

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 Fosso Mumia

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 4 6 V I 2 0 3 V I 0 3 B C L 0 0 7 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 1 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	PREMESSA	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	3
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	9
2.1	DESCIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	9
3	SOLLECITAZIONI SPALLE	10
3.1	SPALLA SPB	10
3.1.1	<i>Azioni trasmesse dall'impalcato.....</i>	<i>10</i>
3.1.2	<i>Azioni trasmesse dalla spalla.....</i>	<i>11</i>
3.1.3	<i>Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali</i>	<i>13</i>
3.1.4	<i>Combinazioni di carico SLU.....</i>	<i>14</i>
3.1.5	<i>Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_sx</i>	<i>16</i>
3.1.6	<i>Combinazioni di carico SLE</i>	<i>19</i>
3.1.7	<i>Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_sx</i>	<i>21</i>
3.2	SPALLA SPA	22
3.2.1	<i>Azioni trasmesse dall'impalcato.....</i>	<i>22</i>
3.2.2	<i>Azioni trasmesse dalla spalla.....</i>	<i>22</i>
3.2.3	<i>Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali</i>	<i>25</i>
3.2.4	<i>Combinazioni di carico SLU.....</i>	<i>26</i>
3.2.5	<i>Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_sx</i>	<i>26</i>
3.2.6	<i>Combinazioni di carico SLE</i>	<i>28</i>
3.2.7	<i>Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_sx</i>	<i>28</i>
4	VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI (SLU)	30
4.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX	30
4.1.1	<i>Verifica per tensioni normali</i>	<i>31</i>
4.1.2	<i>Verifica a taglio</i>	<i>31</i>
4.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX	33
4.2.1	<i>Verifica per tensioni normali</i>	<i>34</i>
4.2.2	<i>Verifica a taglio</i>	<i>34</i>
5	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE DEI PALI (SLE)	36
5.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX	36
5.1.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti.....</i>	<i>37</i>
5.1.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente.....</i>	<i>38</i>
5.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX	39
5.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti.....</i>	<i>39</i>
5.2.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente.....</i>	<i>40</i>
6	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....	41
6.1	CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO	41
6.1.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite verticale</i>	<i>41</i>
6.1.2	<i>Criteri di verifiche</i>	<i>43</i>
6.1.3	<i>Risultati</i>	<i>45</i>
6.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE	45
6.2.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite orizzontale</i>	<i>45</i>
6.2.2	<i>Criteri di verifica.....</i>	<i>46</i>
6.2.3	<i>Risultati</i>	<i>46</i>
7	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SPB_SX AGLI SLU	47
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA	47
7.2	ANALISI DEI CARICHI	49
7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 2 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

7.3.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	50
7.3.2	Verifiche a taglio	53
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	55
7.4.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	55
7.4.2	Verifiche a taglio	55
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA	56
7.5.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	56
7.5.2	Verifiche a taglio	57
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	58
7.6.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	58
7.6.2	Verifiche a taglio	60
8	VERIFICA DELLA SPALLA SPB_SX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE	62
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLE	62
8.2	PLINTO DI FONDAZIONE	63
8.2.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	63
8.2.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	65
8.3	MURO FRONTALE	66
8.3.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	66
8.3.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	69
8.4	MURO PARAGHIAIA	71
8.4.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	71
8.4.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	73
8.5	MURI LATERALI	74
8.5.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	74
8.5.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	76

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 3 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

1 GENERALITA'

1.1 PREMSSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata sinistra del viadotto denominato **Fosso Mumia** 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 sx e carreggiata dx). Esso presenta un tracciato planimetrico prevalentemente a curvatura costante di raggio pari a circa 1160 m. La carreggiata di sinistra è composta da n. 8 campate le cui luci sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 1: Luci campate carreggiata sinistra

Campata	L_SX [m]
1	27.00
2	50.50
3	60.50
4	60.50
5	60.50
6	60.50
7	50.50
8	27.00

L'impalcato è realizzato in acciaio-cls. con schema statico di trave continua su 9 appoggi.

Le pile sono realizzate in c.a.. Esse presentano una sagoma cruciforme e sono costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo di dimensioni 4.00m×3.00m, e da un pulvino a sezione variabile che si allarga seguendo una curva circolare fino a raggiungere una larghezza tale da poter accogliere le due travi dell'impalcato poste ad interasse di 5.75m.

Tabella 2: Altezza Pile carreggiata sinistra

Pila	H_SX [m]
P01	9.46
P02	14.26
P03	20.26
P04	28.66
P05	27.46
P06	22.66
P07	15.46

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_sx e SPB_sx) della carreggiata di sinistra 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 13,20 m x 13,20 m e altezza 1,80 m ed è fondata su 16 pali di diametro Ø1200 e di lunghezza 25 m. Nella presente relazione, per quanto riguarda la carreggiata di sinistra, si analizzerà la SPB_sx in quanto è quella, che a parità delle altre dimensioni geometriche, ha il muro frontale di altezza maggiore rispetto alla SPA_sx. 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 separatamente le palificate della SPA_sx e la palificata della SPB-sx.

SPALLA SPB_SX

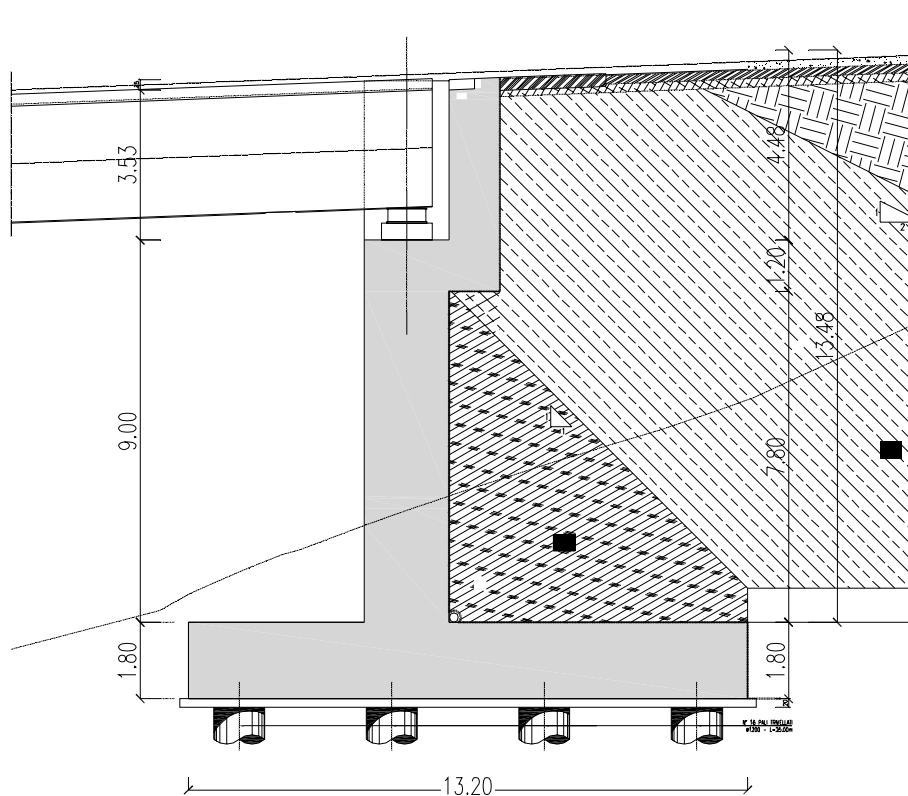


Figura 1: Sezione laterale Spalla B

SPALLA SPB_SX

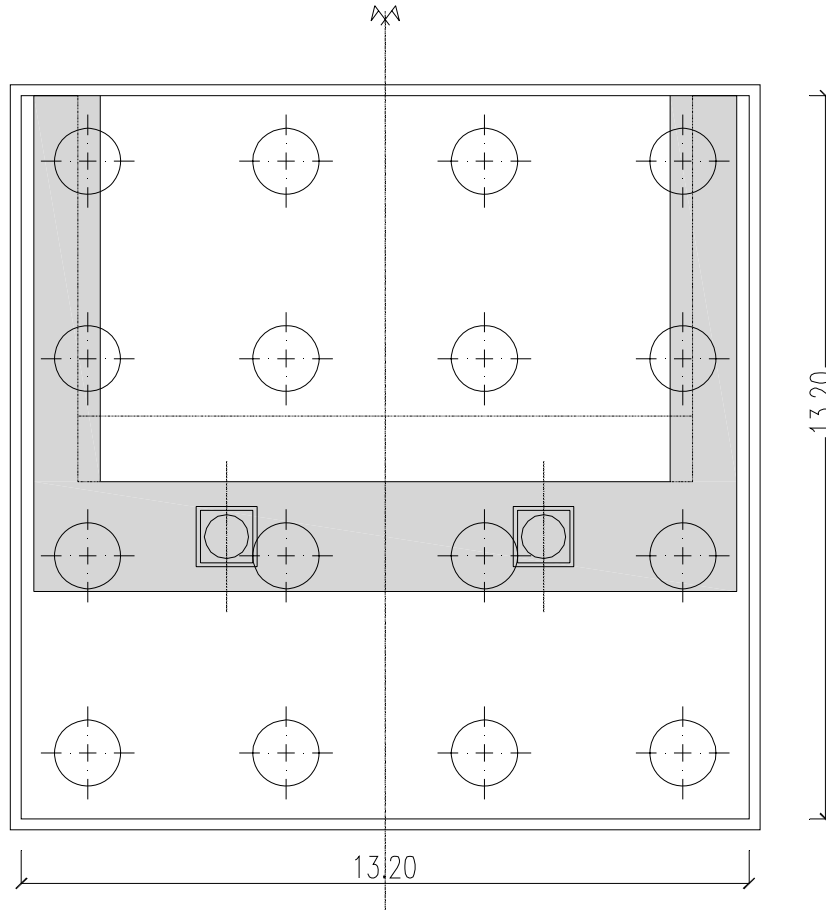


Figura 2: Pianta spiccato SPB_sx

Geometrie Spalla SPB_sx				
	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m ³]
plinto di fondazione	13.20	13.20	1.80	313.6
muro frontale	2.00	12.75	9.05	230.8
muro paraghiaia	1.20	12.75	4.88	74.7
muro laterale sx	7.05	1.20	12.70	107.4
muro laterale dx	7.05	1.20	12.70	107.44
n° pali	16			
L_pali	25 m			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 6 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 7 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo PALI C30/37

R_{ck}	=	37	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	30.71	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	38.71	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}	=	17.40	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.94	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	2.06	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}	=	1.37	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.47	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.45	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	33019	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo ZATTERE Spalle C35/45

R_{ck}	=	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	45.35	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	2.35	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}	=	1.56	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.82	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.79	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	34625	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA3				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo ELEVAZIONE Spalle C28/35

R_{ck}	=	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	1.98	MPa	resistenza caratteristica 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 8 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

c	=	1.00		per solette, pareti, ed elemeti con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f _{ctd}	=	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f _{cfm}	=	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
E _{cm}	=	32588	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo BAGGIOLI Spalle C35/45

R _{ck}	=	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	45.35	MPa	resistenza cilindrica media
α _{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ _c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f _{cd}	=	21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{ctm}	=	3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f _{ctk}	=	2.35	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elemeti con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f _{ctd}	=	1.56	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f _{cfm}	=	2.82	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.79	MPa	tensione limite apertura fessure
E _{cm}	=	34625	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF4	f2			classe di esposizione
S4				classe di consistenza

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}	≥	f _{y,nom}	MPa	tensione caratteristica di snervamento
f _{t,nom}	≥	f _{t,nom}	MPa	tensione caratteristica di rottura
(f _t /f _y) _k	≥	1.15		
(f _t /f _y) _k	<	1.35		
γ _s	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza
f _{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
E _s	=	200000	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
ν	=	0.30		coefficiente di contrazione trasversale di Poisson
G	=	76923	MPa	modulo elastico tangenziale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 9 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

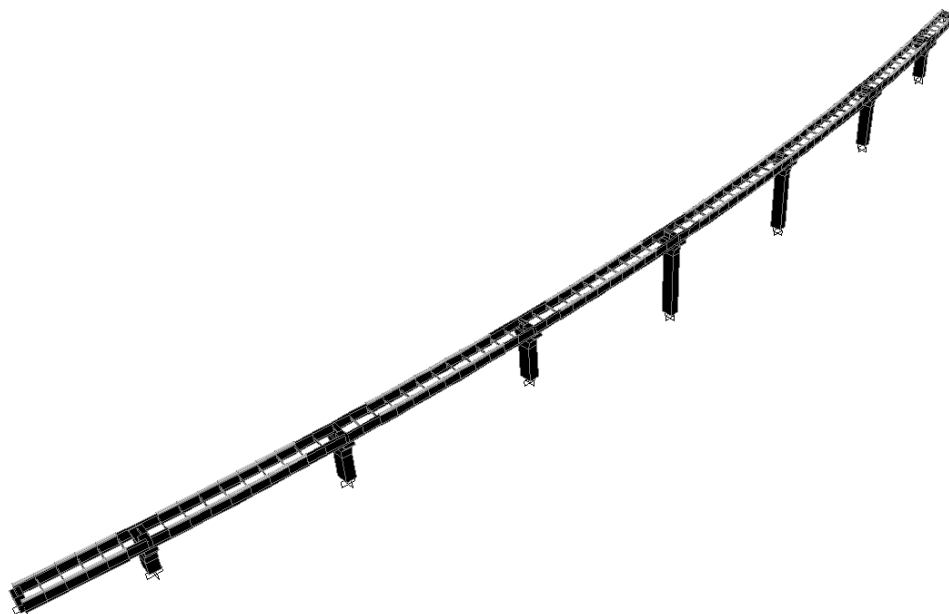


Figura 3: Modello numerico del viadotto

3 SOLLECITAZIONI 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.

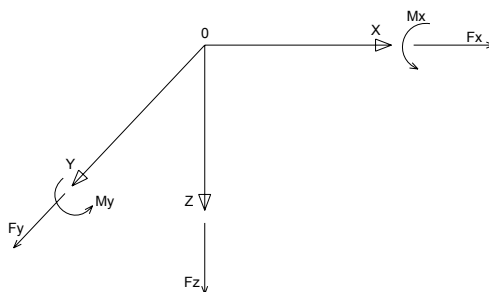


Figura 4: Sistema di riferimento

In particolare in questo capitolo vengono riportate le azioni sulla spalla B della carreggiata sinistra (SPB_sx) necessarie alle verifiche strutturali della stessa. Inoltre vengono riportate le azioni sulle palificate relative ad entrambe le spalle della carreggiata sinistra.

3.1 SPALLA SPB

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	1167	9	3	peso proprio impalcato
g2	0	0	263	2	1	permanentemente portati
e2	98	24	533	40	73	ritiro
e3	439	105	1009	114	356	carico termico
q1.1	3	0	1871	2784	693	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	3	0	1417	4040	1007	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	111	27	0	21	89	frenatura
q4	1	1	0	1	1	azione centrifuga
q5	123	179	2	232	76	azione del vento trasversale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 11 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

q6.1x	422	95	22	86	337	sisma longitudinale
q6.1y	134	150	24	152	111	sisma trasversale
q6.1z	127	51	73	50	102	sisma verticale
q7	14	14	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	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	5769.4 kN	muro frontale
g1.3	=	1866.6 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	2686.1 kN	muro laterale sx
g1.5	=	2686.1 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	20868.2 kN	azione verticale
x	=	6.20 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.38 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	=	967.0 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	17405.6 kN	peso del terreno
x	=	3.53 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-8.15 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	=	14.50 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	10288.0 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.83 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 12 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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	=	14.50	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
F _x	=	1576.7	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	=	-7.25	m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

B _x	=	7.05	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
F _z	=	1797.8	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.53	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a _g	=	0.088	g	accelerazione di picco
S _S	=	1.50		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S _T	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
β_m	=	1.00		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a _{max}	=	0.131	g	accelerazione massima
K _h	=	0.131		coefficiente sismico orizzontale
K _v	=	0.065		coefficiente sismico verticale

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

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	14.50	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	6296.9		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	=	6.99	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = K_h / (1 + K_v)$
K ₁	=	0.613		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \theta$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 13 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

K2	= 0.791	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \Phi - \vartheta$
K	= 0.613	coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	= 15760 kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	= 5472.4 kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato		
ΔP	= 6296.9 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	= -7.25 m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (g6.2)

	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	1023	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	753	8.05	0.00	-6.33
paraghiaia	244	6.45	0.00	-13.29
muro laterale sx	351	3.53	5.78	-8.15
muro laterale dx	351	3.53	-5.78	-8.15
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-13.23
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-14.00
baggioli	1	8.05	0.00	-10.93
apparecchi di appoggio	1	8.05	0.00	-11.18
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2271	3.53	0.00	-8.15
risultante intradosso plinto	4995	4.98	0.00	-6.64
risultante base muro frontale	1700	5.95	0.00	-8.07

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	= 6.60 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	1167	10	-1693	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	20868	0	8398	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	263	2	-381	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	17406	0	53522	terreno su plinto spalla
g3-sp	10288	0	0	0	-49725	spinta del terreno su spalla

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

3.1.5 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_sx

Geometria della palificata						
PALO	X	Y	Xp	Yp	trasv Jxi	long Jyi
1	1.20	5.40	-5.40	5.40	29.16	29.16
2	1.20	1.80	-5.40	1.80	3.24	29.16
3	1.20	-1.80	-5.40	-1.80	3.24	29.16
4	1.20	-5.40	-5.40	-5.40	29.16	29.16
5	4.80	5.40	-1.80	5.40	29.16	3.24
6	4.80	1.80	-1.80	1.80	3.24	3.24
7	4.80	-1.80	-1.80	-1.80	3.24	3.24
8	4.80	-5.40	-1.80	-5.40	29.16	3.24
9	8.40	5.40	1.80	5.40	29.16	3.24
10	8.40	1.80	1.80	1.80	3.24	3.24
11	8.40	-1.80	1.80	-1.80	3.24	3.24
12	8.40	-5.40	1.80	-5.40	29.16	3.24
13	12.00	5.40	5.40	5.40	29.16	29.16
14	12.00	1.80	5.40	1.80	3.24	29.16
15	12.00	-1.80	5.40	-1.80	3.24	29.16
16	12.00	-5.40	5.40	-5.40	29.16	29.16

taglio Vx	1036	997	1022	983	1036	997	1022	983	1013	974	1000	960
taglio Vy	17	8	-3	-12	17	8	-3	-12	20	10	0	-10
V	1036	997	1022	983	1036	997	1022	983	1014	974	1000	960

PALO	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
1	3745	3796	3710	3761	3753	3804	3718	3769	3771	3822	3736	3787
2	3633	3710	3654	3731	3665	3742	3686	3763	3666	3743	3687	3763
3	3522	3624	3598	3701	3578	3680	3654	3757	3561	3663	3637	3740
4	3410	3538	3542	3671	3490	3618	3622	3751	3455	3584	3588	3716
5	3786	3716	3718	3649	3784	3714	3716	3647	3788	3719	3721	3651
6	3674	3631	3662	3619	3696	3653	3684	3641	3683	3639	3671	3628
7	3563	3545	3607	3589	3609	3591	3652	3635	3578	3560	3622	3604
8	3451	3459	3551	3559	3521	3529	3621	3629	3473	3481	3572	3580
9	3827	3637	3727	3537	3815	3625	3714	3525	3805	3616	3705	3516
10	3715	3551	3671	3507	3727	3563	3682	3519	3700	3536	3656	3492
11	3604	3466	3615	3477	3639	3501	3651	3513	3595	3457	3606	3468
12	3492	3380	3559	3447	3552	3439	3619	3507	3490	3377	3557	3445
13	3868	3558	3735	3425	3845	3535	3713	3403	3822	3513	3690	3380
14	3756	3472	3679	3395	3758	3474	3681	3397	3717	3433	3640	3356
15	3644	3386	3623	3365	3670	3412	3649	3391	3612	3354	3591	3333
16	3533	3300	3568	3335	3582	3350	3617	3385	3507	3274	3541	3309
Nmax	3868	3796	3735	3761	3845	3804	3718	3769	3822	3822	3736	3787
TAGLI												
taglio Vx	1013	974	1000	960	1003	963	989	950	1003	963	989	950
taglio Vy	20	10	0	-10	18	8	-3	-12	18	8	-3	-12
V	1014	974	1000	960	1003	964	989	950	1003	964	989	950

PALO	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1	3765	3816	3706	3757	3783	3834	3724	3775	3736	3821	3701	3786
2	3659	3735	3693	3770	3659	3736	3694	3770	3640	3768	3661	3788
3	3553	3655	3680	3783	3536	3638	3663	3766	3544	3715	3621	3791
4	3447	3575	3667	3796	3412	3540	3633	3761	3448	3662	3580	3794
5	3806	3737	3693	3624	3810	3741	3698	3628	3806	3691	3739	3623
6	3700	3657	3680	3637	3687	3643	3667	3624	3711	3638	3699	3626
7	3594	3576	3667	3650	3563	3546	3637	3619	3615	3585	3659	3629
8	3488	3496	3654	3662	3440	3448	3606	3614	3519	3532	3619	3632
9	3847	3658	3680	3491	3838	3649	3671	3482	3877	3561	3777	3461
10	3741	3578	3667	3504	3715	3551	3641	3477	3781	3508	3737	3464
11	3635	3497	3655	3517	3591	3453	3610	3472	3685	3455	3697	3467
12	3530	3417	3642	3529	3468	3355	3580	3467	3589	3402	3657	3470
13	3889	3579	3667	3358	3866	3556	3645	3335	3948	3431	3815	3299
14	3783	3499	3655	3371	3742	3458	3614	3330	3852	3378	3775	3302
15	3677	3419	3642	3383	3619	3360	3584	3325	3756	3325	3735	3304
16	3571	3338	3629	3396	3495	3263	3553	3321	3660	3273	3695	3307
Nmax	3889	3816	3706	3796	3866	3834	3724	3775	3948	3821	3815	3794

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 19 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

TAGLI												
taglio Vx	1008	968	984	945	1008	968	984	945	1016	950	1002	936
taglio Vy	24	15	-9	-19	24	15	-9	-19	21	5	0	-15
V	1008	968	985	945	1008	968	985	945	1016	950	1002	937

PALO	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
1	3754	3839	3719	3804	968	1004	3378	3414	2905	2941
2	3641	3768	3661	3789	938	991	2877	2931	2882	2935
3	3527	3698	3603	3774	907	978	2377	2448	2859	2930
4	3414	3627	3546	3760	876	965	1876	1965	2835	2924
5	3811	3695	3743	3628	2052	2004	3325	3277	2796	2748
6	3697	3625	3686	3613	2021	1991	2825	2794	2773	2743
7	3584	3554	3628	3598	1991	1978	2324	2311	2750	2737
8	3470	3484	3570	3584	1960	1966	1823	1829	2726	2732
9	3868	3552	3768	3452	3135	3004	3273	3141	2687	2556
10	3754	3481	3710	3437	3105	2991	2772	2658	2664	2550
11	3641	3411	3652	3422	3074	2978	2271	2175	2641	2545
12	3527	3340	3595	3408	3044	2966	1770	1692	2618	2540
13	3925	3408	3792	3276	4219	4004	3220	3005	2579	2363
14	3811	3338	3734	3261	4188	3991	2719	2522	2555	2358
15	3698	3267	3677	3246	4158	3978	2218	2039	2532	2353
16	3584	3197	3619	3232	4127	3966	1717	1556	2509	2347
Nmax	3925	3839	3792	3804	4219	4004	3378	3414	2905	2941
TAGLI										
taglio Vx	1016	950	1002	936	1396	1368	672	644	671	644
taglio Vy	21	5	0	-15	11	5	327	320	8	2
V	1016	950	1002	937	1396	1368	747	720	671	644

RIEPILOGO			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SPB	3997	3197	1036
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SPB	4219	876	1396

3.1.6 Combinazioni di carico SLE

Di seguito si riporta la matrice dei coefficienti di combinazioni adottate per le verifiche la cui simbologia fa riferimento a:

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

Tabella 4: Matrice dei coefficienti comb. frequente

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

Tabella 5: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 21 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

3.1.7 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_sx

Combinazione Frequente

SFORZO NORMALE N								
PALO	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
1	2769	2811	2761	2803	2557	2599	2549	2592
2	2717	2781	2722	2785	2576	2640	2581	2645
3	2665	2751	2682	2768	2596	2681	2613	2698
4	2614	2720	2643	2750	2615	2722	2645	2751
5	2791	2733	2776	2718	2547	2489	2531	2474
6	2739	2703	2737	2700	2566	2530	2563	2527
7	2688	2673	2697	2683	2585	2571	2595	2580
8	2636	2643	2658	2665	2605	2612	2627	2634
9	2813	2655	2791	2633	2536	2378	2514	2356
10	2762	2625	2752	2615	2556	2419	2546	2409
11	2710	2595	2713	2598	2575	2460	2578	2463
12	2658	2565	2673	2580	2595	2501	2609	2516
13	2836	2578	2806	2548	2526	2268	2496	2238
14	2784	2547	2767	2530	2545	2309	2528	2291
15	2732	2517	2728	2512	2565	2349	2560	2345
16	2681	2487	2688	2495	2584	2390	2592	2398
Nmax	2836	2811	2806	2803	2615	2722	2645	2751
TAGLI								
taglio Vx	742	709	739	706	741	709	738	705
taglio Vy	8	0	4	-4	8	0	4	-4
V	742	709	739	706	741	709	738	705

RIEPILOGO SLE_F		
Nmax	Nmin	Vmax
2836	2238	742

Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N		
PALO	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
1	2677	2712
2	2662	2716
3	2648	2719
4	2633	2722
5	2605	2556
6	2590	2560
7	2575	2563
8	2561	2566
9	2532	2400
10	2517	2404
11	2503	2407
12	2488	2410
13	2460	2244

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 22 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

14	2445	2248
15	2430	2251
16	2416	2254
Nmax	2677	2722
TAGLI		
taglio Vx	663	636
taglio Vy	5	-1
V	663	636

RIEPILOGO SLE_QP		
Nmax	Nmin	Vmax
2722	2244	663

3.2 SPALLA SPA

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.

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	1181	0	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	266	0	0	permanenti portati
e2	95	9	530	18	75	ritiro
e3	426	38	1002	46	340	carico termico
q1.1	2	0	1876	2866	284	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	2	0	1421	4170	413	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	113	10	0	8	91	frenatura
q4	1	1	0	1	1	azione centrifuga
q5	135	159	1	207	100	azione del vento trasversale
q6.1x	435	57	22	54	348	sisma longitudinale
q6.1y	132	142	23	144	105	sisma trasversale
q6.1z	130	44	73	44	104	sisma verticale
q7	14	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.2.2 Azioni trasmesse dalla spalla

Peso proprio spalla (g1)

$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ peso specifico 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 23 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

g1.1	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	3378.8 kN	muro frontale
g1.3	=	1939.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1293.0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1293.0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	15764.1 kN	azione verticale
x	=	6.39 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.64 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	=	749.9 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	13498.6 kN	peso del terreno
x	=	3.53 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.39 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	=	10.97 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	5888.5 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.66 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	=	10.97 m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1192.9 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 24 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

z	=	-5.49	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale				lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Bx	=	7.05	m	risultante verticale sovraccarico
Fz	=	1797.8	kN	
x	=	3.53	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.087	g	accelerazione di picco
S_s	=	1.50		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
β_m	=	1.00		accelerazione massima
a_{max}	=	0.131	g	coefficiente sismico orizzontale
K_h	=	0.131		coefficiente sismico verticale
K_v	=	0.065		

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

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	10.97	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	3604.2		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	=	6.99	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
K1	=	0.613		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
K2	=	0.791		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
K	=	0.613		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	9021	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	3132.2	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
ΔP	=	3604.2	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.49	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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 25 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	1023	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	441	8.05	0.00	-4.45
paraghiaia	253	6.45	0.00	-9.64
muro laterale sx	169	3.53	5.98	-6.39
muro laterale dx	169	3.53	-5.98	-6.39
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-9.70
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-10.47
baggioli	1	8.05	0.00	-7.18
apparecchi di appoggio	1	8.05	0.00	-7.43
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1762	3.53	0.00	-6.39
risultante intradosso plinto	3819	5.07	0.00	-4.91
risultante base muro frontale	1034	6.17	0.00	-6.35

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 = 6.60 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	1181	0	-1715	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	15764	0	3309	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	266	0	-386	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	13499	0	41508	terreno su plinto spalla
g3-sp	5889	0	0	0	-21532	spinta del terreno su spalla
e2-imp	95	9	530	81	-1401	ritiro
e3-imp	426	38	1002	329	-4275	carico termico differenziale
q1.1-imp	2	0	1876	2867	-2454	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	2	0	1421	4171	-1666	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1193	0	1798	0	-1015	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	113	10	0	84	-752	frenatura su impalcato
q4-imp	1	1	0	10	-7	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	135	159	1	1385	-905	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	435	57	22	477	-2914	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	132	142	23	1195	-904	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	130	44	73	370	-970	sisma 3 impalcato

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 26 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

q6.1x-sp	3604	0	0	0	-19769	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	3819	0	0	0	-18742	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	3819	0	18742	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	1909	0	2925	forze d'inerzia verticali
q7-imp	14	0	0	0	-107	azione parassita dei vincoli

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 la Spalla B

3.2.5 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_sx

SFORZO NORMALE N												
PALO	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
1	3480	3508	3462	3490	3500	3528	3482	3510	3386	3414	3368	3396
2	3404	3439	3421	3455	3400	3435	3417	3451	3322	3356	3338	3373
3	3328	3370	3379	3421	3300	3341	3351	3392	3258	3299	3309	3350
4	3253	3301	3338	3386	3200	3248	3285	3333	3194	3241	3279	3327
5	3226	3169	3186	3128	3232	3175	3191	3134	3132	3074	3091	3034
6	3151	3100	3145	3094	3132	3081	3126	3075	3068	3017	3061	3011
7	3075	3031	3103	3059	3032	2988	3060	3016	3004	2959	3032	2988
8	2999	2962	3062	3025	2932	2894	2995	2957	2940	2902	3003	2965
9	2973	2830	2910	2767	2964	2821	2901	2758	2878	2735	2814	2671
10	2897	2761	2868	2732	2864	2727	2835	2699	2814	2677	2785	2649
11	2821	2692	2827	2698	2764	2634	2769	2640	2750	2620	2755	2626
12	2746	2623	2786	2663	2663	2540	2704	2581	2686	2562	2726	2603
13	2720	2491	2634	2405	2696	2467	2610	2381	2624	2395	2538	2309
14	2644	2422	2592	2371	2596	2374	2544	2322	2560	2338	2508	2286
15	2568	2353	2551	2336	2495	2280	2479	2263	2496	2280	2479	2264
16	2492	2284	2510	2302	2395	2187	2413	2204	2432	2223	2449	2241
Nmax	3480	3508	3462	3490	3500	3528	3482	3510	3386	3414	3368	3396
TAGLI												
taglio Vx	632	594	617	579	632	594	617	579	618	580	603	564
taglio Vy	11	8	-7	-10	11	8	-7	-10	12	9	-6	-9
V	633	594	617	579	633	594	617	579	618	580	603	564

PALO	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
1	3401	3429	3383	3411	3407	3435	3388	3417	3422	3450	3404	3432
2	3319	3353	3335	3370	3344	3379	3361	3395	3341	3376	3358	3392
3	3236	3278	3287	3329	3282	3323	3333	3374	3260	3302	3311	3353
4	3154	3202	3240	3288	3219	3267	3305	3353	3179	3227	3265	3313
5	3136	3079	3095	3038	3137	3080	3096	3039	3141	3084	3101	3043
6	3054	3003	3047	2997	3075	3024	3068	3018	3061	3010	3054	3004
7	2971	2927	3000	2956	3012	2968	3041	2996	2980	2936	3008	2964

8	2889	2851	2952	2914	2950	2912	3013	2975	2899	2861	2962	2924
9	2871	2728	2807	2665	2868	2725	2804	2661	2861	2718	2797	2655
10	2788	2652	2760	2623	2805	2669	2776	2640	2780	2644	2751	2615
11	2706	2576	2712	2582	2743	2613	2748	2619	2699	2569	2705	2575
12	2624	2501	2664	2541	2680	2557	2721	2598	2618	2495	2659	2536
13	2606	2377	2520	2291	2598	2370	2512	2284	2580	2352	2494	2266
14	2523	2302	2472	2250	2536	2314	2484	2262	2499	2278	2448	2226
15	2441	2226	2424	2209	2473	2258	2456	2241	2418	2203	2402	2187
16	2359	2150	2377	2168	2411	2202	2428	2220	2338	2129	2356	2147
Nmax	3401	3429	3383	3411	3407	3435	3388	3417	3422	3450	3404	3432
TAGLI												
taglio Vx	618	580	603	564	607	569	592	554	607	569	592	554
taglio Vy	12	9	-6	-9	11	8	-6	-10	11	8	-6	-10
V	618	580	603	564	607	569	592	554	607	569	592	554

PALO	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1	3413	3441	3382	3411	3428	3456	3398	3426	3397	3444	3379	3426
2	3339	3373	3366	3401	3336	3370	3363	3398	3333	3391	3349	3407
3	3265	3306	3350	3391	3244	3285	3329	3370	3268	3337	3319	3388
4	3191	3239	3334	3382	3151	3199	3294	3342	3204	3284	3289	3369
5	3150	3093	3083	3025	3155	3097	3087	3029	3156	3060	3115	3020
6	3077	3026	3066	3016	3063	3012	3052	3002	3091	3007	3085	3001
7	3003	2959	3050	3006	2970	2926	3018	2974	3027	2953	3056	2982
8	2929	2891	3034	2997	2878	2841	2983	2946	2963	2900	3026	2963
9	2888	2745	2783	2640	2881	2739	2776	2633	2915	2677	2851	2613
10	2814	2678	2767	2630	2789	2653	2741	2605	2850	2623	2822	2594
11	2741	2611	2750	2621	2697	2567	2707	2577	2786	2570	2792	2576
12	2667	2544	2734	2611	2605	2482	2673	2549	2721	2516	2762	2557
13	2626	2398	2483	2255	2608	2380	2465	2237	2674	2293	2588	2207
14	2552	2331	2467	2245	2516	2294	2431	2209	2609	2240	2558	2188
15	2478	2263	2451	2235	2424	2209	2396	2181	2545	2186	2528	2169
16	2405	2196	2435	2226	2332	2123	2362	2153	2480	2133	2498	2150
Nmax	3413	3441	3382	3411	3428	3456	3398	3426	3397	3444	3379	3426
TAGLI												
taglio Vx	612	574	587	549	612	574	587	549	620	556	605	541
taglio Vy	17	14	-13	-16	17	14	-13	-16	12	7	-5	-11
V	613	574	587	549	613	574	587	549	620	556	605	541

PALO	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
1	3412	3459	3394	3441	1504	1523	2753	2773	2528	2547
2	3330	3388	3346	3404	1493	1518	2473	2497	2519	2543
3	3247	3316	3298	3367	1483	1512	2193	2221	2510	2539
4	3164	3244	3250	3330	1473	1507	1912	1945	2502	2535

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 28 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

5	3160	3065	3119	3024	1835	1795	2522	2482	2256	2216
6	3077	2993	3071	2987	1825	1789	2241	2206	2248	2212
7	2995	2921	3023	2949	1815	1784	1961	1930	2239	2208
8	2912	2849	2975	2912	1805	1778	1681	1654	2231	2204
9	2908	2670	2845	2607	2166	2067	2290	2191	1985	1886
10	2825	2598	2796	2569	2156	2061	2010	1915	1976	1882
11	2742	2526	2748	2532	2146	2056	1729	1639	1968	1878
12	2660	2454	2700	2495	2136	2050	1449	1363	1959	1874
13	2656	2275	2570	2189	2497	2338	2058	1900	1714	1555
14	2573	2203	2522	2152	2487	2333	1778	1624	1705	1551
15	2490	2131	2473	2115	2477	2328	1498	1348	1696	1547
16	2407	2060	2425	2078	2467	2322	1217	1072	1688	1543
Nmax	3412	3459	3394	3441	2497	2338	2753	2773	2528	2547
TAGLI										
taglio Vx	620	556	605	541	879	852	396	369	396	369
taglio Vy	12	7	-5	-11	5	3	249	247	4	2
V	620	556	605	541	879	852	468	444	396	369

RIEPILOGO			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SPA	3528	2060	633
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SPA	2773	1072	879

3.2.6 Combinazioni di carico SLE

La matrice dei coefficienti di combinazioni adottate per le verifiche agli SLE è la stessa utilizzata per la Spalla B

3.2.7 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_sx

Combinazione Frequente

SFORZO NORMALE N								
PALO	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
1	2518	2542	2514	2538	2318	2341	2314	2337
2	2481	2509	2484	2513	2354	2383	2357	2386
3	2443	2477	2454	2489	2389	2424	2401	2435
4	2405	2445	2424	2464	2425	2465	2444	2484
5	2319	2271	2309	2262	2075	2028	2066	2019
6	2281	2239	2280	2237	2111	2069	2110	2068
7	2243	2207	2250	2213	2147	2110	2153	2116
8	2206	2174	2220	2188	2183	2151	2197	2165
9	2119	2000	2105	1986	1833	1714	1819	1700
10	2081	1968	2075	1961	1869	1755	1862	1749
11	2044	1936	2045	1937	1904	1796	1906	1798
12	2006	1904	2015	1913	1940	1838	1949	1847
13	1919	1729	1900	1710	1590	1400	1571	1381

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 29 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

14	1882	1697	1870	1686	1626	1441	1615	1430
15	1844	1665	1840	1661	1662	1483	1658	1479
16	1807	1633	1811	1637	1698	1524	1702	1528
Nmax	2518	2542	2514	2538	2425	2465	2444	2484
TAGLI								
taglio Vx	448	416	445	413	448	416	445	413
taglio Vy	4	1	0	-3	4	1	0	-3
V	448	416	445	413	448	416	445	413

RIEPILOGO SLE_F		
Nmax	Nmin	Vmax
2542	1381	448

Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N		
PALO	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
1	2355	2375
2	2352	2376
3	2348	2377
4	2345	2378
5	2111	2071
6	2108	2072
7	2104	2074
8	2101	2075
9	1867	1768
10	1863	1769
11	1860	1770
12	1857	1771
13	1623	1464
14	1619	1465
15	1616	1466
16	1612	1468
Nmax	2355	2378
TAGLI		
taglio Vx	388	361
taglio Vy	2	-1
V	388	361

RIEPILOGO SLE_QP		
Nmax	Nmin	Vmax
2378	1464	388

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 SPB_SX

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

L	=	25 M	lunghezza palo
E	=	33019 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.90 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	1396.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	876.0 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	3417 kNm	massimo momento flettente

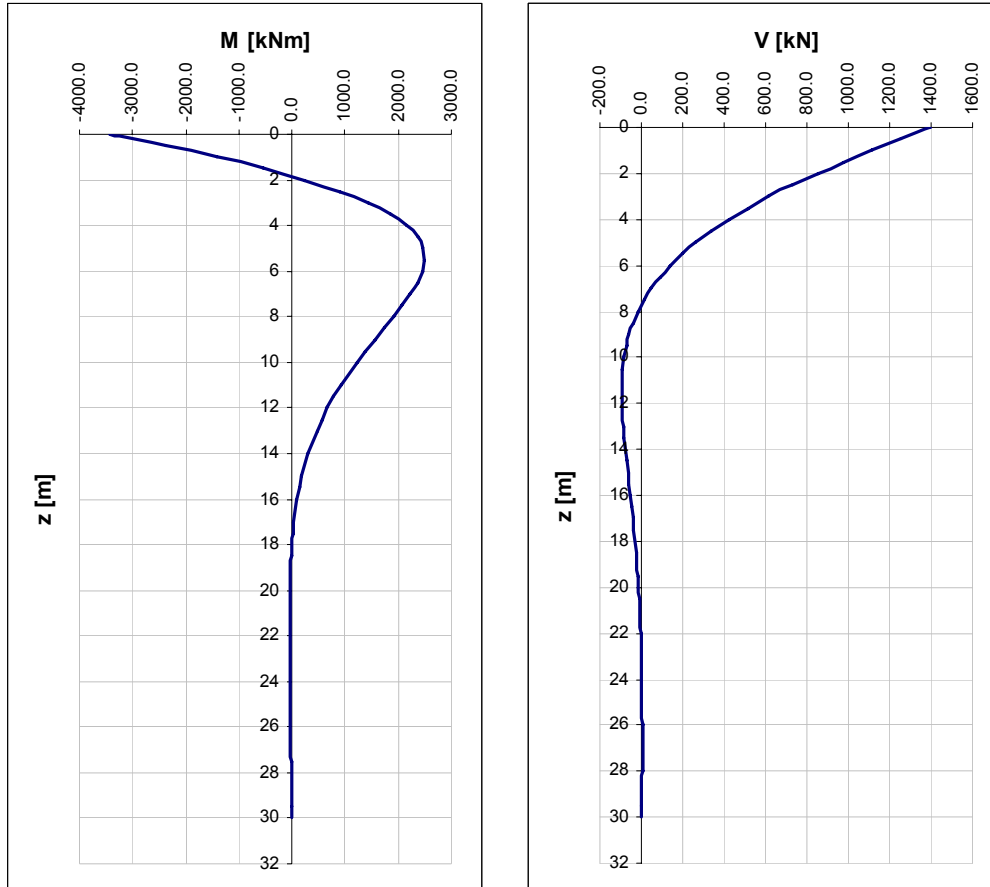


Figura 5: Sollecitazioni Momento e Taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 31 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

4.1.1 Verifica per tensioni normali

	Z _{in}	Z _{fin}	L _{gabbia}	c'	Ø	n	s	M _{Ed}	N _{Ed}	M _{res}	FS	
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]		
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	36	9.6	3417	876.0	3656	1.07	OK
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	16	18	19.2	1008	876	1139	1.13	OK

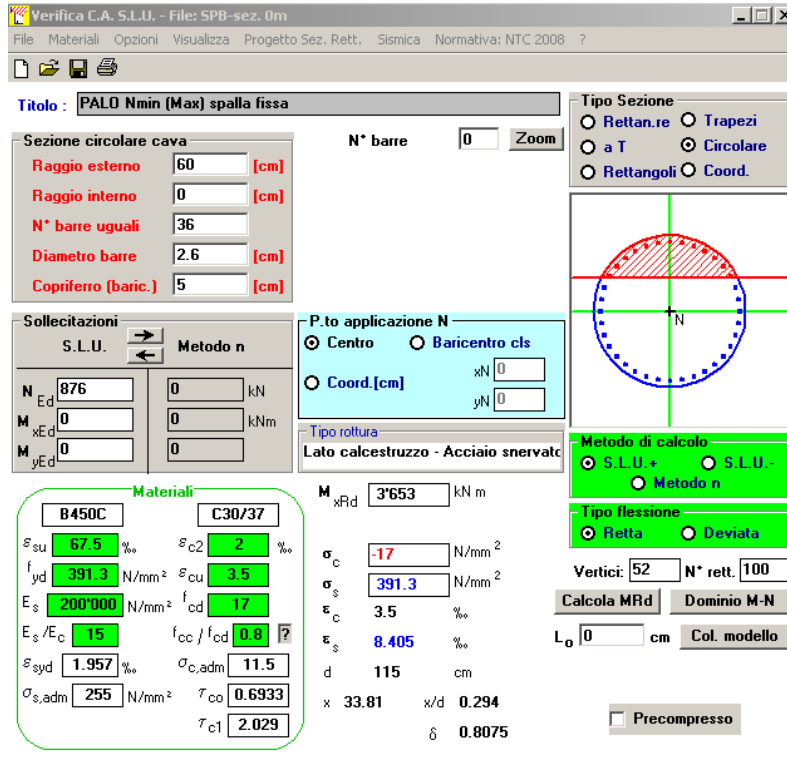


Figura 6: Verifica a presso-flessione

4.1.2 Verifica a taglio

Sollecitazioni

V _{Sd}	=	1396	kN	taglio di caloco
N _{Sd}	=	876	kN	sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R _{ck}	=	37	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	30.7	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}	=	17.40	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f _{yk}	=	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ _s	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 32 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

f_{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Geometria				
D	=	1200	mm	diametro palo
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1150	mm	altezza utile
b_{we}	=	1080	mm	base equivalente
d_e	=	892	mm	altezza utile equivalente
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
n_l	=	36		numero ferri longitudinali
\varnothing_l	=	26	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	19113	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	0.7746	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.01984	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.347		
V_{rd}	=	782.22	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	1396	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.56	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\varnothing_w	=	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	307.88	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_{we}	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	17.40	MPa	
ν	=	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	8.70	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.04273		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.04451		
$\cot\theta$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1611.93	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2717.21	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1611.93	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	1396	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.15	ok	se >1 verifica soddisfatta

Per la prima gabbia di armatura si prevede un' armatura trasversale resistente a taglio costituita da una spirale $\varnothing 14/15$ cm.

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

4.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX

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

L	=	25 m	lunghezza palo
E	=	33019 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.90 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	879.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1473.0 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	2152 kNm	massimo momento flettente

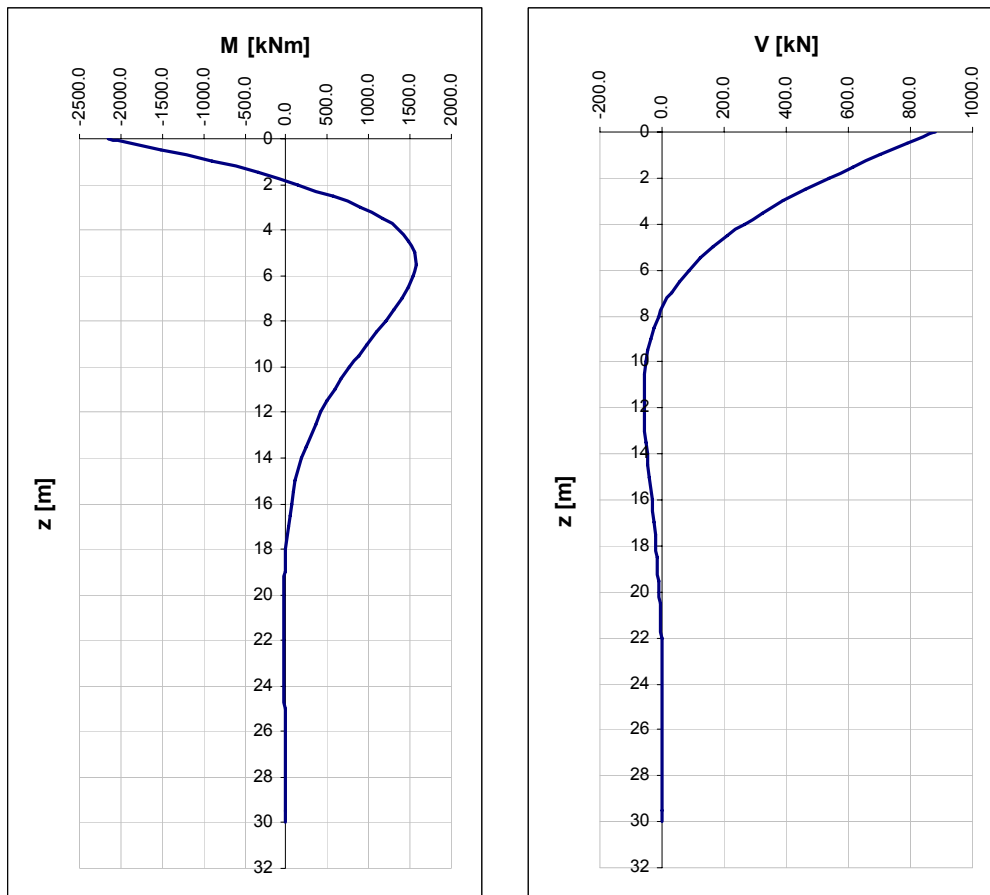


Figura 7: Momento flettente e Taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 34 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

4.2.1 Verifica per tensioni normali

	Z _{in}	Z _{fin}	L _{gabbia}	c'	∅	n	s	M _{Ed}	N _{Ed}	M _{res}	FS	
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]		
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	22	15.7	2152	1473	2689	1.25	OK
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	16	18	19.2	635	1473	1338	2.11	OK

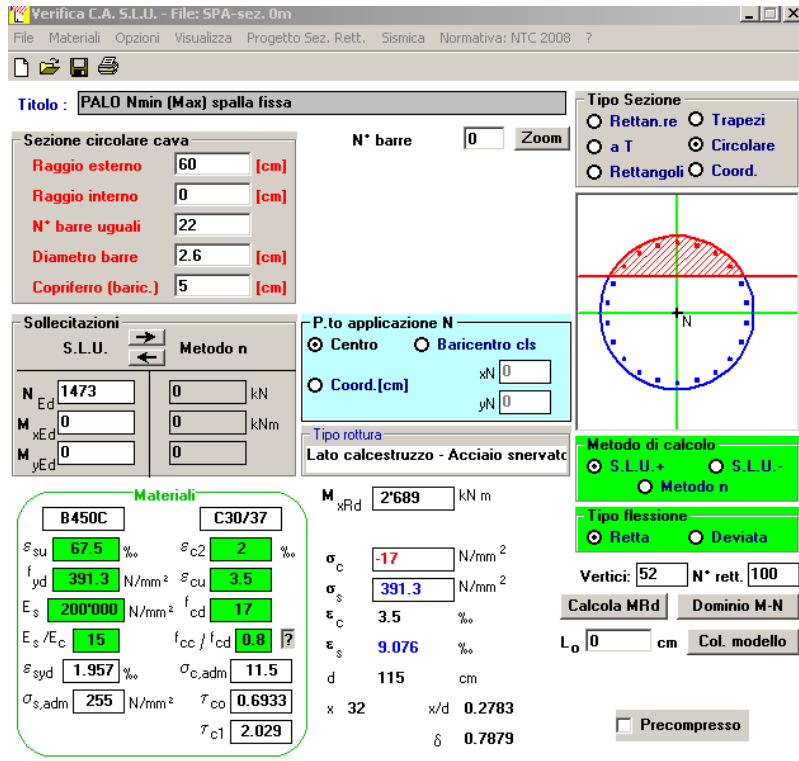


Figura 8: verifica a presso-flessione

4.2.2 Verifica a taglio

Sollecitazioni

V _{Sd}	=	879	kN	taglio di calcolo
N _{Sd}	=	1473	kN	sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R _{ck}	=	37	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	30.7	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}	=	17.40	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

f _{yk}	=	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ _s	=	1.15		coefficiente parziale di sicurezza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 35 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

f_{yd}	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
Geometria				
D	=	1200	mm	diametro palo
c	=	50	mm	copriferro
d	=	1150	mm	altezza utile
b_{we}	=	1080	mm	base equivalente
d_e	=	892	mm	altezza utile equivalente
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
n_l	=	22		numero ferri longitudinali
\varnothing_l	=	26	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	11680	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	1.3024	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.01212	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.347		
V_{rd}	=	757.02	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	879	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.86	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\varnothing_w	=	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	307.88	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_{we}	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	17.40	MPa	
ν	=	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	8.70	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.03205		% meccanica di armatura trasversale
αC	=	1.07484		
$\cot\theta$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1208.95	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2796.12	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1208.95	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	879	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.38	ok	se >1 verifica soddisfatta

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 36 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE DEI PALI (SLE)

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.

5.1 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX

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.

condizioni ambientali aggressive
armature poco sensibili

Tabella 6: 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 37 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

5.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti

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

L	=	25 m	lunghezza palo
E	=	33019 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.90 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	742.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	2614.0 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M _{max}	=	1816 kNm	massimo momento flettente

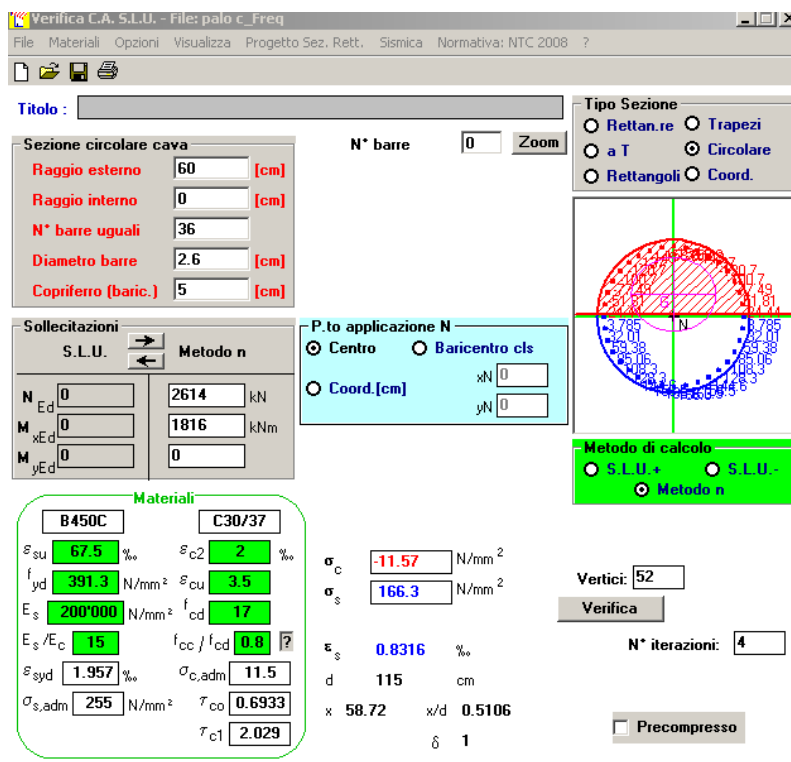


Figura 9: Stato tensionale

Comb. Frequente

$\sigma_{s,max}$	=	200	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	166.3	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
		1.20	verifica_ok	se >1 verifica soddisfatta

5.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente

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

L	=	25	m	lunghezza palo
E	=	33019	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	101787601976	mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800	mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.90	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero
V _{max}	=	663.0	kN	taglio alla testa del palo
N	=	2416.0	kN	sforzo assiale alla testa del palo
M _{max}	=	1623	kNm	massimo momento flettente

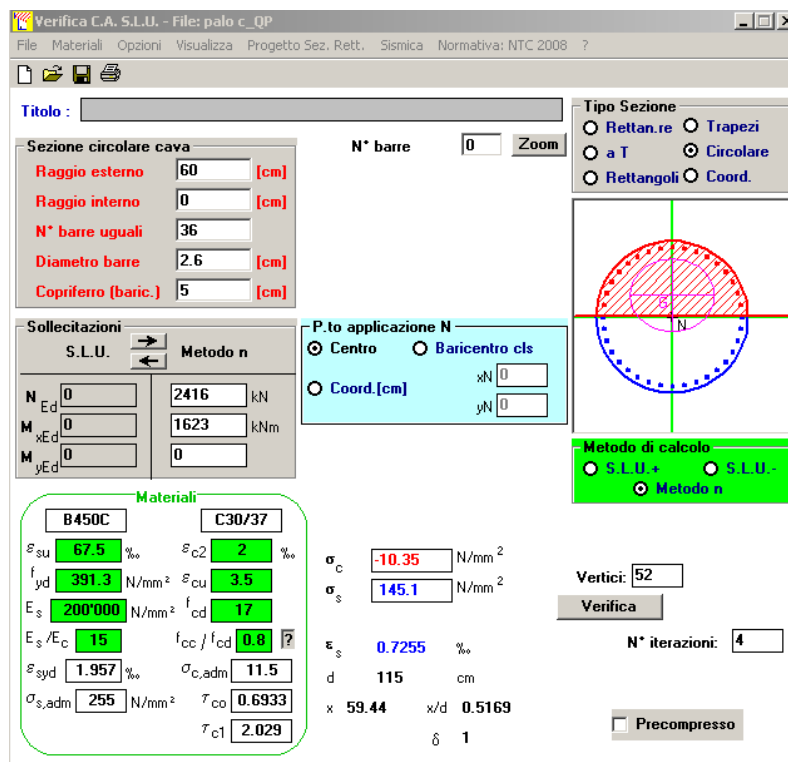


Figura 10: Stato tensionale

Quasi Permanente

$\sigma_{s,max}$	=	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	145.1	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
		1.10	verifica_ok	se >1 verifica soddisfatta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 39 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

5.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX

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.

condizioni ambientali aggressive
armature poco sensibili

Tabella 7: Tensioni di reiferimento

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

5.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti

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

L	=	25 m	lunghezza palo
E	=	33019 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.90 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	448.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1626.0 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M _{max}	=	1097 kNm	massimo momento flettente

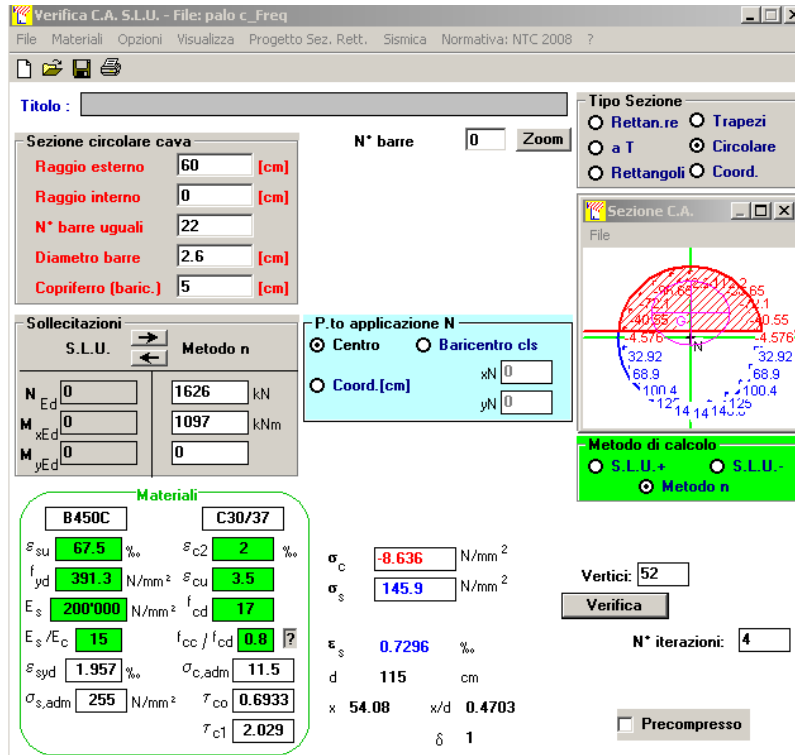


Figura 11: Stato tensionale

Comb. Frequente

$\sigma_{s,max}$	=	200	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	145.9	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
		1.37	verifica_ok	se >1 verifica soddisfatta

5.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente

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

L	=	25	m	lunghezza palo
E	=	33019	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	101787601976	mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800	mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.90	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero
V _{max}	=	388.0	kN	taglio alla testa del palo
N	=	1612.0	kN	sforzo assiale alla testa del palo
M _{max}	=	950	kNm	massimo momento flettente

Quasi Permanente

$\sigma_{s,max}$	=	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	111.9	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
		1.43	verifica_ok	se >1 verifica soddisfatta

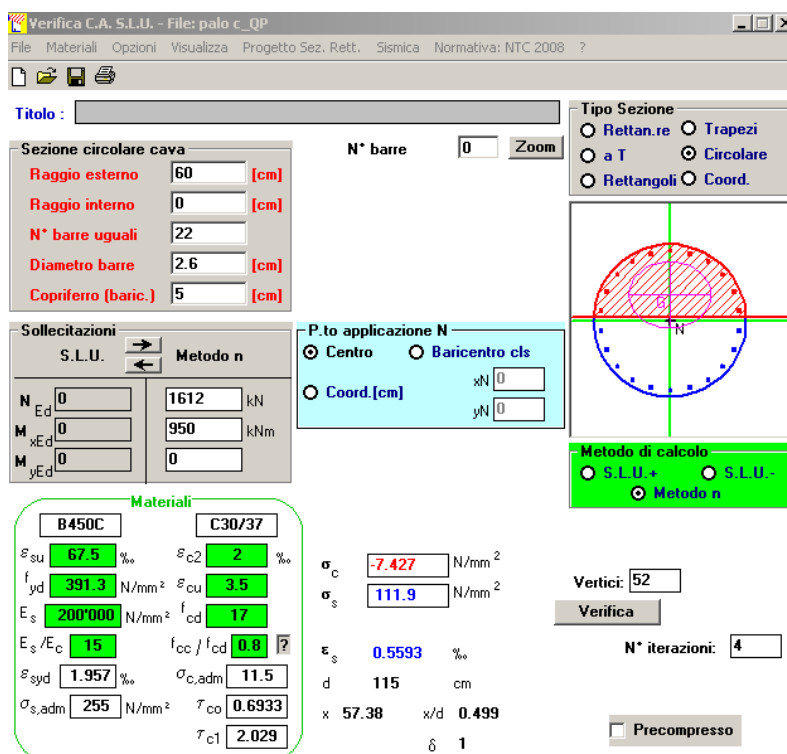


Figura 12: Stato tensionale

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.

	SLN	TF	ENNa	SLN_n
peso secco γ_d (kN/m ³)	20.3	20.3	19.1	22.6
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	20.3	20.3	19.1	22.6
coesione non dren. cu (kPa)	63	63	172	182
coesione dren. c' (kPa)	43	43	64	23
angolo attrito phi' (°)	17	17	18	20

Tabella 8: 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 9: Valori del coefficiente α in funzione di c_u

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

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

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

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:

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

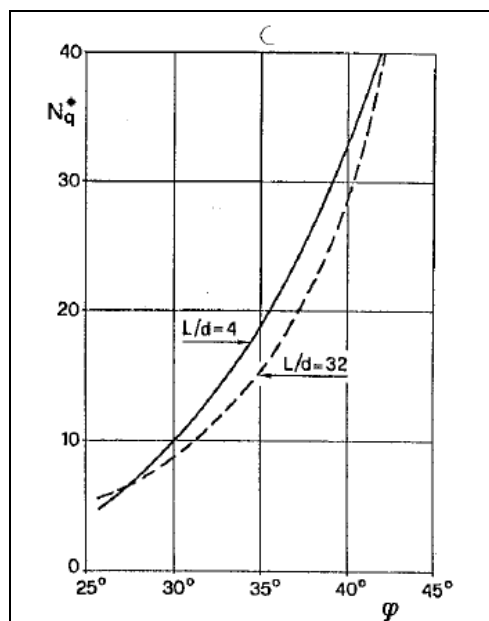


Figura 13: Coefficienti N_q

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 43 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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

	SLN	TF	ENNa	SLN_n
coeff. Nq (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. Nc (cond. drenate)	9.8	9.8	9.4	8.0

Tabella 10: – Coefficienti Nq ed Nc assunti per le diverse unità geotecniche

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata la falda 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. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	ENNa	45	0	45

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	SLN_n	9	0	9
2° strato	ENNa	36	9	45

6.1.2 Criteri di verifiche

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 44 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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 11: 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)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 12: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)

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 13: 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 45 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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 2.

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

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

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 14- 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.

azioni verticali massime in testa palo		caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali		lunghezza palo	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	
spalla A	3491.171385	3260.23723	1.2	16	25	225.21	4375.458	4473.087
spalla B	3997.356019	4219.020822	1.2	16	25	177.11	4764.736	4560.605

Tabella 15 –CARR. SX - 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:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 46 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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 SPB SX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	25.00	m	lunghezza palo
M_y	=	3656	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	172	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	43096	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	577491	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	16268	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.8	m	
M_{max}	=	96864.1	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	2849	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2848.7	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.65		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1726.5	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1328.1	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h		1036	kN	azione trasversale testa palo
check		1.28		se >1 verifica soddisfatta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 47 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Pali Spalla SPA_SX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	25.00	m	lunghezza palo
M _y	=	2600	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c _u	=	176	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q _{lim,1}	=	43998	kN	carico limite per palo corto
M _{max}	=	589578	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q _{lim,2}	=	16545	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7	m	
M _{max}	=	99352.2	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q _{lim,3}	=	2188	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	2187.8	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.65		fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	1325.9	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30		coefficiente parziale
Q _{lim,d}	=	1020.0	kN	carico limite (valore di progetto)
F _h		879	kN	azione trasversale testa palo
check		1.16		se >1 verifica soddisfatta

7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SPB_SX AGLI SLU

7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA

Il plinto di fondazione della spalla B carreggiata sinistra presenta pianta quadrata di lato 13,20 m ed altezza pari a 1.80 m. Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidezze della struttura reale. Il modello numerico è composto da n. 1560 elementi finiti di tipo shell e da n. 1671 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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia**

Relazione di Calcolo Spalle

Pagina 48 di 78

Nome file:
VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

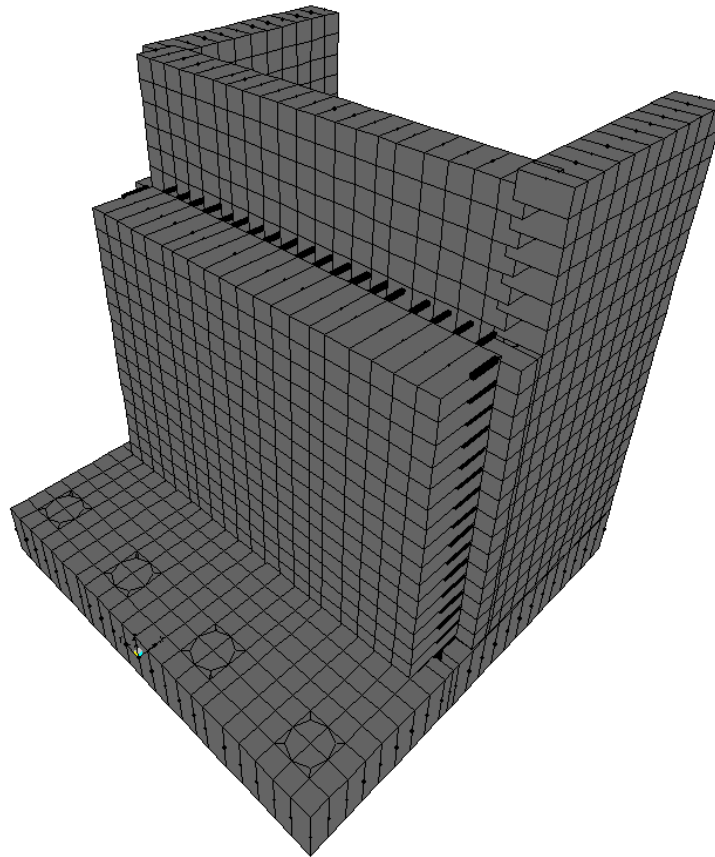


Figura 14: Modello 3d agli elementi finiti Spalla SPB-sx

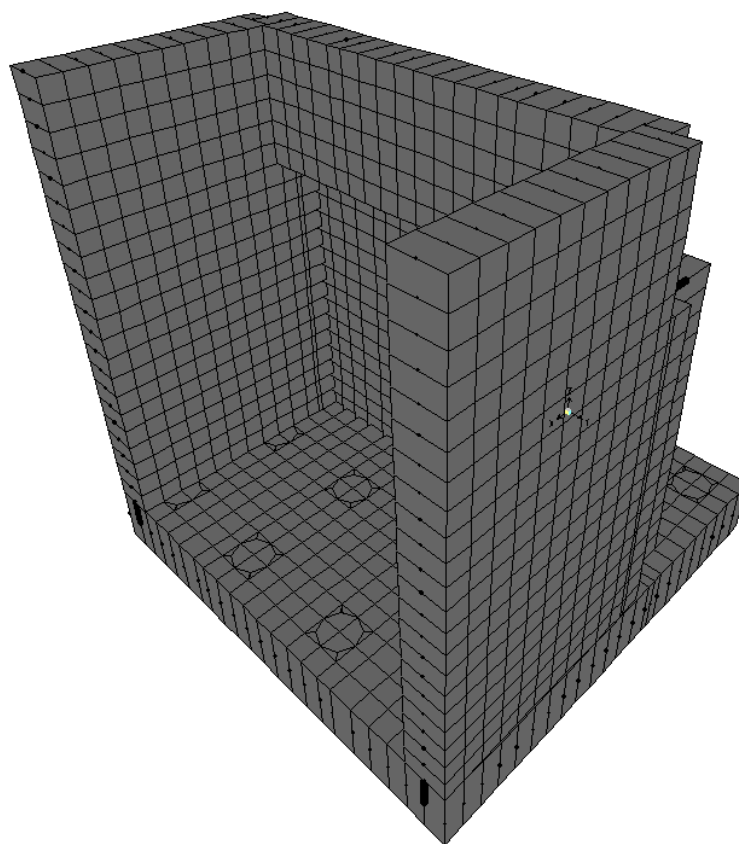


Figura 15: Modello 3d agli elementi finiti

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	=	permanent 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}).

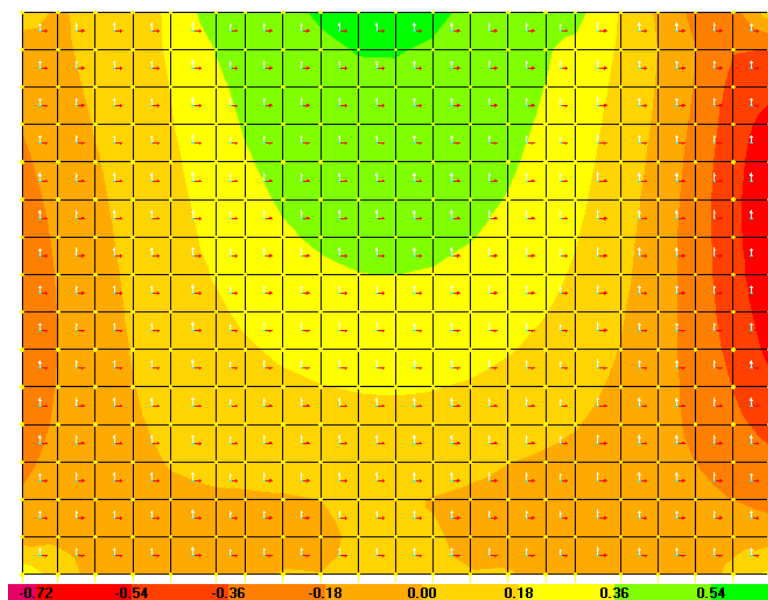


Figura 16: Involuppo Momento $M_{11,max}$.

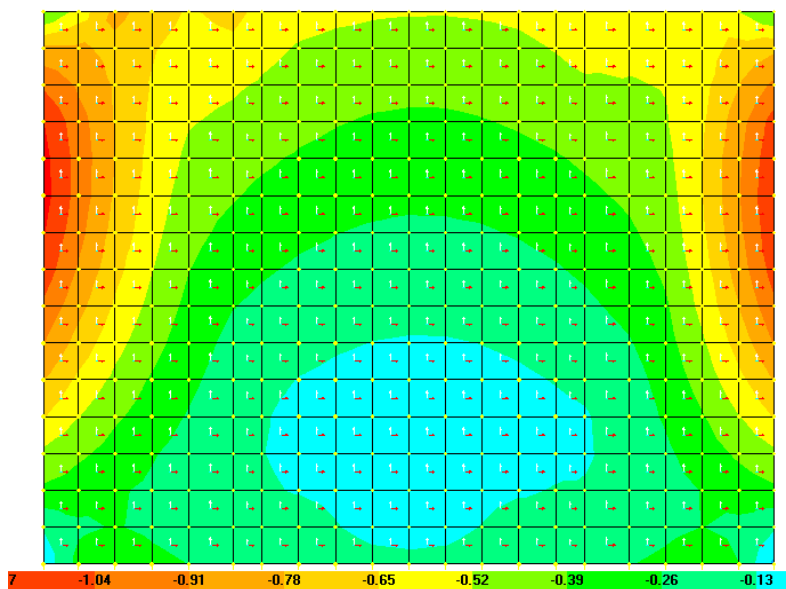


Figura 17: Involuppo Momento M11,min.

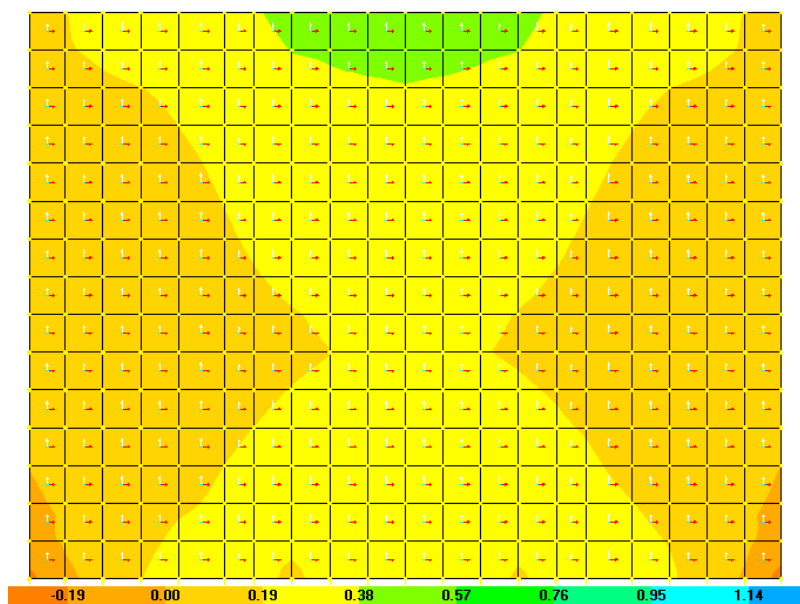


Figura 18: Involuppo Momento M22,max

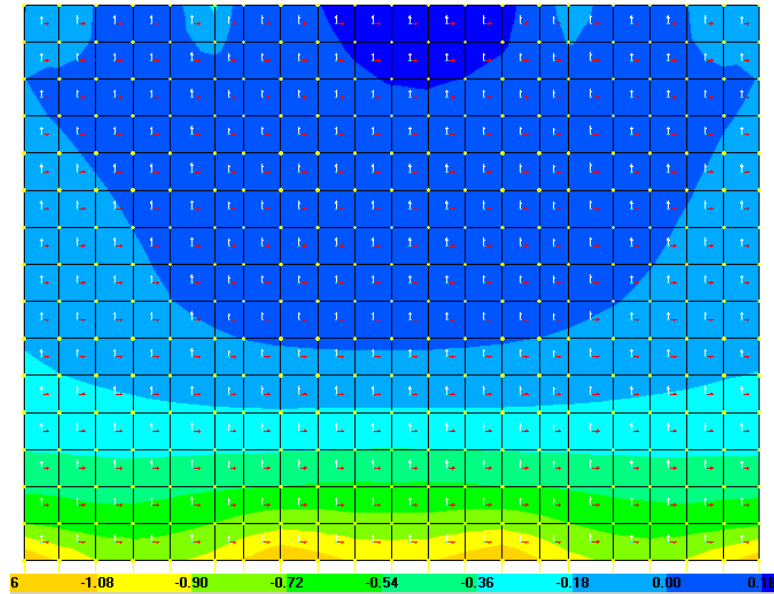


Figura 19: Involuppo Momento M22,min.

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

MURO FRONTALE		Verifica A Presso Flessione Momento Verticale											
Z	H								M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS		
[m]	[m]								[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	0-4	2	5	Φ	20	+	0	Φ	0	1000	1449	1.45	OK momento verticale Mz=M22-
Arm X-	0-4	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	300	1035	3.45	OK momento verticale Mz=M22+
Arm X+	4-5	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	100	751	7.51	OK momento verticale Mz=M22-
Arm X-	4-5	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	500	751	1.50	OK momento verticale Mz=M22+
Verifica A Presso Flessione Momento Orizzontale													
Z	H								M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS		
[m]	[m]								[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	0-4	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	300	752	2.51	OK momento orizzontale My=M11-
Arm X-	0-4	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	250	752	3.01	OK momento orizzontale My=M11+
Arm X+	4-5	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	500	752	1.50	OK momento orizzontale My=M11-
Arm X-	4-5	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	600	752	1.25	OK momento orizzontale My=M11+
Z	H								M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS		
[m]	[m]								[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm X+	0-4	2	5	Φ	16	+	5	Φ	16	700	1494	2.13	OK momento orizzontale My=M11-
Arm X-	4-5	2	5	Φ	16	+	0	Φ	0	1000	1494	1.49	OK momento orizzontale My=M11+

7.3.2 Verifiche a taglio

Si rappresentano nelle figure seguenti gli involuপি massimi degli sforzi di taglio orizzontale (agente sulle facce aventi normale la direzione orizzontale) e verticale (agente sulle facce aventi normale la direzione verticale). Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

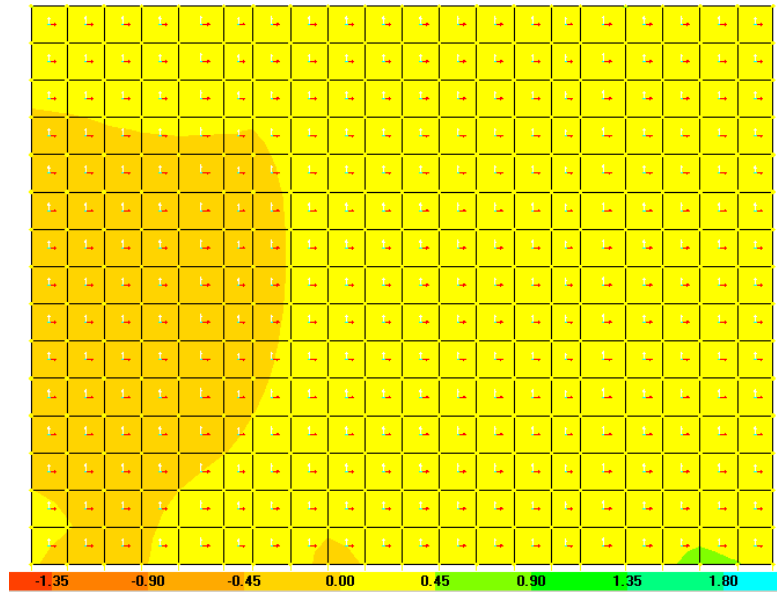


Figura 20: Involuppo del taglio agente nella direzione X (V13).

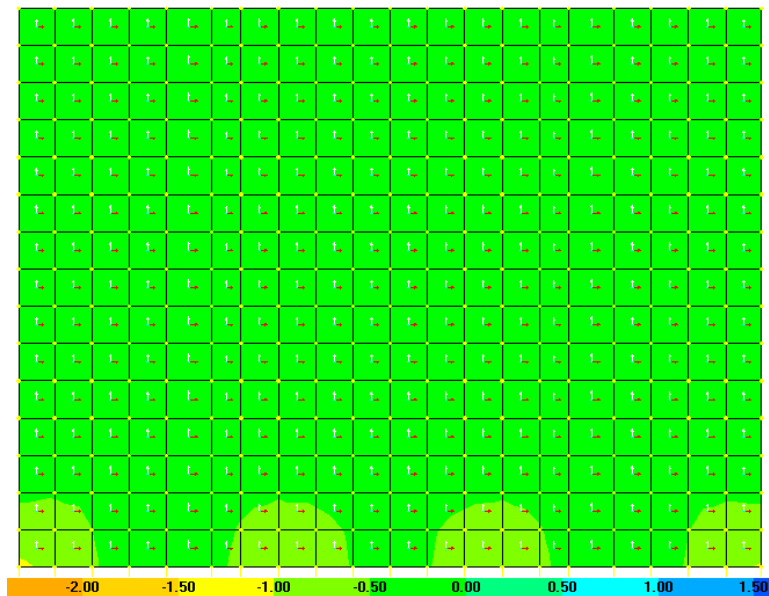


Figura 21: Involuppo del taglio agente nella direzione Y (V23).

muro muro
 frontale frontale

sezione di verifica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 54 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

corrispondente a V13max V23max

Sollecitazioni

V	=	400	900	kN	taglio
N	=	0	400	kN	sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	2000	2000	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1950	1950	mm	altezza utile

Materiali

R _{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A _{sl}	=	2544.0	2544.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _i	=	0.00127	0.00127		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V _{Rd}	=	558.0	616.5	kN	taglio resistente
FS	=	1.4	0.7		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	NO		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

Ø _w	=	16	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	502.65	384.85	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	72.2	32.5		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V _{Rsd}	=	2157.45	1651.80	kN	taglio resistente armatura
α _c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f' _{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	10317.9	10443.3	kN	taglio resistente calcestruzzo
V _{Rd}	=	2157.5	1651.8	kN	taglio resistente sezione
check	=	OK	OK		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 55 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

7.4 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

7.4.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO LATERALE		Verifica A Presso Flessione Momento Verticale								
	Z	H				M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS		
	[m]	[m]				[kNm/m]	[kNm/m]			
Arm Y+	0-4	1.2	5	Φ	26	1000	1144	1.14	OK	momento verticale $M_{z+}=M_{22+}$
Arm Y-	0-4	1.2	5	Φ	22	400	990	2.48	OK	momento verticale $M_{z-}=M_{22-}$
Arm Y+	4 - 7,8	0.8	5	Φ	22	400	603	1.51	OK	momento verticale $M_{z+}=M_{22+}$
Arm Y-	4 - 7,8	0.8	5	Φ	22	370	603	1.63	OK	momento verticale $M_{z-}=M_{22-}$
Arm Y+	7,8 - 12,70	0.8	5	Φ	18	200	360	1.80	OK	momento verticale $M_{z+}=M_{22+}$
Arm Y-	7,8 - 12,70	0.8	5	Φ	18	200	360	1.80	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+	0-4	1.2	5	Φ	20	500	684	1.37	OK	momento orizzontale $M_{x+}=M_{11+}$
Arm Y-	0-4	1.2	5	Φ	16	100	440	4.40	OK	momento orizzontale $M_{x-}=M_{11-}$
Arm Y+	4 - 7,8	0.8	10	Φ	22	900	1046	1.16	OK	momento orizzontale $M_{x+}=M_{11+}$
Arm Y-	4 - 7,8	0.8	5	Φ	16	100	283	2.83	OK	momento orizzontale $M_{x-}=M_{11-}$
Arm Y+	7,8 - 12,70	0.8	10	Φ	22	900	1046	1.16	OK	momento orizzontale $M_{x+}=M_{11+}$
Arm Y-	7,8 - 12,70	0.8	5	Φ	16	100	283	2.83	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.

sezione di verifica
corrispondente a **muri laterali** V13max **muri laterali** V23max

Sollecitazioni

V = 600 860 kN taglio
N = 0 260 kN sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

B = 1000 1000 mm larghezza sezione
H = 1200 1200 mm altezza sezione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 56 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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
 g_s = 1.15 1.15 coefficiente di sicurezza acciaio
 f_{yk} = 450.0 450.0 MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
 f_{yd} = 391.3 391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl} = 4555.0 4555.0 mm² armatura longitudinale
 ρ_l = 0.00380 0.00380 rapporto geometrico di armatura longitudinale
k = 1.4 1.4
 v_{min} = 0.3 0.3
 σ_{cp} = 0.0 0.2 MPa tensione media calcestruzzo
 $\sigma_{cp,ad}$ = 0.0 0.2 MPa tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
 V_{Rd} = 435.3 472.6 kN taglio resistente
FS = 0.7 0.5 >1 verifica soddisfatta
check = NO NO

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w = 14 14 mm diametro armatura resistente a taglio
 α = 90.0 90.0 ° inclinazione armatura
s = 400 400 mm interasse armature a taglio
 n_{br} = 2.5 2.5 numero bracci armatura trasversale
 A_{sw} = 384.85 384.85 mm² area armatura trasversale posta nell'interasse s
 $ctg\Theta (V)$ = 17.0 12.0
 $ctg\Theta$ = 2.5 2.5
 Θ = 22 22 ° inclinazione bielle di calcestruzzo
 V_{Rsd} = 974.14 974.14 kN taglio resistente armatura
 α_c = 1.00 1.01 coefficiente maggiorativo
 f'_{cd} = 8.23 8.23 MPa resistenza ridotta
 V_{Rcd} = 6084.9 6165.0 kN taglio resistente calcestruzzo
 V_{Rd} = 974.1 974.1 kN taglio resistente sezione
= 1.6 1.1
check = OK OK

7.5 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.5.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 57 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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+	0-3,8	1.2	5	Φ	16	250	440	1.76	OK	momento verticale $M_z=M_{22-}$
Arm X-	0-3,9	1.2	5	Φ	16	100	440	4.40	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 X+	0-3,8	1.2	10	Φ	18	900	1099	1.22	OK	momento orizzontale $M_y=M_{11-}$
Arm X-	0-3,9	1.2	5	Φ	16	200	555	2.78	OK	momento orizzontale $M_y=M_{11+}$

7.5.2 Verifiche a taglio

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

		muro paraghiaia	muro paraghiaia	
sezione di verifica corrispondente a		V13max	V23max	
Sollecitazioni				
V	=	500	100	taglio
N	=	0	100	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria				
B	=	1000	1000	larghezza sezione
H	=	1200	1200	altezza sezione
c	=	50	50	copriferro
d	=	1150	1150	altezza utile
Materiali				
R_{ck}	=	35.0	35.0	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.1	29.1	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	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
A_{sl}	=	2544.0	2544.0	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00212	0.00212	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4	
V_{min}	=	0.3	0.3	
σ_{cp}	=	0.0	0.1	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.1	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)

V_{Rd}	=	365.9	380.3	taglio resistente
FS	=	0.7	3.8	>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	OK	

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w	=	14	14	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	inclinazione armatura
s	=	400	400	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5	numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	384.85	384.85	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta$ (V)	=	20.4	102.7	
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5	
Θ	=	22	22	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	974.14	974.14	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01	coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	8.23	8.23	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	6084.9	6115.7	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	974.1	974.1	taglio resistente sezione
		1.9	9.7	
check	=	OK	OK	

7.6 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

7.6.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

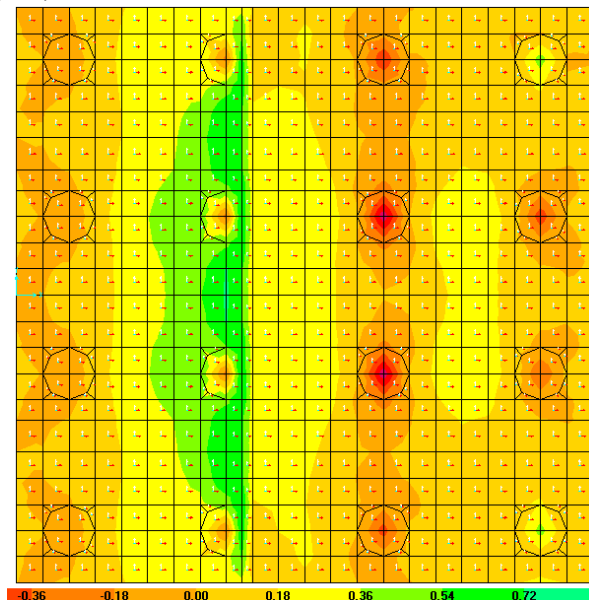


Figura 22: Involuppo Momento $M_{11,max}$

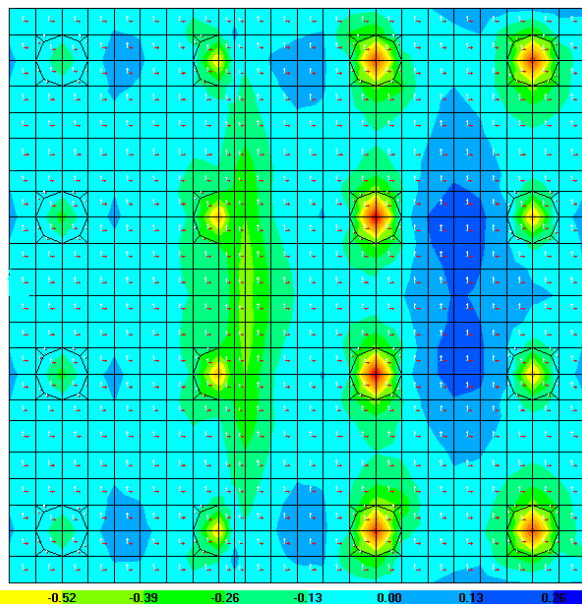


Figura 23: Involupto Momento M11,min

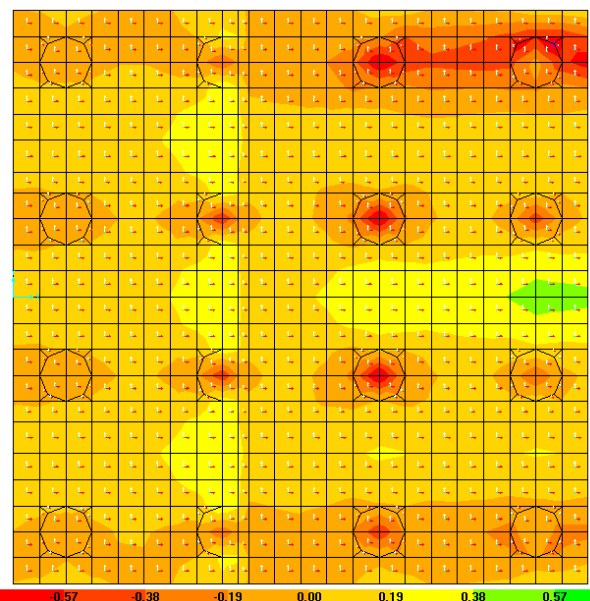


Figura 24: Involupto Momento M22,max

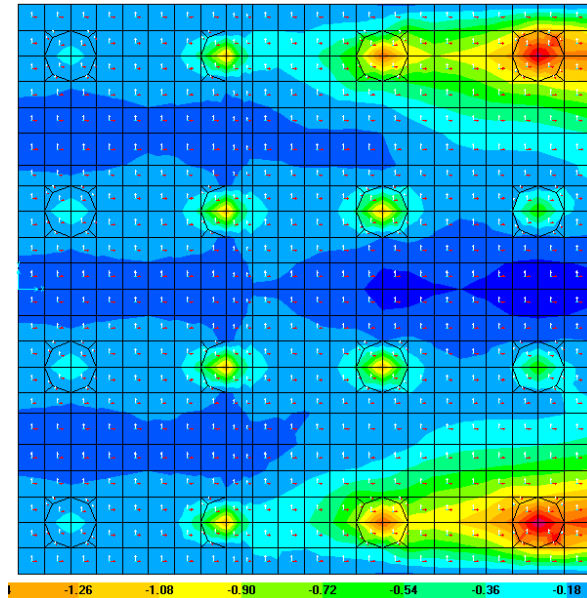


Figura 25: Involuppo Momento M22,min.

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

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	420	851	2.03	OK	momento longitudinale $M_x=M11+$
Arm-sup	X-sup	1.8	5	Φ	22	900	1267	1.41	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	1.8	5	Φ	18	700	851	1.22	OK	momento trasversale $M_y=M22+$
Arm-sup	Y-sup	1.8	5	Φ	22	350	1267	3.62	OK	momento trasversale $M_y=M22-$

7.6.2 Verifiche a taglio

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 61 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

plinto plinto

sezione di verifica

corrispondente a V13max V23max

Sollecitazioni

V	=	900	700	kN	taglio
N	=	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1800	1800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1750	1750	mm	altezza utile

Materiali

R _{ck}	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A _{sl}	=	3801.0	3801.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00211	0.00211		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
V _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	488.6	488.6	kN	taglio resistente
FS	=	0.5	0.7		>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	NO		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

Ø _v	=	24	24	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	1000	1000	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	904.78	904.78	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	22.2	28.5		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V _{Rsd}	=	1394.05	1394.05	kN	taglio resistente armatura
α _c	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f' _{cd}	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
V _{Rcd}	=	7936.9	7936.9	kN	taglio resistente calcestruzzo
V _{Rd}	=	1394.0	1394.0	kN	taglio resistente sezione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 62 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

check	=	1.5	2.0
		OK	OK

8 VERIFICA DELLA SPALLA SPB_SX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

In questo capitolo vengono riportate le verifiche agli stati limite di fessurazione della spalla B carreggiata sinistra.

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO SLE

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

Matrice coefficienti di combinazione dei carichi_ sle quasi permanente		
	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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 63 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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	molto aggressive
armature	poco sensibili

8.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENT E		comb. FREQUENT E			
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
Materiali							
Rck	=	45	45	45	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	37.35	37.35	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	45.35	45.35	45.35	45.35	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	3.35	3.35	3.35	3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	2.35	2.35	2.35	2.35	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.82	2.82	2.82	2.82	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.79	2.79	2.79	2.79	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
Geometri							
a							
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
Ø ₁	=	18	22	18	22	mm	diametro tondini inferiori

<p style="text-align: center;">CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Fosso Mumia				
	Relazione di Calcolo Spalle				
	Pagina 64 di 78				
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc				

d_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso
A_{s2}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	300.0	100.0	300.0	450.0	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}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	3173.0	3173.0	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	895.7	904.3	895.7	904.3	mm	distanza baricentro sezione ideale
J_{id}	=	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	530.7	530.7	530.7	530.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	584.2	589.9	584.2	589.9	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
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	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	=	-315.76	-370.02	220.57	274.83	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	7.48E+10	1.15E+11	4.90E+10	6.99E+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	=	1.27	0.32	-1.35	-1.77	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls
σ_s	=	124.3	27.7	140.3	142.4	MPa	calcolata nella sezione fessurata tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	1607.3	1622.9	1607.3	1622.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	5.36	16.23	5.36	3.61		check1
		verificato	verificato	verificato	verificato		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 65 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

8.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		Quasi Permanente	Quasi Permanente	Quasi Permanente	Quasi Permanente e		
		Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My			
		inf	sup	inf	sup		
Materiali							
Rck	=	45	45	45	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	37.35	37.35	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	45.35	45.35	45.35	45.35	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	3.35	3.35	3.35	3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	23.5	23.5	23.5	23.5	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.87	2.87	2.87	2.87	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.79	2.79	2.79	2.79	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
Geometri							
a							
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
Ø ₁	=	18	22	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	22	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso
A _{s2}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	200.0	200.0	250.0	450.0	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}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	3173.0	3173.0	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	895.7	904.3	895.7	904.3	mm	distanza baricentro sezione ideale
J _{id}	=	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	530.7	530.7	530.7	530.7	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	584.2	589.9	584.2	589.9	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 66 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	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	=	220.57	274.83	220.57	274.83	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.90E+10	6.99E+10	4.90E+10	6.99E+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	=	-0.90	-0.79	-1.12	-1.77	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	93.5	63.3	116.9	142.4	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1607.3	1622.9	1607.3	1622.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	8.04	8.11	6.43	3.61		check1
		verificato	verificato	verificato	verificato		

8.3 MURO FRONTALE

condizioni	
ambientali	aggressive
armature	poco sensibili

8.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENT E	comb. FREQUENT E	comb. FREQUENT E	comb. FREQUENT E	
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)		
		X-	X+	X-	X+	
Materiali						
R_{ck}	=	35	35	35	35	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 67 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MP	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	=	2000	2000	2000	2000	mm	altezza sezione

Armatura

n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	16	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1950	1950	1950	1950	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1005	1005	1005	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	16	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso
A_{s2}	=	1005	1005	1005	1005	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura superiore

Sollecitazioni

M	=	100.0	-700.0	270.0	-450.0	KNm	Momento di calcolo
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}	=	2000000	2000000	2000000	2000000	$\frac{mm^2}{2}$	area calcestruzzo
A_s	=	2010.6	2010.6	2010.6	2010.6	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura
A_{id}	=	2.03E+06	2.03E+06	2.03E+06	2.03E+06	$\frac{mm^2}{2}$	area sezione ideale
d_G	=	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	6.94E+11	6.94E+11	6.94E+11	6.94E+11	$\frac{mm^4}{4}$	momento d'inerzia baricentrico
ρ_{id}	=	584.6	584.6	584.6	584.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	658.2	658.2	658.2	658.2	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	$\frac{mm^2}{2}$	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	$\frac{mm^2}{2}$	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	$\frac{mm^4}{4}$	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	=	217.28	217.28	217.28	217.28	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.91E+10	4.91E+10	4.91E+10	4.91E+10	$\frac{mm^4}{4}$	momento d'inerzia 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 68 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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	=	-0.44	3.10	-1.19	1.99	MP	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	52.9	-370.4	142.9	-238.1	MP	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	1639.3	1639.3	1639.3	1639.3	kN	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	16.39	-2.34	6.07	-3.64	m	check1
w_{max}	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
\varnothing_{max}	=	-	16	-	16	mm	diametro massimo delle barre
σ_{s1}^*	=	-	240	-	240	MP	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp_s	=	-	180	-	180	a	spaziatura delle barre superiori
sp_i	=	-	180	-	180		spaziatura delle barre inferiori
sp_{max}	=	-	180	-	180	mm	spaziatura massima delle barre
σ_{s2}^*	=	-	240	-	240	MP	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	240	-	240	MP	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-0.65	-	-1.01	a	check2
c	=	-	42	-	42	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	125	-	125	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	125000	-	125000	mm ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	0.008	-	0.008		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	0.40	-	0.40		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MP	modulo elastico acciaio
d^*	=	-	250	-	250	a	zona efficace armatura
k_1	=	-	0.80	-	0.80	mm	0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ε_2	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ε_1	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k_2	=	-	0.50	-	0.50		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\varepsilon_1+\varepsilon_2)/2\varepsilon_1$ nel caso di t ensoflessione
k_3	=	-	3.40	-	3.40		
k_4	=	-	0.425	-	0.425		
Δ_{smax1}	=	-	481.0	-	481.0	mm	distanza media tra le fessure nella zona d^* attorno alle barre
Δ_{smax2}	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona d^* attorno alle barre
Δ_{sm}	=	-	481.0	-	481.0	mm	distanza media tra le fessure
ε_{sm}	=	-	-0.0011	-	-0.0007		deformazione unitaria media delle barre di armatura
w_m	=	-	-0.53	-	-0.34	mm	apertura media delle fessure
w_d	=	-	-0.909	-	-0.584	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 69 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

8.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. Quasi Permanente		comb. Quasi Permanente		
		Momento orizzontale (Y)	Momento orizzontale (Y)	Momento verticale (Z)	Momento verticale (Z)	
		X-	X+	X-	X+	
Materie						
Rck	=	35	35	35	35	MP a resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MP a resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MP a resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MP a resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MP a resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MP a resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MP a 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	m m base sezione
H	=	2000	2000	2000	2000	m m altezza sezione
Armatura						
n ₁	=	5	5	5	5	n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	16	16	16	m m diametro tondini inferiori
d ₁	=	1950	1950	1950	1950	m m distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1005	1005	1005	m m ² area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5	n. tondini superiori
Ø ₂	=	16	16	16	16	m m diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	m m distanza da lembo compresso
A _{s2}	=	1005	1005	1005	1005	m m ² area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	=	900.0	-700.0	270.0	400.0	kN m Momento di calcolo
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	m m eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A _{cls}	=	2000000	2000000	2000000	2000000	m m ² area calcestruzzo
A _s	=	2010.6	2010.6	2010.6	2010.6	m m ² area armatura
A _{id}	=	2.03E+06	2.03E+06	2.03E+06	2.03E+06	m m ² area sezione ideale
d _G	=	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	m m distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	6.94E+11	6.94E+11	6.94E+11	6.94E+11	m m ⁴ momento d'inerzia baricentrico
ρ _{id}	=	584.6	584.6	584.6	584.6	m m raggio d'inerzia sezione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 70 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

$Y_{nocc,s}$	=	658.2	658.2	658.2	658.2	m	quota punto di nocciolo superiore
						m	
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	m ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	m ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	m ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	m	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	m ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	m	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	m	quota punto di nocciolo inferiore
						m	
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	217.28	217.28	217.28	217.28	m	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.91E+10	4.91E+10	4.91E+10	4.91E+10	m ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	m ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-3.98	3.10	-1.19	-1.77	MP	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	476.3	-370.4	142.9	211.7	MP	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	1639.3	1639.3	1639.3	1639.3	kN	momento limite di apertura fessure
						m	
M_{fess} / M	=	1.82	-2.34	6.07	4.10		check1
w_{max}	=	0.20	0.20	0.20	0.20	m	valore limite ampiezza fessure
						m	
\varnothing_{max}	=	-	16	-	-	m	diametro massimo delle barre
σ_{s1}^*	=	-	200	-	-	MP	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
sp_s	=	-	180	-	-		spaziatura delle barre superiori
sp_i	=	-	180	-	-		spaziatura delle barre inferiori
sp_{max}	=	-	180	-	-	m	spaziatura massima delle barre
						m	
σ_{s2}^*	=	-	160	-	-	MP	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	160	-	-	MP	limite di tensione max nell'acciaio
						a	
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-0.43	-	-		check2
c	=	-	42	-	-	m	ricoprimento armatura
						m	
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	m	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	125	-	-	m	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
						m	
$A_{cb,eff}$	=	-	125000	-	-	m ²	area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	=	-	0.008	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
k_t	=	-	0.40	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 per carichi di lunga durata)
E_s	=	200000	200000	200000	200000	MP	modulo elastico acciaio
						a	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 71 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

d*	=	-	250	-	-	m	zona efficace armatura
k ₁	=	-	0.80	-	-	m	0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
ε ₂	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
ε ₁	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
k ₂	=	-	0.50	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; (ε ₁ +ε ₂)/2ε ₁ nel caso di t ensoflessione
k ₃	=	-	3.40	-	-		
k ₄	=	-	0.425	-	-		
Δ _{smax1}	=	-	481.0	-	-	m	distanza media tra le fessure nella zona d*
						m	attorno alle barre
Δ _{smax2}	=	-	-	-	-	m	distanza media tra le fessure al di fuori della
						m	zona d* attorno alle barre
Δ _{sm}	=	-	481.0	-	-	m	distanza media tra le fessure
						m	
ε _{sm}	=	-	-0.0011	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
W _m	=	-	-0.53	-	-	m	apertura media delle fessure
						m	
W _d	=	-	-0.91	-	-	m	valore di calcolo di apertura delle fessure
						m	
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

8.4 MURO PARAGHIAIA

condizioni	
ambientali	aggressive
armature	poco sensibili

8.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE FREQUENTE		FREQUENTE FREQUENTE			
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
		X-	X+	X-	X+		
Materiali							
R _{ck}	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	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 tes
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione

<p style="text-align: center;">CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Fosso Mumia				
	Relazione di Calcolo Spalle				
	Pagina 72 di 78				
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc				

Armatura

n_1	=	5	5	5	5	n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	18	16	16	mm diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1272	1005	1005	mm ² area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5	n. tondini superiori
\varnothing_2	=	18	16	16	16	mm diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1272	1005	1005	1005	mm ² area armatura superiore

Sollecitazioni

M	=	50.0	550.0	80.0	150.0	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}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ² area calcestruzzo
A_s	=	2277.7	2277.7	2010.6	2010.6	mm ² area armatura
A_{id}	=	1.23E+06	1.23E+06	1.23E+06	1.23E+06	mm ² area sezione ideale
d_G	=	598.2	601.8	600.0	600.0	mm distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.54E+11	1.54E+11	1.53E+11	1.53E+11	mm ⁴ momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	353.6	353.6	352.8	352.8	mm raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	390.4	392.7	392.5	392.5	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	=	160.15	181.64	162.46	162.46	mm distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.64E+10	2.02E+10	1.63E+10	1.63E+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	=	-0.49	-4.96	-0.80	-1.49	MPa tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	45.3	396.4	72.6	136.1	MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

<p style="text-align: center;">CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Fosso Mumia	
	Relazione di Calcolo Spalle	
	Pagina 73 di 78	
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc	

M_{fess}	=	605.9	609.5	602.9	602.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	12.12	1.11	7.54	4.02		check1
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

8.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
		Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)			
		X-	X+	X-	X+		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MP a	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MP a	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MP a	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MP a	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MP a	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MP a	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MP a	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	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	18	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1272	1005	1005	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	18	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1272	1005	1005	1005	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	50.0	50.0	50.0	120.0	kN m	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}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	$\frac{mm^2}{2}$	area calcestruzzo
A_s	=	2277.7	2277.7	2010.6	2010.6	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura
A_{id}	=	1.23E+06	1.23E+06	1.23E+06	1.23E+06	$\frac{mm^2}{2}$	area sezione ideale
d_G	=	598.2	601.8	600.0	600.0	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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 74 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

J_{id}	=	1.54E+11	1.54E+11	1.53E+11	1.53E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	353.6	353.6	352.8	352.8	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	390.4	392.7	392.5	392.5	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	=	160.15	181.64	162.46	162.46	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.64E+10	2.02E+10	1.63E+10	1.63E+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	=	-0.49	-0.45	-0.50	-1.19	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	45.3	36.0	45.4	108.9	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	605.9	609.5	602.9	602.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	12.12	12.19	12.06	5.02		check1
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

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	
		Y-	Y+	Y-	Y+	
		Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)		
Materiali						
Rck	=	35	35	35	35	MP resistenza caratteristica cubica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 75 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MP a	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MP a	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MP a	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MP a	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{ctm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MP a	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MP a	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	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione

Armatura

n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	20	22	26	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1571	1901	2655	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	20	16	26	22	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1571	1005	2655	1901	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura superiore

Sollecitazioni

M	=	550.0	500.0	670.0	250.0	kN m	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	200.0	200.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	3350	1250	mm	eccentricità

Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

A_{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	$\frac{mm^2}{2}$	area calcestruzzo
A_s	=	2576.1	2576.1	4555.3	4555.3	$\frac{mm^2}{2}$	area armatura
A_{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.27E+06	1.27E+06	$\frac{mm^2}{2}$	area sezione ideale
d_G	=	596.2	603.8	595.1	604.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.56E+11	1.56E+11	1.65E+11	1.65E+11	$\frac{mm^4}{4}$	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	354.5	354.5	360.3	360.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	388.1	393.0	380.5	386.8	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO 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 Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 76 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Comportamento sezione

parzialzzat a	parzialzzat a	parzialzzat a	parzialzzat a
------------------	------------------	------------------	------------------

Caratteristiche sezione parzialzzata

Y_n	=	157.66	200.51	238.34	361.38	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.64E+10	2.43E+10	2.96E+10	4.33E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzialzzata
S_n	=	0.00	0.00	9912145.4	42773869.69	mm ³	momento statico sezione parzialzzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-5.28	-4.13	-5.39	-2.09	MP	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	498.3	293.4	309.3	68.4	MP	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	609.1	616.8	685.9	697.2	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	1.11	1.23	1.02	2.79		check1
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3

8.5.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.		comb. QUASI PERM.		Arm Y-	Arm Y+	
		Momento orizzontale (X)						Arm Y-
		Y-	Y+	Y-	Y+			
Materiali								
R_{ck}	=	35	35	35	35	MP	resistenza caratteristica cubica	
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MP	resistenza caratteristica cilindrica	
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MP	resistenza cilindrica media	
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MP	resistenza media a trazione semplice	
f_{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MP	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)	
f_{ctm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MP	resistenza media a trazione per flessione	
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MP	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	m	base sezione	
H	=	1200	1200	1200	1200	m	altezza sezione	
Armatura								
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori	
\varnothing_1	=	16	20	22	26	m	diametro tondini inferiori	
d_1	=	1150	1150	1150	1150	m	distanza da lembo compresso	
A_{s1}	=	1005	1571	1901	2655	m ²	area armatura inferiore	

<p style="text-align: center;">CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Fosso Mumia
	Relazione di Calcolo Spalle
	Pagina 77 di 78
	Nome file: VI03-B-CL007_A.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

n_2	=	5	5	5	5	n. tondini superiori
\varnothing_2	=	20	16	26	22	m diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	m distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1571	1005	2655	1901	m ² area armatura superiore
Sollecitazioni						
M	=	400.0	450.0	500.0	650.0	kN Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	200.0	200.0	KN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	2500	3250	m eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione						
A_{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	m ² area calcestruzzo
A_s	=	2576.1	2576.1	4555.3	4555.3	m ² area armatura
A_{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.27E+06	1.27E+06	m ² area sezione ideale
d_G	=	596.2	603.8	595.1	604.9	m distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.56E+11	1.56E+11	1.65E+11	1.65E+11	m ⁴ momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	354.5	354.5	360.3	360.3	m raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	388.1	393.0	380.5	386.8	m quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione						
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	m ² area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	m ² area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	m ² area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	m distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	m ⁴ momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	m raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	m quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione						
		parzializza ta	parzializza ta	parzializza ta	parzializza ta	
Caratteristiche sezione parzializzata						
Y_n	=	157.66	200.51	251.12	286.28	m distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.64E+10	2.43E+10	2.99E+10	3.91E+10	m ⁴ momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	13911316. 08	13322464. 20	m ³ momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0	
Tensioni nei materiali						
σ_c	=	-3.84	-3.72	-4.20	-4.76	MP tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	362.4	264.1	225.3	215.3	MP tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione						
M_{fess}	=	609.1	616.8	685.9	697.2	kN momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	1.52	1.37	1.37	1.07	check1
		verificato	verificato	verificato	verificato	check3