

# 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 Salso

### Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 9 V I 2 1 5 V I 1 5 B C L 0 1 3 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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 1 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 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> .....	5
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
<b>2</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A</b> .....	<b>7</b>
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	9
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	9
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	12
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	12
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA .....	13
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B</b> .....	<b>16</b>
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	18
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	18
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	21
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	21
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA .....	22
<b>4</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA C</b> .....	<b>25</b>
4.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	27
4.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	27
4.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	30
4.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	30
4.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA .....	31
<b>5</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A</b> .....	<b>34</b>
5.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	34
5.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i> .....	35
5.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i> .....	36
5.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i> .....	37
5.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i> .....	39
5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI.....	40
5.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i> .....	40
5.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i> .....	43
<b>6</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B</b> .....	<b>44</b>
6.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	44
6.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i> .....	45
6.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i> .....	46
6.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i> .....	47
6.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i> .....	49
6.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI.....	50
6.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i> .....	50
6.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i> .....	53
<b>7</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA C</b> .....	<b>54</b>
7.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	54
7.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i> .....	55
7.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i> .....	56

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 2 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

7.1.3	S.L.E. – Fessurazione.....	58
7.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni.....	59
7.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI.....	60
7.2.1	S.L.U. – Verifica a carico limite verticale.....	60
7.2.2	S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale.....	63
<b>8</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A.....</b>	<b>64</b>
8.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	65
8.2	ANALISI DEI CARICHI.....	65
8.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	66
8.4	SOLLECITAZIONI.....	67
8.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI.....	74
8.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	74
8.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	74
8.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	75
8.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	76
<b>9</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B.....</b>	<b>79</b>
9.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	79
9.2	ANALISI DEI CARICHI.....	80
9.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	80
9.4	SOLLECITAZIONI.....	81
9.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI.....	88
9.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	88
9.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	88
9.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	89
9.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	90
<b>10</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA C.....</b>	<b>93</b>
10.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	93
10.2	ANALISI DEI CARICHI.....	94
10.3	COMBINAZIONI DI CARICO.....	94
10.4	SOLLECITAZIONI.....	95
10.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI.....	102
10.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	102
10.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	102
10.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	103
10.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	104
<b>11</b>	<b>BAGGIOLI.....</b>	<b>108</b>
<b>12</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI.....</b>	<b>110</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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 3 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

# 1 GENERALITÀ

## 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata destra del viadotto Salso, 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: XD3;
- zattere spalle: XD3;
- 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 C32/40

$R_{ck}$	=	<b>40</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	27.56	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	4.03	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2.69	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 4 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

#### ZATTERA SPALLE 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 S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

#### 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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 5 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

#### 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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 6 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_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

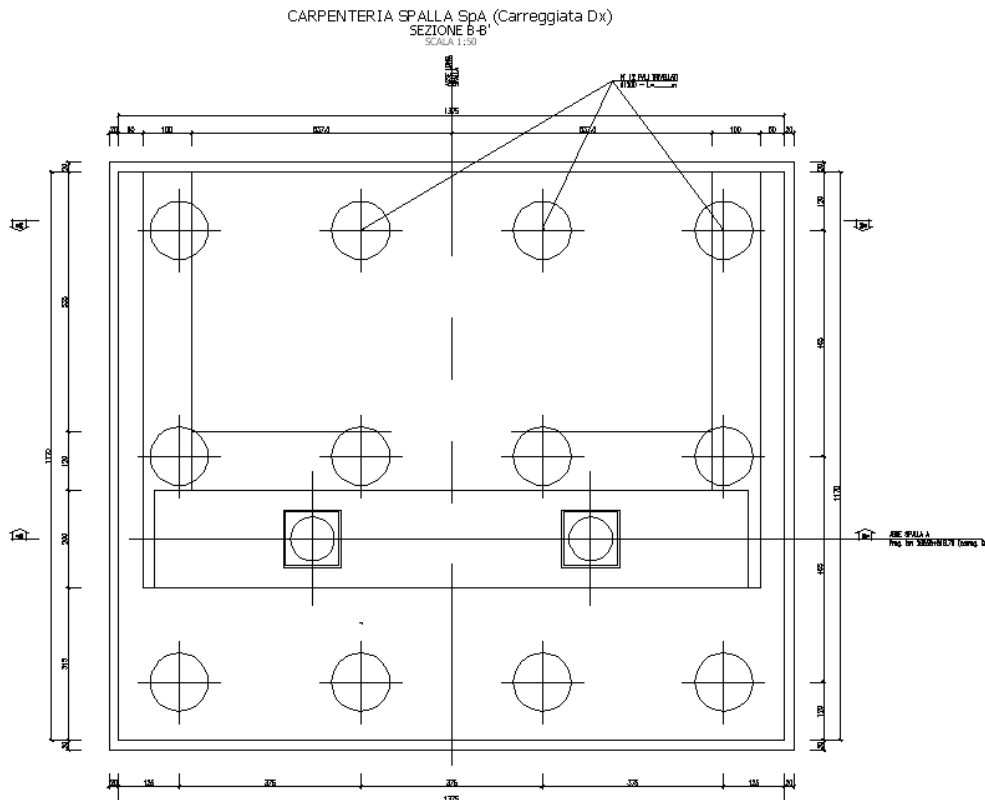
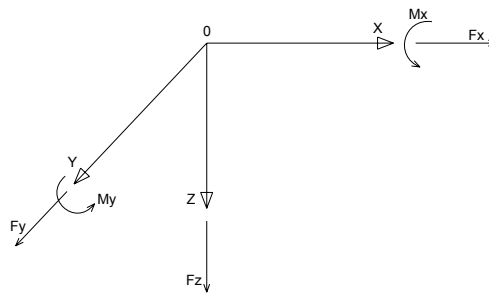


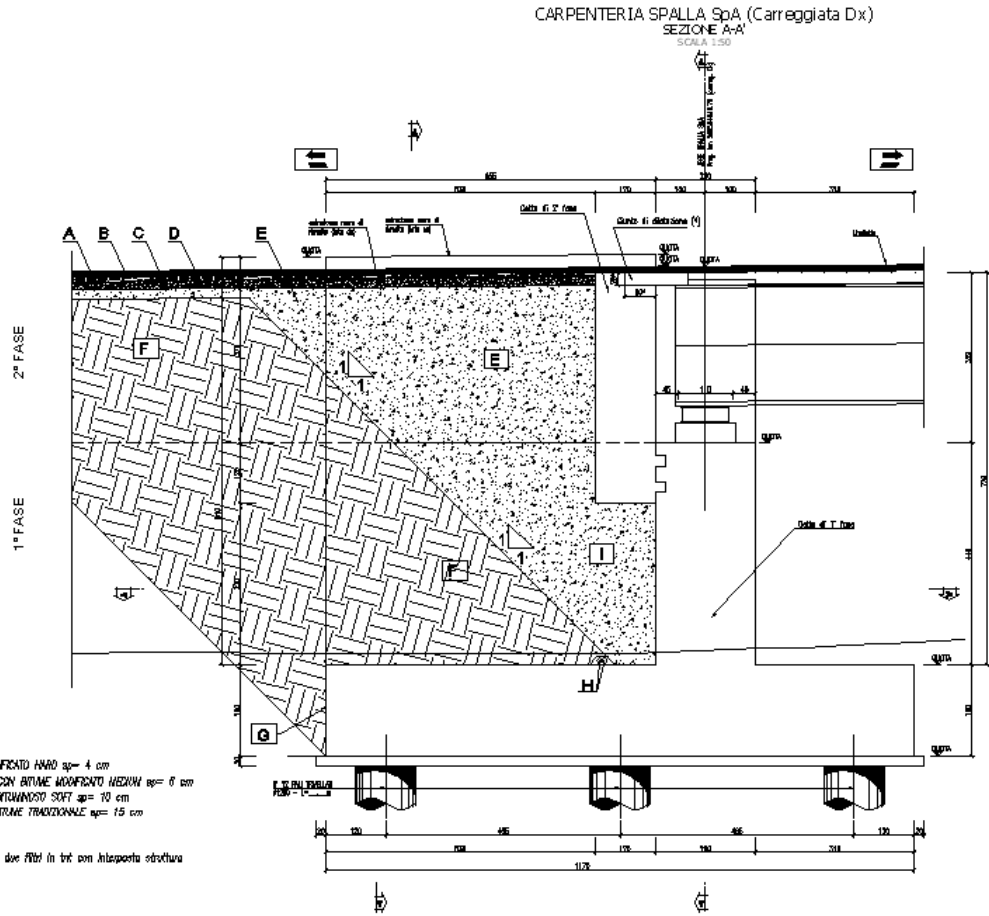
## 2 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A

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.





### 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	11.70	13.75	1.80	-	289.6	5.85	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	4.40	-	112.2	7.55	0.00	-4.00
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	4.60	-	70.4	5.95	0.00	-7.30
muro laterale sx	1	6.55	1.00	8.05	-	52.7	3.28	5.88	-5.83
muro laterale dx	1	6.55	1.00	8.05	-	52.7	3.28	-5.88	-5.83
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-8.58
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-9.35
baggioli	2	1.10	1.10	0.40	-	0.97	7.55	0.00	-6.40
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	7.55	0.00	-6.78
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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 9 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 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.

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

Coordinate baricentro appoggi

x	=	7.55 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.78 m	coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	58	8	2103	53	58	peso proprio impalcato
g2	17	2	647	93	17	permanenti portati
e2	68	3	-174	35	68	ritiro
e3.6	238	8	205	54	238	temperatura - massima azione verticale
e3.8	719	18	-144	16	719	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	27	9	2253	1030	21	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	15	1	1582	5321	2	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	36	1	-2	2	36	frenatura
q4	13	0	-1	1	13	azione centrifuga
q5	67	219	6	750	67	azione del vento trasversale
q6.1x	982	129	-63	425	982	sisma longitudinale
q6.1y	318	333	-30	1132	318	sisma trasversale
q6.1z	296	103	-77	348	296	sisma verticale
q7	28	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 ( $g_1$ ), 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	=	7239.4 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2805.0 kN	muro frontale
g1.3	=	1759.5 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1318.2 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1318.2 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	24.2 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>14474.7</b> kN	azione verticale
x	=	5.73 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.19 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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 10 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	619.5 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>11151.9</b> kN	peso del terreno
x	=	3.28 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.83 m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

		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	=	10.80	9	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>5707.4</b>	<b>3963.5</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.60	-4.80	m	coordinata z punto di applicazione

### 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	=	10.80	9.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>1174.4</b>	<b>978.6</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.40	-6.30	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	6.55	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>1670.3</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.28	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 11 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

#### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g$	=	<b>0.098</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
$a_{max}$	=	0.147 g	accelerazione massima
$K_h$	=	0.147	coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.074	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	=	10.80	9.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$		<b>3935.0</b>	<b>2732.7</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
$\beta$	=	<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
$\theta$	=	7.80	7.80	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.806	0.806		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	9138	6346	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	<b>3430.4</b>	<b>2382.2</b>	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
$\Delta P$	=	<b>3935.0</b>	<b>2732.7</b>	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.40	-6.30	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	1064	5.85	0.00	-0.90
muro frontale	412	7.55	0.00	-4.00
paraghiaia	259	5.95	0.00	-7.30
muro laterale sx	194	3.28	5.88	-5.83
muro laterale dx	194	3.28	-5.88	-5.83
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-8.58
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-9.35
baggioli	4	7.55	0.00	-6.40
apparecchi di appoggio	2	7.55	0.00	-6.78
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1639	3.28	0.00	-5.83
risultante intradosso plinto	<b>3767</b>	4.66	0.00	-4.34
risultante base muro frontale	<b>1062</b>	5.60	0.00	-5.48





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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 14 di 112
	Nome file: VI15-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
Fx	9476	10052	9354	9931	9463	10040	9342	9919	14670	14910	6303	6544	6282	6522
Fy	235	246	-160	-148	226	238	-168	-157	147	152	4118	4123	120	125
Fz	42323	41905	42312	41894	41644	41226	41632	41214	28242	28067	28275	28100	30112	29938
Mx	3611	3646	-410	-375	7897	7932	3876	3911	1631	1646	20053	20067	1372	1387
My	-2288	-4907	-1568	-4186	-1069	-3688	-348	-2967	-39377	-40469	1988	897	4431	3340

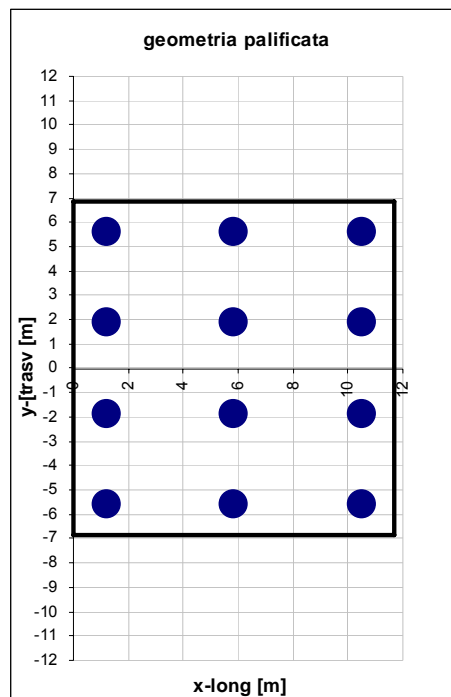
	S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp							
Fx	6951	7240	6870	7159	6919	7208	6838	7127	6924	7213	6897	7186	6892	7181	6865	7154	5986	6226
Fy	157	163	-106	-100	150	155	-113	-107	69	75	-18	-12	62	68	-26	-20	18	23
Fz	31272	31063	31264	31055	28396	28187	28388	28179	31269	31060	31267	31058	28393	28184	28391	28182	28305	28131
Mx	2500	2517	-181	-163	-2313	-2296	-4994	-4977	1606	1624	713	730	-3207	-3190	-4100	-4083	329	344
My	-1168	-2478	-688	-1998	3920	2610	4400	3091	-1008	-2318	-848	-2158	4080	2771	4240	2931	3770	2679

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	trasv Jxi	long Jyi
1	1.20	5.63	-4.65	5.63	31.64	21.62
2	1.20	1.88	-4.65	1.88	3.52	21.62
3	1.20	-1.88	-4.65	-1.88	3.52	21.62
4	1.20	-5.63	-4.65	-5.63	31.64	21.62
5	5.85	5.63	0.00	5.63	31.64	0.00
6	5.85	1.88	0.00	1.88	3.52	0.00
7	5.85	-1.88	0.00	-1.88	3.52	0.00
8	5.85	-5.63	0.00	-5.63	31.64	0.00
9	10.50	5.63	4.65	5.63	31.64	21.62
10	10.50	1.88	4.65	1.88	3.52	21.62
11	10.50	-1.88	4.65	-1.88	3.52	21.62
12	10.50	-5.63	4.65	-5.63	31.64	21.62





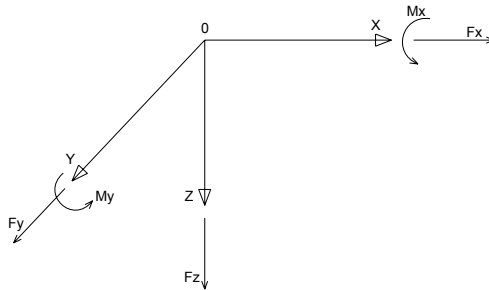


### 3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

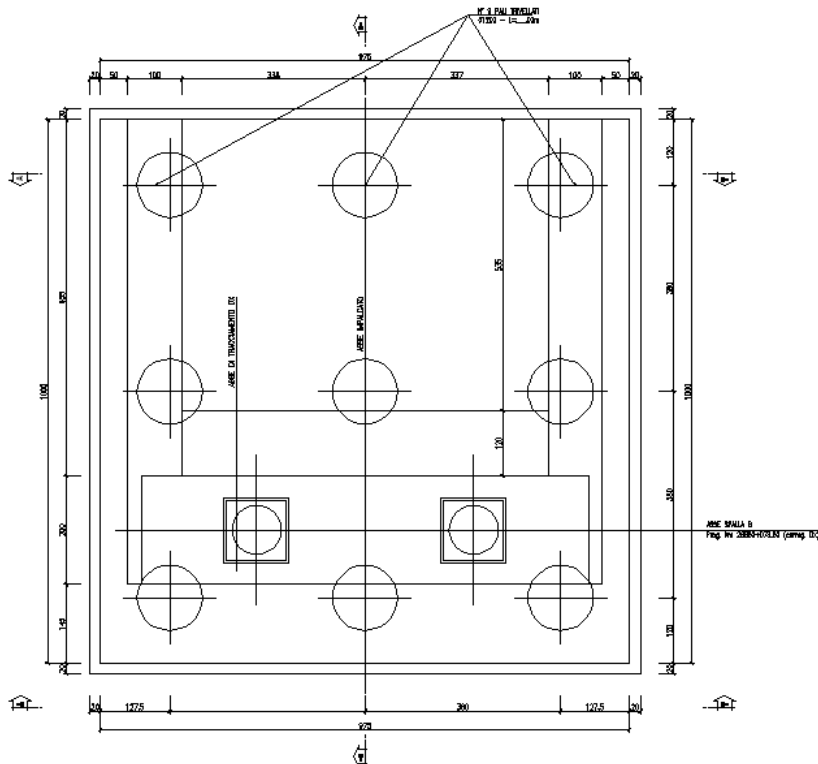
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla B della carreggiata destra.

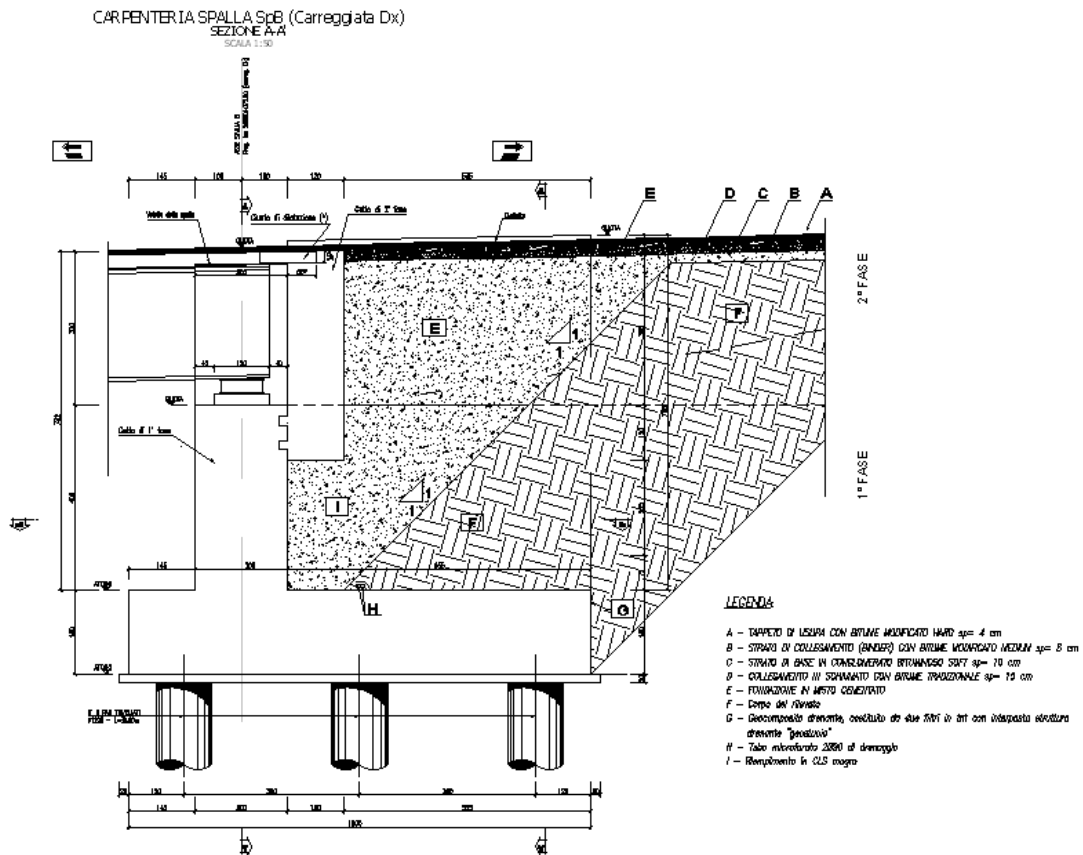
Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato parallelo alla direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso 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 SpB (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	10.00	9.75	1.80	-	175.5	5.00	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	8.75	4.00	-	70.0	7.55	0.00	-3.80
muro paraghiaia	1	1.20	8.75	4.50	-	47.3	5.95	0.00	-6.85
muro laterale sx	1	6.55	1.00	7.70	-	50.4	3.28	3.88	-5.65
muro laterale dx	1	6.55	1.00	7.70	-	50.4	3.28	-3.88	-5.65
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	3.63	-8.23
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-3.88	-9.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.25	-	0.61	7.55	0.00	-5.93
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	7.55	0.00	-6.23
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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 18 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### 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.

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

Coordinate baricentro appoggi

x	=	7.55 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.23 m	coordinata z

	<b>Fx</b> [kN]	<b>Fy</b> [kN]	<b>Fz</b> [kN]	<b>Mx</b> [kNm]	<b>My</b> [kNm]	
g1	27	20	1451	144	1	peso proprio impalcato
g2	10	6	478	94	9	permanenti portati
e2	27	10	-180	48	35	ritiro
e3.6	112	12	203	6	114	temperatura - massima azione verticale
e3.8	395	69	-156	9	408	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	42	9	1810	545	75	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	4	50	1051	2039	445	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	28	7	2	9	28	frenatura
q4	3	1	0	1	3	azione centrifuga
q5	45	167	-4	743	167	azione del vento trasversale
q6.1x	452	103	-39	322	483	sisma longitudinale
q6.1y	152	317	-32	997	209	sisma trasversale
q6.1z	137	96	-59	301	151	sisma verticale
q7	19	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	=	4387.5 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1750.0 kN	muro frontale
g1.3	=	1181.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1260.9 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1260.9 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	15.1 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>9865.9</b> kN	azione verticale
x	=	5.13 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.36 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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 19 di 112
	Nome file: VI15-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	390.9 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>7035.7</b> kN	peso del terreno
x	=	3.28 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.65 m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

		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	=	10.30	8.5	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	8.75	8.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>3562.6</b>	<b>2426.2</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.43	-4.63	m	coordinata z punto di applicazione

### 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	=	10.30	8.50	m	altezza di spinta terreno
B	=	8.75	8.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>768.6</b>	<b>634.3</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.15	-6.05	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	6.55	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>1146.3</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.28	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 20 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

#### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g$	=	<b>0.098</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
$a_{max}$	=	0.147 g	accelerazione massima
$K_h$	=	0.147	coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.074	coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
$\gamma$	=	18	18	$kN/m^3$	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	10.30	8.50	m	altezza di spinta terreno
B	=	8.75	8.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$		<b>2456.2</b>	<b>1672.8</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
$\theta$	=	7.80	7.80	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.806	0.806		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	5704	3884	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	<b>2141.3</b>	<b>1458.3</b>	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
$\Delta P$	=	<b>2456.2</b>	<b>1672.8</b>	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.15	-6.05	m	coordinata z punto di applicazione

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

	forza d'inerzia	coord x	coord y	coord z
		p.to di applicaz	p.to di applicaz	p.to di applicaz
	<b>Fi</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
plinto	645	5.00	0.00	-0.90
muro frontale	257	7.55	0.00	-3.80
paraghiaia	174	5.95	0.00	-6.85
muro laterale sx	185	3.28	3.88	-5.65
muro laterale dx	185	3.28	-3.88	-5.65
bandiera sx	0	-1.40	3.63	-8.23
bandiera dx	0	-0.50	-3.88	-9.00
baggioli	2	7.55	0.00	-5.93
apparecchi di appoggio	2	7.55	0.00	-6.23
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1034	3.28	0.00	-5.65
risultante intradosso plinto	<b>2485</b>	4.36	0.00	-4.31
risultante base muro frontale	<b>805</b>	5.22	0.00	-5.31







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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 23 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

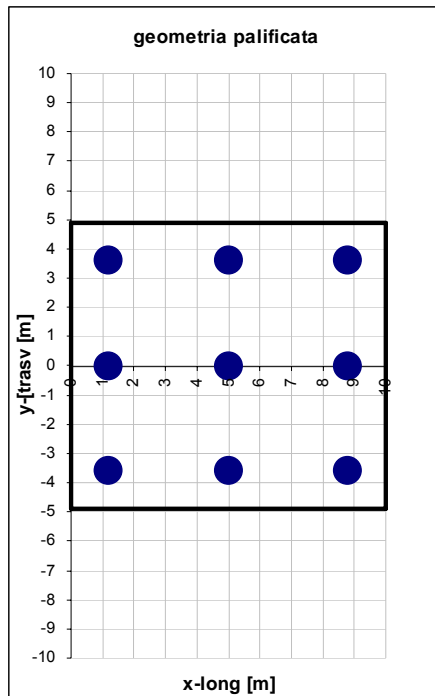
	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
Fx	4341	4510	4287	4456	4306	4475	4252	4421	4323	4492	4305	4474	4288	4457	4270	4439	3694	3836
Fy	151	185	-50	-16	107	142	-93	-59	84	118	17	51	40	75	-26	8	43	71
Fz	20987	20771	20992	20777	18841	18626	18847	18631	20989	20773	20990	20775	18843	18628	18845	18629	18752	18572
Mx	2085	2300	-57	157	-125	90	-2267	-2053	1371	1586	657	872	-839	-624	-1553	-1338	557	735
My	-12100	-12429	-11977	-12306	-6803	-7132	-6681	-7010	-12059	-12388	-12018	-12347	-6762	-7091	-6722	-7050	-6840	-7115

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	trasv Jxi	long Jyi
1	1.20	3.60	-3.80	3.60	12.96	14.44
2	1.20	0.00	-3.80	0.00	0.00	14.44
3	1.20	-3.60	-3.80	-3.60	12.96	14.44
4	5.00	3.60	0.00	3.60	12.96	0.00
5	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	5.00	-3.60	0.00	-3.60	12.96	0.00
7	8.80	3.60	3.80	3.60	12.96	14.44
8	8.80	0.00	3.80	0.00	0.00	14.44
9	8.80	-3.60	3.80	-3.60	12.96	14.44



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 Salso**

Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 24 di 112

Nome file:  
 V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc

	q1									S.L.U.		q3						
	2590	2556	2450	2416	2736	2702	2596	2562	2564	2530	2424	2390	2674	2640	2534	2500		
1	2590	2556	2450	2416	2736	2702	2596	2562	2564	2530	2424	2390	2674	2640	2534	2500		
2	2444	2398	2453	2407	2481	2435	2490	2444	2424	2378	2433	2387	2452	2406	2461	2415		
3	2298	2240	2456	2398	2226	2168	2383	2325	2284	2226	2442	2384	2229	2172	2387	2329		
4	3406	3389	3258	3241	3401	3384	3253	3236	3290	3273	3142	3125	3266	3269	3138	3121		
5	3260	3231	3261	3232	3146	3117	3147	3118	3149	3121	3150	3122	3064	3035	3065	3036		
6	3114	3073	3263	3223	2891	2850	3040	3000	3009	2969	3159	3118	2842	2801	2991	2951		
7	4221	4222	4065	4066	4066	4067	3910	3911	4015	4015	3859	3859	3898	3899	3742	3743		
8	4075	4064	4068	4057	3811	3799	3804	3792	3875	3863	3867	3856	3676	3665	3669	3658		
9	3929	3906	4071	4048	3556	3532	3697	3674	3734	3711	3876	3853	3454	3431	3596	3572		
Nmax	<b>4221</b>	<b>4222</b>	<b>4071</b>	<b>4066</b>	<b>4066</b>	<b>4067</b>	<b>3910</b>	<b>3911</b>	<b>4015</b>	<b>4015</b>	<b>3876</b>	<b>3859</b>	<b>3898</b>	<b>3899</b>	<b>3742</b>	<b>3743</b>		
TAGLIO																		
taglio Vx	681	703	672	694	675	697	666	688	655	677	646	668	651	673	642	664		
taglio Vy	24	29	-9	-5	31	35	-3	2	25	30	-8	-4	30	34	-4	1		
V	681	704	672	694	676	698	666	688	655	678	646	668	651	674	642	664		

	q4									S.L.U.		q5						
	2570	2536	2430	2396	2679	2645	2539	2505	2617	2583	2384	2350	2727	2692	2494	2459		
1	2570	2536	2430	2396	2679	2645	2539	2505	2617	2583	2384	2350	2727	2692	2494	2459		
2	2433	2387	2442	2396	2460	2414	2469	2423	2431	2385	2446	2400	2458	2412	2473	2427		
3	2296	2238	2454	2396	2241	2183	2399	2341	2245	2187	2507	2450	2190	2132	2453	2395		
4	3286	3269	3138	3121	3282	3266	3135	3118	3335	3318	3088	3072	3331	3315	3085	3068		
5	3149	3120	3150	3121	3064	3035	3064	3036	3149	3120	3150	3121	3063	3035	3065	3036		
6	3012	2971	3162	3121	2845	2804	2994	2954	2962	2922	3212	3171	2795	2754	3044	3004		
7	4002	4003	3846	3847	3886	3886	3730	3730	4053	4053	3793	3793	3936	3937	3676	3677		
8	3865	3854	3858	3847	3667	3655	3660	3648	3866	3855	3854	3843	3668	3657	3656	3645		
9	3728	3705	3870	3846	3448	3425	3589	3566	3680	3657	3916	3893	3400	3377	3636	3613		
Nmax	<b>4002</b>	<b>4003</b>	<b>3870</b>	<b>3847</b>	<b>3886</b>	<b>3886</b>	<b>3730</b>	<b>3730</b>	<b>4053</b>	<b>4053</b>	<b>3916</b>	<b>3893</b>	<b>3936</b>	<b>3937</b>	<b>3676</b>	<b>3677</b>		
TAGLIO																		
taglio Vx	651	673	642	664	646	669	637	660	653	676	638	661	649	671	634	656		
taglio Vy	24	29	-9	-5	29	33	-5	0	35	40	-21	-16	40	44	-16	-11		
V	651	674	642	664	647	670	637	660	654	677	638	661	650	673	634	657		

	S.L.U. e3								q6.x			S.L.V. q6.y		q6.z		
	2560	2503	2420	2363	2669	2613	2530	2473	727	703	2410	2387	1993	1969		
1	2560	2503	2420	2363	2669	2613	2530	2473	727	703	2410	2387	1993	1969		
2	2421	2345	2430	2354	2449	2372	2458	2381	657	625	1751	1719	1926	1894		
3	2283	2186	2441	2344	2229	2132	2386	2290	587	546	1092	1052	1859	1818		
4	3298	3270	3150	3122	3295	3267	3147	3119	2149	2138	2739	2727	2282	2271		
5	3160	3112	3161	3113	3074	3026	3075	3027	2079	2059	2080	2060	2215	2195		
6	3021	2954	3171	3103	2854	2786	3004	2936	2009	1981	1421	1393	2148	2120		
7	4037	4037	3881	3881	3920	3921	3764	3765	3572	3572	3068	3068	2572	2572		
8	3898	3879	3891	3872	3700	3681	3693	3674	3501	3494	2409	2401	2504	2496		
9	3760	3721	3901	3862	3479	3440	3621	3582	3431	3415	1750	1733	2437	2421		
Nmax	<b>4037</b>	<b>4037</b>	<b>3901</b>	<b>3881</b>	<b>3920</b>	<b>3921</b>	<b>3764</b>	<b>3765</b>	<b>3572</b>	<b>3572</b>	<b>3068</b>	<b>3068</b>	<b>2572</b>	<b>2572</b>		
TAGLIO																
taglio Vx	656	694	647	685	652	690	643	681	1010	1025	427	443	426	441		
taglio Vy	25	32	-9	-1	29	37	-4	3	16	19	316	319	15	19		
V	657	695	647	685	653	691	643	681	1010	1026	532	546	426	442		

	S.L.car									S.L.E.									S.L.freq			S.L.qp	
	1898	1869	1804	1776	1789	1761	1696	1668	1867	1838	1836	1807	1758	1730	1727	1699	1809	1786					
1	1898	1869	1804	1776	1789	1761	1696	1668	1867	1838	1836	1807	1758	1730	1727	1699	1809	1786					
2	1801	1763	1807	1769	1795	1757	1801	1763	1803	1765	1805	1767	1797	1759	1799	1761	1784	1752					
3	1705	1656	1810	1761	1801	1753	1906	1858	1740	1691	1775	1726	1836	1788	1871	1823	1758	1718					
4	2428	2414	2330	2316	2088	2074	1989	1975	2396	2382	2363	2349	2055	2041	2022	2008	2109	2098					
5	2332	2308	2332	2309	2093	2070	2094	2070	2332	2308	2332	2308	2094	2070	2094	2070	2084	2064					
6	2235	2201	2335	2301	2099	2065	2199	2165	2269	2235	2302	2268	2133	2099	2166	2132	2058	2030					
7	2959	2960	2855	2856	2386	2387	2282	2283	2924	2925	2890	2890	2351	2352	2317	2317	2409	2410					
8	2863	2853	2858	2848	2392	2382	2387	2378	2861	2851	2859	2850	2390	2381	2389	2379	2384	2342					
9	2766	2747	2860	2841	2398	2378	2492	2473	2797	2778	2829	2810	2429	2410	2461	2441	2358	2376					
Nmax	<b>2959</b>	<b>2960</b>	<b>2860</b>	<b>2856</b>	<b>2398</b>	<b>2387</b>	<b>2492</b>	<b>2473</b>	<b>2924</b>	<b>2925</b>	<b>2890</b>	<b>2890</b>	<b>2429</b>	<b>2410</b>	<b>2461</b>	<b>2441</b>	<b>2409</b>	<b>2410</b>					
TAGLIO																							
taglio Vx	482	501	476	495	478	497	472	491	480	499	478	497	476	495	474	493	410	426					
taglio Vy	17	21	-6	-2	12	16	-10	-7	9	13	2	6	4	8	-3	1	5	8					
V	483	502	476	495	479	498	473	491	480	499	478	497	476	495	474	493	411	426					

**RIEPILOGO**

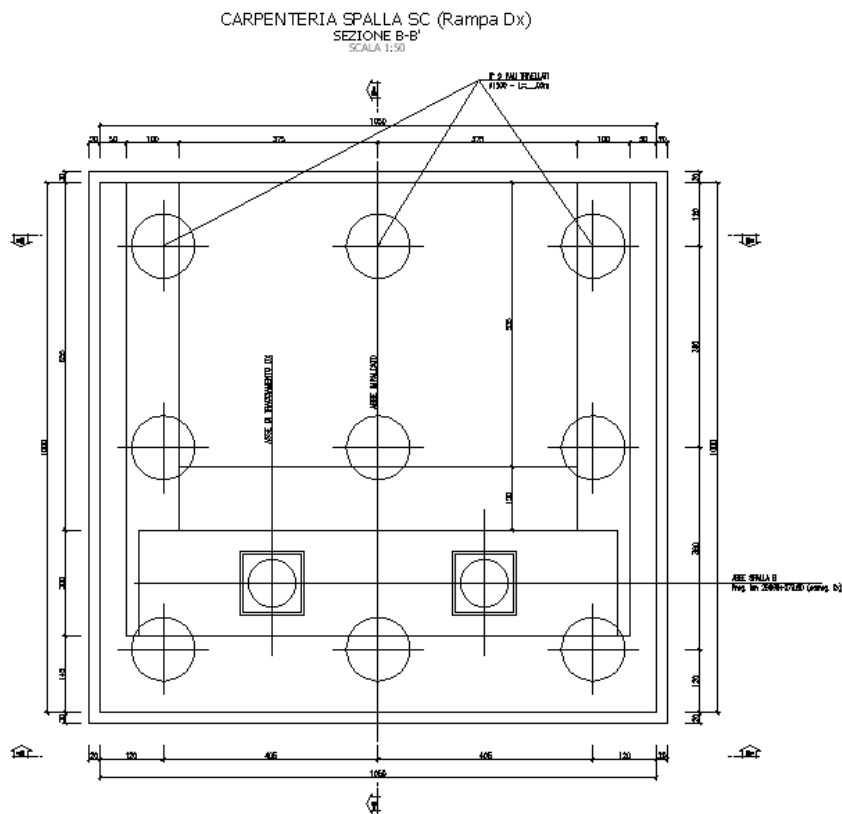
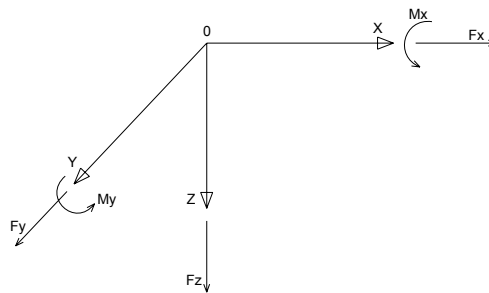
Nmax	4222	SLU	4222	SLV	3572	SLE	2960	kN
Nmin	546	SLU	2132	SLV	546	SLE	2960	kN
Vmax	1026	SLU	704	SLV	1026	SLE	502	kN

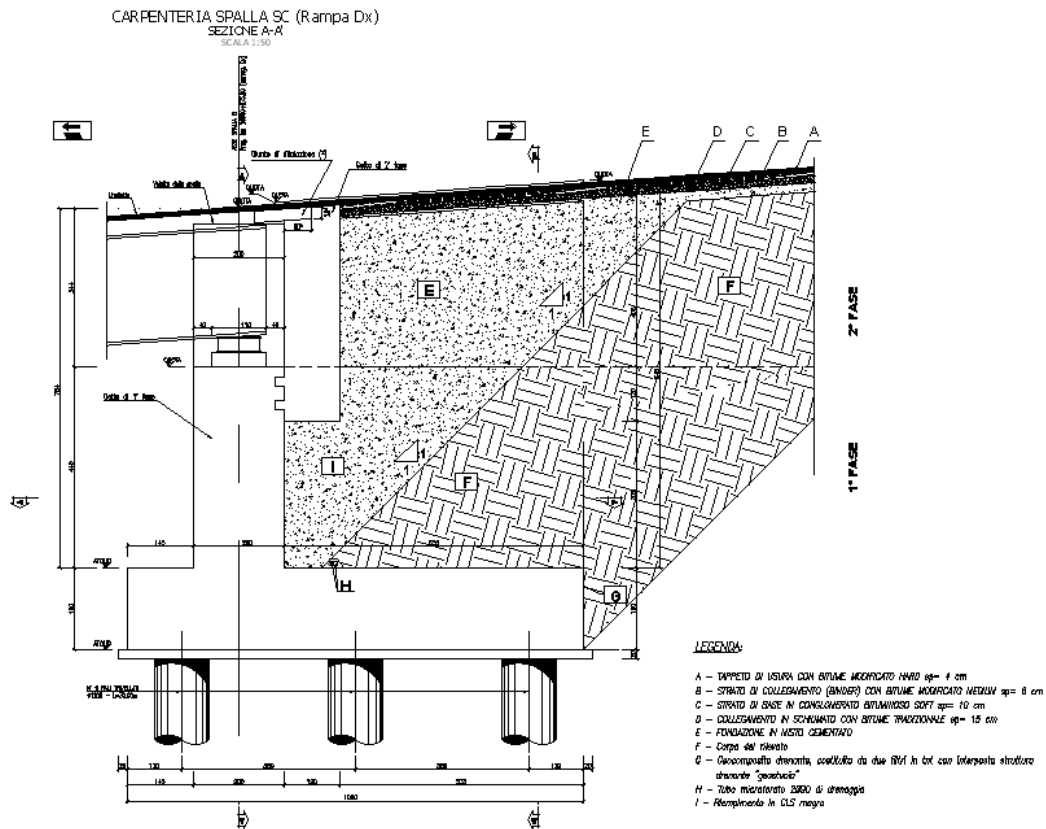
## 4 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA C

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





**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	10.00	10.50	1.80	-	189.0	5.00	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	9.50	4.40	-	83.6	7.55	0.00	-4.00
muro paraghiaia	1	1.20	9.50	4.65	-	53.0	5.95	0.00	-7.33
muro laterale sx	1	6.55	1.00	8.45	-	55.3	3.28	4.25	-6.03
muro laterale dx	1	6.55	1.00	8.45	-	55.3	3.28	-4.25	-6.03
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	4.00	-8.98
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-4.25	-9.75
baggioli	2	1.10	1.10	0.30	-	0.73	7.50	0.00	-6.35
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	7.50	0.00	-6.68
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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 27 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

#### 4.1 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.

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

Coordinate baricentro appoggi

x	=	7.50 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.68 m	coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	35	22	1441	159	103	peso proprio impalcato
g2	12	7	489	57	37	permanentemente portati
e2	8	25	-106	57	8	ritiro
e3.6	104	46	253	8	122	temperatura - massima azione verticale
e3.8	343	142	-236	70	378	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	0	20	1773	951	480	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	23	29	983	2089	1042	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	26	12	1	11	26	frenatura
q4	2	1	0	1	2	azione centrifuga
q5	0	0	0	0	0	azione del vento trasversale
q6.1x	404	137	-21	254	502	sisma longitudinale
q6.1y	165	267	-16	680	218	sisma trasversale
q6.1z	125	86	-33	219	161	sisma verticale
q7	19	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

#### 4.2 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 (g<sub>1</sub>)

γ <sub>cls</sub>	=	<b>25 kN/m<sup>3</sup></b>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	4725.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2090.0 kN	muro frontale
g1.3	=	1325.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1383.7 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1383.7 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	18.2 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>10936.1 kN</b>	azione verticale
x	=	5.17 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.58 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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 28 di 112
	Nome file: VI15-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	470.5 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>8468.2</b> kN	peso del terreno
x	=	3.28 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.03 m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

		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	=	9.50	9.50	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>4292.1</b>	<b>2986.1</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	6.55	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

### 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	=	9.50	9.50	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>879.1</b>	<b>733.2</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	6.55	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	=	6.55	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>1244.5</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.28	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 29 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

#### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g$	=	<b>0.098</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
$a_{max}$	=	0.147 g	accelerazione massima
$K_h$	=	0.147	coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.074	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	=	9.50	9.50	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$		<b>2959.2</b>	<b>2058.8</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
$\beta$	=	<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
$\theta$	=	7.80	7.80	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.806	0.806		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	6872	4781	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	<b>2579.7</b>	<b>1794.8</b>	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
$\Delta P$	=	<b>2959.2</b>	<b>2058.8</b>	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	6.55	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	695	5.00	0.00	-0.90
muro frontale	307	7.55	0.00	-4.00
paraghiaia	195	5.95	0.00	-7.33
muro laterale sx	203	3.28	4.25	-6.03
muro laterale dx	203	3.28	-4.25	-6.03
bandiera sx	0	-1.40	4.00	-8.98
bandiera dx	0	-0.50	-4.25	-9.75
baggioli	3	7.50	0.00	-6.35
apparecchi di appoggio	2	7.50	0.00	-6.68
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1245	3.28	0.00	-6.03
risultante intradosso plinto	<b>2852</b>	4.34	0.00	-4.65
risultante base muro frontale	<b>913</b>	5.29	0.00	-5.61







CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 32 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

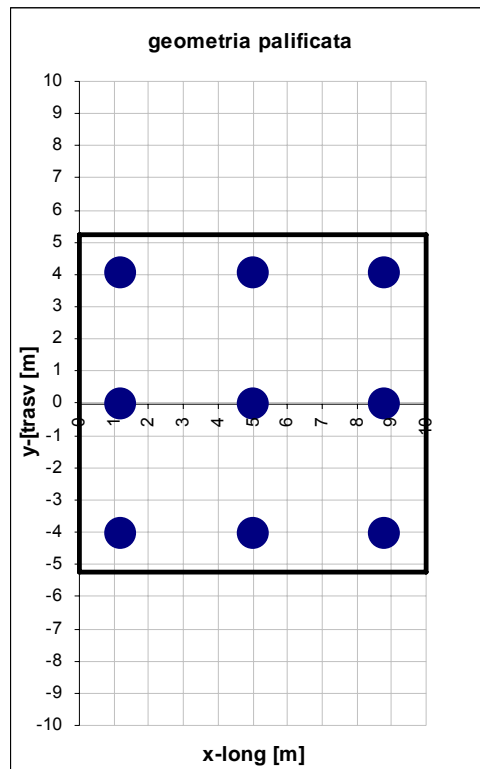
	S.L.car							S.L.E.							S.L.freq		S.L.qp	
Fx	5081	5224	5081	5224	5063	5207	5063	5207	5081	5224	5081	5224	5063	5207	5063	5207	4411	4531
Fy	95	153	95	153	58	116	58	116	95	153	95	153	58	116	58	116	76	124
Fz	23644	23350	23644	23350	21577	21283	21577	21283	23644	23350	23644	23350	21577	21283	21577	21283	21355	21111
Mx	1625	2047	1625	2047	-900	-478	-900	-478	1625	2047	1625	2047	-900	-478	-900	-478	782	1134
My	-13324	-13395	-13323	-13394	-9183	-9254	-9182	-9253	-13323	-13395	-13323	-13394	-9183	-9254	-9183	-9254	-8271	-8331

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	trasv	long
					Jxi	Jyi
1	1.20	4.05	-3.80	4.05	16.40	14.44
2	1.20	0.00	-3.80	0.00	0.00	14.44
3	1.20	-4.05	-3.80	-4.05	16.40	14.44
4	5.00	4.05	0.00	4.05	16.40	0.00
5	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	5.00	-4.05	0.00	-4.05	16.40	0.00
7	8.80	4.05	3.80	4.05	16.40	14.44
8	8.80	0.00	3.80	0.00	0.00	14.44
9	8.80	-4.05	3.80	-4.05	16.40	14.44



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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 33 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

SFORZO NORMALE PALO	q1								q3							
	1	2878	2856	2878	2856	2968	2946	2968	2946	2843	2821	2844	2821	2911	2889	2911
2	2775	2733	2776	2733	2798	2755	2798	2755	2750	2707	2750	2707	2767	2724	2767	2724
3	2673	2609	2673	2609	2629	2565	2629	2565	2657	2593	2657	2593	2624	2560	2624	2560
4	3762	3743	3762	3743	3710	3692	3710	3692	3639	3621	3639	3621	3600	3582	3600	3582
5	3659	3620	3659	3620	3540	3501	3540	3501	3546	3507	3546	3507	3457	3418	3457	3418
6	3556	3496	3556	3496	3371	3311	3371	3311	3452	3393	3453	3393	3313	3253	3313	3253
7	4645	4631	4645	4631	4452	4438	4452	4438	4435	4420	4435	4420	4290	4276	4290	4276
8	4542	4507	4542	4507	4283	4247	4283	4247	4342	4306	4342	4306	4147	4111	4147	4111
9	4440	4383	4440	4383	4113	4057	4113	4057	4248	4192	4248	4192	4003	3947	4003	3947
Nmax	<b>4645</b>	<b>4631</b>	<b>4645</b>	<b>4631</b>	<b>4452</b>	<b>4438</b>	<b>4452</b>	<b>4438</b>	<b>4435</b>	<b>4420</b>	<b>4435</b>	<b>4420</b>	<b>4290</b>	<b>4276</b>	<b>4290</b>	<b>4276</b>
TAGLIO																
taglio Vx	794	813	794	813	798	817	797	817	765	785	765	785	768	787	768	787
taglio Vy	14	22	14	22	16	23	16	23	15	23	15	23	17	24	16	24
V	794	814	794	814	798	817	798	817	766	785	766	785	768	787	768	787

SFORZO NORMALE PALO	q4								q5							
	1	2847	2825	2847	2825	2914	2892	2914	2892	2847	2825	2847	2825	2915	2893	2915
2	2759	2716	2759	2716	2776	2733	2776	2733	2760	2717	2760	2717	2777	2734	2777	2734
3	2670	2607	2671	2607	2637	2574	2637	2574	2672	2608	2672	2608	2639	2575	2639	2575
4	3634	3616	3634	3616	3595	3577	3595	3577	3634	3615	3634	3615	3595	3576	3595	3576
5	3546	3507	3546	3507	3457	3418	3457	3418	3546	3507	3546	3507	3457	3418	3457	3418
6	3457	3398	3458	3398	3318	3258	3318	3259	3458	3398	3458	3398	3319	3259	3319	3259
7	4421	4407	4421	4407	4276	4262	4276	4262	4420	4405	4420	4405	4275	4260	4275	4260
8	4333	4297	4333	4297	4138	4103	4138	4103	4332	4297	4332	4296	4137	4102	4137	4102
9	4245	4188	4245	4188	4000	3943	4000	3943	4244	4188	4244	4188	3999	3943	3999	3943
Nmax	<b>4421</b>	<b>4407</b>	<b>4421</b>	<b>4407</b>	<b>4276</b>	<b>4262</b>	<b>4276</b>	<b>4262</b>	<b>4420</b>	<b>4405</b>	<b>4420</b>	<b>4405</b>	<b>4275</b>	<b>4260</b>	<b>4275</b>	<b>4260</b>
TAGLIO																
taglio Vx	762	781	762	781	764	783	764	783	761	780	761	780	764	783	764	783
taglio Vy	14	21	14	21	15	22	15	22	13	21	13	21	15	22	14	22
V	762	781	762	781	764	784	764	784	761	781	761	781	764	783	764	783

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z			
	1	2842	2805	2842	2805	2909	2872	2909	2872	708	693	2650	2635	2245	2229	
2	2748	2676	2748	2676	2765	2693	2765	2694	628	598	1971	1941	2180	2150		
3	2654	2548	2654	2548	2621	2515	2621	2515	548	504	1292	1248	2115	2071		
4	3653	3623	3653	3623	3615	3584	3614	3584	2451	2438	3050	3037	2592	2580		
5	3559	3494	3559	3494	3470	3405	3470	3405	2370	2343	2371	2344	2528	2500		
6	3465	3365	3465	3365	3326	3226	3326	3226	2290	2249	1692	1650	2463	2421		
7	4465	4440	4465	4440	4320	4296	4320	4296	4193	4183	3450	3440	2940	2930		
8	4371	4312	4371	4312	4176	4117	4176	4117	4113	4088	2771	2746	2875	2851		
9	4277	4183	4277	4183	4032	3938	4032	3938	4032	3993	2092	2053	2811	2772		
Nmax	<b>4465</b>	<b>4440</b>	<b>4465</b>	<b>4440</b>	<b>4320</b>	<b>4296</b>	<b>4320</b>	<b>4296</b>	<b>4193</b>	<b>4183</b>	<b>3450</b>	<b>3440</b>	<b>2940</b>	<b>2930</b>		
TAGLIO																
taglio Vx	767	799	767	799	769	801	769	801	1181	1194	508	522	504	517		
taglio Vy	16	29	16	29	17	30	17	30	24	29	355	360	18	23		
V	767	799	767	799	769	802	769	802	1181	1194	620	634	504	518		

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp	
	1	2110	2091	2110	2091	1958	1939	1958	1939	2110	2091	2110	2091	1958	1939	1958	1939	2042	2027	
2	2043	2007	2043	2007	1895	1858	1895	1859	2043	2007	2043	2007	1895	1859	1895	1859	2010	1980		
3	1976	1923	1976	1923	2032	1979	2032	1979	1976	1923	1976	1923	2032	1979	2032	1979	1978	1934		
4	2694	2679	2694	2679	2360	2345	2360	2345	2694	2679	2694	2679	2360	2345	2360	2345	2405	2392		
5	2627	2594	2627	2594	2397	2365	2397	2365	2627	2594	2627	2594	2397	2365	2397	2365	2373	2346		
6	2560	2510	2560	2510	2434	2384	2434	2384	2560	2510	2560	2510	2434	2384	2434	2384	2341	2299		
7	3278	3266	3278	3266	2763	2751	2763	2751	3278	3266	3278	3266	2763	2751	2763	2751	2768	2758		
8	3211	3182	3211	3182	2800	2771	2800	2771	3211	3182	3211	3182	2800	2771	2800	2771	2736	2711		
9	3145	3098	3145	3098	2837	2790	2837	2790	3145	3098	3145	3098	2837	2790	2837	2790	2703	2664		
Nmax	<b>3278</b>	<b>3266</b>	<b>3278</b>	<b>3266</b>	<b>2837</b>	<b>2790</b>	<b>2837</b>	<b>2790</b>	<b>3278</b>	<b>3266</b>	<b>3278</b>	<b>3266</b>	<b>2837</b>	<b>2790</b>	<b>2837</b>	<b>2790</b>	<b>2768</b>	<b>2758</b>		
TAGLIO																				
taglio Vx	565	580	565	580	563	579	563	579	565	580	565	580	563	579	563	579	490	503		
taglio Vy	11	17	11	17	6	13	6	13	11	17	11	17	6	13	6	13	8	14		
V	565	581	565	581	563	579	563	579	565	581	565	581	563	579	563	579	490	504		

## RIEPILOGO

	SLU	SLV	SLE	
Nmax	4645	4645	4193	kN
Nmin	504	2515	504	kN
Vmax	1194	817	1194	kN

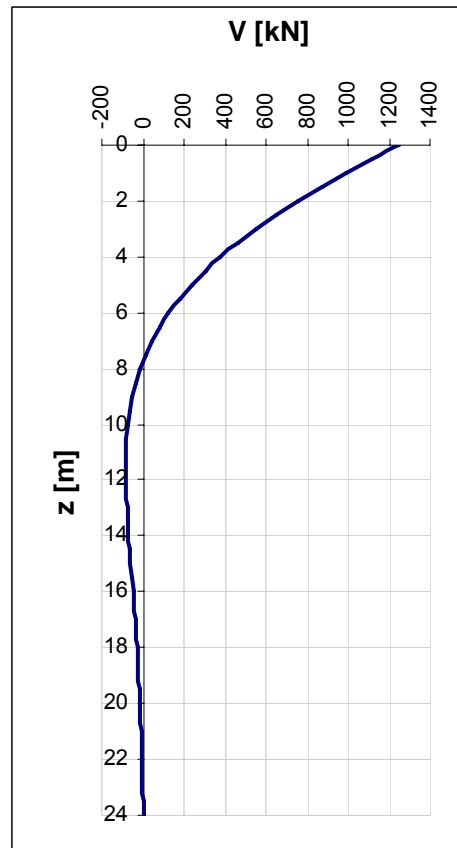
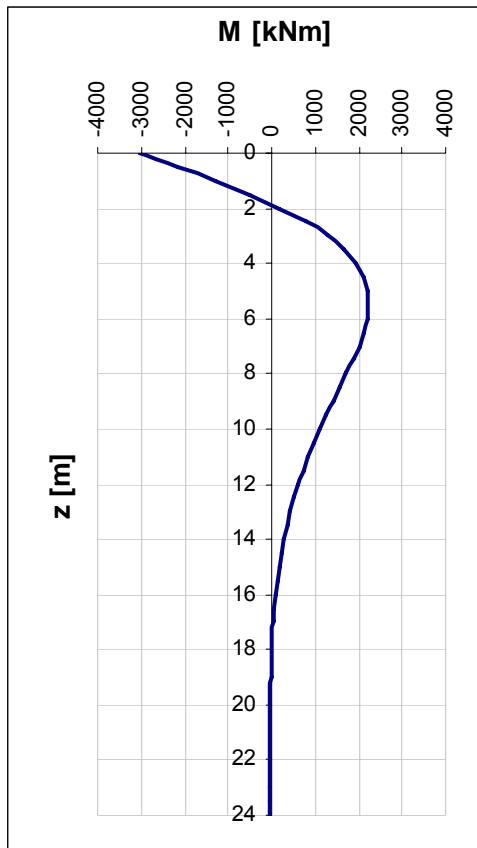
## 5 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A

### 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.

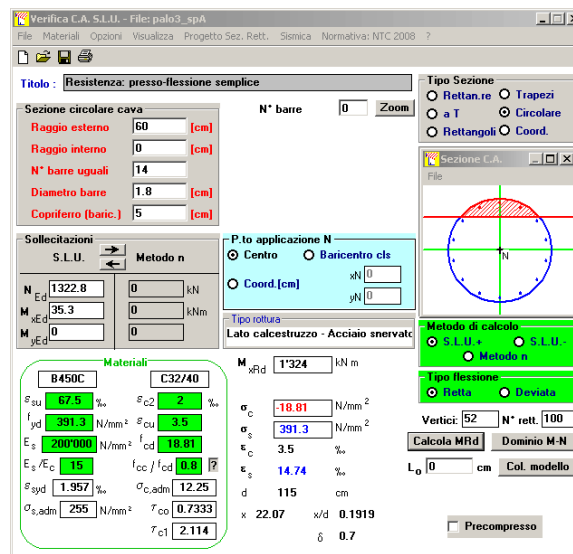
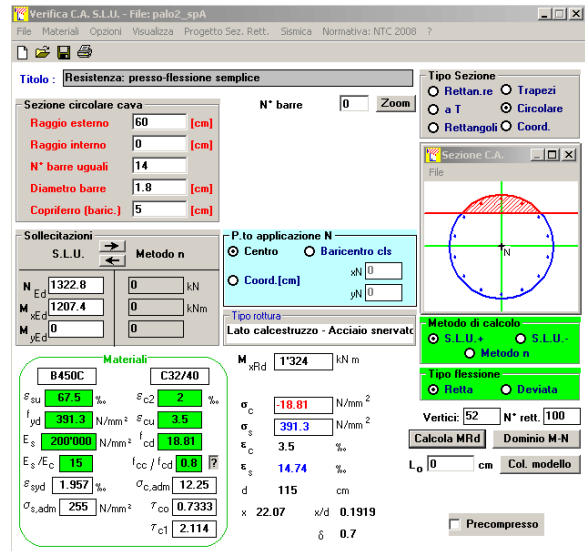
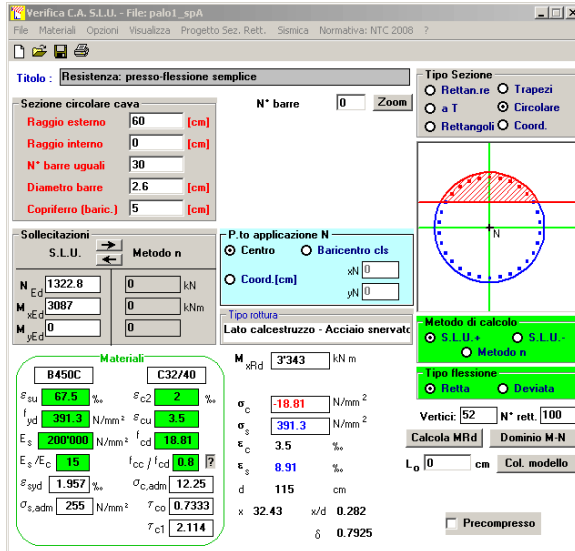
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1200</b> mm	diametro palo
J	=	0.1018 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>13000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	23400 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b> m	altezza tratto libero
V	=	1242.6 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>3056.0</b> kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	10.80 m	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	<b>1195.3</b> kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	<b>-35.0</b> kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 30 Ø26, mentre per le successive sono sufficienti 14 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, 20.7 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	-1.3	10.7	5	26	30	11.5	3056.0	1207.2	3343.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	14	24.7	1195.3	1207.2	1324.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	14	24.7	35.0	1207.2	1324.0	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 36 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### 5.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/150 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:

$V_{Ed}$ : 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

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 37 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### Sollecitazioni

V	=	1242.6 kN	taglio di calcolo
N	=	1207.2 kN	sforzo assiale di calcolo

### Geometria

D	=	1200 mm	diametro sezione
d	=	1140 mm	altezza utile
d <sub>e</sub>	=	886 mm	altezza utile equivalente
b <sub>we</sub>	=	1080 mm	base equivalente

### Materiali

R <sub>ck</sub>	=	40	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.20 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	9.41 MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

∅ <sub>w</sub>	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	150 mm	passo staffe in direzione longitudinale
n <sub>br</sub>	=	2	numero bracci
A <sub>sw</sub>	=	307.9 mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg ∅	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ <sub>cp</sub>	=	1.067 MPa	tensione media calcestruzzo
α <sub>c</sub>	=	1.06	
V <sub>Rsd</sub>	=	1600.4 kN	resistenza taglio trazione
V <sub>Rcd</sub>	=	2950.6 kN	resistenza taglio compressione
V <sub>Rd</sub>	=	1600.4 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.29	

### 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 σ<sub>s</sub> 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 molto aggressive  
 armature poco sensibili

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

$\sigma_s$ [MPa]	w1=0.20 mm								w1=0.20 mm	
	$\emptyset$									
160	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
200	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
240	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
280	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
320	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

$\sigma_s$ [MPa]	w1=0.20 mm								w1=0.20 mm	
	$\emptyset$									
160	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
240	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
280	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Sollecitazioni agenti**

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2	
L0	=	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	0.00	0.00	m
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
N	=	2536	2483	2564	2511	2171	2189	2143	2161	2249	kN
V	=	577	601	575	599	574	598	572	596	499	kN
M <sub>max</sub>	=	1419	1478	1414	1473	1413	1472	1407	1466	1227	kN*m
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	160	160	160	160	160	160	160	MPa
$\sigma_{sd,max}$	=	-	-	-	-	-	-	-	152	-	113
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

combinazione

	lunghezza elastica del palo	altezza tratto libero	sforzo assiale	taglio alla testa del palo	massimo momento flettente	tensione massima nell'acciaio da normativa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo

**Verifica C.A. S.L.U. - File: SpA-freq8**

TITOLO: Fessurazione: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava: Raggio esterno 60 [cm], Raggio interno 0 [cm], N° barre uguali 30, Diametro barre 2.6 [cm], Coprifreno (baric.) 5 [cm].

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n. N<sub>Ed</sub> 2175 kN, M<sub>xEd</sub> 1466 kNm, M<sub>yEd</sub> 0.

Materiali: B450C, C32/40.  $\sigma_{su}$  67.5 %,  $\sigma_{c2}$  2 %,  $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{cu}$  3.5,  $E_s$  200'000 N/mm<sup>2</sup>,  $f_{cd}$  18.81,  $E_s/E_c$  15,  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8,  $\sigma_{syd}$  1.957 %,  $\sigma_{c,adm}$  12.25,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co}$  0.7333,  $\tau_{c1}$  2.114.

Verifica: Vertici: 52, N° iterazioni: 4.  Precompresso

**Verifica C.A. S.L.U. - File: SpA-qp2**

TITOLO: Fessurazione: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava: Raggio esterno 60 [cm], Raggio interno 0 [cm], N° barre uguali 30, Diametro barre 2.6 [cm], Coprifreno (baric.) 5 [cm].

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n. N<sub>Ed</sub> 2278 kN, M<sub>xEd</sub> 1276 kNm, M<sub>yEd</sub> 0.

Materiali: B450C, C32/40.  $\sigma_{su}$  67.5 %,  $\sigma_{c2}$  2 %,  $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{cu}$  3.5,  $E_s$  200'000 N/mm<sup>2</sup>,  $f_{cd}$  18.81,  $E_s/E_c$  15,  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8,  $\sigma_{syd}$  1.957 %,  $\sigma_{c,adm}$  12.25,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co}$  0.7333,  $\tau_{c1}$  2.114.

Verifica: Vertici: 52, N° iterazioni: 4.  Precompresso



### 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.

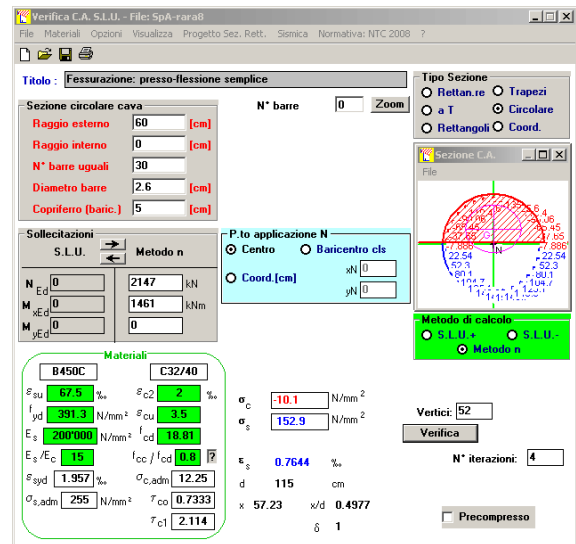
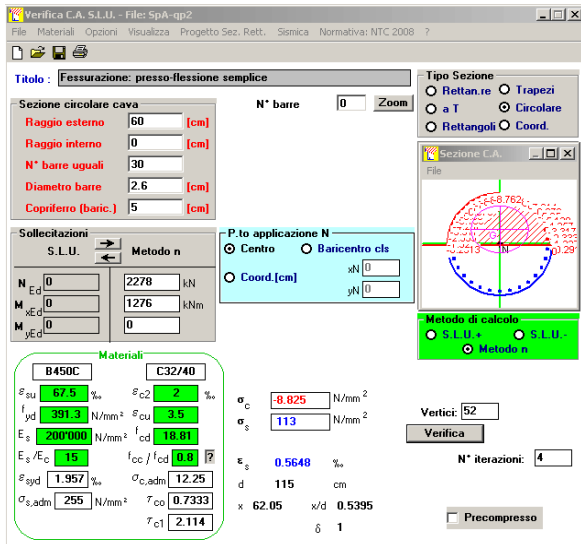
#### Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{yk}$	=	450.0	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2			
					rara5	rara6							
<b>Sollecitazioni agenti</b>													
L0	=	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero	
N	=	2508	2455	2582	2530	2199	2217	2114	2132	2249	2263	kN	sforzo assiale
V	=	579	603	573	597	577	601	570	594	499	519	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	=	1425	1484	1408	1467	1418	1478	1402	1461	1227	1276	kN*m	massimo momento flettente

<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>													
$\sigma_{c,max}$	=	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	14.94	14.94	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	<b>10.10</b>	-	<b>8.83</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>153</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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 40 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 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.

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	20,9	20,6	20
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	20,9	20,6	20
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	40	243	250	250
coesione dren. $c'$ (kPa)	10	19	35	43
angolo attrito $\phi'$ (°)	22	24	23	21

### 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:

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

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:

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

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

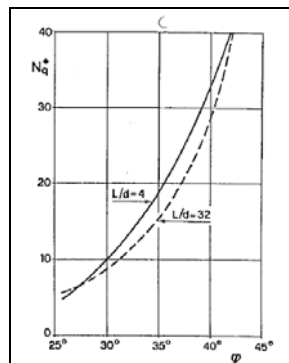
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{vL}$  e con  $\sigma_{vL}'$  la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione  $\alpha$  sono stati ricavati in funzione della coesione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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 41 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc



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

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

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	7.5	6.9	7.1	7.8

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 la presenza di falda contenuta negli strati alluvionali e argillosi alterati. In particolare, per la spalla in esame, il tetto della falda è posto a -4m dal p.c. e il letto della falda 2m sotto il tetto dell'unità geotecnica TRV\_2a.

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	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TF1	8	0	8
2° strato	TRV1	6	8	14
3° strato	TRV_2a	5	14	19
4° strato	TRV_2b	26	19	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  $\gamma_E = \gamma_F$ :

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 42 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

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

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 $\gamma_{fb}$ )	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	$\gamma$	$\gamma_f$	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.

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

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

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  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 43 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo	PP. Compensato	Q <sub>lim_d</sub>	Q <sub>lim_u</sub>
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	3972.00	3526.40	1.2	12	25	178.03	4783.68	5621.40

## 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	=	25.00 m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	3343.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	<b>192.6 kPa</b>	coesione non drenata

#### **palo corto**

Q <sub>lim,1</sub>	=	48257.9 kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	646655.3 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

Q <sub>lim,2</sub>	=	18174.5 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M <sub>max</sub>	=	108770.5 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

Q <sub>lim,3</sub>	=	2723.7 kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	2723.7 kN	carico limite (valore medio)
ξ <sub>3</sub>	=	1.55	fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1757.2 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30	coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	1351.7 kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	1242.6 kN	azione trasversale testa palo
FS	=	1.09	

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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 44 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

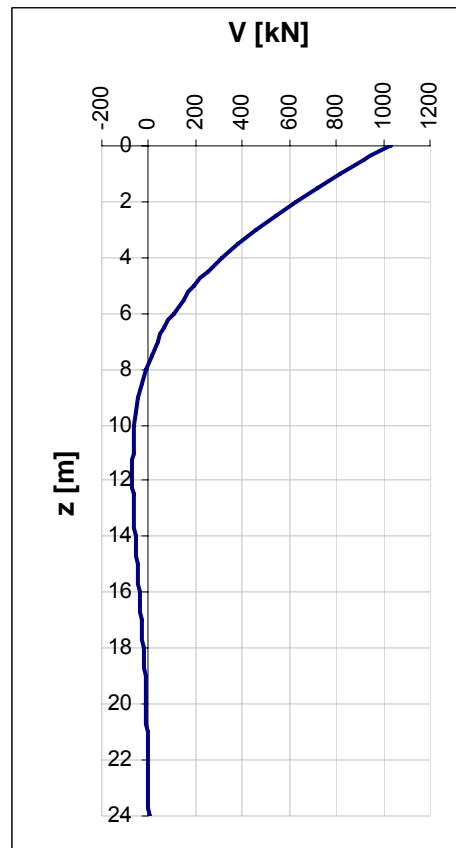
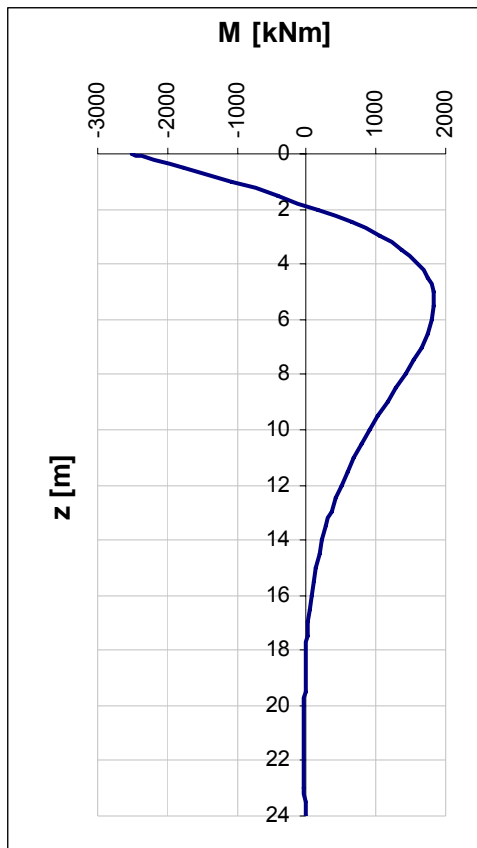
## 6 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

### 6.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

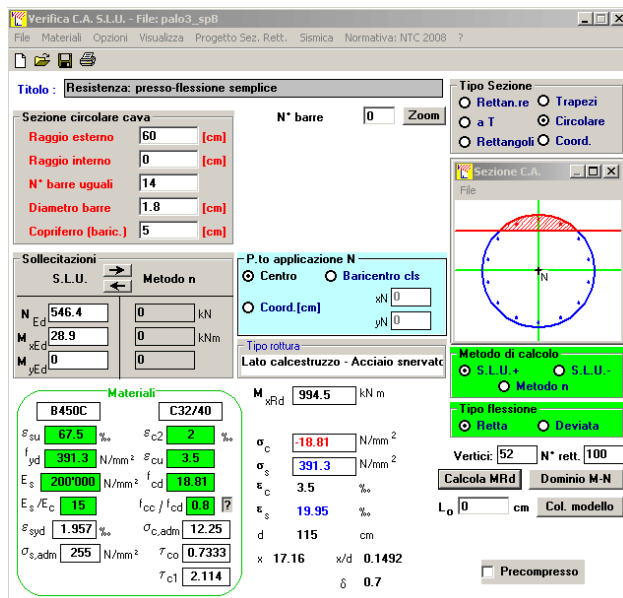
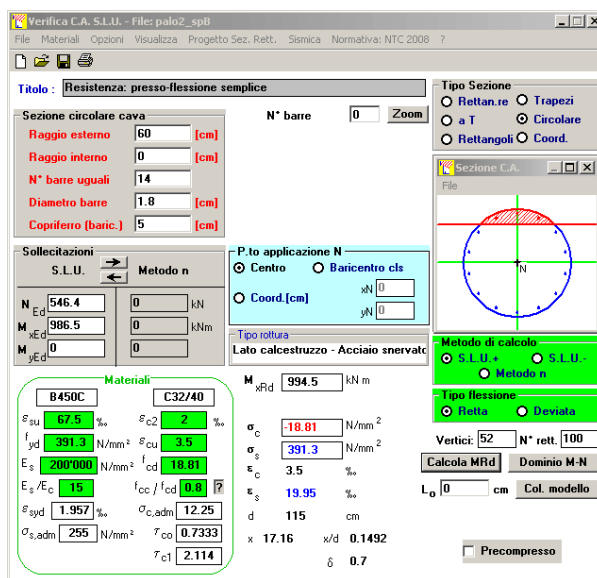
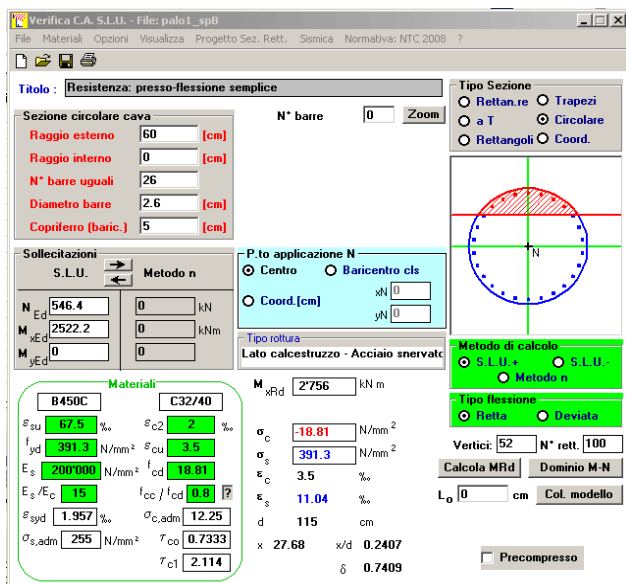
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1200</b> mm	diametro palo
J	=	0.1018 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>13000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	23400 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b> m	altezza tratto libero
V	=	1025.5 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>2522.2</b> kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	8.91 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	<b>986.5</b> kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	<b>-28.9</b> kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 26 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 14 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, 20.7m).



	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	26	13.3	2522.2	546.4	2756.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	14	24.7	986.5	546.4	994.5	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	14	24.7	28.9	546.4	994.5	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 46 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### 6.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/200 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:

$V_{Ed}$ : 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



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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 47 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### Sollecitazioni

V	=	1025.5 kN	taglio di calcolo
N	=	546.4 kN	sforzo assiale di calcolo

### Geometria

D	=	1200 mm	diametro sezione
d	=	1140 mm	altezza utile
d <sub>e</sub>	=	886 mm	altezza utile equivalente
b <sub>we</sub>	=	1080 mm	base equivalente

### Materiali

R <sub>ck</sub>	=	40	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.20 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	9.41 MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

Ø <sub>w</sub>	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 mm	passo staffe in direzione longitudinale
n <sub>br</sub>	=	2	numero bracci
A <sub>sw</sub>	=	307.9 mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ <sub>cp</sub>	=	0.483 MPa	tensione media calcestruzzo
α <sub>c</sub>	=	1.03	
V <sub>Rsd</sub>	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V <sub>Rcd</sub>	=	2863.9 kN	resistenza taglio compressione
V <sub>Rd</sub>	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.17	

### 6.1.3 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 σ<sub>s</sub> 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 molto aggressive  
 armature poco sensibili

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

$\sigma_s$ [MPa]	w1=0.20 mm					w1=0.20 mm				
	$\varnothing$									
160	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
200	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
240	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
280	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
320	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

$\sigma_s$ [MPa]	w1=0.20 mm					w1=0.20 mm				
	$\varnothing$									
160	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
240	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
280	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Sollecitazioni agenti**

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	=	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	=	1740	1691	1775	1726	1758	1730	1727	1699	1758	kN	sforzo assiale
V	=	480	499	478	497	476	495	474	493	411	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	1181	1228	1176	1223	1172	1218	1167	1213	1010	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	160	160	160	160	160	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	-	151	-	-	-	-	-	-	112	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

Verifica C.A. S.L.U. - File: SpB-freq8

Titolo: Fessurazione: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava  
 Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 26  
 Diametro barre: 2.6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: 0, M<sub>Ed</sub>: 1691 kN, M<sub>yEd</sub>: 1228 kNm, M<sub>zEd</sub>: 0

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C32/40  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰,  $\epsilon_{sc2}$ : 2 ‰,  $\sigma_c$ : -9.032 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s$ : 151.2 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{cu}$ : 3.5 ‰,  $\epsilon_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>,  $f_{cd}$ : 18.81 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15,  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8,  $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰,  $\sigma_{c,adm}$ : 12.25 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co}$ : 0.7333 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{c1}$ : 2.114 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 0.7562 ‰, d: 115 cm, x/d: 54.34, x/d: 0.4725,  $\delta$ : 1

Vertici: 52, N° iterazioni: 4, Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: SpB-qp2

Titolo: Fessurazione: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava  
 Raggio esterno: 60 [cm]  
 Raggio interno: 0 [cm]  
 N° barre uguali: 26  
 Diametro barre: 2.6 [cm]  
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: 0, M<sub>Ed</sub>: 1718 kN, M<sub>yEd</sub>: 1048 kNm, M<sub>zEd</sub>: 0

P.to applicazione N: Centro

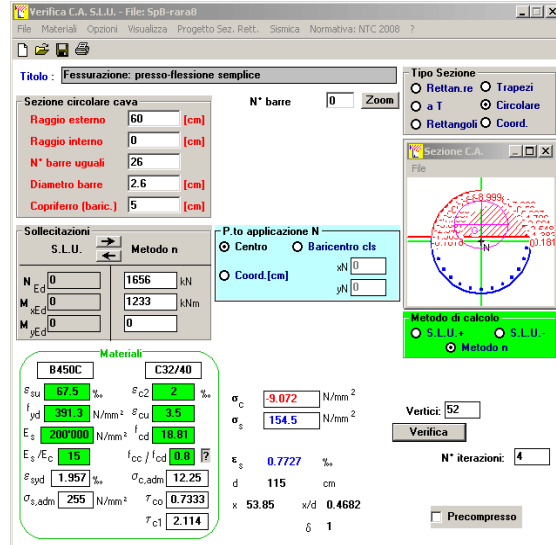
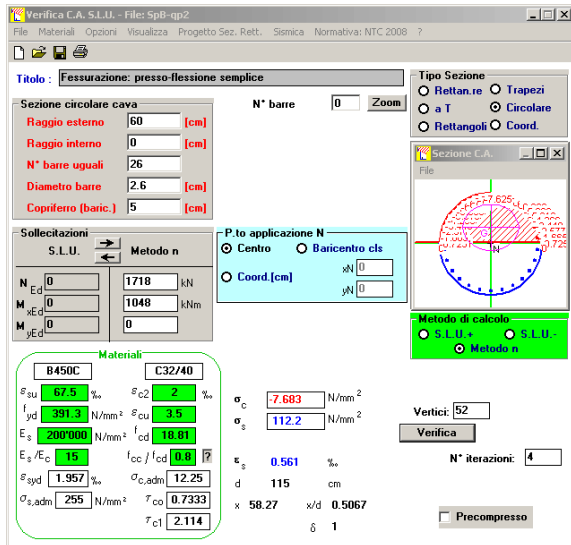
Materiali: B450C, C32/40  
 $\epsilon_{su}$ : 67.5 ‰,  $\epsilon_{sc2}$ : 2 ‰,  $\sigma_c$ : -7.683 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s$ : 112.2 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{yd}$ : 391.3 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{cu}$ : 3.5 ‰,  $\epsilon_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>,  $f_{cd}$ : 18.81 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$ : 15,  $f_{cc}/f_{cd}$ : 0.8,  $\epsilon_{syd}$ : 1.957 ‰,  $\sigma_{c,adm}$ : 12.25 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{co}$ : 0.7333 N/mm<sup>2</sup>,  $\tau_{c1}$ : 2.114 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 0.561 ‰, d: 115 cm, x/d: 58.27, x/d: 0.5067,  $\delta$ : 1

Vertici: 52, N° iterazioni: 4, Precompresso

### 6.1.4 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 =	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	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 =	2016	2005	2071	2060	1791	1780	1751	1755	1751	1742	kN	sforzo assiale
V =	358	374	354	371	356	372	353	369	306	320	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub> =	880	920	871	911	876	916	868	907	753	786	kN*m	massimo momento flettente
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>												
$\sigma_{c,max}$ =	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	14.94	14.94	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	<b>6.82</b>	-	<b>5.72</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>87</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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 50 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 6.2 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.

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	20.9	20.6	20
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	20	20.9	20.6	20
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	40	243	250	250
coesione dren. $c'$ (kPa)	10	19	35	43
angolo attrito $\phi'$ (°)	22	24	23	21

### 6.2.1 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:

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

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

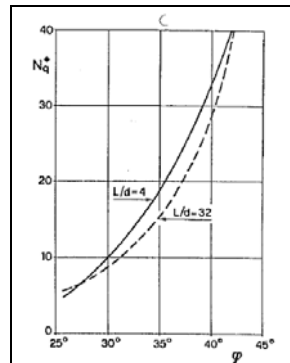
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{vL}$  e con  $\sigma_{vL}'$  la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione  $\alpha$  sono stati ricavati in funzione della coesione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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 51 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc



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

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

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	7.5	6.9	7.1	7.8

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 la presenza di falda contenuta negli strati alluvionali e argillosi alterati. In particolare, per la spalla in esame, il tetto della falda è posto a -4m dal p.c. e il letto della falda 2m sotto il tetto dell'unità geotecnica TRV\_2a.

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 (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	11	0	11
2° strato	TRV1	5	11	16
3° strato	TRV_2a	5	16	21
4° strato	TRV_2b	24	21	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  $\gamma_E = \gamma_F$ :

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 52 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

La verifica della relazione  $Rd \geq Ed$  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 $\gamma$ (o $\gamma_k$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{G0}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> qualora i carichi permanenti non strutturali siano computatamente 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.

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

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

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	4221.80	3572.10	1.2	<b>9</b>	<b>25</b>	179.40	4778.04	5195.38

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 53 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### 6.2.2 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	=	25.00 m	lunghezza palo
$M_y$	=	2756.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	<b>192.6 kPa</b>	coesione non drenata

#### **palo corto**

$Q_{lim,1}$	=	48257.9 kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	646655.3 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

$Q_{lim,2}$	=	18141.5 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
$M_{max}$	=	109009.6 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

$Q_{lim,3}$	=	2334.5 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2334.5 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	1.55	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1506.1 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	<b>1158.5 kN</b>	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	<b>1025.5 kN</b>	azione trasversale testa palo
FS		1.13	

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 54 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 7 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA C

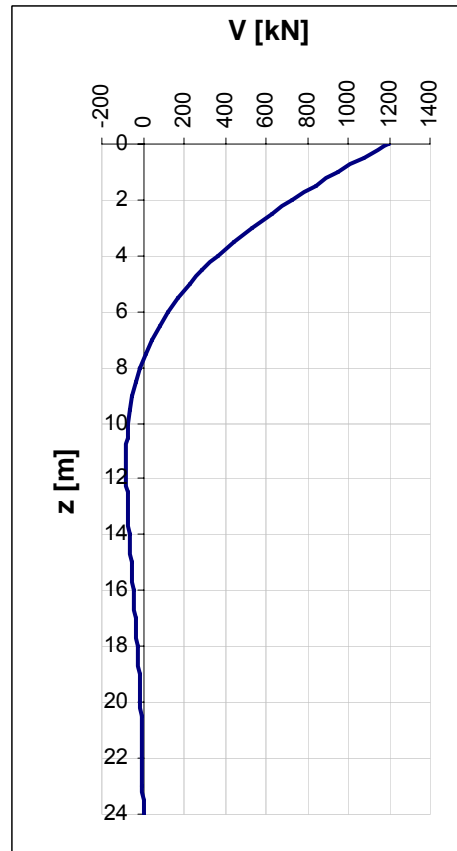
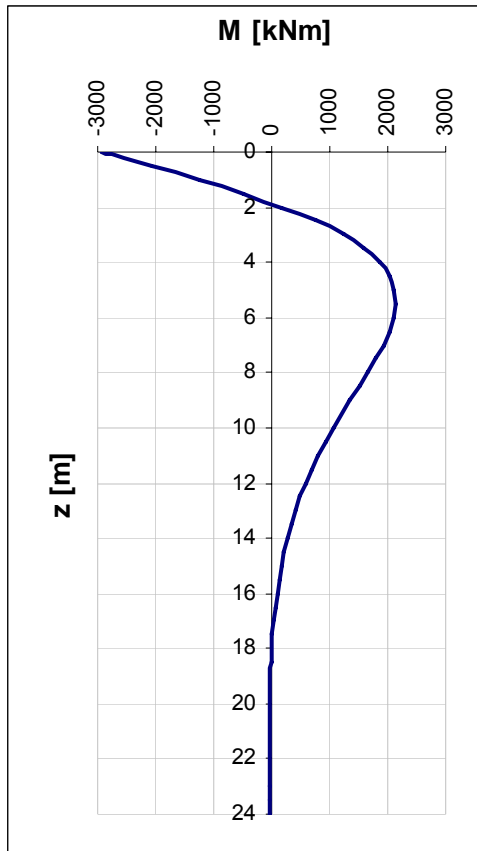
### 7.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

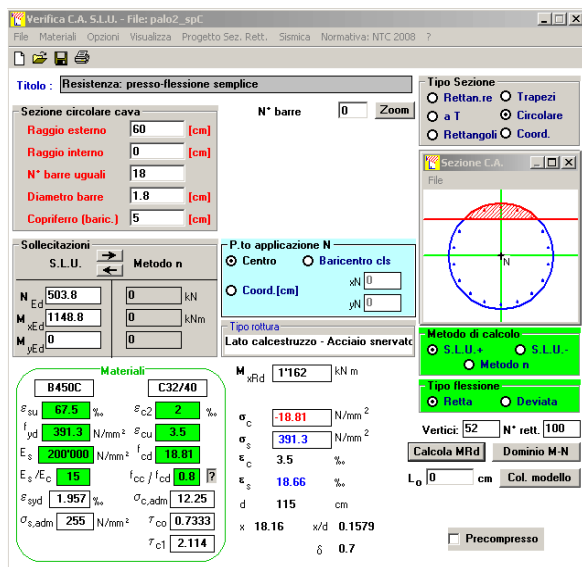
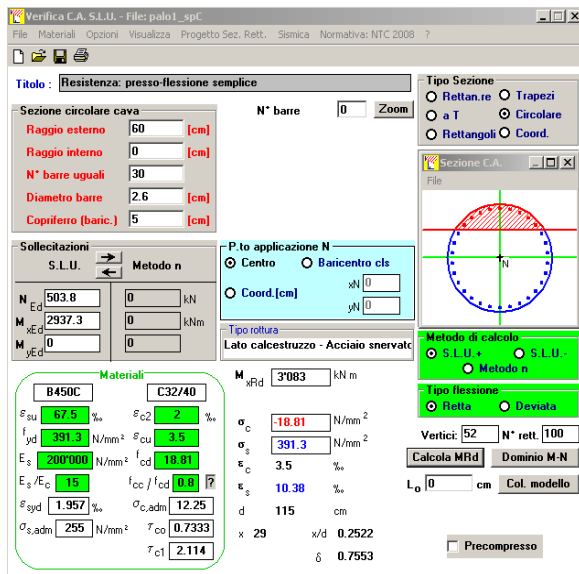
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1200</b> mm	diametro palo
J	=	0.1018 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>13000</b> kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	23400 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b> m	altezza tratto libero
V	=	1194.3 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>2937.3</b> kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	10.38 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	<b>1148.8</b> kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	<b>-33.6</b> kNm	momento flettente alla profondità z3

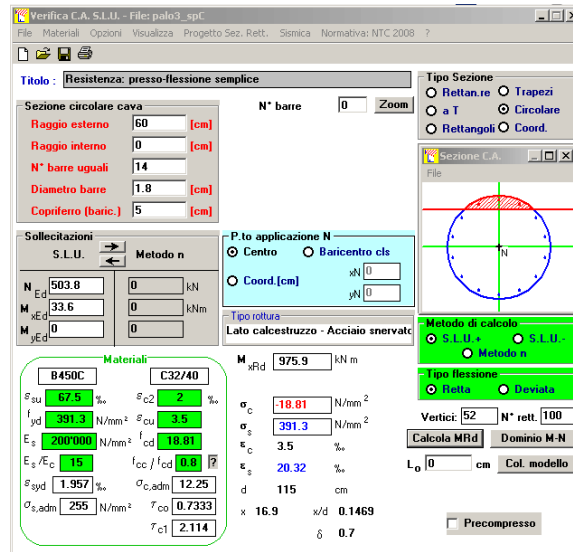




### 7.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

La prima gabbia viene armata con 30 Ø26, per la seconda 18 Ø18, mentre per la successiva sono sufficienti 14 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, 20.7m).





	Z <sub>in</sub>	Z <sub>in</sub>	c'	Φ	n	s	M <sub>Ed</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>res</sub>	
	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	5	26	30	11.5	2937.3	503.8	3083.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	18	19.2	1148.8	503.8	1162.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	14	24.7	33.6	503.8	975.9	OK

### 7.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/200 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:

$V_{Ed}$ : 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

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 57 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

$A_{sw}$ :	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	=	1194.3 kN	taglio di calcolo
N	=	503.8 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

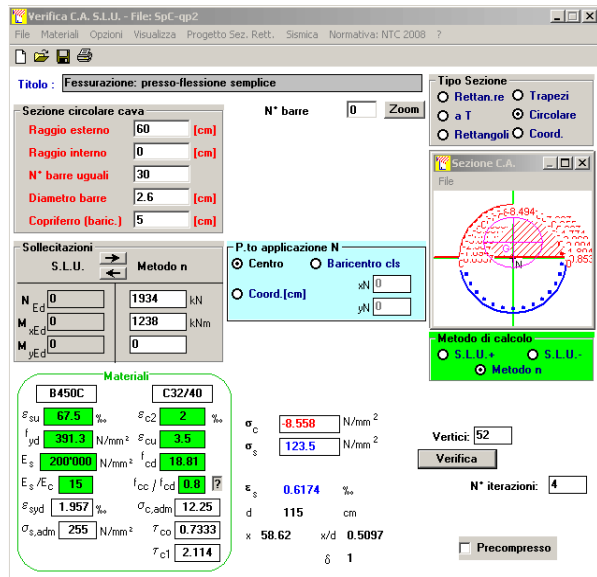
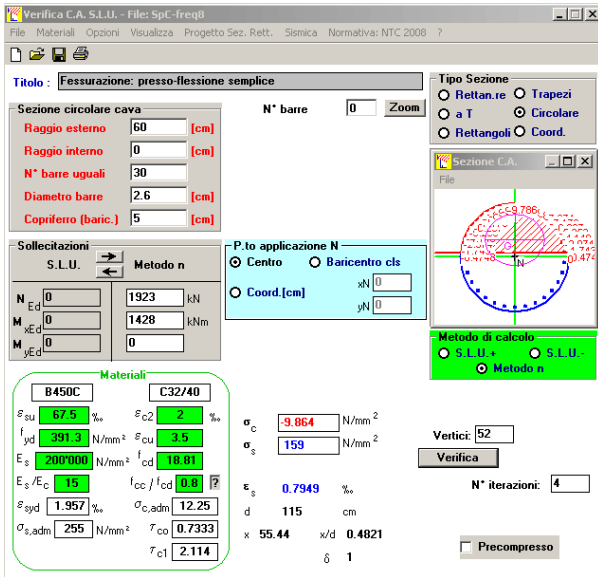
#### Materiali

$R_{ck}$	=	40	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{cd}'$	=	9.41 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	=	200 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
ctg $\vartheta$	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	0.445 MPa	tensione media calcestruzzo
$\alpha_c$	=	1.02	
$V_{Rsd}$	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	2858.3 kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.00	

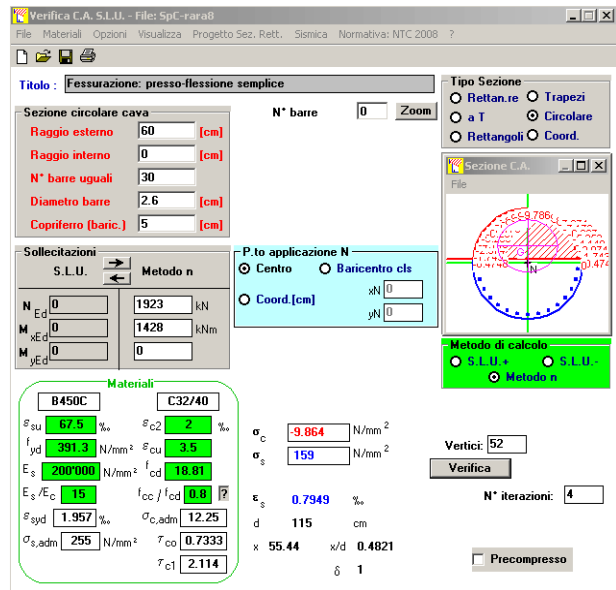
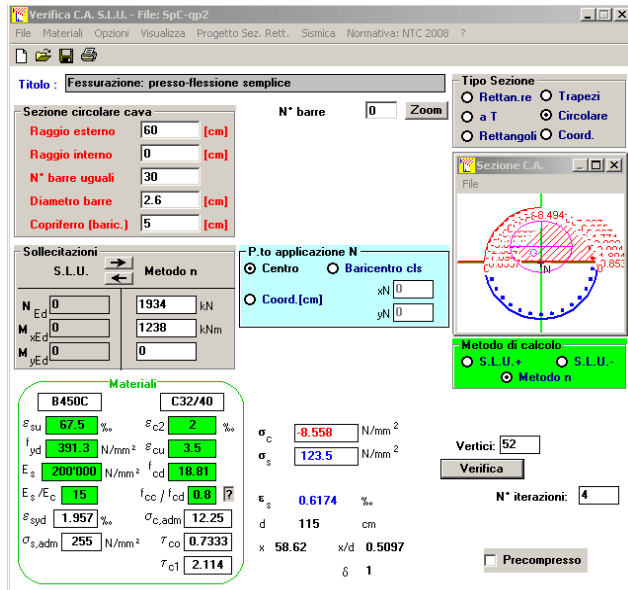




### 7.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

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 rara		rara7	rara8	qp1	qp2		
					rara5	rara6						
<b>Sollecitazioni agenti</b>												
L0 =	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	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 =	2016	2005	2071	2060	1791	1780	1751	1755	1751	1742	kN	sforzo assiale
V =	358	374	354	371	356	372	353	369	306	320	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub> =	880	920	871	911	876	916	868	907	753	786	kN*m	massimo momento flettente
<b>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</b>												
$\sigma_{c,max}$ =	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	14.94	14.94	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	6.82	-	5.72	[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>												
$\sigma_{s,max}$ =	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	87			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				



## 7.2 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.

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
peso secco gamma_d (kN/m <sup>3</sup> )	20	20,9	20,6	20
gamma_sat (kN/m <sup>3</sup> )	20	20,9	20,6	20
coesione non dren. cu (kPa)	40	243	250	250
coesione dren. c' (kPa)	10	19	35	43
angolo attrito phi' (°)	22	24	23	21

### 7.2.1 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:

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 61 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

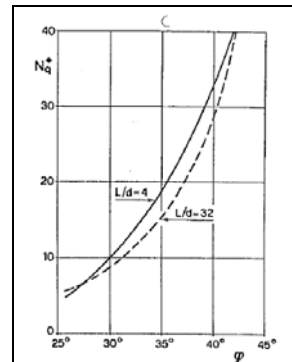
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

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:  $k = 1 - \text{sen} \varphi'$ , 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.

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	7.5	6.9	7.1	7.8

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 la presenza di falda contenuta negli strati alluvionali e argillosi alterati. In particolare, per la spalla in esame, il tetto della falda è posto a -4m dal p.c. e il letto della falda 2m sotto il tetto dell'unità geotecnica TRV\_2a.

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 62 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA C - CARR. DX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TF1	11	0	11
2° strato	TRV1	5	11	16
3° strato	TRV_2a	5	16	21
4° strato	TRV_2b	24	21	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).

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_i$ (o $\gamma_k$ )	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	$\gamma_{03}$	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.



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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 63 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

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 → 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	≥ 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			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla C	4645.10	4192.80	1.2	<b>9</b>	<b>28</b>	202.30	5834.58	5862.30

## 7.2.2 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.

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 64 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	25.00 m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	3083.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	<b>192.6 kPa</b>	coesione non drenata

#### **palo corto**

Q <sub>lim,1</sub>	=	48257.9 kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	646655.3 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

Q <sub>lim,2</sub>	=	18159.9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M <sub>max</sub>	=	108876.4 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

Q <sub>lim,3</sub>	=	2554.3 kN	carico limite per palo lungo
--------------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	2554.3 kN	carico limite (valore medio)
ξ <sub>3</sub>	=	1.55	fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1647.9 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30	coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	1267.6 kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	<b>1194.3 kN</b>	azione trasversale testa palo
FS		1.06	

## 8 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 65 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

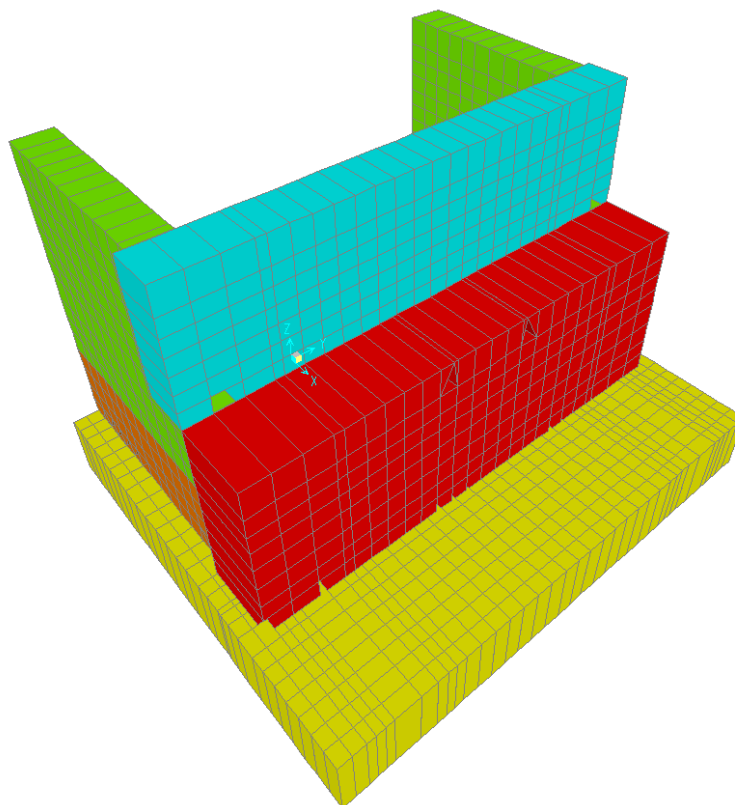
## 8.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidzze della struttura reale. Gli elementi shell impiegati includono gli effetti della deformabilità a taglio.

Nella seguente figura si illustra la geometria del modello.

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



### Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min
	[-]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	11.70	13.75	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	4.40
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	4.60
muro laterale sx	1	6.55	1.00	8.05
muro laterale dx	1	6.55	1.00	8.05
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.40
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

## 8.2 ANALISI DEI CARICHI

La spalla risulta sollecitata da forze concentrate trasmesse dall'impalcato in corrispondenza degli appoggi. Oltre alle suddette forze concentrate sono state applicate le forze di superficie che agiscono sulle piastre. Di



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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 67 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

	S.L.U.								S.L.U.								
	q4				q5				q6				q7				
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

	S.L.U.								S.L.V.		S.L.V.		q6.z		
	e3				q6.x				q6.y		q6.z		q6.z		
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	e3				q6.x				q6.y		q6.z		q6.z		q6.z			
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
e3-imp	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0	
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	

## 8.4 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragonata risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, il momento della combinazione sismica valutato in corrispondenza dell'incastro con il muro frontale risulta maggiore di quello della combinazione statica valutato nel medesimo punto.

S.L.U.- fren	M(g3)	36.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	27.0 kN*m
	M(q3)	110.9 kN*m		M(q6.1)	25.5 kN*m
	Mtot	147.4 kN*m		M(q6.2)	214.6 kN*m
				Mtot	267.2 kN*m

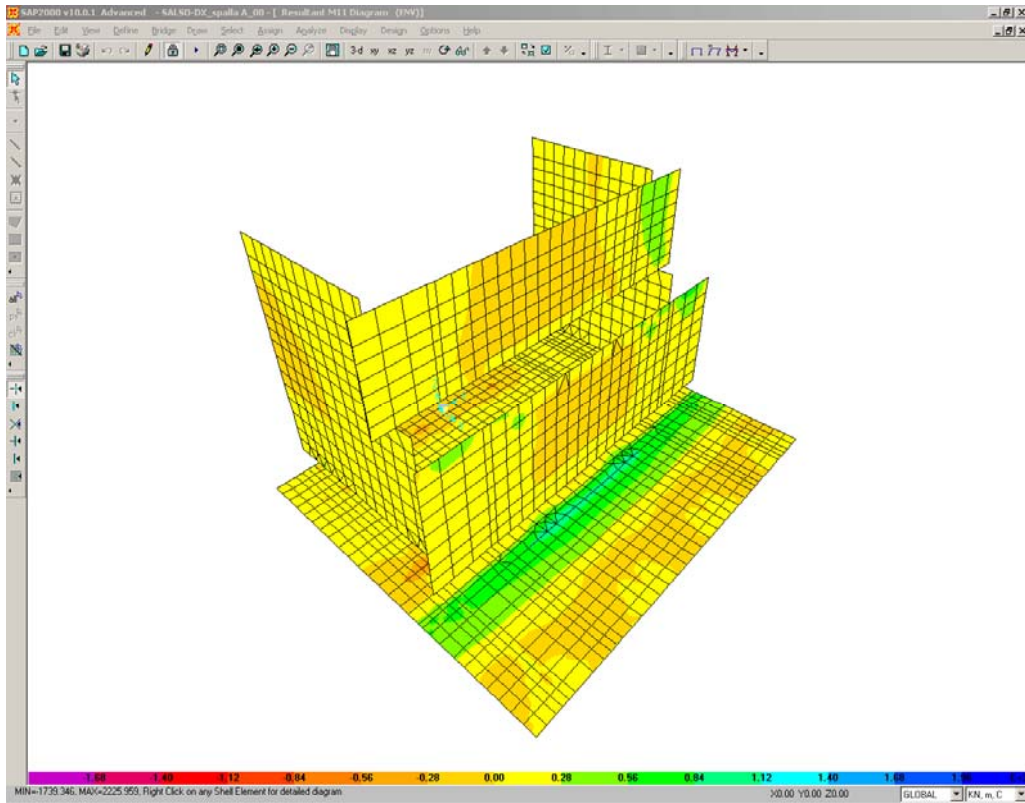
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

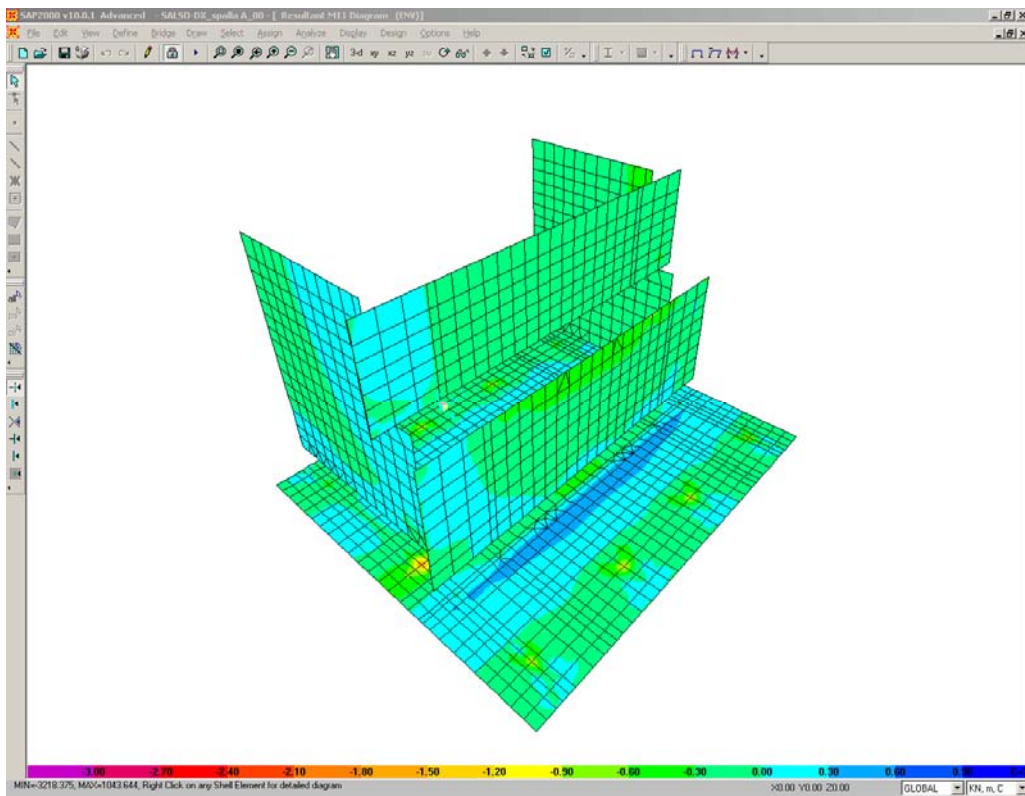
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 68 di 112

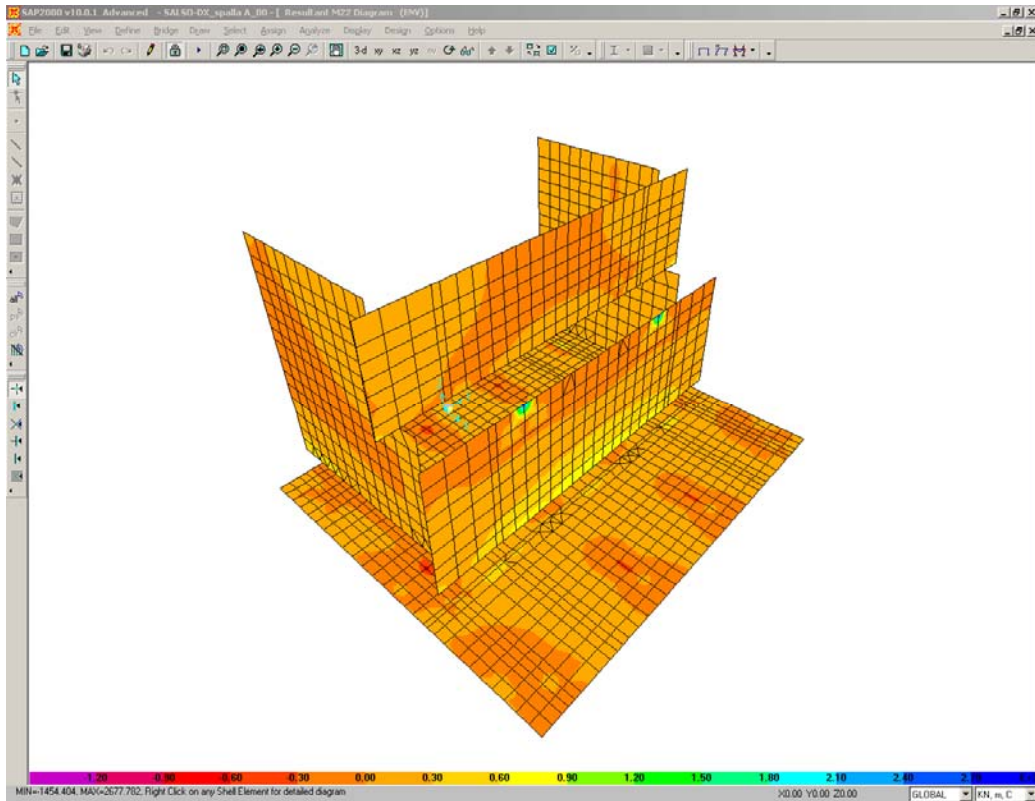
Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



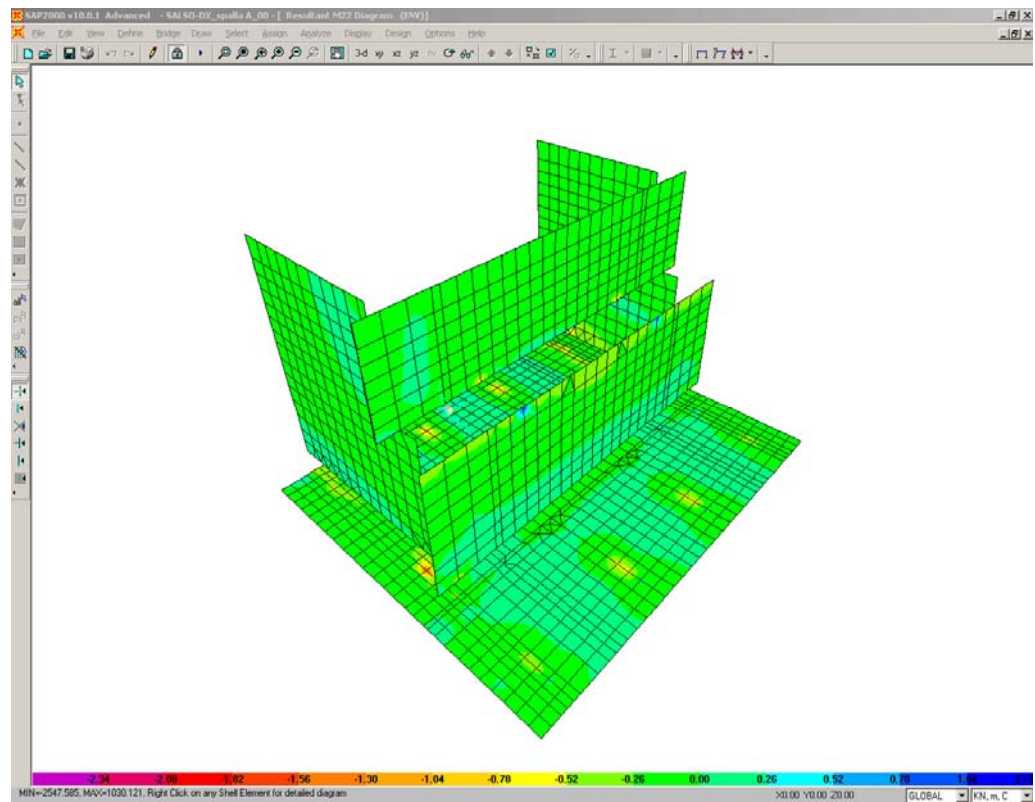
M11max



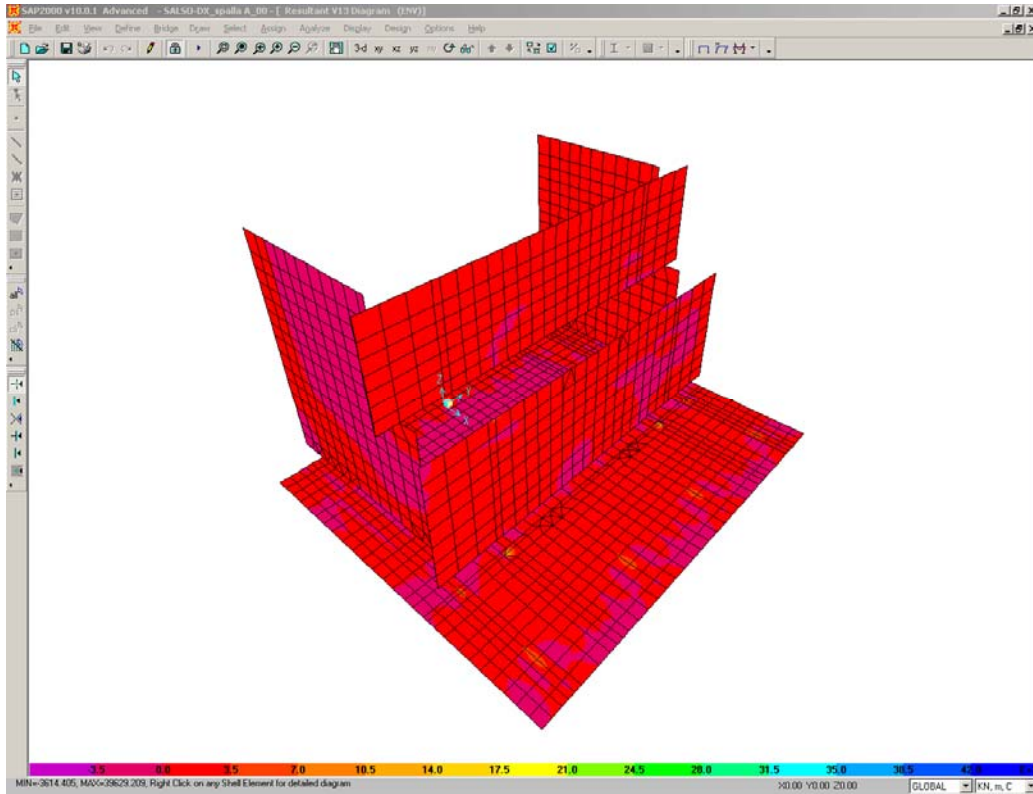
M11min



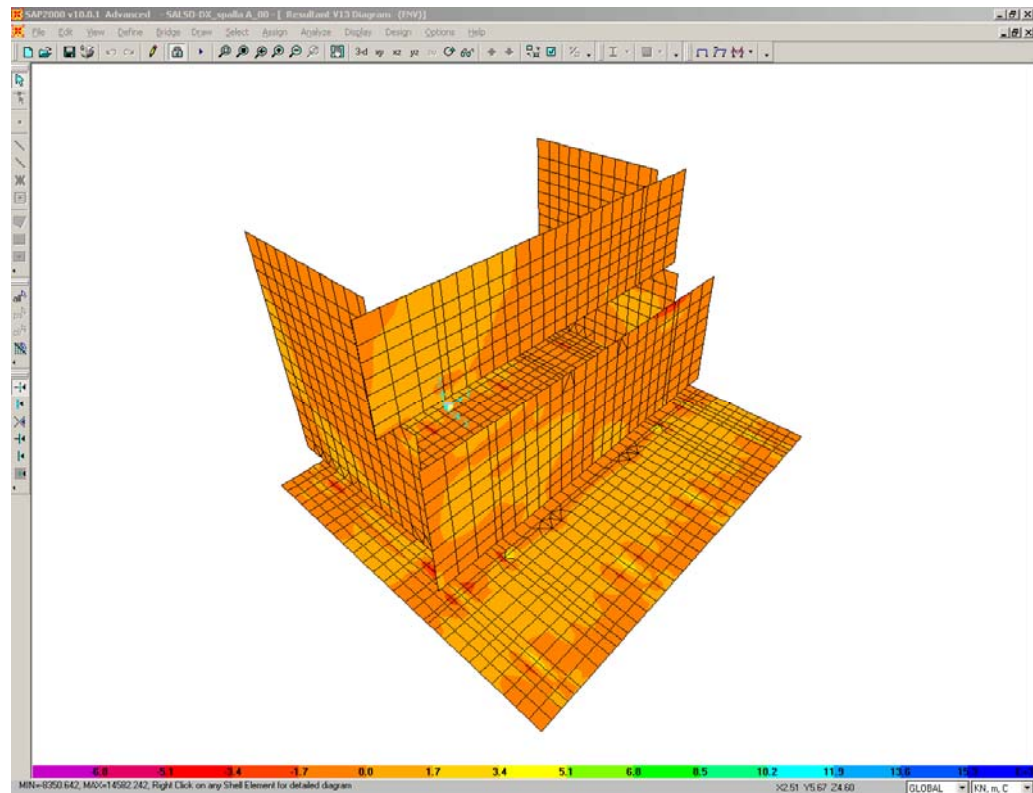
M22max



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**

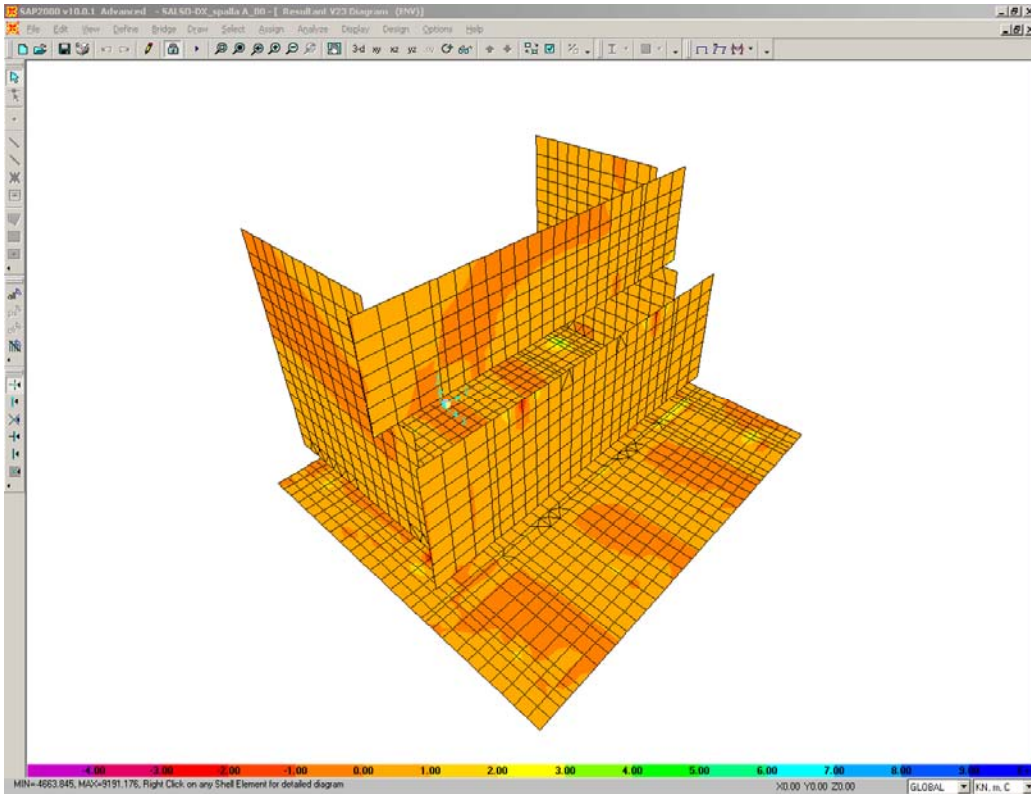
Opera: **Viadotto Salso**

Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

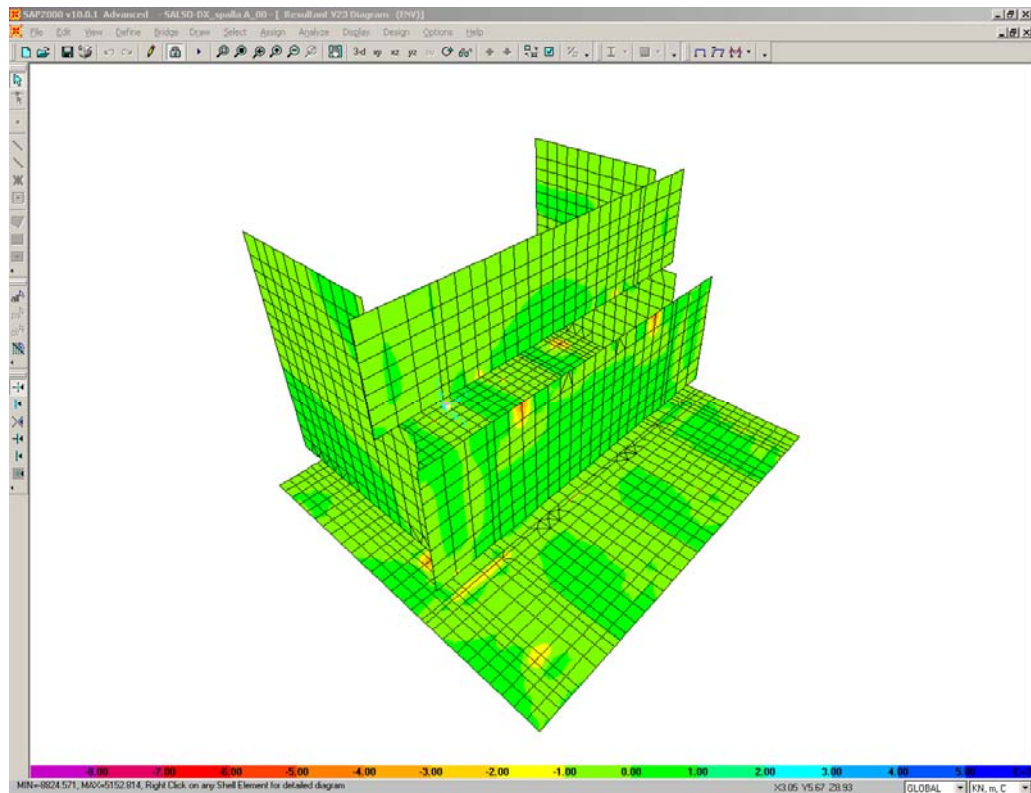
Pagina 71 di 112

Nome file:

V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc

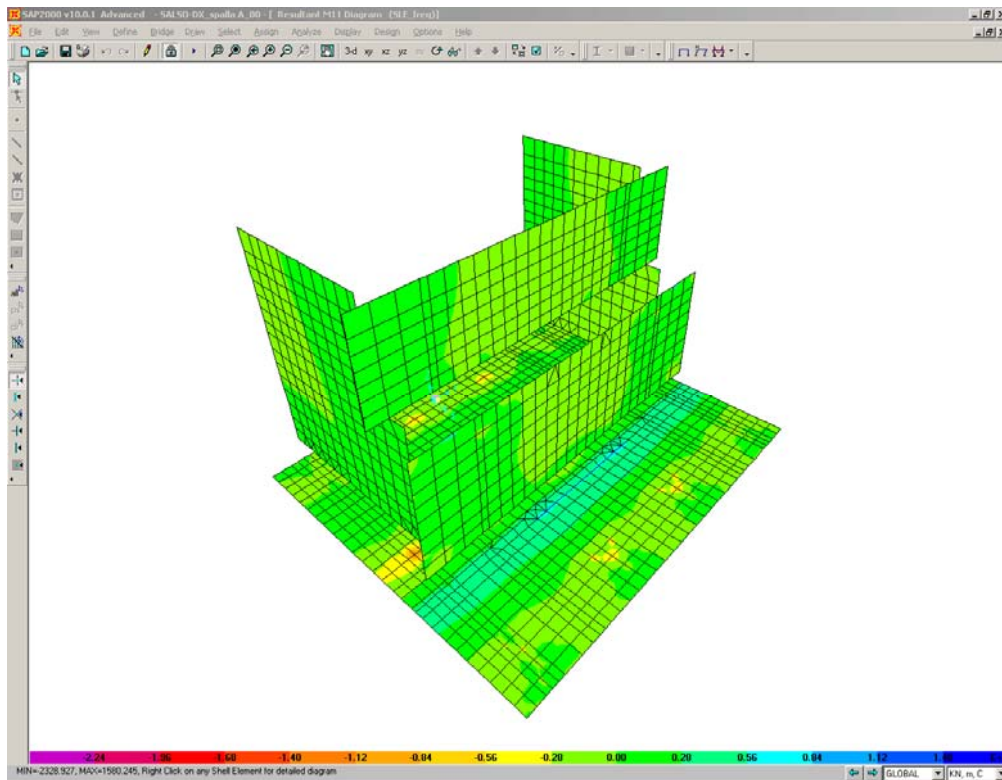


V23max

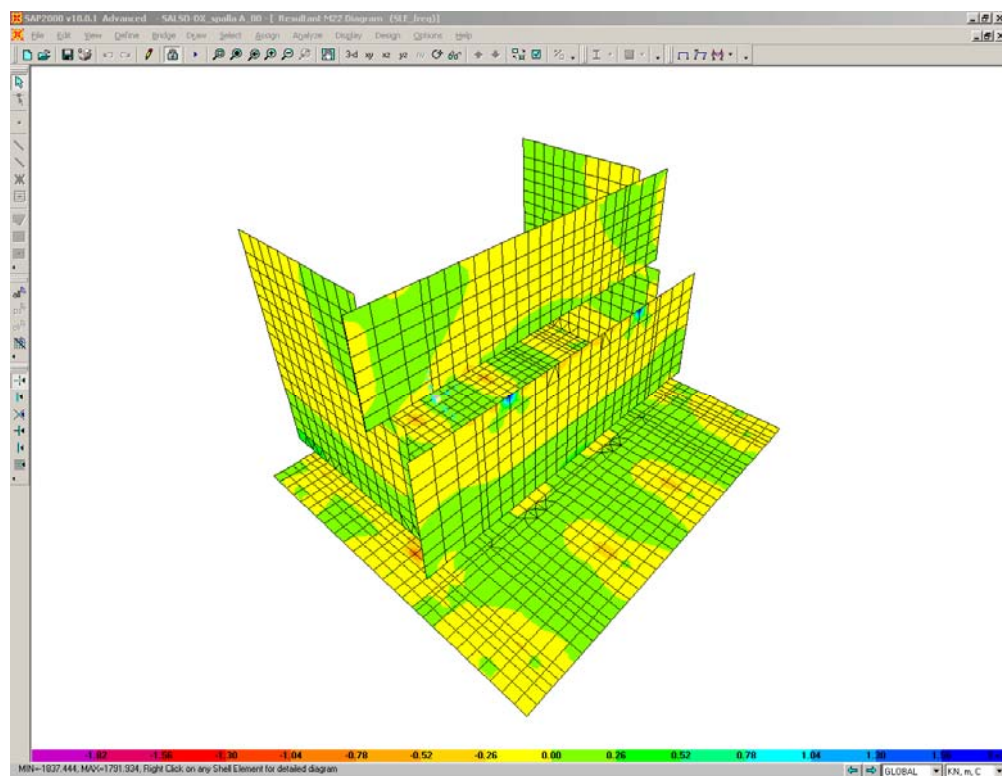


V23min

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.

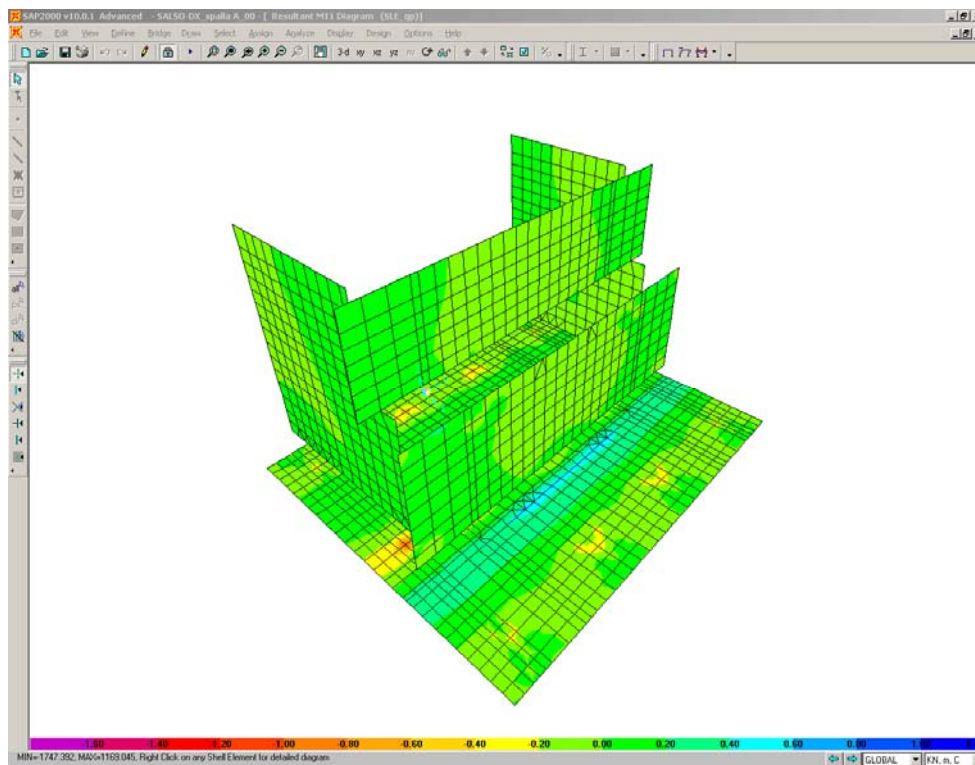


M11

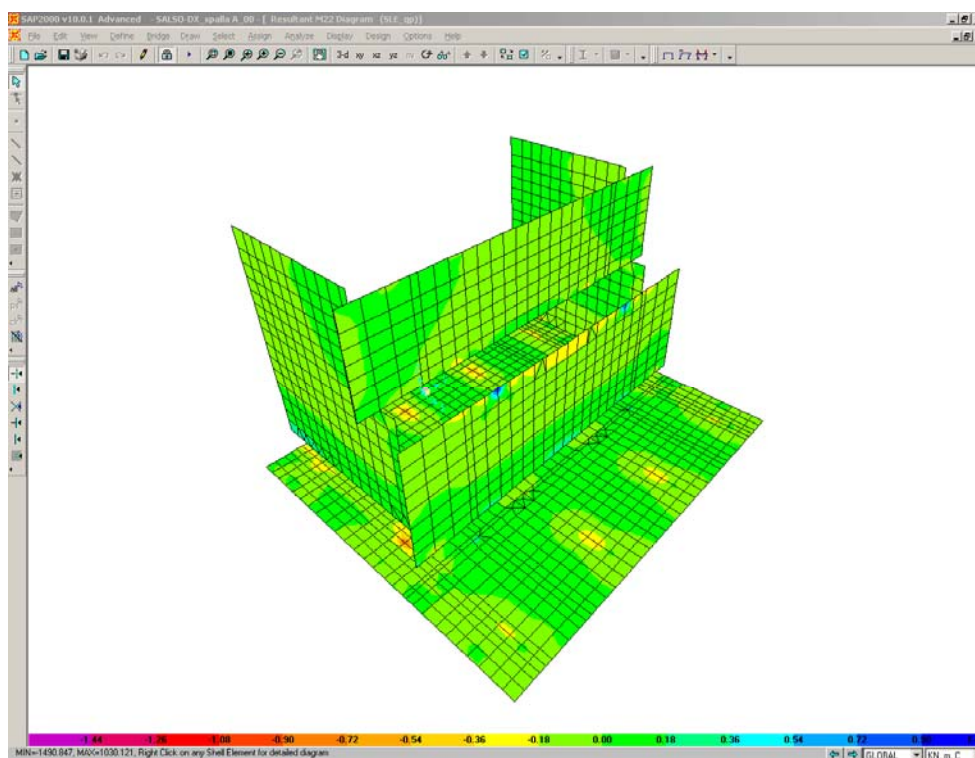


M22

Infine si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti ( $M_{11}$ ,  $M_{22}$ ) 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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 74 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 8.5 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> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,2</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>res,TOT</sub> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,1</sub> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,2</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>res,TOT</sub> [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 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
front	Z	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
trave	Y	5 Φ 20	15.7 +	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
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 26	26.5 +	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
and inf	Z	5 Φ 26	26.5 +	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	X	5 Φ 26	26.5 +	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7
and sup	Z	5 Φ 26	26.5 +	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7

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

## 8.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

### 8.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
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]	
1150	1275	OK	500	857	OK
980	1258	OK	440	846	OK
510	954	OK	490	954	OK
870	1073	OK	380	1073	OK
430	688	OK	230	554	OK
210	436	OK	260	436	OK
520	950	OK	100	460	OK
880	995	OK	350	519	OK
560	950	OK	210	460	OK
160	930	OK	130	451	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 75 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### 8.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

$d$ : altezza utile della sezione

$b_w$ : base equivalente della sezione

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

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 76 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

		plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup		
<b>Sollecitazioni</b>								
V	=	1450	1800	1100	890	750	kN	taglio di calcolo
N	=	0	140	0	161	0	kN	sforzo assiale di calcolo
<b>Geometria</b>								
h	=	1800	2000	1200	1000	1000	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	970	970	mm	altezza utile della sezione
b <sub>w</sub>	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
<b>Materiali</b>								
R <sub>ck</sub>	=	45	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	37.35	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	21.17	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	10.58	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	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>								
∅ <sub>w</sub>	=	26	14	14	14	14	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	200	200	200	200	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n <sub>br</sub>	=	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0		numero bracci
A <sub>sw</sub>	=	1'061.86	769.69	769.69	769.69	769.69	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg∅	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ <sub>cp</sub>	=	0.000	0.070	0.000	0.161	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.000	0.070	0.000	0.161	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
α <sub>c</sub>	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V <sub>Rsd</sub>	=	1654.77	6674.97	3964.32	3286.66	3286.66	kN	resistenza taglio trazione
V <sub>Rcd</sub>	=	12041.4	10467.9	6190.8	5182.8	5132.5	kN	resistenza taglio compressione
V <sub>Rd</sub>	=	1654.8	6675.0	3964.3	3286.7	3286.7	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.14	3.71	3.60	3.69	4.38		

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.

### 8.6.3 S.L.E. – Fessurazione

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

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive.







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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 79 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 9 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B

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

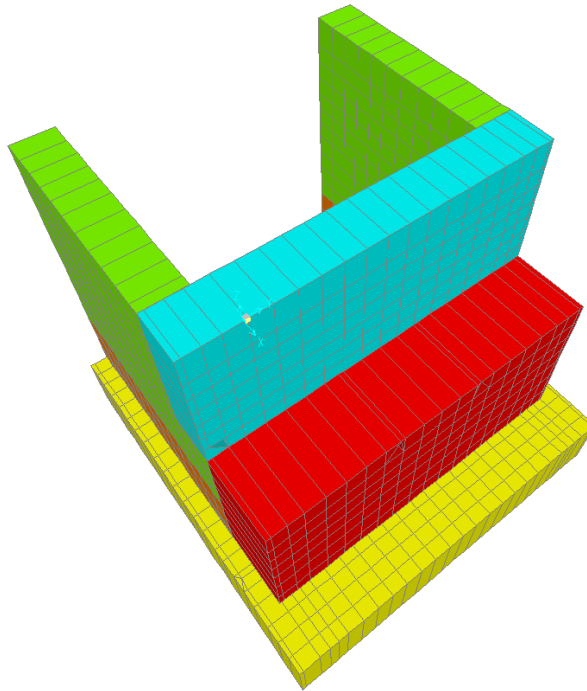
### 9.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidezze 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	10.00	9.75	1.80
muro frontale	1	2.00	8.75	4.00
muro paraghiaia	1	1.20	8.75	4.50
muro laterale sx	1	6.55	1.00	7.70
muro laterale dx	1	6.55	1.00	7.70
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.25
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



<p><b>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA</b>  <b>ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19</b>  <b>S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"</b>  <b>AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.</b>  <b>5.11.2001</b>  <b>Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19</b>  <b>Progetto Esecutivo</b></p>	<p><b>Opera: Viadotto Salso</b></p> <p><b>Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx</b></p> <p><b>Pagina 81 di 112</b></p> <p><b>Nome file:</b>          V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc</p>
---	--

	S.L.U.								S.L.U.								
	q4								q5								
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

	S.L.U.								S.L.V.		S.L.V.		q6.z		
	e3								q6.x		q6.y		q6.z		
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp		
	g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	0
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

**9.4 SOLLECITAZIONI**

Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragonata risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, il momento della combinazione sismica valutato in corrispondenza dell'incastro con il muro frontale risulta maggiore di quello della combinazione statica valutato nel medesimo punto.

S.L.U.- fren	M(g3)	36.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	27.0 kN*m
	M(q3)	110.9 kN*m		M(q6.1)	25.5 kN*m
	Mtot	147.4 kN*m		M(q6.2)	214.6 kN*m
				Mtot	267.2 kN*m

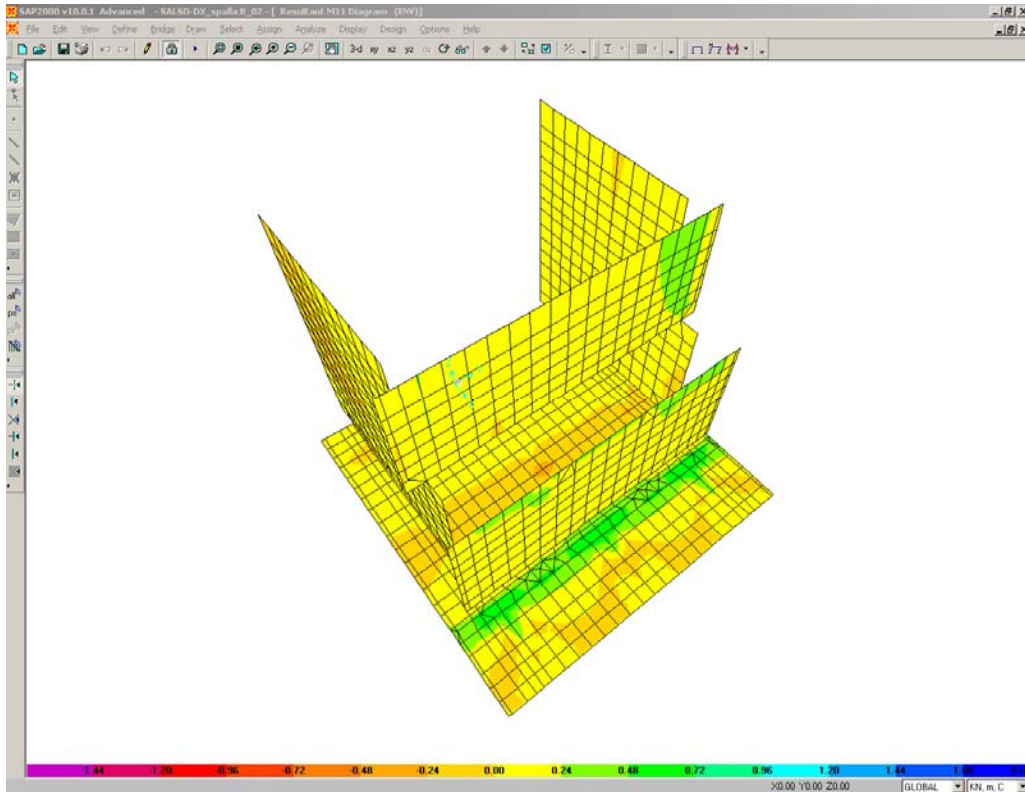
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

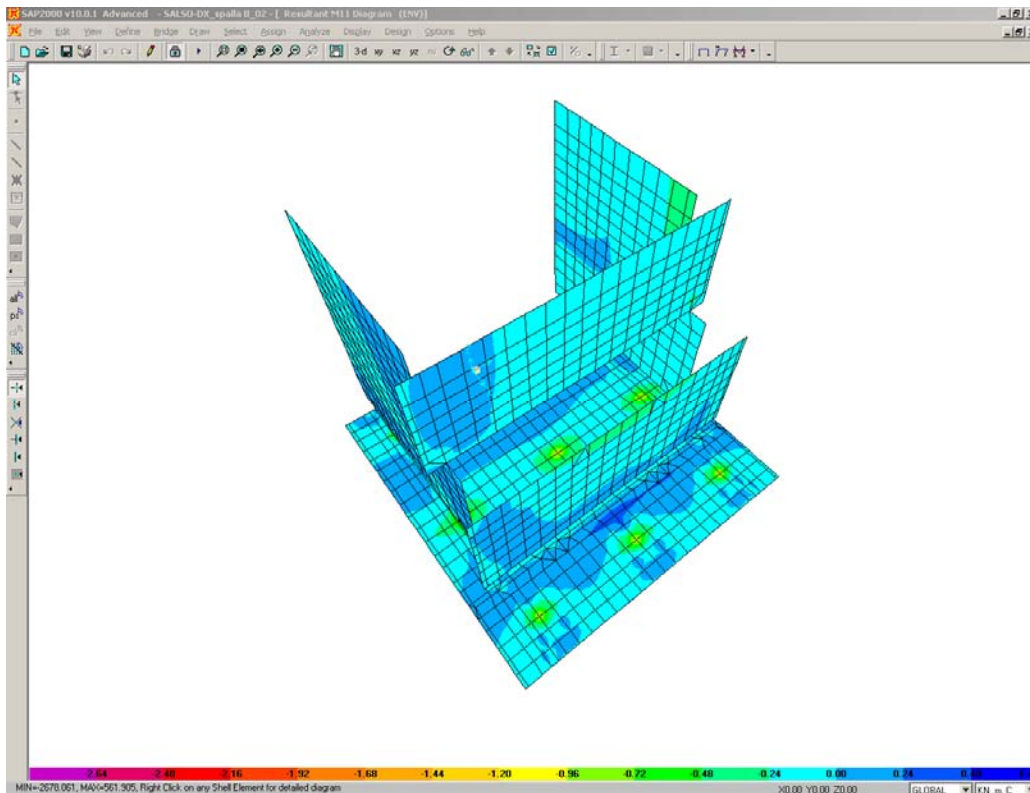
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 82 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



M11max



M11min

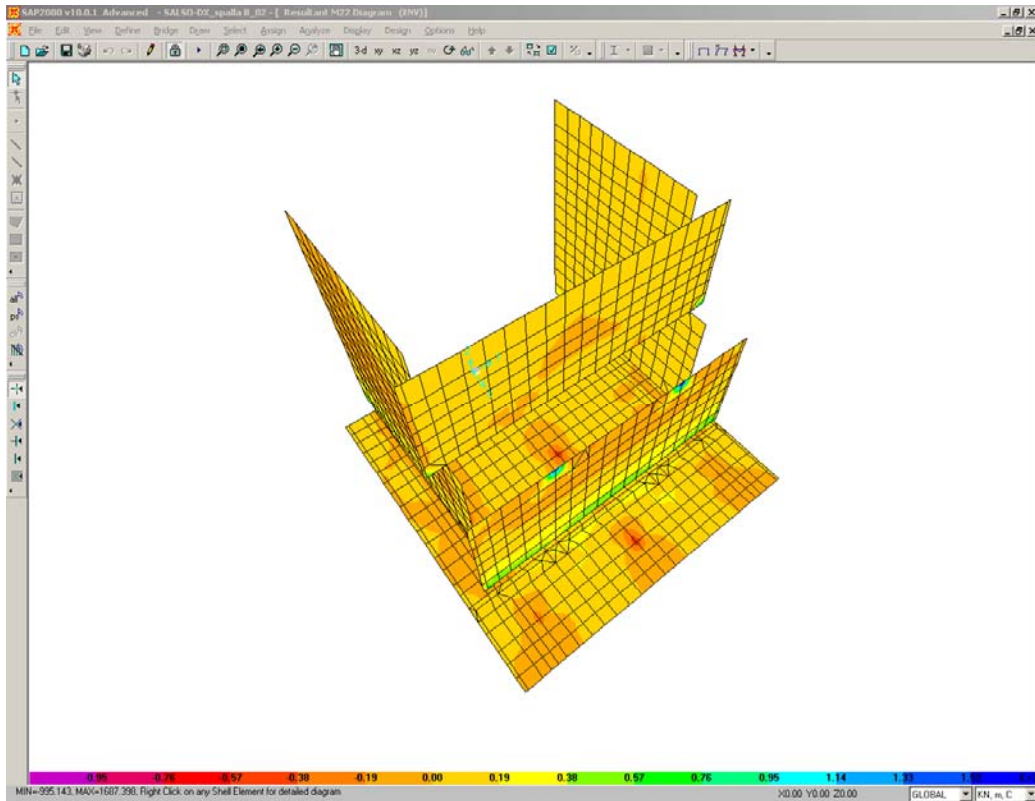
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

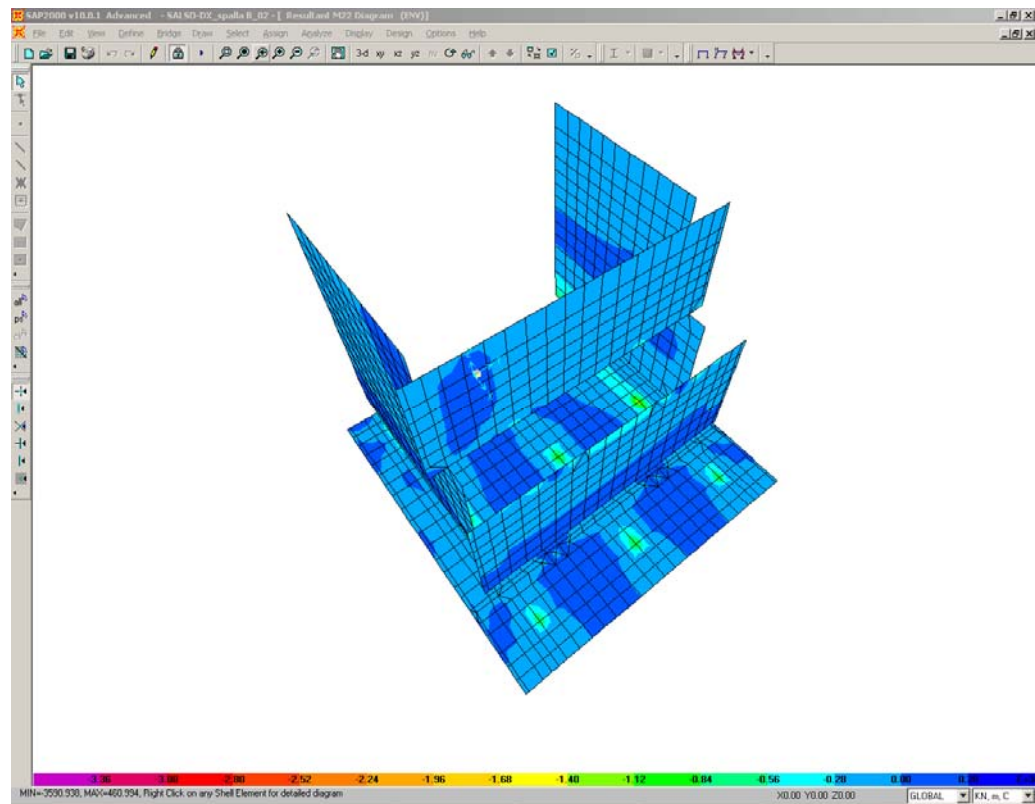
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 83 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



M22max



M22min

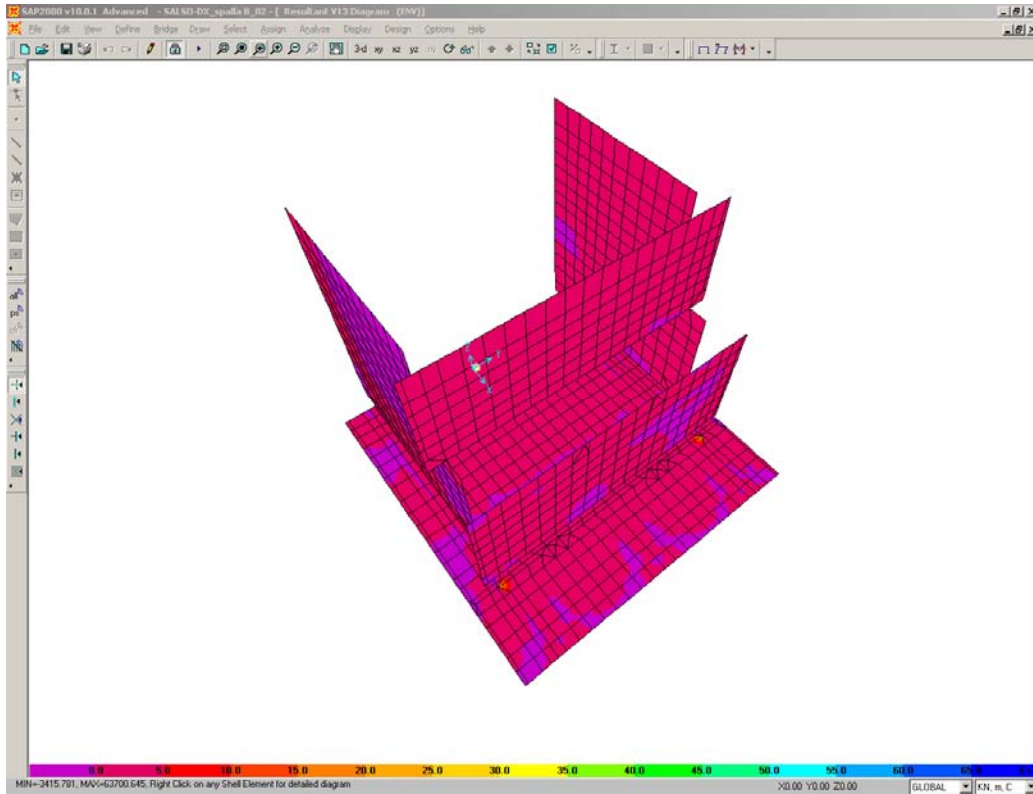
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

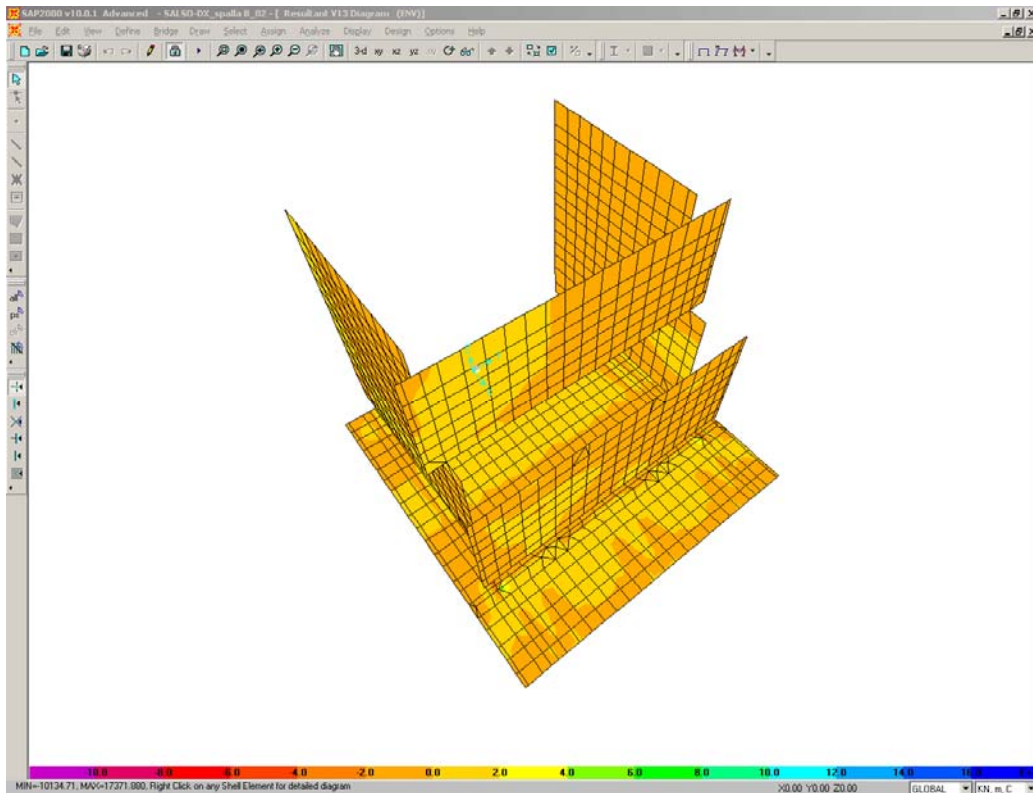
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 84 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



V13max



V13min

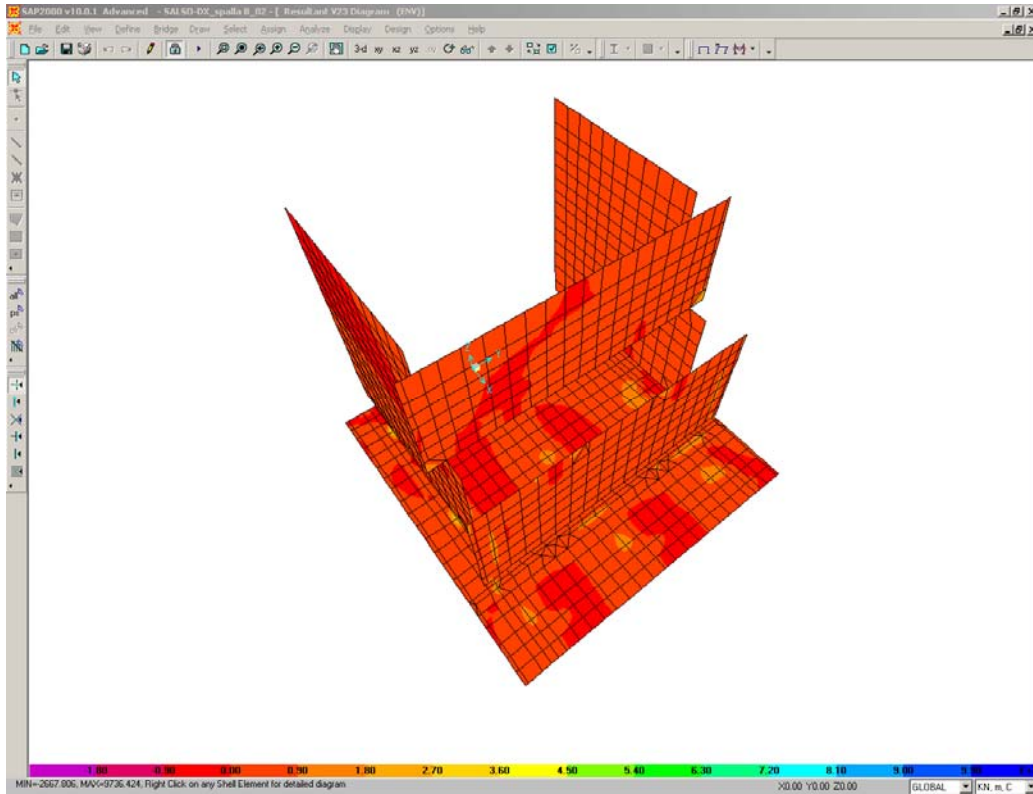
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

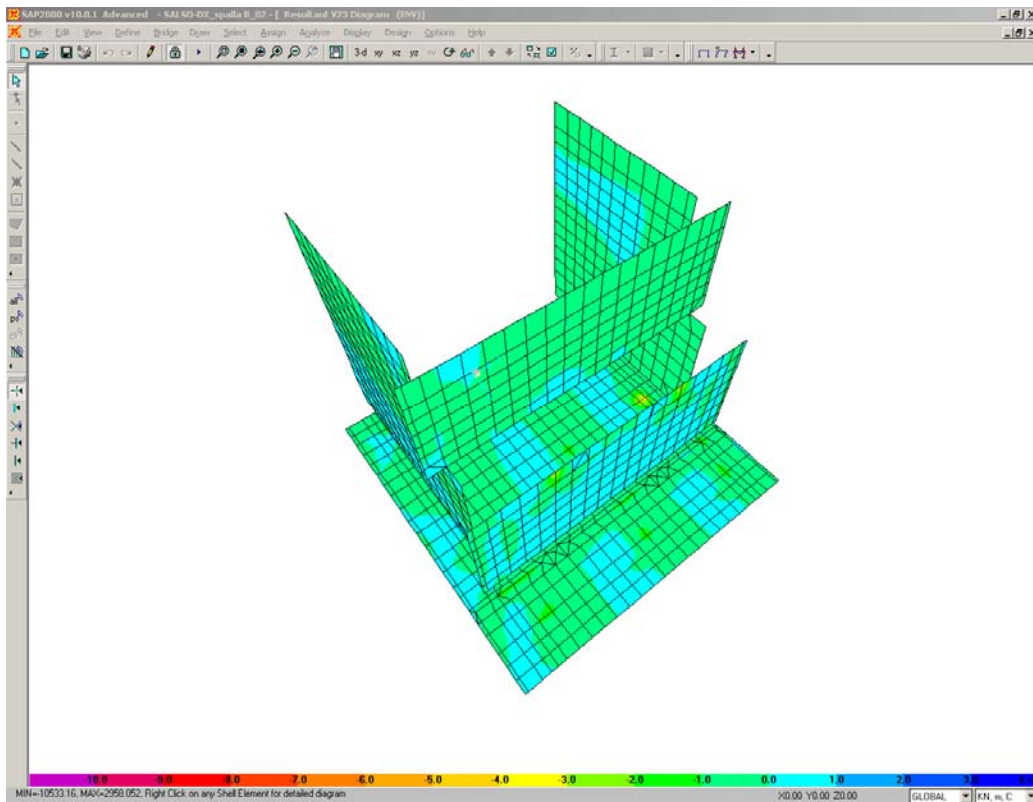
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 85 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc

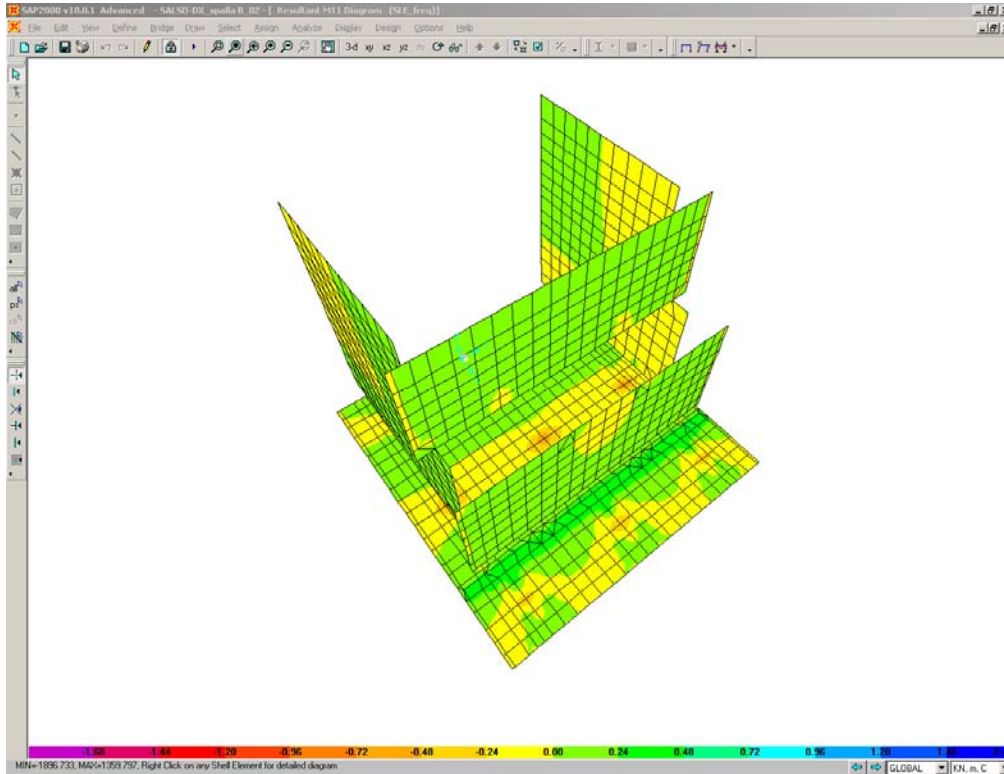


V23max

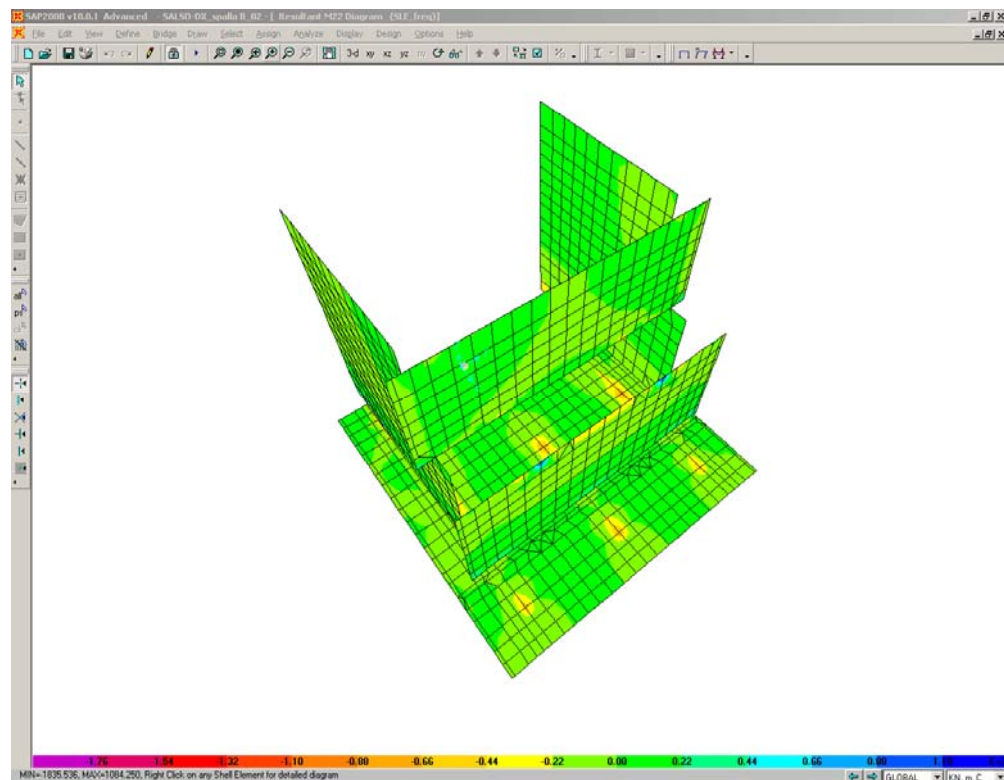


V23min

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.



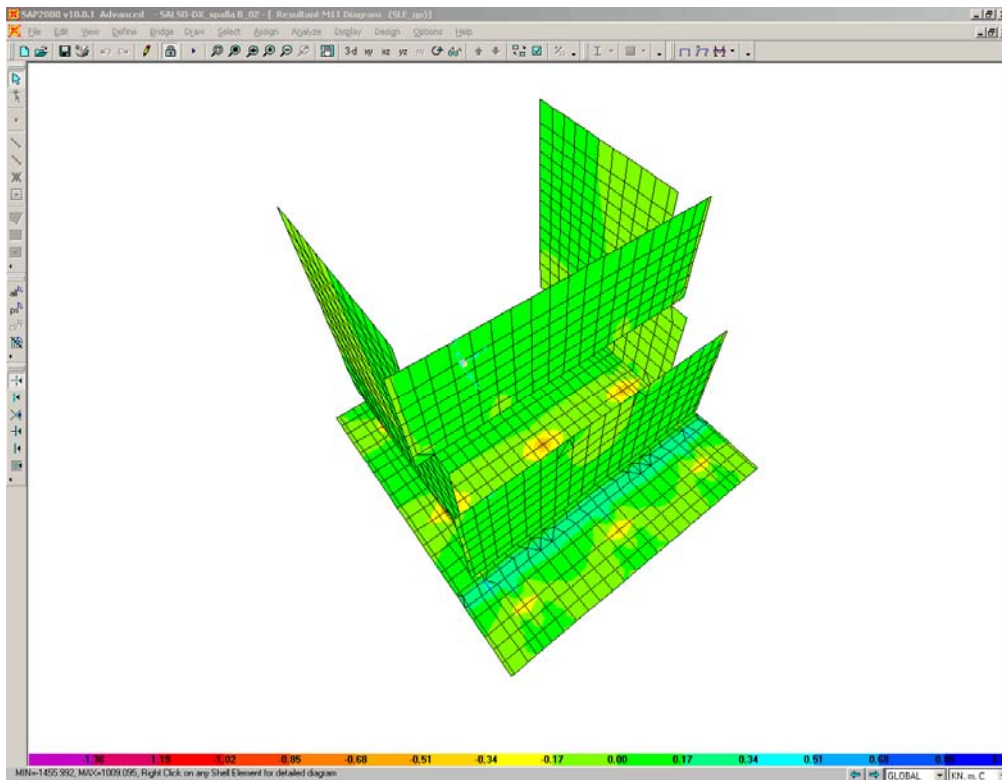
M11



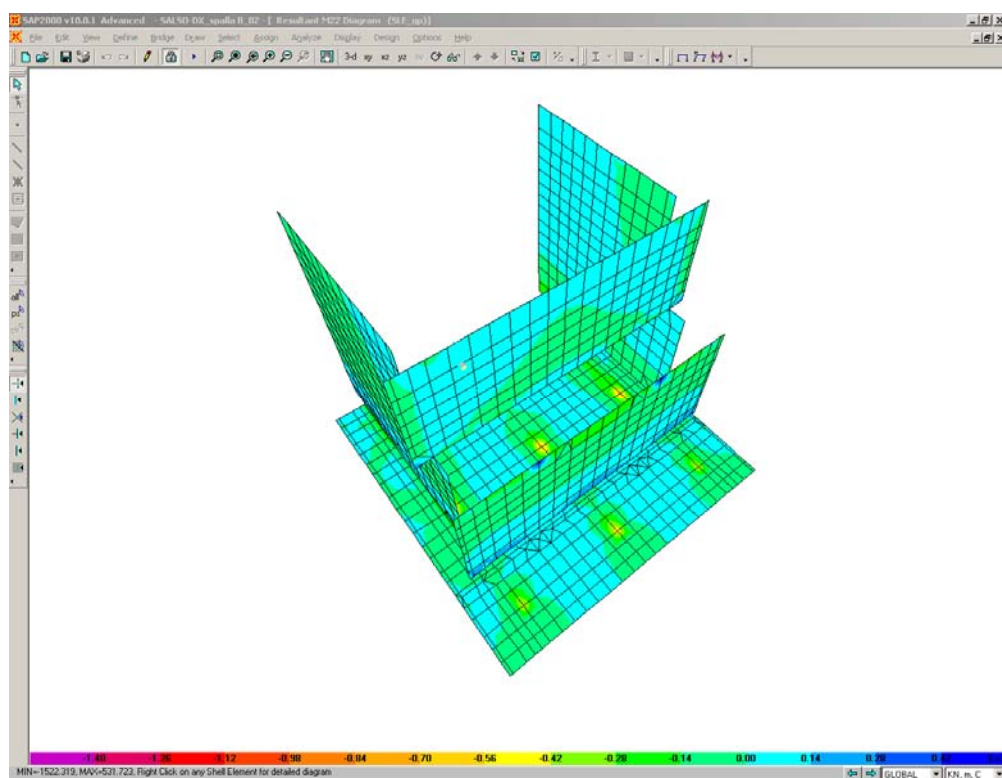
M22



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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 88 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 9.5 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> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,2</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>res,TOT</sub> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,1</sub> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,2</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>res,TOT</sub> [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 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7	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 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	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 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

## 9.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

### 9.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
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]	
890	1275	OK	660	857	OK
950	1257	OK	200	847	OK
310	755	OK	370	755	OK
610	881	OK	340	881	OK
350	559	OK	100	443	OK
160	437	OK	80	437	OK
90	567	OK	70	365	OK
630	738	OK	150	432	OK
450	567	OK	130	365	OK
250	667	OK	110	359	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 89 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### 9.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

$d$ : altezza utile della sezione

$b_w$ : base equivalente della sezione

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

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 90 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
<b>Sollecitazioni</b>								
V	=	1550	2100	800	450	550	kN	taglio di calcolo
N	=	0	140	0	161	0	kN	sforzo assiale di calcolo
<b>Geometria</b>								
h	=	1800	2000	1200	1000	1000	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	970	970	mm	altezza utile della sezione
b <sub>w</sub>	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
<b>Materiali</b>								
R <sub>ck</sub>	=	45	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	37.35	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	21.17	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	10.58	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	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>								
∅ <sub>w</sub>	=	26	12	14	12	12	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	200	400	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n <sub>br</sub>	=	2.0	5.0	2.5	2.5	2.5		numero bracci
A <sub>sw</sub>	=	1'061.86	565.49	384.85	282.74	282.74	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg∅	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ <sub>cp</sub>	=	0.000	0.070	0.000	0.161	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.000	0.070	0.000	0.161	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
α <sub>c</sub>	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V <sub>Rsd</sub>	=	1654.77	4904.06	991.08	603.67	603.67	kN	resistenza taglio trazione
V <sub>Rcd</sub>	=	12041.4	10467.9	6190.8	5182.8	5132.5	kN	resistenza taglio compressione
V <sub>Rd</sub>	=	1654.8	4904.1	991.1	603.7	603.7	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.07	2.34	1.24	1.34	1.10		

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.

### 9.6.3 S.L.E. – Fessurazione

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

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive.





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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 93 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 10 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA C

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

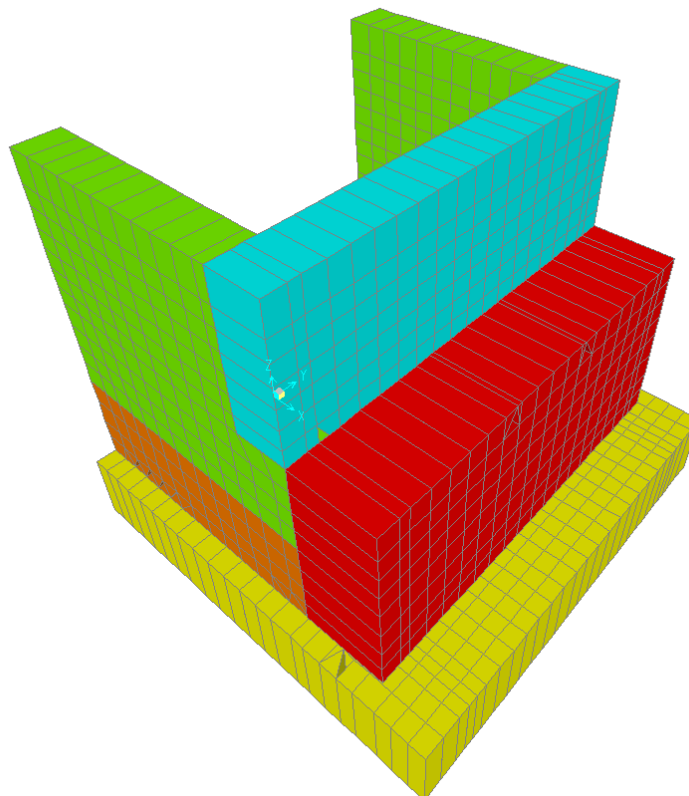
### 10.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidezze 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	10.00	10.50	1.80
muro frontale	1	2.00	9.50	4.40
muro paraghiaia	1	1.20	9.50	4.65
muro laterale sx	1	6.55	1.00	8.45
muro laterale dx	1	6.55	1.00	8.45
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.30
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





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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 95 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

	S.L.U.								S.L.U.								
	q4				q5				q6				q7				
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

	S.L.U.								S.L.V.		S.L.V.		q6.z		
	e3				q6.x				q6.y		q6.z		q6.z		
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp				
	g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

## 10.4 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragonata risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, il momento della combinazione sismica valutato in corrispondenza dell'incastro con il muro frontale risulta maggiore di quello della combinazione statica valutato nel medesimo punto.

S.L.U.- fren	M(g3)	36.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	27.0 kN*m
	M(q3)	110.9 kN*m		M(q6.1)	25.5 kN*m
	Mtot	147.4 kN*m		M(q6.2)	214.6 kN*m
				Mtot	267.2 kN*m

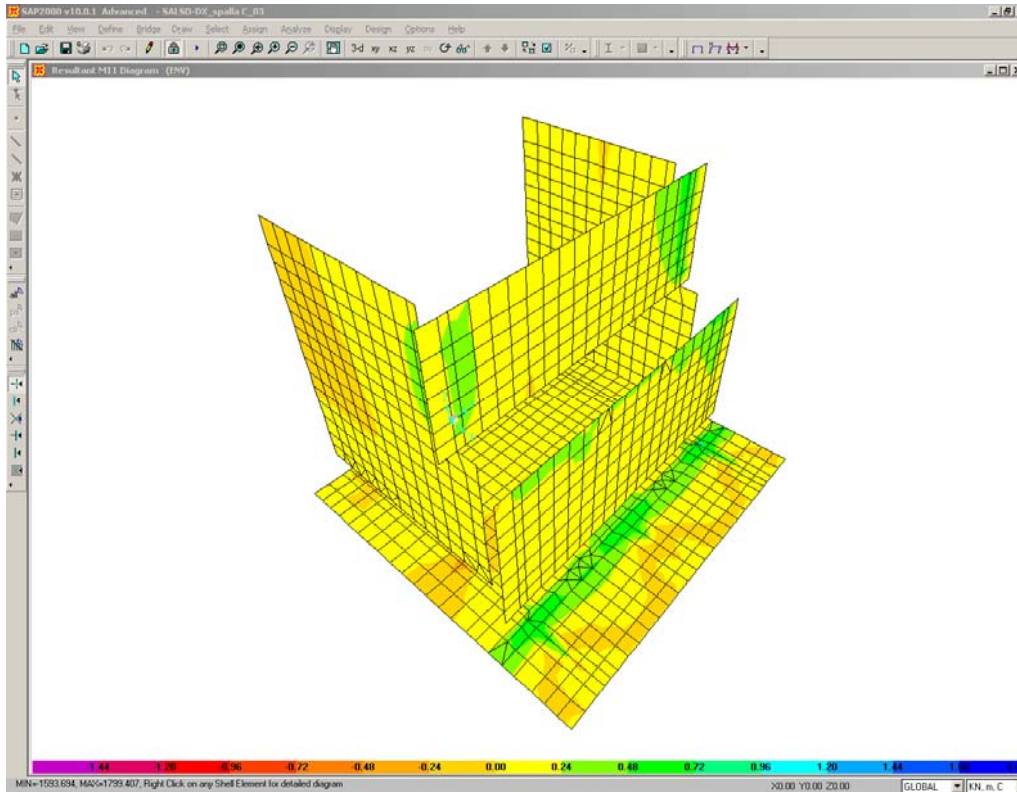
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

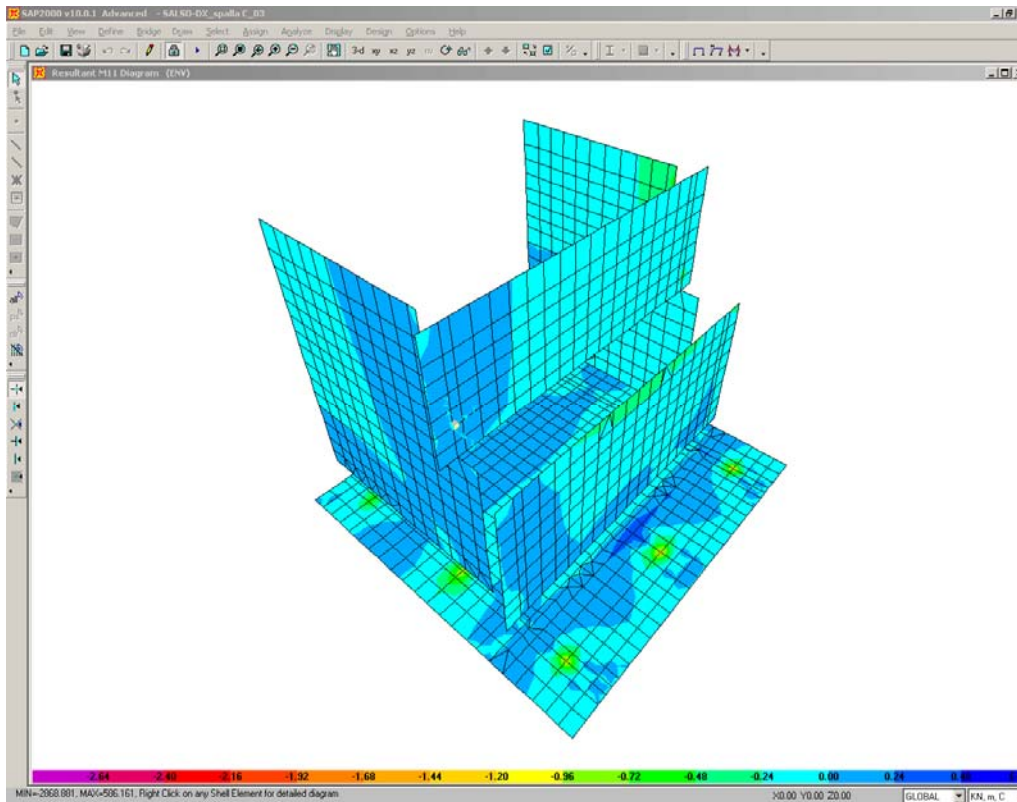
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 96 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



M11max



M11min

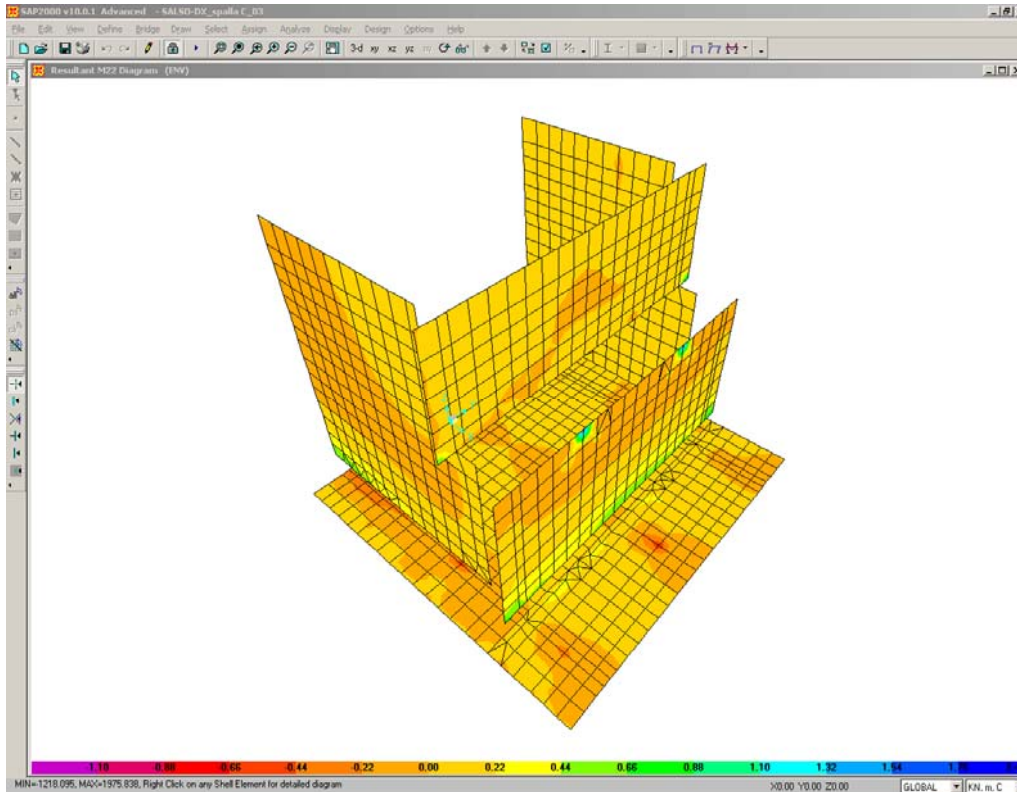
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

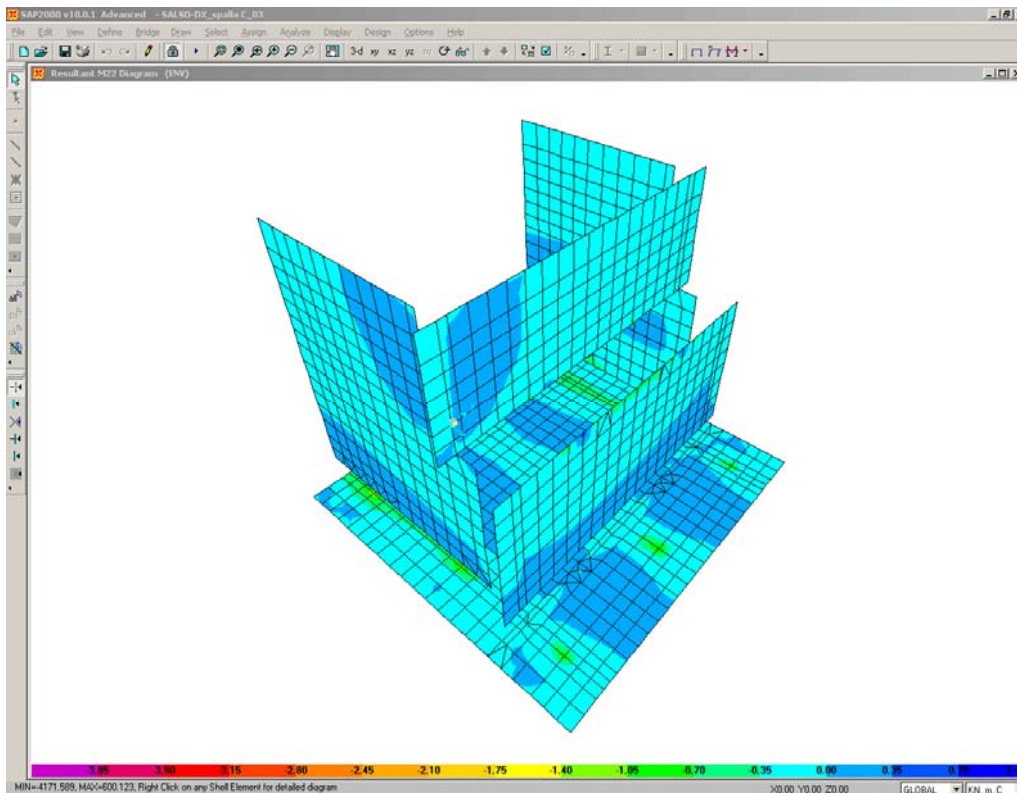
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 97 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



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**

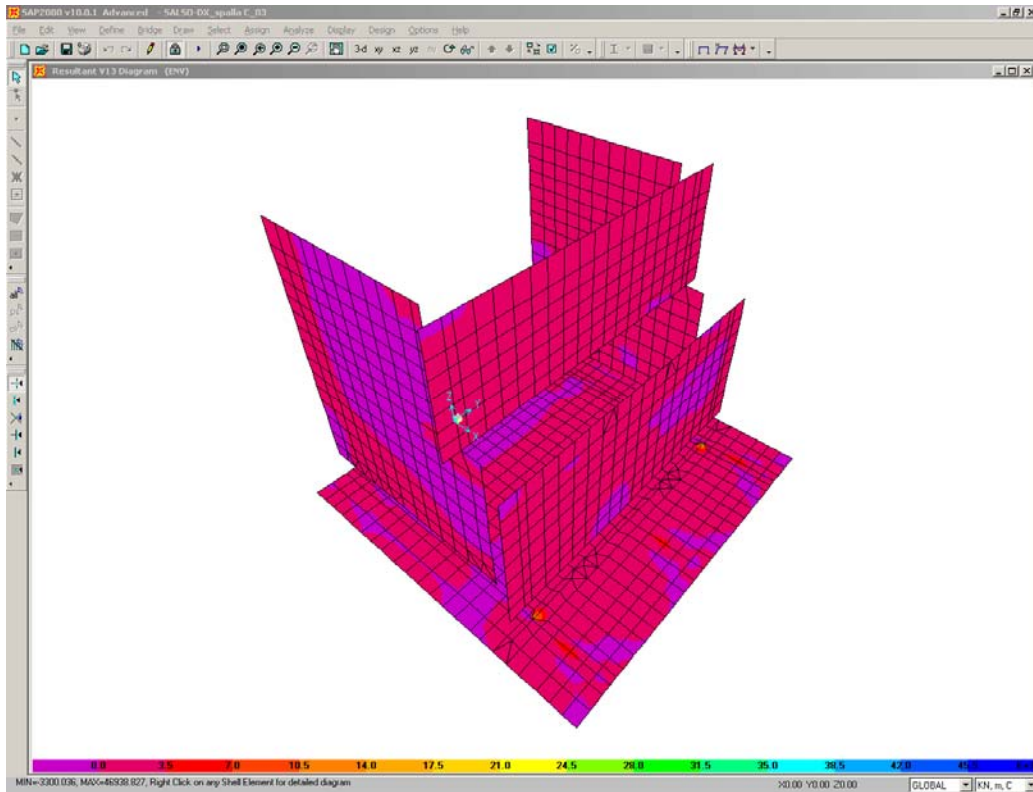
Opera: **Viadotto Salso**

Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

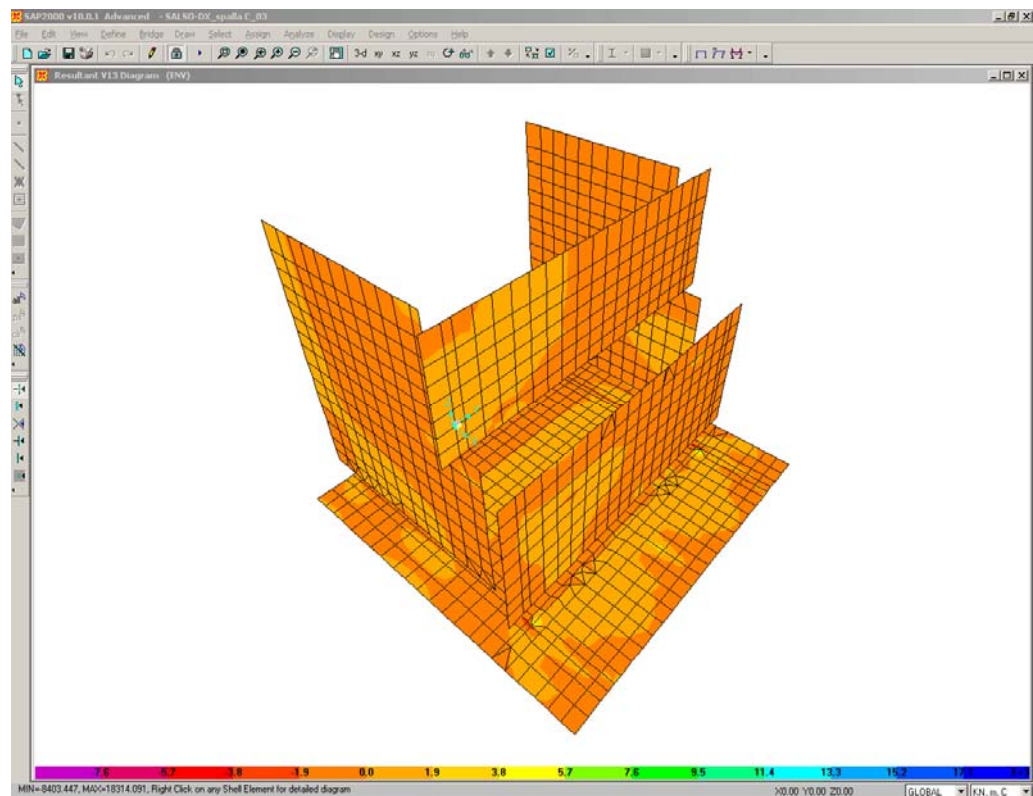
Pagina 98 di 112

Nome file:

V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc



V13max



V13min

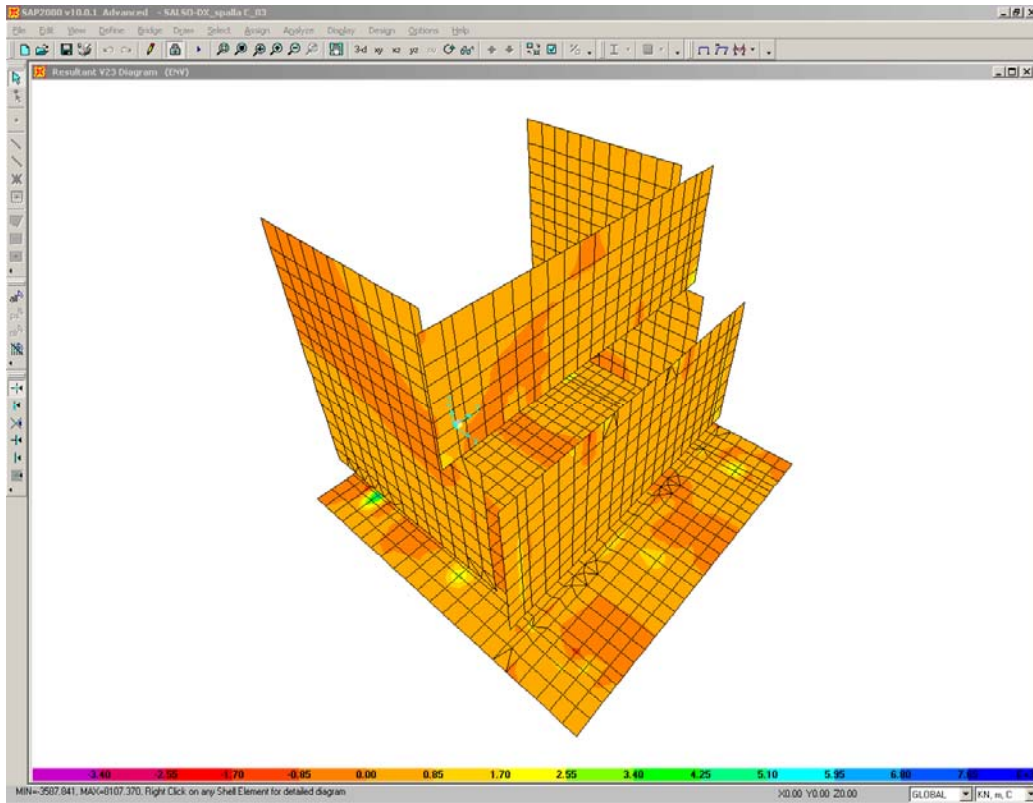
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
5.11.2001  
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Viadotto Salso**

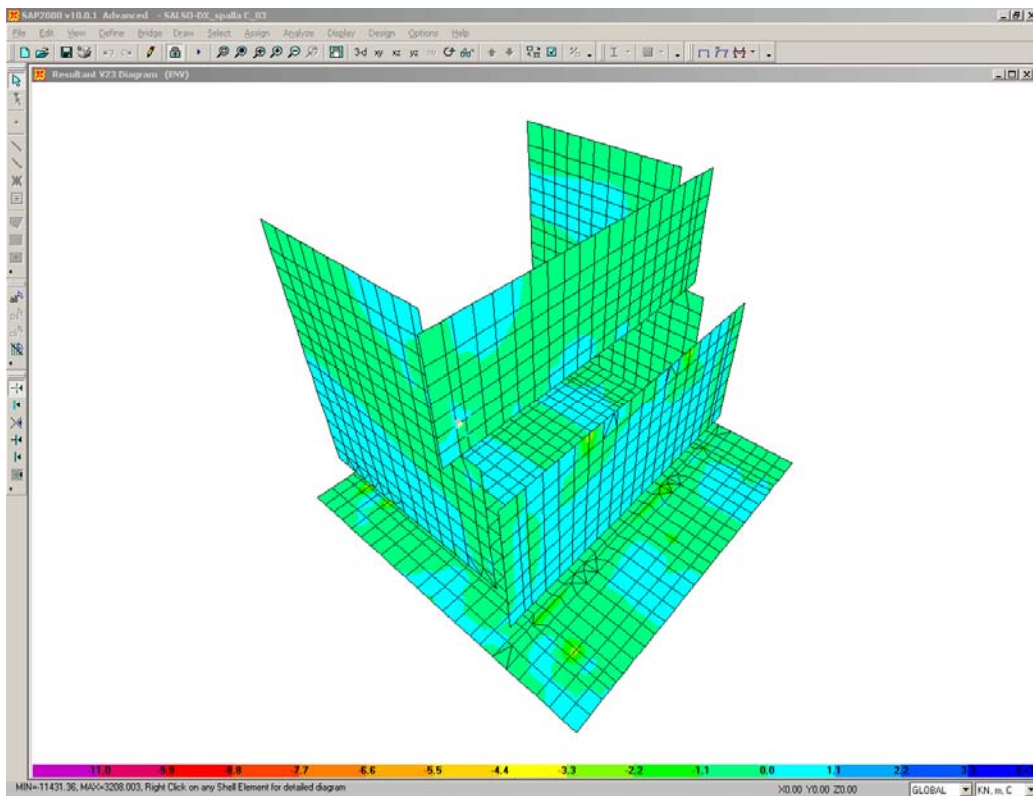
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx

Pagina 99 di 112

Nome file:  
V115-B-CL013-A.01\_relazione\_calcolo\_spalle\_carr\_dx.doc

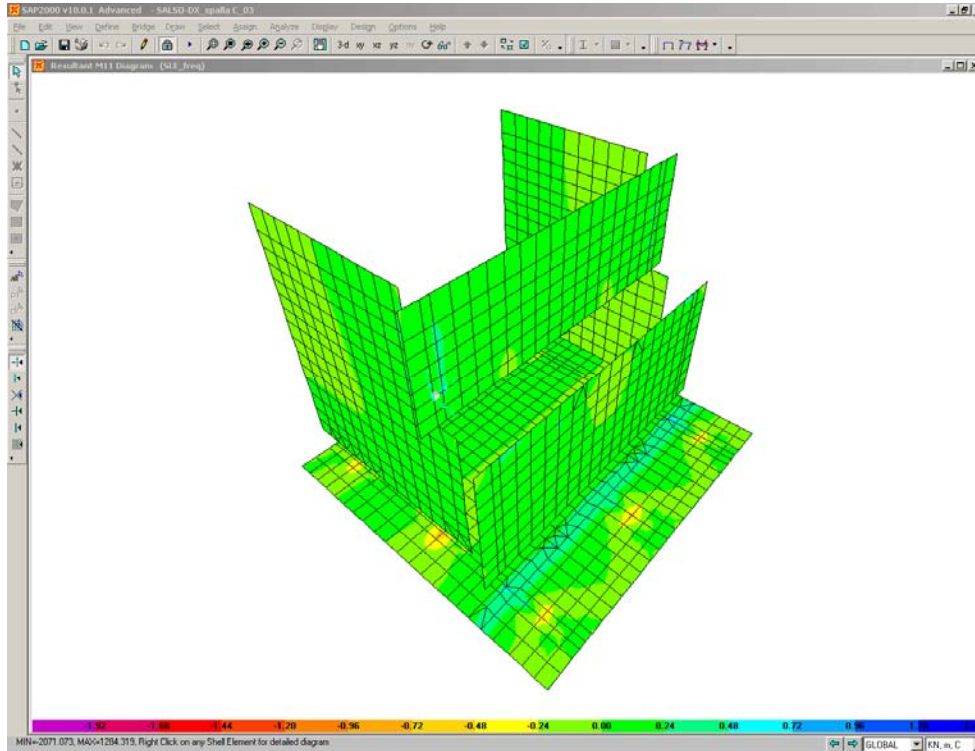


V23max

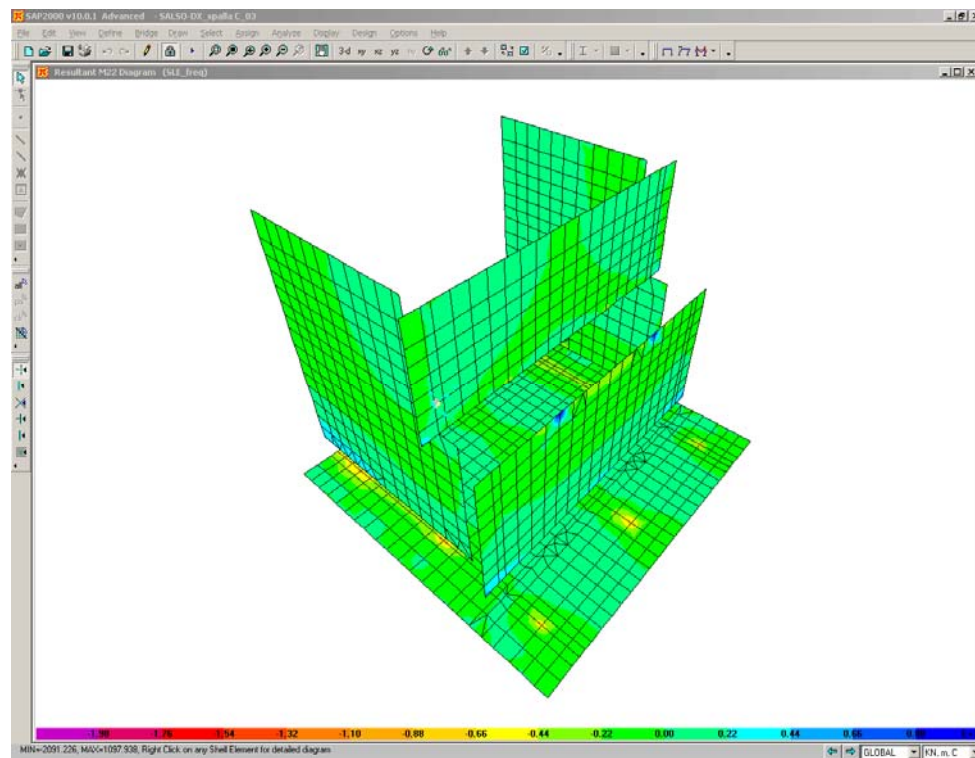


V23min

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.

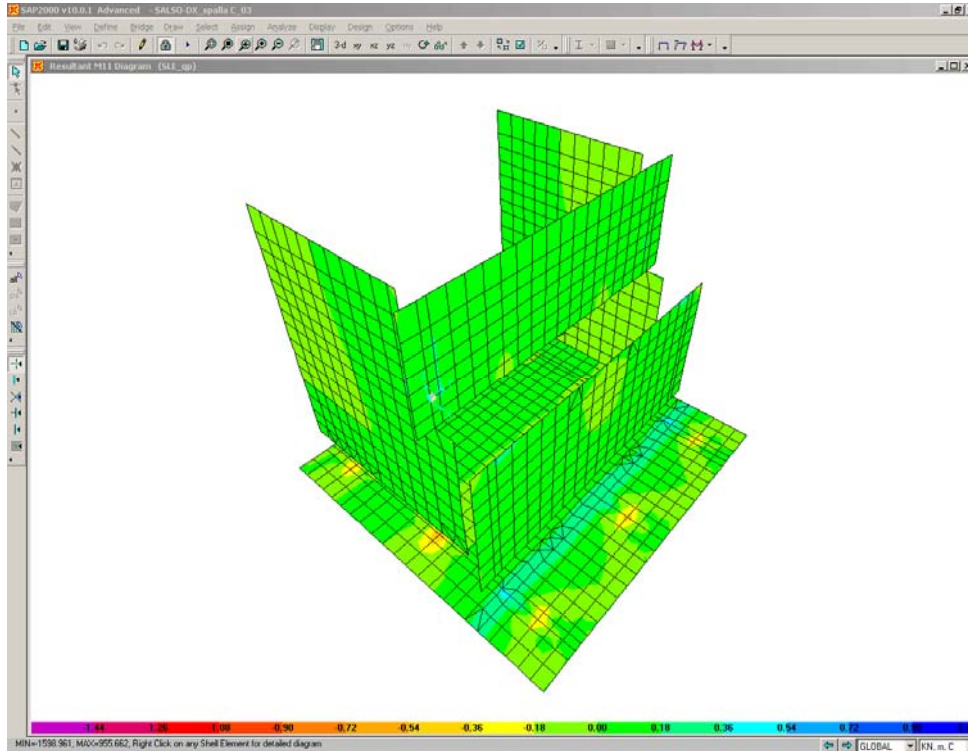


M11

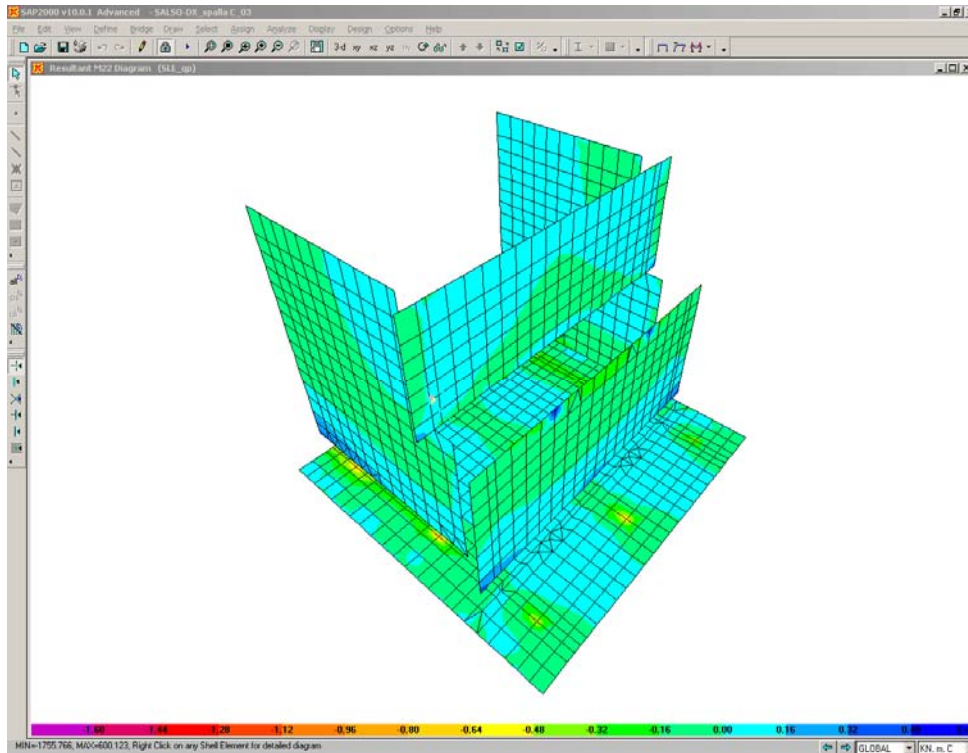


M22

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 102 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 10.5 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> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,2</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>res,TOT</sub> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,1</sub> [cm <sup>2</sup> ]		A <sub>res,2</sub> [cm <sup>2</sup> ]	A <sub>res,TOT</sub> [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 18	12.7 +	0 Φ 0	0.0	12.7	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 22	19.0 +	0 Φ 0	0.0	19.0	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 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

## 10.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

### 10.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
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]	
970	1275	OK	720	857	OK
1070	1257	OK	220	847	OK
480	755	OK	350	755	OK
670	881	OK	360	881	OK
480	559	OK	190	443	OK
110	437	OK	90	437	OK
160	567	OK	60	365	OK
710	738	OK	180	432	OK
490	567	OK	150	365	OK
190	667	OK	150	359	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 103 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

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

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

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

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

$d$ : altezza utile della sezione

$b_w$ : base equivalente della sezione

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

$s$ : interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 104 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
<b>Sollecitazioni</b>								
V	=	1570	2190	870	490	580	kN	taglio di calcolo
N	=	0	140	0	161	0	kN	sforzo assiale di calcolo
<b>Geometria</b>								
h	=	1800	2000	1200	1000	1000	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	970	970	mm	altezza utile della sezione
b <sub>w</sub>	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
<b>Materiali</b>								
R <sub>ck</sub>	=	45	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	37.35	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	21.17	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub>	=	10.58	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	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>								
∅ <sub>w</sub>	=	26	12	14	12	12	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	200	400	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n <sub>br</sub>	=	2.0	5.0	2.5	2.5	2.5		numero bracci
A <sub>sw</sub>	=	1'061.86	565.49	384.85	282.74	282.74	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg ∅	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ <sub>cp</sub>	=	0.000	0.070	0.000	0.161	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.000	0.070	0.000	0.161	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
α <sub>c</sub>	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V <sub>Rsd</sub>	=	1654.77	4904.06	991.08	603.67	603.67	kN	resistenza taglio trazione
V <sub>Rcd</sub>	=	12041.4	10467.9	6190.8	5182.8	5132.5	kN	resistenza taglio compressione
V <sub>Rd</sub>	=	1654.8	4904.1	991.1	603.7	603.7	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.05	2.24	1.14	1.23	1.04		

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.

### 10.6.3 S.L.E. – Fessurazione

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

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive.



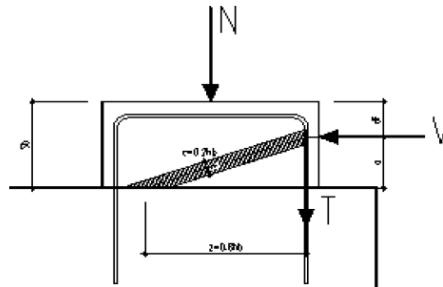


CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 107 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 108 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 11 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 le spalle A della carreggiata destra e 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	4305	<b>1465</b>
Vx	<b>247</b>	833
baggiolo	<b>SpA-S</b>	<b>SpA-D</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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 109 di 112
	Nome file: VI15-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

### Materiali

$R_{ck}$	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	21.17	21.17	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

		SpA-S	SpA-D		
$F_{Ed}$	=	4305	1465	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	247	833	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

### Geometria

$b_1$	=	1200	1200	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	1200	1200	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	400	400	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
$b_0$	=	900	900	mm	larghezza appoggio
$c$	=	30	30	mm	copriferro
$d$	=	1170	1170	mm	altezza utile
$z$	=	936	936	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	11.4	38.5	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	234.0	234.0	mm	altezza biella compressa
$a$	=	405.7	419.3	mm	
$\alpha$	=	0.41	0.42	rad	

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

$C$	=	269	912	kN	risultante di compressione
$T$	=	107	373	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	0.48	1.62	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	37.61	11.08		
$n$	=	6	6		numero ferri superiore
$\varnothing$	=	16	16	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	1206.4	1206.4	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	88.61	309.14	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	4.42	1.27		

### Verifiche a fenditura (armatura verticale)

$T$	=	326	111	kN	risultante forza di taglio
$A_s$	=	833.5	833.5	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria
$n_{str}$	=	2	2		numero strati
$n_{br}$	=	8	8		numero bracci x strato
$\varnothing_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$A_{sw}$	=	2463.0	2463.0	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
FS	=	2.96	2.96		

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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 110 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

## 12 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>12130</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	<b>21220</b>	kN	massimo carico verticale allo S.L.U. in esercizio
K <sub>e</sub>	<b>5.30</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	<b>3546</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	<b>0.300</b>	m	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	<b>1049</b>	kg	peso dell'isolatore

A partire dal modello di calcolo globale della carreggiata sinistra 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 (come per il dimensionamento dei baggioli, anche in questo caso la carreggiata sinistra risulta quella dimensionante per via delle luci maggiori).

Azioni trasmesse dall'impalcato									
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla	
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m		
SpA-D	G1+G2	38	9	1403	0	0	0		
SpA-D	E2	34	2	-93	0	0	0		
SpA-D	E3	120	5	110	0	0	0		
SpA-D	Q1	17	42	1368	0	0	0		
SpA-D	Q5	28	109	-89	0	0	0		
SpA-D	Q7	14	0	0	0	0	0		
SpA-S	G1+G2	37	2	1348	0	0	0	spalla A	
SpA-S	E2	34	1	-82	0	0	0		
SpA-S	E3	118	4	94	0	0	0		
SpA-S	Q1	17	7	1800	0	0	0		
SpA-S	Q5	40	110	95	0	0	0		
SpA-S	Q7	13	0	0	0	0	0		
SpB-D	G1+G2	21	14	1019	0	0	0		
SpB-D	E2	13	5	-81	0	0	0		
SpB-D	E3	60	13	102	0	0	0		
SpB-D	Q1	18	22	1052	0	0	0		
SpB-D	Q5	18	85	-149	0	0	0		
SpB-D	Q7	10	0	0	0	0	0		
SpB-S	G1+G2	16	13	910	0	0	0	spalla B	
SpB-S	E2	14	5	-100	0	0	0		
SpB-S	E3	56	6	103	0	0	0		
SpB-S	Q1	26	1	1162	0	0	0		
SpB-S	Q5	27	83	145	0	0	0		
SpB-S	Q7	9	0	0	0	0	0		
SpC-D	G1+G2	24	14	919	0	0	0		
SpC-D	E2	3	12	-61	0	0	0		
SpC-D	E3	52	23	136	0	0	0		
SpC-D	Q1	4	20	988	0	0	0		
SpC-D	Q5	6	94	-123	0	0	0		
SpC-D	Q7	9	0	0	0	0	0		
SpC-S	G1+G2	24	14	1011	0	0	0	spalla C	
SpC-S	E2	4	13	-45	0	0	0		
SpC-S	E3	49	18	122	0	0	0		
SpC-S	Q1	12	1	1101	0	0	0		
SpC-S	Q5	3	90	126	0	0	0		
SpC-S	Q7	10	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 Salso</b>
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Dx
	Pagina 111 di 112
	Nome file: V115-B-CL013-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_dx.doc

**Azione sismica (S.L.C. - max Fz)**

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	Q6.3	209	70	84	0	0	0	
SpA-S	Q6.3	208	70	76	0	0	0	spalla A
SpB-D	Q6.3	91	64	84	0	0	0	
SpB-S	Q6.3	92	64	82	0	0	0	spalla B
SpC-D	Q6.3	83	58	46	0	0	0	
SpC-S	Q6.3	84	57	66	0	0	0	spalla C

**Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica - max Fz)**

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	S.L.C.	349	82	1448	0	0	0	
SpA-S	S.L.C.	345	75	1390	0	0	0	spalla A
SpB-D	S.L.C.	161	90	1073	0	0	0	
SpB-S	S.L.C.	156	85	944	0	0	0	spalla B
SpC-D	S.L.C.	142	96	972	0	0	0	
SpC-S	S.L.C.	143	92	1093	0	0	0	spalla C
		<b>349</b>	<b>96</b>	<b>1448</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	
SpA-D	S.L.U.	240	172	3628	0	0	0	
SpA-S	S.L.U.	247	115	4305	0	0	0	spalla A
SpB-D	S.L.U.	137	140	2638	0	0	0	
SpB-S	S.L.U.	147	104	2882	0	0	0	spalla B
SpC-D	S.L.U.	92	162	2489	0	0	0	
SpC-S	S.L.U.	101	129	2999	0	0	0	spalla C
		<b>247</b>	<b>172</b>	<b>4305</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.**

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S	SpC-D	SpC-S		
d <sub>Q6.1,x</sub>	0.131	0.130	0.057	0.057	0.050	0.052	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d <sub>Q6.1,y</sub>	0.017	0.017	0.013	0.013	0.017	0.017	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d <sub>Q6.2,x</sub>	0.042	0.042	0.019	0.019	0.021	0.020	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d <sub>Q6.2,y</sub>	0.043	0.043	0.040	0.040	0.034	0.033	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d <sub>E2,x</sub>	0.007	0.006	0.003	0.003	0.001	0.001	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.068	0.068	0.037	0.037	0.033	0.032	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>E,tot</sub>	0.172	0.171	0.079	0.080	0.069	0.071	m	spostamento risultante totale dell'impalcato

**S.L.U.**

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S	SpC-D	SpC-S		
d <sub>E2,x</sub>	0.007	0.006	0.003	0.003	0.001	0.001	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d <sub>E3,x</sub>	0.068	0.068	0.037	0.037	0.033	0.032	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d <sub>Q1,y</sub>	0.015	0.013	0.011	0.009	0.005	0.006	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
d <sub>Q5,y</sub>	0.021	0.021	0.016	0.016	0.018	0.017	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto al vento
d <sub>E,tot</sub>	0.069	0.067	0.041	0.040	0.034	0.033	m	spostamento risultante totale dell'impalcato

d<sub>giunto</sub> 0.344 m massima escursione del giunto

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 171.9 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.