

# 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 Favarella

Relazione di Calcolo Spalle - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

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

Scala:

F						
E						
D						
C	Ottobre 2011	Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
B	Luglio 2011	Revisione a seguito di incontri con il Committente	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 1 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITA' .....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA .....	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO .....	3
1.2.1	<i>Geometria e caratteristiche spalla A carreggiata DX (SpA_DX).....</i>	<i>6</i>
1.2.2	<i>Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata DX (SpB_DX).....</i>	<i>8</i>
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	9
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	10
1.4.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione.....</i>	<i>10</i>
1.4.2	<i>Calcestruzzo.....</i>	<i>10</i>
1.4.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata.....</i>	<i>12</i>
<b>2</b>	<b>ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO .....</b>	<b>13</b>
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	13
<b>3</b>	<b>MATRICI DEI COEFFICIENTI DELLE COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>14</b>
3.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLU .....	14
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO SLE.....	17
<b>4</b>	<b>ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA DX (SpA_DX) .....</b>	<b>19</b>
4.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	19
4.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	20
4.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	23
4.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU .....	24
4.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE .....	27
4.5.1	<i>Combinazione Caratteristica .....</i>	<i>27</i>
4.5.2	<i>Combinazione Frequente .....</i>	<i>27</i>
4.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente .....</i>	<i>28</i>
4.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU).....	29
4.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato).....</i>	<i>30</i>
4.6.2	<i>Verifica a taglio .....</i>	<i>30</i>
4.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE) .....	31
4.7.1	<i>Stato limite di fessurazione .....</i>	<i>31</i>
4.7.2	<i>Verifiche delle tensioni di esercizio .....</i>	<i>32</i>
<b>5</b>	<b>ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA DX (SpB_DX).....</b>	<b>34</b>
5.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO .....	34
5.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA .....	35
5.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	38
5.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU .....	39
5.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE .....	42
5.5.1	<i>Combinazione Caratteristica .....</i>	<i>42</i>
5.5.2	<i>Combinazione Frequente .....</i>	<i>42</i>
5.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente .....</i>	<i>43</i>
5.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU).....	44
5.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato).....</i>	<i>44</i>
5.6.2	<i>Verifica a taglio .....</i>	<i>45</i>
5.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE) .....	46
5.7.1	<i>Stato limite di fessurazione .....</i>	<i>46</i>
5.7.2	<i>Verifiche delle tensioni di esercizio .....</i>	<i>47</i>
<b>6</b>	<b>VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....</b>	<b>48</b>
6.1	S.L.U. – VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE .....	48
6.2	S.L.U – VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	52
6.2.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite orizzontale .....</i>	<i>52</i>
6.2.2	<i>Criteri di verifica.....</i>	<i>52</i>
6.2.3	<i>Risultati spalla A carreggiata destra (SpA_DX) .....</i>	<i>52</i>
6.2.4	<i>Risultati spalla B carreggiata destra (SpB_DX) .....</i>	<i>53</i>

<p style="text-align: center;">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></p>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 2 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

<b>7</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SpA_DX AGLI SLU.....</b>	<b>54</b>
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA .....	54
7.2	ANALISI DEI CARICHI .....	55
7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE .....	56
7.3.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali .....</i>	<i>56</i>
7.3.2	<i>Verifiche a taglio .....</i>	<i>58</i>
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI .....	60
7.4.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali .....</i>	<i>60</i>
7.4.2	<i>Verifiche a taglio .....</i>	<i>62</i>
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA .....	64
7.5.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali .....</i>	<i>64</i>
7.5.2	<i>Verifiche a taglio .....</i>	<i>65</i>
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE .....	66
7.6.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali .....</i>	<i>66</i>
7.6.2	<i>Verifiche a taglio .....</i>	<i>69</i>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DELLA SPALLA SpA_DX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE.....</b>	<b>71</b>
8.1	PLINTO DI FONDAZIONE.....	71
8.1.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>71</i>
8.1.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>72</i>
8.2	MURO FRONTALE .....	74
8.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>74</i>
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>75</i>
8.3	MURO PARAGHIAIA .....	77
8.3.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>77</i>
8.3.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>78</i>
8.4	MURI LATERALI .....	80
8.4.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>80</i>
8.4.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>81</i>
<b>9</b>	<b>VERIFICA BAGGIOLI E ISOLATORI SPALLE CARREGGIATA SINISTRA .....</b>	<b>83</b>
9.1	SOLLECITAZIONI ELEMENTARI.....	83
9.2	VERIFICA BAGGIOLI.....	86
9.3	VERIFICA ISOLATORI .....	88

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 3 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 1 GENERALITA'

### 1.1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata destra del viadotto FAVARELLA, previsto nell'ambito del progetto esecutivo "CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA - ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 - S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" - AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 - dal km 44+000 allo svincolo con l'A19".

### 1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico rettilineo. Entrambe le carreggiate sono composte da n. 4 campate: le due centrali hanno luce pari a 31.0 m, mentre le due di riva hanno luce pari a 30.0 m.

campate carr. SX	L [m]
1	30.0
2	31.0
3	31.0
4	30.0

campate carr. DX	L [m]
1	30.0
2	31.0
3	31.0
4	30.0

L'impalcato viene realizzato con travi a cassoncino in cemento armato precompresso a cavi pretesi, e sovrastante soletta gettata in opera. In asse ad ogni pila sono presenti traversi gettati in opera, che rendono tra loro solidali le travi, varate in semplice appoggio su dispositivi provvisori, realizzando uno schema finale di trave continua.

Oltre che dal traverso la continuità è garantita anche da un getto di calcestruzzo in opera all'interno della cavità dei cassoncini.

La sezione strutturale dell'impalcato è composta da n. 4 travi prefabbricate in c.a.p. a cassoncino, di altezza 1.80 m, disposte a interasse trasversale di 2.50 m, e da una soletta gettata in opera su predalles prefabbricate aventi la funzione di cassero a perdere. L'altezza delle predalles è di 5 cm; quella del getto in opera di 20 cm.

La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 12.48 m ed è composta:

- o n. 2 corsie da 3.75 m ciascuna;
- o n. 1 banchina in destra di larghezza 1.75 m;
- o n. 1 banchina in sinistra di larghezza 1.25 m;
- o n. 1 cordolo in destra di larghezza 1.23 m;
- o n. 1 cordolo in sinistra di larghezza 0.75 m.

La figura seguente riporta la sezione trasversale dell'impalcato in asse alla spalla iniziale (Figura 1.1) ed in sezione corrente (Figura 1.2) per la carreggiata destra.

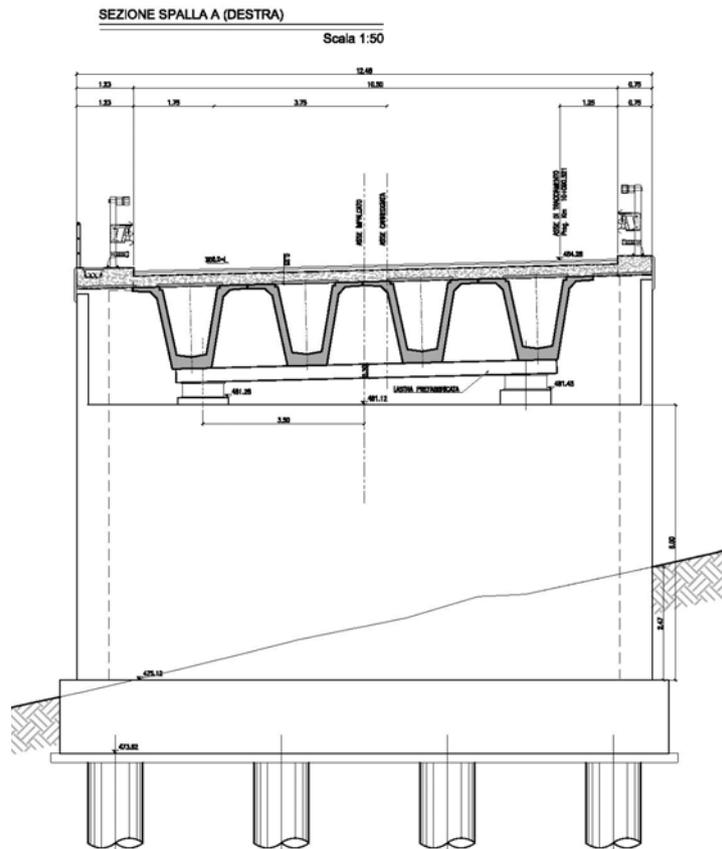


Figura 1.1 – Sezione trasversale dell'impalcato in asse alla spalla A carreggiata DX

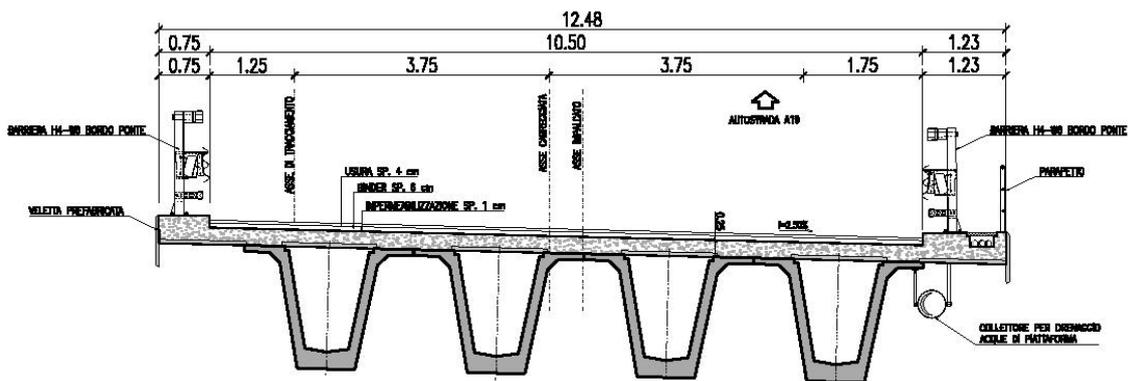


Figura 1.2 – Sezione corrente carreggiata DX

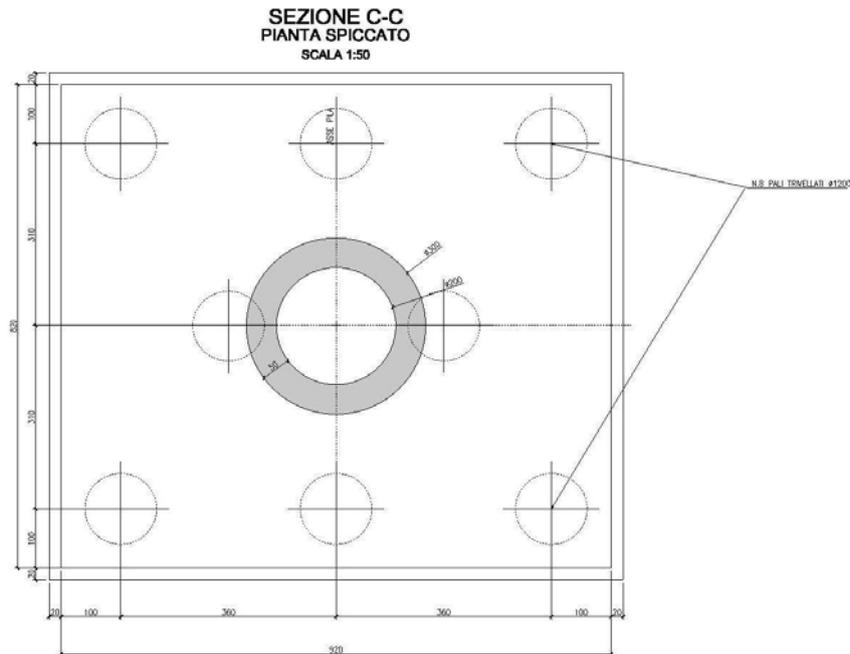
Le pile sono realizzate in c.a. Il fusto presenta sezione circolare cava, con raggio esterno pari a 1.50 m e raggio interno pari a 1.00 m. Il pulvino è di forma trapezoidale con altezza complessiva di 1.50 m e dimensioni in pianta 3.20 x 9.70 m.

carreggiata SX	
pila	H [m]
P01	6.00
P02	7.00
P03	4.50

carreggiata DX	
pila	H [m]
P01	8.50
P02	7.00
P03	5.00

Tutte le pile di entrambe le carreggiate del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata adottata è costituita da 8 pali di diametro Ø1200 mm, posti ad interasse di 3.60 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50 m a pianta rettangolare 8.20 x 9.20 m.

Nelle seguenti figure si illustra la geometria delle pile attraverso la pianta spiccato, un prospetto laterale ed una sezione trasversale.



**Figura 1.3 - Pianta spiccato pila.**

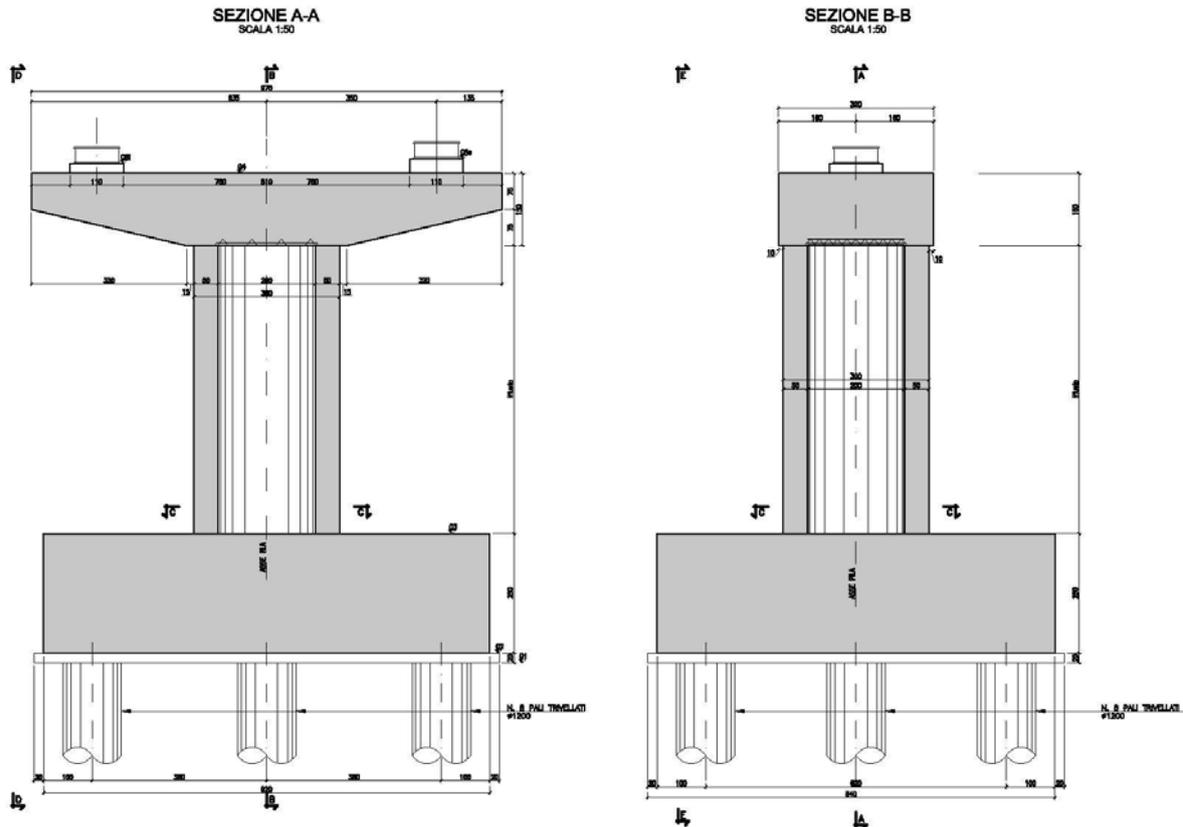


Figura 1.4 - Prospetti (frontale e laterale) della pila tipo.

L'impalcato è vincolato alle pile ed alle spalle mediante isolatori sismici ad elastomero armato; questi funzionano come appoggi elastici lineari sia in fase sismica, che per le azioni statiche agenti, compresi effetti lenti quali variazioni termiche, fluage, ritiro.

Per le caratteristiche di tali dispositivi si rimanda al paragrafo relativo alla descrizione del modello di calcolo impiegato per l'analisi statiche e sismiche delle sollecitazioni nelle sottostrutture.

### 1.2.1 Geometria e caratteristiche spalla A carreggiata DX (SpA\_DX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla A carreggiata DX. La fondazione ha dimensioni in pianta di 9,60 m x 13,20 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 33,00 m. Il muro frontale è alto 6,00 m. Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva della geometria e alcune figure descrittive. Per ulteriori informazioni si rimanda agli elaborati grafici.

Geometrie Spalla SpA_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	202.8
muro frontale	1.80	12.48	6.00	134.8
muro paraghiaia	0.80	12.48	3.00	30.0
muro laterale sx	4.06	0.70	10.90	31.0

Geometrie Spalla SpA_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
muro laterale dx	4.06	0.70	10.90	31.0
n° pali	12			
L_pali	24			

Tabella 1: Geometria spalla A carreggiata DX

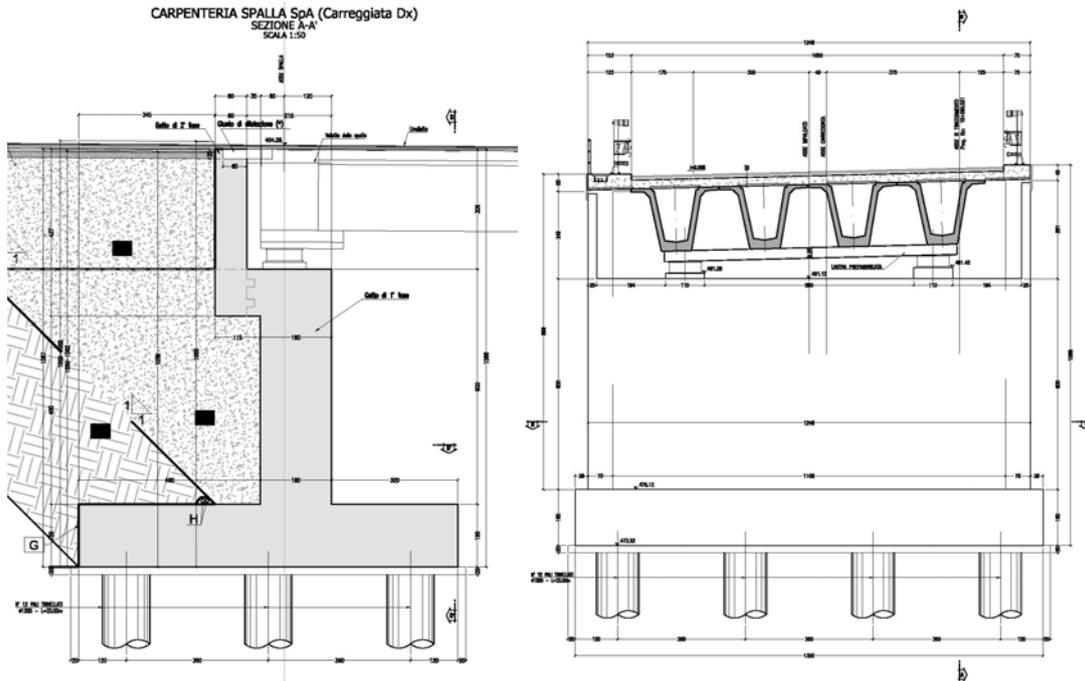


Figura 1.5: Sezione longitudinale SpA\_DX e Vista frontale SpA\_DX

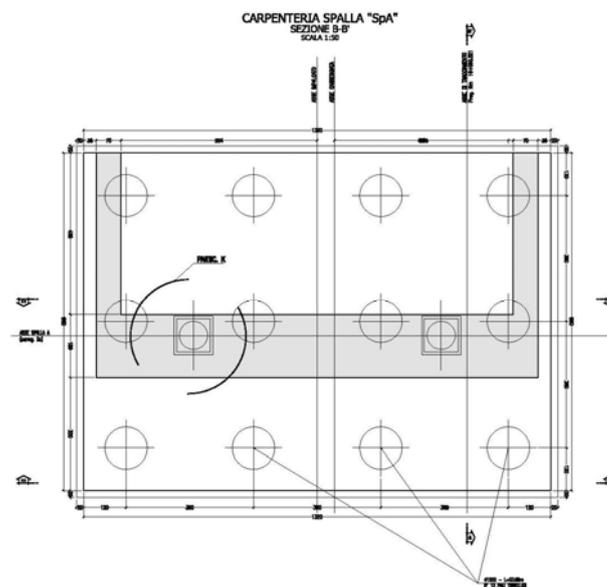


Figura 1.6: Pianta spiccato SpA\_DX

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 8 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### 1.2.2 Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata DX (SpB\_DX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla B carreggiata DX. La fondazione ha dimensioni in pianta di 13,20 m x 9,6 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 33,00 m. Il muro frontale è alto 5,0 m. Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva della geometria e alcune figure descrittive. Per ulteriori informazioni si rimanda agli elaborati grafici.

Geometrie Spalla SpB_DX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
plinto di fondazione	<b>9.60</b>	<b>13.20</b>	<b>1.60</b>	202.8
muro frontale	<b>1.80</b>	<b>12.48</b>	<b>5.00</b>	112.3
muro paraghiaia	<b>0.80</b>	12.48	<b>3.00</b>	30.0
muro laterale sx	4.06	<b>0.70</b>	<b>9.00</b>	25.6
muro laterale dx	4.06	0.70	9.00	25.6
n° pali	12			
L_pali	24			

Tabella 2: Geometria spalla B carreggiata DX

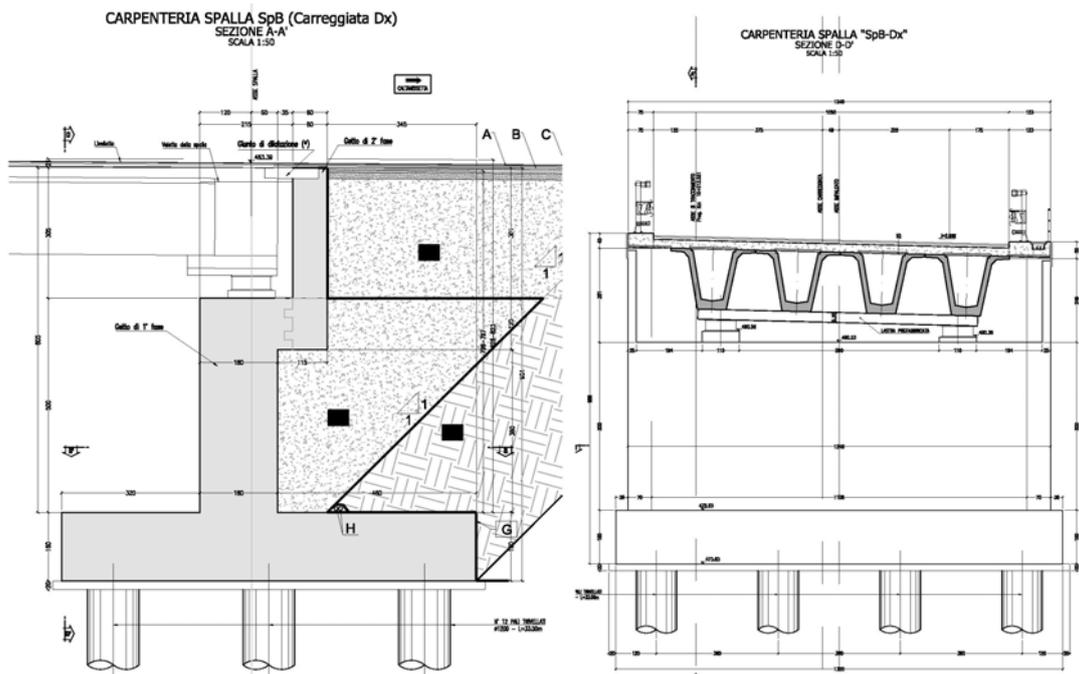


Figura 1.7: Sezione longitudinale SpB\_DX e Vista frontale SpB\_DX

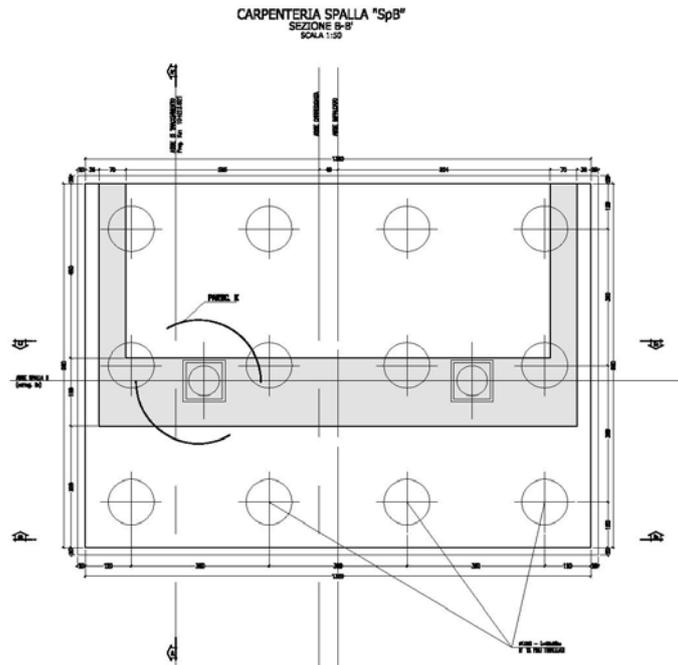


Figura 1.8: Pianta spiccato SpB\_DX

### 1.3 NORMATIVA 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 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 10 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 1.4.1 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: XA1;
- zattere pile: XA2;
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF2;
- soletta impalcato: XC4.

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.

### 1.4.2 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 C28/35

$R_{ck}$	= 35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	= 24.11	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	= 37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	= 2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	= 3.69	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	= 3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	= 32588	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	= 2.46	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF2			classe di esposizione
S3-S4			classe di consistenza elevazione pile, elevazione spalle e pulvino

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 11 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### CALCESTRUZZO BAGGIOLI C35/45

$R_{ck}$	= 45	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	= 37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{ckj}$	= 31.00	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
$f_{cm}$	= 45.35	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	= 3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	= 4.36	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{cfm}$	= 4.02	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$	= 34625	MPa	modulo elastico istantaneo
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	= 21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	= 2.91	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF2			classe di esposizione
S3-S4			classe di consistenza elevazione pile, elevazione spalle e pulvino

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

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

$R_{ck}$	= 55	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
$\gamma_c$	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	= 0.85		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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 12 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

#### ACCIAIO PER C.A. B450C

$f_{y,nom}$	=	<b>450</b>	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	<b>540</b>	MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	$\geq$	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{t,nom}$	$\geq$	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k$	$\geq$	<b>1.15</b>		
$(f_t/f_y)_k$	$<$	<b>1.35</b>		
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	<b>391</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\sigma_s$	=	<b>360.0</b>	MPa	massima tensione in esercizio

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 13 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per la valutazione delle azioni trasmesse alle sottostrutture dall'impalcato ed, in particolare, per la valutazione della risposta sismica del viadotto, è stato messo a punto un modello numerico agli elementi finiti dell'opera che, con buona approssimazione, riproduce la distribuzione delle rigidezze e delle masse della struttura reale.

Tutte le membrature costituenti l'impalcato (travi longitudinali, trasversi) sono stati simulati attraverso elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. Con lo stesso tipo di elementi sono state modellate le pile del viadotto. Queste ultime sono state vincolate al piede – in corrispondenza dell'estradosso plinto – mediante vincoli di incastro. Per riprodurre il comportamento rigido nel piano trasversale, garantito dalla presenza della soletta, sono stati introdotti dei frame di massa nulla aventi sezione di altezza pari a quella della soletta e larghezza pari all'interasse a cui sono posti. Allo scopo di simulare in maniera adeguata i cinematismi consentiti dagli apparecchi di appoggio di tipo elastomerico, tra l'impalcato e le pile sono stati introdotti degli elementi del tipo "Nlink". Nel caso specifico tali elementi sono caratterizzati da un comportamento elastico lineare:

$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

$$K_v = 2814 \text{ kN/mm (rigidezza verticale).}$$

Anche sulle spalle sono previsti isolatori elastomerici aventi le medesime caratteristiche di quelli predisposti sulle pile, pertanto, trascurando la deformabilità delle spalle rispetto a quella dei dispositivi simili, ossia ipotizzando che il moto sismico dell'impalcato risulti disaccoppiato rispetto a quello delle spalle, queste ultime sono state assimilate semplicemente a vincoli cedevoli elasticamente alla traslazione longitudinale, trasversale e verticale.

Come detto, le pile sono state schematizzate con elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. In particolare, gli elementi del fusto presentano sezione costante, sezione variabile quelli del pulvino.

I modelli numerici sono stati implementati mediante il codice di calcolo agli elementi finiti SAP2000 della *Computers and Structures, Inc.* Nelle seguenti figure sono riportate delle viste di tali modelli.

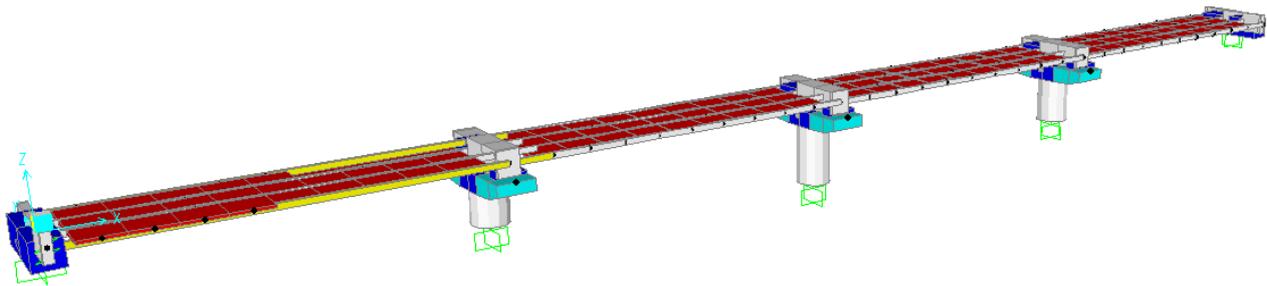


Figura 2.1: Modello numerico del Viadotto Favarella – Carreggiata DX

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 14 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### 3 MATRICI DEI COEFFICIENTI DELLE 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 matrici dei coefficienti di combinazione sono ottenute come prodotto matriciale tra la matrice dei coefficienti parziali di sicurezza e la matrice dei coefficienti di combinazioni. Attraverso tali matrici le azioni elementari sono state combinate per ottenere le sollecitazioni di progetto.

Nel seguito si indica con:

g1-impalcato	=	peso proprio dell'impalcato;
g1-pile	=	peso proprio della pila;
g1-plinto	=	peso proprio del plinto di fondazione;
g1-sp	=	peso proprio della spalla;
g2-imp	=	permanenti portati su impalcato;
g2-sp	=	permanenti portati su spalla;
g3-sp	=	spinta del terreno;
g2-terreno	=	peso proprio del terreno di ricoprimento;
e2	=	ritiro;
e3.1	=	carico termico su impalcato (massima azione verticale);
e3.2	=	carico termico su impalcato (massima azione trasversale);
q1.1	=	carichi mobili – configurazione 1 (massima azione verticale);
q1.2	=	carichi mobili – configurazione 2 (massimo momento trasversale);
q3	=	frenatura;
q4	=	azione centrifuga;
q5-impalcato	=	vento trasversale su impalcato;
q5-pile	=	vento trasversale su pile;
q6.1x-imp	=	sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.1y-imp	=	0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.1z-imp	=	0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;
q6.1x-sp	=	incremento di spinta terreno in fase sismica in direzione longitudinale;
q6.1y-sp	=	incremento di spinta terreno in fase sismica in direzione trasversale;
q6.2x-sp	=	sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.2y-sp	=	0.3 sisma longitudinale + sisma trasversale + 0.3 sisma verticale;
q6.2z-sp	=	0.3 sisma longitudinale + 0.3 sisma trasversale + sisma verticale;
q7	=	resistenza parassita dei vincoli (1% dei carichi permanenti).

#### 3.1 COMBINAZIONI DI CARICO SLU

Di seguito si riporta la matrice dei coefficienti di combinazioni adottate sia per le verifiche geotecniche che per le verifiche strutturali. La simbologia utilizzata nella tabella fa riferimento a:

- SLU combinazioni agli stati limiti ultimi
- SLV combinazioni sismiche



	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35
g1-imp	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
g2-imp	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
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3.1	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	1.20	0.00	1.20
e3.2	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0.00	1.20	0.00
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	0.90	0.90	-0.90
q6.1x-imp	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
q6.1z-imp	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
q6.2x-sp	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
q6.2z-sp	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

	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1
e3.1	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
e3.2	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
q1.1-imp	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 18 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

**Tabella 5: Matrice dei coefficienti comb. frequente**

	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.1	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
e3.2	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

**Tabella 6: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente**

g1-imp	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
g1-sp	1	1
g2-imp	1	1
g2-sp	1	1
g3-sp	1	1
e2-imp	1	1
e3.1	1	1
e3.2	0.50	0.00
q1.1-imp	0.00	0.50
q1.2-imp	0	0
q1t-sp	0	0
q3-imp	0	0
q4-imp	0	0
q5-imp	0	0
q6.1x-imp	0	0
q6.1y-imp	0	0
q6.1z-imp	0	0
q6.1x-sp	0	0
q6.2x-sp	0	0
q6.2y-sp	0	0
q6.2z-sp	0	0
q7-imp	0	0
g1-imp	0.60	0.60

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 19 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

#### 4 ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA DX (SPA\_DX)

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle 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 posto lungo la 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.

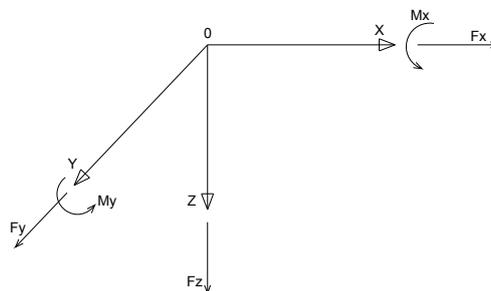


Figura 4.1: Sistema di riferimento

In particolare in questa sezione vengono riportate le azione sulla spalla A della carreggiata destra (SpA\_DX) necessarie alle verifiche strutturali della stessa.

##### 4.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Le azioni trasmesse dall'impalcato alle spalle sono state determinate attraverso la risoluzione del modello di calcolo agli elementi finiti del viadotto descritto nella relazione di calcolo delle pile. Tali azioni sono riepilogate nel seguente prospetto. Le azioni riportate sono riferite al baricentro appoggi.

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)						
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2911	136	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	377	21	0	permanenti portati
e2	11	0	166	0	11	ritiro
e3.1	40	0	235	0	40	carico termico - massima azione verticale
e3.2	115	0	176	0	115	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	0	2	1541	2170	0	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	0	7	1190	3899	0	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	156	0	0	0	156	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	172	0	417	0	azione del vento trasversale
q6.1x	252	72	-21	132	252	sisma longitudinale
q6.1y	76	242	-21	442	76	sisma trasversale
q6.1z	76	72	-71	132	76	sisma verticale
q7	33	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX <b>Pagina 20 di 90</b> Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	---

## 4.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

### Peso proprio spalla (g1)

$\gamma_{cls}$	=	25	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5068.8	kN	plinto di fondazione
g1.2	=	3369.6	kN	muro frontale
g1.3	=	748.8	kN	muro paraghiaia
g1.4	=	774.4	kN	muro laterale sx
g1.5	=	774.4	kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0	kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0	kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1	kN	baggioli
g1.9	=	14.2	kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0	kN	elemento 1
g1.11	=	0.0	kN	elemento 2
Fz	=	10759.3	kN	azione verticale
x	=	4.37	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.48	m	coordinata z punto di applicazione

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	522.2	m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	9399.5	kN	peso del terreno
x	=	2.03	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-7.05	m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

$\gamma$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	10.60	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	5381.6	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.53	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 21 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

Incremento di spinta

q	=	<b>20.00</b>	kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426		coefficiente di spinta
H	=	10.60	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
F <sub>x</sub>	=	<b>1128.2</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.30	m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

B <sub>x</sub>	=	4.06	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
F <sub>z</sub>	=	<b>1013.4</b>	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	2.03	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 <sub>g</sub>	=	<b>0.088</b>	g	accelerazione di picco
S <sub>S</sub>	=	<b>1.50</b>		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S <sub>T</sub>	=	<b>1.00</b>		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50		
$\beta_m$	=	<b>1.00</b>		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a <sub>max</sub>	=	0.132	g	accelerazione massima
K <sub>h</sub>	=	0.132		coefficiente sismico orizzontale
K <sub>v</sub>	=	0.066		coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

$\gamma$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	10.60	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	=	<b>3331.8</b>		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

$\phi$	=	<b>35</b>	°	angolo di attrito
$\psi$	=	<b>90</b>	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	<b>0</b>	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
$\delta$	=	<b>0</b>	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	7.06	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = Kh / (1 + Kv)$
K1	=	0.615		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.792		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.615		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 22 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

Ed = 8277 kN spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)  
ΔS = 2895.7 kN incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

**Valore adottato**

ΔP = 2895.7 kN incremento di spinta terreno in fase sismica  
x = 0.00 m coordinata x punto di applicazione  
y = 0.00 m coordinata y punto di applicazione  
z = -5.30 m coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	<b>Fi</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
plinto	669	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	445	4.96	0.00	-4.60
paraghiaia	99	3.66	0.00	-9.10
muro laterale sx	102	2.03	5.89	-7.05
muro laterale dx	102	2.03	-5.89	-7.05
bandiera sx	0	-1.40	5.49	-11.23
bandiera dx	0	-0.50	-5.74	-12.00
baggioli	1	5.20	0.00	-7.68
apparecchi di appoggio	2	5.20	0.00	-7.93
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1241	2.03	0.00	-7.05
risultante intradosso plinto	2661	3.28	0.00	-5.15
risultante base muro frontale	749	3.99	0.00	-5.87

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 23 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### 4.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Conoscendo le sollecitazioni in prossimità della sezione di base del muro frontale si possono facilmente ricavare le sollecitazioni agenti sulla palificata.

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

#### Coordinate baricentro pali

x = 4.80 m coordinata x  
y = 0.00 m coordinata y  
z = 0.00 m coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2911	140	-1164	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	10759	0	4596	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	377	22	-151	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	9400	0	26037	terreno su plinto spalla
g3-sp	5382	0	0	0	-19015	spinta del terreno su spalla
e2-imp	11	0	166	0	-146	ritiro
e3.1-imp	40	0	235	0	-372	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	115	0	176	0	-864	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	0	2	1541	2188	-617	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	7	1190	3952	-476	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1128	0	1013	0	-3172	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	156	0	0	0	-1082	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0	172	0	1778	0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	252	72	-21	706	-1736	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	76	242	-21	2357	-514	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	76	72	-71	706	-494	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2896	0	0	0	-15347	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	2661	0	0	0	-13693	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2661	0	13693	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1330	0	2022	forze d'inerzia verticali
q7-imp	33	0	0	0	-261	azione parassita dei vincoli

#### 4.4 CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU

Geometria della palificata						
PALO	X	Y	Xp	Yp	trasv	long
1	1.20	5.40	-3.60	5.40	29.16	12.96
2	1.20	1.80	-3.60	1.80	3.24	12.96
3	1.20	-1.80	-3.60	-1.80	3.24	12.96
4	1.20	-5.40	-3.60	-5.40	29.16	12.96
5	4.80	5.40	0.00	5.40	29.16	0.00
6	4.80	1.80	0.00	1.80	3.24	0.00
7	4.80	-1.80	0.00	-1.80	3.24	0.00
8	4.80	-5.40	0.00	-5.40	29.16	0.00
9	8.40	5.40	3.60	5.40	29.16	12.96
10	8.40	1.80	3.60	1.80	3.24	12.96
11	8.40	-1.80	3.60	-1.80	3.24	12.96
12	8.40	-5.40	3.60	-5.40	29.16	12.96

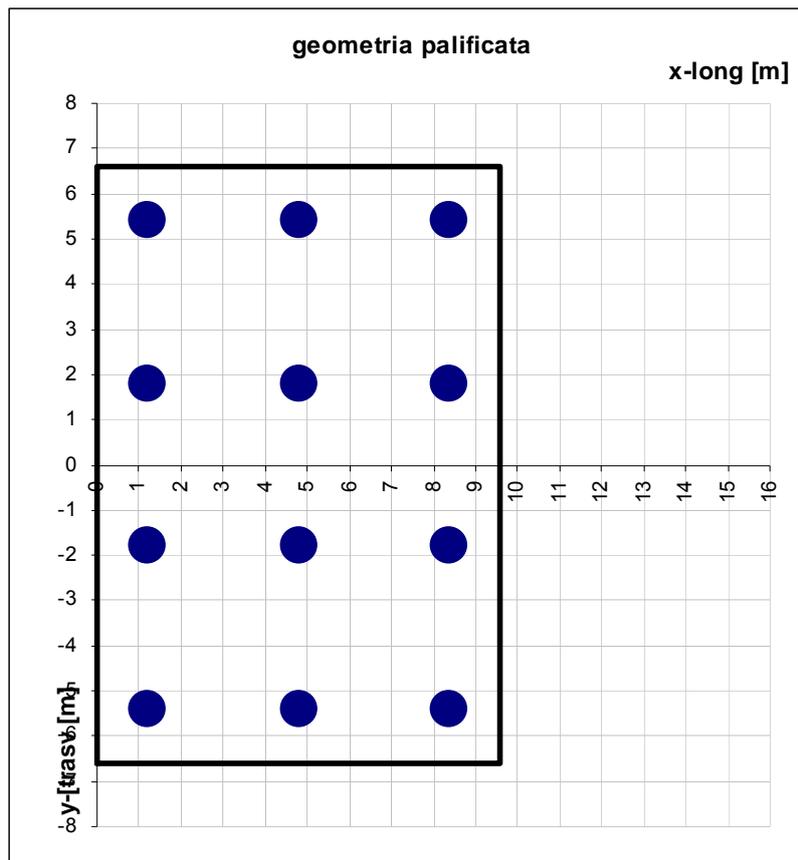


Figura 4.2: Geometria palificata spalla A carr. DX

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 25 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla A della carreggiata destra sono riportate nelle tabelle seguenti:

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
1	3370	3354	3281	3265	3403	3388	3315	3299	3266	3250	3177	3161
2	3282	3266	3252	3236	3271	3255	3241	3225	3191	3175	3162	3146
3	3194	3178	3223	3207	3138	3123	3168	3152	3117	3101	3146	3130
4	3105	3089	3194	3178	3006	2990	3095	3079	3042	3026	3131	3115
5	3088	3085	3000	2996	3115	3112	3026	3023	2996	2993	2907	2904
6	3000	2997	2970	2967	2983	2979	2953	2949	2921	2918	2892	2888
7	2912	2908	2941	2938	2850	2847	2880	2876	2847	2843	2876	2873
8	2823	2820	2912	2909	2718	2714	2807	2803	2772	2768	2861	2857
9	2807	2815	2718	2727	2827	2835	2738	2747	2726	2735	2637	2646
10	2718	2727	2689	2697	2694	2703	2665	2673	2652	2660	2622	2631
11	2630	2639	2660	2668	2562	2570	2591	2600	2577	2586	2606	2615
12	2542	2550	2630	2639	2429	2438	2518	2527	2502	2511	2591	2600
<b>Nmax</b>	3370	3354	3281	3265	3403	3388	3315	3299	3266	3250	3177	3161
<b>TAGLI (kN)</b>												
taglio Vx	738	743	738	743	738	743	738	743	726	731	726	731
taglio Vy	13	13	-13	-13	14	14	-12	-12	13	13	-13	-13
V	738	743	738	743	738	743	738	743	726	731	726	731

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
1	3291	3275	3202	3186	3322	3306	3233	3218	3347	3331	3258	3242
2	3183	3167	3153	3138	3248	3232	3218	3202	3239	3224	3210	3194
3	3075	3059	3105	3089	3173	3157	3203	3187	3132	3116	3161	3145
4	2967	2952	3056	3041	3098	3082	3187	3171	3024	3008	3113	3097
5	3016	3013	2927	2924	2996	2993	2907	2904	3016	3013	2927	2924
6	2908	2905	2879	2875	2921	2918	2892	2888	2908	2905	2879	2875
7	2800	2797	2830	2827	2847	2843	2876	2873	2800	2797	2830	2827
8	2693	2689	2782	2778	2772	2768	2861	2857	2693	2689	2782	2778
9	2741	2750	2652	2661	2670	2679	2581	2590	2685	2694	2596	2605
10	2633	2642	2604	2613	2595	2604	2566	2574	2577	2586	2547	2556
11	2526	2534	2555	2564	2520	2529	2550	2559	2469	2478	2499	2508
12	2418	2427	2507	2516	2446	2455	2535	2543	2362	2370	2450	2459
<b>Nmax</b>	3291	3275	3202	3186	3322	3306	3233	3218	3347	3331	3258	3242
<b>TAGLI(kN)</b>												
taglio Vx	726	731	726	731	707	711	707	711	707	711	707	711
taglio Vy	13	13	-12	-12	13	13	-13	-13	13	13	-12	-12
V	726	731	726	731	707	711	707	711	707	711	707	711

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 26 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1	3352	3336	3204	3188	3377	3361	3229	3213	3325	3299	3237	3210
2	3257	3242	3208	3192	3249	3233	3200	3184	3251	3224	3221	3195
3	3163	3147	3212	3197	3122	3106	3171	3155	3176	3150	3206	3179
4	3069	3053	3217	3201	2994	2978	3142	3127	3101	3075	3190	3164
5	3026	3022	2878	2874	3046	3042	2897	2894	3005	3000	2917	2911
6	2931	2928	2882	2878	2918	2915	2869	2865	2931	2925	2901	2895
7	2837	2833	2886	2883	2791	2787	2840	2836	2856	2850	2886	2880
8	2742	2739	2891	2887	2663	2660	2811	2808	2781	2776	2870	2864
9	2700	2708	2551	2560	2715	2723	2566	2575	2685	2700	2597	2611
10	2605	2614	2556	2564	2587	2596	2538	2546	2611	2625	2581	2596
11	2511	2519	2560	2569	2459	2468	2509	2518	2536	2551	2566	2580
12	2416	2425	2564	2573	2332	2341	2480	2489	2461	2476	2550	2565
<b>Nmax</b>	<b>3352</b>	<b>3336</b>	<b>3217</b>	<b>3201</b>	<b>3377</b>	<b>3361</b>	<b>3229</b>	<b>3213</b>	<b>3325</b>	<b>3299</b>	<b>3237</b>	<b>3210</b>
<b>TAGLI(kN)</b>												
taglio Vx	707	711	707	711	707	711	707	711	708	716	708	716
taglio Vy	22	22	-21	-21	22	22	-21	-21	13	13	-13	-13
V	707	711	707	711	707	711	707	711	708	716	708	716

SFORZO NORMALE N (kN)										
PALO	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
1	3350	3324	3261	3235	1272	1261	2749	2738	2500	2489
2	3243	3216	3213	3187	1256	1245	2449	2438	2484	2473
3	3135	3108	3164	3138	1240	1229	2149	2138	2468	2457
4	3027	3001	3116	3090	1224	1213	1848	1837	2452	2441
5	3025	3020	2937	2931	2000	1997	2426	2424	2107	2104
6	2918	2912	2888	2882	1984	1981	2126	2123	2090	2088
7	2810	2804	2840	2834	1968	1965	1826	1823	2074	2072
8	2702	2696	2791	2785	1952	1949	1525	1523	2058	2056
9	2700	2715	2612	2626	2728	2734	2103	2109	1713	1719
10	2593	2607	2563	2578	2712	2718	1803	1809	1697	1703
11	2485	2500	2515	2529	2696	2702	1503	1509	1681	1687
12	2377	2392	2466	2481	2680	2686	1203	1209	1665	1671
<b>Nmax</b>	<b>3350</b>	<b>3324</b>	<b>3261</b>	<b>3235</b>	<b>2728</b>	<b>2734</b>	<b>2749</b>	<b>2738</b>	<b>2500</b>	<b>2489</b>
<b>TAGLI(kN)</b>										
taglio Vx	708	716	708	716	937	940	459	462	459	462
taglio Vy	13	13	-12	-12	6	6	242	242	6	6
V	708	716	708	716	937	940	519	522	459	462

RIEPILOGO (kN)			
<b>Statica</b>	Nmax	Nmin	Vmax
SpA_DX	3403	2332	743
<b>Sismica</b>	Nmax	Nmin	Vmax
SpA_DX	2749	1203	940



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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 28 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

SFORZO NORMALE N (kN)								
PALO	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
taglio Vx	524	527	524	527	524	527	524	527
taglio Vy	3	3	-3	-3	2	2	-3	-3
V	524	527	524	527	524	527	524	527

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2440	1611	527

#### 4.5.3 Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N (kN)		
PALO	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
1	2323	2312
2	2320	2309
3	2317	2306
4	2314	2303
5	1982	1980
6	1979	1977
7	1976	1974
8	1973	1971
9	1641	1647
10	1638	1644
11	1635	1641
12	1632	1638
Nmax	2323	2312
TAGLI (kN)		
taglio Vx	453	456
taglio Vy	0	0
V	453	456

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2323	1638	456

## 4.6 VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU)

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, si adotta l'espressione di Zimmerman. Dei 12 pali che compongono la palificata della spalla A viene analizzato il palo più sollecitato.

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

E	=	<b>33346</b>	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	<b>1200</b>	mm	diametro palo
J	=	101787601976	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	<b>15000</b>	kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1800	mm	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	27000	kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.74	m	lunghezza elastica del palo
h	=	<b>0.00</b>	m	altezza tratto libero
V	=	<b>940</b>	kN	taglio alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>2225.43</b>	kNm	massimo momento flettente

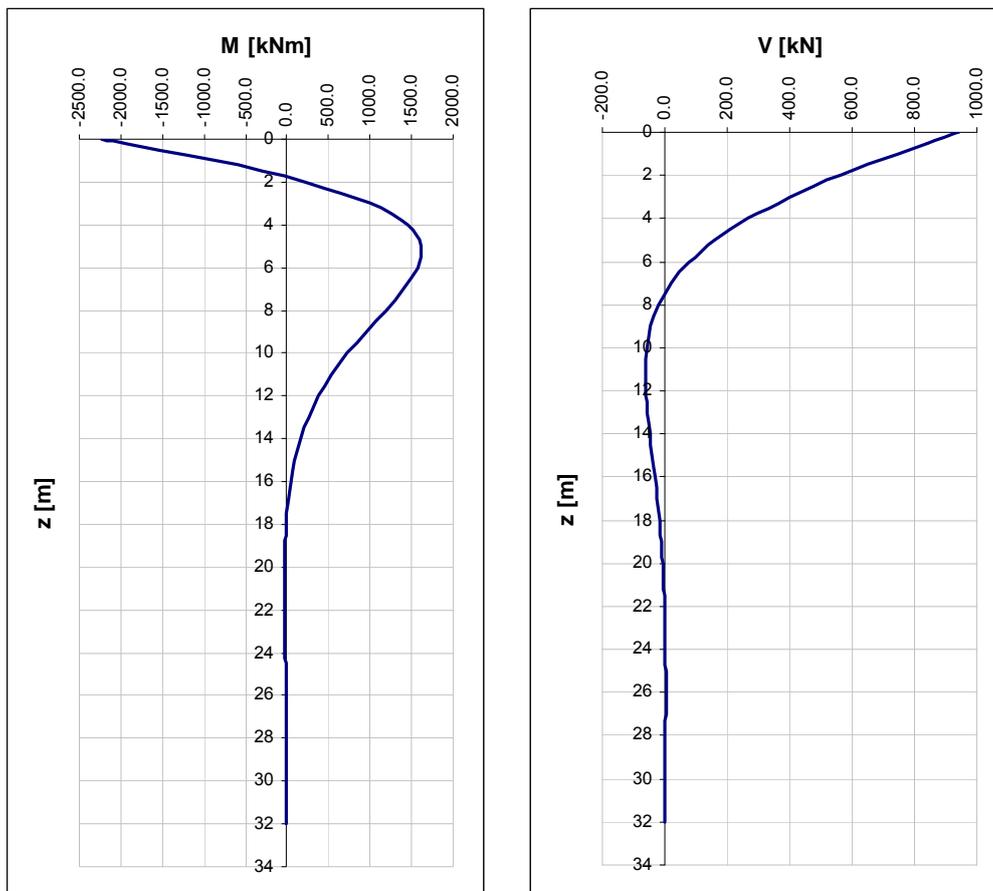


Figura 4.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 30 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

#### 4.6.1 Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)

Noti le sollecitazioni agenti sul palo più sollecitato della spalla, con l'ausilio del programma di calcolo VCASLU, si conduce le verifiche di resistenza per tensioni normali. Nel seguito riportiamo una tabella riepilogativa dei calcoli effettuati:

	$Z_{in}$	$Z_{fin}$	$L_{gabbia}$	$c'$	$\emptyset$	$n$	$s$	$M_{Ed}$	$N_{Ed}$	$M_{res}$	<b>FS</b>
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
<b>gabbia n.1</b>	-1.3	10.7	12	5	26	28	12.3	2225	1213	3128	1.41
<b>gabbia n.2</b>	9.7	21.7	12	5	18	18	19.2	950	1213	1451	1.53
<b>gabbia n.3</b>	20.7	23.7	12.5	5	18	15	23.0	30	1213	1320	44.00

Tabella 7: Verifiche condotte e armature adottate per i pali della SpA DX

#### 4.6.2 Verifica a taglio

Nel seguito si riportano i calcoli effettuati per la verifica a taglio del palo più sollecitato:

##### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2008)

SPA  
testa palo

##### Sollecitazioni

$V$  = **940** KN taglio  
 $N$  = **1213** KN sforzo normale (>0 compressione)

##### Geometria

$D$  = **1200** mm diametro sezione  
 $c$  = **50** mm copriferro  
 $d$  = 1150 mm altezza utile  
 $b_{we}$  = 1080 mm larghezza  
 $d_e$  = 892 mm altezza utile equivalente

##### Materiali

$R_{ck}$  = **40** MPa resistenza caratteristica cubica  
 $f_{ck}$  = **32** MPa resistenza caratteristica cilindrica  
 $\gamma_c$  = **1.50** coefficiente parziale di sicurezza  
 $\alpha_{cc}$  = **0.85** coefficiente riduttivo  
 $f_{cd}$  = 18.13 MPa resistenza di calcolo a compressione  
 $\gamma_s$  = **1.15** coefficiente di sicurezza acciaio  
 $f_{yk}$  = **450** MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio  
 $f_{yd}$  = 391.30 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

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

$n$  = **28** numero ferri longitudinali  
 $\emptyset$  = **26** mm diametro ferri longitudinali  
 $A_{sl}$  = 14866.0 mm<sup>2</sup> armatura longitudinale  
 $\rho_l$  = 0.015 rapporto geometrico di armatura longitudinale  
 $k$  = 1.474  
 $V_{min}$  = 0.354  
 $\sigma_{cp}$  = 1.072 MPa tensione media calcestruzzo (>0 compressione)

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 31 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2008)

SPA  
testa palo

$\sigma_{cp,ad}$	=	1.072	MPa	tensione media di compressione adottata ( $\leq 0.2f_{cd}$ )
$V_{Rd}$	=	779.90	kN	taglio resistente
		non		verificato

### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\varnothing_w$	=	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	=	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	200.0	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	307.88	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\vartheta (V)$	=	8.7		
$ctg\vartheta$	=	2.5		verifica $1 < ctg\vartheta < 2.5$
$\vartheta$	=	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	=	1208.95	kN	taglio resistente armatura
$\alpha_c$	=	1.06		coefficiente maggiorativo
$f_{cd}$	=	9.07	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	2871.0	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	1208.9	kN	taglio resistente sezione
				verificato

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale  $\varnothing 14/20$  cm.

Per le successive gabbie si prevede armatura trasversale costituita da una spirale  $\varnothing 10/30$ cm

## 4.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)

Si procede alla verifica degli stati limite di esercizio del palo più sollecitato per la spalla in esame. Le verifiche condotte sono quelle dello stato limite di fessurazione e la verifica delle tensioni di esercizio.

### 4.7.1 Stato limite di 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 nella combinazione più gravosa.

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 32 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

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

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

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

#### Sollecitazioni agenti

	Comb. Frequente		Comb. Q. Perm.			
	$N_{min}$	$M_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$		
L0	= 4.74	4.74	4.74	4.74	m	lunghezza elastica del palo
N	= 1611	1639	1638	1638	kN	sforzo assiale
V	= 524	527	456	456	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	= 1242	1249	1081	1081	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	= 160	160	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 150	149	116	116	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	OK		

#### 4.7.2 Verifiche delle tensioni di esercizio

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

#### Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{yk}$	=	450	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 33 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Comb. Rara		Comb. Q. Perm.	
$N_{min}$	$M_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$

**Sollecitazioni agenti**

$L_0$	=	<b>4.74</b>	4.74	4.74	4.74	m	lunghezza elastica del palo
$N$	=	<b>1592</b>	<b>1846</b>	<b>1638</b>	<b>1638</b>	kN	sforzo assiale
$V$	=	<b>524</b>	<b>527</b>	<b>456</b>	<b>456</b>	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	=	1242	1249	1081	1081	kN*m	massimo momento flettente

**Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio**

$\sigma_{c,max}$	=	19.20	19.20	14.40	14.40	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>8.84</b>	<b>8.89</b>	<b>7.70</b>	<b>7.70</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>		

**Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio**

$\sigma_{s,max}$	=	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	<b>151</b>	<b>137</b>			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<b>OK</b>	<b>OK</b>				

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 34 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 5 ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA DX (SPB\_DX)

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle 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 posto lungo la 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.

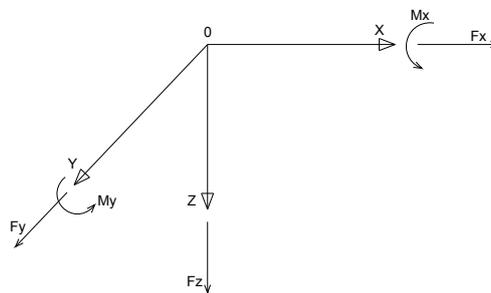


Figura 5.1: Sistema di riferimento

In particolare in questa sezione vengono riportate le azione sulla spalla B della carreggiata destra (SpB\_DX) necessarie alle verifiche strutturali della stessa.

### 5.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Le azioni trasmesse dall'impalcato alle spalle sono state determinate attraverso la risoluzione del modello di calcolo agli elementi finiti del viadotto descritto nella relazione di calcolo delle pile. Tali azioni sono riepilogate nel seguente prospetto. Le azioni riportate sono riferite al baricentro appoggi.

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)						
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2909	130	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	377	20	0	permanenti portati
e2	11	0	166	0	11	ritiro
e3.1	40	0	235	0	40	carico termico - massima azione verticale
e3.2	114	0	176	0	114	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	0	2	1541	2130	0	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	0	5	1189	3790	0	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	156	0	0	0	156	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	122	0	297	0	azione del vento trasversale
q6.1x	252	72	-22	105	252	sisma longitudinale
q6.1y	76	240	-22	351	76	sisma trasversale
q6.1z	76	72	-72	105	76	sisma verticale
q7	33	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX <b>Pagina 35 di 90</b> Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	---

## 5.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

### Peso proprio spalla (g1)

$\gamma_{cls}$	=	25	kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5068.8	kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2808.0	kN	muro frontale
g1.3	=	748.8	kN	muro paraghiaia
g1.4	=	639.5	kN	muro laterale sx
g1.5	=	639.5	kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0	kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0	kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1	kN	baggioli
g1.9	=	14.2	kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0	kN	elemento 1
g1.11	=	0.0	kN	elemento 2
Fz	=	9927.8	kN	azione verticale
x	=	4.40	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.98	m	coordinata z punto di applicazione

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	431.2	m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	7761.1	kN	peso del terreno
x	=	2.03	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.10	m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

$\gamma$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	9.60	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	4414.1	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.20	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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 36 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

Incremento di spinta

q	=	<b>20.00</b>	kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426		coefficiente di spinta
H	=	9.60	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
F <sub>x</sub>	=	<b>1021.8</b>	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.80	m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

B <sub>x</sub>	=	4.06	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
F <sub>z</sub>	=	<b>1013.4</b>	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	2.03	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 <sub>g</sub>	=	<b>0.088</b>	g	accelerazione di picco
S <sub>S</sub>	=	<b>1.50</b>		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S <sub>T</sub>	=	<b>1.00</b>		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50		
$\beta_m$	=	<b>1.00</b>		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a <sub>max</sub>	=	0.132	g	accelerazione massima
K <sub>h</sub>	=	0.132		coefficiente sismico orizzontale
K <sub>v</sub>	=	0.066		coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

$\gamma$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	9.60	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$	=	<b>2732.8</b>		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

$\phi$	=	35	°	angolo di attrito
$\psi$	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
$\delta$	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	7.06	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
K1	=	0.615		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
K2	=	0.792		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 37 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

K = 0.615                   coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo  
Ed = 6789 kN               spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)  
ΔS = 2375.1 kN            incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

**Valore adottato**

ΔP = 2375.1 kN            incremento di spinta terreno in fase sismica  
x = 0.00 m                coordinata x punto di applicazione  
y = 0.00 m                coordinata y punto di applicazione  
z = -4.80 m                coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	<b>Fi</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
plinto	669	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	371	4.96	0.00	-4.10
paraghiaia	99	3.66	0.00	-8.10
muro laterale sx	84	2.03	5.89	-6.10
muro laterale dx	84	2.03	-5.89	-6.10
bandiera sx	0	-1.40	5.49	-9.33
bandiera dx	0	-0.50	-5.74	-10.10
baggioli	1	5.20	0.00	-6.68
apparecchi di appoggio	2	5.20	0.00	-6.93
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1024	2.03	0.00	-6.10
risultante intradosso plinto	2335	3.36	0.00	-4.35
risultante base muro frontale	640	3.99	0.00	-5.25

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 38 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### 5.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

Conoscendo le sollecitazioni in prossimità della sezione di base del muro frontale si possono facilmente ricavare le sollecitazioni agenti sulla palificata.

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

#### Coordinate baricentro pali

x = 4.80 m coordinata x

y = 0.00 m coordinata y

z = 0.00 m coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2911	140	-1164	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	10759	0	4596	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	377	22	-151	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	9400	0	26037	terreno su plinto spalla
g3-sp	5382	0	0	0	-19015	spinta del terreno su spalla
e2-imp	11	0	166	0	-146	ritiro
e3.1-imp	40	0	235	0	-372	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	115	0	176	0	-864	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	0	2	1541	2188	-617	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	7	1190	3952	-476	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1128	0	1013	0	-3172	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	156	0	0	0	-1082	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0	172	0	1778	0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	252	72	-21	706	-1736	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	76	242	-21	2357	-514	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	76	72	-71	706	-494	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2896	0	0	0	-15347	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	2661	0	0	0	-13693	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2661	0	13693	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1330	0	2022	forze d'inerzia verticali
q7-imp	33	0	0	0	-261	azione parassita dei vincoli

## 5.4 CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU

Geometria della palificata						
PALO	X	Y	Xp	Yp	trasv	long
1	1.20	5.40	-3.60	5.40	29.16	12.96
2	1.20	1.80	-3.60	1.80	3.24	12.96
3	1.20	-1.80	-3.60	-1.80	3.24	12.96
4	1.20	-5.40	-3.60	-5.40	29.16	12.96
5	4.80	5.40	0.00	5.40	29.16	0.00
6	4.80	1.80	0.00	1.80	3.24	0.00
7	4.80	-1.80	0.00	-1.80	3.24	0.00
8	4.80	-5.40	0.00	-5.40	29.16	0.00
9	8.40	5.40	3.60	5.40	29.16	12.96
10	8.40	1.80	3.60	1.80	3.24	12.96
11	8.40	-1.80	3.60	-1.80	3.24	12.96
12	8.40	-5.40	3.60	-5.40	29.16	12.96

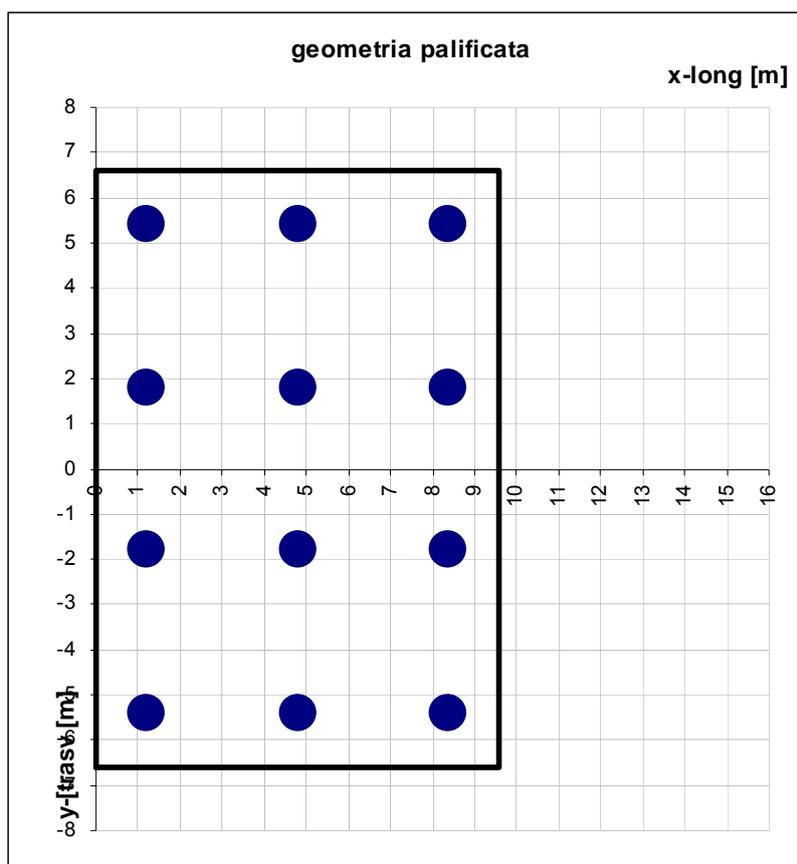


Figura 5.2: Geometria palificata spalla B carr. DX

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 40 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla B della carreggiata destra sono riportate nelle tabelle seguenti:

<b>SFORZO NORMALE N (kN)</b>												
<b>PALO</b>	<b>SLU1</b>	<b>SLU2</b>	<b>SLU3</b>	<b>SLU4</b>	<b>SLU5</b>	<b>SLU6</b>	<b>SLU7</b>	<b>SLU8</b>	<b>SLU9</b>	<b>SLU10</b>	<b>SLU11</b>	<b>SLU12</b>
1	3113	3099	3056	3042	3143	3129	3086	3072	3004	2990	2947	2933
2	3036	3022	3017	3003	3024	3010	3005	2991	2941	2927	2922	2908
3	2960	2946	2979	2965	2906	2892	2925	2911	2878	2864	2897	2883
4	2884	2870	2941	2927	2788	2774	2845	2831	2815	2801	2872	2859
5	2792	2789	2735	2732	2816	2812	2759	2755	2700	2697	2643	2640
6	2716	2712	2697	2693	2697	2694	2678	2675	2637	2634	2618	2615
7	2640	2636	2659	2655	2579	2575	2598	2594	2574	2571	2593	2590
8	2563	2560	2620	2617	2461	2457	2518	2514	2511	2508	2568	2565
9	2472	2479	2415	2422	2489	2496	2432	2438	2396	2403	2339	2346
10	2395	2402	2376	2383	2370	2377	2351	2358	2333	2340	2314	2321
11	2319	2326	2338	2345	2252	2259	2271	2278	2270	2277	2289	2296
12	2243	2250	2300	2307	2133	2140	2191	2197	2207	2214	2264	2271
<b>Nmax</b>	<b>3113</b>	<b>3099</b>	<b>3056</b>	<b>3042</b>	<b>3143</b>	<b>3129</b>	<b>3086</b>	<b>3072</b>	<b>3004</b>	<b>2990</b>	<b>2947</b>	<b>2933</b>
<b>TAGLI (kN)</b>												
taglio Vx	618	622	618	622	618	622	618	622	608	613	608	613
taglio Vy	9	9	-9	-9	10	10	-9	-9	9	9	-9	-9
V	618	622	618	622	618	622	618	622	608	613	608	613

<b>SFORZO NORMALE N (kN)</b>												
<b>PALO</b>	<b>SLU13</b>	<b>SLU14</b>	<b>SLU15</b>	<b>SLU16</b>	<b>SLU17</b>	<b>SLU18</b>	<b>SLU19</b>	<b>SLU20</b>	<b>SLU21</b>	<b>SLU22</b>	<b>SLU23</b>	<b>SLU24</b>
1	3027	3013	2970	2956	3053	3039	2995	2982	3075	3061	3018	3004
2	2932	2918	2913	2899	2990	2976	2971	2957	2981	2967	2962	2948
3	2838	2824	2857	2843	2927	2913	2946	2932	2886	2872	2905	2891
4	2743	2729	2800	2787	2864	2850	2921	2907	2792	2778	2849	2835
5	2718	2714	2661	2657	2700	2697	2643	2640	2718	2714	2661	2657
6	2623	2620	2604	2601	2637	2634	2618	2615	2623	2620	2604	2601
7	2529	2525	2548	2544	2574	2571	2593	2590	2529	2525	2548	2544
8	2434	2431	2491	2488	2511	2508	2568	2565	2434	2431	2491	2488
9	2409	2416	2352	2359	2348	2355	2291	2298	2361	2368	2304	2311
10	2314	2321	2295	2302	2285	2292	2266	2273	2266	2273	2247	2254
11	2220	2227	2239	2246	2222	2229	2241	2248	2172	2179	2191	2198
12	2125	2132	2183	2189	2159	2166	2216	2223	2077	2084	2134	2141
<b>Nmax</b>	<b>3027</b>	<b>3013</b>	<b>2970</b>	<b>2956</b>	<b>3053</b>	<b>3039</b>	<b>2995</b>	<b>2982</b>	<b>3075</b>	<b>3061</b>	<b>3018</b>	<b>3004</b>
<b>TAGLI(kN)</b>												
taglio Vx	608	613	608	613	589	593	589	593	589	593	589	593
taglio Vy	10	10	-9	-9	9	9	-9	-9	10	10	-9	-9
V	608	613	608	613	589	593	589	593	589	593	589	593

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 41 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1	3072	3058	2976	2962	3094	3080	2999	2985	3056	3033	2999	2976
2	2996	2982	2964	2950	2987	2973	2955	2941	2993	2970	2974	2951
3	2920	2906	2952	2938	2880	2866	2911	2898	2930	2907	2949	2926
4	2845	2831	2940	2926	2773	2759	2868	2854	2867	2844	2925	2901
5	2719	2716	2624	2621	2737	2733	2642	2638	2710	2704	2653	2647
6	2644	2640	2612	2608	2630	2626	2598	2594	2647	2641	2628	2622
7	2568	2564	2600	2596	2523	2519	2554	2551	2584	2578	2603	2597
8	2492	2489	2588	2584	2415	2412	2511	2507	2521	2515	2578	2572
9	2367	2374	2272	2279	2380	2387	2285	2291	2363	2374	2306	2317
10	2291	2298	2260	2267	2273	2279	2241	2248	2300	2312	2281	2292
11	2216	2223	2248	2254	2165	2172	2197	2204	2237	2249	2256	2268
12	2140	2147	2235	2242	2058	2065	2153	2160	2174	2186	2231	2243
<b>Nmax</b>	<b>3072</b>	<b>3058</b>	<b>2976</b>	<b>2962</b>	<b>3094</b>	<b>3080</b>	<b>2999</b>	<b>2985</b>	<b>3056</b>	<b>3033</b>	<b>2999</b>	<b>2976</b>
<b>TAGLI(kN)</b>												
taglio Vx	589	593	589	593	589	593	589	593	590	598	590	598
taglio Vy	15	15	-15	-15	16	16	-15	-15	9	9	-9	-9
V	589	593	589	593	589	593	589	593	590	598	590	598

SFORZO NORMALE N (kN)										
PALO	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
1	3079	3056	3022	2999	1323	1313	2429	2419	2260	2250
2	2984	2961	2965	2942	1309	1299	2201	2191	2246	2236
3	2890	2867	2909	2886	1295	1285	1972	1963	2232	2222
4	2795	2772	2853	2829	1281	1271	1744	1734	2218	2208
5	2727	2721	2670	2664	1791	1788	2112	2110	1884	1881
6	2633	2627	2614	2608	1777	1774	1884	1881	1870	1867
7	2538	2532	2557	2551	1763	1760	1656	1653	1856	1853
8	2444	2438	2501	2495	1749	1746	1427	1425	1842	1839
9	2376	2387	2319	2330	2259	2264	1795	1800	1508	1513
10	2281	2293	2262	2274	2245	2250	1567	1572	1494	1499
11	2187	2198	2206	2217	2231	2236	1339	1344	1480	1485
12	2092	2104	2149	2161	2217	2222	1111	1115	1466	1471
<b>Nmax</b>	<b>3079</b>	<b>3056</b>	<b>3022</b>	<b>2999</b>	<b>2259</b>	<b>2264</b>	<b>2429</b>	<b>2419</b>	<b>2260</b>	<b>2250</b>
<b>TAGLI(kN)</b>										
taglio Vx	590	598	590	598	786	789	378	381	378	381
taglio Vy	10	10	-9	-9	6	6	215	215	6	6
V	590	598	590	598	786	789	435	438	378	382

RIEPILOGO (kN)			
<b>Statica</b>	Nmax	Nmin	Vmax
SpB_DX	3143	2058	622
<b>Sismica</b>	Nmax	Nmin	Vmax
SpB_DX	2429	1111	789



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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 43 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

SFORZO NORMALE N (kN)								
PALO	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
taglio Vx	436	440	436	440	436	440	436	436
taglio Vy	2	2	-2	-2	2	2	-2	2
V	436	440	436	440	436	440	436	436

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2248	1392	440

### 5.5.3 Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N (kN)		
PALO	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
1	2108	2098
2	2105	2095
3	2102	2092
4	2099	2090
5	1776	1773
6	1773	1770
7	1770	1768
8	1767	1765
9	1444	1449
10	1441	1446
11	1438	1443
12	1435	1440
Nmax	<b>2108</b>	<b>2098</b>
TAGLI (kN)		
taglio Vx	372	375
taglio Vy	0	0
V	372	375

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2108	1440	375

## 5.6 VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU)

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, si adotta l'espressione di Zimmerman. Dei 12 pali che compongono la palificata della spalla A viene analizzato il palo più sollecitato.

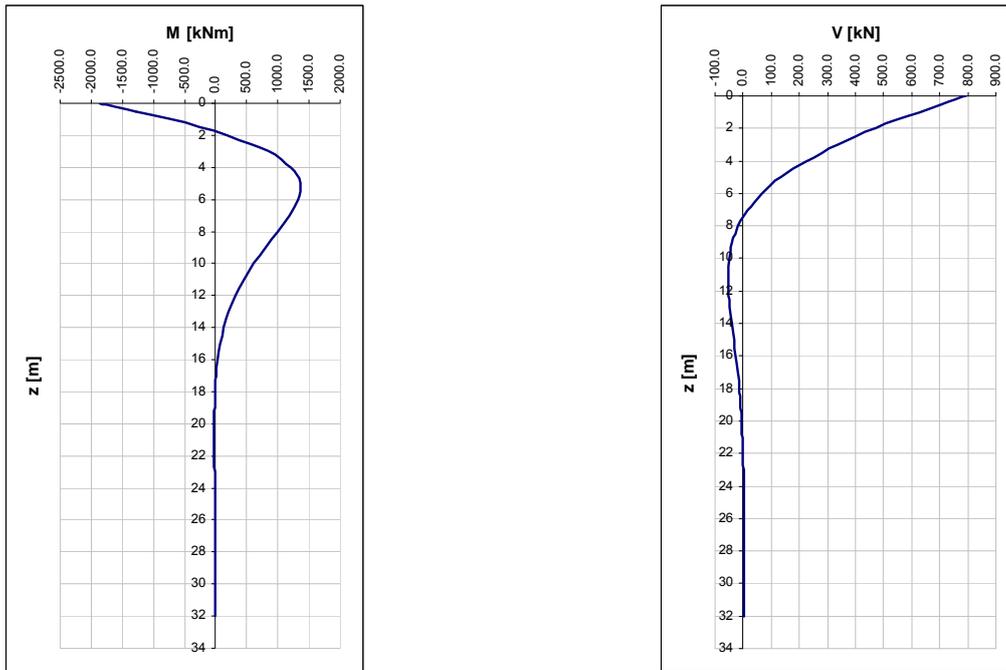


Figura 5.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

### 5.6.1 Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)

Noti le sollecitazioni agenti sul palo più sollecitato della spalla, con l'ausilio del programma di calcolo VCA SLU, si conduce le verifiche di resistenza per tensioni normali. Nel seguito riportiamo una tabella riepilogativa dei calcoli effettuati:

	$Z_{in}$	$Z_{fin}$	$L_{gabbia}$	$c'$	$\varnothing$	$n$	$s$	$M_{Ed}$	$N_{Ed}$	$M_{res}$	FS
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
<b>gabbia n.1</b>	-1.3	10.7	12	5	26	28	12.3	1867	1271	3145	1.68
<b>gabbia n.2</b>	9.7	21.7	12	5	18	18	19.2	800	1271	1473	1.84
<b>gabbia n.3</b>	20.7	23.7	12.5	5	18	15	23.0	30	1271	1343	44.77

Tabella 8: Verifiche condotte e armature adottate per i pali della SpA\_DX

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 45 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### 5.6.2 Verifica a taglio

Nel seguito si riportano i calcoli effettuati per la verifica a taglio del palo più sollecitato:

#### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE CIRCOLARE (NTC 2008)

SPB  
testa palo

##### Sollecitazioni

V	=	<b>789</b>	KN	taglio
N	=	<b>1271</b>	KN	sforzo normale (>0 compressione)

##### Geometria

D	=	<b>1200</b>	mm	diametro sezione
c	=	<b>50</b>	mm	copriferro
d	=	<b>1150</b>	mm	altezza utile
b <sub>we</sub>	=	<b>1080</b>	mm	larghezza
d <sub>e</sub>	=	<b>892</b>	mm	altezza utile equivalente

##### Materiali

R <sub>ck</sub>	=	<b>40</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	<b>32</b>	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	<b>1.50</b>		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	<b>0.85</b>		coefficiente riduttivo
f <sub>cd</sub>	=	<b>18.13</b>	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	=	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	<b>450</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	<b>391.30</b>	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

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

n	=	<b>28</b>		numero ferri longitudinali
∅	=	<b>26</b>	mm	diametro ferri longitudinali
A <sub>sl</sub>	=	<b>14866.0</b>	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	<b>0.015</b>		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	<b>1.474</b>		
v <sub>min</sub>	=	<b>0.354</b>		
σ <sub>cp</sub>	=	<b>1.124</b>	MPa	tensione media calcestruzzo (>0 compressione) tensione media di compressione adottata
σ <sub>cp,ad</sub>	=	<b>1.124</b>	MPa	(<=0.2f <sub>cd</sub> )
V <sub>Rd</sub>	=	<b>787.34</b>	kN	taglio resistente non verificato

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

∅ <sub>w</sub>	=	<b>14</b>	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	<b>90.0</b>	°	inclinazione armatura
s	=	<b>200.0</b>	mm	interasse armature a taglio
n <sub>br</sub>	=	<b>2.0</b>		numero bracci armatura trasversale
A <sub>sw</sub>	=	<b>307.88</b>	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctg∅ (V)	=	<b>10.5</b>		
ctg∅	=	<b>2.5</b>		verifica 1 < ctg∅ < 2.5
∅	=	<b>22</b>	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V <sub>Rsd</sub>	=	<b>1208.95</b>	kN	taglio resistente armatura
α <sub>c</sub>	=	<b>1.06</b>		coefficiente maggiorativo

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 46 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

$f_{cd}$	=	9.07	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	2878.7	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	1208.9	kN	taglio resistente sezione verificato

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale  $\varnothing 14/20$  cm.

Per le successive gabbie si prevede armatura trasversale costituita da una spirale  $\varnothing 10/30$ cm

## 5.7 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)

Si procede alla verifica degli stati limite di esercizio del palo più sollecitato per la spalla in esame. Le verifiche condotte sono quelle dello stato limite di fessurazione e la verifica delle tensioni di esercizio.

### 5.7.1 Stato limite di 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 nella combinazione più gravosa.

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

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

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

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

#### Sollecitazioni agenti

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 Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 47 di 90 Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	--

	Comb. Frequente		Comb. Q. Perm.			
	$N_{min}$	$M_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$		
L0	= 4.74	4.74	4.74	4.74	m	lunghezza elastica del palo
N	= 1392	1636	1440	1440	kN	sforzo assiale
V	= 436	440	375	375	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	= 1033	1043	889	889	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	= 160	160	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 122	109	91	91	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>		

### 5.7.2 Verifiche delle tensioni di esercizio

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

#### Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{yk}$	=	450	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	Comb. Rara		Comb. Q. Perm.			
	$N_{min}$	$M_{max}$	$N_{min}$	$M_{max}$		
<b>Sollecitazioni agenti</b>						
L0	= 4.74	4.74	4.74	4.74	m	lunghezza elastica del palo
N	= 1380	1624	1440	1440	kN	sforzo assiale
V	= 436	440	375	375	kN	taglio alla testa del palo
$M_{max}$	= 1033	1043	889	889	kN*m	massimo momento flettente

#### Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_{c,max}$	=	19.20	19.20	14.40	14.40	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	7.35	7.42	6.32	6.32	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>	<b>OK</b>		

#### Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

$\sigma_{s,max}$	=	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	122	110			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		<b>OK</b>	<b>OK</b>				

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 48 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 6 VERIFICA GEOTECNICA 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.

	profondità da p.c.		potenza	peso unità di volume	angolo di attrito	coesione drenata	coesione non drenata
	da	a	h	$\gamma$	$\phi'$	c'	$c_u$
	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]
unità 1	0.0	2.0	2	18	16.0	0	75
unità 2	2.0	7.0	5	18.6	13.4	0	84
unità 3	7.0	50.0	43	19.8	24.0	0	200

### 6.1 S.L.U. – VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE

Il carico limite verticale  $Q_{lim}$  dei singoli pali (trivellati) è stato calcolato sia in condizioni drenate, sia in condizioni non drenate. La formula utilizzata è:

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

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

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

Il coefficiente di tensione orizzontale  $k$  è stato determinato con la formula di Jacky:

$$k = 1 - \sin \phi'$$

mentre il coefficiente di attrito vale:

$$\mu = \tan \phi'$$

In condizioni drenate il fattore di capacità portante  $N_q$  è stato determinato attraverso la seguente formula:

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 49 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

$$N_q = 10^{(0.075 \varphi' - 0.95)}$$

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

R<sub>d</sub> 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<sub>d</sub> 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).

**Tabella 6.1 - Coefficienti parziali azioni.**

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	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	$\gamma_{Qii}$	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	

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

**Tabella 6.2 - Coefficienti parziali parametri del terreno.**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$tg \varphi_k$	1.0	1.25
Coesione efficace	$C'_k$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$C_{uk}$	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	1.0	1.0

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 50 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

**Tabella 6.3 - Coefficienti parziali da applicare alle resistenze.**

RESISTENZA	SIMBOLO	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_R$	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 (*)	$\gamma_t$	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	1.60	1.25	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25

(\*) 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 espressi in forma simbolica da:

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  $\xi$  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  $\xi_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è pari a 1.

**Tabella 6.4 - Fattori di correlazione.**

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	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  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

Spalla A - PALO Ø1200 – L=24.0 m				
	condizioni drenate (CD)	condizioni non drenate (UU)		
$R_s$	5444	6100	kN	resistenza laterale
$R_b$	3696	2562	kN	resistenza alla base
R	9140	8662	kN	resistenza palo
$R_{s,k}$	3203	3588	kN	resistenza laterale caratteristica
$R_{b,k}$	2174	1507	kN	resistenza alla base caratteristica
$R_k$	5377	5095	kN	resistenza caratteristica palo
$R_{s,d}$	2785	3120	kN	resistenza laterale di calcolo
$R_{b,d}$	1610	1116	kN	resistenza alla base di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 51 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

R <sub>d</sub>	4395	4237	kN	resistenza di calcolo palo
W	524	524	kN	peso palo compensato
R <sub>d,red</sub>	3871	3712	kN	resistenza di calcolo ridotta del peso del palo

Spalla B - PALO Ø1200 – L=24.0 m				
	condizioni drenate (CD)	condizioni non drenate (UU)		
R <sub>s</sub>	5683	6364	kN	resistenza laterale
R <sub>b</sub>	3757	2566	kN	resistenza alla base
R	9440	8930	kN	resistenza palo
R <sub>s,k</sub>	3343	3743	kN	resistenza laterale caratteristica
R <sub>b,k</sub>	2210	1510	kN	resistenza alla base caratteristica
R <sub>k</sub>	5553	5253	kN	resistenza caratteristica palo
R <sub>s,d</sub>	2907	3255	kN	resistenza laterale di calcolo
R <sub>b,d</sub>	1637	1118	kN	resistenza alla base di calcolo
R <sub>d</sub>	4544	4373	kN	resistenza di calcolo palo
W	510	510	kN	peso palo compensato
R <sub>d,red</sub>	4034	3863	kN	resistenza di calcolo ridotta del peso del palo

**Tabella 6.5: Riepilogo azione normali massime testa pali per ciascuna palificata**

Palificata	Statica N[kN]	Dinamica N[kN]
SpA	3403	2749
SpB	3143	2429

Come si evince dalle tabelle precedenti le verifiche a carico limite verticale dei pali di fondazione risultano soddisfatte.

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 52 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 6.2 S.L.U – VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE

### 6.2.1 Criteri di calcolo del carico limite orizzontale

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms.

In condizioni non drenate, secondo tale metodo, si assume un diagramma semplificato con reazione nulla fino a  $z=1.5d$ , e a partire da tale profondità, la reazione si assume costante con la profondità e pari:

$$p = 9 \cdot c_u \cdot d$$

### 6.2.2 Criteri di verifica

I criteri di verifica sono gli stessi utilizzati per il calcolo del carico limite verticale con i coefficienti  $\gamma_T$  da applicare alle resistenze caratteristiche riportati in tabella:

*Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.*

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

### 6.2.3 Risultati spalla A carreggiata destra (SpA\_DX)

D	=	<b>1.20</b> m	diametro palo
L	=	<b>24</b> m	lunghezza palo
$M_y$	=	<b>2400</b> kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	<b>175</b> kPa	coesione non drenata (scalata per il fattore di correlazione)

#### **palo corto**

$Q_{lim,1}$	=	58968.0 kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	1026043 kNm	momento massimo

#### **palo intermedio**

$Q_{lim,2}$	=	22666.3 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	12.0 m	
$M_{max}$	=	174314.4 kNm	momento massimo

#### **palo lungo**

$Q_{lim,3}$	=	2049.4 kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2049.4 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	<b>1.50</b>	fattore di correlazione

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 Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX <b>Pagina 53 di 90</b> Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	---

$Q_{lim,k}$	=	1366.3 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1051.0 kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	940.0 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.12	

#### 6.2.4 Risultati spalla B carreggiata destra (SpB\_DX)

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	24.00 m	lunghezza palo
$M_y$	=	2400.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo coesione non drenata (scalata per il fattore di correlazione)
$c_u$	=	180.0 kPa	

##### **palo corto**

$Q_{lim,1}$	=	60652.8 kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	1055359 kNm	momento massimo

##### **palo intermedio**

$Q_{lim,2}$	=	23310.9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	12.0 m	
$M_{max}$	=	179322.9 kNm	momento massimo

##### **palo lungo**

$Q_{lim,3}$	=	2060.2 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2060.2 kN	carico limite (valore medio)
$\xi_3$	=	1.50	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1373.5 kN	carico limite (valore caratteristico)
$\gamma_T$	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1056.5 kN	carico limite (valore di progetto)
$F_h$	=	789.0 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.34	

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 54 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SpA\_DX AGLI SLU

Le spalle del viadotto Favarella presentano un geometria pressappoco identica (Tabella 1, Tabella 2). Le differenze geometrica sono riscontrabili prettamente nei confronti dell'altezza del muro frontale e, di conseguenza, sull'altezza dei muri laterali. Essendo gli scarichi dell'impalcato (per simmetria) uguali sulle due spalle è possibile ricondursi allo studio di una sola struttura. Infatti, le sollecitazioni maggiori si hanno sulla spalla con le altezze dei muri più significative. Pertanto, nel seguito si analizza la spalla A della carreggiata destra del viadotto Favarella estendendo poi i risultati ottenuti sulla spalla B. Tale modo di procedere è a favore di sicurezza in quanto le sollecitazioni sulla spalla B saranno sicuramente inferiori rispetto alla spalla A.

Dunque, le verifiche delle armature della spalla A e quindi della spalla B sono riportate nei paragrafi seguenti mentre, per le geometrie i diametri e le quantità adottate si rimanda agli elaborati specifici per le due spalle.

### 7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata sinistra presenta pianta rettangolare di lato 9.60 x 13,20 m ed altezza pari a 1.60 m. Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito schematizzando gli elementi strutturali, plinto di fondazione, muro frontale, muro paraghiaia e muri laterali, come piastre rettangolari, con il plinto vincolato mediante appoggi in corrispondenza dei pali di fondazione.

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidezze della struttura reale. Gli elementi shell impiegati sono di tipo quadrangolare a quattro nodi e tutti includono gli effetti della deformabilità a taglio (formulazione di *Mindlin-Reissner*).

Nelle seguenti figure si illustrano la geometria del modello e la sua schematizzazione numerica.

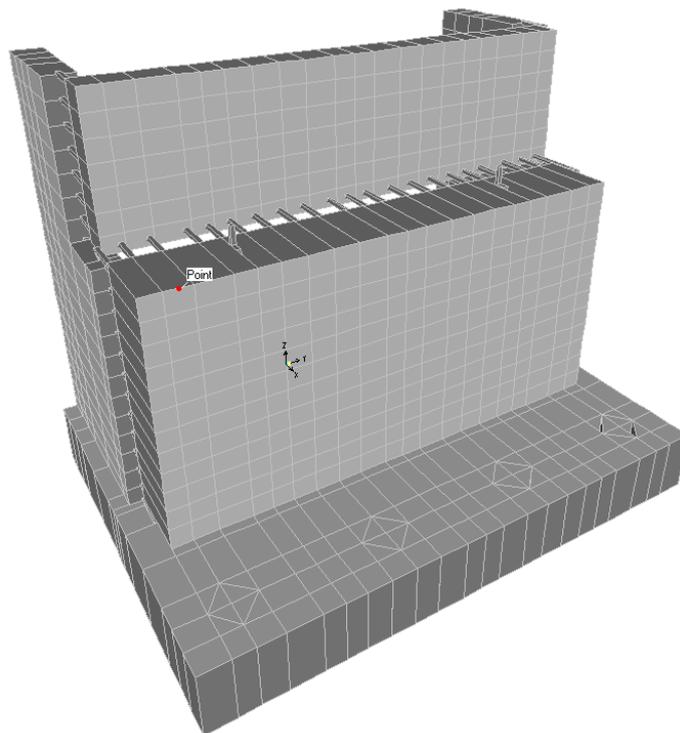
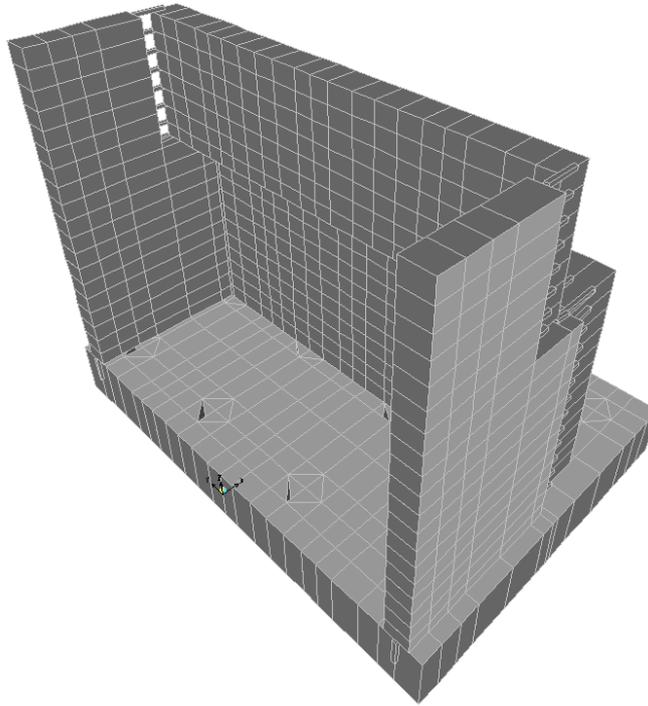


Figura 7.1: Vista frontale Spalla SpA\_DX



**Figura 7.2: Vista laterale Spalla SpA\_DX**

## 7.2 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 delle sollecitazioni trasmesse alla palificata.

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 - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	=	carico mobile - 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

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 56 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

q6.2z-sp = forze d'inerzia verticali  
q7-imp = azione parassita dei vincoli

### 7.3 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

#### 7.3.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

. Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi e minimi del momento flettente orizzontale ( $M_{11}$ ) e verticale ( $M_{22}$ ).

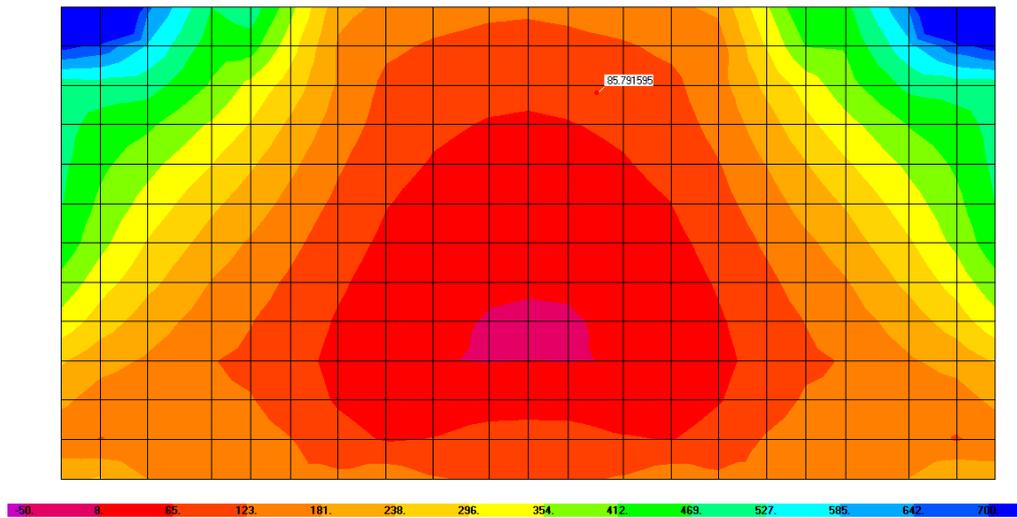


Figura 7.3 – Involuppo Momento  $M_{11,max}$ .

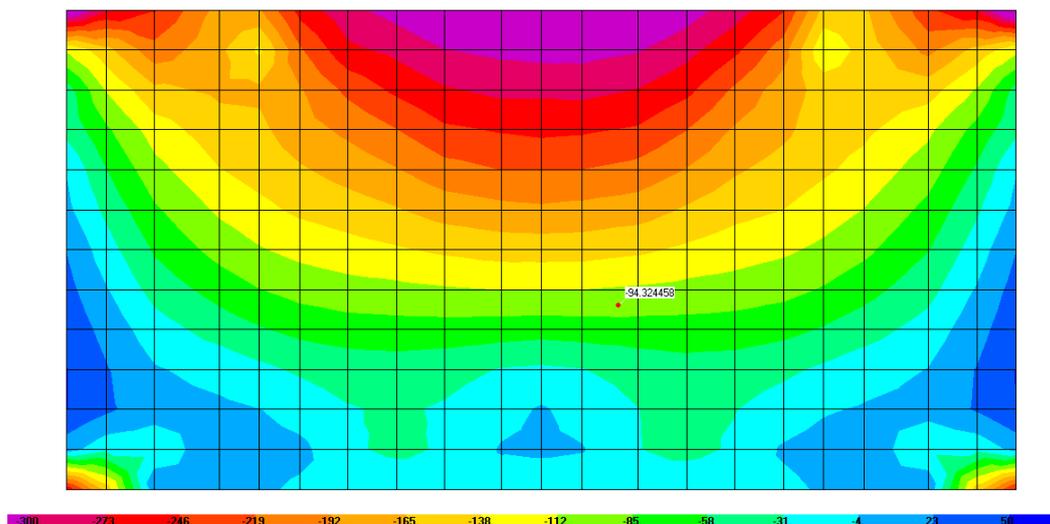


Figura 7.4 – Involuppo Momento  $M_{11,min}$ .

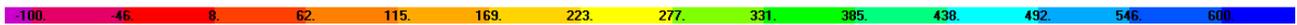
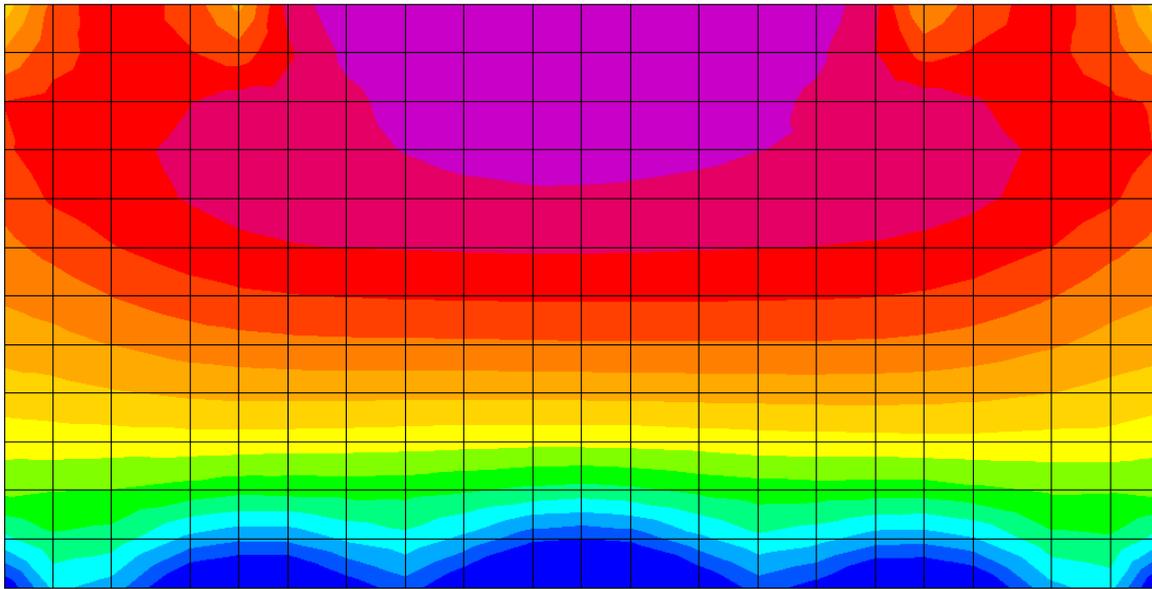


Figura 7.5 – Involuppo Momento M22,max

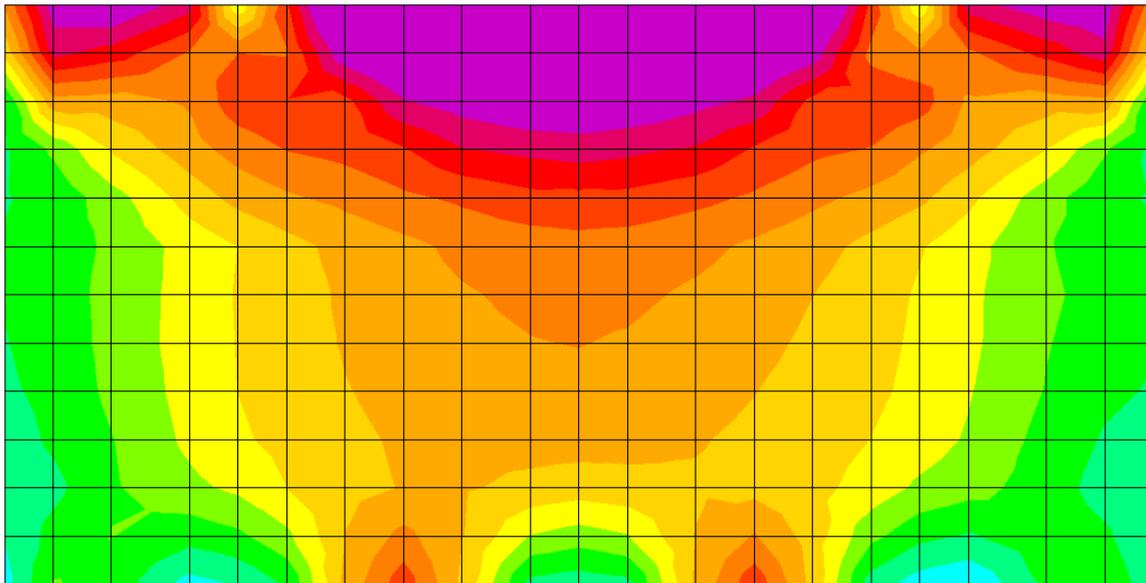


Figura 7.6 – Involuppo Momento M22,min.

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione in direzione trasversale delle sezioni più significative. Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 58 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	H		$A_{res,TOT}$	$N_{Sd}$	$M_{Sd}^{sup}$	$M_{Rd}^{sup}$	FS	
	[m]		[cm <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X-	1.8	5 Φ 18	12.7	351	850	1163	1.37	OK momento verticale $M_z=M_{22+}$
Arm X+	1.8	5 Φ 16	10.1	91	400	761	1.90	OK momento verticale $M_z=M_{22-}$

### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	H		$A_{res,TOT}$	$N_{Sd}$	$M_{Sd}^{inf}$	$M_{Rd}^{inf}$	FS	
	[m]		[cm <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	1.8	5 Φ 18	12.7	0	727	861	1.18	OK momento orizzontale $M_y=M_{11+}$
Arm X-	1.8	5 Φ 16	10.1	0	350	680	1.94	OK momento orizzontale $M_y=M_{11-}$

### 7.3.2 Verifiche a taglio

Il taglio, per le componenti di sforzo V13 e V23, presenta un involucro dei minimi e uno dei massimi. Per compattezza si riporta il diagramma di involucro del massimo taglio V23. Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

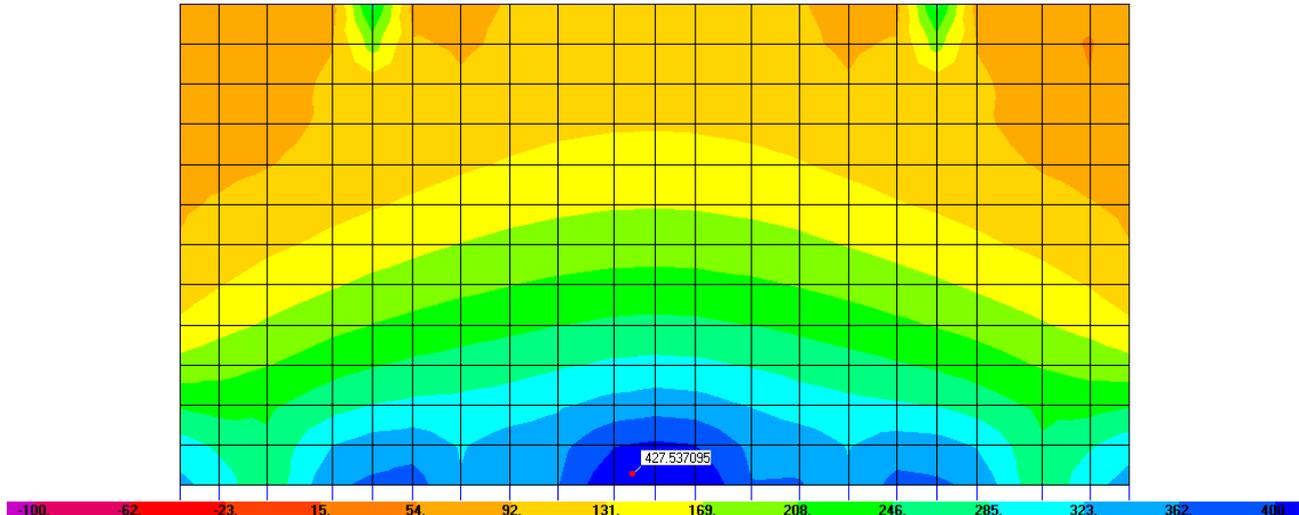


Figura 7.7 – Involucro del taglio agente V23max

		muro frontale	muro frontale		
		V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>					
V	=	350	420	kN	taglio
N	=	0	350	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1800	1800	mm	altezza 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 Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 59 di 90 Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	--

**c** = **50** **50** mm copriferro  
**d** = 1750 1750 mm altezza utile

#### Materiali

**R<sub>ck</sub>** = **35.0** **35.0** MPa resistenza caratteristica cubica  
**f<sub>ck</sub>** = 29.1 29.1 MPa resistenza caratteristica cilindrica  
**γ<sub>c</sub>** = **1.5** **1.5** coefficiente parziale di sicurezza  
 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  
**α<sub>cc</sub>** = **0.9** **0.9**  
**f<sub>cd</sub>** = 16.5 16.5 MPa resistenza di calcolo a compressione  
**γ<sub>s</sub>** = **1.15** **1.15** coefficiente di sicurezza acciaio  
**f<sub>yk</sub>** = **450.0** **450.0** MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio  
**f<sub>yd</sub>** = 391.3 391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

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

**A<sub>sl</sub>** = **2277** **2277** mm<sup>2</sup> armatura longitudinale  
 0.0012 0.0012  
**ρ<sub>l</sub>** = **7** **7** rapporto geometrico di armatura longitudinale  
**k** = 1.3 1.3  
**v<sub>min</sub>** = 0.3 0.3  
**σ<sub>cp</sub>** = 0.0 0.2 MPa tensione media calcestruzzo  
 tensione media di compressione adottata  
**σ<sub>cp,ad</sub>** = 0.0 0.2 MPa (<=0.2f<sub>cd</sub>)  
**V<sub>Rd</sub>** = **511.0** **562.0** kN taglio resistente  
**F<sub>s</sub>** = 1.5 1.3  
 check = OK OK

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

**Ø<sub>w</sub>** = **14** **14** mm diametro armatura resistente a taglio  
**α** = **90.0** **90.0** ° inclinazione armatura  
**s** = **400** **400** mm interasse armature a taglio  
**n<sub>br</sub>** = **2.5** **2.5** numero bracci armatura trasversale  
**A<sub>sw</sub>** = 384.85 384.85 mm<sup>2</sup> area armatura trasversale posta nell'interasse s  
**ctgΘ (V)** = 66.7 56.2  
**ctgΘ** = 2.5 2.5  
**Θ** = 22 22 ° inclinazione bielle di calcestruzzo  
**V<sub>Rsd</sub>** = **1482.3** **1482.3** kN  
 9 9 taglio resistente armatura  
**α<sub>c</sub>** = 1.00 1.01 coefficiente maggiorativo  
**f<sub>cd</sub>** = 8.23 8.23 MPa resistenza ridotta  
**V<sub>Rcd</sub>** = **9259.7** **9369.1** kN taglio resistente calcestruzzo  
**V<sub>Rd</sub>** = **1482.4** **1482.4** kN taglio resistente sezione  
**F<sub>s</sub>** = 4.2 3.5  
 Check = OK OK

## 7.4 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

### 7.4.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione in direzione trasversale e longitudinale delle sezioni più significative. Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica. Nelle figure seguenti si riportano le sollecitazioni agenti sul muro laterale nella condizione di inviluppo.

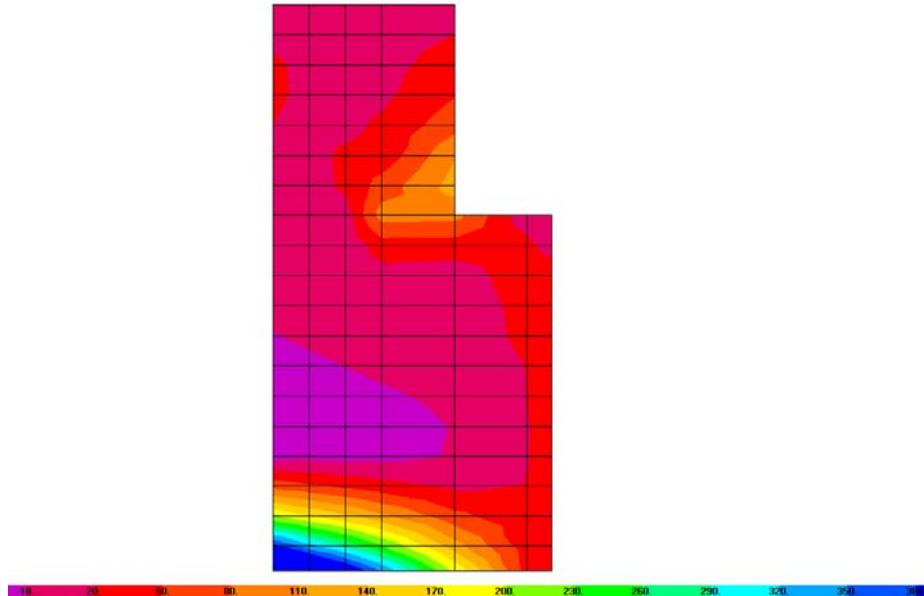


Figura 7.8 – Inviluppo Momento M22,max

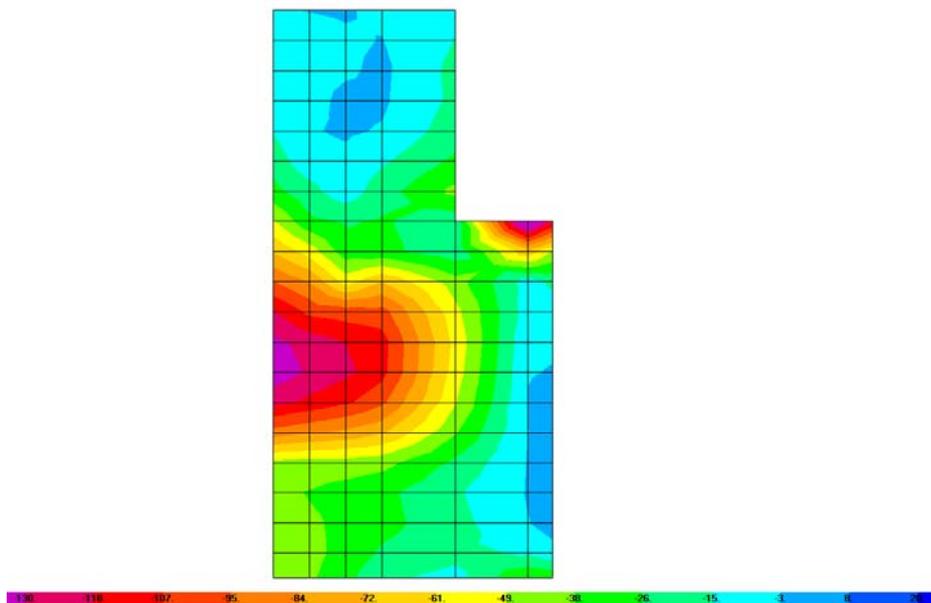


Figura 7.9 – Inviluppo Momento M22,min

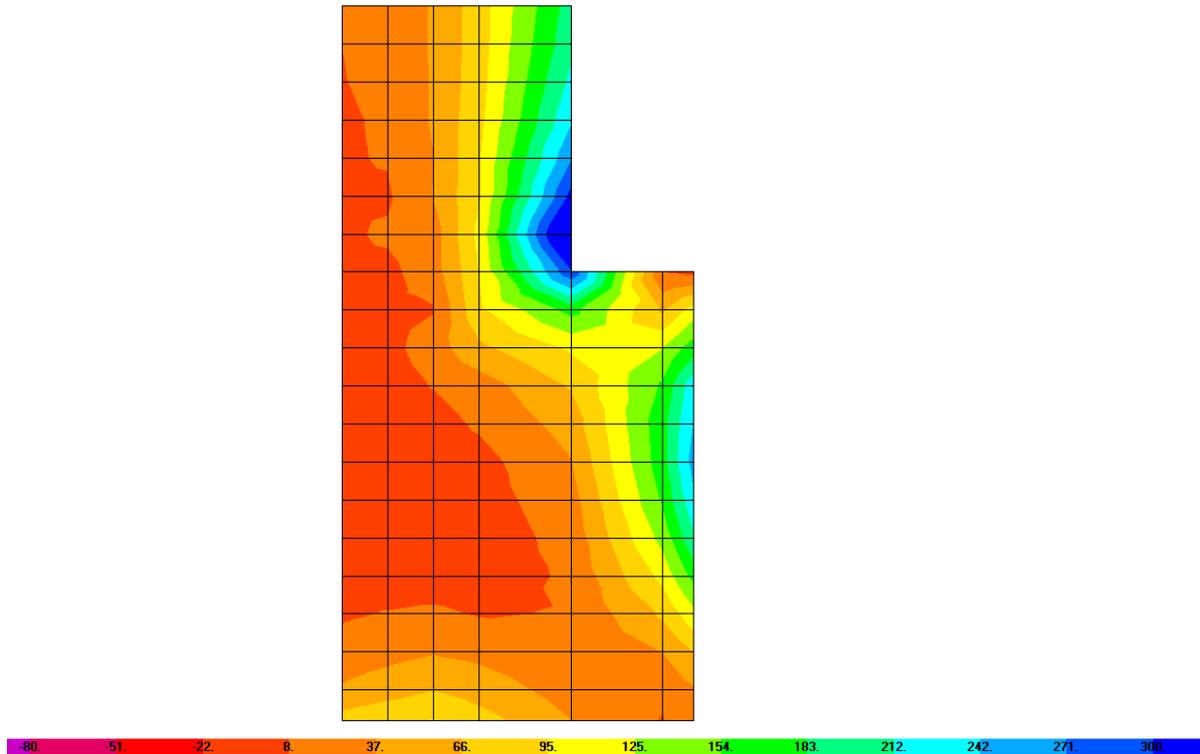


Figura 7.10 – Involuppo Momento  $M_{11,max}$

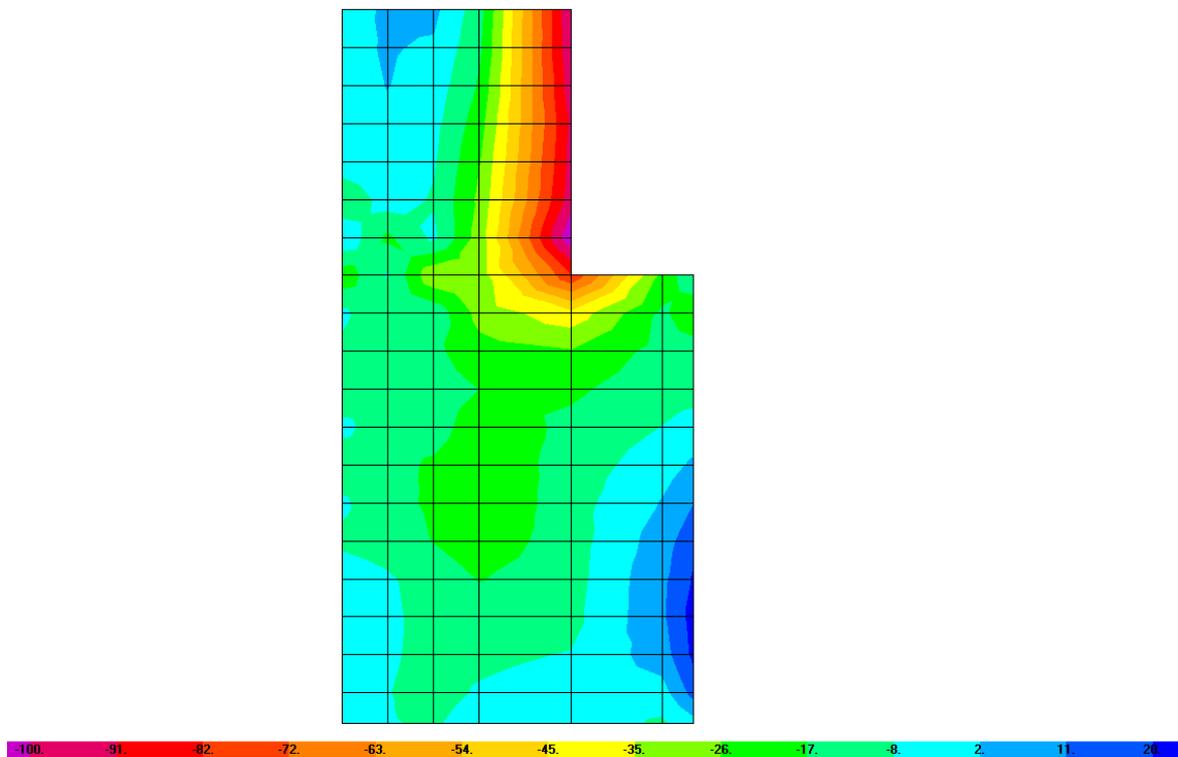


Figura 7.11 – Involuppo Momento  $M_{11,min}$

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 62 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

**VERIFICA A PRESSO FLESSIONE**

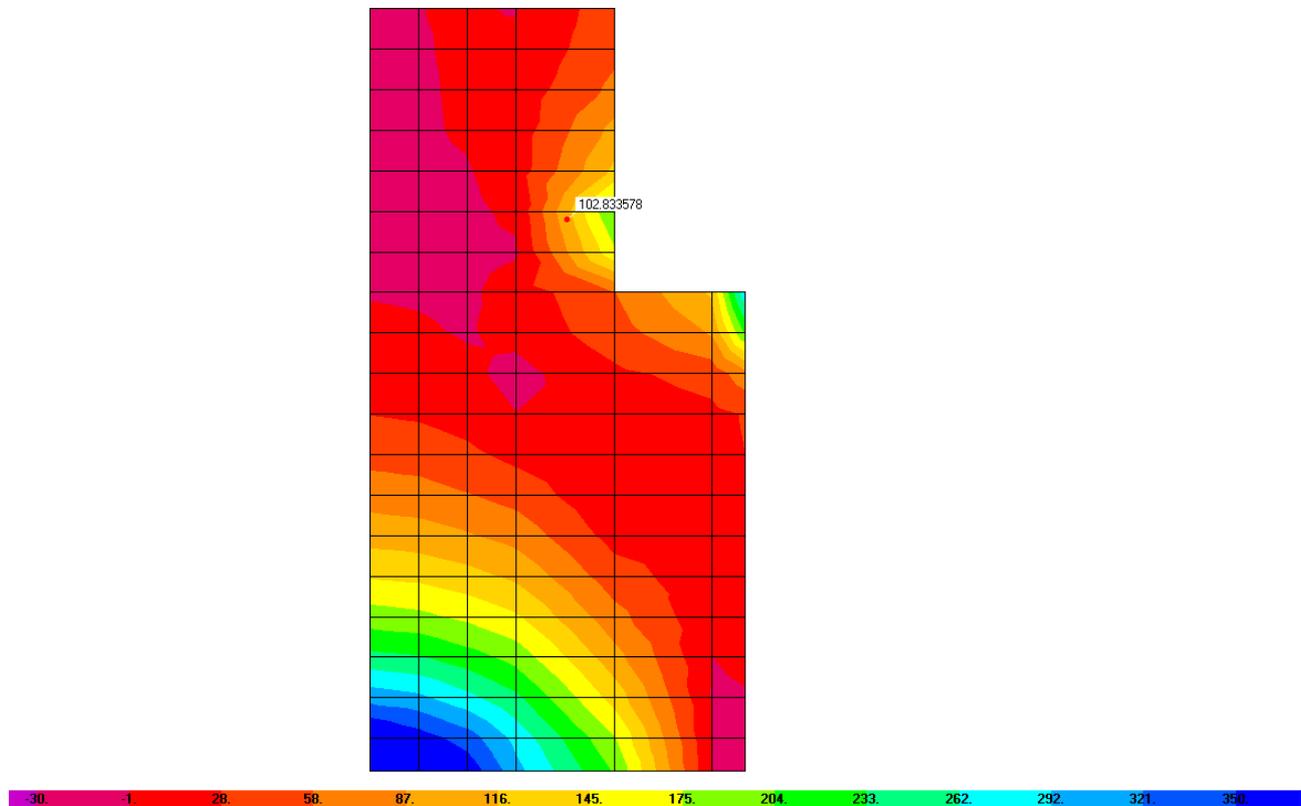
	H [m]	$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}^{sup}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{sup}$ [kNm/m]	FS		
Arm Y+	0.7	5 Φ 22	19.0	195	500	524	1.05 OK	momento verticale $Mz+=M22+$
Arm Y-	0.7	5 Φ 16	10.1	68	140	274	1.96 OK	momento verticale $Mz-=M22-$

**VERIFICA A PRESSO FLESSIONE**

	H [m]	$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}^{inf}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{inf}$ [kNm/m]	FS		
Arm Y+	0.7	5 Φ 22	19.0	0	330	465	1.41 OK	momento orizzontale $Mx+=M11+$
Arm Y-	0.7	5 Φ 16	10.1	0	100	253	2.53 OK	momento orizzontale $Mx-=M11-$

**7.4.2 Verifiche a taglio**

Il taglio, per le componenti di sforzo V13 e V23, presenta un involuppo dei minimi e uno dei massimi. Per compattezza si riporta il diagramma di involuppo del massimo taglio V23. Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.



**Figura 7.12 – Involuppo del taglio V23 max**

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 63 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

	<b>muri laterali</b>	<b>muri laterali</b>		
	V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	=	<b>250</b>	<b>390</b>	kN      taglio
N	=	<b>68</b>	<b>228</b>	kN      sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>				
B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm      larghezza sezione
H	=	<b>700</b>	<b>700</b>	mm      altezza sezione
c	=	<b>50</b>	<b>50</b>	mm      copriferro
d	=	650	650	mm      altezza utile
<b>Materiali</b>				
R <sub>ck</sub>	=	<b>35.0</b>	<b>35.0</b>	MPa      resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.1	29.1	MPa      resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
α <sub>cc</sub>	=	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	
f <sub>cd</sub>	=	16.5	16.5	MPa      resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa      tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa      tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	=	<b>2900</b>	<b>2900</b>	mm <sup>2</sup> armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	0.00414	0.00414	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.6	1.6	
v <sub>min</sub>	=	0.4	0.4	
σ <sub>cp</sub>	=	0.1	0.3	MPa      tensione media calcestruzzo
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.1	0.3	MPa      tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
V <sub>Rd</sub>	=	<b>287.4</b>	<b>309.6</b>	kN      taglio resistente
F <sub>s</sub>	=	1.1	0.8	
check	=	OK	NO	
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>				
∅ <sub>w</sub>	=	<b>12</b>		mm      diametro armatura resistente a taglio
α	=	<b>90.0</b>		°      inclinazione armatura
s	=	<b>400</b>		mm      interasse armature a taglio
n <sub>br</sub>	=	<b>2.5</b>		numero bracci armatura trasversale
A <sub>sw</sub>	=		282.74	mm <sup>2</sup> area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctg∅ (V)	=		8.7	
ctg∅	=		2.5	
∅	=		22	°      inclinazione bielle di calcestruzzo
V <sub>Rsd</sub>	=		<b>404.52</b>	kN      taglio resistente armatura
α <sub>c</sub>	=		1.02	coefficiente maggiorativo
f <sub>cd</sub>	=		8.23	MPa      resistenza ridotta
V <sub>Rcd</sub>	=		<b>3507.2</b>	kN      taglio resistente calcestruzzo
V <sub>Rd</sub>	=		<b>404.5</b>	kN      taglio resistente sezione
F <sub>s</sub>	=		1.0	
check	=		OK	

## 7.5 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

### 7.5.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione in direzione trasversale e longitudinale nelle sezioni più significative. Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

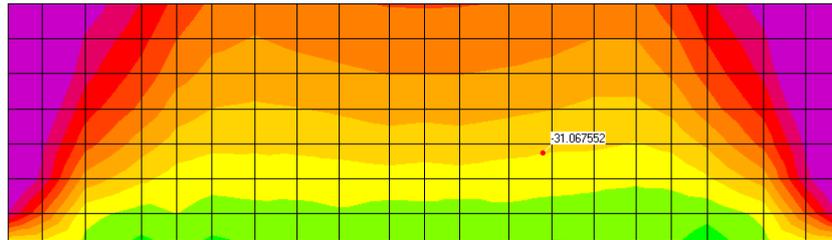


Figura 7.13 – Involuppo Momento M11,max

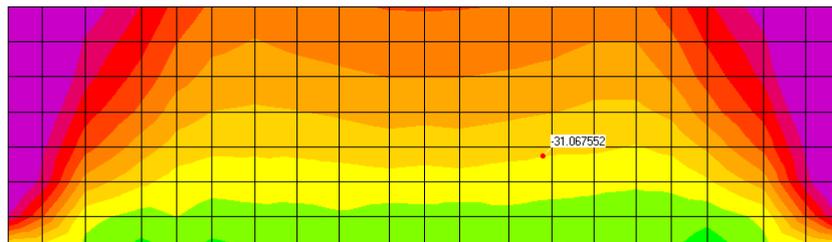


Figura 7.14 – Involuppo Momento M11,min

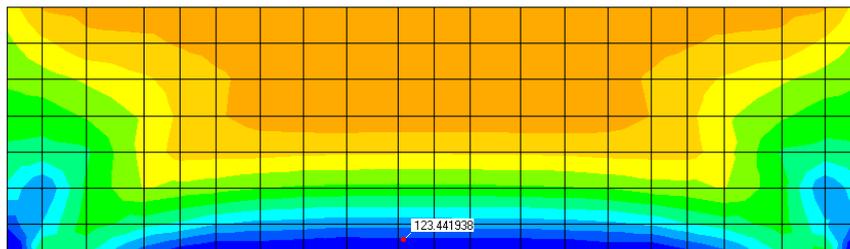


Figura 7.15 – Involuppo Momento M22,max

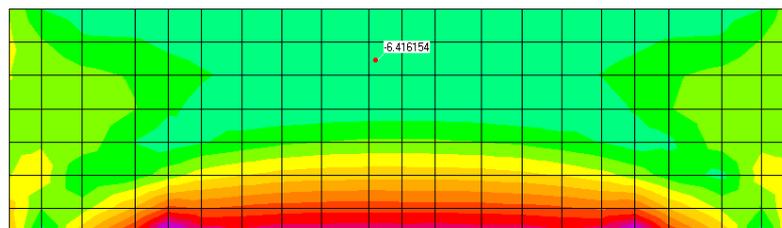


Figura 7.16 – Involuppo Momento M22,min

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 65 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	H [m]		$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}^{sup}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{sup}$ [kNm/m]	FS	
Arm X+	0.8	5 Φ 16	10.1	78	120	320	2.67	OK momento verticale Mz=M22-
Arm X-	0.8	5 Φ 16	10.1	78	80	320	4.00	OK momento verticale Mz=M22+

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	H [m]		$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}^{inf}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{inf}$ [kNm/m]	FS	
Arm X+	0.8	5 Φ 18	12.7	0	350	394	1.13	OK momento orizzontale My=M11+
Arm X-	0.8	5 Φ 16	10.1	0	160	320	2.00	OK momento orizzontale My=M1-

### 7.5.2 Verifiche a taglio

Il taglio, per le componenti di sforzo V13 e V23, presenta un involucro dei minimi e uno dei massimi. Per compattezza si riporta il diagramma di involucro del massimo taglio V23. Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

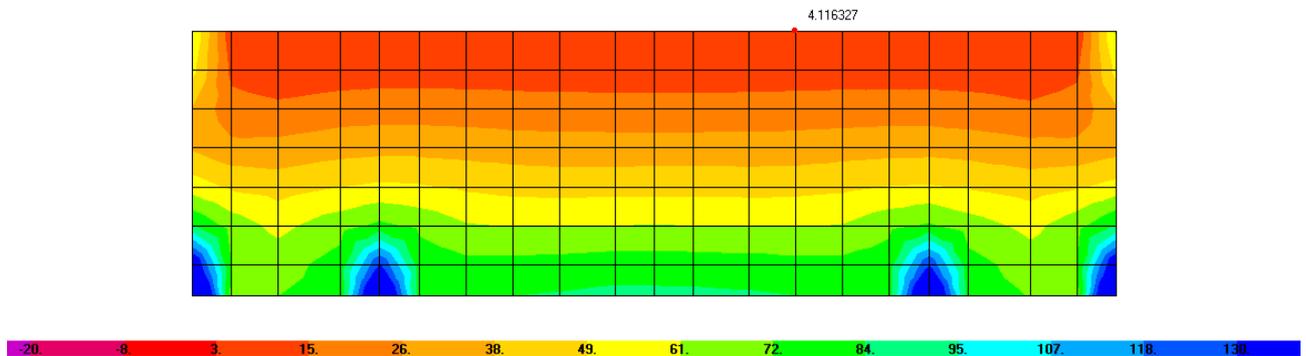


Figura 7.17 – Involuppo taglio V23 massimo

### VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

		muro paraghiaia V13max	muro paraghiaia V23max		
<b>Sollecitazioni</b>					
V	=	160	150	kN	taglio
N	=	60	60	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	800	800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	750	750	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 66 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	muro paraghiaia	muro paraghiaia	
	V13max	V23max	
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.9</b>	<b>0.9</b> coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.5	16.5 MPa resistenza di calcolo a compressione
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b> coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b> MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>			
$A_{sl}$	=	<b>2010</b>	<b>2010</b> mm <sup>2</sup> armatura longitudinale
$\rho_l$	=	0.00251	0.00251 rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.5	1.5
$v_{min}$	=	0.4	0.4
$\sigma_{cp}$	=	0.1	0.1 MPa tensione media calcestruzzo tensione media di compressione adottata
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.1	0.1 MPa (<=0.2fcd)
$V_{Rd}$	=	<b>273.2</b>	<b>273.2</b> kN taglio resistente
Fs	=	1.7	1.8
check	=	OK	OK

## 7.6 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

### 7.6.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

Nelle seguenti figure si rappresentano gli involuipi massimi e minimi del momento flettente orizzontale ( $M_{11}$ ) e verticale ( $M_{22}$ ).

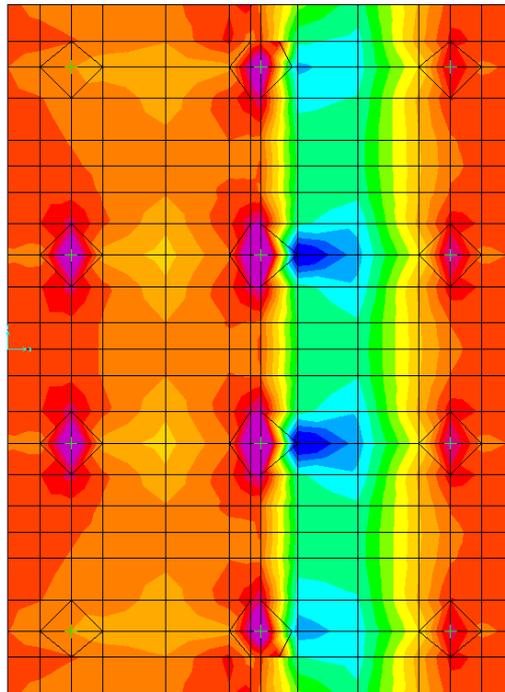


Figura 7.18 – Involuppo Momento M11,max

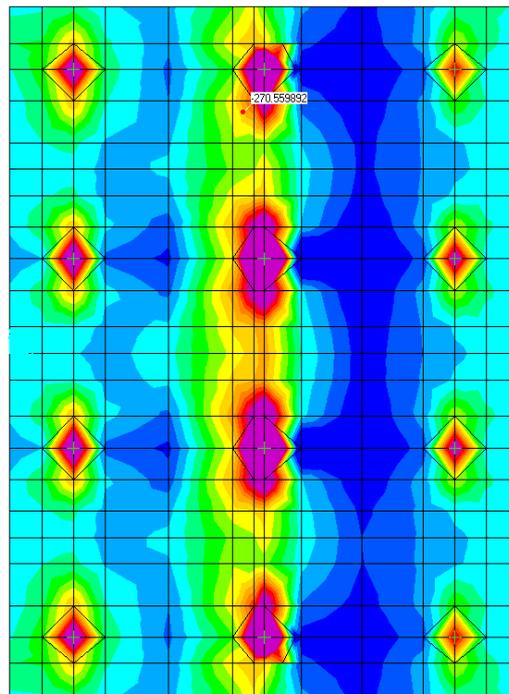


Figura 7.19 – Involuppo Momento M11,min

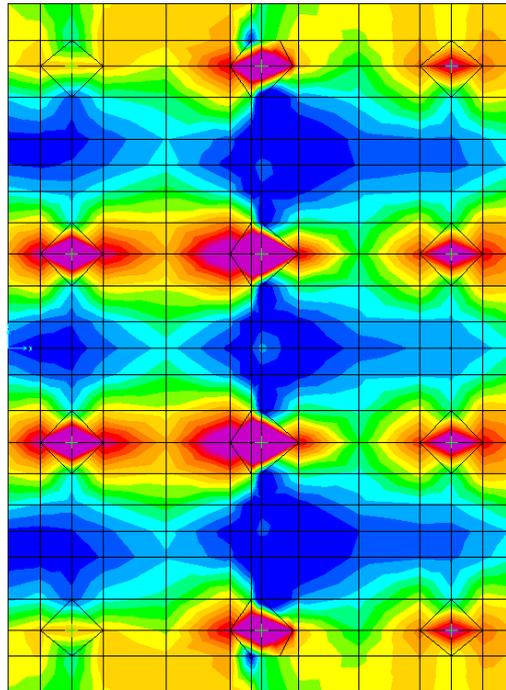


Figura 7.20 – Involuppo Momento  $M_{22,max}$

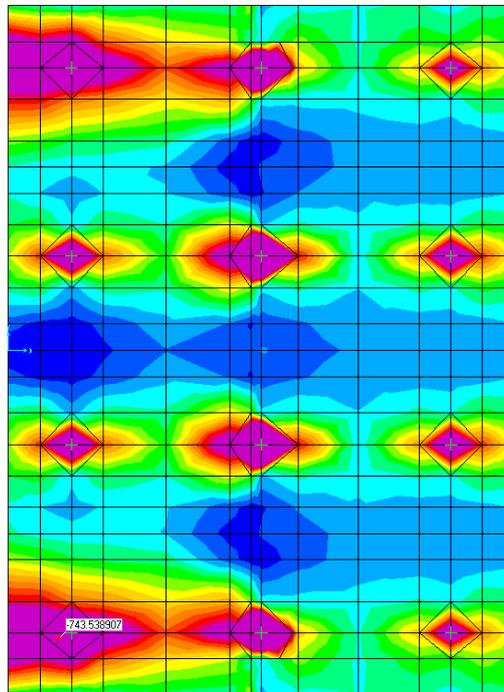


Figura 7.21 – Involuppo Momento  $M_{22,min}$

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione in direzione trasversale e longitudinale delle sezioni più significative. Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

**VERIFICA A PRESSO FLESSIONE**

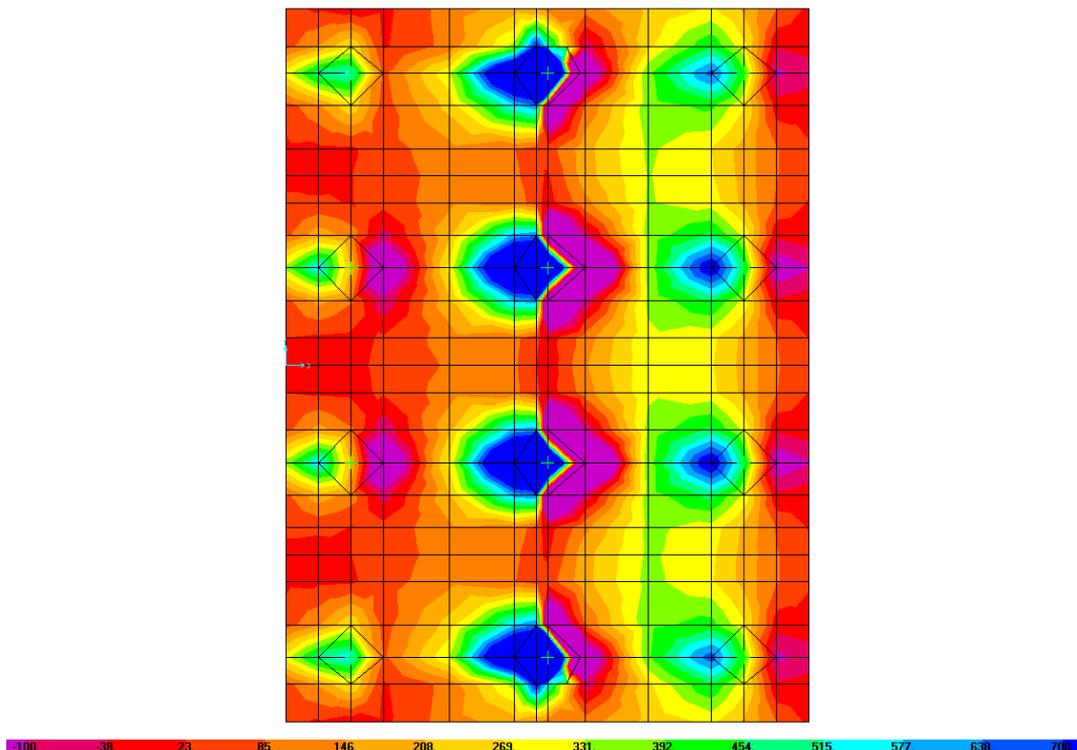
	H		$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}^{sup}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{sup}$ [kNm/m]	FS	
<b>Arm- inf</b>	1.6	5 Φ 22	19.0	0	980	1120	1.14	OK momento longitudinale Mx=M11+
<b>Arm- sup</b>	1.6	5 Φ 18	12.7	0	600	754	1.26	OK momento longitudinale Mx=-M11-

**VERIFICA A PRESSO FLESSIONE**

	H		$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$N_{Sd}$ [kN/m]	$M_{Sd}^{inf}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{inf}$ [kNm/m]	FS	
<b>Arm- inf</b>	1.6	5 Φ 22	19.0	0	250	1120	4.48	OK momento trasversale My=M22+
<b>Arm- sup</b>	1.6	5 Φ 18	12.7	0	650	754	1.16	OK momento trasversale My=M22-

**7.6.2 Verifiche a taglio**

Il taglio, per le componenti di sforzo V13 e V23, presenta un involuppo dei minimi e uno dei massimi. Per compattezza si riporta il diagramma di involuppo del massimo taglio V23. Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.



**Figura 7.22 – Inviluppo del taglio V23 max**

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 70 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

	plinto	plinto		
	V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	=	<b>1400</b>	<b>1300</b>	kN taglio
N	=	<b>0</b>	<b>0</b>	kN sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>				
B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm larghezza sezione
H	=	<b>1600</b>	<b>1600</b>	mm altezza sezione
c	=	<b>50</b>	<b>50</b>	mm copriferro
d	=	1550	1550	mm altezza utile
<b>Materiali</b>				
R <sub>ck</sub>	=	<b>40.0</b>	<b>40.0</b>	MPa resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.2	33.2	MPa resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
α <sub>cc</sub>	=	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	
f <sub>cd</sub>	=	18.8	18.8	MPa resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>	coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	=	<b>3173</b>	<b>3173</b>	mm <sup>2</sup> armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	0.00198	0.00198	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4	
v <sub>min</sub>	=	0.3	0.3	
σ <sub>cp</sub>	=	0.0	0.0	MPa tensione media calcestruzzo tensione media di compressione adottata
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.0	0.0	MPa (<=0.2f <sub>cd</sub> )
V <sub>Rd</sub>	=	<b>495.3</b>	<b>495.3</b>	kN taglio resistente
F <sub>s</sub>	=	0.4	0.4	
check	=	NO	NO	
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>				
∅ <sub>w</sub>	=	<b>26</b>	<b>26</b>	mm diametro armatura resistente a taglio
α	=	<b>90.0</b>	<b>90.0</b>	° inclinazione armatura
s	=	<b>1'000</b>	<b>1'000</b>	mm interasse armature a taglio
n <sub>br</sub>	=	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	numero bracci armatura trasversale
A <sub>sw</sub>	=	1'061.86	1'061.86	mm <sup>2</sup> area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctg∅ (V)	=	14.9	16.1	
ctg∅	=	2.5	2.5	
∅	=	22	22	° inclinazione bielle di calcestruzzo
V <sub>Rsd</sub>	=	<b>1449.09</b>	<b>1449.09</b>	kN taglio resistente armatura
α <sub>c</sub>	=	1.00	1.00	coefficiente maggiorativo
f <sub>cd</sub>	=	9.41	9.41	MPa resistenza ridotta
V <sub>Rcd</sub>	=	<b>9373.1</b>	<b>9373.1</b>	kN taglio resistente calcestruzzo
V <sub>Rd</sub>	=	<b>1449.1</b>	<b>1449.1</b>	kN taglio resistente sezione
F <sub>s</sub>	=	1.0	1.1	
check	=	OK	OK	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 71 di 90	
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc	

## 8 VERIFICA DELLA SPALLA SpA\_DX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

In questa sezione si riportano le verifiche agli stati limite di fessurazione della spalla A carreggiata destra. La verifica allo stato limite di fessurazione viene eseguito attraverso il calcolo elastico della sezione, se l'eccentricità dovuta ai carichi esterni risulta interno al nocciolo centrale di inerzia della sezione omogeneizzata allora la sezione è tutta compressa e la verifica è soddisfatta..

Se invece la sezione risulta parzializzata, allora, si procede al calcolo del momento di prima fessurazione se quest'ultimo risulta maggiore del momento di progetto la verifica è soddisfatta altrimenti si procede al calcolo dell'apertura delle fessure.

Come si evince dalle verifiche successive il momento di fessurazione non viene mai superato dalle sollecitazioni agenti.

### 8.1 PLINTO DI FONDAZIONE

Per le verifiche a fessurazione si prendono a riferimento:

- condizioni ambientali **aggressive** ;
- armature **poco sensibili**.

#### 8.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
MATERIALI		inf	sup	inf	sup		
Calcestruzzo							
$R_{ck}$	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	41.20	41.20	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	3.10	3.10	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	2.17	2.17	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctfm}$	=	3.72	3.72	3.72	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	18.81	18.81	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.45	1.45	1.45	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	33643	33643	33643	33643	MPa	modulo di Young
Acciaio							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{ytd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro

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 Favarella</b>	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 72 di 90	
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc	

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
Ø1	=	22	18	22	18	mm	diametro barre strato 1
Ø8	=	18	22	18	22	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1550	1550	1550	1550	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A <sub>s1</sub>	=	1901	1272	1901	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s8</sub>	=	1272	1901	1272	1901	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	600	300	150	350	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
<b>VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI</b>							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	205.9	256.6	205.9	256.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	1394	1343	1394	1343	mm	ordinata asse neutro
A	=	253536	304228	253536	304228	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	38081995333	54140274289	38081995333	54140274289	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-3.24	-1.42	-0.81	-1.66	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	317.64	107.50	79.41	125.42	MPa	tensione massima acciaio
<b>VERIFICA A FESSURAZIONE</b>							
<b>sezione tesa</b>							
M <sub>fess</sub>	=	1181.8	1194.6	1181.8	1194.6	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>Sd</sub>	=	2.0	4.0	7.9	3.4		check ok se >1

### 8.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
<b>MATERIALI</b>							
<b>Calcestruzzo</b>							
R <sub>ck</sub>	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	41.20	41.20	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>dm</sub>	=	3.10	3.10	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	2.17	2.17	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My			
$f_{adm}$	=	3.72	3.72	3.72	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	18.81	18.81	18.81	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.45	1.45	1.45	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	33643	33643	33643	33643	MPa	modulo di Young
Acciaio							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diámetro barre							
$\varnothing 1$	=	22	18	22	18	mm	diámetro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	18	22	18	22	mm	diámetro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1550	1550	1550	1550	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
$A_{s1}$	=	1901	1272	1901	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
$A_{s8}$	=	1272	1901	1272	1901	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	450	250	100	250	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI</b>							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	205.9	256.6	205.9	256.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
$Y_n$	=	1394	1343	1394	1343	mm	ordinata asse neutro
A	=	253536	304228	253536	304228	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	38081995333	54140274289	38081995333	54140274289	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-2.43	-1.19	-0.54	-1.19	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	238.23	89.58	52.94	89.58	MPa	tensione massima acciaio
<b>VERIFICA A FESSURAZIONE</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>	<b>Opera: Viadotto Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 74 di 90 Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	--

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My			
sezione tesa							
M <sub>mess</sub>	=	1181.8	1194.6	1181.8	1194.6	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>mess</sub> /M <sub>sd</sub>	=	2.6	4.8	11.8	4.8		check ok se >1

## 8.2 MURO FRONTALE

Per le verifiche a fessurazione si prendono a riferimento:

- condizioni ambientali **aggressive** ;
- armature **poco sensibili**.

### 8.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
R <sub>ck</sub>	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>ctd</sub>	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E <sub>c</sub>	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
E <sub>s</sub>	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ <sub>s</sub>	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f <sub>yk</sub>	=	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	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							

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 Favarella</b>	
					Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
					<b>Pagina 75 di 90</b>	
					Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc	

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diámetro barre							
Ø1	=	16	18	16	18	mm	diámetro barre strato 1
Ø8	=	18	16	18	16	mm	diámetro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1750	1750	1750	1750	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							da sap
A <sub>s1</sub>	=	1005	1272	1005	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s8</sub>	=	1272	1005	1272	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	500	150	450	250	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	270	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	5	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	flessione semplice		
an	=	229.4	202.2	373.4	202.2	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	1571	1598	1427	1598	mm	ordinata asse neutro
A	=	263578	236336	373430	236336	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	48638545471	39323819337	55101073555	39323819337	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	48330171	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-2.36	-0.77	-2.09	-1.29	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	234.47	88.56	115.35	147.60	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M <sub>fess</sub>	=	1343.3	1337.8	1427.0	1337.8	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>Sd</sub>	=	2.7	8.9	3.2	5.4		check ok se >1

## 8.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
R <sub>ck</sub>	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 76 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd}$	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{ytd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diámetro barre							
$\varnothing 1$	=	16	18	16	18	mm	diámetro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	18	16	18	16	mm	diámetro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1750	1750	1750	1750	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							da sap
$A_{s1}$	=	1005	1272	1005	1272	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
$A_{s8}$	=	1272	1005	1272	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	400	100	350	200	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	270	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI</b>							
cs	=	1	1	5	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	flessione semplice		
an	=	229.4	202.2	435.2	202.2	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
$Y_n$	=	1571	1598	1365	1598	mm	ordinata asse neutro
A	=	263578	236336	435194	236336	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	48638545471	39323819337	62704658909	39323819337	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	75412347	0	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-1.89	-0.51	-1.56	-1.03	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	187.58	59.04	70.61	118.08	MPa	tensione massima acciaio
<b>VERIFICA A FESSURAZIONE</b>							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione 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 Favarella</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 77 di 90 Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc
--	--

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
$M_{fess}$	=	1343.3	1337.8	1427.0	1337.8	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	3.4	13.4	4.1	6.7		check ok se >1

### 8.3 MURO PARAGHIAIA

Per le verifiche a fessurazione si prendono a riferimento:

- condizioni ambientali **aggressive** ;
- armature **poco sensibili**.

#### 8.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
		X-	X+	X-	X+		
<b>MATERIALI</b>							
<b>Calcestruzzo</b>							
$R_{ck}$	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{td}$	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
<b>Acciaio</b>							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
$B$	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
$H$	=	800	800	800	800	mm	altezza
$c'$	=	50	50	50	50	mm	copriferro
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							
$n1$ (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
$n8$ (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							

<b>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA</b> <b>ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19</b> <b>S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"</b> <b>AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001</b> <b>Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19</b> <b>Progetto Esecutivo</b>					<b>Opera: Viadotto Favarella</b>	
					Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
					<b>Pagina 78 di 90</b>	
					Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc	

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
Ø1	=	16	18	16	16	mm	diametro barre strato 1
Ø8	=	18	16	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A <sub>s1</sub>	=	1005	1272	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s8</sub>	=	1272	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	150	50	60	35	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	50	40	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI</b>							
cs	=	1	1	5	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	142.8	126.1	168.1	186.4	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	657	674	632	614	mm	ordinata asse neutro
A	=	176926	160297	168059	186400	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	8137063235	6648676910	6899197610	7229340607	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	7126832	10930367	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-2.63	-0.95	-1.18	-0.68	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	167.91	70.38	61.24	30.94	MPa	tensione massima acciaio
<b>VERIFICA A FESSURAZIONE</b>							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M <sub>fess</sub>	=	277.9	275.5	280.8	279.4	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>Sd</sub>	=	1.9	5.5	4.7	8.0		check ok se >1

### 8.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
R <sub>ck</sub>	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione

**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 Favarella**

Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX

Pagina 79 di 90

Nome file:  
VI02-B-CL008\_B.00\_relazione\_calcolo\_spalle\_dx.doc

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
$f_{oss}$	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
<b>GEOMETRIA SEZIONE</b>							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	800	800	800	800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
<b>ARMATURA</b>							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
$\varnothing 1$	=	16	18	16	16	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	18	16	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
$A_{s1}$	=	1005	1272	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
$A_{s8}$	=	1272	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	140	40	50	30	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	45	25	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI</b>							
cs	=	1	1	5	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	142.8	126.1	171.8	168.1	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
$Y_n$	=	657	674	628	632	mm	ordinata asse neutro
A	=	176926	160297	171813	168059	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	8137063235	6648676910	6955502499	6899197610	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	7877807	7126832	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-2.46	-0.76	-0.98	-0.59	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	156.72	56.30	49.54	30.62	MPa	tensione massima acciaio
<b>VERIFICA A FESSURAZIONE</b>							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
$M_{fess}$	=	277.9	275.5	280.1	277.3	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{sd}$	=	2.0	6.9	5.6	9.2		check ok se >1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 80 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 8.4 MURI LATERALI

Per le verifiche a fessurazione si prendono a riferimento:

- condizioni ambientali **aggressive**;
- armature **poco sensibili**.

### 8.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		Y-	Y+	Y-	Y+		
Calcestruzzo							
$R_{ck}$	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ctk}$	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm}$	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\gamma_c$	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$f_{cd}$	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{td}$	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
$E_c$	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_s$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{td}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
GEOMETRIA SEZIONE							
$B$	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
$H$	=	700	700	700	700	mm	altezza
$c'$	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
$n1$ (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
$n8$ (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
$\varnothing 1$	=	22	16	22	16	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	16	22	16	22	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
$y1$	=	650	650	650	650	mm	ordinata barre strato 1
$y8$	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8

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 Favarella</b>	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 81 di 90	
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc	

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
area barre							
A <sub>s1</sub>	=	1901	1005	1901	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
A <sub>s8</sub>	=	1005	1901	1005	1901	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	150	20	280	90	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	170	60	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	5	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	112.5	157.6	133.5	187.3	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y <sub>n</sub>	=	588	542	566	513	mm	ordinata asse neutro
A	=	156060	201174	133513	187278	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
J	=	4942579852	8391858206	5014793440	8577965774	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	3505446	6414496	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
σ <sub>c</sub>	=	-3.41	-0.38	-6.47	-1.75	MPa	tensione calcestruzzo
σ <sub>s</sub>	=	244.70	17.60	375.71	64.92	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M <sub>fess</sub>	=	215.9	222.7	236.8	230.3	kNm	momento di fessurazione
FS=M <sub>fess</sub> /M <sub>s,d</sub>	=	1.4	11.1	0.8	2.6		check ok se >1

## 8.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		Y-	Y+	Y-	Y+		
Calcestruzzo							
R <sub>ck</sub>	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f <sub>ctm</sub>	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ <sub>c</sub>	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	=	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>td</sub>	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E <sub>c</sub>	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							

$E_s$	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
$\gamma_e$	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
$f_{yk}$	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{td}$	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
$n$	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione
GEOMETRIA SEZIONE							
$B$	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
$H$	=	700	700	700	700	mm	altezza
$c'$	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
$n_1$ (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
$n_8$ (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
$\varnothing_1$	=	22	16	22	16	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing_8$	=	16	22	16	22	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
$y_1$	=	650	650	650	650	mm	ordinata barre strato 1
$y_8$	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
$A_{s1}$	=	1901	1005	1901	1005	mm <sup>2</sup>	area barre strato 1
$A_{s8}$	=	1005	1901	1005	1901	mm <sup>2</sup>	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
$M$	=	120	18	250	70	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
$N$	=	0	0	150	50	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
$c_s$	=	1	1	5	5		
$c_s$	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		
$a_n$	=	112.5	157.6	133.2	189.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
$Y_n$	=	588	542	567	510	mm	ordinata asse neutro
$A$	=	156060	201174	133242	189564	mm <sup>2</sup>	area sezione reagente
$J$	=	4942579852	8391858206	5012902765	8608497764	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione reagente
$S$	=	0	0	3457392	6944780	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione reagente
$\sigma_c$	=	-2.73	-0.34	-5.78	-1.36	MPa	tensione calcestruzzo
$\sigma_s$	=	195.76	15.84	336.30	49.72	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
$M_{fess}$	=	215.9	222.7	234.4	229.1	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	1.8	12.4	0.9	3.3		check ok se >1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 83 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 9 VERIFICA BAGGIOLI E ISOLATORI SPALLE CARREGGIATA SINISTRA

### 9.1 SOLLECITAZIONI ELEMENTARI

Riportiamo nel seguito le sollecitazioni elementari sugli appoggi elastomerici ricavati dal modello di calcolo:

	L_SPA_dx			L_SPA_sx		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	0	1475	0	0	1436
g2	0	0	186	0	0	192
e2	6	0	83	6	0	83
e3.1	20	0	117	20	0	117
e3.2	57	0	-44	57	0	-44
q1.1	0	3	-94	0	3	358
q1.2	0	2	1187	0	2	972
q3	78	0	0	78	0	0
q4	0	0	0	0	0	0
q5-impalcato	0	86	-35	0	86	35
q6.1	170	49	-19	170	49	-19
q6.2	51	162	-42	51	162	-42
q6.3	51	49	-51	51	49	-51
q7	17	0	0	16	0	0

	L_SPB_dx			L_SPB_sx		
	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
g1-impalcato	0	0	1473	0	0	1436
g2	0	0	186	0	0	191
e2	6	0	83	6	0	83
e3.1	20	0	117	20	0	117
e3.2	57	0	-44	57	0	-44
q1.1	0	2	-80	0	2	336
q1.2	0	1	1176	0	1	964
q3	78	0	0	78	0	0
q4	0	0	0	0	0	0
q5-impalcato	1	61	-25	1	61	25
q6.1	170	48	-16	170	48	-16
q6.2	51	162	-27	51	162	-27
q6.3	51	48	-50	51	48	-50
q7	17	0	0	16	0	0

Le sollecitazioni appena riportate sono state combinate utilizzando le matrici dei coefficienti di combinazione descritte nei paragrafi precedenti. Le sollecitazioni combinate sono riportate nelle tabelle seguenti. La sollecitazione V è ottenuta come composizione vettoriale tra Fx e Fy.

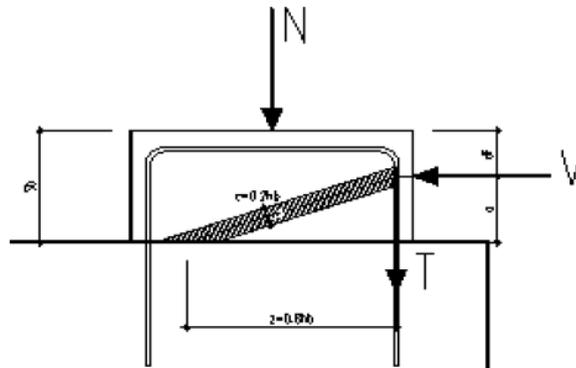
	SpA_LN_DX				SpA_LN_SX			
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	V [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	V [kN]
SLU1	36.44825	81.97212	2267.56	89.71011	36.15301	81.97212	2895.806	89.59056
SLU2	63.25169	81.9723	2151.339	103.5386	62.95645	81.9723	2779.585	103.3585
SLU3	36.07925	-72.6713	2330.526	81.13463	35.78401	-72.6713	2832.84	81.00377
SLU4	62.88269	-72.6711	2214.304	96.10058	62.58745	-72.6711	2716.619	95.90765
SLU5	36.45348	80.83542	3997.17	88.67481	36.16905	79.75407	3725.362	87.57232
SLU6	63.25692	80.8356	3880.948	102.6442	62.97249	79.75425	3609.141	101.6183
SLU7	36.08448	-73.808	4060.135	82.1566	35.80005	-74.8893	3662.397	83.00635
SLU8	62.88792	-73.8078	3943.914	96.9664	62.60349	-74.8892	3546.175	97.60933
SLU9	153.6354	80.8901	2299.236	173.629	153.3401	80.8901	2775.091	173.3678
SLU10	180.4388	80.89027	2183.015	197.7407	180.1436	80.89027	2658.869	197.4714
SLU11	153.2664	-73.7533	2362.202	170.0886	152.9711	-73.7533	2712.125	169.8226
SLU12	180.0698	-73.7531	2245.981	194.5884	179.7746	-73.7531	2595.903	194.3153
SLU13	153.6393	80.03757	3596.443	173.237	153.3522	79.22656	3397.258	172.6086
SLU14	180.4427	80.03775	3480.222	197.3971	180.1556	79.22674	3281.036	196.8068
SLU15	153.2703	-74.6058	3659.409	170.4635	152.9832	-75.4168	3334.292	170.5624
SLU16	180.0737	-74.6057	3543.187	194.9168	179.7866	-75.4167	3218.07	194.9638
SLU17	36.44788	80.88908	2299.236	88.72143	36.15263	80.88908	2775.091	88.60055
SLU18	63.25132	80.88926	2183.015	102.683	62.95607	80.88926	2658.869	102.5014
SLU19	36.07888	-73.7543	2362.202	82.10593	35.78363	-73.7543	2712.125	81.97663
SLU20	62.88232	-73.7541	2245.981	96.92192	62.58707	-73.7541	2595.903	96.73063
SLU21	36.4518	80.03656	3596.443	87.94649	36.16466	79.22555	3397.258	87.08943
SLU22	63.25524	80.03674	3480.222	102.0152	62.9681	79.22572	3281.036	101.2013
SLU23	36.0828	-74.6068	3659.409	82.8743	35.79566	-75.4179	3334.292	83.48163
SLU24	62.88624	-74.6067	3543.187	97.57476	62.5991	-75.4177	3218.07	98.01262
SLU25	36.57088	132.4369	2278.248	137.3934	36.27563	132.4369	2796.079	137.3151
SLU26	63.37432	132.4371	2162.026	146.8192	63.07907	132.4371	2679.857	146.692
SLU27	35.95588	-125.302	2383.191	130.3589	35.66063	-125.302	2691.136	130.2778
SLU28	62.75932	-125.302	2266.969	140.1403	62.46407	-125.302	2574.914	140.0083
SLU29	36.5748	131.5844	3575.455	136.5729	36.28766	130.7733	3418.246	135.7146
SLU30	63.37824	131.5845	3459.233	146.0524	63.0911	130.7735	3302.025	145.1971
SLU31	35.9598	-126.155	3680.398	131.1797	35.67266	-126.966	3313.303	131.8818
SLU32	62.76324	-126.154	3564.176	140.9048	62.4761	-126.965	3197.082	141.5044
SLU33	46.06996	80.88915	2355.586	93.08864	45.77471	80.88915	2831.441	92.94287
SLU34	90.74236	80.88944	2161.884	121.5618	90.44711	80.88944	2637.738	121.3416
SLU35	45.70096	-73.7543	2418.552	86.76559	45.40571	-73.7543	2768.475	86.61044
SLU36	90.37336	-73.754	2224.849	116.649	90.07811	-73.754	2574.772	116.4204
SLU37	46.07388	80.03662	3652.793	92.35076	45.78674	79.22561	3453.608	91.50477
SLU38	90.74628	80.03691	3459.091	120.9992	90.45914	79.2259	3259.905	120.2481
SLU39	45.70488	-74.6068	3715.759	87.49347	45.41774	-75.4178	3390.642	88.03757
SLU40	90.37728	-74.6065	3522.056	117.1929	90.09014	-75.4175	3196.939	117.4906
SLUV1	195.3533	48.93321	1783.103	201.3886	195.1564	48.93321	1750.299	201.1977
SLUV2	213.9668	48.93334	1702.394	219.4909	213.7699	48.93334	1669.59	219.299
SLUV3	76.57327	162.7262	1759.764	179.8424	76.37644	162.7262	1726.959	179.7587
SLUV4	95.18677	162.7263	1679.055	188.5216	94.98994	162.7263	1646.25	188.4223
SLUV5	76.56127	48.93321	1751.041	90.86302	76.36444	48.93321	1718.237	90.69723
SLUV6	95.17477	48.93334	1670.332	107.0173	94.97794	48.93334	1637.528	106.8423

	SpB LN_DX				SpB LN_SX			
	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	V [kN]	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	V [kN]
SLU1	37.29904	57.96282	2292.647	68.92682	37.01754	57.96282	2857.327	68.7749
SLU2	64.01176	57.963	2176.375	86.35516	63.73026	57.963	2741.054	86.1467
SLU3	35.17504	-51.767	2337.788	62.58677	34.89354	-51.767	2812.187	62.42899
SLU4	61.88776	-51.7668	2221.515	80.68393	61.60626	-51.7668	2695.914	80.46821
SLU5	37.27204	57.00432	3987.907	68.10798	36.96031	56.23887	3704.933	67.29692
SLU6	63.98476	57.0045	3871.634	85.69459	63.67303	56.23905	3588.66	84.95343
SLU7	35.14804	-52.7255	4033.048	63.36687	34.83631	-53.4909	3659.792	63.83454
SLU8	61.86076	-52.7253	3916.775	81.28168	61.54903	-53.4908	3543.52	81.54473
SLU9	154.3934	57.24374	2319.646	164.6638	154.1118	57.24374	2743.885	164.3998
SLU10	181.1061	57.24391	2203.373	189.9376	180.8246	57.24391	2627.612	189.6692
SLU11	152.2694	-52.4861	2364.787	161.0613	151.9878	-52.4861	2698.744	160.7952
SLU12	178.9821	-52.4859	2248.514	186.519	178.7006	-52.4859	2582.472	186.2489
SLU13	154.3731	56.52486	3591.091	164.3962	154.0689	55.95077	3379.589	163.9138
SLU14	181.0858	56.52504	3474.818	189.7028	180.7816	55.95095	3263.316	189.2419
SLU15	152.2491	-53.2049	3636.231	161.2779	151.9449	-53.779	3334.449	161.1814
SLU16	178.9618	-53.2048	3519.959	186.7032	178.6576	-53.7789	3218.176	186.5763
SLU17	37.28385	57.24293	2319.646	68.31427	37.00235	57.24293	2743.885	68.16104
SLU18	63.99657	57.24311	2203.373	85.8623	63.71507	57.24311	2627.612	85.65269
SLU19	35.15985	-52.4869	2364.787	63.17504	34.87835	-52.4869	2698.744	63.01881
SLU20	61.87257	-52.4867	2248.514	81.13611	61.59107	-52.4867	2582.472	80.92164
SLU21	37.2636	56.52406	3591.091	67.70188	36.95943	55.94997	3379.589	67.05519
SLU22	63.97632	56.52423	3474.818	85.36954	63.67215	55.95015	3263.316	84.76179
SLU23	35.1396	-53.2057	3636.231	63.76239	34.83543	-53.7798	3334.449	64.07634
SLU24	61.85232	-53.2056	3519.959	81.58763	61.54815	-53.7797	3218.176	81.73387
SLU25	37.99185	93.81953	2304.599	101.22	37.71035	93.81953	2758.932	101.1147
SLU26	64.70457	93.81971	2188.327	113.9685	64.42307	93.81971	2642.659	113.8089
SLU27	34.45185	-89.0635	2379.833	95.49467	34.17035	-89.0635	2683.698	95.39347
SLU28	61.16457	-89.0633	2263.561	108.0434	60.88307	-89.0633	2567.425	107.8843
SLU29	37.9716	93.10066	3576.044	100.5464	37.66743	92.52657	3394.636	99.89996
SLU30	64.68432	93.10083	3459.771	113.3659	64.38015	92.52675	3278.363	112.7209
SLU31	34.4316	-89.7823	3651.278	96.15822	34.12743	-90.3564	3319.402	96.58657
SLU32	61.14432	-89.7822	3535.005	108.6253	60.84015	-90.3563	3203.129	108.9301
SLU33	46.87281	57.24299	2376.021	73.98527	46.59131	57.24299	2800.259	73.80725
SLU34	91.39401	57.24329	2182.233	107.8409	91.11251	57.24329	2606.471	107.6024
SLU35	44.74881	-52.4868	2421.161	68.97333	44.46731	-52.4868	2755.119	68.79103
SLU36	89.27001	-52.4865	2227.373	103.5566	88.98851	-52.4865	2561.331	103.314
SLU37	46.85256	56.52412	3647.466	73.41756	46.54839	55.95003	3435.964	72.78158
SLU38	91.37376	56.52441	3453.678	107.4438	91.06959	55.95033	3242.176	106.8836
SLU39	44.72856	-53.2057	3692.606	69.50891	44.42439	-53.7798	3390.823	69.75521
SLU40	89.24976	-53.2054	3498.818	103.9054	88.94559	-53.7795	3197.035	103.9401
SLUV1	195.289	48.61221	1783.944	201.2484	195.1013	48.61221	1752.667	201.0663
SLUV2	213.8395	48.61234	1703.199	219.2954	213.6518	48.61234	1671.922	219.1124
SLUV3	76.51098	161.8282	1773.752	179.0036	76.32331	161.8282	1742.474	178.9235
SLUV4	95.06148	161.8283	1693.007	187.6835	94.87381	161.8283	1661.729	187.5885
SLUV5	76.49898	48.61221	1749.891	90.63796	76.31131	48.61221	1718.613	90.47963
SLUV6	95.04948	48.61234	1669.146	106.7594	94.86181	48.61234	1637.868	106.5923

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 86 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

## 9.2 VERIFICA BAGGIOLI

La verifica è condotta considerando un meccanismo resistente tirante-puntone, seguendo le indicazioni dell'EC2, secondo quanto già fatto per il pulvino.



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

Di seguito vengono riportati i calcoli eseguiti:

### RIEPILOGO Baggioli più sollecitati

	combinazione	
	Nmax	Vmax
Fz	4060	4033
V	219	219
	L_SPA_dx	L_SPB_dx

### Bridge Cap - Strut & Tie Model

#### Materiali

R <sub>ck</sub>	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>ck</sub>	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>cd</sub>	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 87 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

$\beta_1$	=	<b>1.18</b>	<b>1.18</b>		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\beta_2$	=	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\beta_3$	=	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	<b>24.99</b>	<b>24.99</b>	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	21.18	21.18	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione
$\sigma_{3Rd,max}$	=	18.64	18.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione

### Mensola

		<b>L_SPA_dx</b>	<b>L_SPB_dx</b>		
$F_{Ed}$	=	4060	4033	kN	azione verticale di calcolo appoggio
$H_{Ed}$	=	219	219	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

### Geometria

$b_1$	=	<b>1100</b>	1100	mm	larghezza baggiolo
$b_2$	=	<b>1100</b>	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_3$	=	<b>450</b>	450	mm	altezza baggiolo
$b_0$	=	<b>950</b>	950	mm	larghezza appoggio
$c$	=	<b>30</b>	30	mm	copriferro
$d$	=	1070	1070	mm	altezza utile
$z$	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
$x_1$	=	8.0	8.0	mm	larghezza biella compressa
$y_1$	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
$a$	=	454.0	454.0	mm	
$\alpha$	=	0.49	0.49	rad	

### Verifiche Puntone-Tirante

$C$	=	248	248	kN	risultante di compressione
$T$	=	116	116	kN	risultante di trazione
$\sigma_c$	=	<b>0.66</b>	<b>0.66</b>	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	37.89	37.92		
$n$	=	<b>6</b>	6		numero ferri laterali (tirante sui lati)
$\varnothing$	=	<b>14</b>	14	mm	diametro armatura laterale
$A_s$	=	923.6	923.6	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
$\sigma_s$	=	<b>126.04</b>	<b>125.92</b>	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	3.10	3.11		

### Verifiche armatura a fenditura

$T$	=	168	167	kN	risultante forza di taglio
$A_s$	=	428.8	428.8	mm <sup>2</sup>	armatura necessaria
$s$	=	<b>150</b>	150	mm	passo strati
$n$	=	4	4		numero strati
$n$	=	<b>3</b>	3		numero ferri orizzontali contenuti nello strato
$\varnothing_w$	=	<b>16</b>	16	mm	diametro ferro orizzontale strato
$A_{sw}$	=	2412.7	2412.7	mm <sup>2</sup>	armatura di progetto
FS	=	5.63	5.63		

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 88 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

### 9.3 VERIFICA ISOLATORI

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:

#### Dispositivo: 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 SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	<b>3.03</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	<b>2814</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	<b>300</b>	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	=	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	=	<b>1049</b>	kg	peso dell'isolatore

A partire dal modello di calcolo globale sono state determinate le sollecitazioni elementari agenti in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori. Si sono poi analizzate tre combinazioni di carico per l'SLU e tre per l'SLC. Le combinazioni prese in considerazione sono le più gravose e sono caratterizzate dalla seguente matrice di combinazione:

	Comb_SLC						Comb_SLU					
	SLC1	SLC2	SLC3	SLC4	SLC5	SLC6	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6
<b>01) g1-imp</b>	1	1	1	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
<b>02) g2</b>	1	1	1	1	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
<b>03) e2</b>	1	1	1	1	1	1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<b>04) e3.1</b>	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.72	0	1.2	0	0.72	0
<b>05) e3.2</b>	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.72	0	1.2	0	0.72
<b>06) q1</b>	0	0	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.35	1.35
<b>07) q1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>08) q3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>09) q4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>10) q5-imp</b>	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>11) SLC1</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>12) SLC2</b>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>13) SLC3</b>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Attraverso le sollecitazioni si sono calcolati gli spostamenti orizzontali subiti dall'isolatore. Gli spostamenti sul piano X-Y, sono stati valutati come rapporto tra la reazione prodotta dal caso di carico analizzato nella direzione X o Y e la rigidezza orizzontale equivalente dell'isolatore. Gli spostamenti nelle due direzioni sono stati, infine, combinati vettorialmente per effettuare la verifica di spostamento massimo dell'isolatore.

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 89 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

		P=FZ	V2=FX	V3=FY	Ux [mm]	Uy [mm]	Uh [mm]
<b>SpA_LN_DX</b>	<b>SLC1</b>	1821.2	185.4	48.9	61.2	16.1	63.3
	<b>SLC2</b>	1784.6	204.0	48.9	67.3	16.1	69.2
	<b>SLC3</b>	1844.6	66.6	162.7	22.0	53.7	58.0
	<b>SLC4</b>	1807.9	85.2	162.7	28.1	53.7	60.6
	<b>SLC5</b>	1853.3	66.6	48.9	22.0	16.1	27.3
	<b>SLC6</b>	1816.6	85.2	48.9	28.1	16.1	32.4
	<b>SLU1</b>	2573.0	21.6	132.4	7.1	43.7	44.3
	<b>SLU2</b>	2520.2	48.4	132.4	16.0	43.7	46.5
	<b>SLU3</b>	2608.4	31.1	80.9	10.3	26.7	28.6
	<b>SLU4</b>	2520.3	75.8	80.9	25.0	26.7	36.6
	<b>SLU5</b>	2583.9	21.5	82.0	7.1	27.1	28.0
	<b>SLU6</b>	2531.1	48.3	82.0	15.9	27.1	31.4
<b>SpA_LN_SX</b>	<b>SLC1</b>	1788.4	185.4	48.9	61.2	16.1	63.3
	<b>SLC2</b>	1751.8	204.0	48.9	67.3	16.1	69.2
	<b>SLC3</b>	1811.8	66.6	162.7	22.0	53.7	58.0
	<b>SLC4</b>	1775.1	85.2	162.7	28.1	53.7	60.6
	<b>SLC5</b>	1820.5	66.6	48.9	22.0	16.1	27.3
	<b>SLC6</b>	1783.8	85.2	48.9	28.1	16.1	32.4
	<b>SLU1</b>	2795.2	21.6	132.4	7.1	43.7	44.3
	<b>SLU2</b>	2742.4	48.4	132.4	16.0	43.7	46.5
	<b>SLU3</b>	2830.5	31.1	80.9	10.3	26.7	28.6
	<b>SLU4</b>	2742.5	75.8	80.9	25.0	26.7	36.6
	<b>SLU5</b>	2895.8	21.5	82.0	7.1	27.1	28.0
	<b>SLU6</b>	2843.0	48.3	82.0	15.9	27.1	31.4
<b>SpB_LN_DX</b>	<b>SLC1</b>	1816.7	185.3	48.6	61.2	16.0	63.2
	<b>SLC2</b>	1780.0	203.9	48.6	67.3	16.0	69.2
	<b>SLC3</b>	1826.8	66.6	161.8	22.0	53.4	57.7
	<b>SLC4</b>	1790.1	85.1	161.8	28.1	53.4	60.3
	<b>SLC5</b>	1850.7	66.5	48.6	22.0	16.0	27.2
	<b>SLC6</b>	1814.0	85.1	48.6	28.1	16.0	32.3
	<b>SLU1</b>	2541.6	23.1	93.8	7.6	31.0	31.9
	<b>SLU2</b>	2488.8	49.8	93.8	16.4	31.0	35.1
	<b>SLU3</b>	2583.0	31.9	57.2	10.5	18.9	21.6
	<b>SLU4</b>	2494.9	76.5	57.2	25.2	18.9	31.5
	<b>SLU5</b>	2553.8	22.4	58.0	7.4	19.1	20.5
	<b>SLU6</b>	2500.9	49.1	58.0	16.2	19.1	25.1
<b>SpB_LN_SX</b>	<b>SLC1</b>	1785.4	185.3	48.6	61.2	16.0	63.2
	<b>SLC2</b>	1748.7	203.9	48.6	67.3	16.0	69.2
	<b>SLC3</b>	1795.6	66.6	161.8	22.0	53.4	57.7
	<b>SLC4</b>	1758.9	85.1	161.8	28.1	53.4	60.3
	<b>SLC5</b>	1819.4	66.5	48.6	22.0	16.0	27.2
	<b>SLC6</b>	1782.7	85.1	48.6	28.1	16.0	32.3
	<b>SLU1</b>	2758.1	23.1	93.8	7.6	31.0	31.9
	<b>SLU2</b>	2705.2	49.8	93.8	16.4	31.0	35.1
	<b>SLU3</b>	2799.4	31.9	57.2	10.5	18.9	21.6
	<b>SLU4</b>	2711.3	76.5	57.2	25.2	18.9	31.5

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 Favarella</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 90 di 90
	Nome file: VI02-B-CL008_B.00_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

	<b>SLU5</b>	2857.3	22.4	58.0	7.4	19.1	20.5
	<b>SLU6</b>	2804.5	49.1	58.0	16.2	19.1	25.1

Riportiamo, ora, il prospetto delle verifiche effettuate con i relativi fattori di sicurezza:

**Dispositivo: 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 SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	=	<b>3.03</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	=	<b>2814</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	<b>300</b>	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D <sub>g</sub>	=	<b>0.900</b>	m	diametro dell'elastomero
W	=	<b>1049</b>	kg	peso dell'isolatore

<b>V<sub>Sd,max</sub></b>	=	<b>1853</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
<b>F<sub>Sd,zd</sub></b>	=	<b>2896</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
<b>d<sub>max</sub></b>	=	<b>69</b>	mm	spostamento massimo dell'impalcato
FS	=	<b>5.92</b>	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	<b>7.33</b>	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	<b>4.33</b>	ok	spostamento dell'isolatore
d <sub>giunto</sub>	=	138	mm	massima escursione del giunto
<b>d<sub>max</sub> SLC</b>	=	<b>69</b>	mm	spostamento massimo in fase di sisma
<b>d<sub>max</sub> SLU</b>	=	<b>47</b>	mm	spostamento massimo allo SLU

Le verifiche sia sull'isolatore che sulla massima escursione del giunto sono soddisfatte.