

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 I

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 5 V I 2 1 2 V I 1 2 B C L 0 0 8 A - Scala:

F							
E							
D							
C							
B							
A	Aprile 2011	EMISSIONE	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI	
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

3TI ITALIA S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Ing. Stefano Luca Possati
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma n. 20809

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 1 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
1.4.1	Calcestruzzo.....	7
1.4.2	Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata.....	8
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	9
2.1	DESCIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	9
3	ANALISI DELLE PALIFICATE DELLE SPALLE	10
3.1	SPALLA SPA_DX.....	10
3.1.1	Azioni trasmesse dall'impalcato.....	10
3.1.2	Azioni trasmesse dalla spalla.....	11
3.1.3	Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali	13
3.1.4	Combinazioni di carico SLU.....	14
3.1.5	Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_dx.....	16
3.1.6	Combinazioni di carico SLE	18
3.1.7	Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_dx.....	20
3.2	SPALLA SPB_DX.....	21
3.2.1	Azioni trasmesse dall'impalcato.....	21
3.2.2	Azioni trasmesse dalla spalla.....	21
3.2.3	Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali	24
3.2.4	Combinazioni di carico SLU.....	25
3.2.5	Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_dx.....	25
3.2.6	Combinazioni di carico SLE	26
3.2.7	Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_dx.....	26
4	VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI (SLU)	28
4.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_DX	28
4.1.1	Verifica per tensioni normali	29
4.1.2	Verifica a taglio	29
4.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_DX	31
4.2.1	Verifica per tensioni normali	32
4.2.2	Verifica a taglio	32
5	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	34
5.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_DX	34
5.1.1	SLE - FESSURAZIONE.....	34
5.1.2	SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI.....	35
5.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_DX	36
5.2.1	SLE - FESSURAZIONE.....	36
5.2.2	SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI.....	37
6	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....	39
6.1	CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO	39
6.1.1	Criteri di calcolo del carico limite verticale.....	39
6.1.2	Criteri di verifiche	41
6.1.3	Risultati	42
6.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE	43
6.2.1	Criteri di calcolo del carico limite orizzontale	43
6.2.2	Criteri di verifica.....	43
6.2.3	Risultati	43
7	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SPA_DX AGLI SLU	45
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA	45
7.2	ANALISI DEI CARICHI	46

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 2 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	47
7.3.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	47
7.3.2	<i>Verifiche a taglio</i>	48
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	49
7.4.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	49
7.4.2	<i>Verifiche a taglio</i>	49
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA	50
7.5.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	50
7.5.2	<i>Verifiche a taglio</i>	51
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	51
7.6.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i>	51
7.6.2	<i>Verifiche a taglio</i>	53
8	VERIFICA DELLA SPALLA SPA_DX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	54
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLE	54
8.2	PLINTO DI FONDAZIONE	55
8.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i>	55
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i>	57
8.3	MURO FRONTALE	58
8.3.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i>	58
8.3.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i>	60
8.4	MURO PARAGHIAIA	61
8.4.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i>	61
8.4.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i>	63
8.5	MURI LATERALI	64
8.5.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i>	64
8.5.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i>	66

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 3 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

1 GENERALITÀ

1.1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata destra del viadotto denominato **Arenella I** inserito nei lavori per l'ammmodernamento e l'adeguamento alla cat. B del D.M. 5.11.2001 della S.S. 640 "di Porto Empedocle" nel tratto 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 con raggio di curvatura minimo pari a 1188 m. La carreggiata in esame è composta da 6 campate le cui luci sono riportate in tabella:

Tabella 1: Luci campate carreggiata destra

Carreggiata DX	
Numero campata	L [m]
1	30.00
2	31.00
3	31.00
4	31.00
5	31.00
6	31.00

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 a 6 campate.

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da 4 travi a cassoncino, di altezza 1800 mm, disposte ad interasse trasversale di 2.5 m, con larghezza complessiva 13.23 m; la soletta ha uno spessore di 250 mm, al lordo delle predelle che ne sostengono il getto.

Il piano viabile è di 11.25 m di larghezza, e lateralmente sono realizzati due cordoli di larghezza 0.75 m ed 1.23 m, quest'ultimo pedonabile

Tabella 2: Altezza Pile carreggiata destra

CARREGGIATA DX			
PILA	H _{fusto} [m]	H _{pulvino} [m]	H [m]
P01	4.50	1.5	6.00
P02	11.00	1.5	12.50
P03	9.00	1.5	10.50
P04	5.00	1.5	6.50
P05	3.00	1.5	4.50

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, compreso effetti lenti quali variazioni termiche, fluage e ritiro. Tali dispositivi sono caratterizzati da:

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

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

Gli isolatori impiegati garantiscono uno smorzamento superiore allo 10%, tuttavia nelle analisi sismiche condotte si è assunto un valore pari al 10%.

Le due spalle (chiamate SPA_dx e SPB_dx) della carreggiata di destra, presentano a meno del muro frontale, la medesima geometria e sono soggette alle stesse azioni trasmesse dall'impalcato.

La fondazione ha dimensioni in pianta di 6.90 m x 14.00 m e altezza 1,60 m ed è fondata su 8 pali di diametro Ø1200 e di lunghezze 20 m sia per la SPA_dx che per la SPB_dx.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 4 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Nella presente relazione, per quanto riguarda la carreggiata di destra, si analizzerà la SPA_dx in quanto è quella, che a parità delle altre dimensioni geometriche, ha il muro frontale di altezza maggiore rispetto alla SPB_dx. A quest'ultima saranno estesi i risultati ottenuti per la spalla analizzata.

Invece per quanto riguarda le verifiche geotecniche e strutturali delle palificate vengono analizzate tutti i casi.(Palificata della SPA_dx, palificata della SPB_dx).

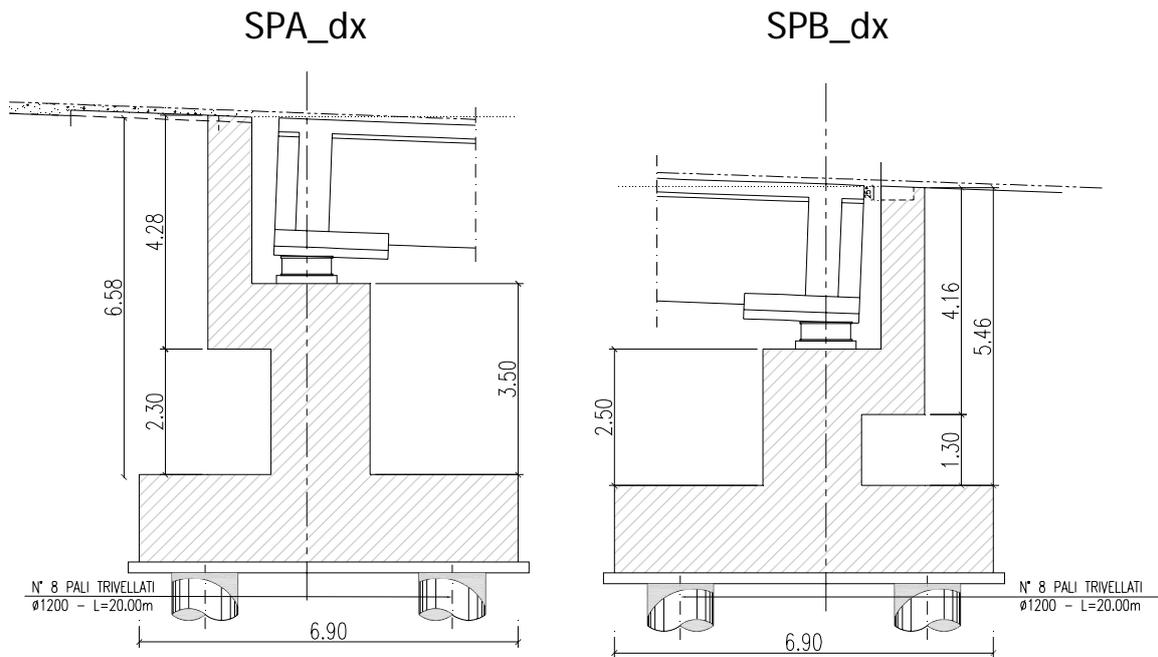


Figura 1: Sezione laterale Spalle

Fondazioni Spalle

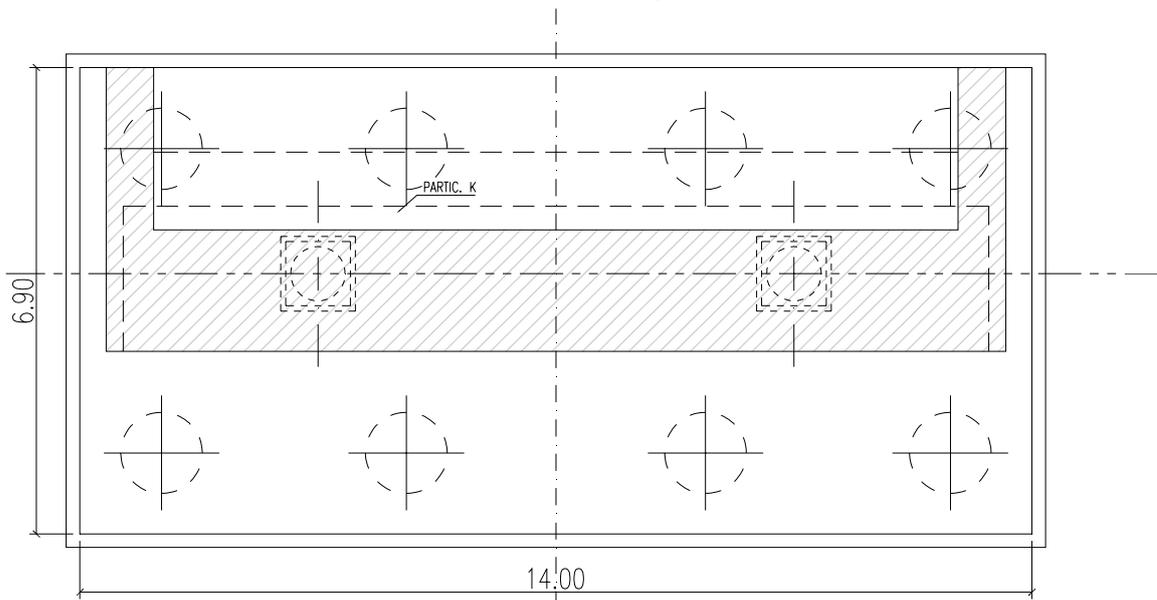


Figura 2: Pianta spiccato

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 5 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Geometrie Spalla SPA_dx	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	6.90	14.00	1.60	154.6
muro frontale	1.90	13.23	3.50	88.0
muro paraghiaia	0.50	13.23	3.00	19.8
muro laterale sx	2.50	0.70	6.60	11.6
muro laterale dx	2.50	0.70	6.60	11.6
bandiera sx	3.20	0.70	1.00	4.48
bandiera dx	3.20	0.70	1.00	4.48
N° Pali	8			
Lunghezza pali	20			

Geometrie Spalla SPB_dx	Bx	By	Bz,min	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	6.90	14.00	1.60	154.6
muro frontale	1.90	13.23	2.50	62.8
muro paraghiaia	0.50	13.23	3.00	19.8
muro laterale sx	2.50	0.70	5.55	9.7
muro laterale dx	2.50	0.70	5.55	9.7
bandiera sx	2.90	0.70	1.00	3.55
bandiera dx	2.90	0.70	1.00	3.55
N° Pali	8			
Lunghezza pali	20			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 6 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in conformità alle normative vigenti con particolare riferimento a:

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 – “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” – pubblicato sul S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n.29
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- EUROCODICE 1 – UNI-ENV 1991-3 “Basi di calcolo ed azioni sulle strutture”;
- EUROCODICE 2 – UNI-ENV 1992 “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- EUROCODICE 7 – UNI-ENV 1997 “Progettazione geotecnica”;
- EUROCODICE 8 – UNI-ENV 1997 “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture”.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 7 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.4.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo PALI C32/40

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
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
f_{ctm}	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo ZATTERE C32/40

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
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
f_{ctm}	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo ELEVAZIONE C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 8 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

f_{ctk}	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo BAGGIOLI C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S4				classe di consistenza

1.4.2 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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 9 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

Tutte le membrature costituenti l'impalcato (travi longitudinali, trasversi) sono stati simulati attraverso elementi finiti del tipo beam a sei gradi di libertà per nodo. Con lo stesso tipo di elementi sono state modellate le pile del viadotto. Queste ultime sono state vincolate al piede – in corrispondenza dell'estradosso plinto – mediante vincoli di incastro. Allo scopo di simulare in maniera adeguata i cinematismi consentiti dagli apparecchi di appoggio di tipo elastomerico, tra l'impalcato e le pile sono stati introdotti degli elementi del tipo "Nlink". Nel caso specifico tali elementi sono caratterizzati da un comportamento elastico lineare:

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

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

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

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 di sommità.

Il modello numerico sono stati implementati mediante il codice di calcolo agli elementi finiti SAP 2000 della *Computers and Structures, Inc.* Nella seguente figura è riportata una vista del modello.

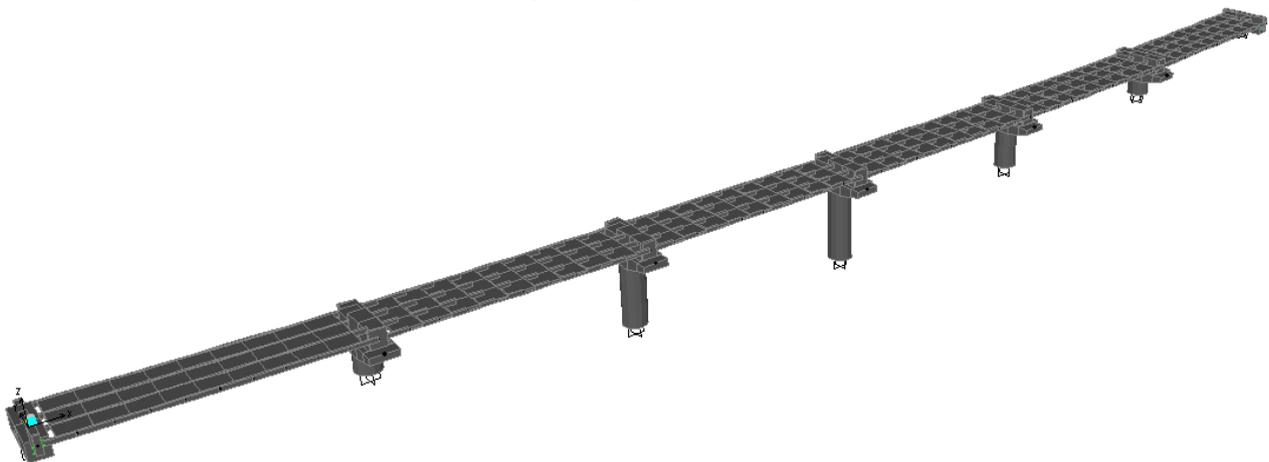


Figura 3: Modello numerico del viadotto

Per una descrizione di maggiore dettaglio dei modelli di calcolo messi a punto si rimanda alla relazione di calcolo delle pile.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 10 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

3 ANALISI DELLE PALIFICATE DELLE SPALLE

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.

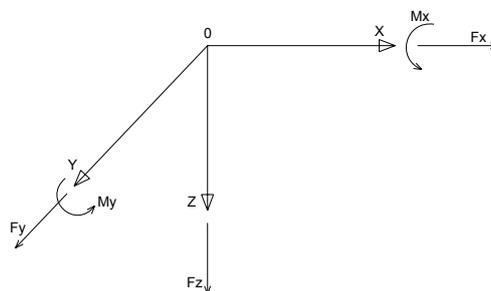


Figura 4: Sistema di riferimento

In particolare in questo capitolo vengono riportate le azioni sulle spalle della carreggiata destra. Inoltre vengono riportate le azioni sulle palificate relative ad entrambe le spalle della carreggiata destra.

3.1 SPALLA SPA_DX

3.1.1 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	2278	105	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	398	13	0	permanenti portati
e2	103	2	492	29	154	ritiro
e3.1	50	1	202	12	75	carico termico (max azione verticale)
e3.2	187	5	-76	4	280	carico termico (max azione orizzontale)
q1.1	0	1	1851	348	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	6	1382	5033	1	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	123	1	0	2	185	frenatura
q4	0	5	0	8	1	azione centrifuga
q5	13	155	0	326	20	azione del vento trasversale
q6.1x	587	82	-24	145	881	sisma longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 11 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

q6.1y	178	264	-24	467	267	sisma trasversale
q6.1z	176	79	-79	141	264	sisma verticale
q7	27	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.1.2 Azioni trasmesse dalla spalla

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	3864.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2199.5 kN	muro frontale
g1.3	=	496.1 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	288.8 kN	muro laterale sx
g1.5	=	288.8 kN	muro laterale dx
g1.6	=	112.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	112.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	12.1 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	=	7387.4 kN	azione verticale
x	=	3.05 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.48 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	=	207.9 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	3742.2 kN	peso del terreno
x	=	1.25 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.90 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ	=	35 °	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	coefficiente di spinta adottato
H	=	8.10 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	13.23 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	3331.3 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.70 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 12 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

K	=	0.426		coefficiente di spinta
H	=	8.10	m	altezza di spinta terreno
B	=	13.23	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
F _x	=	913.9	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	=	-4.05	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale				
B _x	=	2.50	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
F _z	=	661.5	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.25	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	=	0.095	g	accelerazione di picco
S _S	=	1.50		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S _T	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50		
β _m	=	1.00		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a _{max}	=	0.143	g	accelerazione massima
K _h	=	0.143		coefficiente sismico orizzontale
K _v	=	0.071		coefficiente sismico verticale

Incremento Di Spinta Terreno In Fase Sismica (Q6.1)

Ipotesi di struttura rigida

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	8.10	m	altezza di spinta terreno
B	=	13.23	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	2226.5		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

φ	=	35	°	angolo di attrito angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
ψ	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
β	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
δ	=	0	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera
θ	=	7.58	°	di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = Kh / (1 + K_v)$
K ₁	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \Phi - \vartheta$
K ₂	=	0.802		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \Phi - \vartheta$
K	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	5270	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 13 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

ΔS	=	1938.4	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
ΔP	=	2226.5	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.05	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	551	3.45	0.00	-0.80
muro frontale	313	3.45	0.00	-3.35
paraghiaia	71	2.25	0.00	-6.60
muro laterale sx	41	1.25	6.27	-4.90
muro laterale dx	41	1.25	-6.27	-4.90
bandiera sx	16	-1.33	6.27	-7.12
bandiera dx	16	-1.33	-6.27	-7.12
baggioli	2	3.05	0.00	-5.20
apparecchi di appoggio	2	3.05	0.00	-5.48
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	533	1.25	0.00	-4.90
risultante intradosso plinto	1586	2.45	0.00	-3.29
risultante base muro frontale	500	2.61	0.00	-4.31

3.1.3 Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali

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

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

Coordinate baricentro pali
x = 3.45 m coordinata x
y = 0.00 m coordinata y
z = 0.00 m coordinata z

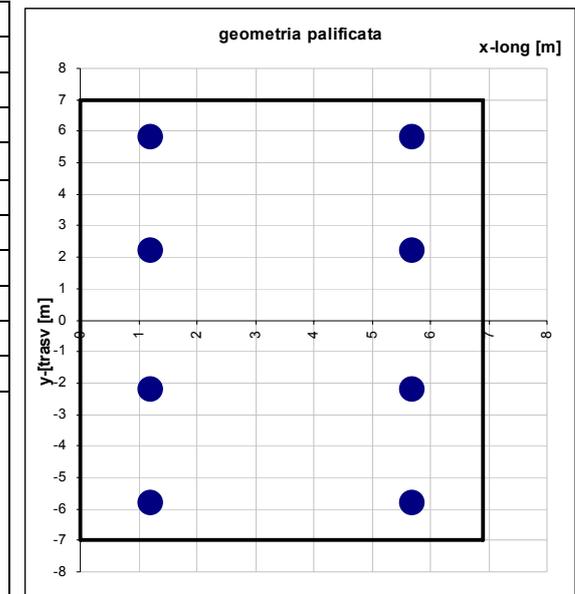
	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2278	105	911	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	7387	0	2948	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	398	14	159	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	3742	0	8233	terreno su plinto spalla
g3-sp	3331	0	0	0	-8995	spinta del terreno su spalla
e2-imp	103	2	492	42	-211	ritiro
e3.1	50	1	202	18	-118	carico termico differenziale
e3.2	187	5	-76	32	-773	
q1.1-imp	0	1	1851	353	740	carico mobile - configurazione 1 (massima 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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 16 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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

3.1.5 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_dx

Geometria della palificata			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y		
1	1.20	5.80	33.64	5.06
2	1.20	2.20	4.84	5.06
3	1.20	-2.20	4.84	5.06
4	1.20	-5.80	33.64	5.06
5	5.70	5.80	33.64	5.06
6	5.70	2.20	4.84	5.06
7	5.70	-2.20	4.84	5.06
8	5.70	-5.80	33.64	5.06



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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 17 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Tabella 4: Sollecitazioni sui singoli pali nelle combinazioni agli SLU

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLU1	3014	2973	2923	2882	2809	2768	2718	2677	3014	2677	741	18	741
SLU2	2964	2922	2872	2830	2811	2769	2719	2678	2964	2678	753	18	753
SLU3	2940	2948	2958	2967	2724	2733	2743	2751	2967	2724	738	-17	738
SLU4	2889	2897	2907	2915	2726	2734	2744	2752	2915	2726	750	-16	750
SLU5	3161	2971	2739	2549	2984	2794	2562	2372	3161	2372	741	19	741
SLU6	3110	2920	2687	2497	2986	2795	2563	2373	3110	2373	753	19	753
SLU7	3086	2946	2774	2634	2899	2759	2587	2446	3086	2446	738	-16	738
SLU8	3036	2895	2723	2582	2901	2760	2588	2447	3036	2447	750	-16	750
SLU9	2892	2853	2806	2767	2712	2673	2626	2587	2892	2587	725	18	726
SLU10	2841	2802	2755	2716	2714	2675	2627	2588	2841	2588	738	19	738
SLU11	2817	2828	2841	2852	2627	2638	2651	2662	2852	2627	722	-17	723
SLU12	2766	2777	2790	2801	2629	2639	2652	2663	2801	2629	735	-16	735
SLU13	3002	2851	2668	2517	2843	2693	2509	2359	3002	2359	725	19	726
SLU14	2951	2800	2616	2466	2845	2694	2510	2360	2951	2360	738	19	738
SLU15	2927	2826	2703	2602	2758	2657	2534	2433	2927	2433	722	-16	723
SLU16	2876	2775	2652	2551	2760	2659	2535	2434	2876	2434	735	-16	735
SLU17	2934	2894	2846	2806	2673	2633	2585	2545	2934	2545	702	19	703
SLU18	2883	2843	2795	2755	2674	2634	2586	2546	2883	2546	715	19	715
SLU19	2859	2869	2881	2891	2588	2598	2610	2620	2891	2588	699	-16	700
SLU20	2809	2818	2830	2840	2589	2599	2611	2621	2840	2589	712	-16	712
SLU21	3044	2893	2708	2557	2804	2653	2468	2317	3044	2317	702	20	703
SLU22	2993	2842	2656	2505	2805	2654	2469	2317	2993	2317	715	20	715
SLU23	2969	2868	2743	2641	2719	2617	2493	2391	2969	2391	699	-15	700
SLU24	2918	2817	2692	2590	2720	2618	2494	2392	2918	2392	712	-15	712
SLU25	2957	2902	2835	2780	2699	2644	2577	2522	2957	2522	703	30	704
SLU26	2906	2851	2784	2729	2700	2645	2578	2523	2906	2523	715	30	716
SLU27	2833	2860	2894	2922	2557	2585	2619	2646	2922	2557	698	-28	699
SLU28	2782	2809	2843	2870	2559	2586	2620	2647	2870	2559	711	-28	711
SLU29	3067	2900	2697	2530	2830	2663	2460	2294	3067	2294	703	30	704
SLU30	3016	2849	2646	2479	2832	2665	2461	2294	3016	2294	716	31	716
SLU31	2943	2859	2756	2672	2688	2604	2502	2418	2943	2418	698	-28	699
SLU32	2892	2808	2705	2620	2690	2606	2503	2419	2892	2419	711	-27	711
SLU33	2941	2903	2856	2817	2686	2648	2600	2562	2941	2562	705	18	705
SLU34	2857	2818	2770	2731	2689	2650	2602	2563	2857	2563	726	19	726
SLU35	2867	2878	2891	2902	2601	2612	2625	2636	2902	2601	702	-17	702
SLU36	2782	2793	2806	2816	2604	2614	2627	2638	2816	2604	723	-16	723
SLU37	3051	2901	2717	2567	2817	2667	2483	2333	3051	2333	705	19	706
SLU38	2967	2816	2632	2481	2820	2669	2485	2335	2967	2335	726	19	726
SLU39	2977	2876	2753	2652	2732	2632	2509	2408	2977	2408	702	-16	703
SLU40	2892	2791	2667	2566	2735	2634	2510	2409	2892	2409	723	-16	723
SLV1	1065	1048	1026	1008	2586	2568	2546	2528	2586	1008	984	11	984
SLV2	1030	1012	990	972	2587	2569	2547	2529	2587	972	993	11	993
SLV3	2193	2022	1814	1643	1951	1780	1571	1400	2193	1400	457	232	512
SLV4	2158	1987	1778	1607	1952	1781	1572	1401	2158	1401	465	232	520
SLV5	2082	2064	2043	2025	1752	1735	1714	1696	2082	1696	456	10	457
SLV6	2046	2029	2007	1990	1754	1736	1714	1697	2046	1697	465	11	465

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 19 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

e3.1	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
e3.2	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

Tabella 7: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente

	SLE-QP1	SLE-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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 20 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

3.1.7 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_dx

Combinazione Frequente

Tabella 8: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Frequente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-F1	2160	2144	2125	2110	1966	1950	1931	1915	2160	1915	521	4	521
SLE-F2	2118	2102	2082	2067	1967	1952	1932	1916	2118	1916	531	5	531
SLE-F3	2144	2139	2133	2128	1947	1942	1937	1932	2144	1932	520	-3	520
SLE-F4	2101	2096	2090	2085	1949	1944	1938	1933	2101	1933	531	-3	531
SLE-F5	1650	1729	1826	1906	1564	1643	1740	1819	1906	1564	521	4	521
SLE-F6	1608	1687	1784	1863	1565	1644	1741	1820	1863	1565	531	4	531
SLE-F7	1633	1724	1834	1925	1545	1635	1745	1836	1925	1545	520	-4	520
SLE-F8	1591	1681	1792	1882	1546	1636	1746	1837	1882	1546	531	-4	531

Riepilogo - SLE_Frequente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	2160	521
Nmin	1545	520
Vmax	1916	531

Combinazione Quasi Permanente

Tabella 9: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Quasi permanente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1967	1963	1958	1954	1645	1641	1636	1632	1967	1632	434	0	434
SLE-QP2	1932	1928	1923	1919	1646	1642	1637	1633	1932	1633	443	1	443

Riepilogo - SLE_Quasi Permanente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1967	434
Nmin	1632	434
Vmax	1633	443

Combinazione Caratteristica (Rara)

Tabella 10: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Caratteristica

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-C1	2177	2150	2117	2091	1985	1958	1926	1899	2177	1899	522	12	522
SLE-C2	2134	2107	2075	2048	1986	1959	1926	1900	2134	1900	532	12	532
SLE-C3	2127	2133	2141	2147	1928	1935	1942	1949	2147	1928	520	-11	520
SLE-C4	2085	2091	2098	2104	1930	1936	1943	1949	2104	1930	530	-11	530

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 21 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

SLE-C5	1667	1735	1819	1887	1582	1651	1734	1803	1887	1582		522	11	522
SLE-C6	1624	1692	1776	1844	1584	1652	1735	1803	1844	1584		532	12	532
SLE-C7	1617	1718	1842	1944	1526	1627	1751	1852	1944	1526		520	-12	520
SLE-C8	1575	1676	1799	1901	1527	1628	1752	1853	1901	1527		530	-12	530

Riepilogo - SLE_Caratteristica		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	2177	522
Nmin	1526	520
Vmax	1900	532

3.2 SPALLA SPB_DX

3.2.1 Azioni trasmesse dall'impalcato

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

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2279	105	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	398	14	0	permanenti portati
e2	102	3	492	26	153	ritiro
e3.1	50	1	202	10	75	carico termico (max azione verticale)
e3.2	186	5	-76	4	279	carico termico (max azione orizzontale)
q1.1	0	0	1852	357	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	3	1367	4976	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	123	2	0	2	185	frenatura
q4	0	5	0	8	1	azione centrifuga
q5	13	154	0	307	20	azione del vento trasversale
q6.1x	587	85	-23	141	880	sisma longitudinale
q6.1y	180	261	-23	435	269	sisma trasversale
q6.1z	176	79	-77	132	264	sisma verticale
q7	27	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.2.2 Azioni trasmesse dalla spalla

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	3864.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1571.1 kN	muro frontale
g1.3	=	496.1 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	242.8 kN	muro laterale sx
g1.5	=	242.8 kN	muro laterale dx
g1.6	=	88.8 kN	bandiera sx
g1.7	=	88.8 kN	bandiera dx
g1.8	=	12.1 kN	baggioli

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 22 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

g1.9	=	14.2 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	6620.7 kN	azione verticale
x	=	3.07 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.07 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	=	174.8 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	3146.9 kN	peso del terreno
x	=	1.25 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.38 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	=	7.10 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	13.23 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	2559.5 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.37 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	=	7.10 m	altezza di spinta terreno
B	=	13.23 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	801.1 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	=	-3.55 m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

Bx	=	2.50 m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	661.5 kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.25 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60 m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 23 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.095 g	accelerazione di picco
S_S	=	1.50	coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1.00	coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50	
β_m	=	1.00	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a_{max}	=	0.143 g	accelerazione massima
K_h	=	0.143	coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.071	coefficiente sismico verticale

Incremento Di Spinta Terreno In Fase Sismica (Q6.1)

Ipotesi di struttura rigida

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	7.10	m	altezza di spinta terreno
B	=	13.23	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP		1710.7		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

ϕ	=	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
β	=	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
δ	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	7.58	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera
K_1	=	0.630		di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = Kh / (1 + K_v)$
K_2	=	0.802		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \Phi - \vartheta$
K	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \Phi - \vartheta$
E_d	=	4049	kN	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
ΔS	=	1489.3	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
Valore adottato				incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
ΔP	=	1710.7	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.55	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	551	3.45	0.00	-0.80
muro frontale	224	3.45	0.00	-2.85

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 24 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

paraghiaia	71	2.25	0.00	-5.60
muro laterale sx	35	1.25	6.27	-4.38
muro laterale dx	35	1.25	-6.27	-4.38
bandiera sx	13	-1.24	6.27	-6.22
bandiera dx	13	-1.24	-6.27	-6.22
baggioli	2	3.05	0.00	-4.20
apparecchi di appoggio	2	3.05	0.00	-4.48
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	448	1.25	0.00	-4.38
risultante intradosso plinto	1392	2.48	0.00	-2.81
risultante base muro frontale	391	2.54	0.00	-3.84

3.2.3 Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali

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

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

Coordinate baricentro pali

x = 3.45 m coordinata x

y = 0.00 m coordinata y

z = 0.00 m coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2279	106	912	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	6621	0	2508	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	398	14	159	permanentemente portati su impalcato
g2-sp	0	0	3147	0	6923	terreno su plinto spalla
g3-sp	2560	0	0	0	-6058	spinta del terreno su spalla
e2-imp	102	3	492	38	-107	ritiro
e3.1	50	1	202	16	-68	carico termico differenziale
e3.2	186	5	-76	28	-584	
q1.1-imp	0	0	1852	359	740	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	3	1367	4990	546	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	801	0	662	0	-1389	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	123	2	0	9	-367	frenatura su impalcato
q4-imp	0	5	0	29	-1	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	13	154	0	995	-39	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	587	85	-23	522	-1755	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	180	261	-23	1603	-543	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	176	79	-77	485	-555	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	1711	0	0	0	-6073	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	1392	0	0	0	-3913	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	1392	0	3913	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	696	0	672	forze d'inerzia verticali
q7-imp	27	0	0	0	-120	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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 25 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

3.2.4 Combinazioni di carico SLU

Nelle verifiche nei confronti degli stati limiti ultimi strutturali (STR) si adotta l'APPROCCIO 2 che prevede un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali.

La matrice dei coefficienti di combinazioni adottate per le verifiche è la stessa utilizzata per le verifiche della Spalla A.

3.2.5 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_dx

Tabella 11: Sollecitazioni sui singoli pali nelle combinazioni agli SLU

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLU1	2943	2906	2860	2823	2409	2372	2326	2289	2943	2289	591	18	592
SLU2	2898	2860	2814	2777	2405	2368	2322	2284	2898	2284	604	18	604
SLU3	2880	2884	2890	2894	2338	2342	2348	2352	2894	2338	588	-17	589
SLU4	2834	2839	2844	2848	2334	2338	2344	2348	2848	2334	601	-16	601
SLU5	3082	2899	2674	2491	2578	2394	2170	1986	3082	1986	591	18	592
SLU6	3037	2853	2628	2445	2574	2390	2165	1981	3037	1981	604	19	604
SLU7	3019	2877	2704	2562	2506	2365	2191	2050	3019	2050	589	-16	589
SLU8	2973	2831	2658	2516	2502	2360	2187	2045	2973	2045	601	-16	601
SLU9	2815	2780	2737	2702	2318	2283	2240	2205	2815	2205	581	18	581
SLU10	2769	2734	2691	2656	2314	2279	2236	2201	2769	2201	593	19	593
SLU11	2751	2758	2767	2774	2246	2253	2262	2269	2774	2246	578	-16	578
SLU12	2706	2713	2721	2728	2242	2249	2257	2264	2728	2242	590	-16	590
SLU13	2919	2774	2598	2453	2444	2299	2123	1978	2919	1978	581	19	581
SLU14	2874	2729	2552	2407	2440	2295	2118	1974	2874	1974	593	19	593
SLU15	2855	2753	2627	2525	2373	2270	2144	2042	2855	2042	578	-16	578
SLU16	2810	2707	2582	2479	2369	2266	2140	2037	2810	2037	590	-16	590
SLU17	2846	2811	2767	2732	2288	2253	2209	2174	2846	2174	558	19	558
SLU18	2801	2765	2721	2686	2284	2249	2205	2169	2801	2169	570	19	570
SLU19	2783	2789	2797	2803	2217	2223	2231	2237	2803	2217	555	-16	555
SLU20	2737	2743	2751	2757	2213	2219	2227	2233	2757	2213	567	-15	567
SLU21	2951	2805	2628	2483	2415	2269	2092	1947	2951	1947	558	19	558
SLU22	2905	2760	2582	2437	2411	2265	2087	1942	2905	1942	570	19	570
SLU23	2887	2784	2657	2554	2343	2240	2114	2010	2887	2010	555	-15	555
SLU24	2842	2738	2612	2508	2339	2236	2109	2006	2842	2006	567	-15	567
SLU25	2866	2817	2758	2710	2310	2262	2203	2154	2866	2154	559	29	559
SLU26	2821	2772	2712	2664	2306	2258	2198	2149	2821	2149	571	30	572
SLU27	2760	2781	2807	2829	2191	2213	2239	2260	2829	2191	554	-28	554
SLU28	2715	2736	2762	2783	2187	2209	2234	2255	2783	2187	566	-28	567
SLU29	2970	2812	2619	2461	2437	2278	2085	1927	2970	1927	559	30	559
SLU30	2925	2767	2573	2415	2433	2274	2081	1922	2925	1922	571	30	572
SLU31	2864	2776	2668	2580	2318	2229	2121	2033	2864	2033	554	-28	554
SLU32	2819	2730	2622	2534	2314	2225	2117	2028	2819	2028	566	-28	567
SLU33	2855	2821	2778	2743	2301	2266	2224	2189	2855	2189	561	18	561
SLU34	2780	2745	2702	2667	2294	2259	2216	2181	2780	2181	581	19	581
SLU35	2792	2799	2808	2815	2229	2237	2245	2252	2815	2229	558	-17	558
SLU36	2716	2723	2731	2738	2223	2230	2238	2245	2738	2223	578	-16	578
SLU37	2960	2815	2639	2494	2427	2283	2106	1962	2960	1962	561	18	561
SLU38	2884	2739	2562	2418	2420	2276	2099	1954	2884	1954	581	19	581

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 26 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

SLU39	2896	2794	2668	2566	2356	2253	2128	2025	2896	2025		558	-16	558
SLU40	2821	2718	2592	2489	2349	2246	2120	2018	2821	2018		578	-16	578
SLV1	1235	1219	1200	1184	2070	2054	2034	2018	2070	1184		799	11	799
SLV2	1204	1188	1168	1152	2067	2051	2031	2015	2067	1152		808	11	808
SLV3	2046	1913	1750	1618	1636	1503	1341	1208	2046	1208		360	207	416
SLV4	2014	1881	1719	1586	1633	1500	1338	1205	2014	1205		369	207	423
SLV5	1973	1958	1939	1924	1490	1475	1456	1441	1973	1441		360	10	360
SLV6	1942	1926	1907	1892	1487	1472	1453	1438	1942	1438		368	11	369

RIEPILOGO-SLU				
Statica		Nmax	Nmin	Vmax
SPB		3082	1922	604
Sismica		Nmax	Nmin	Vmax
SPB		2070	1152	808

3.2.6 Combinazioni di carico SLE

La matrice di combinazione utilizzata per le verifiche agli SLE è la stessa utilizzata per la Spalla A

3.2.7 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_dx

Combinazione Frequente

Tabella 12: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Frequente

SFORZO NORMALE N											TAGLI			
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin		Vx	Vy	V
SLE-F1	2099	2084	2066	2051	1684	1670	1651	1637	2099	1637		414	4	414
SLE-F2	2061	2046	2028	2013	1681	1666	1648	1633	2061	1633		424	5	424
SLE-F3	2085	2079	2072	2067	1669	1663	1656	1651	2085	1651		413	-3	413
SLE-F4	2047	2041	2034	2029	1665	1660	1653	1647	2047	1647		423	-3	423
SLE-F5	1592	1671	1768	1847	1285	1364	1461	1540	1847	1285		414	4	414
SLE-F6	1555	1634	1730	1809	1282	1361	1457	1536	1809	1282		424	4	424
SLE-F7	1578	1667	1775	1863	1269	1358	1465	1554	1863	1269		413	-4	413
SLE-F8	1541	1629	1736	1825	1266	1354	1462	1550	1825	1266		423	-3	423

Riepilogo - SLE_Frequente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	2099	414
Nmin	1266	423
Vmax	1633	424

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 27 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Combinazione Quasi Permanente

Tabella 13: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Quasi permanente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1871	1867	1862	1858	1401	1397	1392	1388	1871	1388	338	0	338
SLE-QP2	1839	1835	1831	1827	1398	1394	1389	1385	1839	1385	346	1	346

Riepilogo - SLE_Quasi Permanente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1871	338
Nmin	1385	346
Vmax	1385	346

Combinazione Caratteristica (Rara)

Tabella 14: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Caratteristica

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-C1	2113	2089	2059	2035	1700	1676	1647	1622	2113	1622	415	12	415
SLE-C2	2075	2051	2021	1997	1697	1673	1643	1619	2075	1619	425	12	425
SLE-C3	2071	2074	2079	2083	1653	1656	1661	1665	2083	1653	413	-11	413
SLE-C4	2033	2037	2041	2045	1649	1653	1657	1661	2045	1649	423	-11	423
SLE-C5	1607	1676	1761	1831	1301	1371	1456	1526	1831	1301	415	12	415
SLE-C6	1569	1638	1723	1793	1298	1367	1452	1522	1793	1298	425	12	425
SLE-C7	1564	1662	1781	1879	1253	1351	1470	1568	1879	1253	413	-11	413
SLE-C8	1526	1624	1743	1840	1250	1348	1467	1564	1840	1250	423	-11	423

Riepilogo - SLE_Caratteristica		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	2113	415
Nmin	1250	423
Vmax	1619	425

4 VERIFICA DI RESISTENZA 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.

4.1 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_DX

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

L	=	20 m	lunghezza palo
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	27000 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	993.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	972 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M _{max}	=	2356 kNm	massimo momento flettente

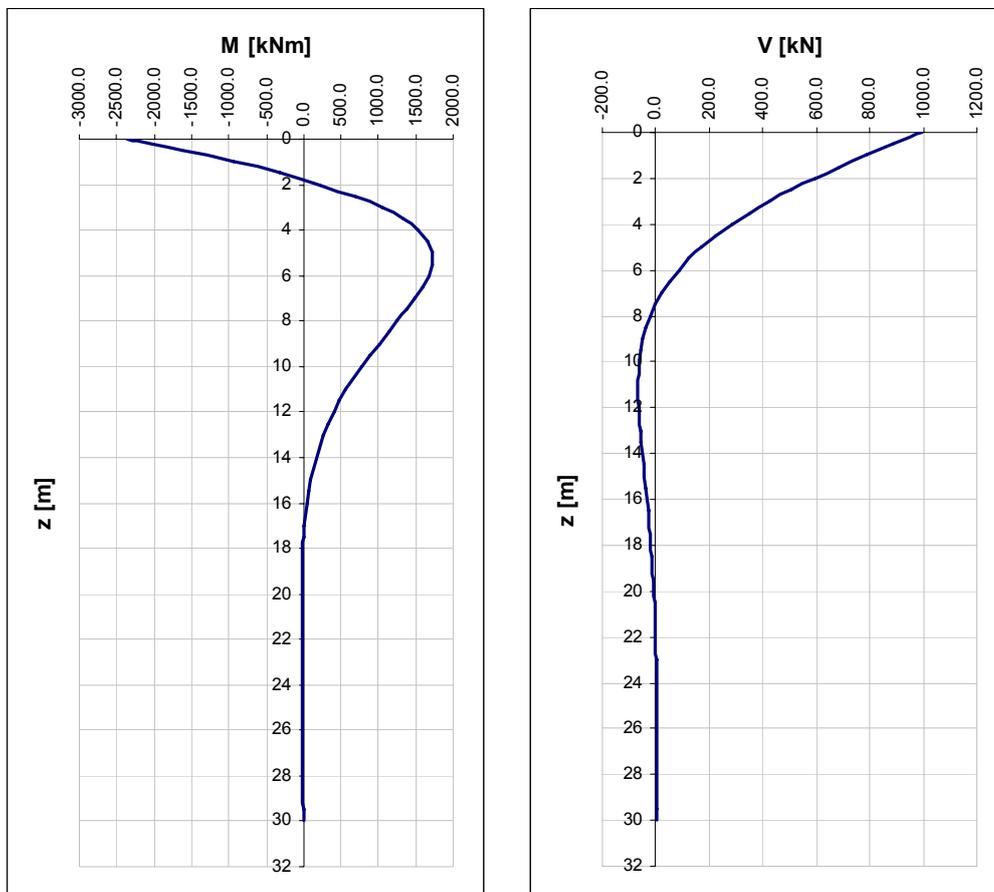


Figura 5: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 29 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

4.1.1 Verifica per tensioni normali

	Z _{in} [m]	Z _{fin} [m]	L _{gabbia} [m]	c' [cm]	Ø [mm]	n	s [cm]	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [kN]	M _{res} [kN*m]		
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	34	10.2	2356.00	972.0	3549	1.51	OK
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	20	14	24.7	911.92	972.0	1320	1.45	OK

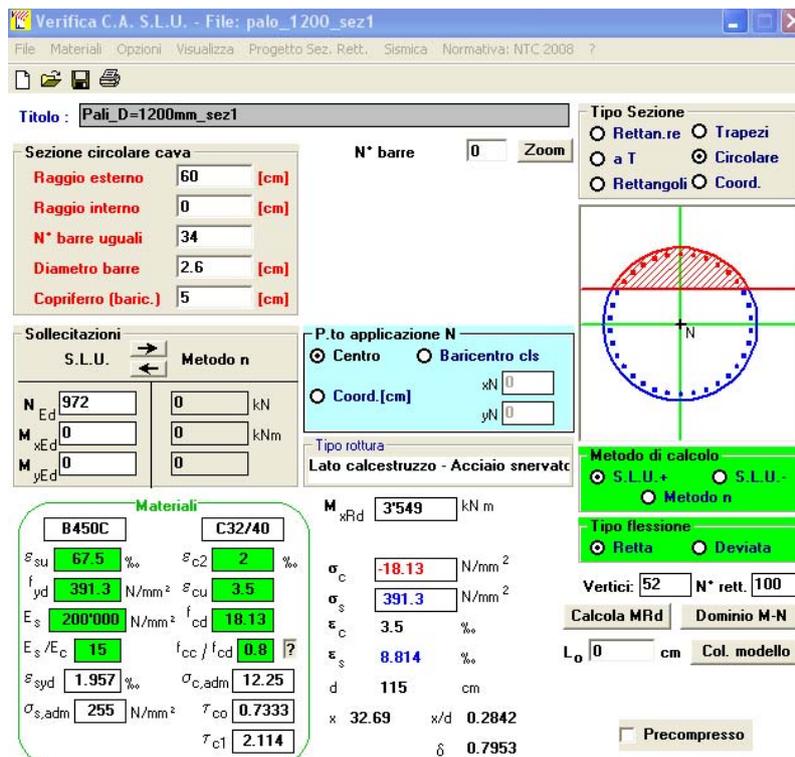


Figura 6: Verifica a presso-flessione

4.1.2 Verifica a taglio

Sollecitazioni

V _{Sd}	=	993	kN	taglio di calcolo
N _{Sd}	=	972	kN	sforzo normale i 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
---	---	------	----	---------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 30 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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	=	34		numero ferri longitudinali
Ø _l	=	26	mm	diametro ferri longitudinali
A _{sl}	=	18052	mm ²	armatura longitudinale
A _c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ _{cp}	=	0.8594	MPa	tensione media calcestruzzo ≤ 0,2f _{cd}
ρ ₁	=	0.01874	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale ≤ 0,02
v _{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	799.15	kN	taglio resistente
V _{Sd}	=	993	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.80	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
Ø _w	=	15	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	mm	passo staffe
n _{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	353.43	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}	=	0.04538		% meccanica di armatura trasversale
α _C	=	1.04568		
cot(θ)	=	2.500		valore di calcolo
V _{Rsd}	=	1850.43	kN	Resistenza "taglio trazione"
V _{Rcd}	=	2940.82	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1850.43	kN	Resistenza a taglio
V _{Sd}	=	993	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.86	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale Ø12/15 cm.

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

4.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_DX

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

L	=	20 m	lunghezza palo
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	27000 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	808.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1152 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M _{max}	=	1917 kNm	massimo momento flettente

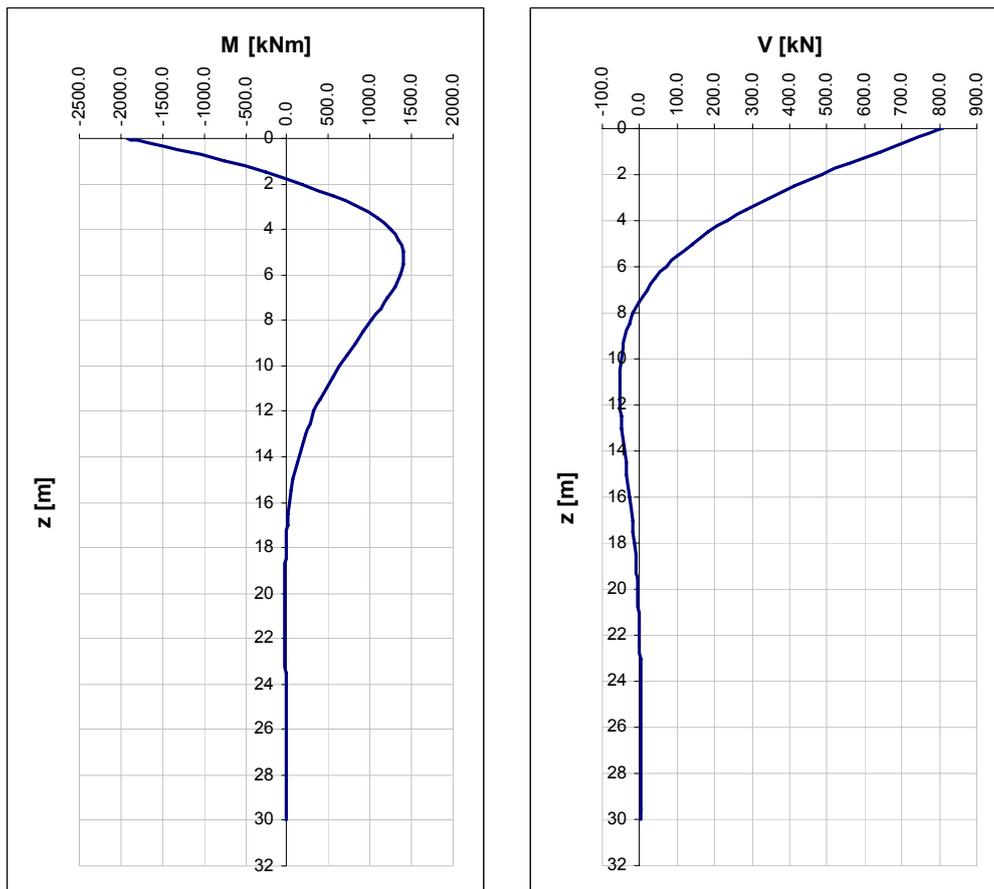


Figura 7: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 32 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

4.2.1 Verifica per tensioni normali

	Z _{in} [m]	Z _{fin} [m]	L _{gabbia} [m]	c' [cm]	Ø [mm]	n	s [cm]	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [kN]	M _{res} [kN*m]		
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	34	10.2	1917.00	1152.0	3602	1.88	OK
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	20	14	24.7	742.00	1152.0	1394	1.88	OK

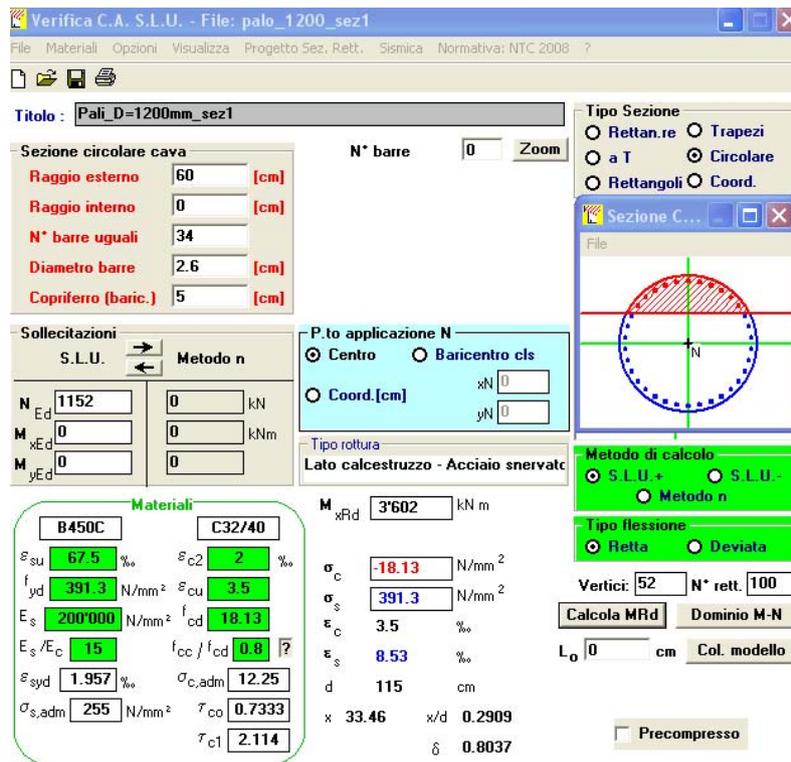


Figura 8: Verifica a presso-flessione

4.2.2 Verifica a taglio

Sollecitazioni

V _{Sd}	=	808	kN	taglio di calcolo
N _{Sd}	=	1152	kN	sforzo normale i 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 33 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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	=	34		numero ferri longitudinali
Ø_l	=	26	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	18052	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	1.0186	MPa	tensione media calcestruzzo ≤0,2f _{cd}
ρ₁	=	0.01874	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale ≤0,02
V_{min}	=	0.361		
V_{rd}	=	822.15	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	808	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.02	ok	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	=	150.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	226.19	mm ²	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}	=	0.02904		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.05414		
cot(θ)	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1184.28	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2964.61	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1184.28	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	808	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.47	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale Ø12/15cm.

Per le successive gabbie si prevede armatura trasversale costituita da una spirale Ø10/30 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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 34 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

5.1 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_DX

5.1.1 SLE - 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 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

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.

Tabella 15: Sollecitazioni verifiche di fessurazione

SLE_Frequente			SLE_Quasi Permanente				
	N	V	M		N	V	M
Comb	kN	kN	kNm	Comb	kN	kN	kNm
Nmax	2160	521	1236	Nmax	1967	434	1030
Nmin	1545	520	1234	Nmin	1632	434	1030
Vmax	1916	531	1260	Vmax	1633	443	1051

Tabella 16: Tensioni di riferimento

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 35 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	= 194	194	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	= 129.70	116.10	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 1.50	1.67		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
$\sigma_{Sd,max}$	= 91.91	95.26	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	= 1.74	1.68		se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

5.1.2 SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,8 f_{yk}$ 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 17: Sollecitazioni verifiche limitazione tensioni

SLE_Caratteristica				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
Comb	kN	kN	kNm	Comb	kN	kN	kNm
Nmax	2177	522	1239	Nmax	1967	434	1030
Nmin	1526	520	1234	Nmin	1632	434	1030
Vmax	1900	532	1262	Vmax	1633	443	1051

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
$\sigma_{c,Sd}$	=	8.14	8.26	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		2.45	2.41		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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 36 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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
$\sigma_{c,Sd}$	=	6.78	6.88	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		2.20	2.17		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
$\sigma_{s,Sd}$	=	130.60	117.20	[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio
		2.76	3.07		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

5.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_DX

5.2.1 SLE - 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 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

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.

Tabella 18: Sollecitazioni verifiche di fessurazione

	SLE_Frequente			SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M	N	V	M	
Comb	kN	kN	kNm	Comb	kN	kN	kNm
Nmax	2099	414	982	Nmax	1871	338	802
Nmin	1266	423	1004	Nmin	1385	346	821
Vmax	1633	424	1006	Vmax	1385	346	821

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 37 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Tabella 19: Tensioni di riferimento

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

Frequente	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	=	194	194	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	105	88	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.85	2.21	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
$\sigma_{Sd,max}$	=	69	69	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	2.30	2.30	se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok	

5.2.2 SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 38 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Tabella 20: Sollecitazioni verifiche limitazione tensioni

SLE_Caratteristica				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
Comb	kN	kN	kNm	Comb	1871	338	802
Nmax	2113	415	985	Nmax	1385	346	821
Nmin	1250	423	1004	Nmin	1385	346	821
Vmax	1619	425	1009	Vmax	1871	338	802

comb_Nmax comb_Mmax

RARA RARA

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

σ_c	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	6.51	6.61	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.06	3.01		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
$\sigma_{c,Sd}$	=	5.32	5.39	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		2.81	2.77		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
$\sigma_{s,Sd}$	=	130.60	69.49	[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio
		2.76	5.18		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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 39 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

6 VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco γ_d (kN/m ³)	19.6	19.8	19.3	19.8
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19.6	19.8	19.3	19.8
coesione non dren. c_u (kPa)	129	199	199 ¹	70 ²
coesione dren. c' (kPa)	19	24	21	5
angolo attrito ϕ' (°)	21	19	23	23

Tabella 21: 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

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

Tabella 22: 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 $\mu = \tan \phi'$

¹ In mancanza di dati si è assunto il valore della c_u dello strato argilloso superiore.

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

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

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

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

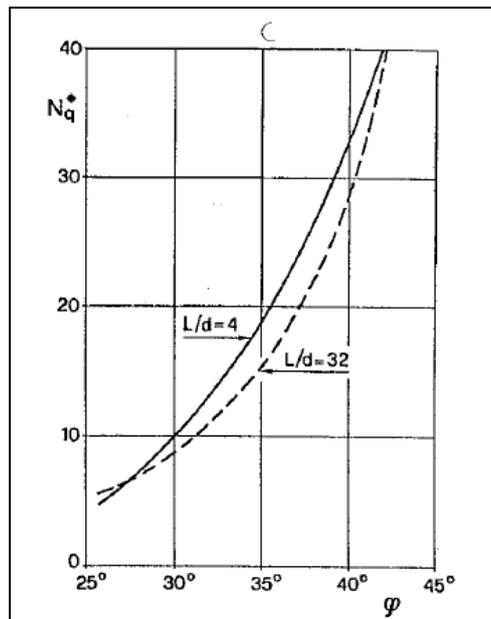


Figura 9: Coefficienti N_q

In Tabella 9 valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche

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

Tabella 23: – Coefficienti N_q ed N_c assunti per le diverse unità geotecniche

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata la falda confinata tra una profondità di -3m e -13m al di sotto del p.c., ossia letto della falda 2m circa sotto il tetto dell'unità geotecnica ENNa.

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto ogni opera (pila/spalla).

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR. DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRV1	4	0	4
2° strato	TRV2a	9	4	13
3° strato	TRV2b	32	13	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	2	0	2
2° strato	TRV1	4	2	6
3° strato	TRV2a	10	6	16
4° strato	TRV2b	29	16	45

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 41 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

6.1.2 Criteri di verifiche

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema. I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{M_i} e γ_{F_j} , 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 24: 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 25: 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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 42 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 26: 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 27- Fattori di correlazione ξ in funzione del numero di verticali indagate

6.1.3 Risultati

Nel seguito si riportano i risultati delle verifiche per i pali delle spalle.

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 tabelle di seguito si riporta il riepilogo dei risultati delle verifiche geotecniche dei pali delle spalle per ciascuna carreggiata e per fissata lunghezza 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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 43 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo	PP. Compensato	Q _{lim_d}	Q _{lim_u}
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	3160.78	2586.91	1.2	8	20	165.35	3789.1	4483.7
spalla B	3082.21	2069.84	1.2	8	20	163.06	3759.0	4320.2

Tabella 28 –CARR. DX - Riepilogo dei risultati

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 condizione drenate si assume che la resistenza del terreno vari linearmente con la profondità z secondo la legge:

$$p = 3K_p \cdot \gamma \cdot z \cdot d.$$

In condizioni non drenate 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

Vengono indicati i possibili meccanismi di palo corto, intermedio e lungo vincolato in testa.

Pali Spalla SPA DX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	20.00	m	lunghezza palo
M_y	=	3000	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	185	kPa	coesione non drenata
palo corto				
$Q_{lim,1}$	=	36364	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	396363	kNm	momento massimo
palo intermedio				
$Q_{lim,2}$	=	13395	kN	carico limite per palo intermedio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 44 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

f	=	6.7	m	
M _{max}	=	66011.3	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q _{lim,3}	=	2479	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	2479.0	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	1652.6	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30		coefficiente parziale
Q _{lim,d}	=	1271.3	kN	carico limite (valore di progetto)
F _h		993	kN	azione trasversale testa palo
check		1.28		se >1 verifica soddisfatta

Pali Spalla SPB DX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	20.00	m	lunghezza palo
M _y	=	3000	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c _u	=	165	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q _{lim,1}	=	32506	kN	carico limite per palo corto
M _{max}	=	354317	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q _{lim,2}	=	11996	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.7	m	
M _{max}	=	58880.5	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q _{lim,3}	=	2421	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	2421.4	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	1614.3	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30		coefficiente parziale
Q _{lim,d}	=	1241.8	kN	carico limite (valore di progetto)
F _h		808	kN	azione trasversale testa palo
check		1.54		se >1 verifica soddisfatta

7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SPA_DX AGLI SLU

7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata destra presenta pianta rettangolare di dimensioni 6.90 m x 14.00 m, altezza pari a 1.60 m ed è fondata su 8 pali di diametro Ø1200.

Il muro frontale ha un' altezza di 3.5m mentre il muro paraghiaia e i muri laterali presentano un'altezza massima di 7.20 m.

Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidezze della struttura reale. Il modello numerico è composto da n. 752 elementi finiti di tipo shell e da n. 869 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.

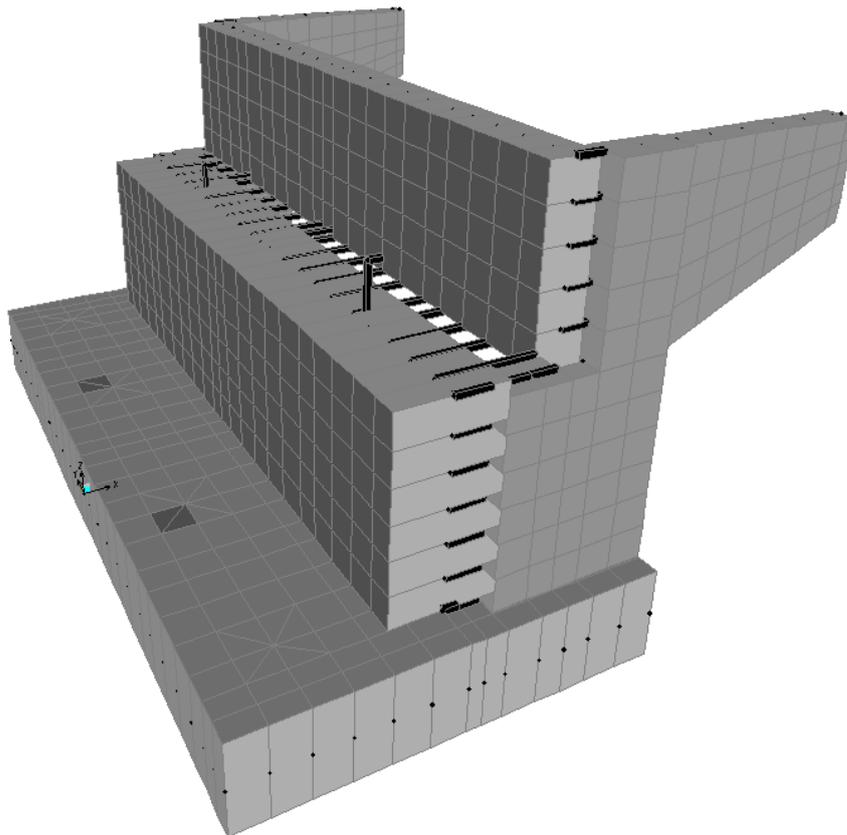


Figura 10: Vista frontale Spalla SPA_DX

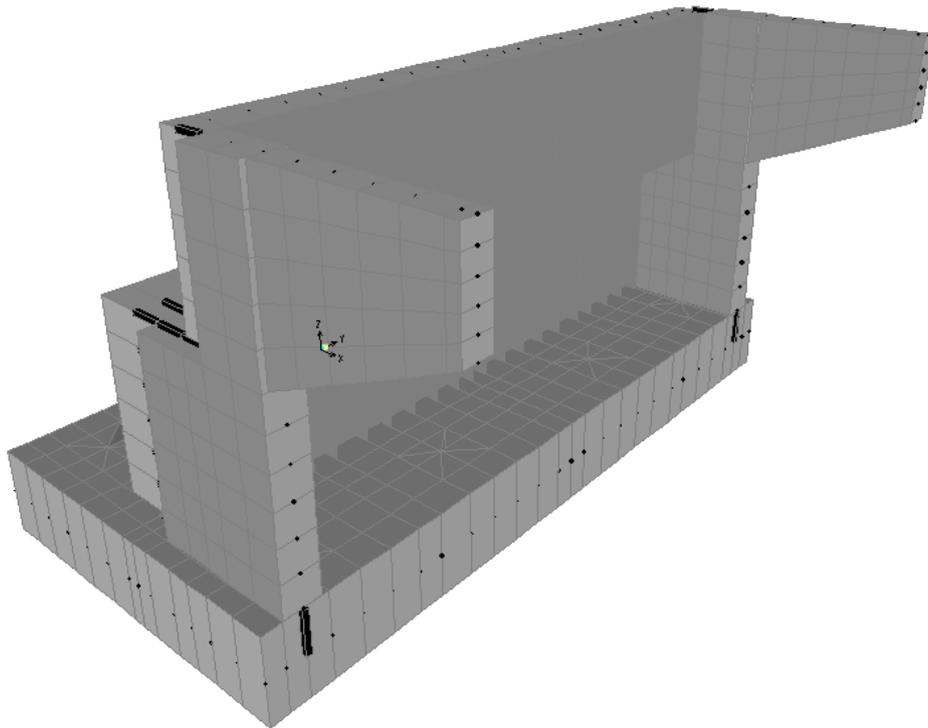


Figura 11: Vista frontale Spalla SPA_DX

7.2 ANALISI DEI CARICHI

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

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

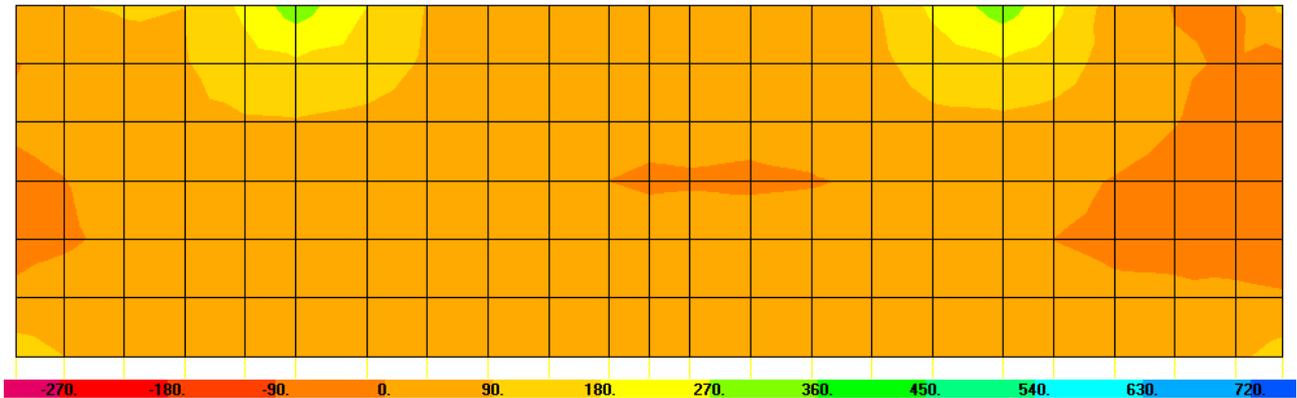


Figura 12: Involuppo Momento $M_{11,max}$.

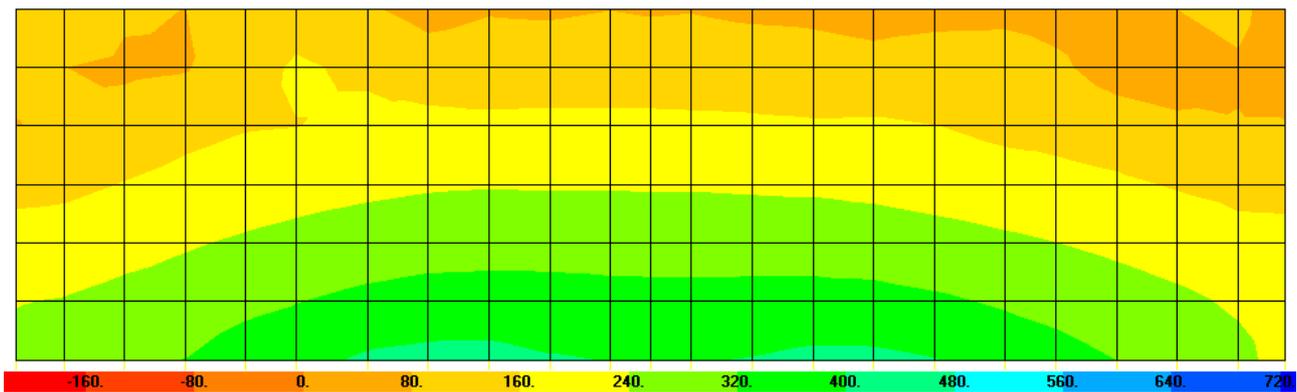


Figura 13: Involuppo Momento $M_{22,max}$

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+	3	1.8	5	Φ	18	800	986	1.23	OK	momento verticale $M_z=M_{22}-$	
Arm X-	3	1.8	5	Φ	20	450	1183	2.63	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	1.8	5	Φ	16	300	674	2.25	OK	momento orizzontale $M_y=M_{11}-$	
Arm X-	3	1.8	5	Φ	16	300	674	2.25	OK	momento orizzontale $M_y=M_{11}+$	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 48 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

7.3.2 Verifiche a taglio

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

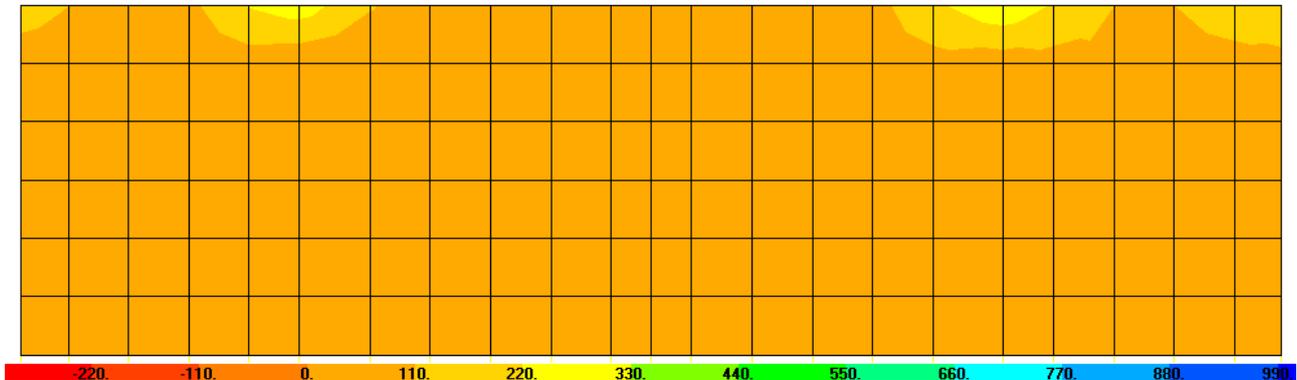


Figura 14: Involuppo del taglio agente nella direzione X (V13).

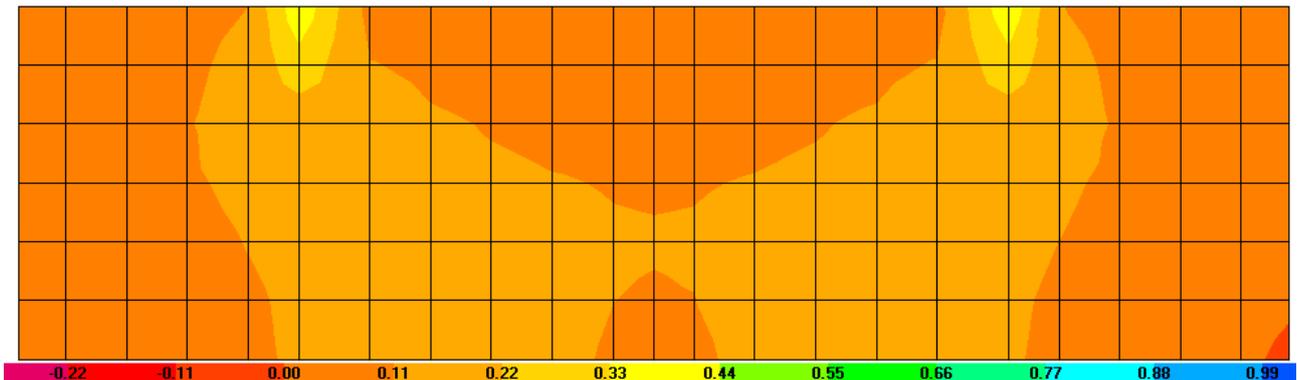


Figura 15: Involuppo del taglio agente nella direzione Y (V23).

		Muro frontale	Muro frontale		
		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	300	380	kN	taglio
N	=	150	150	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
γ _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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 49 di 68
	Nome file: V112-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

$f_{yd} = 391.3 \quad 391.3 \quad \text{MPa}$ tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl}	=	2010	2843	mm^2	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00112	0.00158		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
V_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{cp}	=	0.1	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.1	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	494.9	494.9	kN	taglio resistente
F_s	=	1.6	1.3		
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	Z	H				Verifica A Presso Flessione Momento Verticale				
	[m]	[m]				M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS		
	[m]	[m]				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm Y+	7	0.7	5	Φ	22	200	495	2.47	OK	momento verticale $M_{z+}=M_{22+}$
Arm Y-	7	0.8	5	Φ	18	80	346	4.33	OK	momento verticale $M_{z-}=M_{22-}$
Verifica A Presso Flessione Momento Orizzontale										
	Z	H				M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS		
	[m]	[m]				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm Y+	7	0.7	5	Φ	20	300	381	1.27	OK	momento orizzontale $M_{x+}=M_{11+}$
Arm Y-	7	0.8	5	Φ	16	130	246	1.89	OK	momento orizzontale $M_{x-}=M_{11-}$

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	Muri laterali		
	V13max	V23max		
Sollecitazioni				
V	=	230	200	kN taglio
N	=	120	120	kN sforzo normale (>0 compressione)
Geometria				
B	=	1000	1000	mm larghezza sezione
H	=	700	700	mm altezza sezione
c	=	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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 50 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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
 γ_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} = 2576.0 3173.0 mm² armatura longitudinale
 ρ_l = 0.00368 0.00453 rapporto geometrico di armatura longitudinale
k = 1.6 1.6
 V_{min} = 0.3 0.3
 σ_{cp} = 0.2 0.2 MPa tensione media calcestruzzo
 $\sigma_{cp,ad}$ = 0.2 0.2 MPa tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
 V_{Rd} = 270.5 288.7 kN taglio resistente
Fs = 1.2 1.4
check = OK OK

7.5 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.5.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO FRONTALE PARAGHIAIA						Verifica A Presso Flessione Momento Verticale				
	Z	H				M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS		
	[m]	[m]				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	5.30-9.96	1.2	5	Φ	16	150	321	2.14	OK	momento verticale $M_z=M22-$
Arm X-	5.30-9.96	1.2	5	Φ	16	150	321	2.14	OK	momento verticale $M_z=M22+$
						Verifica A Presso Flessione Momento Orizzontale				
	Z	H				M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS		
	[m]	[m]				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	5.3-9.3	1.2	5	Φ	22	300	825	2.75	OK	momento orizzontale $M_y=M11-$
Arm X-	5.3-9.3	1.2	5	Φ	16	150	433	2.88	OK	momento orizzontale $M_y=M1+$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 51 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

7.5.2 Verifiche a taglio

		Muro paraghiaia V13max	Muro paraghiaia V23max		
Sollecitazioni					
V	=	150	150	kN	taglio
N	=	100	100	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1200	1200	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1150	1150	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
γ_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}		2905.0	2010.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00242	0.00168		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4		
V_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{cp}	=	0.1	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.1	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	389.0	380.3	kN	taglio resistente
Fs	=	2.6	2.5		
check	=	OK	OK		

7.6 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

7.6.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

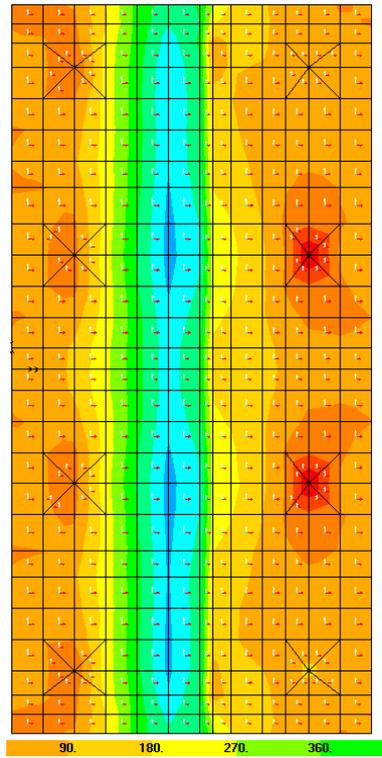


Figura 16: Inviluppo Momento M11,max

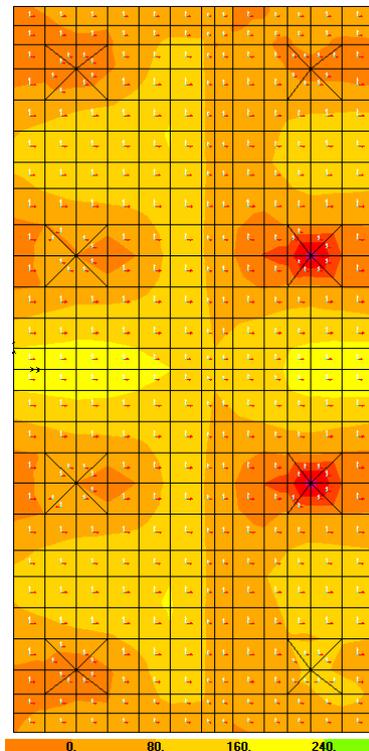


Figura 17: Inviluppo Momento M22,max

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 53 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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 Momento Longitudinale				
						M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS		
		H				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm-inf	X-inf	1.8	5	Φ	18	650	755	1.16	OK	momento longitudinale $M_x=M11+$
Arm-sup	X-sup	1.8	5	Φ	18	350	755	2.16	OK	momento longitudinale $M_x=-M11-$
Verifica A Presso Flessione Momento Trasversale										
						M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS		
		H				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm-inf	Y-inf		5	Φ	18	250	1123	4.49	OK	momento trasversale $M_y=M22+$
Arm-sup	Y-sup		5	Φ	22	250	754	3.02	OK	momento trasversale $M_y=M22-$

7.6.2 Verifiche a taglio

		Plinto	Plinto		
		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	500	300	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
γ_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}		2010.0	2905.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00126	0.00182		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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 55 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

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		
	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
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

La verifica allo stato limite di fessurazione viene eseguito attraverso il calcolo elastico della sezione, se la l'eccentricità dovuta ai carichi esterni risulta interno al nocciolo centrale di inerzia della sezione omogeneizzata allora la sezione è tutta compressa e la verifica è soddisfatta..

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

8.2 PLINTO DI FONDAZIONE

condizioni	
ambientali	aggressive
armature	poco sensibili

8.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My		
		inf	sup	inf	sup	
Materiali						
Rck	=	40	40	40	40	MPa resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa resistenza caratteristica cilindrica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I	
	Relazione di Calcolo Spalle	
	Pagina 56 di 68	
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc	

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 (assiale)
f_{cfm}	=	2.60	2.60	2.60	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.58	2.58	2.58	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls tesò
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	18	18	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1550	1550	1550	1550	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1272	1272	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	18	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1272	1272	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	540.0	290.0	210.0	210.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	1600000	1600000	1600000	1600000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2544.7	2544.7	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.64E+06	1.64E+06	1.65E+06	1.65E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	800.0	800.0	795.7	804.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	3.63E+11	3.63E+11	3.68E+11	3.68E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	470.6	470.6	472.7	472.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	523.2	523.2	517.9	523.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo tesò omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	-288.23	-288.23	205.94	256.63	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	5.87E+10	5.87E+10	3.81E+10	5.41E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 57 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

$$f(Y_n)=0 = - \quad - \quad - \quad - \quad -$$

Tensioni nei materiali

σ_c	=	2.65	1.42	-1.14	-1.00	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	253.7	136.2	111.2	75.3	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1171.2	1171.2	1181.8	1194.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	2.17	4.04	5.63	5.69		check1

8.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.		comb.		M11	
		QUASI PERM.		QUASI PERM.			
		inf	sup	inf	sup		
		Momento longitudinale M11=MX		Momento trasversale M22=My		inf positivo	sup negativo
Materiali							
Rck	=	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}	=	21.7	21.7	21.7	21.7	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{ctm}	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.58	2.58	2.58	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	18	18	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1550	1550	1550	1550	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1272	1272	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	18	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1272	1272	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	500.0	270.1	190.0	190.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	1600000	1600000	1600000	1600000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2544.7	2544.7	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.64E+06	1.64E+06	1.65E+06	1.65E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	800.0	800.0	795.7	804.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I	
	Relazione di Calcolo Spalle	
	Pagina 58 di 68	
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc	

J_{id}	=	3.63E+11	3.63E+11	3.68E+11	3.68E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	470.6	470.6	472.7	472.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	523.2	523.2	517.9	523.5	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata
--	---------------	---------------	---------------	---------------

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	211.89	211.89	205.94	256.63	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	3.78E+10	3.78E+10	3.81E+10	5.41E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-2.80	-1.51	-1.03	-0.90	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	265.2	143.2	100.6	68.1	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1171.2	1171.2	1181.8	1194.6	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	2.34	4.34	6.22	6.29		check1

8.3 MURO FRONTALE

condizioni	
ambientali	aggressive
armature	poco sensibili

8.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)		
		X-	X+	X-	X+	
Materiali						
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 (assiale)
f_{cfm}	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa resistenza media a trazione per flessione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I	
	Relazione di Calcolo Spalle	
	Pagina 59 di 68	
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc	

σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	16	20	18	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1005	1571	1272	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	16	16	18	20	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1005	1005	1272	1571	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	250.0	250.0	375.0	670.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	3750	6700	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A _{cls}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2010.6	2010.6	2843.1	2843.1	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1.83E+06	1.83E+06	1.84E+06	1.84E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	900.0	900.0	902.1	897.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	5.08E+11	5.08E+11	5.17E+11	5.17E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	526.7	526.7	529.6	529.6	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	591.7	591.7	589.7	587.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y _n	=	204.78	204.78	309.80	252.66	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	=	3.92E+10	3.92E+10	6.01E+10	4.91E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	=	0.00	0.00	19010963.24	8117684.21	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	=	-	-	0	0		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-1.31	-1.31	-1.93	-3.45	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	147.7	147.7	134.9	306.3	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 60 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1202.8	1202.8	1258.2	1252.4	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	4.81	4.81	3.36	1.87		check1

8.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.		comb.			
		QUASI PERM.		QUASI PERM.			
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
		X-	X+	X-	X+		
Materiali							
Rck	=	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}	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{ctm}	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	16	20	18	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1005	1571	1272	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	16	16	18	20	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1005	1005	1272	1571	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	230.0	230.0	240.0	620.4	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	2400	6204	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2010.6	2010.6	2843.1	2843.1	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.83E+06	1.83E+06	1.84E+06	1.84E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	900.0	900.0	902.1	897.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	5.08E+11	5.08E+11	5.17E+11	5.17E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	526.7	526.7	529.6	529.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	591.7	591.7	589.7	587.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 61 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	204.78	204.78	349.00	255.12	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	3.92E+10	3.92E+10	6.21E+10	4.92E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	33598323.34	8846347.53	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-1.20	-1.20	-1.35	-3.22	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	135.9	135.9	81.2	282.9	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	1202.8	1202.8	1258.2	1252.4	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	5.23	5.23	5.24	2.02		check1

8.4 MURO PARAGHIAIA

condizioni	
ambientali	aggressive
armature	poco sensibili

8.4.1 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							
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) (assiale
f_{cfm}	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I	
	Relazione di Calcolo Spalle	
	Pagina 62 di 68	
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc	

B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	800	800	800	800	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	22	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	750	750	750	750	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1901	1005	1005	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	22	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1901	1005	1005	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	125.0	250.0	125.0	125.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A _{cls}	=	800000	800000	800000	800000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2906.0	2906.0	2010.6	2010.6	mm ²	area armatura
A _{id}	=	8.44E+05	8.44E+05	8.30E+05	8.30E+05	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	394.4	405.6	400.0	400.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	4.80E+10	4.80E+10	4.64E+10	4.64E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	238.5	238.5	236.3	236.3	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	254.2	261.4	260.4	260.4	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y _n	=	121.85	171.29	128.07	128.07	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	=	6.70E+09	1.14E+10	6.62E+09	6.62E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ _c	=	-2.27	-3.74	-2.42	-2.42	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ _s	=	175.8	189.6	176.0	176.0	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M _{fess}	=	252.2	259.3	247.1	247.1	kNm	momento limite di apertura fessure
M _{fess} / M	=	2.02	1.04	1.98	1.98		check1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 63 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

8.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
		X-	X+	X-	X+		
Materiali							
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}	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{ctm}	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	800	800	800	800	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	22	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	750	750	750	750	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1901	1005	1005	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	22	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1901	1005	1005	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	115.0	230.0	115.0	115.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A _{cls}	=	800000	800000	800000	800000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2906.0	2906.0	2010.6	2010.6	mm ²	area armatura
A _{id}	=	8.44E+05	8.44E+05	8.30E+05	8.30E+05	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	394.4	405.6	400.0	400.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	4.80E+10	4.80E+10	4.64E+10	4.64E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	238.5	238.5	236.3	236.3	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	254.2	261.4	260.4	260.4	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 64 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	121.85	171.29	128.07	128.07	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	6.70E+09	1.14E+10	6.62E+09	6.62E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-2.09	-3.44	-2.22	-2.22	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	161.7	174.4	161.9	161.9	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	252.2	259.3	247.1	247.1	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	2.19	1.13	2.15	2.15		check1

8.5 MURI LATERALI

condizioni	
ambientali	aggressive
armature	poco sensibili

8.5.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
		Y-	Y+	Y-	Y+		
Materiali							
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 (assiale)
f_{ctm}	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	700	700	700	700	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	20	18	22	mm	diametro tondini inferiori

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I	
					Relazione di Calcolo Spalle	
					Pagina 65 di 68	
					Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc	

d_1	=	650	650	650	650	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1571	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	20	16	22	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1571	1005	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	190.0	125.0	125.0	125.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	1250	1250	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	700000	700000	700000	700000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2576.1	2576.1	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	7.39E+05	7.39E+05	7.48E+05	7.48E+05	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	346.6	353.4	346.2	353.8	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	3.21E+10	3.21E+10	3.29E+10	3.29E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	208.3	208.3	209.6	209.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	223.8	228.2	222.0	226.8	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	114.50	144.75	156.76	191.59	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.92E+09	7.16E+09	6.25E+09	8.72E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	5916325.49	7986426.78	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-4.42	-2.53	-3.13	-2.75	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	310.0	132.3	147.9	98.6	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	193.3	197.2	210.4	215.0	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	1.02	1.58	1.68	1.72		check1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Arenella I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 66 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

8.5.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.		comb. QUASI PERM.			
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)			
		Y-	Y+	Y-	Y+		
Materiali							
Rck	=	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}	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{ctm}	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	700	700	700	700	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	20	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	650	650	650	650	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1571	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	16	20	22	18	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1005	1571	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	180.0	115.0	115.0	115.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	1150	1150	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A _{cls}	=	700000	700000	700000	700000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2010.6	3141.6	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A _{id}	=	7.30E+05	7.47E+05	7.48E+05	7.48E+05	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	350.0	350.0	346.2	353.8	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	3.13E+10	3.28E+10	3.29E+10	3.29E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	207.0	209.6	209.6	209.6	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	227.5	224.5	222.0	226.8	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 I
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 67 di 68
	Nome file: VI12-B-CL008_A.00_relazione calcolo spalle_DX.doc

$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata
--	---------------	---------------	---------------	---------------

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	118.24	152.68	159.85	195.05	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.89E+09	7.26E+09	6.29E+09	8.78E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	2356194.49	6553839.63	8819693.35	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-4.36	-2.42	-2.92	-2.56	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	293.9	118.1	134.4	89.4	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	190.6	199.9	210.4	215.0	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	1.06	1.74	1.83	1.87		check1