

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 SX

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 8 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 SX
	Pagina 1 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.2.1	<i>Geometria e caratteristiche spalla A carreggiata SX (SpA_SX)</i>	7
1.2.2	<i>Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata SX (SpB_SX)</i>	9
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
1.4.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	11
1.4.2	<i>Calcestruzzo</i>	11
1.4.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	13
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	14
2.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	14
3	MATRICI DEI COEFFICIENTI DELLE COMBINAZIONI DI CARICO	16
3.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLU	16
3.2	COMBINAZIONI DI CARICO SLE	19
4	ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA SX (SpA_SX)	21
4.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	21
4.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	22
4.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	24
4.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU	25
4.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE	27
4.5.1	<i>Combinazione Caratteristica</i>	27
4.5.2	<i>Combinazione Frequente</i>	27
4.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente</i>	27
4.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU)	28
4.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)</i>	29
4.6.2	<i>Verifica a taglio</i>	29
4.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)	31
4.7.1	<i>Stato limite di fessurazione</i>	31
4.7.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio</i>	33
5	ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA SX (SpB_SX)	34
5.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	34
5.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	35
5.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	37
5.4	CALCOLO AZIONI SUI PALI AGLI SLU	38
5.5	CALCOLO AZIONE SUI PALI AGLI SLE	38
5.5.1	<i>Combinazione Caratteristica</i>	38
5.5.2	<i>Combinazione Frequente</i>	38
5.5.3	<i>Combinazione Quasi Permanente</i>	38
5.6	VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU)	38
5.6.1	<i>Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)</i>	38
5.6.2	<i>Verifica a taglio</i>	38
5.7	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO DEI PALI (SLE)	38
5.7.1	<i>Stato limite di fessurazione</i>	38
5.7.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio</i>	38
6	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI	38
6.1	CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO	38
6.1.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite verticale</i>	38
6.1.2	<i>Criteri di verifiche</i>	38
6.1.3	<i>Risultati</i>	38
6.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE	38
6.2.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite orizzontale</i>	38

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 2 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

6.2.2	<i> Criteri di verifica</i>	38
6.2.3	<i> Risultati spalla A carreggiata sinistra (SpA_SX)</i>	38
6.2.4	<i> Risultati spalla B carreggiata sinistra (SpB_SX)</i>	38
7	ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE AGLI SLU	38
7.1	SPALLA SPA_SX.....	38
7.2	ANALISI DEI CARICHI	38
7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	38
7.3.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.3.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	38
7.4.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.4.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA	38
7.5.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.5.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	38
7.6.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.6.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.7	SPALLA SPB_SX.....	38
7.8	ANALISI DEI CARICHI	38
7.9	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	38
7.9.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.9.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.10	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	38
7.10.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.10.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.11	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA.....	38
7.11.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.11.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
7.12	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	38
7.12.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	38
7.12.2	<i>Verifiche a taglio</i>	38
8	VERIFICA DELLE SPALLE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	38
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLE.....	38
8.2	SPALLA A_SX	38
8.2.1	<i>Plinto di fondazione</i>	38
8.2.1.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.2.1.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.2.2	<i>Muro Frontale</i>	38
8.2.2.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.2.2.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.2.3	<i>Muro Paraghiaia</i>	38
8.2.3.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.2.3.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.2.4	<i>Muri Laterali</i>	38
8.2.4.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.2.4.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.3	SPALLA B_SX	38
8.3.1	<i>Plinto di fondazione</i>	38
8.3.1.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.3.1.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.3.2	<i>Muro Frontale</i>	38
8.3.2.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.3.2.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.3.3	<i>Muro Paraghiaia</i>	38
8.3.3.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.3.3.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38
8.3.4	<i>Muri Laterali</i>	38
8.3.4.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	38
8.3.4.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	38

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 3 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

1 GENERALITA'

1.1 PREMESSA

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

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

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.

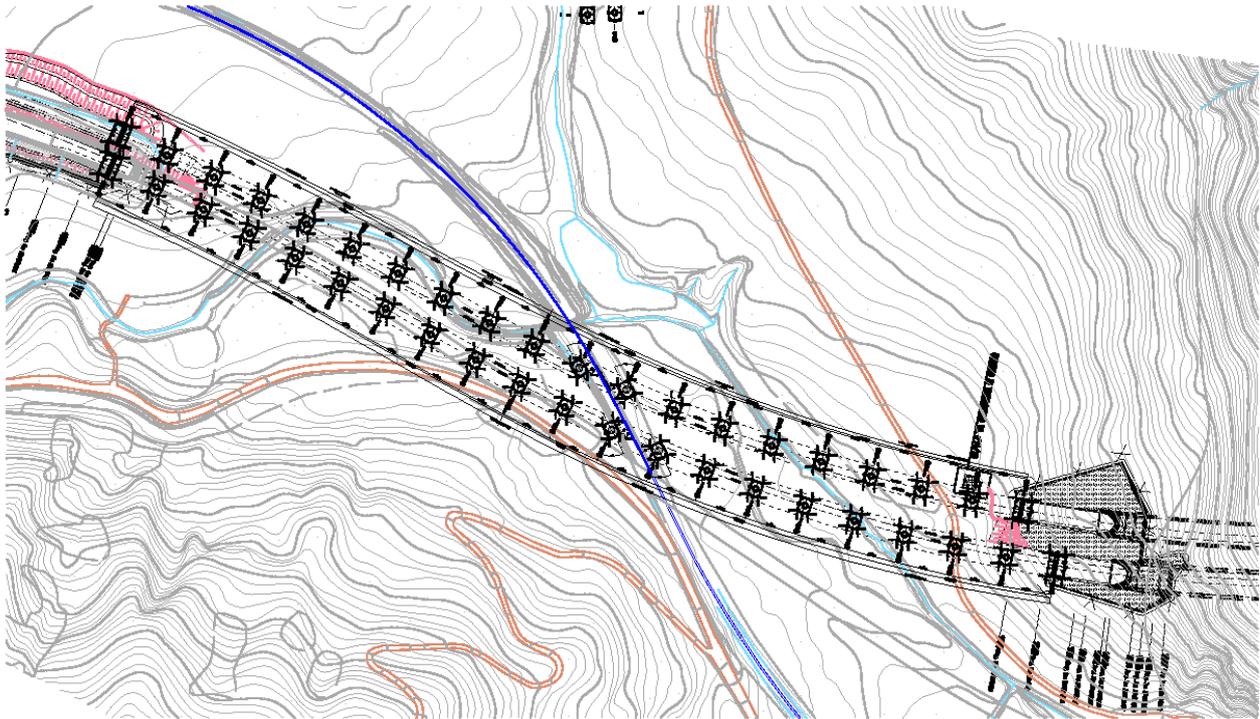


Figura 1.1: Pianta fondazioni

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 cm.

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

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

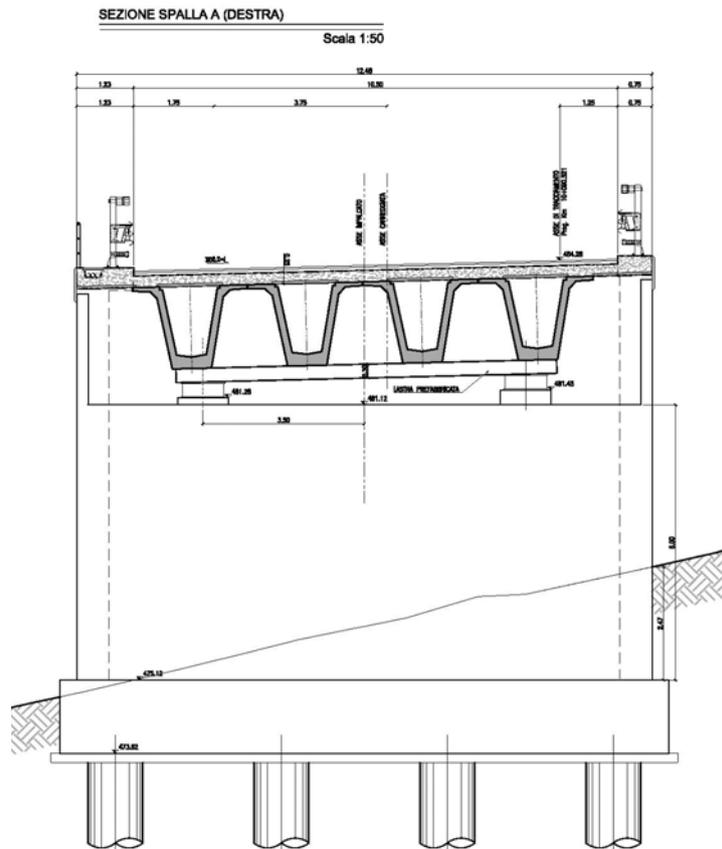


Figura 1.2 – Sezione trasversale dell'impalcato in asse alla spalla A carreggiata DX

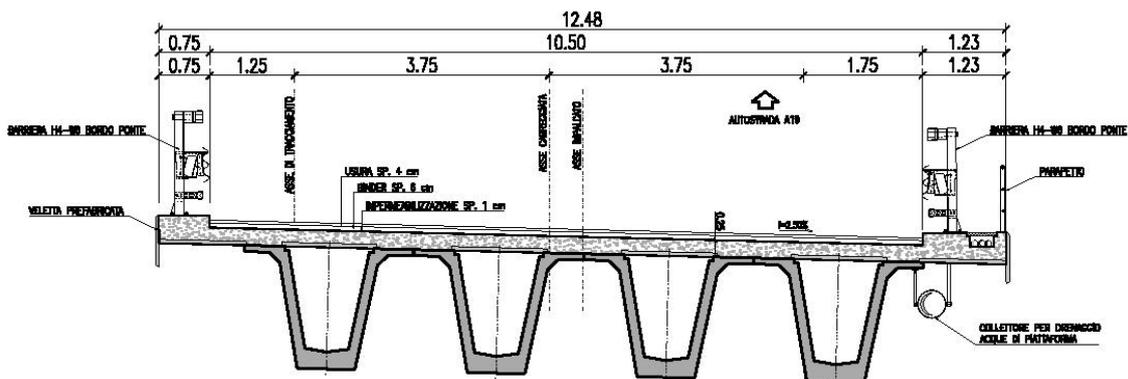


Figura 1.3 – Sezione corrente carreggiata DX

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.

Nelle seguenti (Figura 1.4 ,Figura 1.5) si illustra la geometria delle pile attraverso la pianta spiccato, un prospetto laterale ed una sezione trasversale.

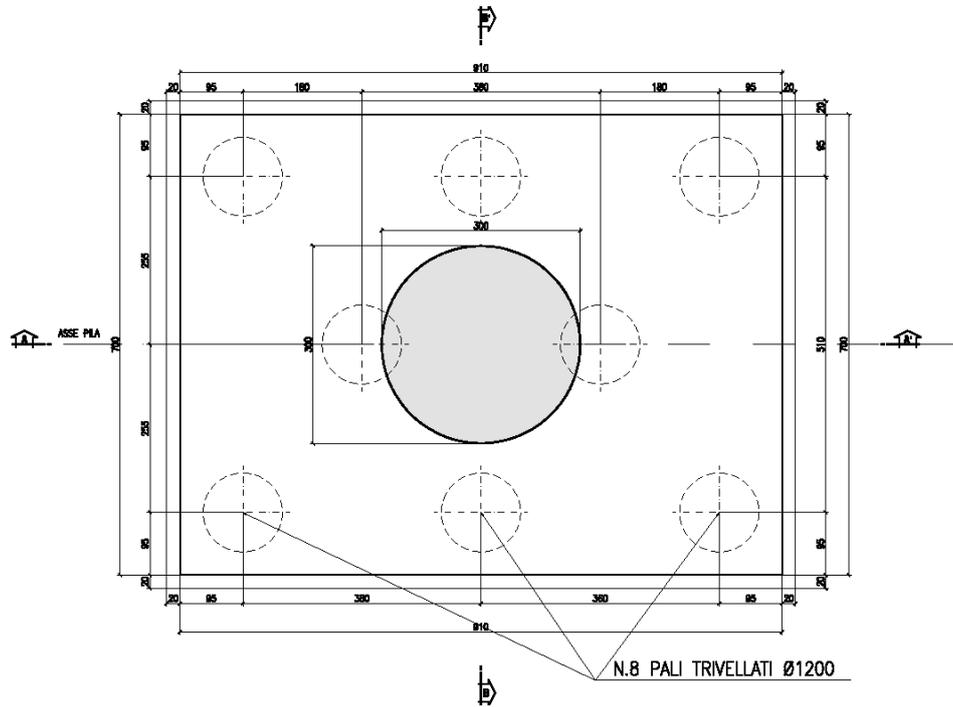


Figura 1.4: Pianta spiccato pila.

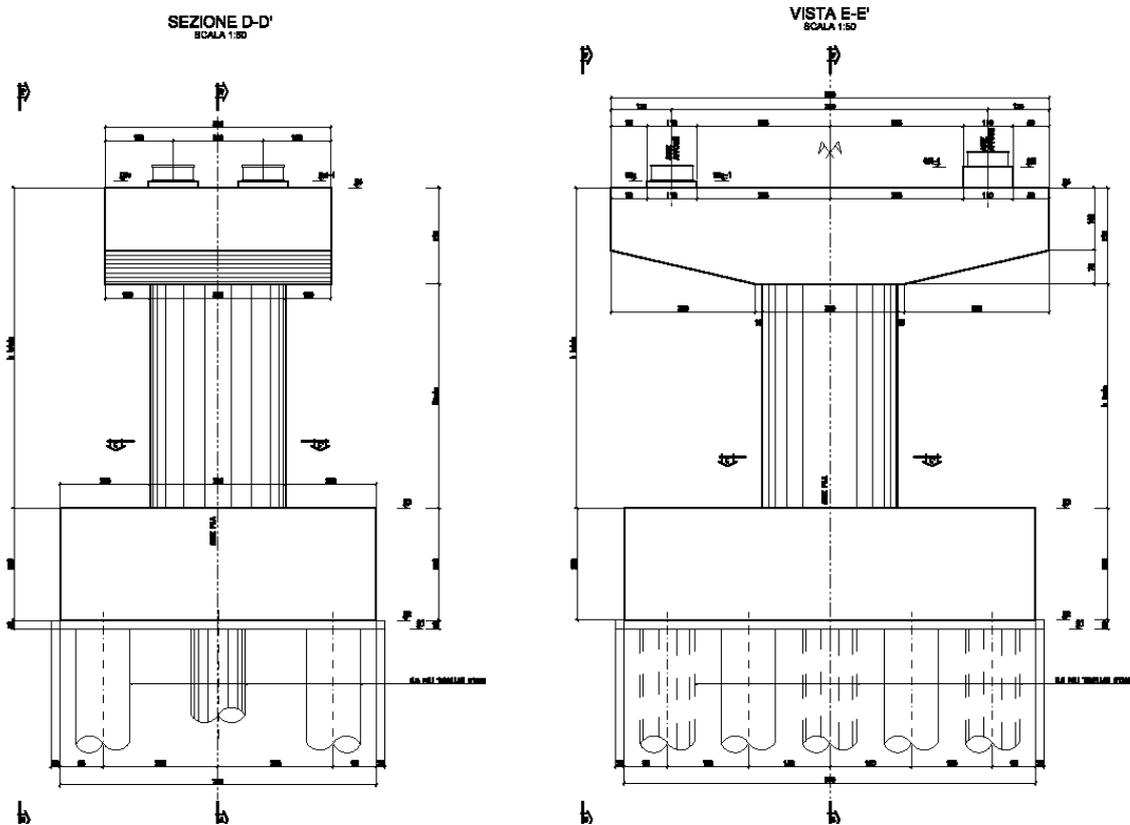


Figura 1.5: Prospetti (frontale e laterale) della pila tipo.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 7 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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

Le verifiche degli isolatori posizionati sulle due spalle sono state riportate, insieme alle verifiche degli isolatori installati sulle pile, nella relazione delle pile carreggiata sinistra.

1.2.1 Geometria e caratteristiche spalla A carreggiata SX (SpA_SX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla A carreggiata SX. La fondazione ha dimensioni in pianta di 9,60 m x 13,20 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 33,00 m. Il muro frontale è alto 6.50 m. Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva della geometria e alcune figure descrittive. Per ulteriori informazioni si rimanda agli elaborati grafici.

Geometrie Spalla SpA_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	9.60
muro frontale	1.80	12.48	6.50	1.80
muro paraghiaia	0.80	12.48	3.40	0.80
muro laterale sx	4.60	0.80	9.90	4.60
muro laterale dx	4.60	0.80	9.40	4.60
n° pali	12			
L_pali	22 m			

Tabella 1.2: Geometria spalla A carreggiata SX

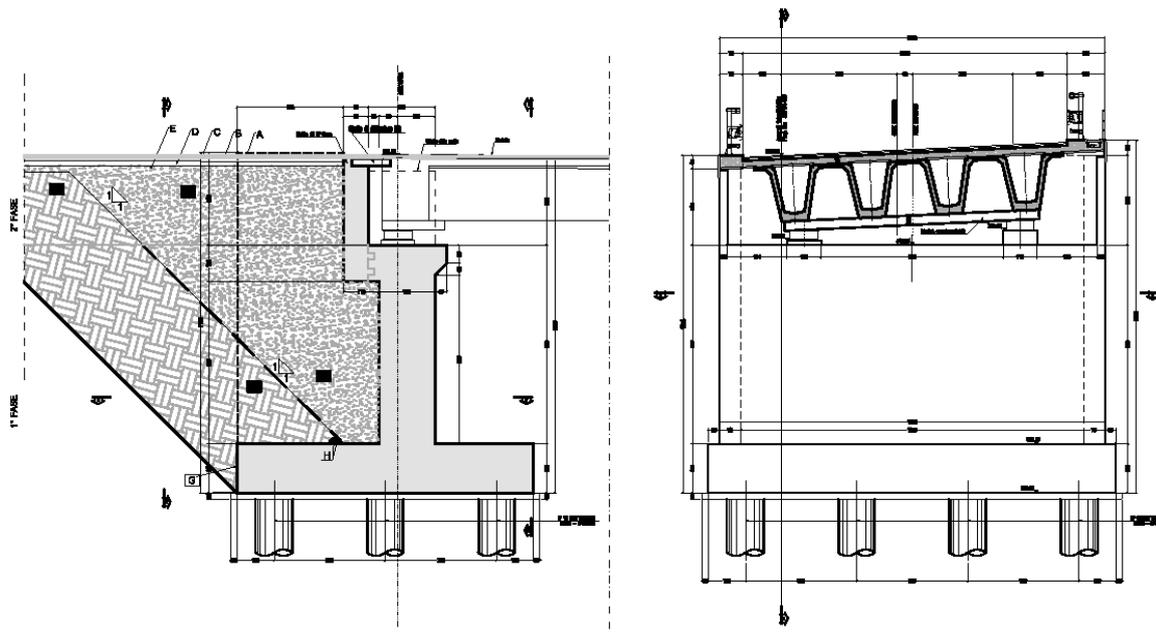


Figura 1.6: Sezione longitudinale SpA_SX e Vista frontale SpA_SX

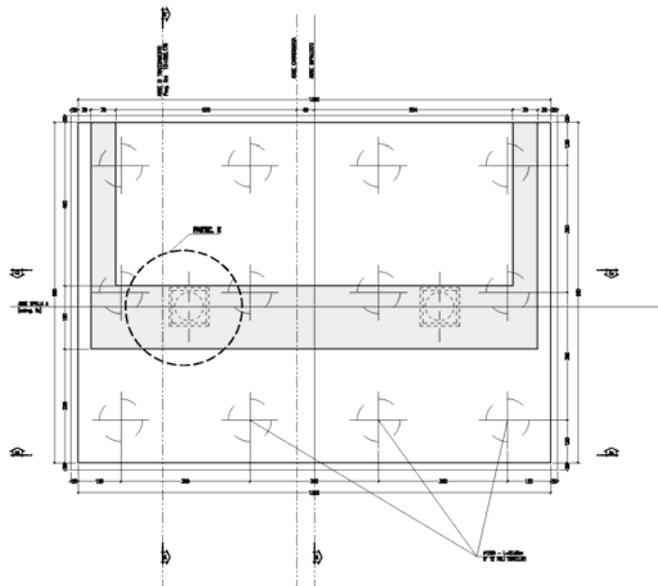


Figura 1.7: Pianta spiccato SpA_SX

1.2.2 Geometria e caratteristiche spalla B carreggiata SX (SpB_SX)

In questo paragrafo si descrive brevemente la geometria della spalla B carreggiata SX. La fondazione ha dimensioni in pianta di 13,20 m x 9,6 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 33,00 m. Il muro frontale è alto 3.50 m. Nel seguito si riporta una tabella riassuntiva della geometria e alcune figure descrittive. Per ulteriori informazioni si rimanda agli elaborati grafici.

Geometrie Spalla SpB_SX				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.60	9.60
muro frontale	1.80	12.48	3.50	1.80
muro paraghiaia	0.80	12.48	3.50	0.80
muro laterale sx	4.60	0.70	7.00	4.60
muro laterale dx	4.60	0.70	6.45	4.60
n° pali	12			
L_pali	33 m			

Tabella 1.3: Geometria spalla B carreggiata SX

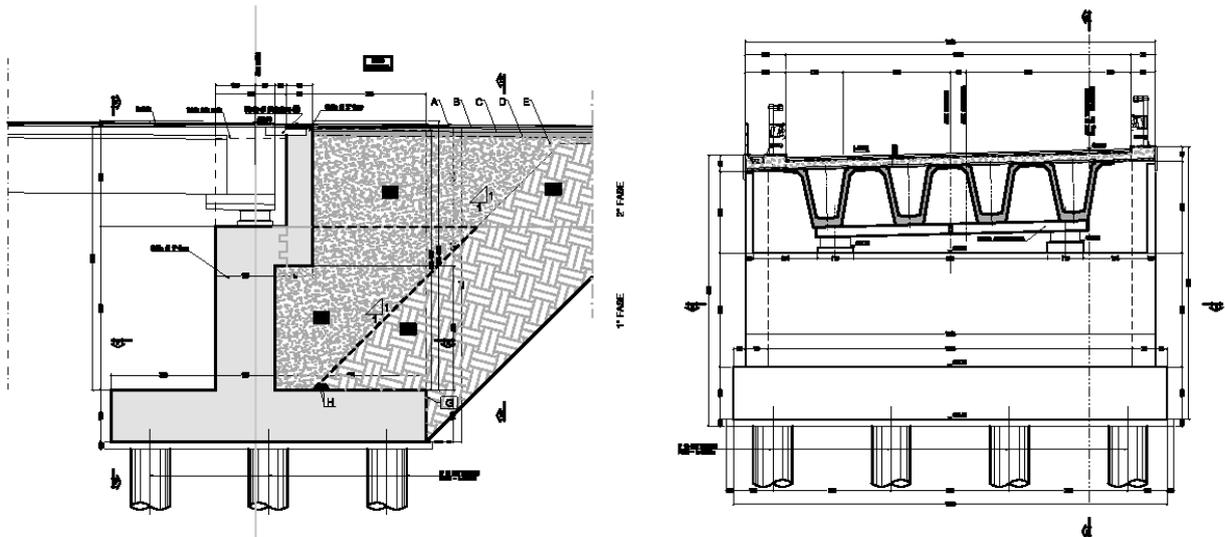


Figura 1.8: Sezione longitudinale SpB_SX e Vista frontale SpB_SX

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 10 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

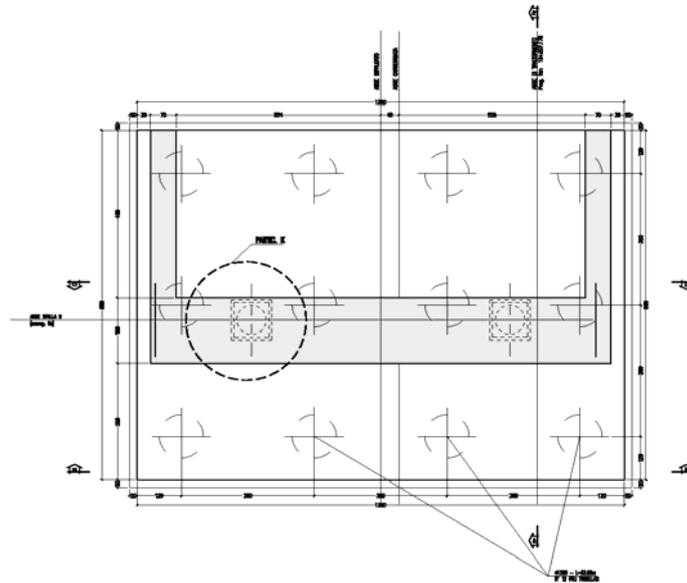


Figura 1.9: Pianta spiccato SpB_SX

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 SX
	Pagina 11 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.4.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

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

- pali: 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 SX
	Pagina 12 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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 SX
	Pagina 13 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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_{tk}	\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 SX
	Pagina 14 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

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

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

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

Anche sulle spalle sono previsti isolatori elastomerici aventi le medesime caratteristiche di quelli predisposti sulle pile, pertanto, trascurando la deformabilità delle spalle rispetto a quella dei dispositivi 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.

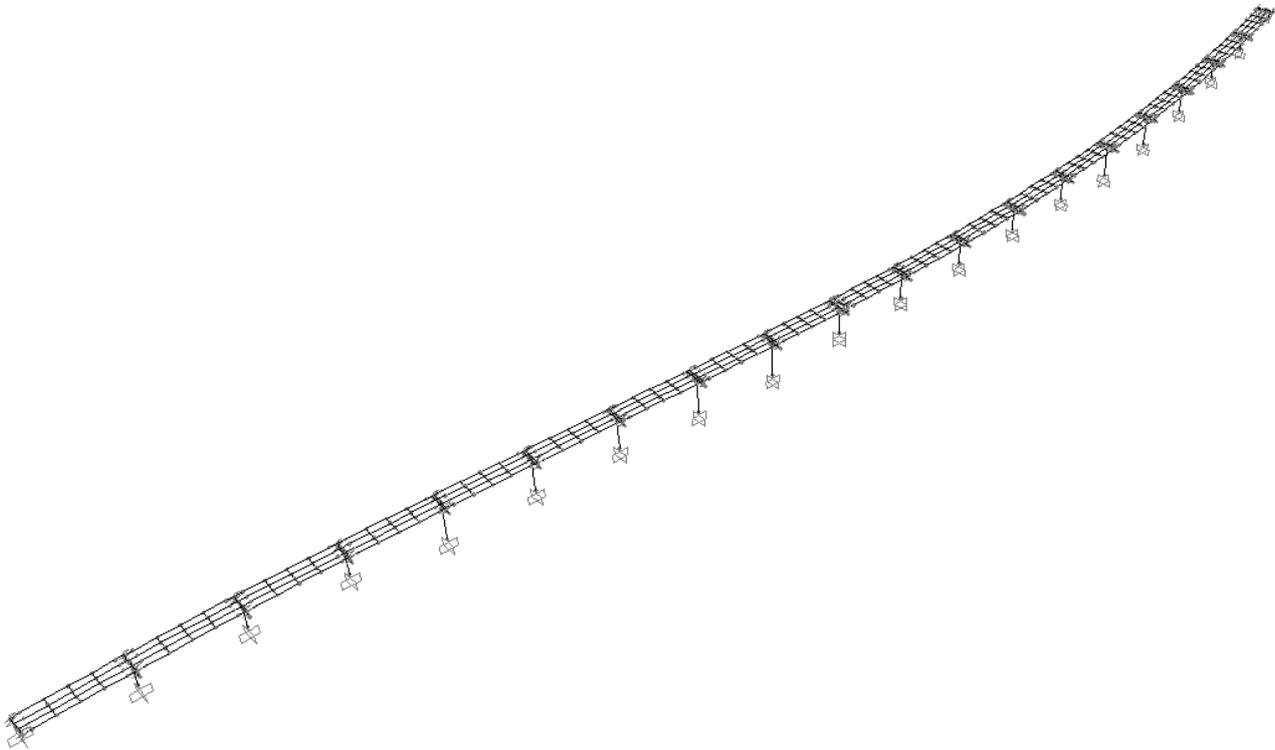


Figura 2.1: Modello numerico del Viadotto Favarella – Carreggiata SX

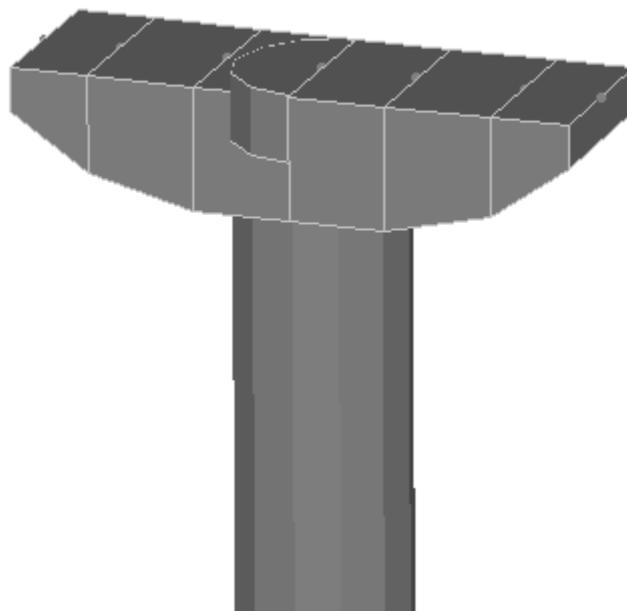


Figura 2.2: Modello agli elementi finiti della Pila.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 16 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

3 MATRICI DEI COEFFICIENTI DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

Nel seguito si indica con:

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

3.1 COMBINAZIONI DI CARICO SLU

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

- SLU combinazioni agli stati limiti ultimi
- SLV combinazioni sismiche

	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3.1	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	1.20	0.00	1.20
e3.2	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0.00	1.20	0.00
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	0.90	0.90	-0.90
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

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

<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 SX
	Pagina 20 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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
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 SX
	Pagina 21 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

4 ANALISI PALIFICATA SPALLA A CARREGGIATA SX (SPA_SX)

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

Le azioni orizzontali (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.

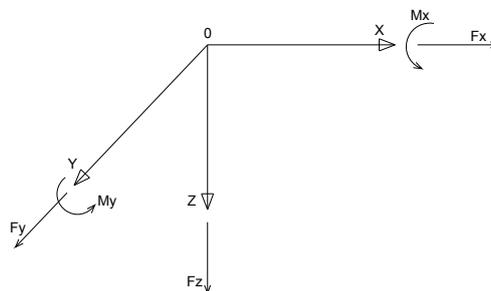


Figura 4.1: Sistema di riferimento

In particolare in questa sezione vengono riportate le azioni sulla spalla A della carreggiata sinistra (SpA_SX) necessarie alle verifiche strutturali della stessa.

4.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

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

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)						
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2602	168	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	358	158	0	permanenti portati
e2	51	2	-329	53	51	ritiro
e3.1	210	10	-110	42	210	carico termico - massima azione verticale
e3.2	275	7	221	25	275	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	0	3	1834	3164	0	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	1	10	1421	4462	1	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	97	2	0	3	97	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	12	139	1	403	12	azione del vento trasversale
q6.1x	309	77	-26	168	309	sisma longitudinale
q6.1y	93	256	-26	559	93	sisma trasversale
q6.1z	93	77	-86	169	93	sisma verticale
q7	30	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 SX Pagina 22 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	--

4.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5069 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	3650 kN	muro frontale
g1.3	=	849 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	797 kN	muro laterale sx
g1.5	=	797 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	=	11185 kN	azione verticale
x	=	5 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4 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	=	537.4 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	9672.7 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.55 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ	=	35 °	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	coefficiente di spinta adottato
H	=	9.90 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	4694.3 kN	spinta del terreno
x	=	4.60 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.90 m	coordinata z punto di applicazione

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00 kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35 °	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	coefficiente di spinta
H	=	9.10 m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	968.6 kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 23 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

$y = 0.00$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -4.55$ m coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale
 $B_x = 4.60$ m lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
 $F_z = 1148.2$ kN risultante verticale sovraccarico
 $x = 2.30$ m coordinata x punto di applicazione
 $y = 0.00$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -1.60$ m coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g = 0.098$ 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
 $H = 9.90$ m altezza di spinta terreno
 $B = 12.48$ m larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
 $\Delta P = 3236.5$ 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
 $\theta = 7.80$ ° angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
 $K_1 = 0.636$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
 $K_2 = 0.806$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
 $K = 0.636$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
 $E_d = 7516$ kN spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
 $\Delta S = 2821.5$ kN incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

Valore adottato

$\Delta P = 3236.5$ kN incremento di spinta terreno in fase sismica
 $x = 4.60$ m coordinata x punto di applicazione
 $y = 0.00$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -6.55$ 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 SX
	Pagina 24 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

Forze d'inerzia (q6.2)

		forza d'inerzia	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	=	Fi	y	z
plinto	=	745	4.80	0.00
muro frontale	=	537	5.50	0.00
paraghiaia	=	125	4.20	0.00
muro laterale sx	=	117	2.30	5.89
muro laterale dx	=	117	2.30	-5.89
bandiera sx	=	0	-1.40	5.49
bandiera dx	=	0	-0.50	-5.74
baggioli	=	1	5.20	0.00
apparecchi di appoggio	=	2	5.20	0.00
elemento 1	=	0	4.55	4.75
elemento 2	=	0	4.55	-4.75
terreno su plinto	=	1422	2.30	0.00
risultante intradosso plinto	=	3066	3.55	0.00
risultante base muro frontale	=	897	4.48	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	0	0	2602	169	-1041	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	11185	0	1929	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	358	159	-143	permanententi portati su impalcato
g2-sp	0	0	9673	0	24182	terreno su plinto spalla
g3-sp	6334	0	0	0	-24281	spinta del terreno su spalla
e2-imp	51	2	-329	72	-244	ritiro
e3.1-imp	210	10	-110	124	-1518	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	275	7	221	88	-2132	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	0	3	1834	3188	-737	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	1	10	1421	4548	-577	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1224	0	1148	0	-4168	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	97	2	0	24	-719	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	12	139	1	1571	-90	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	309	77	-26	818	-2284	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	93	256	-26	2719	-678	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 SX
	Pagina 25 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
q6.1z-imp	93	77	-86	817	-654	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	4367	0	0	0	-25111	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	3066	0	0	0	-15298	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	3066	0	15298	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1533	0	1919	forze d'inerzia verticali
q7-imp	30	0	0	0	-249	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	-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

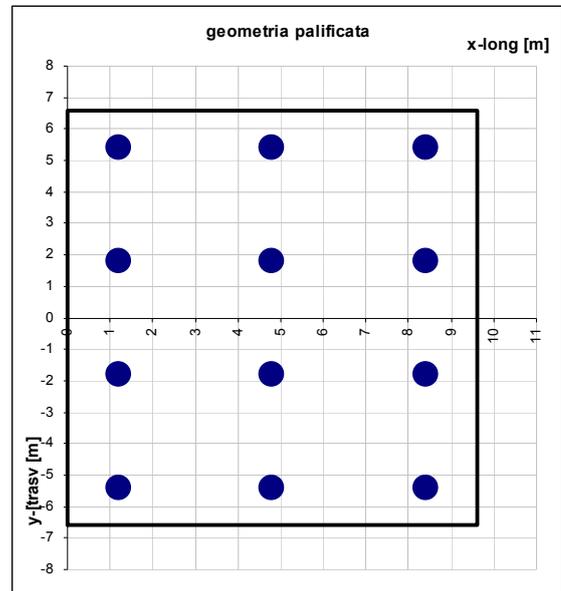


Figura 4.2: Geometria palificata spalla A carr. SX

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla A della carreggiata sinistra 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	2893	2776	2659	2541	3152	3034	2917	2800	3410	3293	3175	3058	41	22	47
SLU2	2897	2780	2663	2546	3171	3054	2937	2820	3444	3328	3211	3094	36	22	42
SLU3	2820	2755	2690	2625	3073	3008	2943	2878	3326	3261	3196	3131	36	-18	41
SLU4	2824	2760	2695	2631	3092	3028	2963	2899	3360	3296	3231	3167	31	-18	36
SLU5	2905	2754	2603	2451	3156	3005	2853	2702	3407	3256	3104	2953	42	22	47
SLU6	2909	2758	2607	2456	3175	3024	2874	2723	3442	3291	3140	2989	36	22	42
SLU7	2832	2733	2634	2535	3078	2979	2880	2781	3323	3224	3125	3026	36	-19	41
SLU8	2836	2738	2639	2541	3097	2998	2900	2801	3357	3259	3160	3062	31	-18	36
SLU9	2801	2702	2604	2506	3039	2941	2843	2745	3277	3179	3081	2983	57	22	61
SLU10	2804	2707	2609	2512	3058	2960	2863	2765	3312	3214	3116	3019	52	22	57
SLU11	2728	2682	2636	2590	2960	2915	2869	2823	3193	3147	3101	3056	52	-18	55
SLU12	2731	2686	2641	2596	2979	2934	2889	2844	3227	3182	3137	3092	47	-18	50

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 26 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLU13	2810	2686	2562	2439	3042	2919	2795	2671	3275	3151	3028	2904	57	22	61
SLU14	2813	2690	2567	2444	3061	2938	2815	2692	3309	3186	3063	2940	52	22	57
SLU15	2737	2665	2594	2523	2964	2892	2821	2750	3191	3119	3048	2977	52	-18	55
SLU16	2740	2670	2599	2528	2983	2912	2841	2771	3225	3154	3084	3013	47	-18	51
SLU17	2837	2740	2642	2545	3038	2940	2843	2746	3239	3141	3044	2946	41	22	47
SLU18	2841	2744	2647	2550	3057	2960	2863	2766	3273	3176	3079	2982	36	22	42
SLU19	2764	2719	2674	2629	2959	2914	2869	2824	3155	3109	3064	3019	36	-19	41
SLU20	2768	2723	2679	2634	2978	2934	2889	2845	3189	3144	3100	3055	31	-18	36
SLU21	2846	2723	2600	2477	3041	2918	2795	2672	3237	3114	2991	2868	42	21	47
SLU22	2850	2727	2605	2482	3060	2938	2816	2693	3271	3149	3026	2904	36	22	42
SLU23	2773	2702	2632	2561	2963	2892	2822	2751	3152	3082	3011	2941	36	-19	41
SLU24	2777	2707	2637	2567	2982	2912	2842	2772	3187	3117	3047	2977	31	-18	36
SLU25	2861	2746	2632	2517	3064	2949	2834	2719	3267	3152	3037	2922	43	35	55
SLU26	2865	2751	2636	2522	3083	2969	2854	2740	3301	3187	3072	2958	38	35	52
SLU27	2740	2712	2684	2657	2933	2905	2878	2850	3126	3099	3071	3044	34	-32	47
SLU28	2743	2716	2689	2662	2952	2925	2898	2871	3161	3134	3107	3080	29	-32	43
SLU29	2870	2730	2590	2449	3067	2927	2787	2646	3265	3124	2984	2843	43	35	56
SLU30	2874	2734	2594	2454	3087	2947	2807	2667	3299	3159	3019	2879	38	35	52
SLU31	2749	2696	2642	2589	2936	2883	2830	2777	3124	3071	3018	2965	35	-32	47
SLU32	2752	2700	2647	2595	2956	2903	2850	2798	3159	3106	3053	3001	30	-32	43
SLU33	2809	2710	2612	2513	3035	2937	2838	2739	3261	3163	3064	2966	56	22	60
SLU34	2815	2718	2620	2522	3067	2969	2872	2774	3319	3221	3123	3026	47	23	53
SLU35	2736	2690	2644	2597	2956	2910	2864	2818	3177	3131	3085	3039	51	-18	54
SLU36	2742	2697	2652	2606	2988	2943	2898	2852	3235	3189	3144	3098	42	-17	46
SLU37	2818	2694	2570	2446	3039	2914	2790	2666	3259	3135	3011	2887	56	22	60
SLU38	2824	2701	2578	2455	3070	2947	2824	2701	3317	3193	3070	2947	48	23	53
SLU39	2745	2673	2602	2530	2960	2888	2817	2745	3175	3103	3032	2960	51	-18	54
SLU40	2751	2680	2610	2539	2992	2921	2850	2779	3232	3161	3091	3020	42	-18	46
SLV1	486	463	439	415	1986	1963	1939	1915	3486	3463	3439	3415	65	14	66
SLV2	489	466	442	419	2000	1976	1953	1929	3510	3487	3463	3440	61	14	63
SLV3	2423	2081	1738	1396	2464	2122	1780	1437	2505	2163	1821	1479	41	36	55
SLV4	2426	2084	1742	1400	2477	2135	1794	1452	2529	2187	1845	1503	38	36	52
SLV5	2135	2112	2088	2064	2109	2085	2062	2038	2083	2059	2035	2012	39	12	41
SLV6	2138	2115	2091	2068	2122	2099	2076	2052	2107	2083	2060	2037	35	12	37

RIEPILOGO (kN)				
Statica		Nmax	Nmin	Vmax
SpA_SX		3444	2439	875
Sismica		Nmax	Nmin	Vmax
SpA_SX		3510	415	1190

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 27 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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	2021	1951	1880	2244	2174	2103	2033	2397	2326	2256	2185	32	15	35
SLE-C2	2095	2025	1955	1884	2260	2190	2120	2050	2425	2355	2285	2215	28	15	32
SLE-C3	2043	2007	1972	1936	2192	2156	2120	2085	2340	2305	2269	2234	29	-12	31
SLE-C4	2046	2011	1976	1941	2208	2172	2137	2102	2369	2334	2299	2264	25	-12	27
SLE-C5	1761	1798	1835	1872	1880	1916	1953	1990	1998	2035	2072	2109	32	15	35
SLE-C6	1765	1802	1839	1876	1896	1933	1970	2007	2027	2064	2101	2138	28	15	31
SLE-C7	1713	1784	1856	1928	1827	1899	1971	2043	1942	2013	2085	2157	29	-12	31
SLE-C8	1716	1788	1860	1932	1843	1915	1988	2060	1970	2043	2115	2187	24	-12	27

RIEPILOGO SLE_C (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2425	1713	624

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	2075	2017	1958	1899	2227	2168	2109	2050	2378	2319	2260	2201	31	6	32
SLE-F2	2079	2020	1962	1903	2243	2184	2126	2067	2407	2348	2290	2231	27	6	28
SLE-F3	2059	2012	1965	1917	2209	2162	2115	2067	2359	2312	2265	2217	30	-3	30
SLE-F4	2062	2016	1969	1922	2225	2178	2131	2085	2388	2341	2294	2247	26	-3	26
SLE-F5	1745	1794	1842	1891	1862	1911	1959	2008	1979	2028	2076	2125	31	6	31
SLE-F6	1748	1797	1846	1895	1878	1927	1976	2025	2008	2057	2106	2155	27	6	27
SLE-F7	1729	1789	1849	1909	1845	1905	1965	2025	1960	2021	2081	2141	30	-3	30
SLE-F8	1732	1793	1853	1914	1861	1921	1982	2042	1989	2050	2110	2171	26	-3	26
SLE-QP1	1948	1940	1931	1922	1966	1957	1949	1940	1983	1975	1966	1958	28	1	28
SLE-QP2	1951	1943	1934	1926	1979	1971	1963	1954	2007	1999	1991	1983	24	1	24

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2407	1729	624

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	1948	1940	1931	1922	1966	1957	1949	1940	1983	1975	1966	1958	28	1	28
SLE-QP2	1951	1943	1934	1926	1979	1971	1963	1954	2007	1999	1991	1983	24	1	24

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2007	1922	545

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	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}	=	1190.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	419 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	2927 kNm	massimo momento flettente

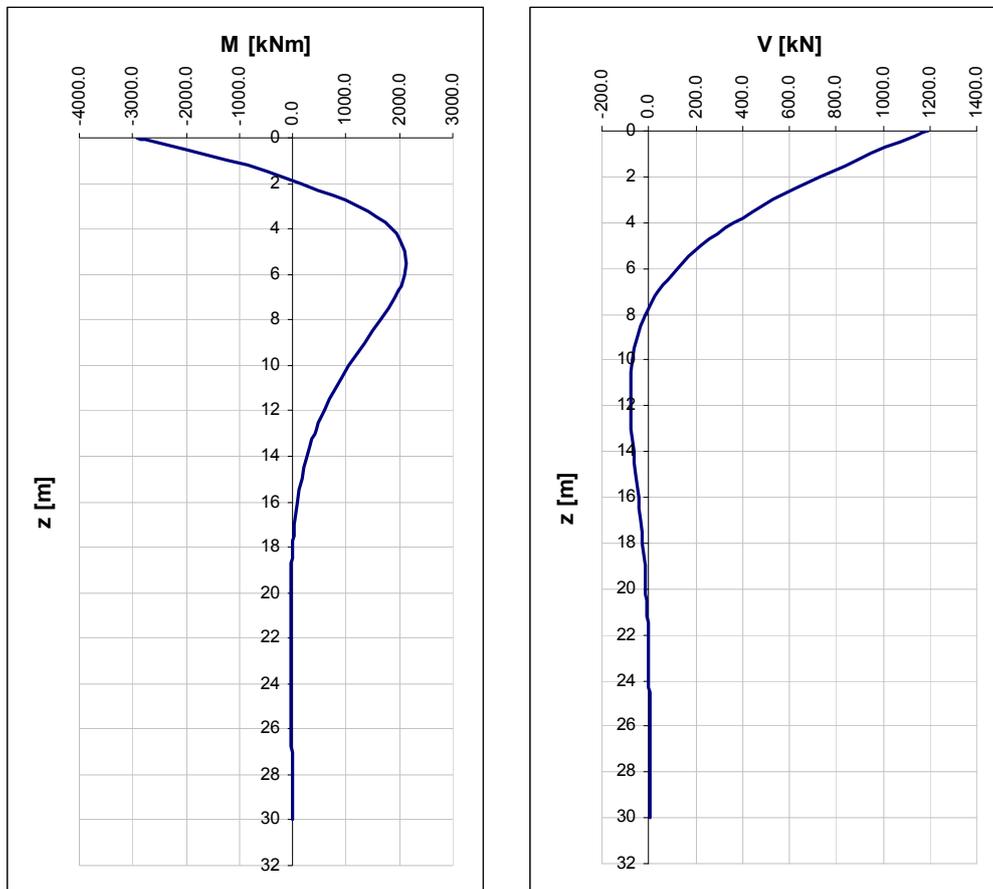


Figura 4.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 SX
	Pagina 29 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

4.6.1 Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)

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

	Z_{in}	Z_{fin}	L_{gabbia}	c'	Ø	n	s	M_{Ed}	N_{Ed}	M_{res}	FS
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	30	11.5	2927.00	419.0	3042	1.04
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	18	18	19.2	1060.00	419	1213	1.14
gabbia n.3	20.5	22	1.1	5	18	14	24.7	34.00	419	935	27.50

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

4.6.2 Verifica a taglio

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

Sollecitazioni

V_{Sd}	=	1190	kN	taglio di calcolo
N_{Sd}	=	419	kN	sforzo normale di calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_{yk}	=	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo

Geometria

D	=	1200	mm	diametro palo
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1150	mm	altezza utile
b_{we}	=	1080	mm	base equivalente
d_e	=	892	mm	altezza utile equivalente

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n_l	=	30		numero ferri longitudinali
\varnothing_l	=	26	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	15928	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	0.3705	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 30 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	---

ρ_1	=	0.01653	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	700.92	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	1190	kN	taglio di calcolo
FS		0.59	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\emptyset_w	=	16	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	402.12	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}	=	0.03872		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.01969		
$\cot(\theta)$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1579.04	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2867.73	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1579.04	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	1190	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.33	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale $\emptyset 16/20$ 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 SX
	Pagina 31 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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

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

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

Tabella 4.8: Sollecitazioni i di calcolo

	comb Frequente		comb. Quasi Permanente	
	Nmin	Mmax	Nmin	Mmax
N	1168	1435	1255	1276
V	342	346	286	289
M	841	851	703	711

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax			
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	91.67	79.49	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	2.18	2.52		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

Quasi Permanente	comb_Nmin	comb_Mmax			
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	62.24	62.62	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	2.57	2.56		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

Nella Figura 4.4 si riporta l'output del programma per la combinazione Frequente comb N_{min}.

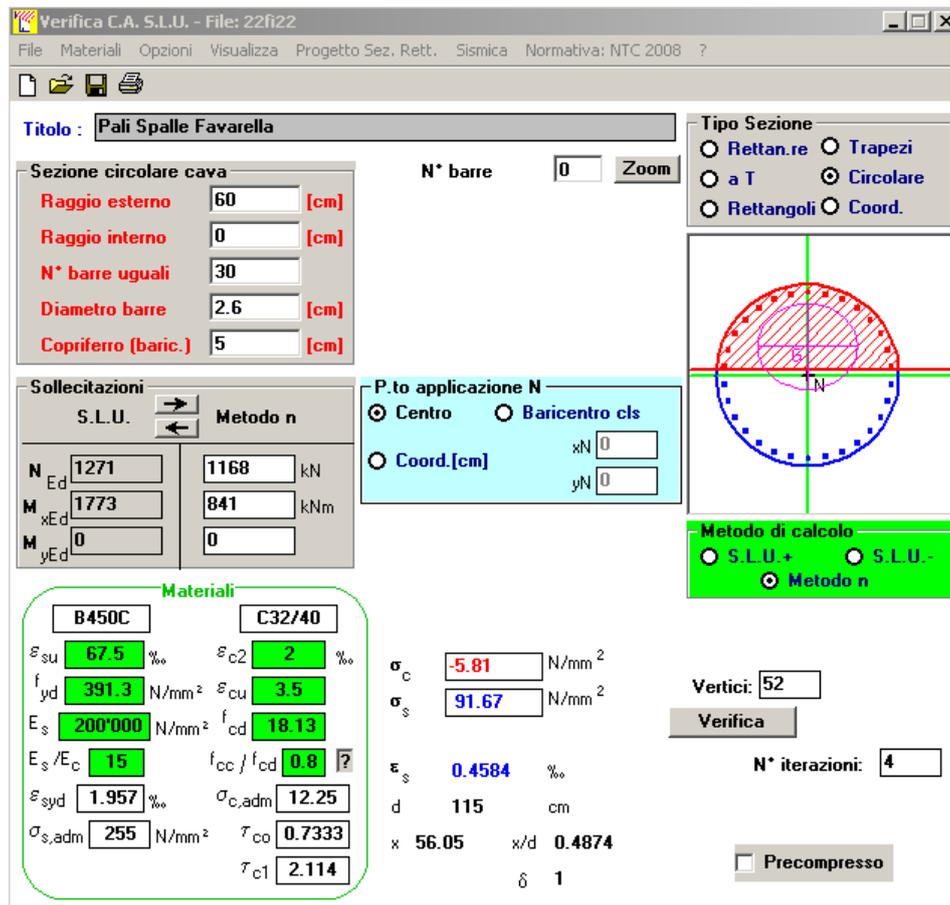


Figura 4.4: Stato tensionale per la comb. Frequente N_{min}

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 33 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

4.7.2 Verifica delle tensioni in esercizio

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

Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Tabella 4.9: Sollecitazioni i di calcolo

	comb. Rara		comb. Quasi Permanente	
	Nmin	Mmax	Nmin	Mmax
N	1155	1423	1255	1276
V	342	347	286	289
M	841	853	703	711

comb_Nmax **comb_Mmax**
Rara **Rara**

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	5.8	5.9	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.43	3.39		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmax **comb_Mmax**
Quasi Perm. **Quasi Perm.**

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	4.9	4.9	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.07	3.04		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmin **comb_Mmax**
Rara **Rara**

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

σ_s	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	92.4	80.5	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		3.90	4.47		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 34 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

5 ANALISI PALIFICATA SPALLA B CARREGGIATA SX (SPB_SX)

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

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

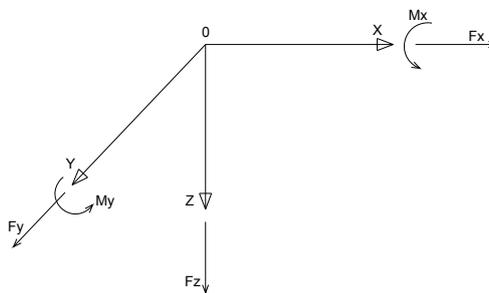


Figura 5.1: Sistema di riferimento

In particolare in questa sezione vengono riportate le azioni sulla spalla A della carreggiata sinistra (SpA_SX) necessarie alle verifiche strutturali della stessa.

5.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

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

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)						
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2602	115	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	370	140	0	permanenti portati
e2	56	2	-329	55	56	ritiro
e3.1	307	7	-110	25	307	carico termico - massima azione verticale
e3.2	235	9	221	42	235	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1	1	2	1833	3088	1	carico mobile - massima azione verticale
q1.2	1	8	1424	4334	1	carico mobile - massimo momento trasversale
q3	86	1	0	2	86	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	27	137	0	356	27	azione del vento trasversale
q6.1x	300	97	-26	165	300	sisma longitudinale
q6.1y	115	249	-26	433	115	sisma trasversale
q6.1z	92	77	-87	134	92	sisma verticale
q7	30	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 SX Pagina 35 di 96 Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	--

5.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5068.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1965.6 kN	muro frontale
g1.3	=	1085.8 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	535.3 kN	muro laterale sx
g1.5	=	535.3 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	=	9214.1 kN	azione verticale
x	=	4.59 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.60 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	=	361.0 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	6497.3 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.93 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ	=	35 °	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	coefficiente di spinta adottato
H	=	6.65 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	2118.1 kN	spinta del terreno
x	=	4.60 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.82 m	coordinata z punto di applicazione

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00 kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35 °	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	coefficiente di spinta
H	=	8.36 m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	889.8 kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.18 m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 36 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

$B_x = 4.60$ m lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
 $F_z = 1148.2$ kN risultante verticale sovraccarico
 $x = 2.30$ m coordinata x punto di applicazione
 $y = 0.00$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -1.60$ m coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

$a_g = 0.099$ 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
 $a_{max} = 0.149$ g accelerazione massima
 $K_h = 0.149$ 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
 $H = 6.65$ m altezza di spinta terreno
 $B = 12.48$ m larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
 $\Delta P = 1475.2$ incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

$\phi = 35$ ° angolo di attrito
 $\psi = 90$ ° angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
 $\beta = 0$ ° angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
 $\delta = 0$ ° angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
 $\theta = 7.87$ ° angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
 $K_1 = 0.638$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
 $K_2 = 0.807$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
 $K = 0.638$ coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
 $E_d = 3405$ kN spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
 $\Delta S = 1286.7$ kN incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)

Valore adottato

$\Delta P = 1475.2$ kN incremento di spinta terreno in fase sismica
 $x = 4.60$ m coordinata x punto di applicazione
 $y = 0.00$ m coordinata y punto di applicazione
 $z = -4.93$ m coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

		forza d'inerzia	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	=	Fi	y	z
plinto	=	753	4.80	0.00
muro frontale	=	292	5.50	0.00
paraghiaia	=	161	4.20	0.00

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 37 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

muro laterale sx	=	79	2.30	5.89
muro laterale dx	=	79	2.30	-5.89
bandiera sx	=	0	-1.40	5.49
bandiera dx	=	0	-0.50	-5.74
baggioli	=	1	5.20	0.00
apparecchi di appoggio	=	2	5.20	0.00
elemento 1	=	0	4.55	4.75
elemento 2	=	0	4.55	-4.75
terreno su plinto	=	965	2.30	0.00
risultante intradosso plinto	=	2333	3.64	0.00
risultante base muro frontale	=	613	4.33	0.00

5.3 RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI

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

Nella Tabella 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	0	0	2602	118	-1042	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	9214	0	1943	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	370	141	-149	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	6497	0	16243	terreno su plinto spalla
g3-sp	3260	0	0	0	-8965	spinta del terreno su spalla
e2-imp	56	2	-329	65	-117	ritiro
e3.1-imp	307	7	-110	62	-1313	carico termico - massima azione verticale
e3.2-imp	235	9	221	90	-1127	carico termico - massimo mom. trasversale
q1.1-imp	1	2	1833	3101	-737	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	1	8	1424	4378	-576	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	878	0	1148	0	-752	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	86	1	0	8	-382	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	27	137	0	1100	-121	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	300	97	-26	693	-1317	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	115	249	-26	1785	-497	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	92	77	-87	551	-373	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	2270	0	0	0	-9366	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	2333	0	0	0	-8306	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	2333	0	8306	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1167	0	1350	forze d'inerzia verticali
q7-imp	30	0	0	0	-161	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 SX
	Pagina 38 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

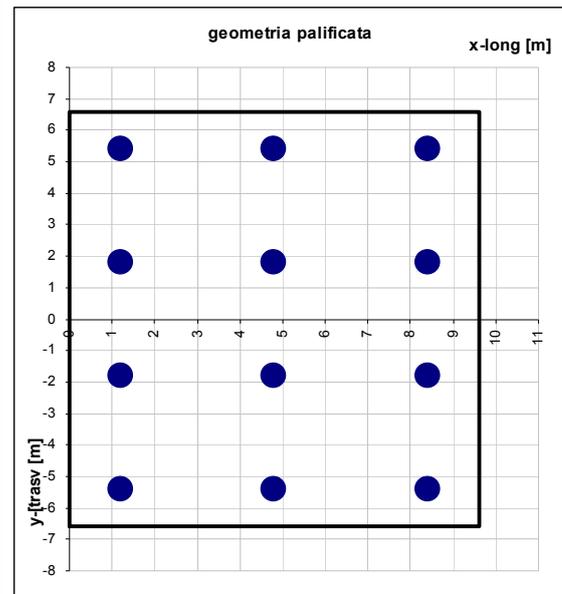


Figura 5.2: Geometria palificata spalla B carr. SX

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla A della carreggiata sinistra sono riportate nella Tabella 5.2.

Tabella 5.2: 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	2815	2710	2606	2501	2555	2450	2345	2241	2295	2190	2085	1981	494	11	494
SLU2	2840	2735	2630	2525	2575	2470	2365	2260	2310	2205	2100	1995	490	11	490
SLU3	2767	2699	2632	2564	2500	2432	2364	2296	2232	2164	2096	2028	490	-9	490
SLU4	2792	2724	2656	2588	2520	2452	2384	2315	2248	2180	2111	2043	486	-9	486
SLU5	2824	2688	2551	2415	2557	2420	2283	2147	2289	2152	2016	1879	494	12	494
SLU6	2849	2712	2575	2439	2577	2440	2303	2166	2305	2168	2031	1894	490	12	490
SLU7	2777	2677	2577	2477	2502	2402	2302	2202	2226	2127	2027	1927	490	-9	490
SLU8	2802	2702	2601	2501	2522	2422	2322	2221	2242	2142	2042	1941	486	-9	486
SLU9	2700	2614	2529	2443	2442	2357	2271	2186	2184	2099	2014	1928	480	11	480
SLU10	2725	2639	2553	2467	2462	2377	2291	2205	2200	2114	2029	1943	476	11	476
SLU11	2652	2604	2555	2506	2387	2338	2290	2241	2122	2073	2024	1976	476	-9	476
SLU12	2677	2628	2579	2530	2408	2358	2309	2260	2138	2089	2039	1990	472	-9	472
SLU13	2707	2597	2488	2379	2443	2334	2225	2115	2180	2071	1961	1852	480	12	480
SLU14	2732	2622	2512	2403	2464	2354	2244	2135	2196	2086	1976	1867	476	12	476
SLU15	2659	2587	2514	2441	2389	2316	2243	2170	2118	2045	1972	1899	476	-9	476
SLU16	2685	2611	2538	2465	2409	2336	2263	2190	2133	2060	1987	1914	472	-9	472
SLU17	2719	2634	2549	2464	2442	2357	2271	2186	2164	2079	1994	1909	469	11	469
SLU18	2744	2659	2573	2488	2462	2377	2291	2205	2180	2094	2009	1923	465	11	465
SLU19	2672	2623	2575	2526	2387	2338	2290	2241	2102	2053	2005	1956	465	-9	465
SLU20	2697	2648	2599	2550	2407	2358	2309	2260	2117	2069	2020	1971	461	-9	461

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 39 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

PALO	SFORZO NORMALE N [kN]												TAGLIO [kN]		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLU21	2726	2617	2508	2399	2443	2334	2225	2116	2160	2051	1942	1832	469	12	469
SLU22	2751	2642	2532	2423	2464	2354	2244	2135	2176	2066	1957	1847	465	12	465
SLU23	2679	2606	2534	2461	2388	2316	2243	2171	2097	2025	1952	1880	465	-9	465
SLU24	2704	2631	2558	2485	2409	2336	2263	2190	2113	2040	1967	1895	461	-9	461
SLU25	2735	2638	2540	2443	2460	2363	2265	2168	2185	2088	1990	1893	471	18	471
SLU26	2760	2662	2565	2467	2480	2383	2285	2187	2201	2103	2005	1907	466	18	467
SLU27	2656	2620	2583	2547	2368	2332	2296	2259	2081	2045	2008	1972	464	-16	464
SLU28	2681	2645	2608	2571	2389	2352	2316	2279	2097	2060	2023	1987	459	-16	460
SLU29	2742	2621	2499	2378	2461	2340	2219	2097	2181	2059	1938	1817	471	19	471
SLU30	2767	2645	2524	2402	2482	2360	2238	2117	2196	2075	1953	1831	466	19	467
SLU31	2663	2603	2543	2482	2370	2310	2249	2189	2077	2016	1956	1896	464	-16	464
SLU32	2688	2628	2567	2506	2390	2330	2269	2208	2092	2032	1971	1910	460	-16	460
SLU33	2694	2608	2522	2437	2438	2352	2267	2181	2182	2097	2011	1925	482	11	482
SLU34	2736	2649	2563	2477	2472	2386	2299	2213	2209	2122	2036	1950	474	12	474
SLU35	2646	2597	2548	2499	2383	2334	2285	2236	2120	2071	2022	1973	477	-9	478
SLU36	2688	2639	2589	2539	2417	2368	2318	2268	2146	2097	2047	1997	470	-9	470
SLU37	2701	2591	2481	2372	2440	2330	2220	2110	2178	2068	1959	1849	482	12	482
SLU38	2743	2632	2522	2412	2474	2363	2253	2143	2204	2094	1984	1874	474	12	475
SLU39	2653	2580	2507	2434	2385	2312	2238	2165	2116	2043	1970	1897	477	-9	478
SLU40	2695	2622	2548	2474	2419	2345	2271	2198	2142	2068	1995	1921	470	-8	470
SLV1	1141	1122	1102	1083	1552	1532	1513	1494	1963	1943	1924	1904	699	9	699
SLV2	1159	1139	1119	1100	1566	1546	1527	1507	1974	1954	1934	1915	696	9	696
SLV3	2044	1851	1657	1464	1813	1619	1426	1233	1582	1388	1195	1001	300	216	370
SLV4	2062	1868	1674	1481	1827	1633	1440	1246	1593	1399	1205	1011	297	216	367
SLV5	1923	1906	1889	1872	1640	1623	1607	1590	1358	1341	1324	1307	298	7	298
SLV6	1940	1923	1906	1889	1654	1637	1620	1603	1368	1351	1334	1317	295	7	295

RIEPILOGO (kN)				
Statica		Nmax	Nmin	Vmax
SpB_SX		2849	1817	494
Sismica		Nmax	Nmin	Vmax
SpB_SX		2062	1001	699

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	2006	1944	1882	1820	1803	1741	1679	1617	1601	1539	1477	1415	350	8	350
SLE-C2	2027	1965	1902	1840	1820	1758	1696	1633	1614	1551	1489	1427	346	8	346
SLE-C3	1974	1937	1899	1862	1767	1729	1692	1654	1559	1521	1484	1446	347	-6	347
SLE-C4	1995	1958	1920	1882	1784	1746	1708	1670	1572	1534	1496	1459	343	-6	343
SLE-C5	1681	1723	1765	1807	1444	1486	1528	1570	1207	1249	1291	1333	349	7	349
SLE-C6	1702	1743	1785	1827	1461	1503	1544	1586	1220	1262	1303	1345	346	7	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 SX
	Pagina 40 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

SFORZO NORMALE N [kN]													TAGLIO [kN]		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-C7	1649	1716	1782	1848	1407	1474	1540	1606	1165	1232	1298	1364	347	-7	347
SLE-C8	1670	1736	1802	1868	1424	1490	1556	1622	1178	1244	1310	1377	343	-7	343

RIEPILOGO SLE_C (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2027	1165	350

5.5.2 Combinazione Frequente

Tabella 5.4: Azioni sui pali agli SLE-frequente.

SFORZO NORMALE N [kN]													TAGLIO [kN]		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-F1	1996	1942	1888	1834	1791	1737	1683	1630	1587	1533	1479	1425	349	3	349
SLE-F2	2016	1962	1908	1854	1808	1754	1700	1646	1600	1546	1492	1437	345	3	345
SLE-F3	1985	1939	1894	1848	1779	1733	1688	1642	1573	1527	1481	1436	348	-2	348
SLE-F4	2006	1960	1914	1868	1796	1750	1704	1658	1586	1540	1494	1448	344	-1	344
SLE-F5	1670	1720	1770	1820	1432	1482	1532	1582	1193	1243	1293	1343	348	2	348
SLE-F6	1691	1741	1791	1840	1449	1498	1548	1598	1206	1256	1306	1355	345	2	345
SLE-F7	1660	1718	1776	1834	1419	1478	1536	1594	1179	1237	1296	1354	348	-2	348
SLE-F8	1681	1739	1796	1854	1437	1494	1552	1610	1192	1250	1308	1366	344	-2	344
SLE-QP1	1996	1942	1888	1834	1791	1737	1683	1630	1587	1533	1479	1425	349	3	349
SLE-QP2	2016	1962	1908	1854	1808	1754	1700	1646	1600	1546	1492	1437	345	3	345

RIEPILOGO SLE_F (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
2016	1179	349

5.5.3 Combinazione Quasi Permanente

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

SFORZO NORMALE N [kN]													TAGLIO [kN]		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1783	1777	1770	1764	1535	1528	1522	1515	1286	1280	1273	1266	291	0	291
SLE-QP2	1801	1794	1787	1780	1549	1542	1535	1529	1297	1290	1283	1277	288	1	288

RIEPILOGO SLE_QP (kN)		
Nmax	Nmin	Vmax
1801	1266	291

5.6 VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI (SLU)

Per il calcolo delle sollecitazioni flettenti e taglianti agenti lungo il fusto del palo si adotta lo schema di palo con la testa impedita di ruotare, ma libera di traslare per effetto dell'azione orizzontale ivi applicata, ed immerso in un terreno schematizzato alla Winkler. Per la determinazione della lunghezza elastica del palo, si adotta l'espressione di Zimmerman. Dei 12 pali che compongono la palificata della spalla A viene analizzato il palo più sollecitato.

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

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}	=	699.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1083 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	1719 kNm	massimo momento flettente

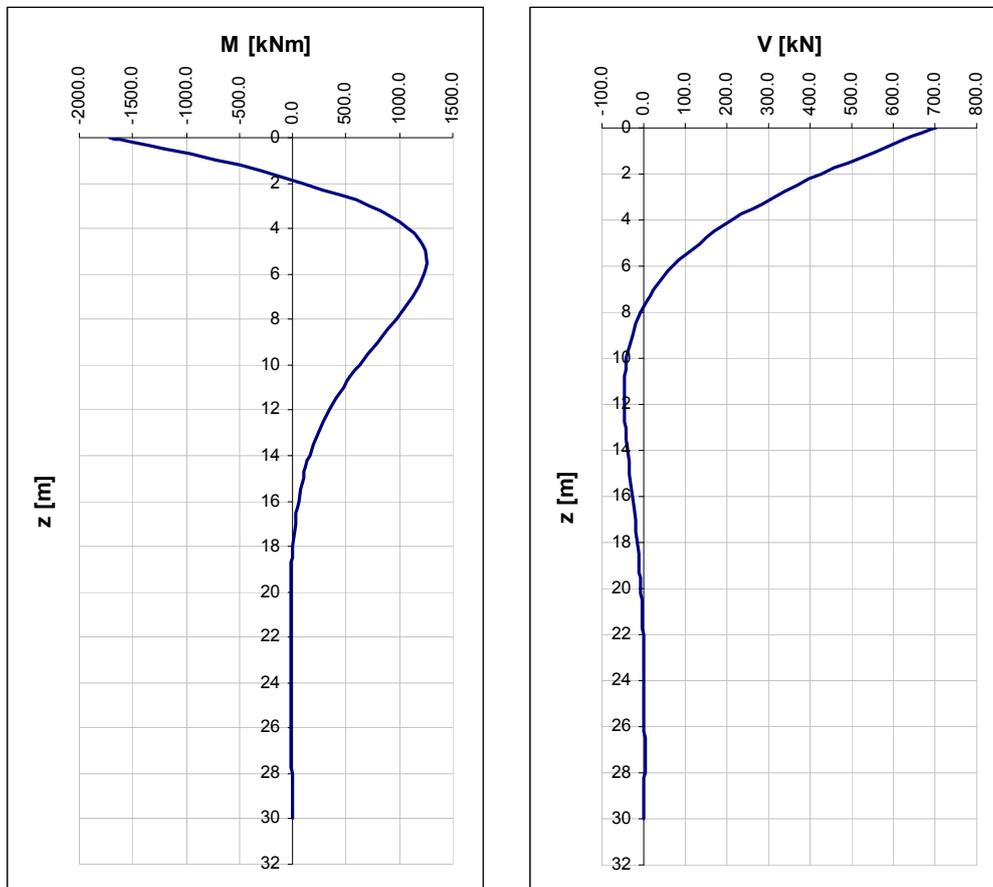


Figura 5.3: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 SX
	Pagina 42 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

5.6.1 Verifica per tensioni normali (palo più sollecitato)

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

	Z_{in}	Z_{fin}	L_{gabbia}	c'	\emptyset	n	s	M_{Ed}	N_{Ed}	M_{res}	FS
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	22	22	15.7	1719.00	1083.0	2040	1.19
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	18	14	24.7	723.28	1083	1219	1.69
gabbia n.3	20.5	22	1.1	5	18	14	24.7	19.30	1083	1219	63.16

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

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}	=	699	kN	taglio di calcolo
N_{Sd}	=	1083	kN	sforzo normale di calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f_{yk}	=	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ_s	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo

Geometria

D	=	1200	mm	diametro palo
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1150	mm	altezza utile
b_{we}	=	1080	mm	base equivalente
d_e	=	892	mm	altezza utile equivalente

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n_l	=	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}	=	0.9576	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		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 43 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

V_{rd}	=	660.64	kN	taglio resistente
V _{Sd}	=	699	kN	taglio di calcolo
FS		0.95	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
Ø _w	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	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	=	1.05090		
cot(θ)	=	2.500		valore di calcolo
V _{Rsd}	=	888.21	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	2955.49	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	888.21	kN	Resistenza a taglio
V _{Sd}	=	699	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.27	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale Ø12/20 cm.

Per le successive gabbie si prevede armatura trasversale costituita da una spirale Ø10/30cm

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 44 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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

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

Nella Tabella 5.8 seguente vengono riportate le sollecitazioni rispetto alle quali sono state effettuate le verifiche a fessurazione

Tabella 5.8: Sollecitazioni i di calcolo

	comb Frequente		comb. Quasi Permanente	
	Nmin	Mmax	Nmin	Mmax
N	1179	1192	1266	1277
V	348	349	291	291
M	856	858	716	716

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 45 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax			
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	157.20	156.50	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.27	1.28		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

Quasi Permanente	comb_Nmin	comb_Mmax			
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	103.20	102.20	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.55	1.57		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

Nella Figura 5.4 si riporta l'output del programma per la combinazione Frequente comb N_{min}.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays the following data:

- Titolo:** Pali Spalle
- Sezione circolare cava:**
 - Raggio esterno: 60 [cm]
 - Raggio interno: 0 [cm]
 - N° barre uguali: 22
 - Diametro barre: 2.2 [cm]
 - Copriferro [baric.]: 5 [cm]
- Sollecitazioni:**
 - S.L.U. / Metodo n
 - N_{Ed}: 1271 / 1179 kN
 - M_{xEd}: 1773 / 856 kNm
 - M_{yEd}: 0 / 0
- Materiali:**
 - B450C: ϵ_{su} 67.5 ‰, f_{yd} 391.3 N/mm², E_s 200'000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 1.957 ‰, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
 - C32/40: ϵ_{c2} 2 ‰, ϵ_{cu} 3.5 ‰, f_{cd} 18.13, f_{cc}/f_{cd} 0.8, $\sigma_{c,adm}$ 12.25, τ_{co} 0.7333, τ_{c1} 2.114
- Stato tensionale:**
 - σ_c : -7.756 N/mm²
 - σ_s : 157.2 N/mm²
 - ϵ_s : 0.7861 ‰
 - d: 115 cm
 - x: 48.91, x/d: 0.4253
 - δ : 0.9716
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n (selected)
- Vertici:** 52
- Verifica:** (button)
- N° iterazioni:** 4
- Precompresso:** (checkbox)

Figura 5.4: Stato tensionale per la comb. Frequente N_{min}

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 46 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

5.7.2 Verifica delle tensioni in esercizio

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

Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Tabella 5.9: Sollecitazioni i di calcolo

	comb. Rara		comb. Quasi Permanente	
	Nmin	Mmax	Nmin	Mmax
N	1165	1178	1266	1277
V	347	350	291	291
M	853	861	716	716

comb_Nmax **comb_Mmax**
Rara **Rara**

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	7.7	7.8	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		2.58	2.55		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmax **comb_Mmax**
Quasi Perm. **Quasi Perm.**

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	6.3	6.3	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		2.37	2.37		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

comb_Nmin **comb_Mmax**
Rara **Rara**

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

σ_s	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	157.7	159.0	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		2.28	2.26		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 47 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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:

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

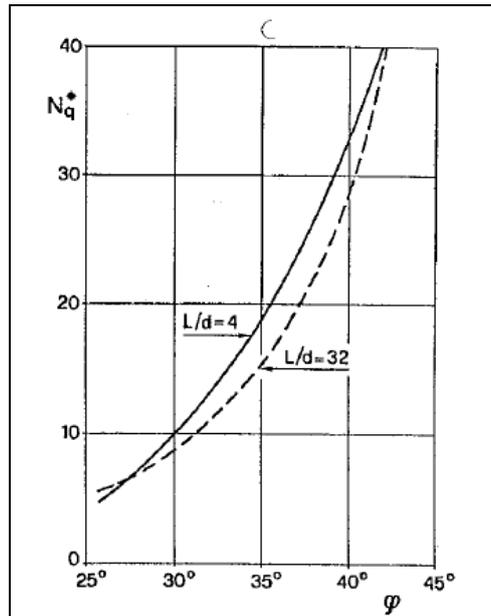


Figura 6.1: Coefficienti Nq

In Tabella 6.3 valori dei coefficienti Nc ed Nq adottati per i diverse unità geotecniche

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
coeff. Nq (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. Nc (cond. drenate)	7.1	7.7	8.6	7.2

Tabella 6.3: – Coefficienti Nq ed Nc 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. Sx				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	(m)	(m)
1° strato	TF1	6.33	0	6.33
2° strato	TRV1	7.51	6.33	13.84
3° strato	TRV_2a	8.35	13.84	22.19
4° strato	TRV_2b	32.24	22.19	54.43

Stratigrafia Sotto Spiccato Fondazione Spalla A - Carr. Sx				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	(m)	(m)
1° strato	TF1	6.33	0	6.33
2° strato	TRV1	7.51	6.33	13.84
3° strato	TRV_2a	8.35	13.84	22.19
4° strato	TRV_2b	32.24	22.19	54.43

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 49 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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 SX
	Pagina 50 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_R	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	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 sinistra e per fissata lunghezza palo.

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	2856	2066	1.2	12	22	174.06	4073.97	4174.30
spalla B	3444	3510	1.2	12	22	177.72	4713.34	4567.54

Tabella 6.8 –CARR. SX - 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 SX
	Pagina 51 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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 sinistra (SpA_SX)

D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	22.00	m	lunghezza palo
M_y	=	3000	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	153	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	33272	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	395938	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	12408	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.5	m	
M_{max}	=	66070.5	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	2379	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2378.9	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1586.0	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1220.0	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h		1190	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 SX
	Pagina 52 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

6.2.4 Risultati spalla B carreggiata sinistra (SpB_SX)

D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	20.00	m	lunghezza palo
M _y	=	1600	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c _u	=	169	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q _{lim,1}	=	33269	kN	carico limite per palo corto
M _{max}	=	362635	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q _{lim,2}	=	12175	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.7	m	
M _{max}	=	60857.1	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q _{lim,3}	=	1456	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	1455.7	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	970.5	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30		coefficiente parziale
Q _{lim,d}	=	746.5	kN	carico limite (valore di progetto)
F _h		699	kN	azione trasversale testa palo
check		1.07		se >1 verifica soddisfatta

7 ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE AGLI SLU

7.1 SPALLA SPA_SX

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata sinistra presenta pianta rettangolare di lati 9.60 m x 13.20 m ed altezza pari a 1.60 m. Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidità della struttura reale. Il modello numerico è composto da n.4072 elementi finiti di tipo shell e da n. 1151 nodi. 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.

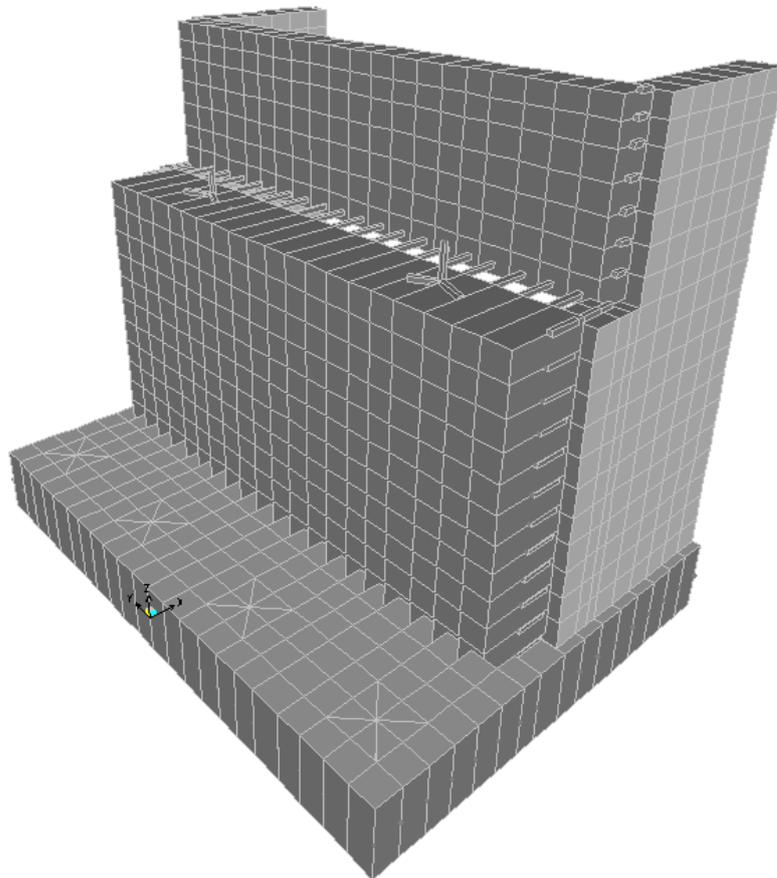


Figura 7.1: Modello agli elementi finiti Spalla SPA_sx

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 54 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

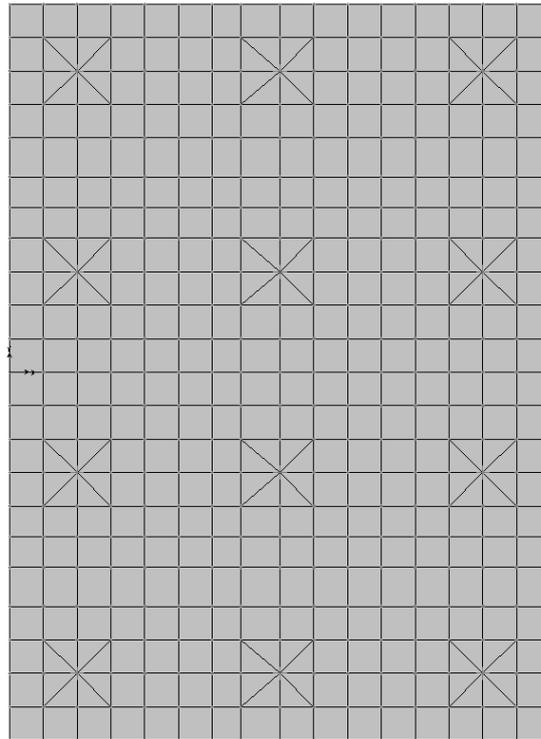


Figura 7.2: Zattera di fondazione

7.2 ANALISI DEI CARICHI

La spalla risulta sollecitata da forze concentrate trasmesse dall'impalcato in corrispondenza degli appoggi. Oltre alle suddette forze concentrate sono state applicate le forze di superficie che agiscono sulle piastre. Di seguito si riportano le condizioni di carico elementari considerate, i cui valori numerici sono stati forniti nel paragrafo dedicato all'analisi delle sollecitazioni trasmesse alla palificata.

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

7.3 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

7.3.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

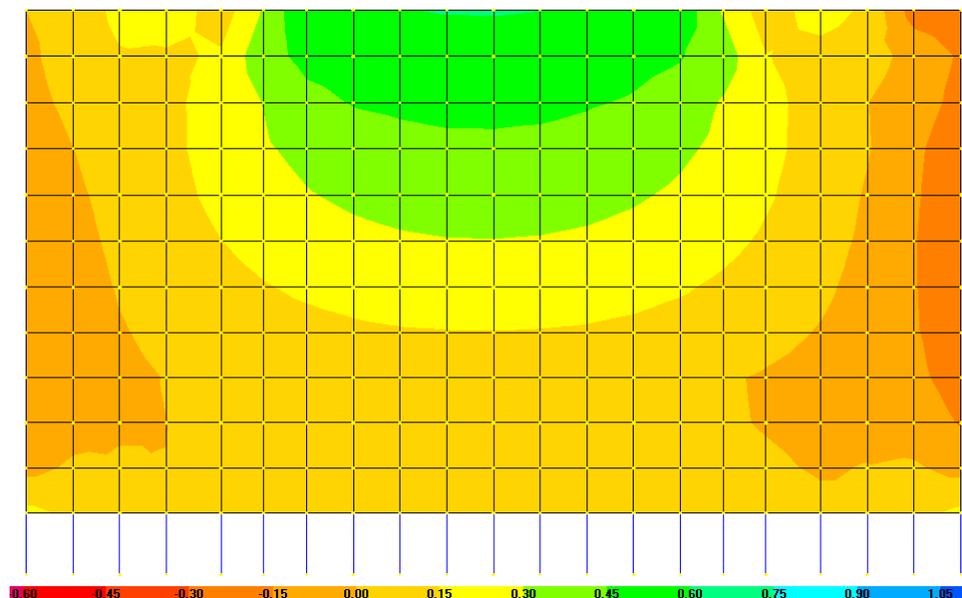


Figura 7.3: Involuppo Momento M11

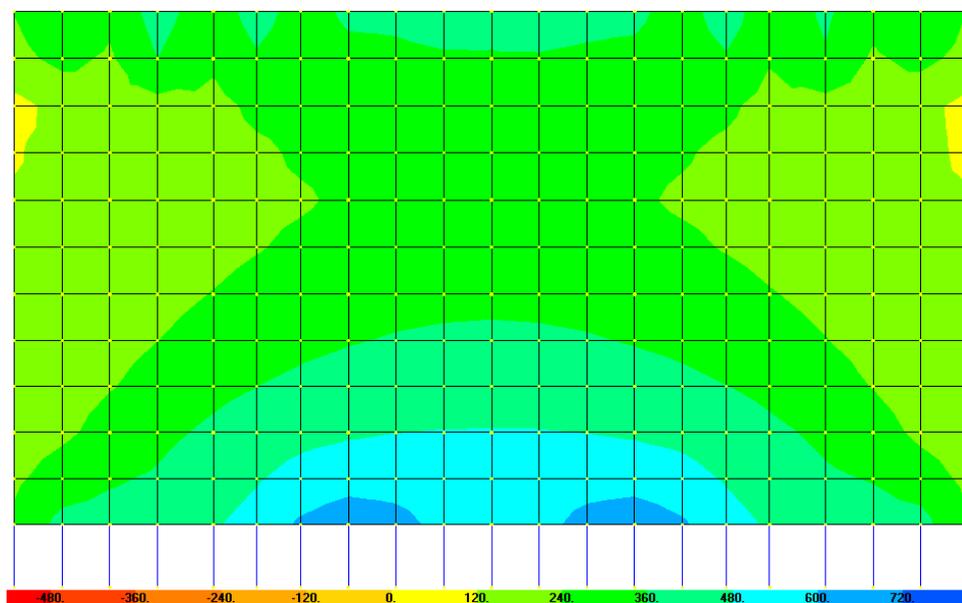


Figura 7.4: involuppo Momento M22

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 verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-6.5	1.8	5 Φ 24	1300	1521	1.17	OK momento verticale $M_z=M22-$
Arm X-	0-6.5	1.8	5 Φ 18	660	861	1.30	OK momento verticale $M_z=M22+$

Verifica momento orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-6.5	1.8	5 Φ 18	750	861	1.15	OK momento orizzontale $M_y=M11-$
Arm X-	0-6.5	1.8	5 Φ 16	600	683	1.14	OK momento orizzontale $M_y=M11+$

7.3.2 Verifiche a taglio

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.

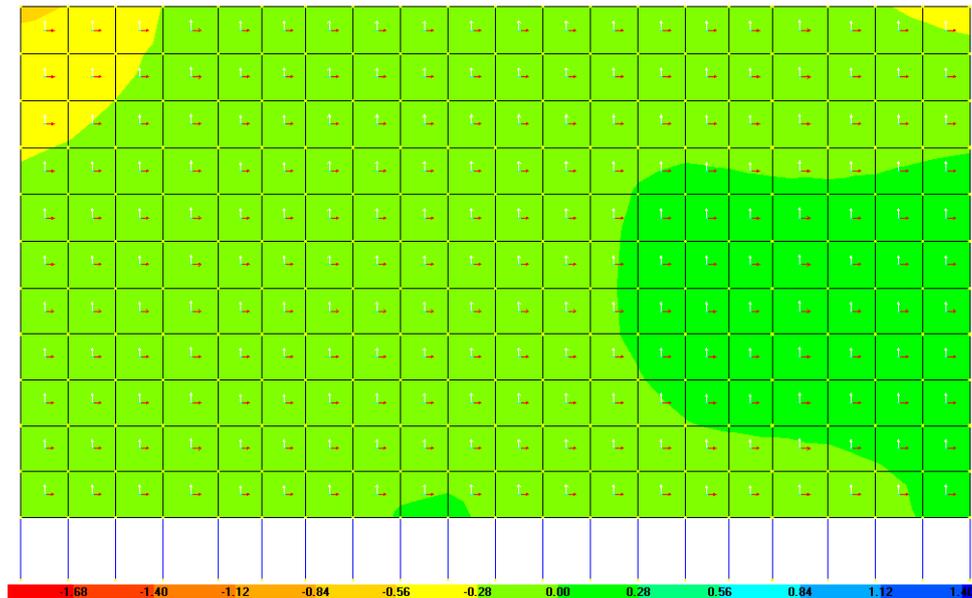


Figura 7.5: Involuppo del taglio agente nella direzione X (V13)

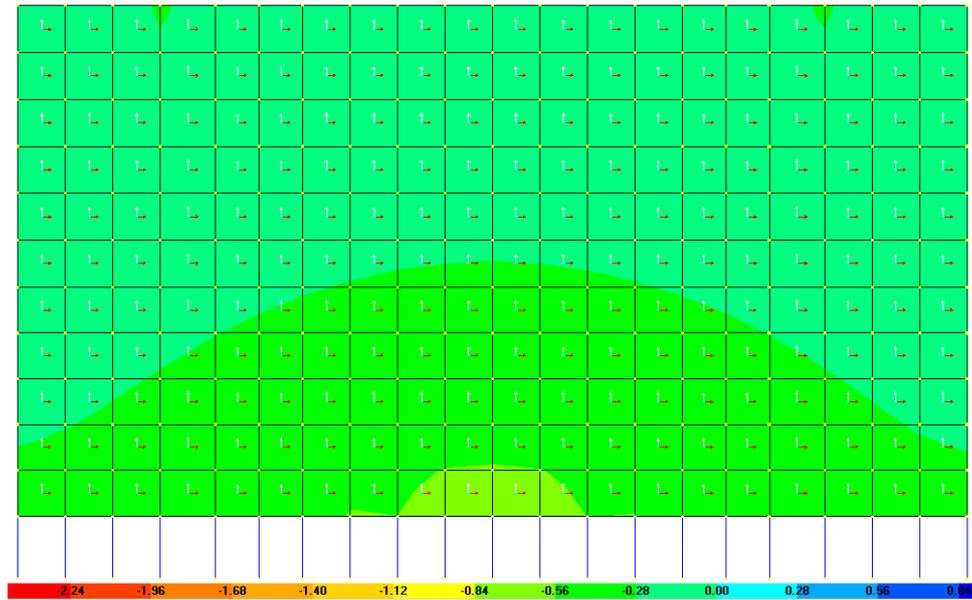


Figura 7.6: Involuppo del taglio agente nella direzione Y (V23)

		muro frontale V13max	muro frontale V23max		
Sollecitazioni					
V	=	600	610	kN	taglio
N	=	0	350	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1800	1800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1750	1750	mm	altezza utile
Materiali					
R_{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A_{sl}	=	2278.0	3267.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00127	0.00182		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v_{min}	=	0.3	0.3		
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}	=	511.0	562.0	kN	taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 58 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	---

FS = 0.9 0.9 >1 verifica soddisfatta
 check = NO NO

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	200	200	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta$ (V)	=	38.9	38.7		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	2178.20	2178.20	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f_{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	9259.7	9369.1	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	2178.2	2178.2	kN	taglio resistente sezione
		3.6	3.6		
check	=	OK	OK		

7.4 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

7.4.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO LATERALE

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-9.40m	0.8	5 Φ 24	620	636	1.03	OK momento verticale $Mz+=M22+$
Arm Y-	0-9.40m	0.8	5 Φ 16	150	292	1.94	OK momento verticale $Mz-=M22-$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-9.40m	0.8	5 Φ 22	450	465	1.03	OK momento orizzontale $Mx+=M11+$
Arm Y-	0-9.40m	0.8	5 Φ 16	20	254	12.70	OK momento orizzontale $Mx-=M11-$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 59 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

7.4.2 Verifiche a taglio

Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

		muri laterali V13max	muri laterali V23max		
Sollecitazioni					
V	=	220	430	kN	taglio
N	=	0	230	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}	=	2906.0	3267.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00363	0.00408		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.5	1.5		
v _{min}	=	0.4	0.4		
σ _{cp}	=	0.0	0.3	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.3	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	299.3	343.6	kN	taglio resistente
FS	=	1.4	0.8		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	20.2	10.4		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V _{Rsd}	=	466.76	466.76	kN	taglio resistente armatura
α _c	=	1.00	1.02		coefficiente maggiorativo
f' _{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	3968.4	4037.7	kN	taglio resistente calcestruzzo
V _{Rd}	=	466.8	466.8	kN	taglio resistente sezione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 60 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

		2.1	1.1
check	=	OK	OK

7.5 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.5.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO FRONTALE PARAGHIAIA

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.50 m	0.8	5 Φ 16	190	285	1.50	OK momento verticale $M_z=M_{22-}$
Arm X-	3.50 m	0.8	5 Φ 16	160	285	1.78	OK momento verticale $M_z=M_{22+}$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.50 m	0.8	5 Φ 20	300	359	1.20	OK momento orizzontale $M_y=M_{11-}$
Arm X-	3.50 m	0.8	5 Φ 16	110	360	3.27	OK momento orizzontale $M_y=M_{11+}$

7.5.2 Verifiche a taglio

Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

		muro paraghiaia	muro paraghiaia		
		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	240	110	kN	taglio
N	=	0	100	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 61 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	--

f_{yd} = 391.3 391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl} = 2576.0 2010.0 mm² armatura longitudinale
 ρ_l = 0.00322 0.00251 rapporto geometrico di armatura longitudinale
 k = 1.5 1.5
 v_{min} = 0.4 0.4
 σ_{cp} = 0.0 0.1 MPa tensione media calcestruzzo
 $\sigma_{cp,ad}$ = 0.0 0.1 MPa tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
 V_{Rd} = 287.6 278.8 kN taglio resistente
 FS = 1.2 2.5 >1 verifica soddisfatta
 check = OK OK

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w = 12 12 mm diametro armatura resistente a taglio
 α = 90.0 90.0 ° inclinazione armatura
 s = 400 400 mm interasse armature a taglio
 n_{br} = 2.5 2.5 numero bracci armatura trasversale
 A_{sw} = 282.74 282.74 mm² area armatura trasversale posta nell'interasse s
 $ctg\Theta (V)$ = 18.5 40.7
 $ctg\Theta$ = 2.5 2.5
 Θ = 22 22 ° inclinazione bielle di calcestruzzo
 V_{Rsd} = 466.76 466.76 kN taglio resistente armatura
 α_c = 1.00 1.01 coefficiente maggiorativo
 f'_{cd} = 8.23 8.23 MPa resistenza ridotta
 V_{Rcd} = 3968.4 3998.6 kN taglio resistente calcestruzzo
 V_{Rd} = 466.8 466.8 kN taglio resistente sezione
 check = OK OK

7.6 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

7.6.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

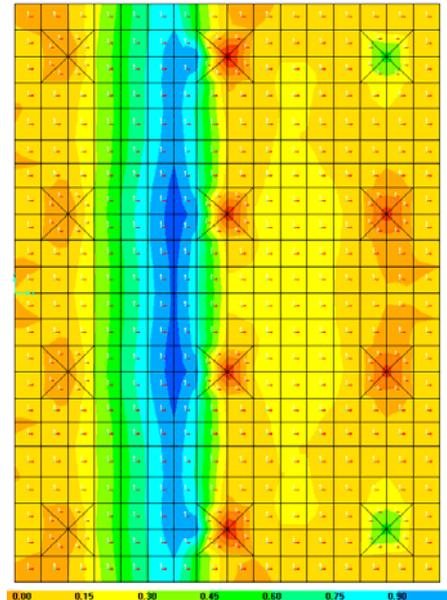


Figura 7.7: Involuppo Momento M11

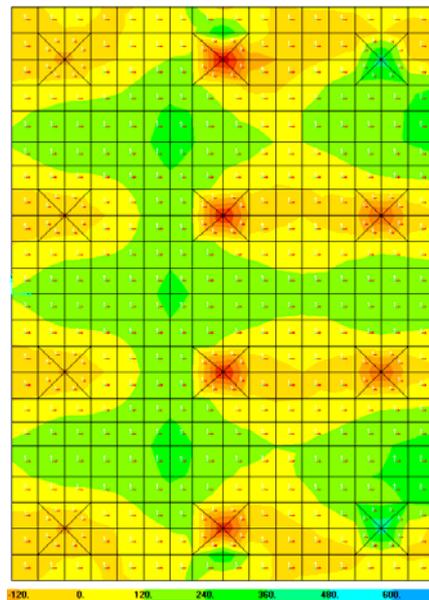


Figura 7.8: Involuppo Momento M22

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 63 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

PLINTO DI FONDAZIONE

Verifica Momento Longitudinale

		H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
				[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm-inf	X-inf	1.6	5 Φ 24	1100	1333	1.21	OK momento longitudinale $M_x=M11+$
Arm-sup	X-sup	1.6	5 Φ 18	400	754	1.89	OK momento longitudinale $M_x=M11-$

Verifica Momento Trasversale

		H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
				[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm-inf	Y-inf	1.6	5 Φ 22	300	1120	3.73	OK momento trasversale $M_y=M22+$
Arm-sup	Y-sup	1.6	5 Φ 18	500	754	1.51	OK momento trasversale $M_y=M22-$

7.6.2 Verifiche a taglio

Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

		plinto V13max	plinto V23max		
Sollecitazioni					
V	=	1100	900	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
f_{ck}	=	33.2	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	18.8	18.8	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A_{sl}	=	3173.0	3534.0	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	=	0.5	0.6		>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	NO		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 64 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	---

\varnothing_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
$ctg\Theta (V)$	=	19.0	23.3		
$ctg\Theta$	=	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
		1.3	1.6		
check	=	OK	OK		

7.7 SPALLA SPB_SX

Il plinto di fondazione della spalla B carreggiata sinistra presenta pianta rettangolare di lati 9.60 m x 13.20 m ed altezza pari a 1.60 m. Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidità della struttura reale. Il modello numerico è composto da n. 852 elementi finiti di tipo shell e da n. 3312 nodi. 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 Figura 7.9 e Figura 7.10 si illustrano la geometria del modello e la sua schematizzazione numerica.

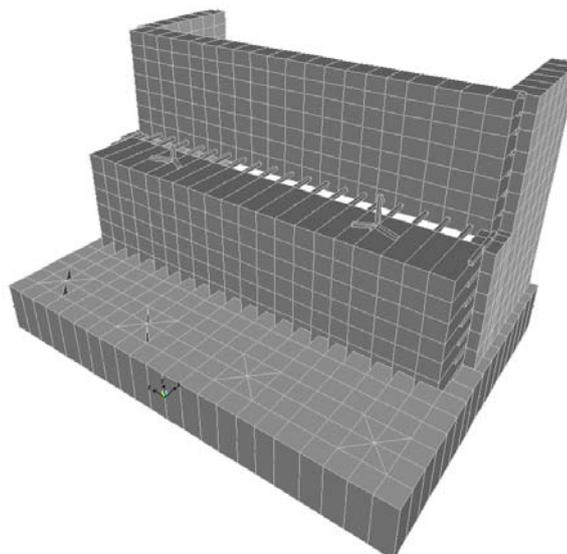


Figura 7.9: Modello agli elementi finiti Spalla B

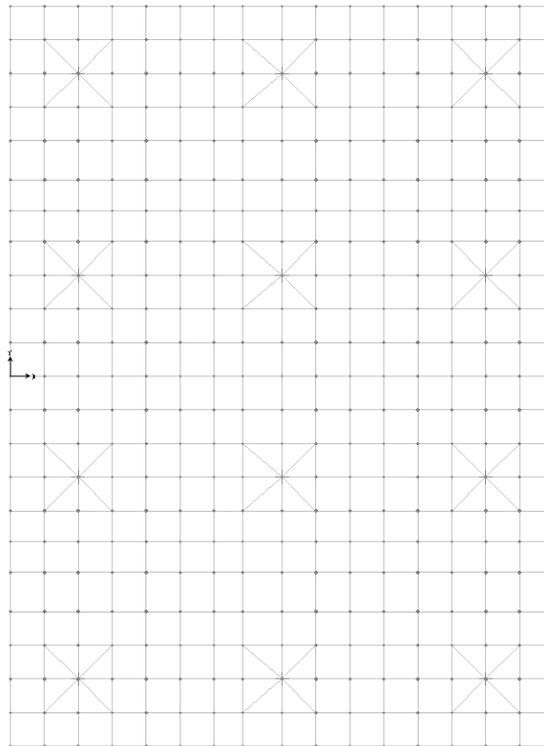


Figura 7.10: Zattera di fondazione

7.8 ANALISI DEI CARICHI

La spalla risulta sollecitata da forze concentrate trasmesse dall'impalcato in corrispondenza degli appoggi. Oltre alle suddette forze concentrate sono state applicate le forze di superficie che agiscono sulle piastre. Di seguito si riportano le condizioni di carico elementari considerate, i cui valori numerici sono stati forniti nel paragrafo dedicato all'analisi delle sollecitazioni trasmesse alla palificata.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 66 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

7.9 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

7.9.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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 momento verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-3.5	1.8	5 Φ 18	700	861	1.23	OK momento verticale $M_z=M22-$
Arm X-	0-3.5	1.8	5 Φ 18	580	861	1.48	OK momento verticale $M_z=M22+$

Verifica momento orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-3.5	1.8	5 Φ 18	530	861	1.62	OK momento orizzontale $M_y=M11-$
Arm X-	0-3.5	1.8	5 Φ 16	230	682	2.97	OK momento orizzontale $M_y=M11+$

7.9.2 Verifiche a taglio

Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

		muro frontale	muro frontale		
		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	330	400	kN	taglio
N	=	0	210	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}	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	24.9	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}	=	14.1	14.1	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 67 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	---

A_{sl}	=	2278.0	2278.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00127	0.00127		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
V_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{cp}	=	0.0	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	473.1	503.7	kN	taglio resistente
FS	=	1.4	1.3		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_v	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	200	200	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta$ (V)	=	60.6	50.4		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	2178.20	2178.20	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	7936.9	8002.5	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	2178.2	2178.2	kN	taglio resistente sezione

7.10 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

7.10.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO LATERALE

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-7	0.7	5 Φ 22	380	464	1.22	OK momento $Mz+=M22+$
Arm X-	0-7	0.7	5 Φ 16	120	252	2.10	OK momento $Mz-=M22-$

Verifica momento orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0	0.7	5 Φ 22	370	464	1.25	OK momento $Mx+=M11+$
Arm X-	0	0.7	5 Φ 16	100	252	2.52	OK momento $Mx-=M11-$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 68 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

7.10.2 Verifiche a taglio

Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

		muri laterali	muri laterali		
		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	300	280	kN	taglio
N	=	0	170	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	700	700	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	650	650	mm	altezza utile
Materiali					
R _{ck}	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.9	24.9	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}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A _{sl}	=	2906.0	2906.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00415	0.00415		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.6	1.6		
v _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	264.2	287.8	kN	taglio resistente
FS	=	0.9	1.0		>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	OK		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	9.5	10.4		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V _{Rsd}	=	404.52	404.52	kN	taglio resistente armatura
α _c	=	1.00	1.02		coefficiente maggiorativo
f' _{cd}	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	2948.0	2998.7	kN	taglio resistente calcestruzzo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 69 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	---

V_{Rd}	=	404.5	404.5	kN	taglio resistente sezione
		1.3	1.4		
check	=	OK	OK		

7.11 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.11.1 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.

MURO FRONTALE PARAGHIAIA

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.5-7	0.8	5 Φ 16	200	285	1.42	200 momento $M_z=M_{22-}$
Arm X-	3.5-7	0.8	5 Φ 16	140	285	2.03	140 momento $M_z=M_{22+}$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.5-7	0.8	5 Φ 18	300	359	1.20	OK momento $M_y=M_{11-}$
Arm X-	3.5-7	0.8	5 Φ 16	100	285	2.85	OK momento $M_y=M_{11+}$

7.11.2 Verifiche a taglio

Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

		muro paraghiaia	muro paraghiaia		
		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	180	120	kN	taglio
N	=	0	110	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	800	800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	750	750	mm	altezza utile
Materiali					
R_{ck}	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	24.9	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}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 70 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	---

f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A_{sl}	=	2011.0	2278.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00251	0.00285		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.5	1.5		
V_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{cp}	=	0.0	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	251.5	277.7	kN	taglio resistente
FS	=	1.4	2.3		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta$ (V)	=	21.1	32.0		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	466.76	466.76	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	3401.5	3434.7	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	466.8	466.8	kN	taglio resistente sezione
		2.6	3.9		
check	=	OK	OK		

7.12 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

7.12.1 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.

PLINTO DI FONDAZIONE

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		H	M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
			[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm-inf	X-inf	1.6	5 Φ 22	715	1123	1.57 OK momento longitudinale $M_x=M11+$
Arm-sup	X-sup	1.6	5 Φ 18	200	754	3.77 OK momento longitudinale $M_x=M11-$

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		H	M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
			[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm-inf	Y-inf	1.6	5 Φ 22	170	1123	6.61 OK momento trasversale $M_y=M22+$
Arm-sup	Y-sup	1.6	5 Φ 18	150	754	5.03 OK momento trasversale $M_y=M22-$

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 SX
	Pagina 71 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

7.12.2 Verifiche a taglio

		plinto V13max	plinto V23max		
Sollecitazioni					
V	=	1000	500	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
f _{ck}	=	33.2	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	18.8	18.8	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A _{sl}	=	3173.0	3173.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _i	=	0.00198	0.00198		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4		
v _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	495.3	495.3	kN	taglio resistente
FS	=	0.5	1.0		>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _w	=	26	26	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	1000	1000	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	1'061.86	1'061.86	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	20.9	42.0		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V _{Rsd}	=	1449.09	1449.09	kN	taglio resistente armatura
α _c	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f' _{cd}	=	9.41	9.41	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	9373.1	9373.1	kN	taglio resistente calcestruzzo
V _{Rd}	=	1449.1	1449.1	kN	taglio resistente sezione
		1.4	2.9		
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 SX
	Pagina 72 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

8 VERIFICA DELLE SPALLE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

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

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 SX
	Pagina 73 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.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 SPALLA A_SX

8.2.1 Plinto di fondazione

Condizioni ambientali: **ordinarie**

Armature: **Poco sensibili**

8.2.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.		comb.			
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
MATERIALI		inf	sup	inf	sup		
Calcestruzzo							
R _{ck}	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	41.20	41.20	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	3.10	3.10	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	2.17	2.17	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{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

<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 SX</p> <p>Pagina 74 di 96</p> <p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>
---	--

diametro barre						
Ø1	=	18	24	18	22	mm diametro barre strato 1
Ø8	=	24	18	22	18	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}	=	1272	2262	1272	1901	mm ² area barre strato 1
A _{s8}	=	2262	1272	1901	1272	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-	da sap
M	=	610	100	170	100	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI						
cs	=	1	1	1	1	
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	
an	=	278.5	202.7	256.6	205.9	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1322	1397	1343	1394	mm ordinata asse neutro
A	=	331511	255671	304228	253536	mm ² area sezione reagente
J	=	63050596490	38211008066	54140274289	38081995333	mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³ momento statico sezione reagente
σ _c	=	-2.69	-0.53	-0.81	-0.54	MPa tensione calcestruzzo
σ _s	=	184.52	52.89	60.92	52.94	MPa tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
sezione tesa						
M _{fess}	=	1208.0	1187.9	1194.6	1181.8	kNm momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	2.0	11.9	7.0	11.8	check ok se >1

8.2.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.		comb.			
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	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 _{ctfm}	=	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 75 di 96	
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

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

$\varnothing 1$	=	18	24	18	22	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	24	18	22	18	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}	=	1272	2262	1272	1901	mm ²	area barre strato 1
A_{s8}	=	2262	1272	1901	1272	mm ²	area barre strato 8

SOLLECITAZIONI

		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	450	120	160	100	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	278.5	202.7	256.6	205.9	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	1322	1397	1343	1394	mm	ordinata asse neutro
A	=	331511	255671	304228	253536	mm ²	area sezione reagente
J	=	63050596490	38211008066	54140274289	38081995333	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-1.99	-0.64	-0.76	-0.54	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	136.12	63.47	57.33	52.94	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

M_{fess}	=	1208.0	1187.9	1194.6	1181.8	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	2.7	9.9	7.5	11.8		check ok se >1
α_e	=	6.123	6.123	6.123	6.123	MPa	rapporto tra i moduli elastici
d	=	1550	1550	1550	1550	mm	altezza utile della sezione
$h_{c,eff}$	=	125	125	125	125	mm	altezza area efficace calcestruzzo teso
$A_{c,eff}$	=	125000	125000	125000	125000	mm ²	area efficace calcestruzzo teso
A_s	=	2262	1272	1901	1272	mm ²	area di armatura tesa
ρ_{eff}	=	0.0181	0.0102	0.0152	0.0102		
k_t	=	0.4	0.4	0.4	0.4		(=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata)
ϵ_{sm}	=	0.00040	0.00018	0.00017	0.00015		deformazione unitaria media delle barre
\varnothing	=	24	18	22	18		diametro equivalente delle barre tese

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX Pagina 76 di 96 Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc
--	--

k_1	=	0.8	0.8	0.8	0.8		(=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce)
ε_1	=	0.000280	0.000130	0.000118	0.000109		deformazione massima di trazione
ε_2	=	0.0	0.0	0.0	0.0		deformazione minima di trazione
k_2	=	0.5	0.5	0.5	0.5		fattore di forma diagramma delle deformazioni
k_3	=	3.4	3.4	3.4	3.4		(posto dalle NTC pari a 3.4)
k_4	=	0.425	0.425	0.425	0.425		(posto dalle NTC pari a 0.425)
c	=	38	41	39	41	mm	ricoprimento armatura
s	=	200	200	200	200	mm	distanza tra le barre
$\Delta_{s,max}$	=	354.7	440.0	378.6	440.0	mm	distanza massima tra le fessure
w_d	=	0.141	0.081	0.063	0.068	mm	apertura di calcolo delle fessure
w_{max}	=	0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
FS	=	1.42	2.46	3.16	2.95		check ok se >1

8.2.2 Muro Frontale

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

8.2.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
R_{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctf}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 77 di 96	
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

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	24	18	mm diametro barre strato 1
Ø8	=	16	18	18	24	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	2262	1272	mm ² area barre strato 1
A _{s2}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 2
A _{s3}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 3
A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ² area barre strato 7
A _{s8}	=	1005	1272	1272	2262	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONI						
M	=	M11+	M11-	M22+	M22-	da sap
M	=	180	420	265	440	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	250	kN sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	1	5	
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	
an	=	202.2	229.4	217.2	459.8	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1598	1571	1583	1340	mm ordinata asse neutro
A	=	236336	263578	270188	459843	mm ² area sezione reagente
J	=	39323819337	48638545471	49204208368	92093260985	mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	69775902	mm ³ momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.93	-1.98	-1.17	-1.65	MPa tensione calcestruzzo
σ _s	=	106.28	196.96	123.83	69.34	MPa tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	
M _{fess}	=	1207.1	1212.1	1232.4	1330.3	kNm momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	6.7	2.9	4.7	3.0	check ok se >1

8.2.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.	
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)		
MATERIALI		X-	X+	X-	X+	
Calcestruzzo						
R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa resistenza media a trazione semplice

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 78 di 96	
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	MPa	modulo di Young
Acciaio							
E_s	=	206000	206000	206000	206000	MPa	modulo di Young acciaio
γ_s	=	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente parziale acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione

GEOMETRIA SEZIONE

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

ARMATURA

numero barre							
n_1 (superiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 1
n_8 (inferiore)	=	5	5	5	5		numero barre strato 8
diametro barre							
\varnothing_1	=	18	16	24	18	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_8	=	16	18	18	24	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	ordinata barre strato 1
y_8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							da sap
A_{s1}	=	1272	1005	2262	1272	mm ²	area barre strato 1
A_{s8}	=	1005	1272	1272	2262	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	130	360	220	350	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	250	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
a_n	=	202.2	229.4	217.2	515.7	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	1598	1571	1583	1284	mm	ordinata asse neutro
A	=	236336	263578	270188	515688	mm ²	area sezione reagente
J	=	39323819337	48638545471	49204208368	101543927250	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	99975521	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-0.67	-1.70	-0.97	-1.29	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	76.75	168.82	102.80	46.30	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	1207.1	1212.1	1232.4	1330.3	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	9.3	3.4	5.6	3.8		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 SX
	Pagina 79 di 96
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

8.2.3 Muro Paragliaia

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.2.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
		X-	X+	X-	X+		
MATERIALI							
Calcestruzzo							
R_{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	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	=	20	16	16	16	mm	diametro barre strato 1
\varnothing_8	=	16	20	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}	=	1571	1005	1005	1005	mm ²	area barre strato 1
A_{s8}	=	1005	1571	1005	1005	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
M	=	20	200	20	120	kNm	da sap 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 SX</p>
	<p>Pagina 80 di 96</p>
	<p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

N	=	0	0	0	80	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	124.1	157.2	128.1	159.1	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	676	643	672	641	mm	ordinata asse neutro
A	=	162692	195816	158231	159097	mm ²	area sezione reagente
J	=	6673916984	9748139568	6624867689	6787132274	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	5390476	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.37	-3.22	-0.39	-2.36	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	28.14	182.44	28.16	131.54	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	250.3	254.8	247.1	258.2	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	12.5	1.3	12.4	2.2		check ok se >1

8.2.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione 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}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	31447	31447	31447	31447	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 81 di 96	
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

n1 (superiore)	=	5	5	5	5	numero barre strato 1
n7	=					numero barre strato 7
n8 (inferiore)	=	5	5	5	5	numero barre strato 8
diametro barre						
Ø1	=	20	16	16	16	mm diametro barre strato 1
Ø8	=	16	20	16	16	mm diametro barra strato 8
ordinate barre						
y1	=	750	750	750	750	mm ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm ordinata barre strato 8
area barre						
A _{s1}	=	1571	1005	1005	1005	mm ² area barre strato 1
A _{s8}	=	1005	1571	1005	1005	mm ² area barre strato 8
SOLLECITAZIONI						
		M11+	M11-	M22+	M22-	da sap
M	=	20	160	10	90	kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	80	kN sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI						
cs	=	1	1	1	5	
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	
an	=	124.1	157.2	128.1	171.2	mm asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	676	643	672	629	mm ordinata asse neutro
A	=	162692	195816	158231	171180	mm ² area sezione reagente
J	=	6673916984	9748139568	6624867689	6945616823	mm ⁴ momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	7750248	mm ³ momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.37	-2.58	-0.19	-1.77	MPa tensione calcestruzzo
σ _s	=	28.14	145.95	14.08	89.62	MPa tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE						
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	
M _{fess}	=	250.3	254.8	247.1	258.2	kNm momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	12.5	1.6	24.7	2.9	check ok se >1

8.2.4 Muri Laterali

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

8.2.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE		comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)		
		Y-	Y+	Y-	Y+	
MATERIALI						
Calcestruzzo						
R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa resistenza caratteristica a trazione semplice

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella III	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 82 di 96	
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

f_{cfm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	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							
$\varnothing 1$	=	16	22	24	16	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	22	16	16	24	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}	=	1005	1901	2262	1005	mm ²	area barre strato 1
SOLLECITAZIONI							
		M11-	M11+	M22-	M22+		da sap
M	=	20	240	100	340	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	80	150	kN	sfuerzo 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		asse neutro (distanza da lembo compresso)
a_n	=	171.3	121.9	156.6	211.2	mm	
Y_n	=	629	678	643	589	mm	ordinata asse neutro
A	=	214879	165440	156597	211152	mm ²	area sezione reagente
J	=	11445205365	6700245189	6975547976	13381289283	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	6929829	6440065	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-0.30	-4.36	-1.81	-4.92	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	15.17	337.50	102.76	188.26	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	259.3	252.2	265.4	286.1	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	-	-	-	0.8		check ok se >1
α_e	=	-	-	-	6.551	MPa	rapporto tra i moduli elastici
d	=	-	-	-	750	mm	altezza utile della sezione

<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 SX</p> <p>Pagina 83 di 96</p> <p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>
---	--

$h_{c,eff}$	=	-	-	-	125	mm	altezza area efficace calcestruzzo teso
$A_{c,eff}$	=	-	-	-	125000	mm ²	area efficace calcestruzzo teso
A_s	=	-	-	-	2262	mm ²	area di armatura tesa
ρ_{eff}	=	-	-	-	0.0181		
k_t	=	-	-	-	0.4		(=0.6 per carichi di breve durata; =0.4 per carichi di lunga durata)
ε_{sm}	=	-	-	-	0.00061		deformazione unitaria media delle barre
\emptyset	=	-	-	-	24		diametro equivalente delle barre tese
k_1	=	-	-	-	0.8		(=0.8 per barre ad aderenza migliorata; =1.6 per barre lisce)
ε_1	=	-	-	-	0.000436		deformazione massima di trazione
ε_2	=	-	-	-	0.0		deformazione minima di trazione
k_2	=	-	-	-	0.5		fattore di forma diagramma delle deformazioni
k_3	=	-	-	-	3.4		(posto dalle NTC pari a 3.4)
k_4	=	-	-	-	0.425		(posto dalle NTC pari a 0.425)
c	=	-	-	-	38	mm	ricoprimento armatura
s	=	-	-	-	200	mm	distanza tra le barre
$\Delta_{s,max}$	=	-	-	-	354.7	mm	distanza massima tra le fessure
w_d	=	-	-	-	0.215	mm	apertura di calcolo delle fessure
w_{max}	=	-	-	-	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
FS	=	-	-	-	1.39		check ok se >1
					ok		

8.2.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.		comb.			
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		Y-	Y+	Y-	Y+		
Calcestruzzo							
R_{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 84 di 96	
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

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							
Ø1	=	16	22	24	16	mm	diametro barre strato 1
Ø8	=	22	16	16	24	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	1005	1901	2262	1005	mm ²	area barre strato 1
A _{s8}	=	1901	1005	1005	2262	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI							
M	=	M11-	M11+	M22-	M22+		da sap
N	=	0	0	180	180	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	5	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	presso-flessione-grande eccentricità	presso-flessione-grande eccentricità		asse neutro
an	=	171.3	121.9	226.4	227.2	mm	(distanza da lembo compresso)
Y _n	=	629	678	574	573	mm	ordinata asse neutro
A	=	214879	165440	226387	227182	mm ²	area sezione reagente
J	=	11445205365	6700245189	9057558656	13655986826	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	23714426	10738989	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.15	-4.00	-1.72	-3.81	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	7.58	309.38	59.62	131.45	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
sezione tesa sezione tesa sezione tesa sezione tesa							
M _{fess}	=	259.3	252.2	279.5	290.5	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	25.9	1.1	2.8	1.1		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 SX
	Pagina 85 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

8.3 SPALLA B_SX

8.3.1 Plinto di fondazione

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.3.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.		comb.			
		FREQUENTE		FREQUENTE			
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
MATERIALI		inf	sup	inf	sup		
Calcestruzzo							
R _{ck}	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	41.20	41.20	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	3.10	3.10	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	2.17	2.17	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{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	=	18	22	18	22	mm	diametro barre strato 1
Ø8	=	22	18	22	18	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}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area barre strato 1
A _{s8}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area barre strato 8

<p>CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	<p>Opera: Viadotto Arenella III</p>
	<p>Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p>
	<p>Pagina 86 di 96</p>
	<p>Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	430	80	140	100	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	1	1		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice		
an	=	256.6	205.9	256.6	205.9	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1343	1394	1343	1394	mm	ordinata asse neutro
A	=	304228	253536	304228	253536	mm ²	area sezione reagente
J	=	54140274289	38081995333	54140274289	38081995333	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	0	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-2.04	-0.43	-0.66	-0.54	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	154.09	42.35	50.17	52.94	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

M _{fess}	=	1194.6	1181.8	1194.6	1181.8	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	2.8	14.8	8.5	11.8		check ok se >1

8.3.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

MATERIALI		comb.		comb.			
		QUASI PERM.		QUASI PERM.			
		inf	sup	inf	sup		
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My			
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 87 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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 22 18 22 mm diametro barre strato 1

Ø8 = 22 18 22 18 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} = 1272 1901 1272 1901 mm² area barre strato 1

A_{s2} = 0 0 0 0 mm² area barre strato 2

A_{s3} = 0 0 0 0 mm² area barre strato 3

A_{s4} = 0 0 0 0 mm² area barre strato 4

A_{s5} = 0 0 0 0 mm² area barre strato 5

A_{s6} = 0 0 0 0 mm² area barre strato 6

A_{s7} = 0 0 0 0 mm² area barre strato 7

A_{s8} = 1901 1272 1901 1272 mm² area barre strato 8

SOLLECITAZIONI

M M11+ M11- M22+ M22- da sap

N = 350 70 120 100 kNm momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)

N = 0 0 0 0 kN sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs = 1 1 1 1

cs = flessione semplice flessione semplice flessione semplice flessione semplice

an = 256.6 205.9 256.6 205.9 mm asse neutro (distanza da lembo compresso)

Y_n = 1343 1394 1343 1394 mm ordinata asse neutro

A = 304228 253536 304228 253536 mm² area sezione reagente

J = 54140274289 38081995333 54140274289 38081995333 mm⁴ momento d'inerzia sezione reagente

S = 0 0 0 0 mm³ momento statico sezione reagente

σ_c = -1.66 -0.38 -0.57 -0.54 MPa tensione calcestruzzo

σ_s = 125.42 37.06 43.00 52.94 MPa tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

sezione tesa

M_{fess} = 1194.6 1181.8 1194.6 1181.8 kNm momento di fessurazione

FS=M_{fess}/M_{Sd} = 3.4 16.9 10.0 11.8 check ok se >1

8.3.2 Muro Frontale

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**
8.3.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 88 di 96	
	Nome file: V114-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	31447	31447	31447	31447	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							
da sap							
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							
		M11+	M11-	M22+	M22-	da sap	
M	=	100	400	230	210	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	200	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	202.2	229.4	226.7	516.4	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1598	1571	1573	1284	mm	ordinata asse neutro
A	=	236336	263578	264884	516403	mm ²	area sezione reagente
J	=	39323819337	48638545471	48765543162	79098228802	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	118694216	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.51	-1.89	-1.07	-0.87	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	59.04	187.58	107.77	31.18	MPa	tensione massima acciaio

<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 SX</p>
	<p>Pagina 89 di 96</p>
	<p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	1207.1	1212.1	1216.5	1278.6	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	12.1	3.0	5.3	6.1		check ok se >1

8.3.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.		comb.			
		QUASI PERM.		QUASI PERM.			
		Momento orizzontale (Y)	Momento verticale (Z)	Momento orizzontale (Y)	Momento verticale (Z)		
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
R_{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	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							
$\varnothing 1$	=	18	18	18	18	mm	diametro barre strato 1
$\varnothing 8$	=	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	1272	1272	1272	mm ²	area barre strato 1
A_{s2}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 2
A_{s3}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX
	Pagina 90 di 96
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

A _{s4}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 4
A _{s5}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 5
A _{s6}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 6
A _{s7}	=	0	0	0	0	mm ²	area barre strato 7
A _{s8}	=	1005	1272	1272	1272	mm ²	area barre strato 8
SOLLECITAZIONI		M11+	M11-	M22+	M22-		da sap
M	=	50	350	190	140	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	200	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	202.2	226.7	226.7	844.5	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	1598	1573	1573	956	mm	ordinata asse neutro
A	=	236336	264884	264884	844495	mm ²	area sezione reagente
J	=	39323819337	48765543162	48765543162	228452260321	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	354467148	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.26	-1.63	-0.88	-0.48	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	29.52	163.99	89.03	7.66	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	1207.1	1216.5	1216.5	1278.6	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	24.1	3.5	6.4	9.1		check ok se >1

8.3.3 Muro Paragliaia

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.3.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
MATERIALI		X-	X+	X-	X+		
Calcestruzzo							
R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	31447	31447	31447	31447	MPa	modulo di Young

<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 SX</p>
	<p>Pagina 91 di 96</p>
	<p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

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
$\varnothing 2$	=					mm	diametro barra strato 2
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	=	20	210	20	130	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	100	kN	sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	126.1	142.8	128.1	164.5	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y_n	=	674	657	672	635	mm	ordinata asse neutro
A	=	160297	176926	158231	164544	mm ²	area sezione reagente
J	=	6648676910	8137063235	6624867689	6851519886	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	6436110	mm ³	momento statico sezione reagente
σ_c	=	-0.38	-3.68	-0.39	-2.56	MPa	tensione calcestruzzo
σ_s	=	28.15	235.07	28.16	136.45	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	248.6	250.7	247.1	261.0	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{sd}$	=	12.4	1.2	12.4	2.0		check ok se >1

8.3.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 92 di 96	
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	31447	31447	31447	31447	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							
Ø1	=	18	16	16	16	mm	diametro barre strato 1
Ø8	=	16	18	16	16	mm	diametro barra strato 8
ordinate barre							
y1	=	750	750	750	750	mm	ordinata barre strato 1
y8	=	50	50	50	50	mm	ordinata barre strato 8
area barre							
A _{s1}	=	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	=	10	180	10	110	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	0	100	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	1	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	126.1	142.8	128.1	172.3	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	674	657	672	628	mm	ordinata asse neutro
A	=	160297	176926	158231	172332	mm ²	area sezione reagente
J	=	6648676910	8137063235	6624867689	6963745093	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	0	7982905	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.19	-3.16	-0.19	-2.16	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	14.08	201.49	14.08	108.54	MPa	tensione massima acciaio

<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 SX</p>
	<p>Pagina 93 di 96</p>
	<p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M_{fess}	=	248.6	250.7	247.1	261.0	kNm	momento di fessurazione
$FS=M_{fess}/M_{Sd}$	=	24.9	1.4	24.7	2.4		check ok se >1

8.3.4 Muri Lateral

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

8.3.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE		comb. FREQUENTE			
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
		Y-	Y+	Y-	Y+		
MATERIALI							
Calcestruzzo							
R_{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E_c	=	31447	31447	31447	31447	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 SX	
	Pagina 94 di 96	
	Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc	

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		M11-	M11+	M22-	M22+		da sap
M	=	130	50	195	50	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	80	80	kN	sforzo normale (>0 compressione)
VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI							
cs	=	1	1	5	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		asse neutro (distanza da lembo compresso)
an	=	157.6	112.5	175.4	179.1	mm	
Y _n	=	542	588	525	521	mm	ordinata asse neutro
A	=	201174	156060	175376	179147	mm ²	area sezione reagente
J	=	8391858206	4942579852	8457414795	5735207684	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	3737463	12628524	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-2.44	-1.14	-3.75	-1.13	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	114.42	81.57	152.39	44.74	MPa	tensione massima acciaio
VERIFICA A FESSURAZIONE							
		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	201.0	194.8	211.1	204.7	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	1.5	3.9	1.1	4.1		check ok se >1

8.3.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

MATERIALI		comb. QUASI PERM.		comb. QUASI PERM.			
		Momento orizzontale (X)	Momento verticale (Z)	Momento orizzontale (X)	Momento verticale (Z)		
Calcestruzzo		Y-	Y+	Y-	Y+		
R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f _{ctm}	=	3.07	3.07	3.07	3.07	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}	=	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctd}	=	1.19	1.19	1.19	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione
E _c	=	31447	31447	31447	31447	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

<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 SX</p>
	<p>Pagina 95 di 96</p>
	<p>Nome file: VI14-B-CL008_C.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

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

		M11-	M11+	M22-	M22+		da sap
M	=	20	100	40	150	kNm	momento flettente (sempre >0 tende le fibre inferiori)
N	=	0	0	140	140	kN	sforzo normale (>0 compressione)

VERIFICA TENSIONI NEI MATERIALI

cs	=	1	1	5	5		
cs	=	flessione semplice	flessione semplice	pressoflessione-grande eccentricità	pressoflessione-grande eccentricità		
an	=	157.6	112.5	381.2	146.7	mm	asse neutro (distanza da lembo compresso)
Y _n	=	542	588	319	553	mm	ordinata asse neutro
A	=	201174	156060	381177	146654	mm ²	area sezione reagente
J	=	8391858206	4942579852	22175320333	5138262704	mm ⁴	momento d'inerzia sezione reagente
S	=	0	0	69977746	5919092	mm ³	momento statico sezione reagente
σ _c	=	-0.38	-2.28	-0.76	-3.47	MPa	tensione calcestruzzo
σ _s	=	17.60	163.13	8.07	178.58	MPa	tensione massima acciaio

VERIFICA A FESSURAZIONE

		sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa	sezione tesa		
M _{fess}	=	201.0	194.8	218.7	212.0	kNm	momento di fessurazione
FS=M _{fess} /M _{Sd}	=	10.0	1.9	5.5	1.4		check ok se >1