

# 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 Arenella II

### Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 6 V I 2 1 3 V I 1 3 B C L 0 0 7 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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 1 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.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 .....	5
<b>2</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A</b> .....	<b>6</b>
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	9
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	9
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	11
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	12
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA .....	13
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B</b> .....	<b>17</b>
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	19
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	19
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	22
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO .....	22
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA .....	23
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A</b> .....	<b>25</b>
4.1	VERIFICHE STRUTTURALI .....	25
4.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i> .....	26
4.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i> .....	27
4.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i> .....	28
4.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i> .....	29
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI .....	30
4.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i> .....	30
4.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i> .....	33
<b>5</b>	<b>VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B</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> .....	38
5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI .....	39
5.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i> .....	39
5.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i> .....	42
<b>6</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A</b> .....	<b>43</b>
6.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	43
6.2	ANALISI DEI CARICHI.....	44
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO .....	44
6.4	SOLLECITAZIONI .....	45
6.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI .....	52
6.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	52
6.6.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i> .....	52
6.6.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i> .....	53
6.6.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i> .....	55

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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 2 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

<b>7</b>	<b>BAGGIOLI</b> .....	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI</b> .....	<b>59</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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 3 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

# 1 GENERALITÀ

## 1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata sinistra del viadotto Arenella II, 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".

In particolare, si analizza la Spalla A per la carreggiata sinistra del viadotto. Infatti, le due spalle della carreggiata sinistra presentano la medesima geometrie e gli stessi scarichi dell'impalcato. Dunque, si estendono i risultati della Spalla A alla Spalla B.

## 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: XA2;
- zattere spalle: XA2;
- 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

#### CALCESTRUZZO ZATTERA PILE, ZATTERA SPALLE E PALI C32/40

$R_{ck}$	= 40	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
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	= 2.69	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XA2			classe di esposizione
S3-			
S4			classe di consistenza

#### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE PILE, ELEVAZIONE SPALLE, PULVINO E BAGGIOLI C25/30

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 4 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

$R_{ck}$	=	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	20.67	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	3.33	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	=	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.85</b>		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	2.22	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF2				classe di esposizione
S3-				
S4				classe di consistenza elevazione pile, elevazione spalle e pulvino
S4				classe di consistenza baggioli

#### **CALCESTRUZZO SOLETTA E TRASVERSI IMPALCATO, CORDOLI, PREDALLES 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
XD2				classe di esposizione
S4				classe di consistenza

#### **CALCESTRUZZO TRAVI PREFABBRICATE IN C.A.P. C45/55**

$R_{ck}$	=	<b>55</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	45.65	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	=	37.89	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	=	53.65	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	3.92	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	5.10	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	=	4.71	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	=	36416	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
$f_{cd}$	=	25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	3.40	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XD2				classe di esposizione
S4				classe di consistenza

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 5 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### 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

### 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

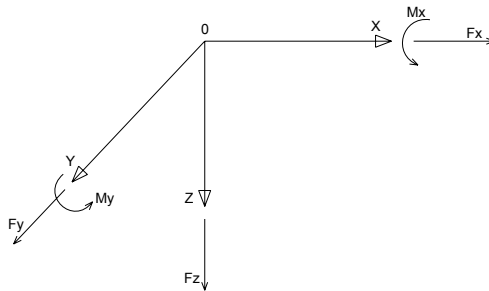
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 6 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

## 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 sinistra.

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrorso, 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.





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 Arenella II**

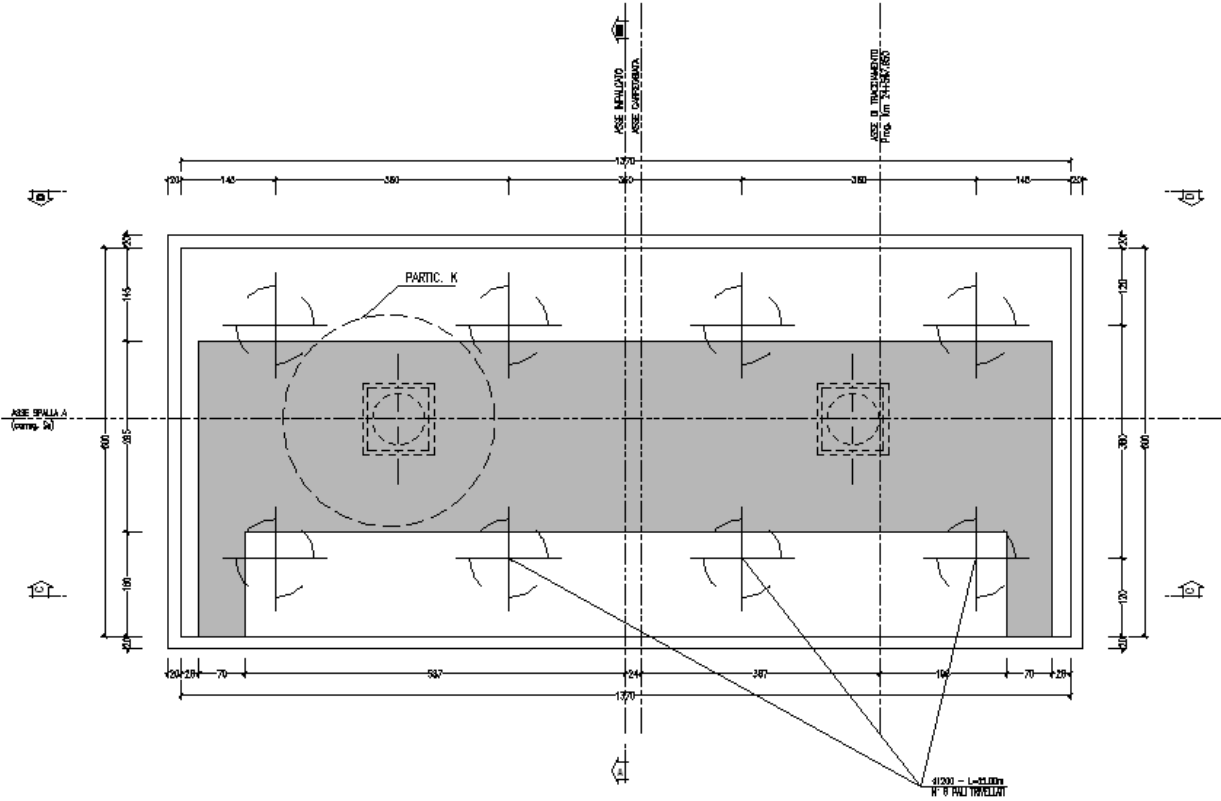
Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX

Pagina 7 di 68

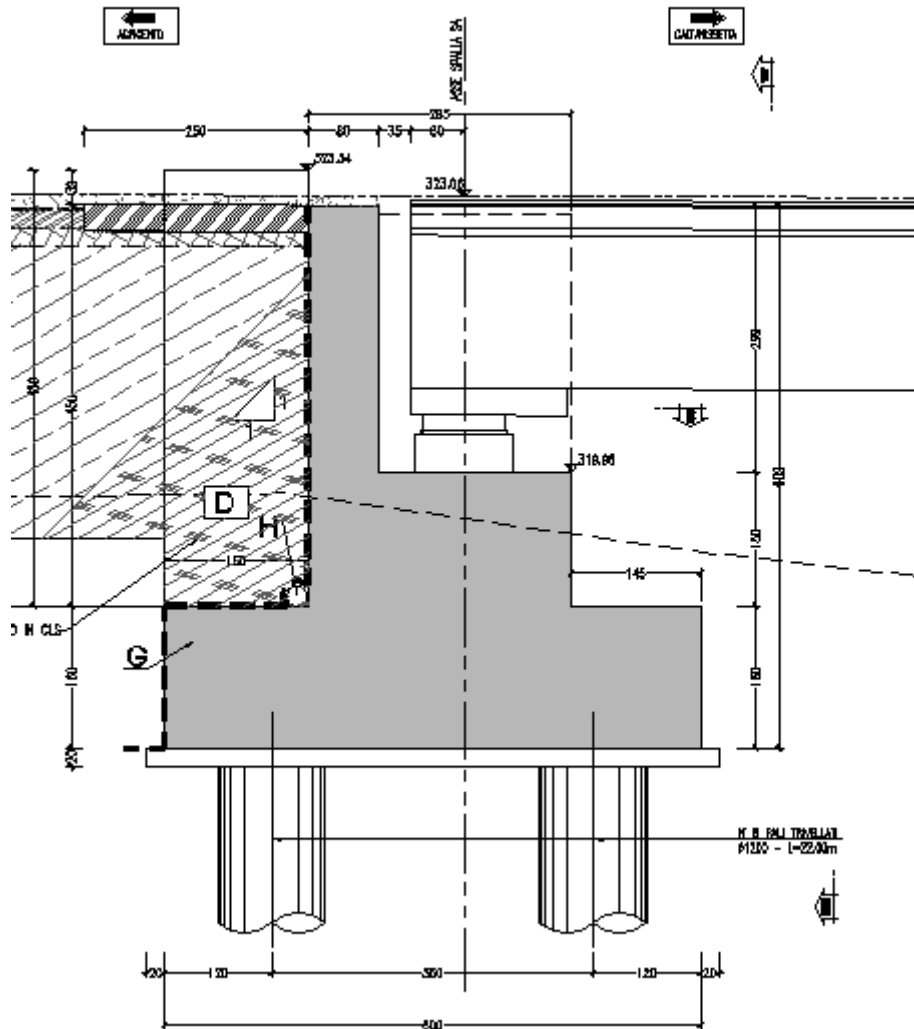
Nome file:

V113-B-CL007-A.00\_relazione\_calcolo\_Spalle\_SX.doc

**CARPENTERIA SPALLA "SpA"**  
SEZIONE B-B'  
SCALA 1:50



**CARPENTERIA SPALLA SpA (Carreggiata Sx)**  
**SEZIONE A-A'**  
 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	6.00	13.70	1.60	-	131.5	3.00	0.00	-0.80
muro frontale	1	2.15	13.20	1.50	-	42.6	3.48	0.00	-2.35
muro paraghiaia	1	0.80	13.20	4.50	-	47.5	2.00	0.00	-3.85
muro laterale sx	1	2.40	0.70	4.90	-	8.2	1.20	6.25	-4.05
muro laterale dx	1	2.40	0.70	4.90	-	8.2	1.20	-6.25	-4.05
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.85	-5.23
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-6.10	-6.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.35	-	0.85	3.35	0.00	-3.28
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.47	-	0.76	3.35	0.00	-3.68
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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 9 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.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	=	3.35 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-3.68 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2295	129	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	389	17	0	permanenti portati
e2	34	0	-493	6	34	ritiro
e3.6	44	0	237	9	44	temperatura - massima azione verticale
e3.8	125	0	-89	4	125	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	0	1	1814	598	6	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	4	1373	4708	2	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	138	0	0	0	138	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	130	0	280	0	azione del vento trasversale
q6.1x	604	86	-38	115	604	sisma longitudinale
q6.1y	181	288	-38	385	181	sisma trasversale
q6.1z	181	86	-126	116	181	sisma verticale
q7	27	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 ( $g_1$ )

$\gamma_{cls}$	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	3288.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1064.3 kN	muro frontale
g1.3	=	1188.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	205.8 kN	muro laterale sx
g1.5	=	205.8 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	21.2 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	=	5983.3 kN	azione verticale
x	=	2.76 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.92 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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 10 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	144.6 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>2603.7</b> kN	peso del terreno
x	=	1.20 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.05 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	=	7.60	6	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	13.20	13.20	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>2926.1</b>	<b>1823.7</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	2.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.53	-3.60	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	=	7.60	6.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	13.20	13.20	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>855.6</b>	<b>675.5</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	2.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80	-4.60	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	2.40	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>633.6</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.20	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	-	m	coordinata z punto di applicazione

### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g$	=	<b>0.096</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
$a_{max}$	=	0.144 g	accelerazione massima
$K_h$	=	0.144	coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.072	coefficiente sismico verticale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 11 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

#### 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	=	7.60	6.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	13.20	13.20	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	=	1976.2	1231.7		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile					
$\phi$	=	35	35	°	angolo di attrito
$\psi$	=	90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	0	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
$\delta$	=	0	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	7.65	7.65	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.632	0.632		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.803	0.803		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.632	0.632		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	4647	2897	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	1721.2	1072.8	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato	=	1976.2	1231.7	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	2.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80	-4.60	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	473	3.00	0.00	-0.80
muro frontale	153	3.48	0.00	-2.35
paragliaia	171	2.00	0.00	-3.85
muro laterale sx	30	1.20	6.25	-4.05
muro laterale dx	30	1.20	-6.25	-4.05
bandiera sx	0	-1.40	5.85	-5.23
bandiera dx	0	-0.50	-6.10	-6.00
baggioli	3	3.35	0.00	-3.28
apparecchi di appoggio	1	3.35	0.00	-3.68
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	375	1.20	0.00	-4.05
risultante intradosso plinto	1237	2.29	0.00	-2.56
risultante base muro frontale	387	2.47	0.00	-3.28

### 2.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

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

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 12 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

## RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali

x	=	3.00 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	0.00 m	coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2295	130	-803	peso propri
g1-sp	0	0	5983	0	1407	peso propri
g2-imp	0	0	389	17	-136	permanenti
g2-sp	0	0	2604	0	4687	terreno su j
g3-sp	2926	0	0	0	-7413	spinta del t
e2-imp	34	0	-493	6	82	ritiro
e3.6-imp	44	0	237	9	-201	temperatur
e3.8-imp	125	0	-89	4	-306	temperatur
q1.1-imp	0	1	1814	601	-629	carico mob
q1.2-imp	0	4	1373	4721	-480	carico mob
q1t-sp	856	0	634	0	-2111	effetti del s
q3-imp	138	0	0	0	-371	frenatura s
q4-imp	0	0	0	0	0	azione cent
q5-imp	0	130	0	757	0	azione del '
q6.1x-imp	604	86	-38	433	-1608	sisma 1 imj
q6.1y-imp	181	288	-38	1445	-473	sisma 2 imj
q6.1z-imp	181	86	-126	433	-442	sisma 3 imj
q6.1x-sp	1976	0	0	0	-7510	incremento
q6.2x-sp	1237	0	0	0	-3171	forze d'iner
q6.2y-sp	0	1237	0	3171	0	forze d'iner
q6.2z-sp	0	0	618	0	439	forze d'iner
q7-imp	27	0	0	0	-99	azione para

## 2.4 COMBINAZIONI DI CARICO

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



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 14 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

	SLU								q3							
Fx	5202	5260	5202	5260	5202	5260	5202	5260	5120	5179	5120	5179	5120	5179	5120	5179
Fy	118	118	-115	-115	122	122	-111	-111	118	118	-115	-115	121	121	-113	-113
Fz	18099	17864	18099	17864	17504	17269	17504	17269	17273	17038	17273	17038	16827	16592	16827	16592
Mx	1706	1702	343	339	7268	7264	5905	5901	1503	1499	141	136	5675	5670	4312	4308
My	-6883	-6959	-6883	-6959	-6681	-6756	-6681	-6756	-6515	-6591	-6515	-6591	-6364	-6439	-6364	-6439

	SLU								q5							
Fx	4913	4972	4913	4972	4913	4972	4913	4972	4913	4972	4913	4972	4913	4972	4913	4972
Fy	118	118	-115	-115	121	121	-113	-113	195	195	-193	-193	198	198	-190	-190
Fz	17273	17038	17273	17038	16827	16592	16827	16592	17273	17038	17273	17038	16827	16592	16827	16592
Mx	1503	1499	141	136	5675	5670	4312	4308	1957	1953	-314	-318	6129	6125	3858	3853
My	-5959	-6034	-5959	-6034	-5807	-5882	-5807	-5882	-5959	-6034	-5958	-6034	-5807	-5882	-5807	-5882

	S.L.U. e3				q6.x				S.L.V. q6.y				q6.z			
Fx	4934	5032	4934	5032	4934	5032	4934	5032	6815	6855	3179	3220	3179	3220		
Fy	118	118	-115	-115	121	121	-113	-113	87	87	1525	1525	87	87		
Fz	17387	16995	17387	16995	16941	16549	16941	16549	10859	10696	10859	10696	11389	11226		
Mx	1508	1501	145	138	5679	5672	4316	4309	592	589	4775	4772	592	589		
My	-6055	-6181	-6055	-6181	-5903	-6029	-5903	-6029	-14626	-14678	-2809	-2861	-2339	-2392		

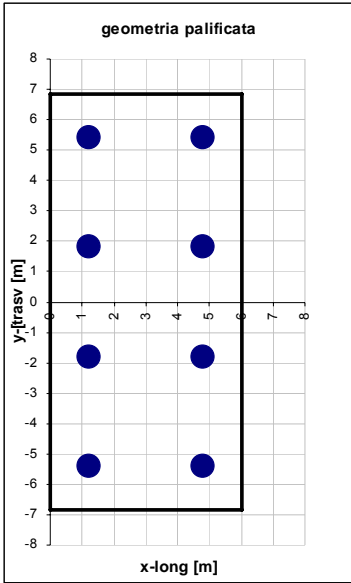
	S.L.car				S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp			
Fx	3644	3693	3644	3693	3644	3693	3644	3693	3644	3693	3644	3693	3644	3693	2998	3039
Fy	79	79	-77	-77	75	75	-80	-80	27	27	-25	-25	24	24	-28	-28
Fz	12756	12560	12756	12560	10366	10170	10366	10170	12756	12560	12756	12560	10366	10170	10366	10170
Mx	1064	1061	156	152	-2927	-2930	-3835	-3839	762	758	459	455	-3230	-3233	-3533	-3536
My	-4411	-4474	-4411	-4474	-3580	-3643	-3580	-3643	-4411	-4474	-4411	-4474	-3580	-3643	-3580	-3643

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	trav Jxi	long Jyi
1	1.20	5.40	-1.80	5.40	29.16	3.24
2	1.20	1.80	-1.80	1.80	3.24	3.24
3	1.20	-1.80	-1.80	-1.80	3.24	3.24
4	1.20	-5.40	-1.80	-5.40	29.16	3.24
5	4.80	5.40	1.80	5.40	29.16	3.24
6	4.80	1.80	1.80	1.80	3.24	3.24
7	4.80	-1.80	1.80	-1.80	3.24	3.24
8	4.80	-5.40	1.80	-5.40	29.16	3.24





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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 15 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

SFORZO NORMALE PALO	SLU								SLU							
	q1				q3				q3				q3			
1	1855	1821	1799	1764	2027	1992	1970	1935	1769	1735	1713	1678	1898	1863	1841	1806
2	1808	1773	1789	1755	1825	1790	1806	1771	1728	1693	1709	1674	1740	1706	1721	1687
3	1761	1726	1780	1745	1623	1589	1642	1608	1686	1651	1705	1670	1583	1548	1602	1567
4	1713	1679	1770	1736	1421	1387	1478	1444	1644	1610	1701	1666	1425	1391	1482	1447
5	2811	2787	2755	2730	2955	2931	2898	2874	2674	2650	2617	2593	2782	2757	2725	2701
6	2764	2740	2745	2721	2753	2729	2734	2710	2632	2608	2614	2589	2624	2600	2605	2581
7	2717	2693	2736	2712	2551	2527	2570	2546	2591	2567	2610	2586	2466	2442	2485	2461
8	2669	2645	2726	2702	2349	2325	2406	2382	2549	2525	2606	2582	2309	2285	2366	2342
9	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
10	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
11	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
12	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
13	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
14	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
15	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
16	2262	2233	2262	2233	2188	2159	2188	2159	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
Nmax	2811	2787	2755	2730	2955	2931	2898	2874	2674	2650	2617	2593	2782	2757	2725	2701
TAGLIO																
taglio Vx	650	658	650	658	650	658	650	658	640	647	640	647	640	647	640	647
taglio Vy	15	15	-14	-14	15	15	-14	-14	15	15	-14	-14	15	15	-14	-14
V	650	658	650	658	650	658	650	658	640	648	640	648	640	648	640	648

SFORZO NORMALE PALO	SLU								SLU							
	q4				q5				q5				q5			
1	1808	1773	1751	1716	1937	1902	1880	1845	1827	1792	1732	1698	1955	1921	1861	1826
2	1766	1732	1747	1713	1779	1744	1760	1725	1773	1738	1741	1706	1785	1751	1754	1719
3	1724	1690	1743	1709	1621	1587	1640	1606	1718	1684	1750	1715	1615	1580	1647	1612
4	1683	1648	1740	1705	1464	1429	1520	1486	1664	1629	1758	1724	1445	1410	1539	1505
5	2636	2611	2579	2554	2743	2719	2686	2662	2654	2630	2560	2536	2762	2738	2667	2643
6	2594	2570	2575	2551	2585	2561	2567	2542	2600	2576	2569	2544	2592	2568	2560	2536
7	2552	2528	2571	2547	2428	2404	2447	2423	2546	2522	2577	2553	2422	2397	2453	2429
8	2510	2486	2567	2543	2270	2246	2327	2303	2491	2467	2586	2562	2251	2227	2346	2322
9	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
10	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
11	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
12	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
13	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
14	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
15	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
16	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074	2159	2130	2159	2130	2103	2074	2103	2074
Nmax	2636	2611	2579	2554	2743	2719	2686	2662	2654	2630	2586	2562	2762	2738	2667	2643
TAGLIO																
taglio Vx	614	621	614	621	614	621	614	621	614	621	614	621	614	621	614	621
taglio Vy	15	15	-14	-14	15	15	-14	-14	24	24	-24	-24	25	25	-24	-24
V	614	622	614	622	614	622	614	622	615	622	615	622	615	622	615	622

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z			
	1	1816	1758	1759	1701	1944	1886	1888	1830	366	342	1361	1337	1286	1262	
2	1774	1716	1755	1697	1787	1729	1768	1710	350	326	1229	1205	1269	1245		
3	1732	1674	1751	1693	1629	1571	1648	1590	333	310	1096	1072	1253	1229		
4	1690	1633	1747	1689	1471	1414	1528	1470	317	293	963	939	1237	1213		
5	2657	2616	2600	2559	2764	2724	2707	2667	2398	2381	1751	1735	1611	1594		
6	2615	2574	2596	2556	2606	2566	2588	2547	2381	2364	1619	1602	1594	1578		
7	2573	2533	2592	2552	2449	2409	2468	2427	2365	2348	1486	1469	1578	1561		
8	2531	2491	2588	2548	2291	2251	2348	2308	2348	2332	1353	1337	1561	1545		
9	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
10	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
11	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
12	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
13	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
14	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
15	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
16	2173	2124	2173	2124	2118	2069	2118	2069	1357	1337	1357	1337	1424	1403		
Nmax	2657	2616	2600	2559	2764	2724	2707	2667	2398	2381	1751	1735	1611	1594		
TAGLIO																
taglio Vx	617	629	617	629	617	629	617	629	852	857	397	402	397	402		
taglio Vy	15	15	-14	-14	15	15	-14	-14	11	11	191	191	11	11		
V	617	629	617	629	617	629	617	629	852	857	441	445	398	403		

SFORZO NORMALE	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp									
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2		
PALO	1332	1304	1295	1266	925	896	887	858	1320	1291	1307	1278	913	884	900	871	1206	1182										
1	1303	1274	1290	1281	1006	978	994	965	1299	1270	1295	1266	1002	973	998	969	1202	1178										
2	1273	1245	1286	1257	1088	1059	1100	1072	1278	1249	1282	1253	1092	1063	1096	1067	1198	1174										
3	1244	1215	1282	1253	1169	1140	1207	1178	1256	1228	1269	1240	1182	1153	1194	1166	1193	1169										
4	1945	1925	1907	1887	1422	1402	1384	1364	1933	1912	1920	1900	1410	1389	1397	1377	1531	1514										
5	1916	1895	1903	1883	1504	1483	1491	1471	1911	1891	1907	1887	1499	1479	1495	1475	1527	1510										
6	1886	1866	1899	1879	1585	1565	1598	1578	1890	1870	1894	1874	1589	1569	1593	1573	1522	1505										
7	1857	1837	1894	1874	1666	1646	1704	1684	1869	1849	1882	1862	1679	1659	1691	1672	1518	1501										
8	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
9	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
10	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
11	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
12	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
13	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
14	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
15	1594	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1595	1570	1595	1570	1296	1271	1296	1271	1362	1342										
16	1945	1925	1907	1887	1666	1646	1704	1684	1933	1912	1920	1900	1679	1659	1691	1672	1531	1514										
Nmax																												
TAGLIO	456	462	456	462	455	462	455	462	456	462	456	462	455	462	455	462	375	380										
taglio Vx	10	10	-10	-10	9	9	-10	-10	3	3	-3	-3	3	3	-4	-4	0	0										
taglio Vy																												
V	456	462	456	462	456	462	456	462	456	462	456	462	456	462	456	462	375	380										

**RIEPILOGO**

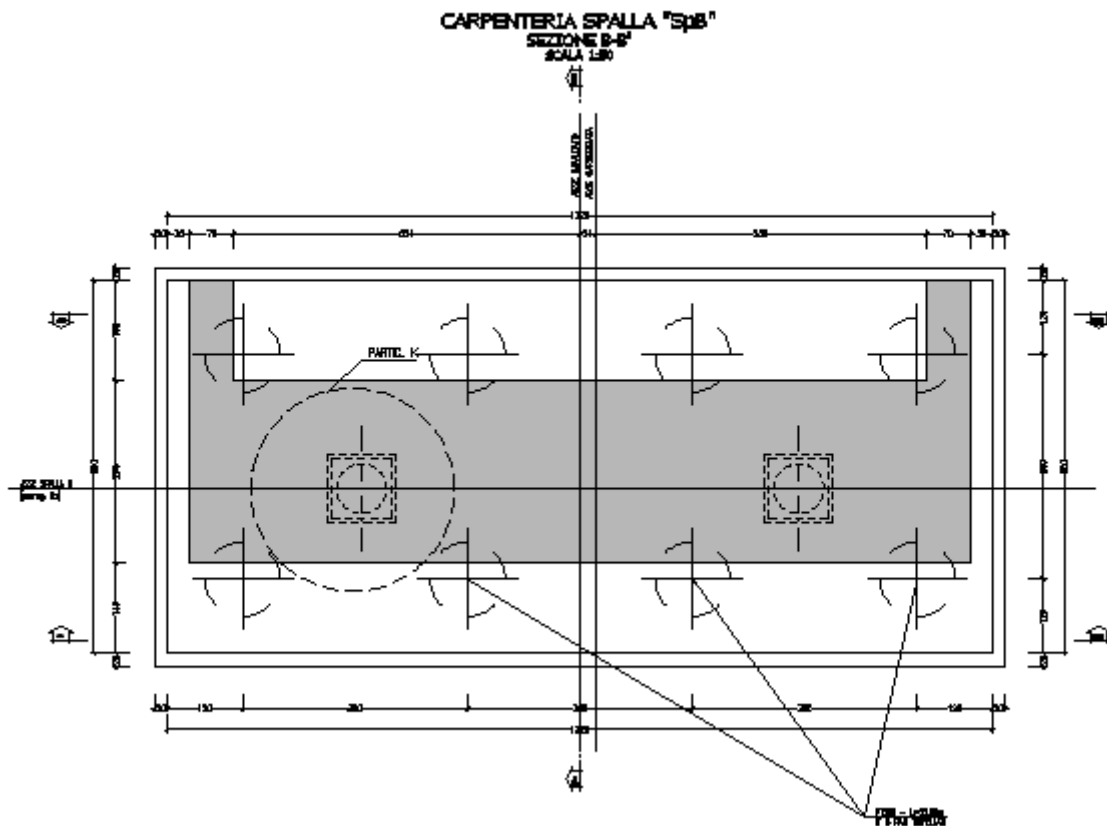
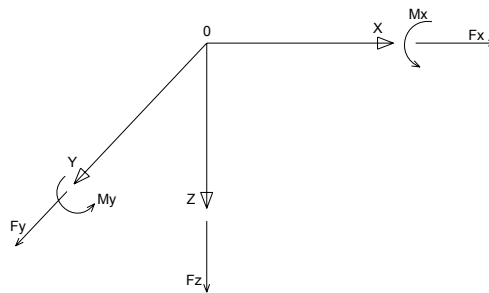
	SLU	SLV	SLE		
Nmax	2955	2955	2398	1945	kN
Nmin	293	1387	293	1945	kN
Vmax	857	658	857	462	kN

### 3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

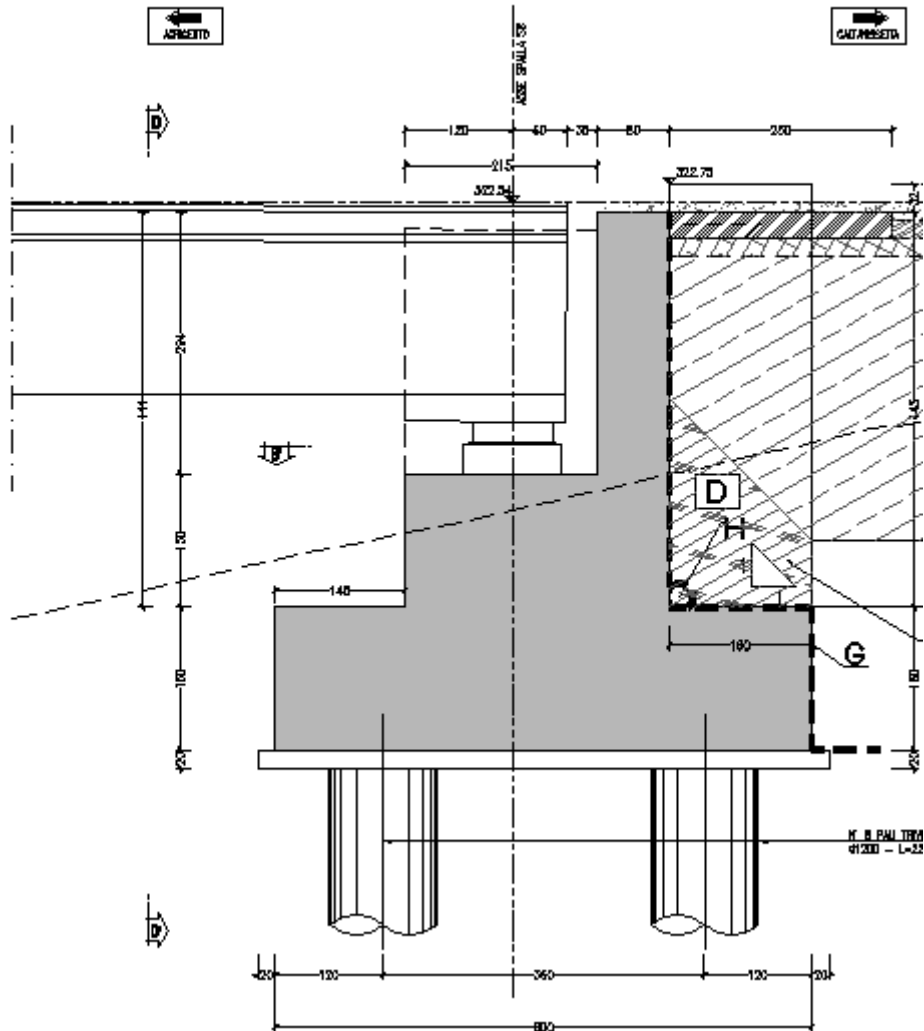
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla B della carreggiata sinistra.

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 Sx)**  
**SEZIONE A-A'**  
 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	6.00	13.20	1.60	-	126.7	3.00	0.00	-0.80
muro frontale	1	2.15	12.50	1.50	-	40.3	3.48	0.00	-2.35
muro paraghiaia	1	0.80	12.50	4.50	-	45.0	2.00	0.00	-3.85
muro laterale sx	1	2.40	0.70	4.75	-	8.0	1.20	5.90	-3.98
muro laterale dx	1	2.40	0.70	4.75	-	8.0	1.20	-5.90	-3.98
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.50	-5.08
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.75	-5.85
baggioli	2	1.10	1.10	0.35	-	0.85	3.35	0.00	-3.28
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.47	-	0.76	3.35	0.00	-3.68
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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 19 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.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	=	3.35 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-3.68 m	coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2253	134	0	peso propri
g2	0	0	377	18	0	permanenti
e2	34	0	-493	6	34	ritiro
e3.6	44	0	237	9	44	temperatur
e3.8	125	0	-89	3	125	temperatur
q1.1	0	1	1828	895	0	carico mob
q1.2	0	4	1380	4534	0	carico mob
q3	138	0	0	0	138	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione cent
q5	0	130	0	281	0	azione del '
q6.1x	604	86	-37	116	604	sisma longi
q6.1y	181	287	-37	386	181	sisma trasv
q6.1z	181	86	-123	116	181	sisma vertic
q7	26	0	0	0	0	azione para

### 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<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>	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	3168.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1007.8 kN	muro frontale
g1.3	=	1125.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	199.5 kN	muro laterale sx
g1.5	=	199.5 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	21.2 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	=	5731.3 kN	azione verticale
x	=	2.76 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.91 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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 20 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	<b>18</b> kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	134.5 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	<b>2421.4</b> kN	peso del terreno
x	=	1.20 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.98 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	=	7.60	6	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.50	12.50	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>2770.9</b>	<b>1727.0</b>	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	2.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.53	-3.60	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	=	7.60	6.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.50	12.50	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	<b>810.2</b>	<b>639.6</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	2.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80	-4.60	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	2.40	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	<b>600.0</b>	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.20	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	-	m	coordinata z punto di applicazione

### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici					
$a_g$	=	<b>0.096</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
$a_{max}$	=	0.144 g			accelerazione massima
$K_h$	=	0.144			coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.072			coefficiente sismico verticale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 21 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

#### 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	= 7.60	6.00	m	altezza di spinta terreno
B	= 12.50	12.50	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	= 1871.4	1166.4		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile				
$\phi$	= 35	35	°	angolo di attrito
$\psi$	= 90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	= 0	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
$\delta$	= 0	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	= 7.65	7.65	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	= 0.632	0.632		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	= 0.803	0.803		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	= 0.632	0.632		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	= 4401	2743	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	= 1629.9	1015.9	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
$\Delta P$	= 1871.4	1166.4	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	= 0.00	2.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	= -3.80	-4.60	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	456	3.00	0.00	-0.80
muro frontale	145	3.48	0.00	-2.35
paragliaia	162	2.00	0.00	-3.85
muro laterale sx	29	1.20	5.90	-3.98
muro laterale dx	29	1.20	-5.90	-3.98
bandiera sx	0	-1.40	5.50	-5.08
bandiera dx	0	-0.50	-5.75	-5.85
baggioli	3	3.35	0.00	-3.28
apparecchi di appoggio	1	3.35	0.00	-3.68
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	349	1.20	0.00	-3.98
risultante intradosso plinto	1174	2.30	0.00	-2.52
risultante base muro frontale	369	2.46	0.00	-3.26

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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 22 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### 3.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

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

#### RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO BARICENTRO PALI

Coordinate baricentro pali

x	=	3.00 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	0.00 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2253	135	-789	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	5731	0	1348	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	377	18	-132	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	2421	0	4358	terreno su plinto spalla
g3-sp	2771	0	0	0	-7020	spinta del terreno su spalla
e2-imp	34	0	-493	6	81	ritiro
e3.6-imp	44	0	237	9	-201	temperatura - massima azione verticale
e3.8-imp	125	0	-89	3	-306	
q1.1-imp	0	1	1828	898	-640	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	4	1380	4547	-483	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	810	0	600	0	-1999	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	138	0	0	0	-371	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0	130	0	758	0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	604	86	-37	433	-1608	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	181	287	-37	1444	-473	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	181	86	-123	433	-443	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	1871	0	0	0	-7111	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	1174	0	0	0	-2960	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	1174	0	2960	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	587	0	411	forze d'inerzia verticali
q7-imp	26	0	0	0	-97	azione parassita dei vincoli

### 3.4 COMBINAZIONI DI CARICO

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

MATRICE COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI

	S.L.U.								q3											
	q1																			
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	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	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	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	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	1.35	1.35	
e2-imp	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	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	-0.72	0.72	
q1.1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0
q1t-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	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	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q4-imp	0	0	0	0	0	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	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90
q6.1x-imp	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
q6.1z-imp	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
q6.2x-sp	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
q6.2z-sp	0	0	0	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	0.90	0.90	0.90





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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 24 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

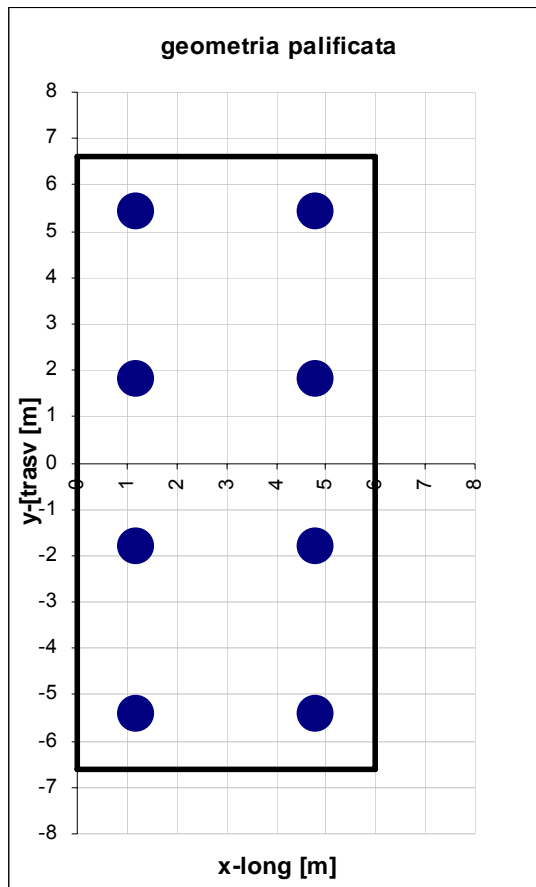
	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
Fx	3455	3504	3455	3504	3455	3504	3455	3504	3455	3504	3455	3504	3455	3504	3455	3504	2843	2883
Fy	79	79	-77	-77	75	75	-80	-80	27	27	-25	-25	24	24	-28	-28	0	0
Fz	12252	12057	12252	12057	9846	9846	9846	9846	12252	12057	12252	12057	9846	9846	9846	9846	10407	10245
Mx	1292	1289	383	380	-2791	-2795	-3701	-3704	989	986	686	683	-3094	-3098	-3398	-3401	163	160
My	-4310	-4372	-4309	-4372	-3467	-3530	-3467	-3530	-4309	-4372	-4309	-4372	-3467	-3530	-3467	-3530	-2310	-2363

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	5.40	-1.80	5.40	29.16	3.24
2	1.20	1.80	-1.80	1.80	3.24	3.24
3	1.20	-1.80	-1.80	-1.80	3.24	3.24
4	1.20	-5.40	-1.80	-5.40	29.16	3.24
5	4.80	5.40	1.80	5.40	29.16	3.24
6	4.80	1.80	1.80	1.80	3.24	3.24
7	4.80	-1.80	1.80	-1.80	3.24	3.24
8	4.80	-5.40	1.80	-5.40	29.16	3.24



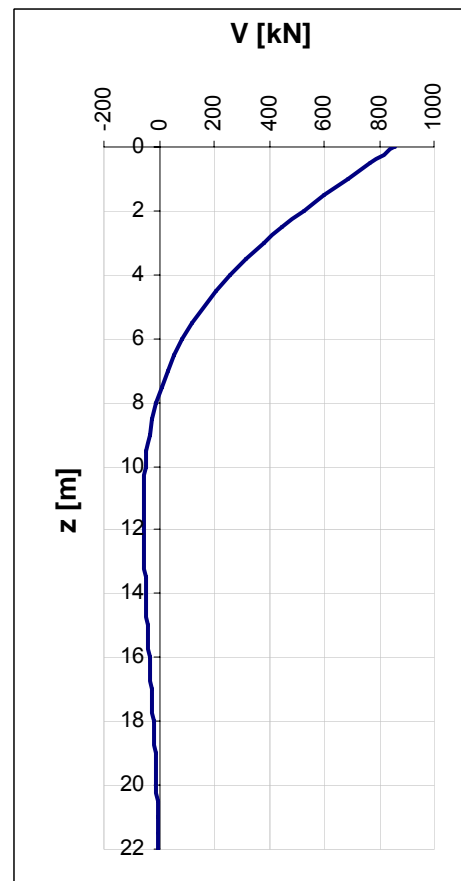
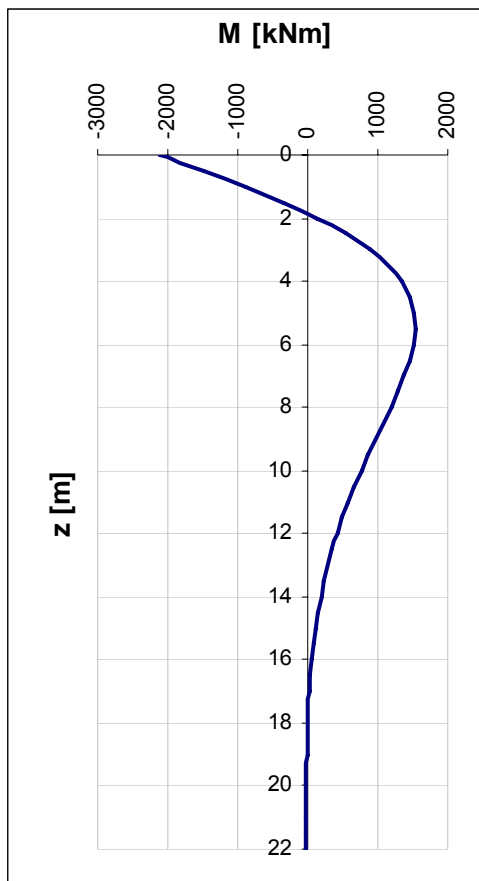
## 4 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A

### 4.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0.1018 m <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	23400 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	857.0 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	2107.7 kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	7.45 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	824.4 kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	-24.1 kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 26 Ø26, mentre per le successive sono sufficienti 15 Ø18.  
 Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riporta di seguito la schermata di output del programma relativa alla sezione z = 0 m.

**Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1\_spA**

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

**Titolo:** Resistenza: 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]

N° barre: 0 Zoom

**Tipo Sezione**

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

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 214.3 [kN]

M<sub>xEd</sub>: 2140.7 [kNm]

M<sub>yEd</sub>: 0 [kNm]

**P.to applicazione N**

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

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**

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

**Tipo flessione**

- Retta
- Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

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

Precompresso

**Materiali**

B450C		C32/40	
ε <sub>su</sub>	67.5 ‰	ε <sub>c2</sub>	2 ‰
f <sub>yd</sub>	391.3 N/mm <sup>2</sup>	ε <sub>cu</sub>	3.5 ‰
E <sub>s</sub>	200'000 N/mm <sup>2</sup>	f <sub>cd</sub>	18.81
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	15	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	0.8
ε <sub>syd</sub>	1.957 ‰	σ <sub>c,adm</sub>	12.25
σ <sub>s,adm</sub>	255 N/mm <sup>2</sup>	τ <sub>co</sub>	0.7333
		τ <sub>c1</sub>	2.114

**Calcolo**

M<sub>xRd</sub>: 2'644 [kNm]

σ<sub>c</sub>: -18.81 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>s</sub>: 391.3 N/mm<sup>2</sup>

ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰

ε<sub>s</sub>: 11.84 ‰

d: 115 [cm]

x: 26.25 x/d: 0.2282

δ: 0.7253

	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	2107.7	293.1	2644.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	15	23.0	824.4	293.1	889.9	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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 27 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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

Si dispongono spirali Ø12/200 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nell'altra 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

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

#### Sollecitazioni

V	=	857.0 kN	taglio di calcolo
N	=	293.1 kN	sforzo assiale di calcolo

#### Geometria

D	=	1200 mm	diámetro 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

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 28 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

$\gamma_s$	=	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

$\emptyset_w$	=	12 mm	diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n_{br}$	=	2	numero bracci
$A_{sw}$	=	226.2 mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg $\vartheta$	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	0.259 MPa	tensione media calcestruzzo
$\alpha_c$	=	1.01	
$V_{Rsd}$	=	881.8 kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	2830.6 kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	881.8 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.03	

#### 4.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali aggressive  
armature poco sensibili

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

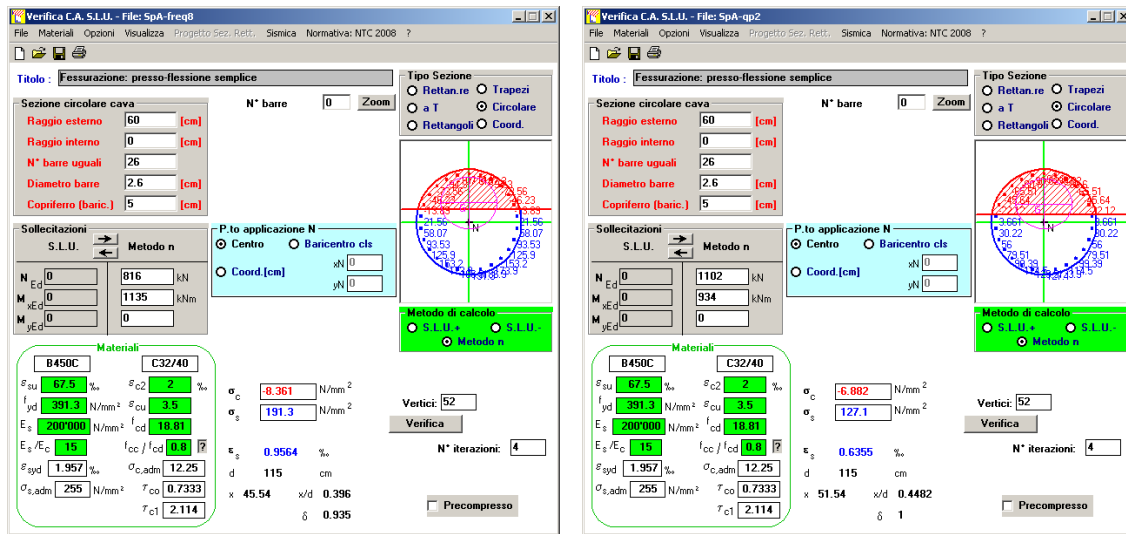
$\sigma_s$ [MPa]	$w_2=0.30$ mm								$w_1=0.20$ mm	
	$\emptyset$									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

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

$\sigma_s$ [MPa]	$w_2=0.30$ mm								$w_1=0.20$ mm	
	$\emptyset$									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	200	200
200	250	250	250	250	250	250	250	250	150	150
240	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100
280	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
320	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
360	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-

##### Sollecitazioni agenti

	=	combinazione											
		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	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		1256	1228	1269	1240	913	884	900	871	1193	1169	kN	sforzo assiale
V		456	462	456	462	456	462	456	462	375	380	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$		1120	1135	1120	1135	1120	1135	1120	1135	922	934	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$		200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo



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

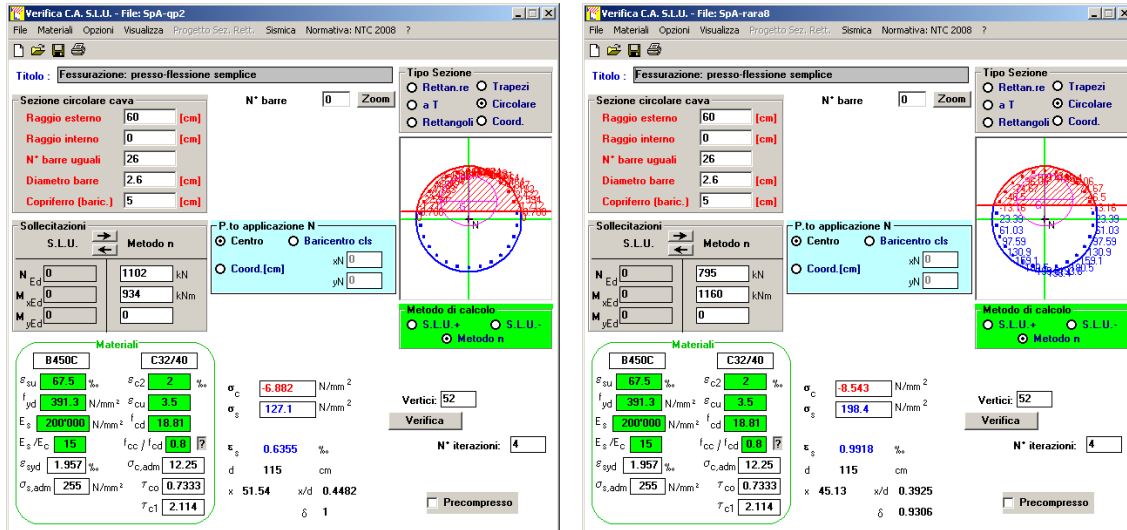
In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione:  $0,60 f_{ck}$  in combinazione caratteristica e  $0,40 f_{ck}$  in combinazione quasi permanente; per l'acciaio:  $0,80 f_{yk}$  in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

##### Materiali

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

##### combinazione

	rara1	rara2	rara3	rara4	rara5	rara6	rara7	rara8	qp1	qp2			
<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 c	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratt	
N	=	1244	1215	1282	1253	925	896	887	858	1193	1169	kN	sforzo assis
V	=	456	462	456	462	456	462	456	462	375	380	kN	taglio alla t
M <sub>max</sub>	=	1121	1136	1121	1136	1120	1136	1121	1136	922	934	kN*m	massimo m
<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 te
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	8.37	6.88	[MPa]	tensione di
		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 te
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	193		[MPa]	tensione di
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				



## 4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	129	199	199 <sup>1</sup>	70 <sup>2</sup>
coesione dren. $c'$ (kPa)	19	24	21	5
angolo attrito $\phi'$ (°)	21	19	23	23

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

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

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

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:

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

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

<sup>1</sup> In mancanza di dati si è assunto il valore della  $c_u$  dello strato argilloso superiore.

<sup>2</sup> Si è assunto il valore minimo tra i due dati a disposizione, per l'unità TF1, ricavati dalle prove di laboratorio, ritenendo non plausibile per i terreni di origine alluvionale una  $c_u=525.92$  kPa.



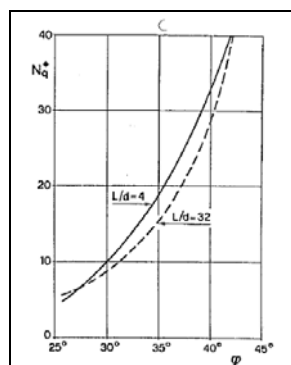
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 31 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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 1 i valori dei coefficienti  $N_c$  ed  $N_q$  adottati per le diverse unità geotecniche.

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	7.7	8.6	7.2	7.1

Tabella 1 – Coefficienti  $N_q$  ed  $N_c$  assunti per le diverse unità geotecniche

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 falda contenuta tra -3÷-5m (tetto falda) e -10m (letto falda) al di sotto del p.c., ossia il letto della falda coincidente con il tetto dell'unità geotecnica TRV2a.

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

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	6	0	6
2° strato	TRV1	5	6	11
3° strato	TRV2a	10	11	21
4° strato	TRV2b	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:

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 32 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

$$R_d \geq E_d$$

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 $\gamma_E$ (o $\gamma_F$ )	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	$c_{sk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	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 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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 33 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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

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

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

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione				carico limite		check dr	check ud
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	3067.50	2490.20	1.2	8	22	176.96	3960.2	4301.1	ok	ok

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

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

##### CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	22.00 m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	2644.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	150.1 kPa	coesione non drenata

##### **palo corto**

Q <sub>lim,1</sub>	=	32743.8 kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	389651.6 kNm	momento massimo

##### **palo intermedio**

Q <sub>lim,2</sub>	=	12191.4 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.5 m	
M <sub>max</sub>	=	65146.2 kNm	momento massimo

##### **palo lungo**

Q <sub>lim,3</sub>	=	2147.5 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	2147.5 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	1.60	fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1342.2 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	1032.4 kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	857.0 kN	azione trasversale testa palo
FS	=	1.20	

## 5 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

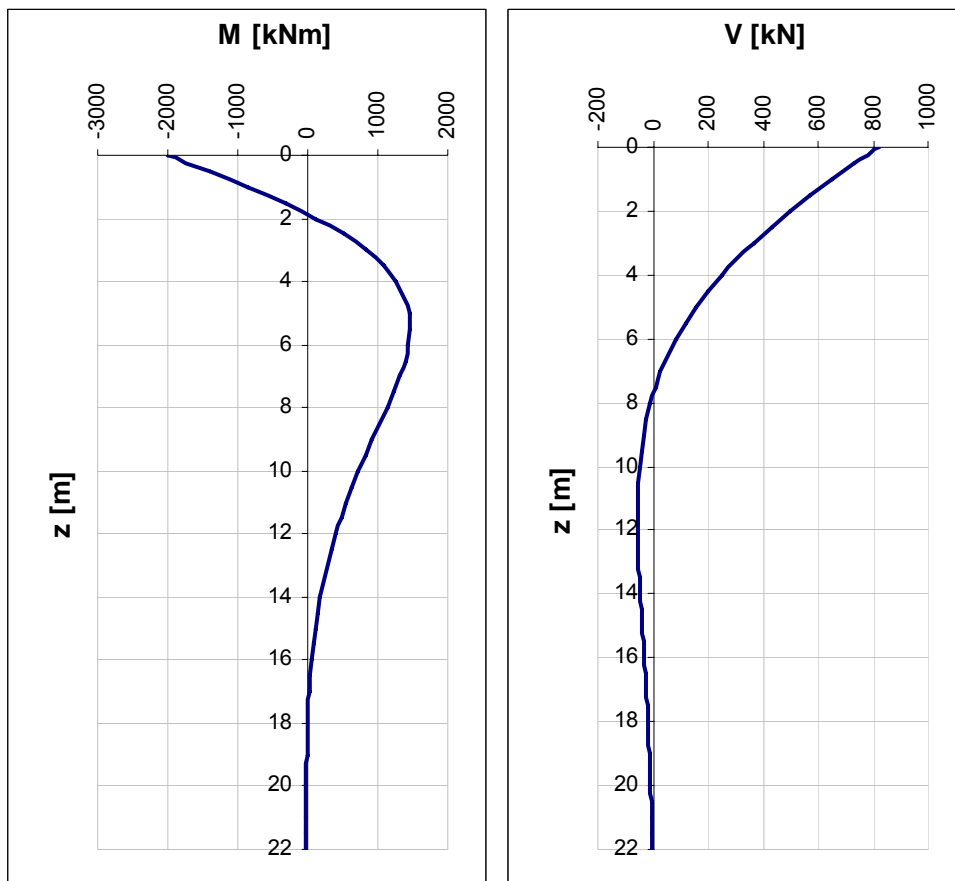
### 5.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

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

E	=	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	=	816.7 kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>2008.5</b> kNm	massimo momento flettente
d <sub>max</sub>	=	7.10 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	<b>785.6</b> kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	<b>-23.0</b> kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 22 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 15 Ø18.  
 Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riporta di seguito la schermata di output del programma relativa alla sezione z = 0 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	22	15.7	2008.5	276.1	2209.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	15	23.0	785.6	276.1	861.2	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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 36 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### 5.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

D: diametro della sezione

d: altezza utile della sezione

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

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

s: interasse tra due armature trasversali consecutive

$\alpha_c$ : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

#### Sollecitazioni

V	=	816.7 kN	taglio di calcolo
N	=	276.1 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

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 37 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

$f_{yk}$	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	=	12 mm	diametro dell'armatura a taglio
$\alpha$	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 mm	passo staffe in direzione longitudinale
$n_{br}$	=	2	numero bracci
$A_{sw}$	=	226.2 mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg $\vartheta$	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
$\sigma_{cp}$	=	0.244 MPa	tensione media calcestruzzo
$\alpha_c$	=	1.01	
$V_{Rsd}$	=	881.8 kN	resistenza taglio trazione
$V_{Rcd}$	=	2828.4 kN	resistenza taglio compressione
$V_{Rd}$	=	881.8 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.08	

### 5.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali aggressive  
armature poco sensibili

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

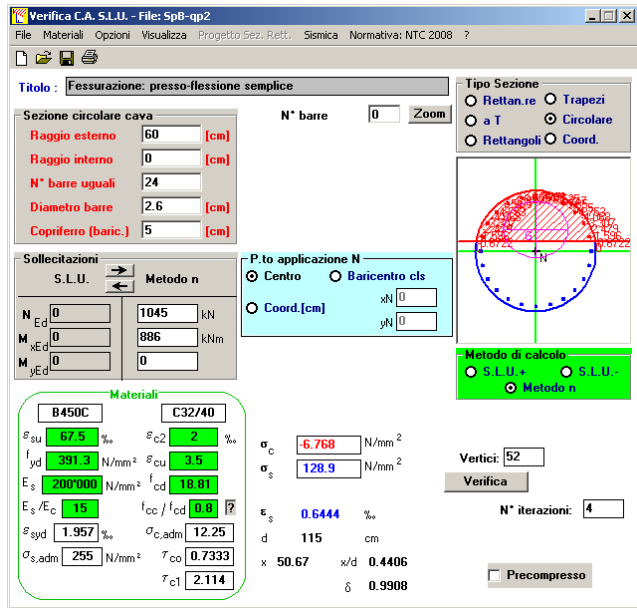
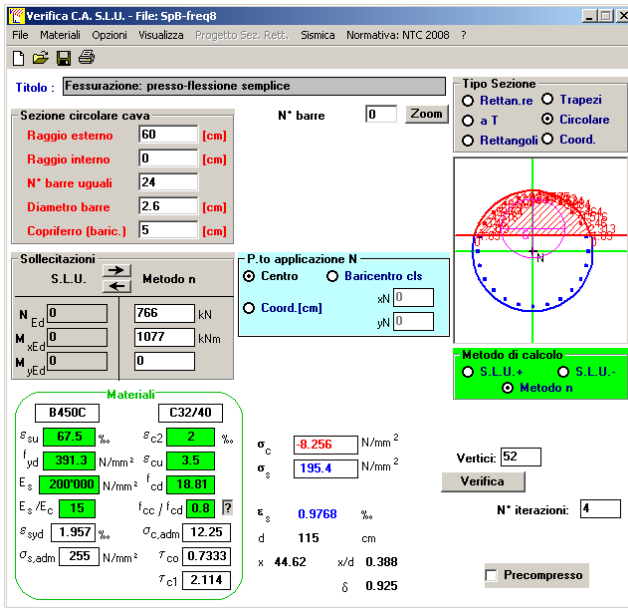
$\sigma_s$ [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	$\varnothing$									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

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

$\sigma_s$ [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	$\varnothing$									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	200	200
200	250	250	250	250	250	250	250	250	150	150
240	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100
280	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
320	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
360	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-

#### Sollecitazioni agenti

	=	combinazione											
		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	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		1191	1162	1204	1175	861	832	848	820	1134	1110	kN	sforzo assiale
V		432	438	432	438	432	438	432	438	355	360	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$		1062	1077	1062	1077	1062	1077	1062	1077	874	886	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$		200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$		-	-	-	-	-	-	-	195	-	129	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		



### 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	
R <sub>ck</sub>	= 40 MPa
f <sub>ck</sub>	= 33.20 MPa
f <sub>yk</sub>	= 450.0 MPa

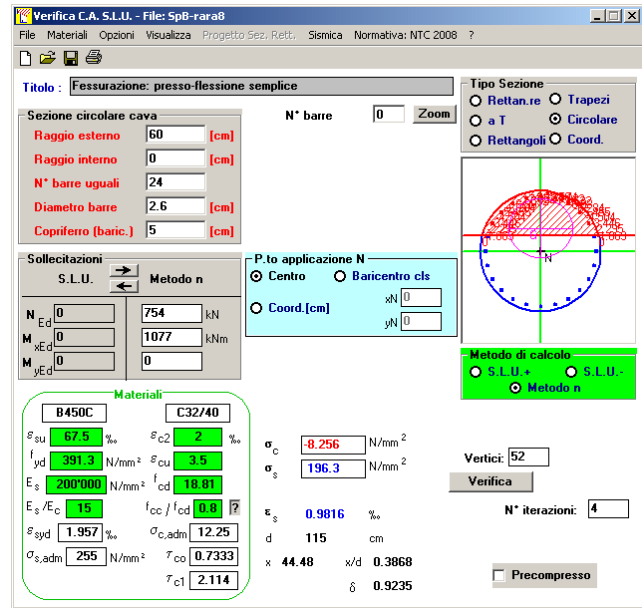
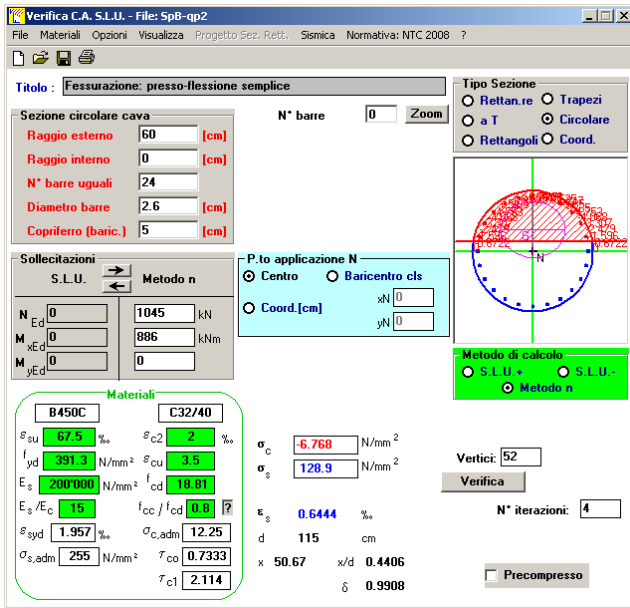
resistenza caratteristica cubica  
 resistenza caratteristica cilindrica  
 resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	combinazione										
	rara1	rara2	rara3	rara4	rara5	rara6	rara7	rara8	qp1	qp2	
<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
h	= 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
N	= 1178	1150	1216	1188	874	845	836	807	1134	1110	kN
V	= 432	438	432	438	432	438	432	438	360	360	kN
M <sub>max</sub>	= 1062	1077	1062	1077	1062	1077	1062	1077	874	886	kN*m

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio													
σ <sub>c,max</sub>	=	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
σ <sub>c,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	-	-	8.26	6.77	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio													
σ <sub>s,max</sub>	=	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
σ <sub>s,Sd</sub>	=	-	-	-	-	-	-	-	-	196	196	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		





## 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.

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco gamma_d (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
gamma_sat (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
coesione non dren. cu (kPa)	129	199	199 <sup>3</sup>	70 <sup>4</sup>
coesione dren. c' (kPa)	19	24	21	5
angolo attrito phi' (°)	21	19	23	23

### 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:

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

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

<sup>3</sup> In mancanza di dati si è assunto il valore della  $c_u$  dello strato argilloso superiore.

<sup>4</sup> Si è assunto il valore minimo tra i due dati a disposizione, per l'unità TF1, ricavati dalle prove di laboratorio, ritenendo non plausibile per i terreni di origine alluvionale una  $c_u=525.92$  kPa.

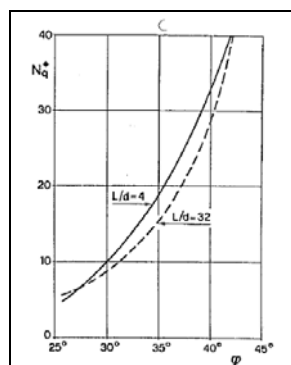
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 40 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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

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

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

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



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

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
coeff. $N_q$ (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. $N_c$ (cond. drenate)	7.7	8.6	7.2	7.1

**Tabella 2 – Coefficienti  $N_q$  ed  $N_c$  assunti per le diverse unità geotecniche**

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 falda contenuta tra -3÷-5m (tetto falda) e -10m (letto falda) al di sotto del p.c., ossia il letto della falda coincidente con il tetto dell'unità geotecnica TRV2a.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	4		4
2° strato	TRV1	4	4	8
3° strato	TRV2a	11	8	19
4° strato	TRV2b	16	19	35

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:

$$R_d \geq E_d$$

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 41 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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 $\gamma$ (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	$\gamma_{G3}$	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 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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 42 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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

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

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

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Q <sub>lim_d</sub>	Q <sub>lim_u</sub>		
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN		
spalla B	2922.80	2350.40	1.2	8	22	178.18	4138.5	4526.1	ok	ok

## 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	=	22.00 m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	2209.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	150.1 kPa	coesione non drenata

#### **palo corto**

Q <sub>lim,1</sub>	=	32743.8 kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	389651.6 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

Q <sub>lim,2</sub>	=	12163.6 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.5 m	
M <sub>max</sub>	=	65322.4 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

Q <sub>lim,3</sub>	=	1861.0 kN	carico limite per palo lungo
--------------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	1861.0 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	1.60	fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	1163.1 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	894.7 kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>	=	816.7 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.10	

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 43 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

## 6 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla A della carreggiata sinistra. In particolare, essendo la geometria e gli scarichi dell'impalcato della Spalla B uguali alla Spalla A, si estendono i risultati ottenuti per quest'ultima anche alla spalla B.

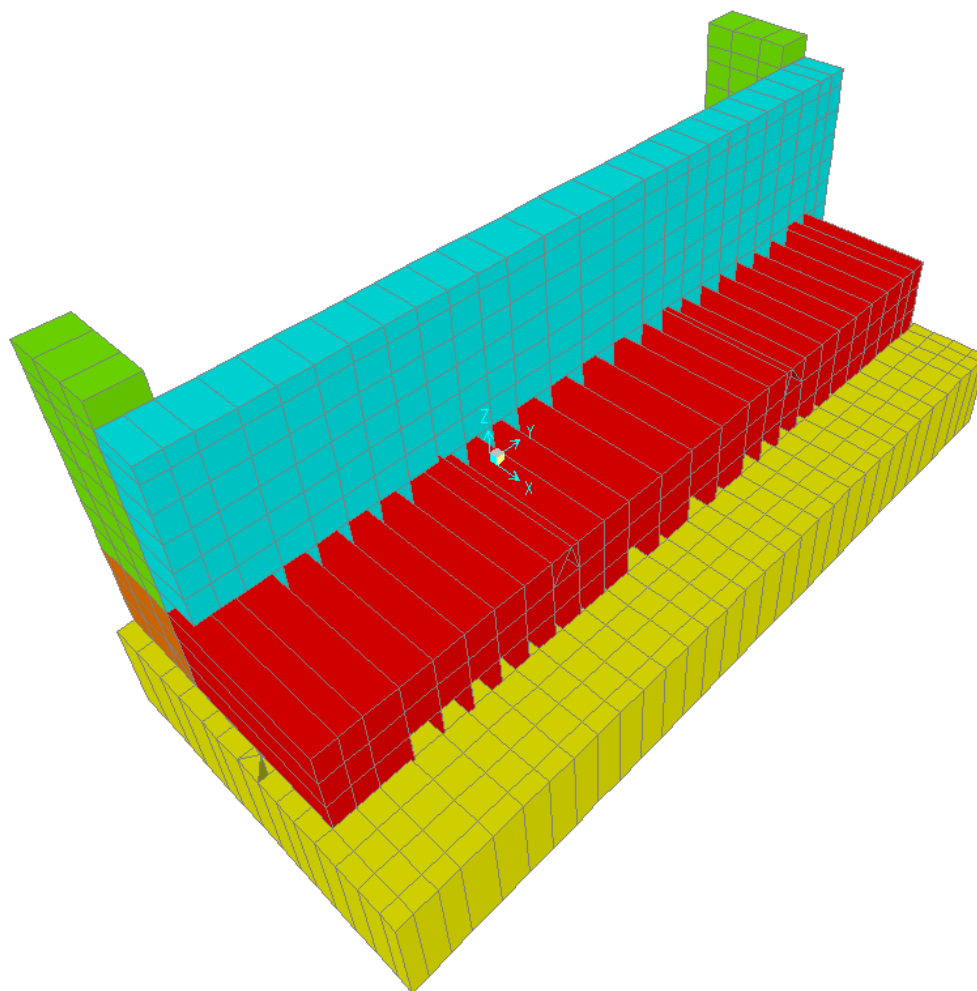
### 6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

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

Nella seguente figura si illustra la geometria del modello.

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



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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 44 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### 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	<b>6.00</b>	<b>13.70</b>	<b>1.60</b>	-	131.5	3.00	0.00	-0.80
muro frontale	1	<b>2.15</b>	<b>13.20</b>	<b>1.50</b>	-	42.6	3.48	0.00	-2.35
muro paraghiaia	1	<b>0.80</b>	13.20	<b>4.50</b>	-	47.5	<b>2.00</b>	0.00	<b>-3.85</b>
muro laterale sx	1	2.40	<b>0.70</b>	<b>4.90</b>	-	8.2	1.20	6.25	-4.05
muro laterale dx	1	2.40	0.70	4.90	-	8.2	1.20	-6.25	-4.05
bandiera sx	0	<b>3.00</b>	<b>1.50</b>	<b>2.00</b>	<b>3</b>	0.00	-1.40	5.85	-5.23
bandiera dx	0	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1</b>	0.00	-0.50	-6.10	-6.00
baggioli	2	<b>1.10</b>	1.10	<b>0.35</b>	-	0.85	<b>3.35</b>	0.00	-3.28
apparecchi di appoggio	2	<b>0.90</b>	0.90	<b>0.47</b>	-	0.76	3.35	0.00	-3.68

## 6.2 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 seguito si riportano le condizioni di carico elementari considerate, i cui valori numerici sono stati forniti nel paragrafo dedicato all'analisi della palificata della stessa spalla.

g1-imp	peso proprio impalcato
g1-sp	peso proprio spalla
g2-imp	permanenti portati su impalcato
g2-sp	terreno su plinto spalla
g3-sp	spinta del terreno su spalla
e2-imp	ritiro
e3-imp	carico termico differenziale
q1.1-imp	carico mobile dinamizzato - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	carico mobile dinamizzato - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	frenatura su impalcato
q4-imp	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	forze d'inerzia verticali
q7-imp	azione parassita dei vincoli

## 6.3 COMBINAZIONI DI CARICO

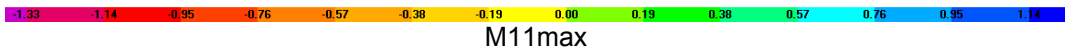
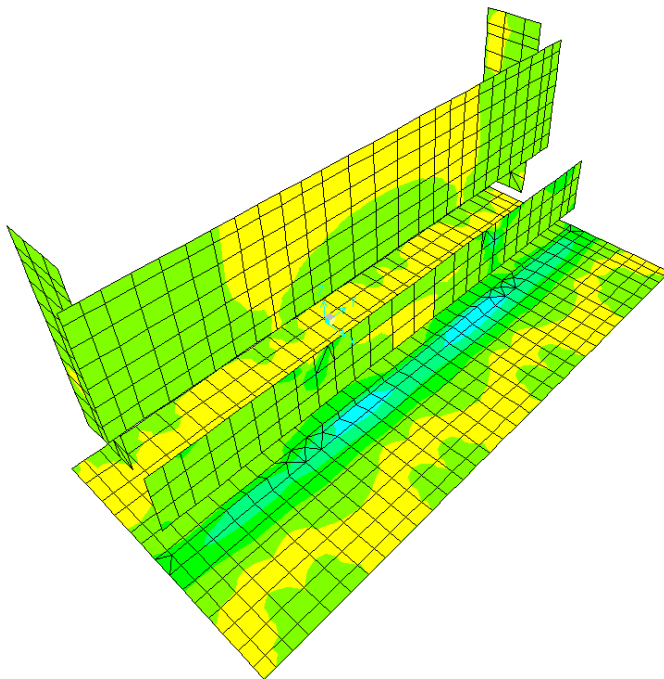
Per le combinazioni si rimanda alle NTC cap. 2.5.3. Adottando per le verifiche geotecniche l'approccio 2 (NTC cap.6) per il quale i coefficienti parziali delle azioni coincidono con quelli delle verifiche strutturali, si considera la combinazione fondamentale (S.L.U), sismica (S.L.V.), frequente (S.L.E.) e quasi permanente (S.L.E.). Le azioni elementari sono state combinate attraverso i coefficienti parziali riportati nella seguente matrice.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 46 di 68
Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc	

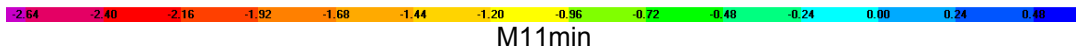
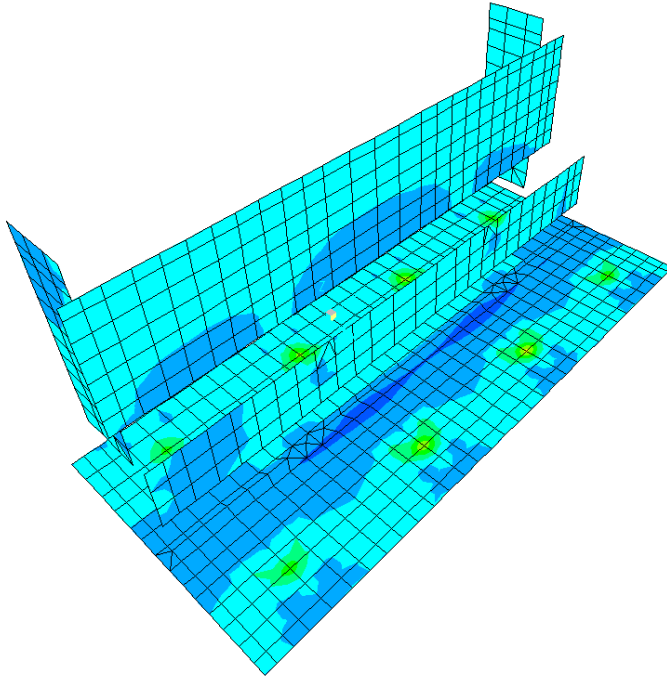
Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragliaia risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, il momento della combinazione sismica valutato in corrispondenza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

S.L.U.- fren	M(g3)	34.9 kN*m	S.L.V.	M(g3)	25.9 kN*m
	M(q3)	110.5 kN*m		M(q6.1)	24.4 kN*m
	Mtot	145.4 kN*m		M(q6.2)	131.2 kN*m
				Mtot	181.5 kN*m

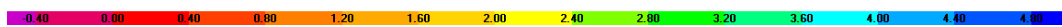
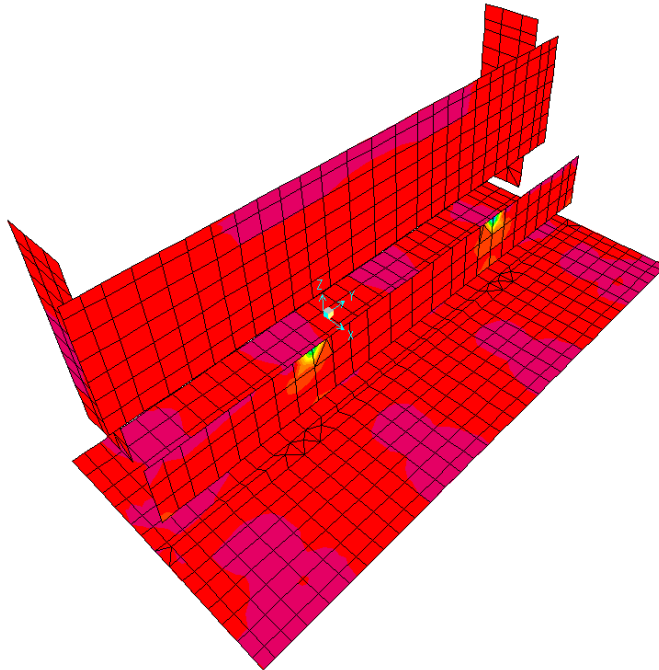


M11max

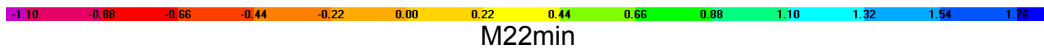
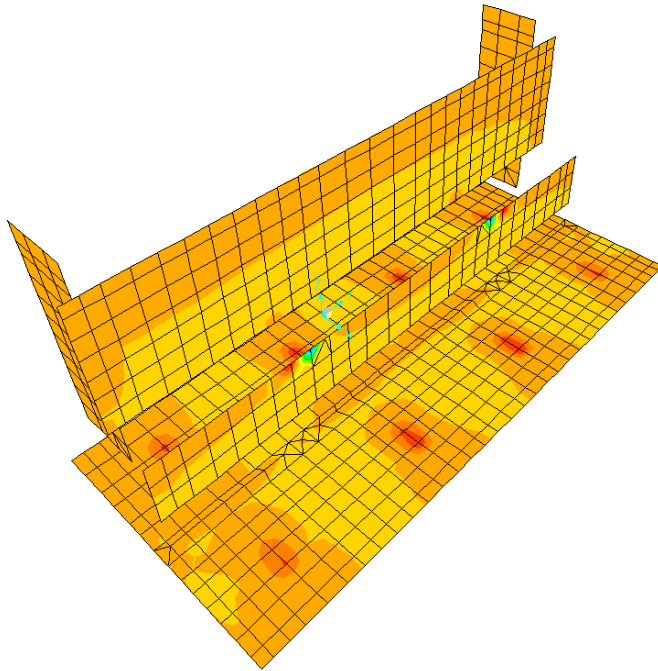




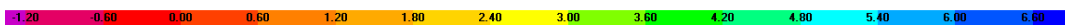
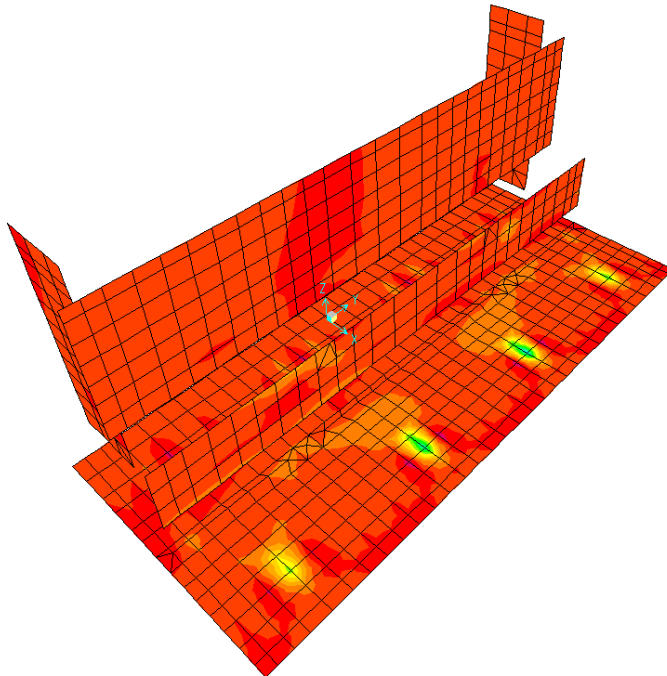
M11min



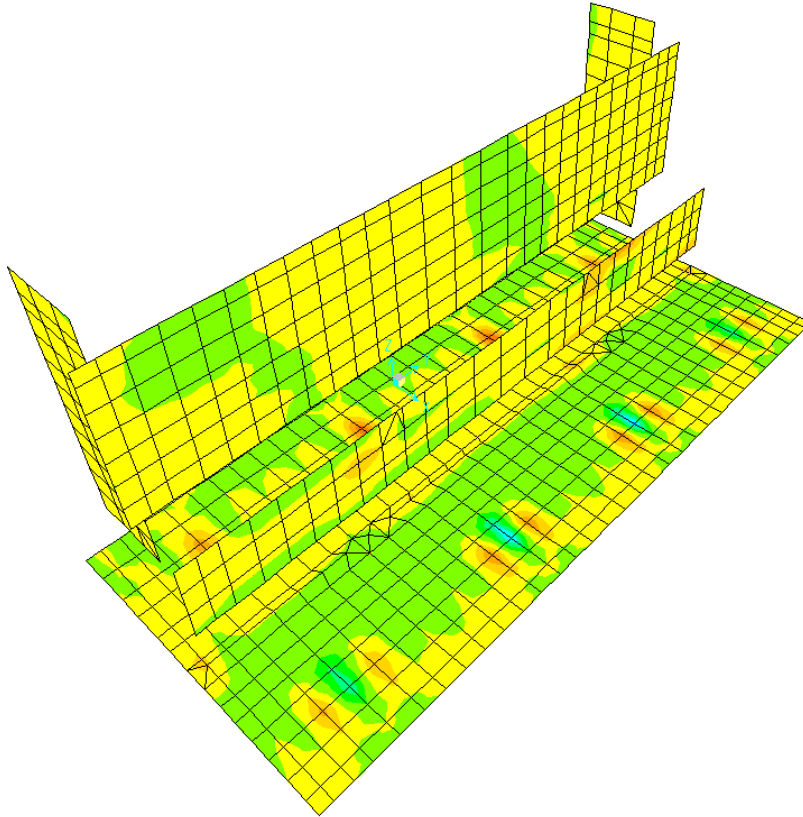
M22max



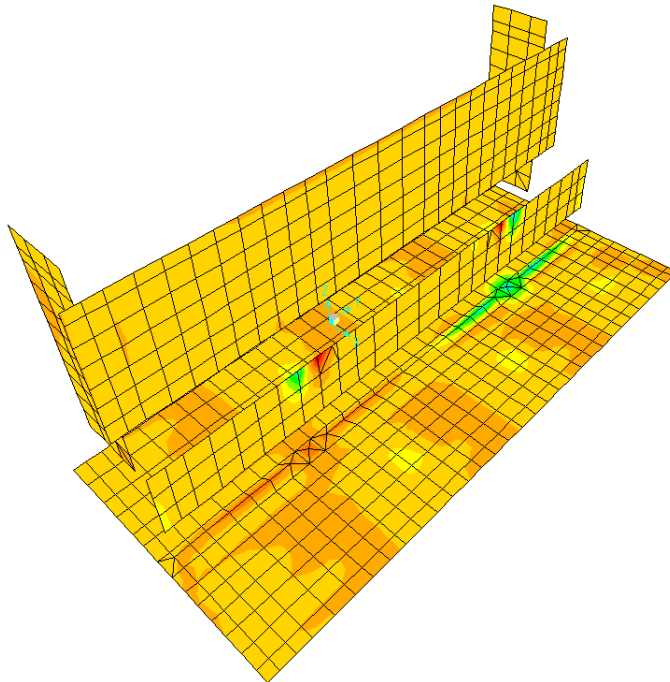
M22min



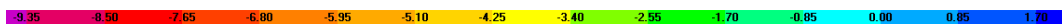
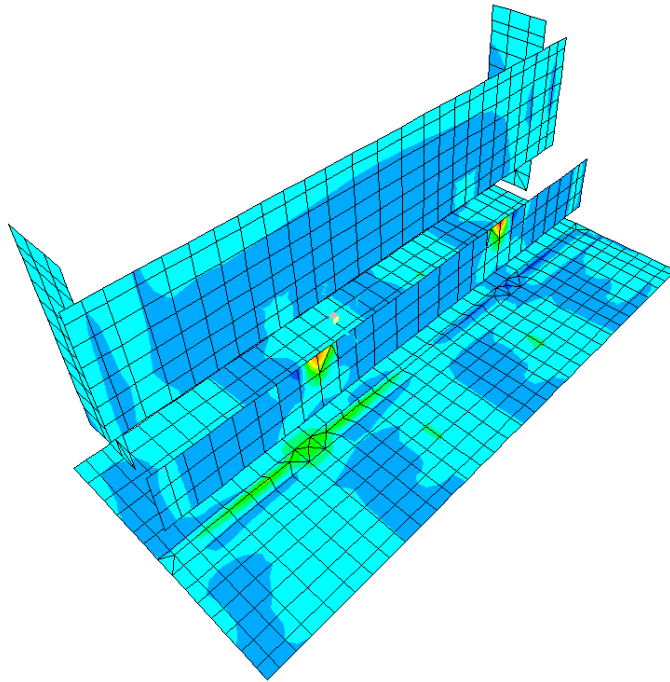
V13max



V13min

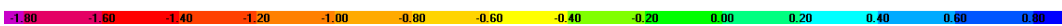
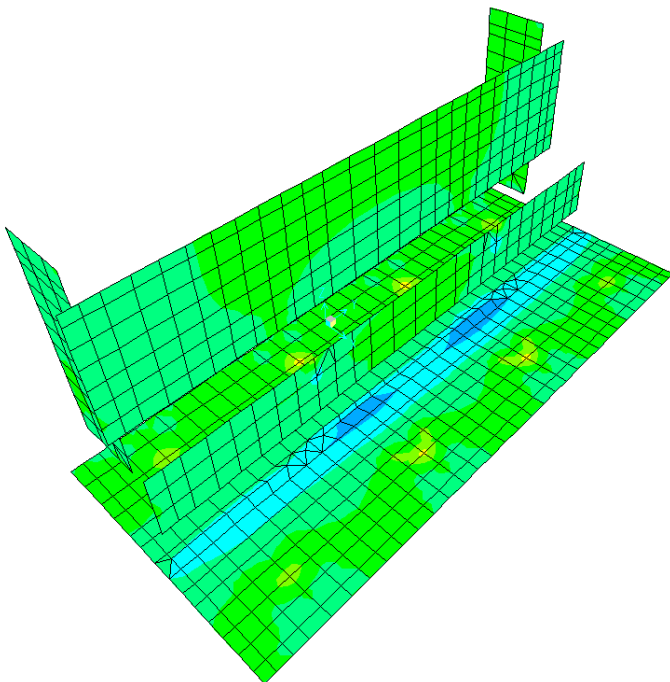


V23max



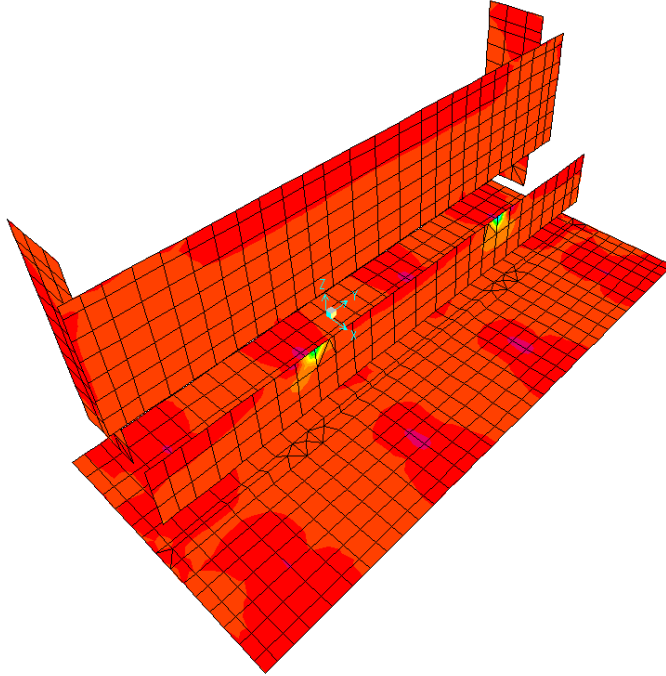
V23min

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.



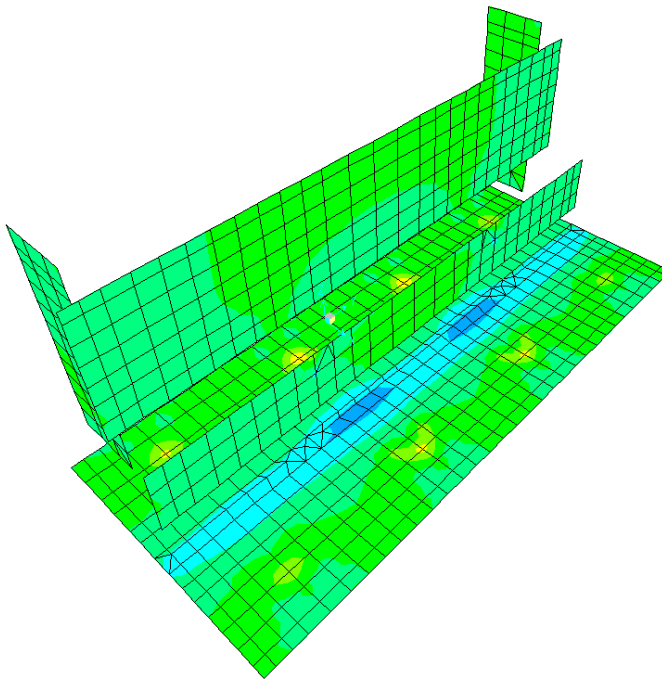
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 51 di 68
Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc	

M11



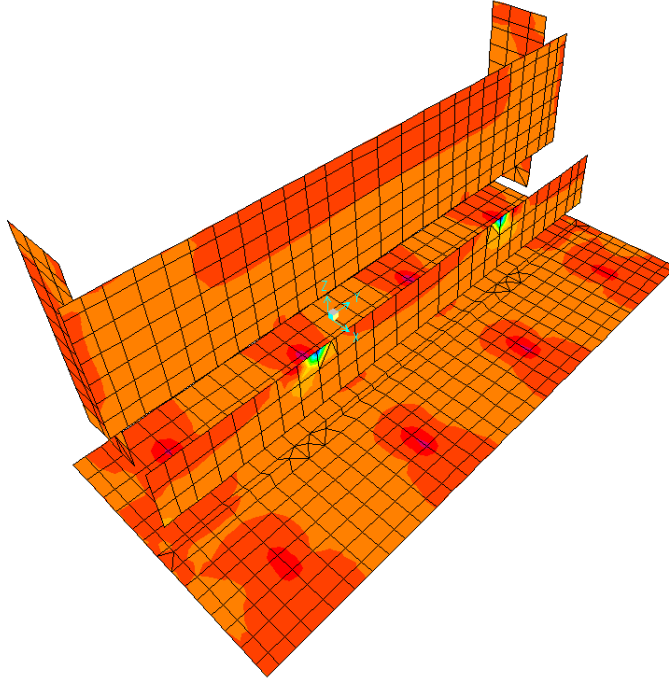
M22

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.



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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 52 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

M11



M22

## 6.5 ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI

Sulla base delle sollecitazioni ottenute è stata disposta la seguente armatura a flessione. Nel seguito si riportano le armature adottate:

		Armatura Lato terra					Ferri		Armatura Lato fuori terra				
		$A_{res,1}$			$A_{res,2}$	$A_{res,TOT}$		$A_{res,1}$			$A_{res,2}$	$A_{res,TOT}$	
		[cm <sup>2</sup> ]			[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]		[cm <sup>2</sup> ]			[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	
plinto	X	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	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
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
	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
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 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	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 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
and inf	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 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
and sup	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

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

## 6.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

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

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

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 53 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

$M_{Ed}^{ter}$ [kN*m]	$M_{Rd}^{ter}$ [kN*m]		$M_{Ed}^{f.ter}$ [kN*m]	$M_{Rd}^{f.ter}$ [kN*m]	
730	933	OK	650	758	OK
660	920	OK	270	748	OK
390	1126	OK	100	1126	OK
430	1246	OK	210	1246	OK
90	287	OK	40	287	OK
120	281	OK	10	281	OK
100	248	OK	50	248	OK
90	258	OK	50	258	OK
80	248	OK	40	248	OK
30	242	OK	20	242	OK

### 6.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

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

in cui:

$V_{Ed}$ : taglio di calcolo

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

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

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

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 54 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup		
<b>Sollecitazioni</b>							
V =	<b>1220</b>	<b>1780</b>	<b>280</b>	<b>160</b>	<b>90</b>	kN	taglio di calcolo
N =	0	90	0	51	0	kN	sforzo assiale di calcolo
<b>Geometria</b>							
h =	1600	2950	800	700	700	mm	altezza della sezione
d' =	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	mm	copriferro
d =	1570	2920	770	670	670	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> =	40	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub> =	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	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> =	18.81	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' <sub>cd</sub> =	9.41	7.06	7.06	7.06	7.06	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> =	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	mm	diametro dell'armatura a taglio
α =	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s =	<b>1'000</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n <sub>br</sub> =	<b>2.0</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>		numero bracci
A <sub>sw</sub> =	1'061.86	282.74	282.74	282.74	282.74	mm <sup>2</sup>	area resistente dell'armatura a taglio
ctg∅	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ <sub>cp</sub> =	0.000	0.031	0.000	0.073	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub> =	0.000	0.031	0.000	0.073	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
α <sub>c</sub> =	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V <sub>Rsd</sub> =	1467.79	1817.24	479.20	416.97	416.97	kN	resistenza taglio trazione
V <sub>Rcd</sub> =	9494.0	13271.9	3492.2	3054.3	3038.7	kN	resistenza taglio compressione
V <sub>Rd</sub> =	<b>1467.8</b>	<b>1817.2</b>	<b>479.2</b>	<b>417.0</b>	<b>417.0</b>	kN	resistenza a taglio
FS =	1.20	1.02	1.71	2.61	4.63		

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



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 55 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

### 6.6.3 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.

condizioni ambientali	ordinarie			aggressive		
armature	poco sensibili			poco sensibili		

Combinazione	frequente										
	Sezione	plinto				muro frontale					
		X		Y		Y		Z			
	sup	inf	sup	inf	terra	fuori terra	terra	fuori terra			
<b>Materiali</b>											
R <sub>ck</sub>	=	40	40	40	40	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.20	33.20	33.20	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	27.56	27.56	27.56	27.56	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	41.20	41.20	41.20	41.20	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resist media a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	4.03	4.03	4.03	4.03	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resist media a trazione per flessione
σ <sub>t</sub>	=	34.33	34.33	34.33	34.33	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite di apertura delle fessure
n	=	15	15	15	15	15	15	15	15		coeff di omogeneizz armature (compr)
n'	=	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		coeff di omogeneizz armature (tens)
<b>Geometria</b>											
B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1600	1600	1600	1600	2950	2950	2950	2950	mm	altezza sezione
<b>Armatura</b>											
n <sub>1a</sub>	=	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tondini zona tesa
n <sub>1b</sub>	=	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ø <sub>1a</sub>	=	20	18	20	18	16	16	16	16	mm	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1b</sub>	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tondini armatura tesa
Ø <sub>1eq</sub>	=	20	18	20	18	16	16	16	16	mm	diametro equiv tondini armatura tesa
d' <sub>sup</sub>	=	35	35	55	53	35	35	51	51	mm	copriferro superiore
d <sub>1</sub>	=	1565	1565	1545	1547	2915	2915	2899	2899	mm	dist armatura tesa da lembo compr
A <sub>s1</sub>	=	1571	1272	1571	1272	1005	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura tesa
n <sub>2a</sub>	=	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tondini zona compressa
n <sub>2b</sub>	=	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ø <sub>2a</sub>	=	18	20	18	20	16	16	16	16	mm	diametro tondini armatura compressa
Ø <sub>2b</sub>	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tondini armatura compressa
Ø <sub>2eq</sub>	=	18	20	18	20	16	16	16	16	mm	diametro equiv tondini armatura compr
d' <sub>inf</sub>	=	35	35	53	55	35	35	51	51	mm	copriferro inferiore
d <sub>2</sub>	=	35	35	53	55	35	35	51	51	mm	dist armatura compr da lembo compr
A <sub>s2</sub>	=	1272	1571	1272	1571	1005	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura compressa
<b>Sollecitazioni</b>											
M	=	270	370	340	120	200	40	300	130	kN*m	momento flettente
N	=	0	0	0	0	0	0	90	90	kN	sforzo normale
e	=	0	0	0	0	0	0	3333	1444	mm	eccentricità

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 56 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

$A_{cls}$	=	1600000	1600000	1600000	1600000	2950000	2950000	2950000	2950000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
$A_s$	=	2843	2843	2843	2843	2011	2011	2011	2011	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id}$	=	1.6E+06	1.6E+06	1.6E+06	1.6E+06	3.0E+06	3.0E+06	3.0E+06	3.0E+06	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_G$	=	802	798	802	798	1475	1475	1475	1475	mm	dist baric sezione ideale da lembo sup
$J_{id}$	=	3.7E+11	3.7E+11	3.7E+11	3.7E+11	2.2E+12	2.2E+12	2.2E+12	2.2E+12	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	=	472	472	471	471	860	860	859	859	mm	raggio giratore di inerzia della sezione
$Y_{nocc,s}$	=	1080	1077	1079	1076	1976	1976	1976	1976	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric

**Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione**

$A_{cls,t}$	=	1600	1600	1600	1600	2950	2950	2950	2950	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
$A_s$	=	2843	2843	2843	2843	2011	2011	2011	2011	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id,t}$	=	4.4E+04	4.4E+04	4.4E+04	4.4E+04	3.3E+04	3.3E+04	3.3E+04	3.3E+04	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	877	723	875	725	1475	1475	1475	1475	mm	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$	=	2.5E+10	2.5E+10	2.4E+10	2.4E+10	6.5E+10	6.5E+10	6.3E+10	6.3E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	=	752	752	734	734	1398	1398	1383	1383	mm	raggio giratore di inerzia della sezione
$Y_{nocc,i}$	=	1522	1506	1490	1468	2799	2799	2771	2771	mm	dist p.to di nocciolo inf da asse baric

**Sezione**      parzializ   parzializ   parzializ   parzializ   parzializ   parzializ   parzializ   parzializ

**Caratteristiche sezione parzializzata**

$Y_n$	=	235	209	234	209	270	270	411	842	mm	distanza asse neutro da lembo compr
$J_n$	=	4.7E+10	3.9E+10	4.5E+10	3.8E+10	1.1E+11	1.1E+11	1.2E+11	2.7E+11	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	8.2E-05	2.4E-06	6.8E-05	3.6E-06	-1.0E-07	2.8E-06	5.2E+07	3.4E+08	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-	-	-	-6.1E-05	1.8E-04		

**Tensioni nei materiali**

$\sigma_c$	=	-1.35	-1.99	-1.75	-0.66	-0.48	-0.10	-1.04	-0.40	MPa	max tens di compr nel cls (sez fess)
$\sigma_s$	=	115.2	193.8	147.3	63.8	70.3	14.1	94.6	14.7	MPa	tens dell'armat tesa (sez fess)

**Controllo della fessurazione**

$M_{fess}$	=	15761	15679	15706	15628	3182	3182	3225	3225	kNm	momento di fessurazione
$M_{fess} / M$	=	58.37	42.38	46.20	130.23	15.91	79.56	10.75	24.81		check1

**Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto**

$w_{max}$	=	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	mm	crack limit width
$F_s^*$	=	40	40	40	40	40	40	40	40	mm	$\sigma_s$ 160
		32	32	32	32	32	32	32	32	mm	$\sigma_s$ 200
		20	20	20	20	20	20	20	20	mm	$\sigma_s$ 240
		16	16	16	16	16	16	16	16	mm	$\sigma_s$ 280
		12	12	12	12	12	12	12	12	mm	$\sigma_s$ 320
		10	10	10	10	10	10	10	10	mm	$\sigma_s$ 360
$a$	=	300	300	300	300	300	300	300	300	mm	$\sigma_s$ 160
		300	300	300	300	300	300	300	300	mm	$\sigma_s$ 200
		250	250	250	250	250	250	250	250	mm	$\sigma_s$ 240
		200	200	200	200	200	200	200	200	mm	$\sigma_s$ 280
		150	150	150	150	150	150	150	150	mm	$\sigma_s$ 320
		100	100	100	100	100	100	100	100	mm	$\sigma_s$ 360
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	diam max delle barre di armatura tesa
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	lim di tens nell'acc (diam dei ferri)
$sp_s$	=	186	186	178	179	186	186	180	180	mm	spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	186	186	179	178	186	186	180	180	mm	spaziatura delle barre inferiori
$sp$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	lim di tens nell'acc (spaziatura dei ferri)
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim} / \sigma_s$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		check2

**Calcolo dell'apertura delle fessure**

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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 57 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

c	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura compressa
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura tesa
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	effective tension area
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	fattore che tiene conto della durata di applicazione dei carichi (0.6 per carichi
$E_s$	=	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	MPa	modulo di elasticità dell'acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	
$k_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	coeff che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura (0,8 per barre a
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	massima deformazione di trazione all'estremità della sezione considerata, calcolata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	minima deformazione di trazione all'estremità della sezione considerata, calcolata
$k_2$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	coeff che tiene conto della distribuzione delle deformazioni (0,5 per flessione
$k_3$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
$k_4$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure [ $d^* < 5(c+d)$
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure [ $d^* > 5(c+d)$
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	distanza massima tra le fessure
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	differenza tra la deformazione media nell'armatura tesa e quella nel cls nella zona
$w_k$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ampiezza delle fessure (valore caratteristico)
$w_d$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ampiezza delle fessure (valore di calcolo)
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		check3

**Combinazione**

frequente

Sezione	trave paraghiaia				muro andatore					
	Y		Z		X		Z			
	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra		

**Materiali**

Rck	=	30	30	30	30	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resist media a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resist media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite di apertura delle fessure
n	=	15	15	15	15	15	15	15	15		coeff di omogeneizz armature (compr)
n'	=	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		coeff di omogeneizz armature (tens)

**Geometria**

B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	800	800	800	800	700	700	700	700	mm	altezza sezione

**Armatura**

$n_{1a}$	=	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tondini zona tesa
$n_{1b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0		
$\varnothing_{1a}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm	diametro tondini armatura tesa
$\varnothing_{1b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tondini armatura tesa
$\varnothing_{1eq}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm	diametro equiv tondini armatura tesa
$d'_{sup}$	=	35	35	51	51	35	35	51	51	mm	copriferro superiore
$d_1$	=	765	765	749	749	665	665	649	649	mm	dist armatura tesa da lembo compr
$A_{s1}$	=	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura tesa
$n_{2a}$	=	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tondini zona compressa
$n_{2b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0		
$\varnothing_{2a}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm	diametro tondini armatura compressa
$\varnothing_{2b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tondini armatura compressa
$\varnothing_{2eq}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm	diametro equiv tondini armatura compr

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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 58 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

$d_{inf}^1$	=	35	35	51	51	35	35	51	51	mm	copriferro inferiore
$d_2$	=	35	35	51	51	35	35	51	51	mm	dist armatura compr da lembo compr
$A_{s2}$	=	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura compressa

**Sollecitazioni**

M	=	40	10	70	10	40	20	30	10	kN*m	momento flettente
N	=	0	0	0	0	0	0	51	51	kN	sforzo normale
e	=	0	0	0	0	0	0	591	197	mm	eccentricità

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

$A_{cls}$	=	800000	800000	800000	800000	700000	700000	700000	700000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
$A_s$	=	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id}$	=	8.3E+05	8.3E+05	8.3E+05	8.3E+05	7.3E+05	7.3E+05	7.3E+05	7.3E+05	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_G$	=	400	400	400	400	350	350	350	350	mm	dist baric sezione ideale da lembo sup
$J_{id}$	=	4.7E+10	4.7E+10	4.6E+10	4.6E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.1E+10	3.1E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	=	237	237	236	236	208	208	207	207	mm	raggio giratore di inerzia della sezione
$Y_{nocc,s}$	=	541	541	540	540	474	474	472	472	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric

**Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione**

$A_{cls,t}$	=	800	800	800	800	700	700	700	700	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
$A_s$	=	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id,t}$	=	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	400	400	400	400	350	350	350	350	mm	dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$	=	4.1E+09	4.1E+09	3.7E+09	3.7E+09	3.0E+09	3.0E+09	2.7E+09	2.7E+09	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	=	362	362	346	346	313	313	297	297	mm	raggio giratore di inerzia della sezione
$Y_{nocc,i}$	=	728	728	700	700	630	630	602	602	mm	dist p.to di nocciolo inf da asse baric

**Sezione** parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ

**Caratteristiche sezione parzializzata**

$Y_n$	=	128	128	128	128	118	118	191	502	mm	distanza asse neutro da lembo compr
$J_n$	=	6.9E+09	6.9E+09	6.6E+09	6.6E+09	5.2E+09	5.2E+09	5.8E+09	4.5E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	6.2E-08	1.2E-08	1.0E-05	1.0E-05	8.2E-05	8.2E-05	1.3E+07	1.3E+08	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-	-	-	-9.5E-07	-7.6E-06		

**Tensioni nei materiali**

$\sigma_c$	=	-0.74	-0.18	-1.36	-0.19	-0.92	-0.46	-0.99	-0.11	MPa	max tens di compr nel cls (sez fess)
$\sigma_s$	=	55.0	13.7	98.7	14.1	63.5	31.8	35.7	0.5	MPa	tens dell'armat tesa (sez fess)

**Controllo della fessurazione**

$M_{fess}$	=	249	249	247	247	192	192	197	197	kNm	momento di fessurazione
$M_{fess} / M$	=	6.22	24.88	3.53	24.70	4.81	9.62	6.56	19.67		check1

**Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto**

$w_{max}$	=	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	mm	crack limit width
$F_s^*$	=	40	40	40	40	40	40	40	40	mm	
		32	32	32	32	32	32	32	32	mm	
		20	20	20	20	20	20	20	20	mm	
		16	16	16	16	16	16	16	16	mm	
		12	12	12	12	12	12	12	12	mm	
		10	10	10	10	10	10	10	10	mm	
a	=	300	300	300	300	300	300	300	300	mm	
		300	300	300	300	300	300	300	300	mm	
		250	250	250	250	250	250	250	250	mm	
		200	200	200	200	200	200	200	200	mm	
		150	150	150	150	150	150	150	150	mm	
		100	100	100	100	100	100	100	100	mm	
$\emptyset_{max}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	diam max delle barre di armatura tesa

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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 59 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	lim di tens nell'acc (diam dei ferri)
$sp_s$	=	186	186	180	180	186	186	180	180	mm	spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	186	186	180	180	186	186	180	180	mm	spaziatura delle barre inferiori
$sp$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	lim di tens nell'acc (spaziatura dei ferri)
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim} / \sigma_s$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		check2

**Calcolo dell'apertura delle fessure**

$c$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura compressa
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura tesa
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	effective tension area
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		fattore che tiene conto della durata di applicazione dei carichi (0,6 per carichi di bre
$E_s$	=	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	MPa	modulo di elasticità dell'acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	
$k_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		coeff che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura (0,8 per barre ad ad
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		massima deformazione di trazione all'estremità della sezione considerata, calcolat
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		minima deformazione di trazione all'estremità della sezione considerata, calcolat
$k_2$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		coeff che tiene conto della distribuzione delle deformazioni (0,5 per flessione - 1,0
$k_3$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		
$k_4$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure [ $d^* < 5(c+\phi/2)$
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure [ $d^* > 5(c+\phi/2)$
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	distanza massima tra le fessure
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		differenza tra la deformazione media nell'armatura tesa e quella nel cls nella zona
$w_k$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ampiezza delle fessure (valore caratteristico)
$w_d$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ampiezza delle fessure (valore di calcolo)
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		check3

**Combinazione**

quasi permanente

Sezione	plinto				muro frontale						
	X		Y		Y		Z				
	sup	inf	sup	inf	terra	fuori terra	terra	fuori terra			
<b>Materiali</b>											
Rck	=	40	40	40	40	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20	33.20	33.20	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	27.56	27.56	27.56	27.56	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist cilindrica media
$f_{ctm}$	=	41.20	41.20	41.20	41.20	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resist media a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	4.03	4.03	4.03	4.03	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resist media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	34.33	34.33	34.33	34.33	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite di apertura delle fessure
$n$	=	15	15	15	15	15	15	15	15		coeff di omogeneizz armature (compr)
$n'$	=	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		coeff di omogeneizz armature (tens)
<b>Geometria</b>											
B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1600	1600	1600	1600	2950	2950	2950	2950	mm	altezza sezione
<b>Armatura</b>											
$n_{1a}$	=	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tondini zona tesa
$n_{1b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0		
$\phi_{1a}$	=	20	18	20	18	16	16	16	16	mm	diametro tondini armatura tesa
$\phi_{1b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tondini armatura tesa
$\phi_{1eq}$	=	20	18	20	18	16	16	16	16	mm	diametro equiv tondini armatura tesa



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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 61 di 68	
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc	

		8	8	8	8	8	8	8	8	mm	
a	=	300	300	300	300	300	300	300	300	mm	
		250	250	250	250	250	250	250	250	mm	
		200	200	200	200	200	200	200	200	mm	
		15	15	15	15	15	15	15	15	mm	
		100	100	100	100	100	100	100	100	mm	
		50	50	50	50	50	50	50	50	mm	
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	diam max delle barre di armatura tesa
$\sigma_{s1}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	lim di tens nell'acc (diam dei ferri)
$sp_s$	=	186	186	178	179	186	186	180	180	mm	spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	186	186	179	178	186	186	180	180	mm	spaziatura delle barre inferiori
$sp$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	lim di tens nell'acc (spaziatura dei ferri)
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim} / \sigma_s$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		check2

### Calcolo dell'apertura delle fessure

c	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura compressa
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	altezza dell'area di cls teso attorno all'armatura tesa
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	effective tension area
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		fattore che tiene conto della durata di applicazione dei carichi
$E_s$	=	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	210000	MPa	modulo di elasticità dell'acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	
$k_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		coeff che tiene conto delle proprietà di aderenza dell'armatura
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		massima deformazione di trazione all'estremità della sezione
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		minima deformazione di trazione all'estremità della sezione
$k_2$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		coeff che tiene conto della distribuzione delle deformazioni
$k_3$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		
$k_4$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	limite superiore per il calcolo della distanza massima tra le fessure
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	distanza massima tra le fessure
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-		differenza tra la deformazione media nell'armatura tesa e compressa
$w_k$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ampiezza delle fessure (valore caratteristico)
$w_d$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	mm	ampiezza delle fessure (valore di calcolo)
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		check3

### Combinazione

quasi permanente

Sezione	trave paraghiaia				muro andatore			
	Y		Z		X		Z	
	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra

### Materiali

Rck	=	30	30	30	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resist media a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resist media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite di apertura delle fessure
n	=	15	15	15	15	15	15	15		coeff di omogeneizz armature (compr)
n'	=	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		coeff di omogeneizz armature (tens)

### Geometria

B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base 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>	<b>Opera: Viadotto Arenella II</b>	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 62 di 68	
	Nome file: VI13-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc	

H = 800 800 800 800 700 700 700 700 mm altezza sezione

#### Armatura

$n_{1a}$	=	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona tesa
$n_{1b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	
$\varnothing_{1a}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm diametro tondini armatura tesa
$\varnothing_{1b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm diametro tondini armatura tesa
$\varnothing_{1eq}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm diametro equiv tondini armatura tesa
$d'_{sup}$	=	35	35	51	51	35	35	51	51	mm copriferro superiore
$d_1$	=	765	765	749	749	665	665	649	649	mm dist armatura tesa da lembo compr
$A_{s1}$	=	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup> area armatura tesa
$n_{2a}$	=	5	5	5	5	5	5	5	5	n° tondini zona compressa
$n_{2b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	
$\varnothing_{2a}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm diametro tondini armatura compressa
$\varnothing_{2b}$	=	0	0	0	0	0	0	0	0	mm diametro tondini armatura compressa
$\varnothing_{2eq}$	=	16	16	16	16	16	16	16	16	mm diametro equiv tondini armatura compr
$d'_{inf}$	=	35	35	51	51	35	35	51	51	mm copriferro inferiore
$d_2$	=	35	35	51	51	35	35	51	51	mm dist armatura compr da lembo compr
$A_{s2}$	=	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup> area armatura compressa

#### Sollecitazioni

M	=	20	10	40	10	30	10	20	10	kN*m momento flettente
N	=	0	0	0	0	0	0	51	51	kN sforzo normale
e	=	0	0	0	0	0	0	394	197	mm eccentricità

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

$A_{cls}$	=	800000	800000	800000	800000	700000	700000	700000	700000	mm <sup>2</sup> area calcestruzzo
$A_s$	=	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	mm <sup>2</sup> area armatura
$A_{id}$	=	8.3E+05	8.3E+05	8.3E+05	8.3E+05	7.3E+05	7.3E+05	7.3E+05	7.3E+05	mm <sup>2</sup> area sezione ideale
$d_G$	=	400	400	400	400	350	350	350	350	mm dist baric sezione ideale da lembo sup
$J_{id}$	=	4.7E+10	4.7E+10	4.6E+10	4.6E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.1E+10	3.1E+10	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	=	237	237	236	236	208	208	207	207	mm raggio giratore di inerzia della sezione
$Y_{nocc,s}$	=	541	541	540	540	474	474	472	472	mm dist p.to di nocciolo sup da asse baric

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione

$A_{cls,t}$	=	800	800	800	800	700	700	700	700	mm <sup>2</sup> area calcestruzzo
$A_s$	=	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	mm <sup>2</sup> area armatura
$A_{id,t}$	=	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	3.1E+04	mm <sup>2</sup> area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	400	400	400	400	350	350	350	350	mm dist baric sez ideale da lembo sup
$J_{id,t}$	=	4.1E+09	4.1E+09	3.7E+09	3.7E+09	3.0E+09	3.0E+09	2.7E+09	2.7E+09	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia baric sez ideale
$\rho_{id,t}$	=	362	362	346	346	313	313	297	297	mm raggio giratore di inerzia della sezione
$Y_{nocc,i}$	=	728	728	700	700	630	630	602	602	mm dist p.to di nocciolo inf da asse baric

Sezione parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ parzializ

#### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$	=	128	128	128	128	118	118	248	502	mm distanza asse neutro da lembo compr
$J_n$	=	6.9E+09	6.9E+09	6.6E+09	6.6E+09	5.2E+09	5.2E+09	8.1E+09	4.5E+10	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	6.2E-08	1.2E-08	1.0E-05	1.0E-05	8.2E-05	8.2E-05	2.8E+07	1.3E+08	mm <sup>3</sup> momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-	-	-	1.9E-06	-3.1E-05	

#### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$	=	-0.37	-0.18	-0.78	-0.19	-0.69	-0.23	-0.61	-0.11	MPa max tens di compr nel cls (sez fess)
$\sigma_s$	=	27.5	13.7	56.4	14.1	47.7	15.9	14.8	0.5	MPa tens dell'armat tesa (sez fess)

#### Controllo della fessurazione

$M_{fess}$	=	249	249	247	247	192	192	197	197	kNm momento di fessurazione
$M_{fess} / M$	=	12.44	24.88	6.17	24.70	6.41	19.23	9.84	19.67	check1

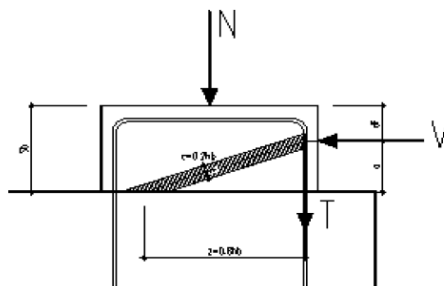




CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 64 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

## 7 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 spalla A della carreggiata sinistra (avendo larghezza della carreggiata più grande e quindi i baggioli risulteranno quelli più sollecitati) 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	3537	<b>1204</b>
Vx	<b>60</b>	455
baggiolo	<b>SpA-S</b>	<b>SpA-S</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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 65 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

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

#### Materiali

$R_{ck}$	=	30	30	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{cd}$	=	14.1	14.1	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
$\sigma_{1Rd,max}$	=	12.70	12.70	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

#### Mensola

		SpA-S	SpA-S		
$F_{Ed}$	=	3537	1204	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	60	455	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

#### Geometria

$b_1$	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	430	430	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
$b_0$	=	950	950	mm	larghezza appoggio
$c$	=	30	30	mm	copriferro
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	4.3	32.6	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	214.0	214.0	mm	altezza biella compressa
$a$	=	432.1	446.3	mm	
$\alpha$	=	0.47	0.48	rad	

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

$C$	=	67	513	kN	risultante di compressione
$T$	=	30	237	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	0.14	1.09	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	89.17	11.65		
$n$	=	6	6		numero ferri superiore
$\emptyset$	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
$A_s$	=	923.6	923.6	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	32.73	256.88	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	11.96	1.52		

#### Verifiche a fenditura (armatura verticale)

$T$	=	146	50	kN	risultante forza di taglio
$A_s$	=	373.5	373.5	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria
$n_{str}$	=	2	2		numero strati
$n_{br}$	=	8	8		numero bracci x strato
$\emptyset_w$	=	14	14	mm	diametro staffe
$A_{sw}$	=	2463.0	2463.0	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
FS	=	6.59	6.59		

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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 66 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.doc

## 8 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:

### ISOLATORI

SI-N 900/168

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

A partire dal modello di calcolo globale 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 sugli APPOGGI

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	0	0	1321	0	0	0	spalla A
SpA-D	E2	17	0	-247	0	0	0	
SpA-D	E3	22	0	117	0	0	0	
SpA-D	Q1	0	1	944	0	0	0	
SpA-D	Q5	0	65	21	0	0	0	
SpA-D	Q7	13	0	0	0	0	0	
SpA-S	G1+G2	0	0	1363	0	0	0	
SpA-S	E2	17	0	-245	0	0	0	
SpA-S	E3	22	0	120	0	0	0	
SpA-S	Q1	0	1	1426	0	0	0	
SpA-S	Q5	0	65	-21	0	0	0	
SpA-S	Q7	14	0	0	0	0	0	
SpB-D	G1+G2	0	0	1293	0	0	0	spalla B
SpB-D	E2	17	0	-247	0	0	0	
SpB-D	E3	22	0	117	0	0	0	
SpB-D	Q1	0	1	985	0	0	0	
SpB-D	Q5	0	65	22	0	0	0	
SpB-D	Q7	13	0	0	0	0	0	
SpB-S	G1+G2	0	0	1336	0	0	0	
SpB-S	E2	17	0	-246	0	0	0	
SpB-S	E3	22	0	120	0	0	0	
SpB-S	Q1	0	1	1399	0	0	0	
SpB-S	Q5	0	65	-22	0	0	0	
SpB-S	Q7	13	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 Arenella II</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 67 di 68
	Nome file: V113-B-CL007-A.00_relazione_calcolo_Spalle_SX.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	126	60	86	0	0	0	spalla A
SpA-S	Q6	126	60	88	0	0	0	
SpB-D	Q6	126	60	84	0	0	0	spalla B
SpB-S	Q6	126	60	87	0	0	0	

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.	161	60	1218	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.C.	162	60	1265	0	0	0	
SpB-D	S.L.C.	161	60	1189	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.C.	162	60	1237	0	0	0	
		<b>162</b>	<b>60</b>	<b>1265</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.	48	59	2864	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.U.	49	60	3537	0	0	0	
SpB-D	S.L.U.	48	59	2882	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.U.	49	60	3464	0	0	0	
		<b>49</b>	<b>60</b>	<b>3537</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		
$d_{Q6,x}$	0.138	0.138	0.138	0.138	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
$d_{Q6,y}$	0.066	0.066	0.066	0.066	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
$d_{E2,x}$	0.006	0.006	0.006	0.006	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.021	0.021	0.021	0.021	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{E,tot}$	0.168	0.168	0.168	0.168	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

#### S.L.U.

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S		
$d_{E2,x}$	0.006	0.006	0.006	0.006	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.021	0.021	0.021	0.021	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{Q1,y}$	0.001	0.001	0.000	0.001	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
$d_{Q5,y}$	0.021	0.021	0.021	0.021	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
$d_{E,tot}$	0.029	0.030	0.029	0.030	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato
$d_{giunto}$	0.335				m	massima escursione del giunto

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 168 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.