

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 Busita III

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 5 1 V I 2 0 8 V I 0 8 B C L 0 0 7 B

Scala:

-

F						
E						
D						
C						
B	Ottobre 2011	Rif. Istruttoria prot. CDG-0141142-P del 19/10/11	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
A	Aprile 2011	EMISSIONE	T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO
Responsabile del procedimento:			Ing. MAURIZIO ARAMINI			

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



INDICE

1	GENERALITA'	2
1.1	PREMESSA	2
1.2	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO	2
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	2
1.4.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	2
1.4.2	<i>Calcestruzzo</i>	2
1.4.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	2
2	ANALISI GLOBALE DEL VIADOTTO	2
2.1	DESCIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	2
3	ANALISI DELLE PALIFICATE SPALLE CARREGGIATA SINISTRA	2
3.1	SPALLA SPA_SX	2
3.1.1	<i>Azioni trasmesse dall'impalcato</i>	2
3.1.2	<i>Azioni trasmesse dalla spalla</i>	2
3.1.3	<i>Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali</i>	2
3.1.3.1	Combinazioni di carico SLU	2
3.1.3.2	Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_sx	2
3.1.3.3	Combinazioni di carico SLE	2
3.1.3.4	Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_sx	2
3.2	SPALLA SPB_SX	2
3.2.1	<i>Azioni trasmesse dall'impalcato</i>	2
3.2.2	<i>Azioni trasmesse dalla spalla</i>	2
3.2.3	<i>Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali</i>	2
3.2.3.1	Combinazioni di carico SLU	2
3.2.3.2	Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_sx	2
3.2.3.3	Combinazioni di carico SLE	2
3.2.3.4	Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_sx	2
4	VERIFICA DI RESISTENZA DEI PALI (SLU)	2
4.1	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX	2
4.1.1	<i>Verifica per tensioni normali</i>	2
4.1.2	<i>Verifica a taglio</i>	2
4.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX	2
4.2.1	<i>Verifica per tensioni normali</i>	2
4.2.2	<i>Verifica a taglio</i>	2
5	VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE DEI PALI (SLE)	2
5.1	CARREGGIATA SINISTRA	2
5.2	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX	2
5.2.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti</i>	2
5.2.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente</i>	2
5.3	PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX	2
5.3.1	<i>Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti</i>	2
5.3.2	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente</i>	2
6	VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI	2
6.1	CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO	2
6.1.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite verticale</i>	2
6.1.2	<i>Criteri di verifiche</i>	2
6.1.3	<i>Risultati</i>	2
6.2	CARICO LIMITE ORIZZONTALE	2
6.2.1	<i>Criteri di calcolo del carico limite orizzontale</i>	2
6.2.2	<i>Criteri di verifica</i>	2
6.2.3	<i>Risultati</i>	2
6.2.3.1	Pali Spalla SPA_SX	2

6.2.3.2	Pali Spalla SPB_SX	2
7	ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE AGLI SLU.....	2
7.1	SPALLA SPA_SX.....	2
7.2	ANALISI DEI CARICHI	2
7.3	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	2
7.3.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.3.2	Verifiche a taglio.....	2
7.4	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	2
7.4.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.4.2	Verifiche a taglio.....	2
7.5	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA	2
7.5.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.5.2	Verifiche a taglio.....	2
7.6	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	2
7.6.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.6.2	Verifiche a taglio.....	2
7.7	SPALLA SPB_SX.....	2
7.8	ANALISI DEI CARICHI	2
7.9	VERIFICHE DEL MURO FRONTALE	2
7.9.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.9.2	Verifiche a taglio.....	2
7.10	VERIFICHE DEI MURI LATERALI	2
7.10.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.10.2	Verifiche a taglio.....	2
7.11	VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA.....	2
7.11.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.11.2	Verifiche a taglio.....	2
7.12	VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE	2
7.12.1	Verifiche di resistenza per tensioni normali	2
7.12.2	Verifiche a taglio.....	2
8	VERIFICA DELLE SPALLE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE.....	2
8.1	COMBINAZIONI DI CARICO SLE.....	2
8.2	SPALLA A_SX	2
8.2.1	Plinto di fondazione.....	2
8.2.1.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.2.1.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.2.2	Muro Frontale.....	2
8.2.2.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.2.2.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.2.3	Muro Paraghiaia.....	2
8.2.3.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.2.3.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.2.4	Muri Laterali	2
8.2.4.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.2.4.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.3	SPALLA B_SX	2
8.3.1	Plinto di fondazione.....	2
8.3.1.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.3.1.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.3.2	Muro Frontale.....	2
8.3.2.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.3.2.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.3.3	Muro Paraghiaia.....	2
8.3.3.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.3.3.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2
8.3.4	Muri Laterali	2
8.3.4.1	Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti	2
8.3.4.2	Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente	2

1 GENERALITA'

1.1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle pile della carreggiata sinistra del viadotto Busita III, previsto nell'ambito del progetto esecutivo "CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA - ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 - S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" - AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 - dal km 44+000 allo svincolo con l'A19".

1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL VIADOTTO

Il viadotto in esame è a carreggiate separate (carreggiata dx e carreggiata sx). Esso presenta un tracciato planimetrico pressoché rettilineo con raggio di curvatura maggiore di 2000 m. La carreggiata è composta da n. 6 campate le cui luci sono riportate in tabella.

Carreggiata SX	
Numero campata	L [m]
1	35.00
2	45.00
3	61.00
4	61.00
5	61.00
6	45.00

L'impalcato è realizzato in acciaio-clc con schema statico di trave continua su più appoggi. La sezione trasversale dell'impalcato è formata da una coppia di travi a "doppia T" in composizione saldata. I traversi sono ad anima piena con sezione trasversale a doppia "T". Le travi principali sono irrigidite mediante stiffeners trasversali e longitudinali per tutto lo sviluppo della travata. La stabilizzazione della struttura metallica durante le fasi antecedenti alla realizzazione e solidarizzazione della soletta in c.a. è assicurata da un sistema di controventi superiori a croce, realizzato mediante profili angolari standard che vengono rimossi dopo il varo dell'impalcato in acciaio effettuato a spinta a partire da una spalla del viadotto.

L'interasse delle travi, della carreggiata di *Sinistra*, è pari a 5,75 m per le prime 5 campate (dalla SPA alla pila P04), mentre per l'ultima campata, la sesta, varia da 5,75 m a 8,00 m in corrispondenza della spalla SPB; tali travi hanno un'altezza di 2.8 m; lo sviluppo longitudinale è suddiviso in conci collegati mediante giunzioni saldate a completo ripristino.

La soletta in calcestruzzo presenta larghezza complessiva di 12.75 m per le prime 5 campate. Essa, si presenta con spessore variabile, pari a 370 mm in asse travi e 270 mm in asse impalcato. La soletta dell'ultima campata presenta, invece, una larghezza che varia da 12.75m a 15,00 m e con spessore variabile pari a 410 in asse travi e 310 in asse impalcato. Il getto delle solette sarà effettuato mediante casseri autoportanti. La connessione soletta - travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson. La larghezza del piano viabile è di 10.50 m, ai cui lati sono posti due cordoli di larghezza pari a 1.50 m e 0.75 m.

La figura seguente riporta la pianta impalcato del viadotto.

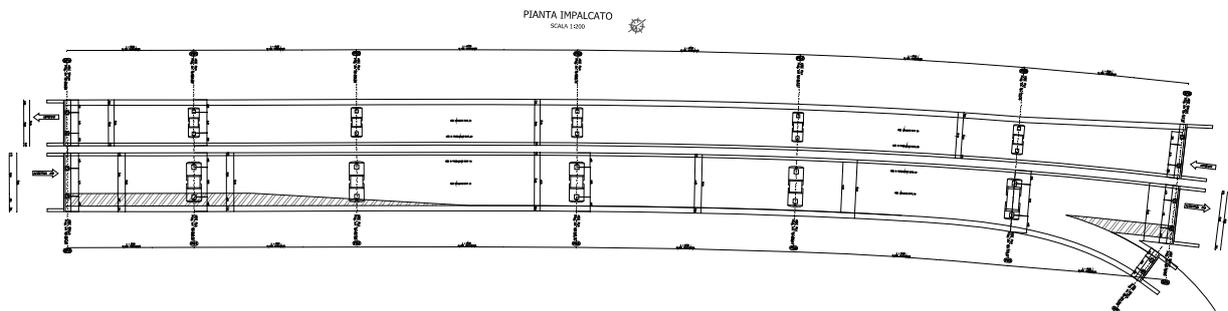


Figura 1: Pianta impalcato

Le pile sono realizzate in c.a. e presentano una sagoma cruciforme costituite da un fusto a sezione piena costante, iscritta in un rettangolo le cui dimensioni variano in funzione della tipologia:

Tipo A: 3,00 m x 4,00 m altezza pilvino 5,86 m e interasse travi 5,75 m

Tipo B: 3,00 m x 5,25 m altezza pulvino 6,06 m e interasse travi 8,75 m

Tipo C: 3,00 m x 5,25 m altezza pulvino 6,06 m e interasse travi 8,25 m

CARREGGIATA SX					CARREGGIATA DX				
PILA	TIPO	H _{fusto} [m]	H _{pulvino} [m]	H [m]	PILA	TIPO	H _{fusto} [m]	H _{pulvino} [m]	H [m]
P01	A	3.60	5.86	9.46	P01	C	2.40	6.06	8.46
P02	A	9.60	5.86	15.46	P02	C	7.20	6.06	13.26
P03	A	9.60	5.86	15.46	P03	C	7.20	6.06	13.26
P04	A	9.60	5.86	15.46	P04	C	8.40	6.06	14.46
P05	A	10.80	5.86	16.66	P05	B	8.40	6.06	14.46

Tutte le pile del viadotto sono fondate su pali trivellati di grande diametro. In particolare la palificata è costituita da 6 pali di diametro Ø1500 mm, posti ad interasse di 5.40 m. I pali sono collegati in testa da un plinto di fondazione di altezza 2.50m a pianta rettangolare di dimensioni

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:

$K_e = 5.3 \text{ kN/mm}$ (rigidezza equivalente orizzontale);

$K_v = 3546 \text{ kN/mm}$ (rigidezza verticale).

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 5 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 6 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.4.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume $RH = 70 \%$. Per quanto riguarda le classi di esposizione si prevede l'utilizzo di quanto segue:

- pali: XC2;
- zattere pile: XC2;
- elevazione spalle XF2
- elevazione pile e pulvini: XF2;
- baggioli: XF2;
- soletta impalcato: XC4; cordoli e marciapiedi: XF2.

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati ai punti seguenti, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.4.2 Calcestruzzo

Calcestruzzo PALI C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XC2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza

Calcestruzzo ZATTERE C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.9	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.19	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 7 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

σ_t	=	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	31447	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XC2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza
Calcestruzzo ELEVAZIONE C28/35				
R_{ck}	=	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.32	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	32588	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF2				classe di esposizione
S3-S4				classe di consistenza
Calcestruzzo BAGGIOLI C35/45				
R_{ck}	=	45	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	37.35	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	45.35	MPa	resistenza cilindrica media
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctm}	=	3.35	MPa	resistenza media a trazione semplice (assiale)
f_{ctk}	=	2.35	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
c	=	1.00		per solette, pareti, ed elementi con spessori minori di 50mm va ridotta di 0,80
f_{ctd}	=	1.56	MPa	resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo
f_{cfm}	=	2.82	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.79	MPa	tensione limite apertura fessure
E_{cm}	=	34625	MPa	modulo elastico istantaneo del cls
XF4	f2			classe di esposizione
S4				classe di consistenza

1.4.3 Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata

ACCIAIO PER C.A. B450C

$f_{y,nom}$	=	450	MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540	MPa	tensione nominale di rottura
f_{yk}	≥	$f_{y,nom}$		tensione caratteristica di snervamento
$f_{t,nom}$	≥	$f_{t,nom}$		tensione caratteristica di rottura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 8 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

$(f_t/f_y)_k$	\geq	1.15	
$(f_t/f_y)_k$	$<$	1.35	
γ_s	$=$	1.15	coefficiente di sicurezza
f_{yd}	$=$	391	MPa tensione di snervamento di calcolo
σ_s	$=$	360.0	MPa massima tensione in esercizio

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 per ciascuna carreggiata 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:

$$K_e = 5.30 \text{ kN/mm (rigidezza equivalente orizzontale);}$$

$$K_v = 3546 \text{ kN/mm (rigidezza verticale);}$$

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

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

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

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

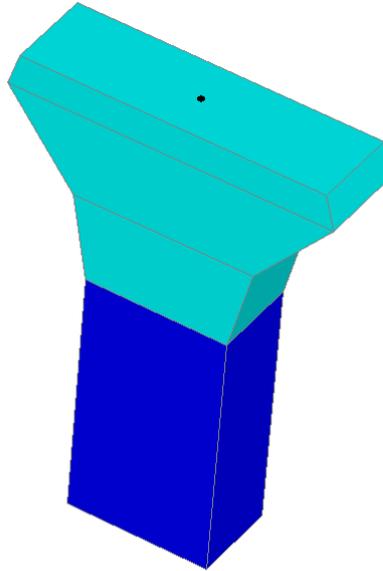


Figura 2: Modello agli elementi finiti della Pila

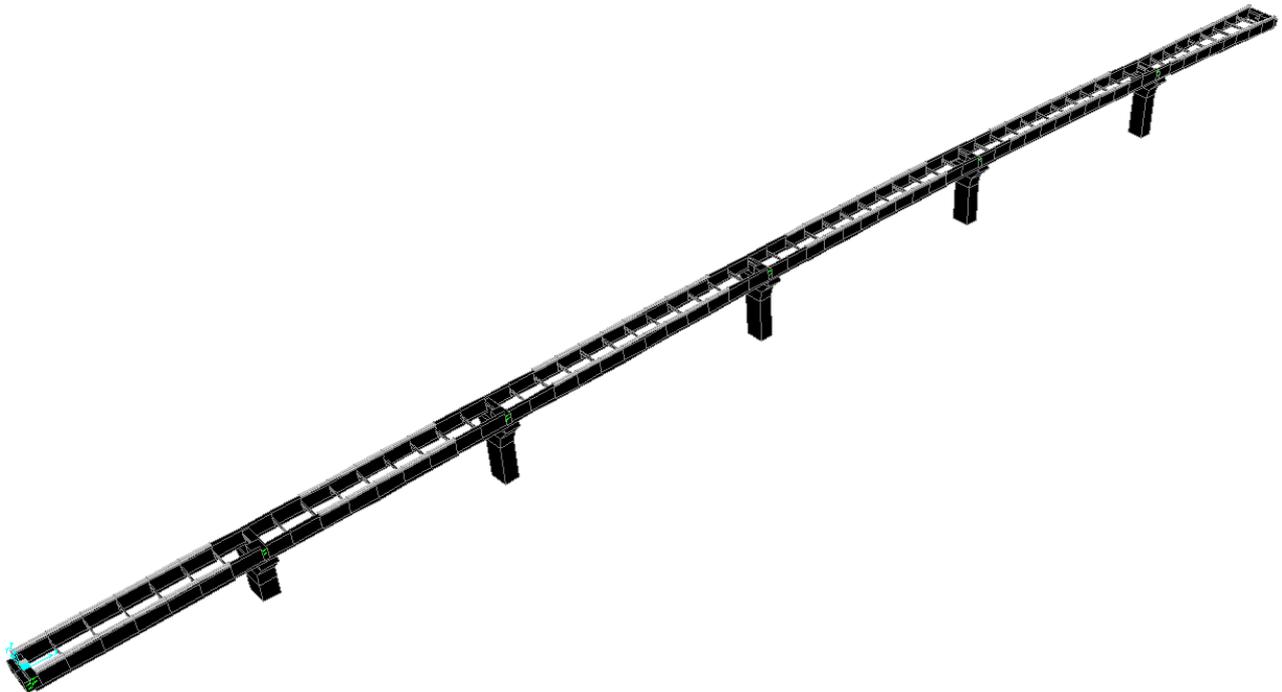


Figura 3: Modello numerico carreggiata SX

3 ANALISI DELLE PALIFICATE SPALLE CARREGGIATA SINISTRA

Il calcolo delle azioni agenti sui pali di 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.

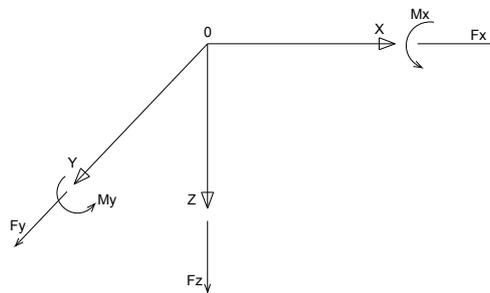


Figura 4: Sistema di riferimento

3.1 SPALLA SPA_sx

La fondazione della spalla in esame ha dimensioni in pianta di 9.60 m x 13.20 m, altezza di 1.80 m ed è fondata su 12 pali di diametro Ø1200 e lunghezza 18m. Il muro frontale ha invece un' altezza di 3.5m ed è stato assunto uno spessore di 2 m

Le altre caratteristiche geometriche della spalla in esame sono riportate nella tabella e nelle figure che seguono.

Tabella 1: Caratteristiche geometriche della SPA_sx

Geometrie Spalla SPA_sx			
	Bx	By	Bz
	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	9.60	13.20	1.80
muro frontale	2.00	12.75	3.50
muro paraghiaia	1.20	12.75	4.80
muro laterale sx	4.60	0.80	7.25
muro laterale dx	4.60	0.80	7.25
n° pali	12		
L_pali	18 m		

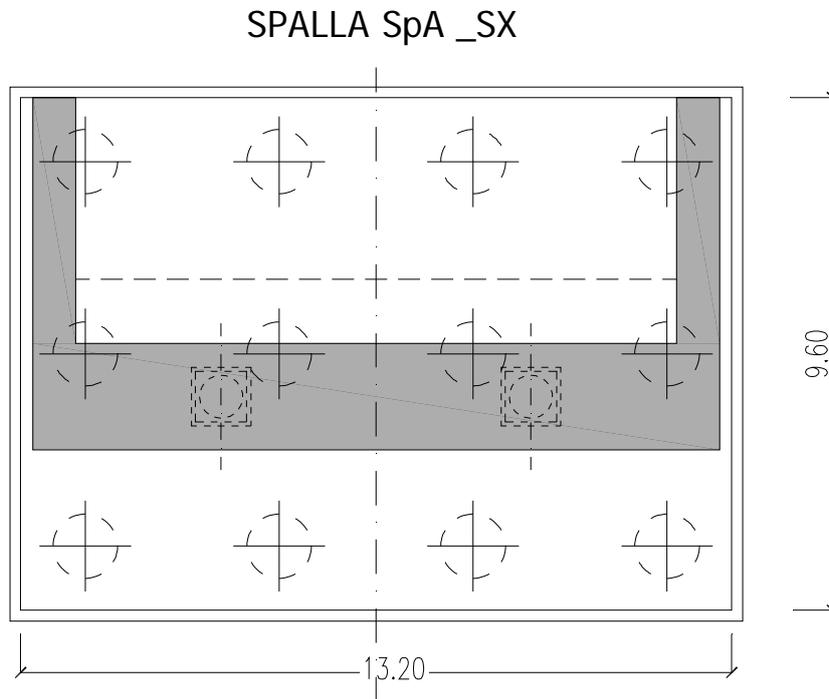


Figura 5: Pianta fondazione spalla A carreggiata sinistra

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	1901	2	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	428	0	0	permanenti portati
e2	127	1	373	2	101	ritiro
e3.1	152	2	185	2	122	carico termico (max azione verticale)
e3.2	570	7	-167	6	456	carico termico (max azione orizzontale)
q1.1	1	0	2030	3193	22	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	1	985	3079	22	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	139	1	0	1	112	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	19	235	0	300	15	azione del vento trasversale
q6.1x	809	61	-21	55	647	sisma longitudinale
q6.1y	243	203	-22	184	194	sisma trasversale
q6.1z	242	61	-71	55	194	sisma verticale
q7	23	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.1.2 Azioni trasmesse dalla spalla

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5702.4 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2231.3 kN	muro frontale
g1.3	=	1836.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	667.0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	667.0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	14.2 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	11126.9 kN	azione verticale
x	=	4.53 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.11 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	386.9 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	6963.5 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.43 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ	=	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	9.05	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	4007.7	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.02	m	coordinata z punto di applicazione

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00	kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426		coefficiente di spinta
H	=	9.05	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	984.1	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 13 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.53	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale				
Bx	=	4.60	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	1173.0	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	2.30	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.093	g	accelerazione di picco
S_S	=	1.20		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.20		
β_m	=	1.00		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a_{max}	=	0.112	g	accelerazione massima
K_h	=	0.112		coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.056		coefficiente sismico verticale

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

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	9.05	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	2097.7		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile				
ϕ	=	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
β	=	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
δ	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	6.04	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = K_h / (1 + K_v)$
K1	=	0.588		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
K2	=	0.774		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
K	=	0.588		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	5838	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	1830.0	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
ΔP	=	2097.7	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.53	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 14 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	636	4.80	0.00	-0.90
muro frontale	249	5.60	0.00	-3.55
paraghiaia	205	4.00	0.00	-7.70
muro laterale sx	74	2.30	5.98	-5.43
muro laterale dx	74	2.30	-5.98	-5.43
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-7.78
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-8.55
baggioli	1	5.60	0.00	-5.38
apparecchi di appoggio	2	5.60	0.00	-5.63
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	777	2.30	0.00	-5.43
risultante intradosso plinto	2019	3.67	0.00	-4.00
risultante base muro frontale	604	4.24	0.00	-5.42

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 = 4.80 m coordinata x

y = 0.00 m coordinata y

z = 0.00 m coordinata z

Tabella 2: Sollecitazioni rispetto al baricentro pali (SPA_sx)

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	0	1901	3	-1521	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	11127	0	3000	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	428	1	-343	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	6963	0	17409	terreno su plinto spalla
g3-sp	4008	0	0	0	-12090	spinta del terreno su spalla
e2-imp	127	1	373	10	-910	ritiro
e3.1	152	2	185	12	-884	carico termico differenziale
e3.2	570	7	-167	45	-2615	
q1.1-imp	1	0	2030	3195	-1605	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	1	985	3085	-768	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	984	0	1173	0	-1520	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	139	1	0	8	-673	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato

g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e2-imp	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72
e3-imp	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q4-imp	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90
q5-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

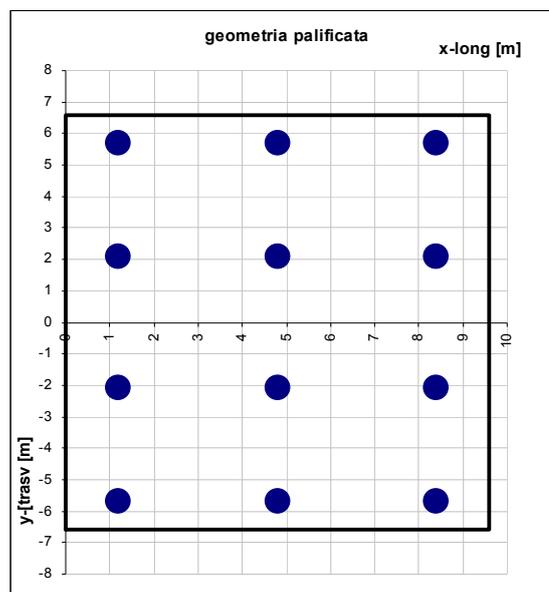
	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35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

	SLU36	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1

e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1
e3-imp	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
g1-imp											

3.1.3.2 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPA_sx

Geometria della palificata			trasversale	longitudinale
PALO	X	Y	Jxi	Jyi
1	1.20	5.68	32.21	12.96
2	1.20	2.08	4.31	12.96
3	1.20	-2.08	4.31	12.96
4	1.20	-5.68	32.21	12.96
5	4.80	5.68	32.21	0.00
6	4.80	2.08	4.31	0.00
7	4.80	-2.08	4.31	0.00
8	4.80	-5.68	32.21	0.00
9	8.40	5.68	32.21	12.96
10	8.40	2.08	4.31	12.96
11	8.40	-2.08	4.31	12.96
12	8.40	-5.68	32.21	12.96



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

SFORZO NORMALE N

PALO	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
1	2945.136	2881	2875	2812	2863	2799	2793	2729	2829	2765	2759	2696
2	2849.847	2786	2828	2764	2770	2706	2748	2684	2751	2687	2730	2665
3	2740.001	2675	2774	2709	2663	2598	2697	2632	2662	2597	2695	2631
4	2644.712	2580	2726	2661	2570	2505	2652	2587	2584	2519	2665	2600
5	2856.1	2836	2780	2760	2735	2714	2659	2639	2738	2718	2663	2642

6	2760.811	2740	2733	2712	2642	2621	2614	2593	2661	2640	2633	2612
7	2650.964	2630	2679	2657	2535	2513	2563	2541	2571	2550	2599	2577
8	2555.675	2534	2631	2610	2442	2420	2518	2496	2493	2471	2569	2547
9	2767.063	2790	2685	2708	2607	2629	2525	2548	2648	2671	2566	2589
10	2671.775	2694	2638	2661	2514	2536	2480	2502	2570	2592	2536	2559
11	2561.928	2584	2584	2606	2407	2428	2428	2450	2480	2502	2502	2524
12	2466.639	2488	2536	2558	2314	2335	2383	2405	2403	2424	2472	2494
Nmax	2945.136	2881	2875	2812	2863	2799	2793	2729	2829	2765	2759	2696

TAGLI

Vx	586.6796	612	584	609	587	612	584	609	576	601	573	599
Vy	17.92841	18	-17	-17	18	18	-17	-17	18	18	-17	-17
V	586.9535	612	584	609	587	612	584	609	577	602	574	599

PALO	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
1	2767	2704	2698	2634	2864	2800	2794	2730	2802	2738	2732	2669
2	2691	2627	2670	2606	2786	2722	2764	2700	2726	2662	2705	2640
3	2604	2539	2638	2573	2697	2632	2730	2666	2639	2574	2673	2608
4	2528	2463	2610	2545	2619	2554	2701	2636	2563	2498	2645	2580
5	2647	2627	2572	2551	2738	2718	2662	2642	2647	2627	2571	2551
6	2571	2551	2544	2523	2661	2640	2633	2612	2571	2550	2544	2523
7	2484	2463	2512	2490	2571	2550	2599	2577	2484	2463	2512	2490
8	2408	2386	2484	2462	2494	2472	2569	2547	2408	2387	2484	2462
9	2527	2550	2446	2469	2612	2635	2531	2554	2492	2515	2410	2433
10	2451	2474	2418	2440	2535	2557	2501	2524	2416	2439	2383	2405
11	2364	2386	2386	2407	2445	2467	2467	2489	2329	2351	2351	2373
12	2288	2309	2358	2379	2368	2389	2438	2459	2253	2275	2323	2344
Nmax	2767	2704	2698	2634	2864	2800	2794	2730	2802	2738	2732	2669

TAGLI

Vx	576	601	573	598	559	584	556	581	559	584	556	581
Vy	18	18	-17	-17	18	18	-17	-17	18	18	-17	-17
V	577	602	574	599	559	584	556	581	559	584	556	581

PALO	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1	2887	2823	2771	2707	2825	2762	2709	2645	2857	2750	2787	2681
2	2793	2729	2757	2693	2734	2669	2697	2633	2779	2672	2757	2650
3	2686	2621	2742	2677	2628	2563	2684	2619	2689	2582	2723	2615
4	2592	2527	2728	2663	2536	2471	2672	2607	2612	2503	2693	2585
5	2763	2743	2637	2617	2672	2652	2546	2526	2746	2711	2670	2636
6	2670	2649	2624	2603	2581	2560	2534	2514	2668	2633	2640	2605
7	2562	2541	2608	2587	2475	2453	2521	2500	2578	2543	2606	2571
8	2468	2447	2594	2573	2383	2361	2509	2487	2501	2465	2576	2540
9	2640	2662	2504	2526	2519	2542	2383	2406	2635	2673	2553	2591
10	2546	2568	2490	2512	2427	2450	2372	2394	2557	2594	2523	2561
11	2438	2460	2474	2496	2322	2344	2358	2380	2468	2504	2489	2526
12	2345	2366	2461	2482	2230	2251	2346	2368	2390	2426	2460	2495
Nmax	2887	2823	2771	2707	2825	2762	2709	2645	2857	2750	2787	2681

TAGLI

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 19 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Vx	560	585	555	580	560	585	555	580	565	607	562	604
Vy	30	30	-29	-29	30	30	-29	-29	18	19	-17	-17
V	561	586	556	581	561	586	556	581	565	607	562	604

PALO	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV	SLV
1	2795	2689	2725	2619	1179	1135	2117	2073	2005	1961
2	2719	2612	2697	2590	1172	1128	1962	1918	1998	1953
3	2632	2524	2665	2558	1164	1120	1784	1739	1990	1945
4	2556	2447	2637	2529	1158	1112	1629	1584	1983	1938
5	2655	2620	2579	2545	1749	1735	1983	1968	1829	1815
6	2579	2544	2551	2516	1743	1728	1828	1813	1823	1808
7	2491	2456	2519	2483	1735	1720	1649	1635	1815	1800
8	2416	2379	2491	2455	1728	1713	1495	1479	1808	1793
9	2514	2552	2433	2471	2320	2336	1848	1864	1654	1670
10	2438	2476	2405	2442	2313	2328	1693	1709	1647	1663
11	2351	2388	2373	2409	2305	2320	1515	1530	1639	1654
12	2275	2311	2345	2381	2298	2313	1360	1375	1632	1647
Nmax	2795	2689	2725	2619	2320	2336	2117	2073	2005	1961

TAGLI

Vx	565	607	562	604	762	780	372	390	372	390
Vy	18	19	-17	-17	5	6	185	186	5	5
V	565	607	562	604	763	780	416	432	372	390

RIEPILOGO			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SPA	2945	2230	612
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SPA	2336	1112	780

3.1.3.3 Combinazioni di carico SLE

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

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

Tabella 4: Matrice dei coefficienti comb. frequente

	S.L.E. F1	S.L.E. F2	S.L.E. F3	S.L.E. F4	S.L.E. F5	S.L.E. F6	S.L.E. F7	S.L.E. F8
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-imp	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60	0.60	-0.60
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0

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

Tabella 5: Matrice dei coefficiente comb. Quasi permanente

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

3.1.3.4 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPA_sx

Combinazione Frequente

SFORZO NORMALE N

PALO	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8
1	2103	2049	2087	2034	1854	1801	1838	1785
2	2057	2004	2053	1999	1886	1833	1881	1828
3	2006	1952	2013	1959	1924	1870	1931	1877
4	1960	1906	1979	1924	1956	1902	1974	1920
5	2013	1996	1996	1979	1703	1686	1686	1669

6	1968	1951	1962	1945	1735	1718	1729	1711
7	1916	1898	1922	1904	1772	1755	1779	1761
8	1871	1853	1888	1870	1805	1787	1822	1803
9	1924	1943	1906	1925	1552	1571	1533	1552
10	1879	1897	1871	1890	1584	1603	1576	1595
11	1827	1845	1832	1850	1621	1639	1626	1644
12	1782	1800	1797	1815	1654	1671	1669	1687
Nmax	2103	2049	2087	2034	1956	1902	1974	1920

TAGLI

Vx	415	436	415	435	415	436	414	435
Vy	4	4	-4	-3	4	4	-4	-4
V	415	436	415	435	415	436	415	435

RIEPILOGO SLE_F		
Nmax	Nmin	Vmax
2103	1533	436

Combinazione Quasi Permanente

PALO SLE-QP1 SLE-QP2

1	1915	1871
2	1915	1871
3	1915	1870
4	1914	1869
5	1741	1727
6	1741	1726
7	1740	1725
8	1740	1725
9	1566	1582
10	1566	1582
11	1566	1581
12	1565	1580
Nmax	1915	1871

TAGLI

Vx	352	369
Vy	0	0
V	352	369

RIEPILOGO SLE_QP		
Nmax	Nmin	Vmax
1915	1565	369

3.2 SPALLA SPB_sx

La fondazione della spalla in esame ha una forma irregolare con dimensioni massime in pianta di 16.00 m, altezza di 1.80 m ed è fondata su 16 pali di diametro Ø1200 e lunghezza 22m. Il muro frontale ha invece un' altezza di 6.5 m ed è stato assunto uno spessore di 2 m

Le altre caratteristiche geometriche della spalla in esma sono riportate nella tabella e nelle figure che seguono.

Tabella 6: Caratteristiche geometriche della SPB_sx

Geometrie Spalla SPB_sx			
	Bx	By	Bz
	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	13.20	16.00	1.80
muro frontale	2.00	15.00	6.50
muro paraghiaia	1.20	15.00	4.80
muro laterale sx	7.05	0.80	10.13
muro laterale dx	7.05	0.80	10.13
n° pali	16		
L_pali	22 m		

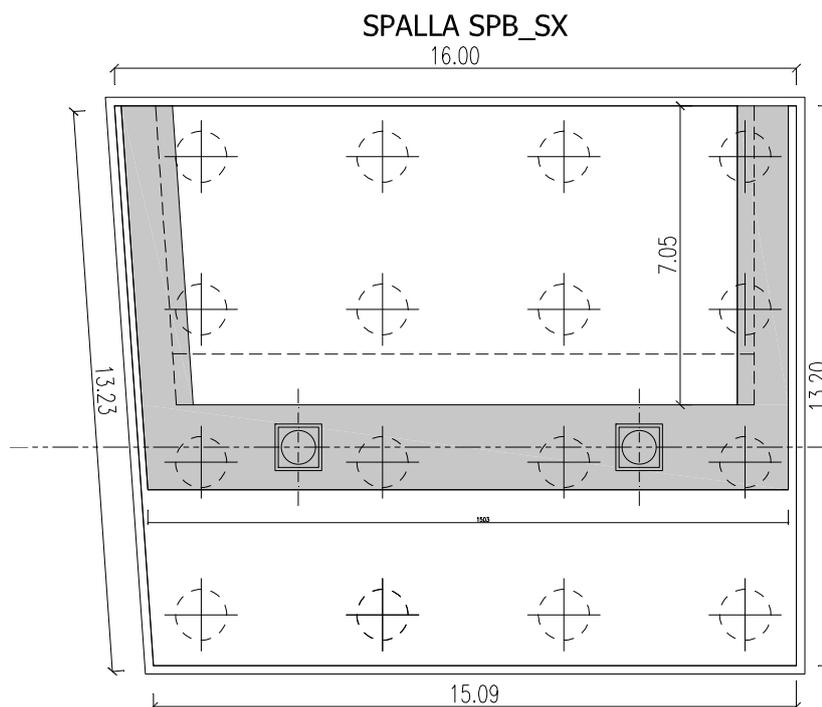


Figura 6: Pianta fondazione Spalla B carreggiata sinistra

3.2.1 Azioni trasmesse dall'impalcato

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

Azioni trasmesse dall'impalcato (riferite al baricentro appoggi)

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	2	2705	151	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	584	32	0	permanenti portati
e2	143	5	311	23	114	ritiro
e3.1	172	7	154	15	137	carico termico (max azione verticale)
e3.2	642	27	-139	30	513	carico termico (max azione orizzontale)
q1.1	1	3	2232	5448	1	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	0	1295	5089	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	140	5	0	4	112	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	49	319	1	407	39	azione del vento trasversale
q6.1x	812	95	-18	93	650	sisma longitudinale
q6.1y	246	243	-19	257	197	sisma trasversale
q6.1z	244	75	-61	80	195	sisma verticale
q7	33	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.2.2 Azioni trasmesse dalla spalla

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	9504.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	4875.0 kN	muro frontale
g1.3	=	2160.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1428.3 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1428.3 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	14.2 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	19418.9 kN	azione verticale
x	=	6.50 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.92 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	1028.4 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	18511.2 kN	peso del terreno
x	=	3.53 m	coordinata x punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 24 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.87 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

γ	=	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
ϕ	=	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	13.10	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	15.00	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	9879.1	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.37	m	coordinata z punto di applicazione

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

Incremento di spinta

q	=	20.00	kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426		coefficiente di spinta
H	=	13.10	m	altezza di spinta terreno
B	=	15.00	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1675.8	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.55	m	coordinata z punto di applicazione

Incremento di azione verticale

Bx	=	7.05	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	2115.0	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.53	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a _g	=	0.095	g	accelerazione di picco
S _s	=	1.20		coefficiente di amplificazione stratigrafica
S _T	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.20		
β_m	=	1.00		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a _{max}	=	0.114	g	accelerazione massima
K _h	=	0.114		coefficiente sismico orizzontale
K _v	=	0.057		coefficiente sismico verticale

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

γ	= 18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	= 13.10	m	altezza di spinta terreno
B	= 15.00	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	= 5171.0		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	°	
δ	= 0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
			angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\vartheta) = Kh/(1+Kv)$
θ	= 6.04	°	
K1	= 0.588		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \vartheta$
K2	= 0.774		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \vartheta$
K	= 0.588		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	= 14390	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	= 4511.1	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato			
ΔP	= 5171.0	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	= -6.55	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	1061	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	544	8.05	0.00	-5.05
paraghiaia	241	6.45	0.00	-10.70
muro laterale sx	159	3.53	7.10	-6.87
muro laterale dx	159	3.53	-7.10	-6.87
bandiera sx	0	-1.40	6.75	-10.66
bandiera dx	0	-0.50	-7.00	-11.43
baggioli	1	8.05	0.00	-8.38
apparecchi di appoggio	2	8.05	0.00	-8.63
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2066	3.53	0.00	-6.87
risultante intradosso plinto	4233	5.05	0.00	-5.36
risultante base muro frontale	1105	6.40	0.00	-6.81

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 26 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

3.2.3 Riepilogo sollecitazioni rispetto a baricentro pali

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

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

Coordinate baricentro pali

x = 6.60 m coordinata x

y = 0.00 m coordinata y

z = 0.00 m coordinata z

Tabella 7: Sollecitazioni rispetto al baricentro pali (SPB_sx)

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1-imp	0	2	2705	167	-3924	peso proprio impalcato
g1-sp	0	0	19419	0	2006	peso proprio spalla
g2-imp	0	0	584	35	-846	permanenti portati su impalcato
g2-sp	0	0	18511	0	56922	terreno su plinto spalla
g3-sp	9879	0	0	0	-43139	spinta del terreno su spalla
e2-imp	143	5	311	70	-1568	ritiro
e3.1	172	7	154	75	-1568	carico termico differenziale
e3.2	642	27	-139	260	-4819	
q1.1-imp	1	3	2232	5475	-3243	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2-imp	0	0	1295	5092	-1878	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q1t-sp	1676	0	2115	0	-4473	effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
q3-imp	140	5	0	49	-1097	frenatura su impalcato
q4-imp	0	0	0	0	0	azione centrifuga su impalcato
q5-imp	49	319	1	3156	-382	azione del vento trasversale su impalcato
q6.1x-imp	812	95	-18	912	-6328	sisma 1 impalcato
q6.1y-imp	246	243	-19	2349	-1899	sisma 2 impalcato
q6.1z-imp	244	75	-61	725	-1818	sisma 3 impalcato
q6.1x-sp	5171	0	0	0	-33870	incremento di spinta terreno in fase sismica
q6.2x-sp	4233	0	0	0	-22674	forze d'inerzia longitudinali
q6.2y-sp	0	4233	0	22674	0	forze d'inerzia trasversali
q6.2z-sp	0	0	2116	0	3288	forze d'inerzia verticali
q7-imp	33	0	0	0	-284	azione parassita dei vincoli

3.2.3.1 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 combinazione è la stessa utilizzata per le verifiche della spalla SPA_sx precedentemente definita.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 27 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

3.2.3.2 Calcolo azioni sui pali agli SLU della SPB_sx

Geometria della palificata				
PALO			trasversale	longitudinale
			Jxi	Jyi
1	1.20	5.40	29.16	29.16
2	1.20	-1.80	3.24	29.16
3	1.20	-5.40	3.24	29.16
4	4.80	5.40	29.16	29.16
5	4.80	1.80	29.16	3.24
6	4.80	-1.80	3.24	3.24
7	4.80	-5.40	3.24	3.24
8	8.40	5.40	29.16	3.24
9	8.40	1.80	29.16	3.24
10	8.40	-1.80	3.24	3.24
11	8.40	-5.40	3.24	3.24
12	12.00	5.40	29.16	3.24
13	12.00	1.80	29.16	29.16
14	12.00	-1.80	3.24	29.16
15	12.00	-5.40	3.24	29.16
16	1.20	5.40	29.16	29.16

Le sollecitazioni sui singoli pali della spalla B della carreggiata sinistra sono riportate nelle tabelle seguenti:

SFORZO NORMALE N

PALO	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10	SLU11	SLU12
1	4114	4055	4010	3951	4063	4004	3959	3900	4006	3946	3902	3842
2	3966	3905	3941	3880	3922	3861	3897	3836	3882	3821	3857	3796
3	3819	3756	3872	3809	3782	3719	3835	3772	3759	3696	3813	3750
4	3671	3606	3803	3739	3641	3576	3774	3709	3636	3571	3769	3704
5	4103	4076	3989	3962	4025	3999	3912	3885	3981	3954	3867	3840
6	3955	3926	3920	3891	3885	3856	3850	3822	3857	3829	3823	3794
7	3807	3776	3851	3821	3744	3714	3788	3758	3734	3704	3778	3748
8	3659	3627	3782	3750	3604	3571	3727	3694	3611	3579	3734	3702
9	4091	4097	3968	3973	3988	3994	3865	3871	3955	3961	3832	3838
10	3943	3947	3899	3903	3847	3851	3803	3807	3832	3836	3788	3792
11	3795	3797	3830	3832	3707	3709	3741	3744	3709	3711	3744	3746
12	3647	3648	3761	3761	3566	3566	3680	3680	3586	3586	3699	3700
13	4079	4117	3946	3985	3951	3989	3818	3856	3930	3969	3798	3836
14	3931	3968	3877	3914	3810	3847	3756	3793	3807	3844	3753	3790
15	3783	3818	3808	3843	3669	3704	3695	3729	3684	3719	3709	3744
16	3635	3668	3739	3772	3529	3562	3633	3666	3561	3594	3665	3698
Nmax	4114	4117	4010	3985	4063	4004	3959	3900	4006	3969	3902	3842

TAGLI

Vx	998	1019	993	1014	998	1019	993	1014	976	997	970	992
Vy	19	20	-17	-16	19	20	-17	-16	20	20	-16	-15
V	998	1019	993	1014	998	1019	993	1014	976	997	971	992

PALO	SLU13	SLU14	SLU15	SLU16	SLU17	SLU18	SLU19	SLU20	SLU21	SLU22	SLU23	SLU24
1	3967	3908	3863	3804	4038	3979	3934	3875	4000	3941	3896	3836
2	3849	3788	3824	3763	3916	3855	3891	3830	3883	3822	3858	3797
3	3731	3669	3785	3722	3794	3731	3848	3785	3766	3703	3820	3757
4	3614	3549	3746	3682	3672	3607	3804	3740	3649	3585	3782	3717
5	3923	3896	3809	3782	3990	3964	3877	3850	3933	3906	3819	3792
6	3805	3776	3770	3742	3868	3840	3834	3805	3816	3787	3781	3753
7	3687	3657	3731	3701	3746	3716	3790	3760	3699	3669	3743	3713
8	3569	3537	3692	3660	3624	3592	3747	3715	3582	3550	3705	3673
9	3878	3884	3755	3761	3942	3948	3819	3825	3865	3871	3742	3748
10	3761	3765	3716	3720	3820	3824	3776	3780	3749	3753	3704	3708
11	3643	3645	3677	3680	3698	3700	3733	3735	3632	3634	3667	3669
12	3525	3525	3639	3639	3576	3576	3689	3690	3515	3515	3629	3629
13	3834	3872	3701	3740	3895	3933	3762	3800	3798	3837	3666	3704
14	3716	3753	3663	3699	3772	3809	3719	3755	3682	3718	3628	3664
15	3599	3633	3624	3658	3650	3685	3675	3710	3565	3599	3590	3624
16	3481	3514	3585	3618	3528	3561	3632	3665	3448	3481	3552	3585
Nmax	3967	3908	3863	3804	4038	3979	3934	3875	4000	3941	3896	3836

TAGLI

Vx	976	997	970	991	963	984	957	978	963	984	957	978
Vy	19	20	-17	-16	19	20	-17	-16	19	20	-17	-16
V	976	997	970	992	963	984	957	978	963	984	957	978

PALO	SLU25	SLU26	SLU27	SLU28	SLU29	SLU30	SLU31	SLU32	SLU33	SLU34	SLU35	SLU36
1	4073	4014	3900	3840	4034	3975	3861	3802	4028	3929	3924	3825
2	3925	3864	3883	3822	3891	3830	3849	3788	3905	3804	3880	3778
3	3776	3713	3866	3803	3748	3685	3838	3775	3783	3678	3836	3732
4	3628	3563	3849	3784	3605	3541	3826	3762	3660	3552	3793	3685
5	4028	4002	3839	3812	3971	3944	3781	3754	3991	3946	3877	3832
6	3880	3851	3822	3793	3827	3799	3770	3741	3868	3820	3833	3786
7	3731	3701	3805	3775	3684	3654	3758	3728	3745	3695	3789	3739
8	3583	3551	3788	3756	3541	3509	3746	3714	3623	3569	3746	3692
9	3984	3989	3778	3784	3907	3912	3701	3707	3953	3963	3830	3840
10	3835	3839	3761	3765	3763	3767	3690	3694	3830	3837	3786	3793
11	3687	3689	3744	3746	3620	3623	3678	3680	3708	3711	3742	3746
12	3538	3538	3727	3728	3477	3478	3667	3667	3585	3586	3699	3699
13	3939	3977	3718	3756	3843	3881	3621	3660	3916	3979	3783	3847
14	3790	3827	3701	3737	3700	3736	3610	3646	3793	3854	3739	3800
15	3642	3676	3684	3718	3556	3591	3598	3633	3670	3728	3695	3753
16	3493	3526	3667	3699	3413	3446	3587	3619	3548	3602	3652	3706
Nmax	4073	4014	3900	3840	4034	3975	3861	3802	4028	3979	3924	3847

TAGLI

Vx	965	986	955	977	964	986	955	976	968	1003	962	998
Vy	31	32	-29	-28	31	32	-29	-28	19	21	-17	-15
V	965	986	956	977	965	986	956	977	968	1003	963	998

PALO	SLU37	SLU38	SLU39	SLU40	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	SLV5	SLV6
1	3989	3891	3885	3787	1492	1451	3264	3223	2958	2917
2	3872	3770	3847	3745	1475	1433	2913	2870	2944	2901
3	3755	3650	3809	3704	1458	1414	2561	2517	2929	2886
4	3638	3530	3770	3662	1441	1396	2209	2164	2915	2870
5	3933	3888	3819	3775	2247	2229	3173	3154	2820	2801
6	3816	3768	3781	3733	2230	2210	2821	2801	2805	2785
7	3698	3648	3742	3692	2213	2192	2469	2448	2791	2770
8	3581	3527	3704	3650	2196	2174	2117	2095	2777	2754
9	3876	3886	3753	3763	3002	3006	3081	3085	2681	2685
10	3759	3765	3715	3721	2985	2988	2729	2732	2667	2670
11	3642	3645	3676	3680	2968	2970	2377	2379	2653	2654
12	3524	3525	3638	3638	2951	2952	2026	2026	2638	2638
13	3819	3883	3687	3751	3758	3784	2990	3016	2543	2569
14	3702	3763	3648	3709	3741	3766	2638	2663	2528	2554
15	3585	3643	3610	3668	3724	3748	2286	2310	2514	2538
16	3468	3522	3572	3626	3707	3729	1934	1957	2500	2522
Nmax	3989	3891	3885	3787	3758	3784	3264	3223	2958	2917

TAGLI

Vx	968	1003	962	998	1271	1286	648	663	648	663
Vy	19	21	-17	-15	7	7	280	281	5	6
V	968	1003	962	998	1271	1286	706	720	648	663

RIEPILOGO			
Statica	Nmax	Nmin	Vmax
SPB	4117	3413	1019
Sismica	Nmax	Nmin	Vmax
SPB	3784	1396	1286

3.2.3.3 Combinazioni di carico SLE

La matrice dei coefficienti utilizzata per le verifiche agli SLE è la stessa utilizzata per la spalla A.

3.2.3.4 Calcolo azione sui pali agli SLE della SPB_sx

Combinazione Frequente

SFORZO NORMALE N

PALO	SLE-F1	SLE-F2	SLE-F3	SLE-F4	SLE-F5	SLE-F6	SLE-F7	SLE-F8
1	2962	2913	2939	2890	2712	2662	2689	2639
2	2892	2841	2886	2835	2752	2701	2746	2695
3	2822	2769	2834	2781	2791	2739	2803	2751
4	2751	2697	2781	2727	2831	2777	2861	2807
5	2928	2905	2902	2880	2624	2602	2599	2576
6	2857	2834	2850	2826	2664	2640	2656	2632
7	2787	2762	2797	2772	2704	2678	2713	2688

8	2717	2690	2744	2718	2743	2717	2771	2744
9	2893	2898	2866	2871	2536	2541	2509	2514
10	2823	2826	2813	2817	2576	2579	2566	2570
11	2753	2755	2761	2762	2616	2618	2624	2625
12	2683	2683	2708	2708	2656	2656	2681	2681
13	2859	2891	2829	2861	2448	2480	2419	2451
14	2789	2819	2777	2807	2488	2519	2476	2507
15	2718	2747	2724	2753	2528	2557	2534	2563
16	2648	2676	2671	2699	2568	2595	2591	2618
Nmax	2962	2913	2939	2890	2831	2777	2861	2807

TAGLI

Vx	713	731	712	730	713	731	712	730
Vy	5	6	-3	-2	5	5	-3	-3
V	713	731	712	730	713	731	712	730

RIEPILOGO SLE_F		
Nmax	Nmin	Vmax
2962	2419	731

Combinazione Quasi Permanente

SFORZO NORMALE N

PALO SLE-QP1 SLE-QP2

1	2784	2743
2	2780	2737
3	2775	2732
4	2771	2726
5	2666	2647
6	2662	2642
7	2657	2636
8	2653	2631
9	2548	2552
10	2544	2546
11	2539	2541
12	2535	2535
13	2430	2457
14	2426	2451
15	2421	2445
16	2417	2440
Nmax	2784	2743

TAGLI

Vx	633	648
Vy	1	1
V	633	648

RIEPILOGO SLE_QP		
Nmax	Nmin	Vmax
2784	2417	648

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	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	101787601976 mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800 mm	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
l	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V _{max}	=	780.0 kN	taglio alla testa del palo
N	=	1112 kN	sforzo assiale alla testa del palo
M_{max}	=	1886 kNm	massimo momento flettente

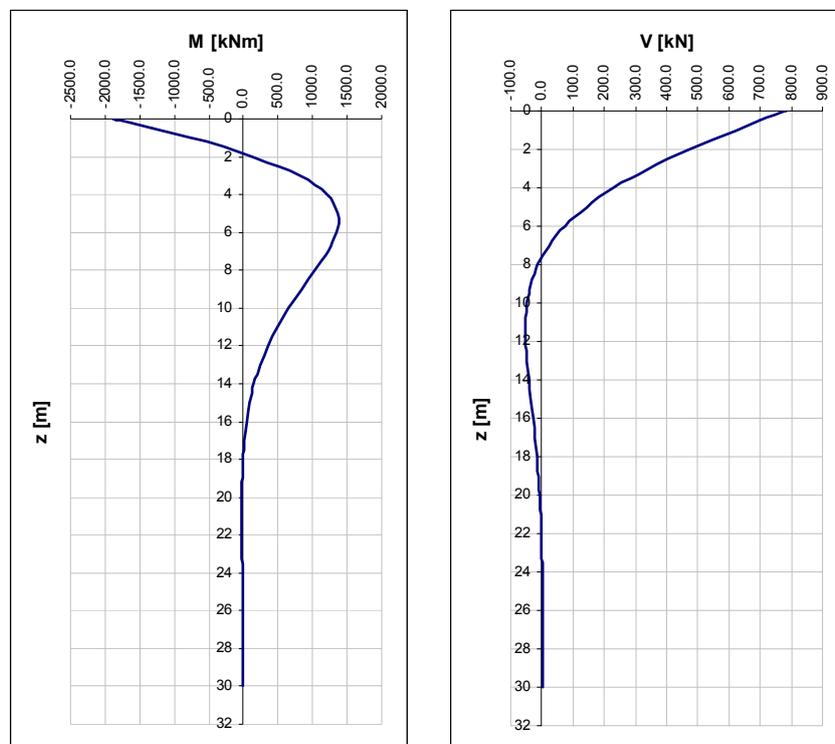


Figura 7: Momento Flettente e Taglio di calcolo

4.1.1 Verifica per tensioni normali

In tutte le palificate le gabbie vengono armate con 22 Ø22. Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U. Si riportano di seguito le verifiche eseguite e una schermata di output di VCASLU relativa alla sezione di testa del palo più sollecitato:

	Z_{in} [m]	Z_{fin} [m]	L_{gabbia} [m]	c' [cm]	\emptyset [mm]	n	s [cm]	M_{Ed} [kN*m]	N_{Ed} [kN]	M_{res} [kN*m]	FS
gabbia n	-1.1	10.9	12	5	22	22	15.7	1700	1161	1984	1.17 OK

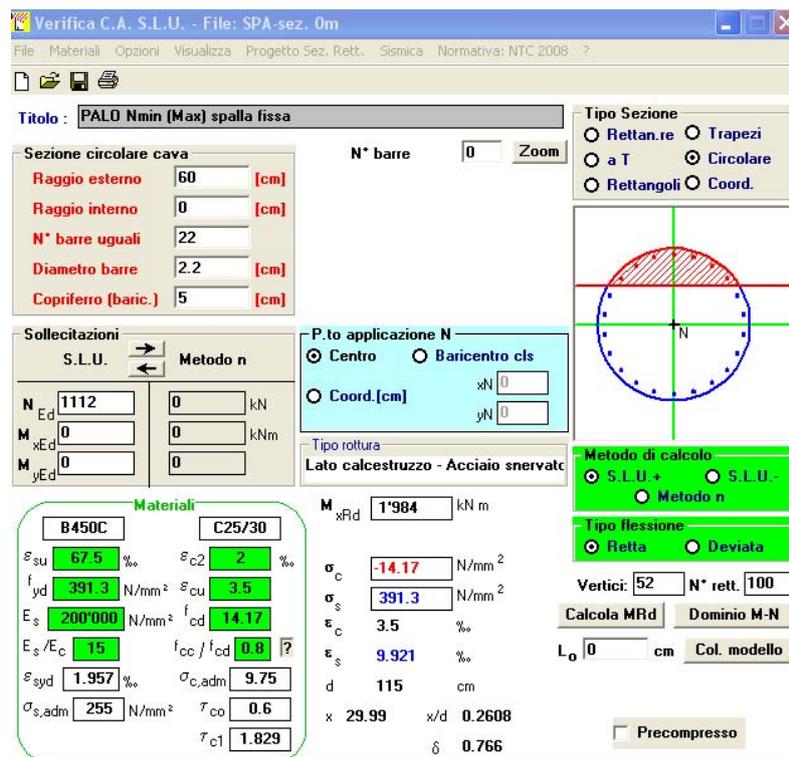


Figura 8: Verifica Pali SPA_sx

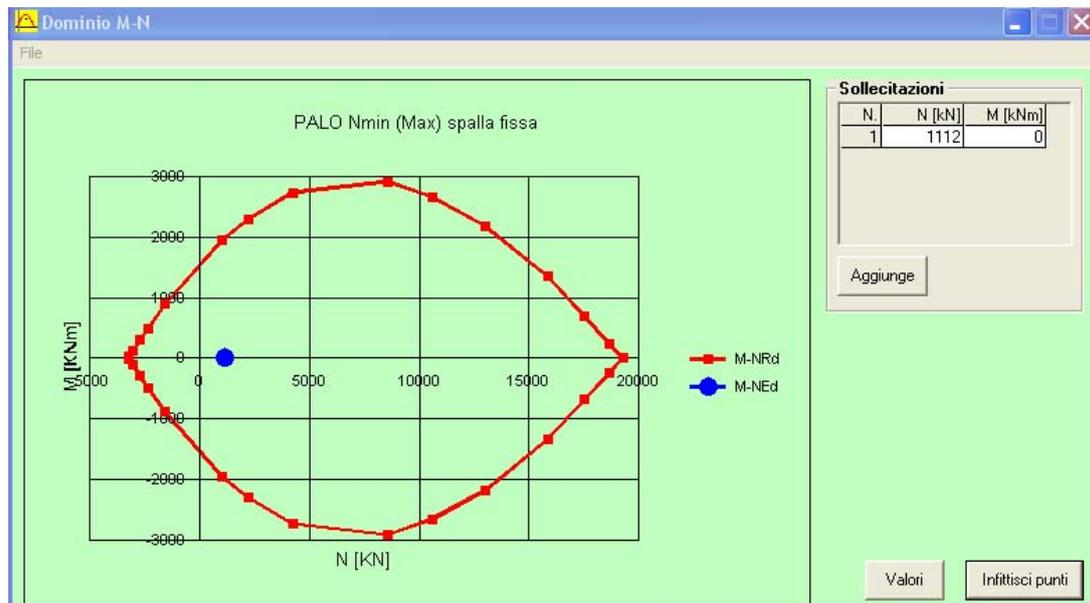


Figura 9: Dominio di resistenza

4.1.2 Verifica a taglio

Si dispongono spirali $\varnothing 12/200$ nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali $\varnothing 10/300$.

La verifica è condotta nel palo più sollecitato della spalla in esame. Nel seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato:

Sollecitazioni

V_{Sd}	=	780	kN	taglio di calcolo
N_{Sd}	=	1112	kN	sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

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

Geometria

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

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 34 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

n_l	=	22		numero ferri longitudinali
\varnothing_l	=	22	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	8363	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	0.9832	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.00868	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
v_{min}	=	0.312		
V_{rd}	=	616.59	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	780	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.79	NO	se >1 verifica soddisfatta
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
\varnothing_w	=	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	200.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	226.19	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_{we}	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	14.11	MPa	
ν	=	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	7.06	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta
ω_{sw}	=	0.02904		% meccanica di armatura trasversale
α_c	=	1.06968		
$\cot(\theta)$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	888.21	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2256.24	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	888.21	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	780	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.14	ok	se >1 verifica soddisfatta

4.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX

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

L	=	22	m	lunghezza palo
E	=	31447	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	101787601976	mm ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1800	mm	larghezza efficace del palo
E_s	=	23400	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
λ	=	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero
V_{max}	=	1286.0	kN	taglio alla testa del palo

N = 1396 kN sforzo assiale alla testa del palo
 M_{max} = 3110 kNm massimo momento flettente

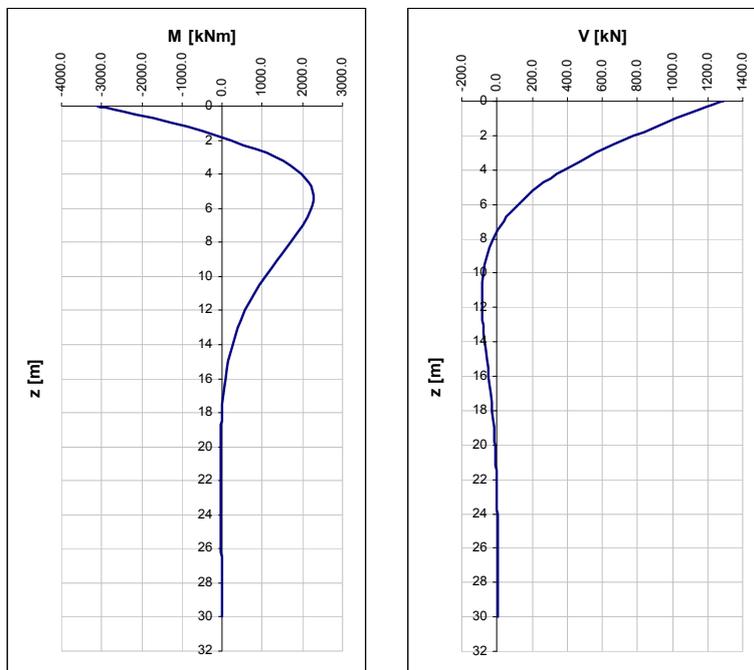


Figura 10: Sollecitazioni di Momento Flettente e Taglio

4.2.1 Verifica per tensioni normali

La prima gabbia di armatura è costituita da 32Ø22, mentre le successive da 18Ø18 sufficienti a garantire il minimo da normativa.

Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U. Si riportano di seguito le verifiche eseguite e una schermata di output di VCASLU relativa alla sezione di testa del palo più sollecitato:

	Z _{in} [m]	Z _{fin} [m]	L _{gabbia} [m]	c' [cm]	Ø [mm]	n	s [cm]	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [kN]	M _{res} [kN*m]	FS	
gabbia n.1	-1.3	10.7	12	5	26	32	10.8	3110.00	1396.0	3476	1.12	OK
gabbia n.2	9.4	21.4	12	5	18	18	19.2	1359.00	1396.0	1508	1.11	OK

Verifica C.A. S.L.U. - File: SPB-sez. 0m

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: **PALO Nmin (Max) spalla fissa**

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 32
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 1396 0 kN
 M_{xEd}: 0 0 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd}: 3'476 kN m

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 11.5
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6933
 τ_{c1} : 2.029

σ_c : -17 N/mm²
 σ_s : 391.3 N/mm²
 ϵ_c : 3.5 ‰
 ϵ_s : 8.052 ‰
 d: 115 cm
 x: 34.84 x/d: 0.303
 δ : 0.8187

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Figura 11: Verifica Pali SPB_Sx

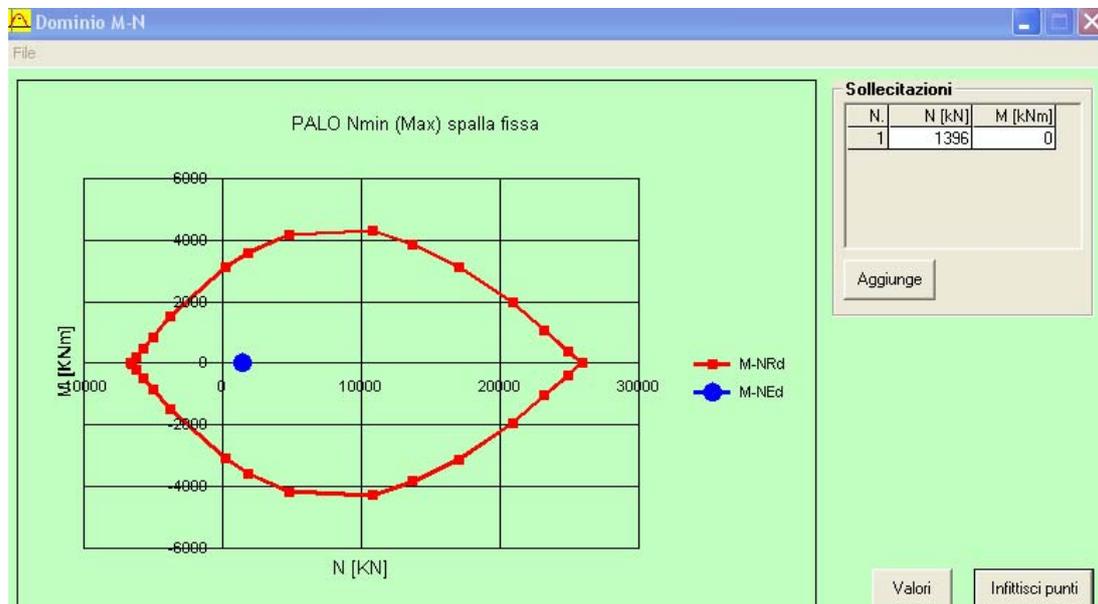


Figura 12: Dominio di Resistenza

4.2.2 Verifica a taglio

Si dispongono spirali Ø14/150 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/300.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 37 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

La verifica è condotta nel palo più sollecitato della spalla in esame. Nel seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato:

Sollecitazioni

V_{Sd}	=	1286	kN	taglio di calcolo
N_{Sd}	=	1396	kN	sforzo normale i calcolo

Materiali

Calcestruzzo

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	=	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
γ_c	=	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
f_{cd}	=	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione

Acciaio

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

Geometria

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

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

n_l	=	32		numero ferri longitudinali
\emptyset_l	=	26	mm	diametro ferri longitudinali
A_{sl}	=	16990	mm ²	armatura longitudinale
A_c	=	1130973.36	mm ²	area sezione cls
k	=	1.47		
σ_{cp}	=	1.2343	MPa	tensione media calcestruzzo $\leq 0,2f_{cd}$
ρ_1	=	0.01764	ok	rapporto geometrico di armatura longitudinale $\leq 0,02$
V_{min}	=	0.312		
V_{rd}	=	779.34	kN	taglio resistente
V_{Sd}	=	1286	kN	taglio di calcolo
FS	=	0.61	NO	se >1 verifica soddisfatta

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w	=	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.00	°	angolo di inclinazione armatura trasversale
s	=	150.00	mm	passo staffe
n_{br}	=	2.0		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	307.88	mmq	area armatura trasversale posta nell'interasse s
b_{we}	=	1080.00	mm	larghezza minima sezione
f_{cd}	=	14.11	MPa	
ν	=	0.5		coeff. di riduzione f_{cd}
f'_{cd}	=	7.06	MPa	resistenza a compressione del cls ridotta

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 38 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

ω_{sw}	=	0.05270		% meccanica di armatura trasversale
αC	=	1.08748		
$\cot(\theta)$	=	2.500		valore di calcolo
V_{Rsd}	=	1611.93	kN	Resistenza "taglio trazione"
V_{Rcd}	=	2293.78	kN	Resistenza "taglio compressione"
V_{Rd}	=	1611.93	kN	Resistenza a taglio
V_{Sd}	=	1286	kN	taglio di calcolo
FS	=	1.25	ok	se >1 verifica soddisfatta

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

5.1 CARREGGIATA SINISTRA

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

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

- **condizioni ordinarie;**
- **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.

5.2 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPA_SX

comb Frequente			comb. Quasi Permanente		
N	Vmax	Mmax	N	Vmax	Mmax
[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
1800	436	1054	1580	369	892

Tabella 8: Tensioni di riferimento

	comb.	comb.
	FREQUENTE	QUASI PERM.
Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione		
σ_s	w3=0.40 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø
160	40	25
200	32	16
240	20	12
280	16	8
320	12	6
360	10	-
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione		
σ_s	w3=0.40 mm	w2=0.30 mm

[MPa]		spaziatura	spaziatura
160		300	300
200		300	250
240		250	200
280		200	150
320		150	100
360		100	50

5.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti

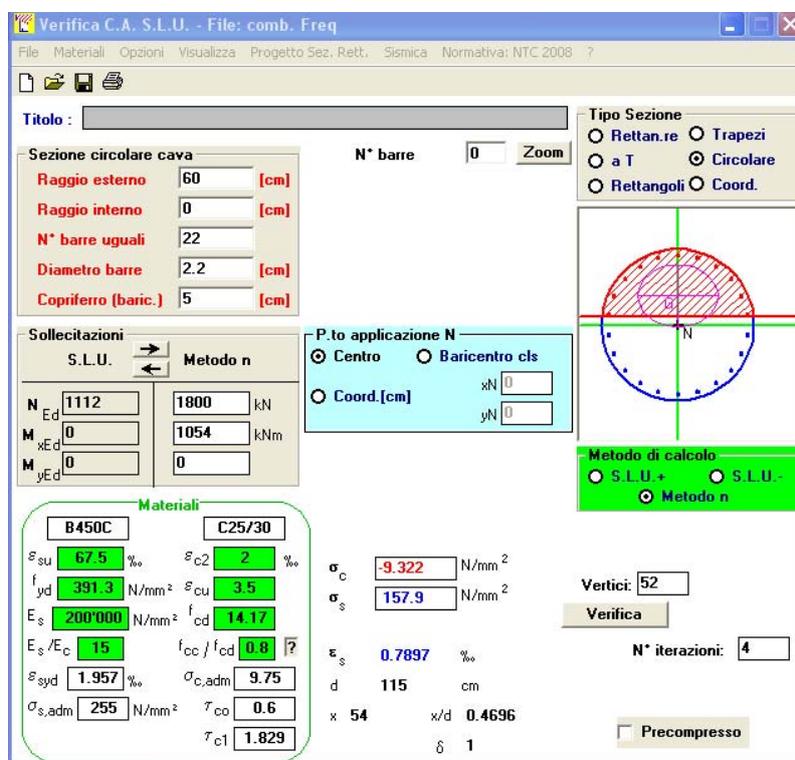


Figura 13: Stato tensionale comb. Frequente

Frequente

$\sigma_{s,max}$	=	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	157.9	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.01		se >1 verifica soddisfatta

verifica_ok

5.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente

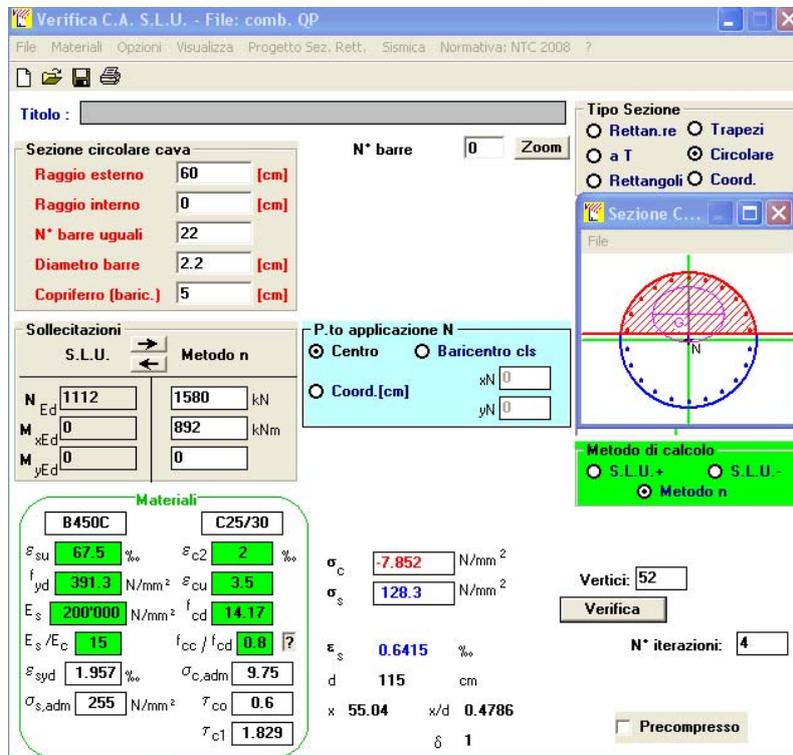


Figura 14: Stato tensionale comb. Quasi Permanente

Quasi Permanente

$\sigma_{s,max}$	=	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	128.3	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.25		se >1 verifica soddisfatta

verifica_ok

5.3 PALO PIÙ SOLLECITATO DELLA SPB_SX

comb Frequente			comb. Quasi Permanente		
N	Vmax	Mmax	N	Vmax	Mmax
[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]
2480	731	1768	2440	648	1567

Tabella 9: Tensioni di riferimento

	comb. FREQUENTE	comb. QUASI PERM.
Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione		
σ_s	w3=0.40 mm	w2=0.30 mm
[MPa]	Ø	Ø
160	40	25
200	32	16
240	20	12

280		16	8
320		12	6
360		10	-
Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione			
σ_s		w3=0.40 mm	w2=0.30 mm
[MPa]		spaziatura	spaziatura
160		300	300
200		300	250
240		250	200
280		200	150
320		150	100
360		100	50

5.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni frequenti

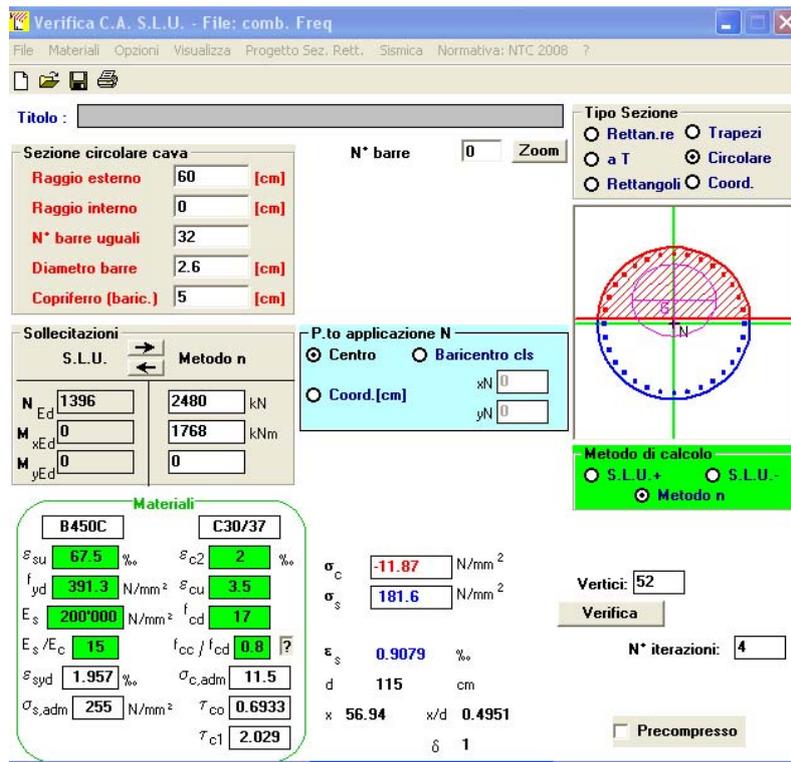


Figura 15: Stato tensionale comb. Frequente

Frequente

$\sigma_{s,max}$	=	233	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	181.6	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.28		se >1 verifica soddisfatta

verifica_ok

5.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione quasi permanente

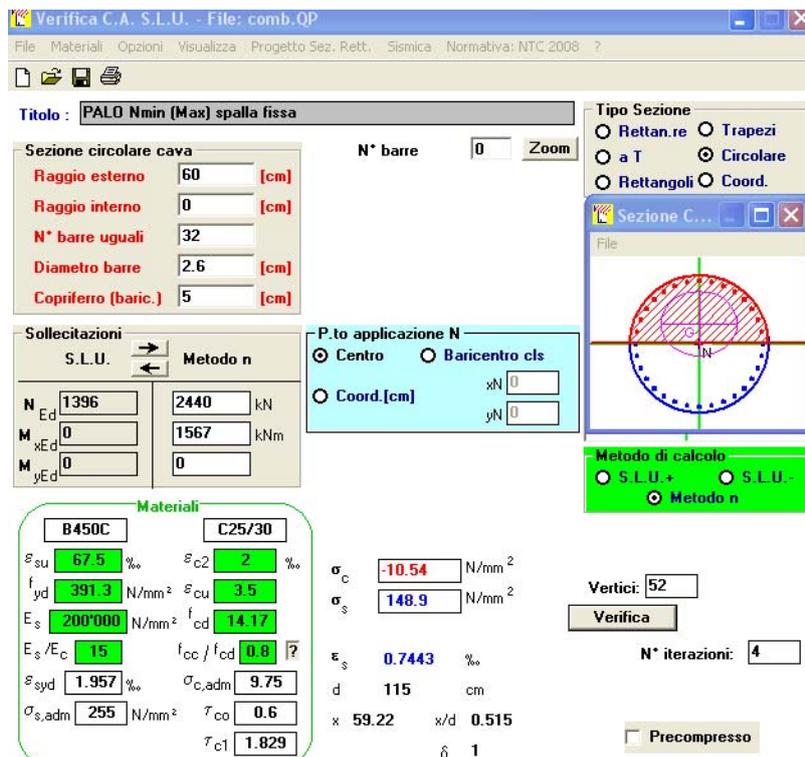


Figura 16: Stato tensionale comb. Quasi permanente

Quasi Permanente

$\sigma_{s,max}$	=	160	[MPa]	tensione massima acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	148.9	[MPa]	tensione massima acciaio di calcolo
FS	=	1.07		se >1 verifica soddisfatta

verifica_ok

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 43 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

6 VERIFICA GEOTECNICA DEI PALI

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	19.1	20.1	20.4
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19.1	20.1	20.4
coesione non dren. c_u (kPa)	130	176	191
coesione dren. c' (kPa)	21	22	28
angolo attrito ϕ' (°)	15	18	21

Tabella 10: Parametri fisico-meccanici usati nelle verifiche geotecniche

6.1 CARICO LIMITE VERTICALE DEL PALO PIU' CARICATO

6.1.1 Criteri di calcolo del carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

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

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

Tabella 11: Valori del coefficiente α in funzione di c_u

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

$$k = 1 - \text{sen} \phi'$$

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

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

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:

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

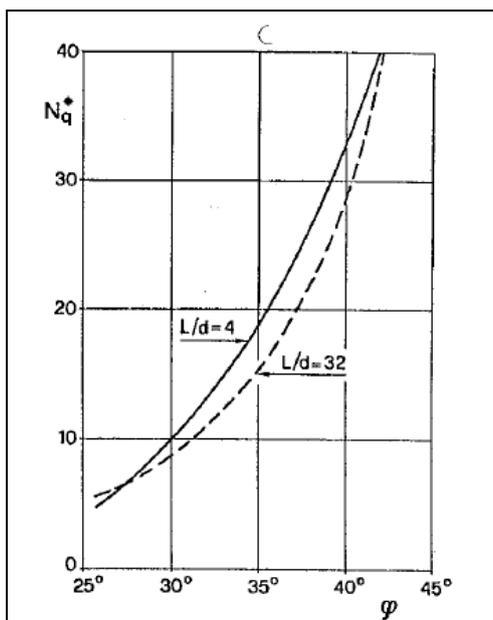


Figura 17: Coefficienti N_q

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

	TRV1	TRV2a	TRV2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	11.3	9.1	7.7

Tabella 12: – 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 l'assenza di falda.

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	1	0	1
2° strato	TRV2a	10	1	11
3° strato	TRV2b	34	11	45

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 45 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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	TRV1	3	0	3
2° strato	TRV2a	7	3	10
3° strato	TRV2b	35	10	45

6.1.2 Criteri di verifiche

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Tabella 13: Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.1 del DM14-01-2008)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 46 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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

Tabella 14: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici dei terreni (tab. 6.2.II del DM14-01-2008)

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

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

Tabella 15: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

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

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

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

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione ξ (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate. Considerando l'adozione di una sola relazione analitica per la valutazione del carico limite si è assunto il fattore ξ_3 . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 6.

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

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

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 16- Fattori di correlazione ξ in funzione del numero di verticali indagate

6.1.3 Risultati

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

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

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	2945.14	2335.53	1.2	12	18	132.99	3249.1	4013.9
spalla B	4117.28	3784.18	1.2	16	22	163.67	4402.5	4659.1

Tabella 17 –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 γ_T da applicare alle resistenze caratteristiche riportati in tabella:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 48 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

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

6.2.3 Risultati

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

6.2.3.1 Pali Spalla SPA_SX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	18.00	m	lunghezza palo
M_y	=	1900	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	174	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	34260	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	373438	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	12555	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.7	m	
M_{max}	=	62567.8	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	1690	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	1689.8	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1126.5	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	866.5	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h		780	kN	azione trasversale testa palo
check		1.11		se >1 verifica soddisfatta

6.2.3.2 Pali Spalla SPB_SX

Dati di Calcolo		Condizioni non drenate		
D	=	1.200	m	diametro palo
L	=	22.00	m	lunghezza palo
M_y	=	3300	kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	174	kPa	coesione non drenata
<u>palo corto</u>				
$Q_{lim,1}$	=	43673	kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	585213	kNm	momento massimo
<u>palo intermedio</u>				
$Q_{lim,2}$	=	16463	kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7	m	
M_{max}	=	98323.9	kNm	momento massimo
<u>palo lungo</u>				
$Q_{lim,3}$	=	2639	kN	carico limite per palo lungo
MR	=	PALO LUNGO		meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2639.0	kN	carico limite (valore medio)
ξ	=	1.5		fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1759.3	kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30		coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1353.3	kN	carico limite (valore di progetto)
F_h		1286	kN	azione trasversale testa palo
check		1.05		se >1 verifica soddisfatta

7 ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE AGLI SLU

7.1 SPALLA SPA_SX

Il plinto di fondazione della spalla A carreggiata sinistra presenta pianta rettangolare di lati 9.60 m x 13.20 m ed altezza pari a 1.80 m. Per le dimensioni geometriche degli altri elementi strutturali che compongono la spalla si rimanda agli elaborati grafici.

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidità della struttura reale. Il modello numerico è composto da n. 912 elementi finiti di tipo shell e da n. 1003 nodi. Gli elementi shell impiegati sono di tipo quadrangolare a quattro nodi e tutti includono gli effetti della deformabilità a taglio (formulazione di *Mindlin-Reissner*).

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

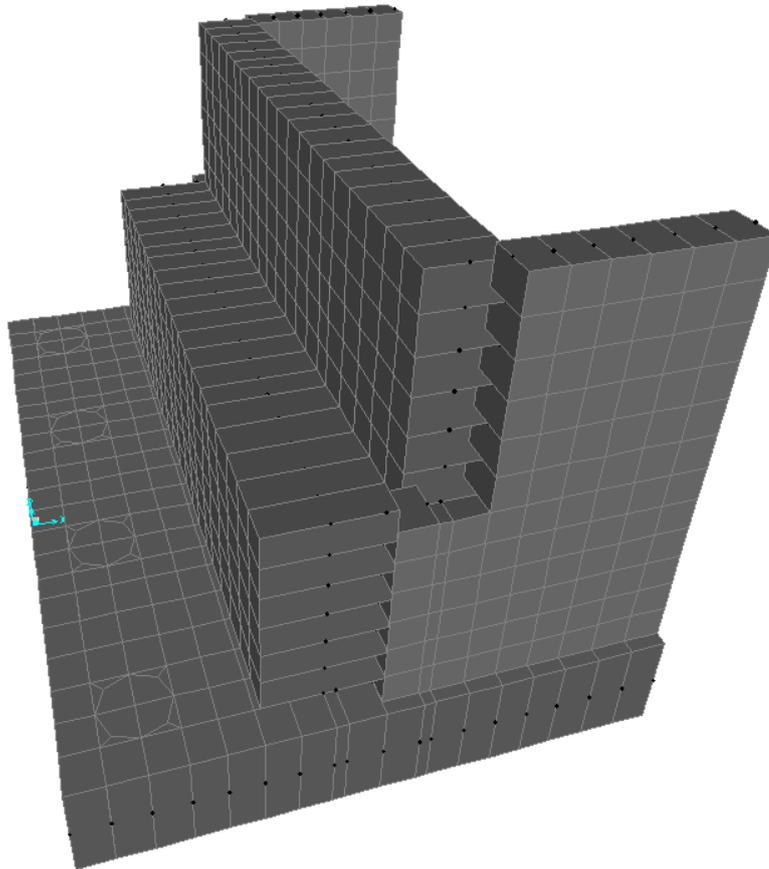


Figura 18: Modello agli elementi finiti Spalla SPA_sx

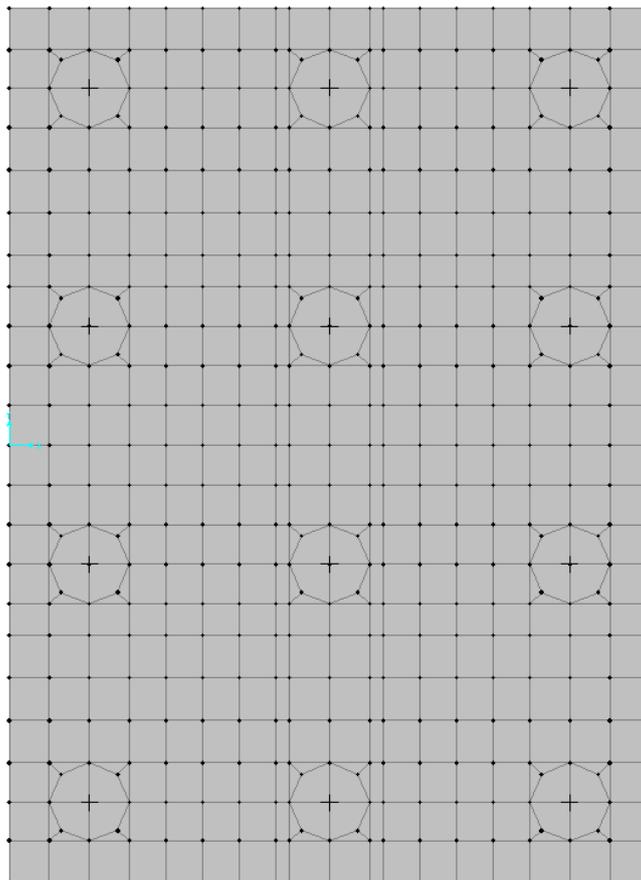


Figura 19: Zattera di fondazione

7.2 ANALISI DEI CARICHI

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

- g1-imp = peso proprio impalcato
- g1-sp = peso proprio spalla
- g2-imp = permanenti portati su impalcato
- g2-sp = terreno su plinto spalla
- g3-sp = spinta del terreno su spalla
- e2-imp = ritiro
- e3-imp = carico termico differenziale
- q1.1-imp = carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
- q1.2-imp = carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
- q1t-sp = effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
- q3-imp = frenatura su impalcato
- q4-imp = azione centrifuga su impalcato
- q5-imp = azione del vento trasversale su impalcato
- q6.1x-imp = sisma 1 impalcato
- q6.1y-imp = sisma 2 impalcato

- q6.1z-imp = sisma 3 impalcato
- q6.1x-sp = incremento di spinta terreno in fase sismica
- q6.2x-sp = forze d'inerzia longitudinali
- q6.2y-sp = forze d'inerzia trasversali
- q6.2z-sp = forze d'inerzia verticali
- q7-imp = azione parassita dei vincoli

7.3 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

7.3.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

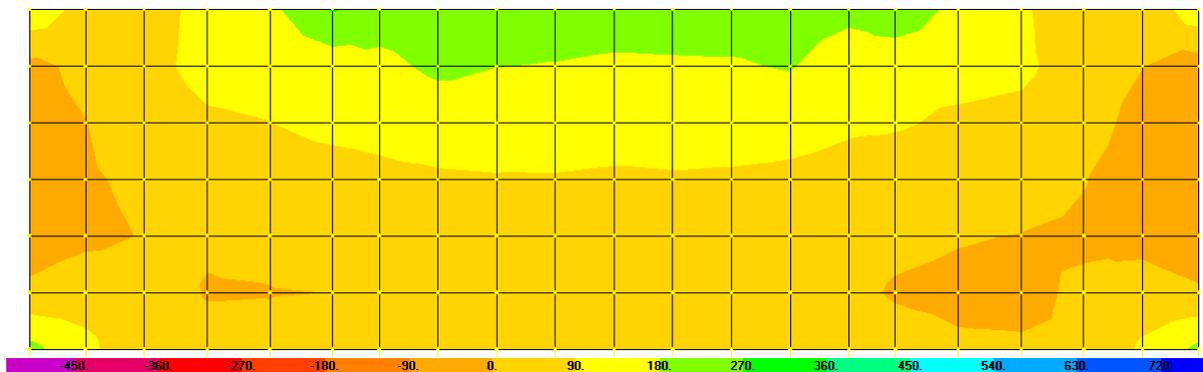


Figura 20: Involuppo Momento M11

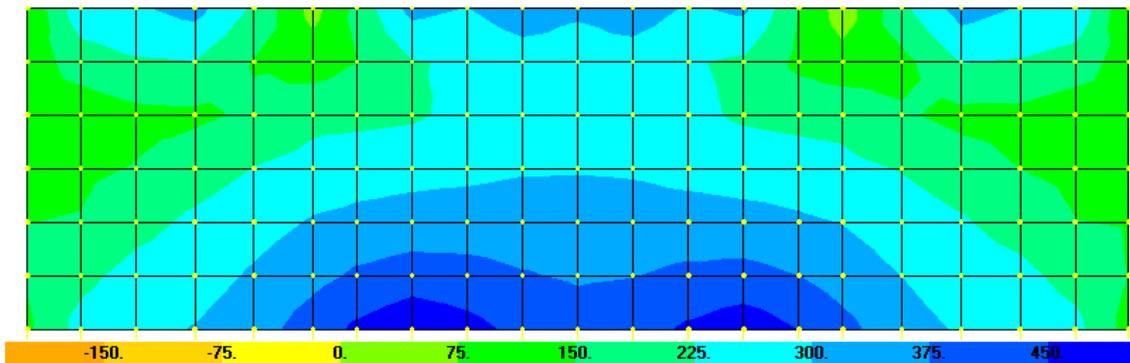


Figura 21: involucro Momento M22

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

MURO FRONTALE

Verifica verticale

Z	H	M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS			
[m]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]				
Arm X+	0-3.5	2	5 Φ 20	700	1449	2.07	OK momento verticale Mz=M22-

Arm X- 0-3.5 2 5 Φ 16 500 1035 2.07 OK momento verticale $M_z=M_{22+}$

Verifica momento orizzontale

	Z [m]	H [m]		M_{Sd}^{inf} [kNm/m]	M_{Rd}^{inf} [kNm/m]	FS	
Arm X+	0-3.5	2	5 Φ 16	350	752	2.15	OK momento orizzontale $M_y=M_{11-}$
Arm X-	0-3.5	2	5 Φ 16	200	752	3.76	OK 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). Nelle verifiche si è tenuto conto di eventuali sforzi normale di trazione che comportano l'affidamento del taglio alla sola armatura disposta senza contributo del calcestruzzo.

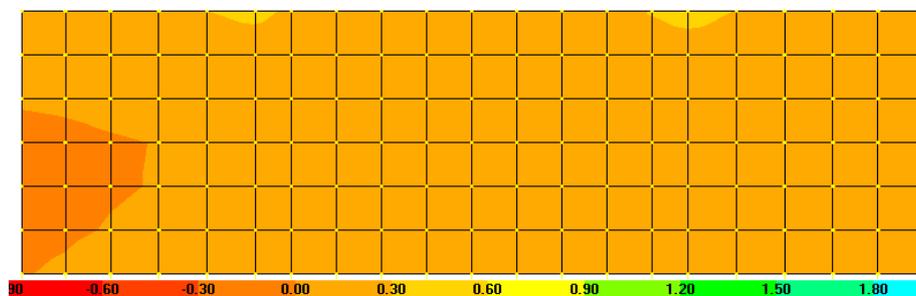


Figura 22: Involuppo del taglio agente nella direzione X (V1£)

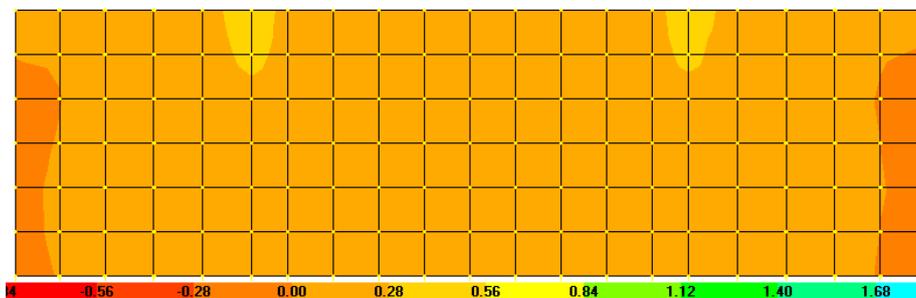


Figura 23: Involuppo del taglio agente nella direzione Y (V23)

		muro frontale	muro frontale		
sezione di verifica					
corrispondente a		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	400	400	kN	taglio
N	=	0	200	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	2000	2000	mm	altezza sezione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 54 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

c = 50 50 mm copriferro
d = 1950 1950 mm altezza utile

Materiali

R_{ck} = 35.0 35.0 MPa resistenza caratteristica cubica
 f_{ck} = 29.1 29.1 MPa resistenza caratteristica cilindrica
 γ_c = 1.5 1.5 coefficiente parziale di sicurezza
 α_{cc} = 0.9 0.9 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
 f_{cd} = 16.5 16.5 MPa resistenza di calcolo a compressione
 g_s = 1.15 1.15 coefficiente di sicurezza acciaio
 f_{yk} = 450.0 450.0 MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
 f_{yd} = 391.3 391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl} = 2576.0 2576.0 mm² armatura longitudinale
 ρ_l = 0.00129 0.00129 rapporto geometrico di armatura longitudinale
k = 1.3 1.3
 V_{min} = 0.3 0.3
 σ_{cp} = 0.0 0.1 MPa tensione media calcestruzzo
 $\sigma_{cp,ad}$ = 0.0 0.1 MPa tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
 V_{Rd} = 558.0 587.3 kN taglio resistente
FS = 1.4 1.5 >1 verifica soddisfatta
check = OK OK

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w = 16 14 mm diametro armatura resistente a taglio
 α = 90.0 90.0 ° inclinazione armatura
s = 400 400 mm interasse armature a taglio
 n_{br} = 2.5 2.5 numero bracci armatura trasversale
 A_{sw} = 502.65 384.85 mm² area armatura trasversale posta nell'interasse s
 $ctg\Theta (V)$ = 72.2 72.7
 $ctg\Theta$ = 2.5 2.5
 Θ = 22 22 ° inclinazione bielle di calcestruzzo
 V_{Rsd} = 2157.45 1651.80 kN taglio resistente armatura
 α_c = 1.00 1.01 coefficiente maggiorativo
 f'_{cd} = 8.23 8.23 MPa resistenza ridotta
 V_{Rcd} = 10317.9 10380.6 kN taglio resistente calcestruzzo
 V_{Rd} = 2157.5 1651.8 kN taglio resistente sezione
check = OK OK

7.4 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

7.4.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO LATERALE

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-7.25 m	0.8	5 Φ 22	300	533	1.78	OK momento verticale $Mz+=M22+$
Arm Y-	0-7.25 m	0.8	5 Φ 18	300	360	1.20	OK momento verticale $Mz-=M22-$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-7.25 m	0.8	5 Φ 20	200	441	2.21	OK momento orizzontale $Mx+=M11+$
Arm Y-	0-7.25 m	0.8	5 Φ 16	150	284	1.89	OK momento orizzontale $Mx-=M11-$

7.4.2 Verifiche a taglio

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

sezione di verifica corrispondente a	muri laterali	muri laterali	
	V13max	V23max	

Sollecitazioni

V	=	200	250	kN	taglio
N	=	0	140	kN	sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	800	800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	750	750	mm	altezza utile

Materiali

R_{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl}	=	3173.0	3173.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00397	0.00397		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.5	1.5		
v_{min}	=	0.4	0.4		
σ_{cp}	=	0.0	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.2	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 56 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

V_{Rd}	=	308.2	327.9	kN	taglio resistente
FS	=	1.5	1.3		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w	=	14	14	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	384.85	384.85	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta$ (V)	=	22.2	17.9		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	635.31	635.31	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	3968.4	4010.6	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	635.3	635.3	kN	taglio resistente sezione
check	=	OK	OK		

7.5 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.5.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO FRONTALE PARAGHIAIA

Verifica Momento Verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	150	440	2.93	OK momento verticale $M_z=M22-$
Arm X-	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	100	440	4.40	OK momento verticale $M_z=M22+$

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 22	300	825	2.75	OK momento orizzontale $M_y=M11-$
Arm X-	3.5-7.25 m	1.2	5 Φ 16	100	555	5.55	OK momento orizzontale $M_y=M11+$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 57 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

7.5.2 Verifiche a taglio

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

sezione di verifica corrispondente a		muro paraghiaia	muro paraghiaia	
		V13max	V23max	
Sollecitazioni				
V	=	130	200	taglio
N	=	0	110	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria				
B	=	1000	1000	larghezza sezione
H	=	1200	1200	altezza sezione
c	=	50	50	copriferro
d	=	1150	1150	altezza utile
Materiali				
R _{ck}	=	35.0	35.0	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.1	29.1	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5	coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	16.5	16.5	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio				
A _{sl}	=	2011.0	2011.0	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00168	0.00168	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.4	1.4	
v _{min}	=	0.3	0.3	
σ _{cp}	=	0.0	0.1	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.1	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
V _{Rd}	=	365.9	381.8	taglio resistente
FS	=	2.8	1.9	>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	OK	
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio				
Ø _w	=	14	14	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	inclinazione armatura
s	=	400	400	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.5	2.5	numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	384.85	384.85	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	78.6	51.4	
ctgΘ	=	2.5	2.5	
Θ	=	22	22	inclinazione bielle di calcestruzzo

V_{Rsd}	=	974.14	974.14	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.01	coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	8.23	8.23	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	6084.9	6118.8	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	974.1	974.1	taglio resistente sezione
		7.5	4.9	
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 e minimi del momento flettente orizzontale (M_{11}) e verticale (M_{22}).

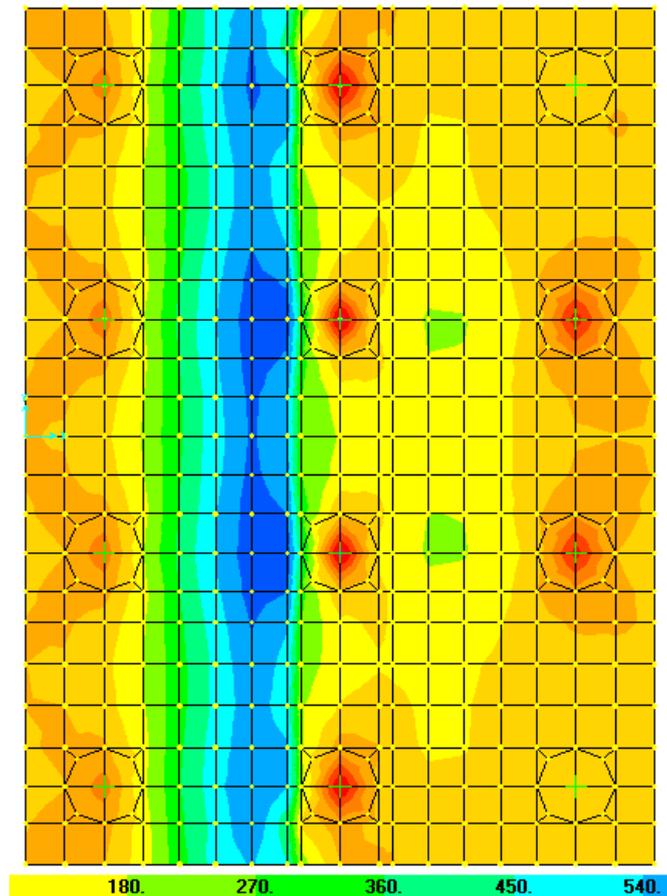


Figura 24: Involuppo Momento M11

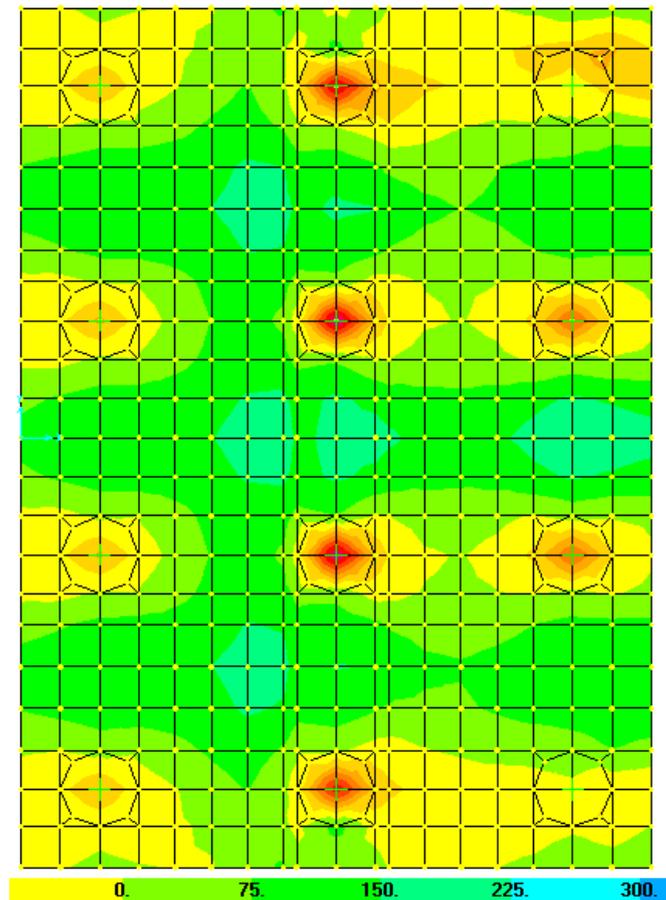


Figura 25: Involuppo Momento M22

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

PLINTO DI FONDAZIONE

Verifica Momento Longitudinale

		H		M_{Sd}^{sup} [kNm/m]	M_{Rd}^{sup} [kNm/m]	FS	
Arm-inf	X-inf	1.8	5 Φ 22	650	1267	1.95	OK momento longitudinale $M_x=M_{11+}$
Arm-sup	X-sup	1.8	5 Φ 18	350	851	2.43	OK momento longitudinale $M_x=M_{11-}$

Verifica Momento Trasversale

		H		M_{Sd}^{inf} [kNm/m]	M_{Rd}^{inf} [kNm/m]	FS	
Arm-inf	Y-inf		5 Φ 22	200	1267	6.34	OK momento trasversale $M_y=M_{22+}$
Arm-sup	Y-sup		5 Φ 18	200	851	4.26	OK momento trasversale $M_y=M_{22-}$

7.6.2 Verifiche a taglio

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

		plinto	plinto		
sezione di verifica					
corrispondente a		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	800	800	kN	taglio
N	=	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1800	1800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1750	1750	mm	altezza utile
Materiali					
R _{ck}	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g _s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A _{sl}	=	3173.0	3173.0	mm ²	armatura longitudinale
ρ _l	=	0.00176	0.00176		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v _{min}	=	0.3	0.3		
σ _{cp}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
V _{Rd}	=	473.1	473.1	kN	taglio resistente
FS	=	0.6	0.6		>1 verifica soddisfatta
check	=	NO	NO		
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio					
Ø _v	=	24	24	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	1000	1000	mm	interasse armature a taglio
n _{br}	=	2.0	2.0		numero bracci armatura trasversale
A _{sw}	=	904.78	904.78	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
ctgΘ (V)	=	25.0	25.0		
ctgΘ	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo

V_{Rsd}	=	1394.05	1394.05	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	7936.9	7936.9	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	1394.0	1394.0	kN	taglio resistente sezione
		1.7	1.7		
check	=	OK	OK		

7.7 SPALLA SPB_SX

La fondazione della spalla in esame ha una forma irregolare con dimensioni massime in pianta di 16.00 m, altezza di 1.80 m ed è fondata su 16 pali di diametro $\varnothing 1200$ e lunghezza 18m. Il muro frontale ha invece un' altezza di 6.5 m ed è stato assunto uno spessore di 2 m

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

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidità della struttura reale. Il modello numerico è composto da n. 1560 elementi finiti di tipo shell e da n. 1648 nodi. Gli elementi shell impiegati sono di tipo quadrangolare a quattro nodi e tutti includono gli effetti della deformabilità a taglio (formulazione di *Mindlin-Reissner*).

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

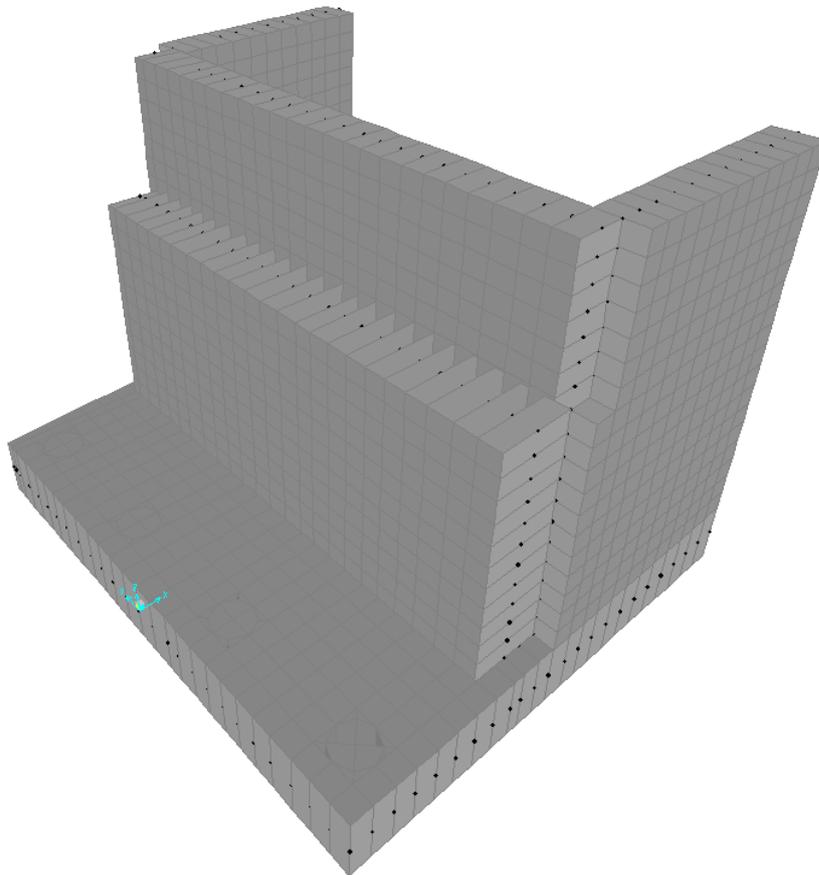


Figura 26: Modello agli elementi finiti Spalla SPB_sx

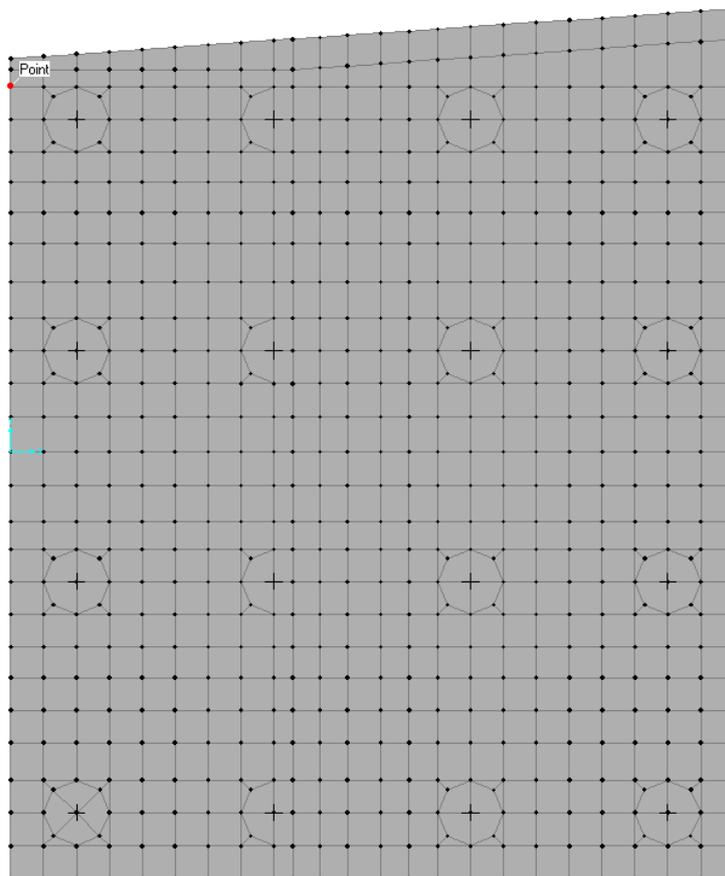


Figura 27: Zattera di fondazione

7.8 ANALISI DEI CARICHI

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

- g1-imp = peso proprio impalcato
- g1-sp = peso proprio spalla
- g2-imp = permanenti portati su impalcato
- g2-sp = terreno su plinto spalla
- g3-sp = spinta del terreno su spalla
- e2-imp = ritiro
- e3-imp = carico termico differenziale
- q1.1-imp = carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
- q1.2-imp = carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
- q1t-sp = effetti del sovraccarico variabile sulla spalla
- q3-imp = frenatura su impalcato
- q4-imp = azione centrifuga su impalcato
- q5-imp = azione del vento trasversale su impalcato
- q6.1x-imp = sisma 1 impalcato

- q6.1y-imp = sisma 2 impalcato
 q6.1z-imp = sisma 3 impalcato
 q6.1x-sp = incremento di spinta terreno in fase sismica
 q6.2x-sp = forze d'inerzia longitudinali
 q6.2y-sp = forze d'inerzia trasversali
 q6.2z-sp = forze d'inerzia verticali
 q7-imp = azione parassita dei vincoli

7.9 VERIFICHE DEL MURO FRONTALE

7.9.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO FRONTALE

Verifica momento verticale

	Z	H		M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-3.5	2	5 Φ 20	1000	1449	1.45	OK momento verticale $M_z=M_{22-}$
Arm X-	0-3.5	2	5 Φ 16	550	1035	1.88	OK momento verticale $M_z=M_{22+}$

Verifica momento orizzontale

	Z	H		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
	[m]	[m]		[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm X+	0-3.5	2	5 Φ 16	700	753	1.08	OK momento orizzontale $M_y=M_{11-}$
Arm X-	0-3.5	2	5 Φ 16	700	753	1.08	OK momento orizzontale $M_y=M_{11+}$

7.9.2 Verifiche a taglio

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

		muro frontale	muro frontale		
sezione di verifica		V13max	V23max		
corrispondente a		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	500	750	kN	taglio
N	=	300	300	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	2000	2000	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1950	1950	mm	altezza utile
Materiali					
R_{ck}	=	35.0	35.0	MPa	resistenza caratteristica cubica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 64 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

f_{ck}	=	29.1	29.1	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.5	16.5	MPa	resistenza di calcolo a compressione
g_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl}	=	2906	2906	mm ²	armatura longitudinale
ρ_l	=	0.00145	0.00145		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{cp}	=	0.2	0.2	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.2	0.2	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	601.9	601.9	kN	taglio resistente
FS	=	1.2	0.8		>1 verifica soddisfatta
check	=	OK	NO		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta$ (V)	=	58.3	38.8		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	1213.57	1213.57	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.01	1.01		coefficiente maggiorativo
f'_{cd}	=	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	10412.0	10412.0	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	1213.6	1213.6	kN	taglio resistente sezione
		2.4	1.6		
check	=	OK	OK		

7.10 VERIFICHE DEI MURI LATERALI

7.10.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO LATERALE

Verifica Momento Verticale

	Z	H	$A_{res,1}$	M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
	[m]	[m]	[cm ²]	[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm Y+	0-4m	1.2	5 Φ 18	12.7 + 5 Φ 18	1000	1100	1.10 OK momento $M_{z+}=M_{22+}$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 65 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Arm Y-	0-4m	1.2	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	400	556	1.39	OK	momento Mz-=M22-
Arm Y+	0-4m	0.8	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	300	360	1.20	OK	momento Mz+=M22+
Arm Y-	0-4m	0.8	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	300	360	1.20	OK	momento Mz-=M22-

Verifica Momento Orizzontale

	Z	H		$A_{res,1}$		M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS			
	[m]	[m]		[cm ²]		[kNm/m]	[kNm/m]				
Arm Y+	0-4m	1.2	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	800	825	1.03	OK	momento Mx+=M11+
Arm Y-	0-4m	1.2	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	250	439	1.76	OK	momento Mx-=M11-
Arm Y+	0-11.3m	0.8	5 Φ 22	19.0	+	5 Φ 22	800	1045	1.31	OK	momento Mx+=M11+
Arm Y-	0-11.3m	0.8	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	250	285	1.14	OK	momento Mx-=M11-

7.10.2 Verifiche a taglio

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

sezione di verifica corrispondente a	muri laterali V13max	muri laterali V23max	
Sollecitazioni			
V	= 400	800	taglio
N	= 200	200	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria			
B	= 1000	1000	larghezza sezione
H	= 800	1200	altezza sezione
c	= 50	50	copriferro
d	= 750	1150	altezza utile
Materiali			
R_{ck}	= 35.0	35.0	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= 29.1	29.1	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	= 1.5	1.5	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	= 0.9	0.9	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	= 16.5	16.5	resistenza di calcolo a compressione
γ_s	= 1.15	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	= 450.0	450.0	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	= 391.3	391.3	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio			
A_{sl}	= 3817.0	3817.0	armatura longitudinale
ρ_l	= 0.00477	0.00318	rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	= 1.5	1.4	
v_{min}	= 0.4	0.3	
σ_{cp}	= 0.3	0.2	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	= 0.3	0.2	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	= 356.0	439.1	taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 66 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

Fs = 0.9 0.5
check = NO NO

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w = 14 14 diametro armatura resistente a taglio
 α = 90.0 90.0 inclinazione armatura
s = 400 400 interasse armature a taglio
 n_{br} = 2.5 2.5 numero bracci armatura trasversale
 A_{sw} = 384.85 384.85 area armatura trasversale posta nell'interasse s
 $ctg\Theta (V)$ = 11.2 12.8
 $ctg\Theta$ = 2.5 2.5
 Θ = 22 22 inclinazione bielle di calcestruzzo
 V_{Rsd} = 635.31 974.14 taglio resistente armatura
 α_c = 1.02 1.01 coefficiente maggiorativo
 f'_{cd} = 8.23 8.23 resistenza ridotta
 V_{Rcd} = 4028.7 6146.5 taglio resistente calcestruzzo
 V_{Rd} = 635.3 974.1 taglio resistente sezione
Fs = 1.6 1.2
check = OK OK

7.11 VERIFICHE DEL MURO PARAGHIAIA

7.11.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

MURO FRONTALE PARAGHIAIA

	Z [m]	H [m]		Verifica Momento Verticale			FS	
				M_{Sd}^{sup} [kNm/m]	M_{Rd}^{sup} [kNm/m]			
Arm X+	5.30-9.96	1.2	5 Φ 16 + 0 Φ 0	200	440	2.20	OK	momento $M_z=M_{22-}$
Arm X-	5.30-9.96	1.2	5 Φ 16 + 0 Φ 0	200	440	2.20	OK	momento $M_z=M_{22+}$

Verifica Momento Orizzontale

	Z [m]	H [m]		Verifica Momento Orizzontale			FS	
				M_{Sd}^{inf} [kNm/m]	M_{Rd}^{inf} [kNm/m]			
Arm X+	5.3-9.3	1.2	5 Φ 16 + 5 Φ 20	1000	1114	1.11	OK	momento $M_y=M_{11-}$
Arm X-	5.3-9.3	1.2	5 Φ 16 + 0 Φ 0	400	440	1.10	OK	momento $M_y=M_{11+}$

7.11.2 Verifiche a taglio

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

sezione di verifica corrispondente a	muro paraghiaia V13max	muro paraghiaia V23max		
Sollecitazioni				
V	= 400	150	kN	taglio

N = 120 120 kN sforzo normale (>0 compressione)

Geometria

B = 1000 1000 mm larghezza sezione
 H = 1200 1200 mm altezza sezione
 c = 50 50 mm copriferro
 d = 1150 1150 mm altezza utile

Materiali

R_{ck} = 35.0 35.0 MPa resistenza caratteristica cubica
 f_{ck} = 29.1 29.1 MPa resistenza caratteristica cilindrica
 γ_c = 1.5 1.5 coefficiente parziale di sicurezza
 α_{cc} = 0.9 0.9 coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
 f_{cd} = 16.5 16.5 MPa resistenza di calcolo a compressione
 γ_s = 1.15 1.15 coefficiente di sicurezza acciaio
 f_{yk} = 450.0 450.0 MPa tensione caratteristica di snervamento acciaio
 f_{yd} = 391.3 391.3 MPa tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio

A_{sl} = 2010.0 2010.0 mm² armatura longitudinale
 ρ_l = 0.00168 0.00168 rapporto geometrico di armatura longitudinale
 k = 1.4 1.4
 v_{min} = 0.3 0.3
 σ_{cp} = 0.1 0.1 MPa tensione media calcestruzzo
 $\sigma_{cp,ad}$ = 0.1 0.1 MPa tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
 V_{Rd} = 383.2 383.2 kN taglio resistente
 Fs = 1.0 2.6
 check = NO OK

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_w = 12 12 mm diametro armatura resistente a taglio
 α = 90.0 90.0 ° inclinazione armatura
 s = 400 400 mm interasse armature a taglio
 n_{br} = 2.5 2.5 numero bracci armatura trasversale
 A_{sw} = 282.74 282.74 mm² area armatura trasversale posta nell'interasse s
 $ctg\theta (V)$ = 25.7 68.6
 $ctg\theta$ = 2.5 2.5
 θ = 22 22 ° inclinazione bielle di calcestruzzo
 V_{Rsd} = 715.69 715.69 kN taglio resistente armatura
 α_c = 1.01 1.01 coefficiente maggiorativo
 f'_{cd} = 8.23 8.23 MPa resistenza ridotta
 V_{Rcd} = 6121.9 6121.9 kN taglio resistente calcestruzzo
 V_{Rd} = 715.7 715.7 kN taglio resistente sezione
 Fs = 1.8 4.8
 check = OK OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 68 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

7.12 VERIFICHE DEL PLINTO DI FONDAZIONE

7.12.1 Verifiche di resistenza per tensioni normali

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

PLINTO DI FONDAZIONE

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		H			M_{Sd}^{sup}	M_{Rd}^{sup}	FS	
					[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm-inf	X-inf	1.8	5	Φ 22	1000	1268	1.27	OK momento longitudinale $M_x=M11+$
Arm-sup	X-sup	1.8	5	Φ 18	650	851	1.31	OK momento longitudinale $M_x=-M11-$

VERIFICA A PRESSO FLESSIONE

		H			M_{Sd}^{inf}	M_{Rd}^{inf}	FS	
					[kNm/m]	[kNm/m]		
Arm-inf	Y-inf		5	Φ 18	460	852	1.85	OK momento trasversale $M_y=M22+$
Arm-sup	Y-sup		5	Φ 20	800	1049	1.31	OK momento trasversale $M_y=M22-$

7.12.2 Verifiche a taglio

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

sezione di verifica		plinto	plinto		
corrispondente a		V13max	V23max		
Sollecitazioni					
V	=	700	800	kN	taglio
N	=	0	0	kN	sforzo normale (>0 compressione)
Geometria					
B	=	1000	1000	mm	larghezza sezione
H	=	1800	1800	mm	altezza sezione
c	=	50	50	mm	copriferro
d	=	1750	1750	mm	altezza utile
Materiali					
R_{ck}	=	30.0	30.0	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.9	24.9	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.5	1.5		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.9	0.9		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
γ_s	=	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi sprovvisti di armatura a taglio					
A_{sl}	=	3801.0	3801.0	mm ²	armatura longitudinale

		0.0021	0.0021		
ρ_l	=	1	1		rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	=	1.3	1.3		
v_{min}	=	0.3	0.3		
σ_{cp}	=	0.0	0.0	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.0	0.0	MPa	tensione media di compressione adottata ($\leq 0.2f_{cd}$)
V_{Rd}	=	488.6	488.6	kN	taglio resistente
Fs	=	0.7	0.6		
check	=	NO	NO		

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w	=	12	12	mm	diametro armatura resistente a taglio
α	=	90.0	90.0	°	inclinazione armatura
s	=	400	400	mm	interasse armature a taglio
n_{br}	=	2.5	2.5		numero bracci armatura trasversale
A_{sw}	=	282.74	282.74	mm ²	area armatura trasversale posta nell'interasse s
$ctg\Theta (V)$	=	28.5	25.0		
$ctg\Theta$	=	2.5	2.5		
Θ	=	22	22	°	inclinazione bielle di calcestruzzo
V_{Rsd}	=	1089.1	1089.1		
	=	0	0	kN	taglio resistente armatura
α_c	=	1.00	1.00		coefficiente maggiorativo
f_{cd}	=	7.06	7.06	MPa	resistenza ridotta
V_{Rcd}	=	7936.9	7936.9	kN	taglio resistente calcestruzzo
V_{Rd}	=	1089.1	1089.1	kN	taglio resistente sezione
Fs	=	1.6	1.4		
check	=	OK	OK		

8 VERIFICA DELLE SPALLE AGLI STATI LIMITE DI FESSURAZIONE

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.

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO SLE

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

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

q5-imp	0	0
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

8.2 SPALLA A_SX

8.2.1 Plinto di fondazione

Condizioni ambientali: **ordinarie**

Armature: **Poco sensibili**

8.2.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
Materiali							
R _{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls tesò
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	18	22	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	22	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	550.0	130.0	130.0	190.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)

e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	3173.0	3173.0	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	895.7	904.3	895.7	904.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	530.7	530.7	530.7	530.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	584.2	589.9	584.2	589.9	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico 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	=	-315.76	-370.02	220.57	274.83	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	7.48E+10	1.15E+11	4.90E+10	6.99E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	2.32	0.42	-0.58	-0.75	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	228.0	36.1	60.8	60.1	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	1226.6	1238.5	1226.6	1238.5	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	2.23	9.53	9.44	6.52		check1

8.2.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	
Materiali						
Rck	=	30	30	30	30	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)

f_{cm}	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	18	22	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1272	1901	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	18	22	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	1272	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	400.0	250.0	150.0	200.0	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
A_{cls}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	3173.0	3173.0	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	1.85E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	895.7	904.3	895.7	904.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	5.20E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	530.7	530.7	530.7	530.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	584.2	589.9	584.2	589.9	mm	quota punto di nocciolo superiore
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	220.57	274.83	220.57	274.83	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.90E+10	6.99E+10	4.90E+10	6.99E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-1.80	-0.98	-0.67	-0.79	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	187.1	79.1	70.2	63.3	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1226.6	1238.5	1226.6	1238.5	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	3.07	4.95	8.18	6.19		check1

8.2.2 Muro Frontale

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.2.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{ctm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2000	2000	2000	2000	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	16	16	20	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1950	1950	1950	1950	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1005	1005	1571	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	16	16	20	16	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1005	1005	1571	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	285.0	190.0	300.0	250.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	180.0	180.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	1667	1389	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	2000000	2000000	2000000	2000000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2010.6	2010.6	2576.1	2576.1	mm ²	area armatura
A_{id}	=	2.03E+06	2.03E+06	2.04E+06	2.04E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	1000.0	1000.0	996.0	1004.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	6.94E+11	6.94E+11	7.02E+11	7.02E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	584.6	584.6	586.6	586.6	mm	raggio d'inerzia sezione

$Y_{nocc,s}$ = 658.2 658.2 653.3 658.5 mm quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

$A_{cls,t}$ = - - - - mm² area calcestruzzo teso omogeneizzato
 A_s = - - - - mm² area armatura
 $A_{id,t}$ = - - - - mm² area sezione ideale
 $d_{G,t}$ = - - - - mm distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
 $J_{id,t}$ = - - - - mm⁴ momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
 $\rho_{id,t}$ = - - - - mm raggio d'inerzia sezione
 $Y_{nocc,i}$ = - - - - mm quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n = 217.28 217.28 377.63 519.20 mm distanza asse neutro da lembo compresso
 J_n = 4.91E+10 4.91E+10 5.78E+10 9.82E+10 mm⁴ momento d'inerzia sezione parzializzata
 S_n = 0.00 0.00 55311839.71 108149402.60 mm³ momento statico sezione parzializzata
 $f(Y_n)=0$ = - - 0 0

Tensioni nei materiali

σ_c = -1.26 -0.84 -1.96 -1.32 MPa tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
 σ_s = 150.8 100.5 122.5 54.6 MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess} = 1639.3 1639.3 1712.5 1726.1 kNm momento limite di apertura fessure
 M_{fess} / M = 5.75 8.63 5.71 6.90 check1

8.2.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	
Materiali						
R_{ck}	=	35	35	35	35	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MPa resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{ctm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MPa resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15	coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00	coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria						
B	=	1000	1000	1000	1000	mm base sezione
H	=	2000	2000	2000	2000	mm altezza sezione
Armatura						
n_1	=	5	5	5	5	n. tondini inferiori
\emptyset_1	=	16	16	16	20	mm diametro tondini inferiori
d_1	=	1950	1950	1950	1950	mm distanza da lembo compresso

A_{s1}	=	1005	1005	1005	1571	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	16	16	20	16	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1005	1005	1571	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	95.0	150.0	180.0	280.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	200.0	200.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	900	1400	mm	eccentricità
A_{cls}	=	2000000	2000000	2000000	2000000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2010.6	2010.6	2576.1	2576.1	mm ²	area armatura
A_{id}	=	2.03E+06	2.03E+06	2.04E+06	2.04E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	1000.0	1000.0	996.0	1004.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	6.94E+11	6.94E+11	7.02E+11	7.02E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	584.6	584.6	586.6	586.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	658.2	658.2	653.3	658.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	217.28	217.28	714.42	516.22	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.91E+10	4.91E+10	1.55E+11	9.76E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	252217678.13	106491523.11	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-0.42	-0.66	-0.83	-1.48	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	50.3	79.4	21.5	61.7	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1639.3	1639.3	1719.3	1733.0	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	17.26	10.93	9.55	6.19		check1

8.2.3 Muro Paragliaia

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.2.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{ctm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	22	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1901	1005	1005	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	22	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1901	1005	1005	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	55.0	220.0	55.0	130.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A _{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2906.0	2906.0	2010.6	2010.6	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.23E+06	1.23E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	594.1	605.9	600.0	600.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	1.57E+11	1.57E+11	1.53E+11	1.53E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	355.5	355.5	352.8	352.8	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	385.5	393.2	392.5	392.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 78 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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

Comportamento sezione

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

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	154.99	219.05	162.46	162.46	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.65E+10	2.86E+10	1.63E+10	1.63E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-0.52	-1.68	-0.55	-1.29	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	49.8	107.3	49.9	118.0	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	612.7	624.9	602.9	602.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	11.14	2.84	10.96	4.64		check1

8.2.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	22	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1901	1005	1005	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\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 ²	area armatura superiore

Sollecitazioni

M	=	55.0	180.0	55.0	90.0	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
A _{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2906.0	2906.0	2010.6	2010.6	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.23E+06	1.23E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	594.1	605.9	600.0	600.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	1.57E+11	1.57E+11	1.53E+11	1.53E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	355.5	355.5	352.8	352.8	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	385.5	393.2	392.5	392.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y _n	=	154.99	219.05	162.46	162.46	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	=	1.65E+10	2.86E+10	1.63E+10	1.63E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	=	-	-	-	-		

Tensioni nei materiali

σ _c	=	-0.52	-1.38	-0.55	-0.90	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ _s	=	49.8	87.8	49.9	81.7	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M _{fess}	=	612.7	624.9	602.9	602.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M _{fess} / M	=	11.14	3.47	10.96	6.70		check1

8.2.4 Muri Laterali

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.2.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{ctm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls tesò
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	800	800	800	800	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	20	18	22	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	750	750	750	750	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1571	1272	1901	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	20	16	22	18	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1571	1005	1901	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	60.0	200.0	115.0	250.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	150.0	150.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	767	1667	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A _{cls}	=	800000	800000	800000	800000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2576.1	2576.1	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A _{id}	=	8.39E+05	8.39E+05	8.48E+05	8.48E+05	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	396.5	403.5	396.1	403.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	4.74E+10	4.74E+10	4.85E+10	4.85E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	237.7	237.7	239.2	239.2	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	256.4	261.0	254.5	259.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo tesò omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 81 di 94
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

$Y_{nocc,i}$ = - - - - mm quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n = 124.05 157.17 209.84 203.31 mm distanza asse neutro da lembo compresso
 J_n = 6.67E+09 9.75E+09 9.38E+09 1.18E+10 mm⁴ momento d'inerzia sezione parzializzata
 S_n = **0.00** **0.00** **16265074.04** **8007349.23** mm³ momento statico sezione parzializzata
 $f(Y_n)=0$ = - - 0 0

Tensioni nei materiali

σ_c = -1.12 -3.22 -2.57 -4.32 MPa tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
 σ_s = 84.4 182.4 99.4 174.2 MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess} = 277.4 282.4 304.8 310.8 kNm momento limite di apertura fessure
 M_{fess} / M = 4.62 1.41 2.65 1.24 check1

8.2.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	
Materiali					
Rck	35	35	35	35	MPa resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa resistenza cilindrica media
f_{ctm}	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	19.8	19.8	19.8	19.8	MPa resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{ctm}	2.43	2.43	2.43	2.43	MPa resistenza media a trazione per flessione
σ_t	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa tensione limite apertura fessure
n	15	15	15	15	coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	0.00	0.00	0.00	0.00	coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria					
B	1000	1000	1000	1000	mm base sezione
H	800	800	800	800	mm altezza sezione
Armatura					
n_1	5	5	5	5	n. tondini inferiori
\varnothing_1	16	20	18	22	mm diametro tondini inferiori
d_1	750	750	750	750	mm distanza da lembo compresso
A_{s1}	1005	1571	1272	1901	mm ² area armatura inferiore
n_2	5	5	5	5	n. tondini superiori
\varnothing_2	16	20	22	18	mm diametro tondini superiori
d_2	50	50	50	50	mm distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	1005	1571	1901	1272	mm ² area armatura superiore
Sollecitazioni					
M	60.0	160.0	115.0	230.0	kNm Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	0.0	0.0	200.0	200.0	KN Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	Inf	Inf	575	1150	mm eccentricità

A_{cls}	=	800000	800000	800000	800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2010.6	3141.6	3173.0	3173.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	8.30E+05	8.47E+05	8.48E+05	8.48E+05	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	400.0	400.0	396.1	403.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	4.64E+10	4.84E+10	4.85E+10	4.85E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	236.3	239.1	239.2	239.2	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	260.4	257.0	254.5	259.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	128.07	152.68	244.60	220.59	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	6.62E+09	9.84E+09	1.08E+10	1.21E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	25816452.54	12491313.85	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-1.16	-2.48	-2.60	-4.18	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	84.5	145.7	80.5	150.7	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	273.8	286.1	311.9	318.1	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	4.56	1.79	2.71	1.38		check1

8.3 SPALLA B_SX

8.3.1 Plinto di fondazione

Condizioni ambientali: **ordinarie**

Armature: **Poco sensibili**

8.3.1.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
Materiali							
R_{ck}	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.79	1.79	1.79	1.79	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)

f_{cfm}	=	2.15	2.15	2.15	2.15	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	18	22	20	18	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1272	1901	1571	1272	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	18	18	20	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	1272	1272	1571	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	360.0	190.0	250.0	260.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	3173.0	3173.0	2843.1	2843.1	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.85E+06	1.85E+06	1.84E+06	1.84E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	895.7	904.3	902.1	897.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	5.20E+11	5.20E+11	5.17E+11	5.17E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	530.7	530.7	529.6	529.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	584.2	589.9	589.7	587.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione							
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y_n	=	-315.76	-370.02	250.94	223.76	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	7.48E+10	1.15E+11	5.90E+10	4.89E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	1.52	0.61	-1.06	-1.19	MPa	tensione nel lembo più compresso del

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III	
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX	
	Pagina 84 di 94	
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc	

cls calcolata nella sezione fessurata

σ_s = 149.2 52.7 95.3 121.7 MPa tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess} = 1226.6 1238.5 1226.9 1221.3 kNm momento limite di apertura fessure

8.3.1.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
Materiali							
Rck	=	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	17.9	17.9	17.9	17.9	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.19	2.19	2.19	2.19	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	18	22	20	18	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1750	1750	1750	1750	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1272	1901	1571	1272	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	18	18	20	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	1272	1272	1571	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	270.0	150.0	250.0	320.0	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
A_{cls}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	3173.0	3173.0	2843.1	2843.1	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.85E+06	1.85E+06	1.84E+06	1.84E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	895.7	904.3	902.1	897.9	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	5.20E+11	5.20E+11	5.17E+11	5.17E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	530.7	530.7	529.6	529.6	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	584.2	589.9	589.7	587.0	mm	quota punto di nocciolo superiore
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 85 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

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

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	220.57	274.83	250.94	223.76	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.90E+10	6.99E+10	5.90E+10	4.89E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	-	-		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-1.21	-0.59	-1.06	-1.46	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	126.3	47.5	95.3	149.8	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1226.6	1238.5	1226.9	1221.3	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	4.54	8.26	4.91	3.82		check1

8.3.2 Muro Frontale

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.3.2.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
Materiali							
R_{ck}	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2000	2000	2000	2000	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	16	16	22	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1950	1950	1950	1950	mm	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 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III				
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX				
	Pagina 86 di 94				
	Nome file: V108-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc				

A_{s1}	=	1005	1005	1005	1901	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	16	16	22	16	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1005	1005	1901	1005	mm ²	area armatura superiore

Sollecitazioni

M	=	240.0	610.0	260.0	470.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	300.0	300.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	867	1567	mm	eccentricità

Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

A_{cls}	=	2000000	2000000	2000000	2000000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2010.6	2010.6	2906.0	2906.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	2.03E+06	2.03E+06	2.04E+06	2.04E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	1000.0	1000.0	993.8	1006.2	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	6.94E+11	6.94E+11	7.06E+11	7.06E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	584.6	584.6	587.7	587.7	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	658.2	658.2	650.5	658.6	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

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

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	217.28	217.28	758.26	516.43	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	4.91E+10	4.91E+10	1.81E+11	1.08E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	289697881.85	99513704.96	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-1.06	-2.70	-1.09	-2.25	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	127.0	322.8	25.7	93.8	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	1639.3	1639.3	1760.4	1782.5	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	6.83	2.69	6.77	3.79		check1

8.3.2.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

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

Materiali

Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ _t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	2000	2000	2000	2000	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
Ø ₁	=	16	16	16	22	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	1950	1950	1950	1950	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1005	1005	1901	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
Ø ₂	=	16	16	22	16	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1005	1005	1901	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	190.0	500.0	250.0	450.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	350.0	350.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	714	1286	mm	eccentricità
A _{cls}	=	2000000	2000000	2000000	2000000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2010.6	2010.6	2906.0	2906.0	mm ²	area armatura
A _{id}	=	2.03E+06	2.03E+06	2.04E+06	2.04E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	1000.0	1000.0	993.8	1006.2	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	6.94E+11	6.94E+11	7.06E+11	7.06E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	584.6	584.6	587.7	587.7	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	658.2	658.2	650.5	658.6	mm	quota punto di nocciolo superiore
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y _n	=	217.28	217.28	1026.49	589.99	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	=	4.91E+10	4.91E+10	4.01E+11	1.26E+11	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Busita III
	Relazione di Calcolo Spalle carreggiata SX
	Pagina 88 di 94
	Nome file: VI08-B-CL007_B.00_relazione calcolo spalle_SX.doc

S_n	=	0.00	0.00	540753180.99	143410879.36	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-0.84	-2.21	-0.64	-2.11	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	100.5	264.6	8.6	73.1	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							
M_{fess}	=	1639.3	1639.3	1777.6	1799.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	8.63	3.28	7.11	4.00		check1

8.3.3 Muro Paragliaia

Condizioni ambientali: **Aggressive**

Armature: **Poco sensibili**

8.3.3.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb.	comb.	comb.	comb.		
		FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE	FREQUENTE		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	20	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1571	1005	1005	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	20	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1571	1005	1005	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							

M	=	80.0	500.0	150.0	160.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	0.0	0.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	Inf	Inf	mm	eccentricità

Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione

A _{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2576.1	2576.1	2010.6	2010.6	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.23E+06	1.23E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	596.2	603.8	600.0	600.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	1.56E+11	1.56E+11	1.53E+11	1.53E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id}	=	354.5	354.5	352.8	352.8	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	388.1	393.0	392.5	392.5	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ _{id,t}	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

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

Caratteristiche sezione parzializzata

Y _n	=	157.66	200.51	162.46	162.46	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	=	1.64E+10	2.43E+10	1.63E+10	1.63E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	=	-	-	-	-		

Tensioni nei materiali

σ _c	=	-0.77	-4.13	-1.49	-1.59	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ _s	=	72.5	293.4	136.1	145.2	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M _{fess}	=	609.1	616.8	602.9	602.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M _{fess} / M	=	7.61	1.23	4.02	3.77		check1

8.3.3.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
Materiali							
R _{ck}	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f _{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f _{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f _{cfm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MPa	resistenza media a trazione per flessione

σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n ₁	=	5	5	5	5		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	20	16	16	mm	diametro tondini inferiori
d ₁	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A _{s1}	=	1005	1571	1005	1005	mm ²	area armatura inferiore
n ₂	=	5	5	5	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	20	16	16	16	mm	diametro tondini superiori
d ₂	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A _{s2}	=	1571	1005	1005	1005	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	50.0	450.0	50.0	120.0	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
A _{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ²	area calcestruzzo
A _s	=	2576.1	2576.1	2010.6	2010.6	mm ²	area armatura
A _{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.23E+06	1.23E+06	mm ²	area sezione ideale
d _G	=	596.2	603.8	600.0	600.0	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id}	=	1.56E+11	1.56E+11	1.53E+11	1.53E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	354.5	354.5	352.8	352.8	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,s}	=	388.1	393.0	392.5	392.5	mm	quota punto di nocciolo superiore
A _{cls,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A _s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
A _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
d _{G,t}	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J _{id,t}	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
Y _{nocc,i}	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore
Comportamento sezione							
		parzializzata	parzializzata	parzializzata	parzializzata		
Caratteristiche sezione parzializzata							
Y _n	=	157.66	200.51	162.46	162.46	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J _n	=	1.64E+10	2.43E+10	1.63E+10	1.63E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _n	=	0.00	0.00	0.00	0.00	mm ³	momento statico sezione parzializzata
f(Y _n)=0	=	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali							
σ_c	=	-0.48	-3.72	-0.50	-1.19	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	45.3	264.1	45.4	108.9	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata
Verifica a fessurazione							

M_{fess}	=	609.1	616.8	602.9	602.9	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	12.18	1.37	12.06	5.02		check1

8.3.4 Muri Laterali

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

8.3.4.1 Verifica allo stato limite di fessurazione combinazioni Frequenti

		comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE	comb. FREQUENTE		
Materiali							
Rck	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	1.98	1.98	1.98	1.98	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.38	2.38	2.38	2.38	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	10		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	22	18	18	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1901	1272	2545	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	10	5		n. tondini superiori
\varnothing_2	=	22	16	18	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	1005	2545	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	50.0	460.0	70.0	650.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	200.0	200.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	350	3250	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione							
A_{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2906.0	2906.0	3817.0	3817.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.26E+06	1.26E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	594.1	605.9	591.7	608.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.57E+11	1.57E+11	1.61E+11	1.61E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	355.5	355.5	358.1	358.1	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	385.5	393.2	380.8	391.6	mm	quota punto di nocciolo superiore

Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione

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

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	154.99	219.05	845.02	286.88	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.65E+10	2.86E+10	2.27E+11	3.74E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	381551883.94	12726788.37	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-0.47	-3.52	-0.26	-4.99	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	45.3	224.3	1.4	225.1	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	612.7	624.9	668.3	687.2	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	12.25	1.36	9.55	1.06		check1

8.3.4.2 Verifiche allo stato limite di fessurazione combinazione Quasi Permanente

		comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.	comb. QUASI PERM.		
Materiali							
R_{ck}	=	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm}	=	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	19.8	19.8	19.8	19.8	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale)
f_{cfm}	=	2.43	2.43	2.43	2.43	MPa	resistenza media a trazione per flessione
σ_t	=	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite apertura fessure
n	=	15	15	15	15		coefficiente di omogeneizzazione armature
n'	=	0.00	0.00	0.00	0.00		coefficiente di omogeneizzazione cls teso
Geometria							
B	=	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	=	1200	1200	1200	1200	mm	altezza sezione
Armatura							
n_1	=	5	5	5	10		n. tondini inferiori
\varnothing_1	=	16	22	18	18	mm	diametro tondini inferiori
d_1	=	1150	1150	1150	1150	mm	distanza da lembo compresso
A_{s1}	=	1005	1901	1272	2545	mm ²	area armatura inferiore
n_2	=	5	5	10	5		n. tondini superiori

\varnothing_2	=	22	16	18	18	mm	diametro tondini superiori
d_2	=	50	50	50	50	mm	distanza da lembo compresso (copriferro)
A_{s2}	=	1901	1005	2545	1272	mm ²	area armatura superiore
Sollecitazioni							
M	=	50.0	350.0	150.0	550.0	kNm	Momento di calcolo (fibre tese verso il basso)
N	=	0.0	0.0	250.0	250.0	KN	Sforzo Normale di calcolo (>0 compressione)
e	=	Inf	Inf	600	2200	mm	eccentricità
A_{cls}	=	1200000	1200000	1200000	1200000	mm ²	area calcestruzzo
A_s	=	2906.0	2906.0	3817.0	3817.0	mm ²	area armatura
A_{id}	=	1.24E+06	1.24E+06	1.26E+06	1.26E+06	mm ²	area sezione ideale
d_G	=	594.1	605.9	591.7	608.3	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
J_{id}	=	1.57E+11	1.57E+11	1.61E+11	1.61E+11	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
ρ_{id}	=	355.5	355.5	358.1	358.1	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,s}$	=	385.5	393.2	380.8	391.6	mm	quota punto di nocciolo superiore
$A_{cls,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area calcestruzzo teso omogeneizzato
A_s	=	-	-	-	-	mm ²	area armatura
$A_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ²	area sezione ideale
$d_{G,t}$	=	-	-	-	-	mm	distanza baricentro sezione ideale da lembo superiore
$J_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm ⁴	momento d'inerzia baricentrico sezione ideale
$\rho_{id,t}$	=	-	-	-	-	mm	raggio d'inerzia sezione
$Y_{nocc,i}$	=	-	-	-	-	mm	quota punto di nocciolo inferiore

Comportamento sezione

parzializzata parzializzata parzializzata parzializzata

Caratteristiche sezione parzializzata

Y_n	=	154.99	219.05	445.27	307.26	mm	distanza asse neutro da lembo compresso
J_n	=	1.65E+10	2.86E+10	4.49E+10	3.80E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S_n	=	0.00	0.00	100767919.45	19945570.08	mm ³	momento statico sezione parzializzata
$f(Y_n)=0$	=	-	-	0	0		

Tensioni nei materiali

σ_c	=	-0.47	-2.68	-1.49	-4.44	MPa	tensione nel lembo più compresso del cls calcolata nella sezione fessurata
σ_s	=	45.3	170.6	35.3	182.8	MPa	tensione dell'armatura tesa calcolata nella sezione fessurata

Verifica a fessurazione

M_{fess}	=	612.7	624.9	678.8	698.0	kNm	momento limite di apertura fessure
M_{fess} / M	=	12.25	1.79	4.53	1.27		check1