

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### 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

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

### Viadotto San Filippo Neri

### Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 4 8 V I 2 0 5 V I 0 5 B C L 0 0 8 A -

Scala:

F																		
E																		
D																		
C																		
B																		
A	Aprile 2011	EMISSIONE				T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI									
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO									

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

**3TI ITALIA S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Ing. Stefano Luca Possati  
Ordine degli Ingegneri  
Provincia di Roma n. 20809

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:





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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 1 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>3</b>
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
1.2.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	3
1.2.2	<i>Calcestruzzo</i>	3
1.2.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	4
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
<b>2</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A</b>	<b>6</b>
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	7
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	11
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B</b>	<b>14</b>
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	15
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	16
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	18
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO	18
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	19
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A</b>	<b>22</b>
4.1	VERIFICHE STRUTTURALI	22
4.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	23
4.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	23
4.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	25
4.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	26
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	26
4.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	26
4.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	29
<b>5</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B</b>	<b>30</b>
5.1	VERIFICHE STRUTTURALI	30
5.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	31
5.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	31
5.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	33
5.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	34
5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	35
5.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	35
5.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	38
<b>6</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A</b>	<b>39</b>
6.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	39
6.2	ANALISI DEI CARICHI	40
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	40
6.4	SOLLECITAZIONI	41
6.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	48
6.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	48
6.6.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	48
6.6.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	48
6.6.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	50

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 2 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

<b>7</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B .....</b>	<b>52</b>
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	52
7.2	ANALISI DEI CARICHI.....	53
7.3	COMBINAZIONI DI CARICO .....	53
7.4	SOLLECITAZIONI .....	54
7.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI .....	61
7.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	61
7.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	61
7.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	61
7.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	63
<b>8</b>	<b>BAGGIOLI.....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI .....</b>	<b>67</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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 3 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

# 1 GENERALITÀ

## 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata destra del viadotto San Filippo Neri, previsto nell'ambito del progetto esecutivo "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".

## 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:

- pali: XC2;
- zattere spalle: XA1;
- elevazione spalle: XF2;
- baggioli: XF2.

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

PALI C25/30

$R_{ck}$	=	<b>30</b> MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24,90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	20,75 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
$f_{ctk}$	=	3,33 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3,07 MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	31447 MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1,50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0,85</b>	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14,11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2,22 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 4 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

#### ZATTERE SPALLE, ELEVAZIONE SPALLE C28/35

$R_{ck}$	=	<b>35</b> MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	24.11 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	37.05 MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.83 MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	3.69 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3.40 MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	32588 MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46 MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2.46 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

#### BAGGIOLI C35/45

$R_{ck}$	=	<b>45</b> MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	37.35 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	31.00 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	45.35 MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	3.35 MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	4.36 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	4.02 MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	34625 MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	21.17 MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2.91 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

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

#### B450C

$f_{y,nom}$	=	<b>450</b> MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	<b>540</b> MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	≥	$f_{y,nom}$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk}$	≥	$f_{t,nom}$	tensione caratteristica di rottura
$E_s$	=	<b>200000</b> MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.15</b>	coefficiente parziale di sicurezza
$f_{yd}$	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 5 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

### 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:

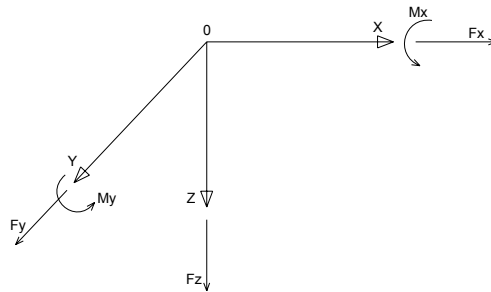
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- Circolare n.617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- 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 DELLA SPALLA A

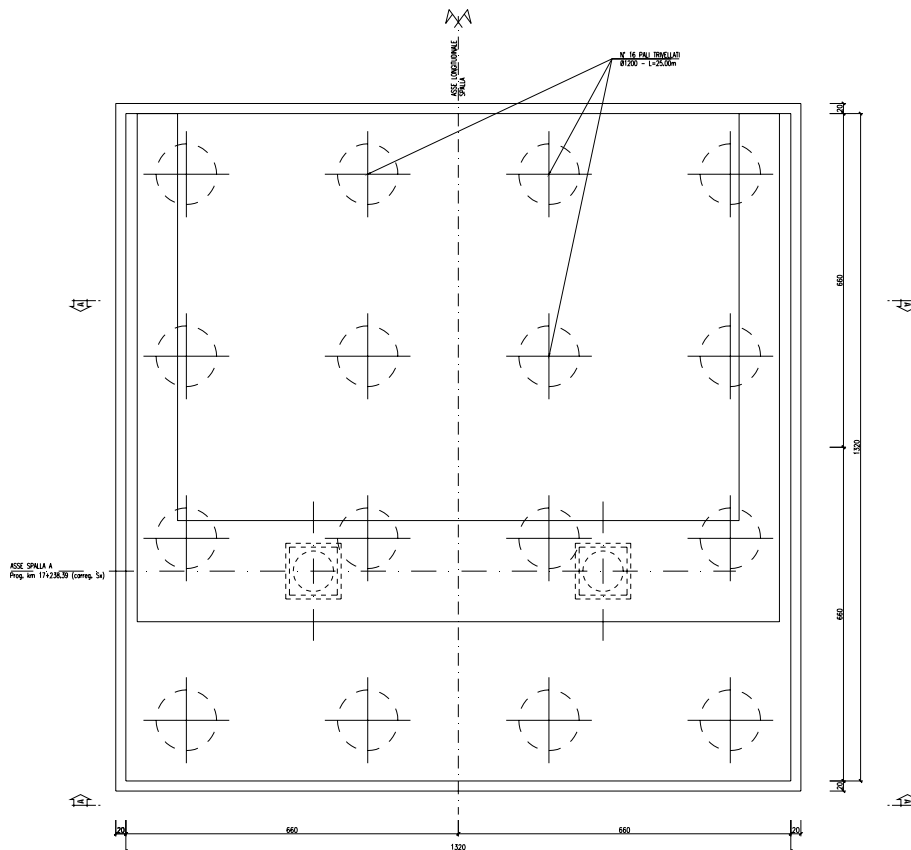
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla A della carreggiata destra.

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.

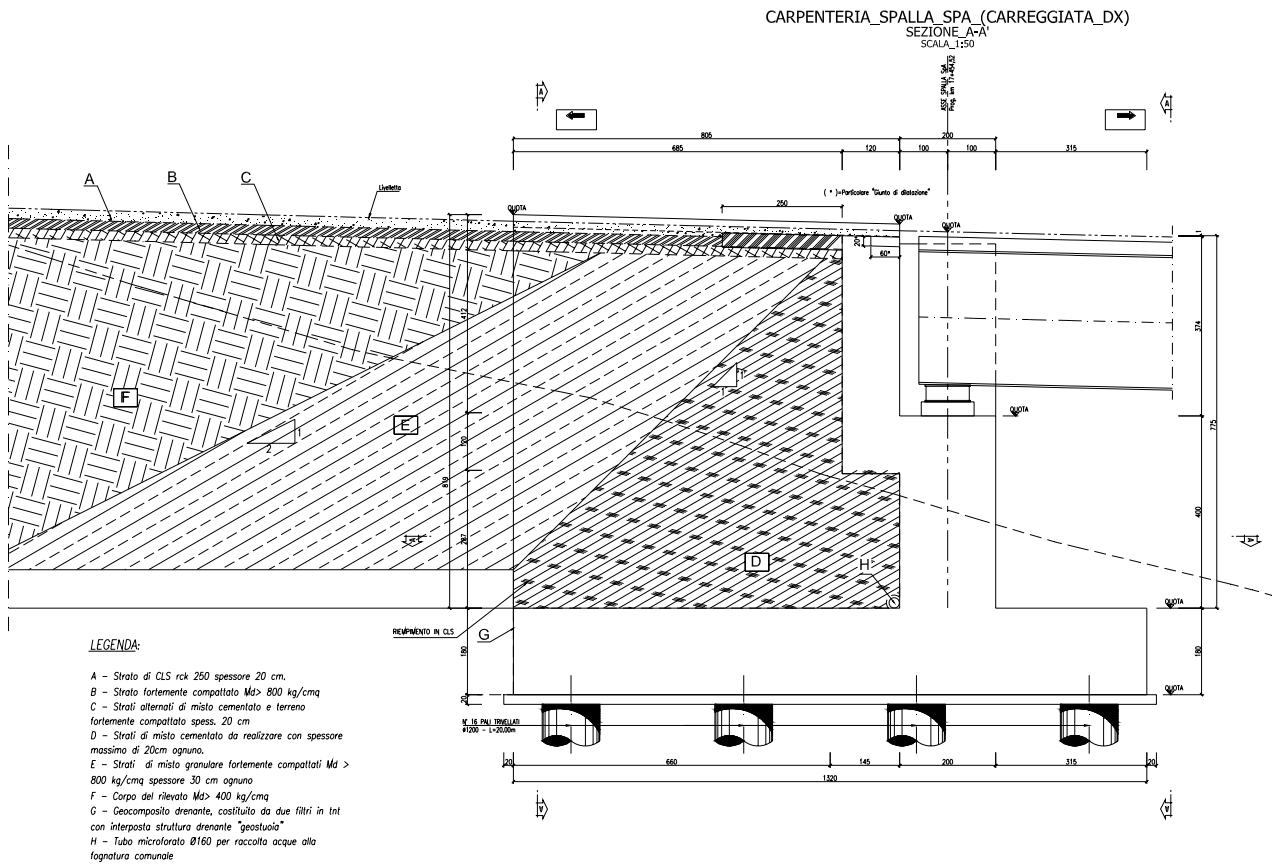
Le azioni orizzontali ( $F_x$  ed  $F_y$ ) e verticali ( $F_z$ ) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con  $M_x$  i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con  $M_y$  (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento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



CARPENTERIA\_SPALLA\_A\_(CARREGGIATA\_DX)  
 SEZIONE B-B'  
 SCALA\_1:50







### 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	13.20	13.20	1.80	-	313.6	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	4.00	-	102.0	9.05	0.00	-3.80
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.70	-	56.6	7.45	0.00	-7.65
muro laterale sx	1	8.05	0.80	8.00	-	51.5	4.03	5.98	-5.80
muro laterale dx	1	8.05	0.80	8.00	-	51.5	4.03	-5.98	-5.80
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-8.53
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-9.30
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	9.05	0.00	-5.88
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	9.05	0.00	-6.13
elemento 1	0	5.40	0.60	4.40	-	0.00	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	5.40	0.60	4.40	-	0.00	4.55	-4.75	-7.90

## 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.

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 8 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

### AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	9.05 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.13 m	coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2490	0	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	524	0	0	permanententi portati
e2	36	0	-279	0	36	ritiro
e3	138	0	-150	0	138	carico termico
q1.1	0	0	2321	3423	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	0	1770	5010	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	217	0	0	0	217	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	171	36	186	0	azione del vento trasversale
q6.1x	562	46	-21	59	562	sisma longitudinale
q6.1y	168	153	-21	197	168	sisma trasversale
q6.1z	168	46	-69	59	168	sisma verticale
q7	30	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

## 2.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Si riportano ora per singoli casi di carico le azioni trasmesse dalla spalla, inserite nel modello SAP rispettivamente come: peso proprio (g<sub>1</sub>), carichi di superficie (g<sub>2</sub>, g<sub>3</sub>, q<sub>1.t</sub>, q<sub>6.1</sub>, q<sub>6.2-ter</sub>) e accelerazioni (q<sub>6.2-sp</sub>).

### AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

#### Peso proprio spalla (g1)

γ <sub>cls</sub>	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2550.0 kN	muro frontale
g1.3	=	1415.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1288.0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1288.0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	14401.4 kN	azione verticale
x	=	6.66 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.96 m	coordinata z punto di applicazione

#### Peso terreno su fondazione (g2)

γ <sub>t</sub>	=	18 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	747.0 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	13446.7 kN	peso del terreno
x	=	4.03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.80 m	coordinata z punto di applicazione

#### Spinta del terreno (g3)

		intradosso	base muro		
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
φ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	9.50	7.7	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	4416.1	2901.2	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.17	-4.37	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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 9 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
Incremento di spinta	=				
q	=	<b>20.00</b>	20.00	kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta
H	=	9.50	7.70	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>1033.0</b>	<b>837.3</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.75	-5.65	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	8.05	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>2052.8</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	4.03	-	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)

parametri sismici					
$a_g$	=	<b>0.089</b>	g		accelerazione di picco
$S_s$	=	<b>1.50</b>			coefficiente di amplificazione stratigrafica
$S_T$	=	<b>1.00</b>			coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50			
$\beta_m$	=	<b>1.00</b>			coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
$a_{max}$	=	0.134	g		accelerazione massima
$K_h$	=	0.134			coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.067			coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
$\gamma$	=	18	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	9.50	7.70	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	=	<b>2765.1</b>	<b>1816.5</b>		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile					
$\phi$	=	<b>35</b>	35	°	angolo di attrito
$\psi$	=	<b>90</b>	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	<b>0</b>	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
$\delta$	=	<b>0</b>	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	7.14	7.14	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.794	0.794		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	6820	4480	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	<b>2403.5</b>	<b>1579.0</b>	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
$\Delta P$	=	<b>2765.1</b>	<b>1816.5</b>	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.75	-5.65	m	coordinata z punto di applicazione

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

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	<b>Fi</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
plinto	1047	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	340	9.05	0.00	-3.80
paraghiaia	189	7.45	0.00	-7.65
muro laterale sx	172	4.03	5.98	-5.80
muro laterale dx	172	4.03	-5.98	-5.80
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-8.53
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-9.30
baggioli	1	9.05	0.00	-5.88
apparecchi di appoggio	1	9.05	0.00	-6.13
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1795	4.03	0.00	-5.80
risultante intradosso plinto	<b>3718</b>	5.39	0.00	-4.33
risultante base muro frontale	<b>874</b>	6.73	0.00	-5.42





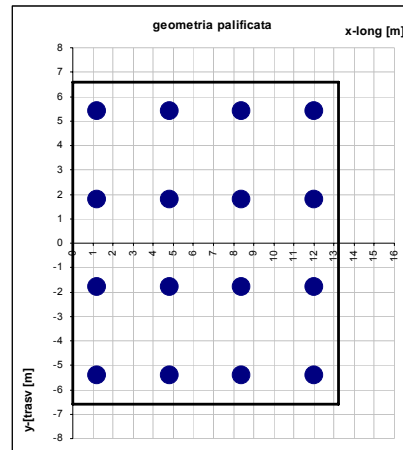
	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
Fx	5327	5162	5327	5162	5327	5162	5327	5162	5327	5162	5327	5162	5327	5162	5327	5162	4539	4401
Fy	103	103	-103	-103	103	103	-103	-103	34	34	-34	-34	34	34	-34	-34	0	0
Fz	33795	33976	33753	33933	30727	30907	30684	30864	33761	33961	33767	33947	30713	30893	30698	30878	30508	30659
Mx	3308	3308	1828	1828	-3018	-3018	-4498	-4498	2814	2814	2321	2321	-3511	-3511	-4005	-4005	0	0
My	8536	8941	8641	9046	16054	16459	16159	16564	8571	8976	8606	9011	16089	16494	16124	16529	12603	12941

La geometria della palificata è dunque riportata ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali:

**CALCOLO AZIONI SUI PALI**

**Geometria della palificata**

PALO	X	Y	Xp	Yp	trasp Jxi	long Jyi
1	1.20	5.40	-5.40	5.40	29.16	29.16
2	1.20	1.80	-5.40	1.80	3.24	29.16
3	1.20	-1.80	-5.40	-1.80	3.24	29.16
4	1.20	-5.40	-5.40	-5.40	29.16	29.16
5	4.80	5.40	-1.80	5.40	29.16	3.24
6	4.80	1.80	-1.80	1.80	3.24	3.24
7	4.80	-1.80	-1.80	-1.80	3.24	3.24
8	4.80	-5.40	-1.80	-5.40	29.16	3.24
9	8.40	5.40	1.80	5.40	29.16	3.24
10	8.40	1.80	1.80	1.80	3.24	3.24
11	8.40	-1.80	1.80	-1.80	3.24	3.24
12	8.40	-5.40	1.80	-5.40	29.16	3.24
13	12.00	5.40	5.40	5.40	29.16	29.16
14	12.00	1.80	5.40	1.80	3.24	29.16
15	12.00	-1.80	5.40	-1.80	3.24	29.16
16	12.00	-5.40	5.40	-5.40	29.16	29.16



SFORZO NORMALE PALO	q1								SLU								q3																																																																																																																																							
	1	3268	3292	3221	3245	3304	3328	3257	3281	3154	3178	3107	3131	3182	3205	3135	3158	3091	3115	3075	3098	3096	3119	3079	3103	3027	3051	3042	3066	3010	3033	3024	3048	2964	2987	3009	3033	2924	2948	2969	2993	3018	3035	2969	2986	3027	3043	2977	2994	2955	2972	2937	2953	2941	2958	2922	2939	2891	2908	2904	2921	2855	2872	2867	2884	2828	2845	2871	2888	2769	2786	2812	2829	2863	2893	2831	2841	2872	2882	2820	2830	2819	2829	2798	2809	2786	2796	2765	2775	2755	2766	2766	2776	2700	2710	2710	2720	2692	2702	2733	2743	2614	2624	2655	2665	2747	2750	2693	2696	2717	2720	2663	2666	2683	2686	2660	2664	2631	2634	2608	2611	2619	2623	2628	2631	2545	2548	2553	2556	2556	2559	2595	2598	2459	2462	2498	2501	3268	3292	3221	3245	3304	3328	3257	3281	3154	3178	3107	3131	3182	3205	3135
Nmax	3268	3292	3221	3245	3304	3328	3257	3281	3154	3178	3107	3131	3182	3205	3135	3158	469	456	469	456	469	456	469	456	469	457	469	457	469	457	469	457	469	456	469	456	469	456	469	456	469	457	469	457	469	457	469	457	469	457	469	457	469	457	469	457																																																																																																
TAGLIO																																																																																																																																																								
taglio Vx	470	458	470	458	470	458	470	458	469	456	469	456	469	456	469	456	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10																																																																																																								
taglio Vy	470	458	470	458	470	458	470	458	469	457	469	457	469	457	469	457																																																																																																																																								
V	470	458	470	458	470	458	470	458	469	457	469	457	469	457	469	457																																																																																																																																								

SFORZO NORMALE PALO	q4								SLU								q5																																																																																																																																																							
	1	3189	3213	3142	3166	3216	3240	3169	3193	3205	3228	3126	3150	3232	3256	3154	3177	3131	3155	3104	3128	3136	3159	3109	3132	3057	3081	3082	3105	3040	3063	3064	3088	2998	3022	3044	3068	2982	3004	3028	3043	3046	3063	2964	2981	3055	3071	2973	2989	2966	2983	2948	2965	2952	2969	2934	2951	2973	2989	2942	2959	2958	2975	2928	2945	2899	2916	2920	2936	2862	2879	2883	2900	2839	2856	2883	2900	2797	2824	2841	2855	2888	2898	2802	2813	2877	2887	2792	2802	2807	2818	2787	2797	2774	2784	2754	2764	2740	2751	2758	2768	2685	2695	2702	2712	2680	2690	2721	2732	2602	2613	2644	2654	2667	2677	2735	2745	2589	2599	2657	2667	2712	2715	2658	2662	2682	2685	2628	2632	2656	2659	2618	2621	2604	2607	2566	2569	2585	2588	2593	2596	2510	2514	2518	2522	2522	2525	2560	2564	2424	2428	2463	2467	3189	3213	3142	3166	3216	3240	3169	3193	3205	3228	3126	3150	3232	3256	3154
Nmax	3189	3213	3142	3166	3216	3240	3169	3193	3205	3228	3126	3150	3232	3256	3154	3177	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436																																																																																																																								
TAGLIO																																																																																																																																																																								
taglio Vx	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10																																																																																																																								
taglio Vy	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436																																																																																																																																																								
V	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436	449	436																																																																																																																																																								

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 13 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
	1	3181	3221	3134	3174	3208	3248	3161	3201	1507	1523	2510	2527	2321
2	3118	3157	3102	3141	3122	3162	3106	3146	1502	1519	2271	2287	2316	2332
3	3054	3094	3069	3108	3037	3076	3051	3091	1498	1514	2031	2048	2311	2328
4	2991	3030	3036	3075	2951	2990	2996	3036	1493	1509	1792	1808	2307	2323
5	3024	3053	2975	3003	3032	3061	2983	3011	1777	1789	2346	2358	2124	2136
6	2961	2989	2943	2971	2947	2975	2928	2956	1773	1784	2107	2119	2119	2131
7	2897	2925	2910	2938	2861	2889	2873	2901	1768	1780	1868	1879	2115	2126
8	2834	2862	2877	2905	2775	2803	2818	2846	1763	1775	1628	1640	2110	2122
9	2868	2884	2816	2833	2857	2874	2805	2822	2048	2055	2183	2190	1927	1934
10	2804	2821	2783	2800	2771	2788	2750	2767	2043	2050	1943	1950	1923	1930
11	2740	2757	2751	2768	2685	2702	2695	2712	2038	2045	1704	1711	1918	1925
12	2677	2694	2718	2735	2599	2616	2640	2657	2034	2041	1465	1472	1913	1920
13	2711	2716	2657	2663	2681	2686	2627	2633	2318	2320	2019	2021	1731	1733
14	2647	2653	2624	2630	2595	2601	2572	2578	2313	2316	1780	1782	1726	1728
15	2584	2589	2592	2597	2509	2515	2517	2523	2309	2311	1540	1542	1721	1724
16	2520	2526	2559	2565	2423	2429	2462	2468	2304	2306	1301	1303	1716	1719
Nmax	<b>3181</b>	<b>3221</b>	<b>3134</b>	<b>3174</b>	<b>3208</b>	<b>3248</b>	<b>3161</b>	<b>3201</b>	<b>2318</b>	<b>2320</b>	<b>2510</b>	<b>2527</b>	<b>2321</b>	<b>2337</b>
TAGLIO														
taglio Vx	453	432	453	432	453	432	453	432	724	715	294	286	294	286
taglio Vy	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	3	3	242	242	3	3
V	453	432	453	432	453	432	453	432	724	715	381	374	294	286

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	1	2359	2379	2328	2347	2192	2212	2161	2180	2349	2368	2338	2358	2182	2201	2171	2191	2169
2	2313	2333	2302	2322	2234	2254	2223	2243	2309	2329	2306	2326	2230	2250	2227	2246	2169	2186
3	2267	2287	2277	2297	2276	2296	2286	2305	2270	2290	2274	2293	2279	2299	2282	2302	2169	2186
4	2221	2241	2251	2271	2318	2337	2348	2368	2231	2251	2241	2261	2328	2348	2338	2358	2169	2186
5	2240	2254	2208	2222	1969	1983	1936	1950	2229	2244	2219	2233	1958	1972	1947	1961	1994	2006
6	2194	2209	2182	2196	2011	2025	1999	2013	2190	2204	2186	2200	2007	2021	2003	2017	1994	2006
7	2149	2163	2157	2171	2053	2067	2061	2075	2151	2165	2154	2168	2056	2070	2058	2073	1994	2006
8	2103	2117	2131	2146	2095	2109	2124	2138	2112	2126	2122	2136	2104	2118	2114	2128	1994	2006
9	2122	2130	2088	2096	1746	1755	1712	1720	2110	2119	2099	2107	1735	1743	1723	1732	1819	1826
10	2076	2084	2062	2071	1788	1796	1774	1783	2071	2080	2067	2075	1783	1792	1779	1787	1819	1826
11	2030	2038	2037	2045	1830	1838	1837	1845	2032	2041	2035	2043	1832	1841	1834	1843	1819	1826
12	1984	1992	2011	2020	1872	1880	1899	1908	1993	2002	2002	2011	1881	1889	1890	1899	1819	1826
13	2003	2006	1968	1970	1523	1526	1487	1490	1991	1994	1980	1982	1511	1514	1499	1502	1644	1647
14	1957	1960	1942	1945	1565	1568	1550	1553	1952	1955	1947	1950	1560	1563	1555	1558	1644	1647
15	1911	1914	1917	1920	1607	1610	1612	1615	1913	1916	1915	1918	1609	1612	1611	1613	1644	1647
16	1865	1868	1891	1894	1649	1652	1675	1678	1874	1877	1883	1886	1658	1660	1666	1669	1644	1647
Nmax	<b>2359</b>	<b>2379</b>	<b>2328</b>	<b>2347</b>	<b>2318</b>	<b>2337</b>	<b>2348</b>	<b>2368</b>	<b>2349</b>	<b>2368</b>	<b>2338</b>	<b>2358</b>	<b>2328</b>	<b>2348</b>	<b>2338</b>	<b>2358</b>	<b>2169</b>	<b>2186</b>
TAGLIO																		
taglio Vx	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	284	275
taglio Vy	6	6	-6	-6	6	6	-6	-6	2	2	-2	-2	2	2	-2	-2	0	0
V	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	333	323	284	275

**RIEPILOGO**

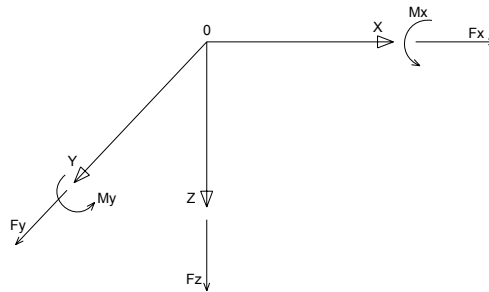
	SLU	SLV	SLE	
Nmax	3328	3328	2527	kN
Nmin	1301	2411	1301	kN
Vmax	724	470	724	kN

### 3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

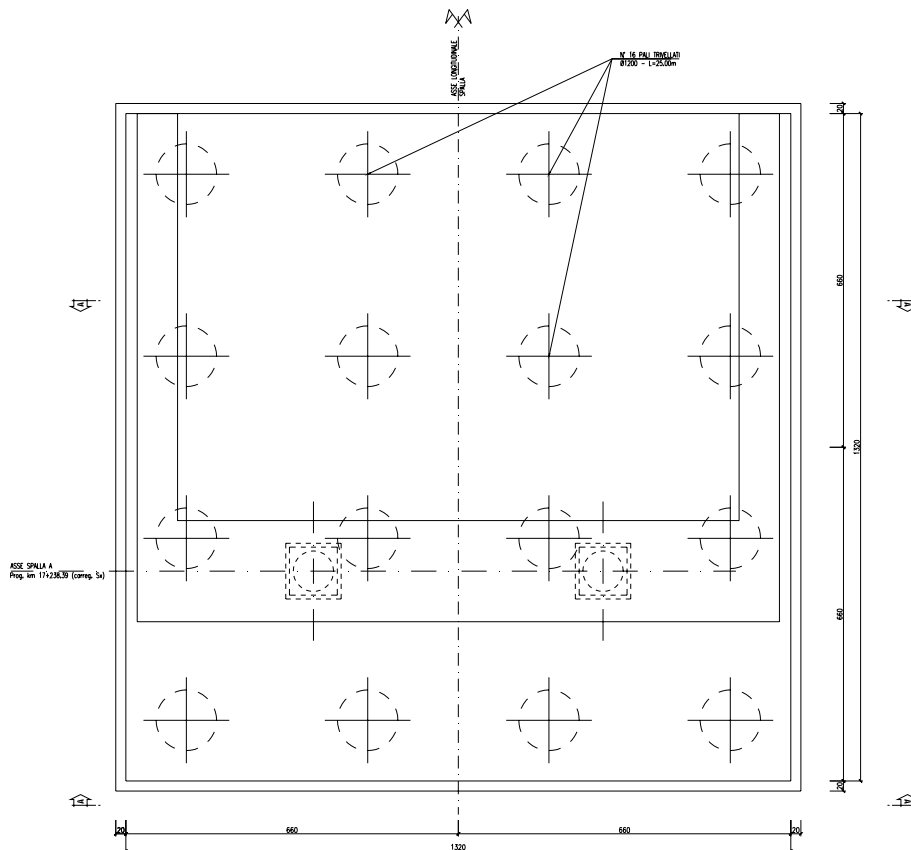
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla B della carreggiata destra.

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.

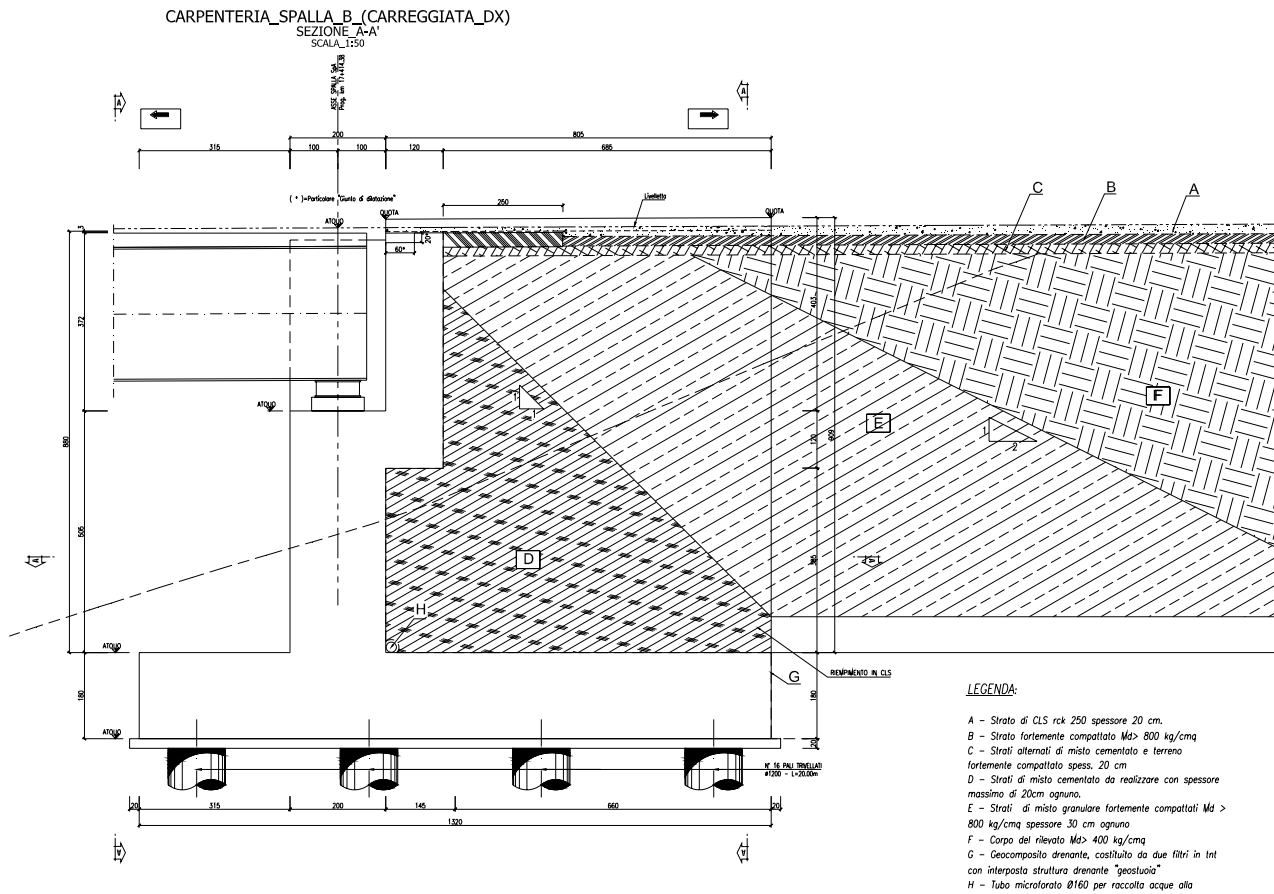
Le azioni orizzontali ( $F_x$  ed  $F_y$ ) e verticali ( $F_z$ ) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con  $M_x$  i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con  $M_y$  (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento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



CARPENTERIA\_SPALLA\_B\_(CARREGGIATA\_DX)  
 SEZIONE B-B'  
 SCALA\_1:50







### Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m $^3$ ]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80	-	313.6	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	5.20	-	132.6	9.05	0.00	-4.40
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.85	-	58.9	7.45	0.00	-8.93
muro laterale sx	1	8.05	0.80	9.00	-	58.0	4.03	5.98	-6.30
muro laterale dx	1	8.05	0.80	9.00	-	58.0	4.03	-5.98	-6.30
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-9.53
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-10.30
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	9.05	0.00	-7.08
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	9.05	0.00	-7.33
elemento 1	0	5.40	0.60	4.85	-	0.00	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85	-	0.00	4.55	-4.75	-7.90

### 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.

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 16 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

### AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	9.05 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-7.33 m	coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2490	0	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	524	0	0	permanentemente portati
e2	36	0	-279	0	36	ritiro
e3	138	0	-173	0	138	carico termico
q1.1	0	0	2321	3424	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	0	1770	5011	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	217	0	0	0	217	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	171	36	191	0	azione del vento trasversale
q6.1x	562	46	-21	64	562	sisma longitudinale
q6.1y	168	152	-21	214	168	sisma trasversale
q6.1z	168	46	-69	64	168	sisma verticale
q7	30	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

## 3.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Si riportano ora per singoli casi di carico le azioni trasmesse dalla spalla, inserite nel modello SAP rispettivamente come: peso proprio ( $g_1$ ), carichi di superficie ( $g_2$ ,  $g_3$ ,  $q_{1,t}$ ,  $q_{6.1}$ ,  $q_{6.2-ter}$ ) e accelerazioni ( $q_{6.2-sp}$ ).

### AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

#### Peso proprio spalla ( $g_1$ )

$\gamma_{cls}$	=	<b>25</b> kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	3315.0 kN	muro frontale
g1.3	=	1472.6 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1449.0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1449.0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	<b>15545.8</b> kN	azione verticale
x	=	6.73 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.42 m	coordinata z punto di applicazione

#### Peso terreno su fondazione ( $g_2$ )

$\gamma_t$	=	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	840.4 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>15127.6</b> kN	peso del terreno
x	=	4.03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.30 m	coordinata z punto di applicazione

#### Spinta del terreno ( $g_3$ )

		intradosso	base muro		
		plinto	frontale		
$\gamma$	=	<b>18</b>	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	<b>35</b>	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	10.85	9.05	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>5760.4</b>	<b>4007.7</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.62	-4.82	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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 17 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

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

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
Incremento di spinta	=				
q	=	<b>20.00</b>	20.00	kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta
H	=	10.85	9.05	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>1179.8</b>	<b>984.1</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.43	-6.33	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	8.05	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>2052.8</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	4.03	-	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)

parametri sismici					
$a_g$	=	<b>0.089</b>	g		accelerazione di picco
$S_s$	=	<b>1.50</b>			coefficiente di amplificazione stratigrafica
$S_T$	=	<b>1.00</b>			coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50			
$\beta_m$	=	<b>1.00</b>			coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
$a_{max}$	=	0.134	g		accelerazione massima
$K_h$	=	0.134			coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.067			coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
$\gamma$	=	18	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	10.85	9.05	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	=	<b>3606.8</b>	<b>2509.3</b>		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile					
$\phi$	=	<b>35</b>	35	°	angolo di attrito
$\psi$	=	<b>90</b>	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	<b>0</b>	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
$\delta$	=	<b>0</b>	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	7.14	7.14	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.794	0.794		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	8895	6189	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	<b>3135.1</b>	<b>2181.2</b>	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
$\Delta P$	=	<b>3606.8</b>	<b>2509.3</b>	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.43	-6.33	m	coordinata z punto di applicazione

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

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	1047	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	443	9.05	0.00	-4.40
paraghiaia	197	7.45	0.00	-8.93
muro laterale sx	193	4.03	5.98	-6.30
muro laterale dx	193	4.03	-5.98	-6.30
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-9.53
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-10.30
baggioli	1	9.05	0.00	-7.08
apparecchi di appoggio	1	9.05	0.00	-7.33
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2020	4.03	0.00	-6.30
risultante intradosso plinto	<b>4095</b>	5.39	0.00	-4.84
risultante base muro frontale	<b>1029</b>	6.84	0.00	-5.98





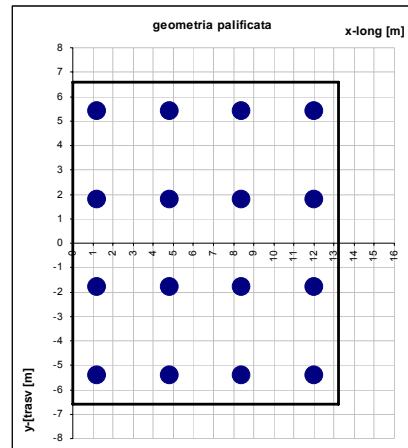
	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq								S.L.qp	
Fx	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	6782	6616	5883	5745
Fy	103	103	-103	-103	103	103	-103	-103	34	34	-34	-34	34	34	-34	-34	36593	36801	36579	36786	33524	33732	33510	33718	0	0
Fz	36607	36815	36584	36772	33538	33746	33496	33703	36593	36801	36579	36786	33524	33732	33510	33718	2280	2280	2280	-3470	-3470	-4048	-4048	33322	33495	
Mx	3437	3437	1701	1701	-2891	-2891	-4627	-4627	2859	2859	2280	2280	-3470	-3470	-4048	-4048									0	0
My	3668	4208	3773	4313	11187	11726	11291	11831	3703	4243	3738	4278	11222	11761	11257	11796									8867	9317

La geometria della palificata è dunque riportata ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali:

**CALCOLO AZIONI SUI PALI**

**Geometria della palificata**

PALO	X	Y	Xp	Yp	trasp Jxi	long Jyi
1	1.20	5.40	-5.40	5.40	29.16	29.16
2	1.20	1.80	-5.40	1.80	3.24	29.16
3	1.20	-1.80	-5.40	-1.80	3.24	29.16
4	1.20	-5.40	-5.40	-5.40	29.16	29.16
5	4.80	5.40	-1.80	5.40	29.16	3.24
6	4.80	1.80	-1.80	1.80	3.24	3.24
7	4.80	-1.80	-1.80	-1.80	3.24	3.24
8	4.80	-5.40	-1.80	-5.40	29.16	3.24
9	8.40	5.40	1.80	5.40	29.16	3.24
10	8.40	1.80	1.80	1.80	3.24	3.24
11	8.40	-1.80	1.80	-1.80	3.24	3.24
12	8.40	-5.40	1.80	-5.40	29.16	3.24
13	12.00	5.40	5.40	5.40	29.16	29.16
14	12.00	1.80	5.40	1.80	3.24	29.16
15	12.00	-1.80	5.40	-1.80	3.24	29.16
16	12.00	-5.40	5.40	-5.40	29.16	29.16



SFORZO NORMALE PALO	q1								S.L.U.								q3																																																																																																																																																																																																																																																															
	1	3362	3392	3307	3337	3399	3428	3344	3373	3251	3280	3196	3225	3278	3307	3223	3252	3185	3214	3166	3195	3190	3219	3171	3200	3119	3148	3136	3165	3101	3130	3118	3147	3052	3081	3106	3135	3012	3042	3066	3095	3212	3232	3154	3175	3220	3240	3163	3183	3145	3165	3124	3144	3131	3151	3110	3130	3079	3099	3094	3114	3043	3063	3058	3078	3013	3033	3064	3084	2954	2974	3005	3025	3172	3183	3113	3124	3161	3172	3102	3113	3106	3117	3083	3094	3073	3084	3049	3061	3040	3051	3053	3064	2984	2995	2997	3008	2973	2984	3023	3034	2896	2907	2945	2956	3133	3135	3071	3073	3103	3105	3041	3043	3066	3069	3041	3043	3014	3016	2989	2991	3000	3002	3011	3013	2926	2928	2936	2939	2934	2936	2981	2983	2837	2839	2884	2886	<b>3362</b>	<b>3392</b>	<b>3307</b>	<b>3337</b>	<b>3399</b>	<b>3428</b>	<b>3344</b>	<b>3373</b>	<b>3251</b>	<b>3280</b>	<b>3196</b>	<b>3225</b>	<b>3278</b>	<b>3307</b>	<b>3223</b>	<b>3252</b>	<b>3185</b>	<b>3214</b>	<b>3166</b>	<b>3195</b>	<b>3190</b>	<b>3219</b>	<b>3171</b>	<b>3200</b>	<b>3119</b>	<b>3148</b>	<b>3136</b>	<b>3165</b>	<b>3101</b>	<b>3130</b>	<b>3118</b>	<b>3147</b>	<b>3052</b>	<b>3081</b>	<b>3106</b>	<b>3135</b>	<b>3012</b>	<b>3042</b>	<b>3066</b>	<b>3095</b>	<b>3212</b>	<b>3232</b>	<b>3154</b>	<b>3175</b>	<b>3220</b>	<b>3240</b>	<b>3163</b>	<b>3183</b>	<b>3145</b>	<b>3165</b>	<b>3124</b>	<b>3144</b>	<b>3131</b>	<b>3151</b>	<b>3110</b>	<b>3130</b>	<b>3079</b>	<b>3099</b>	<b>3094</b>	<b>3114</b>	<b>3043</b>	<b>3063</b>	<b>3058</b>	<b>3078</b>	<b>3013</b>	<b>3033</b>	<b>3064</b>	<b>3084</b>	<b>2954</b>	<b>2974</b>	<b>3005</b>	<b>3025</b>	<b>3172</b>	<b>3183</b>	<b>3113</b>	<b>3124</b>	<b>3161</b>	<b>3172</b>	<b>3102</b>	<b>3113</b>	<b>3106</b>	<b>3117</b>	<b>3083</b>	<b>3094</b>	<b>3073</b>	<b>3084</b>	<b>3049</b>	<b>3061</b>	<b>3040</b>	<b>3051</b>	<b>3053</b>	<b>3064</b>	<b>2984</b>	<b>2995</b>	<b>2997</b>	<b>3008</b>	<b>2973</b>	<b>2984</b>	<b>3023</b>	<b>3034</b>	<b>2896</b>	<b>2907</b>	<b>2945</b>	<b>2956</b>	<b>3133</b>	<b>3135</b>	<b>3071</b>	<b>3073</b>	<b>3103</b>	<b>3105</b>	<b>3041</b>	<b>3043</b>	<b>3066</b>	<b>3069</b>	<b>3041</b>	<b>3043</b>	<b>3014</b>	<b>3016</b>	<b>2989</b>	<b>2991</b>	<b>3000</b>	<b>3002</b>	<b>3011</b>	<b>3013</b>	<b>2926</b>	<b>2928</b>	<b>2936</b>	<b>2939</b>	<b>2934</b>	<b>2936</b>	<b>2981</b>	<b>2983</b>	<b>2837</b>	<b>2839</b>	<b>2884</b>

SFORZO NORMALE PALO	q4								S.L.U.								q5																																																																																																																																																																																																																																																															
	1	3294	3323	3239	3268	3321	3350	3266	3295	3312	3341	3221	3250	3339	3368	3248	3277	3234	3263	3203	3232	3239	3268	3207	3236	3161	3190	3179	3208	3144	3173	3161	3190	3095	3124	3149	3178	3055	3084	3109	3138	3226	3246	3169	3189	3234	3254	3177	3197	3160	3180	3139	3159	3145	3165	3124	3144	3093	3113	3109	3129	3057	3077	3072	3092	3027	3047	3078	3099	2968	2988	3020	3040	3158	3169	3099	3110	3147	3158	3088	3099	3092	3103	3068	3080	3058	3069	3035	3046	3025	3036	3038	3049	2970	2981	2983	2994	2959	2970	3008	3019	2881	2892	2930	2942	3090	3092	3028	3030	3060	3062	2998	3001	3024	3026	2998	3000	2971	2974	2946	2948	2957	2959	2968	2970	2883	2885	2894	2896	2891	2893	2938	2940	2794	2796	2841	2843	<b>3294</b>	<b>3323</b>	<b>3239</b>	<b>3268</b>	<b>3321</b>	<b>3350</b>	<b>3266</b>	<b>3295</b>	<b>3312</b>	<b>3341</b>	<b>3221</b>	<b>3250</b>	<b>3339</b>	<b>3368</b>	<b>3248</b>	<b>3277</b>	<b>3234</b>	<b>3263</b>	<b>3203</b>	<b>3232</b>	<b>3239</b>	<b>3268</b>	<b>3207</b>	<b>3236</b>	<b>3161</b>	<b>3190</b>	<b>3179</b>	<b>3208</b>	<b>3144</b>	<b>3173</b>	<b>3161</b>	<b>3190</b>	<b>3095</b>	<b>3124</b>	<b>3149</b>	<b>3178</b>	<b>3055</b>	<b>3084</b>	<b>3109</b>	<b>3138</b>	<b>3226</b>	<b>3246</b>	<b>3169</b>	<b>3189</b>	<b>3234</b>	<b>3254</b>	<b>3177</b>	<b>3197</b>	<b>3160</b>	<b>3180</b>	<b>3139</b>	<b>3159</b>	<b>3145</b>	<b>3165</b>	<b>3124</b>	<b>3144</b>	<b>3093</b>	<b>3113</b>	<b>3109</b>	<b>3129</b>	<b>3057</b>	<b>3077</b>	<b>3072</b>	<b>3092</b>	<b>3027</b>	<b>3047</b>	<b>3078</b>	<b>3099</b>	<b>2968</b>	<b>2988</b>	<b>3020</b>	<b>3040</b>	<b>3158</b>	<b>3169</b>	<b>3099</b>	<b>3110</b>	<b>3147</b>	<b>3158</b>	<b>3088</b>	<b>3099</b>	<b>3092</b>	<b>3103</b>	<b>3068</b>	<b>3080</b>	<b>3058</b>	<b>3069</b>	<b>3035</b>	<b>3046</b>	<b>3025</b>	<b>3036</b>	<b>3038</b>	<b>3049</b>	<b>2970</b>	<b>2981</b>	<b>2983</b>	<b>2994</b>	<b>2959</b>	<b>2970</b>	<b>3008</b>	<b>3019</b>	<b>2881</b>	<b>2892</b>	<b>2930</b>	<b>2942</b>	<b>3090</b>	<b>3092</b>	<b>3028</b>	<b>3030</b>	<b>3060</b>	<b>3062</b>	<b>2998</b>	<b>3001</b>	<b>3024</b>	<b>3026</b>	<b>2998</b>	<b>3000</b>	<b>2971</b>	<b>2974</b>	<b>2946</b>	<b>2948</b>	<b>2957</b>	<b>2959</b>	<b>2968</b>	<b>2970</b>	<b>2883</b>	<b>2885</b>	<b>2894</b>	<b>2896</b>	<b>2891</b>	<b>2893</b>	<b>2938</b>	<b>2940</b>	<b>2794</b>	<b>2796</b>	<b>2841</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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 21 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
	1	3284	3333	3229	3278	3311	3360	3256	3305	1381	1401	2686	2706	2432
2	3218	3266	3199	3248	3223	3271	3204	3252	1375	1395	2392	2412	2427	2447
3	3152	3200	3169	3218	3134	3183	3151	3200	1370	1390	2098	2118	2421	2441
4	3085	3134	3139	3187	3046	3094	3099	3148	1364	1384	1804	1824	2416	2436
5	3219	3253	3162	3195	3227	3261	3170	3204	1853	1867	2577	2591	2287	2301
6	3153	3186	3132	3165	3139	3172	3118	3151	1848	1862	2283	2297	2282	2296
7	3087	3120	3102	3135	3050	3084	3065	3099	1842	1856	1989	2003	2276	2290
8	3020	3054	3072	3105	2962	2995	3013	3046	1837	1851	1695	1709	2270	2284
9	3154	3173	3095	3113	3143	3162	3084	3102	2326	2334	2467	2475	2142	2150
10	3088	3106	3065	3083	3055	3073	3032	3050	2320	2328	2174	2181	2137	2144
11	3022	3040	3035	3053	2966	2985	2979	2998	2315	2323	1880	1888	2131	2139
12	2955	2974	3005	3023	2878	2896	2927	2945	2309	2317	1586	1594	2125	2133
13	3089	3093	3028	3031	3059	3063	2998	3001	2799	2800	2358	2360	1997	1999
14	3023	3026	2998	3001	2971	2974	2945	2949	2793	2794	2065	2066	1992	1993
15	2957	2960	2967	2971	2882	2886	2893	2896	2787	2789	1771	1772	1986	1987
16	2890	2894	2937	2941	2794	2797	2841	2844	2782	2783	1477	1479	1980	1982
Nmax	<b>3284</b>	<b>3333</b>	<b>3229</b>	<b>3278</b>	<b>3311</b>	<b>3360</b>	<b>3256</b>	<b>3305</b>	<b>2799</b>	<b>2800</b>	<b>2686</b>	<b>2706</b>	<b>2432</b>	<b>2452</b>
TAGLIO														
taglio Vx	575	555	575	555	575	555	575	555	884	876	378	370	378	370
taglio Vy	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	3	3	265	265	3	3
V	576	555	576	555	576	555	576	555	884	876	462	455	378	370

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	1	2436	2460	2399	2424	2269	2293	2232	2257	2424	2448	2412	2436	2257	2281	2245	2269	2267
2	2388	2412	2376	2400	2309	2333	2297	2321	2384	2408	2380	2404	2305	2329	2301	2325	2267	2288
3	2340	2365	2352	2376	2349	2374	2351	2385	2344	2369	2348	2372	2353	2377	2357	2381	2267	2288
4	2293	2317	2328	2353	2389	2414	2425	2449	2305	2329	2317	2341	2401	2426	2413	2437	2267	2288
5	2385	2402	2347	2364	2114	2130	2075	2092	2372	2389	2360	2376	2101	2118	2088	2105	2144	2158
6	2337	2354	2323	2340	2154	2170	2140	2156	2333	2349	2328	2345	2149	2166	2144	2161	2144	2158
7	2290	2306	2300	2316	2194	2211	2204	2221	2293	2310	2296	2313	2197	2214	2201	2217	2144	2158
8	2242	2259	2276	2293	2234	2251	2268	2285	2253	2270	2265	2281	2245	2262	2257	2274	2144	2158
9	2334	2343	2294	2304	1958	1967	1919	1928	2321	2330	2308	2317	1945	1954	1932	1941	2021	2029
10	2286	2296	2271	2280	1998	2008	1983	1992	2281	2290	2276	2285	1993	2002	1988	1997	2021	2029
11	2239	2248	2247	2256	2039	2048	2047	2056	2241	2251	2244	2254	2041	2051	2044	2054	2021	2029
12	2191	2200	2224	2233	2079	2088	2111	2121	2202	2211	2213	2222	2090	2099	2101	2110	2021	2029
13	2283	2285	2242	2244	1803	1805	1762	1764	2269	2271	2256	2258	1789	1791	1776	1777	1898	1899
14	2235	2237	2218	2220	1843	1845	1826	1828	2230	2231	2224	2226	1837	1839	1832	1833	1898	1899
15	2188	2189	2195	2197	1883	1885	1890	1892	2190	2192	2192	2194	1886	1887	1888	1890	1898	1899
16	2140	2142	2171	2173	1923	1925	1955	1956	2150	2152	2161	2163	1934	1935	1944	1946	1898	1899
Nmax	<b>2436</b>	<b>2460</b>	<b>2399</b>	<b>2424</b>	<b>2389</b>	<b>2414</b>	<b>2425</b>	<b>2449</b>	<b>2424</b>	<b>2448</b>	<b>2412</b>	<b>2436</b>	<b>2401</b>	<b>2426</b>	<b>2413</b>	<b>2437</b>	<b>2267</b>	<b>2288</b>
TAGLIO																		
taglio Vx	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	368	359
taglio Vy	6	6	-6	-6	6	6	-6	-6	2	2	-2	-2	2	2	-2	-2	0	0
V	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	424	414	368	359

**RIEPILOGO**

	SLU	SLV	SLE	
Nmax	3428	3428	2800	kN
Nmin	1364	2779	1364	kN
Vmax	884	596	884	kN

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 22 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

## 4 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A

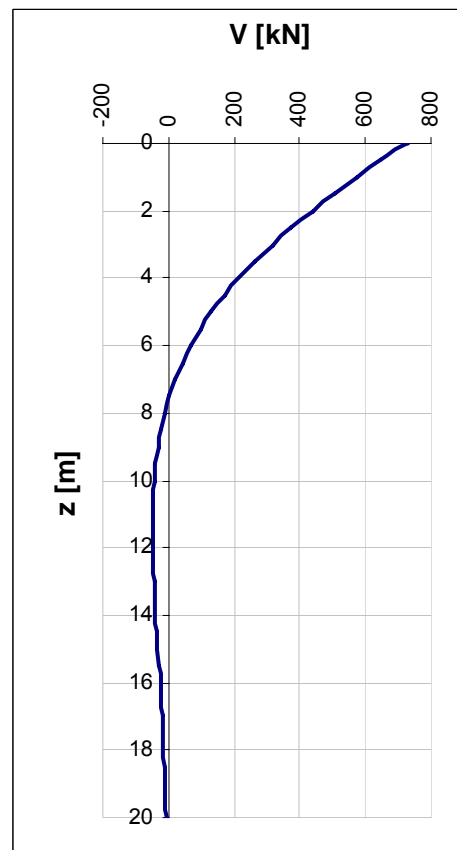
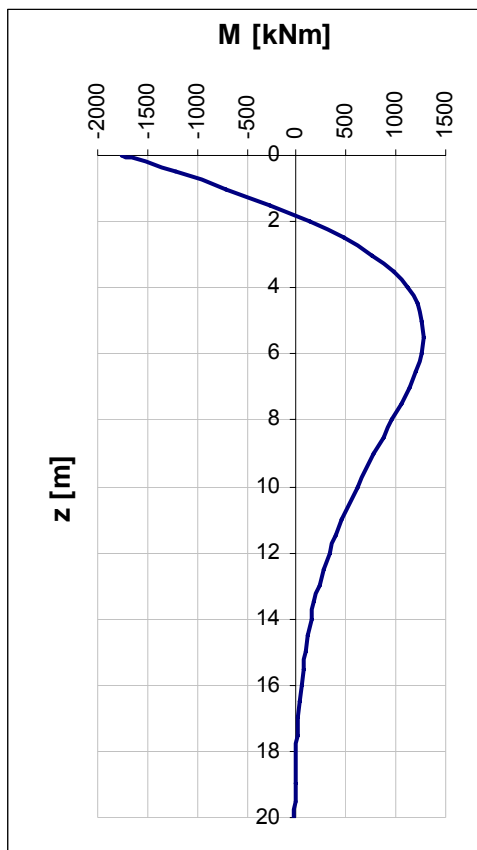
### 4.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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.

#### Determinazione momento flettente massimo (palo vincolato in testa con bipendolo)

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
L0	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	724.0 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	1750.7 kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	6.40 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.90 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	623.2 kNm	momento flettente alla profondità z1

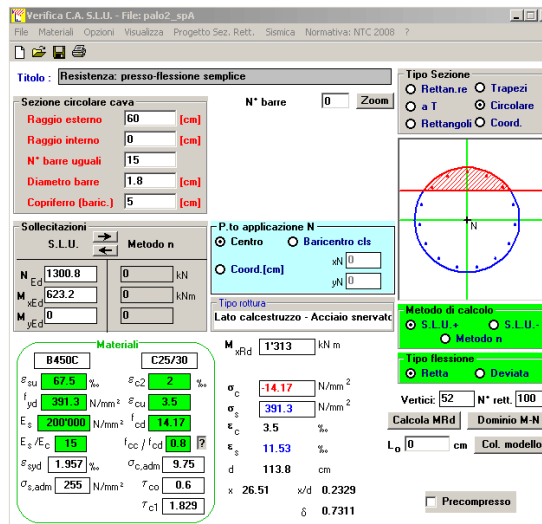
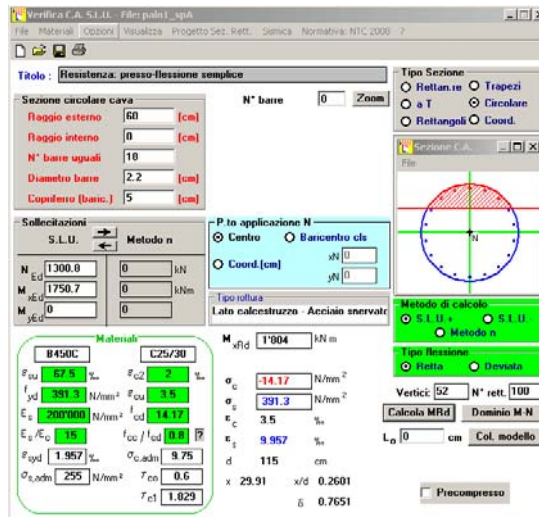




#### 4.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

La prima gabbia viene armata con 18 Ø22, mentre per la successiva sono sufficienti 15 Ø18.

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, 9.9m, 20.9 m).



	Z <sub>in</sub> [m]	Z <sub>in</sub> [m]	c' [cm]	Φ [mm]	n	s [cm]	M <sub>Ed</sub> [kN*m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>res</sub> [kN*m]	
gabbia n.1	-1.1	10.9	5	22	18	19.2	1750.7	1300.8	1804.0	OK
gabbia n.2	9.9	20.0	5	18	15	23.0	623.2	1300.8	1313.0	OK

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

Si dispongono spirali Ø12/200 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/300. La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 24 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

$V_{Ed}$  : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

$D$  : diametro della sezione

$d$  : altezza utile della sezione

$b_{we} = 0.9 \cdot D$  : 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

#### Sollecitazioni

V	=	724.0 kN	taglio di calcolo
N	=	1300.8 kN	sforzo assiale di calcolo

#### Geometria

D	=	1200 mm	diametro sezione
d	=	1140 mm	altezza utile
$d_e$	=	886 mm	altezza utile equivalente
$b_{we}$	=	1080 mm	base equivalente

#### Materiali

$R_{ck}$	=	30	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	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
$f_{cd}'$	=	7.06 MPa	resistenza ridotta
$\gamma_s$	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	=	12 mm	diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 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
$\text{ctg} \theta$	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	1.150 MPa	tensione media calcestruzzo
$\alpha_c$	=	1.08	
$V_{Rsd}$	=	881.8 kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	2264.8 kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	881.8 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.22	

#### 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.

Definita la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio, si considerano per ogni combinazione le condizioni di sforzo normale e taglio agente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina la massima tensione nelle barre di armatura, per la combinazione più gravosa.

condizioni ambientali ordinarie  
armature poco sensibili

##### Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$ [MPa]	w3=0.40 mm								w2=0.30 mm	
	$\varnothing$									
160	40	40	40	40	40	40	40	40	32	32
200	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
240	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16
280	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
320	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

##### Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$ [MPa]	w3=0.40 mm								w2=0.30 mm	
	$\varnothing$									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250
240	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
280	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150
320	150	150	150	150	150	150	150	150	100	100
360	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50

##### Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	4.84	4.84	4.84	4.84	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	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	1874	1877	1883	1886	1511	1514	1499	1502	1644	1647	kN	sforzo assiale
V	333	323	333	323	333	323	333	323	284	275	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	805	780	805	780	805	780	805	780	686	665	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{sd,max}$	-	-	-	-	-	-	125	-	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 26 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

#### 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:  $0,80 f_{yk}$  in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

Materiali													
Rck	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica									
f <sub>ck</sub>	=	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica									
f <sub>yk</sub>	=	450.0	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica									
		rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione rara5 rara6		rara7	rara8	qp1	qp2		
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
L0	=	4.84	4.84	4.84	4.84	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	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	=	1865	1868	1891	1894	1523	1526	1487	1490	1644	1647	kN	sforzo assiale
V	=	333	323	333	323	333	323	333	323	284	275	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	805	780	805	780	805	780	805	780	686	665	kN*m	massimo momento flettente
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>c,max</sub>	=	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ <sub>c,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	7.54	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
<b>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>													
σ <sub>s,max</sub>	=	360	360	360	360	360	360	360	360	-	-	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
σ <sub>s,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	127	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				

## 4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

Nella seguente tabella si riportano i parametri fisico-meccanici dei terreni interessati dai pali di fondazione e adottati nel seguito per le verifiche geotecniche. Tali parametri derivano dal lavoro di caratterizzazione riportato nella relazione geotecnica a corredo del presente progetto esecutivo.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>18.5</b>	<b>21.6</b>	<b>20.8</b>
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>18.5</b>	<b>21.6</b>	<b>20.8</b>
coesione non dren. $c_u^1$ (kPa)	<b>50</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
coesione dren. $c'$ (kPa)	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>25</b>
angolo attrito $\phi$ ' (°)	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>22</b>

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

Il carico limite verticale  $Q_{lim}$  dei singoli pali (trivellati) è stato calcolato in condizioni non drenate e drenate in funzione del diametro  $d$  e della lunghezza  $L$  dei pali. La formula utilizzata è:

$$Q_{lim} = p_{lim} \frac{\pi d^2}{4} + \pi d \int_0^L s_{lim} dz$$

dove le resistenze unitarie alla punta e laterale sono rispettivamente calcolate come:

$$p_{lim,u} = \sigma_{vL} + N_c c_u$$

$$s_{lim,u} = \alpha c_u$$

in condizioni non drenate, e come:

<sup>1</sup>Con riferimento alle raccomandazioni AGI per pali trivellati in terreni coesivi, la coesione non drenata  $c_u$  è stata limitata superiormente a 250 kPa affinché l'adesione  $s_{lim,u} \leq 100$  kPa.

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 27 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

$$p_{lim,d} = N_c c' + N_q \sigma_{VL}'$$

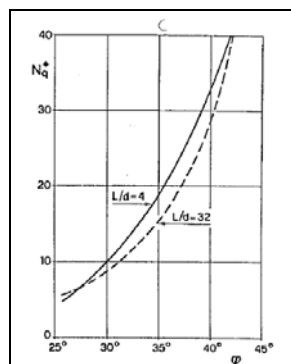
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{Vz}'$$

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{VL}$  e con  $\sigma_{VL}'$  la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione  $\alpha$  sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i valori riportati di seguito:

$c_u$ (kPa)	$\alpha$ (-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

Il coefficiente di tensione orizzontale  $k$  è stato determinato con la formula di Jacky:  $k = 1 - \sin \varphi'$ , mentre il coefficiente di attrito vale:  $\mu = \tan \varphi'$ .

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando  $N_q$  i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo  $N_c$ , si è assunto in condizioni non drenate  $N_c = 9$  e in condizioni drenate  $N_c$  è stato determinato con la relazione:



$$N_c = (N_q - 1) \cdot (\tan(\varphi'))^{-1}$$

In tabella si riportano ora i valori dei coefficienti  $N_c$  ed  $N_q$  adottati per i diverse unità geotecniche.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata l'assenza di falda. Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto la spalla in esame.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR. DX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRBa_2a	11	0	11
2° strato	TRBa_2b	34	11	45

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 28 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

$R_d$  è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato direttamente come  $E_d = E_k \gamma_E$  con  $\gamma_E = \gamma_F$ :

$$E_d = \gamma_E E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

La verifica della relazione  $R_d \geq E_d$  è stata effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali (cfr tabelle sotto), rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{01}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{02}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{0i}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> qualora i carichi permanenti non strutturali siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(*)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

<sup>(\*)</sup> da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito dei due approcci progettuali distinti e alternativi consentiti dal DM 14/01/08 per la progettazione geotecnica.

Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio 2, con i coefficienti parziali  $\rightarrow A1+M1+R3$ .

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore  $\zeta_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 4.

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 29 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche condotte. Si evidenzia che ai carichi in testa palo si è aggiunto il contributo del peso palo compensato, cioè sottraendo al peso del palo il peso della colonna di terreno (ovvero calcolando il peso del palo con peso specifico  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	3327.9	2526.9	1.2	16	20	114.82	4036.09	5704.80

#### 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 IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	20.00 m	lunghezza palo
$M_y$	=	1804.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	405.1 kPa	coesione non drenata

##### palo corto

$Q_{lim,1}$	=	79626.5 kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	867928.4 kNm	momento massimo

##### palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	28996.3 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.6 m	
$M_{max}$	=	146477.8 kNm	momento massimo

##### palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	1799.0 kN	carico limite per palo lungo
-------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1799.0 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1124.4 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	864.9 kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	724.0 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.19	

## 5 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

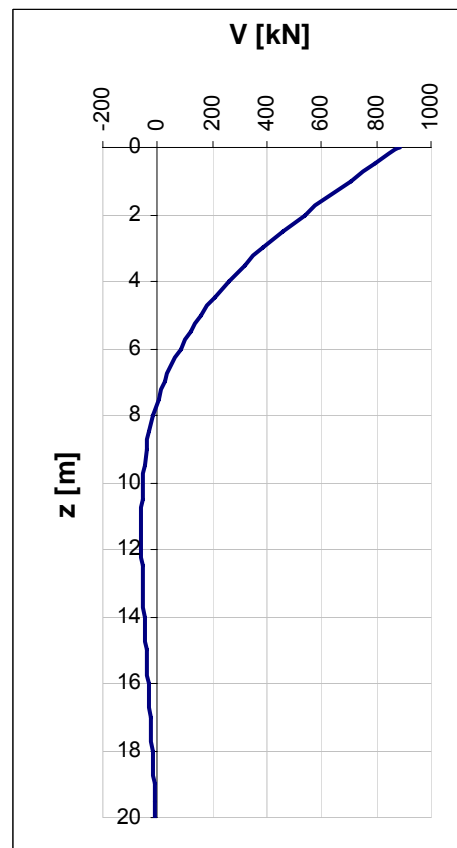
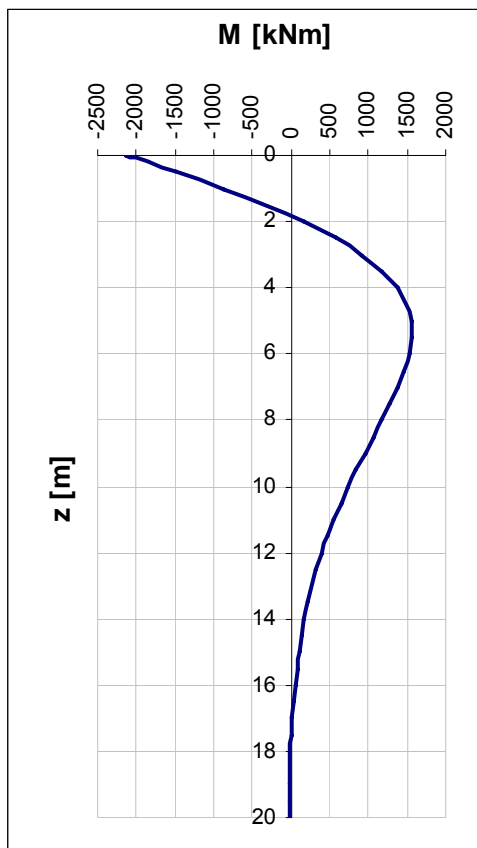
### 5.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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.

#### Determinazione momento flettente massimo (palo vincolato in testa con bipendolo)

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
L0	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	884.2 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	2138.2 kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	7.81 mm	spostamento massimo in testa
z1	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z1)	=	802.2 kNm	momento flettente alla profondità z1

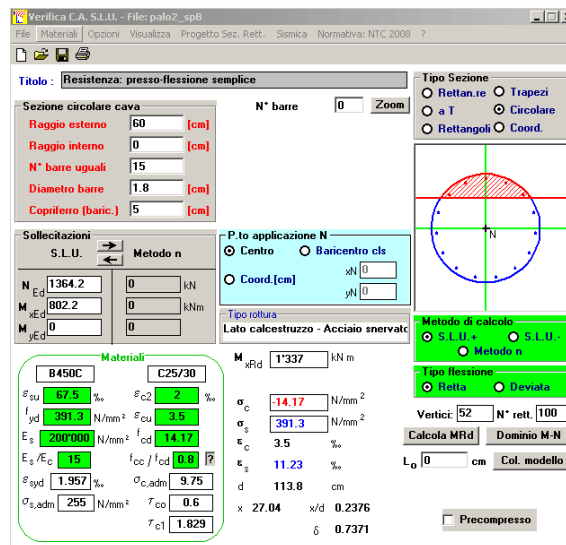
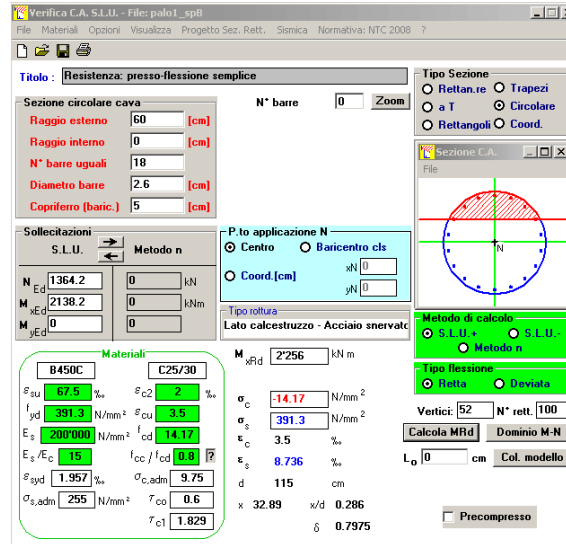




### 5.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

La prima gabbia viene armata con 18 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 15 Ø18.

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).



	Z <sub>in</sub> [m]	Z <sub>in</sub> [m]	c' [cm]	Φ [mm]	n	s [cm]	M <sub>Ed</sub> [kN*m]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>res</sub> [kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	5	26	18	19.2	2138.2	1364.2	2256.0	OK
gabbia n.2	9.7	20.0	5	18	15	23.0	802.2	1364.2	1337.0	OK

### 5.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/250 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/300. La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 32 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

$V_{Ed}$  : 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

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

#### Sollecitazioni

V	=	884.2 kN	taglio di calcolo
N	=	1364.2 kN	sforzo assiale di calcolo

#### Geometria

D	=	1200 mm	diametro sezione
d	=	1140 mm	altezza utile
$d_e$	=	886 mm	altezza utile equivalente
$b_{we}$	=	1080 mm	base equivalente

#### Materiali

$R_{ck}$	=	30	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	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
$f_{cd}'$	=	7.06 MPa	resistenza ridotta
$\gamma_s$	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
$s$	=	250 mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n_{br}$	=	2	numero bracci
$A_{sw}$	=	307.9 mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
$\text{ctg} \vartheta$	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	1.206 MPa	tensione media calcestruzzo
$\alpha_c$	=	1.09	
$V_{Rsd}$	=	960.2 kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	2273.1 kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	960.2 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.09	

### 5.1.3 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.

Definita la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio, si considerano per ogni combinazione le condizioni di sforzo normale e taglio agente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina la massima tensione nelle barre di armatura, per la combinazione più gravosa.

condizioni ambientali ordinarie  
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$ [MPa]	w3=0.40 mm								w2=0.30 mm	
	$\varnothing$									
160	40	40	40	40	40	40	40	40	32	32
200	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
240	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16
280	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
320	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$ [MPa]	w3=0.40 mm								w2=0.30 mm	
	$\varnothing$									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250
240	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
280	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150
320	150	150	150	150	150	150	150	150	100	100
360	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0 =	4.84	4.84	4.84	4.84	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	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N =	2150	2152	2161	2163	1789	1791	1776	1777	1898	1899	kN	sforzo assiale
V =	424	414	424	414	424	414	424	414	368	359	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub> =	1025	1000	1025	1000	1025	1000	1025	1000	889	868	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$ =	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{sd,max}$ =	-	-	-	-	-	-	137	-	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

**Verifica C.A. S.L.U. - File: SpB-freq 7**

Titolo: **Fessurazione: presso-flessione semplice**

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 18
- Diametro barre: 2.6 [cm]
- Copriferrto (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

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

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

Vertici: 52

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali: B450C, C25/30

$\sigma_{cu}$  67.5 %  $\sigma_{c2}$  2 %

$f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\sigma_{cu}$  3.9 %

$E_s$  200'000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14.17

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8

$\sigma_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6

$\sigma_c$  -8.624 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_s$  137.1 N/mm<sup>2</sup>

$\epsilon_s$  0.6857 %

d 115 cm

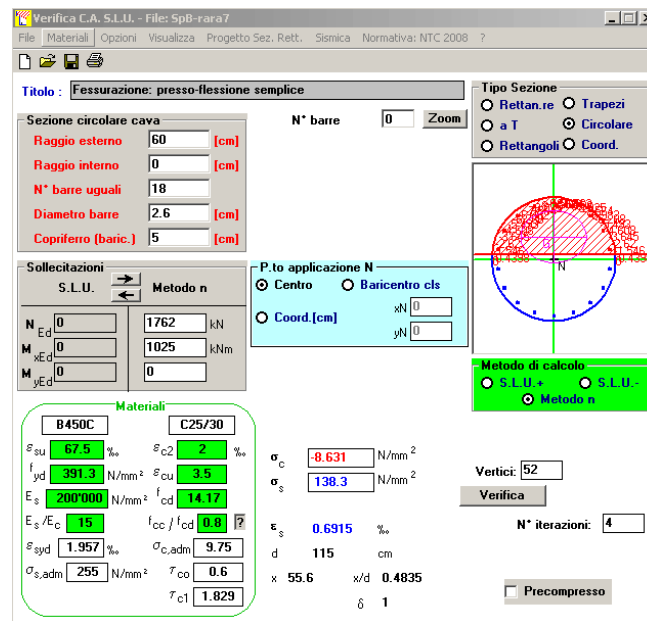
x 55.82 x/d 0.4854

$\delta$  1

### 5.1.4 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:  $0,80 f_{yk}$  in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2		
					rara5	rara6						
<b>Sollecitazioni agenti</b>												
L0 =	4.84	4.84	4.84	4.84	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	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N =	2140	2142	2171	2173	1803	1805	1762	1764	1898	1899	kN	sforzo assiale
V =	424	414	424	414	424	414	424	414	368	359	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub> =	1025	1000	1025	1000	1025	1000	1025	1000	889	868	kN*m	massimo momento flettente
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>												
$\sigma_{c,max}$ =	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	<b>8.63</b>	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>		
<b>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</b>												
$\sigma_{s,max}$ =	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	<b>138</b>	-			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 35 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

## 5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

Nella seguente tabella si riportano i parametri fisico-meccanici dei terreni interessati dai pali di fondazione e adottati nel seguito per le verifiche geotecniche. Tali parametri derivano dal lavoro di caratterizzazione riportato nella relazione geotecnica a corredo del presente progetto esecutivo.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>18.5</b>	<b>21.6</b>	<b>20.8</b>
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>18.5</b>	<b>21.6</b>	<b>20.8</b>
coesione non dren. $c_u^2$ (kPa)	<b>50</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
coesione dren. $c'$ (kPa)	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>25</b>
angolo attrito $\phi'$ (°)	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>22</b>

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

Il carico limite verticale  $Q_{lim}$  dei singoli pali (trivellati) è stato calcolato in condizioni non drenate e drenate in funzione del diametro  $d$  e della lunghezza  $L$  dei pali. La formula utilizzata è:

$$Q_{lim} = p_{lim} \frac{\pi d^2}{4} + \pi d \int_0^L s_{lim}$$

dove le resistenze unitarie alla punta e laterale sono rispettivamente calcolate come:

$$p_{lim,u} = \sigma_{vL} + N_c c_u$$

$$s_{lim,u} = \alpha c_u$$

in condizioni non drenate, e come:

$$p_{lim,d} = N_c c' + N_q \sigma_{vL}'$$

$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{vL}$  e con  $\sigma_{vL}'$  la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione  $\alpha$  sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i valori riportati di seguito:

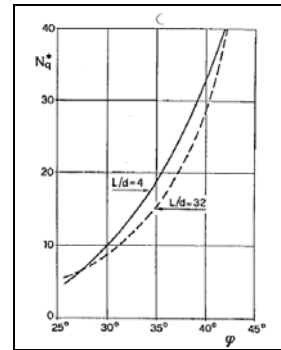
$c_u$ (kPa)	$\alpha$ (-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

Il coefficiente di tensione orizzontale  $k$  è stato determinato con la formula di Jacky:  $k = 1 - \sin \phi'$ , mentre il coefficiente di attrito vale:  $\mu = \tan \phi'$ .

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando  $N_q$  i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo  $N_c$ , si è assunto in condizioni non drenate  $N_c = 9$  e in condizioni drenate  $N_c$  è stato determinato con la relazione:

<sup>2</sup>Con riferimento alle raccomandazioni AGI per pali trivellati in terreni coesivi, la coesione non drenata  $c_u$  è stata limitata superiormente a 250 kPa affinché l'adesione  $s_{lim,u} \leq 100$  kPa.

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 36 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c



$$N_c = (N_q - 1) \cdot (\tan(\varphi'))^{-1}$$

In tabella si riportano ora i valori dei coefficienti  $N_c$  ed  $N_q$  adottati per i diverse unità geotecniche.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata l'assenza di falda.

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto la spalla in esame.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. DX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_2a	11	0	11
2° strato	TRBa_2b	34	11	45

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

dove:

$R_d$  è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

il coefficiente  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza,  $\gamma_{Mi}$  e  $\gamma_{Fj}$ , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo;

$E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato direttamente come  $E_d = E_k \gamma_E$  con  $\gamma_E = \gamma_F$ :

$$E_d = \gamma_E E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

La verifica della relazione  $R_d \geq E_d$  è stata effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali (cfr tabelle sotto), rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 37 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_f$ (o $\gamma_{f_e}$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{01}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{02}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{0i}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) qualora i carichi permanenti non strutturali siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_s$	1,0	1,0

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale <sup>(1)</sup>	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(1) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito dei due approcci progettuali distinti e alternativi consentiti dal DM 14/01/08 per la progettazione geotecnica.

Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio 2, con i coefficienti parziali  $\rightarrow A1+M1+R3$ .

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione  $\zeta$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore  $\zeta_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 4.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\zeta_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\zeta_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\zeta_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\zeta_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche condotte. Si evidenzia che ai carichi in testa palo si è aggiunto il contributo del peso palo compensato, cioè sottraendo al peso del palo il peso della colonna di terreno (ovvero calcolando il peso del palo con peso specifico  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla B	3427.6	2800	1.2	16	20	114.82	4036.09	5704.80

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 38 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

### 5.2.2 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 IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	20.00 m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	2256.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	<b>405.1</b> kPa	coesione non drenata

#### **palo corto**

Q <sub>lim,1</sub>	=	79626.5 kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	867928.4 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

Q <sub>lim,2</sub>	=	29028.1 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.6 m	
M <sub>max</sub>	=	146293.8 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

Q <sub>lim,3</sub>	=	2199.5 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	2199.5 kN	carico limite (valore medio)
ξ <sub>3</sub>	=	1.60	fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1374.7 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30	coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	1057.5 kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	884.2 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.20	



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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 39 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

## 6 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla A della carreggiata destra.

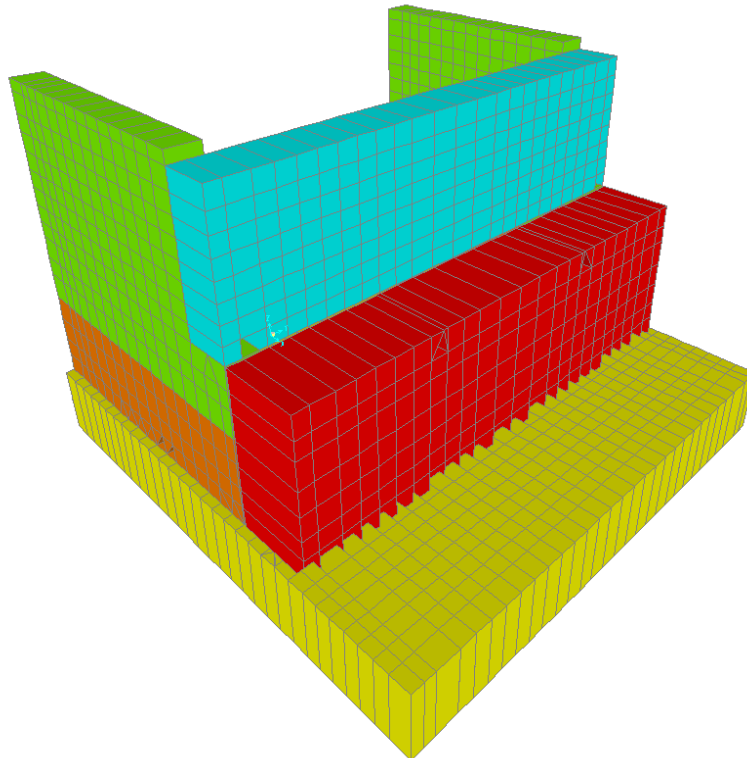
### 6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidità 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.

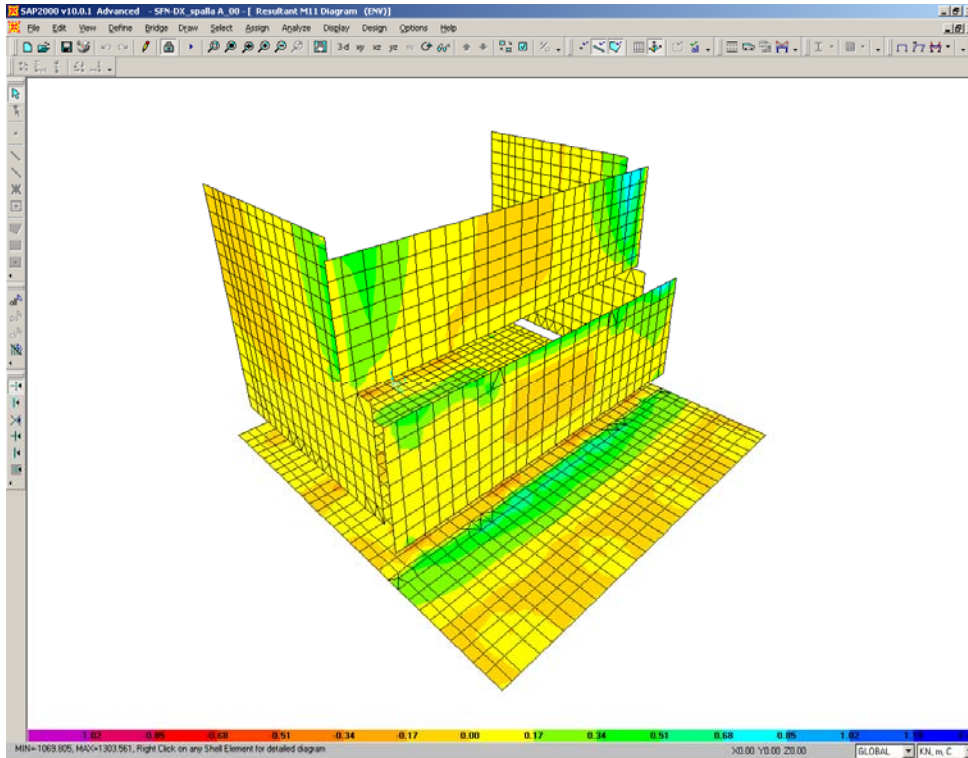


#### Geometrie Spalla

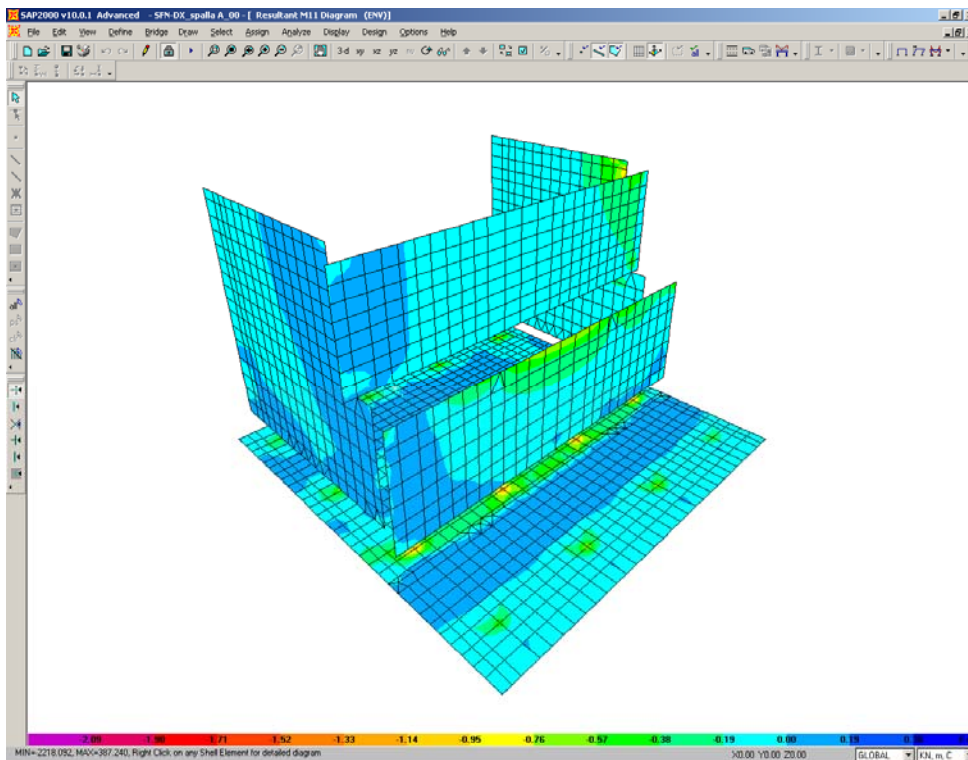
	n.	Bx	By	Bz,min
	[-]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	4.00
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.70
muro laterale sx	1	8.05	0.80	8.00
muro laterale dx	1	8.05	0.80	8.00
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.15
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35
elemento 1	0	5.40	0.60	4.40
elemento 2	0	5.40	0.60	4.40



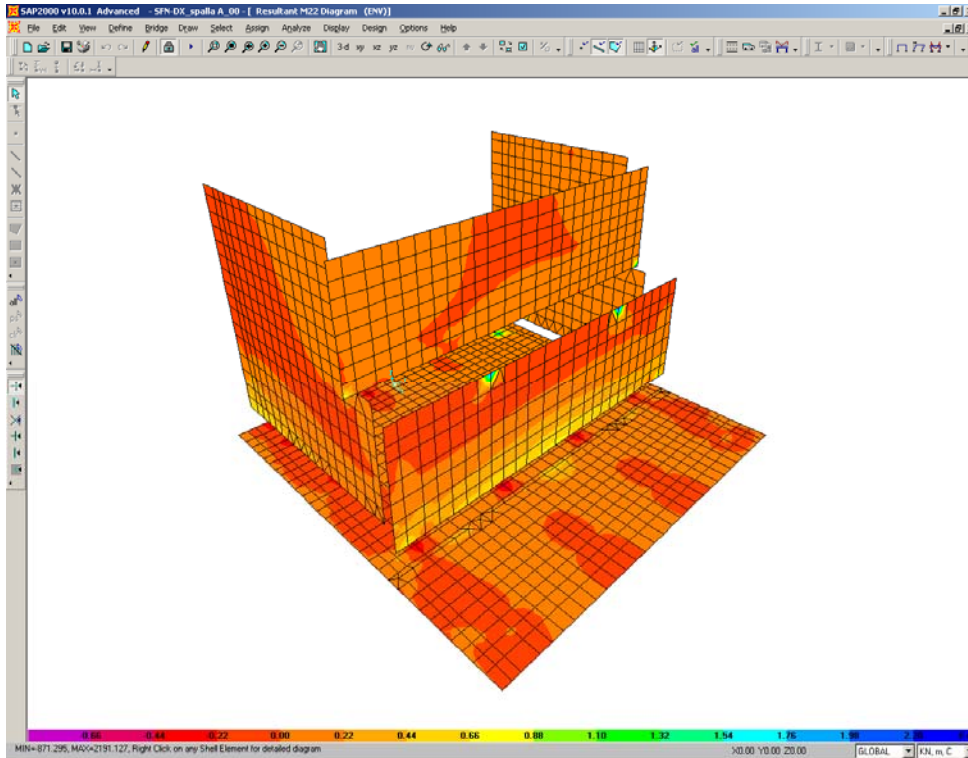




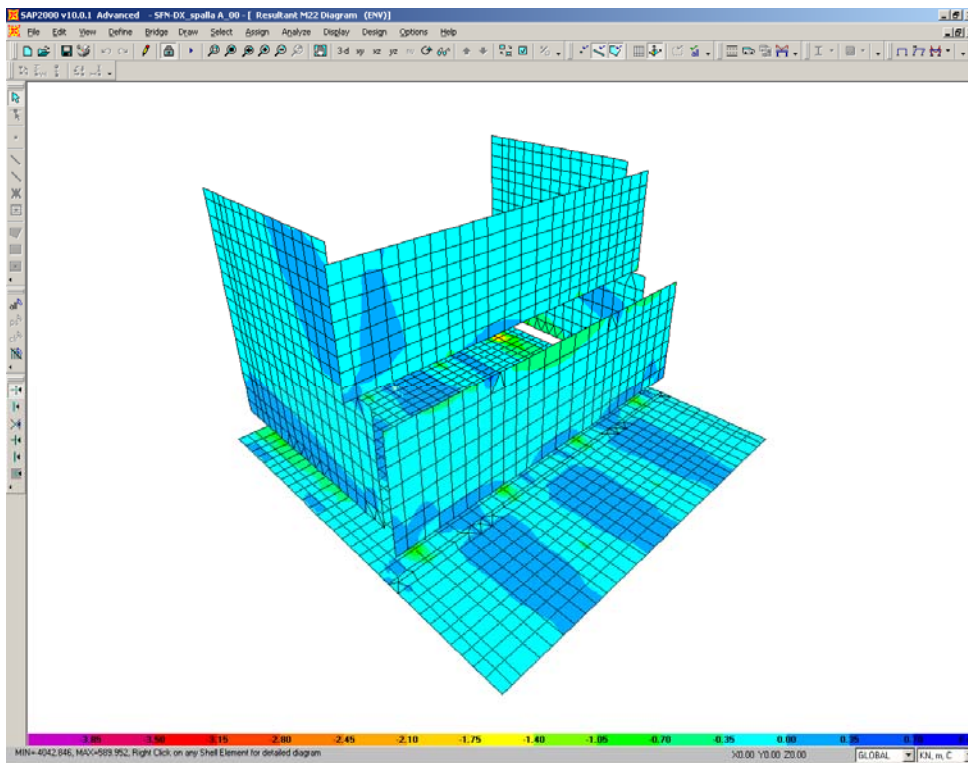
M11max



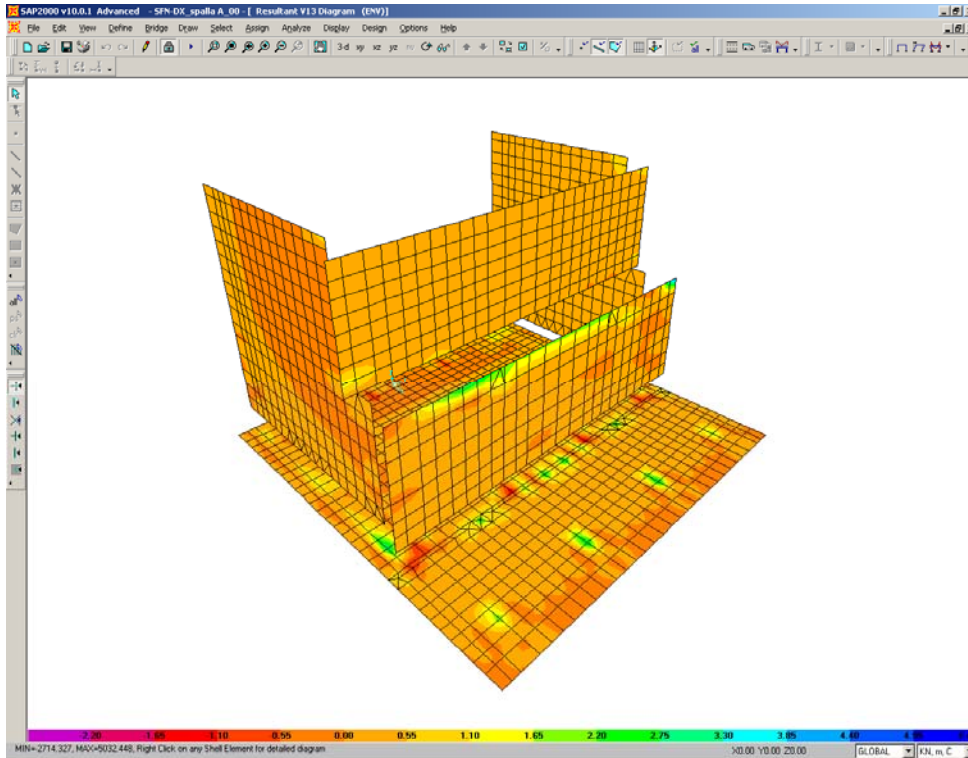
M11min



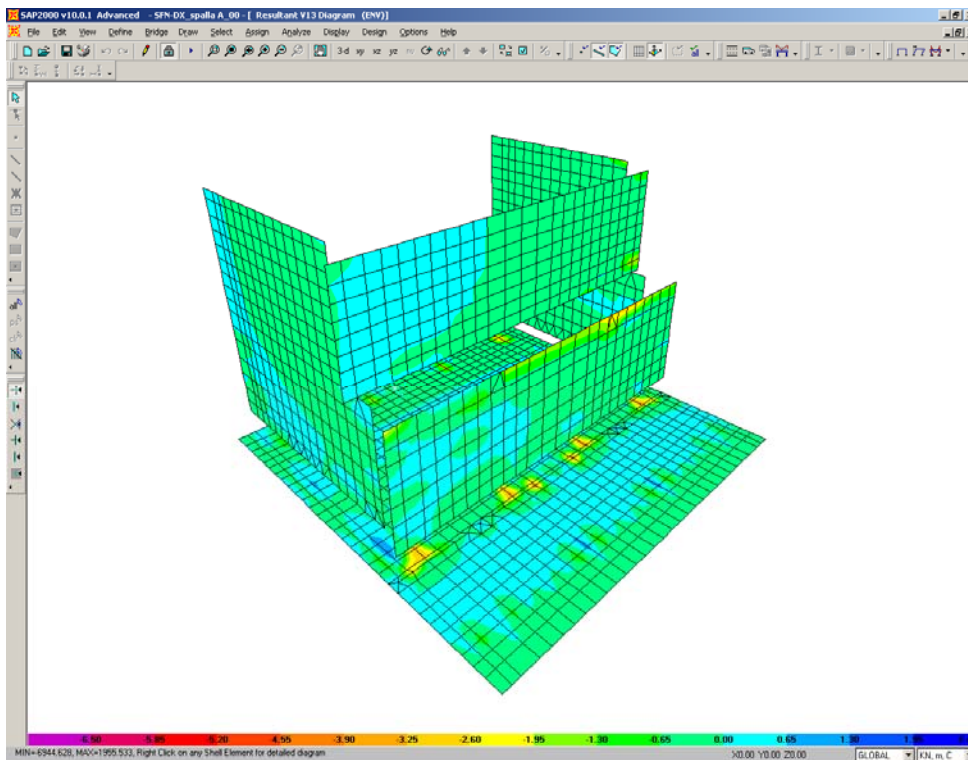
M22max



M22min



V13max



V13min

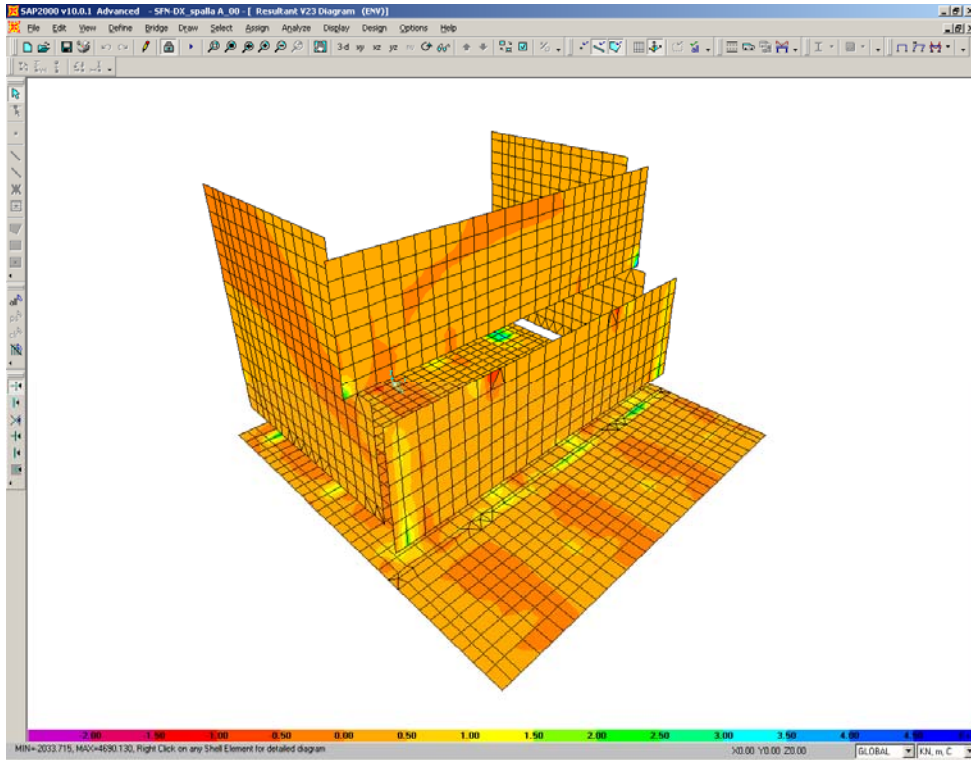
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto San Filippo Neri**

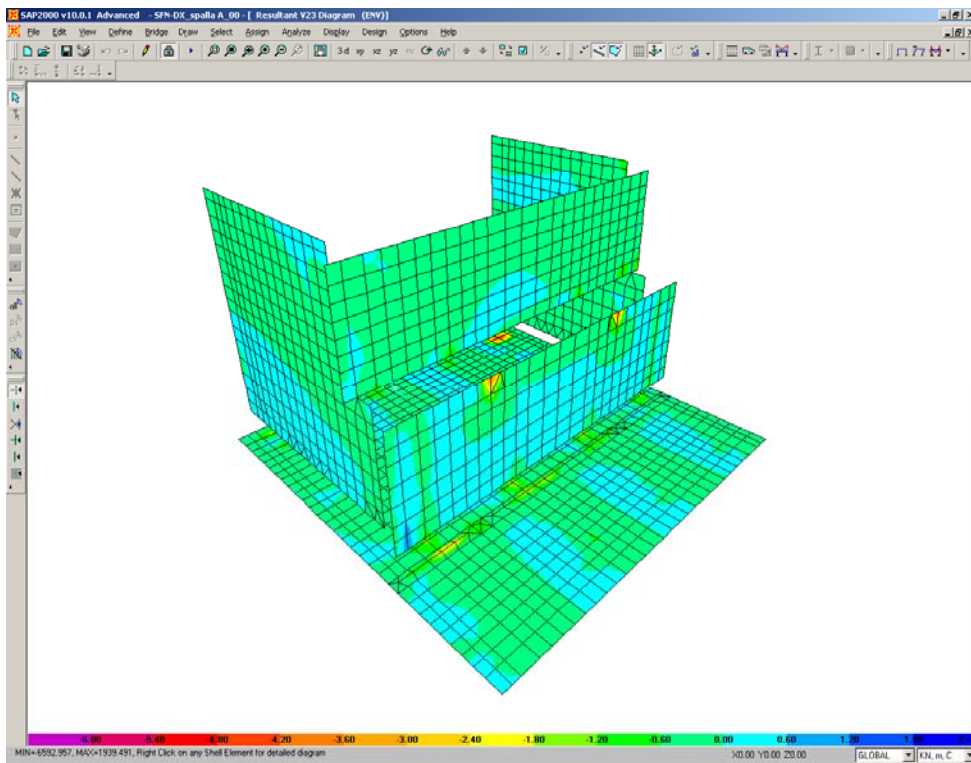
Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX

Pagina 45 di 69

Nome file: VI05-B-  
CL008\_A.00\_relazione\_calcolo\_spalle\_DX.doc  
c

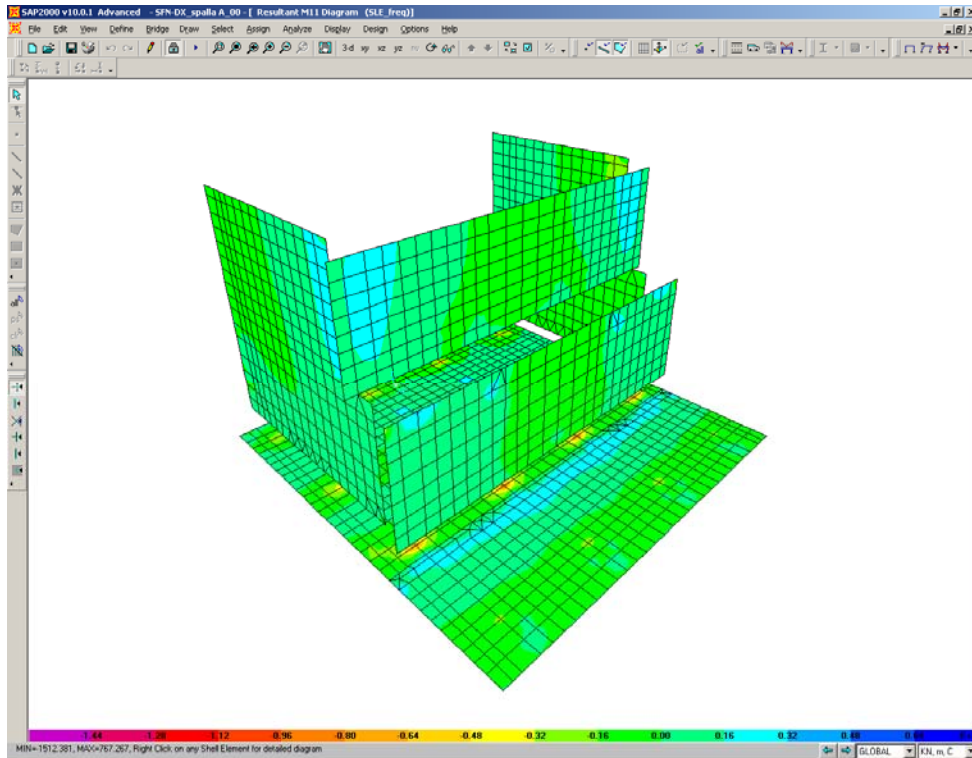


V23max

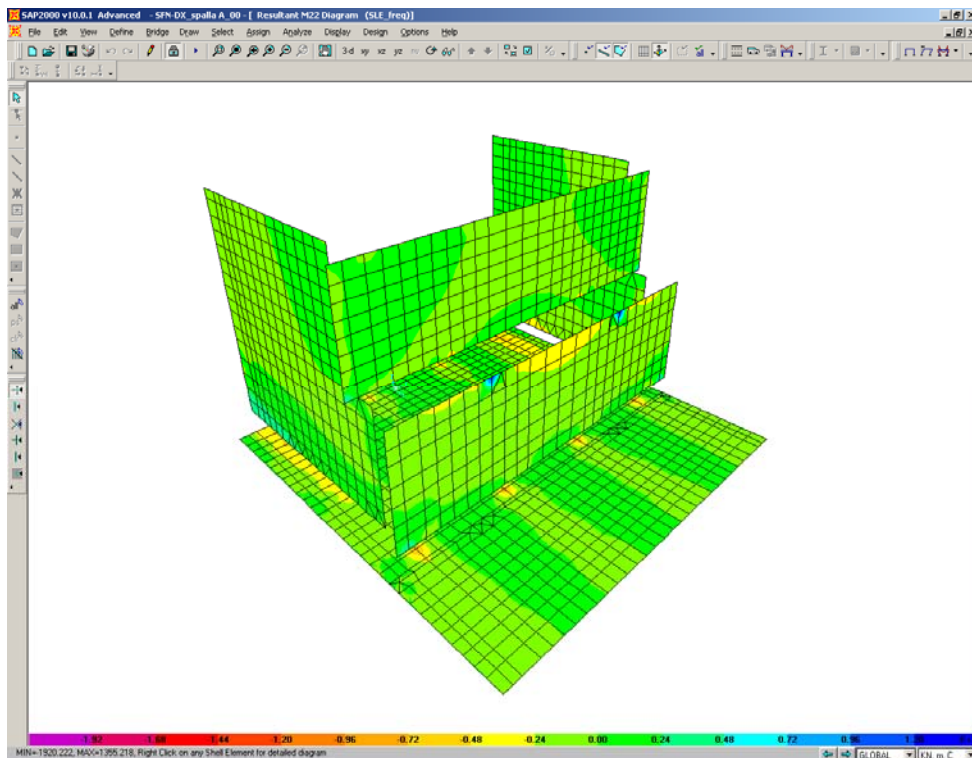


V23min

Sono ora presentate le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11, M22) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite di esercizio (combinazioni frequenti), necessarie per effettuare le verifiche a fessurazione.



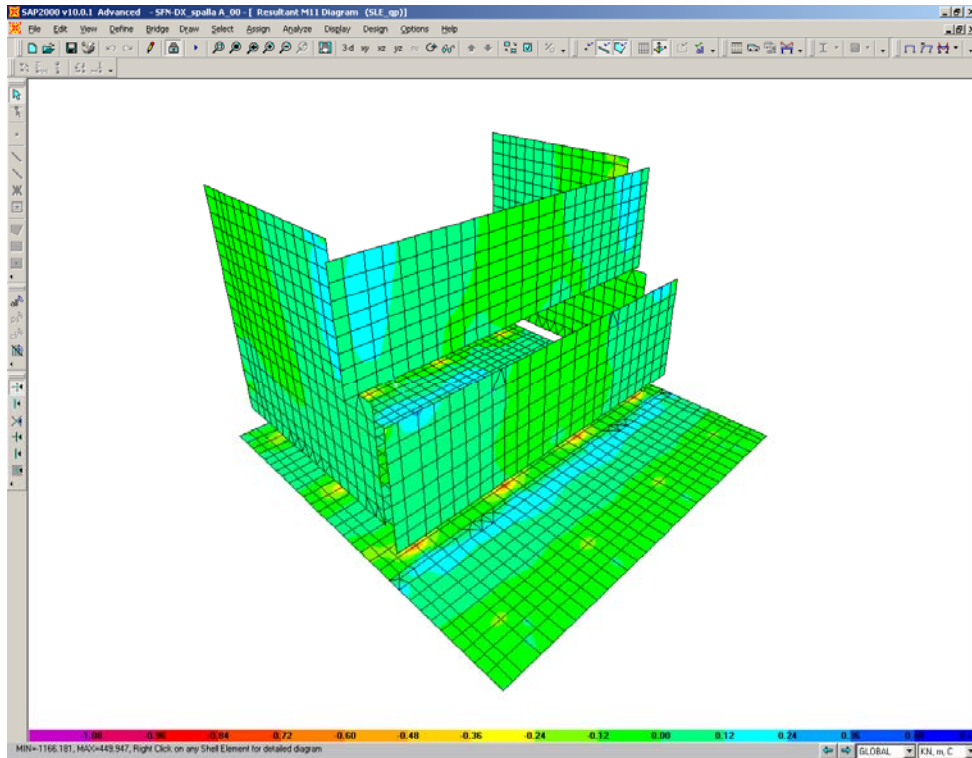
M11



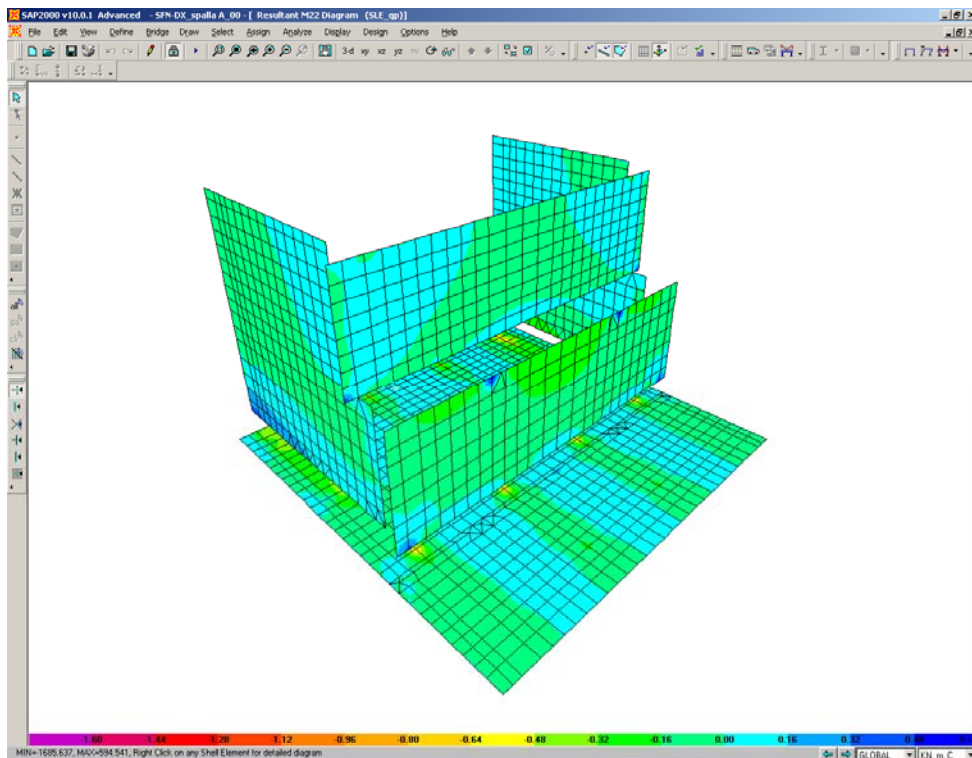
M22



Infine si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11, M22) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite di esercizio (combinazioni quasi permanenti), necessarie anch'esse per effettuare le verifiche a fessurazione.



M11



M22

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 48 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

## 6.5 ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI

Sulla base delle sollecitazioni ottenute è stata disposta la seguente armatura a flessione, avendo di cura di definire due sezioni per il muro andatore, una che si estende per 2.00 m in altezza a partire dall'estradosso del plinto ed un'altra che considera la restante parte di muro.

		Armatura Lato terra				Ferri		Armatura Lato fuori terra			
		A <sub>res,1</sub>		A <sub>res,2</sub>	A <sub>res,TOT</sub>			A <sub>res,1</sub>		A <sub>res,2</sub>	A <sub>res,TOT</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]			[cm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]
plinto	X	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
	Y	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
front	Z	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
trave	Y	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
paragh	Z	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
muro	X	5 Φ 20	15.7 +	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
and inf	Z	5 Φ 20	15.7 +	5 Φ 20	15.7	31.4	5 Φ 16	10.1 +	5 Φ 16	10.1	20.1
muro	X	5 Φ 20	15.7 +	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
and sup	Z	5 Φ 20	15.7 +	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1

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

## 6.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

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

Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei momenti resistenti:

		M <sub>Ed</sub> <sup>ter</sup>	M <sub>Rd</sub> <sup>ter</sup>		M <sub>Ed</sub> <sup>f.ter</sup>	M <sub>Rd</sub> <sup>f.ter</sup>	
		[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
plinto	X	615	1281	OK	575	861	OK
	Y	1070	1261	OK	275	849	OK
muro	Y	600	960	OK	530	960	OK
front	Z	630	1055	OK	435	1055	OK
trave	Y	790	840	OK	395	448	OK
paragh	Z	180	440	OK	125	440	OK
muro	X	200	453	OK	50	292	OK
and inf	Z	780	906	OK	340	603	OK
muro	X	440	453	OK	230	292	OK
and sup	Z	250	439	OK	150	359	OK

### 6.6.2 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

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 49 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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

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

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 fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
<b>Sollecitazioni</b>								
V	=	870	1350	930	590	620	kN	taglio di calcolo
N	=	0	111	0	120	0	kN	sforzo assiale di calcolo
<b>Geometria</b>								
h	=	1800	2000	1200	800	800	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	770	770	mm	altezza utile della sezione
$b_w$	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
<b>Materiali</b>								
$R_{ck}$	=	35	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cd}'$	=	8.23	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>								
$\varnothing_w$	=	20	14	14	14	14	mm	diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n_{br}$	=	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5		numero bracci
$A_{sw}$	=	628.32	384.85	384.85	384.85	384.85	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
$\text{ctg} \vartheta$	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	MPa	tensione media di compressione adottata ( $\leq 0.2f_{cd}$ )
$\alpha_c$	=	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
$V_{Rsd}$	=	979.2	1668.7	991.1	652.2	652.2	kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	9365.5	10424.0	6190.8	4074.5	4074.3	kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	979.2	1668.7	991.1	652.2	652.2	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.13	1.24	1.07	1.11	1.05		

Si considera agente come sforzo assiale sul muro frontale il peso della trave paraghiaia e sul muro andatore inferiore il peso della porzione di muro andatore sovrastante.





## 7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla B della carreggiata destra.

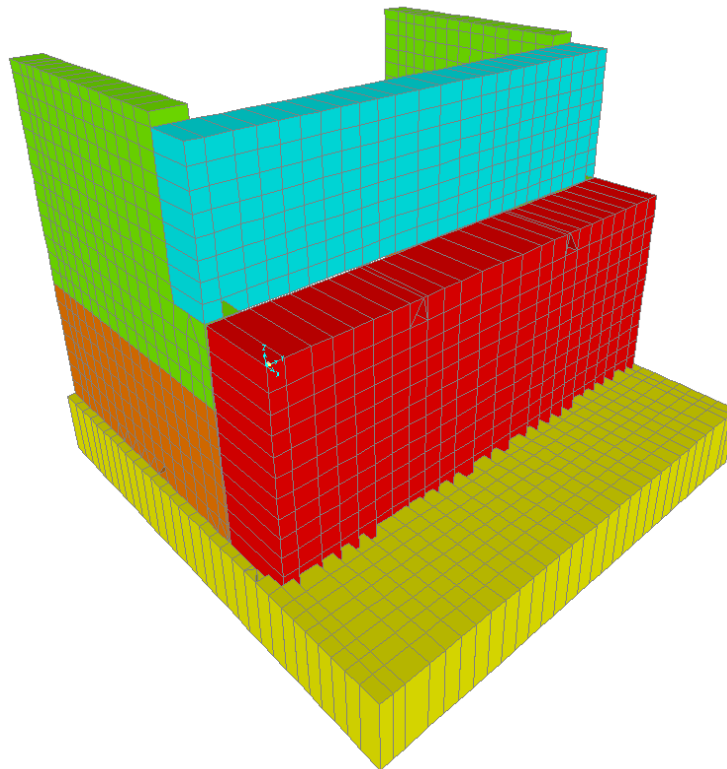
### 7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidità 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.



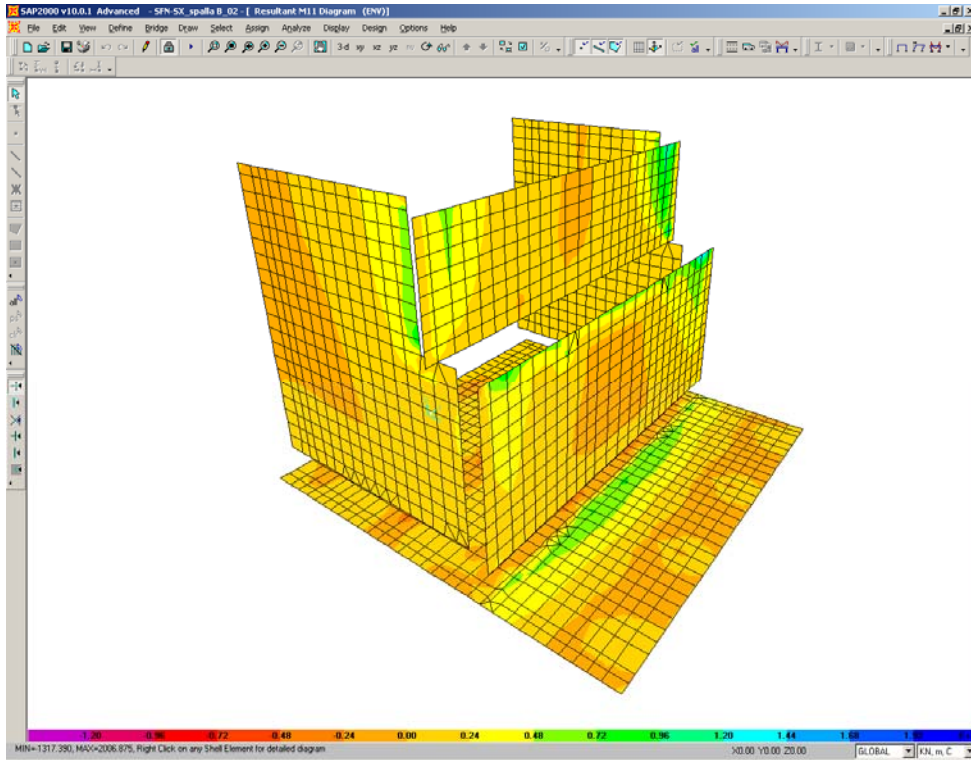
#### Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min
	[-]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	5.50
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.65
muro laterale sx	1	8.05	0.80	9.45
muro laterale dx	1	8.05	0.80	9.45
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.15
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35
elemento 1	0	5.40	0.60	4.85
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85

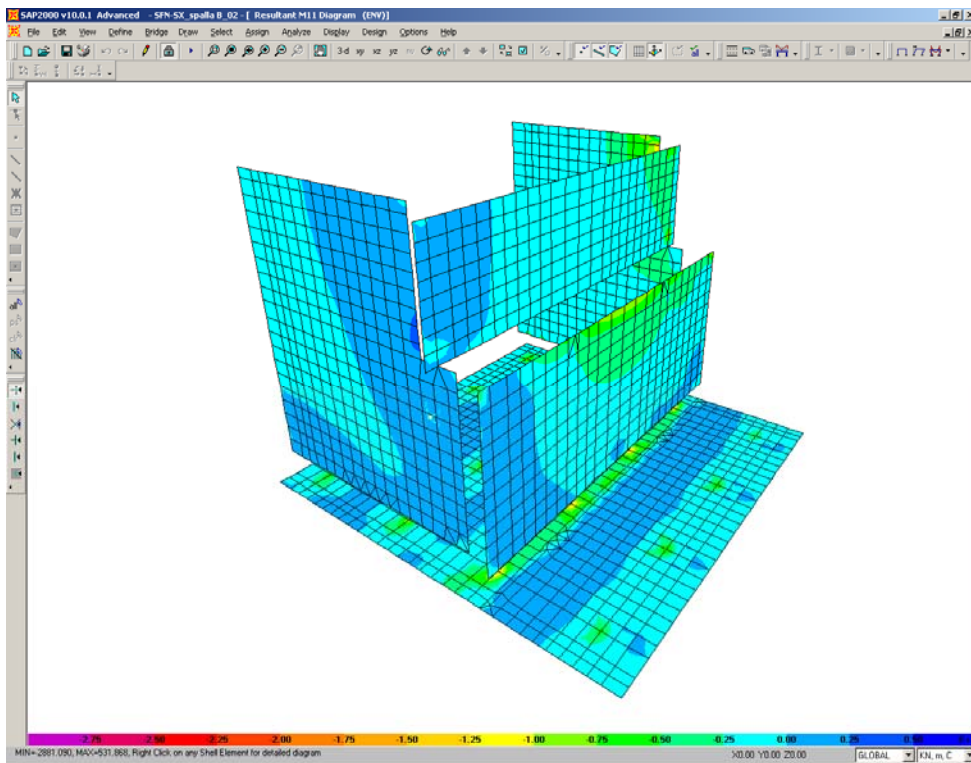








M11max



M11min

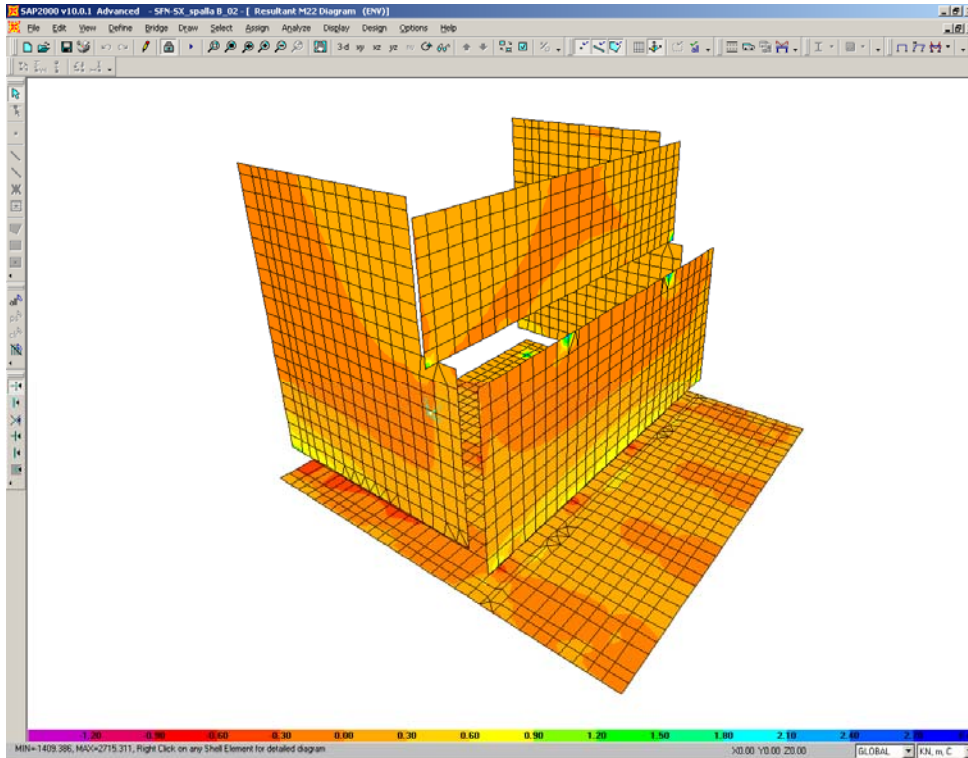
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto San Filippo Neri**

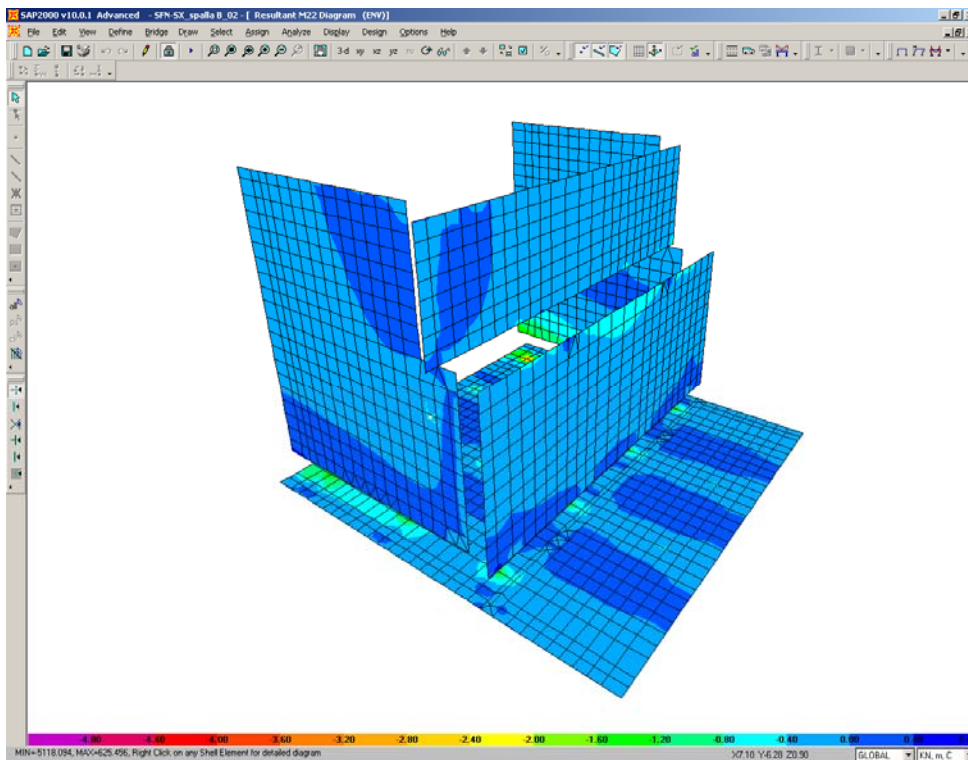
Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX

Pagina 56 di 69

Nome file: VI05-B-  
CL008\_A.00\_relazione\_calcolo\_spalle\_DX.do  
c



M22max



M22min

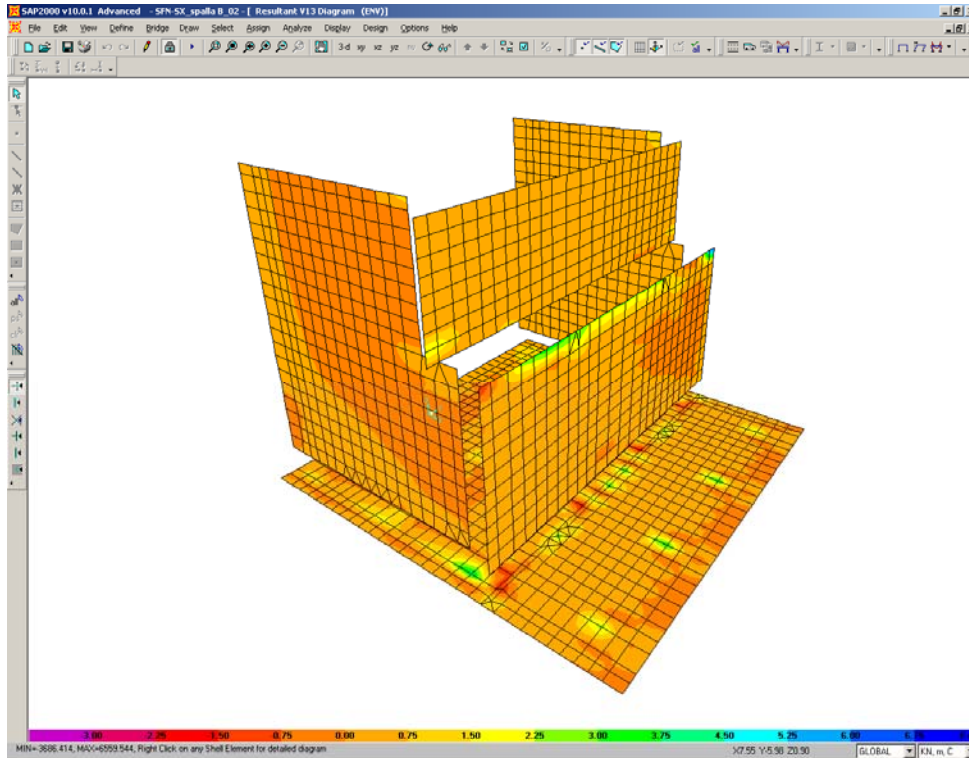
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto San Filippo Neri**

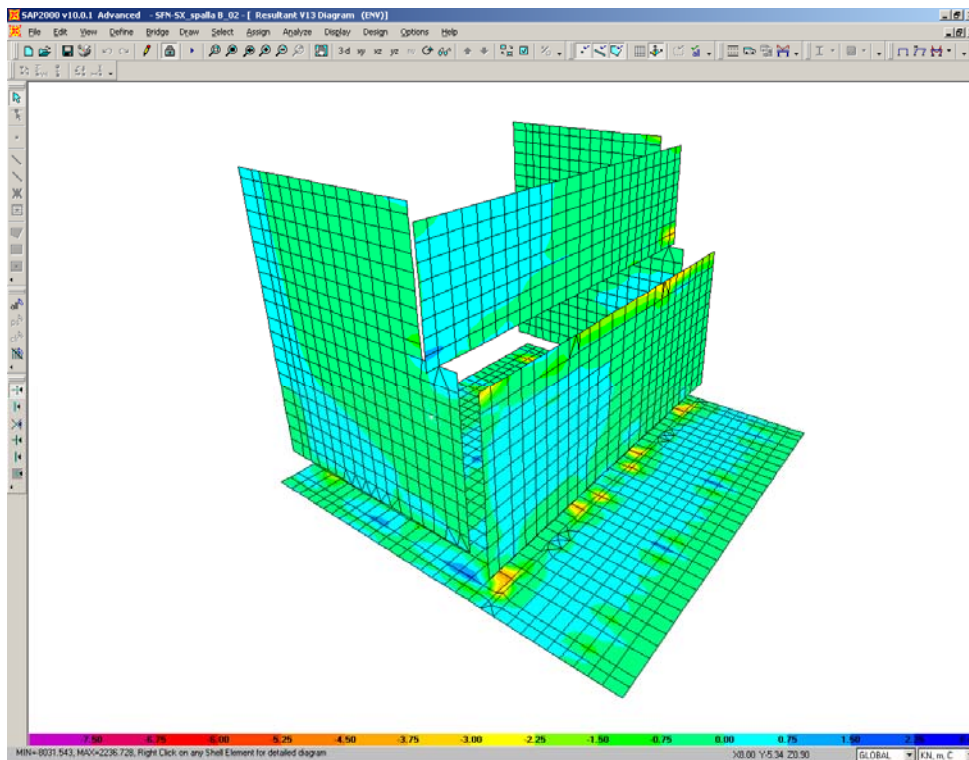
Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX

Pagina 57 di 69

Nome file: VI05-B-  
CL008\_A.00\_relazione\_calcolo\_spalle\_DX.doc  
c



V13max



V13min

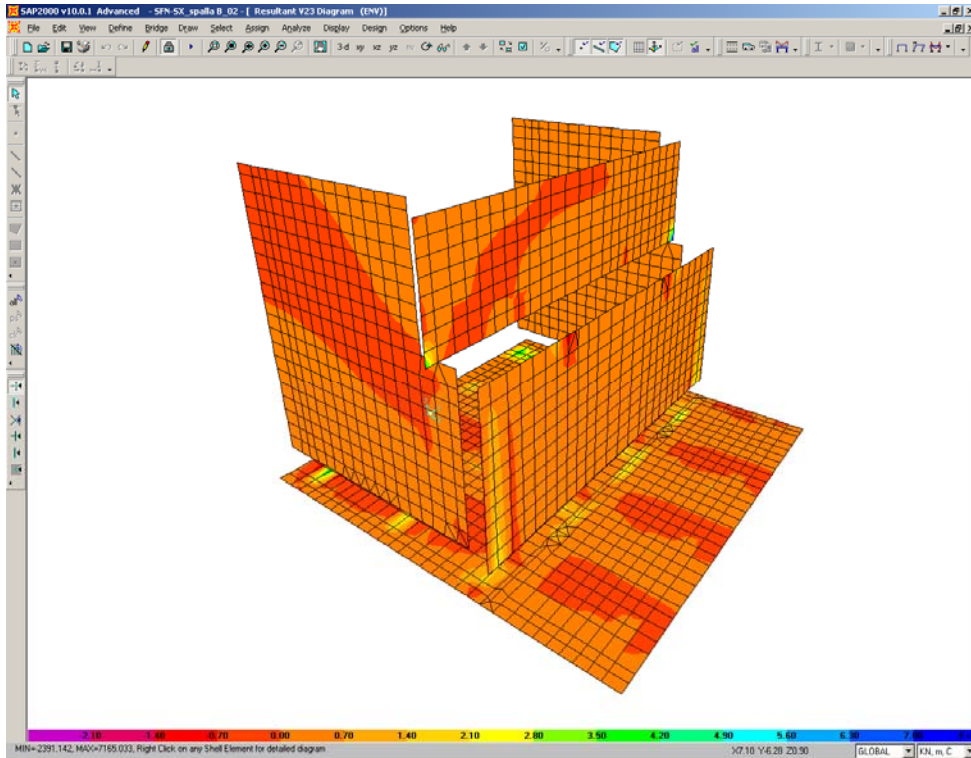
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto San Filippo Neri**

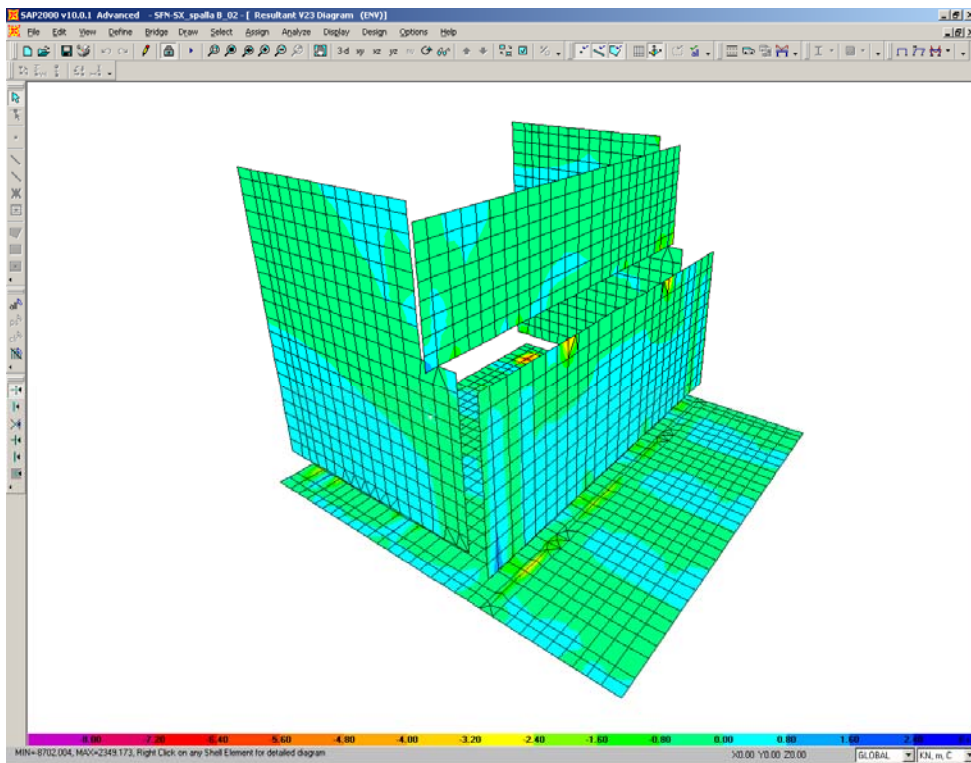
Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX

Pagina 58 di 69

Nome file: VI05-B-  
CL008\_A.00\_relazione\_calcolo\_spalle\_DX.doc  
c

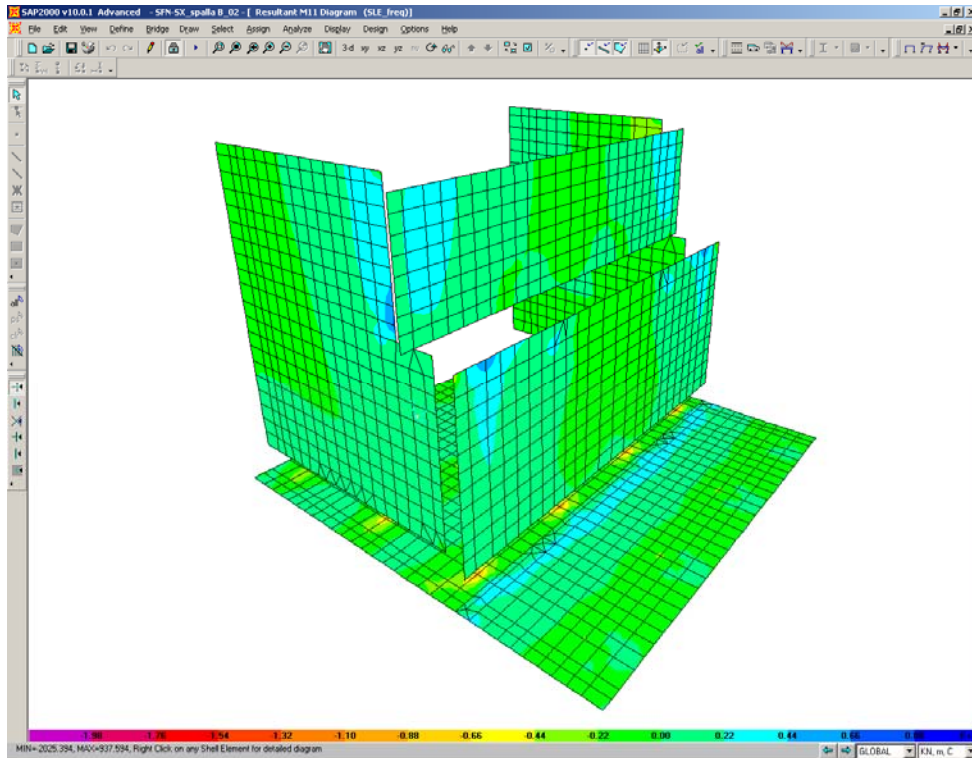


V23max

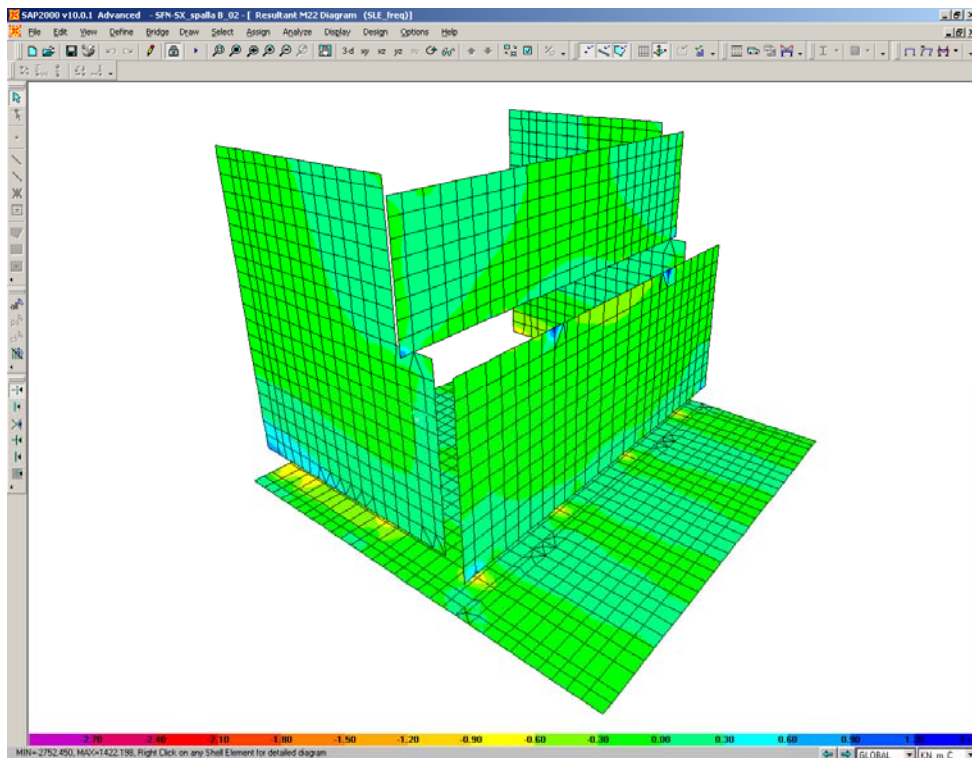


V23min

Sono ora presentate le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11, M22) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite di esercizio (combinazioni frequenti), necessarie per effettuare le verifiche a fessurazione.

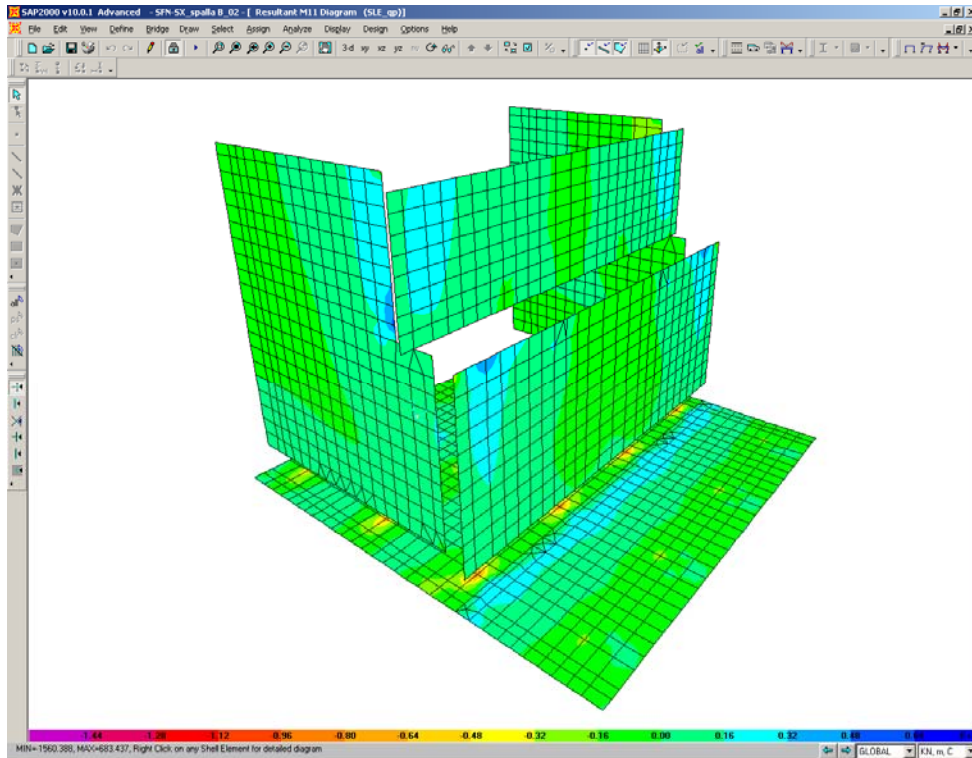


M11

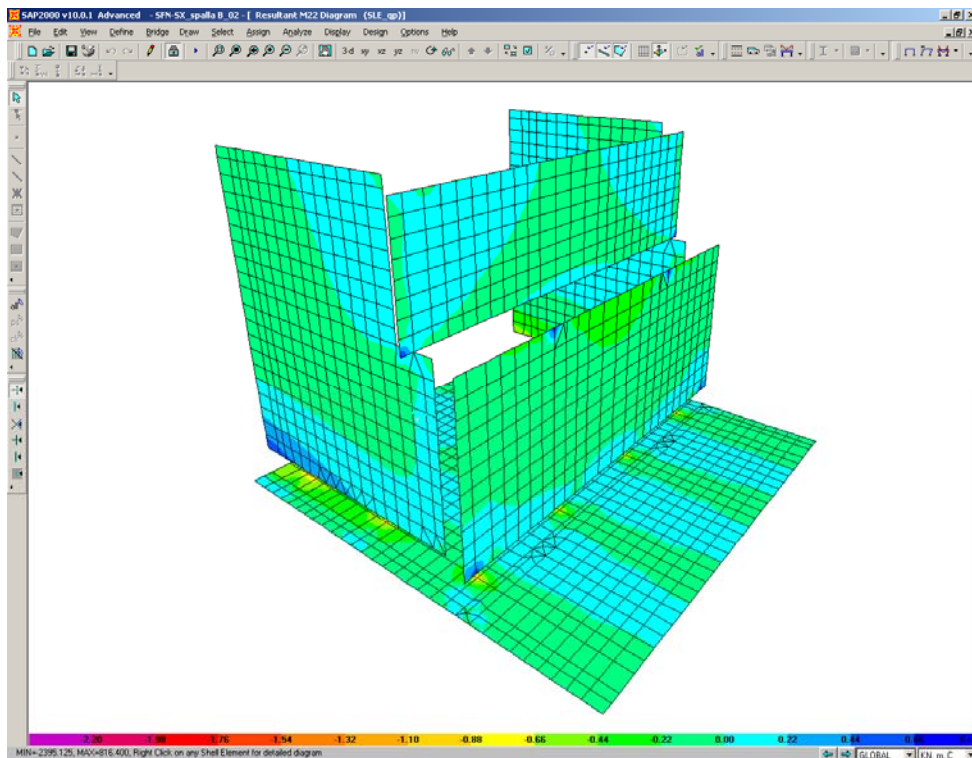


M22

Infine si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11, M22) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite di esercizio (combinazioni quasi permanenti), necessarie anch'esse per effettuare le verifiche a fessurazione.



M11



M22

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 61 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

## 7.5 ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI

Sulla base delle sollecitazioni ottenute è stata disposta la seguente armatura a flessione, avendo di cura di definire due sezioni per il muro andatore, una che si estende per 2.00 m in altezza a partire dall'estradosso del plinto ed un'altra che considera la restante parte di muro.

		Armatura Lato terra				Ferri		Armatura Lato fuori terra			
		A <sub>res,1</sub>		A <sub>res,2</sub>	A <sub>res,TOT</sub>			A <sub>res,1</sub>		A <sub>res,2</sub>	A <sub>res,TOT</sub>
		[cm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]			[cm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]
plinto	X	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
	Y	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
front	Z	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
trave	Y	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
paragh	Z	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
muro	X	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
and inf	Z	5 Φ 22	19.0 +	5 Φ 22	19.0	38.0	5 Φ 16	10.1 +	5 Φ 16	10.1	20.1
muro	X	5 Φ 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1 +	0 Φ 0	0.0	10.1
and sup	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

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

## 7.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

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

Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei momenti resistenti:

		M <sub>Ed</sub> <sup>ter</sup>	M <sub>Rd</sub> <sup>ter</sup>		M <sub>Ed</sub> <sup>f.ter</sup>	M <sub>Rd</sub> <sup>f.ter</sup>	
		[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
plinto	X	625	1281	OK	640	861	OK
	Y	1100	1114	OK	320	750	OK
muro	Y	520	760	OK	480	760	OK
front	Z	605	856	OK	460	856	OK
trave	Y	830	840	OK	430	448	OK
paragh	Z	75	440	OK	85	440	OK
muro	X	310	546	OK	105	292	OK
and inf	Z	1030	1088	OK	575	613	OK
muro	X	510	546	OK	115	292	OK
and sup	Z	260	528	OK	155	284	OK

### 7.6.2 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

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 62 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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

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

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 fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
<b>Sollecitazioni</b>								
V	=	960	1210	730	610	620	kN	taglio di calcolo
N	=	0	110	0	149	0	kN	sforzo assiale di calcolo
<b>Geometria</b>								
h	=	1800	2000	1200	800	800	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	770	770	mm	altezza utile della sezione
$b_w$	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
<b>Materiali</b>								
$R_{ck}$	=	35	35	35	35	35		resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	3.40	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cd}'$	=	1.70	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>								
$\varnothing_w$	=	20	14	14	14	14	mm	diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n_{br}$	=	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5		numero bracci
$A_{sw}$	=	628.32	384.85	384.85	384.85	384.85	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
$\text{ctg} \vartheta$	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	0.000	0.055	0.000	0.186	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.000	0.055	0.000	0.186	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
$\alpha_c$	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
$V_{Rsd}$	=	979.2	1668.7	991.1	652.2	652.2	kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	1935.5	10458.4	6190.8	4120.4	4074.3	kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	979.2	1668.7	991.1	652.2	652.2	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.02	1.38	1.36	1.07	1.05		

Si considera agente come sforzo assiale sul muro frontale il peso della trave paraghiaia e sul muro andatore inferiore il peso della porzione di muro andatore sovrastante.



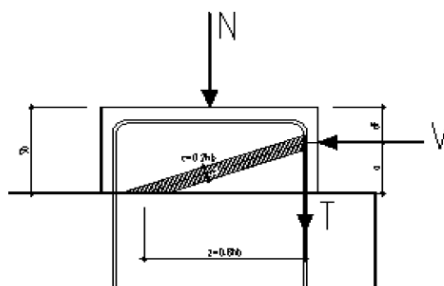




CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 65 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

## 8 BAGGIOLI

Il dimensionamento dell'armatura dei baggioli è stato eseguito ipotizzando un meccanismo resistente tirante-puntone, seguendo le indicazioni dell' EC2.



Tale dimensionamento viene eseguito prendendo a riferimento due distinte condizioni di carico: la prima relativa alla massima azione verticale trasmessa dall'impalcato e corrispondente azione trasversale; la seconda relativa alla massima azione trasversale e corrispondente azione verticale.

Inoltre, viene effettuata la verifica dell'armatura orizzontale considerando le forze di fenditura secondo quanto indicato nelle raccomandazioni FIP-CEB.

Nella verifica della pressione di contatto si può osservare che le pressioni possono raggiungere valori molto elevati, prossimi a quelli della resistenza del calcestruzzo, a patto però che l'area caricata sia opportunamente distanziata dal bordo del calcestruzzo. In tal caso la diffusione del carico all'interno dell'elemento in calcestruzzo genera tensioni di trazione perpendicolari alla direzione del carico e bisogna predisporre un'opportuna armatura. L'armatura può essere calcolata mediante la seguente formulazione (FIP-CEB):

$$T = \frac{N}{3.3} \cdot \left( \frac{b - b_0}{b} \right)$$

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

b<sub>0</sub> = larghezza dell'appoggio

### RIEPILOGO Baggioli più sollecitati combinazione

	Nmax	Vmax
Fz	4355	<b>1394</b>
Vx	<b>85</b>	453
baggiolo	<b>D4</b>	<b>D4</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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 66 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc c

### Bridge Cap - Strut & Tie Model (calcolo mensole tozze con $a < z/2$ )

#### Materiali

$R_{ck}$	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\beta_1$	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	18.00	18.00	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

#### Mensola

		D4	D4		
$F_{Ed}$	=	4355	1394	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	85	453	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

#### Geometria

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	300	300	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
$b_0$	=	950	950	mm	larghezza appoggio
$c$	=	30	30	mm	copriferro
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	4.3	22.9	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	214.0	214.0	mm	altezza biella compressa
$a$	=	302.1	311.4	mm	
$\alpha$	=	0.34	0.35	rad	

#### Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

$C$	=	90	482	kN	risultante di compressione
$T$	=	30	165	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	0.19	1.02	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	94.27	17.59		
$n$	=	6	6		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	923.6	923.6	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	32.40	178.39	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	12.08	2.19		

#### Verifiche a fenditura (armatura verticale)

$T$	=	180	58	kN	risultante forza di taglio
$A_s$	=	459.9	459.9	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria
$n_{str}$	=	2	2		numero strati
$n_{br}$	=	8	8		numero bracci x strato
$\emptyset_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$A_{sw}$	=	2463.0	2463.0	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
FS	=	5.36	5.36		

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 67 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

## 9 DISPOSITIVI ANTISISMICI

Vengono disposti degli isolatori elastomerici con l'obiettivo di migliorare la risposta della struttura in caso di eventi sismici. Essi consentono sostanzialmente di aumentare il periodo proprio della struttura, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, e di contenere lo spostamento orizzontale della struttura isolata. I dispositivi previsti presentano le seguenti caratteristiche:

V	<b>10980</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	<b>21220</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	<b>3.03</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	<b>2814</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	<b>0.300</b>	m	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>q</sub>	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	<b>1049</b>	kg	peso dell'isolatore

A partire dal modello di calcolo globale sono state determinate le massime azioni verticali in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori per verificarne la loro portanza.

### AZIONI sugli APPOGGI

Azioni trasmesse dall'impalcato								spalla
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	G1+G2	0	0	1507	0	0	0	spalla A
D1	E2	18	0	-140	0	0	0	
D1	E3	69	0	-75	0	0	0	
D1	Q1	0	0	1787	0	0	0	
D1	Q5	0	86	15	0	0	0	
D1	Q7	15	0	0	0	0	0	
S1	G1+G2	0	0	1507	0	0	0	
S1	E2	18	0	-140	0	0	0	spalla B
S1	E3	69	0	-75	0	0	0	
S1	Q1	0	0	1509	0	0	0	
S1	Q5	0	86	20	0	0	0	
S1	Q7	15	0	0	0	0	0	
D4	G1+G2	0	0	1507	0	0	0	
D4	E2	18	0	-140	0	0	0	
D4	E3	69	0	-87	0	0	0	spalla B
D4	Q1	0	0	1787	0	0	0	
D4	Q5	0	86	14	0	0	0	
D4	Q7	15	0	0	0	0	0	
S4	G1+G2	0	0	1507	0	0	0	
S4	E2	18	0	-140	0	0	0	
S4	E3	69	0	-87	0	0	0	
S4	Q1	0	0	1509	0	0	0	spalla B
S4	Q5	0	86	21	0	0	0	
S4	Q7	15	0	0	0	0	0	

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>Viadotto San Filippo Neri</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. DX
	Pagina 68 di 69
	Nome file: VI05-B- CL008_A.00_relazione_calcolo_spalle_DX.do c

#### Azione sismica SLC

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	Q6	117	31	49	0	0	0	spalla A
S1	Q6	117	31	49	0	0	0	
D4	Q6	117	31	49	0	0	0	spalla B
S4	Q6	117	31	49	0	0	0	

#### Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica SLC, max Fz)

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	E	179	31	1454	0	0	0	spalla A
S1	E	179	31	1454	0	0	0	
D4	E	179	31	1460	0	0	0	spalla B
S4	E	179	31	1460	0	0	0	
		<b>179</b>	<b>31</b>	<b>1460</b>				

#### Azioni totali sugli appoggi (Combinazione fondamentale)

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	SLU	85	77	4347	0	0	0	spalla A
S1	SLU	85	77	3977	0	0	0	
D4	SLU	85	77	4355	0	0	0	spalla B
S4	SLU	85	77	3987	0	0	0	
		<b>85</b>	<b>77</b>	<b>4355</b>				

Come si può vedere dalle tabelle precedenti i massimi carichi verticali agenti nelle due combinazioni risultano compatibili con il massimo carico che può sopportare il dispositivo in fase di sisma ed allo S.L.U. Gli spostamenti orizzontali subiti dall'isolatore, dovuti a quei singoli casi di carico che determinano spostamenti sul piano X-Y, sono stati valutati come rapporto tra la sollecitazione prodotta dal caso di carico nella direzione X o Y e la rigidità orizzontale equivalente dell'isolatore. Gli spostamenti nelle due direzioni sono stati infine combinati vettorialmente per le due combinazioni da verificare.

#### S.L.C.

	D1	S1	D4	S4	
d <sub>Q6,x</sub>	0.1292	0.1292	0.1292	0.1292	m spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d <sub>Q6,y</sub>	0.0344	0.0344	0.0343	0.0343	m spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d <sub>E2,x</sub>	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	m dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.0227	0.0227	0.0228	0.0228	m dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>E,tot</sub>	0.1504	0.1504	0.1504	0.1504	m spostamento longitudinale totale dell'impalcato

#### S.L.U.

	D1	S1	D4	S4	
d <sub>E2,x</sub>	0.0059	0.0059	0.0059	0.0059	m dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.0227	0.0227	0.0228	0.0228	m dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>Q1,y</sub>	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	m spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
d <sub>Q5,y</sub>	0.0282	0.0282	0.0283	0.0283	m spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
d <sub>E,tot</sub>	0.0348	0.0348	0.0350	0.0350	m spostamento longitudinale totale dell'impalcato

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 151 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.