

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

Viadotto Arenella III

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 7 V I 2 1 4 V I 1 4 B C L 0 0 9 C - Scala:

F						
E						
D						
C	Settembre 2011	Aggiornamento Progettuale	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 Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 1 di 86 Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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 DX (SpA_DX).....</i>	<i>6</i>
1.2.2	<i>Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata DX (SpB_DX).....</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	15
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO SLE.....	17
4	ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA DX (SpA_DX)	19
4.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	19
4.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	20
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	25
4.5.1	<i>Combinazione Caratteristica</i>	<i>25</i>
4.5.2	<i>Combinazione Frequente</i>	<i>25</i>
4.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente</i>	<i>25</i>
4.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU).....	26
4.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato).....</i>	<i>27</i>
4.6.2	<i>Verifica a taglio</i>	<i>27</i>
4.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)	29
4.7.1	<i>Stato limite di fessurazione.....</i>	<i>29</i>
4.7.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>31</i>
5	ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA DX (SpB_DX).....	32
5.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	32
5.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	33
5.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	35
5.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU	36
5.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE	38
5.5.1	<i>Combinazione Caratteristica</i>	<i>38</i>
5.5.2	<i>Combinazione Frequente</i>	<i>38</i>
5.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente</i>	<i>38</i>
5.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU).....	39
5.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato).....</i>	<i>40</i>
5.6.2	<i>Verifica a taglio</i>	<i>40</i>
5.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)	42
5.7.1	<i>Stato limite di fessurazione.....</i>	<i>42</i>
5.7.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>44</i>
6	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....	45
6.1	CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO	45
6.1.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite verticale.....</i>	<i>45</i>
6.1.2	<i>Criteri di verifiche</i>	<i>47</i>
6.1.3	<i>Risultati</i>	<i>48</i>
6.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	49
6.2.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite orizzontale</i>	<i>49</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 Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 2 di 86 Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc
--	--

6.2.2	<i>Criteria di verifica</i>	49
6.2.3	<i>Risultati spalla A carreggiata destra (SpA_DX)</i>	49
6.2.4	<i>Risultati spalla B carreggiata destra (SpB_DX)</i>	50
7	VERIFICA DELLA SpA_DX AGLI SLU	51
7.1	PREMESSA	51
7.2	MODELLO DI CALCOLO	51
7.3	ANALISI DEI CARICHI	52
7.4	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	53
7.4.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	53
7.4.2	<i>Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali</i>	54
7.5	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	56
7.5.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	56
7.5.2	<i>Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali</i>	57
7.6	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA	58
7.6.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	58
7.6.2	<i>Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali</i>	59
7.7	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	60
7.7.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	60
7.7.2	<i>Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali</i>	62
8	VERIFICA DELLA SpA_DX AGLI SLE	64
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLE.....	64
8.2	PLINTO DI FONDAZIONE.....	65
8.2.1	<i>Verifica allo SLF combinazioni Frequenti</i>	65
8.2.2	<i>Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente</i>	66
8.3	MURO FRONTALE.....	68
8.3.1	<i>Verifica allo SLF combinazioni Frequenti</i>	68
8.3.2	<i>Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente</i>	69
8.4	MURO PARAGHIAIA	70
8.4.1	<i>Verifica allo SLF combinazioni Frequenti</i>	70
8.4.2	<i>Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente</i>	72
8.5	MURI LATERALI.....	73
8.5.1	<i>Verifica allo SLF combinazioni Frequenti</i>	73
8.5.2	<i>Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente</i>	75
9	DISPOSITIVI ANTISISMICI	77
10	VERIFICA BAGGIOLI SPALLE	82

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 3 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

1 GENERALITA'

1.1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata destra del viadotto ARENELLA III, 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".

La spalla A e la spalla B della carreggiata destra presentano la medesima geometria per cui si

1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico curvilineo di lunghezza complessiva di 585 m per la carreggiata sinistra e di 616 m per la carreggiata di destra. In corrispondenza della pila 9 su entrambe le carreggiate è disposto un giunto che le divide in due tratti.

La carreggiata sinistra è composta da n. 19 campate mentre la carreggiata destra è composta da n. 20 campate.

Le due campate di riva e le due campate adiacenti alla pila 9 dove è presente il giunto hanno luce pari a 30.0 m, mentre tutte le altre campate hanno luce pari a 31.0 m (Tabella 1.1).

Tabella 1.1: Caratteristiche del viadotto

Campate SX	L [m]	Campate DX	L [m]	
1	30.0	1	30.0	TRATTO 1
2	31.0	2	31.0	
3	31.0	3	31.0	
4	31.0	4	31.0	
5	31.0	5	31.0	
6	31.0	6	31.0	
7	31.0	7	31.0	
8	31.0	8	31.0	
9	30.0	9	30.0	
10	30.0	10	30.0	TRATTO 2
11	31.0	11	31.0	
12	31.0	12	31.0	
13	31.0	13	31.0	
14	31.0	14	31.0	
15	31.0	15	31.0	
16	31.0	16	31.0	
17	31.0	17	31.0	
18	31.0	18	31.0	
19	30.0	19	31.0	
		20	30.0	
Ltot	585.00	Ltot	616.00	

Nella Figura 1.1 si riportata la pianta fondazione del viadotto.

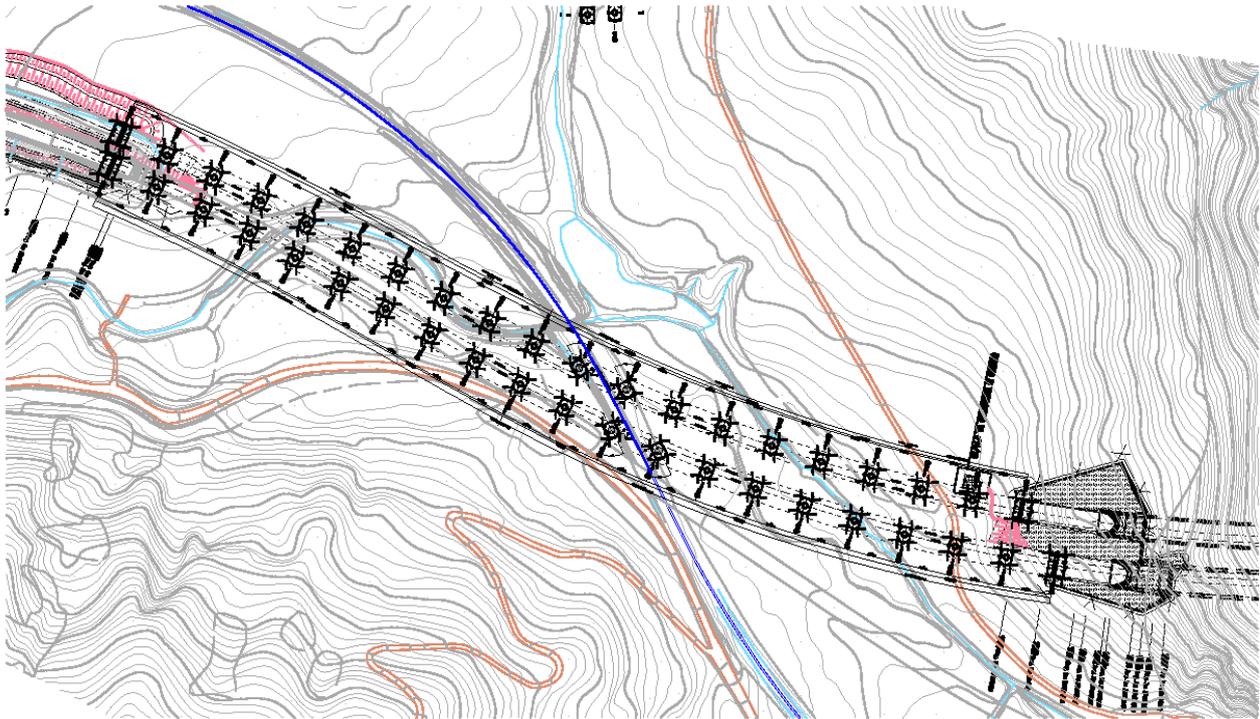


Figura 1.1: Pianta fondazioni

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 20-25 cm.

La larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 13.73 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 1.50 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 1.2) ed in sezione corrente (Figura 1.3) per la carreggiata destra.

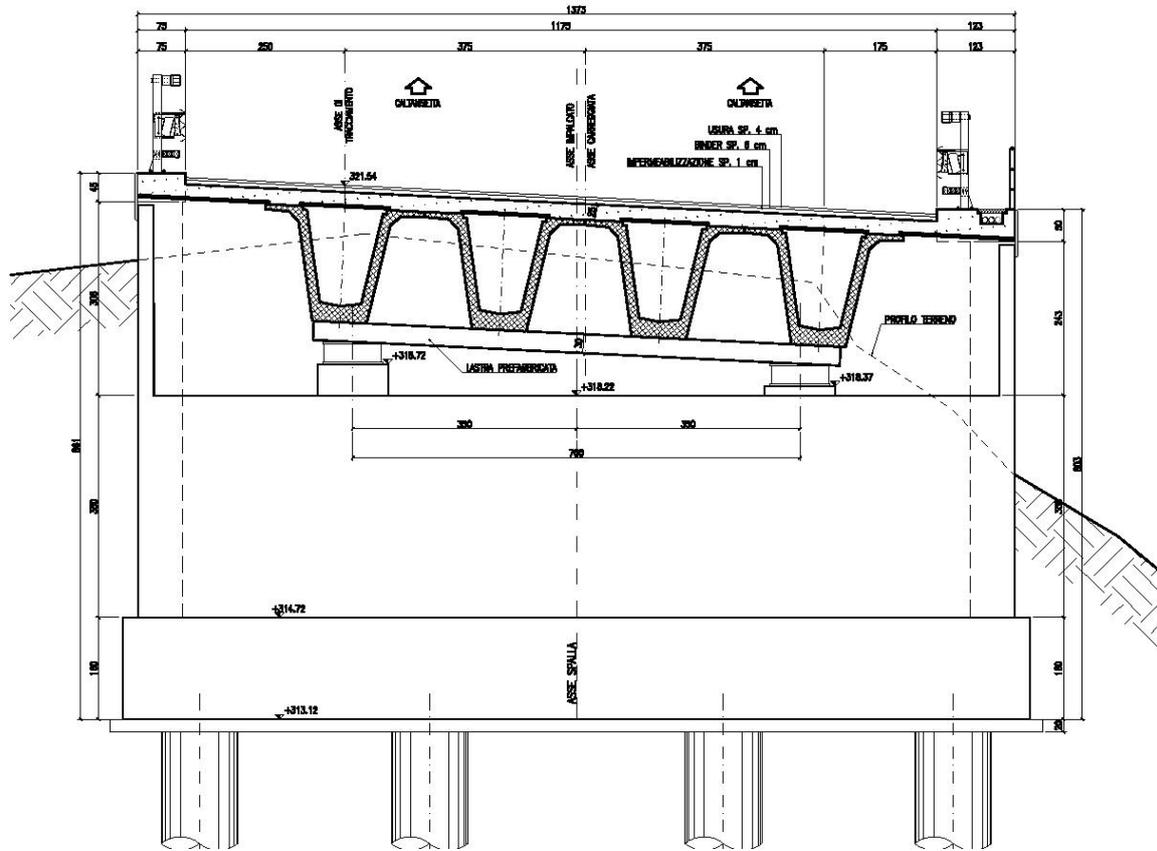


Figura 1.2 – Sezione trasversale dell'impalcato in asse alla spalla A carreggiata DX

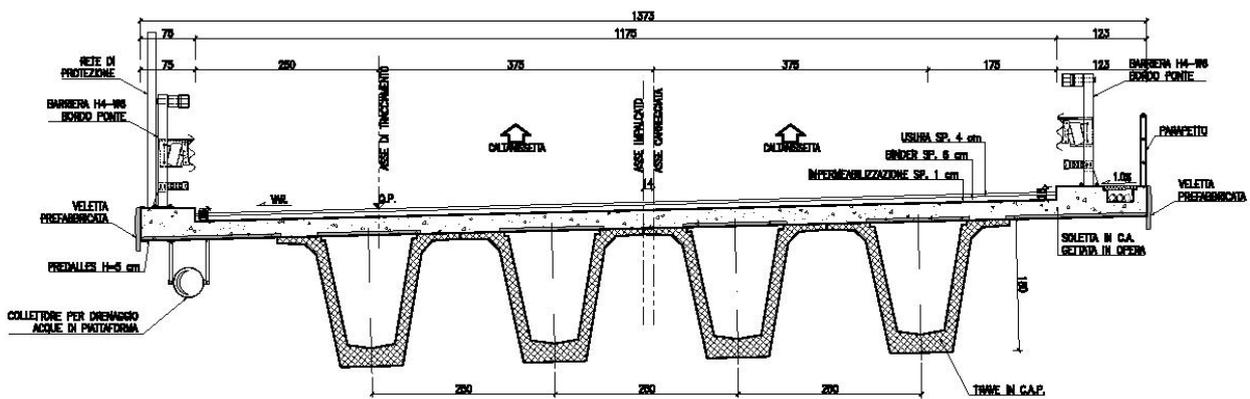


Figura 1.3 – Sezione corrente carreggiata DX

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 $\varnothing 1200$ 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 7.00 x 9.10m.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 6 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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 sono le seguenti:

Dispositivo: SI-H 900/168

V	=	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

1.2.1 Geometria e caratteristiche spalla A carreggiata DX (SpA_DX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla A carreggiata DX. La fondazione ha dimensioni in pianta di 9,60 m x 14,20 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 22,00 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_DX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	14.20	1.60	218.1
muro frontale	1.80	13.73	3.50	86.5
muro paraghiaia	0.80	13.73	3.20	35.1
muro laterale sx	4.60	0.70	7.00	22.5
muro laterale dx	4.60	0.70	7.00	22.5
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Tabella 1.2: Geometria spalla A carreggiata DX

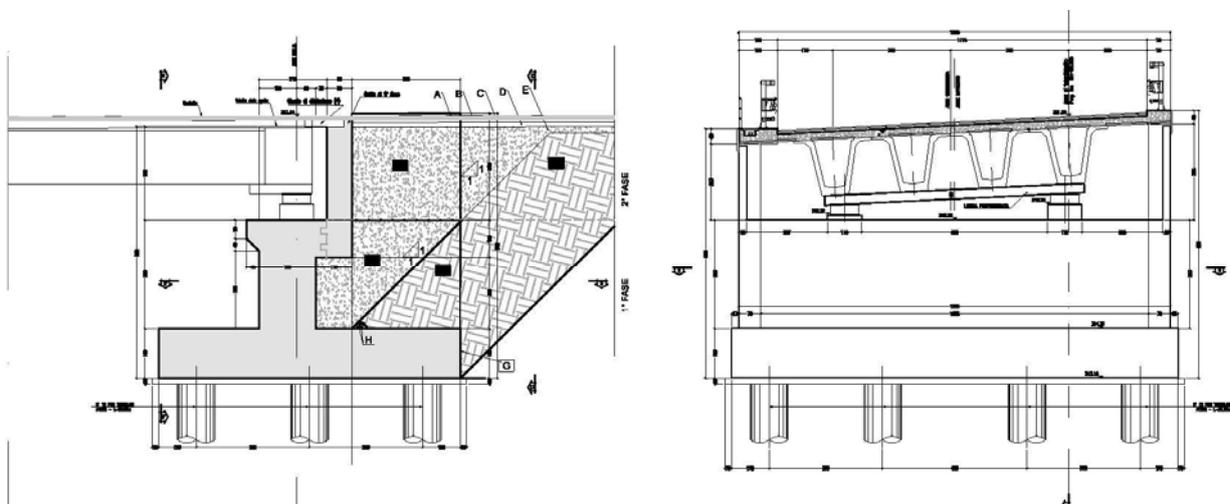


Figura 1.4: Sezione longitudinale SpA_DX e Vista frontale SpA_DX

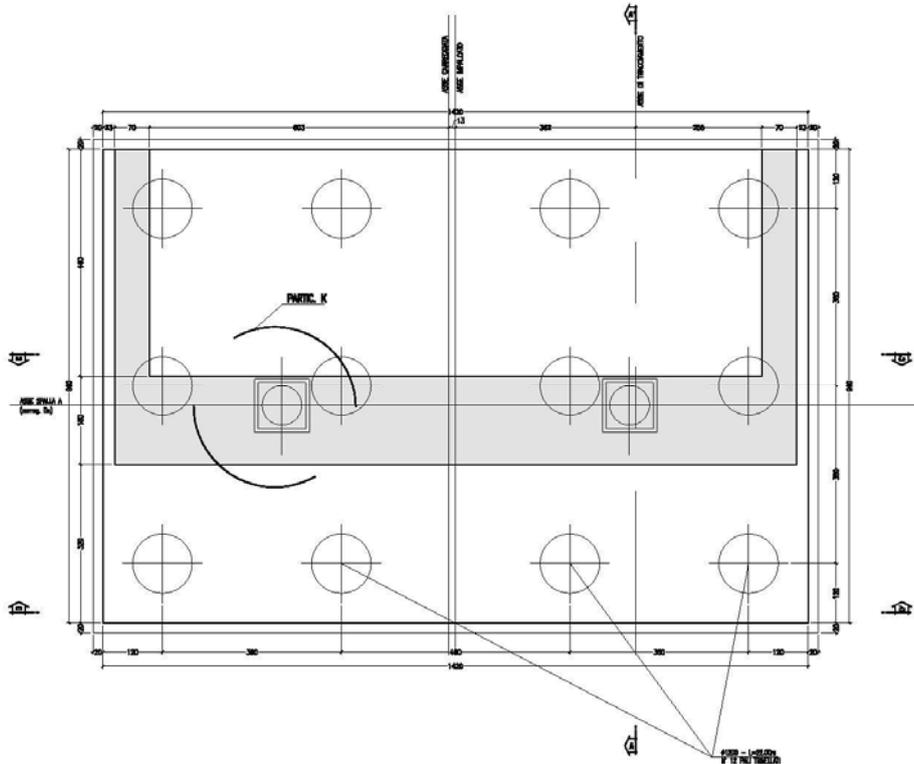


Figura 1.5: Pianta spiccato SpA_DX

1.2.2 Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata DX (SpB_DX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla B carreggiata DX. La fondazione ha dimensioni in pianta di 14,20 m x 9,6 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 22,00 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_DX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	14.20	1.60	218.1
muro frontale	1.80	13.73	3.50	86.5
muro paraghiaia	0.80	13.73	2.80	30.8
muro laterale sx	4.60	0.70	7.00	22.5
muro laterale dx	4.60	0.70	7.00	22.5
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Tabella 1.3: Geometria spalla B carreggiata DX

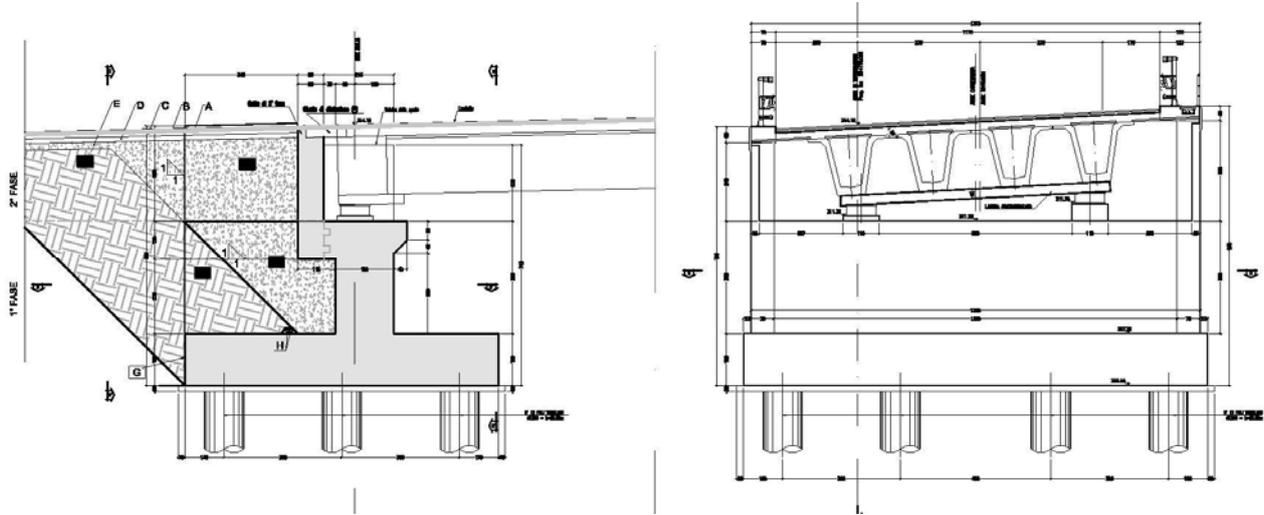


Figura 1.6: Sezione longitudinale SpB_DX e Vista frontale SpB_DX

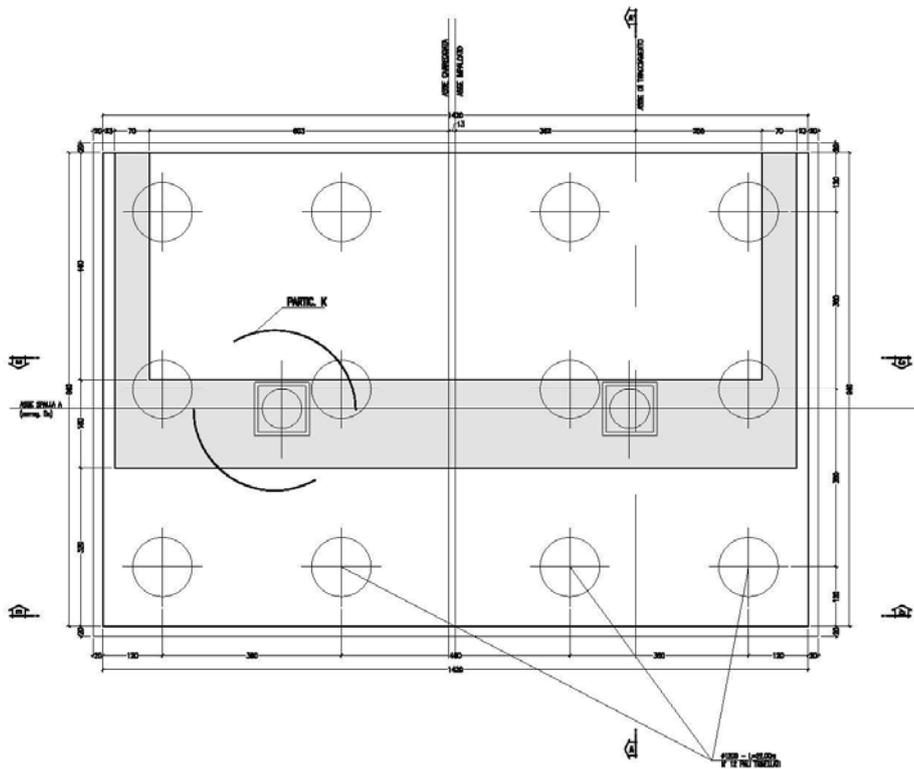


Figura 1.7: Pianta spiccato SpB_DX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 9 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 10 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.4.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume $RH = 70\%$. Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- pali: XA2;
- 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
XA2			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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 11 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

ELEVAZIONE PILE E SPALLE C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	20.67	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
f_{cm}	=	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3.07	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	31447	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}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 12 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

f_{ctm}	=	3.92	MPa	resistenza media a trazione semplice
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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 13 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

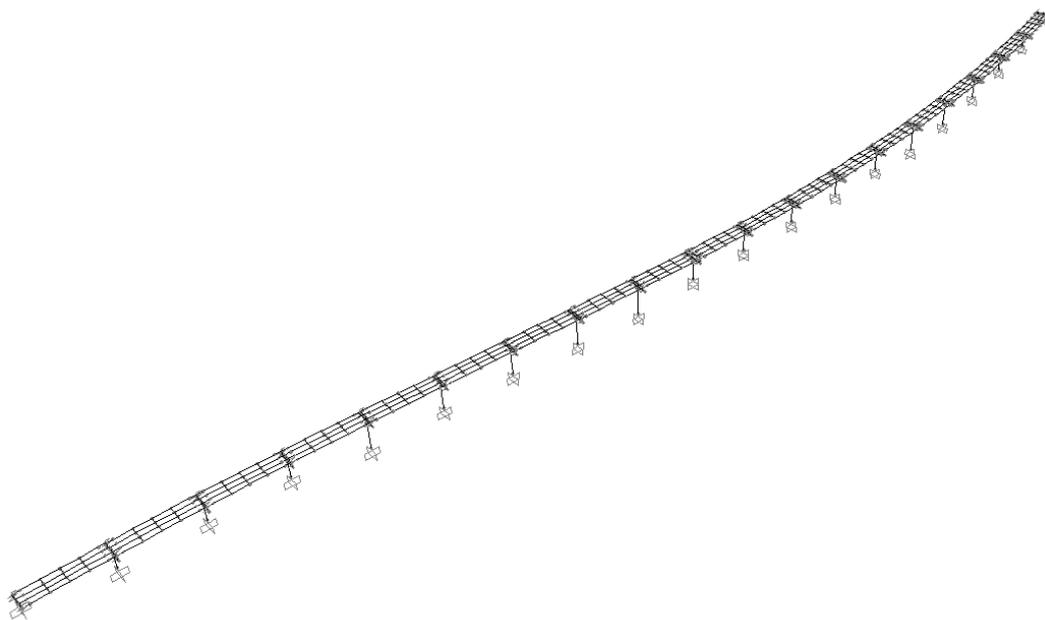


Figura 2.1: Modello numerico del Viadotto Favarella – Carreggiata DX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 14 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

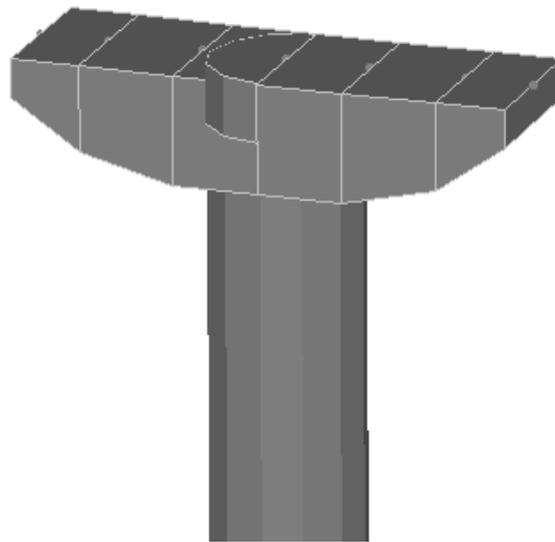


Figura 2.2: Modello agli elementi finiti della Pila.

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-pila	=	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-pila	=	vento trasversale su pila;
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;

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 15 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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

Tabella 3.1: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLU

	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11
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	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.20	1.20	1.20
e3.1	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72
e3.2	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0
q1.1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0
q1t-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1.50	1.50	1.50
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	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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

	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
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	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e2-imp	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0
e3.1	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72
e3.2	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0
q1.1-imp	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01
q1.2-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q4-imp	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 17 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
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

3.2 COMBINAZIONI DI CARICO SLE

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:

- SLE_C combinazione caratteristica agli stati limiti di esercizio
- SLE_F combinazioni frequenti agli stati limiti di esercizio
- SLE_QP combinazioni quasi permanente agli stati limiti di esercizio

Tabella 3.2: Matrice dei coefficienti comb. caratteristica (rara)

	S.L.E. C1	S.L.E. C2	S.L.E. C3	S.L.E. C4	S.L.E. C5	S.L.E. C6	S.L.E. C7	S.L.E. C8
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.1	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
e3.2	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60
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 3.3: Matrice dei coefficienti comb. frequente

	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.1	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
e3.2	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 18 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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

Tabella 3.4: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente

	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
g1-imp	1	1
g1-sp	1	1
g2-imp	1	1
g2-sp	1	1
g3-sp	1	1
e2-imp	1	1
e3.1	0.50	0.00
e3.2	0.00	0.50
q1.1-imp	0	0
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	0.60	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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 19 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

4 ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA DX (SPA_DX)

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato posto lungo la direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

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

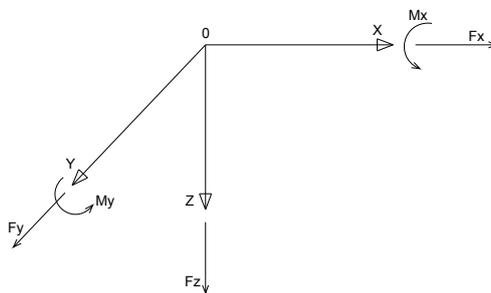


Figura 4.1: Sistema di riferimento

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

4.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

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

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)						
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	6	1	2692	55	5	peso proprio impalcato
g2	1	0	407	33	1	permanenti portati
e2	50	3	-347	77	42	ritiro
e3.1	95	4	230	56	79	carico termico - massima azione verticale
e3.2	280	11	-72	7	232	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	3	2	1843	181	53	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	0	15	1353	5695	30	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	94	2	-5	4	78	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	15	143	-1	517	12	azione del vento trasversale
q6.1x	307	80	-32	218	255	sisma longitudinale
q6.1y	94	259	-30	719	78	sisma trasversale
q6.1z	92	78	-96	216	77	sisma verticale
q7	31	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 Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 20 di 86 Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc
--	--

4.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	= 25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	= 5453 kN	plinto di fondazione
g1.2	= 2162 kN	muro frontale
g1.3	= 879 kN	muro paraghiaia
g1.4	= 564 kN	muro laterale sx
g1.5	= 564 kN	muro laterale dx
g1.6	= 0 kN	bandiera sx
g1.7	= 0 kN	bandiera dx
g1.8	= 9 kN	baggioli
g1.9	= 14 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	= 0 kN	elemento 1
g1.11	= 0 kN	elemento 2
Fz	= 9644 kN	azione verticale
x	= 5 m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0 m	coordinata y punto di applicazione
z	= -2 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	= 412.2 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	= 7418.9 kN	peso del terreno
x	= 2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	= -5.10 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	= 8.60 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	= 13.73 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	= 3897.2 kN	spinta del terreno
x	= 0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	= -2.87 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	= 8.60 m	altezza di spinta terreno
B	= 13.73 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	= 1007.0 kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	= 0.00 m	coordinata x 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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 21 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

$y = 0.00$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -4.30$ m coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale
 $B_x = 4.60$ m lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
 $F_z = 1263.2$ 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

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

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

Ipotesi di struttura rigida

$\gamma = 18$ kN/m³ peso dell'unità di volume del terreno
 $H = 9$ m altezza di spinta terreno
 $B = 14$ m larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
 $\Delta P = 2687$ incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

$\phi = 35.0$ ° angolo di attrito
 $\psi = 90.0$ ° angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
 $\beta = 0.0$ ° angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
 $\delta = 0.0$ ° angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
 $\theta = 7.8$ ° angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
 $K_1 = 0.6$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
 $K_2 = 0.8$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
 $K = 0.6$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
 $E_d = 6239.6$ kN spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
 $\Delta S = 2342.4$ kN incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

Valore adottato

$\Delta P = 2686.9$ kN incremento di spinta terreno in fase sismica
 $x = 0.0$ m coordinata x punto di applicazione
 $y = 0.0$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -4.3$ 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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 22 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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	=	802	4.80	0.00
muro frontale	=	318	5.50	0.00
paraghiaia	=	129	4.20	0.00
muro laterale sx	=	83	2.30	6.52
muro laterale dx	=	83	2.30	-6.52
bandiera sx	=	0	-1.40	6.12
bandiera dx	=	0	-0.50	-6.37
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	=	1091	2.30	0.00
risultante intradosso plinto	=	2508	3.61	0.00
risultante base muro frontale	=	614	4.36	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 4.1 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

Tabella 4.1: Azioni trasmesse in fondazione.

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	6	1	2692	58	-1104	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	9644	0	1822	peso proprio spalla
g2-imp	1	0	407	33	-168	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	7419	0	18547	terreno su plinto spalla
g3-sp	3897	0	0	0	-11172	spinta del terreno su spalla
e2-imp	50	3	-347	92	-92	ritiro
e3.1-imp	95	4	230	79	-529	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	280	11	-72	65	-1256	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	3	2	1843	191	-701	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	15	1353	5776	-512	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1007	0	1263	0	-1172	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	94	2	-5	17	-431	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	15	143	-1	1292	-67	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	307	80	-32	651	-1397	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	94	259	-30	2127	-418	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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 23 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
q6.1z-imp	92	78	-96	639	-385	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2687	0	0	0	-11554	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	2508	0	0	0	-8997	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2508	0	8997	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1254	0	1497	forze d'inerzia verticali
q7-imp	31	0	0	0	-168	azione parassita dei vincoli

4.4 CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU

La geometria della palificata, ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali, è riportata in Figura 4.2.

Geometria della palificata			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y	Jxi	Jyi
1.20	5.90	1.20	34.81	12.96
1.20	2.30	1.20	5.29	12.96
1.20	-2.30	1.20	5.29	12.96
1.20	-5.90	1.20	34.81	12.96
4.80	5.90	4.80	34.81	0.00
4.80	2.30	4.80	5.29	0.00
4.80	-2.30	4.80	5.29	0.00
4.80	-5.90	4.80	34.81	0.00
8.40	5.90	8.40	34.81	12.96
8.40	2.30	8.40	5.29	12.96
8.40	-2.30	8.40	5.29	12.96
8.40	-5.90	8.40	34.81	12.96

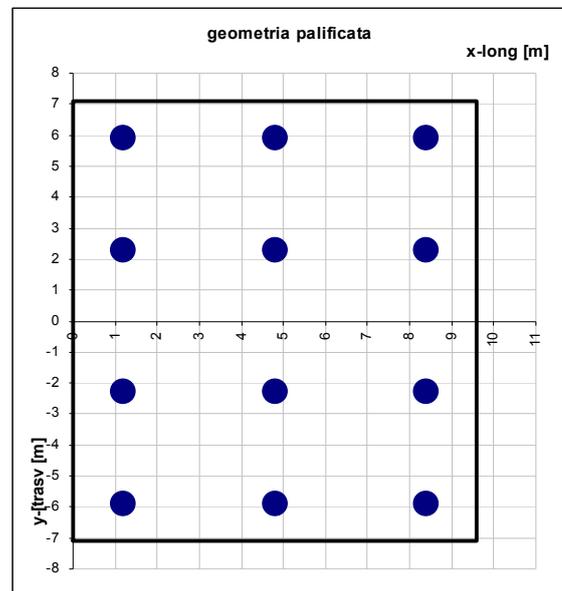


Figura 4.2: Geometria palificata spalla A carr. DX

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla A della carreggiata destra sono riportate nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2: Spalla A – azioni sui pali agli SLU.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLU1	2898	2872	2840	2814	2639	2613	2580	2555	2379	2354	2321	2296	567	12	567
SLU2	2861	2836	2803	2778	2620	2595	2562	2537	2379	2354	2321	2296	578	12	578
SLU3	2845	2854	2866	2875	2582	2591	2603	2612	2318	2328	2339	2349	565	-10	565
SLU4	2809	2818	2830	2839	2564	2573	2585	2594	2318	2328	2340	2349	576	-10	576
SLU5	3037	2898	2721	2583	2768	2630	2453	2315	2500	2362	2185	2047	567	13	567
SLU6	3000	2862	2685	2547	2750	2612	2435	2297	2500	2362	2185	2047	578	13	578
SLU7	2984	2880	2748	2644	2712	2608	2476	2372	2439	2336	2203	2100	564	-8	565
SLU8	2947	2844	2712	2608	2693	2590	2458	2354	2439	2336	2203	2100	576	-8	576
SLU9	2809	2783	2752	2726	2550	2525	2493	2468	2291	2266	2234	2209	550	12	551
SLU10	2772	2747	2715	2690	2531	2507	2475	2450	2291	2266	2234	2209	561	12	562
SLU11	2756	2766	2778	2788	2493	2503	2515	2525	2230	2240	2252	2262	548	-10	548
SLU12	2719	2729	2742	2752	2475	2485	2497	2507	2230	2240	2252	2262	559	-9	559

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 24 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLU13	2912	2803	2663	2553	2647	2537	2397	2288	2382	2272	2132	2022	550	13	550
SLU14	2876	2766	2627	2517	2629	2519	2379	2270	2382	2272	2132	2023	561	13	561
SLU15	2860	2785	2689	2615	2590	2515	2420	2345	2321	2246	2150	2075	548	-9	548
SLU16	2823	2749	2653	2579	2572	2497	2402	2327	2320	2246	2150	2076	559	-8	559
SLU17	2831	2806	2775	2750	2550	2525	2494	2469	2269	2244	2212	2188	539	11	539
SLU18	2794	2770	2739	2714	2531	2507	2476	2451	2268	2244	2213	2188	550	12	550
SLU19	2778	2788	2801	2812	2493	2503	2516	2526	2208	2218	2231	2241	536	-10	537
SLU20	2742	2752	2765	2776	2475	2485	2498	2508	2207	2218	2231	2241	547	-10	548
SLU21	2935	2826	2686	2577	2647	2538	2398	2289	2359	2250	2110	2001	538	13	539
SLU22	2898	2789	2650	2541	2629	2520	2380	2271	2359	2250	2111	2001	549	13	550
SLU23	2882	2808	2713	2638	2590	2516	2421	2346	2298	2224	2129	2054	536	-9	536
SLU24	2846	2771	2676	2602	2572	2498	2403	2328	2298	2224	2129	2054	547	-8	547
SLU25	2848	2812	2766	2730	2569	2532	2486	2450	2289	2253	2206	2170	539	19	540
SLU26	2812	2776	2730	2694	2550	2514	2468	2432	2289	2253	2207	2170	550	19	551
SLU27	2761	2783	2810	2832	2474	2496	2524	2545	2187	2209	2237	2259	536	-17	536
SLU28	2724	2746	2774	2796	2456	2478	2506	2527	2187	2209	2237	2259	547	-17	547
SLU29	2952	2832	2677	2556	2666	2545	2391	2270	2380	2259	2104	1983	539	20	539
SLU30	2916	2795	2641	2520	2648	2527	2373	2252	2379	2259	2104	1984	550	20	551
SLU31	2865	2802	2722	2659	2571	2508	2428	2365	2278	2215	2135	2072	535	-16	536
SLU32	2828	2765	2685	2623	2553	2490	2410	2347	2278	2215	2135	2072	546	-16	547
SLU33	2832	2807	2775	2750	2560	2535	2502	2477	2288	2262	2230	2205	542	12	543
SLU34	2771	2746	2715	2690	2529	2504	2472	2447	2287	2262	2230	2205	561	12	561
SLU35	2780	2789	2801	2811	2503	2513	2525	2534	2226	2236	2248	2258	540	-10	540
SLU36	2719	2729	2741	2751	2472	2482	2495	2505	2226	2236	2249	2258	559	-9	559
SLU37	2936	2826	2686	2576	2657	2547	2407	2297	2378	2268	2128	2018	542	13	542
SLU38	2875	2766	2626	2516	2627	2517	2377	2267	2378	2268	2128	2019	561	13	561
SLU39	2884	2809	2713	2638	2600	2525	2429	2354	2317	2242	2146	2071	540	-9	540
SLU40	2823	2748	2652	2578	2570	2495	2399	2325	2317	2242	2147	2072	558	-8	558
SLV1	1177	1164	1147	1134	1680	1667	1650	1637	2182	2169	2153	2140	794	7	794
SLV2	1151	1138	1122	1109	1667	1654	1637	1624	2182	2169	2153	2140	801	7	801
SLV3	2181	2012	1795	1625	1937	1767	1550	1380	1692	1522	1305	1135	343	231	413
SLV4	2156	1986	1770	1600	1924	1754	1537	1368	1692	1522	1305	1136	351	231	420
SLV5	2076	2064	2047	2034	1779	1766	1749	1736	1481	1468	1451	1438	343	7	343
SLV6	2051	2038	2022	2009	1766	1753	1737	1724	1481	1468	1451	1439	350	7	351

RIEPILOGO (kN)			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SpA_DX	3037	1983	578
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SpA_DX	2182	1109	801

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 25 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

4.5 CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE

4.5.1 Combinazione Caratteristica

Tabella 4.3: Azioni sui pali agli SLE-caratteristica.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-C1	2092	2075	2053	2036	1885	1868	1846	1829	1678	1661	1639	1621	400	8	400
SLE-C2	2062	2045	2023	2006	1870	1853	1831	1814	1678	1661	1639	1622	409	8	409
SLE-C3	2057	2063	2071	2077	1847	1853	1861	1867	1637	1643	1651	1657	398	-7	398
SLE-C4	2027	2033	2041	2047	1832	1838	1846	1852	1637	1643	1651	1657	407	-6	408
SLE-C5	1814	1864	1928	1977	1576	1625	1689	1739	1337	1387	1450	1500	400	7	400
SLE-C6	1784	1834	1898	1947	1560	1610	1674	1724	1337	1386	1450	1500	409	7	409
SLE-C7	1779	1852	1945	2018	1538	1611	1704	1777	1296	1369	1462	1535	398	-8	398
SLE-C8	1749	1822	1915	1988	1522	1595	1689	1762	1296	1369	1462	1535	407	-7	407

RIEPILOGO SLE_C (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2092	1296	409

4.5.2 Combinazione Frequente

Tabella 4.4: Azioni sui pali agli SLE-frequente.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-F1	2081	2071	2059	2050	1872	1863	1851	1841	1664	1655	1643	1633	399	3	399
SLE-F2	2050	2041	2029	2020	1857	1848	1836	1827	1664	1655	1643	1633	408	3	408
SLE-F3	2069	2067	2065	2063	1860	1858	1856	1854	1651	1649	1647	1645	399	-2	399
SLE-F4	2038	2037	2035	2033	1844	1843	1841	1839	1651	1649	1647	1645	408	-1	408
SLE-F5	1803	1860	1934	1991	1563	1620	1694	1751	1323	1381	1454	1512	399	2	399
SLE-F6	1772	1830	1903	1961	1548	1605	1679	1737	1323	1381	1454	1512	408	2	408
SLE-F7	1791	1856	1940	2005	1550	1616	1699	1764	1310	1375	1458	1523	399	-3	399
SLE-F8	1761	1826	1909	1975	1535	1600	1684	1749	1309	1375	1458	1524	408	-3	408
SLE-QP1	2081	2071	2059	2050	1872	1863	1851	1841	1664	1655	1643	1633	399	3	399
SLE-QP2	2050	2041	2029	2020	1857	1848	1836	1827	1664	1655	1643	1633	408	3	408

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2081	1309	408

4.5.3 Combinazione Quasi Permanente

Tabella 4.5: Azioni sui pali agli SLE-quasi permanente.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1926	1922	1918	1915	1666	1663	1659	1655	1407	1404	1399	1396	335	0	335
SLE-QP2	1900	1897	1893	1890	1654	1650	1646	1643	1407	1404	1400	1396	343	1	343

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
1926	1396	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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 26 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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)

R_{ck}	=	40 MPa	resistenza caratteristica cubica
L	=	22 m	lunghezza palo
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diámetro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E_s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	801.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1109 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	1970 kNm	massimo momento flettente

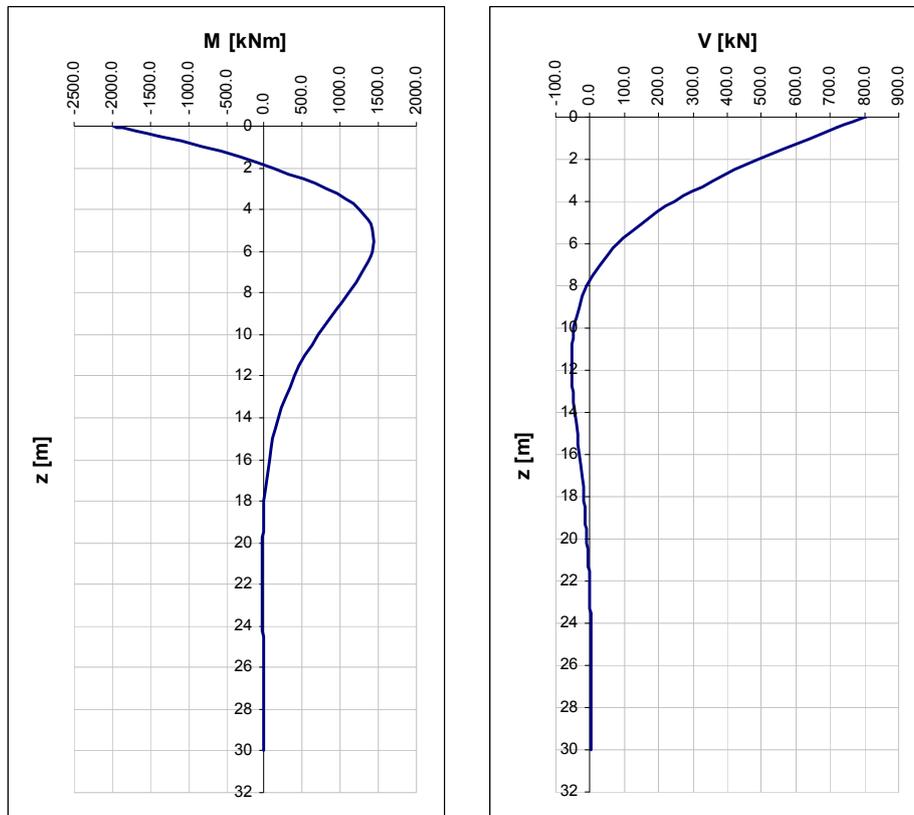


Figura 4.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 27 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

4.6.1 Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)

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

	Z _{in}	Z _{fin}	L _{gabbia}	c'	Ø	n	s	M _{Ed}	N _{Ed}	M _{res}	FS
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.1	10.9	12	5	22	22	15.7	1970	1109	2049	1.04
gabbia n.2	9.8	21.8	12	5	18	14	24.7	713.00	1109	1230	1.73

Tabella 4.6: Verifiche condotte e armature adottate per i pali della SpA_DX

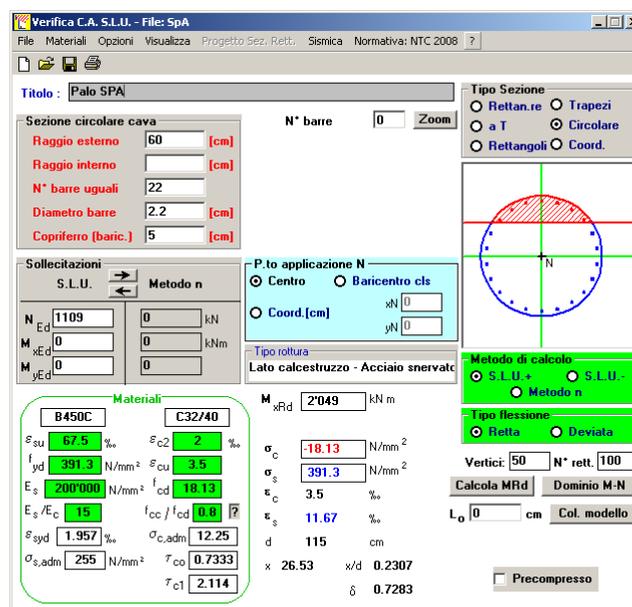


Figura 4.4: Verifica a presso flessione in corrispondenza del testa palo

4.6.2 Verifica a taglio

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

Sollecitazioni

V _{Sd}	=	801	kN	taglio di calcolo
N _{Sd}	=	1109	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
-----------------	---	---------------	-----	--

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 28 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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	=	22		numero ferri longitudinali
\emptyset_l	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	8363	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	0.9806	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00868	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
v_{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	663.96	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	801	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.83	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\emptyset_w	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	226.19	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}	=	0.02178		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.05212		
$\cot(\theta)^*$	=	4.8		FALSO check $1 \leq \cot(\theta)^* \leq 2,5$
$\cot(\theta)$	=	2.5		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	888.21	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2958.93	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	888.21	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	801	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.11	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale $\emptyset 12/20$ cm.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 29 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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.

Tabella 4.7: Tensioni di riferimento

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]		s [mm]	s[mm]
160		300	200
200		250	150
240		200	100
280		150	50
320		100	-
360		50	-

Nella Tabella 4.8 seguente vengono riportate le sollecitazioni rispetto alle quali sono state effettuate le verifiche a fessurazione e le verifiche condotte.

Tabella 4.8: Sollecitazioni i di calcolo e verifiche

		combinazione			
		freq	qp		
L0	=	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo
N	=	1633	1396	kN	sforzo assiale
V	=	408	343	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1005	843	kN*m	massimo momento flettente
σ _{s,max}	=	200	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
σ _{Sd,max}	=	158	133	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
		OK	OK		

Nella Figura 4.5, invece, si riporta l'output del programma per la combinazione Frequente comb N_{min}.

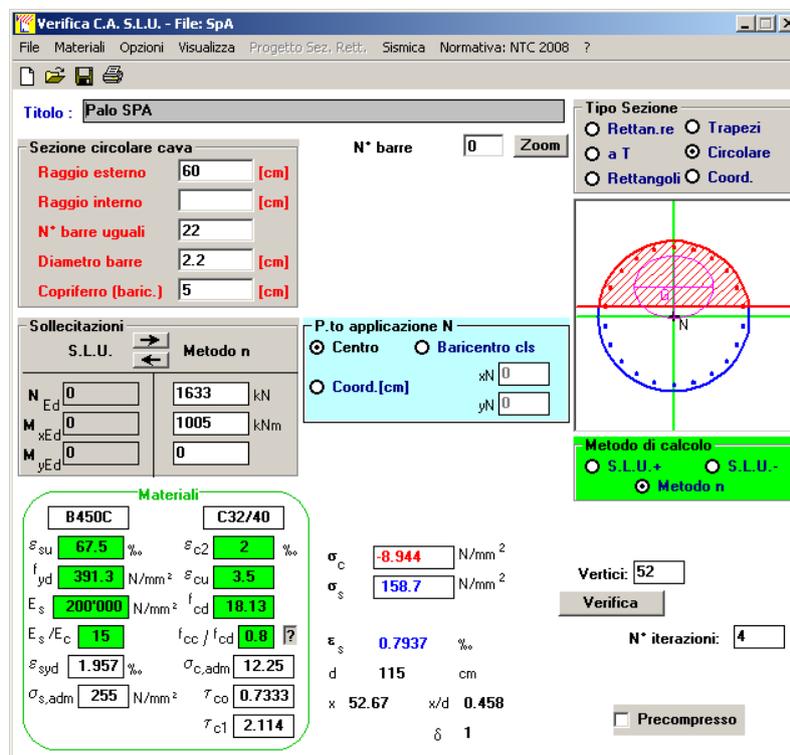


Figura 4.5: Stato tensionale per la comb. Frequente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 31 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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 4.9: Sollecitazioni i di calcolo e verifiche

		combinazione			
		rara	qp		
Sollecitazioni agenti					
L0	=	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo
N	=	1622	1396	kN	sforzo assiale
V	=	409	343	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1006	843	kN*m	massimo momento flettente

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_{c,max}$	=	19.20	14.40	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	9.00	7.50	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK		

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

$\sigma_{s,max}$	=	360	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	160	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 32 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

5 ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA DX (SPB_DX)

Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione delle spalle è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato posto lungo la direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso del plinto stesso, asse x parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato ed asse z diretto verso il basso.

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

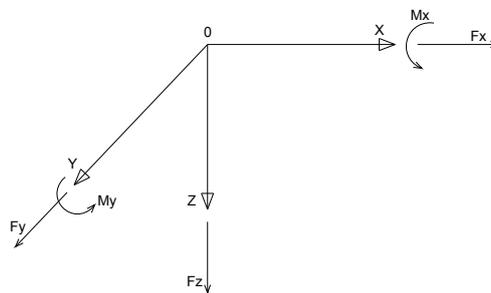


Figura 5.1: Sistema di riferimento

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

5.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

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

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)						
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	5	1	2690	277	5	peso proprio impalcato
g2	1	0	407	16	1	permanenti portati
e2	61	2	-348	70	51	ritiro
e3.1	116	4	231	51	96	carico termico - massima azione verticale
e3.2	338	11	-69	5	281	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	2	1	1853	47	48	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	3	10	1351	5351	22	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	66	1	3	1	55	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	32	138	2	419	27	azione del vento trasversale
q6.1x	294	110	-33	232	244	sisma longitudinale
q6.1y	127	249	-30	538	105	sisma trasversale
q6.1z	92	78	-97	169	76	sisma verticale
q7	31	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 Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 33 di 86 Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc
--	--

5.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5452.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2162.5 kN	muro frontale
g1.3	=	768.9 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	563.5 kN	muro laterale sx
g1.5	=	563.5 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	14.2 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	9534.4 kN	azione verticale
x	=	4.62 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.36 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	=	35 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	0.271 kN	peso del terreno
x	=	0.426 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.426 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	8.60 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	=	8.60 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	13.73 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	3897.2 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.87 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	=	8.60 m	altezza di spinta terreno
B	=	13.73 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1007.0 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	=	-4.30 m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 34 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Bx = 4.60 m lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz = 1263.2 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

$a_g = 0.099$ g accelerazione di picco
 $S_S = 1.20$ coefficiente di amplificazione stratigrafica
 $S_T = 1.00$ coefficiente di amplificazione topografica
 $S = 1.20$
 $\beta_m = 1.00$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
 $a_{max} = 0.119$ g accelerazione massima
 $K_h = 0.119$ coefficiente sismico orizzontale
 $K_v = 0.059$ 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 = 8.60 m altezza di spinta terreno
B = 13.73 m larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
 $\Delta P = 2171.5$ 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
 $\theta = 6.40$ ° angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
 $K_1 = 0.598$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
 $K_2 = 0.781$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
 $K = 0.598$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed = 5787 kN spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
 $\Delta S = 1889.5$ kN incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

Valore adottato

$\Delta P = 2171.5$ kN incremento di spinta terreno in fase sismica
x = 0.00 m coordinata x punto di applicazione
y = 0.00 m coordinata y punto di applicazione
z = -4.30 m coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	648	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	257	5.50	0.00	-3.35

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 35 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
paraghiaia	91	4.20	0.00	-6.50
muro laterale sx	67	2.30	6.52	-5.10
muro laterale dx	67	2.30	-6.52	-5.10
bandiera sx	0	-1.40	6.12	-7.33
bandiera dx	0	-0.50	-6.37	-8.10
baggioli	1	5.20	0.00	-5.18
apparecchi di appoggio	2	5.20	0.00	-5.43
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	881	2.30	0.00	-5.10
risultante intradosso plinto	2014	3.60	0.00	-3.56
risultante base muro frontale	483	4.37	0.00	-4.43

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 1.1 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

Tabella 5.1: Azioni trasmesse in fondazione.

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	5	1	2690	281	-1101	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	9534	0	1756	peso proprio spalla
g2-imp	1	0	407	16	-168	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	7419	0	18547	terreno su plinto spalla
g3-sp	3897	0	0	0	-11172	spinta del terreno su spalla
e2-imp	61	2	-348	82	-143	ritiro
e3.1-imp	116	4	231	72	-623	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	338	11	-69	63	-1527	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	2	1	1853	54	-704	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	3	10	1351	5406	-534	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1007	0	1263	0	-1172	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	66	1	3	7	-305	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	32	138	2	1167	-149	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	294	110	-33	828	-1336	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	127	249	-30	1889	-571	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	92	78	-97	593	-384	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2171	0	0	0	-9337	incremento di spinta terreno in fase sismica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 36 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
q6.2x-sp	2014	0	0	0	-7165	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2014	0	7165	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1007	0	1206	forze d'inerzia verticali
q7-imp	31	0	0	0	-168	azione parassita dei vincoli

5.4 CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU

La geometria della palificata, ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali, è riportata in Figura 5.2.

Geometria della palificata			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y	Jxi	Jyi
1	-3.60	5.40	29.16	12.96
2	-3.60	1.80	3.24	12.96
3	-3.60	-1.80	3.24	12.96
4	-3.60	-5.40	29.16	12.96
5	0.00	5.40	29.16	0.00
6	0.00	1.80	3.24	0.00
7	0.00	-1.80	3.24	0.00
8	0.00	-5.40	29.16	0.00
9	3.60	5.40	29.16	12.96
10	3.60	1.80	3.24	12.96
11	3.60	-1.80	3.24	12.96
12	3.60	-5.40	29.16	12.96

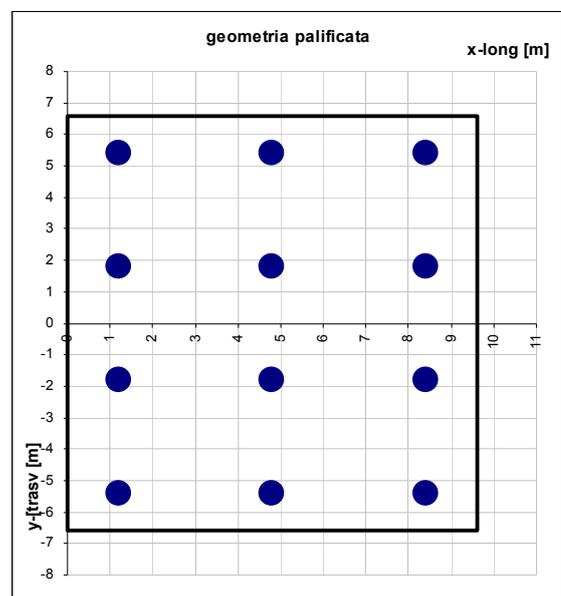


Figura 5.2: Geometria palificata spalla B carr. DX

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla B della carreggiata destra sono riportate nella Tabella 5.2.

Tabella 5.2: Spalla B – azioni sui pali agli SLU.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLU1	2876	2850	2818	2793	2626	2601	2569	2544	2377	2352	2320	2295	571	11	571
SLU2	2835	2810	2778	2753	2608	2583	2551	2526	2382	2357	2325	2300	584	11	584
SLU3	2833	2839	2848	2854	2575	2581	2589	2596	2316	2323	2331	2337	566	-10	566
SLU4	2792	2799	2807	2814	2556	2563	2571	2578	2321	2327	2335	2342	579	-9	579
SLU5	3004	2871	2701	2568	2747	2614	2444	2311	2490	2357	2187	2054	571	12	571
SLU6	2963	2830	2660	2527	2729	2596	2426	2293	2494	2361	2191	2058	584	12	584
SLU7	2962	2860	2730	2628	2695	2594	2464	2362	2429	2327	2197	2096	566	-9	566
SLU8	2921	2819	2689	2588	2677	2576	2446	2344	2433	2332	2202	2100	579	-8	579
SLU9	2794	2769	2737	2713	2539	2514	2482	2457	2284	2259	2227	2202	550	11	551
SLU10	2753	2729	2697	2672	2521	2496	2464	2439	2288	2263	2232	2207	564	12	564
SLU11	2752	2758	2767	2773	2487	2494	2502	2509	2223	2229	2237	2244	546	-10	546
SLU12	2711	2718	2726	2733	2469	2476	2484	2491	2227	2234	2242	2249	559	-9	559
SLU13	2891	2785	2649	2543	2630	2524	2388	2282	2368	2262	2127	2021	550	12	551
SLU14	2850	2744	2609	2503	2611	2505	2370	2264	2373	2267	2131	2026	564	12	564

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLU15	2848	2774	2678	2604	2578	2503	2408	2333	2307	2233	2137	2063	546	-9	546
SLU16	2808	2733	2638	2563	2560	2485	2390	2315	2312	2237	2142	2067	559	-8	559
SLU17	2809	2785	2753	2728	2538	2514	2482	2457	2267	2242	2211	2186	542	11	542
SLU18	2769	2744	2712	2688	2520	2495	2464	2439	2272	2247	2215	2191	556	11	556
SLU19	2767	2774	2782	2789	2487	2493	2502	2508	2206	2213	2221	2228	537	-10	537
SLU20	2726	2733	2742	2748	2468	2475	2484	2491	2211	2217	2226	2233	551	-9	551
SLU21	2906	2800	2665	2559	2629	2523	2388	2282	2352	2246	2111	2005	542	12	542
SLU22	2865	2759	2624	2519	2611	2505	2370	2264	2356	2250	2115	2010	556	12	556
SLU23	2863	2789	2694	2620	2577	2503	2408	2333	2291	2216	2121	2047	537	-9	537
SLU24	2823	2748	2653	2579	2559	2485	2390	2315	2295	2221	2126	2051	551	-9	551
SLU25	2824	2788	2743	2708	2556	2520	2475	2440	2288	2252	2207	2172	544	18	544
SLU26	2783	2748	2703	2668	2537	2502	2457	2422	2292	2257	2212	2177	557	18	557
SLU27	2753	2770	2792	2809	2469	2486	2508	2525	2186	2203	2225	2242	536	-17	536
SLU28	2712	2729	2751	2769	2451	2468	2490	2508	2190	2207	2229	2247	549	-16	549
SLU29	2920	2804	2655	2539	2646	2530	2381	2265	2372	2256	2107	1991	544	19	544
SLU30	2879	2763	2615	2498	2628	2512	2363	2247	2377	2260	2112	1996	557	19	558
SLU31	2849	2785	2704	2640	2560	2496	2414	2350	2270	2206	2125	2061	536	-16	536
SLU32	2809	2745	2663	2599	2542	2478	2396	2332	2275	2211	2129	2065	549	-15	549
SLU33	2809	2784	2752	2726	2548	2523	2491	2466	2288	2262	2230	2205	547	11	547
SLU34	2741	2716	2684	2659	2518	2493	2461	2436	2295	2270	2238	2213	569	12	569
SLU35	2767	2773	2781	2787	2497	2503	2511	2517	2227	2233	2241	2247	542	-10	542
SLU36	2699	2705	2713	2719	2466	2473	2481	2487	2234	2240	2248	2255	564	-9	564
SLU37	2906	2799	2663	2557	2639	2533	2397	2290	2372	2266	2130	2024	547	12	547
SLU38	2838	2732	2596	2490	2609	2503	2367	2261	2380	2273	2138	2031	569	13	569
SLU39	2863	2788	2692	2618	2587	2512	2416	2342	2311	2236	2140	2066	542	-9	542
SLU40	2795	2721	2625	2550	2557	2482	2387	2312	2319	2244	2148	2073	564	-8	564
SLV1	1313	1295	1271	1252	1679	1661	1637	1618	2045	2026	2003	1984	710	10	710
SLV2	1285	1267	1243	1224	1667	1648	1624	1606	2048	2029	2006	1987	719	10	719
SLV3	2115	1973	1792	1651	1881	1740	1558	1417	1647	1506	1325	1183	347	189	395
SLV4	2087	1945	1764	1623	1869	1727	1546	1404	1650	1509	1328	1186	357	189	404
SLV5	2034	2019	2000	1985	1752	1737	1718	1703	1470	1455	1435	1420	344	7	345
SLV6	2006	1991	1972	1957	1739	1724	1705	1690	1473	1458	1439	1424	354	7	354

RIEPILOGO (kN)			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SpB_DX	3004	1991	584
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SpB_DX	2115	1183	719

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 38 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

5.5 CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE

5.5.1 Combinazione Caratteristica

Tabella 5.3: Azioni sui pali agli SLE-caratteristica.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-C1	2076	2059	2037	2019	1877	1859	1837	1820	1677	1660	1638	1620	402	7	403
SLE-C2	2042	2025	2003	1986	1862	1844	1822	1805	1681	1664	1641	1624	414	8	414
SLE-C3	2048	2052	2056	2060	1842	1846	1850	1854	1636	1640	1645	1648	399	-6	399
SLE-C4	2014	2018	2022	2026	1827	1831	1835	1839	1640	1644	1648	1652	410	-6	410
SLE-C5	1808	1852	1908	1952	1576	1620	1676	1720	1344	1388	1444	1488	402	7	402
SLE-C6	1774	1818	1874	1918	1561	1605	1661	1705	1348	1392	1448	1492	413	7	413
SLE-C7	1780	1844	1927	1992	1542	1606	1689	1754	1304	1368	1451	1516	399	-7	399
SLE-C8	1746	1811	1893	1958	1526	1591	1674	1739	1307	1372	1455	1520	410	-7	410

RIEPILOGO SLE_C (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2076	1304	414

5.5.2 Combinazione Frequente

Tabella 5.4: Azioni sui pali agli SLE-frequente.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-F1	2067	2056	2043	2033	1865	1855	1842	1831	1664	1653	1640	1629	401	3	401
SLE-F2	2033	2023	2009	1999	1850	1840	1827	1816	1667	1657	1644	1633	413	3	413
SLE-F3	2057	2054	2050	2046	1854	1850	1846	1842	1650	1647	1642	1639	400	-2	400
SLE-F4	2023	2020	2016	2012	1839	1835	1831	1828	1654	1650	1646	1643	411	-1	411
SLE-F5	1798	1849	1914	1965	1565	1615	1680	1731	1331	1382	1447	1497	401	2	401
SLE-F6	1765	1815	1881	1931	1549	1600	1666	1716	1334	1385	1450	1501	412	2	412
SLE-F7	1789	1847	1921	1979	1553	1611	1685	1743	1317	1375	1449	1507	400	-2	400
SLE-F8	1755	1813	1887	1945	1538	1596	1670	1728	1321	1379	1453	1511	411	-2	411
SLE-QP1	2067	2056	2043	2033	1865	1855	1842	1831	1664	1653	1640	1629	401	3	401
SLE-QP2	2033	2023	2009	1999	1850	1840	1827	1816	1667	1657	1644	1633	413	3	413

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2067	1317	413

5.5.3 Combinazione Quasi Permanente

Tabella 5.5: Azioni sui pali agli SLE-quasi permanente.

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1915	1909	1901	1895	1662	1655	1648	1641	1408	1402	1394	1388	337	0	337
SLE-QP2	1887	1881	1873	1867	1649	1643	1635	1629	1411	1405	1397	1391	346	1	346

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
1915	1388	346

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 39 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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 B viene analizzato il palo più sollecitato.

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

R_{ck}	=	40 MPa	resistenza caratteristica cubica
L	=	22 m	lunghezza palo
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E_s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V_{max}	=	719.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1183 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	1768 kNm	massimo momento flettente

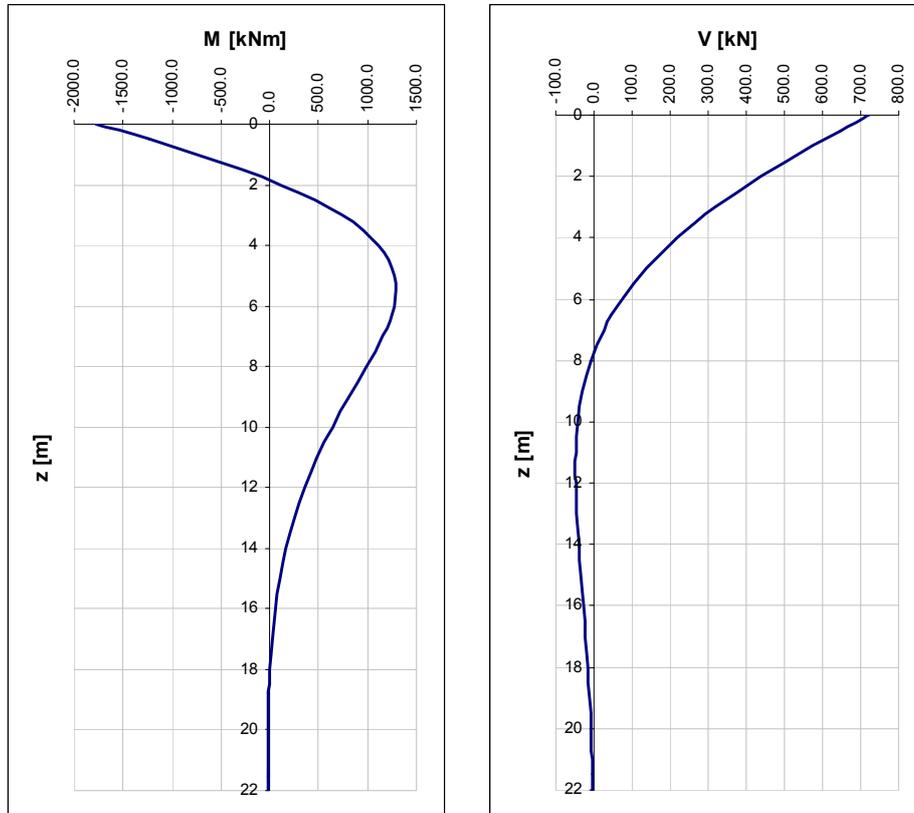


Figura 5.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 40 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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	-1.1	10.9	12	5	22	22	15.7	1768	1183	2075	1.17
gabbia n.2	9.8	21.8	12	5	18	14	24.7	641	1183	1261	1.97

Tabella 5.6: Verifiche condotte e armature adottate per i pali della SpB_DX

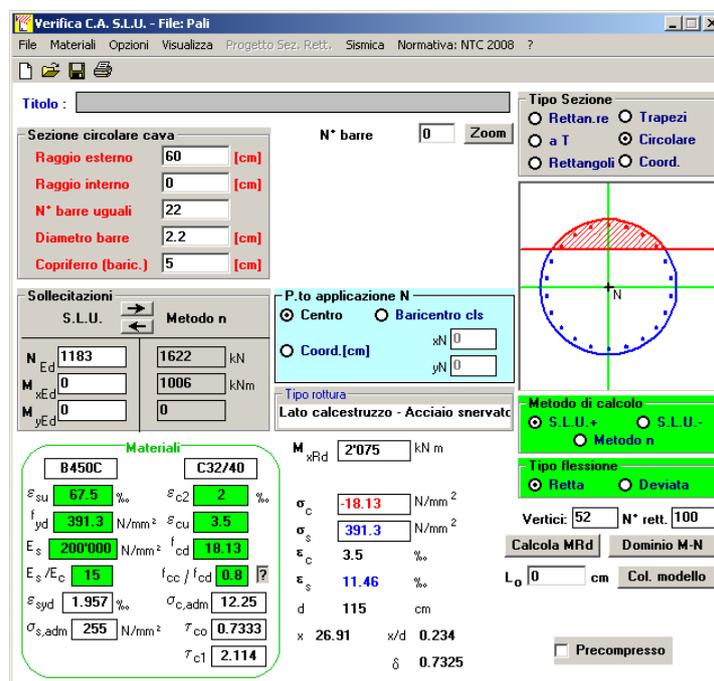


Figura 5.4: Verifica SLU della sezione testa palo

5.6.2 Verifica a taglio

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

Sollecitazioni

V _{Sd}	=	719	kN	taglio di calcolo
N _{Sd}	=	1183	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 41 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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	=	22		numero ferri longitudinali
\emptyset_l	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	8363	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	1.0460	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00868	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
v_{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	673.42	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	719	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.94	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\emptyset_w	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	226.19	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}	=	0.02178		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.05560		
$\cot(\theta)^*$	=	4.8		FALSO
$\cot(\theta)$	=	2.5		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	888.21	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2968.71	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	888.21	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	719	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.24	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale $\emptyset 12/20$ cm.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 42 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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.

Tabella 5.7: Tensioni di riferimento

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione			
σ_s		w2=0.30 mm	w1=0.30 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=0.30 mm
[MPa]		s [mm]	s[mm]
160		300	200
200		250	150
240		200	100
280		150	50
320		100	-
360		50	-

Nella Tabella 5.8 seguente vengono riportate le sollecitazioni e le verifiche a fessurazione. Nella Figura 5.5 si riporta l'output del programma per la combinazione Frequente.

Tabella 5.8: Sollecitazioni di calcolo e verifiche

		combinazione			
		freq	qp		
L0	=	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo
N	=	1321	1391	kN	sforzo assiale
V	=	413	346	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1015	851	kN*m	massimo momento flettente
σ _{s,max}	=	200	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
σ _{Sd,max}	=	194	134	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
		OK	OK		

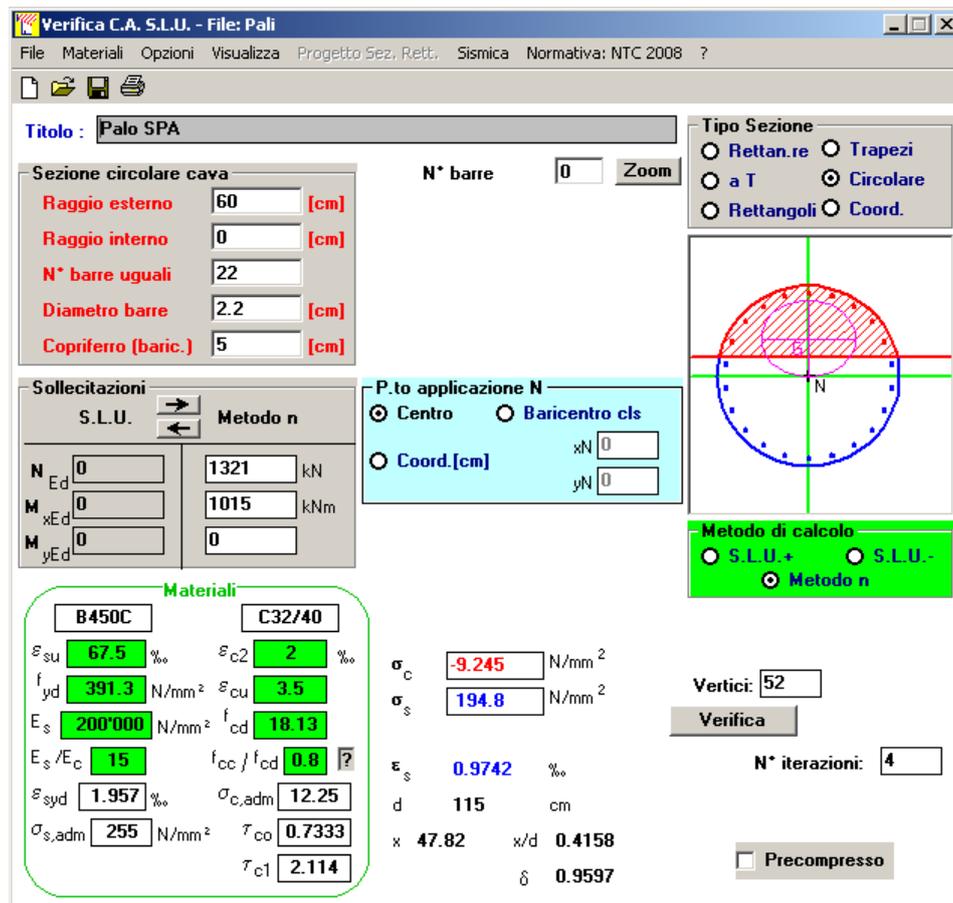


Figura 5.5: Stato tensionale per la comb. Frequente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 44 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.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}	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Tabella 5.9: Sollecitazioni di calcolo e verifiche

		combinazione			
		rara	qp		
Sollecitazioni agenti					
L0	=	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo
N	=	1307	1391	kN	sforzo assiale
V	=	414	346	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1018	851	kN*m	massimo momento flettente
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio					
$\sigma_{c,max}$	=	19.20	14.40	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	9.28	7.57	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK		
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio					
$\sigma_{s,max}$	=	360		[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	197		[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 45 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

6 VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI

In Tabella 6.1 si riportano i parametri fisico-meccanici dei terreni interessati dai pali di fondazione e adottati nel seguito per le verifiche geotecniche. Tali parametri derivano dal lavoro di caratterizzazione riportato nella relazione geotecnica a corredo del presente progetto esecutivo.

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco γ_d (kN/m ³)	19.8	19.6	20	19.3
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19.8	19.6	20	19.3
coesione non dren. c_u (kPa)	70	129	199	199
coesione dren. c' (kPa)	5	19	24	21
angolo attrito ϕ' (°)	23	21	19	23

Tabella 6.1 Parametri fisico-meccanici usati nelle verifiche geotecniche

6.1 CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO

6.1.1 Criteri di calcolo del carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con 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 in Tabella 6.2.

c_u	α
(kPa)	(-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

Tabella 6.2: Valori del coefficiente α in funzione di c_u

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

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

e il coefficiente di attrito $\mu = \tan \phi'$

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando N_q i valori desunti dal grafico riportato in Figura 6.1.

Riguardo N_c , invece, si è assunto in condizioni non drenate $N_c=9$ e in condizioni drenate N_c è stato determinato con la relazione:

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

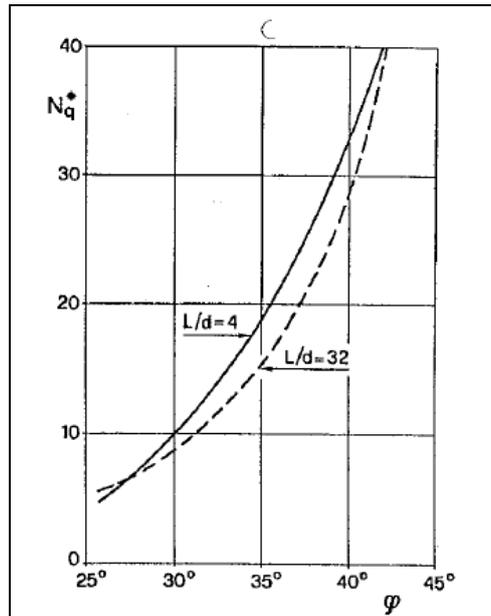


Figura 6.1: Coefficienti N_q

In Tabella 6.3 valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche

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

Tabella 6.3: – Coefficienti N_q ed N_c assunti per le diverse unità geotecniche

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata la falda contenuta tra -3+-5m (tetto falda) e -10m (letto falda).

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto ogni opera spalla.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR. DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TF1	2.7	0	2.7
2° strato	TRV1	6.1	2.7	8.8
3° strato	TRV_2a	8.9	8.8	17.7
4° strato	TRV_2b	30	17.7	47.7

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRV1	2.5	0	2.5
2° strato	TRV_2a	8.8	2.5	11.3
3° strato	TRV_2b	30	11.3	41.3

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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 47 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

6.1.2 Criteri di verifiche

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).

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Tabella 6.4: Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.I del DM14-01-2008)

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

Tabella 6.5: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 48 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	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	1,6	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.

Tabella 6.6: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

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:

Approccio 2, con i coefficienti parziali $\rightarrow A1+M1+R3$.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione ξ (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) 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 **6**.

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

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
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

Tabella 6.7- Fattori di correlazione ξ in funzione del numero di verticali indagate

6.1.3 Risultati

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

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

Nelle Tabella 6.8 di seguito si riporta il riepilogo dei risultati delle verifiche geotecniche dei pali delle spalle della carreggiata destra e per fissata lunghezza palo.

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim d	Qlim u		
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN		
spalla A	3037	2182	1.2	12	22	177.57	4535.83	4578.39	ok	ok
spalla B	3004	2115	1.2	12	22	180.93	4573.74	4989.29	ok	ok

Tabella 6.8 –CARR. DX - Riepilogo dei risultati

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 49 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

6.2 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)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

6.2.3 Risultati spalla A carreggiata destra (SpA_DX)

D	=	1.2	m	diametro palo
L	=	22	m	lunghezza palo
M_y	=	1800	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	164	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	35726	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	425136	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	13232	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.5	m	
M_{max}	=	71518.8	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1599	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1598.6	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1065.7	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	819.8	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h		801	kN	azione trasversale testa palo
check		1.02		se >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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 50 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

6.2.4 Risultati spalla B carreggiata destra (SpB_DX)

D	=	1.2	m	diametro palo
L	=	22	m	lunghezza palo
M_y	=	1600	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	191	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	41678	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	495974	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	15405	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.5	m	
M_{max}	=	83639.1	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1482	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1482.1	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	988.0	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	719.0	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h		699	kN	azione trasversale testa palo
check		1.03		se >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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 51 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

7 VERIFICA DELLA SpA_DX AGLI SLU

7.1 PREMESSA

La carreggiata destra del viadotto Arenella III, come già illustrato nei paragrafi precedenti, presenta, per le due spalle che gli appartengono, la medesima geometria. Trattandosi di una egual geometria si è ritenuto opportuno condurre le verifiche sulla spalla più caricata per poi estendere i risultati sulla spalla restante. Da un'analisi degli scarichi sugli appoggi si è visto che la Spalla A della carreggiata DX (SpA_DX) risulta la più caricata. Dunque, nel prosieguo si analizza la Spalla A per lo SLU e per lo SLE adottando i risultati ottenuti anche per la spalla B (SpB_DX).

7.2 MODELLO DI CALCOLO

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata destra presenta pianta rettangolare di lati 9.60 m x 14.20 m ed altezza pari a 1.60 m. Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

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

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

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

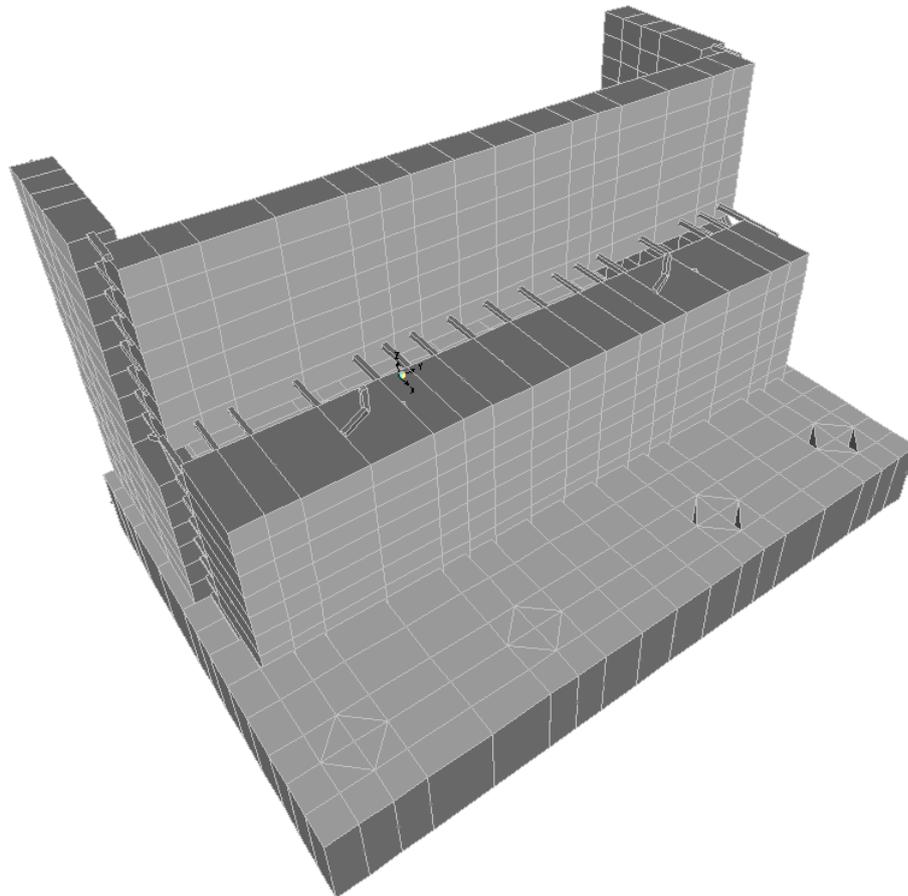


Figura 7.1: Modello agli elementi finiti Spalla SpA_DX

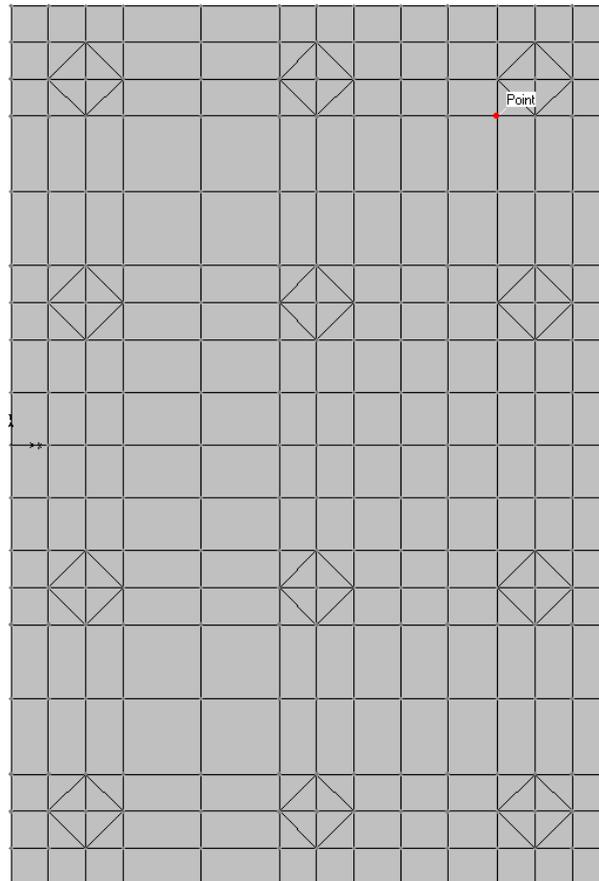


Figura 7.2: Zattera di fondazione

7.3 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 53 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

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

7.4 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

7.4.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

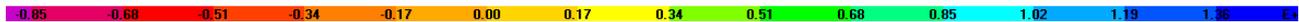
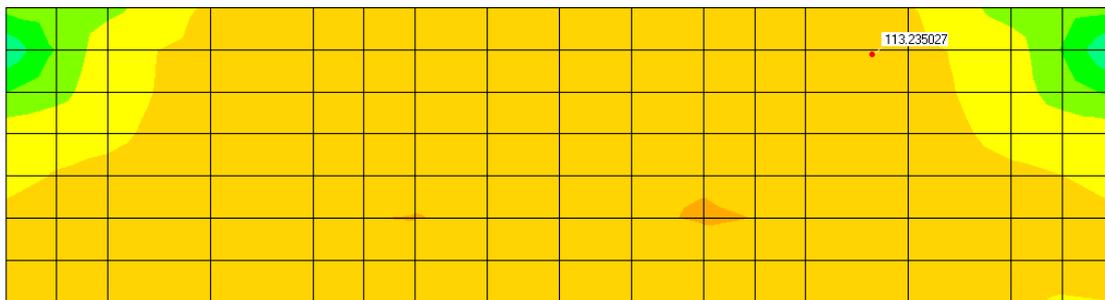


Figura 7.3: Involuppo Momento M11

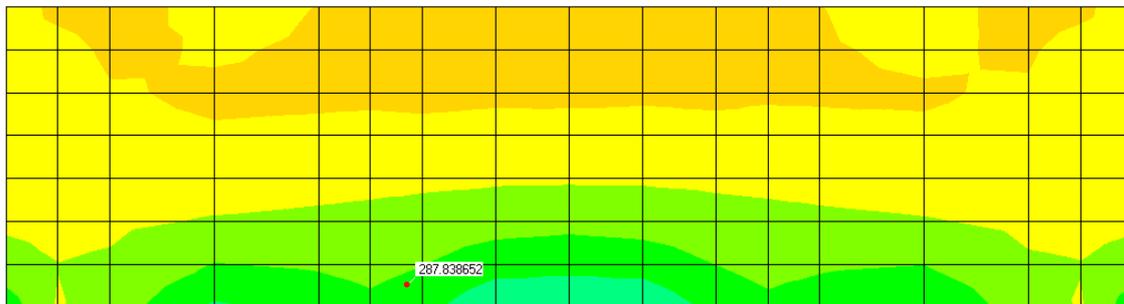


Figura 7.4: involuppo Momento M22

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 A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]		$A_{res,TOT}$ [cm ²]	N_{Sd} [kN/m]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS	
Arm X+	1.8	5 Φ 18	12.7	500	500	1290	2.58	OK momento verticale $M_z=M_{22+}$
Arm X-	1.8	5 Φ 18	12.7	0	330	862	2.61	OK momento verticale $M_z=M_{22-}$

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]		$A_{res,TOT}$ [cm ²]	N_{Sd} [kN/m]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS	
Arm X+	1.8	5 Φ 18	12.7	0	750	861	1.15	OK momento orizzontale $M_y=M_{11+}$
Arm X-	1.8	5 Φ 16	10.1	0	200	682	3.41	OK momento orizzontale $M_y=M_{11-}$

7.4.2 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

Si rappresentano nelle figure seguenti gli involuipi 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.

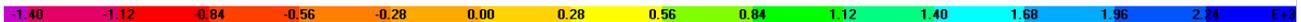
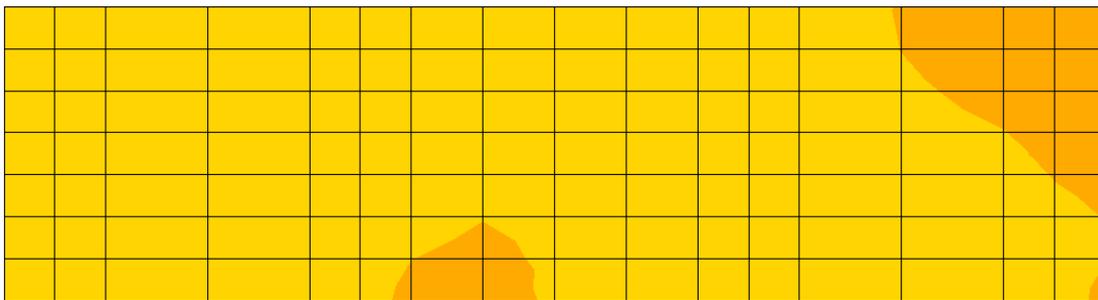


Figura 7.5: Involuppo del taglio agente V13

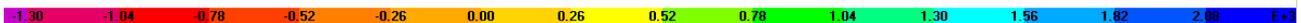
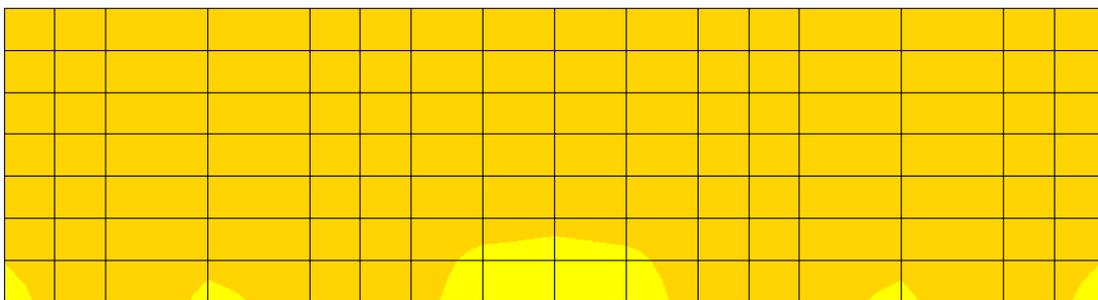


Figura 7.6: Involuppo del taglio agente V23

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 55 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

sezione di verifica	muro frontale	muro frontale		
	V13max	V23max		
Sollecitazioni				
V	=	200	315	kN taglio
N	=	0	500	kN sforzo 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 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
α _{cc}	=	0.9	0.9	
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	2545	mm ² armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00127	0.00141	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3	
v _{min}	=	0.3	0.3	
σ _{cp}	=	0.0	0.3	MPa tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.3	MPa tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V _{Rd}	=	511.0	583.9	kN taglio resistente
FS	=	2.6	1.9	>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK	

7.5 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

7.5.1 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.

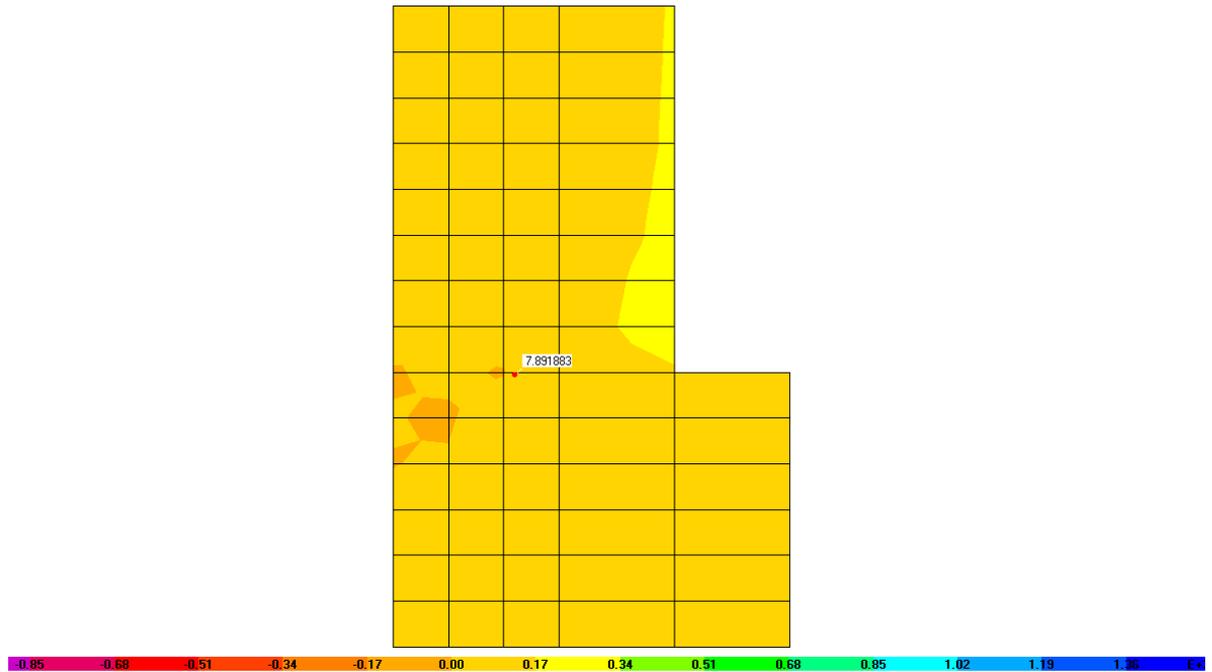


Figura 7.7: Involuppo Momento M11

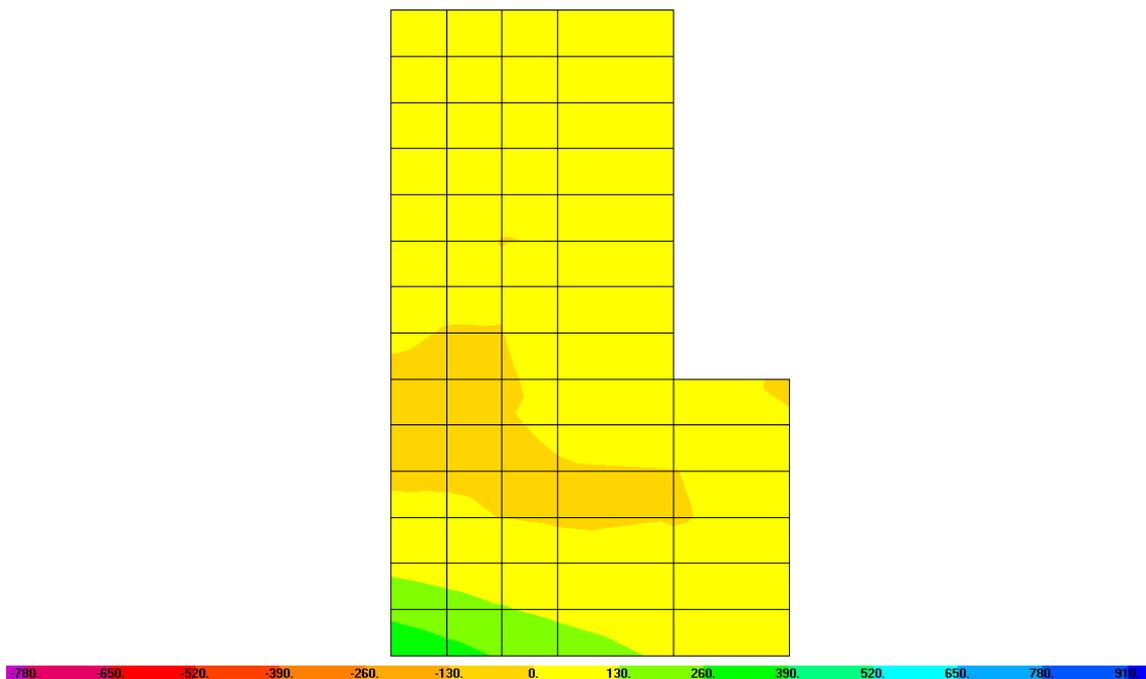


Figura 7.8: Involuppo Momento M22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX Pagina 57 di 86 Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc
--	---

MURO LATERALE

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]		$A_{res,TOT}$ [cm ²]	N_{Sd} [kN/m]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS	
Arm Y+	0.7	5 Φ 22	19.0	160	380	513	1.35	OK momento verticale $Mz+=M22+$
Arm Y-	0.7	5 Φ 16	10.1	160	100	302	3.02	OK momento verticale $Mz-=M22-$

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]		$A_{res,TOT}$ [cm ²]	N_{Sd} [kN/m]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS	
Arm Y+	0.7	5 Φ 22	19.0	0	250	465	1.86	OK momento orizzontale $Mx+=M11+$
Arm Y-	0.7	5 Φ 16	10.1	0	100	253	2.53	OK momento orizzontale $Mx-=M11-$

7.5.2 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

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.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

sezione di verifica	muri laterali		muri laterali		
	V13max	V23max			
Sollecitazioni					
V	=	150	300	kN	taglio
N	=	0	160	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
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 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
α_{cc}	=	0.9	0.9		
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	2906	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		

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

sezione di verifica	muri laterali		muri laterali		
	V13max	V23max			
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	300.4	kN	taglio resistente
FS	=	1.9	1.0		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		

7.6 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.6.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

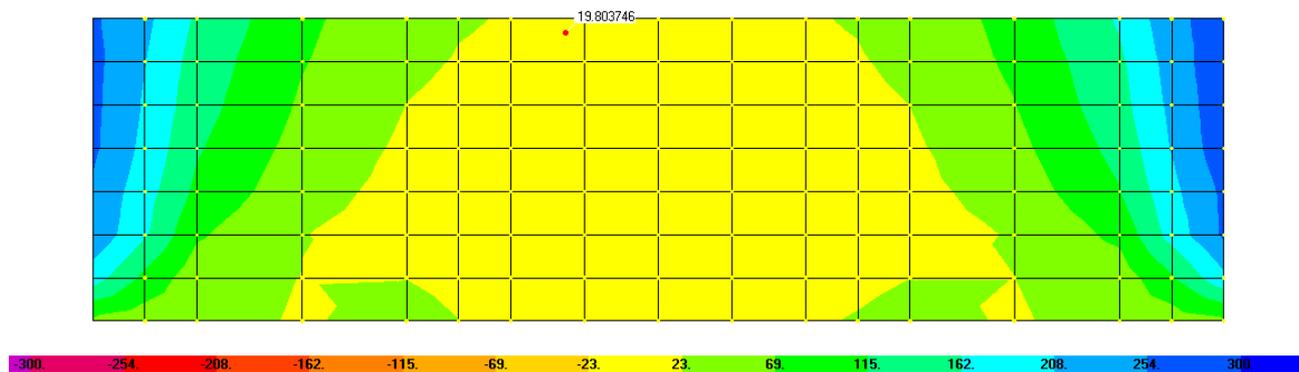


Figura 7.9: Involuppo Momento M11

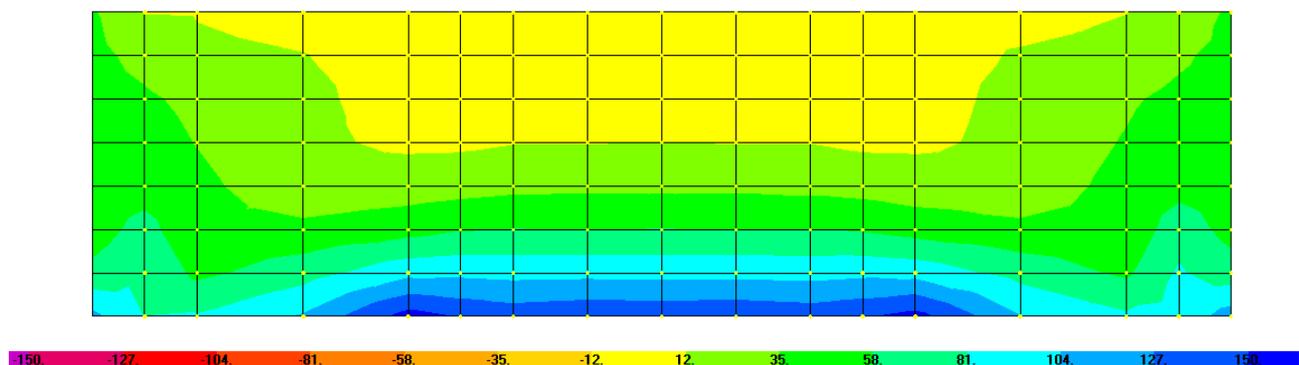


Figura 7.10: Involuppo Momento M22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 59 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

MURO FRONTALE PARAGHIAIA
VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]	$A_{res,TOT}$ [cm ²]	N_{Sd} [kN/m]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS		
Arm X+	0.8	5 Φ 16	10.1	180	150	350	2.33 OK	momento verticale $M_z=M_{22+}$
Arm X-	0.8	5 Φ 16	10.1	180	100	350	3.50 OK	momento verticale $M_z=M_{22-}$

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]	$A_{res,TOT}$ [cm ²]	N_{Sd} [kN/m]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS		
Arm X+	0.8	5 Φ 18	12.7	0	280	360	1.29 OK	momento orizzontale $M_y=M_{11+}$
Arm X-	0.8	5 Φ 16	10.1	0	160	280	1.75 OK	momento orizzontale $M_y=M_{11-}$

7.6.2 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

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.

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

sezione di verifica	muro paraghiaia		muro paraghiaia		
	V13max	V23max			
Sollecitazioni					
V	=	85	120	kN	taglio
N	=	0	180	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}	=	2278	2010	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00285	0.00251		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.5	1.5		
V_{min}	=	0.4	0.4		
σ_{cp}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

sezione di verifica	muro paraghiaia		muro paraghiaia		
	V13max	V23max	V13max	V23max	
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.2	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	276.0	290.0	kN	taglio resistente
FS	=	3.2	2.4		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		

7.7 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

7.7.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

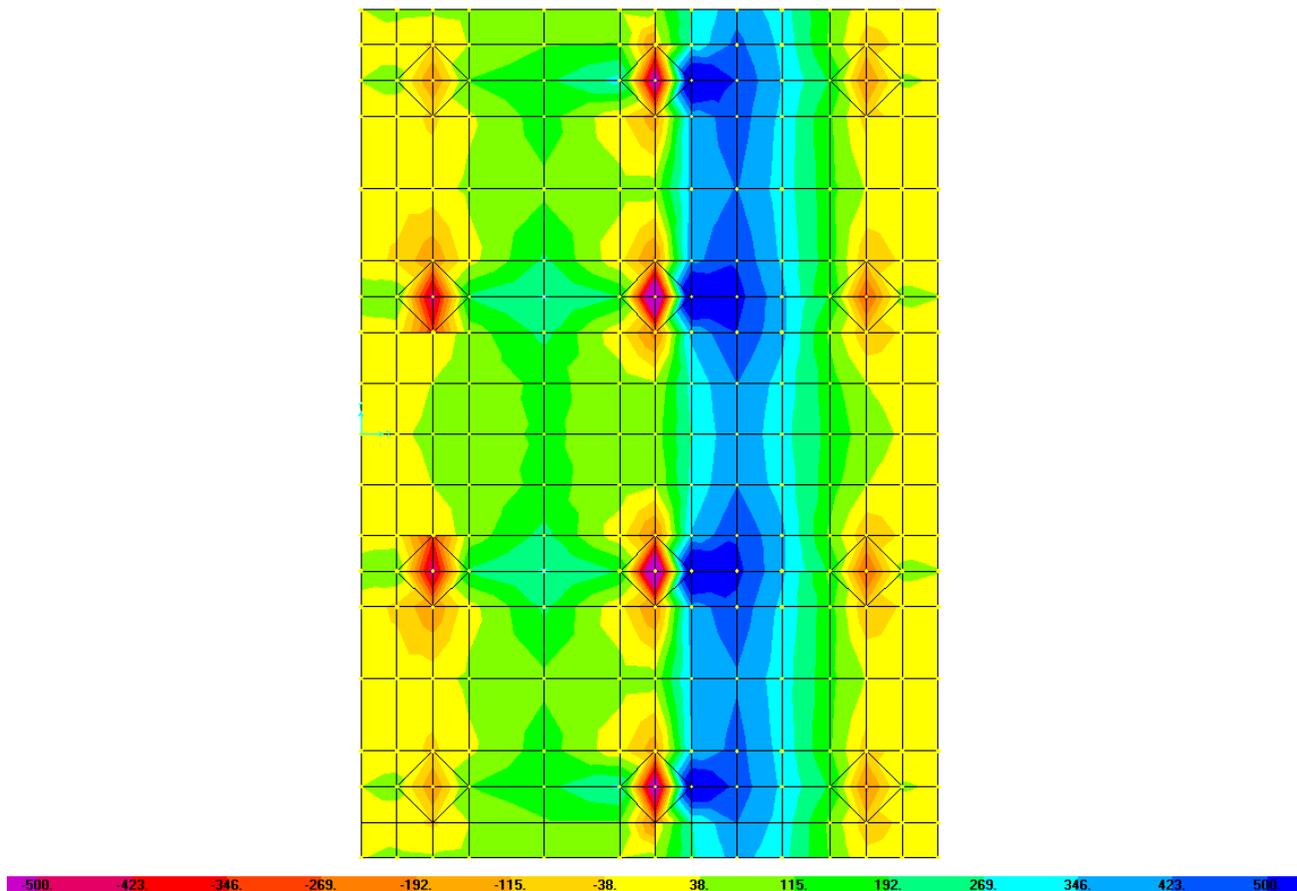


Figura 7.11: Involuppo Momento M11

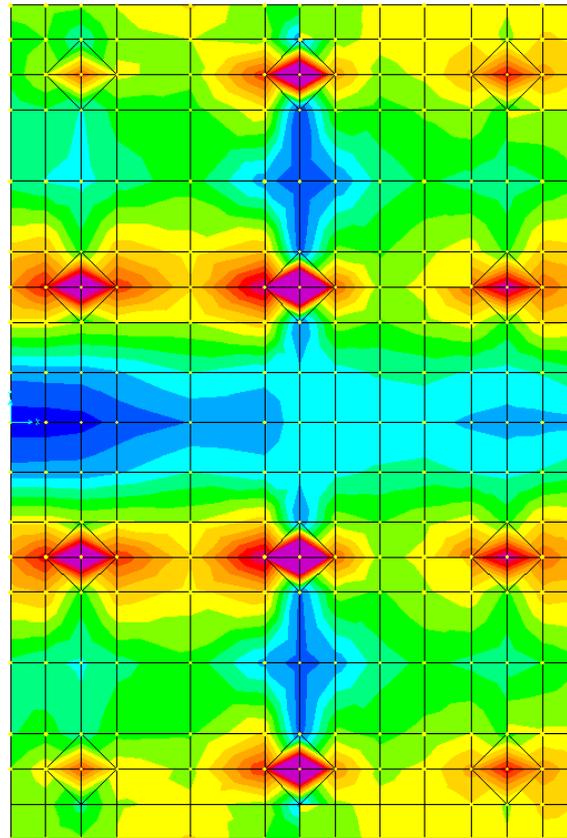


Figura 7.12: Involupto Momento M22

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 A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]	$A_{res,TOT}$ [cm ²]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS	
Arm-inf	1.6	5 Φ 18	740	754	1.02	OK momento longitudinale $M_x=M11+$
Arm-sup	1.6	5 Φ 22	450	1123	2.50	OK momento longitudinale $M_x=M11-$

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	S_{elem} [m]	$A_{res,TOT}$ [cm ²]	M_{Sd} [kNm/m]	M_{Rd} [kNm/m]	FS	
Arm-inf	1.6	5 Φ 18	327	754	2.31	OK momento trasversale $M_y=M22+$
Arm-sup	1.6	5 Φ 22	470	1123	2.39	OK momento trasversale $M_y=M22-$

7.7.2 Verifiche di resistenza per tensioni tangenziali

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.

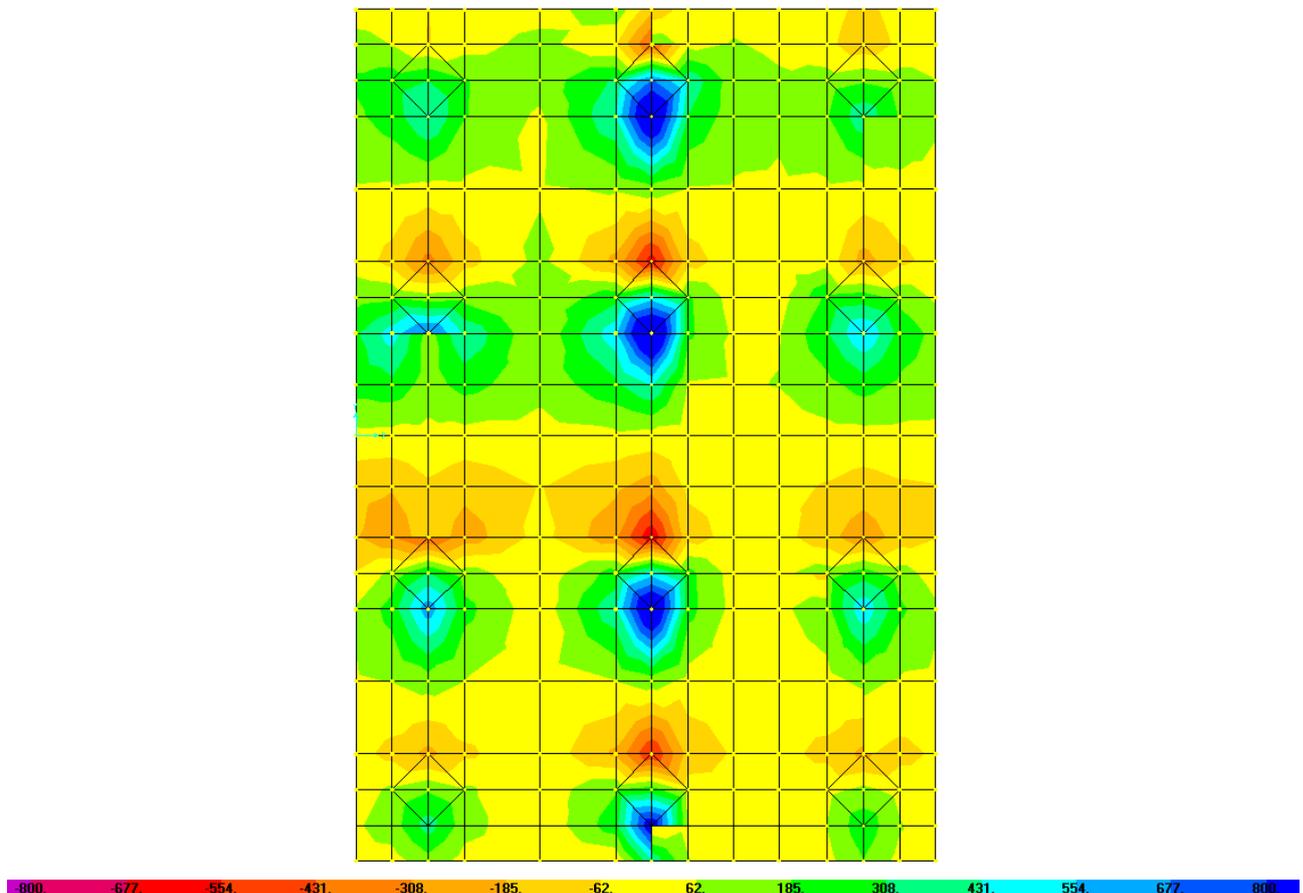


Figura 7.13: Involuppo del taglio V23

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

		plinto	plinto		
sezione di verifica		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	900	850	kN	taglio
N	=	0	0	kN	sforzo 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 63 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)

	plinto	plinto		
sezione di verifica	V13max	V23max		
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	3534	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	= 0.00198	0.00221		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
$\sigma_{cp,ad}$	= 0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	= 495.3	495.3	kN	taglio resistente
FS	= 0.6	0.6		>1 verifica soddisfatta
check	= NO	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\emptyset_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
$ctg\Theta (V)$	= 23.3	24.7		
$ctg\Theta$	= 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
	= 1.6	1.7		
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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 64 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

8 VERIFICA DELLA SpA_DX AGLI SLE

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

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO SLE

Matrice coefficienti di combinazione dei carichi_SLE comb.frequente								
Carichi elementari	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Matrice coefficienti di combinazione dei carichi_sle quasi permanente		
Carichi elementari	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
g1-imp	1	1
g1-sp	1	1
g2-imp	1	1
g2-sp	1	1
g3-sp	1	1
e2-imp	1	1
e3-imp	0.50	-0.50
q1.1-imp	0	0
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 65 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Matrice coefficienti di combinazione dei carichi_sle quasi permanente		
Carichi elementari	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
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	0.60	0.60

8.2 PLINTO DI FONDAZIONE

Condizioni ambientali: **Aggressive**
Armature: **Poco sensibili**

8.2.1 Verifica allo SLF combinazioni Frequenti

		comb.		comb.			
		FREQUENTE		FREQUENTE			
		inf	sup	inf	sup		
Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My					
MATERIALI							
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
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
Ø1	=	22	18	22	18	mm	diametro barre strato 1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 66 di 86	
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc	

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
Ø8	=	18	22	18	22	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	1550	1550	1550	1550	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area barre strato 1
A _{s8}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	410	100	250	300	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	=	205.9	256.6	205.9	256.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1394	1343	1394	1343	mm	ordinata asse neutro
A	=	253536	304228	253536	304228	mm ²	area sezione reagente
J	=	38081995333	54140274289	38081995333	54140274289	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-2.22	-0.47	-1.35	-1.42	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	217.06	35.83	132.35	107.50	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
sezione tesa							
M _{fess}	=	1181.8	1194.6	1181.8	1194.6	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	2.9	11.9	4.7	4.0		check ok se >1

8.2.2 Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
		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							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 67 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

		comb.	comb.	comb.	comb.	
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My		
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						
n_1 (superiore)	=	5	5	5	5	numero barre strato 1
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5	numero barre strato 8
diametro barre						
\varnothing_1	=	22	18	22	18	mm diametro barre strato 1
\varnothing_8	=	18	22	18	22	mm diametro barra strato 8
ordinate barre						
y_1	=	1550	1550	1550	1550	mm ordinata barre strato 1
y_8	=	50	50	50	50	mm ordinata barre strato 8
area barre						
A_{s1}	=	1901	1272	1901	1272	mm ² area barre strato 1
A_{s8}	=	1272	1901	1272	1901	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONI						
		M11+	M11-	M22+	M22-	da sap
M	=	280	56	96	80	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI						
σ_s	=	1	1	1	1	
σ_c	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	
σ_n	=	205.9	256.6	205.9	256.6	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	1394	1343	1394	1343	mm ordinata asse neutro
A	=	253536	304228	253536	304228	mm ² area sezione reagente
J	=	38081995333	54140274289	38081995333	54140274289	mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³ momento statico sezione reagente
σ_c	=	-1.51	-0.27	-0.52	-0.38	MPa tensione calcestruzzo
σ_s	=	148.23	20.07	50.82	28.67	MPa tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
sezione tesa						
M_{fess}	=	1181.8	1194.6	1181.8	1194.6	kNm momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	4.2	21.3	12.3	14.9	check ok se >1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 68 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

8.3 MURO FRONTALE

Condizioni ambientali: **Aggressive**
Armature: **Poco sensibili**

8.3.1 Verifica allo SLF 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 _{ctd}	=	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						
n1 (superiore)	=	5	5	5	5	numero barre strato 1
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5	numero barre strato 8
diametro barre						
Ø1	=	18	16	18	18	mm diametro barre strato 1
Ø8	=	16	18	18	18	mm diametro barra strato 8
ordinate barre						
y1	=	1750	1750	1750	1750	mm ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm ordinata barre strato 8
area barre						
A _{s1}	=	1272	1005	1272	1272	mm ² area barre strato 1
A _{s8}	=	1005	1272	1272	1272	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONI						
M	=	320	77	270	180	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)

<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 Arenella III</p> <p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX</p> <p>Pagina 69 di 86</p> <p>Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc</p>
---	--

	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
	Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
N	= 0	0	380	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI						
cs	= 1	1	5	1		
cs	= flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	flessione semplice		
an	= 202.2	229.4	827.4	226.7	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	= 1598	1571	973	1573	mm	ordinata asse neutro
A	= 236336	263578	827390	264884	mm ²	area sezione reagente
J	= 39323819337	48638545471	216582903931	48765543162	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	= 0	0	339515936	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	= -1.65	-0.36	-0.93	-0.84	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	= 188.93	36.11	15.49	84.34	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
	sezione tesa		sezione tesa			
M _{fess}	= 1337.8	1343.3	1466.1	1348.1	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	= 4.2	17.4	5.4	7.5		check ok se >1

8.3.2 Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente

	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
	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 calcolo
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
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 70 di 86	
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc	

	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
	Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
c'	= 50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA						
numero barre						
n1 (superiore)	= 5	5	5	5		numero barre strato 1
n8 (inferiore)	= 5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre						
Ø1	= 18	18	18	18	mm	diametro barre strato 1
Ø8	= 16	18	18	18	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre						
y1	= 1750	1750	1750	1750	mm	ordinata barre strato 1
y8	= 50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre						da sap
A _{s1}	= 1272	1272	1272	1272	mm ²	area barre strato 1
A _{s8}	= 1005	1272	1272	1272	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI	M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	= 256	61.6	216	144	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le f
N	= 0	0	380	0	kN	sforzso normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI						
cs	= 1	1	5	1		
cs	= flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	flessione semplice		
an	= 202.2	226.7	1107.6	226.7	mm	asse neutro (distanza da lembo compres
Y _n	= 1598	1573	692	1573	mm	ordinata asse neutro
A	= 236336	264884	1107591	264884	mm ²	area sezione reagente
J	= 39323819337	48765543162	482137796589	48765543162	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	= 0	0	621302268	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	= -1.32	-0.29	-0.68	-0.67	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	= 151.15	28.86	5.89	67.47	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	= 1337.8	1348.1	1466.1	1348.1	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	= 5.2	21.9	6.8	9.4		check ok se >1

8.4 MURO PARAGHIAIA

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.4.1 Verifica allo SLF 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 71 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
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	=	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_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
$\varnothing 1$	=	18	16	16	16	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	16	18	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y_1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y_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_{s8}	=	1005	1272	1005	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	100	30	60	10	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	130	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
σ_s	=	1	1	5	1		
σ_s	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	flessione semplice		
a_n	=	126.1	142.8	269.7	128.1	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	674	657	530	672	mm	ordinata asse neutro
A	=	160297	176926	269709	158231	mm ²	area sezione reagente
J	=	6648676910	8137063235	10746271177	6624867689	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	32441863	0	mm ³	momento statico sezione reagente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 72 di 86	
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc	

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
σ_c	=	-1.90	-0.53	-1.08	-0.19	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	140.75	33.58	28.87	14.08	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	275.5	277.9	292.0	273.8	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	2.8	9.3	4.9	27.4		check ok se >1

8.4.2 Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
		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	=	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
$n8$ (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
$\varnothing 1$	=	18	16	16	16	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	16	18	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate 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 Arenella III	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX	
	Pagina 73 di 86	
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc	

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
y1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
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 _{s8}	=	1005	1272	1005	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	80	24	48	8	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	130	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	5	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	flessione semplice		
an	=	126.1	142.8	332.9	128.1	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	674	657	467	672	mm	ordinata asse neutro
A	=	160297	176926	332862	158231	mm ²	area sezione reagente
J	=	6648676910	8137063235	16123883939	6624867689	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	53373874	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-1.52	-0.42	-0.81	-0.15	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	112.60	26.87	15.24	11.27	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	275.5	277.9	292.0	273.8	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	3.4	11.6	6.1	34.2		check ok se >1

8.5 MURI LATERALI

Condizioni ambientali: **Aggressive**
Armature: **Poco sensibili**

8.5.1 Verifica allo SLF combinazioni Frequenti

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

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

Opera: **Viadotto Arenella III**

Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX

Pagina 74 di 86

Nome file:
V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
f_{cd}	=	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{td}	=	1.32	1.32	1.32	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	32588	32588	32588	32588	MPa	modulo di Young
Acciaio							
E_s	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
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	=	700	700	700	700	mm	altezza
c'	=	50	50	50	50	mm	copriferro
ARMATURA							
numero barre							
n_1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
\varnothing_1	=	16	22	16	22	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_8	=	22	16	22	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y_1	=	650	650	650	650	mm	ordinata barre strato 1
y_8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A_{s1}	=	1005	1901	1005	1901	mm ²	area barre strato 1
A_{s8}	=	1901	1005	1901	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
		M11-	M11+	M22-	M22+		da sap
M	=	130	40	50	160	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	50	120	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
c_s	=	1	1	5	5		
c_s	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		
a_n	=	157.6	112.5	203.8	139.1	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	542	588	496	561	mm	ordinata asse neutro
A	=	201174	156060	203823	139084	mm ²	area sezione reagente
J	=	8391858206	4942579852	8854914302	5059404868	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	10370907	4507595	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-2.44	-0.91	-0.98	-3.70	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	114.42	65.25	32.27	204.02	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	222.7	215.9	229.1	230.7	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{sd}$	=	1.7	5.4	4.6	1.4		check ok se >1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 75 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

8.5.2 Verifiche allo SLF combinazione Quasi Permanente

	comb.	comb.	comb.	comb.	
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
	Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)		
MATERIALI	Y-	Y+	Y-	Y+	
Calcestruzzo					
R _{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 _{td}	= 1.32	1.32	1.32	1.32	MPa resistenza di calcolo a trazione
E _c	= 32588	32588	32588	32588	MPa modulo di Young
Acciaio					
E _s	= 206000	206000	206000	206000	MPa modulo di Young acciaio
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	= 700	700	700	700	mm altezza
c'	= 50	50	50	50	mm copriferro
ARMATURA					
numero barre					
n1 (superiore)	= 5	5	5	5	numero barre strato 1
n8 (inferiore)	= 5	5	5	5	numero barre strato 8
diametro barre					
Ø1	= 16	22	16	22	mm diametro barre strato 1
Ø8	= 22	16	22	16	mm diametro barra strato 8
ordinate barre					
y1	= 650	650	650	650	mm ordinata barre strato 1
y8	= 50	50	50	50	mm ordinata barre strato 8
area barre					
A _{s1}	= 1005	1901	1005	1901	mm ² area barre strato 1
A _{s8}	= 1901	1005	1901	1005	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONI					
M	= 16	80	32	110	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	= 0	0	50	120	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

<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 Arenella III</p>
	<p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX</p>
	<p>Pagina 76 di 86</p>
	<p>Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc</p>

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
an	=	157.6	112.5	235.0	153.6	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	542	588	465	546	mm	ordinata asse neutro
A	=	201174	156060	235021	153580	mm ²	area sezione reagente
J	=	8391858206	4942579852	9752947760	5229489355	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	18576318	7260689	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-0.30	-1.82	-0.63	-2.54	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	14.08	130.51	16.75	123.07	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	222.7	215.9	229.1	230.7	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{sd}$	=	13.9	2.7	7.2	2.1		check ok se >1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 77 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

9 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

Dispositivo: SI-H 900/168

V	=	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore

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

Tabella 9.1: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLC

	Comb_SLC					
	SLC1	SLC2	SLC3	SLC4	SLC5	SLC6
01) g1-imp	1	1	1	1	1	1
02) g2	1	1	1	1	1	1
03) e2	1	1	1	1	1	1
04) e3.1	0.5	0	0.5	0	0.5	0
05) e3.2	0	0.5	0	0.5	0	0.5
06) q1	0	0	0	0	0	0
07) q1	0	0	0	0	0	0
08) q3	0	0	0	0	0	0
09) q4	0	0	0	0	0	0
10) q5-imp	0	0	0	0	0	0
11) SLC1	1	1	0	0	0	0
12) SLC2	0	0	1	1	0	0
13) SLC3	0	0	0	0	1	1

Tabella 9.2: Matrice dei coefficienti di combinazione agli SLU

	Comb_SLU					
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6
01) g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
02) g2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
03) e2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
04) e3.1	0.72	0	1.2	0	0.72	0
05) e3.2	0	0.72	0	1.2	0	0.72
06) q1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.35	1.35
07) q1	0	0	0	0	0	0
08) q3	0	0	0	0	0	0
09) q4	0	0	0	0	0	0
10) q5-imp	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 78 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

	Comb SLU					
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6
11) SLC1	0	0	0	0	0	0
12) SLC2	0	0	0	0	0	0
13) SLC3	0	0	0	0	0	0

Si riportano le sollecitazioni elementari per i link delle spalle:

Link	Caso di carico	FZ	FX	FY
Text	Text	KN	KN	KN
SpA_LN_DX	01) g1-imp	1348.591	3.075	0.524
SpA_LN_DX	02) g2	199.058	0.561	0.007555
SpA_LN_DX	03) e2	162.702	25.027	1.341
SpA_LN_DX	04) e3.1	107.548	47.381	2.079
SpA_LN_DX	05) e3.2	35.568	139.3	5.34
SpA_LN_DX	06) q1	931.738	1.777	3.367
SpA_LN_DX	07) q1	648.132	3.527	2.259
SpA_LN_DX	08) q3	1.936	47.037	1.153
SpA_LN_DX	09) q4	0	0	0
SpA_LN_DX	10) q5-imp	57.483	8.994	71.512
SpA_LN_DX	11) SLC1	36.624	212.979	54.473
SpA_LN_DX	12) SLC2	102.33	65.397	177.213
SpA_LN_DX	13) SLC3	72.867	64.02	53.273
SpA_LN_SX	01) g1-imp	1333.074	2.981	0.103
SpA_LN_SX	02) g2	208.382	0.575	0.048
SpA_LN_SX	03) e2	184.157	25.241	1.371
SpA_LN_SX	04) e3.1	122.617	47.726	2.114
SpA_LN_SX	05) e3.2	36.088	140.206	5.33
SpA_LN_SX	06) q1	1521.335	1.141	6.545
SpA_LN_SX	07) q1	1100.724	3.413	0.519
SpA_LN_SX	08) q3	2.635	47.251	1.154
SpA_LN_SX	09) q4	0	0	0
SpA_LN_SX	10) q5-imp	56.197	5.761	71.512
SpA_LN_SX	11) SLC1	37.926	213.106	54.474
SpA_LN_SX	12) SLC2	98.9	64.602	177.213
SpA_LN_SX	13) SLC3	73.349	63.988	53.273
SpB_LN_DX	01) g1-imp	1379.38	2.829	0.517
SpB_LN_DX	02) g2	205.644	0.576	0.035
SpB_LN_DX	03) e2	183.473	30.936	1.15
SpB_LN_DX	04) e3.1	122.393	58.129	1.951
SpB_LN_DX	05) e3.2	34.866	170.073	5.302
SpB_LN_DX	06) q1	888.679	1.643	1.732
SpB_LN_DX	07) q1	49.222	1.816	1.038
SpB_LN_DX	08) q3	1.7	33.135	0.519
SpB_LN_DX	09) q4	0	0	0
SpB_LN_DX	10) q5-imp	42.586	14.581	68.927
SpB_LN_DX	11) SLC1	40.747	204.54	74.919
SpB_LN_DX	12) SLC2	65.135	86.642	169.178
SpB_LN_DX	13) SLC3	71.866	63.83	53.167

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 79 di 86
	Nome file: V114-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

SpB_LN_SX	01) g1-imp	1300.262	2.661	0.096
SpB_LN_SX	02) g2	201.038	0.573	0.004465
SpB_LN_SX	03) e2	164.061	30.494	1.12
SpB_LN_SX	04) e3.1	108.868	57.412	1.916
SpB_LN_SX	05) e3.2	33.892	168.179	5.312
SpB_LN_SX	06) q1	1440.488	2.296	3.122
SpB_LN_SX	07) q1	70.615	2.488	1.196
SpB_LN_SX	08) q3	1.522	32.915	0.519
SpB_LN_SX	09) q4	0	0	0
SpB_LN_SX	10) q5-imp	44.412	17.653	68.927
SpB_LN_SX	11) SLC1	30.241	203.403	74.917
SpB_LN_SX	12) SLC2	70.214	89.421	169.179
SpB_LN_SX	13) SLC3	69.11	63.846	53.166

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

SpA_LN_DX è l'isolatore destro della spalla A;
SpA_LN_SX è l'isolatore sinistro della spalla A;
SpB_LN_DX è l'isolatore destro della spalla B;
SpB_LN_SX è l'isolatore sinistro della spalla B;
Fz è l'azione verticale sul link;
Fx è l'azione longitudinale sul link;
Fy è l'azione trasversale sul link;
Ux è lo spostamento in direzione longitudinale;
Uy è lo spostamento in direzione trasversale;
Uh è la composizione vettoriale degli spostamenti Ux e Uy;
SLCj è la j-esima combinazione di carico analizzata allo stato limite di collasso;
SLUj è la j-esima combinazione di carico analizzata allo stato limite ultimo

Nel seguito si riportano le sollecitazioni combinate sugli elementi link:

SpA_LN_DX	F _z [kN]	F _x [kN]	F _y [kN]	U _x [mm]	U _y [mm]	U _h [mm]
SLC1	1800.7	265.3	57.4	87.6	18.9	89.6
SLC2	1764.8	311.3	59.0	102.7	19.5	104.6
SLC3	1866.5	117.8	180.1	38.9	59.4	71.0
SLC4	1830.5	163.7	181.8	54.0	60.0	80.7
SLC5	1837.0	116.4	56.2	38.4	18.5	42.6
SLC6	1801.0	162.3	57.8	53.6	19.1	56.9
SLU1	3389.3	84.3	114.5	27.8	37.8	46.9
SLU2	3337.5	150.5	116.8	49.7	38.6	62.9
SLU3	3406.4	101.7	72.6	33.6	24.0	41.2
SLU4	3320.0	212.0	76.5	70.0	25.2	74.4
SLU5	3671.6	79.5	72.7	26.3	24.0	35.6
SLU6	3619.8	145.7	75.1	48.1	24.8	54.1
SpA_LN_SX	F _z [kN]	F _x [kN]	F _y [kN]	U _x [mm]	U _y [mm]	U _h [mm]
SLC1	1824.8	265.8	57.1	87.7	18.8	89.7
SLC2	1781.6	312.0	58.7	103.0	19.4	104.8

<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 Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 80 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

SLC3	1885.8	117.3	179.8	38.7	59.3	70.8
SLC4	1842.6	163.5	181.4	54.0	59.9	80.6
SLC5	1860.3	116.6	55.9	38.5	18.4	42.7
SLC6	1817.0	162.9	57.5	53.8	19.0	57.0
SLU1	4011.1	79.2	117.2	26.2	38.7	46.7
SLU2	3948.8	145.8	119.6	48.1	39.5	62.2
SLU3	4036.2	98.7	75.4	32.6	24.9	41.0
SLU4	3932.4	209.7	79.2	69.2	26.1	74.0
SLU5	4494.6	76.2	76.6	25.1	25.3	35.6
SLU6	4432.3	142.8	78.9	47.1	26.0	53.8
SpB_LN_DX	F_z [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	U_x [mm]	U_y [mm]	U_h [mm]
SLC1	1870.4	267.9	77.6	88.4	25.6	92.1
SLC2	1826.7	323.9	79.3	106.9	26.2	110.1
SLC3	1894.8	150.0	171.9	49.5	56.7	75.3
SLC4	1851.1	206.0	173.5	68.0	57.3	88.9
SLC5	1901.6	127.2	55.8	42.0	18.4	45.9
SLC6	1857.8	183.2	57.5	60.5	19.0	63.4
SLU1	3409.5	107.1	108.7	35.3	35.9	50.4
SLU2	3346.5	187.7	111.1	61.9	36.7	72.0
SLU3	3442.7	126.3	68.3	41.7	22.5	47.4
SLU4	3337.7	260.6	72.3	86.0	23.9	89.2
SLU5	3686.1	98.9	67.9	32.6	22.4	39.6
SLU6	3623.1	179.5	70.3	59.2	23.2	63.6
SpB_LN_SX	F_z [kN]	F_x [kN]	F_y [kN]	U_x [mm]	U_y [mm]	U_h [mm]
SLC1	1750.0	265.8	77.1	87.7	25.4	91.4
SLC2	1712.5	321.2	78.8	106.0	26.0	109.2
SLC3	1790.0	151.9	171.4	50.1	56.6	75.6
SLC4	1752.5	207.2	173.1	68.4	57.1	89.1
SLC5	1788.9	126.3	55.3	41.7	18.3	45.5
SLC6	1751.4	181.7	57.0	60.0	18.8	62.8
SLU1	3823.5	111.1	109.4	36.7	36.1	51.5
SLU2	3769.5	190.8	111.8	63.0	36.9	73.0
SLU3	3849.1	128.1	69.0	42.3	22.8	48.0
SLU4	3759.2	261.0	73.0	86.1	24.1	89.4
SLU5	4286.6	101.3	69.1	33.4	22.8	40.5
SLU6	4232.7	181.0	71.6	59.7	23.6	64.2

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 81 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Nel prospetto seguente si riportano le verifiche sul massimo spostamento e carico sull'isolatore e massimo spostamento del giunto di dilatazione:

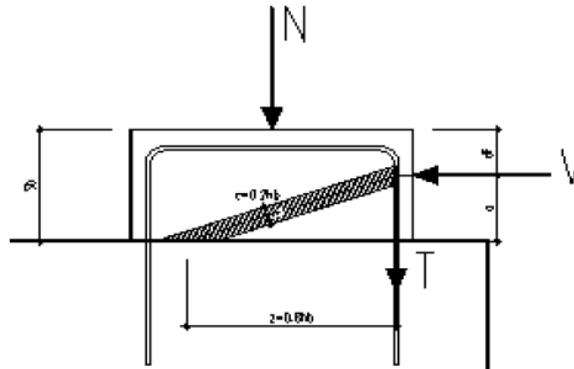
Dispositivo: SI-N 900/168

V	=	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	=	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	=	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	=	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	=	300	mm	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	=	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	=	1049	kg	peso dell'isolatore
	=			
V_{Sd,max}	=	1902	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F_{Sd,zd}	=	4495	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
d_{max}	=	110	mm	spostamento massimo dell'impalcato
	=			
FS	=	5.77	ok	verifica sull'isolatore in fase di sisma
FS	=	4.72	ok	verifica sull'isolatore per carico verticale allo SLU in esercizio
FS	=	2.73	ok	spostamento dell'isolatore
	=			
d _{giunto}	=	220	mm	massima escursione del giunto
d_{max} SLC	=	110	mm	spostamento massimo in fase di sisma
d_{max} SLU	=	89	mm	spostamento massimo allo SLU

Le verifiche sul massimo carico agente in fase sismica e all'SLU sono soddisfatte con un fattore di sicurezza maggiore di 2. Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 110 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito pari a 300 mm. Dunque, l'isolatore scelto è soddisfa tutte le verifiche richieste.

10 VERIFICA BAGGIOLI SPALLE

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



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

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

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

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

b₀ = larghezza dell'appoggio

Sulla base delle sollecitazioni elementari riportate nel paragrafo precedente si sono effettuate le opportune combinazioni. Le sollecitazioni sono le seguenti:

Spalla A									
SpA_LN_DX	Fz	Fx	Fy	V	SpA_LN_SX	Fz	Fx	Fy	V
comb	kN	kN	kN	kN	comb	kN	kN	kN	kN
SLU1	-3178	-3	59	59	SLU1	-4053	-5	73	73
SLU2	-3075	-69	61	93	SLU2	-3938	-72	75	104
SLU3	-3281	-19	-70	72	SLU3	-3951	-16	-56	58
SLU4	-3178	-86	-67	109	SLU4	-3837	-82	-53	98
SLU5	-2795	-6	61	61	SLU5	-3485	-8	65	65
SLU6	-2692	-72	63	95	SLU6	-3371	-75	67	101
SLU7	-2898	-22	-68	72	SLU7	-3384	-19	-64	67
SLU8	-2795	-88	-66	110	SLU8	-3269	-85	-62	105
SLU9	-2860	68	58	90	SLU9	-3535	66	69	96
SLU10	-2757	2	61	61	SLU10	-3421	-1	71	71
SLU11	-2964	52	-70	87	SLU11	-3434	56	-60	82
SLU12	-2861	-15	-68	69	SLU12	-3320	-11	-57	58

Spalla A									
SpA_LN_DX	Fz	Fx	Fy	V	SpA_LN_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU13	-2573	66	60	89	SLU13	-3109	64	63	90
SLU14	-2470	0	62	62	SLU14	-2995	-3	65	65
SLU15	-2677	50	-69	85	SLU15	-3008	53	-66	85
SLU16	-2574	-16	-67	69	SLU16	-2894	-13	-63	65
SLU17	-2863	-3	60	60	SLU17	-3539	-5	71	71
SLU18	-2760	-69	62	93	SLU18	-3425	-71	73	102
SLU19	-2967	-19	-69	71	SLU19	-3438	-15	-58	60
SLU20	-2864	-85	-66	108	SLU20	-3324	-82	-56	99
SLU21	-2576	-4	61	61	SLU21	-3113	-7	65	65
SLU22	-2473	-71	64	95	SLU22	-2999	-74	67	100
SLU23	-2679	-21	-67	71	SLU23	-3012	-18	-64	66
SLU24	-2576	-87	-65	109	SLU24	-2898	-84	-62	104
SLU25	-2829	3	103	103	SLU25	-3573	-1	114	114
SLU26	-2726	-63	105	123	SLU26	-3459	-68	116	134
SLU27	-3001	-24	-111	114	SLU27	-3404	-19	-101	103
SLU28	-2898	-90	-109	142	SLU28	-3290	-85	-99	130
SLU29	-2542	1	104	104	SLU29	-3147	-4	108	108
SLU30	-2438	-65	107	125	SLU30	-3033	-70	110	130
SLU31	-2714	-26	-110	113	SLU31	-2978	-21	-107	109
SLU32	-2611	-92	-108	142	SLU32	-2864	-88	-105	136
SLU33	-2915	-25	61	66	SLU33	-3598	-28	72	77
SLU34	-2743	-136	65	151	SLU34	-3408	-139	76	158
SLU35	-3018	-42	-68	79	SLU35	-3497	-38	-57	69
SLU36	-2847	-152	-64	165	SLU36	-3306	-149	-53	158
SLU37	-2628	-27	62	68	SLU37	-3172	-30	66	72
SLU38	-2456	-138	66	153	SLU38	-2982	-141	70	157
SLU39	-2731	-43	-66	79	SLU39	-3071	-40	-63	75
SLU40	-2559	-154	-63	166	SLU40	-2881	-151	-59	163
SLV1	-1402	211	54	217	SLV1	-1381	211	54	218
SLV2	-1331	165	55	174	SLV2	-1301	165	56	174
SLV3	-1336	63	176	187	SLV3	-1320	62	177	188
SLV4	-1265	17	178	179	SLV4	-1240	16	178	179
SLV5	-1366	62	52	81	SLV5	-1345	62	53	81
SLV6	-1294	16	54	56	SLV6	-1266	16	55	57

Spalla B									
SpB_LN_DX	Fz	Fx	Fy	V	SpB_LN_SX	Fz	Fx	Fy	V
comb	kN	kN	kN	kN	comb	kN	kN	kN	kN
SLU1	-3169	25	59	64	SLU1	-3893	28	66	72
SLU2	-3056	105	57	119	SLU2	-3790	108	64	125
SLU3	-3246	-2	-65	65	SLU3	-3813	-4	-58	58
SLU4	-3133	79	-68	104	SLU4	-3710	76	-60	97
SLU5	-1903	20	60	63	SLU5	-1853	22	60	64
SLU6	-1790	101	57	116	SLU6	-1750	101	58	117
SLU7	-1980	-6	-64	65	SLU7	-1773	-10	-64	65
SLU8	-1866	74	-67	100	SLU8	-1670	70	-66	96
SLU9	-2872	74	59	94	SLU9	-3409	77	64	100
SLU10	-2759	154	56	164	SLU10	-3306	156	62	168

Spalla B									
SpB_LN_DX	Fz	Fx	Fy	V	SpB_LN_SX	Fz	Fx	Fy	V
SLU11	-2948	48	-65	81	SLU11	-3329	45	-60	75
SLU12	-2835	128	-68	145	SLU12	-3226	125	-62	139
SLU13	-1922	70	59	92	SLU13	-1879	72	60	94
SLU14	-1809	151	57	161	SLU14	-1776	152	57	162
SLU15	-1999	44	-65	78	SLU15	-1799	40	-64	76
SLU16	-1886	125	-67	142	SLU16	-1696	120	-67	137
SLU17	-2869	24	60	64	SLU17	-3407	27	65	71
SLU18	-2756	105	57	119	SLU18	-3304	107	63	124
SLU19	-2946	-2	-65	65	SLU19	-3327	-4	-59	59
SLU20	-2833	78	-67	103	SLU20	-3224	75	-61	97
SLU21	-1920	21	60	64	SLU21	-1877	22	61	65
SLU22	-1806	101	58	117	SLU22	-1774	102	58	118
SLU23	-1996	-6	-64	64	SLU23	-1797	-9	-63	64
SLU24	-1883	75	-66	100	SLU24	-1694	70	-66	96
SLU25	-2844	33	101	106	SLU25	-3433	38	106	113
SLU26	-2730	113	98	150	SLU26	-3331	118	104	157
SLU27	-2971	-11	-106	106	SLU27	-3300	-15	-100	102
SLU28	-2858	70	-108	129	SLU28	-3197	65	-103	121
SLU29	-1894	29	102	106	SLU29	-1903	33	102	107
SLU30	-1781	110	99	148	SLU30	-1801	113	100	150
SLU31	-2022	-14	-105	106	SLU31	-1770	-20	-105	107
SLU32	-1909	66	-108	126	SLU32	-1667	60	-107	123
SLU33	-2928	52	59	78	SLU33	-3459	55	64	84
SLU34	-2739	186	55	194	SLU34	-3288	188	60	197
SLU35	-3005	26	-65	70	SLU35	-3379	23	-60	64
SLU36	-2816	160	-70	175	SLU36	-3208	156	-64	169
SLU37	-1978	49	59	77	SLU37	-1929	50	60	78
SLU38	-1790	183	55	191	SLU38	-1758	183	56	191
SLU39	-2055	22	-65	69	SLU39	-1849	18	-64	67
SLU40	-1866	157	-69	171	SLU40	-1678	151	-68	166
SLV1	-1422	206	75	219	SLV1	-1361	205	75	218
SLV2	-1343	262	73	272	SLV2	-1290	260	73	270
SLV3	-1398	88	169	190	SLV3	-1321	91	169	192
SLV4	-1319	144	167	221	SLV4	-1250	146	168	222
SLV5	-1391	65	53	84	SLV5	-1323	65	53	84
SLV6	-1312	121	51	132	SLV6	-1251	121	52	131

RIEPILOGO baggioli più sollecitati			
	Fz	V	
Fz,max	-1240.4	217.8	SpA_LN_SX
V,max	-1312.3	272.0	SpB_LN_DX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 85 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

R_{ck}	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ck}	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{cd}	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
β_1	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
β_2	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
β_3	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo teso-compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	24.99	24.99	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi
$\sigma_{2Rd,max}$	=	21.18	21.18	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in una direzione
$\sigma_{3Rd,max}$	=	18.64	18.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi-tesi con tiranti ancorati disposti in più di una direzione

Mensola

		Fz,max	V,max		
		SpA_LN_SX	SpB_LN_DX		
F_{Ed}	=	1240	1312	kN	azione verticale di calcolo appoggio 1
H_{Ed}	=	218	272	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio 1

Verifica baggiolo

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
b_3	=	300	300	mm	altezza baggiolo
c	=	30	30	mm	copriferro
d	=	1070	1070	mm	altezza utile
z	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	7.9	9.9	mm	larghezza collaborante
y_1	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
a	=	304.0	304.9		
α	=	0.34	0.34	rad	
C	=	231.08	288.73	kN	risultante di compressione
T	=	77.32	96.89	kN	risultante di trazione

Verifiche Puntone-Tirante

σ_c	=	0.61	0.77	MPa	risultante di compressione
FS	=	40.74	32.60		risultante di trazione
n	=	6	6		numero ferri superiore
\emptyset	=	14	14	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	923.6	923.6	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	84	105	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	4.67	3.73		check (if >1 verified)

Verifiche armatura a fenditura

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
-------	---	------	------	----	--------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata DX
	Pagina 86 di 86
	Nome file: VI14-B-CL009_C.00_relazione_calcolo_spalle_DX.doc

Bridge Cap - Strut & Tie Model

b_3	=	300	300	mm	altezza baggiolo
b_0	=	950	950	mm	larghezza appoggio
T	=	51	54	kN	
A_s	=	131	139	mmq	armatura necessaria
ρ	=	100	100	mm	passo
nstr	=	3	3		numero strati
nbr	=	8	8		numero bracci x strato
\varnothing_w	=	14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	3694.5	3694.5	mm ²	armatura di progetto
		28.21	26.66		check (se >1 verificato)
		ok	ok		

La verifica risulta soddisfatta.