

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 SX

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 7 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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 1 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.2.1	<i>Geometria e caratteristiche spalla A carreggiata SX (SpA_SX)</i>	<i>6</i>
1.2.2	<i>Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata SX (SpB_SX)</i>	<i>7</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>
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	13
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	13
3	MATRICI DEI COEFFICIENTI DELLE COMBINAZIONI DI CARICO	14
3.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLU	14
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO SLE	17
4	ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA DX (SpA_SX).....	18
4.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	19
4.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	19
4.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	22
4.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU	23
4.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE	26
4.5.1	<i>Combinazione Caratteristica</i>	<i>26</i>
4.5.2	<i>Combinazione Frequente</i>	<i>26</i>
4.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente</i>	<i>27</i>
4.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU).....	28
4.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato).....</i>	<i>29</i>
4.6.2	<i>Verifica a taglio</i>	<i>29</i>
4.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)	30
4.7.1	<i>Stato limite di fessurazione</i>	<i>30</i>
4.7.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>32</i>
5	ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA SX (SpB_SX).....	33
5.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	33
5.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	34
5.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	36
5.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU	37
5.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE	40
5.5.1	<i>Combinazione Caratteristica</i>	<i>40</i>
5.5.2	<i>Combinazione Frequente</i>	<i>41</i>
5.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente</i>	<i>41</i>
5.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU).....	42
5.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato).....</i>	<i>43</i>
5.6.2	<i>Verifica a taglio</i>	<i>43</i>
5.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)	44
5.7.1	<i>Stato limite di fessurazione</i>	<i>44</i>
5.7.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>46</i>
6	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....	47
6.1	S.L.U. – VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	47
6.2	S.L.U – VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	50
6.2.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite orizzontale</i>	<i>50</i>
6.2.2	<i>Criteri di verifica.....</i>	<i>50</i>
6.2.3	<i>Risultati spalla A carreggiata destra (SpA_SX)</i>	<i>51</i>
6.2.4	<i>Risultati spalla B carreggiata destra (SpB_SX)</i>	<i>51</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 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 2 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

7	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SpA_SX AGLI SLU	52
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA	52
7.2	ANALISI DEI CARICHI	54
7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	54
7.3.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	<i>54</i>
7.3.2	<i>Verifiche a taglio</i>	<i>55</i>
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	57
7.4.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	<i>57</i>
7.4.2	<i>Verifiche a taglio</i>	<i>57</i>
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA	58
7.5.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	<i>58</i>
7.5.2	<i>Verifiche a taglio</i>	<i>59</i>
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	60
7.6.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	<i>60</i>
7.6.2	<i>Verifiche a taglio</i>	<i>61</i>
8	VERIFICA DELLA SPALLA SpA_SX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	63
8.1	PLINTO DI FONDAZIONE.....	63
8.1.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>63</i>
8.1.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>65</i>
8.2	MURO FRONTALE.....	67
8.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>67</i>
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>68</i>
8.3	MURO PARAGHIAIA	70
8.3.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>70</i>
8.3.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>72</i>
8.4	MURI LATERALI	74
8.4.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti.....</i>	<i>74</i>
8.4.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente.....</i>	<i>76</i>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 3 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

1 GENERALITA'

1.1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata sinistra 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.

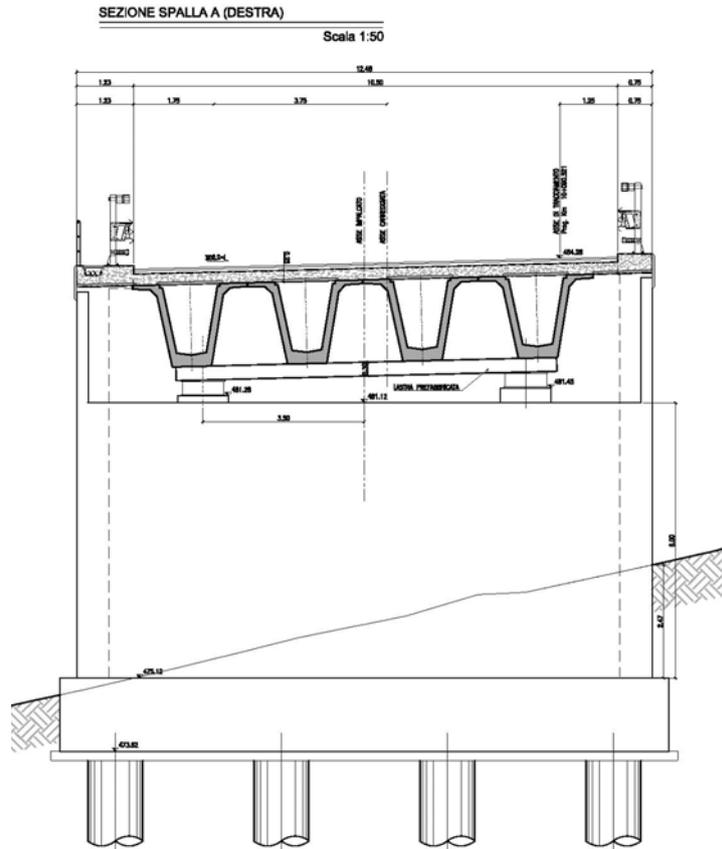


Figura 1.1 – Sezione trasversale dell'impalcato in asse alla spalla A carreggiata DX

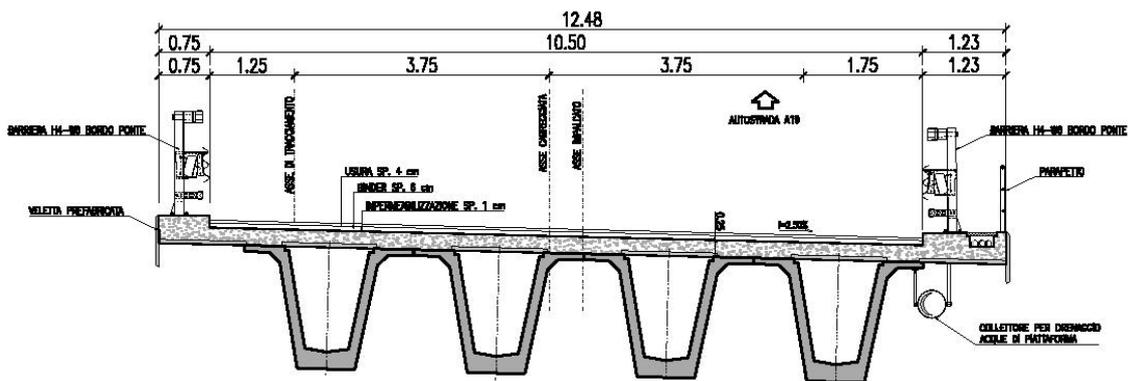


Figura 1.2 – Sezione corrente carreggiata DX

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.

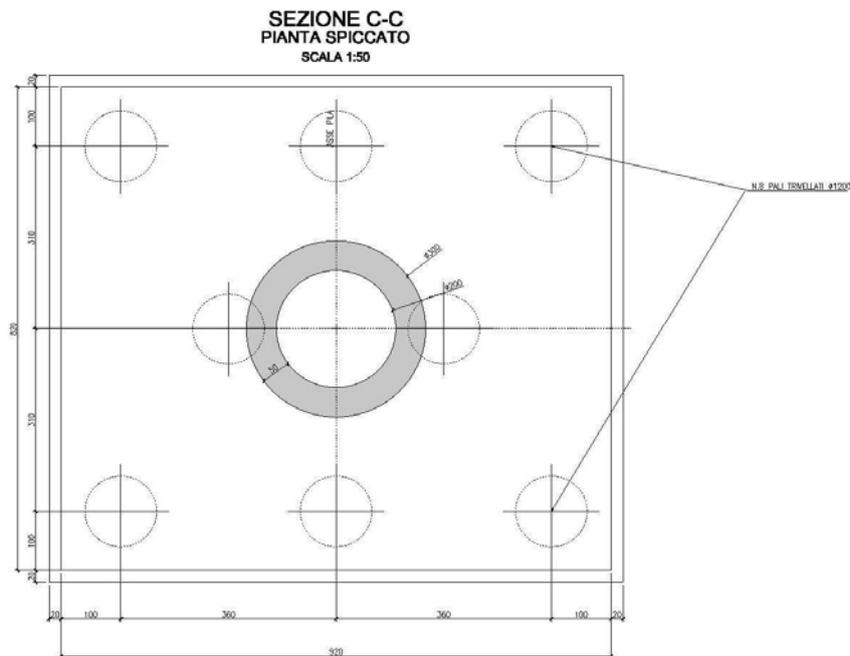


Figura 1.3 - Pianta spiccato pila.

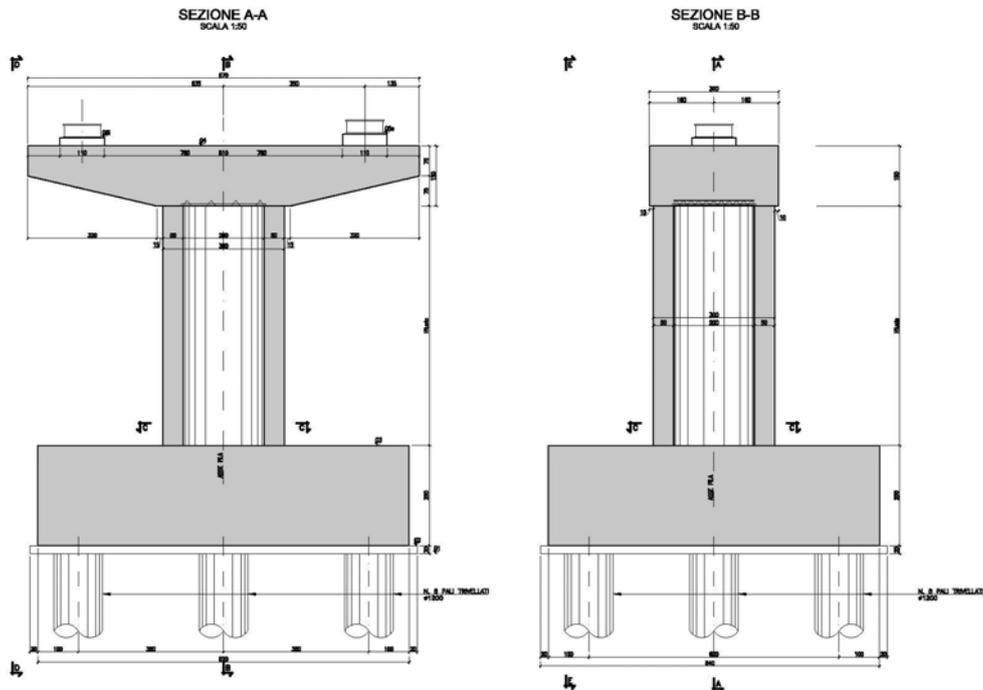


Figura 1.4 - Prospetti (frontale e laterale) della pila tipo.

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 SX (SpA_SX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla A carreggiata SX. 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 3.50 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 ³]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	9.60
muro frontale	1.80	12.48	3.50	1.80
muro paraghiaia	0.80	12.48	4.00	0.80
muro laterale sx	4.60	0.80	7.50	4.60
muro laterale dx	4.60	0.80	7.50	4.60
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Tabella 1.1: Geometria spalla A carreggiata SX

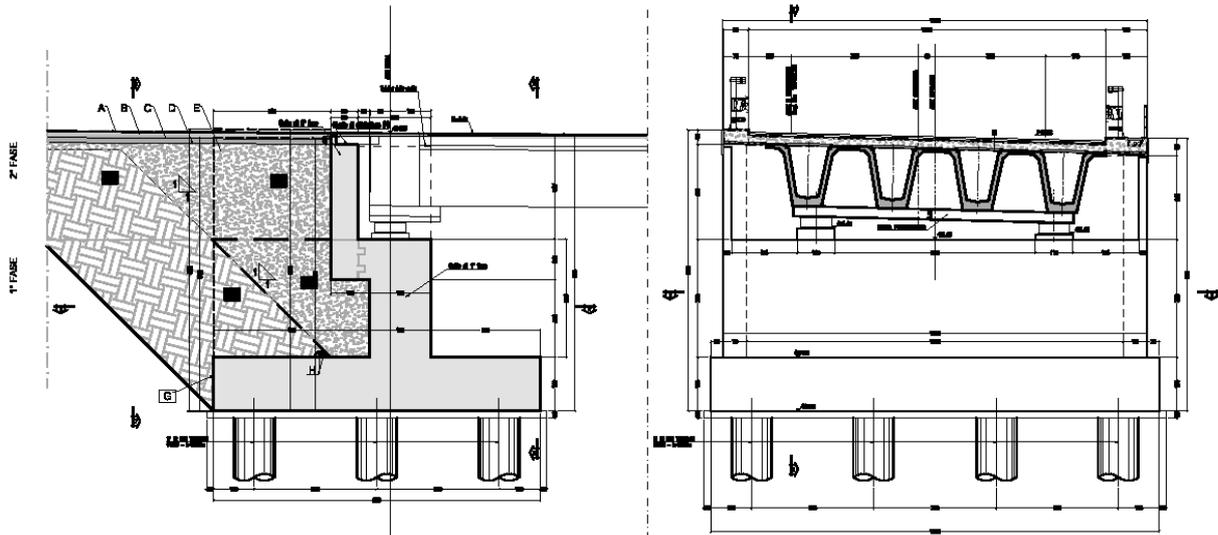


Figura 1.5: Sezione longitudinale SpA_SX e Vista frontale SpA_SX

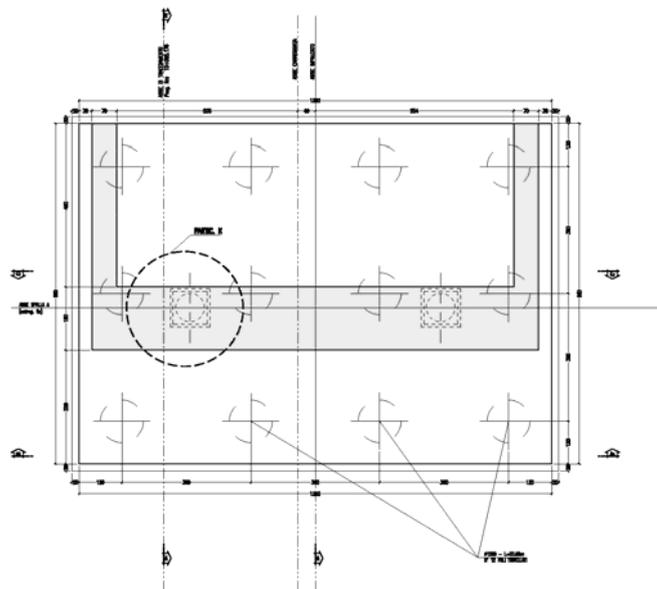


Figura 1.6: Pianta spiccato SpA_SX

1.2.2 Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata SX (SpB_SX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla B carreggiata SX. 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 $\varnothing 1200$ e di lunghezza 33,00 m. Il muro frontale è alto 3.50 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_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	9.60
muro frontale	1.80	12.48	3.50	1.80
muro paraghiaia	0.80	12.48	3.26	0.80
muro laterale sx	4.60	0.80	6.76	4.60
muro laterale dx	4.60	0.80	6.76	4.60
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Tabella 1.2: Geometria spalla B carreggiata SX

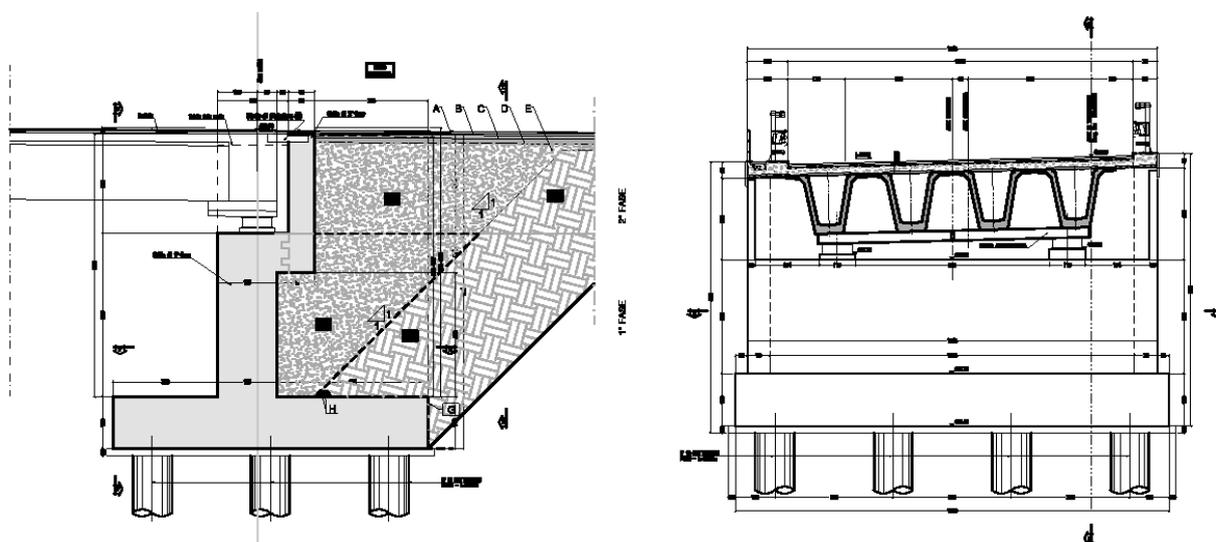


Figura 1.7: Sezione longitudinale SpB_SX e Vista frontale SpB_SX

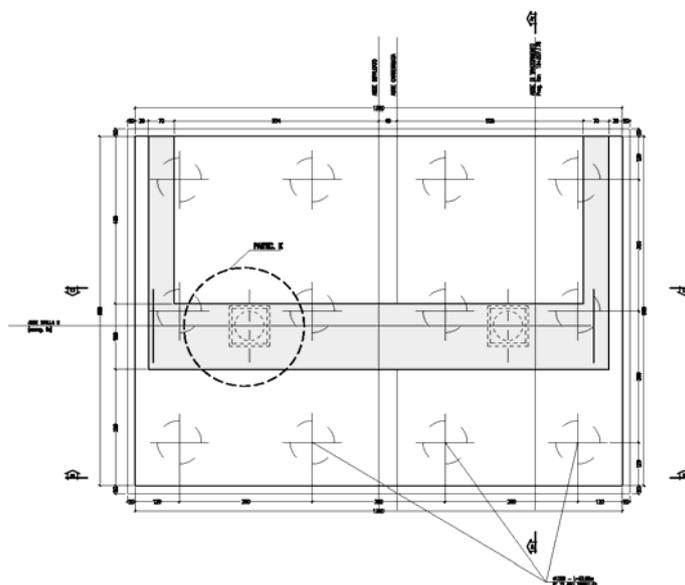


Figura 1.8: Pianta spiccato SpB_SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 9 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 10 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.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;
- elevazione spalle: 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 PALI DI FONDAZIONE 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}	= 2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 33643	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XA1			classe di esposizione
S3-S4			classe di consistenza

CALCESTRUZZO ZATTERE PILE E SPALLE 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}	= 2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 33643	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XA2			classe di esposizione
S3-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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 11 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

ELEVAZIONE PILE SPALLE PULVINI C28/35

R_{ck}	= 35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	= 37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	= 2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	= 1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 3.40	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 32588	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF2			classe di esposizione
S3-S4			classe di consistenza

BAGGIOLI PILE E SPALLE C35/45

R_{ck}	= 45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	= 45.35	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	= 3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	= 2.35	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 4.02	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 34625	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 1.56	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XF2			classe di esposizione
S4			classe di consistenza

SOLETTA, TRASVERSI E PREDALLES IMPALCATO 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}	= 2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 33643	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XC4			classe di esposizione
S4			classe di consistenza

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 12 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

f_{ctk}	= 2.75	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	= 4.71	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	= 36416	MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	= 1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 25.87	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	= 1.83	MPa	resistenza di calcolo a trazione
XD3			classe di esposizione
S4			classe di consistenza

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

ACCIAIO PER C.A. B450C

$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	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	1.15		
$(f_t/f_y)_k$	$<$	1.35		
γ_s	=	1.15		coefficiente di sicurezza
f_{yd}	=	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo
σ_s	=	360.0	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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 13 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.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.

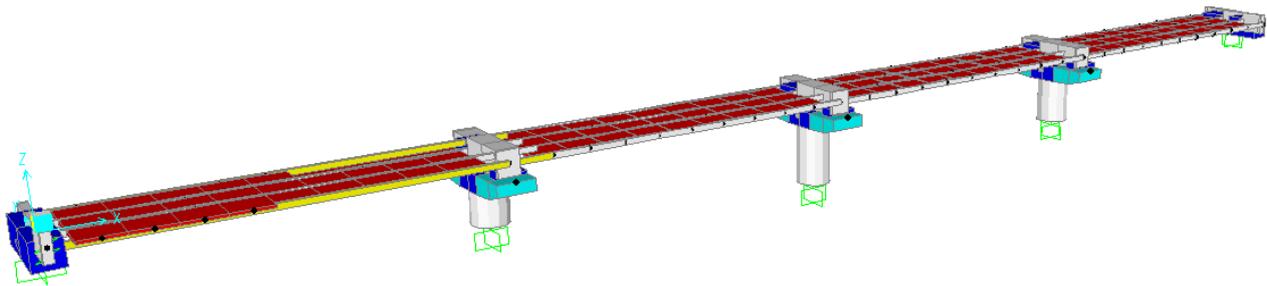


Figura 2.1: Modello numerico del Viadotto Favarella – Carreggiata SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 14 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 18 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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 3.4: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente

	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
g1-imp		
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

4 ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA DX (SPA_SX)

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 (Fx ed Fy) e verticali (Fz) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno, inoltre, con Mx i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con My (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.

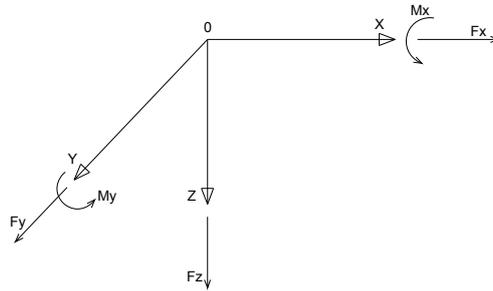


Figura 4.1: Sistema di riferimento

In particolare in questa sezione vengono riportate le azioni sulla spalla A della carreggiata sinistra (SpA_SX) 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)						
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2908	132	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	114	0	-88	0	114	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	0	2	1541	2142	0	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	0	5	1189	3823	0	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	156	0	0	0	156	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	171	0	379	0	azione del vento trasversale
q6.1x	251	72	-21	112	251	sisma longitudinale
q6.1y	75	241	-21	373	75	sisma trasversale
q6.1z	75	72	-72	112	75	sisma verticale
q7	33	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

4.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	= 5069 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	= 1966 kN	plinto di fondazione
g1.2	= 998 kN	muro frontale
g1.3	= 690 kN	muro paraghiaia
g1.4	= 690 kN	muro laterale sx
g1.5	= 0 kN	muro laterale dx
g1.6	= 0 kN	bandiera sx
g1.7	= 9 kN	bandiera dx
g1.8	= 14 kN	baggioli

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 20 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
--	---

g1.9 =	0 kN	apparecchi di appoggio
g1.10 =	0 kN	elemento 1
g1.11 =	9436 kN	elemento 2
Fz =	5 kN	azione verticale
x =	0 m	coordinata x punto di applicazione
y =	-3 m	coordinata y punto di applicazione
z =	5069 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t =	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V =	400.2 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz =	7203.6 kN	peso del terreno
x =	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y =	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z =	-5.35 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ =	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ =	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 =	9.10 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B =	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx =	3966.3 kN	spinta del terreno
x =	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y =	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z =	-3.03 m	coordinata z punto di applicazione

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q =	20.00 kPa	sovraccarico stradale
ϕ =	35 °	angolo di attrito del terreno
K =	0.426	coefficiente di spinta
H =	9.10 m	altezza di spinta terreno
B =	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx =	968.6 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 =	-4.55 m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

Bx =	4.60 m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz =	1148.2 kN	risultante verticale sovraccarico
x =	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y =	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z =	-1.60 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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 21 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.088 g	accelerazione di picco
S_S	=	1.50	coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1.00	coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50	
β_m	=	1.00	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a_{max}	=	0.132 g	accelerazione massima
K_h	=	0.132	coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.066	coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

γ	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	7.50 m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	1668.0	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

ϕ	=	35 °	angolo di attrito
ψ	=	90 °	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
β	=	0 °	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
δ	=	0 °	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	7.06 °	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = K_h / (1 + K_v)$
K_1	=	0.615	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K_2	=	0.792	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.615	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
E_d	=	4144 kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	1449.6 kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

Valore adottato

ΔP	=	1668.0 kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	4.60 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.35 m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

forza d'inerzia coord y p.to di applicaz coord z p.to di applicaz

	Fi	y	z	
plinto	=	669	4.80	0.00
muro frontale	=	259	5.50	0.00
paraghiaia	=	132	4.20	0.00
muro laterale sx	=	91	2.30	5.84
muro laterale dx	=	91	2.30	-5.84
bandiera sx	=	0	-1.40	5.49
bandiera dx	=	0	-0.50	-5.74

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 22 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
--	---

baggioli	=	1	5.20	0.00
apparecchi di appoggio	=	2	5.20	0.00
elemento 1	=	0	4.55	4.75
elemento 2	=	0	4.55	-4.75
terreno su plinto	=	951	2.30	0.00
risultante intradosso plinto	=	2196	3.56	0.00
risultante base muro frontale	=	575	4.19	0.00

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	2908	134	-1163	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	9436	0	2664	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	377	21	-151	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	7204	0	18009	terreno su plinto spalla
g3-sp	3966	0	0	0	-12031	spinta del terreno su spalla
e2-imp	11	0	166	0	-117	ritiro
e3.1-imp	40	0	235	0	-271	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	114	0	-88	0	-471	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	0	2	1541	2151	-616	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	5	1189	3850	-476	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	969	0	1148	0	-1537	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	156	0	0	0	-689	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0	171	0	1306	0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	251	72	-21	503	-1104	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	75	241	-21	1679	-325	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	75	72	-72	503	-305	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2456	0	0	0	-11173	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	2196	0	0	0	-8418	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2196	0	8418	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1098	0	1364	forze d'inerzia verticali
q7-imp	33	0	0	0	-178	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

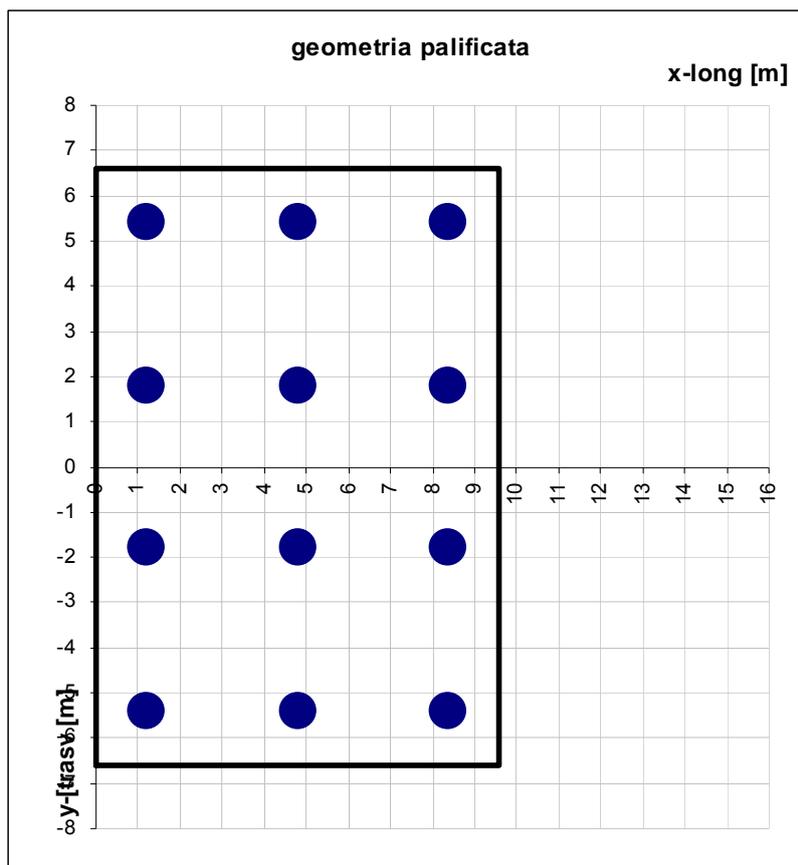


Figura 4.2: Geometria palificata spalla A carr. SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 24 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLU1	2919	2840	2760	2681	2694	2615	2535	2456	2469	2389	2310	2230
SLU2	2895	2815	2736	2657	2675	2595	2516	2436	2454	2375	2295	2216
SLU3	2854	2818	2782	2746	2629	2593	2557	2521	2403	2367	2332	2296
SLU4	2830	2794	2758	2722	2609	2573	2538	2502	2389	2353	2317	2281
SLU5	2950	2828	2706	2584	2718	2596	2474	2352	2486	2364	2242	2121
SLU6	2926	2804	2682	2560	2699	2577	2455	2333	2472	2350	2228	2106
SLU7	2885	2806	2728	2650	2653	2574	2496	2418	2421	2343	2264	2186
SLU8	2860	2782	2704	2625	2633	2555	2477	2398	2406	2328	2250	2171
SLU9	2813	2747	2681	2615	2598	2532	2466	2400	2384	2318	2252	2186
SLU10	2788	2722	2656	2591	2579	2513	2447	2381	2369	2303	2237	2171
SLU11	2747	2725	2703	2680	2533	2510	2488	2466	2318	2296	2273	2251
SLU12	2723	2701	2678	2656	2513	2491	2469	2446	2304	2281	2259	2237
SLU13	2836	2738	2640	2542	2616	2518	2421	2323	2397	2299	2201	2103
SLU14	2811	2714	2616	2518	2597	2499	2401	2303	2382	2284	2187	2089
SLU15	2771	2716	2662	2608	2551	2497	2442	2388	2331	2277	2223	2169
SLU16	2746	2692	2638	2583	2532	2477	2423	2369	2317	2263	2208	2154
SLU17	2849	2783	2717	2651	2598	2532	2466	2400	2348	2282	2216	2150
SLU18	2824	2758	2692	2626	2579	2513	2447	2381	2333	2267	2201	2135
SLU19	2783	2761	2739	2716	2533	2510	2488	2466	2282	2260	2237	2215
SLU20	2759	2737	2714	2692	2513	2491	2469	2446	2268	2245	2223	2201
SLU21	2872	2774	2676	2578	2616	2518	2421	2323	2361	2263	2165	2067
SLU22	2847	2750	2652	2554	2597	2499	2401	2303	2346	2249	2151	2053
SLU23	2806	2752	2698	2644	2551	2497	2442	2388	2295	2241	2187	2133
SLU24	2782	2728	2674	2619	2532	2477	2423	2369	2281	2227	2173	2118
SLU25	2870	2790	2710	2629	2620	2539	2459	2378	2369	2289	2208	2128
SLU26	2846	2766	2685	2605	2601	2520	2440	2359	2355	2275	2194	2114
SLU27	2762	2754	2746	2738	2511	2503	2495	2487	2261	2253	2245	2237
SLU28	2737	2729	2721	2714	2492	2484	2476	2468	2246	2238	2230	2222
SLU29	2894	2781	2669	2557	2638	2526	2413	2301	2383	2270	2158	2046
SLU30	2869	2757	2644	2532	2619	2506	2394	2282	2368	2256	2143	2031
SLU31	2785	2745	2705	2665	2529	2489	2450	2410	2274	2234	2194	2154
SLU32	2760	2721	2681	2641	2510	2470	2430	2391	2259	2220	2180	2140
SLU33	2854	2788	2722	2656	2608	2542	2476	2410	2362	2296	2230	2164
SLU34	2813	2747	2681	2615	2575	2509	2443	2377	2338	2272	2206	2140
SLU35	2788	2766	2743	2721	2542	2520	2497	2475	2296	2274	2251	2229
SLU36	2748	2725	2703	2680	2510	2488	2465	2443	2272	2250	2227	2205
SLU37	2877	2779	2681	2583	2626	2528	2430	2332	2375	2277	2179	2081
SLU38	2836	2738	2640	2543	2593	2496	2398	2300	2351	2253	2155	2057
SLU39	2811	2757	2703	2648	2560	2506	2452	2398	2309	2255	2201	2147
SLU40	2771	2716	2662	2608	2528	2474	2419	2365	2285	2231	2177	2123
SLV1	1224	1212	1200	1187	1701	1688	1676	1664	2177	2165	2153	2141
SLV2	1207	1195	1183	1170	1687	1675	1663	1651	2167	2155	2143	2131
SLV3	2198	2008	1818	1628	1967	1777	1587	1398	1736	1547	1357	1167
SLV4	2181	1991	1801	1611	1954	1764	1574	1384	1726	1537	1347	1157
SLV5	2067	2054	2042	2030	1788	1776	1764	1751	1509	1497	1485	1473
SLV6	2050	2038	2025	2013	1774	1762	1750	1738	1499	1487	1475	1463

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU1	561	13	561
SLU2	566	13	566
SLU3	561	-13	561
SLU4	566	-13	566
SLU5	561	13	561
SLU6	566	13	566
SLU7	561	-12	561
SLU8	566	-12	566
SLU9	553	13	554
SLU10	558	13	558
SLU11	553	-13	554
SLU12	558	-13	558
SLU13	553	13	554
SLU14	558	13	558
SLU15	553	-12	554
SLU16	558	-12	558
SLU17	534	13	534
SLU18	538	13	539
SLU19	534	-13	534
SLU20	538	-13	539
SLU21	534	13	534
SLU22	538	13	539
SLU23	534	-12	534
SLU24	538	-12	539
SLU25	534	22	534
SLU26	538	22	539
SLU27	534	-21	534
SLU28	538	-21	539
SLU29	534	22	534
SLU30	538	22	539
SLU31	534	-21	534
SLU32	538	-21	539
SLU33	536	13	536
SLU34	543	13	543
SLU35	536	-13	536
SLU36	543	-13	543
SLU37	536	13	536
SLU38	543	13	543
SLU39	536	-12	536
SLU40	543	-12	543
SLV1	743	6	743
SLV2	746	6	747
SLV3	341	203	397
SLV4	344	203	400
SLV5	341	6	341
SLV6	344	6	344

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 26 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

RIEPILOGO (kN)			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SpA_SX	2950	2031	566
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SpA_SX	2198	1157	747

4.5 CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE

4.5.1 Combinazione Caratteristica

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLE_C1	2110	2063	2015	1968	1925	1878	1830	1783	1740	1693	1646	1598
SLE_C2	2090	2042	1995	1948	1909	1862	1814	1767	1728	1681	1634	1586
SLE_C3	2066	2048	2030	2012	1881	1863	1845	1827	1697	1678	1660	1642
SLE_C4	2046	2028	2010	1991	1865	1847	1829	1811	1685	1666	1648	1630
SLE_C5	1843	1879	1915	1951	1629	1665	1701	1738	1416	1452	1488	1524
SLE_C6	1822	1858	1895	1931	1613	1649	1685	1721	1404	1440	1476	1512
SLE_C7	1799	1864	1929	1995	1586	1651	1716	1781	1372	1438	1503	1568
SLE_C8	1779	1844	1909	1974	1570	1635	1700	1765	1360	1426	1491	1556

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLE_C1	396	9	396
SLE_C2	399	9	399
SLE_C3	396	-8	396
SLE_C4	399	-8	399
SLE_C5	396	8	396
SLE_C6	399	8	399
SLE_C7	396	-9	396
SLE_C8	399	-9	399

RIEPILOGO SLE_C (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2110	1360	399

4.5.2 Combinazione Frequente

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLE_F1	2095	2058	2020	1983	1910	1873	1835	1798	1726	1688	1650	1613
SLE_F2	2075	2038	2000	1962	1894	1857	1819	1782	1714	1676	1638	1601
SLE_F3	2081	2053	2025	1997	1896	1868	1840	1812	1711	1683	1655	1627
SLE_F4	2061	2033	2005	1977	1880	1852	1824	1796	1699	1671	1643	1615
SLE_F5	1828	1874	1920	1965	1615	1661	1706	1752	1401	1447	1493	1539

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 27 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

SLE_F6	1808	1854	1899	1945	1599	1644	1690	1736	1389	1435	1481	1527
SLE_F7	1814	1869	1925	1980	1600	1656	1711	1767	1387	1442	1498	1553
SLE_F8	1793	1849	1904	1960	1584	1640	1695	1750	1375	1430	1486	1541

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLE_F1	396	3	396
SLE_F2	399	3	399
SLE_F3	396	-3	396
SLE_F4	399	-3	399
SLE_F5	396	3	396
SLE_F6	399	3	399
SLE_F7	396	-3	396

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2095	1375	399

4.5.3 Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N (kN)												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLE_QP1	1930	1927	1925	1922	1688	1685	1683	1680	1446	1444	1441	1438
SLE_QP2	1913	1911	1908	1905	1675	1672	1669	1666	1436	1434	1431	1428

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLE_QP1	335	0	335
SLE_QP2	338	0	338

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
1930	1428	338

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	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	27000 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	747.0 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1773 kNm	massimo momento flettente

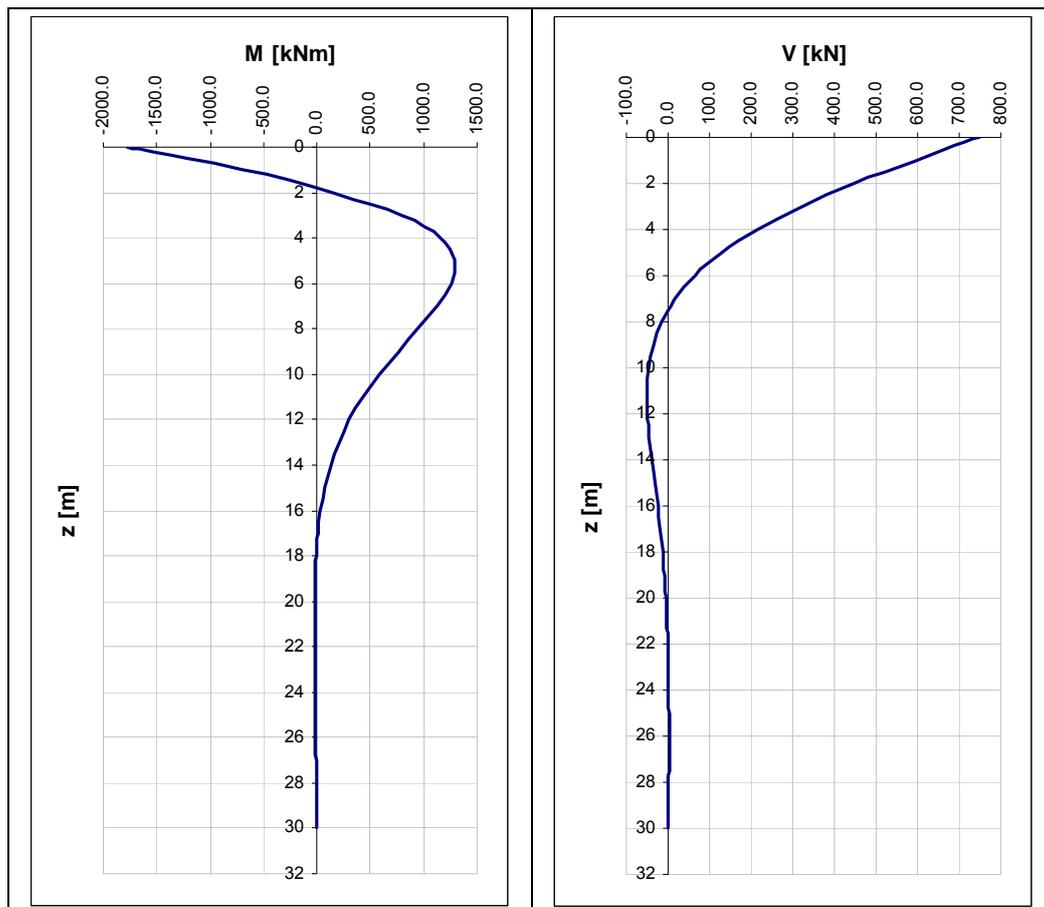


Figura 4.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 29 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.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'	\varnothing	n	s	M_{Ed}	N_{Ed}	M_{res}	FS
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	24	12.3	1773.00	1170.0	2783	1.57
gabbia n.2	9.7	16.7	12	5	18	18	19.2	686.00	1170	1434	2.09
gabbia n.3	15.7	22	12.5	5	18	15	23.0	20.75	1170	1302	62.75

Tabella 4.1: Verifiche condotte e armature adottate per i pali della SpA_SX

4.6.2 Verifica a taglio

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

SPALLA A

Sollecitazioni

V_{Sd} = **747** kN taglio di calcolo

N_{Sd} = **1170** kN sforzo normale di calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck} = **40** MPa resistenza caratteristica cubica

f_{ck} = **33.2** MPa resistenza caratteristica cilindrica

α_{cc} = **0.85** coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata

γ_c = **1.5** coefficiente parziale di sicurezza

f_{cd} = **18.81** MPa resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_{yk} = **450.00** MPa tensione caratteristica di snervamento

γ_s = **1.15** coefficiente parziale di sicurezza

f_{yd} = **391.30** MPa tensione di snervamento di calcolo

Geometria

D = **1200** mm diametro palo

c = **50** mm copriferro

d = **1150** mm altezza utile

b_{we} = **1080** mm base equivalente

d_e = **892** mm altezza utile equivalente

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n_l = **28** numero ferri longitudinali

\varnothing_l = **26** mm diametro ferri longitudinali

A_{sl} = **14866** mm² armatura longitudinale

A_c = **1130973.36** mm² area sezione cls

k = **1.47**

σ_{cp} = **1.0345** MPa tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$

ρ_1 = **0.01543** ok rapporto geometrico di armatura longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 30 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

$\leq 0,02$

V_{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	782.15	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	747	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.05	ok	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\varnothing_w	=	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	307.88	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_{we}	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	18.81	MPa	
ν	=	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	9.41	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.02965		% meccanica di armatura trasversale
αC	=	1.05499		
$\cot\theta$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1208.95	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2966.99	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1208.95	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	747	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.62	ok	se >1 verifica soddisfatta

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 σ_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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 31 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Tabella 4.2: Tensioni di riferimento

		comb.	comb.
		FREQUENTE	QUASI PERM.
Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione			
σ_s		w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		32	25
200		25	16
240		16	12
280		12	8
320		10	6
360		8	-
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione			
σ_s		w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		300	200
200		250	150
240		200	100
280		150	50
320		100	-
360		50	-

Nella Tabella 4.3 seguente vengono riportate le sollecitazioni rispetto alle quali sono state effettuate le verifiche a fessurazione

Tabella 4.3: Sollecitazioni i di calcolo

comb Frequente		comb. Quasi Permanente			
	Nmin	Mmax		Nmin	Mmax
N	1360	1586	N	1375	1615
V	399	399	V	399	399
M	1684	1684	M	1684	1684

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	= 200	200	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 142.60	127.10	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 1.40	1.57		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

Quasi Permanente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	= 160	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 141.50	125.20	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 1.13	1.28		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 32 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

4.7.2 Verifica delle tensioni in 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}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Tabella 4.4: Sollecitazioni i di calcolo

comb. Rara			comb. Quasi Permanente			
	Nmin	Mmax		Nmin	Mmax	
N	1428	1428	N	1375	1615	
V	338	338	V	399	399	
M	802	802	M	1044	1044	

Comb_Nmax Comb_Mmax Rara Rara

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	6.1	6.1	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.29	3.29		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

Comb_Nmax Comb_Mmax Quasi perm. Quasi perm.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	8.0	7.9	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		1.88	1.89		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmin comb_Mmax RARA RARA

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

σ_s	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	84.3	141.5	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		4.27	2.54		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 33 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

5 ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA SX (SPB_SX)

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.

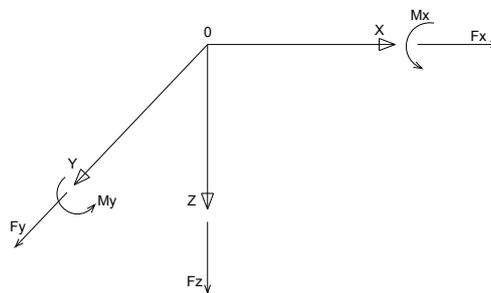


Figura 5.1: Sistema di riferimento

In particolare in questa sezione vengono riportate le azioni sulla spalla A della carreggiata sinistra (SpA_SX) 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	2908	129	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	-88	0	114	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	0	1	1541	2124	0	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	0	4	1189	3773	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	292	0	azione del vento trasversale
q6.1x	251	72	-22	102	251	sisma longitudinale
q6.1y	75	240	-22	341	75	sisma trasversale
q6.1z	75	72	-72	102	75	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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 34 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

5.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5068.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1965.6 kN	muro frontale
g1.3	=	813.7 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	621.9 kN	muro laterale sx
g1.5	=	621.9 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	=	9115.2 kN	azione verticale
x	=	4.56 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.46 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	360.7 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	6492.8 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.98 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ	=	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	=	6.76 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	2188.7 kN	spinta del terreno
x	=	4.60 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.85 m	coordinata z punto di applicazione

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00 kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35 °	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	coefficiente di spinta
H	=	8.36 m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	889.8 kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 35 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

x = 0.00 m coordinata x punto di applicazione
y = 0.00 m coordinata y punto di applicazione
z = -4.18 m coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale
Bx = 4.60 m lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz = 1148.2 kN risultante verticale sovraccarico
x = 2.30 m coordinata x punto di applicazione
y = 0.00 m coordinata y punto di applicazione
z = -1.60 m coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g = 0.088$ g accelerazione di picco
 $S_S = 1.50$ coefficiente di amplificazione stratigrafica
 $S_T = 1.00$ coefficiente di amplificazione topografica
 $S = 1.50$
 $\beta_m = 1.00$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
 $a_{max} = 0.132$ g accelerazione massima
 $K_h = 0.132$ coefficiente sismico orizzontale
 $K_v = 0.066$ coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

$\gamma = 18$ kN/m³ peso dell'unità di volume del terreno
H = 6.76 m altezza di spinta terreno
B = 12.48 m larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
 $\Delta P = 1355.0$ 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 $\tan(\theta) = Kh/(1+Kv)$
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 $\beta > \phi - \vartheta$
K = 0.615 coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed = 3366 kN spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
 $\Delta S = 1177.7$ kN incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

Valore adottato

$\Delta P = 1355.0$ kN incremento di spinta terreno in fase sismica
x = 4.60 m coordinata x punto di applicazione
y = 0.00 m coordinata y punto di applicazione
z = -4.98 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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 36 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Forze d'inerzia (q6.2)

forza d'inerzia coord y p.to di applicaz coord z p.to di applicaz

	Fi	y	z
plinto	= 669	4.80	0.00
muro frontale	= 259	5.50	0.00
paraghiaia	= 107	4.20	0.00
muro laterale sx	= 82	2.30	5.84
muro laterale dx	= 82	2.30	-5.84
bandiera sx	= 0	-1.40	5.49
bandiera dx	= 0	-0.50	-5.74
baggioli	= 1	5.20	0.00
apparecchi di appoggio	= 2	5.20	0.00
elemento 1	= 0	4.55	4.75
elemento 2	= 0	4.55	-4.75
terreno su plinto	= 857	2.30	0.00
risultante intradosso plinto	= 2060	3.62	0.00
risultante base muro frontale	= 532	4.25	0.00

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	2908	130	-1163	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	9115	0	2213	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	377	20	-151	permanententi portati su impalcato
g2-sp	0	0	6493	0	16232	terreno su plinto spalla
g3-sp	3347	0	0	0	-9328	spinta del terreno su spalla
e2-imp	11	0	166	0	-117	ritiro
e3.1-imp	40	0	235	0	-271	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	114	0	-88	0	-471	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	0	1	1541	2132	-616	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	4	1189	3796	-475	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	890	0	1148	0	-849	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	156	0	0	0	-689	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	0	122	0	952	0	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	251	72	-22	493	-1104	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	75	240	-22	1645	-325	sisma 2 impalcato

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 37 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

q6.1z-imp	75	72	-72	493	-305	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2072	0	0	0	-8663	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	2060	0	0	0	-7229	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2060	0	7229	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1030	0	1217	forze d'inerzia verticali
q7-imp	33	0	0	0	-178	azione parassita dei vincoli

5.4 CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU

Geometria della palificata						
PALO	X	Y	Xp	Yp	trasv Jxi	long Jyi
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

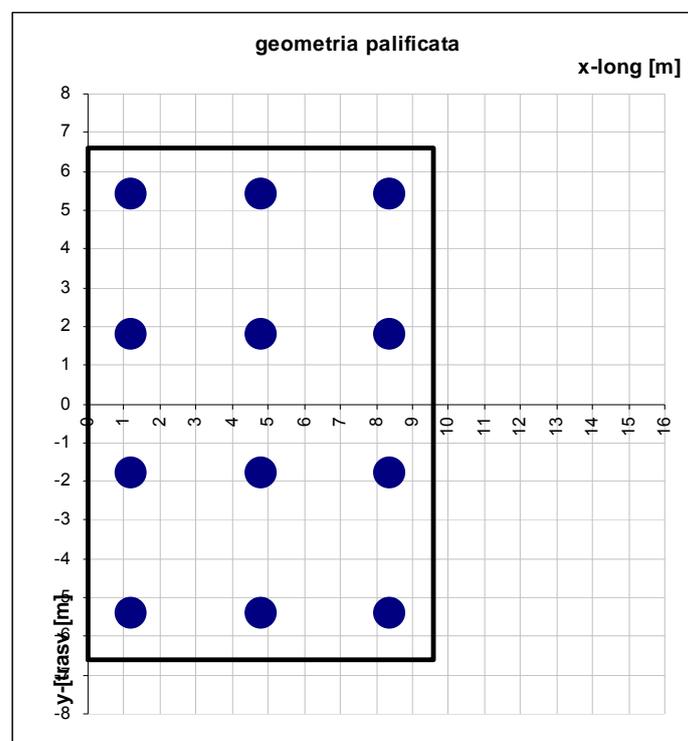


Figura 5.2: Geometria palificata spalla B carr. SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 38 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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

SFORZO NORMALE N [kN]												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLU1	2848	2775	2702	2629	2568	2495	2422	2349	2288	2215	2142	2069
SLU2	2824	2751	2678	2605	2549	2476	2403	2330	2274	2201	2128	2055
SLU3	2800	2759	2718	2677	2520	2479	2438	2397	2241	2199	2158	2117
SLU4	2776	2735	2694	2652	2501	2460	2419	2378	2226	2185	2144	2103
SLU5	2877	2763	2648	2534	2591	2476	2362	2247	2304	2190	2075	1961
SLU6	2853	2738	2624	2509	2571	2457	2342	2228	2290	2175	2061	1946
SLU7	2830	2747	2664	2581	2543	2460	2378	2295	2257	2174	2091	2008
SLU8	2805	2723	2640	2557	2524	2441	2358	2275	2242	2160	2077	1994
SLU9	2734	2674	2614	2555	2472	2413	2353	2294	2211	2152	2092	2032
SLU10	2709	2650	2590	2530	2453	2393	2334	2274	2197	2137	2078	2018
SLU11	2686	2658	2630	2602	2425	2397	2369	2341	2164	2136	2108	2080
SLU12	2662	2634	2606	2578	2405	2378	2350	2322	2149	2121	2094	2066
SLU13	2756	2665	2574	2483	2490	2399	2308	2217	2223	2133	2042	1951
SLU14	2731	2640	2550	2459	2470	2379	2289	2198	2209	2118	2027	1937
SLU15	2708	2649	2590	2531	2442	2383	2324	2265	2176	2117	2058	1999
SLU16	2684	2625	2566	2506	2423	2363	2304	2245	2161	2102	2043	1984
SLU17	2769	2710	2650	2591	2472	2413	2353	2294	2175	2116	2056	1997
SLU18	2745	2685	2626	2566	2453	2393	2334	2274	2161	2101	2042	1982
SLU19	2722	2694	2666	2638	2425	2397	2369	2341	2128	2100	2072	2044
SLU20	2697	2670	2642	2614	2405	2378	2350	2322	2113	2086	2058	2030
SLU21	2792	2701	2610	2519	2490	2399	2308	2217	2188	2097	2006	1915
SLU22	2767	2676	2586	2495	2470	2379	2289	2198	2173	2082	1992	1901
SLU23	2744	2685	2626	2567	2442	2383	2324	2265	2140	2081	2022	1963
SLU24	2720	2660	2601	2542	2423	2363	2304	2245	2126	2066	2007	1948
SLU25	2785	2715	2645	2575	2488	2418	2348	2278	2191	2121	2051	1981
SLU26	2761	2691	2621	2550	2469	2399	2329	2258	2177	2107	2037	1966
SLU27	2706	2689	2671	2654	2409	2392	2374	2357	2112	2095	2077	2060
SLU28	2682	2664	2647	2630	2390	2372	2355	2338	2098	2080	2063	2046
SLU29	2807	2706	2605	2503	2505	2404	2303	2201	2203	2102	2001	1899
SLU30	2783	2682	2580	2479	2486	2385	2283	2182	2189	2088	1986	1885
SLU31	2728	2680	2631	2583	2426	2378	2329	2281	2124	2076	2027	1979
SLU32	2704	2655	2607	2558	2407	2358	2310	2261	2110	2061	2013	1964
SLU33	2774	2715	2655	2596	2482	2422	2363	2303	2189	2130	2070	2011
SLU34	2734	2674	2615	2555	2450	2390	2330	2271	2165	2106	2046	1987
SLU35	2727	2699	2671	2643	2434	2406	2379	2351	2142	2114	2086	2058
SLU36	2686	2658	2630	2603	2402	2374	2346	2318	2118	2090	2062	2034
SLU37	2796	2706	2615	2524	2499	2408	2317	2227	2201	2111	2020	1929
SLU38	2756	2665	2574	2483	2467	2376	2285	2194	2178	2087	1996	1905
SLU39	2749	2690	2631	2572	2451	2392	2333	2274	2154	2095	2036	1977
SLU40	2708	2649	2590	2531	2419	2360	2301	2242	2130	2071	2012	1953
SLV1	1282	1271	1259	1247	1614	1602	1590	1578	1946	1934	1922	1910
SLV2	1266	1254	1242	1230	1601	1589	1577	1565	1936	1924	1912	1900
SLV3	2094	1927	1760	1593	1847	1680	1513	1346	1600	1433	1266	1098
SLV4	2077	1910	1743	1576	1833	1666	1499	1332	1590	1423	1256	1088
SLV5	1986	1974	1962	1950	1696	1684	1672	1660	1406	1394	1382	1370
SLV6	1969	1957	1945	1933	1682	1670	1658	1647	1396	1384	1372	1360

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLU1	483	9	483
SLU2	487	9	487
SLU3	483	-9	483
SLU4	487	-9	487
SLU5	483	10	483
SLU6	487	10	487
SLU7	483	-9	483
SLU8	487	-9	487
SLU9	477	9	477
SLU10	482	9	482
SLU11	477	-9	477
SLU12	482	-9	482
SLU13	477	10	477
SLU14	482	10	482
SLU15	477	-9	477
SLU16	482	-9	482
SLU17	458	9	458
SLU18	462	9	462
SLU19	458	-9	458
SLU20	462	-9	462
SLU21	458	10	458
SLU22	462	10	462
SLU23	458	-9	458
SLU24	462	-9	462
SLU25	458	15	458
SLU26	462	15	462
SLU27	458	-15	458
SLU28	462	-15	462
SLU29	458	16	458
SLU30	462	16	462
SLU31	458	-15	458
SLU32	462	-15	462
SLU33	459	9	459
SLU34	467	9	467
SLU35	459	-9	459
SLU36	467	-9	467
SLU37	459	10	459
SLU38	467	10	467
SLU39	459	-9	459
SLU40	467	-9	467
SLV1	649	6	649
SLV2	652	6	652
SLV3	289	192	347
SLV4	293	192	350
SLV5	289	6	290
SLV6	293	6	293

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 40 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

RIEPILOGO (kN)			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SpB_SX	2877	1885	487
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SpB_SX	2094	1088	652

5.5 CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE

5.5.1 Combinazione Caratteristica

SFORZO NORMALE N [kN]												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLE_C1	2052	2009	1966	1923	1833	1790	1747	1704	1613	1570	1527	1484
SLE_C2	2032	1989	1946	1903	1816	1773	1730	1687	1601	1558	1515	1472
SLE_C3	2020	1998	1976	1955	1801	1779	1757	1735	1581	1560	1538	1516
SLE_C4	2000	1978	1956	1934	1785	1763	1741	1719	1569	1548	1526	1504
SLE_C5	1786	1826	1865	1904	1538	1578	1617	1656	1291	1330	1369	1409
SLE_C6	1766	1805	1845	1884	1522	1562	1601	1640	1279	1318	1357	1397
SLE_C7	1754	1815	1876	1936	1507	1567	1628	1688	1259	1319	1380	1440
SLE_C8	1734	1795	1855	1916	1491	1551	1612	1672	1247	1307	1368	1428

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLE_C1	339	6	339
SLE_C2	343	6	343
SLE_C3	339	-6	339
SLE_C4	343	-6	343
SLE_C5	339	6	339
SLE_C6	343	6	343
SLE_C7	339	-6	339
SLE_C8	343	-6	343
SLE_F1	339	2	339
SLE_F2	343	2	343
SLE_F3	339	-2	339
SLE_F4	343	-2	343
SLE_F5	339	2	339
SLE_F6	343	2	343
SLE_F7	339	-2	339
SLE_F8	343	-2	343
SLE_QP1	283	0	283
SLE_QP2	286	0	286

RIEPILOGO SLE_C (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2052	1247	343

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 41 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

5.5.2 Combinazione Frequente

SFORZO NORMALE N [kN]												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLE_F1	2041	2005	1969	1934	1822	1786	1750	1714	1603	1567	1531	1495
SLE_F2	2021	1985	1949	1913	1806	1770	1734	1698	1591	1555	1519	1483
SLE_F3	2031	2002	1973	1944	1811	1782	1754	1725	1592	1563	1534	1505
SLE_F4	2010	1982	1953	1924	1795	1766	1737	1709	1580	1551	1522	1493
SLE_F5	1776	1822	1868	1915	1528	1574	1621	1667	1280	1327	1373	1419
SLE_F6	1755	1802	1848	1895	1512	1558	1605	1651	1268	1315	1361	1407
SLE_F7	1765	1819	1872	1925	1517	1571	1624	1678	1270	1323	1376	1430
SLE_F8	1745	1798	1852	1905	1501	1555	1608	1662	1258	1311	1364	1418

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLE_F1	339	2	339
SLE_F2	343	2	343
SLE_F3	339	-2	339
SLE_F4	343	-2	343
SLE_F5	339	2	339
SLE_F6	343	2	343
SLE_F7	339	-2	339
SLE_F8	343	-2	343

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2041	1258	343

5.5.3 Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N [kN]												
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SLE_QP1	1861	1858	1855	1852	1602	1599	1597	1594	1344	1341	1338	1335
SLE_QP2	1844	1841	1838	1835	1589	1586	1583	1580	1334	1331	1328	1325

TAGLI	taglio Vx	taglio Vy	V
SLE_QP1	283	0	283
SLE_QP2	286	0	286

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
1861	1325	286

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 42 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
--	---

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.

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

E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	27000 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	652.0 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1547 kNm	massimo momento flettente

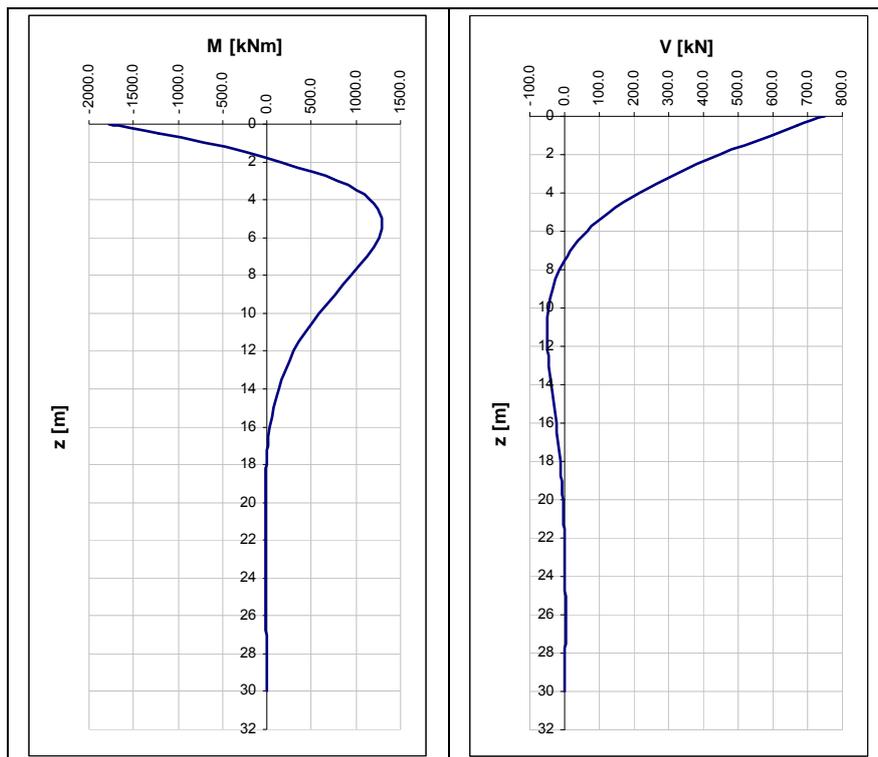


Figura 5.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 43 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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 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'	Ø	n	s	M _{Ed}	N _{Ed}	M _{res}	FS
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	24	14.4	1547.00	1230.0	2802	1.81
gabbia n.2	9.7	16.7	12	5	18	18	19.2	598.76	1230	1457	2.43
gabbia n.3	15.7	22	12.5	5	18	15	23.0	18.11	1230	1327	73.27

Tabella 5.1: Verifiche condotte e armature adottate per i pali della SpB_SX

5.6.2 Verifica a taglio

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

SPALLA A

Sollecitazioni

V_{Sd} = 652 kN taglio di calcolo

N_{Sd} = 1230 kN sforzo normale di calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck} = 40 MPa resistenza caratteristica cubica

f_{ck} = 33.2 MPa resistenza caratteristica cilindrica

α_{cc} = 0.85 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata

γ_c = 1.5 coefficiente parziale di sicurezza

f_{cd} = 18.81 MPa resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_{yk} = 450.00 MPa tensione caratteristica di snervamento

γ_s = 1.15 coefficiente parziale di sicurezza

f_{yd} = 391.30 MPa tensione di snervamento di calcolo

Geometria

D = 1200 mm diametro palo

c = 50 mm copriferro

d = 1150 mm altezza utile

b_{we} = 1080 mm base equivalente

d_e = 892 mm altezza utile equivalente

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n_l = 24 numero ferri longitudinali

Ø_l = 26 mm diametro ferri longitudinali

A_{sl} = 12742 mm² armatura longitudinale

A_c = 1130973.36 mm² area sezione cls

k = 1.47

σ_{cp} = 1.0876 MPa tensione media calcestruzzo ≤ 0,2f_{cd}

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 44 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

ρ_1	=	0.01323	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	758.13	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	652	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.16	ok	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\emptyset_w	=	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	307.88	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_{we}	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	18.81	MPa	
ν	=	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	9.41	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.02965		% meccanica di armatura trasversale
α_C	=	1.05781		
$\cot(\theta)$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1208.95	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2974.92	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1208.95	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	652	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.85	ok	se >1 verifica soddisfatta

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

Per le successive gabbie si prevede armatura trasversale costituita da una spirale $\emptyset 10/30$ 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 σ_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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 45 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Tabella 5.2: Tensioni di riferimento

		comb.	comb.
		FREQUENTE	QUASI PERM.
Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione			
σ_s		w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		32	25
200		25	16
240		16	12
280		12	8
320		10	6
360		8	-
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione			
σ_s		w2=0.30 mm	w1=0.20 mm
[MPa]		Ø	Ø
160		300	200
200		250	150
240		200	100
280		150	50
320		100	-
360		50	-

Nella Tabella 4.3 seguente vengono riportate le sollecitazioni rispetto alle quali sono state effettuate le verifiche a fessurazione

Tabella 5.3: Sollecitazioni i di calcolo

comb Frequente		comb. Quasi Permanente			
	Nmin	Mmax		Nmin	Mmax
N	1247	1247	N	1247	1258
V	343	343	V	343	343
M	814	814	M	814	814

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	= 200	200	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 98.39	98.39	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 2.03	2.03		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

Quasi Permanente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	= 160	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 98.39	97.66	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 1.63	1.64		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 46 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

5.7.2 Verifica delle tensioni in 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}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Tabella 5.4: Sollecitazioni i di calcolo

comb. Rara			comb. Quasi Permanente		
	Nmin	Mmax		Nmin	Mmax
N	1325	1325	N	1247	1258
V	286	286	V	343	343
M	679	679	M	814	814

comb_Nmax comb_Mmax RARA RARA

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	5.1	5.1	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.90	3.90		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmax comb_Mmax QUASI PERM. QUASI PERM.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	6.2	6.2	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		2.42	2.42		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmin comb_Mmax RARA RARA

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

σ_s	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	64.5	64.5	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		5.58	5.58		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 47 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.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	γ	ϕ'	c'	c_u
	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[°]	[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 σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i valori riportati di seguito:

c_u	α
(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:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 48 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

Tabella 6.1 - Coefficienti parziali azioni.

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qii}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	

⁽¹⁾ 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	$tg \phi_k$	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	γ	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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 49 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Tabella 6.3 - Coefficienti parziali da applicare alleresistenze.

RESISTENZA	SIMBOLO	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_R	1.0	1.45	1.15	1.0	1.7	1.35	1.0	1.6	1.3
Laterale in compressione	γ_S	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15
Totale ^(*)	γ_t	1.0	1.45	1.15	1.0	1.6	1.30	1.0	1.55	1.25
Laterale in trazione	γ_{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 ξ 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 ξ_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	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_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=22.0 m				
	condizioni drenate (CD)	condizioni non drenate (UU)		
R_s	4539	5497	kN	resistenza laterale
R_b	3382	2518	kN	resistenza alla base
R	7920	8014	kN	resistenza palo
$R_{s,k}$	2670	3233	kN	resistenza laterale caratteristica
$R_{b,k}$	1989	1481	kN	resistenza alla base caratteristica
R_k	4659	4714	kN	resistenza caratteristica palo
$R_{s,d}$	2321	2812	kN	resistenza laterale di calcolo
$R_{b,d}$	1473	1097	kN	resistenza alla base di calcolo
R_d	3795	3908	kN	resistenza di calcolo palo
W	484	484	kN	peso palo compensato
$R_{d,red}$	3311	3425	kN	resistenza di calcolo ridotta del peso 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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 50 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Spalla B - PALO Ø1200 – L=22.0 m				
	condizioni drenate (CD)	condizioni non drenate (UU)		
R _s	4768	5760	kN	resistenza laterale
R _b	3440	2522	kN	resistenza alla base
R	8208	8282	kN	resistenza palo
R _{s,k}	2805	3388	kN	resistenza laterale caratteristica
R _{b,k}	2023	1483	kN	resistenza alla base caratteristica
R _k	4828	4872	kN	resistenza caratteristica palo
R _{s,d}	2439	2947	kN	resistenza laterale di calcolo
R _{b,d}	1499	1099	kN	resistenza alla base di calcolo
R _d	3938	4045	kN	resistenza di calcolo palo
W	470	470	kN	peso palo compensato
R _{d,red}	3468	3576	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	2950	2198
SpB	2877	2094

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

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 γ_T da applicare alle resistenze caratteristiche riportati in tabella:

Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 51 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

6.2.3 Risultati spalla A carreggiata destra (SpA_SX)

D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	22.00	m	lunghezza palo
M _y	=	2400	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c _u	=	175	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q _{lim,1}	=	59084	kN	carico limite per palo corto
M _{max}	=	1028059	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q _{lim,2}	=	22711	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	12.0	m	
M _{max}	=	174658.7	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q _{lim,3}	=	2050	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	2050.1	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	1366.8	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30		coefficiente parziale
Q _{lim,d}	=	1051.4	kN	carico limite (valore di progetto)
F _h		747	kN	azione trasversale testa palo
check		1.41		se >1 verifica soddisfatta

6.2.4 Risultati spalla B carreggiata destra (SpB_SX)

D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	22.00	m	lunghezza palo
M _y	=	2400	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c _u	=	180	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q _{lim,1}	=	60523	kN	carico limite per palo corto
M _{max}	=	1053093	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q _{lim,2}	=	23261	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	12.0	m	
M _{max}	=	178935.9	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q _{lim,3}	=	2059	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	2059.4	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	1372.9	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30		coefficiente parziale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 52 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

$Q_{lim,d}$ = 1056.1 kN carico limite (valore di progetto)

F_h 747 kN azione trasversale testa palo
check 1.41 se >1 verifica soddisfatta

7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SpA_SX AGLI SLU

Per il dimensionamento di plinti, muri frontali, laterali e paraghia delle due spalle, si verifica la sola Spalla A in quanto, a parità delle altre dimensioni, presenta altezza dei muri laterali e del muro paraghiaia maggiore rispetto alla spalla B. (Figura 1.1, Figura 7.2 Geometria Spalla A carr. Sinistra)

Geometrie Spalla SpA_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	9.60
muro frontale	1.80	12.48	3.50	1.80
muro paraghiaia	0.80	12.48	4.00	0.80
muro laterale sx	4.60	0.80	7.50	4.60
muro laterale dx	4.60	0.80	7.50	4.60
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Figura 7.1: Geometria Spalla A carr. Sinistra

Geometrie Spalla SpB_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	9.60
muro frontale	1.80	12.48	3.50	1.80
muro paraghiaia	0.80	12.48	3.26	0.80
muro laterale sx	4.60	0.80	6.76	4.60
muro laterale dx	4.60	0.80	6.76	4.60
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Figura 7.2: Geometria Spalla B carr. Sinistra

7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata sinistra presenta pianta quadrata di lato 13,20 m ed altezza pari a 1.80 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 rigidità 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.

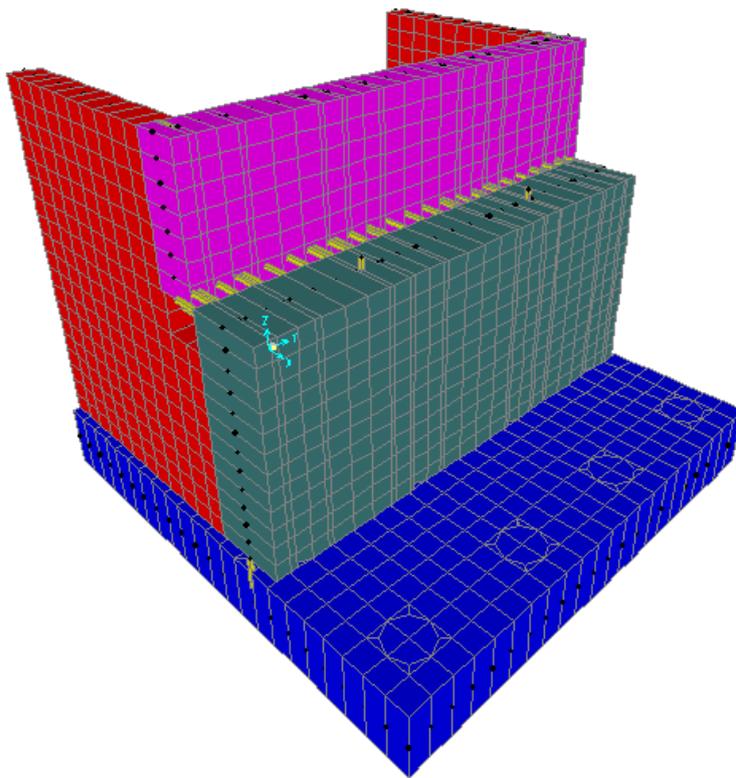


Figura 7.3: Vista frontale Spalla SpA_SX

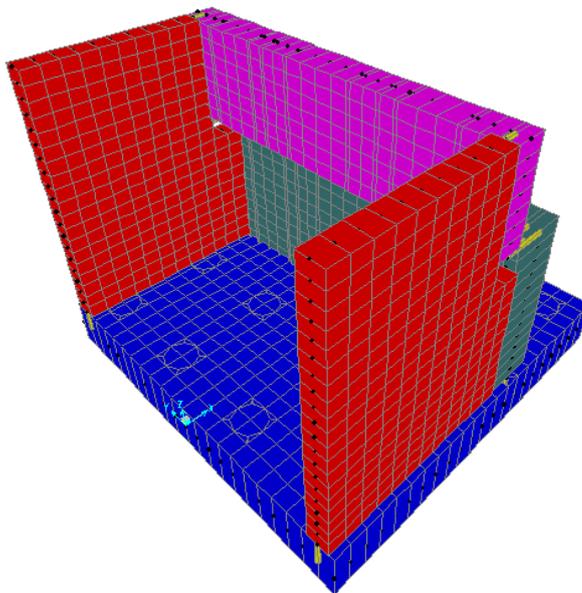


Figura 7.4: Vista laterale Spalla SpA_SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 54 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

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
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 involuppi del momento flettente orizzontale (M_{11}) e verticale (M_{22}).

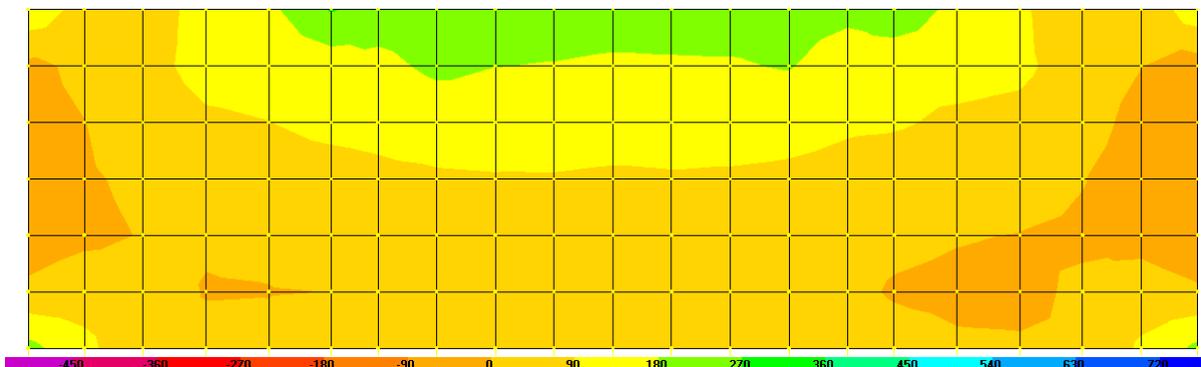


Figura 7.5 – Involuppo Momento M11

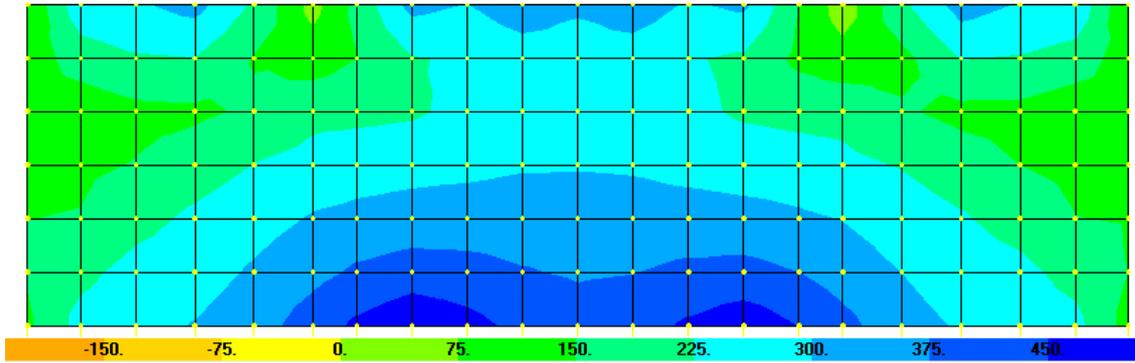


Figura 7.6 – Involuppo Momento M22

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.

MURO FRONTALE

				Verifica verticale				
	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS		
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	0-3.5	2	5 Φ 16	670	683	1.02	OK	momento verticale $M_z=M_{22-}$
Arm X-	0-3.5	2	5 Φ 18	480	861	1.79	OK	momento verticale $M_z=M_{22+}$

Verifica momento orizzontale

				Verifica momento orizzontale				
	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS		
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	0-3.5	2	5 Φ 18	12.7	370	861	2.33	momento orizzontale $M_y=M_{11-}$
Arm X-	0-3.5	2	5 Φ 16	10.1	250	683	2.73	momento orizzontale $M_y=M_{11+}$

7.3.2 Verifiche a taglio

Si rappresentano nelle figure seguenti gli involuppi massimi degli sforzi di taglio orizzontale (agente sulle facce aventi normale la direzione orizzontale) e verticale (agente sulle facce aventi normale la direzione verticale). 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.

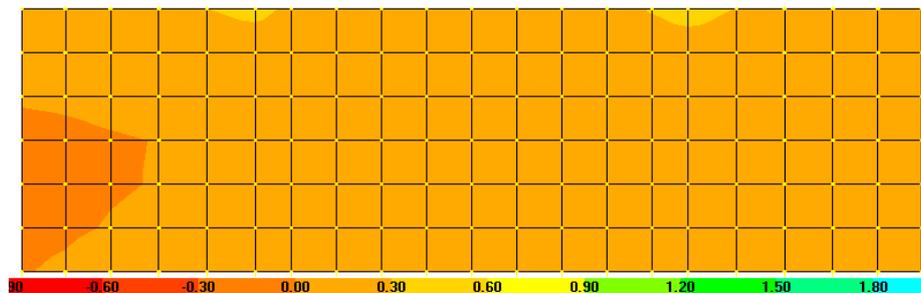


Figura 7.7 – Involuppo del taglio agente nella direzione X (V13.)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 56 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

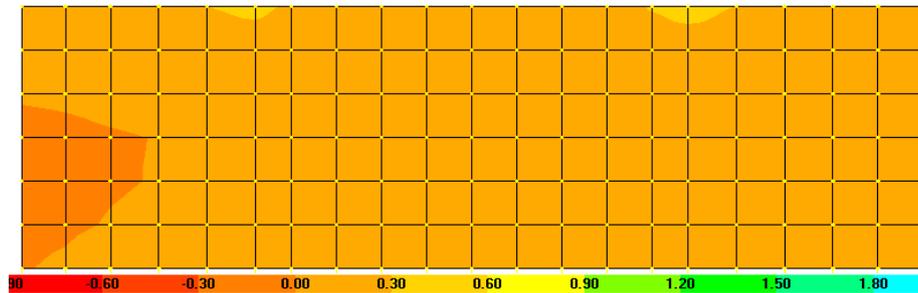


Figura 7.8 – Involuppo del taglio agente Y (V23).

sezione di verifica		muro frontale V13max	muro frontale V23max		
Sollecitazioni					
V	=	340	415	kN	taglio
N	=	0	210	kN	sforzamento normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1800	1800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1750	1750	mm	altezza utile
Materiali					
R _{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A _{sl}	=	2278.0	2278.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00127	0.00127		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
V _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	511.0	541.6	kN	taglio resistente
FS	=	1.5	1.3		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	200	200	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 57 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
--	--

A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta (V)$	=	68.6	56.6		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	2178.20	2178.20	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	9259.7	9325.3	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	2178.2	2178.2	kN	taglio resistente sezione
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.

MURO LATERALE

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-7.25 m	0.8	5 Φ 22	19.0	380	465	1.22 momento verticale $Mz+=M22+$
Arm Y-	0-7.25 m	0.8	5 Φ 16	10.1	150	254	1.69 momento verticale $Mz-=M22-$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-7.25 m	0.8	5 Φ 22	270	465	1.72	OK momento orizzontale $Mx+=M11+$
Arm Y-	0-7.25 m	0.8	5 Φ 16	20	254	12.70	OK momento orizzontale $Mx-=M11-$

7.4.2 Verifiche a taglio

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.

sezione di verifica	muri laterali	muri laterali		
	V13max	V23max		

Sollecitazioni

V	=	200	290	kN	taglio
N	=	0	170	kN	sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	700	700	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	650	650	mm	altezza utile

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 58 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Materiali

R_{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl}	=	2906.0	2906.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00415	0.00415		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.6	1.6		
v_{min}	=	0.4	0.4		
σ_{cp}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.2	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	278.1	301.8	kN	taglio resistente
FS	=	1.4	1.0		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta (V)$	=	16.8	11.7		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	404.52	404.52	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	3439.3	3490.1	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	404.5	404.5	kN	taglio resistente sezione
		2.0	1.4		
check	=	OK	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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 59 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

MURO FRONTALE PARAGHIAIA

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	220	285	1.30	OK momento verticale $M_z=M22-$
Arm X-	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	120	285	2.38	OK momento verticale $M_z=M22+$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	220	285	1.30	OK momento orizzontale $M_y=M11-$
Arm X-	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	85	360	4.23	OK momento orizzontale $M_y=M11+$

7.5.2 Verifiche a taglio

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.

sezione di verifica	muro paraghiaia		muro paraghiaia			
	V13max	V23max				
Sollecitazioni						
V	=	190	135	kN	taglio	
N	=	0	110	kN	sforzo normale (>0 compressione)	
Geometria						
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione	
H	=	800	800	mm	altezza sezione	
c	=	50	50	mm	copriferro	
d	=	750	750	mm	altezza utile	
Materiali						
R_{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica	
f_{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica	
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza	
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	
f_{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione	
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio	
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio	
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio	
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio						
A_{sl}	=	2011.0	2278.0	mm ²	armatura longitudinale	
ρ_l	=	0.00251	0.00285		rapporto geometrico di armatura longitudinale	
k	=	1.5	1.5			
V_{min}	=	0.4	0.4			
σ_{cp}	=	0.0	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo	
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)	
V_{Rd}	=	264.8	291.5	kN	taglio resistente	
FS	=	1.4	2.2		>1 verifica soddisfatta	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 60 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

check	=	OK	OK	
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\varnothing_w	=	12	12	mm diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	° inclinazione armatura
s	=	400	400	mm interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5	numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ² area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta (V)$	=	23.4	33.2	
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5	
Θ	=	22	22	° inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	466.76	466.76	kN taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01	coefficiente maggiorativo
f_{cd}	=	8.23	8.23	MPa resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	3968.4	4001.6	kN taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	466.8	466.8	kN taglio resistente sezione
		2.5	3.5	
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 involuppi del momento flettente orizzontale (M_{11}) e verticale (M_{22}).

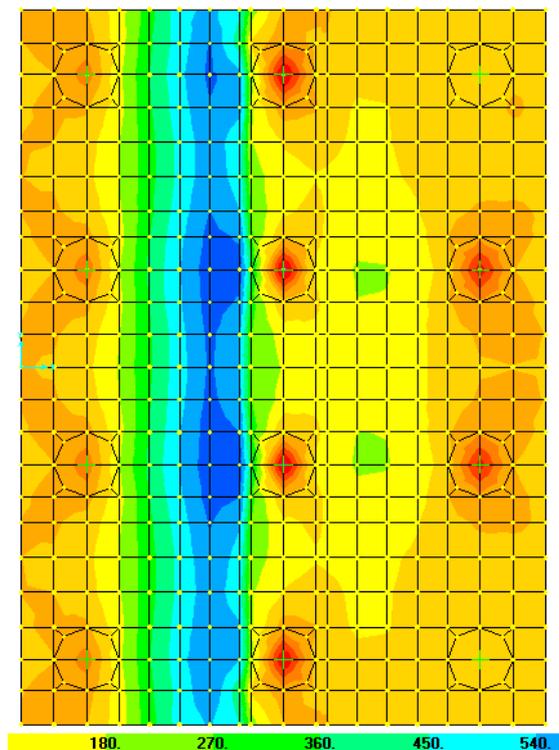


Figura 7.9 – Involuppo Momento M11

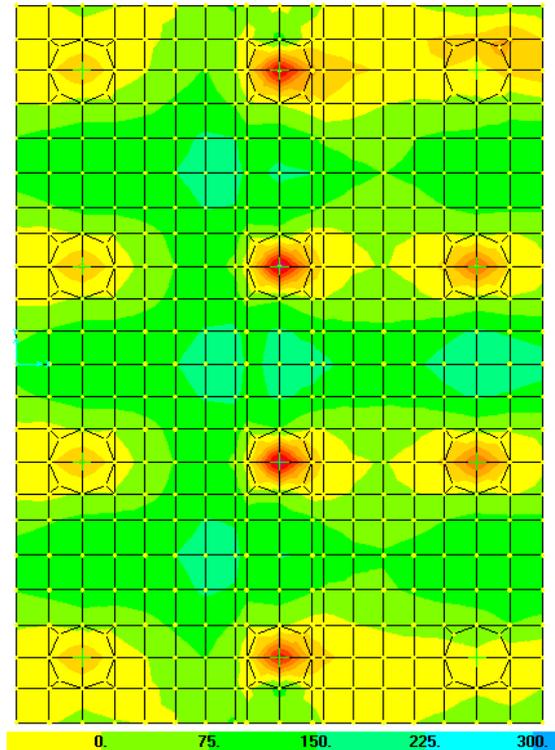


Figura 7.10 – Involuppo Momento M22

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.

PLINTO DI FONDAZIONE

Verifica Momento Longitudinale

		H		M_{Sd}^{sup} [kNm/m]	M_{Rd}^{sup} [kNm/m]	FS	
Arm-inf	X-inf	1.8	5 Φ 22	650	1120	1.72	OK momento longitudinale Mx=M11+
Arm-sup	X-sup	1.8	5 Φ 18	200	754	3.77	OK momento longitudinale Mx=M11-

Verifica Momento Trasversale

		H		M_{Sd}^{inf} [kNm/m]	M_{Rd}^{inf} [kNm/m]	FS	
Arm-inf	Y-inf		5 Φ 22	200	1120	5.60	OK momento trasversale My=M22+
Arm-sup	Y-sup		5 Φ 18	200	754	3.77	OK momento trasversale My=M22-

7.6.2 Verifiche a taglio

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.

sezione di verifica **plinto** **plinto**
 V13max V23max

Sollecitazioni

V = **550** **450** kN taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 62 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
--	--

N	=	0	0	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1600	1600	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1550	1550	mm	altezza utile
Materiali					
R _{ck}	=	40.0	40.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.2	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	18.8	18.8	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A _{sl}	=	3173.0	3173.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00198	0.00198		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4		
v _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	495.3	495.3	kN	taglio resistente
FS	=	0.9	1.1		>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	OK		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	26	26	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	1000	1000	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	1'061.86	1'061.86	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	38.1	46.6		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V _{Rsd}	=	1449.09	1449.09	kN	taglio resistente armatura
α _c	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f' _{cd}	=	9.41	9.41	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	9373.1	9373.1	kN	taglio resistente calcestruzzo
V _{Rd}	=	1449.1	1449.1	kN	taglio resistente sezione
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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 63 di 77	
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc	

8 VERIFICA DELLA SPALLA SpA_SX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

In questa sezione si riportano le verifiche agli stati limite di fessurazione della spalla A carreggiata sinistra.

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.

8.1 PLINTO DI FONDAZIONE

Condizioni ambientali: **aggressive**

Armature: **poco sensibili**

8.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.		comb.			
		FREQUENTE		FREQUENTE			
		inf	sup	inf	sup		
		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 _{ctm}	=	3.72	3.72	3.72	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ _c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{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
γ _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
GEOMETRIA SEZIONE							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 64 di 77	
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc	

n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n2	=						numero barre strato 2
n3	=						numero barre strato 3
n4	=						numero barre strato 4
n5	=						numero barre strato 5
n6	=						numero barre strato 6
n7	=						numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
Ø1	=	18	22	18	22	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=					mm	diametro barra strato 2
Ø3	=					mm	diametro barra strato 3
Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=					mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	22	18	22	18	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1550	1550	1550	1550	mm	ordinata barre strato 1
y2	=					mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=					mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	400	60	130	100	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	256.6	205.9	256.6	205.9	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1343	1394	1343	1394	mm	ordinata asse neutro
A	=	304228	253536	304228	253536	mm ²	area sezione reagente
J	=	54140274289	38081995333	54140274289	38081995333	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-1.90	-0.32	-0.62	-0.54	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	143.34	31.76	46.58	52.94	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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</p>	<p>Opera: Viadotto Favarella</p>
	<p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p>
	<p>Pagina 65 di 77</p>
	<p>Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc</p>

M_{fess}	=	1194.6	1181.8	1194.6	1181.8	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	3.0	19.7	9.2	11.8		check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.

8.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.		comb.			
		QUASI PERM.		QUASI PERM.			
		inf	sup	inf	sup		
		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_{ctm}	=	3.72	3.72	3.72	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{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
γ_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
GEOMETRIA SEZIONE							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
$n1$ (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
$n2$	=						numero barre strato 2
$n3$	=						numero barre strato 3
$n4$	=						numero barre strato 4
$n5$	=						numero barre strato 5
$n6$	=						numero barre strato 6
$n7$	=						numero barre strato 7
$n8$ (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
$\emptyset 1$	=	18	22	18	22	mm	diametro barre strato 1
$\emptyset 2$	=					mm	diametro barra strato 2
$\emptyset 3$	=					mm	diametro barra strato 3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 66 di 77	
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc	

Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=					mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	22	18	22	18	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1550	1550	1550	1550	mm	ordinata barre strato 1
y2	=					mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=					mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	300	60	120	80	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	256.6	205.9	256.6	205.9	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1343	1394	1343	1394	mm	ordinata asse neutro
A	=	304228	253536	304228	253536	mm ²	area sezione reagente
J	=	54140274289	38081995333	54140274289	38081995333	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-1.42	-0.32	-0.57	-0.43	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	107.50	31.76	43.00	42.35	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
sezione tesa							
M _{fess}	=	1194.6	1181.8	1194.6	1181.8	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	4.0	19.7	10.0	14.8		check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento 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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 67 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

8.2 MURO FRONTALE

Condizioni ambientali: **aggressive**

Armature: **poco sensibili**

8.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
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
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{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
γ_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
GEOMETRIA SEZIONE							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
n_1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n_2	=						numero barre strato 2
n_3	=						numero barre strato 3
n_4	=						numero barre strato 4
n_5	=						numero barre strato 5
n_6	=						numero barre strato 6
n_7	=						numero barre strato 7
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
\varnothing_1	=	18	16	16	18	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_2	=					mm	diametro barra strato 2
\varnothing_3	=					mm	diametro barra strato 3
\varnothing_4	=					mm	diametro barra strato 4

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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</p>	<p>Opera: Viadotto Favarella</p>
	<p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p>
	<p>Pagina 68 di 77</p>
	<p>Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc</p>

Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=					mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	16	18	18	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1750	1750	1750	1750	mm	ordinata barre strato 1
y2	=					mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=					mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1272	1005	1005	1272	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1005	1272	1272	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	110	230	250	240	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	200	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	202.2	229.4	229.4	419.3	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1598	1571	1571	1381	mm	ordinata asse neutro
A	=	236336	263578	263578	419345	mm ²	area sezione reagente
J	=	39323819337	48638545471	48638545471	53884754681	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	74908128	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.57	-1.08	-1.18	-1.12	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	64.95	107.86	117.24	53.29	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	1337.8	1343.3	1343.3	1399.5	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	12.2	5.8	5.4	5.8		check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.

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+

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 69 di 77
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc

Calcestruzzo

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
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{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
γ_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

GEOMETRIA SEZIONE

B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro

ARMATURA

numero barre							
n_1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n_2	=						numero barre strato 2
n_3	=						numero barre strato 3
n_4	=						numero barre strato 4
n_5	=						numero barre strato 5
n_6	=						numero barre strato 6
n_7	=						numero barre strato 7
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
\varnothing_1	=	18	18	16	18	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_2	=					mm	diametro barra strato 2
\varnothing_3	=					mm	diametro barra strato 3
\varnothing_4	=					mm	diametro barra strato 4
\varnothing_5	=					mm	diametro barra strato 5
\varnothing_6	=					mm	diametro barra strato 6
\varnothing_7	=					mm	diametro barra strato 7
\varnothing_8	=	16	18	18	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	ordinata barre strato 1
y_2	=					mm	ordinata barre strato 2
y_3	=					mm	ordinata barre strato 3
y_4	=					mm	ordinata barre strato 4
y_5	=					mm	ordinata barre strato 5
y_6	=					mm	ordinata barre strato 6

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 70 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
--	---

y7	=					mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							da sap
A _{s1}	=	1272	1272	1005	1272	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1005	1272	1272	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	200	200	220	170	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	200	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	202.2	226.7	229.4	613.8	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1598	1573	1571	1186	mm	ordinata asse neutro
A	=	236336	264884	263578	613823	mm ²	area sezione reagente
J	=	39323819337	48765543162	48638545471	102625023750	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	182016540	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-1.03	-0.93	-1.04	-0.67	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	118.08	93.71	103.17	18.73	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	1337.8	1348.1	1343.3	1399.5	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	6.7	6.7	6.1	8.2		check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.

8.3 MURO PARAGHIAIA

Condizioni ambientali: **aggressive**

Armature: **poco sensibili**

8.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 71 di 77	
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc	

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
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{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
γ_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
GEOMETRIA SEZIONE							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	800	800	800	800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
n_1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n_2	=						numero barre strato 2
n_3	=						numero barre strato 3
n_4	=						numero barre strato 4
n_5	=						numero barre strato 5
n_6	=						numero barre strato 6
n_7	=						numero barre strato 7
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
\varnothing_1	=	18	16	16	16	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_2	=					mm	diametro barra strato 2
\varnothing_3	=					mm	diametro barra strato 3
\varnothing_4	=					mm	diametro barra strato 4
\varnothing_5	=					mm	diametro barra strato 5
\varnothing_6	=					mm	diametro barra strato 6
\varnothing_7	=					mm	diametro barra strato 7
\varnothing_8	=	16	18	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y_1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y_2	=					mm	ordinata barre strato 2
y_3	=					mm	ordinata barre strato 3
y_4	=					mm	ordinata barre strato 4
y_5	=					mm	ordinata barre strato 5
y_6	=					mm	ordinata barre strato 6
y_7	=					mm	ordinata barre strato 7
y_8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A_{s1}	=	1272	1005	1005	1005	mm ²	area barre strato 1
A_{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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</p>	<p>Opera: Viadotto Favarella</p> <p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p> <p>Pagina 72 di 77</p> <p>Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc</p>
---	---

A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1005	1272	1005	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	30	130	10	90	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	100	kN	sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	126.1	142.8	128.1	184.4	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	674	657	672	616	mm	ordinata asse neutro
A	=	160297	176926	158231	184405	mm ²	area sezione reagente
J	=	6648676910	8137063235	6624867689	7186605992	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	10500509	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.57	-2.28	-0.19	-1.76	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	42.23	145.52	14.08	80.80	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	275.5	277.9	273.8	287.8	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	9.2	2.1	27.4	3.2		check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.

8.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
MATERIALI		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
Calcestruzzo		X-	X+	X-	X+		
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
γ _c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{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
γ _s	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo					Opera: Viadotto Favarella	
					Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
					Pagina 73 di 77	
					Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc	

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
GEOMETRIA SEZIONE							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	larghezza
H	=	800	800	800	800	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n2	=						numero barre strato 2
n3	=						numero barre strato 3
n4	=						numero barre strato 4
n5	=						numero barre strato 5
n6	=						numero barre strato 6
n7	=						numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
Ø1	=	18	16	16	16	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=					mm	diametro barra strato 2
Ø3	=					mm	diametro barra strato 3
Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=					mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	16	18	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y2	=					mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=					mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1272	1005	1005	1005	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1005	1272	1005	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	10	100	10	80	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	100	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	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 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Favarella Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 74 di 77 Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc
---	---

cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	
an	=	126.1	142.8	128.1	193.3	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	674	657	672	607	mm ordinata asse neutro
A	=	160297	176926	158231	193341	mm ² area sezione reagente
J	=	6648676910	8137063235	6624867689	7391626091	mm ⁴ momento d'inertia sezione reagente
S	=	0	0	0	12457640	mm ³ momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.19	-1.75	-0.19	-1.55	MPa tensione calcestruzzo
σ _s	=	14.08	111.94	14.08	67.03	MPa tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	
M _{fess}	=	275.5	277.9	273.8	287.8	kNm momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	27.6	2.8	27.4	3.6	check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.

8.4 MURI LATERALI

Condizioni ambientali: **aggressive**

Armature: **poco sensibili**

8.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE		comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (X)	Momento verticale (Z)	Momento orizzontale (X)	Momento verticale (Z)	
MATERIALI						
Calcestruzzo						
R _{ck}	=	35	35	35	35	MP a resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MP a resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MP a resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MP a resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MP a resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{ctfm}	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MP a resistenza media a trazione per flessione
γ _c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α _{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	MP a resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MP a resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	32588	32588	32588	32588	MP a modulo di Young
Acciaio						
E _s	=	206000	206000	206000	206000	MP a modulo di Young acciaio
γ _s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	coefficiente parziale acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MP a tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MP a 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 75 di 77	
	Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc	

c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
n1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n2	=						numero barre strato 2
n3	=						numero barre strato 3
n4	=						numero barre strato 4
n5	=						numero barre strato 5
n6	=						numero barre strato 6
n7	=						numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
Ø1	=	16	22	16	22	mm	diametro barre strato 1
Ø2	=					mm	diametro barra strato 2
Ø3	=					mm	diametro barra strato 3
Ø4	=					mm	diametro barra strato 4
Ø5	=					mm	diametro barra strato 5
Ø6	=					mm	diametro barra strato 6
Ø7	=					mm	diametro barra strato 7
Ø8	=	22	16	22	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	650	650	650	650	mm	ordinata barre strato 1
y2	=					mm	ordinata barre strato 2
y3	=					mm	ordinata barre strato 3
y4	=					mm	ordinata barre strato 4
y5	=					mm	ordinata barre strato 5
y6	=					mm	ordinata barre strato 6
y7	=					mm	ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1005	1901	1005	1901	mm ²	area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1901	1005	1901	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIO							
NI		M11-	M11+	M22-	M22+		da sap
M	=	130	150	200	220	kN	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	80	80	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	=	157.6	112.5	174.9	124.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	542	588	525	575	mm	ordinata asse neutro
A	=	201174	156060	174913	124603	mm ²	area sezione reagente
J	=	8391858206	4942579852	8454003376	4966149293	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	3636266	1967101	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-2.44	-3.41	-3.85	-5.07	MP	tensione calcestruzzo

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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</p>	<p>Opera: Viadotto Favarella</p>
	<p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p>
	<p>Pagina 76 di 77</p>
	<p>Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc</p>

σ_s	=	114.42	244.70	156.78	320.51	MP a	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	222.7	215.9	232.9	225.8	KN m	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{sd}$	=	1.7	1.4	1.2	1.0		check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.

8.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.		comb. QUASI PERM.			
		Momento orizzontale (X)	Momento verticale (Z)	Momento orizzontale (X)	Momento verticale (Z)		
MATERIALI		Y-	Y+	Y-	Y+		
Calcestruzzo							
R_{ck}	=	35	35	35	35	MP a	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MP a	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MP a	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MP a	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MP a	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.40	3.40	3.40	3.40	MP a	resistenza media a trazione per flessione
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{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	MP a	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MP a	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	32588	32588	32588	32588	MP a	modulo di Young
Acciaio							
E_s	=	206000	206000	206000	206000	MP a	modulo di Young acciaio
γ_s	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MP a	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MP a	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_2	=						numero barre strato 2
n_3	=						numero barre strato 3
n_4	=						numero barre strato 4
n_5	=						numero barre strato 5
n_6	=						numero barre strato 6
n_7	=						numero barre strato 7
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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</p>	<p>Opera: Viadotto Favarella</p> <p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p> <p>Pagina 77 di 77</p> <p>Nome file: VI02-B-CL007_C.00_relazione_calcolo_spalle_sx.doc</p>
---	--

diametro barre						
Ø1	=	16	22	16	22	mm diametro barre strato 1
Ø2	=					mm diametro barra strato 2
Ø3	=					mm diametro barra strato 3
Ø4	=					mm diametro barra strato 4
Ø5	=					mm diametro barra strato 5
Ø6	=					mm diametro barra strato 6
Ø7	=					mm diametro barra strato 7
Ø8	=	22	16	22	16	mm diametro barra strato 8
ordinate barre						
y1	=	650	650	650	650	mm ordinata barre strato 1
y2	=					mm ordinata barre strato 2
y3	=					mm ordinata barre strato 3
y4	=					mm ordinata barre strato 4
y5	=					mm ordinata barre strato 5
y6	=					mm ordinata barre strato 6
y7	=					mm ordinata barre strato 7
y8	=	50	50	50	50	mm ordinata barre strato 8
area barre						
A _{s1}	=	1005	1901	1005	1901	mm ² area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 7
A _{s8}	=	1901	1005	1901	1005	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONE						
NI		M11-	M11+	M22-	M22+	da sap
M	=	120	120	170	160	kN m momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	140	140	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	=	157.6	112.5	194.9	144.2	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	542	588	505	556	mm ordinata asse neutro
A	=	201174	156060	194903	144191	mm ² area sezione reagente
J	=	8391858206	4942579852	8689346800	5110254978	mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	8203779	5453565	mm ³ momento statico sezione reagente
σ _c	=	-2.25	-2.73	-3.33	-3.70	MP a tensione calcestruzzo
σ _s	=	105.62	195.76	116.50	194.77	MP a tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	
M _{fess}	=	222.7	215.9	240.5	233.1	kN m momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	1.9	1.8	1.4	1.5	check ok se >1

La verifica risulta soddisfatta in quanto il momento di prima fessurazione risulta sempre maggiore del momento di calcolo.