	571	571	eccentricità

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

A <sub>cls</sub> [mm <sup>2</sup> ]	300000	300000	700000	700000	700000	700000	500000	500000	500000	500000	500000	area calcestruzzo
A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	3142	3142	3817	3817	5702	5702	4712	4712	2278	2278	2278	area armatura
A <sub>id</sub> [mm <sup>2</sup> ]	3,5E+05	3,5E+05	7,6E+05	7,6E+05	7,9E+05	7,9E+05	5,7E+05	5,7E+05	5,3E+05	5,3E+05	5,3E+05	area sezione ideale
d <sub>G</sub> [mm]	150	150	358	342	361	339	259	241	251	249	249	dist baric sez ideale da lembo sup
J <sub>id</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2,7E+09	2,7E+09	3,4E+10	3,4E+10	3,6E+10	3,6E+10	1,4E+10	1,4E+10	1,2E+10	1,2E+10	1,2E+10	mom d'inerzia baric sez ideale
ρ <sub>id,t</sub> [mm]	88	88	213	213	214	214	155	155	148	148	148	raggio giratore di inerzia della sez
Y <sub>nocc,s</sub> [mm]	201	201	484	474	487	474	351	340	339	337	337	dist p.to di nocc sup da asse bar

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcavia alla pk 4+226</b>
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 68 di 69
	Nome file: CV03-B-CL019_A.00_relazione_spalle.doc

### Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

$A_{clst}$	[mm <sup>2</sup> ]	300	300	700	700	700	700	500	500	500	500	area calcestruzzo
$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	3142	3142	3817	3817	5702	5702	4712	4712	2278	2278	area armatura
$A_{id,t}$	[mm <sup>2</sup> ]	4,7E+04	4,7E+04	5,8E+04	5,8E+04	8,6E+04	8,6E+04	7,1E+04	7,1E+04	3,5E+04	3,5E+04	area sezione ideale
$d_{G,t}$	[mm]	150	150	454	246	447	253	321	179	272	228	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$	[mm <sup>4</sup> ]	4,3E+08	4,3E+08	5,1E+09	5,1E+09	6,6E+09	6,6E+09	2,9E+09	2,9E+09	1,3E+09	1,3E+09	mom d'inerzia baric sezione ideale
$\rho_{id,t}$	[mm]	95	95	296	296	276	276	202	202	196	196	raggio giratore di inerzia della sez
$Y_{noecc,i}$	[mm]	210	210	647	603	617	554	449	408	413	397	dist p.to di noecc sup da asse bar

Sezione      parzial    parzial    parzial    parzial    parzial    parzial    parzial    parzial    parzial    parzial

### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$	[mm]	88	106	178	120	222	278	154	103	117	131	dist asse neutro da lembo comp
$J_n$	[mm <sup>4</sup> ]	8,3E+08	9,2E+08	1,1E+10	6,5E+09	1,5E+10	1,4E+10	6,1E+09	3,7E+09	2,7E+09	2,4E+09	momento d'inerzia sez parzial
$S_n$	[mm <sup>3</sup> ]	1,0E+06	3,6E+06	3,3E-06	7,5E-09	5,3E+06	4,1E+07	6,2E-04	-5,1E-05	1,5E+06	5,3E+06	momento statico sezione parzial
$f(Y_n)=0$		3,6E-07	-2,4E-07	-	-	-9,5E-06	-1,9E-06	-	-	-6,1E-04	-3,9E-05	

### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$	[MPa]	-1,59	-0,58	-3,22	-1,01	-5,35	-1,01	-5,17	-0,70	-4,36	-1,64	tens di compr nel lembo più compr del cls calcol nella sez fess
$\sigma_s$	[MPa]	42,2	11,3	132,2	69,0	152,1	19,9	156,6	37,0	185,0	59,8	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

### Controllo della fessurazione

$M_{fess}$	[kNm]	39	39	213	204	242	227	121	112	105	104	momento di fessurazione
$M_{fess} / M$		2,59	7,78	1,04	3,71	0,69	4,55	0,59	4,49	1,05	3,48	check 1

### Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto

$w_{max}$	[mm]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	crack limit width
$\varnothing_{max}$	[mm]	-	-	-	-	22	-	20	-	-	-	diam max delle barre di armat tesa
$\sigma_{s1}^*$	[MPa]	-	-	-	-	160	-	160	-	-	-	lim di tens nell'acc (diam dei ferri)
$sp_s$	[mm]	178	178	93	186	89	177	93	186	179	180	spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	[mm]	178	178	186	93	177	89	186	93	180	179	spaziatura delle barre inferiori
$sp$	[mm]	-	-	-	-	89	-	93	-	-	-	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	[MPa]	-	-	-	-	240	-	240	-	-	-	lim di tens nell'acc (spaz dei ferri)
$\sigma_{s,lim}$	[MPa]	-	-	-	-	160	-	160	-	-	-	limite di tensione nell'acciaio
$\sigma_{s,lim} / \sigma_s$		-	-	-	-	1,05	-	1,02	-	-	-	check2