

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

### ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

### Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

### Viadotto Arenella I

### Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 5 5 V I 2 1 2 V I 1 2 B C L 0 0 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 1 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>3</b>
1.1	PREMESSA .....	3
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO .....	3
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	7
1.4.1	Calcestruzzo.....	7
1.4.2	Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata.....	8
<b>2</b>	<b>ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO .....</b>	<b>9</b>
2.1	DESCIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO .....	9
<b>3</b>	<b>ANALISI DELLE PALIFICATE DELLE SPALLE .....</b>	<b>10</b>
3.1	SPALLA SPA_sx .....	10
3.1.1	Azioni trasmesse dall'impalcato.....	10
3.1.2	Azioni trasmesse dalla spalla.....	11
3.1.3	Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali .....	13
3.1.4	Combinazioni di carico SLU.....	14
3.1.5	Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_sx .....	16
3.1.6	Combinazioni di carico SLE .....	18
3.1.7	Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_sx .....	20
3.2	SPALLA SPB_sx .....	21
3.2.1	Azioni trasmesse dall'impalcato.....	21
3.2.2	Azioni trasmesse dalla spalla.....	21
3.2.3	Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali .....	24
3.2.4	Combinazioni di carico SLU.....	25
3.2.5	Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_sx .....	25
3.2.6	Combinazioni di carico SLE .....	26
3.2.7	Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_sx .....	26
<b>4</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI (SLU) .....</b>	<b>28</b>
4.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX.....	28
4.1.1	Verifica per tensioni normali .....	29
4.1.2	Verifica a taglio .....	29
4.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX.....	31
4.2.1	Verifica per tensioni normali .....	32
4.2.2	Verifica a taglio .....	32
<b>5</b>	<b>VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) .....</b>	<b>33</b>
5.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX.....	33
5.1.1	SLE - FESSURAZIONE.....	33
5.1.2	SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI.....	34
5.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX.....	35
5.2.1	SLE - FESSURAZIONE.....	35
5.2.2	SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI.....	37
<b>6</b>	<b>VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI.....</b>	<b>38</b>
6.1	CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO .....	38
6.1.1	Criteri di calcolo del carico limite verticale.....	38
6.1.2	Criteri di verifiche .....	40
6.1.3	Risultati .....	41
6.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE .....	42
6.2.1	Criteri di calcolo del carico limite orizzontale .....	42
6.2.2	Criteri di verifica.....	42
6.2.3	Risultati .....	42
<b>7</b>	<b>ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SPB_SX AGLI SLU .....</b>	<b>44</b>
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA .....	44
7.2	ANALISI DEI CARICHI .....	45

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 2 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE .....	46
7.3.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i> .....	46
7.3.2	<i>Verifiche a taglio</i> .....	47
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI .....	48
7.4.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i> .....	48
7.4.2	<i>Verifiche a taglio</i> .....	49
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA .....	50
7.5.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i> .....	50
7.5.2	<i>Verifiche a taglio</i> .....	50
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE .....	52
7.6.1	<i>Verifiche di resistenza per tensioni normali</i> .....	52
7.6.2	<i>Verifiche a taglio</i> .....	53
<b>8</b>	<b>VERIFICA DELLA SPALLA SPB_SX AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE .....</b>	<b>54</b>
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLE .....	54
8.2	PLINTO DI FONDAZIONE .....	55
8.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i> .....	55
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i> .....	58
8.3	MURO FRONTALE .....	61
8.3.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i> .....	61
8.3.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i> .....	63
8.4	MURO PARAGHIAIA .....	66
8.4.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i> .....	66
8.4.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i> .....	69
8.5	MURI LATERALI .....	71
8.5.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti</i> .....	71
8.5.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente</i> .....	74

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 3 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata sinistra del viadotto denominato **Arenella I** inserito nei lavori per l'ammmodernamento e l'adeguamento alla cat. B del D.M. 5.11.2001 della S.S. 640 "di Porto Empedocle" nel tratto dal km 44+000 allo svincolo con l' A19.

### 1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico con raggio di curvatura minimo pari a 1188 m. La carreggiata in esame è composta da 6 campate le cui luci sono riportate in tabella:

**Tabella 1: Luci campate carreggiata sinistra**

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

L'impalcato viene realizzato con travi a cassoncino in cemento armato precompresso a cavi pretesi, e sovrastante soletta gettata in opera; in asse ad ogni pila sono presenti traversi gettati in opera, che rendono tra loro solidali le travi, varate in semplice appoggio su dispositivi provvisori, realizzando uno schema finale di trave continua a 6 campate.

La sezione trasversale dell'impalcato è formata da 4 travi a cassoncino, di altezza 1800 mm, disposte ad interasse trasversale di 2.5 m, con larghezza complessiva 12.48 m compresi i cordoli laterali di larghezza 0.75 m ed 1.23 m, e piano viabile di 10.5 m; la soletta ha uno spessore di 250 mm, al lordo delle predelle che ne sostengono il getto.

**Tabella 2: Altezza Pile carreggiata sinistra**

Carreggiata SX			
PILA	H <sub>fusto</sub> [m]	H <sub>pulvino</sub> [m]	H [m]
P01	4.50	1.5	6.00
P02	11.00	1.5	12.50
P03	9.00	1.5	10.50
P04	5.00	1.5	6.50
P05	3.00	1.5	4.50

L'impalcato è vincolato alle pile ed alle spalle mediante isolatori sismici ad elastomero armato; questi funzionano come appoggi elastici lineari sia in fase sismica che per le azioni statiche agenti, compreso effetti lenti quali variazioni termiche, fluage e ritiro. Tali dispositivi sono caratterizzati da:

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

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

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

Le due spalle (chiamate SPA<sub>sx</sub> e SPB<sub>sx</sub>) 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 6.90 m x 13.20 m, altezza 1,60 m ed è fondata su 8 pali di diametro Ø1200 e di lunghezze 18 m per la spalla A e 20 m per la spalla B.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 4 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

Nella presente relazione, per quanto riguarda la carreggiata di destra, si analizzerà la SPA\_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 tutti i casi.(Palificata della SPA\_sx, palificata della SPB\_sx).

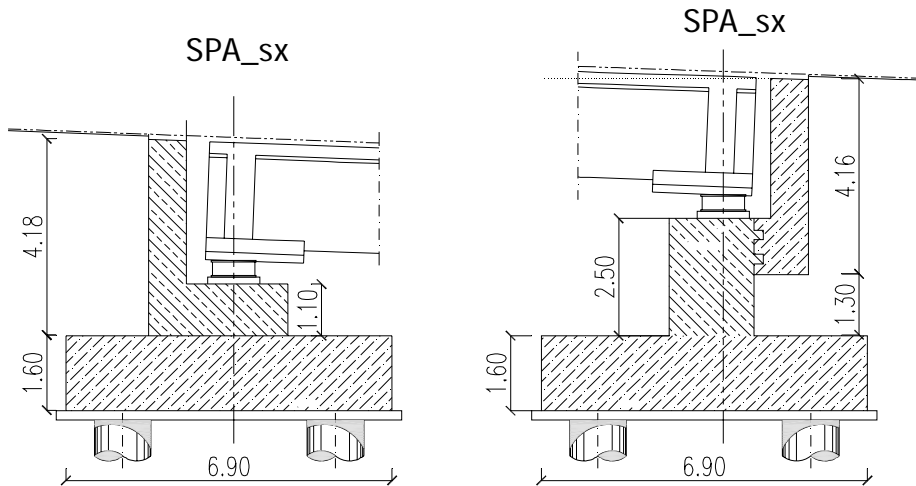


Figura 1: Sezione laterale Spalle

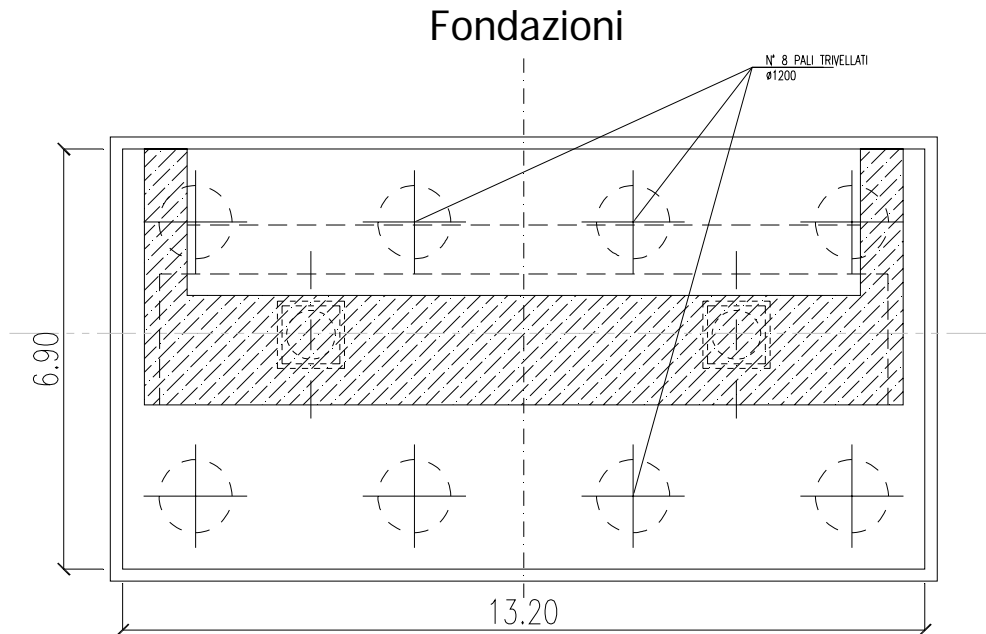


Figura 2: Pianta spiccato

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 5 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

<b>Geometrie Spalla SPA_sx</b>	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
plinto di fondazione	6.90	13.20	1.60	145.7
muro frontale	2.40	12.48	1.10	32.9
muro paraghiaia	0.50	12.48	3.00	18.7
muro laterale sx	2.50	0.70	4.40	7.7
muro laterale dx	2.50	0.70	4.40	7.7
bandiera sx	2.20	0.70	2.4	2.62
bandiera dx	2.20	0.70	2.4	2.62
N° Pali	8			
Lunghezza pali	18			

<b>Geometrie Spalla SPB_sx</b>	Bx	By	Bz	V
	[m]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
plinto di fondazione	6.90	13.20	1.60	145.7
muro frontale	2.40	12.48	1.10	32.9
muro paraghiaia	0.50	12.48	3.00	18.7
muro laterale sx	2.50	0.70	4.40	7.7
muro laterale dx	2.50	0.70	4.40	7.7
bandiera sx	2.20	0.70	2.4	2.62
bandiera dx	2.20	0.70	2.4	2.62
N° Pali	8			
Lunghezza pali	20			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 6 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 7 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## 1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 1.4.1 Calcestruzzo

#### Calcestruzzo PALI C32/40

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

#### Calcestruzzo ZATTERE C32/40

$R_{ck}$	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	41.2	MPa	resistenza cilindrica media
$\alpha_{cc}$	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\gamma_c$	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
$f_{cd}$	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctm}$	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
$f_{ctk}$	=	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$c$	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
$f_{ctd}$	=	1.45	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
$f_{cfm}$	=	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
$E_{cm}$	=	33643	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XA2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

#### Calcestruzzo ELEVAZIONE C25/30

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 8 di 77
	Nome file: V112-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

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

#### Calcestruzzo BAGGIOLI C25/30

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

#### 1.4.2 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

##### ACCIAIO PER C.A. B450C

$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	MPa	tensione nominale di rottura
$f_{yk}$	$\geq$	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{t,nom}$	$\geq$	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k$	$\geq$	1.15		
$(f_t/f_y)_k$	$<$	1.35		
$\gamma_s$	=	1.15		coefficiente di sicurezza
$f_{yd}$	=	391	MPa	tensione di snervamento di calcolo
$\sigma_s$	=	360.0	MPa	massima tensione in esercizio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 9 di 77
	Nome file: V112-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## 2 ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

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

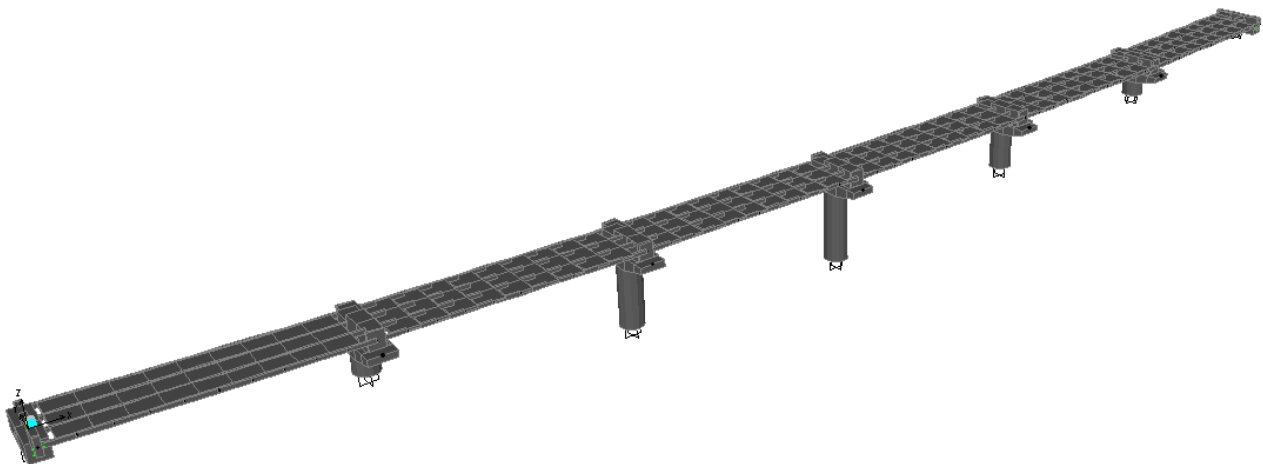
$$K_e = 3.03 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

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

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

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

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



**Figura 3: Modello numerico del viadotto**

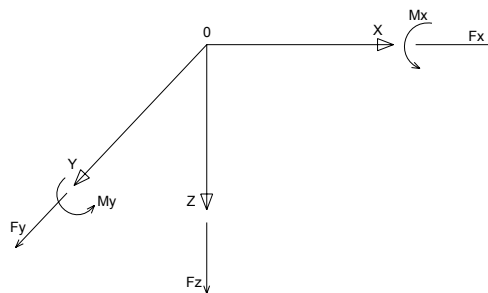
Per una descrizione di maggiore dettaglio dei modelli di calcolo messi a punto si rimanda alla relazione di calcolo delle pile.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 10 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### 3 ANALISI DELLE PALIFICATE DELLE SPALLE

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

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



**Figura 4: Sistema di riferimento**

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

#### 3.1 SPALLA SPA\_sx

##### 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	2223	106	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	398	14	0	permanententi portati
e2	102	2	495	25	154	ritiro
e3.1	65	2	203	15	98	carico termico (max azione verticale)
e3.2	187	5	-76	4	280	carico termico (max azione orizzontale)
q1.1	0	0	1846	1797	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	4	1394	4469	1	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	123	1	0	2	185	frenatura
q4	0	5	0	8	1	azione centrifuga
q5	13	154	0	308	20	azione del vento trasversale
q6.1x	586	82	-23	136	879	sisma longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 11 di 77 Nome file: V112-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX
--	---

q6.1y	177	262	-23	439	266	sisma trasversale
q6.1z	176	79	-77	132	264	sisma verticale
q7	26	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

### 3.1.2 Azioni trasmesse dalla spalla

#### Peso proprio spalla (g1)

$\gamma_{cls}$	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	3643.2 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	823.7 kN	muro frontale
g1.3	=	468.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	192.5 kN	muro laterale sx
g1.5	=	192.5 kN	muro laterale dx
g1.6	=	65.5 kN	bandiera sx
g1.7	=	65.5 kN	bandiera dx
g1.8	=	12.1 kN	baggioli
g1.9	=	14.2 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	5477.1 kN	azione verticale
x	=	3.13 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.62 m	coordinata z punto di applicazione

#### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma_t$	=	18 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	129.8 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	2336.4 kN	peso del terreno
x	=	1.25 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80 m	coordinata z punto di applicazione

#### Spinta del terreno (g3)

$\gamma$	=	18 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	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	=	5.70 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1556.1 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.90 m	coordinata z punto di applicazione

#### Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00 kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35 °	angolo di attrito del terreno

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 12 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

K	=	0.426		coefficiente di spinta
H	=	5.70	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
F <sub>x</sub>	=	606.7	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	=	-2.85	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale				
B <sub>x</sub>	=	2.50	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
F <sub>z</sub>	=	624.0	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.25	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	m	coordinata z punto di applicazione

### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a <sub>g</sub>	=	0.095	g	accelerazione di picco
S <sub>S</sub>	=	1.50		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S <sub>T</sub>	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50		
β <sub>m</sub>	=	1.00		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a <sub>max</sub>	=	0.143	g	accelerazione massima
K <sub>h</sub>	=	0.143		coefficiente sismico orizzontale
K <sub>v</sub>	=	0.071		coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

γ	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	5.70	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	1040.0		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)

Ipotesi di struttura flessibile

φ	=	35	°	angolo di attrito angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
ψ	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
β	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
δ	=	0	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera
θ	=	7.58	°	di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = Kh / (1 + K_v)$
K <sub>1</sub>	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \Phi - \vartheta$
K <sub>2</sub>	=	0.802		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \Phi - \vartheta$
K	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	2462	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 13 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

$\Delta S$	=	905.5	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
$\Delta P$	=	1040.0	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	=	-2.85	m	coordinata z punto di applicazione

### Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	<b>Fi</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
plinto	519	3.45	0.00	-0.80
muro frontale	117	3.70	0.00	-2.15
paraghiaia	67	2.25	0.00	-4.20
muro laterale sx	27	1.25	5.89	-3.80
muro laterale dx	27	1.25	-5.89	-3.80
bandiera sx	9	-0.95	5.89	-5.10
bandiera dx	9	-0.95	-5.89	-5.10
baggioli	2	3.55	0.00	-2.80
apparecchi di appoggio	2	3.55	0.00	-3.08
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	333	1.25	0.00	-3.80
risultante intradosso plinto	1113	2.56	0.00	-2.27
risultante base muro frontale	259	2.47	0.00	-3.24

### 3.1.3 Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali

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

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

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

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2223	106	-222	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	5477	0	1776	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	398	14	-40	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	2336	0	5140	terreno su plinto spalla
g3-sp	1556	0	0	0	-2957	spinta del terreno su spalla
e2-imp	102	2	495	33	-211	ritiro
e3.1	65	2	203	21	-123	carico termico differenziale
e3.2	187	5	-76	19	-286	
q1.1-imp	0	0	1846	1797	-185	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)





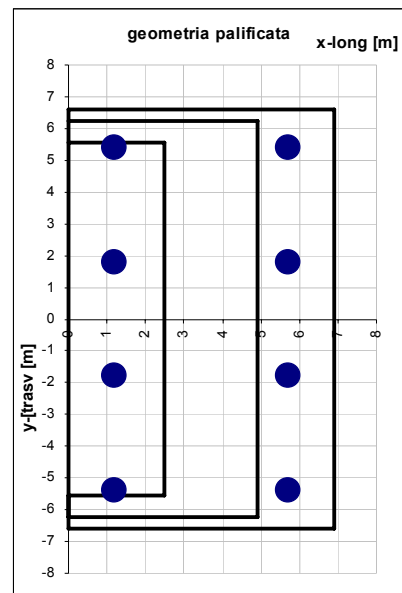


CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 16 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

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

### 3.1.5 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA\_sx

Geometria della palificata				
			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y	Jxi	Jyi
1	1.20	5.40	29.16	5.06
2	1.20	1.80	3.24	5.06
3	1.20	-1.80	3.24	5.06
4	1.20	-5.40	29.16	5.06
5	5.70	5.40	29.16	5.06
6	5.70	1.80	3.24	5.06
7	5.70	-1.80	3.24	5.06
8	5.70	-5.40	29.16	5.06



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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 17 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

**Tabella 4: Sollecitazioni sui singoli pali nelle combinazioni agli SLU**

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLU1	2622	2529	2436	2343	2197	2104	2011	1918	2622	1918	391	18	391
SLU2	2590	2498	2405	2312	2178	2085	1992	1899	2590	1899	402	18	402
SLU3	2566	2512	2458	2404	2136	2082	2028	1974	2566	1974	388	-17	388
SLU4	2534	2480	2426	2372	2118	2064	2010	1956	2534	1956	399	-16	399
SLU5	2700	2507	2313	2119	2268	2075	1881	1687	2700	1687	391	18	391
SLU6	2669	2475	2281	2088	2249	2056	1862	1669	2669	1669	402	19	402
SLU7	2644	2489	2335	2180	2208	2053	1898	1744	2644	1744	388	-16	388
SLU8	2612	2458	2303	2149	2189	2034	1880	1725	2612	1725	399	-16	399
SLU9	2487	2411	2334	2258	2074	1997	1921	1845	2487	1845	388	18	389
SLU10	2455	2379	2303	2226	2055	1979	1902	1826	2455	1826	399	18	399
SLU11	2431	2393	2356	2319	2013	1976	1939	1901	2431	1901	385	-16	386
SLU12	2399	2362	2324	2287	1994	1957	1920	1883	2399	1883	396	-16	396
SLU13	2546	2394	2242	2090	2127	1975	1824	1672	2546	1672	388	19	389
SLU14	2514	2362	2210	2059	2109	1957	1805	1653	2514	1653	399	19	400
SLU15	2489	2376	2264	2151	2067	1954	1841	1728	2489	1728	385	-16	386
SLU16	2457	2345	2232	2119	2048	1935	1822	1710	2457	1710	396	-16	396
SLU17	2504	2427	2350	2273	2059	1982	1905	1828	2504	1828	365	19	366
SLU18	2472	2396	2319	2242	2040	1963	1886	1809	2472	1809	376	19	377
SLU19	2448	2410	2372	2334	1998	1960	1922	1884	2448	1884	362	-16	363
SLU20	2416	2378	2340	2302	1979	1941	1903	1866	2416	1866	373	-16	373
SLU21	2563	2410	2258	2105	2112	1960	1807	1655	2563	1655	365	19	366
SLU22	2531	2379	2226	2074	2093	1941	1789	1636	2531	1636	376	19	377
SLU23	2506	2393	2279	2166	2052	1938	1825	1711	2506	1711	362	-15	363
SLU24	2475	2361	2248	2134	2033	1919	1806	1693	2475	1693	373	-15	373
SLU25	2522	2433	2343	2254	2077	1988	1899	1810	2522	1810	366	29	367
SLU26	2490	2401	2312	2223	2059	1970	1881	1792	2490	1792	377	30	378
SLU27	2428	2403	2379	2355	1976	1952	1928	1904	2428	1904	361	-28	362
SLU28	2396	2372	2348	2324	1958	1934	1910	1886	2396	1886	372	-28	373
SLU29	2580	2416	2251	2086	2131	1966	1802	1637	2580	1637	366	30	367
SLU30	2548	2384	2219	2055	2112	1948	1783	1619	2548	1619	377	30	378
SLU31	2486	2387	2287	2187	2030	1930	1831	1731	2486	1731	361	-28	362
SLU32	2454	2355	2255	2156	2011	1912	1812	1713	2454	1713	372	-27	373
SLU33	2512	2436	2359	2283	2073	1997	1920	1844	2512	1844	369	18	369
SLU34	2459	2383	2307	2230	2042	1966	1889	1813	2459	1813	387	18	388
SLU35	2456	2418	2381	2344	2012	1975	1938	1900	2456	1900	366	-17	366
SLU36	2403	2366	2328	2291	1981	1944	1907	1870	2403	1870	384	-16	385
SLU37	2571	2419	2267	2115	2127	1975	1823	1671	2571	1671	369	18	369
SLU38	2518	2366	2214	2063	2095	1944	1792	1640	2518	1640	387	19	388
SLU39	2514	2401	2289	2176	2066	1953	1840	1728	2514	1728	366	-16	366
SLU40	2461	2349	2236	2123	2035	1922	1809	1697	2461	1697	384	-16	385
SLV1	1230	1215	1200	1184	1568	1552	1537	1522	1568	1184	556	11	556
SLV2	1208	1193	1178	1162	1555	1539	1524	1509	1555	1162	563	11	563
SLV3	1712	1603	1493	1384	1368	1258	1149	1040	1712	1040	236	172	292
SLV4	1690	1581	1472	1362	1355	1245	1136	1027	1690	1027	243	173	298
SLV5	1661	1646	1631	1616	1261	1246	1231	1216	1661	1216	235	10	236
SLV6	1639	1624	1609	1594	1248	1233	1218	1204	1639	1204	243	10	243



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 19 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

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

**Tabella 7: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente**

	<b>SLE-QP1</b>	<b>SLE-QP2</b>
g1-imp	1	1
g1-sp	1	1
g2-imp	1	1
g2-sp	1	1
g3-sp	1	1
e2-imp	1	1
e3.1	0.50	0.00
e3.2	0.00	0.50
q1.1-imp	0	0
q1.2-imp	0	0
q1t-sp	0	0
q3-imp	0	0
q4-imp	0	0
q5-imp	0	0
q6.1x-imp	0	0
q6.1y-imp	0	0
q6.1z-imp	0	0
q6.1x-sp	0	0
q6.2x-sp	0	0
q6.2y-sp	0	0
q6.2z-sp	0	0
q7-imp	0.60	0.60

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 20 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### 3.1.7 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA\_sx

#### Combinazione Frequente

Tabella 8: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Frequente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-F1	1847	1800	1754	1707	1518	1472	1426	1379	1847	1379	271	4	271
SLE-F2	1820	1774	1728	1681	1503	1456	1410	1364	1820	1364	280	5	281
SLE-F3	1834	1796	1759	1721	1505	1467	1429	1392	1834	1392	271	-3	271
SLE-F4	1808	1770	1732	1695	1489	1452	1414	1376	1808	1376	280	-3	280
SLE-F5	1360	1445	1529	1613	1005	1089	1174	1258	1613	1005	271	4	271
SLE-F6	1334	1418	1503	1587	989	1074	1158	1243	1587	989	280	4	280
SLE-F7	1348	1441	1534	1627	991	1085	1178	1271	1627	991	271	-4	271
SLE-F8	1321	1414	1507	1601	976	1069	1162	1255	1601	976	280	-4	280

Riepilogo - SLE_Frequente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1847	271
Nmin	976	280
Vmax	1364	281

#### Combinazione Quasi Permanente

Tabella 9: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Quasi permanente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1573	1569	1564	1560	1198	1194	1189	1184	1573	1184	213	0	213
SLE-QP2	1551	1547	1542	1538	1185	1181	1176	1172	1551	1172	221	1	221

Riepilogo - SLE_Quasi Permanente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1573	213
Nmin	1172	221
Vmax	1172	221

#### Combinazione Caratteristica (Rara)

Tabella 10: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Caratteristica

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-C1	1859	1804	1749	1694	1532	1477	1422	1367	1859	1367	272	12	272
SLE-C2	1833	1778	1723	1668	1516	1461	1406	1351	1833	1351	281	12	281
SLE-C3	1822	1792	1763	1734	1491	1462	1433	1404	1822	1404	270	-11	270

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 21 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

<b>SLE-C4</b>	1795	1766	1737	1708	1476	1447	1418	1389	1795	1389		279	-11	279
<b>SLE-C5</b>	1373	1449	1524	1600	1018	1094	1170	1246	1600	1018		272	12	272
<b>SLE-C6</b>	1346	1422	1498	1574	1003	1079	1154	1230	1574	1003		281	12	281
<b>SLE-C7</b>	1335	1437	1539	1640	978	1080	1181	1283	1640	978		270	-11	270
<b>SLE-C8</b>	1309	1411	1512	1614	962	1064	1166	1268	1614	962		279	-11	279

Riepilogo - SLE_Caratteristica		
	<b>N</b>	<b>V</b>
Comb	kN	kN
Nmax	1859	272
Nmin	962	279
Vmax	1351	281

## 3.2 SPALLA SPB\_sx

### 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)

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2224	106	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	398	14	0	permanenti portati
e2	102	3	495	26	153	ritiro
e3.1	65	2	203	16	98	carico termico (max azione verticale)
e3.2	186	5	-76	4	280	carico termico (max azione orizzontale)
q1.1	0	0	1846	1797	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	3	1394	4466	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	123	2	0	2	185	frenatura
q4	0	5	0	8	1	azione centrifuga
q5	13	153	0	307	20	azione del vento trasversale
q6.1x	585	85	-23	141	878	sisma longitudinale
q6.1y	179	260	-23	435	269	sisma trasversale
q6.1z	176	79	-77	131	264	sisma verticale
q7	26	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

### 3.2.2 Azioni trasmesse dalla spalla

#### Peso proprio spalla (g1)

$\gamma_{cls}$	=	25 kN/m <sup>3</sup>	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	3643.2 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	823.7 kN	muro frontale
g1.3	=	468.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	192.5 kN	muro laterale sx
g1.5	=	192.5 kN	muro laterale dx
g1.6	=	65.5 kN	bandiera sx
g1.7	=	65.5 kN	bandiera dx

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 22 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

g1.8	=	12.1 kN	baggioli
g1.9	=	14.2 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	5477.1 kN	azione verticale
x	=	3.13 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.62 m	coordinata z punto di applicazione

### Peso terreno su fondazione (g2)

$\gamma t$	=	18 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	129.8 m <sup>3</sup>	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	2336.4 kN	peso del terreno
x	=	1.25 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80 m	coordinata z punto di applicazione

### Spinta del terreno (g3)

$\gamma$	=	18 kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
$\phi$	=	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	=	5.70 m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1556.1 kN	spinta del terreno
x	=	0.00 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.90 m	coordinata z punto di applicazione

### Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00 kPa	sovraccarico stradale
$\phi$	=	35 °	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	coefficiente di spinta
H	=	5.70 m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48 m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	606.7 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	=	-2.85 m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

Bx	=	2.50 m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	624.0 kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.25 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60 m	coordinata z punto di applicazione



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 23 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

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

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

Ipotesi di struttura rigida

$\gamma$	=	18	kN/m <sup>3</sup>	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	5.70	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
$\Delta P$		1040.0		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile				
$\phi$	=	35	°	angolo di attrito
$\psi$	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
$\delta$	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	7.58	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = Kh / (1 + K_v)$
$K_1$	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \Phi - \psi$
$K_2$	=	0.802		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \Phi - \psi$
$K$	=	0.630		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
$E_d$	=	2462	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
$\Delta S$	=	905.5	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
$\Delta P$	=	1040.0	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	=	-2.85	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 24 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### 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
	<b>Fi</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
plinto	519	3.45	0.00	-0.80
muro frontale	117	3.70	0.00	-2.15
paraghiaia	67	2.25	0.00	-4.20
muro laterale sx	27	1.25	5.89	-3.80
muro laterale dx	27	1.25	-5.89	-3.80
bandiera sx	9	-0.95	5.89	-5.10
bandiera dx	9	-0.95	-5.89	-5.10
baggioli	2	3.55	0.00	-2.80
apparecchi di appoggio	2	3.55	0.00	-3.08
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	333	1.25	0.00	-3.80
risultante intradosso plinto	1113	2.56	0.00	-2.27
risultante base muro frontale	259	2.47	0.00	-3.24

### 3.2.3 Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali

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

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

Coordinate baricentro pali

x = 3.45 m coordinata x

y = 0.00 m coordinata y

z = 0.00 m coordinata z

	<b>Fx</b>	<b>Fy</b>	<b>Fz</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	2224	106	912	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	5477	0	2508	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	398	14	159	permanententi portati su impalcato
g2-sp	0	0	2336	0	6923	terreno su plinto spalla
g3-sp	1556	0	0	0	-6058	spinta del terreno su spalla
e2-imp	102	3	495	34	-107	ritiro
e3.1	65	2	203	22	-68	carico termico differenziale
e3.2	186	5	-76	20	-584	
q1.1-imp	0	0	1846	1797	740	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	3	1394	4475	546	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	607	0	624	0	-1389	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	123	2	0	7	-367	frenatura su impalcato
q4-imp	0	5	0	22	-1	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	13	153	0	777	-39	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	585	85	-23	403	-1755	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	179	260	-23	1234	-543	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	176	79	-77	373	-555	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 25 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

q6.1x-sp	1040	0	0	0	-6073	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	1113	0	0	0	-3913	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	1113	0	2528	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	557	0	672	forze d'inerzia verticali
q7-imp	26	0	0	0	-120	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 le verifiche della Spalla A.

### 3.2.5 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB\_sx

Tabella 11: Sollecitazioni sui singoli pali nelle combinazioni agli SLU

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLU1	2622	2529	2437	2344	2197	2104	2011	1918	2622	1918	391	18	391
SLU2	2591	2498	2405	2312	2178	2085	1993	1900	2591	1900	402	18	402
SLU3	2566	2512	2458	2404	2137	2083	2029	1975	2566	1975	388	-17	388
SLU4	2534	2480	2426	2372	2118	2064	2010	1956	2534	1956	399	-16	399
SLU5	2700	2507	2313	2120	2268	2075	1881	1688	2700	1688	391	18	391
SLU6	2668	2475	2282	2088	2249	2056	1863	1669	2668	1669	402	19	402
SLU7	2644	2489	2335	2180	2208	2053	1899	1744	2644	1744	388	-16	388
SLU8	2612	2458	2303	2149	2189	2035	1880	1726	2612	1726	399	-16	399
SLU9	2487	2411	2335	2258	2074	1998	1921	1845	2487	1845	388	18	389
SLU10	2456	2379	2303	2227	2055	1979	1903	1826	2456	1826	399	18	399
SLU11	2431	2394	2356	2319	2014	1976	1939	1901	2431	1901	385	-16	386
SLU12	2399	2362	2324	2287	1995	1957	1920	1883	2399	1883	396	-16	396
SLU13	2546	2394	2242	2091	2127	1976	1824	1672	2546	1672	388	19	389
SLU14	2514	2362	2211	2059	2109	1957	1805	1654	2514	1654	399	19	400
SLU15	2489	2377	2264	2151	2067	1954	1841	1728	2489	1728	385	-16	386
SLU16	2458	2345	2232	2119	2048	1935	1823	1710	2458	1710	396	-16	396
SLU17	2504	2427	2350	2273	2059	1982	1905	1828	2504	1828	365	19	366
SLU18	2473	2396	2319	2242	2040	1963	1886	1809	2473	1809	376	19	376
SLU19	2448	2410	2372	2334	1998	1960	1922	1884	2448	1884	362	-16	362
SLU20	2416	2378	2340	2302	1980	1942	1904	1866	2416	1866	373	-15	373
SLU21	2563	2410	2258	2106	2112	1960	1807	1655	2563	1655	365	19	366
SLU22	2531	2379	2226	2074	2093	1941	1789	1637	2531	1637	376	19	377
SLU23	2506	2393	2280	2166	2052	1938	1825	1711	2506	1711	362	-15	363
SLU24	2475	2361	2248	2135	2033	1920	1806	1693	2475	1693	373	-15	373
SLU25	2522	2433	2344	2255	2077	1988	1899	1810	2522	1810	366	29	367
SLU26	2490	2401	2312	2223	2059	1970	1881	1792	2490	1792	377	30	378
SLU27	2428	2404	2380	2355	1977	1953	1928	1904	2428	1904	361	-28	362
SLU28	2396	2372	2348	2324	1958	1934	1910	1886	2396	1886	372	-28	373
SLU29	2580	2416	2251	2087	2131	1966	1802	1638	2580	1638	366	30	367
SLU30	2548	2384	2220	2055	2112	1948	1783	1619	2548	1619	377	30	378
SLU31	2486	2387	2287	2188	2030	1931	1831	1731	2486	1731	361	-28	362

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 26 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

<b>SLU32</b>	2455	2355	2256	2156	2011	1912	1812	1713	2455	1713		372	-27	373
<b>SLU33</b>	2512	2436	2360	2283	2073	1997	1921	1844	2512	1844		369	18	369
<b>SLU34</b>	2459	2383	2307	2231	2042	1966	1890	1813	2459	1813		387	18	388
<b>SLU35</b>	2456	2419	2381	2344	2013	1975	1938	1900	2456	1900		366	-17	366
<b>SLU36</b>	2403	2366	2328	2291	1982	1944	1907	1870	2403	1870		384	-16	384
<b>SLU37</b>	2571	2419	2267	2116	2126	1975	1823	1671	2571	1671		369	18	369
<b>SLU38</b>	2518	2366	2215	2063	2095	1944	1792	1641	2518	1641		387	19	388
<b>SLU39</b>	2514	2402	2289	2176	2066	1953	1841	1728	2514	1728		366	-16	366
<b>SLU40</b>	2462	2349	2236	2123	2035	1922	1810	1697	2462	1697		384	-16	385
<b>SLV1</b>	1231	1215	1200	1184	1568	1553	1537	1521	1568	1184		556	11	556
<b>SLV2</b>	1209	1193	1178	1162	1555	1540	1524	1508	1555	1162		563	11	563
<b>SLV3</b>	1712	1603	1494	1385	1368	1259	1149	1040	1712	1040		236	172	292
<b>SLV4</b>	1690	1581	1472	1363	1355	1246	1137	1028	1690	1028		243	172	298
<b>SLV5</b>	1661	1646	1631	1617	1261	1246	1231	1217	1661	1217		235	10	236
<b>SLV6</b>	1639	1624	1609	1595	1248	1233	1219	1204	1639	1204		243	10	243

RIEPILOGO-SLU				
<b>Statica</b>		Nmax	Nmin	Vmax
SPB		2700	1619	402
<b>Sismica</b>		Nmax	Nmin	Vmax
SPB		1712	1028	563

### 3.2.6 Combinazioni di carico SLE

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

### 3.2.7 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB\_sx

#### Combinazione Frequente

Tabella 12: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Frequente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
<b>SLE-F1</b>	1847	1800	1754	1708	1518	1472	1426	1379	1847	1379	271	4	271
<b>SLE-F2</b>	1820	1774	1728	1681	1503	1457	1410	1364	1820	1364	280	5	280
<b>SLE-F3</b>	1834	1797	1759	1721	1505	1467	1430	1392	1834	1392	271	-3	271
<b>SLE-F4</b>	1808	1770	1732	1695	1490	1452	1414	1376	1808	1376	280	-3	280
<b>SLE-F5</b>	1360	1445	1529	1613	1005	1089	1174	1258	1613	1005	271	4	271
<b>SLE-F6</b>	1334	1418	1503	1587	990	1074	1158	1243	1587	990	280	4	280
<b>SLE-F7</b>	1348	1441	1534	1627	992	1085	1178	1271	1627	992	271	-4	271
<b>SLE-F8</b>	1322	1415	1508	1600	976	1069	1162	1255	1600	976	280	-3	280

Riepilogo - SLE_Frequente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1847	271
Nmin	976	280
Vmax	1364	280

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 27 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### Combinazione Quasi Permanente

Tabella 13: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Quasi permanente

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-QP1	1573	1569	1564	1560	1198	1194	1189	1184	1573	1184	213	0	213
SLE-QP2	1551	1547	1542	1538	1185	1181	1176	1172	1551	1172	221	1	221

Riepilogo - SLE_Quasi Permanente		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1573	213
Nmin	1172	221
Vmax	1172	221

### Combinazione Caratteristica (Rara)

Tabella 14: Sollecitazioni sui singoli pali comb. Caratteristica

SFORZO NORMALE N											TAGLI		
PALO	1	2	3	4	5	6	7	8	Nmax	Nmin	Vx	Vy	V
SLE-C1	1859	1804	1749	1694	1532	1477	1422	1367	1859	1367	272	12	272
SLE-C2	1833	1778	1723	1668	1516	1461	1406	1351	1833	1351	281	12	281
SLE-C3	1822	1793	1764	1734	1492	1463	1433	1404	1822	1404	270	-11	270
SLE-C4	1795	1766	1737	1708	1476	1447	1418	1389	1795	1389	279	-11	279
SLE-C5	1373	1449	1524	1600	1019	1094	1170	1246	1600	1019	272	12	272
SLE-C6	1347	1422	1498	1574	1003	1079	1154	1230	1574	1003	281	12	281
SLE-C7	1336	1437	1539	1640	978	1080	1181	1283	1640	978	270	-11	270
SLE-C8	1309	1411	1512	1614	963	1064	1166	1268	1614	963	279	-11	279

Riepilogo - SLE_Caratteristica		
	N	V
Comb	kN	kN
Nmax	1859	272
Nmin	963	279
Vmax	1351	281

## 4 VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI (SLU)

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

### 4.1 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA\_SX

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

L	=	18 m	lunghezza palo
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	27000 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V <sub>max</sub>	=	<b>563.0 kN</b>	taglio alla testa del palo
N	=	<b>1162 kN</b>	sforzo assiale alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>1336 kNm</b>	massimo momento flettente

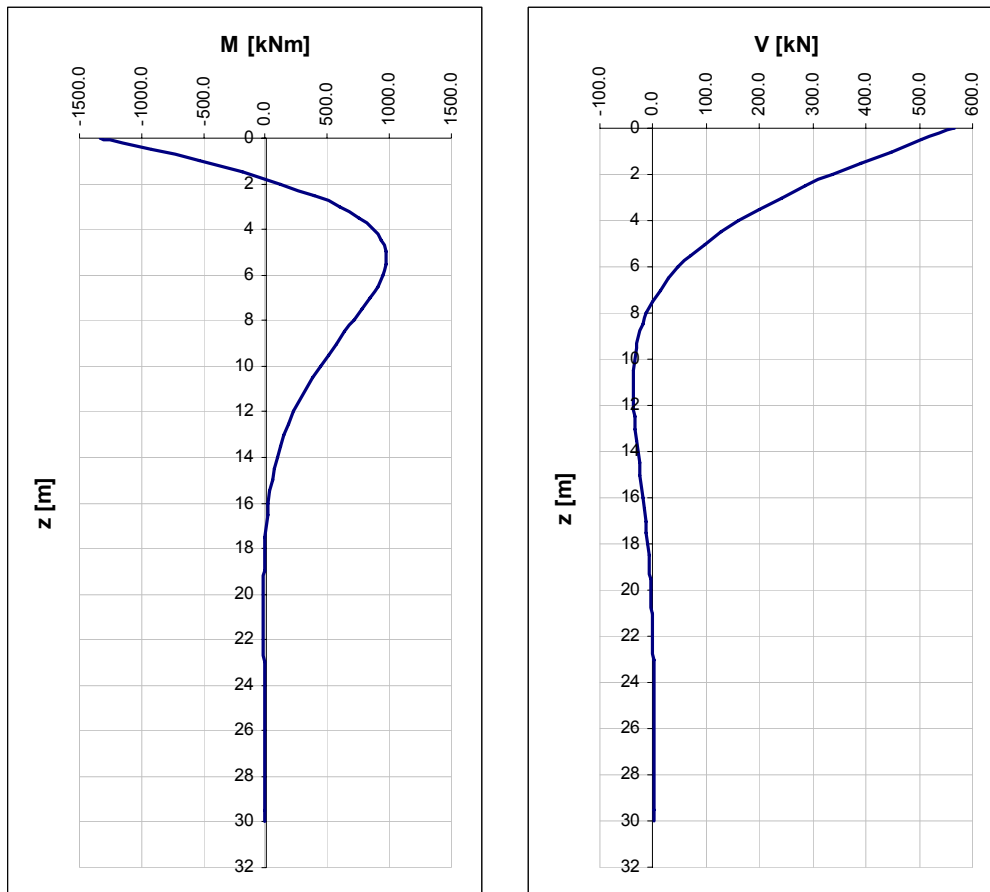


Figura 5: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 29 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

#### 4.1.1 Verifica per tensioni normali

	Z <sub>in</sub>	Z <sub>fin</sub>	L <sub>gabbia</sub>	c'	Ø	n	s	M <sub>Ed</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>res</sub>		
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]		
gabbia n.1	-1.1	10.9	12	5	22	14	24.7	1336.00	1162.00	1558	1.17	OK
gabbia n.2	9.8	21.8	12	5	20	18	19.2	464.00	1162.00	1252	2.70	OK

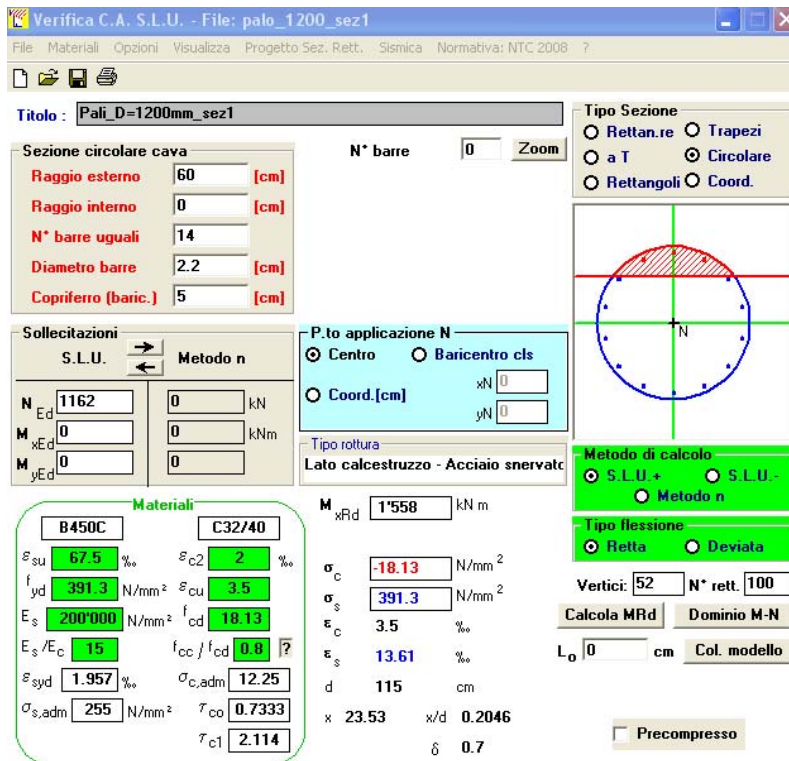


Figura 6: Verifica a presso-flessione

#### 4.1.2 Verifica a taglio

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

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

#### Sollecitazioni

V <sub>Sd</sub>	=	<b>563</b>	kN	taglio di calcolo
N <sub>Sd</sub>	=	<b>1162</b>	kN	sforzo normale i calcolo

#### Materiali

##### Calcestruzzo

R <sub>ck</sub>	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α <sub>cc</sub>	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ <sub>c</sub>	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f <sub>cd</sub>	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione

##### Acciaio

f <sub>yk</sub>	=	450.00	MPa	tensione caratteristica di snervamento
γ <sub>s</sub>	=	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 30 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

$f_{yd}$	=	391.30	MPa	tensione di snervamento di calcolo
<b>Geometria</b>				
<b>D</b>	=	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
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
$n_l$	=	14		numero ferri longitudinali
$\varnothing_l$	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
$A_{sl}$	=	5322	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$A_c$	=	1130973.36	mm <sup>2</sup>	area sezione cls
k	=	1.47		
$\sigma_{cp}$	=	1.0274	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
$\rho_1$	=	0.00552	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
$v_{min}$	=	0.361		
<b><math>V_{rd}</math></b>	=	<b>597.69</b>	kN	taglio resistente
$V_{Sd}$	=	563	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>	=	1.06	ok	se $>1$ verifica soddisfatta
<b>Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio</b>				
$\varnothing_w$	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	mm	passo staffe
$n_{br}$	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	226.19	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$b_{we}$	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
$f_{cd}$	=	18.81	MPa	
$\nu$	=	0.5		coeff. di riduzione $f_{cd}$
$f'_{cd}$	=	9.41	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
$\omega_{sw}$	=	0.02904		% meccanica di armatura trasversale
$\alpha_c$	=	1.05461		
$\cot\theta$	=	2.500		valore di calcolo
$V_{Rsd}$	=	1184.28	kN	Resistenza "taglio trazione"
$V_{Rcd}$	=	2965.93	kN	Resistenza "taglio compressione"
<b><math>V_{Rd}</math></b>	=	<b>1184.28</b>	kN	Resistenza a taglio
$V_{Sd}$	=	563	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>	=	2.10	ok	se $>1$ verifica soddisfatta



## 4.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB\_SX

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

L	=	20 m	lunghezza palo
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia del palo
K	=	15000 kN/m <sup>3</sup>	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E <sub>s</sub>	=	27000 kN/m <sup>2</sup>	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.75 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V <sub>max</sub>	=	<b>563.0</b> kN	taglio alla testa del palo
N	=	<b>1162</b> kN	sforzo assiale alla testa del palo
M <sub>max</sub>	=	<b>1336</b> kNm	massimo momento flettente

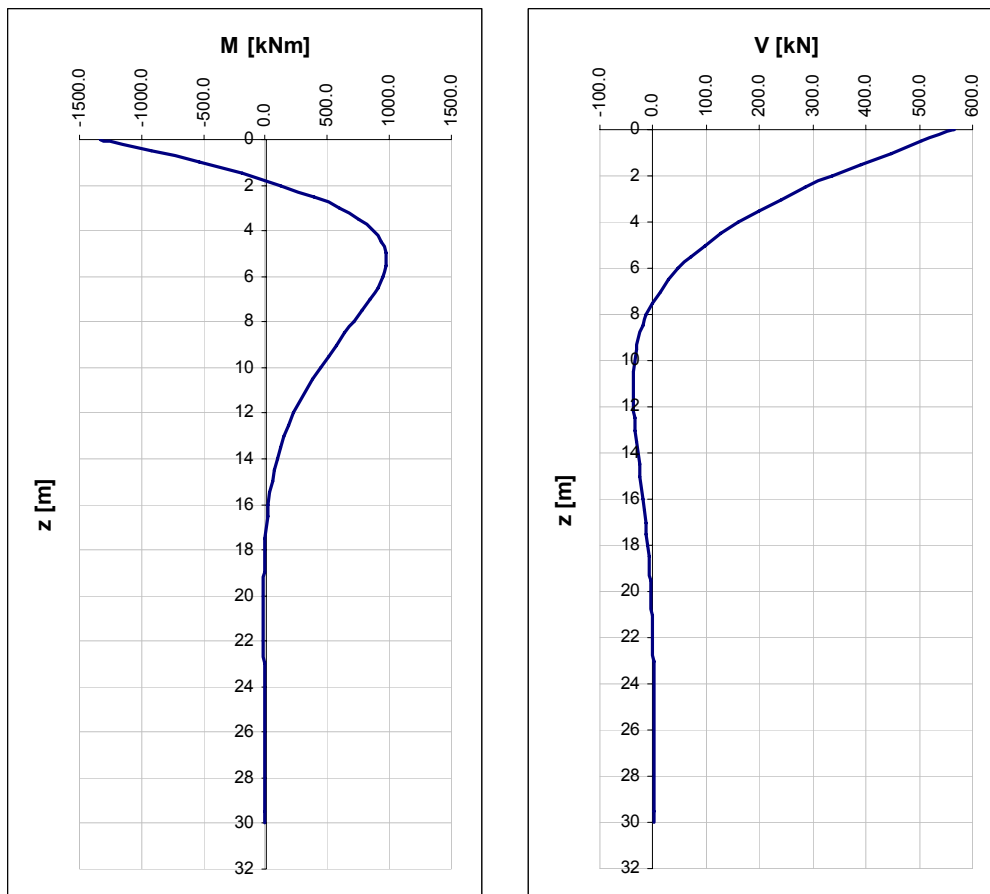


Figura 7: Momento flettente e Taglio lungo il fusto del palo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 32 di 77 Nome file: V112-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX
--	---

#### 4.2.1 Verifica per tensioni normali

	Z <sub>in</sub>	Z <sub>fin</sub>	L <sub>gabbia</sub>	c'	Ø	n	s	M <sub>Ed</sub>	N <sub>Ed</sub>	M <sub>res</sub>	
	[m]	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.1	10.9	12	5	22	14	24.7	1336.00	1162.0	1558	1.17 OK
gabbia n.2	9.8	21.8	12	5	18	14	24.7	464.00	1162.0	1252	2.70 OK

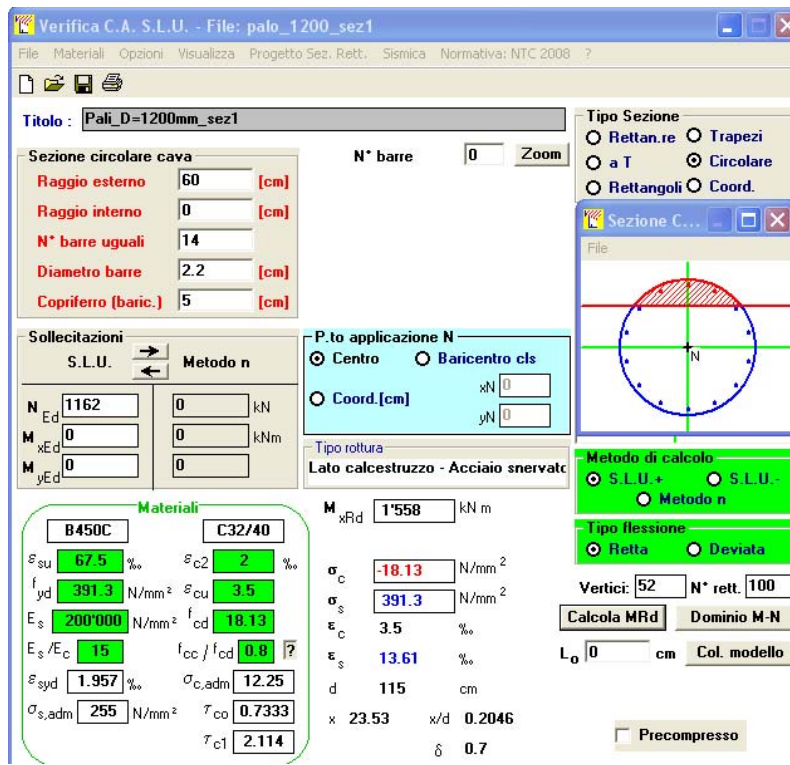


Figura 8: Verifica a presso-flessione

#### 4.2.2 Verifica a taglio

##### Sollecitazioni

$V_{Sd}$	=	<b>563</b>	kN	taglio di calcolo
$N_{Sd}$	=	<b>1162</b>	kN	sforzo normale i calcolo

##### Materiali

###### Calcestruzzo

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

###### Acciaio

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 33 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### Geometria

<b>D</b>	=	1200	mm	diametro palo
<b>c</b>	=	50	mm	copriferro
<b>d</b>	=	1150	mm	altezza utile
<b>b<sub>we</sub></b>	=	1080	mm	base equivalente
<b>d<sub>e</sub></b>	=	892	mm	altezza utile equivalente

### Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

<b>n<sub>l</sub></b>	=	14		numero ferri longitudinali
<b>Ø<sub>l</sub></b>	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
<b>A<sub>sl</sub></b>	=	5322	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
<b>A<sub>c</sub></b>	=	1130973.36	mm <sup>2</sup>	area sezione cls
<b>k</b>	=	1.47		
<b>σ<sub>cp</sub></b>	=	1.0274	MPa	tensione media calcestruzzo ≤0,2f <sub>cd</sub>
<b>ρ<sub>1</sub></b>	=	0.00552	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale ≤0,02
<b>v<sub>min</sub></b>	=	0.361		
<b>V<sub>rd</sub></b>	=	597.69	kN	taglio resistente
<b>V<sub>Sd</sub></b>	=	563	kN	taglio di calcolo
<b>FS</b>		1.06	ok	se >1 verifica soddisfatta

## 5 VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

### 5.1 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA\_SX

#### 5.1.1 SLE - FESSURAZIONE

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione  $\sigma_s$  è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature sono state assunte:

- **condizioni aggressive**
- **armature poco sensibili.**

Definita la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio, si considerano per ogni combinazione le condizioni di sforzo normale e taglio agente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina la massima tensione nelle barre nella combinazione più gravosa

La tensione  $\sigma_s$  è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

**Tabella 15: Sollecitazioni verifiche di fessurazione**

	SLE_Frequente			SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M	N	V	M	
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kN	kNm
<b>Nmax</b>	1847	271	643	<b>Nmax</b>	1573	213	505
<b>Nmin</b>	976	280	664	<b>Nmin</b>	1172	221	524
<b>Vmax</b>	1364	281	667	<b>Vmax</b>	1172	221	524

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 34 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

**Tabella 16: Tensioni di riferimento**

		<b>comb.</b>	<b>comb.</b>
		<b>FREQUENTE</b>	<b>QUASI PERM.</b>
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		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	-
<b>Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		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	-

<b>Frequente</b>	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	<b>163.20</b>	<b>46.09</b>	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.23	4.34	se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok	

<b>Quasi Permanente</b>	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	<b>71.84</b>	<b>71.84</b>	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	2.23	2.23	se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok	

### 5.1.2 SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

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

#### Materiali

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 35 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

**Tabella 17: Sollecitazioni verifiche limitazione tensioni**

<b>SLE_Caratteristica</b>				<b>SLE_Quasi Permanente</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>		<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	kN	kN	kNm
<b>Nmax</b>	1859	272	645	<b>Nmax</b>	1573	213	505
<b>Nmin</b>	962	279	662	<b>Nmin</b>	1172	221	524
<b>Vmax</b>	1351	281	667	<b>Vmax</b>	1172	221	524

**comb\_Nmax comb\_Mmax**  
**RARA RARA**

**Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio**

$\sigma_c$	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>2.98</b>	<b>4.00</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		6.69	4.98		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

**comb\_Nmax comb\_Mmax**  
**QUASI PERM. QUASI PERM.**

**Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio**

$\sigma_c$	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>4.52</b>	<b>5.05</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.31	2.96		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

**comb\_Nmin comb\_Mmax**  
**RARA RARA**

**Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio**

$\sigma_s$	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	<b>164.40</b>	<b>47.05</b>	[MPa]	tensione di calcolo dell' acciaio in esercizio
		2.19	7.65		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

## **5.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB\_SX**

### **5.2.1 SLE - FESSURAZIONE**

Si procede alla verifica dell'ampiezza di fessurazione per via indiretta, così come riportata nell'ultimo capoverso del punto 4.1.2.2.4.6 delle NTC, riferendosi ai limiti di tensione nell'acciaio d'armatura definiti nelle tabelle seguenti. La tensione  $\sigma_s$  è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

Per quanto riguarda le condizioni ambientali e la sensibilità delle armature sono state assunte:

- **condizioni aggressive**
- **armature poco sensibili.**

Definita la massima tensione ammissibile nelle barre di acciaio, si considerano per ogni combinazione le condizioni di sforzo normale e taglio agente e, con l'ausilio del programma di calcolo V.C.A.S.L.U., utilizzando un'analisi elastica, si determina la massima tensione nelle barre nella combinazione più gravosa

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 36 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

La tensione  $\sigma_s$  è quella nell'acciaio d'armatura prossimo al lembo teso della sezione calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente.

**Tabella 18: Sollecitazioni verifiche di fessurazione**

SLE_Frequente				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
Comb	kN	kN	kNm	Comb	kN	kN	kNm
<b>Nmax</b>	1847	271	643	<b>Nmax</b>	1573	213	505
<b>Nmin</b>	976	280	664	<b>Nmin</b>	1172	221	524
<b>Vmax</b>	1364	280	664	<b>Vmax</b>	1172	221	524

**Tabella 19: Tensioni di riferimento**

		comb. FREQUENTE	comb. QUASI PERM.
<b>Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		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	-
<b>Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>			
$\sigma_s$		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	-

<b>Frequente</b>	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	<b>163.20</b>	<b>46.09</b>	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.23	4.34	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

<b>Quasi Permanente</b>	comb_Nmin	comb_Mmax		
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	[MPa] tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	<b>71.84</b>	<b>71.84</b>	[MPa] tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	2.23	2.23	se >1 verifica soddisfatta
	verifica_ok	verifica_ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 37 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## 5.2.2 SLE – LIMITAZIONE DELLE TENSIONI

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

### Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>yk</sub>	=	450.00	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

Tabella 20: Sollecitazioni verifiche limitazione tensioni

SLE_Caratteristica				SLE_Quasi Permanente			
	N	V	M		N	V	M
<b>Comb</b>	kN	kN	kNm	<b>Comb</b>	1573	213	505
<b>Nmax</b>	1859	272	645	<b>Nmax</b>	1172	221	524
<b>Nmin</b>	963	279	662	<b>Nmin</b>	1172	221	524
<b>Vmax</b>	1351	281	667	<b>Vmax</b>	1573	213	505

### comb\_Nmax comb\_Mmax RARA RARA

#### Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_c$	=	19.9	19.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>2.98</b>	<b>4.00</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		6.69	4.98		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

### comb\_Nmax comb\_Mmax QUASI PERM. QUASI PERM.

#### Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_c$	=	14.9	14.9	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	<b>4.52</b>	<b>5.05</b>	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		3.31	2.96		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

### comb\_Nmin comb\_Mmax RARA RARA

#### Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

$\sigma_s$	=	360.0	360.0	[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$	=	<b>164.40</b>	<b>47.05</b>	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		2.19	7.65		se >1 verifica soddisfatta
		verifica_ok	verifica_ok		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 38 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## 6 VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b	TF1
peso secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
peso saturo $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.6	19.8	19.3	19.8
coesione non dren. $c_u$ (kPa)	129	199	199 <sup>1</sup>	70 <sup>2</sup>
coesione dren. $c'$ (kPa)	19	24	21	5
angolo attrito $\phi'$ (°)	21	19	23	23

Tabella 21: Parametri fisico-meccanici usati nelle verifiche geotecniche

### 6.1 CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO

#### 6.1.1 Criteri di calcolo del carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con  $\sigma_{vL}$  e con  $\sigma_{vL}'$  la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione  $\alpha$  sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i valori riportati in Tabella

$c_u$	$\alpha$
(kPa)	(-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

Tabella 22: Valori del coefficiente  $\alpha$  in funzione di  $c_u$

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

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

<sup>1</sup> In mancanza di dati si è assunto il valore della  $c_u$  dello strato argilloso superiore.

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



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:

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

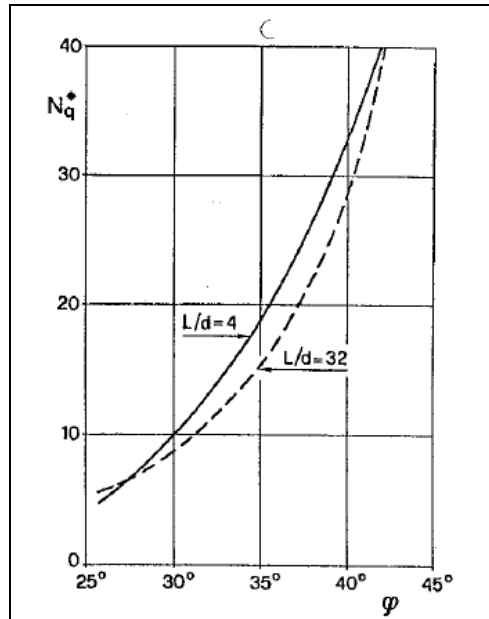


Figura 9: Coefficienti  $N_q$

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

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

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

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

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

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR. SX**

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

**STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. SX**

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TF1	3	0	3
2° strato	TRV1	5	3	8
3° strato	TRV2a	10	8	18
4° strato	TRV2b	27	18	45

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 40 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

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

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

**Tabella 24: Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.I del DM14-01-2008)**

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

**Tabella 25: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 41 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

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

**Tabella 26: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche**

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito dei due **approcci progettuali distinti e alternativi** consentiti dal DM 14/01/08 per la progettazione geotecnica.

Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio:

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

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione  $\xi$  (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore  $\xi_3$ . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è **6**.

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

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

**Tabella 27- Fattori di correlazione  $\xi$  in funzione del numero di verticali indagate**

### 6.1.3 Risultati

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

Si evidenzia che ai carichi in testa palo si è aggiunto il contributo del peso palo compensato, cioè sottraendo al peso del palo il peso della colonna di terreno (ovvero calcolando il peso del palo con peso specifico  $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$ ).

Nelle tabelle di seguito si riporta il riepilogo dei risultati delle verifiche geotecniche dei pali delle spalle per ciascuna carreggiata e per fissata lunghezza palo.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 42 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Q <sub>lim_d</sub>	Q <sub>lim_u</sub>
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	2700.18	1712.05	1.2	8	18	146.27	3183.7	3992.4
spalla B	3018.17	2073.10	1.2	8	20	161.84	3736.1	4177.3

**Tabella 28 –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:

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

### 6.2.2 Criteri di verifica

I criteri di verifica sono gli stessi utilizzati per il calcolo del carico limite verticale con i coefficienti  $\gamma_T$  da applicare alle resistenze caratteristiche riportati in tabella:

*Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.*

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

### 6.2.3 Risultati

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

#### **Pali Spalla SPA SX**

##### **Dati di Calcolo**

##### **Condizioni non drenate**

D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	18.00	m	lunghezza palo
$M_y$	=	1500	kNm	momento di plasticizzazione del palo
$c_u$	=	176	kPa	coesione non drenata
<b>palo corto</b>				
$Q_{lim,1}$	=	30735	kN	carico limite per palo corto
$M_{max}$	=	304273	kNm	momento massimo
<b>palo intermedio</b>				
$Q_{lim,2}$	=	11088	kN	carico limite per palo intermedio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>		
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX		
	Pagina 43 di 77		
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX		

f	=	5.8	m	
M <sub>max</sub>	=	50861.8	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q <sub>lim,3</sub>	=	1386	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	1385.6	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	923.7	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30		coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	710.6	kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>		563	kN	azione trasversale testa palo
check		1.26		se >1 verifica soddisfatta

### Pali Spalla SPB SX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	20.00	m	lunghezza palo
M <sub>y</sub>	=	1500	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c <sub>u</sub>	=	158	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
Q <sub>lim,1</sub>	=	31067	kN	carico limite per palo corto
M <sub>max</sub>	=	338635	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
Q <sub>lim,2</sub>	=	11369	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.7	m	
M <sub>max</sub>	=	56826.9	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
Q <sub>lim,3</sub>	=	1364	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
Q <sub>lim,m</sub>	=	1363.9	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
Q <sub>lim,k</sub>	=	909.3	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ <sub>T</sub>	=	1.30		coefficiente parziale
Q <sub>lim,d</sub>	=	699.5	kN	carico limite (valore di progetto)
F <sub>h</sub>		563	kN	azione trasversale testa palo
check		1.24		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 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 44 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

## 7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA SPB\_SX AGLI SLU

### 7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA SPALLA

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata destra presenta pianta rettangolare di dimensioni 6.90 m x 13,20 m, altezza pari a 1.60 m ed è fondata su 8 pali di diametro Ø1200.

Il muro frontale ha un' altezza di 2.5m mentre il muro paraghiaia e i muri laterali presentano un'altezza massima di 6,00 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 rigidzze della struttura reale. Il modello numerico è composto da elementi finiti di tipo shell. Gli elementi shell impiegati sono di tipo quadrangolare a quattro nodi e tutti includono gli effetti della deformabilità a taglio (formulazione di *Mindlin-Reissner*).

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

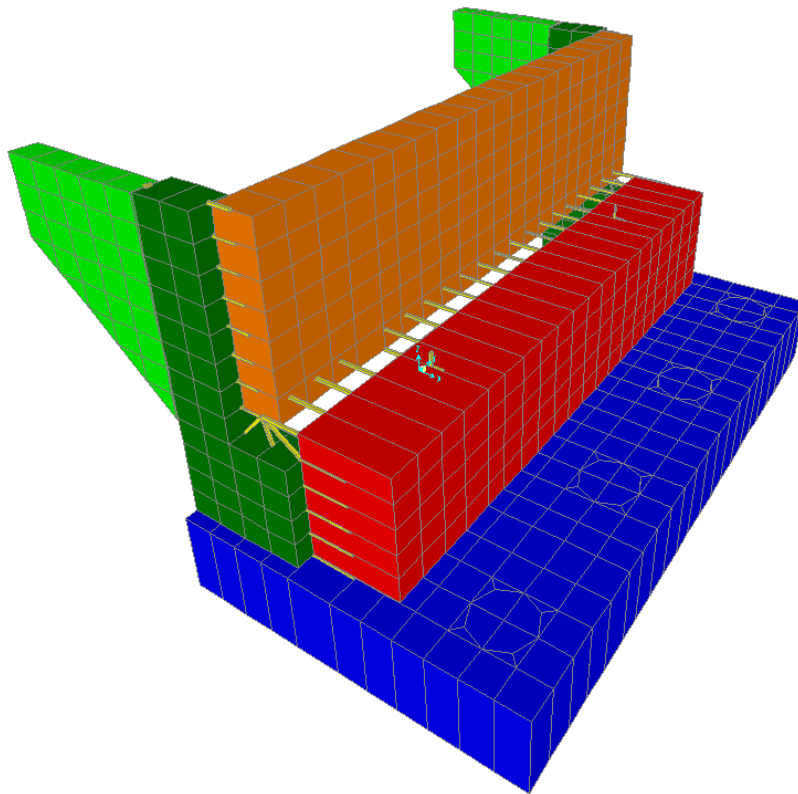
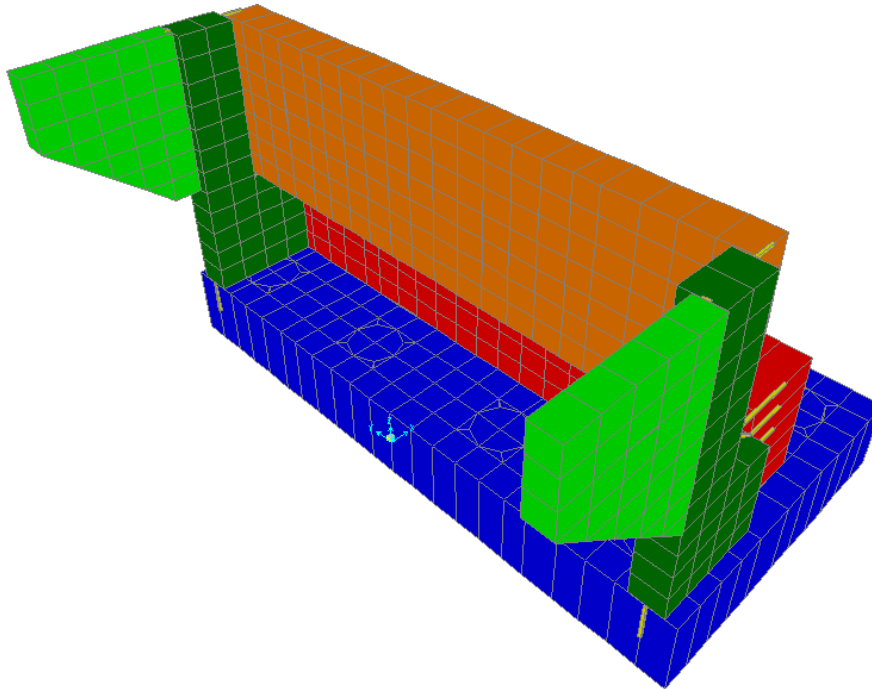


Figura 10: Vista frontale Spalla SPB\_SX



**Figura 11: Vista laterale Spalla SPB\_SX**

## 7.2 ANALISI DEI CARICHI

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

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

### 7.3 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

#### 7.3.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

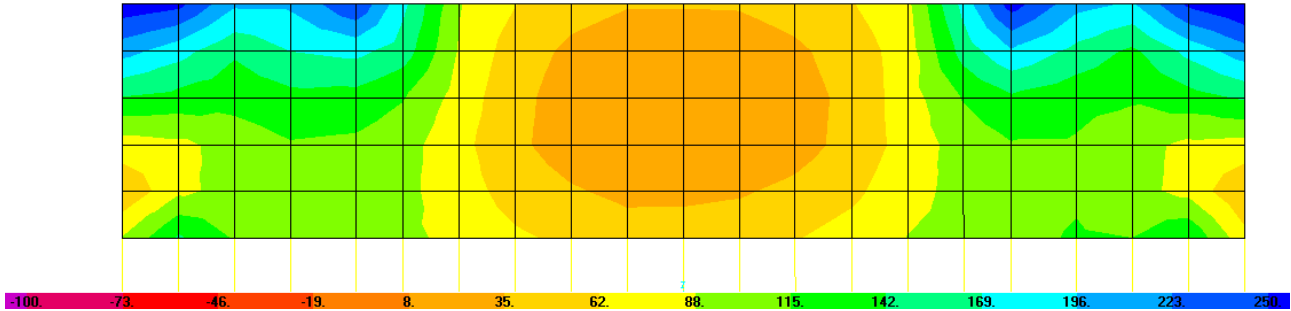


Figura 12: Involuppo Momento  $M_{11,max}$ .

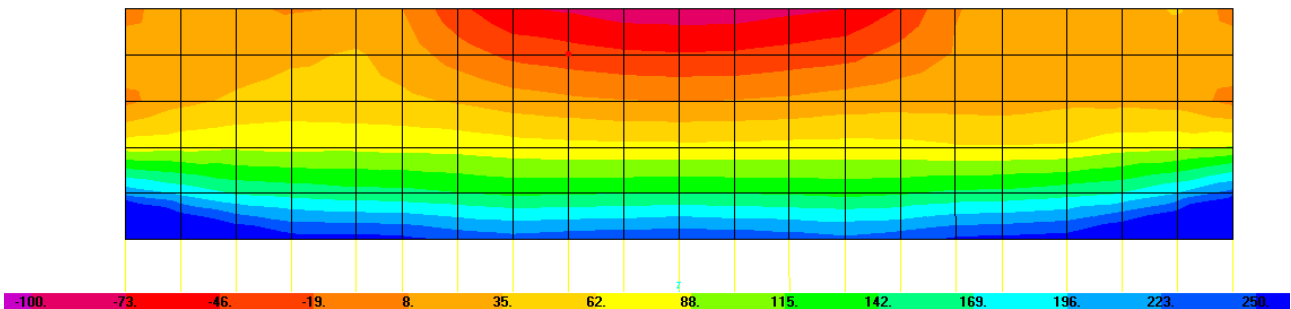


Figura 13: Involuppo Momento  $M_{22,max}$

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

#### MURO FRONTALE

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Arm	Z [m]	H [m]	$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$M_{Sd}^{sup}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{sup}$ [kNm/m]	FS		
<b>X+</b>	0-2.5m		<b>5 Φ 20</b>	15.7	<b>232</b>	<b>1183</b>	4.25	momento verticale $M_z=M_{22}-$
<b>X-</b>	0-2.5m	0	<b>5 Φ 18</b>	12.7	<b>402</b>	<b>986</b>	2.94	momento verticale $M_z=M_{22}+$

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

Arm	Z [m]	H [m]	$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$M_{Sd}^{inf}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{inf}$ [kNm/m]	FS		
<b>X+</b>	0-2.5m	1.6	<b>5 Φ 16</b>	10.1	<b>138</b>	<b>674</b>	4.88	momento orizzontale $M_y=M_{11}-$
<b>X-</b>	0-2.5m	1.6	<b>5 Φ 16</b>	10.1	<b>279</b>	<b>674</b>	2.42	momento orizzontale $M_y=M_{11}+$



### 7.3.2 Verifiche a taglio

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

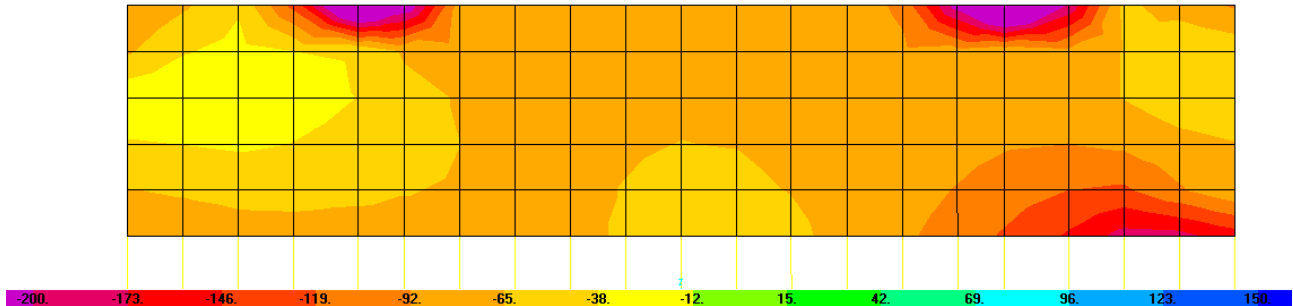


Figura 14: Involuppo del taglio agente nella direzione X (V13).

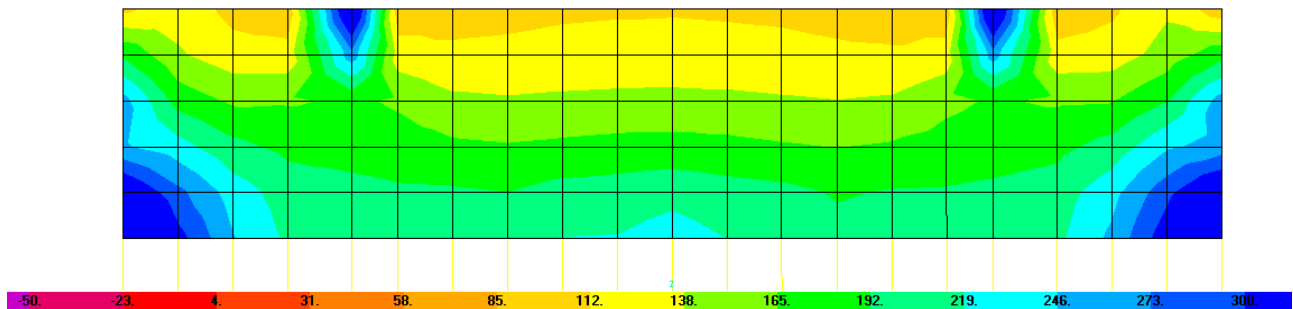


Figura 15: Involuppo del taglio agente nella direzione Y (V23).

	Muro frontale V13max	Muro frontale V23max		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	= 278	391	kN	taglio
N	= 150	150	kN	sfuerzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>				
B	= 1000	1000	mm	larghezza sezione
H	= 1800	1800	mm	altezza sezione
c	= 50	50	mm	copriferro
d	= 1750	1750	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>				
R <sub>ck</sub>	= 30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	= 24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	= 1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α <sub>cc</sub>	= 0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f <sub>cd</sub>	= 14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	= 1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	= 450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	= 391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>				
A <sub>sl</sub>	2010	2843	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 48 di 77 Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX
--	---

		0.0011	0.0015		
$\rho_l$	=	2	8		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
$v_{min}$	=	0.3	0.3		
$\sigma_{cp}$	=	0.1	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.1	0.1	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f <sub>cd</sub> )
$V_{Rd}$	=	494.9	494.9	kN	taglio resistente
F <sub>s</sub>	=	1.8	1.3		
check	=	OK	OK		

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\emptyset_w$	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	282.74	282.74	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctg $\Theta$ (V)	=	72.4	51.4		
ctg $\Theta$	=	2.5	2.5		
$\Theta$	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	=	1089.1	1089.1	kN	taglio resistente armatura
$\alpha_c$	=	1.01	1.01		coefficiente maggiorativo
f <sub>cd</sub>	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	7983.8	7983.8	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	1089.1	1089.1	kN	taglio resistente sezione
F <sub>s</sub>	=	3.9	2.8		
check	=	OK	OK		

## 7.4 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

### 7.4.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

#### MURO LATERALE

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	Z	H	$A_{res,TOT}$	$M_{Sd}^{sup}$	$M_{Rd}^{sup}$	FS	
	[m]	[m]	[cm <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kNm/m]		
<b>Arm Y+</b>	0-6m	0.7	5 $\Phi$ 22	19.0	202	495	2.45 momento verticale Mz+=M22+
<b>Arm Y-</b>	0-6m	0.7	5 $\Phi$ 18	12.7	87	346	3.98 momento verticale Mz-=M22-

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	Z	H	$A_{res,TOT}$	$M_{Sd}^{inf}$	$M_{Rd}^{inf}$	FS	
	[m]	[m]	[cm <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kNm/m]		
<b>Arm Y+</b>	0-6m	0.7	5 $\Phi$ 20	15.7	286	381	1.33 momento orizzontale Mx+=M11+
<b>Arm Y-</b>	0-6m	0.7	5 $\Phi$ 16	10.1	177	246	1.39 momento orizzontale Mx-=M11-

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 49 di 77 Nome file: V112-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX
--	---

## VELETTE

		Z	H		$A_{res,TOT}$	$M_{Sd}^{sup}$	$M_{Rd}^{sup}$	FS	
		[m]	[m]		[cm <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kNm/m]		
<b>Arm Y+</b>	7m	<b>0.5</b>	<b>5</b> $\Phi$ <b>16</b>		10.1	<b>42</b>	<b>211</b>	5.02	momento verticale $M_{z+}=M_{22+}$
<b>Arm Y-</b>	7m	<b>0.5</b>	<b>5</b> $\Phi$ <b>16</b>		10.1	<b>36</b>	<b>211</b>	5.86	momento verticale $M_{z-}=M_{22-}$

## VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		Z	H		$A_{res,TOT}$	$M_{Sd}^{inf}$	$M_{Rd}^{inf}$	FS	
		[m]	[m]		[cm <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kNm/m]		
<b>Arm Y+</b>	7m	<b>0.5</b>	<b>5</b> $\Phi$ <b>20</b>		15.7	<b>187</b>	<b>260</b>	1.39	momento orizzontale $M_{x+}=M_{11+}$
<b>Arm Y-</b>	7m	<b>0.5</b>	<b>5</b> $\Phi$ <b>16</b>		10.1	<b>109</b>	<b>169</b>	1.55	momento orizzontale $M_{x-}=M_{11-}$

### 7.4.2 Verifiche a taglio

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

		Muri laterali	Muri laterali		
		V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>					
V	=	<b>158</b>	<b>225</b>	kN	taglio
N	=	<b>120</b>	<b>120</b>	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	larghezza sezione
H	=	<b>700</b>	<b>700</b>	mm	altezza sezione
c	=	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	copriferro
d	=	<b>650</b>	<b>650</b>	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	=	<b>30.0</b>	<b>30.0</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>		coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>		
$f_{cd}$	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
$f_{yd}$	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>					
$A_{st}$		<b>2576.0</b>	<b>3173.0</b>	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
		0.0036	0.0045		
$\rho_l$	=	8	3		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.6	1.6		
$v_{min}$	=	0.3	0.3		
$\sigma_{cp}$	=	0.2	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo tensione media di compressione adottata
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.2	0.2	MPa	(<=0.2f <sub>cd</sub> )
$V_{Rd}$	=	<b>270.5</b>	<b>288.7</b>	kN	taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 50 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

Fs = 1.7 1.3  
 check = OK OK

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\emptyset_w$  = 12 12 mm diametro armatura resistente a taglio  
 $\alpha$  = 90.0 90.0 ° inclinazione armatura  
 s = 400 400 mm interasse armature a taglio  
 $n_{br}$  = 2.5 2.5 numero bracci armatura trasversale  
 $A_{sw}$  = 282.74 282.74 mm<sup>2</sup> area armatura trasversale posta nell'interasse s  
 $ctg\Theta$  (V) = 18.5 12.9  
 $ctg\Theta$  = 2.5 2.5  
 $\Theta$  = 22 22 ° inclinazione bielle di calcestruzzo  
 $V_{Rsd}$  = 404.52 404.52 kN taglio resistente armatura  
 $\alpha_c$  = 1.01 1.01 coefficiente maggiorativo  
 $f_{cd}$  = 7.06 7.06 MPa resistenza ridotta  
 $V_{Rcd}$  = 2983.8 2983.8 kN taglio resistente calcestruzzo  
 $V_{Rd}$  = 404.5 404.5 kN taglio resistente sezione  
 Fs = 2.6 1.8  
 check = OK OK

## 7.5 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

### 7.5.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

#### MURO FRONTALE PARAGHIAIA

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	Z	H		$A_{res,TOT}$	$M_{Sd}^{sup}$	$M_{Rd}^{sup}$	FS	
	[m]	[m]		[cm <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kNm/m]		
<b>Arm X+</b>	2.5-6m	0.8	5 $\Phi$ 16	10.1	137	321	2.34	momento verticale Mz=M22-
<b>Arm X-</b>	2.5-6m	0.8	5 $\Phi$ 16	10.1	216	321	1.48	momento verticale Mz=M22+

#### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

	Z	H		$A_{res,TOT}$	$M_{Sd}^{inf}$	$M_{Rd}^{inf}$	FS	
	[m]	[m]		[cm <sup>2</sup> ]	[kNm/m]	[kNm/m]		
<b>Arm X+</b>	2.5-6m	0.8	5 $\Phi$ 22	19.0	304	825	2.71	momento orizzontale My=M11+
<b>Arm X-</b>	2.5-6m	0.8	5 $\Phi$ 16	10.1	191	433	2.26	momento orizzontale My=M1-

### 7.5.2 Verifiche a taglio

	Muro paraghiai a	Muro paraghiai a		
	V13max	V23max		
<b>Sollecitazioni</b>				
V	= 137	215	kN	taglio
N	= 100	100	kN	sforzo normale (>0 compressione)

#### Geometria

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 51 di 77 Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX
--	---

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	larghezza sezione
H	=	<b>1200</b>	<b>1200</b>	mm	altezza sezione
c	=	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	copriferro
d	=	<b>1150</b>	<b>1150</b>	mm	altezza utile

#### Materiali

$R_{ck}$	=	<b>35.0</b>	<b>35.0</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$\gamma_c$	=	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>		coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
$\alpha_{cc}$	=	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>		
$f_{cd}$	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
$\gamma_s$	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza acciaio
$f_{yk}$	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	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

$A_{st}$		<b>2905.0</b>	<b>2010.0</b>	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
$\rho_l$	=	0.00242	0.00168		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4		
$v_{min}$	=	0.3	0.3		
$\sigma_{cp}$	=	0.1	0.1	MPa	tensione media calcestruzzo tensione media di compressione adottata
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.1	0.1	MPa	(<=0.2fcd)
$V_{Rd}$	=	<b>389.0</b>	<b>380.3</b>	kN	taglio resistente
Fs	=	2.8	1.8		
check	=	OK	OK		

#### Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

$\emptyset_w$	=	<b>12</b>	<b>12</b>	mm	diametro armatura resistente a taglio
$\alpha$	=	<b>90.0</b>	<b>90.0</b>	°	inclinazione armatura
s	=	<b>400</b>	<b>400</b>	mm	interasse armature a taglio
$n_{br}$	=	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>		numero bracci armatura trasversale
$A_{sw}$	=	282.74	282.74	mm <sup>2</sup>	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctg $\Theta$ (V)	=	75.0	47.8		
ctg $\Theta$	=	2.5	2.5		
$\Theta$	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
$V_{Rsd}$	=	<b>715.69</b>	<b>715.69</b>	kN	taglio resistente armatura
$\alpha_c$	=	1.01	1.01		coefficiente maggiorativo
$f_{cd}$	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
$V_{Rcd}$	=	<b>6115.7</b>	<b>6115.7</b>	kN	taglio resistente calcestruzzo
$V_{Rd}$	=	<b>715.7</b>	<b>715.7</b>	kN	taglio resistente sezione
Fs	=	5.2	3.3		
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 involuipi massimi del momento flettente orizzontale ( $M_{11}$ ) e verticale ( $M_{22}$ ).

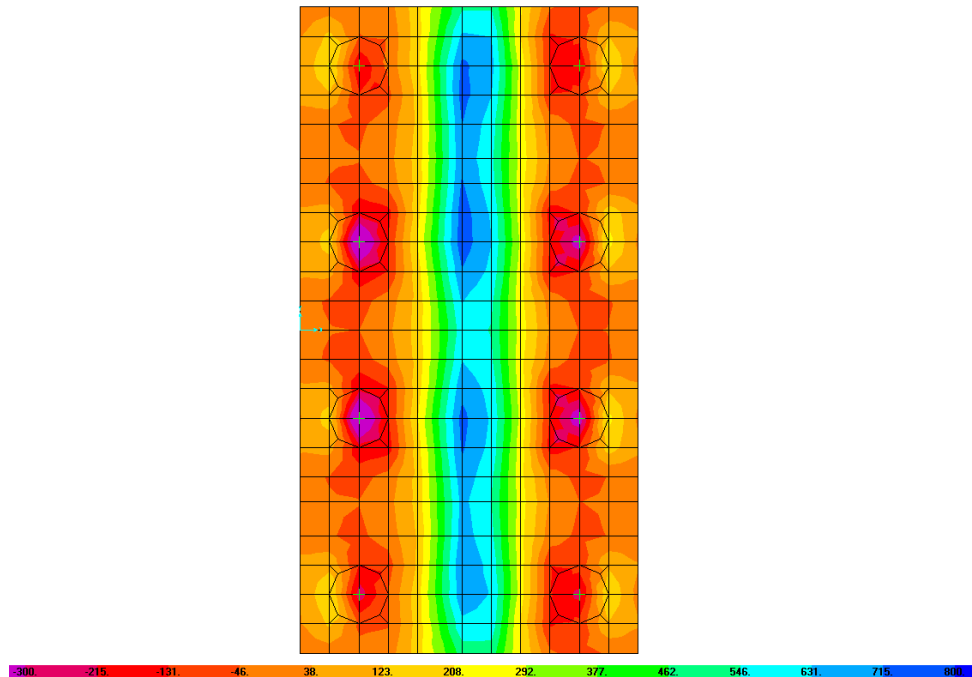


Figura 16: Involuppo Momento  $M_{11,max}$

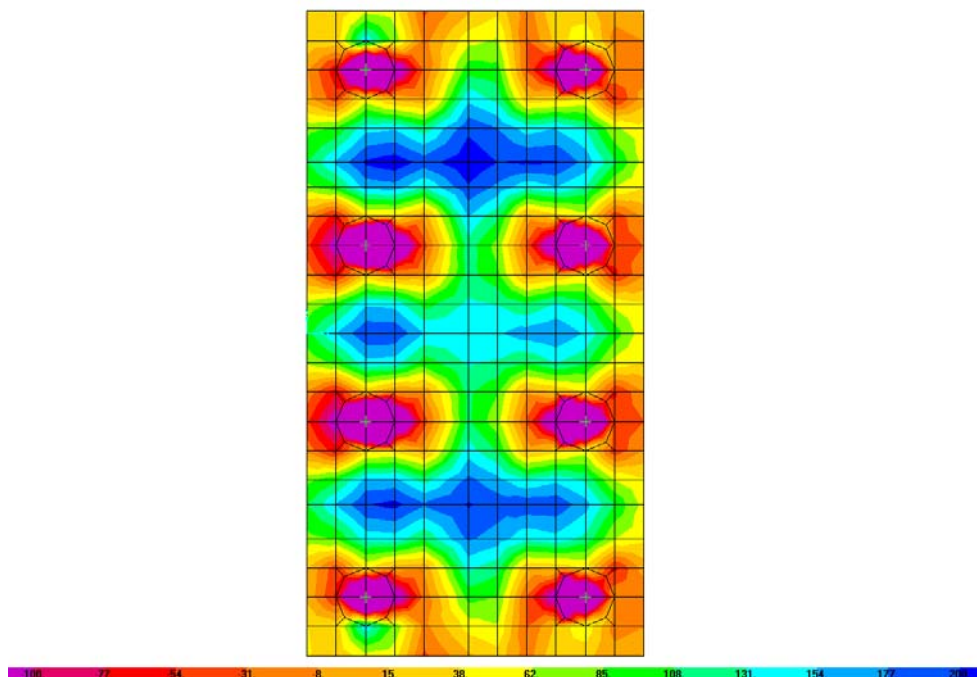


Figura 17: Involuppo Momento  $M_{22,max}$

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione in direzione trasversale e longitudinale delle sezioni più significative. Le verifiche sono state condotte facendo riferimento ad una sezione di larghezza

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 53 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

unitaria; le sollecitazioni assunte a base delle verifiche sono quelle desunte dalla risoluzione del modello di calcolo, mediate sulla larghezza di riferimento della sezione oggetto di verifica.

### PLINTO DI FONDAZIONE

### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		H	$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$M_{Sd}^{sup}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{sup}$ [kNm/m]	FS	
<b>Arm-inf</b>	X-inf	5 Φ 18	12.7	<b>746</b>	<b>755</b>	1.01	momento longitudinale Mx=M11+
<b>Arm-sup</b>	X-sup	5 Φ 18	12.7	<b>415</b>	<b>755</b>	1.82	momento longitudinale Mx=-M11-

### VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		H	$A_{res,TOT}$ [cm <sup>2</sup> ]	$M_{Sd}^{inf}$ [kNm/m]	$M_{Rd}^{inf}$ [kNm/m]	FS	
<b>Arm-inf</b>	Y-inf	5 Φ 22	19.0	<b>207</b>	<b>1123</b>	5.43	momento trasversale My=M22+
<b>Arm-sup</b>	Y-sup	5 Φ 18	12.7	<b>317</b>	<b>754</b>	2.38	momento trasversale My=M22-

### 7.6.2 Verifiche a taglio

		Plinto V13max	Plinto V23max		
<b>Sollecitazioni</b>					
V	=	<b>1064</b>	<b>1106</b>	kN	taglio
N	=	<b>0</b>	<b>0</b>	kN	sforzo normale (>0 compressione)
<b>Geometria</b>					
B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	larghezza sezione
H	=	<b>1600</b>	<b>1600</b>	mm	altezza sezione
c	=	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	copriferro
d	=	<b>1550</b>	<b>1550</b>	mm	altezza utile
<b>Materiali</b>					
R <sub>ck</sub>	=	<b>40.0</b>	<b>40.0</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.2	33.2	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ <sub>c</sub>	=	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>		coefficiente parziale di sicurezza coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
α <sub>cc</sub>	=	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>		
f <sub>cd</sub>	=	18.8	18.8	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ <sub>s</sub>	=	<b>1.15</b>	<b>1.15</b>		coefficiente di sicurezza acciaio
f <sub>yk</sub>	=	<b>450.0</b>	<b>450.0</b>	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f <sub>yd</sub>	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
<b>Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio</b>					
A <sub>sl</sub>		<b>2010.0</b>	<b>2905.0</b>	mm <sup>2</sup>	armatura longitudinale
ρ <sub>l</sub>	=	0.00126	0.00182		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4		
v <sub>min</sub>	=	0.3	0.3		
σ <sub>cp</sub>	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo tensione media di compressione adottata
σ <sub>cp,ad</sub>	=	0.0	0.0	MPa	(<=0.2fcd)
V <sub>Rd</sub>	=	<b>495.3</b>	<b>495.3</b>	kN	taglio resistente





CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 55 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
--------	------	------	------	------	------	------	------	------

Matrice coefficienti di combinazione dei carichi_sle quasi permanente		
	S.L.E. QP1	S.L.E. QP2
g1-imp	1	1
g1-sp	1	1
g2-imp	1	1
g2-sp	1	1
g3-sp	1	1
e2-imp	1	1
e3-imp	0.50	-0.50
q1.1-imp	0	0
q1.2-imp	0	0
q1t-sp	0	0
q3-imp	0	0
q4-imp	0	0
q5-imp	0	0
q6.1x-imp	0	0
q6.1y-imp	0	0
q6.1z-imp	0	0
q6.1x-sp	0	0
q6.2x-sp	0	0
q6.2y-sp	0	0
q6.2z-sp	0	0
q7-imp	0.60	0.60

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

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

## 8.2 PLINTO DI FONDAZIONE

condizioni	
ambientali	<b>aggressive</b>
armature	<b>poco sensibili</b>

### 8.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE
	Momento longitudinale M11=Mx		Momento trasversale M22=My	
	inf	sup	inf	sup
<b>diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>				
$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 56 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

**spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione**

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

$M_{Ed}$	=	<b>531</b>	<b>240</b>	<b>154</b>	<b>292</b>	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	comb.	comb.	comb.	comb.
	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE

**Materiali**

$R_{ck}$	=	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	41.20	41.20	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	3.10	3.10	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	2.17	2.17	2.17	2.17	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$f_{ctm}$	=	2.60	2.60	2.60	2.60	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_1$	=	2.58	2.58	2.58	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

**Geometria**

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	base sezione
H	=	<b>1600</b>	<b>1600</b>	<b>1600</b>	<b>1600</b>	mm	altezza sezione

**Armatura**

$n_1$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini inferiori
$\emptyset_1$	=	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	mm	diametro tondini inferiori
$d_1$	=	1550	1550	1550	1550	mm	distanza da lembo compresso
$A_{s1}$	=	1272	1272	1272	1901	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
$n_2$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini superiori
$\emptyset_2$	=	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	mm	diametro tondini superiori
$d_2$	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
$A_{s2}$	=	1272	1272	1901	1272	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore

**Sollecitazioni**

M	=	531.0	240.0	154.0	292.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

$A_{cls}$	=	1600000	1600000	1600000	1600000	mm <sup>2</sup>	area 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 57 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

$A_s$	=	2544.7	2544.7	3173.0	3173.0	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id}$	=	1.64E+06	1.64E+06	1.65E+06	1.65E+06	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_G$	=	800.0	800.0	795.7	804.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id}$	=	3.63E+11	3.63E+11	3.68E+11	3.68E+11	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id}$	=	470.6	470.6	472.7	472.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	523.2	523.2	517.9	523.5	mm	quota punto di nocciolo superiore

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

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

#### Comportamento sezione

parzializzata    parzializzata    parzializzata    parzializzata

#### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$	=	-288.23	-288.23	205.94	256.63	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
$J_n$	=	5.87E+10	5.87E+10	3.81E+10	5.41E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		

#### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$	=	2.61	1.18	-0.83	-1.38	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	249.5	112.8	81.5	104.6	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

#### Verifica a fessurazione

$M_{fess}$	=	1171.2	1171.2	1181.8	1194.6	kNm	momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	2.21	4.88	7.67	4.09		check1
$w_{max}$	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
$c$	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4
$E_s$	=	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>	
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX	
	Pagina 58 di 77	
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX	

$k_1$	=	-	-	-	-	0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-	deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-	deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-	0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel
$k_3$	=	-	-	-	-	
$k_4$	=	-	-	-	-	
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-	deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato	check3
FS	=	-	-	-	-	

## 8.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

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

### diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	25	25	25	25	
200	16	16	16	16	
240	12	12	12	12	
280	8	8	8	8	
320	6	6	6	6	
360	0	0	0	0	

### spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	200	200	200	200	
200	150	150	150	150	
240	100	100	100	100	
280	50	50	50	50	
320	0	0	0	0	
360	0	0	0	0	

$M_{Ed}$	=	<b>478</b>	<b>216</b>	<b>139</b>	<b>256</b>	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

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

Materiali

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>			
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX			
	Pagina 59 di 77			
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX			

Rck	=	40	40	40	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	33.20	33.20	33.20	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	41.20	41.20	41.20	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	3.10	3.10	3.10	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	21.7	21.7	21.7	21.7	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f <sub>ctm</sub>	=	2.65	2.65	2.65	2.65	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ <sub>t</sub>	=	2.58	2.58	2.58	2.58	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

#### Geometria

B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1600	1600	1600	1600	mm	altezza sezione

#### Armatura

n <sub>1</sub>	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø <sub>1</sub>	=	18	18	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d <sub>1</sub>	=	1550	1550	1550	1550	mm	distanza da lembo compresso
A <sub>s1</sub>	=	1272	1272	1272	1901	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
n <sub>2</sub>	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø <sub>2</sub>	=	18	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d <sub>2</sub>	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A <sub>s2</sub>	=	1272	1272	1901	1272	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore

#### Sollecitazioni

M	=	478.0	216.0	139.0	256.0	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 <sub>cls</sub>	=	1600000	1600000	1600000	1600000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	=	2544.7	2544.7	3173.0	3173.0	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id</sub>	=	1.64E+06	1.64E+06	1.65E+06	1.65E+06	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G</sub>	=	800.0	800.0	795.7	804.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id</sub>	=	3.63E+11	3.63E+11	3.68E+11	3.68E+11	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id</sub>	=	470.6	470.6	472.7	472.7	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,s</sub>	=	523.2	523.2	517.9	523.5	mm	quota punto di nocciolo superiore

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

A <sub>cls,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A <sub>s</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,i</sub>	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

#### Comportamento sezione

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

#### Caratteristiche sezione parzializzata

Y <sub>n</sub>	=	211.89	211.89	205.94	256.63	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J <sub>n</sub>	=	3.78E+10	3.78E+10	3.81E+10	5.41E+10	mm <sup>4</sup>	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>			
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX			
	Pagina 60 di 77			
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX			

$S_n$	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
<b>Tensioni nei materiali</b>							
$\sigma_c$	=	-2.68	-1.21	-0.75	-1.21	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	253.5	114.6	73.6	91.7	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Verifica a fessurazione</b>							
$M_{fess}$	=	1171.2	1171.2	1181.8	1194.6	kNm	momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	2.45	5.42	8.50	4.67		check1
$w_{max}$	=	0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
$c$	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		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	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura
$k_1$	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di trazione
$k_3$	=	-	-	-	-		
$k_4$	=	-	-	-	-		
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3
FS	=	-	-	-	-		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 61 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

### 8.3 MURO FRONTALE

condizioni	
ambientali	<b>aggressive</b>
armature	<b>poco sensibili</b>

#### 8.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>
	<b>FREQUENTE</b>	<b>FREQUENTE</b>	<b>FREQUENTE</b>	<b>FREQUENTE</b>
	Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)	
	X-	X+	X-	X+

##### diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25
240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

##### spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

$M_{Ed}$	=	<b>46</b>	<b>143</b>	<b>222</b>	<b>264</b>	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>
	<b>FREQUENTE</b>	<b>FREQUENTE</b>	<b>FREQUENTE</b>	<b>FREQUENTE</b>

##### Materiali

Rck	=	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$f_{ctm}$	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

##### Geometria

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	base 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 62 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
<b>Armatura</b>							
n <sub>1</sub>	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø <sub>1</sub>	=	16	16	20	18	mm	diametro tondini inferiori
d <sub>1</sub>	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A <sub>s1</sub>	=	1005	1005	1571	1272	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
n <sub>2</sub>	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø <sub>2</sub>	=	16	16	18	20	mm	diametro tondini superiori
d <sub>2</sub>	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A <sub>s2</sub>	=	1005	1005	1272	1571	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
<b>Sollecitazioni</b>							
M	=	46.0	143.0	222.0	264.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	2220	2640	mm	eccentricità
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione</b>							
A <sub>cls</sub>	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	=	2010.6	2010.6	2843.1	2843.1	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id</sub>	=	1.83E+06	1.83E+06	1.84E+06	1.84E+06	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G</sub>	=	900.0	900.0	902.1	897.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id</sub>	=	5.08E+11	5.08E+11	5.17E+11	5.17E+11	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id</sub>	=	526.7	526.7	529.6	529.6	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,s</sub>	=	591.7	591.7	589.7	587.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione</b>							
A <sub>cls,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A <sub>s</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,i</sub>	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
<b>Comportamento sezione</b>							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
<b>Caratteristiche sezione parzializzata</b>							
Y <sub>n</sub>	=	204.78	204.78	358.63	304.76	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J <sub>n</sub>	=	3.92E+10	3.92E+10	6.28E+10	5.08E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
S <sub>n</sub>	=	0.00	0.00	37415595.24	24857640.21	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
f(Y <sub>n</sub> )=0	=	-	-	0	0		
<b>Tensioni nei materiali</b>							
σ <sub>c</sub>	=	-0.24	-0.75	-1.27	-1.58	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ <sub>s</sub>	=	27.2	84.5	73.8	112.6	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Verifica a fessurazione</b>							
M <sub>fess</sub>	=	1202.8	1202.8	1258.2	1252.4	kNm	momento limite di apertura fessure
M <sub>fess</sub> / M	=	26.15	8.41	5.67	4.74		check1
w <sub>max</sub>	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
Ø <sub>max</sub>	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>			
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX			
	Pagina 63 di 77			
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX			

$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
$c$	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		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	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura
$k_1$	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di trazione
$k_3$	=	-	-	-	-		
$k_4$	=	-	-	-	-		
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3
FS	=	-	-	-	-		

### 8.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

	comb.		comb.	
	QUASI PERM.		QUASI PERM.	
	Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)	
	X-	X+	X-	X+
<b>diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>				
$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	25	25	25	25
200	16	16	16	16
240	12	12	12	12
280	8	8	8	8
320	6	6	6	6
360	0	0	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 64 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

**spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione**

$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	
160	200	200	200	200	
200	150	150	150	150	
240	100	100	100	100	
280	50	50	50	50	
320	0	0	0	0	
360	0	0	0	0	
$M_{Ed}$	=	<b>42</b>	<b>132</b>	<b>205</b>	<b>244</b> kNm
					Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b> kN
					Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

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

**Materiali**

$R_{ck}$	=	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$f_{ctm}$	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

**Geometria**

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	base sezione
H	=	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	<b>1800</b>	mm	altezza sezione

**Armatura**

$n_1$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini inferiori
$\emptyset_1$	=	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	mm	diametro tondini inferiori
$d_1$	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
$A_{s1}$	=	1005	1005	1571	1272	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
$n_2$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini superiori
$\emptyset_2$	=	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	mm	diametro tondini superiori
$d_2$	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
$A_{s2}$	=	1005	1005	1272	1571	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore

**Sollecitazioni**

M	=	42.0	132.0	205.0	244.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	2050	2440	mm	eccentricità

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

$A_{cls}$	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
$A_s$	=	2010.6	2010.6	2843.1	2843.1	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id}$	=	1.83E+06	1.83E+06	1.84E+06	1.84E+06	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_G$	=	900.0	900.0	902.1	897.9	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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>				
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX				
	Pagina 65 di 77				
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX				

$J_{id}$	=	5.08E+11	5.08E+11	5.17E+11	5.17E+11	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id}$	=	526.7	526.7	529.6	529.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	591.7	591.7	589.7	587.0	mm	quota punto di nocciolo superiore

#### Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

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

#### Comportamento sezione

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

#### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$	=	204.78	204.78	369.67	312.73	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
$J_n$	=	3.92E+10	3.92E+10	6.37E+10	5.12E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>41905340.47</b>	<b>27660009.71</b>	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

#### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$	=	-0.22	-0.69	-1.19	-1.49	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	24.8	78.0	66.7	102.6	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

#### Verifica a fessurazione

$M_{fess}$	=	1202.8	1202.8	1258.2	1252.4	kNm	momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	28.64	9.11	6.14	5.13		check1
$w_{max}$	=	0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
$c$	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 p
$E_s$	=	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura
$k_1$	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b> Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX Pagina 66 di 77 Nome file: V112-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX
--	---

$k_2$	=	-	-	-	-	0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1 + \epsilon_2) / 2\epsilon_1$ nel caso di
$k_3$	=	-	-	-	-	
$k_4$	=	-	-	-	-	
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-	deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato	check3
FS	=	-	-	-	-	

## 8.4 MURO PARAGHIAIA

condizioni	
ambientali	<b>aggressive</b>
armature	<b>poco sensibili</b>

### 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+

#### diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25
240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

#### spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

$M_{Ed}$	=	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>68</b>	kNm Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	kN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 67 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
<b>Materiali</b>							
Rck	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f <sub>ctm</sub>	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ <sub>t</sub>	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
<b>Geometria</b>							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	800	800	800	800	mm	altezza sezione
<b>Armatura</b>							
n <sub>1</sub>	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø <sub>1</sub>	=	16	22	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d <sub>1</sub>	=	750	750	750	750	mm	distanza da lembo compresso
A <sub>s1</sub>	=	1005	1901	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
n <sub>2</sub>	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø <sub>2</sub>	=	22	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d <sub>2</sub>	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A <sub>s2</sub>	=	1901	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
<b>Sollecitazioni</b>							
M	=	98.0	100.0	28.0	68.0	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
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione</b>							
A <sub>cls</sub>	=	800000	800000	800000	800000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	=	2906.0	2906.0	2010.6	2010.6	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id</sub>	=	8.44E+05	8.44E+05	8.30E+05	8.30E+05	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G</sub>	=	394.4	405.6	400.0	400.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id</sub>	=	4.80E+10	4.80E+10	4.64E+10	4.64E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id</sub>	=	238.5	238.5	236.3	236.3	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,s</sub>	=	254.2	261.4	260.4	260.4	mm	quota punto di nocciolo superiore
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione</b>							
A <sub>cls,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A <sub>s</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,i</sub>	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
<b>Comportamento sezione</b>							

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 68 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

	parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
<b>Caratteristiche sezione parzializzata</b>						
$Y_n$	=	121.85	171.29	128.07	128.07	mm distanza asse neutro da lembo compresso
$J_n$	=	6.70E+09	1.14E+10	6.62E+09	6.62E+09	mm <sup>4</sup> momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	mm <sup>3</sup> momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-	
<b>Tensioni nei materiali</b>						
$\sigma_c$	=	-1.78	-1.50	-0.54	-1.31	MPa tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	137.8	75.8	39.4	95.8	MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Verifica a fessurazione</b>						
$M_{fess}$	=	252.2	259.3	247.1	247.1	kNm momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	2.57	2.59	8.82	3.63	check1
$w_{max}$	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm diametro massimo delle barre
$\sigma^*_{s1}$	=	-	-	-	-	MPa limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-	spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-	spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm spaziatura massima delle barre
$\sigma^*_{s2}$	=	-	-	-	-	MPa limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-	check2
$c$	=	-	-	-	-	mm ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup> area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-	rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-	fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 p
$E_s$	=	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	MPa modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm zona efficace armatura
$k_1$	=	-	-	-	-	0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-	deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-	deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-	0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel c
$k_3$	=	-	-	-	-	
$k_4$	=	-	-	-	-	
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-	deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato	check3
FS	=	-	-	-	-	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 69 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

#### 8.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

	comb.	comb.	comb.	comb.	
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
	Momento orizzontale (Y)		Momento verticale (Z)		
	X-	X+	X-	X+	
<b>diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione</b>					
$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	25	25	25	25	
200	16	16	16	16	
240	12	12	12	12	
280	8	8	8	8	
320	6	6	6	6	
360	0	0	0	0	
<b>spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione</b>					
$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø	
160	200	200	200	200	
200	150	150	150	150	
240	100	100	100	100	
280	50	50	50	50	
320	0	0	0	0	
360	0	0	0	0	
$M_{Ed}$	=	<b>91</b>	<b>93</b>	<b>26</b>	<b>63</b> kNm
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b> kN
					Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
					Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
	comb.	comb.	comb.	comb.	
	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	QUASI PERM.	
<b>Materiali</b>					
$R_{ck}$	=	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b> MPa
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90 MPa
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90 MPa
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56 MPa
$f_{ctk}$	=	17.9	17.9	17.9	17.9 MPa
$f_{ctm}$	=	2.19	2.19	2.19	2.19 MPa
$\sigma_1$	=	2.13	2.13	2.13	2.13 MPa
n	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
n'	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
					resistenza caratteristica cubica
					resistenza caratteristica cilindrica
					resistenza cilindrica media
					resistenza media a trazione semplice
					resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
					resistenza media a trazione per flessione
					tensione limite apertura fessure
					coefficiente di omogeneizzazione armature
					coefficiente di omogeneizzazione cls teso
<b>Geometria</b>					
B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b> mm
H	=	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b>	<b>800</b> mm
					base sezione
					altezza sezione
<b>Armatura</b>					
$n_1$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
$\varnothing_1$	=	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>16</b> mm
$d_1$	=	750	750	750	750 mm
					n. tondini inferiori
					diametro tondini inferiori
					distanza da lembo compresso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 70 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

$A_{s1}$	=	1005	1901	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
$n_2$	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
$\varnothing_2$	=	22	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
$d_2$	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
$A_{s2}$	=	1901	1005	1005	1005	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore
<b>Sollecitazioni</b>							
M	=	91.0	93.0	26.0	63.0	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
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione</b>							
$A_{cls}$	=	800000	800000	800000	800000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
$A_s$	=	2906.0	2906.0	2010.6	2010.6	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id}$	=	8.44E+05	8.44E+05	8.30E+05	8.30E+05	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_G$	=	394.4	405.6	400.0	400.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id}$	=	4.80E+10	4.80E+10	4.64E+10	4.64E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id}$	=	238.5	238.5	236.3	236.3	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	254.2	261.4	260.4	260.4	mm	quota punto di nocciolo superiore
<b>Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione</b>							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo teso omogeneizzato
$A_s$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
<b>Comportamento sezione</b>							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
<b>Caratteristiche sezione parzializzata</b>							
$Y_n$	=	121.85	171.29	128.07	128.07	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
$J_n$	=	6.70E+09	1.14E+10	6.62E+09	6.62E+09	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
<b>Tensioni nei materiali</b>							
$\sigma_c$	=	-1.65	-1.39	-0.50	-1.22	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	128.0	70.5	36.6	88.7	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Verifica a fessurazione</b>							
$M_{fess}$	=	252.2	259.3	247.1	247.1	kNm	momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	2.77	2.79	9.50	3.92		check1
$w_{max}$	=	0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	<b>Pagina 71 di 77</b>
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
c	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 p
$E_s$	=	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura
$k_1$	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel c
$k_3$	=	-	-	-	-		
$k_4$	=	-	-	-	-		
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3
FS	=	-	-	-	-		

## 8.5 MURI LATERALI

condizioni	
ambientali	<b>aggressive</b>
armature	<b>poco sensibili</b>

### 8.5.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

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

#### diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	32	32	32	32
200	25	25	25	25

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 72 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

240	16	16	16	16
280	12	12	12	12
320	10	10	10	10
360	8	8	8	8

**spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione**

$\sigma_s$	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$
160	300	300	300	300
200	250	250	250	250
240	200	200	200	200
280	150	150	150	150
320	100	100	100	100
360	50	50	50	50

$M_{Ed}$  = **131**      **189**      **64**      **149**      kNm      Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)

$N_{Ed}$  = **0**      **0**      **100**      **100**      kN      Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

**comb.**      **comb.**      **comb.**      **comb.**  
**FREQUENTE**      **FREQUENTE**      **FREQUENTE**      **FREQUENTE**

**Materiali**

$R_{ck}$	=	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck}$	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm}$	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
$f_{ctm}$	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}$	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
$f_{ctm}$	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$\sigma_t$	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

**Geometria**

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	base sezione
H	=	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	mm	altezza sezione

**Armatura**

$n_1$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini inferiori
$\emptyset_1$	=	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	mm	diametro tondini inferiori
$d_1$	=	650	650	650	650	mm	distanza da lembo compresso
$A_{s1}$	=	1005	1571	1272	1901	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
$n_2$	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini superiori
$\emptyset_2$	=	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	mm	diametro tondini superiori
$d_2$	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
$A_{s2}$	=	1571	1005	1901	1272	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore

**Sollecitazioni**

M	=	131.0	189.0	64.0	149.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	640	1490	mm	eccentricità

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

$A_{cls}$	=	700000	700000	700000	700000	mm <sup>2</sup>	area 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>			
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX			
	Pagina 73 di 77			
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX			

$A_s$	=	2576.1	2576.1	3173.0	3173.0	mm <sup>2</sup>	area armatura
$A_{id}$	=	7.39E+05	7.39E+05	7.48E+05	7.48E+05	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
$d_G$	=	346.6	353.4	346.2	353.8	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id}$	=	3.21E+10	3.21E+10	3.29E+10	3.29E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id}$	=	208.3	208.3	209.6	209.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	223.8	228.2	222.0	226.8	mm	quota punto di nocciolo superiore

#### Caratteristiche sezione interamente regante a trazione

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

#### Comportamento sezione

parzializzata    parzializzata    parzializzata    parzializzata

#### Caratteristiche sezione parzializzata

$Y_n$	=	114.50	144.75	195.08	185.33	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
$J_n$	=	4.92E+09	7.16E+09	7.02E+09	8.63E+09	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>14480909.97</b>	<b>6509493.27</b>	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

#### Tensioni nei materiali

$\sigma_c$	=	-3.05	-3.82	-1.78	-3.20	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	213.8	200.0	62.2	120.4	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

#### Verifica a fessurazione

$M_{fess}$	=	193.3	197.2	210.4	215.0	kNm	momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	1.48	1.04	3.29	1.44		check1
$w_{max}$	=	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
$c$	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 p
$E_s$	=	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 74 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

$k_1$	=	-	-	-	-	0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\epsilon_2$	=	-	-	-	-	deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\epsilon_1$	=	-	-	-	-	deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-	0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\epsilon_1+\epsilon_2)/2\epsilon_1$ nel caso di flessione
$k_3$	=	-	-	-	-	
$k_4$	=	-	-	-	-	
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm distanza media tra le fessure
$\epsilon_{sm}$	=	-	-	-	-	deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato	check3
FS	=	-	-	-	-	

## 8.5.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>
	<b>QUASI PERM.</b>	<b>QUASI PERM.</b>	<b>QUASI PERM.</b>	<b>QUASI PERM.</b>
	Momento orizzontale (X)		Momento verticale (Z)	
	Y-	Y+	Y-	Y+

### diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	25	25	25	25
200	16	16	16	16
240	12	12	12	12
280	8	8	8	8
320	6	6	6	6
360	0	0	0	0

### spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

$\sigma_s$	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm	w1=0.20 mm
[MPa]	Ø	Ø	Ø	Ø
160	200	200	200	200
200	150	150	150	150
240	100	100	100	100
280	50	50	50	50
320	0	0	0	0
360	0	0	0	0

$M_{Ed}$	=	<b>123</b>	<b>175</b>	<b>60</b>	<b>140</b>	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
$N_{Ed}$	=	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	kN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
		<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>	<b>comb.</b>		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 75 di 77
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX

**QUASI PERM. QUASI PERM. QUASI PERM. QUASI PERM.**

**Materiali**

R <sub>ck</sub>	=	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	MPa	resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f <sub>cm</sub>	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f <sub>ctm</sub>	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f <sub>ctk</sub>	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f <sub>ctm</sub>	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ <sub>t</sub>	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		coefficiente di omogeneizzazione cls teso

**Geometria**

B	=	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	mm	base sezione
H	=	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	mm	altezza sezione

**Armatura**

n <sub>1</sub>	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini inferiori
Ø <sub>1</sub>	=	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>22</b>	mm	diametro tondini inferiori
d <sub>1</sub>	=	650	650	650	650	mm	distanza da lembo compresso
A <sub>s1</sub>	=	1005	1571	1272	1901	mm <sup>2</sup>	area armatura inferiore
n <sub>2</sub>	=	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		n. tondini superiori
Ø <sub>2</sub>	=	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	mm	diametro tondini superiori
d <sub>2</sub>	=	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A <sub>s2</sub>	=	1005	1571	1901	1272	mm <sup>2</sup>	area armatura superiore

**Sollecitazioni**

M	=	123.0	175.0	60.0	140.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	100.0	100.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	600	1400	mm	eccentricità

**Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione**

A <sub>cls</sub>	=	700000	700000	700000	700000	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo
A <sub>s</sub>	=	2010.6	3141.6	3173.0	3173.0	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id</sub>	=	7.30E+05	7.47E+05	7.48E+05	7.48E+05	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G</sub>	=	350.0	350.0	346.2	353.8	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id</sub>	=	3.13E+10	3.28E+10	3.29E+10	3.29E+10	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id</sub>	=	207.0	209.6	209.6	209.6	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,s</sub>	=	227.5	224.5	222.0	226.8	mm	quota punto di nocciolo superiore

**Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione**

A <sub>cls,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A <sub>s</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area armatura
A <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area sezione ideale
d <sub>G,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ <sub>id,t</sub>	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y <sub>nocc,i</sub>	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

**Comportamento sezione**

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

**Caratteristiche 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 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Viadotto Arenella I</b>			
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX			
	Pagina 76 di 77			
	Nome file: VI12-B-CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX			

$Y_n$	=	118.24	152.68	201.18	187.41	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
$J_n$	=	4.89E+09	7.26E+09	7.21E+09	8.66E+09	mm <sup>4</sup>	momento d'inerzia sezione parzializzata
$S_n$	=	<b>0.00</b>	<b>2356194.49</b>	<b>15980868.11</b>	<b>6994667.23</b>	mm <sup>3</sup>	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		
<b>Tensioni nei materiali</b>							
$\sigma_c$	=	-2.98	-3.68	-1.67	-3.03	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
$\sigma_s$	=	200.8	179.8	56.0	112.2	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
<b>Verifica a fessurazione</b>							
$M_{fess}$	=	190.6	199.9	210.4	215.0	kNm	momento limite di apertura fessure
$M_{fess} / M$	=	1.55	1.14	3.51	1.54		check1
$w_{max}$	=	0.20	0.20	0.20	0.20	mm	valore limite ampiezza fessure
$\varnothing_{max}$	=	-	-	-	-	mm	diametro massimo delle barre
$\sigma_{s1}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta al diametro dei ferri
$sp_s$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre superiori
$sp_i$	=	-	-	-	-		spaziatura delle barre inferiori
$sp_{max}$	=	-	-	-	-	mm	spaziatura massima delle barre
$\sigma_{s2}^*$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio dovuta alla spaziatura dei ferri
$\sigma_{s,lim}$	=	-	-	-	-	MPa	limite di tensione max nell'acciaio
$\sigma_{s,lim}/\sigma_s$	=	-	-	-	-		check2
$c$	=	-	-	-	-	mm	ricoprimento armatura
$h_{ct,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura superiore
$h_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm	altezza efficace cls teso attorno armatura inferiore
$A_{cb,eff}$	=	-	-	-	-	mm <sup>2</sup>	area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	=	-	-	-	-		rapporto $A_s/A_{c,eff}$
$k_t$	=	-	-	-	-		fattore dipendente dalla durata del carico (0.6 per carichi di breve durata; 0.4 p
$E_s$	=	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	<b>200000</b>	MPa	modulo elastico acciaio
$d^*$	=	-	-	-	-	mm	zona efficace armatura
$k_1$	=	-	-	-	-		0.80 per barre ad aderenza migliorate; 1.6 per barre lisce
$\varepsilon_2$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo inferiore della sezione fessurata
$\varepsilon_1$	=	-	-	-	-		deformazione a lembo superiore della sezione fessurata
$k_2$	=	-	-	-	-		0.50 nel caso di flessione; 1.0 nel caso di trazione semplice; $(\varepsilon_1+\varepsilon_2)/2\varepsilon_1$ nel ca
$k_3$	=	-	-	-	-		
$k_4$	=	-	-	-	-		
$\Delta_{smax1}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure nella zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{smax2}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure al di fuori della zona $d^*$ attorno alle barre
$\Delta_{sm}$	=	-	-	-	-	mm	distanza media tra le fessure
$\varepsilon_{sm}$	=	-	-	-	-		deformazione unitaria media delle barre di armatura
$w_m$	=	-	-	-	-	mm	apertura media delle fessure
$w_d$	=	-	-	-	-	mm	valore di calcolo di apertura delle fessure
		verificato	verificato	verificato	verificato		check3
FS	=	-	-	-	-		