

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 MINORI CAVALCAVIA

Cavalcavia alla progressiva 19+380

Relazione di Calcolo Sottostrutture

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 3 3 C V 2 0 8 C V 0 8 B C L 0 2 1 A -

Scala:

F																		
E																		
D																		
C																		
B																		
A	Aprile 2011	EMISSIONE					T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI								
REV.	DATA	DESCRIZIONE					REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO								
Responsabile del procedimento:		Ing. MAURIZIO ARAMINI																

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 1 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

INDICE

RELAZIONE SOTTOSTRUTTURE	2
1 Pile	2
1.1 Generalità	2
1.2 Criteri di calcolo.....	4
1.3 Analisi dei carichi	4
1.4 Combinazione dei carichi.....	13
1.5 Calcolo delle sollecitazioni	17
1.6 Verifiche di resistenza allo SLU della pila	22
1.7 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione	24
2 Spalle.....	26
2.1 Spalla SA (Prog. 0+130.8759 Km)	26
1.1.1. Calcolo sollecitazioni	28
2.1.1 Verifica parete frontale	39
2.1.2 Verifica paraghiaia	41
2.1.3 Verifica muri andatori.....	47
2.1.4 Verifica zattera di fondazione	56
2.2 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione	59
2.3 Spalla SB (Prog. 0+86.85 Km)	62
1.1.2. Calcolo sollecitazioni	64
2.3.1 Verifica parete frontale	75
2.3.2 Verifica paraghiaia	76
2.3.3 Verifica muri andatori.....	82
2.3.4 Verifica zattera di fondazione	91
2.4 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione	94
3 Verifiche geotecniche dei pali.....	97
3.1 Criteri di verifica	97
3.2 Verifica a carico limite dei pali delle Spalle	99
3.3 Verifica a carico limite dei pali della Pila.....	102

RELAZIONE SOTTOSTRUTTURE

1 Pile

1.1 Generalità

La pila del cavalcavia denominato “CV 08”, di altezza pari a 7,20 m, è caratterizzata da un fusto a sezione pseudo-rettangolare allungata con dimensioni variabili da 6,40 × 1,00 m alla base a 8,00 × 1,00 m in sommità. La pila è fondata su 6 pali Ø 120 cm collegati da una zattera rettangolare con dimensioni in pianta 9,20 × 5,60 m e spessore 1,5 m.

In Figura 1.1e Figura 1.2 sono mostrati rispettivamente il prospetto frontale e la vista in pianta della pila del cavalcavia.

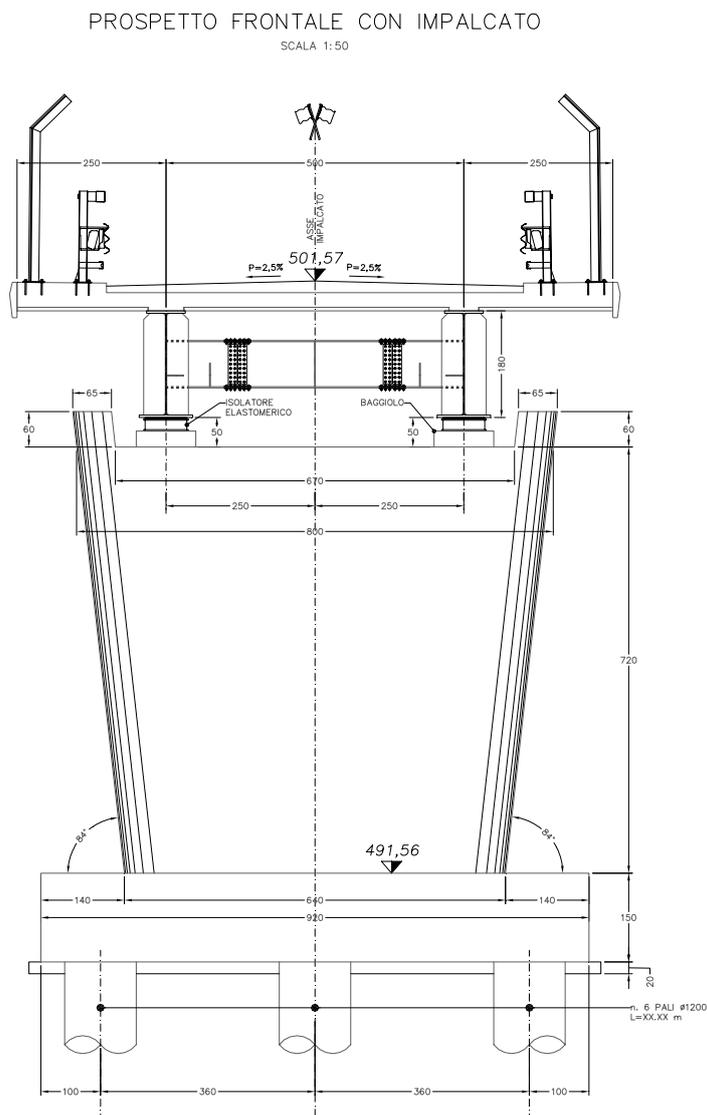


Figura 1.1 – Prospetto frontale delle pile

PIANTA SPICCATO FONDAZIONI

SCALA 1:50

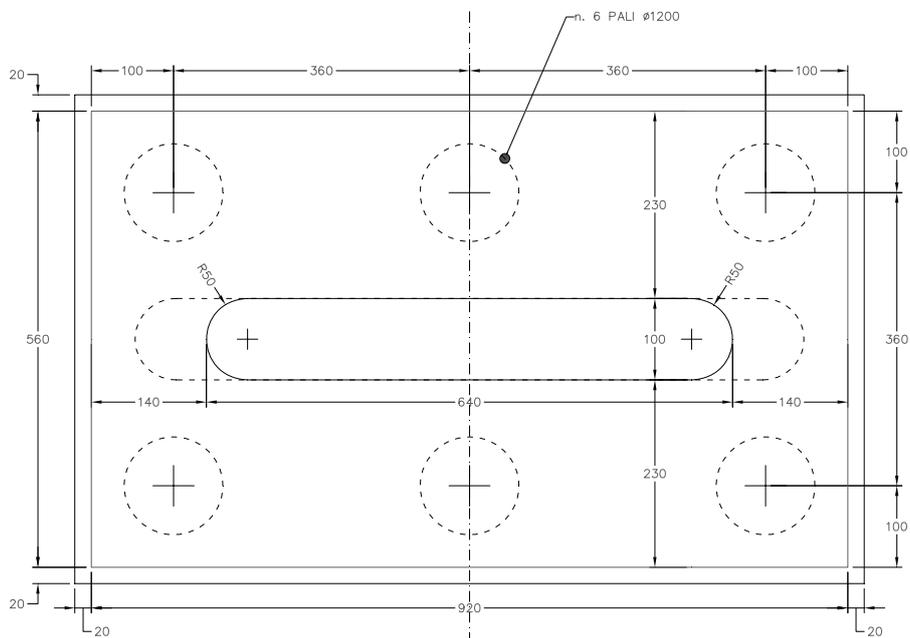


Figura 1.2 – Pianta della zattera e sezione del fusto della pila

Di seguito si riporta lo schema planimetrico dei dispositivi di appoggio.

SCHEMA APPOGGI E GIUNTI

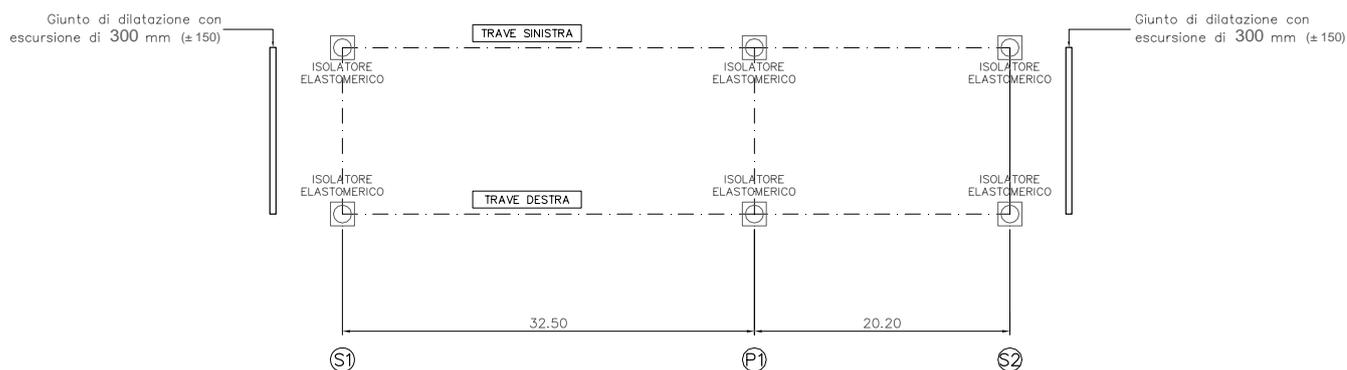


Figura 1.3 – Schema appoggi e giunti

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 4 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

1.2 Criteri di calcolo

La struttura del ponte è concepita e dimensionata in modo che sotto l'azione sismica di progetto per lo stato limite ultimo essa non subisca danni tali da comprometterne la funzionalità. Tale risultato è stato raggiunto grazie ad un sistema di isolamento sismico che permette di disaccoppiare il moto della sovrastruttura (impalcato) da quello delle sottostrutture (pile). Infatti durante l'azione sismica gli spostamenti sono concentrati sull'interfaccia di isolamento mentre l'impalcato, le pile, le spalle, le fondazioni ed il terreno restano in campo elastico. Per garantirne il comportamento elastico, questi elementi vengono progettati per resistere alle azioni derivanti dall'applicazione alla struttura dello *spettro elastico* sia orizzontale che verticale. La struttura è pertanto progettata senza applicare le regole della gerarchia delle resistenze ed i dettagli costruttivi per la duttilità, applicando le regole valide per la progettazione "non sismica".

I dispositivi utilizzati appartengono alla categoria di isolatori elastomerici ad alto smorzamento, costituiti da strati alterni d'acciaio ed elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Tali dispositivi permettono elevati spostamenti alla sovrastruttura ma allo stesso tempo hanno una elevata rigidità verticale per sostenere i carichi senza apprezzabili cedimenti. Inoltre gli spostamenti in fase sismica risultano limitati grazie all'elevato smorzamento della miscela dell'elastomero.

Il viadotto risulta totalmente isolato in entrambe le direzioni e quindi necessita di giunti bidirezionali in corrispondenza delle spalle. Tuttavia è stato verificato che, per tutti i casi di analisi, gli spostamenti assoluti tra le parti siano tali da escludere martellamenti mentre gli spostamenti relativi non superano i valori limiti del dispositivo.

1.3 Analisi dei carichi

Le azioni di progetto considerate per il calcolo delle sollecitazioni sulle pile sono le seguenti:

a) *Pesi propri (g_1):*

- peso del fusto e del pulvino;
- peso della zattera di fondazione.

b) *Carichi permanenti (g_2):*

- peso della soletta;
- peso della carpenteria metallica;
- carichi permanenti trasferiti dall'impalcato.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 5 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

c) Ritiro del calcestruzzo (ϵ_2)

Il ritiro del calcestruzzo impedito dal sistema di connessione provoca, per effetto dell'iperstaticità dello schema statico del viadotto, sollecitazioni verticali sulla sottostruttura.

d) Distorsione termica (ϵ_3)

Variazione termica differenziale positiva e negativa ($\pm 10^\circ\text{C}$) in corrispondenza dell'impalcato fra la soletta e la carpenteria metallica. Nel viadotto a trave continua, per effetto dell'iperstaticità dello schema statico, nascono sollecitazioni agenti sulle sottostrutture.

e) Azioni variabili da traffico (q_1+q_2)

- Sistema Tandem (TS): mezzo convenzionale da 600 kN a due assi;
- Sistema UDL: carico ripartito su corsie convenzionali e zone rimanenti.

f) Azione longitudinale di frenamento o accelerazione (q_3)

La forza di frenamento o di accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0,10 \times q_{1k} \times w_1 \times L \leq 900 \text{ kN}$$

Essendo w_1 la larghezza della corsia ed L la lunghezza della zona caricata.

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata.

Viadotto Etroubles			
Lunghezza di riferimento	L	54,10	m
Azione di frenamento totale	q_3	506,07	kN
Numero pile del cavalcavia	n_pile	3	---

Azione risultante sulla singola pila..... $R_{\text{frenamento}} = 168,69 \text{ kN}$

g) Azione del vento (q_5)

L'azione del vento è convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte. Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3,0 m a partire dal piano stradale.

L'azione del vento è definita con riferimento alle indicazioni contenute nel D.Min. 14/01/2008 e nella EN 1991-1-4:2005.

Nel seguito è riportato il calcolo dell'azione del vento.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380		
	Relazione di Calcolo Sottostrutture		
	Pagina 6 di 103		
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc		

Le opere ricadono nella *zona 4- Sicilia* (Tab.3.3.I D.Min. 14/01/2008).

(Velocità di riferimento del vento)	Vb,o	28	m/s
	ao	500	m
	ka	0,02	1/s
Altitudine del sito dove sorge la costruzione	as	495	m
Velocità di riferimento del vento	Vref	28	m/s
Pressione cinetica di riferimento	qref	490	N/mq
Categoria di esposizione		III	
	zo	0,1	m
	zmin	5	m
	kr	0,2	
Altezza di calcolo dell'azione del vento	z	8,50	m
Coefficiente di topografia	Ct	1,00	
Coefficiente di esposizione	Ce(z)	2,033	
Coefficiente dinamico	Cd	1,00	
Coefficiente di forma a ponte carico	Cf	1,93	
Coefficiente di forma a ponte scarico	Cf	1,64	

Coefficiente di forma per l'impalcato per vento orizzontale			
h trave	1,80	[m]	
h soletta	0,31	[m]	
h pavim	0,15	[m]	
h barriera	1,2	[m]	
b	10	[m]	
dtot_pc	5,264	[m]	
dtot_ps	3,464	[m]	
b/dtot_pc	1,90	1,93	= Cfx - ponte carico
b/dtot_ps	2,89	1,64	= Cfx - ponte scarico

Pressione del vento ORIZZONTALE ponte CARICO	px_pc	1,93	kN/mq
Pressione del vento ORIZZONTALE ponte SCARICO	px_ps	1,63	kN/mq

Coefficiente di forma direzione verticale	Cfz	0,90	
Pressione del vento VERTICALE	pz	0,90	kN/mq

In Figura 1.4 sono presentati gli schemi impiegati per la definizione delle azioni del vento agenti sulla sommità della pila, nelle seguenti condizioni:

- *vento a ponte carico*
- *vento a ponte scarico*

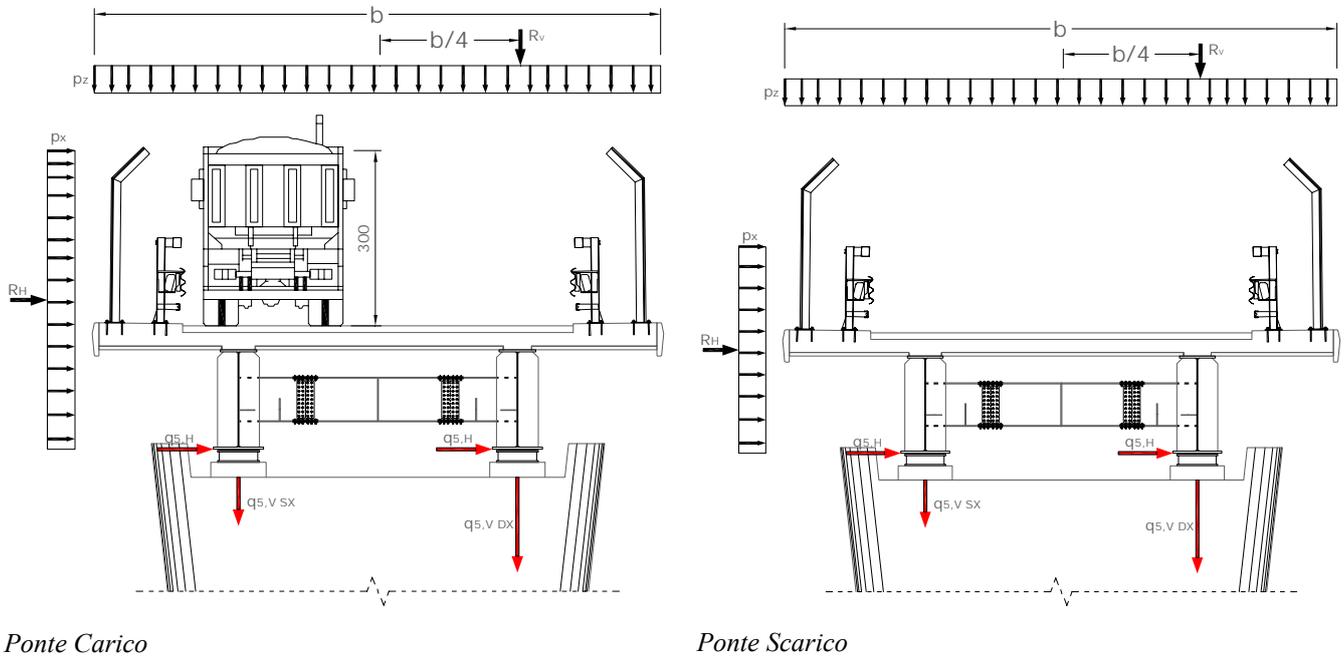


Figura 1.4 – Schematizzazioni dell’azione del vento sulla pila

Le azioni esercitate del vento sulla pila sono dunque definite attraverso le seguenti relazioni:

$$R_{V,vento} = p_z \times b \times L \dots\dots\dots \text{azione verticale}$$

$$R_{H,vento} = p_x \times d_{tot} \times L \dots\dots\dots \text{azione orizzontale trasversale}$$

dove:

- p_z, p_x = pressioni del vento rispettivamente in direzione verticale e orizzontale trasversale;
- d_{tot} = altezza di riferimento, dipendente dalla condizione di carico (vedere Figura 1.4);
- L = lunghezza di riferimento spettante alla pila

h) Azione del sisma (q_6)

La vita nominale dell’opera V_N è scelta pari a **50 anni**, come definito nelle NTC 14/01/2008 per la categoria di costruzioni **2** (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, etc.).

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l’edificio è inseribile nella classe d’uso **IV** relativa a *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A e B, di cui al D.M. 5/11/2001 n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la*

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 8 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

costruzione di strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

A tale classe è associato un valore del coefficiente d’uso C_U pari a 2.

Le azioni sismiche sono valutate quindi in relazione ad un periodo di riferimento:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2 = 100 \text{ anni.}$$

La pericolosità sismica nel DM 14 gennaio 2008 è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . Le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_O valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli allegati alla norma forniscono, in relazione ad un reticolo spaziale con maglia di 5 km e per valori di TR compresi tra 30 e 2475 anni, i valori di a_g , F_O e T_C^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

La categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione considerata è la *B* ovvero “*Rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).*”

La categoria topografica è la *T2* ovvero “*Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$* ”. Il coefficiente S_T assume quindi il valore 1,20.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle seguenti espressioni:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 9 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_O} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \\
T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_O \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
\end{aligned}$$

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali è invece definito dalle relazioni:

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_V} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \\
T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
\end{aligned}$$

con:

- S coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche
- $S = S_S \times S_T$, con S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;
- F_O , F_V fattori che quantificano l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- T_C periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \times T_C^*$, con T_C^* è definito in base al sito di riferimento e C_C funzione della categoria di sottosuolo;
- T_B periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,
- $T_B = T_C / 3$;
- T_D periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione $T_D = 4,0 (a_g/g) + 1,6$;
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = [10/(5 + \xi)]^{0,5} \geq 0,55$;

Sotto l'effetto delle azioni sismiche, il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio si considera conseguito:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 10 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

- se per le sottostrutture e le fondazioni nei confronti dello SLD sono soddisfatte tutte le verifiche nei confronti dello SLV in quanto il requisito del sostanziale mantenimento in campo elastico della struttura nelle verifiche nei confronti dello SLU fornisce ampie garanzie rispetto alla sicurezza nei confronti dello SLD;
- nei confronti dello SLV se per la sottostruttura e la sovrastruttura risultano soddisfatte le verifiche di resistenza con i γ_M utilizzati per le costruzioni non isolate;
- gli spostamenti degli isolatori in fase sismica valutati allo SLC non superano i valori limite forniti dal fabbricatore del dispositivo stesso.

La definizione della pericolosità sismica è fatta mediante un approccio “*sito dipendente*”.

Per la struttura in esame i valori dei parametri indipendenti e dipendenti che definiscono gli spettri elastici e di progetto si riferiscono alle seguenti coordinate:

Latitudine **37,52324**

Longitudine **14,05847**

PARAMETRI INDIPENDENTI		
Stato Limite	SLV ($P_{VR}=9,83\%$ - $T_R=1449$ anni)	SLC ($P_{VR}=4,96\%$ - $T_R=2949$ anni)
a_g / g	0,092	0,112
F_0	2,647	2,728
T_C^* [sec]	0,470	0,521
S_s	1,200	1,200
C_c	1,279	1,253
S_T	1,000	1,200
PARAMETRI DIPENDENTI		
S	1,200	1,200
η	1,000	1,000
T_B [sec]	0,200	0,218
T_C [sec]	0,601	0,653
T_D [sec]	1,969	2,050

Tabella 1.1– Parametri per lo spettro di risposta elastico *orizzontale*

PARAMETRI INDIPENDENTI		
Stato Limite	SLV ($P_{VR}=9,83\%$ - $T_R=1449$ anni)	SLC ($P_{VR}=4,96\%$ - $T_R=2949$ anni)
a_{gv} / g	0,0038	0,051
T_B [sec]	0,050	0,050
T_C [sec]	0,150	0,150
T_D [sec]	1,000	1,000
S_s	1,000	1,000
S_T	1,200	1,000
PARAMETRI DIPENDENTI		
S	1,000	1,000

η	1,000	1,000
F_v	1,086	1,235

Tabella 1.2– Parametri per lo spettro di risposta elastico *verticale*

Lo **spettro di progetto per lo stato limite ultimo (SLV)** utilizzato ai fini progettuali deve tener conto delle capacità dissipative della struttura ma soprattutto del sistema di isolamento e dell'incremento del periodo proprio a seguito della minore rigidezza complessiva dovuta agli isolatori.

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ utilizzato è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte a partire da un periodo pari a $0,8 T_{is}$ dal coefficiente η relativo ad un fattore di smorzamento $\xi=10\%$ e quindi pari a 0,816.

Lo **spettro di progetto $S_d(T)$ per gli stati limite di esercizio (SLC)** utilizzato è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata.

Sono mostrati, in Figura 1.5 e Figura 1.6, gli spettri di progetto delle componenti orizzontali e verticali impiegati nelle verifiche agli SLV e SLC, ricavati utilizzando le espressioni precedentemente riportate.

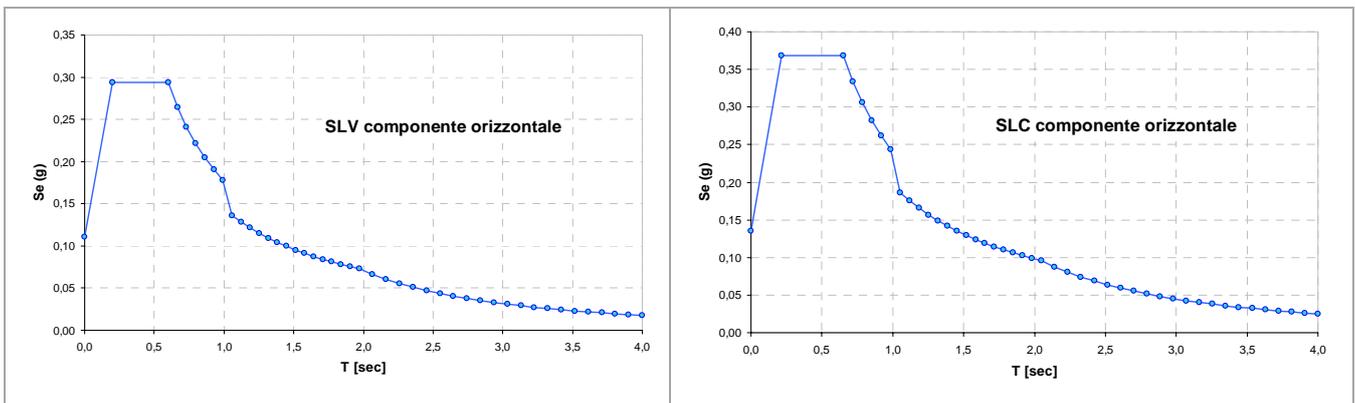


Figura 1.5 – Spettri di progetto delle componenti orizzontali - stato limite ultimo (SLV) e stato limite di esercizio (SLC)

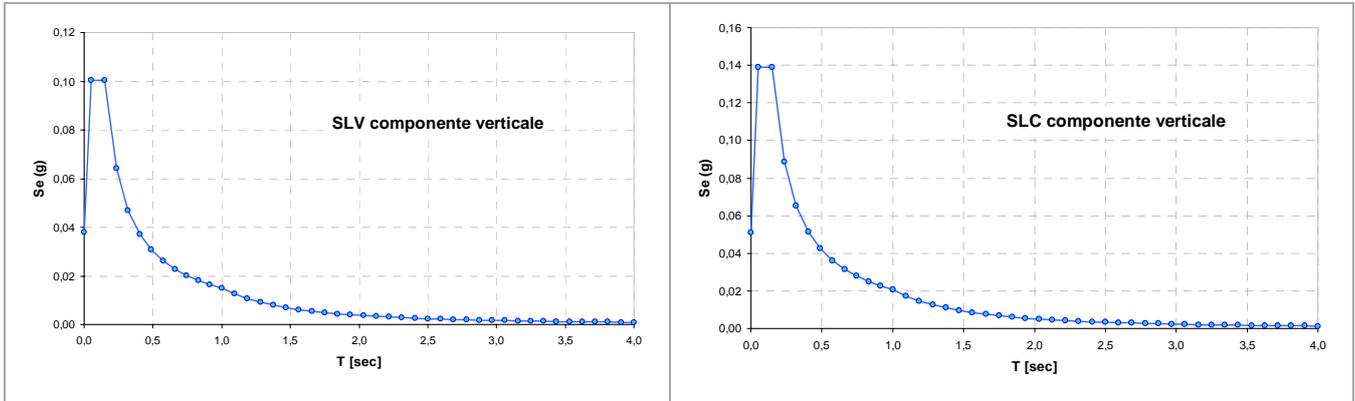


Figura 1.6 – Spettri di progetto delle componenti verticali - stato limite ultimo (SLV) e stato limite di esercizio (SLC)

Gli effetti dell’azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj} .$$

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I del D. Min. 14/01/2008.

Componenti dell’azione sismica e loro combinazione

L’azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali ed una verticale, considerate tra loro indipendenti. Poiché l’analisi della risposta viene eseguita in campo lineare, la risposta è calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti e gli effetti combinati successivamente applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 E_x \text{ “+” } 0.30 E_y \text{ “+” } 0.30 E_z$$

con rotazione degli indici, essendo E_i l’azione diretta secondo la direzione i .

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 13 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

1.4 Combinazione dei carichi

Le combinazioni dei carichi per le verifiche agli stati limite ultimi di resistenza non sismici sono effettuate in base alle disposizioni dei punti 5.1.3.12, 2.5.3 e 3.2.4 del D. Min. 14/01/2008. La combinazione fondamentale è la seguente:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- “+” implica “da combinarsi con”
- \sum implica “l’effetto combinato di”
- G_1 è il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute ai pesi propri
- G_2 è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione
- Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili
- γ_G , γ_P e γ_Q sono i coefficienti parziali delle azioni per gli SLU
- ψ_0 , ψ_2 sono i coefficienti di combinazione delle generiche azioni variabili

Per la combinazione dell’azione sismica con le altre azioni si fa riferimento al paragrafo 3.2.4 del D. Min. 14/01/2008, in cui è indicata la seguente espressione, da adottare ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi (SLV) e di esercizio (SLD):

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

dove

- E azione sismica per lo stato limite in esame.

La combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d , è definita come segue:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

dove

- A_d azione eccezionale di progetto.

I valori dei coefficienti γ_G , γ_Q , ψ_0 , ψ_2 sono riportati in Tab. 5.1.V e Tab. 5.1.VI del D. Min. 14/01/2008.

CARICO	COMBINAZIONI GRUPPO 3							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PESO DELL'IMPALCATO	1	1	1	1	1	1	1	1
PESO DELLA PILA E ZATTERA	1	1	1	1	1	1	1	1
CARICHI MOBILI	0	0	0	0	0	0	0	0
CARICHI MOBILI PER FRENAMENTO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DEL VENTO A PONTE SCARICO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DEL VENTO A PONTE CARICO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DELL'ATTRITO A PONTE SCARICO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
AZIONE DELL'ATTRITO A PONTE CARICO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DI FRENAMENTO	0	0	0	0	0	0	0	0
RITIRO DEL CLS SOLETTA	1	1	1	1	0	0	0	0
CEDIMENTO VINCOLARE	1	1	1	1	0	0	0	0
VAR TERMICA POSITIVA	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5
VAR TERMICA NEGATIVA	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
URTO DIREZIONE LONG	1	0	1	0	1	0	1	0
URTO DIREZIONE TRASV	0	1	0	1	0	1	0	1
UDL IN FASE SISMICA [NMAX]	0	0	0	0	0	0	0	0
UDL IN FASE SISMICA [MMAX]	0	0	0	0	0	0	0	0
SISMA LONGITUDINALE	0	0	0	0	0	0	0	0
SISMA TRASVERSALE	0	0	0	0	0	0	0	0

CARICO	COMBINAZIONI GRUPPO 4							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PESO DELL'IMPALCATO	1	1	1	1	1	1	1	1
PESO DELLA PILA E ZATTERA	1	1	1	1	1	1	1	1
CARICHI MOBILI	0	0	0	0	0	0	0	0
CARICHI MOBILI PER FRENAMENTO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DEL VENTO A PONTE SCARICO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DEL VENTO A PONTE CARICO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DELL'ATTRITO A PONTE SCARICO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
AZIONE DELL'ATTRITO A PONTE CARICO	0	0	0	0	0	0	0	0
AZIONE DI FRENAMENTO	0	0	0	0	0	0	0	0
RITIRO DEL CLS SOLETTA	1	1	1	1	0	0	0	0
CEDIMENTO VINCOLARE	1	1	1	1	0	0	0	0
VAR TERMICA POSITIVA	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5
VAR TERMICA NEGATIVA	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
URTO DIREZIONE LONG	0	0	0	0	0	0	0	0
URTO DIREZIONE TRASV	0	0	0	0	0	0	0	0
UDL IN FASE SISMICA [NMAX]	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0
UDL IN FASE SISMICA [MMAX]	0	0	0,2	0,2	0	0	0,2	0,2
SISMA LONGITUDINALE	1	0	1	0	1	0	1	0
SISMA TRASVERSALE	0	1	0	1	0	1	0	1

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 16 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 17 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

1.5 Calcolo delle sollecitazioni

Le sollecitazioni di progetto per il fusto della pila e le fondazioni sono determinate a partire dalle azioni nominali derivanti dal progetto dell'impalcato (reazioni verticali agli appoggi), dal modello agli elementi finiti dell'intero viadotto (azioni sismiche) e dai calcoli precedentemente riportati per quanto riguarda frenatura, vento e variazioni termiche.

Le azioni nominali sono state poi opportunamente combinate secondo quanto riportato in 1.4.

Sollecitazioni sismiche

Le sollecitazioni sismiche sono calcolate attraverso un'analisi dinamica modale con spettro di risposta eseguita sul modello tridimensionale del viadotto (Figura 1.7). L'impalcato e le sottostrutture sono schematizzate come elementi monodimensionali di tipo *beam* a comportamento elastico lineare.

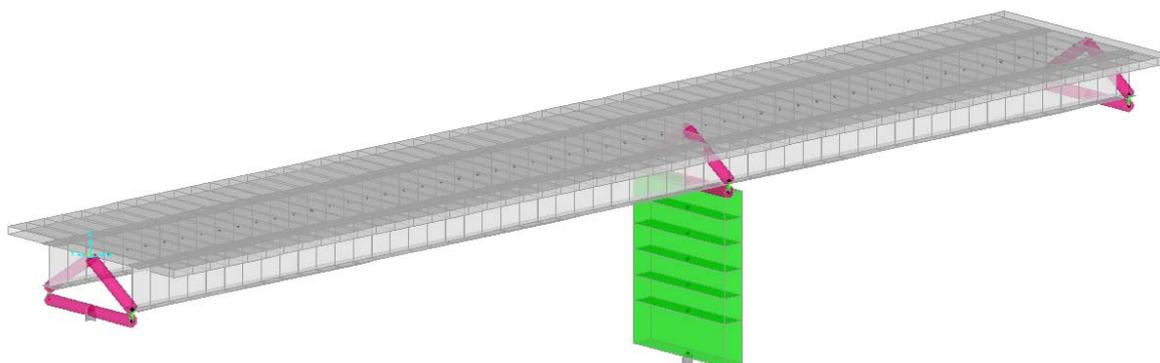
I vincoli esterni sono costituiti da incastri perfetti alla base delle aste che rappresentano le pile. Il collegamento fra l'impalcato e le pile così come pure sulle spalle, costituito da isolatori elastomerici, è schematizzato mediante elementi del tipo "link" a comportamento lineare.

Il collegamento tra pile ed impalcato è definito mediante aste rigide che obbligano i punti collegati a mantenere immutate le distanze relative.

Per ogni direzione dell'azione sismica si è tenuto conto di un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. La combinazione modale utilizzata al fine di calcolare spostamenti e sollecitazioni complessivi è la combinazione quadratica completa (CQC).

Le masse strutturali sono state concentrate in corrispondenza dei nodi con una distribuzione lineare che tenesse conto di una eccentricità accidentale rispetto al centro dell'impalcato del 3% della lunghezza dell'impalcato stesso.

In Figura 1.7 è riportata una vista del modello di calcolo del viadotto



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 18 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Figura 1.7 – Modello agli elementi finiti del viadotto per l'analisi sismica

Per la valutazione della sicurezza nei confronti dello SLV del fusto delle pile, delle azioni in fondazione, le sollecitazioni derivano direttamente dall'analisi.

Si riportano di seguito le sollecitazioni nominali e di progetto per la pila.

Le convenzioni sono definite nel modo seguente:

- asse X = asse longitudinale del ponte;
- le azioni con pedice X sono dirette lungo X;
- i momenti con pedice Y ruotano intorno ad Y, cioè sono dirette lungo X;
- le azioni assiali positive sono dirette verso il basso (compressione per il fusto).

Pila

DATI GEOMETRICI			
Altezza totale della pila	H	7,20	[m]
Spazio per apparecchio d'appoggio + baggiolo	h_app	0,50	[m]
Altezza della trave	h_trave	1,80	[m]
Spessore soletta	h_soletta	0,31	[m]
Spessore pavimentazione	s_pavim	0,15	[m]
interasse fra le travi	i	5,00	[m]
Spessore della zattera di fondazione	H_zattera	1,50	[m]
Larghezza della zattera di fondazione	B_zattera	9,20	[m]
Lunghezza della zattera di fondazione	L_zattera	5,60	[m]
Peso della zattera di fondazione	p_zattera	1932	[kN]

AZIONI ALLA BASE DELLA PILA									
N°	TIPO CARICO	AZIONI CARATTERISTICHE (NOMINALI)							
		N [kN]	ey [m]	ex [m]	Ty LONG [kN]	Tx TRASV [kN]	Z [m]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]
1	PESO DELL'IMPALCATO	4674	0,00	0,00				0	0
2	PESO DELLA PILA	1268							
3	CARICHI MOBILI	2203	0,00	0,00				0	2578
4	CARICHI MOBILI PER FRENAMENTO	553	0,00	0,00				0	0
5	VENTO A PONTE SCARICO	310	0,00	0,00	60	104		216	1584
6	VENTO A PONTE CARICO	310	0,00	0,00	60	185		216	2604
7	ATTRITO A PONTE SCARICO				0		7,70	0	
8	ATTRITO A PONTE CARICO				0		7,70	0	
9	AZIONE ORIZZONTALE DI FRENAMENTO				169		9,96	1681	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 19 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

10	RITIRO DEL CLS SOLETTA	289	0,00	0,00	0	0	0	0
11	CEDIMENTO VINCOLARE	-832	0,00	0,00			0	0
12	VAR TERMICA POSITIVA	-182	0,00	0,00	0	0	0	0
13	VAR TERMICA NEGATIVA	182	0,00	0,00	0	0	0	0
14	URTO DIREZIONE LONG				0		0	
15	URTO DIREZIONE TRASV					0		0
16	UDL IN FASE SISMICA [NMAX]	0	0,00	0,00			0	0
17	UDL IN FASE SISMICA [MMAX]	0	0,00	0,00			0	0
18	SISMA LONGITUDINALE	74	0,00	0,00	298	88	2199	797
19	SISMA TRASVERSALE	67	0,00	0,00	90	293	662	2658

SOLLECITAZIONI BASE PILA - GRUPPO 1		SLU A1 STR			
COMBO	AZIONI DI PROGETTO				
	N [kN]	Ty LONG [kN]	Tx TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]
1	10754	54	166	194	5823
2	11144	54	166	194	5823
3	8527	282	166	2463	2344
4	8917	282	166	2463	2344
5	10197	90	278	324	6516
6	10586	90	278	324	6516
7	7966	90	156	324	2376
8	8356	90	156	324	2376

SOLLECITAZIONI BASE PILA - GRUPPO 2		SLU A2 GEO			
COMBO	AZIONI DI PROGETTO				
	N [kN]	Ty LONG [kN]	Tx TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]
1	8284	47	144	168	4995
2	8608	47	144	168	4995
3	6386	241	144	2101	2031
4	6711	241	144	2101	2031
5	7811	78	240	281	5608
6	8136	78	240	281	5608
7	5911	78	135	281	2059
8	6236	78	135	281	2059

SOLLECITAZIONI BASE PILA - GRUPPO 3		SISMICHE			
COMBO	AZIONI DI PROGETTO				

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 20 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

	N [kN]	Ty LONG [kN]	Tx TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]
1	5564	298	88	2199	797
2	5557	90	293	662	2658
3	5564	298	88	2199	797
4	5557	90	293	662	2658
5	5925	298	88	2199	797
6	5918	90	293	662	2658
7	5925	298	88	2199	797
8	5918	90	293	662	2658

AZIONI ALLA BASE DELLA ZATTERA							
N°	TIPO CARICO	AZIONI CARATTERISTICHE (NOMINALI)					
		N [kN]	Ty LONG [kN]	Tx TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]	
1	PESO DELL'IMPALCATO	4674			0	0	
2	PESO DELLA PILA + ZATTERA	3200					
3	CARICHI MOBILI	2203			0	2578	
4	CARICHI MOBILI PER FRENAMENTO	553			0	0	
5	VENTO A PONTE SCARICO	310	60	104	306	1740	
6	VENTO A PONTE CARICO	310	60	185	306	2882	
7	ATTRITO A PONTE SCARICO		0		0		
8	ATTRITO A PONTE CARICO		0		0		
9	AZIONE ORIZZONTALE DI FRENAMENTO		169		1934		
10	RITIRO DEL CLS SOLETTA	289	0	0	0	0	
11	CEDIMENTO VINCOLARE	-832			0	0	
12	VAR TERMICA POSITIVA	-182	0	0	0	0	
13	VAR TERMICA NEGATIVA	182	0	0	0	0	
14	URTO DIREZIONE LONG		0		0		
15	URTO DIREZIONE TRASV			0		0	
16	UDL IN FASE SISMICA [NMAX]	0			0	0	
17	UDL IN FASE SISMICA [MMAX]	0			0	0	
18	SISMA LONGITUDINALE	74	298	88	2646	929	
19	SISMA TRASVERSALE	67	90	293	797	3098	

SOLLECITAZIONI BASE ZATTERA - GRUPPO 1						SLU A1 STR
COMBO	AZIONI DI PROGETTO					
	N [kN]	Ty LONG [kN]	Tx TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]	
1	13363	54	167	275	6073	
2	13752	54	167	275	6073	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 21 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

3	11135	282	167	2886	2593
4	11525	282	167	2886	2593
5	12805	90	278	459	6932
6	13195	90	278	459	6932
7	10574	90	156	459	2610
8	10964	90	156	459	2610

SOLLECITAZIONI BASE ZATTERA - GRUPPO					
2					
SLU A2 GEO					
COMBO	AZIONI DI PROGETTO				
	N [kN]	Ty LONG [kN]	TX TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]
1	10216	47	144	239	5212
2	10540	47	144	239	5212
3	8318	241	144	2463	2248
4	8643	241	144	2463	2248
5	9743	78	241	398	5969
6	10068	78	241	398	5969
7	7843	78	135	398	2262
8	8168	78	135	398	2262

SOLLECITAZIONI BASE ZATTERA - GRUPPO					
4					
SISMICHE					
COMBO	AZIONI DI PROGETTO				
	N [kN]	Ty LONG [kN]	TX TRASV [kN]	Mx LONG [kNm]	My TRASV [kNm]
1	20840	2433	772	54380	17565
2	20905	846	2575	19579	58556
3	20840	2433	772	54380	17565
4	20905	846	2575	19579	58556
5	20702	2330	772	51454	17565
6	20767	743	2575	16654	58556
7	20702	2330	772	51454	17565
8	20767	743	2575	16654	58556

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 22 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

1.6 Verifiche di resistenza allo SLU della pila

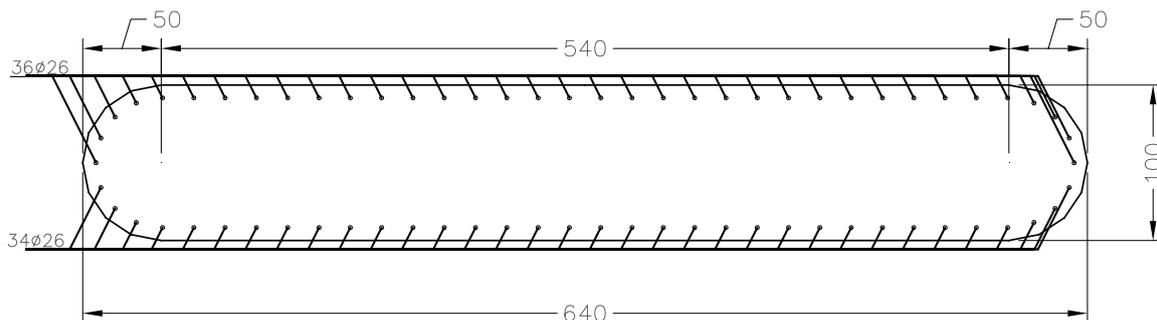
Le verifiche riportate sono riferite alla sezione di base della pila.

Pila

Si riporta la verifica della sezione di base nella situazione più gravosa, corrispondente alla combinazione n. 3 SLU-STR.

CARATTERISTICHE GEOMETRICO - INERZIALI - MECCANICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE DI BASE DELLA PILA					
Dimensione sez direz LONGITUDINALE	h	1,00 [m]	momento di inerzia direz LONGITUDINALE	I_long	0,4966 [m4]
Dimensione sez direz TRASVERSALE	b	6,40 [m]	momento di inerzia direz TRASVERSALE	I_trasv	19,6139 [m4]
Area della sezione	A	6,185 [m2]	modulo di resist direz LONGITUDINALE	W_long	0,9932 [m3]
tensione snervamento acciaio	f _y	450 Mpa	modulo di resist direz TRASVERSALE	W_trasv	6,1281 [m3]

VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSOFLESSIONE BASE CANNA			
Componente verticale sul fusto	N	-8527 [kN]	
Taglio LONG base pila	TEd-L	282 [kN]	
Taglio TRASV base pila	TEd-T	166 [kN]	
Momento LONG base pila	MEd-L	2463 [kNm]	
Momento TRASV base pila	MEd-T	2344 [kNm]	



METODO DI CALCOLO: Stati Limite; Normativa Tecnica: NTC2008;

MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; R_{ck}=30.00; E_c= 31447.16; N/mm²; Gamma_C: 1.50
f_{ck}=24.90; f_{cd}=14.11; f_{ctk}=1.79; f_{ctd}=1.19; f_{ctm}=2.56; f_{cfm}=3.07; (in N/mm²)

Acciaio barre: B450C; Gamma_S : 1.15
f_{yk}=450.00; f_{yd}=391.30; f_{bd}=2.69; E_s=206000.00; (in N/mm²);

FORMA DELLA SEZIONE: Generica

Area totale acciaio: A_{st} = 371.65 cm²
Copriferro di progetto: c = 2.80 cm

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 23 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: $A_{cls} = 61653.67 \text{ cm}^2$; Baricentro: $X_{gcls} = 0.00 \text{ cm}$; $Y_{gcls} = 0.00 \text{ cm}$
Momenti d'inerzia: $J_x = 49662168.63 \text{ cm}^4$; $J_y = 1961389253.19 \text{ cm}^4$; $J_{xy} = 0.00 \text{ cm}^4$;
Momenti principali d'inerzia: $J_{csi} = 1961389253.19 \text{ cm}^4$; $J_{eta} = 49662168.63 \text{ cm}^4$;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KN*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	10754.00	194.00	166.00	5823.00	54.00	0.00
2	11144.00	194.00	166.00	5823.00	54.00	0.00
3	8527.00	2463.00	166.00	2344.00	282.00	0.00
4	8917.00	2463.00	166.00	2344.00	282.00	0.00
5	10197.00	324.00	278.00	6516.00	90.00	0.00
6	10586.00	324.00	278.00	6516.00	90.00	0.00
7	7966.00	324.00	156.00	2376.00	90.00	0.00
8	8356.00	324.00	156.00	2376.00	90.00	0.00
9	8284.00	168.00	144.00	4995.00	47.00	0.00
10	8608.00	168.00	144.00	4995.00	47.00	0.00
11	6386.00	2101.00	144.00	2031.00	241.00	0.00
12	6711.00	2101.00	144.00	2031.00	241.00	0.00
13	7811.00	281.00	240.00	5608.00	78.00	0.00
14	8136.00	281.00	240.00	5608.00	78.00	0.00
15	5911.00	281.00	135.00	2059.00	78.00	0.00
16	6236.00	281.00	135.00	2059.00	78.00	0.00
17	5564.00	2199.00	88.00	797.00	298.00	0.00
18	5557.00	662.00	293.00	2658.00	90.00	0.00
19	5564.00	2199.00	88.00	797.00	298.00	0.00
20	5557.00	662.00	293.00	2658.00	90.00	0.00
21	5925.00	2199.00	88.00	797.00	298.00	0.00
22	5918.00	662.00	293.00	2658.00	90.00	0.00
23	5925.00	2199.00	88.00	797.00	298.00	0.00
24	5918.00	662.00	293.00	2658.00	90.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFLESSIONE (comb. di carico N.ro 3):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=44.481775$; $b=1999.505282$; $c=-61351.952517$
Angolo asse neutro-asse x : $\alpha = -1.27441$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$
Deformazione massima acciaio: $\epsilon_f = -10.83213 / 1000$
Deformazione minima acciaio: $\epsilon_f' = 2.35031 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

$NS=8527000.00$; $M_{xiS}=2344000.00$; $M_{yiS}=-2463000.00$; $T_{xiS}=-282000.00$; $T_{yiS}=166000.00$

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

$NR=8527352.86$; $M_{xiR}= 9168240.18$; $M_{yiR}= -9634837.77$

$M_{xi0}=-0.00$, $M_{yi0}=-0.00$ - Punto base nel grafico $M_{xi}-M_{yi}$ sul piano $NS=cost.$

$MR = ((M_{xiR}-M_{xi0})^2 + (M_{yiR}-M_{yi0})^2)^{1/2} = 13299876.94$;

$MS = ((M_{xiS}-M_{xi0})^2 + (M_{yiS}-M_{yi0})^2)^{1/2} = 3400103.67$

Fattore di sicurezza ad N costante: $MR/MS = 3.9116 > 1$ **VERIFICA POSITIVA**

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 18; ($f_{cd}=14.1100$, $f_{ctd}=1.19$, $f_{ck}=24.90$ in N/mm^2)

Verifica dell'armatura longitudinale per elementi senza armatura trasversale a taglio.

$V_{Ed}=121746.73 \text{ N}$; $d=150.57 \text{ cm}$; $b_w=110.23 \text{ cm}$; $R_oL=0.01536$; $k=1.3645$, $\sigma_{CP}=91.8782$,

$V_{min}=27.8360$

$VRd1 = (0.18 * k * (100 * R_oL * f_{ck})^{1/3} / \Gamma_{MC} + 0.15 * \sigma_{CP}) * b_w * d = 23788647.36 \text{ N}$

$VRd2 = (V_{min} + 0.15 * \sigma_{CP}) * b_w * d = 690718.15 \text{ N}$

$V_{Ed} < \max(VRd1, VRd2) \Rightarrow$ **VERIFICA POSITIVA**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 24 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

1.7 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

Le sollecitazioni di progetto dei pali di fondazione sono state determinate a partire da quelle alla base della zattera per le combinazioni di carico del gruppo SLU A1 STR, schematizzando i pali come travi su suolo elastico in funzione delle grandezze di cui alla Tabella 1.3.

E	=	31220	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	0.1018	m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80	m	larghezza efficace del palo
Es	=	23400	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.83	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero

Tabella 1.3 – Grandezze per la schematizzazione dei pali come travi su suolo elastico

V	=	60.0	kN	taglio alla testa del palo
Mmax	=	144.8	kNm	massimo momento flettente
Nmax	=	2368	kN	Massimo valore forza assiale
Nmin	=	1409	kNm	Minimo valore forza assiale

Tabella 1.4 – Sollecitazioni di progetto dei pali di fondazione

```

+----- Software Ingegneriasoft -----+
|                                     |
|           Sezione: PALI DI FONDAZIONE           |
|                                     |
+----- www.ingegneriasoft.com -----+

```

OPZIONI:

Metodo di calcolo: Stati Limite; Normativa Tecnica: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;

MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; Rck=30.00; Ec= 31447.16; MPa; GammaC: 1.50
fck=24.90; fcd=14.11; fctk=1.79; fctd=1.19; fctm=2.56; fcfm=3.07; (in MPa)
Grafico tensioni/deformazioni cls: f2=14.11 MPa; epsCu2=0.0035; epsC2=0.0020
Acciaio barre: B450C; GammaS : 1.15
fyk=450.00; fyd=391.30; fbd=2.69; Es=206000.00; (in MPa);
Grafico tensioni/deformazioni acciaio: epsSu=0.0100; k=1.00
Acciaio staffe: fyks=430.00, fyds=373.91 (in MPa)

FORMA DELLA SEZIONE: Circolare

Raggio: R = 60.00 cm
Area totale acciaio: Ast = 62.83 cm²
Copriferro di progetto: c = 5.00 cm
Diametro staffe: ds = 10 mm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: Acls = 11309.73 cm²; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = -0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 10069942.71 cm⁴; Jy = 10069942.71 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 10069942.71 cm⁴; Jeta = 10069942.71 cm⁴;

Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = 0.00 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KN*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	2368.00	145.00	0.00	0.00	60.00	0.00
2	1409.00	145.00	0.00	0.00	60.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 2):

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=0.000000$; $b=2000.000000$; $c=-58672.890615$

Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=0.000000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio: $\epsilon_s = -9.51219 / 1000$

Deformazione minima acciaio: $\epsilon_s' = 2.81515 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

NS=1409000.00; MxiS=145000.00; MyiS=-0.00; TxiS=0.00; TyiS=60000.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

NR=1408983.72; MxiR= 1726523.11; MyiR= 0.00

Mxi0=0.43, Myi0=0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.

MR= $((MxiR-Mxi0)^2+(MyiR-Myi0)^2)^{1/2}=1726523.54$; MS= $((MxiS-Mxi0)^2+(MyiS-Myi0)^2)^{1/2}=145000.43$

Fattore di sicurezza ad N costante: MR/MS = 11.9070 > 1

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 2; (fcd=14.1100, fctd=1.19, fck=24.90 in MPa)

Verifica dell'armatura longitudinale per elementi senza armatura trasversale a taglio.

VED=60000.00 N; d=114.00 cm; bw=52.23 cm; RoL=0.006859; k=1.4189, $\sigma_{CP}=126.9959$,

Vmin=29.5171

VRd1= $(0.18*k*(100*RoL*fck)^{(1/3)}/\Gamma_{MC} + 0.15*\sigma_{CP}) * bw * d = 11604011.72$ N

VRd2= $(Vmin + 0.15*\sigma_{CP}) * bw * d = 289188.68$ N

VED < max(VRd1, VRd2) => **VERIFICA POSITIVA**

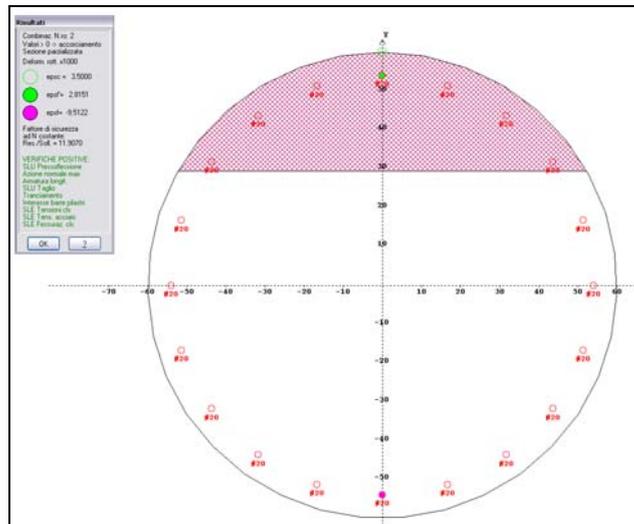


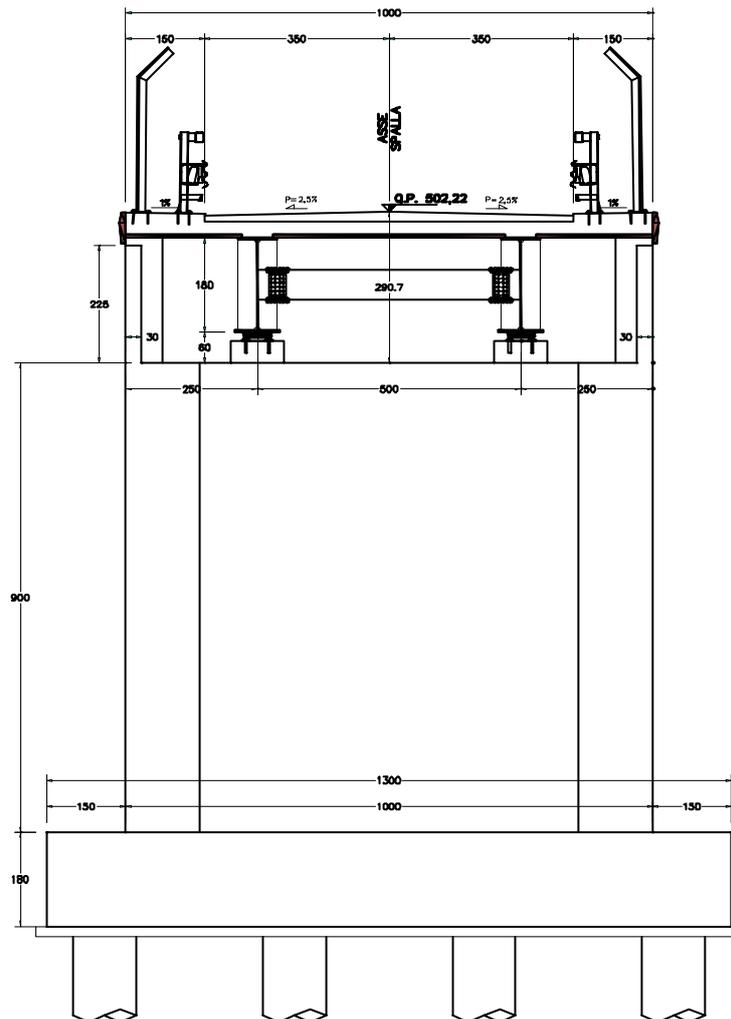
Tabella 1.5 – Geometria sezione di verifica

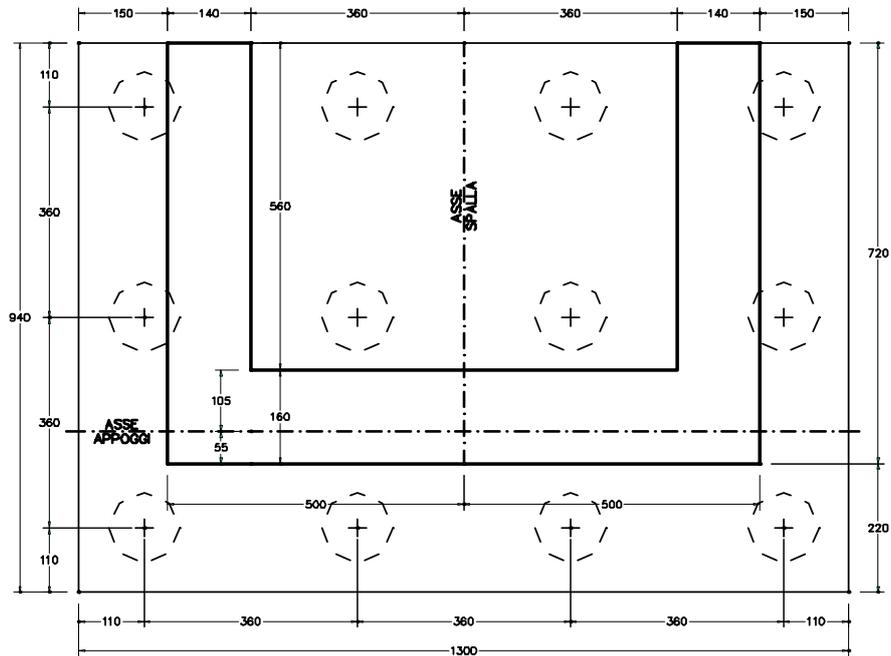
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 26 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

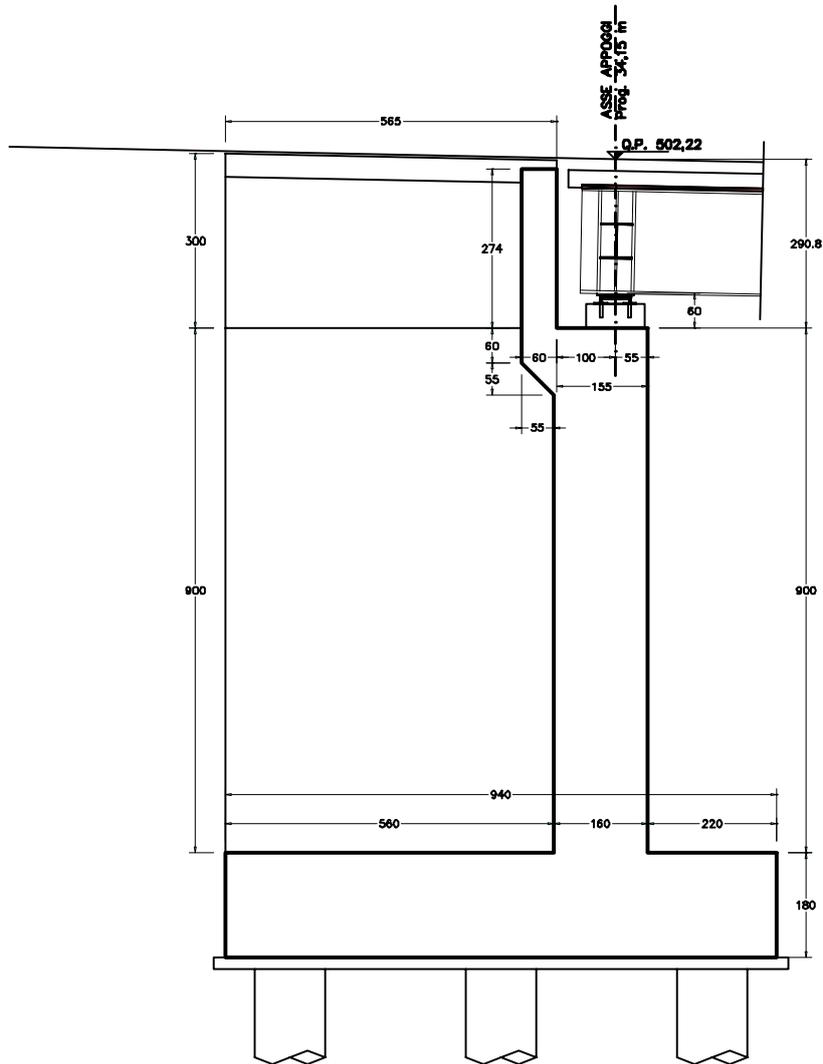
2 Spalle

2.1 Spalla SA (Prog. 0+130.8759 Km)

Nella figura seguente sono riportati rispettivamente il prospetto frontale, la pianta delle fondazioni e la sezione longitudinale lungo l'asse della spalla.







1.1.1. Calcolo sollecitazioni

Nel seguente paragrafo sono riportati i tabulati relativi ai dati di input e di output per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche della struttura in oggetto.

=====[DATI DI INPUT]=====

-----> GEOMETRIA <-----

Lunghezza mensola di valle zattera.....	=	2,20 (m)
Lunghezza mensola di monte zattera.....	=	5,60 (m)
Lunghezza totale zattera.....	=	13,00 (m)
Spessore zattera.....	=	1,80 (m)
Spessore parete.....Sp	=	1,60 (m)
Altezza parete.....Hp	=	9,00 (m)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 29 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Lunghezza totale parete..... = 10,00 (m)
Spessore paraghiaia..... = 0,60 (m)
Altezza paraghiaia..... = 2,75 (m)
Lunghezza raccordo paraghiaia..... = 0,55 (m)
Altezza raccordo paraghiaia..... = 0,60 (m)

Spessore terreno sopra la zattera = 0,00 (m)
Eccentricità appoggi rispetto all' asse parete.... = 0,550 (m)
Distanza, rispetto alla sommità delle parete,
del punto di applicazione dell' azione sismica
longitudinale dovuta all' impalcato..... = 0,60 (m)

-----> PALI <-----

Diametro dei pali..... = 1,20 (m)

0,00
Modulo elastico del cls dei pali..... = 312200 (daN/cm²)
0,00
Costante elastica del terreno..... = 1,30 (daN/cm³)
Numero totale di pali.....Np = 12
Modulo di resistenza pali esterni..... Wp = 28,80 (m)

N.B. N sul palo = N/Np + Mtot/Wp

-----> TERRENO <-----

Peso specifico del terreno..... γ_t = 2000 (daN/m³)
Angolo di attrito interno del terreno..... ϕ = 35,00 (°)
Inclinaz. terrapieno rispetto all' orizzontale.. β = 0,00 (°)
Inclinaz. parete interna rispetto alla vert. ... ψ = 0,00 (°)
Angolo di attrito terreno-parete..... δ = 15,00 (°)

-----> COEFFICIENTI SISMICI <-----

Fattore del profilo stratigrafico..... S = 1,20
Accelerazione orizzontale massima..... a_g = 0,903 m/s²
Coeff. riduttivo dell'acc. max..... β_m = 1,000

-----> CARICHI TRASMESSI DALL' IMPALCATO <-----

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 30 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

(azioni totali sulla spalla)

Peso proprio + carichi permanenti..... $G_1 + G_2 =$	175046	(daN)
Carichi accidentali..... $q_1 =$	149238	(daN)
Incremento dinamico..... $q_2 =$	0	(daN)
Frenatura..... $q_3 =$	72450	(daN)
Vento..... $q_5 =$	11800	(daN)
Carichi accidentali in fase sismica..... $q_{1S} =$	0	(daN)
Ritiro e viscosità, $\Delta T, \delta$ vincolari..... $\varepsilon_{2;3;4} =$	56856	(daN)
Peso fittizio impalcato per il calcolo dell'		
azione sismica orizzontale..... =	891304	(daN)
Carico accidentale fittizio per il calcolo dell'		
azione sismica orizzontale..... =	0	(daN)
Peso fittizio impalcato per il calcolo della		
forza di attrito longitudinale..... =	4321	(daN)
Carico accidentale fittizio per il calcolo della		
forza di attrito longitudinale..... =	0	(daN)
Coefficiente di attrito appoggi a ponte SCARICO... =	1,000	
Coefficiente di attrito appoggi a ponte CARICO.... =	1,000	
Carico sul terrapieno in esercizio..... =	2000	(daN/m ²)

=====[DATI CALCOLATI]=====

Larghezza totale zattera..... =	9,40	(m)
Altezza totale spalla..... =	13,55	(m)
Peso specifico del cls..... =	2500	(daN/m ³)
Volume zattera..... =	219,96	(m ³)
Volume parete =	144,00	(m ³)
Volume paraghiaia..... =	20,10	(m ³)

=====[DATI CALCOLATI]=====

Larghezza totale zattera..... =	9,40	(m)
Altezza totale spalla..... =	13,55	(m)
Peso specifico del cls..... =	2500	(daN/m ³)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 31 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Volume zattera.....	=	219,96	(m ³)
Volume parete	=	144,00	(m ³)
Volume paraghiaia.....	=	20,10	(m ³)
Coefficiente di spinta attiva.....	Ka =	0,248	
Coefficiente sismico orizzontale.....	k _h =	0,110	
Coefficiente sismico verticale.....	k _v =	0,055	
Angolo di incremento spinta.....	θ =	6,7	(°)
Ka in fase sismica.....	Ka' =	0,318	
Lunghezza d' onda del palo.....	L0 =	2,521	(m)
Lunghezza bandiera.....	=	10,4	(m)

=====[CALCOLO SOLLECITAZIONI valori nominali]=====

-----> CARICHI PERMANENTI (a ml. di parete) <-----

g ₁ + g ₂ Impalcato (statico).....	=	17505 daN/m
g ₁ Zattera.....	=	54990 daN/m
g ₁ Parete	=	36000 daN/m
g ₁ Paraghiaia.....	=	5025 daN/m
g ₃ Peso del terreno.....	=	131600 daN/m
g ₃ Spinta del terreno.....	=	45490 daN/m

-----> CARICHI ACCIDENTALI (a ml. di parete) <-----

q ₁ +q ₂ sull' impalcato.....	=	14924 daN/m
q ₁ sovraccarico sul terreno in esercizio.....	=	11200 daN/m
q ₁ Spinta del terreno per effetto del sovraccarico in esercizio.....	=	6714 daN/m
q _{1s} sull' impalcato in situazione sismica.....	=	0 daN/m
ε _{2;3;4} Ritiro e viscosità, ΔT, δ vincolari.....	=	5686 daN/m
q ₃ dell' impalcato (frenatura).....	=	7245 daN/m
q ₅ vento sull'impalcato.....	=	1180 daN/m
q _{6h} peso proprio impalcato.....	=	9840 daN/m
q _{6h} carichi mobili presenti in fase sismica.....	=	0 daN/m
q _{6h} spinta del terreno in fase sismica.....	=	61540 daN/m
q _{6h} parete	=	3974 daN/m
q _{6h} paraghiaia.....	=	555 daN/m

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 32 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

q_6h zattera..... = 6071 daN/m
 q_6h peso terreno..... = 14529 daN/m
 q_7 (attrito appoggi) a ponte SCARICO..... = 432 daN/m
 q_7 (attrito appoggi) a ponte CARICO..... = 432 daN/m

=====[COMBINAZIONE N.1]=====

EQU $\gamma_{G1}=1,10$ $\gamma_{Qi}=0,00$
 $\gamma_Q=0,00$ $\gamma_{\epsilon 2;3;4}=0,00$
Altezza totale spalla = 13,55 (m) N° pali = 12
Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)
Impalcato ($G_1 + G_2$)	19255	2,25		
Parete	39600	1,70		
Paraghiaia	5528	0,65		
Zattera	60489	0,00		
Peso terreno	144760	-1,90		
Spinta terreno			50039	4,52
Attrito degli appoggi			475	10,80

	$N_{s,tot}$ (daN)	$V_{s,tot}$ (daN)	$M_{s,tot}$ (daNm)
Sollecitazioni			
Sez. d'attacco del muro	64383	34682	146082
Zattera di fondazione	269632	50515	70337

=====[COMBINAZIONE N.2]=====

EQU $\gamma_{G1}=1,10$ $\gamma_{Qi}=1,50$
 $\gamma_Q=1,35$ $\gamma_{\epsilon 2;3;4}=1,20$
Altezza totale spalla = 13,55 (m) N° pali = 12
Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)
Impalcato ($G_1 + G_2$)	19255	2,25		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 33 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Carichi mobili ($q_1 + q_2$)	20147	2,25		
ε_c e ϕ_c , Δ_T , δ_v ($\varepsilon_{2;3;4}$)	6823	2,25		
Vento	1770	2,25		
Parete	39600	1,70		
Paraghiaia	5528	0,65		
Zattera	60489	0,00		
Frenatura			7245	10,80
Peso terreno	144760	-1,90		
Spinta terreno			50039	4,52
Sovracc. sul terrapieno	15120	-1,90		
Spinta sovraccarico			9064	6,78
Attrito degli appoggi			475	10,80

	$N_{s,tot}$	$V_{s,tot}$	$M_{s,tot}$
Sollecitazioni	(daN)	(daN)	(daNm)

Sez. d'attacco del muro	93122	47750	261301
Zattera di fondazione	313491	66824	245932

=====[COMBINAZIONE N.3]=====

azione sismica E con $+k_v$	$\gamma_{G1}=1,00$	$\gamma_{Qi}=0,00$
	$\gamma_Q=1,00$	$\gamma_{\varepsilon_{2;3;4}}=0,00$
Altezza totale spalla =	13,55 (m)	N° pali = 12
Spessore zattera =	1,80 (m)	W pali = 28,80 m ³
Eccentricità appoggi(*) =	0,55 (m)	dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)

Impalcato ($G_1 + G_2$)	17505	2,25	9840	11,40
Carichi mobili ($q_1 + q_2$)	0	2,25	0	11,40
Parete	37987	1,70	3974	6,30
Paraghiaia	5302	0,65	555	11,88
Zattera	58025	0,00	6071	0,90
Peso terreno	138864	-1,90	14529	7,68
Spinta sismica terreno			61540	6,78

	$N_{s,tot}$	$V_{s,tot}$	$M_{s,tot}$
Sollecitazioni	(daN)	(daN)	(daNm)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 34 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

```
-----
Sez. d'attacco del muro          60794  75174  516434
Zattera di fondazione            257684  96509  521278
```

=====[COMBINAZIONE N.1]=====

```
STR (A1)                           $\gamma_{G1}=1,35$                  $\gamma_{Qi}=0,00$ 
                                    $\gamma_Q=0,00$                  $\gamma_{e2;3;4}=0,00$ 
Altezza totale spalla   =          13,55 (m)        N° pali =          12
Spessore zattera        =           1,80 (m)        W pali  =          28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) =           0,55 (m)        dall' asse parete
```

```
-----
Carico                          N (daN)   x (m)     V (daN)  z (m)
-----
Impalcato (G1 + G2)          23631    2,25
Parete                          48600    1,70
Paraghiaia                       6784    0,65
Zattera                          74237    0,00
Peso terreno                     177660   -1,90
Spinta terreno                                61412   4,52
Attrito degli appoggi                                583  10,80
```

```
-----
Sollecitazioni                    Ns,tot   Vs,tot   Ms,tot
                                (daN)   (daN)   (daNm)
-----
```

```
Sez. d'attacco del muro          79015  34790  148833
Zattera di fondazione            330911  61995  86323
```

=====[COMBINAZIONE N.2]=====

```
STR (A1)                           $\gamma_{G1}=1,35$                  $\gamma_{Qi}=1,50$ 
                                    $\gamma_Q=1,35$                  $\gamma_{e2;3;4}=1,20$ 
Altezza totale spalla   =          13,55 (m)        N° pali =          12
Spessore zattera        =           1,80 (m)        W pali  =          28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) =           0,55 (m)        dall' asse parete
```

```
-----
Carico                          N (daN)   x (m)     V (daN)  z (m)
-----
Impalcato (G1 + G2)          23631    2,25
```

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 35 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Carichi mobili ($q_1 + q_2$)	20147	2,25		
ε_c e ϕ_c , Δ_T , δ_v ($\varepsilon_{2;3;4}$)	6823	2,25		
Vento	1770	2,25		
Parete	48600	1,70		
Paraghiaia	6784	0,65		
Zattera	74237	0,00		
Frenatura			7245	10,80
Peso terreno	177660	-1,90		
Spinta terreno			61412	4,52
Sovracc. sul terrapieno	15120	-1,90		
Spinta sovraccarico			9064	6,78
Attrito degli appoggi			583	10,80

	Ns,tot	Vs,tot	Ms,tot
	(daN)	(daN)	(daNm)
Sollecitazioni			

Sez. d'attacco del muro	107755	47858	277093
Zattera di fondazione	374771	78305	261918

===== [COMBINAZIONE N.3] =====

azione sismica E con -k_v	$\gamma_{G1}=1,00$	$\gamma_{Qi}=0,00$
	$\gamma_Q=1,00$	$\gamma_{\varepsilon_{2;3;4}}=0,00$
Altezza totale spalla =	13,55 (m)	N° pali = 12
Spessore zattera =	1,80 (m)	W pali = 28,80 m ³
Eccentricità appoggi(*) =	0,55 (m)	dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)

Impalcato ($G_1 + G_2$)	17505	2,25	9840	11,40
Carichi mobili ($q_1 + q_2$)	0	2,25	0	11,40
Parete	34013	1,70	3974	6,30
Paraghiaia	4748	0,65	555	11,88
Zattera	51955	0,00	6071	0,90
Peso terreno	124336	-1,90	14529	7,68
Spinta sismica terreno			61540	6,78

Ns,tot Vs,tot Ms,tot

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 36 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Sollecitazioni (daN) (daN) (daNm)

Sez. d'attacco del muro 56265 75174 516711
Zattera di fondazione 232555 96509 541766

=====[COMBINAZIONE N.1]=====

GEO (A2) $\gamma_{G1}=1,00$ $\gamma_{Qi}=0,00$
 $\gamma_Q=0,00$ $\gamma_{\epsilon 2;3;4}=0,00$
Altezza totale spalla = 13,55 (m) N° pali = 12
Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico N (daN) x (m) V (daN) z (m)

Impalcato (G₁ + G₂) 17505 2,25
Parete 36000 1,70
Paraghiaia 5025 0,65
Zattera 54990 0,00
Peso terreno 131600 -1,90
Spinta terreno 45490 4,52
Attrito degli appoggi 432 10,80

Sollecitazioni Ns,tot Vs,tot Ms,tot
(daN) (daN) (daNm)

Sez. d'attacco del muro 58530 34639 144982
Zattera di fondazione 245120 45922 63943

=====[COMBINAZIONE N.2]=====

GEO (A2) $\gamma_{G1}=1,00$ $\gamma_{Qi}=1,30$
 $\gamma_Q=1,15$ $\gamma_{\epsilon 2;3;4}=1,00$
Altezza totale spalla = 13,55 (m) N° pali = 12
Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico N (daN) x (m) V (daN) z (m)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 37 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Impalcato ($G_1 + G_2$)	17505	2,25		
Carichi mobili ($q_1 + q_2$)	17162	2,25		
ε_c e ϕ_c , Δ_T , δ_v ($\varepsilon_{2;3;4}$)	5686	2,25		
Vento	1534	2,25		
Parete	36000	1,70		
Paraghiaia	5025	0,65		
Zattera	54990	0,00		
Frenatura			7245	10,80
Peso terreno	131600	-1,90		
Spinta terreno			45490	4,52
Sovracc. sul terrapieno	12880	-1,90		
Spinta sovraccarico			7722	6,78
Attrito degli appoggi			432	10,80

	$N_{s,tot}$ (daN)	$V_{s,tot}$ (daN)	$M_{s,tot}$ (daNm)
Sollecitazioni			

Sez. d'attacco del muro	82912	47707	270845
Zattera di fondazione	282382	60889	224890

=====[TABELLE RIASSUNTIVE]=====

Sollecitazioni alla base della zattera (totali) EQU

	$N_{s,tot}$ (daN)	$V_{s,tot}$ (daN)	$M_{s,tot}$ (daNm)	M/N (m)	M/V (m)
Combinazione di carico					

n° 1	2696316	505147	703375	0,26	1,39
n° 2	3134914	668242	2459321	0,78	3,68

Sollecitazioni alla base della parete (a ml.) EQU

	$N_{s,tot}$ (daN)	$V_{s,tot}$ (daN)	$M_{s,tot}$ (daNm)
Combinazione di carico			

n° 1	64383	34682	146082

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 39 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
n° 1	58530	34639	144982
n° 2	82912	47707	270845

Sollecitazioni alla base della zattera (totali)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)	M/N (m)	M/V (m)
n° 3					
azione sismica E con +k _v	2576839	965092	5212783	2,02	5,40
azione sismica E con -k _v	2325553	965092	5417656	2,33	5,61

Sollecitazioni alla base della parete (a ml.)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
n° 3			
azione sismica E con +k _v	60794	75174	516434
azione sismica E con -k _v	56265	75174	516711

2.1.1 Verifica parete frontale

Con riferimento alle sollecitazioni calcolate nel paragrafo precedente, nel seguito sono riportate le verifiche della parete frontale, per le combinazioni di carico considerate, relative a una striscia di muro di larghezza unitaria.

VERIFICA PARETE

Resistenza caratteristica cubica:	Rck=	300	daN/cm ²
Tensione di snervamento di progetto:	f _{yd} =	3826	"
Resistenza a compressione di calcolo:	f _{cd} =	141,1	"

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 40 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

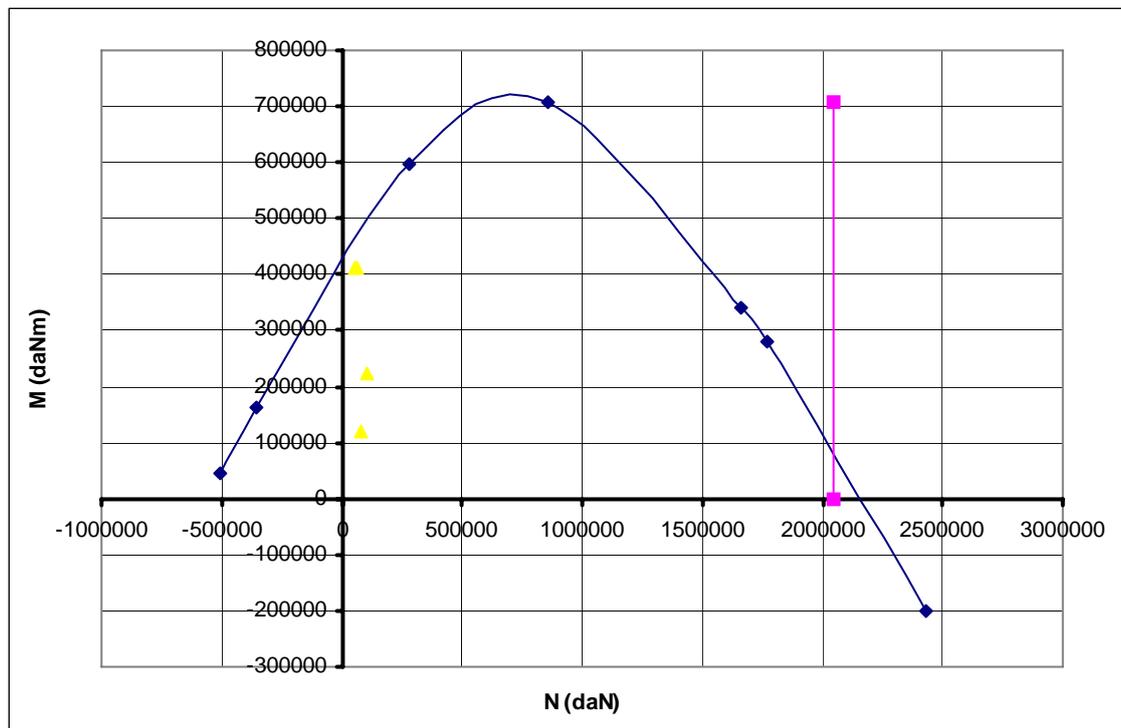
Armatura tesa:	As1=	79,7	cmq
Armatura compressa:	As2=	53,1	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	8,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	160	cm
Altezza utile sezione:	d=	152	cm

Sezione non armata a taglio

- Verifica calcestruzzo:	$V_{Rd} =$	163310	daN
- Verifica armature:	Coeff. condizioni di vincolo parete:K=		0,80

Comb. di carico	N_{Sd} (daN)	V_{Sd} (daN)	M_{Sd} (daNm)	σ_{cp} (daN/cm ²)	V_{Rd} (daN)	$V_{Rd,min}$ (daN)
n° 1 STR (A1)	79015	27832	119067	4,9	69777	53490
n° 2 STR (A1)	107755	38286	221675	6,7	73872	57586
n° 3 E con +k _v	60794	60139	413147	3,8	67180	50894
n° 3 E con -k _v	56265	60139	413369	3,5	66535	50249

Nella figura seguente è rappresentato il dominio della sezione di base della parete frontale con riportate le sollecitazioni relative alle combinazioni di carico considerate.



2.1.2 Verifica paraghiaia

La verifica è stata effettuata con riferimento a una mensola costituita da una striscia di muro di larghezza unitaria e di altezza pari a quella misurata in asse alla spalla.

Le azioni considerate sono la spinta del terreno e i carichi accidentali costituiti da un carico distribuito pari a 2000 daN/mq agente sul terrapieno e da una fila di impronte del $Q_{1,k}$, agente sulla sommità.

Al fine di determinare le sollecitazioni sismiche, la quota della base del paraghiaia è stata considerata nella sua posizione verticale effettiva rispetto alla zattera.

===== [DATI DI INPUT] =====

-----> GEOMETRIA <-----

Altezza parete spalla..... Hp = 9,00 (m)
 Spessore parete alla base..... B_inf = 0,60 (m)
 Spessore parete in sommità..... B_sup = 0,60 (m)
 Altezza paraghiaia..... H = 2,75 (m)
 Inclinazione parete (lato verso il terreno)..... ψ = 0,00 (°)
 (verticale = 0° / positivo = antiorario)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 42 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

-----> TERRENO SPINGENTE <-----

Peso specifico..... γ = 2000 (daN/mc)
Angolo di attrito interno..... ϕ = 35,00 (°)
Inclinazione del terrapieno..... β = 0,00 (°)
(orizzontale = 0° / positivo = antiorario)
Angolo di attrito terreno-parete..... δ = 15,00 (°)

-----> COEFFICIENTI SISMICI <-----

Fattore del profilo stratigrafico..... S = 1,200
Accelerazione orizzontale massima..... a_g = 0,903
Coeff. riduttivo dell'acc. max..... β_m = 1,00

-----> CARICHI <-----

Carico accidentale sul terrapieno
- in esercizio..... Q = 2000 (daN/mq)
- in fase sismica..... Q_s = 0 "

Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)
- forza verticale (a)..... N = 3797 (daN/m)
- forza orizzontale (b)..... V = 2278 "
- momento flettente (c)..... M = 475 (daNm/m)

Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)
- forza verticale (a)..... N_{sis} = 0 (daN/m)
- forza orizzontale (b)..... V_{sis} = 0 "
- momento flettente (c)..... M_{sis} = 0 (daNm/m)

- (a) $N > 0$ se rivolta verso il basso
(b) $V > 0$ se rivolta verso valle
(c) $M > 0$ se tende a ribaltare il muro verso valle

===== [DATI CALCOLATI] =====

Lunghezza base parete..... L_{tot} = 0,60 (m)
Altezza totale muro..... H_{tot} = 11,75 (m)
Volume parete..... = 1,65 (mc/m)
Coefficiente di spinta attiva..... K_a = 0,248
Coefficiente sismico orizzontale..... k_h = 0,110
Coefficiente sismico verticale..... k_v = 0,055

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 43 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Angolo di incremento di spinta..... $\theta = 6,7$ (°)
Coeff. di spinta attiva in fase sismica..... $Ka' = 0,318$

===== [AZIONI AGENTI SUL MURO (a ml.)] =====

Peso della parete..... = 4125 daN/m
Spinta del terreno in esercizio..... = 34207 "
Spinta del terreno (sovracc. in esercizio)..... = 5822 "
Spinta del terreno (sovracc. in fase sismica)..... = 0 "
Spinta del terreno (in fase sismica) = 46276 "

Forza d'inerzia parete..... = 455 "
Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)
- forza verticale..... N = 3797 "
- forza orizzontale..... V = 2278 "
- momento flettente..... M = 475 daNm/m
Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)
- forza verticale..... $N_{sis} = 0$ daN/m
- forza orizzontale..... $V_{sis} = 0$ "
- momento flettente..... $M_{sis} = 0$ daNm/m

===== [CONDIZIONE DI CARICO N. 1 - STR (A1)] =====

CARICO	$\gamma_{G1} = 1,35$		$\gamma_Q = 1,35$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	5569	0,000		
Spinta del terreno.....			46179	3,917
Sovraccarico sul terrapieno (Q).. Azioni sulla sommità della parete			7860	5,875
- forza verticale (N).....	5127	0,000		
- forza orizzontale (V).....			3076	11,750
- mom. flettente M = 475 daNm/m				

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale..... $N_{tot} = 10695$ (daN/m)
- momento..... $M_{tot} = 263678$ (daNm/m)
- azione orizzontale..... $H_{tot} = 57115$ (daN/m)
- eccentricità..... $e = 24,65$ (m)

| N_s V_s M_s

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 44 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Sollecitazioni base paraghiaia	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
-----	-----	-----	-----
	10695	-7445	13948

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con +k_v] ===

CARICO	$\gamma_{G1} = 1,00$		$\gamma_Q = 1,00$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	4353	0,000	455	10,375
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	5,875
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (N _{sis}).....	0	0,000		
- forza orizzontale (V _{sis}).....			0	11,750
- mom. flettente M _{sis} = 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			46276	5,875

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale.....	N _{tot} =	4353	(daN/m)
- momento.....	M _{tot} =	276592	(daNm/m)
- azione orizzontale.....	H _{tot} =	46731	(daN/m)
- eccentricità.....	e =	63,54	(m)

	N _s (daN/m)	V _s (daN/m)	M _s (daNm/m)
Sollecitazioni base paraghiaia	4353	-2990	2950
-----	-----	-----	-----

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con -k_v] ===

CARICO	$\gamma_{G1} = 1,00$		$\gamma_Q = 1,00$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	3897	0,000	455	10,375
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	5,875
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (N _{sis}).....	0	0,000		
- forza orizzontale (V _{sis}).....			0	11,750

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 45 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

- mom. flettente M_{sis}= 0 daNm/m

Spinta sismica del terreno..... 46276 5,875

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale..... N_{tot} = 3897 (daN/m)
- momento..... M_{tot} = 276592 (daNm/m)
- azione orizzontale..... H_{tot} = 46731 (daN/m)
- eccentricità..... e = 70,98 (m)

		N _s	V _s	M _s
Sollecitazioni base paraghiaia		(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
-----		-----	-----	-----
		3897	-2990	2950

= [VERIFICHE DI RESISTENZA] == [Unità di misura daN,cm.] =

Resistenza caratteristica cubica: R_{ck}= 300 daN/cm²
Tensione di snervamento di progetto: f_{yd}= 3826 "
Resistenza a compressione di calcolo: f_{cd}= 141 "

Armatura tesa: A_{s1}= 10,1 cm²
Armatura compressa: A_{s2}= 10,1 cm²
Copriferro arm. tesa: d₁= 6,0 cm
Copriferro arm. comp: d₂= 6,0 cm
Altezza sezione: h= 60 cm
Altezza utile sezione: d= 54 cm

Sezione non armata a taglio

- Verifica calcestruzzo: V_{Rd}= 58018 daN
- Verifca armature:

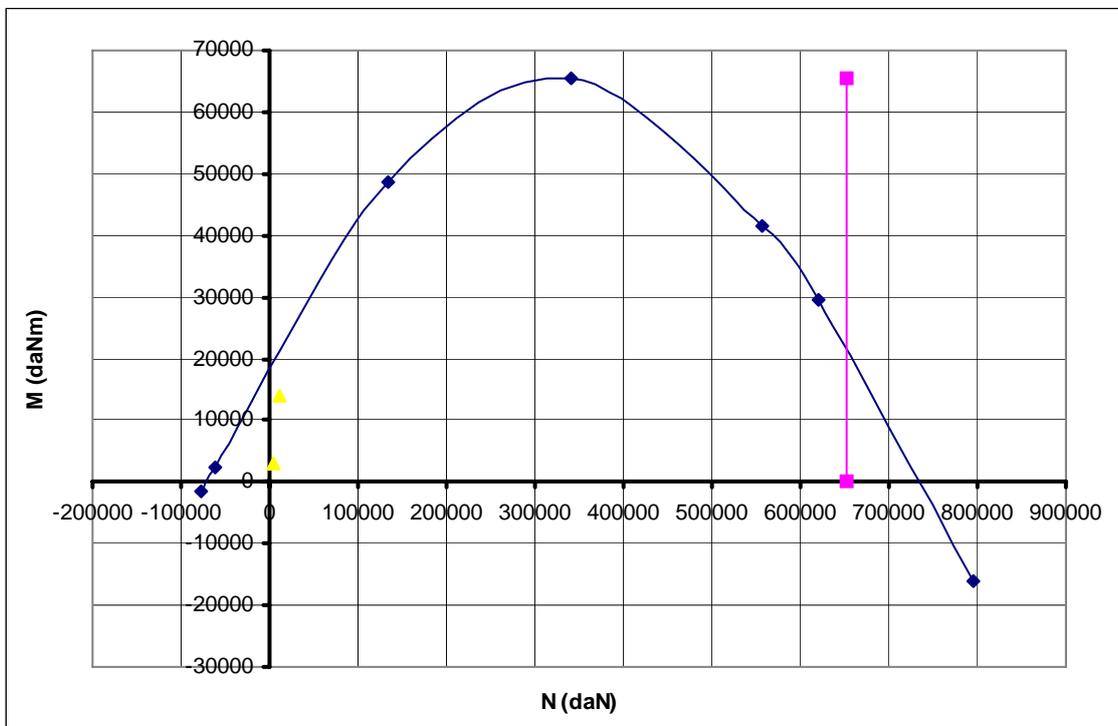
Comb. di carico	N _{Ed} (daN)	V _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)	σ _{cp} (daN/cm ²)	V _{Rd} (daN)	V _{Rd,min} (daN)
n° 1 STR (A1)	10695	7445	13948	1,8	18822	20685
n° 2 E con +k _v	4353	2990	2950	0,7	17966	19829
n° 2 E con -k _v	3897	2990	2950	0,6	17904	19767

Base

Armatura tesa:	As1=	10,1	cmq
Armatura compressa:	As2=	10,1	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	6,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	5,0	cm
Altezza sezione:	h=	60,0	cm

Comb. di carico	N_{Ed} (daN)	V_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	10695	7445	13948
n° 2 E con +k _v	4353	2990	2950
n° 2 E con -k _v	3897	2990	2950

Nella figura seguente è rappresentato il dominio della sezione di base del paraghiaia con riportata la sollecitazioni più gravosa.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 47 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

2.1.3 Verifica muri andatori

La verifica è stata effettuata con riferimento a una mensola incastrata sulla zattera di fondazione.

Le azioni considerate sono la spinta del terreno e i carichi accidentali costituiti da un carico distribuito pari a 2000 daN/mq agente sul terrapieno.

=====[DATI DI INPUT]=====

-----> GEOMETRIA <-----

Lunghezza fittizia mensola di monte.....Lm = 3,50 (m)
Spessore parete alla base..... B_inf = 1,40 (m)
Spessore parete in sommità..... B_sup = 1,40 (m)
Altezza parete..... H = 12,00 (m)
Inclinazione parete (lato verso il terreno)..... ψ = 0,00 (°)
(verticali = 0° / positivo = antiorario)

-----> TERRENO SPINGENTE <-----

Peso specifico..... γ = 2000 (daN/mc)
Angolo di attrito interno..... ϕ = 35,00 (°)
Inclinazione del terrapieno..... β = 0,00 (°)
(orizzontale = 0° / positivo = antiorario)
Angolo di attrito terreno-parete..... δ = 15,00 (°)

-----> COEFFICIENTI SISMICI <-----

Fattore del profilo stratigrafico..... S = 1,20
Accelerazione orizzontale massima..... a_g = 0,903
Coeff. riduttivo dell'acc. max..... β_m = 1,00

-----> CARICHI <-----

Carico accidentale sul terrapieno

- in esercizio..... Q = 2000 (daN/mq)
- in fase sismica..... Q_s = 0 "

Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)

- forza verticale (a)..... N = 0 (daN/m)
- forza orizzontale (b)..... V = 0 "
- momento flettente (c)..... M = 0 (daNm/m)

Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)

- forza verticale (a)..... N_{sis} = 0 (daN/m)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 48 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

- forza orizzontale (b)..... Vsis = 0 "

- momento flettente (c)..... Msis = 0 (daNm/m)

-
- (a) N > 0 se rivolta verso il basso
- (b) V > 0 se rivolta verso valle
- (c) M > 0 se tende a ribaltare il muro verso valle

=====[DATI CALCOLATI]=====

Lunghezza base parete..... L_tot = 1,40 (m)

Altezza totale muro..... H_tot = 12,00 (m)

Volume parete..... = 16,80 (mc/m)

Coefficiente di spinta attiva..... Ka = 0,248

Coefficiente sismico orizzontale..... k_h = 0,110

Coefficiente sismico verticale..... k_v = 0,055

Angolo di incremento di spinta..... θ = 6,7 (°)

Coeff. di spinta attiva in fase sismica..... Ka' = 0,318

=====[AZIONI AGENTI SUL MURO (a ml.)]=====

Peso della parete..... = 42000 daN/m

Spinta del terreno in esercizio..... = 35678 "

Spinta del terreno (sovracc. in esercizio)..... = 5946 "

Spinta del terreno (sovracc. in fase sismica)..... = 0 "

Spinta del terreno (in fase sismica) = 48266 "

Forza d'inerzia parete..... = 4637 "

Forza d'inerzia terreno..... = 9274 "

Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)

- forza verticale..... N = 0 "

- forza orizzontale..... V = 0 "

- momento flettente..... M = 0 daNm/m

Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)

- forza verticale..... Nsis = 0 daN/m

- forza orizzontale..... Vsis = 0 "

- momento flettente..... Msis = 0 daNm/m

=====[CONDIZIONE DI CARICO N. 1 - STR (A1)]=====

CARICO	$\gamma_{G1}=1,35$		$\gamma_Q=1,35$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	56700	0,000		
Spinta del terreno.....			48165	4,000

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 49 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Sovraccarico sul terrapieno (Q).. 8027 6,000
Azioni sulla sommità della parete
- forza verticale (N)..... 0 0,000
- forza orizzontale (V)..... 0 12,000
- mom. flettente M = 0 daNm/m

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale..... Ntot = 56700 (daN/m)
- momento..... Mtot = 240824 (daNm/m)
- azione orizzontale..... Htot = 56192 (daN/m)
- eccentricità..... e = 4,25 (m)

	Ns	Vs	Ms
Sollecitazioni base paraghiaia	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
-----	-----	-----	-----
	56700	-56193	240828

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con +k_v] ===

CARICO	$\gamma_{G1}=1,00$		$\gamma_Q=1,00$	
	N	x	V	z
	(daN/m)	(m)	(daN/m)	(m)
-----	-----	-----	-----	-----
Parete.....	44318	0,000	4637	6,000
Forza d' inerzia terreno.....			9274	6,000
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	6,000
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (Nsis).....	0	0,000		
- forza orizzontale (Vsis).....			0	12,000
- mom. flettente Msis= 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			48266	6,000

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale..... Ntot = 44318 (daN/m)
- momento..... Mtot = 317418 (daNm/m)
- azione orizzontale..... Htot = 52903 (daN/m)
- eccentricità..... e = 7,16 (m)

	Ns	Vs	Ms
Sollecitazioni base paraghiaia	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
-----	-----	-----	-----
	44318	-62177	373061

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 50 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con $-k_v$] ===

CARICO	$\gamma_{G1}=1,00$		$\gamma_Q=1,00$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	39682	0,000	4637	6,000
Forza d' inerzia terreno.....			9274	6,000
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	6,000
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (Nsis).....	0	0,000		
- forza orizzontale (Vsis).....			0	12,000
- mom. flettente Msis= 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			48266	6,000
Azioni a livello della base di appoggio				
- azione verticale..... Ntot =	39682		(daN/m)	
- momento..... Mtot =	317418		(daNm/m)	
- azione orizzontale..... Htot =	52903		(daN/m)	
- eccentricità..... e =	8,00		(m)	
Sollecitazioni base paraghiaia	Ns (daN/m)	Vs (daN/m)	Ms (daNm/m)	
	39682	-62177	373061	

=[VERIFICHE DI RESISTENZA]=[Unità di misura daN,cm.]=

Resistenza caratteristica cubica:	Rck=	300	daN/cm ²
Tensione di snervamento di progetto:	f _{yd} =	3826	"
Resistenza a compressione di calcolo:	f _{cd} =	141	"
Armatura tesa:	As1=	106,2	cm ²
Armatura compressa:	As2=	53,1	cm ²
Copriferro arm. tesa:	d1=	10,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	140	cm
Altezza utile sezione:	d=	130	cm

Sezione non armata a taglio

- Verifica calcestruzzo:	V _{Rd} =	139673	daN
- Verifica armature:			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 51 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

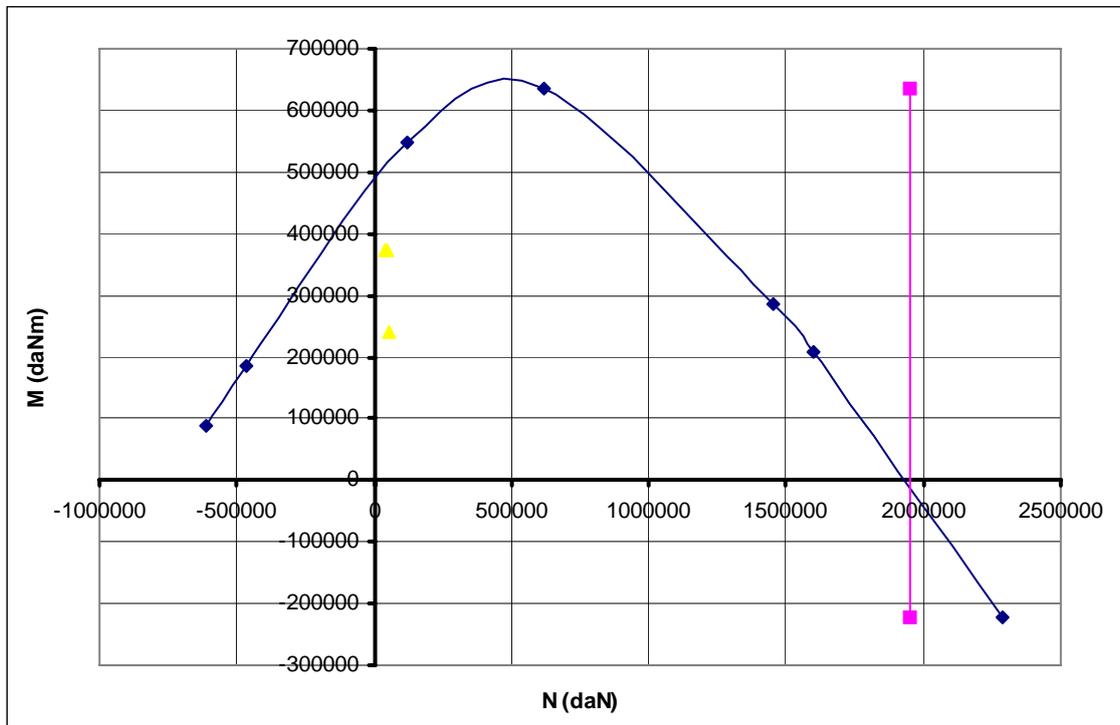
Comb. di carico	N_{Ed} (daN)	V_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)	σ_{cp} (daN/cm ²)	V_{Rd} (daN)	$V_{Rd,min}$ (daN)
n° 1 STR (A1)	56700	56193	240828	4,1	67183	45195
n° 2 E con +k _v	44318	62177	373061	3,2	65459	43470
n° 2 E con -k _v	39682	62177	373061	2,8	64813	42824

(N.B. Z=0 sulla sommità della parete)

Base

Armatura tesa:	As1=	106,2	cmq
Armatura compressa:	As2=	53,1	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	10,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	140,0	cm

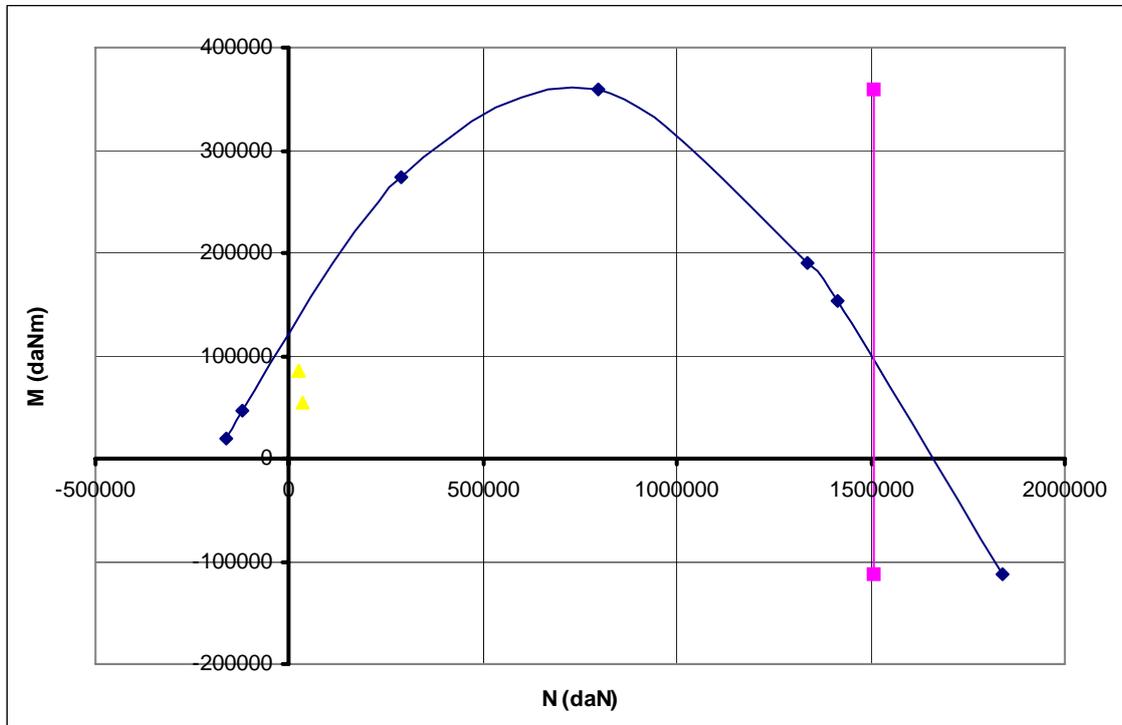
Comb. di carico	N_{Ed} (daN)	V_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	56700	56193	240828
n° 2 E con +k _v	44318	62177	373061
n° 2 E con -k _v	39682	62177	373061



Sez. a quota Z(m) = 7,00

Armatura tesa:	As1=	26,6	cmq
Armatura compressa:	As2=	15,7	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	7,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	140,0	cm

Comb. di carico	N _{Ed} (daN)	V _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	33075	21072	54632
n° 2 E con +k _v	25852	24538	85884
n° 2 E con -k _v	23148	24538	85884

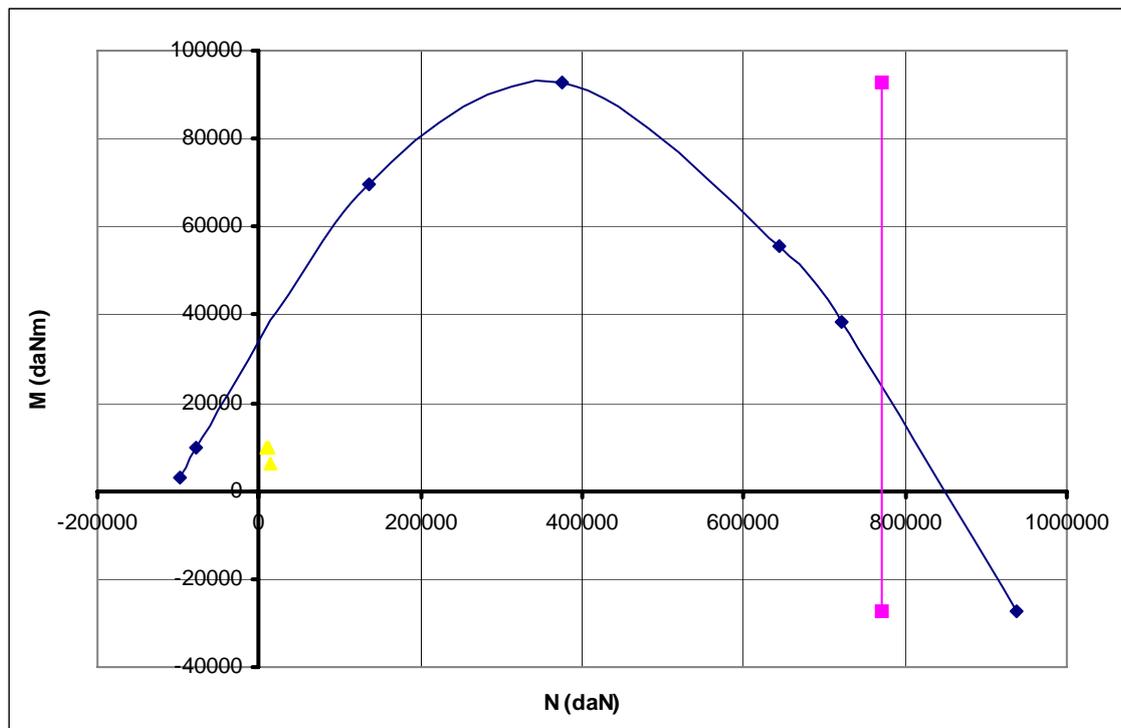


Sez. a quota Z(m) = 3,00

 Armatura tesa: As1= 15,7 cmq
 Armatura compressa: As2= 10,1 cmq
 Copriferro arm. tesa: d1= 7,0 cm
 Copriferro arm. comp: d2= 5,0 cm
 Altezza sezione: h= 70,0 cm

Forza assiale Ns = 11080 daN
 Momento flettente Ms = 9741 daNm
 Forza di taglio Vs = 6494 daN

Comb. di carico	N _{Ed} (daN)	V _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	14175	5017	6021
n° 2 E con +k _v	11080	6494	9741
n° 2 E con -k _v	9920	6494	9741



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 56 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Distanza asse palo dal bordo parete: L= 0,40 "

Comb. di carico	Rvd (daN)	Fsd (daN)	Asd (cmq)
n° 1 STR (A1)	305733	89921	23,5
n° 2 STR (A1)	403253	118604	31,0
n° 3 E con +k _v	395736	116393	30,4
n° 3 E con -k _v	381909	112326	29,4

VERIFICA SPIGOLO MENSOLA LATO MONTE

Tensione di snervamento di progetto: f_{yd}= 3826 daN/cm²
Copriferro armature: d_l= 10 cm
Altezza utile sezione: d= 1,70 m
Distanza asse palo dal bordo parete: L= 0,40 "

Comb. di carico	Rvd (daN)	Fsd (daN)	Asd (cmq)
n° 1 STR (A1)	245786	72290	18,9
n° 2 STR (A1)	221366	65108	17,0
n° 3 E con +k _v	33737	9923	2,6
n° 3 E con -k _v	5683	1671	0,4

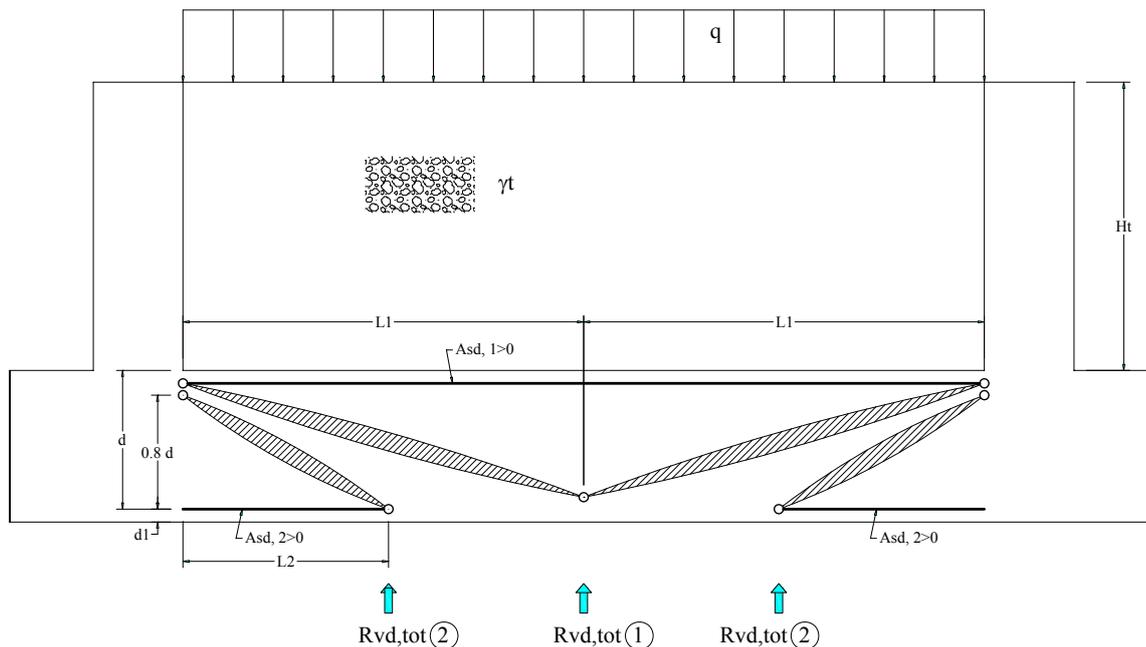


Figura 9 – Modello di calcolo bordo posteriore zattera

VERIFICA BORDO POSTERIORE CENTRALE

Tratto compreso tra i muri di risvolto

Tensione di snervamento di progetto:	$f_{yd} =$	3826	daN/cm ²
Copriferro armature:	$d_1 =$	10	cm
Altezza utile sezione:	$d =$	1,70	m
Distanza asse palo centrale dal bordo interno muro di risvolto:	$L_1 =$	0,00	"
Distanza asse palo laterale dal bordo interno muro di risvolto:	$L_2 =$	1,80	"
Area di influenza palo centrale:	$A_1 =$	0,00	m ²
Area di influenza palo laterale:	$A_2 =$	10,08	"
Altezza terreno di ricoprimento:	$H_t =$	11,8	m
Peso specifico terreno:	$\gamma_t =$	2000	daN/m ³
Sovraccarico sul terrapieno:	$q =$	2000	daN/m ²

Carico sui pali Comb. 1 e 2:

Palo centrale: $N_{1,e} = A_1 (H_t \times \gamma_t + q)$	$N_{1,e} =$	0	daN
Palo laterale: $N_{2,e} = A_2 (H_t \times \gamma_t + q)$	$N_{2,e} =$	257040	"

Carico sui pali Comb. 3:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 58 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Palo centrale: $N_{1,s} = A_1 (H_t \times \gamma_t)$ $N_{1,s} = 0$ daN
Palo laterale: $N_{2,s} = A_2 (H_t \times \gamma_t)$ $N_{2,s} = 236880$ "

PALO CENTRALE

$$R_{vd,tot} = 1/2 (R_{vd} - N_1)$$

$$F_{sd} = R_{vd,tot} \times L_1 / 0,8 d$$

$$A_{sd} = F_{sd} / F_{yd} \quad (A_{sd,1} > 0 \text{ armatura sup. ; } A_{sd,1} < 0 \text{ armatura inf.})$$

Comb. di carico	$R_{vd} / 2$ (daN)	$N_1 / 2$ (daN)	$R_{vd,tot}$ (daN)	F_{sd} (daN)	$A_{sd,1}$ (cmq)
n° 1 STR (A1)	122893	0	122893	0	0,0
n° 2 STR (A1)	110683	0	110683	0	0,0
n° 3 E con $+k_v$	16869	0	16869	0	0,0
n° 3 E con $-k_v$	2841	0	2841	0	0,0

PALO LATERALE

$$R_{vd,tot} = R_{vd} - N_2$$

$$F_{sd} = R_{vd,tot} \times L_2 / 0,8 d$$

$$A_{sd} = F_{sd} / F_{yd} \quad (A_{sd,2} > 0 \text{ armatura inf. ; } A_{sd,2} < 0 \text{ armatura sup.})$$

Comb. di carico	R_{vd} (daN)	N_2 (daN)	$R_{vd,tot}$ (daN)	F_{sd} (daN)	$A_{sd,2}$ (cmq)
n° 1 STR (A1)	245786	257040	-11254	-14895	-3,9
n° 2 STR (A1)	221366	257040	-35674	-47216	-12,3
n° 3 E con $+k_v$	33737	236880	-203143	-268865	-70,3
n° 3 E con $-k_v$	5683	236880	-231197	-305996	-80,0

2.2 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

Le sollecitazioni di progetto dei pali di fondazione sono state determinate a partire da quelle alla base della zattera per le combinazioni di carico del gruppo SLU A1 STR, schematizzando i pali come travi su suolo elastico in funzione delle grandezze di cui alla Tabella 2.1 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 59 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

E	=	31220	MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	0.1018	m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80	m	larghezza efficace del palo
Es	=	23400	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.83	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero

Tabella 2.1– Grandezze per la schematizzazione dei pali come travi su suolo elastico

V	=	653.0	kN	taglio alla testa del palo
Mmax	=	1576.3	kNm	massimo momento flettente
Nmax	=	4033	kN	Massimo valore forza assiale
Nmin	=	2214	kN	Minimo valore forza assiale

Tabella 2.2 – Sollecitazioni di progetto dei pali di fondazione

```

+----- Software Ingegneriasoft ---+
|                               Sezione: PALI SPALLA S1                               |
+----- www.ingegneriasoft.com ---+

```

OPZIONI:

Metodo di calcolo: Stati Limite; Normativa Tecnica: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;

MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; Rck=30.00; Ec= 31447.16; MPa; GammaC: 1.50
fck=24.90; fcd=14.11; fctk=1.79; fctd=1.19; fctm=2.56; fcfm=3.07; (in MPa)
Grafico tensioni/deformazioni cls: f2=14.11 MPa; epsCu2=0.0035; epsC2=0.0020
Acciaio barre: B450C; GammaS : 1.15
fyk=450.00; fyd=391.30; fbd=2.69; Es=206000.00; (in MPa);
Grafico tensioni/deformazioni acciaio: epsSu=0.0100; k=1.00
Acciaio staffe: fyks=430.00, fyds=373.91 (in MPa)

FORMA DELLA SEZIONE: Circolare

Raggio: R = 60.00 cm
Area totale acciaio: Ast = 62.83 cm²
Copriferro di progetto: c = 5.00 cm
Diametro staffe: ds = 10 mm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: Acls = 11309.73 cm²; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = -0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 10069942.71 cm⁴; Jy = 10069942.71 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 10069942.71 cm⁴; Jeta = 10069942.71 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = 0.00 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KN*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb. N Mx Tx My Ty Mt

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 60 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

1	4033.00	1576.00	0.00	0.00	653.00	0.00
2	2214.00	1576.00	0.00	0.00	653.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 2):
Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=0.000000$; $b=2000.000000$; $c=-47785.415906$
Angolo asse neutro-asse x : $\alpha=0.00000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio: $\epsilon_f = -7.55040 / 1000$

Deformazione minima acciaio: $\epsilon_{f'} = 2.91840 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

NS=2214000.00; MxiS=1576000.00; MyiS=-0.00; TxiS=0.00; TyiS=653000.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

NR=2214055.38; MxiR= 1972894.60; MyiR= 0.00

Mxi0=0.67, Myi0=0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.

$MR = ((MxiR - Mxi0)^2 + (MyiR - Myi0)^2)^{1/2} = 1972895.27$

$MS = ((MxiS - Mxi0)^2 + (MyiS - Myi0)^2)^{1/2} = 1576000.67$

Fattore di sicurezza ad N costante: $MR/MS = 1.2518 > 1$

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 2; (fcd=14.1100, fctd=1.19, fck=24.90 in MPa)

Verifica dell'armatura longitudinale per elementi senza armatura trasversale a taglio.

VEd=653000.00 N; d=114.00 cm; bw=52.23 cm; RoL=0.006859; k=1.4189, $\sigma_{CP}=199.5521$,

Vmin=29.5171

$VRd1 = (0.18 * k * (100 * RoL * fck)^{1/3} / \Gamma_{RC} + 0.15 * \sigma_{CP}) * bw * d = 18084534.97$ N

$VRd2 = (Vmin + 0.15 * \sigma_{CP}) * bw * d = 353993.91$ N

VEd < max(VRd1, VRd2) => **VERIFICA POSITIVA**

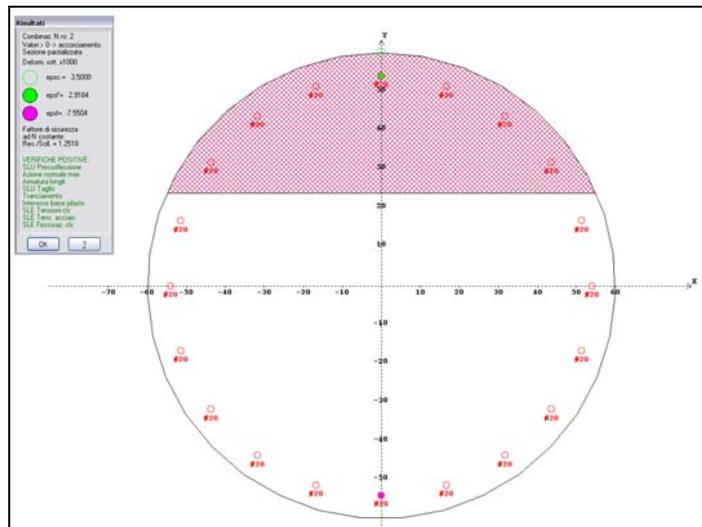
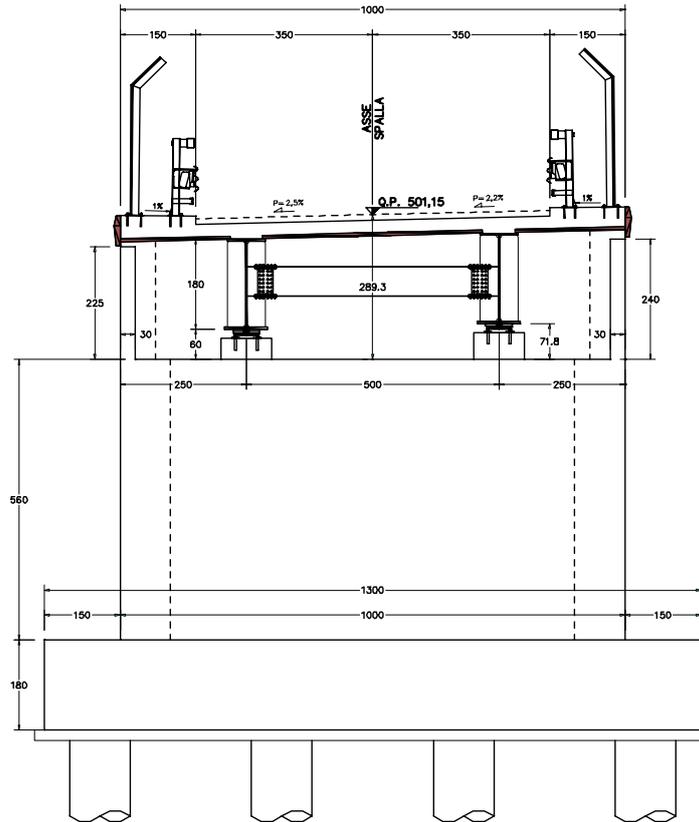


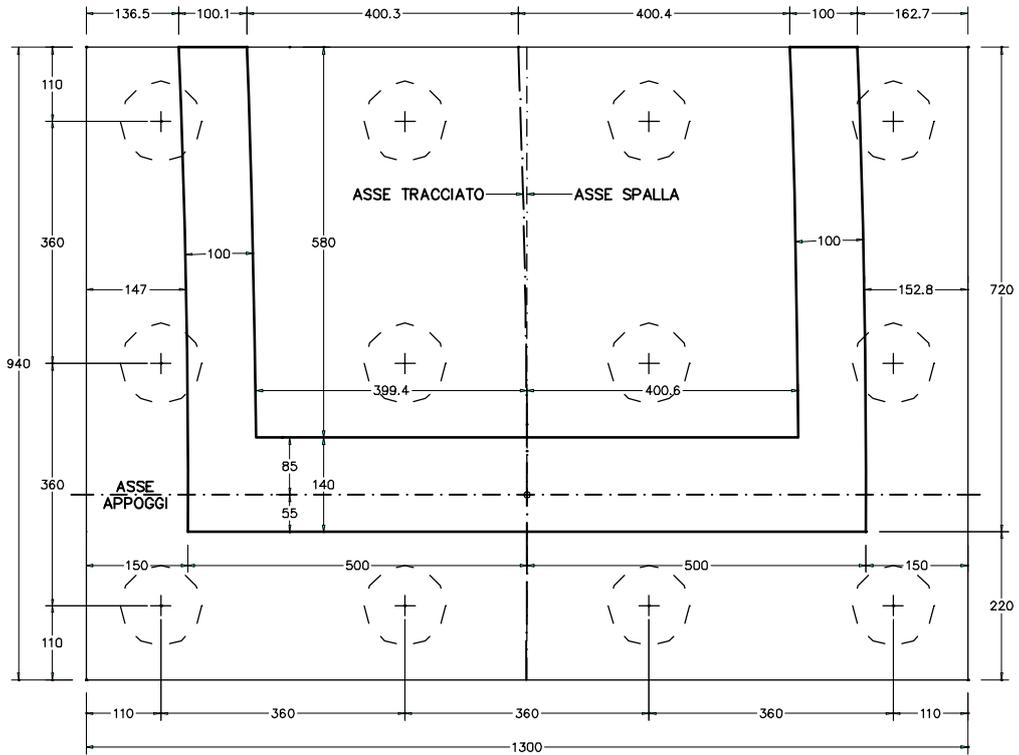
Tabella 2.3 – Geometria sezione di verifica

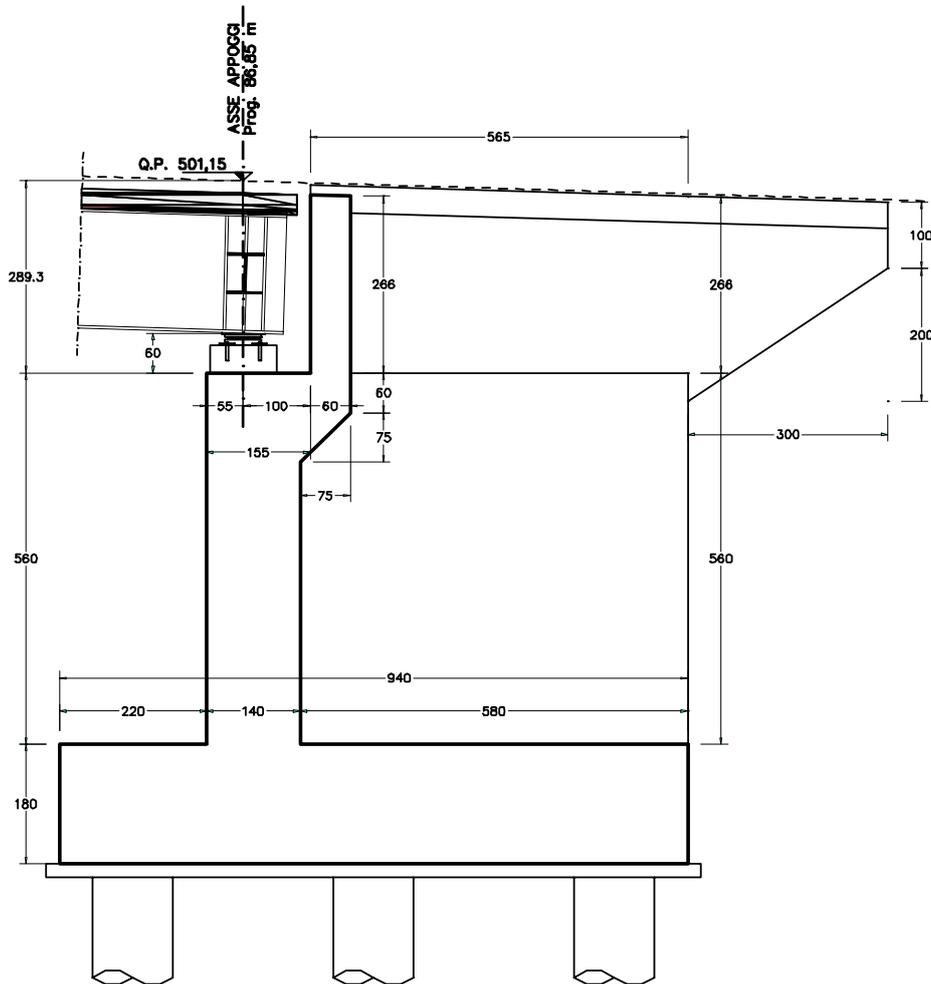
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 61 di 103
Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc	

2.3 Spalla SB (Prog. 0+86.85 Km)

Nella figura seguente sono riportati rispettivamente il prospetto frontale, la pianta delle fondazioni e la sezione longitudinale lungo l'asse della spalla.







1.1.2. Calcolo sollecitazioni

Nel seguente paragrafo sono riportati i tabulati relativi ai dati di input e di output per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche della struttura in oggetto.

=====[DATI DI INPUT]=====

-----> GEOMETRIA <-----

Lunghezza mensola di valle zattera.....	=	2,20 (m)
Lunghezza mensola di monte zattera.....	=	5,80 (m)
Lunghezza totale zattera.....	=	13,00 (m)
Spessore zattera.....	=	1,80 (m)
Spessore parete.....Sp	=	1,40 (m)
Altezza parete.....Hp	=	5,60 (m)
Lunghezza totale parete.....	=	10,00 (m)
Spessore paraghiaia.....	=	0,60 (m)
Altezza paraghiaia.....	=	2,70 (m)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 64 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Lunghezza raccordo paraghiaia..... = 0,75 (m)
Altezza raccordo paraghiaia..... = 0,60 (m)

Spessore terreno sopra la zattera = 0,00 (m)
Eccentricità appoggi rispetto all' asse parete.... = 0,550 (m)
Distanza, rispetto alla sommità delle parete,
del punto di applicazione dell' azione sismica
longitudinale dovuta all' impalcato..... = 0,60 (m)

-----> PALI <-----

Diametro dei pali..... = 1,20 (m)

1,80
Modulo elastico del cls dei pali..... = 312200 (daN/cm²)
3,60
Costante elastica del terreno..... = 1,3 (daN/cm³)
Numero totale di pali.....Np = 12
Modulo di resistenza pali esterni..... Wp = 28,80 (m)

N.B. $N \text{ sul palo} = N/Np + Mtot/Wp$

-----> TERRENO <-----

Peso specifico del terreno..... γ_t = 2000 (daN/m³)
Angolo di attrito interno del terreno..... ϕ = 35,00 (°)
Inclinaz. terrapieno rispetto all' orizzontale.. β = 0,00 (°)
Inclinaz. parete interna rispetto alla vert. ... ψ = 0,00 (°)
Angolo di attrito terreno-parete..... δ = 15,00 (°)

-----> COEFFICIENTI SISMICI <-----

Fattore del profilo stratigrafico..... S = 1,20
Accelerazione orizzontale massima..... a_g = 0,903 m/s²
Coeff. riduttivo dell'acc. max..... β_m = 1,000

-----> CARICHI TRASMESSI DALL' IMPALCATO <-----

(azioni totali sulla spalla)

Peso proprio + carichi permanenti..... $G_1 + G_2$ = 78912 (daN)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 65 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Carichi accidentali.....	$q_1 =$	132388	(daN)
Incremento dinamico.....	$q_2 =$	0	(daN)
Frenatura.....	$q_3 =$	72450	(daN)
Vento.....	$q_5 =$	5600	(daN)
Carichi accidentali in fase sismica.....	$q_{1S} =$	0	(daN)
Ritiro e viscosità, ΔT , δ vincolari.....	$\epsilon_{2;3;4} =$	118699	(daN)
Peso fittizio impalcato per il calcolo dell'			
azione sismica orizzontale.....	=	891304	(daN)
Carico accidentale fittizio per il calcolo dell'			
azione sismica orizzontale.....	=	0	(daN)
Peso fittizio impalcato per il calcolo della			
forza di attrito longitudinale.....	=	4321	(daN)
Carico accidentale fittizio per il calcolo della			
forza di attrito longitudinale.....	=		(daN)
Coefficiente di attrito appoggi a ponte SCARICO...	=	1,000	
Coefficiente di attrito appoggi a ponte CARICO....	=	1,000	
Carico sul terrapieno in esercizio.....	=	2000	(daN/m ²)

=====[DATI CALCOLATI]=====

Larghezza totale zattera.....	=	9,40	(m)
Altezza totale spalla.....	=	10,10	(m)
Peso specifico del cls.....	=	2500	(daN/m ³)
Volume zattera.....	=	219,96	(m ³)
Volume parete	=	78,40	(m ³)
Volume paraghiaia.....	=	19,80	(m ³)

=====[DATI CALCOLATI]=====

Larghezza totale zattera.....	=	9,40	(m)
Altezza totale spalla.....	=	10,10	(m)
Peso specifico del cls.....	=	2500	(daN/m ³)
Volume zattera.....	=	219,96	(m ³)
Volume parete	=	78,40	(m ³)
Volume paraghiaia.....	=	19,80	(m ³)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 66 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Coefficiente di spinta attiva..... $K_a = 0,248$
Coefficiente sismico orizzontale..... $k_h = 0,110$
Coefficiente sismico verticale..... $k_v = 0,055$
Angolo di incremento spinta..... $\theta = 6,7 \text{ (}^\circ\text{)}$
 K_a in fase sismica..... $K_a' = 0,318$
Lunghezza d' onda del palo..... $L_0 = 2,521 \text{ (m)}$
Lunghezza bandiera..... $= 5,3 \text{ (m)}$

===== [CALCOLO SOLLECITAZIONI valori nominali] =====

-----> CARICHI PERMANENTI (a ml. di parete) <-----

$g_1 + g_2$ Impalcato (statico)..... = 7891 daN/m
 g_1 Zattera..... = 54990 daN/m
 g_1 Parete = 19600 daN/m
 g_1 Paraghiaia..... = 4950 daN/m
 g_3 Peso del terreno..... = 96280 daN/m
 g_3 Spinta del terreno..... = 25275 daN/m

-----> CARICHI ACCIDENTALI (a ml. di parete) <-----

q_1+q_2 sull' impalcato..... = 13239 daN/m
 q_1 sovraccarico sul terreno in esercizio..... = 11600 daN/m
 q_1 Spinta del terreno per effetto del sovraccarico
in esercizio..... = 5005 daN/m
 q_1s sull' impalcato in situazione sismica..... = 0 daN/m
 $\varepsilon_{2,3,4}$ Ritiro e viscosità, ΔT , δ vincolari..... = 11870 daN/m
 q_3 dell' impalcato (frenatura)..... = 7245 daN/m
 q_5 vento sull'impalcato..... = 560 daN/m
 q_6h peso proprio impalcato..... = 9840 daN/m
 q_6h carichi mobili presenti in fase sismica..... = 0 daN/m
 q_6h spinta del terreno in fase sismica..... = 34192 daN/m
 q_6h parete = 2164 daN/m
 q_6h paraghiaia..... = 546 daN/m
 q_6h zattera..... = 6071 daN/m
 q_6h peso terreno..... = 10629 daN/m
 q_7 (attrito appoggi) a ponte SCARICO..... = 432 daN/m
 q_7 (attrito appoggi) a ponte CARICO..... = 432 daN/m

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 67 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

=====[COMBINAZIONE N.1]=====

EQU $\gamma_{G1}=1,10$ $\gamma_{Qi}=0,00$
 $\gamma_Q=0,00$ $\gamma_{\epsilon 2;3;4}=0,00$
Altezza totale spalla = 10,10 (m) N° pali = 12
Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico N (daN) x (m) V (daN) z (m)

Impalcato ($G_1 + G_2$) 8680 2,35
Parete 21560 1,80
Paraghiaia 5445 0,65
Zattera 60489 0,00
Peso terreno 105908 -1,80
Spinta terreno 27802 3,37
Attrito degli appoggi 475 7,40

Sollecitazioni $N_{s,tot}$ $V_{s,tot}$ $M_{s,tot}$
(daN) (daN) (daNm)

Sez. d'attacco del muro 35685 17544 52481
Zattera di fondazione 202082 28277 -30771

=====[COMBINAZIONE N.2]=====

EQU $\gamma_{G1}=1,10$ $\gamma_{Qi}=1,50$
 $\gamma_Q=1,35$ $\gamma_{\epsilon 2;3;4}=1,20$
Altezza totale spalla = 10,10 (m) N° pali = 12
Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³
Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico N (daN) x (m) V (daN) z (m)

Impalcato ($G_1 + G_2$) 8680 2,35
Carichi mobili ($q_1 + q_2$) 17872 2,35
 ϵ_c e ϕ_c , Δ_T , δ_v ($\epsilon_{2;3;4}$) 14244 2,35
Vento 840 2,35
Parete 21560 1,80
Paraghiaia 5445 0,65

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 68 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Zattera	60489	0,00		
Frenatura			7245	7,40
Peso terreno	105908	-1,80		
Spinta terreno			27802	3,37
Sovracc. sul terrapieno	15660	-1,80		
Spinta sovraccarico			6757	5,05
Attrito degli appoggi			475	7,40

	Ns,tot	Vs,tot	Ms,tot
Sollecitazioni	(daN)	(daN)	(daNm)

Sez. d'attacco del muro	68642	28902	128248
Zattera di fondazione	250699	42279	106222

=====**[COMBINAZIONE N.3]**=====

azione sismica E con +k_v	$\gamma_{G1}=1,00$	$\gamma_{Q1}=0,00$
	$\gamma_Q=1,00$	$\gamma_{\epsilon 2;3;4}=0,00$
Altezza totale spalla =	10,10 (m)	N° pali = 12
Spessore zattera =	1,80 (m)	W pali = 28,80 m ³
Eccentricità appoggi(*) =	0,55 (m)	dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)
Impalcato (G ₁ + G ₂)	7891	2,35	9840	8,00
Carichi mobili (q ₁ + q ₂)	0	2,35	0	8,00
Parete	20682	1,80	2164	4,60
Paraghiaia	5223	0,65	546	8,45
Zattera	58025	0,00	6071	0,90
Peso terreno	101595	-1,80	10629	5,95
Spinta sismica terreno			34192	5,05

	Ns,tot	Vs,tot	Ms,tot
Sollecitazioni	(daN)	(daN)	(daNm)

Sez. d'attacco del muro	33796	46270	228187
Zattera di fondazione	193416	63443	210966

=====**[COMBINAZIONE N.1]**=====

STR (A1)	$\gamma_{G1}=1,35$	$\gamma_{Q1}=0,00$
-----------------	--------------------	--------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 69 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

$\gamma_Q=0,00$ $\gamma_{e2;3;4}=0,00$

Altezza totale spalla = 10,10 (m) N° pali = 12

Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³

Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)

Impalcato (G ₁ + G ₂)	10653	2,35		
Parete	26460	1,80		
Paraghiaia	6683	0,65		
Zattera	74237	0,00		
Peso terreno	129978	-1,80		
Spinta terreno			34121	3,37
Attrito degli appoggi			583	7,40

Sollecitazioni	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)

Sez. d'attacco del muro	43796	17652	53676
Zattera di fondazione	248010	34704	-37764

=====[**COMBINAZIONE N.2**]=====

STR (A1) $\gamma_{G1}=1,35$ $\gamma_{Qi}=1,50$

$\gamma_Q=1,35$ $\gamma_{e2;3;4}=1,20$

Altezza totale spalla = 10,10 (m) N° pali = 12

Spessore zattera = 1,80 (m) W pali = 28,80 m³

Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)

Impalcato (G ₁ + G ₂)	10653	2,35		
Carichi mobili (q ₁ + q ₂)	17872	2,35		
ε_c e ϕ_c , Δ_T , δ_v ($\varepsilon_{2;3;4}$)	14244	2,35		
Vento	840	2,35		
Parete	26460	1,80		
Paraghiaia	6683	0,65		
Zattera	74237	0,00		
Frenatura			7245	7,40
Peso terreno	129978	-1,80		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 70 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Spinta terreno		34121	3,37
Sovracc. sul terrapieno	15660	-1,80	
Spinta sovraccarico		6757	5,05
Attrito degli appoggi		583	7,40

	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
--	-----------------	-----------------	------------------

Sez. d'attacco del muro	76752	29010	142484
Zattera di fondazione	296626	48706	99228

=====[COMBINAZIONE N.3]=====

azione sismica E con -k_v	$\gamma_{G1}=1,00$	$\gamma_{Q1}=0,00$
	$\gamma_Q=1,00$	$\gamma_{E2;3;4}=0,00$
Altezza totale spalla =	10,10 (m)	N° pali = 12
Spessore zattera =	1,80 (m)	W pali = 28,80 m ³
Eccentricità appoggi(*) =	0,55 (m)	dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)
Impalcato (G ₁ + G ₂)	7891	2,35	9840	8,00
Carichi mobili (q ₁ + q ₂)	0	2,35	0	8,00
Parete	18518	1,80	2164	4,60
Paraghiaia	4677	0,65	546	8,45
Zattera	51955	0,00	6071	0,90
Peso terreno	90965	-1,80	10629	5,95
Spinta sismica terreno			34192	5,05

	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
--	-----------------	-----------------	------------------

Sez. d'attacco del muro	31086	46270	228406
Zattera di fondazione	174006	63443	225849

=====[COMBINAZIONE N.1]=====

GEO (A2)	$\gamma_{G1}=1,00$	$\gamma_{Q1}=0,00$
	$\gamma_Q=0,00$	$\gamma_{E2;3;4}=0,00$
Altezza totale spalla =	10,10 (m)	N° pali = 12
Spessore zattera =	1,80 (m)	W pali = 28,80 m ³

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 71 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Eccentricità appoggi(*) = 0,55 (m) dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)
Impalcato ($G_1 + G_2$)	7891	2,35		
Parete	19600	1,80		
Paraghiaia	4950	0,65		
Zattera	54990	0,00		
Peso terreno	96280	-1,80		
Spinta terreno			25275	3,37
Attrito degli appoggi			432	7,40

Sollecitazioni	$N_{s,tot}$ (daN)	$V_{s,tot}$ (daN)	$M_{s,tot}$ (daNm)
----------------	----------------------	----------------------	-----------------------

Sez. d'attacco del muro	32441	17501	52003
Zattera di fondazione	183711	25707	-27973

=====[COMBINAZIONE N.2]=====

GEO (A2)	$\gamma_{G1}=1,00$	$\gamma_{Qi}=1,30$
	$\gamma_Q=1,15$	$\gamma_{\varepsilon_{2;3;4}}=1,00$
Altezza totale spalla =	10,10 (m)	N° pali = 12
Spessore zattera =	1,80 (m)	W pali = 28,80 m ³
Eccentricità appoggi(*) =	0,55 (m)	dall' asse parete

Carico	N (daN)	x (m)	V (daN)	z (m)
Impalcato ($G_1 + G_2$)	7891	2,35		
Carichi mobili ($q_1 + q_2$)	15225	2,35		
ε_c e ϕ_c , Δ_T , δ_v ($\varepsilon_{2;3;4}$)	11870	2,35		
Vento	728	2,35		
Parete	19600	1,80		
Paraghiaia	4950	0,65		
Zattera	54990	0,00		
Frenatura			7245	7,40
Peso terreno	96280	-1,80		
Spinta terreno			25275	3,37
Sovracc. sul terrapieno	13340	-1,80		
Spinta sovraccarico			5756	5,05

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 72 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Attrito degli appoggi 432 7,40

	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)

Sez. d'attacco del muro	60264	28859	137987
Zattera di fondazione	224874	38707	96076

=====[TABELLE RIASSUNTIVE]=====

Sollecitazioni alla base della zattera (totali) EQU

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)	M/N (m)	M/V (m)
n° 1	2020823	282773	-307708	-0,15	-1,09
n° 2	2506985	422789	1062219	0,42	2,51

Sollecitazioni alla base della parete (a ml.) EQU

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
n° 1	35685	17544	52481
n° 2	68642	28902	128248

=====[TABELLE RIASSUNTIVE]=====

Sollecitazioni alla base della zattera (totali) STR (A1)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)	M/N (m)	M/V (m)
n° 1	2480101	347040	-377642	-0,15	-1,09
n° 2	2966263	487055	992285	0,33	2,04

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 73 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Sollecitazioni alla base della parete (a ml.) STR (A1)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
n° 1	43796	17652	53676
n° 2	76752	29010	142484

=====[TABELLE RIASSUNTIVE]=====

Sollecitazioni alla base della zattera (totali) GEO (A2)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)	M/N (m)	M/V (m)
n° 1	1837112	257067	-279735	-0,15	-1,09
n° 2	2248737	387072	960760	0,43	2,48

Sollecitazioni alla base della parete (a ml.) GEO (A2)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
n° 1	32441	17501	52003
n° 2	60264	28859	137987

Sollecitazioni alla base della zattera (totali)

Combinazione di carico	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)	M/N (m)	M/V (m)
n° 3					
azione sismica E con +k _v	1934165	634426	2109659	1,09	3,33

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 74 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

azione sismica E con $-k_v$ 1740059 634426 2258486 1,30 3,56

Sollecitazioni alla base della parete (a ml.)

Combinazione di carico n° 3	Ns,tot (daN)	Vs,tot (daN)	Ms,tot (daNm)
azione sismica E con $+k_v$	33796	46270	228187
azione sismica E con $-k_v$	31086	46270	228406

2.3.1 Verifica parete frontale

Con riferimento alle sollecitazioni calcolate nel paragrafo precedente, nel seguito sono riportate le verifiche della parete frontale, per le combinazioni di carico considerate, relative a una striscia di muro di larghezza unitaria.

VERIFICA PARETE

Resistenza caratteristica cubica:	Rck=	300	daN/cm ²
Tensione di snervamento di progetto:	f _{yd} =	3826	"
Resistenza a compressione di calcolo:	f _{cd} =	141,1	"
Armatura tesa:	A _{s1} =	53,1	cm ²
Armatura compressa:	A _{s2} =	53,1	cm ²
Copriferro arm. tesa:	d ₁ =	7,0	cm
Copriferro arm. comp:	d ₂ =	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	140	cm
Altezza utile sezione:	d=	133	cm

Sezione non armata a taglio

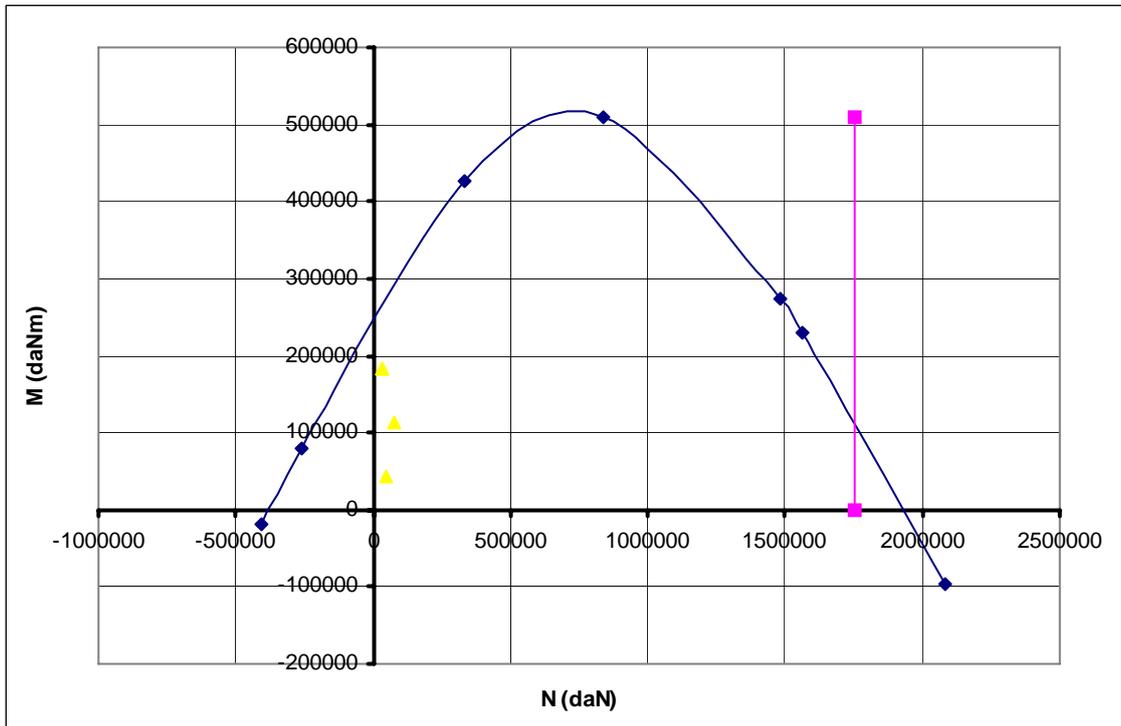
- Verifica calcestruzzo:	V _{Rd} =	142897	daN
- Verifica armature:	Coeff. condizioni di vincolo parete:K=		0,80

Comb. di carico	N _{Sd} (daN)	V _{Sd} (daN)	M _{Sd} (daNm)	σ _{cp} (daN/cm ²)	V _{Rd} (daN)	V _{Rd,min} (daN)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 75 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

n° 1 STR (A1)	43796	14122	42941	3,1	53866	44216
n° 2 STR (A1)	76752	23208	113987	5,5	58562	48912
n° 3 E con +k _v	33796	37016	182550	2,4	52441	42791
n° 3 E con -k _v	31086	37016	182725	2,2	52055	42405

Nella figura seguente è rappresentato il dominio della sezione di base della parete frontale con



riportate le sollecitazioni relative alle combinazioni di carico considerate.

2.3.2 Verifica paraghiaia

La verifica è stata effettuata con riferimento a una mensola costituita da una striscia di muro di larghezza unitaria e di altezza pari a quella misurata in asse alla spalla.

Le azioni considerate sono la spinta del terreno e i carichi accidentali costituiti da un carico distribuito pari a 2000 daN/mq agente sul terrapieno e da una fila di impronte del $Q_{1,k}$, agente sulla sommità.

Al fine di determinare le sollecitazioni sismiche, la quota della base del paraghiaia è stata considerata nella sua posizione verticale effettiva rispetto alla zattera.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 76 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

=====[DATI DI INPUT]=====

-----> GEOMETRIA <-----

Altezza parete spalla..... Hp = 5,60 (m)
Spessore parete alla base..... B_inf = 0,60 (m)
Spessore parete in sommità..... B_sup = 0,60 (m)
Altezza paraghiaia..... H = 2,70 (m)
Inclinazione parete (lato verso il terreno)..... ψ = 0,00 (°)
(verticali = 0° / positivo = antiorario)

-----> TERRENO SPINGENTE <-----

Peso specifico..... γ = 2000 (daN/mc)
Angolo di attrito interno..... ϕ = 35,00 (°)
Inclinazione del terrapieno..... β = 0,00 (°)
(orizzontale = 0° / positivo = antiorario)
Angolo di attrito terreno-parete..... δ = 15,00 (°)

-----> COEFFICIENTI SISMICI <-----

Fattore del profilo stratigrafico..... S = 1,200
Accelerazione orizzontale massima..... a_g = 0,903
Coeff. riduttivo dell'acc. max..... β_m = 1,00

-----> CARICHI <-----

Carico accidentale sul terrapieno
- in esercizio..... Q = 2000 (daN/mq)
- in fase sismica..... Qs = 0 "

Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)
- forza verticale (a)..... N = 3846 (daN/m)
- forza orizzontale (b)..... V = 2308 "
- momento flettente (c)..... M = 481 (daNm/m)

Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)
- forza verticale (a)..... Nsis = 0 (daN/m)
- forza orizzontale (b)..... Vsis = 0 "
- momento flettente (c)..... Msis = 0 (daNm/m)

- (a) N > 0 se rivolta verso il basso
(b) V > 0 se rivolta verso valle

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 77 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

(c) $M > 0$ se tende a ribaltare il muro verso valle

===== [DATI CALCOLATI] =====

Lunghezza base parete..... $L_{tot} =$ 0,60 (m)
Altezza totale muro..... $H_{tot} =$ 8,30 (m)
Volume parete..... = 1,62 (mc/m)
Coefficiente di spinta attiva..... $K_a =$ 0,248
Coefficiente sismico orizzontale..... $k_h =$ 0,110
Coefficiente sismico verticale..... $k_v =$ 0,055
Angolo di incremento di spinta..... $\theta =$ 6,7 (°)
Coeff. di spinta attiva in fase sismica..... $K_a' =$ 0,318

===== [AZIONI AGENTI SUL MURO (a ml.)] =====

Peso della parete..... = 4050 daN/m
Spinta del terreno in esercizio..... = 17069 "
Spinta del terreno (sovracc. in esercizio)..... = 4113 "
Spinta del terreno (sovracc. in fase sismica)..... = 0 "
Spinta del terreno (in fase sismica) = 23091 "

Forza d'inerzia parete..... = 447 "
Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)
- forza verticale..... $N =$ 3846 "
- forza orizzontale..... $V =$ 2308 "
- momento flettente..... $M =$ 481 daNm/m
Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)
- forza verticale..... $N_{sis} =$ 0 daN/m
- forza orizzontale..... $V_{sis} =$ 0 "
- momento flettente..... $M_{sis} =$ 0 daNm/m

===== [CONDIZIONE DI CARICO N. 1 - STR (A1)] =====

CARICO	$\gamma_{G1} = 1,35$		$\gamma_Q = 1,35$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	5468	0,000		
Spinta del terreno.....			23043	2,767
Sovraccarico sul terrapieno (Q)..			5553	4,150
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (N).....	5192	0,000		
- forza orizzontale (V).....			3115	8,300

- mom. flettente M = 481 daNm/m

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale..... Ntot = 10660 (daN/m)

- momento..... Mtot = 113142 (daNm/m)

- azione orizzontale..... Htot = 31711 (daN/m)

- eccentricità..... e = 10,61 (m)

	Ns	Vs	Ms
	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
Sollecitazioni base paraghiaia			
-----	-----	-----	-----
	10660	-7360	13693

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con +k_v] ===

	$\gamma_{G1} = 1,00$		$\gamma_Q = 1,00$	
CARICO	N	x	V	z
	(daN/m)	(m)	(daN/m)	(m)
Parete.....	4274	0,000	447	6,950
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	4,150
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (Nsis).....	0	0,000		
- forza orizzontale (Vsis).....			0	8,300
- mom. flettente Msis= 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			23091	4,150

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale..... Ntot = 4274 (daN/m)

- momento..... Mtot = 98934 (daNm/m)

- azione orizzontale..... Htot = 23538 (daN/m)

- eccentricità..... e = 23,15 (m)

	Ns	Vs	Ms
	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
Sollecitazioni base paraghiaia			
-----	-----	-----	-----
	4274	-2891	2803

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con -k_v] ===

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 79 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

CARICO	$\gamma_{G1} = 1,00$		$\gamma_Q = 1,00$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	3826	0,000	447	6,950
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	4,150
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (Nsis).....	0	0,000		
- forza orizzontale (Vsis).....			0	8,300
- mom. flettente Msis= 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			23091	4,150

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale.....	Ntot =	3826	(daN/m)
- momento.....	Mtot =	98934	(daNm/m)
- azione orizzontale.....	Htot =	23538	(daN/m)
- eccentricità.....	e =	25,86	(m)

Sollecitazioni base paraghiaia	Ns (daN/m)	Vs (daN/m)	Ms (daNm/m)
-----	-----	-----	-----
	3826	-2891	2803

= [VERIFICHE DI RESISTENZA] == [Unità di misura daN,cm.] =

Resistenza caratteristica cubica:	Rck=	300	daN/cm ²
Tensione di snervamento di progetto:	f _{yd} =	3826	"
Resistenza a compressione di calcolo:	f _{cd} =	141	"

Armatura tesa:	As1=	10,1	cm ²
Armatura compressa:	As2=	10,1	cm ²
Copriferro arm. tesa:	d1=	6,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	6,0	cm
Altezza sezione:	h=	60	cm
Altezza utile sezione:	d=	54	cm

Sezione non armata a taglio

- Verifica calcestruzzo:	V _{rd} =	58018	daN
- Verifica armature:			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 80 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

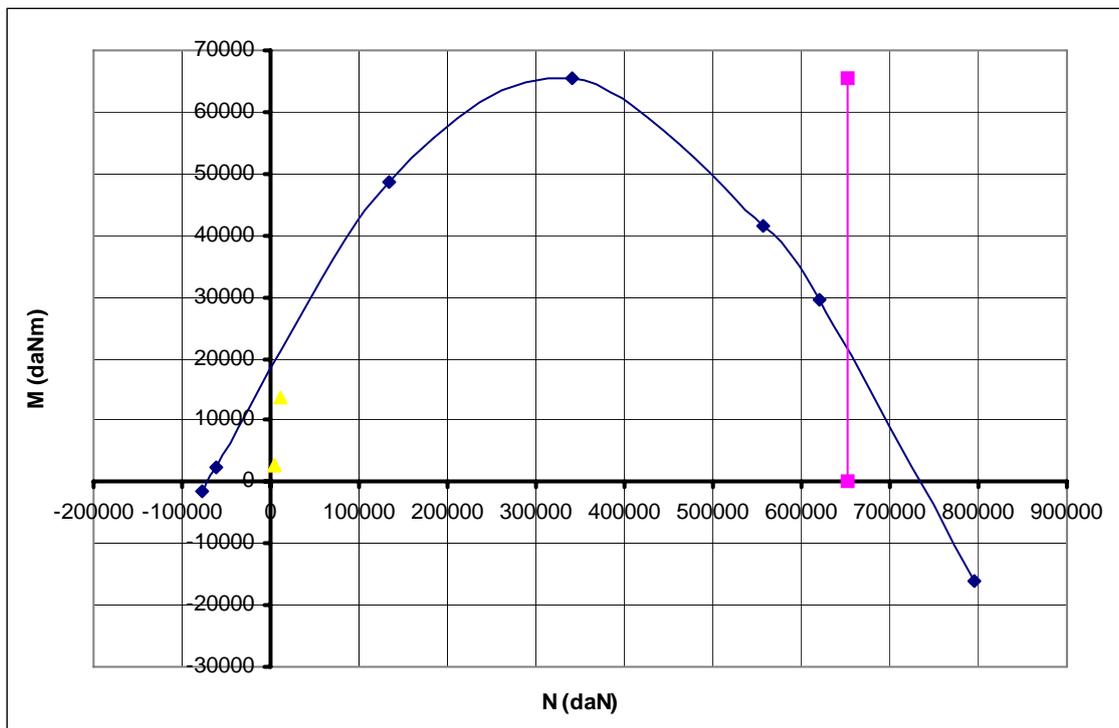
Comb. di carico	N_{Ed} (daN)	V_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)	σ_{cp} (daN/cm ²)	V_{Rd} (daN)	$V_{Rd,min}$ (daN)
n° 1 STR (A1)	10660	7360	13693	1,8	18817	20680
n° 2 E con +k _v	4274	2891	2803	0,7	17955	19818
n° 2 E con -k _v	3826	2891	2803	0,6	17895	19757

Base

Armatura tesa:	As1=	10,1	cmq
Armatura compressa:	As2=	10,1	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	6,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	5,0	cm
Altezza sezione:	h=	60,0	cm

Comb. di carico	N_{Ed} (daN)	V_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	10660	7360	13693
n° 2 E con +k _v	4274	2891	2803
n° 2 E con -k _v	3826	2891	2803

Nella figura seguente è rappresentato il dominio della sezione di base del paraghiaia con riportata la sollecitazioni più gravosa.



2.3.3 Verifica muri andatori

La verifica è stata effettuata con riferimento a una mensola incastrata sulla zattera di fondazione.

Le azioni considerate sono la spinta del terreno e i carichi accidentali costituiti da un carico distribuito pari a 2000 daN/mq agente sul terrapieno.

=====[DATI DI INPUT]=====

-----> GEOMETRIA <-----

Lunghezza fittizia mensola di monte.....Lm = 4,00 (m)
 Spessore parete alla base..... B_inf = 1,00 (m)
 Spessore parete in sommità..... B_sup = 1,00 (m)
 Altezza parete..... H = 8,25 (m)
 Inclinazione parete (lato verso il terreno)..... ψ = 0,00 (°)
 (verticale = 0° / positivo = antiorario)

-----> TERRENO SPINGENTE <-----

Peso specifico..... γ = 2000 (daN/mc)
 Angolo di attrito interno..... ϕ = 35,00 (°)
 Inclinazione del terrapieno..... β = 0,00 (°)
 (orizzontale = 0° / positivo = antiorario)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 82 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Angolo di attrito terreno-parete..... δ = 15,00 (°)

-----> COEFFICIENTI SISMICI <-----

Fattore del profilo stratigrafico..... S = 1,20

Accelerazione orizzontale massima..... a_g = 0,903

Coeff. riduttivo dell'acc. max..... β_m = 1,00

-----> CARICHI <-----

Carico accidentale sul terrapieno

- in esercizio..... Q = 2000 (daN/mq)

- in fase sismica..... Q_s = 0 "

Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)

- forza verticale (a)..... N = 0 (daN/m)

- forza orizzontale (b)..... V = 0 "

- momento flettente (c)..... M = 0 (daNm/m)

Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)

- forza verticale (a)..... N_{sis} = 0 (daN/m)

- forza orizzontale (b)..... V_{sis} = 0 "

- momento flettente (c)..... M_{sis} = 0 (daNm/m)

(a) N > 0 se rivolta verso il basso

(b) V > 0 se rivolta verso valle

(c) M > 0 se tende a ribaltare il muro verso valle

=====[DATI CALCOLATI]=====

Lunghezza base parete..... L_{tot} = 1,00 (m)

Altezza totale muro..... H_{tot} = 8,25 (m)

Volume parete..... = 8,25 (mc/m)

Coefficiente di spinta attiva..... K_a = 0,248

Coefficiente sismico orizzontale..... k_h = 0,110

Coefficiente sismico verticale..... k_v = 0,055

Angolo di incremento di spinta..... θ = 6,7 (°)

Coeff. di spinta attiva in fase sismica..... K_a' = 0,318

=====[AZIONI AGENTI SUL MURO (a ml.)]=====

Peso della parete..... = 20625 daN/m

Spinta del terreno in esercizio..... = 16864 "

Spinta del terreno (sovracc. in esercizio)..... = 4088 "

Spinta del terreno (sovracc. in fase sismica)..... = 0 "

Spinta del terreno (in fase sismica) = 22813 "

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 83 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

```

Forza d'inerzia parete..... =          2277  "
Forza d'inerzia terreno..... =          7286  "
Azioni sulla sommità della parete (in esercizio)
- forza verticale..... N =          0  "
- forza orizzontale..... V =          0  "
- momento flettente..... M =          0 daNm/m
Azioni sulla sommità della parete (in fase sismica)
- forza verticale..... Nsis =          0 daN/m
- forza orizzontale..... Vsis =          0  "
- momento flettente..... Msis =          0 daNm/m

```

=====[CONDIZIONE DI CARICO N. 1 - STR (A1)]=====

CARICO	$\gamma_{G1}=1,35$		$\gamma_Q=1,35$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)
Parete.....	27844	0,000		
Spin83a del terreno.....			22766	2,750
Sovraccarico sul terrapieno (Q)..			5519	4,125
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (N).....	0	0,000		
- forza orizzontale (V).....			0	8,250
- mom. flettente M = 0 daNm/m				

Azioni a livello della base di appoggio

```

-----
- azione verticale..... Ntot =          27844  (daN/m)
- momento..... Mtot =          85373  (daNm/m)
- azione orizzontale..... Htot =          28285  (daN/m)
- eccentricità..... e =          3,07  (m)

```

	Ns (daN/m)	Vs (daN/m)	Ms (daNm/m)
Sollecitazioni base paraghiaia	27844	-28285	85372

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con +k_v] ===

CARICO	$\gamma_{G1}=1,00$		$\gamma_Q=1,00$	
	N (daN/m)	x (m)	V (daN/m)	z (m)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 84 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Parete.....	21764	0,000	2277	4,125
Forza d' inerzia terreno.....			7286	4,125
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	4,125
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (Nsis).....	0	0,000		
- forza orizzontale (Vsis).....			0	8,250
- mom. flettente Msis= 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			22813	4,125

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale.....	Ntot =	21764	(daN/m)
- momento.....	Mtot =	103496	(daNm/m)
- azione orizzontale.....	Htot =	25090	(daN/m)
- eccentricità.....	e =	4,76	(m)

	Ns	Vs	Ms
	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
Sollecitazioni base paraghiaia			
	21764	-32377	133554

=== [CONDIZIONE DI CARICO N. 2 - FASE SISMICA con -k_v] ===

CARICO	$\gamma_{G1}=1,00$		$\gamma_Q=1,00$	
	N	x	V	z
	(daN/m)	(m)	(daN/m)	(m)
Parete.....	19487	0,000	2277	4,125
Forza d' inerzia terreno.....			7286	4,125
Sovraccarico sul terrapieno (Qs).			0	4,125
Azioni sulla sommità della parete				
- forza verticale (Nsis).....	0	0,000		
- forza orizzontale (Vsis).....			0	8,250
- mom. flettente Msis= 0 daNm/m				
Spinta sismica del terreno.....			22813	4,125

Azioni a livello della base di appoggio

- azione verticale.....	Ntot =	19487	(daN/m)
- momento.....	Mtot =	103496	(daNm/m)
- azione orizzontale.....	Htot =	25090	(daN/m)
- eccentricità.....	e =	5,31	(m)

	Ns	Vs	Ms
--	----	----	----

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 85 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Sollecitazioni base paraghiaia	(daN/m)	(daN/m)	(daNm/m)
-----	-----	-----	-----
	19487	-32377	133554

=[VERIFICHE DI RESISTENZA]==[Unità di misura daN,cm.]=

Resistenza caratteristica cubica:	Rck=	300	daN/cm ²
Tensione di snervamento di progetto:	f _{yd} =	3826	"
Resistenza a compressione di calcolo:	f _{cd} =	141	"

Armatura tesa:	As1=	53,1	cm ²
Armatura compressa:	As2=	31,4	cm ²
Copriferro arm. tesa:	d1=	7,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	100	cm
Altezza utile sezione:	d=	93	cm

Sezione non armata a taglio

- Verifica calcestruzzo:	V _{Rd} =	99920	daN
- Verifica armature:			

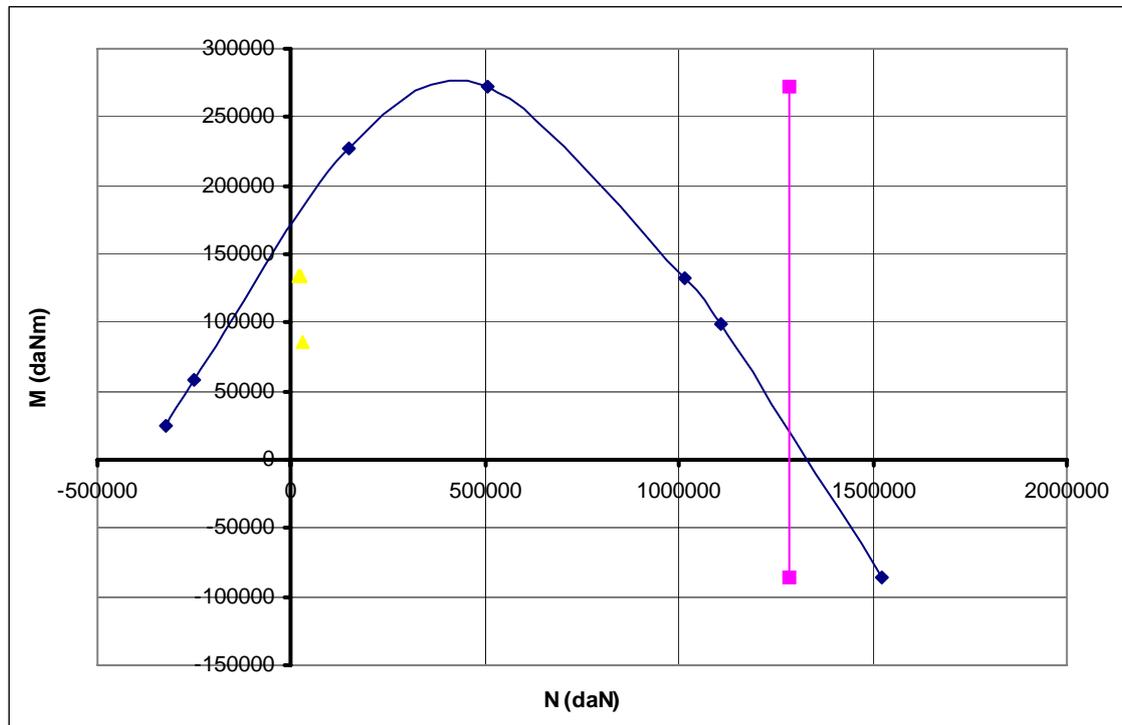
Comb. di carico	N _{Ed} (daN)	V _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)	σ _{cp} (daN/cm ²)	V _{Rd} (daN)	V _{Rd,min} (daN)
n° 1 STR (A1)	27844	28285	85372	2,8	43455	32648
n° 2 E con +k _v	21764	32377	133554	2,2	42606	31800
n° 2 E con -k _v	19487	32377	133554	1,9	42289	31482

(N.B. Z=0 sulla sommità della parete)

Base

Armatura tesa:	As1=	53,1	cmq
Armatura compressa:	As2=	31,4	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	7,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	100,0	cm

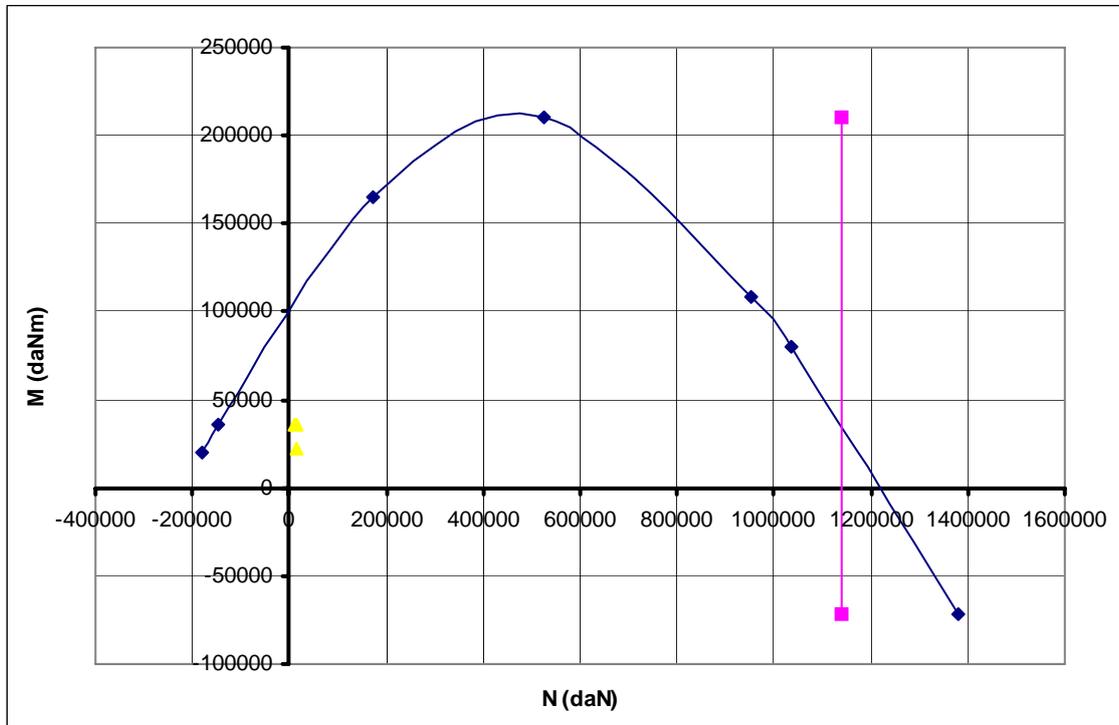
Comb. di carico	N_{Ed} (daN)	V_{Ed} (daN)	M_{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	27844	28285	85372
n° 2 E con $+k_v$	21764	32377	133554
n° 2 E con $-k_v$	19487	32377	133554



Sez. a quota Z (m) = 5,00

Armatura tesa:	As1=	31,4	cmq
Armatura compressa:	As2=	15,7	cmq
Copriferro arm. tesa:	d1=	7,0	cm
Copriferro arm. comp:	d2=	7,0	cm
Altezza sezione:	h=	100,0	cm

Comb. di carico	N _{Ed} (daN)	V _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	16875	11707	22299
n° 2 E con +k _v	13190	14176	35439
n° 2 E con -k _v	11810	14176	35439

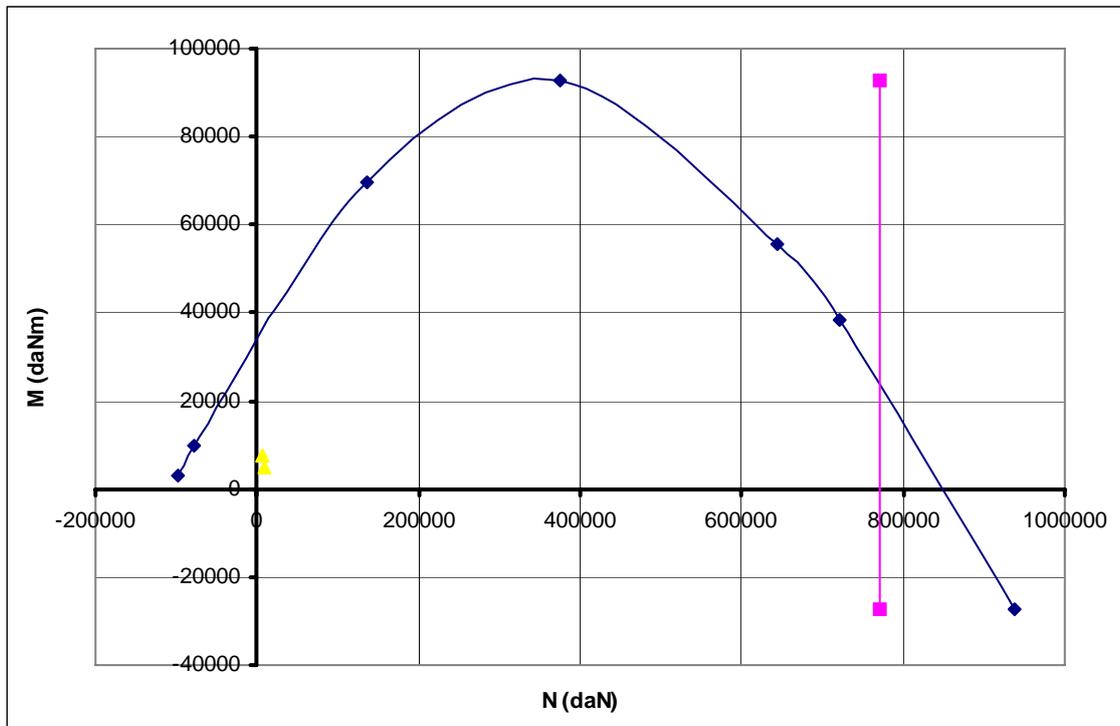


Sez. a quota Z(m) = 2,70

 Armatura tesa: As1= 15,7 cmq
 Armatura compressa: As2= 10,1 cmq
 Copriferro arm. tesa: d1= 7,0 cm
 Copriferro arm. comp: d2= 5,0 cm
 Altezza sezione: h= 70,0 cm

Forza assiale Ns = 7123 daN
 Momento flettente Ms = 7524 daNm
 Forza di taglio Vs = 5573 daN

Comb. di carico	N _{Ed} (daN)	V _{Ed} (daN)	M _{Ed} (daNm)
n° 1 STR (A1)	9113	4245	4633
n° 2 E con +k _v	7123	5573	7524
n° 2 E con -k _v	6377	5573	7524



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 90 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Distanza asse palo dal bordo parete: L= 0,40 "

Comb. di carico	Rvd (daN)	Fsd (daN)	Asd (cmq)
n° 1 STR (A1)	193563	56930	14,9
n° 2 STR (A1)	281643	82836	21,7
n° 3 E con +k _v	234432	68951	18,0
n° 3 E con -k _v	223425	65713	17,2

VERIFICA SPIGOLO MENSOLA LATO MONTE

Tensione di snervamento di progetto: f_{yd}= 3826 daN/cm²
Copriferro armature: d_l= 10 cm
Altezza utile sezione: d= 1,70 m
Distanza asse palo dal bordo parete: L= 0,40 "

Comb. di carico	Rvd (daN)	Fsd (daN)	Asd (cmq)
n° 1 STR (A1)	219788	64643	16,9
n° 2 STR (A1)	212734	62569	16,4
n° 3 E con +k _v	87928	25861	6,8
n° 3 E con -k _v	66585	19584	5,1

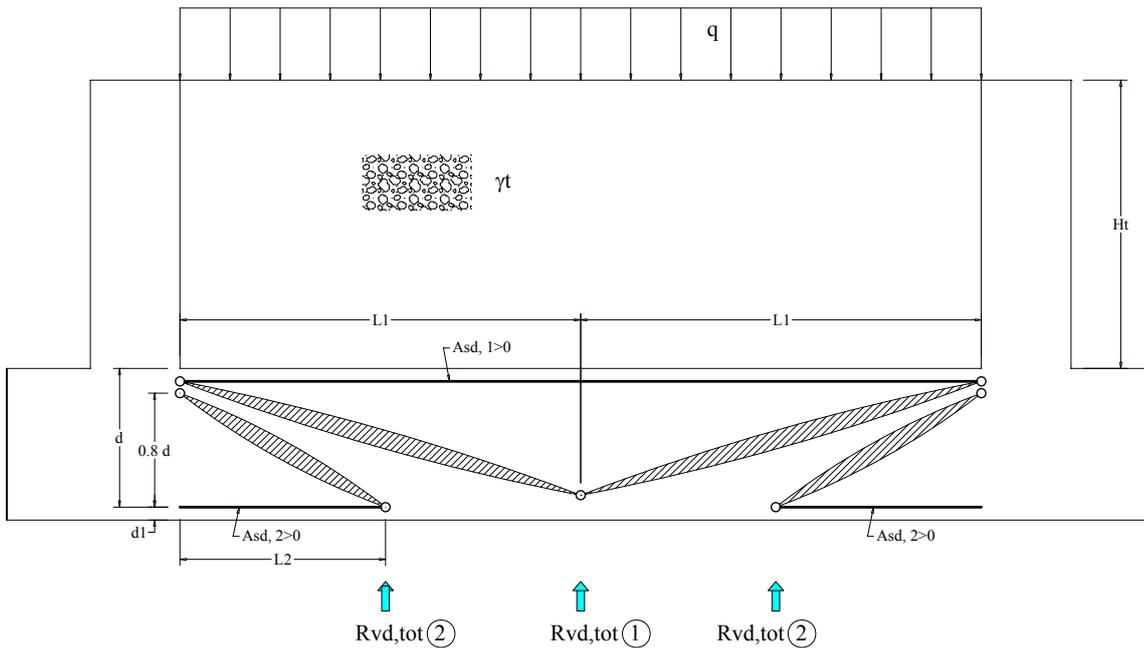


Figura 11 – Modello di calcolo bordo posteriore zattera

VERIFICA BORDO POSTERIORE CENTRALE

Tratto compreso tra i muri di risvolto

Tensione di snervamento di progetto:	$f_{yd} =$	3826	daN/cm ²
Copriferro armature:	$d_1 =$	10	cm
Altezza utile sezione:	$d =$	1,70	m
Distanza asse palo centrale dal bordo interno muro di risvolto:	$L_1 =$	0,00	"
Distanza asse palo laterale dal bordo interno muro di risvolto:	$L_2 =$	2,20	"
Area di influenza palo centrale:	$A_1 =$	0,00	mq
Area di influenza palo laterale:	$A_2 =$	11,20	"
Altezza terreno di ricoprimento:	$H_t =$	8,3	m
Peso specifico terreno:	$\gamma_t =$	2000	daN/m ³
Sovraccarico sul terrapieno:	$q =$	2000	daN/m ²

Carico sui pali Comb. 1 e 2:

Palo centrale: $N_{1,e} = A_1 (H_t \times \gamma_t + q)$	$N_{1,e} =$	0	daN
Palo laterale: $N_{2,e} = A_2 (H_t \times \gamma_t + q)$	$N_{2,e} =$	208320	"

Carico sui pali Comb. 3:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 92 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Palo centrale: $N_{1,s} = A_1 (H_t \times \gamma_t)$ $N_{1,s} = 0$ daN
Palo laterale: $N_{2,s} = A_2 (H_t \times \gamma_t)$ $N_{2,s} = 185920$ "

PALO CENTRALE

$$R_{vd,tot} = 1/2 (R_{vd} - N_1)$$

$$F_{sd} = R_{vd,tot} \times L_1 / 0,8 d$$

$$A_{sd} = F_{sd} / F_{yd} \quad (A_{sd,1} > 0 \text{ armatura sup. ; } A_{sd,1} < 0 \text{ armatura inf.})$$

Comb. di carico	R _{vd} / 2 (daN)	N ₁ / 2 (daN)	R _{vd,tot} (daN)	F _{sd} (daN)	A _{sd,1} (cmq)
n° 1 STR (A1)	109894	0	109894	0	0,0
n° 2 STR (A1)	106367	0	106367	0	0,0
n° 3 E con +k _v	43964	0	43964	0	0,0
n° 3 E con -k _v	33293	0	33293	0	0,0

PALO LATERALE

$$R_{vd,tot} = R_{vd} - N_2$$

$$F_{sd} = R_{vd,tot} \times L_2 / 0,8 d$$

$$A_{sd} = F_{sd} / F_{yd} \quad (A_{sd,2} > 0 \text{ armatura inf. ; } A_{sd,2} < 0 \text{ armatura sup.})$$

Comb. di carico	R _{vd} (daN)	N ₂ (daN)	R _{vd,tot} (daN)	F _{sd} (daN)	A _{sd,2} (cmq)
n° 1 STR (A1)	219788	208320	11468	18551	4,8
n° 2 STR (A1)	212734	208320	4414	7141	1,9
n° 3 E con +k _v	87928	185920	-97992	-158516	-41,4
n° 3 E con -k _v	66585	185920	-119335	-193041	-50,5

2.4 Verifiche di resistenza dei pali di fondazione

Le sollecitazioni di progetto dei pali di fondazione sono state determinate a partire da quelle alla base della zattera per le combinazioni di carico del gruppo SLU A1 STR, schematizzando i pali come travi su suolo elastico in funzione delle grandezze di cui alla Tabella 2.4.

E = 31220 MPa modulo elastico calcestruzzo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 93 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

D	=	1200	mm	diametro palo
J	=	0.1018	m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000	kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80	m	larghezza efficace del palo
Es	=	23400	kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.83	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	m	altezza tratto libero

Tabella 2.4– Grandezze per la schematizzazione dei pali come travi su suolo elastico

V	=	529	kN	taglio alla testa del palo
Mmax	=	1276,9	kNm	massimo momento flettente
Nmax	=	2816	kN	Massimo valore forza assiale
Nmin	=	2127	kN	Minimo valore forza assiale

Tabella 2.5 – Sollecitazioni di progetto dei pali di fondazione

```

+----- Software Ingegneriasoft -----+
|                                     |
|          Sezione: PALI SPALLA S2          |
|----- www.ingegneriasoft.com -----+

```

OPZIONI:

Metodo di calcolo: Stati Limite; Normativa Tecnica: Norme Tecniche per le Costruzioni 2008;

MATERIALI:

Calcestruzzo: C25/30; Rck=30.00; Ec= 31447.16; MPa; GammaC: 1.50
fck=24.90; fcd=14.11; fctk=1.79; fctd=1.19; fctm=2.56; fcfm=3.07; (in MPa)
Grafico tensioni/deformazioni cls: f2=14.11 MPa; epsCu2=0.0035; epsC2=0.0020
Acciaio barre: B450C; GammaS: 1.15
fyk=450.00; fyd=391.30; fbd=2.69; Es=206000.00; (in MPa);
Grafico tensioni/deformazioni acciaio: epsSu=0.0100; k=1.00
Acciaio staffe: fyks=430.00, fyds=373.91 (in MPa)

FORMA DELLA SEZIONE: Circolare

Raggio: R = 60.00 cm
Area totale acciaio: Ast = 62.83 cm²
Copriferro di progetto: c = 5.00 cm
Diametro staffe: ds = 10 mm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: Acls = 11309.73 cm²; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = -0.00 cm
Momenti d'inerzia: Jx = 10069942.71 cm⁴; Jy = 10069942.71 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 10069942.71 cm⁴; Jeta = 10069942.71 cm⁴;
Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = 0.00 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).
Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (KN, KN*m).

Combinazioni stati limite ultimi:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	2816.00	1277.00	0.00	0.00	529.00	0.00
2	2127.00	1277.00	0.00	0.00	529.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 2):

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 94 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Equaz. asse neutro $ax+by+c=0$: $a=0.000000$; $b=2000.000000$; $c=-49009.437726$
Angolo asse neutro-asse x : $\alpha= 0.00000$ gradi sessadec. in senso antiorario

Deformazioni a rottura (valore positivo se di accorciamento)

Sezione parzializzata

Deformazione massima cls: $\epsilon_c = 3.50000 / 1000$

Deformazione massima acciaio: $\epsilon_f = -7.74093 / 1000$

Deformazione minima acciaio: $\epsilon_{f'} = 2.90837 / 1000$

Azioni sollecitanti rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

NS=2127000.00; MxiS=1277000.00; MyiS=-0.00; TxiS=0.00; TyiS=529000.00

Azioni resistenti a rottura rispetto agli assi principali d'inerzia (N, N*m):

NR=2127027.80; MxiR= 1947814.57; MyiR= 0.00

Mxi0=0.65, Myi0=0.00 - Punto base nel grafico Mxi-Myi sul piano NS=cost.

$MR = ((MxiR - Mxi0)^2 + (MyiR - Myi0)^2)^{1/2} = 1947815.22$

$MS = ((MxiS - Mxi0)^2 + (MyiS - Myi0)^2)^{1/2} = 1277000.65$

Fattore di sicurezza ad N costante: $MR/MS = 1.5253 > 1$

VERIFICA POSITIVA

VERIFICHE TAGLIO comb. n.ro: 2; (fcd=14.1100, fctd=1.19, fck=24.90 in MPa)

Verifica dell'armatura longitudinale per elementi senza armatura trasversale a taglio.

VED=529000.00 N; d=114.00 cm; bw=52.23 cm; RoL=0.006859; k=1.4189, $\sigma_{CP}=191.7106$,

Vmin=29.5171

$VRd1 = (0.18 * k * (100 * RoL * fck)^{1/3} / \Gamma_{MC} + 0.15 * \sigma_{CP}) * bw * d = 17384155.44$ N

$VRd2 = (Vmin + 0.15 * \sigma_{CP}) * bw * d = 346990.12$ N

VED < max(VRd1, VRd2) => **VERIFICA POSITIVA**

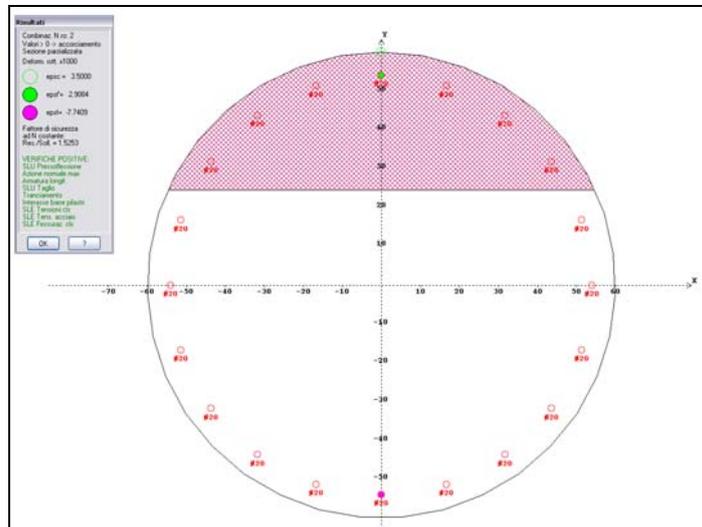


Tabella 2.6 – Geometria sezione di verifica

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 95 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

3 Verifiche geotecniche dei pali

Si riportano al presente paragrafo le verifiche geotecniche dei pali di fondazione delle due spalle e della pila.

3.1 Criteri di verifica

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 96 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

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

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

Tabella 7: Coefficienti parziali per le azioni o effetti delle azioni (tab. 6.2.I del DM14-01-2008)

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

Tabella 8: 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 9: Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 97 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

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 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 .

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

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

3.2 Verifica a carico limite dei pali delle Spalle

Le palificate delle due spalle in oggetto sono costituite da pali $\varnothing 1200$ mm di lunghezza $L=26.0$ m.

Il massimo carico assiale agente alla testa dei pali è pari a:

$N = 4033$ kN..... (massima azione assiale allo SLU sulla spalla 1 – condizioni statiche);

$N = 3958$ kN..... (massima azione assiale allo SLV sulla spalla 1 – condizioni sismiche).

Di seguito si fornisce il dettaglio del calcolo del carico limite in condizioni drenate ed in condizioni non drenate.

DATI GENERALI

D	=	1200	mm	diametro palo
L	=	26.00	m	lunghezza palo
L/D	=	21.67	m	rapporto lunghezza/diametro palo
z_D	=	0.00	m	profondità testa palo da piano campagna
z_w	=	0.00	m	profondità della falda da piano campagna
γ_w	=	0	kN/m ³	peso specifico dell'acqua (=0 in assenza di falda)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 98 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

PARAMETRI GEOTECNICI														
	profondità da p.c.		potenza	peso unità di volume	angolo di attrito	coesione drenata	coesione non drenata	coefficiente parziale	coefficiente parziale	coefficiente parziale	coefficiente parziale	angolo di attrito di calcolo	coesione drenata di calcolo	coesione non drenata di calcolo
	da	a	h	γ	ϕ'	c'	c_u	γ_r	$\gamma_{tg(\phi)}$	$\gamma_{c'}$	γ_{cu}	ϕ'_d	c'_d	c_{ud}
	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]
unità 1	0.0	3.0	3	19.1	14.9	21	130	1	1	1	1	14.9	21	130.0
unità 2	3.0	6.0	3	19.1	14.9	21	130	1	1	1	1	14.9	21	130.0
unità 3	6.0	15.0	9	20.1	18.2	22	176	1	1	1	1	18.2	22	176.0
unità 4	15.0	26.0	11	20.4	21.28	28	191	1	1	1	1	21.3	28	191.0

CALCOLO RESISTENZA LATERALE											
	pressione interstiziale tetto	pressione interstiziale base	tensione verticale tetto	tensione verticale base	tensione verticale efficace tetto	tensione verticale efficace base		coefficiente di attrito	coefficiente di adesione	resistenza laterale media in condizioni drenate	resistenza laterale in condizioni non drenate
	u_t	u_b	σ_{vt}	σ_{vb}	σ'_{vt}	σ'_{vb}	K	μ	α	$\tau_{d,D}$	$\tau_{d,UD}$
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa]
unità 1	0	0	0	57.3	0	57.3	0.50	0.27	0.4	24.81	52.00
unità 2	0	0	57.3	114.6	57.3	114.6	0.50	0.27	0.4	32.43	52.00
unità 3	0	0	114.6	295.5	114.6	295.5	0.50	0.33	0.4	55.71	70.40
unità 4	0	0	295.5	519.9	295.5	519.9	0.50	0.39	0.4	107.40	76.40

CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI DRENATE

Portanza laterale

$$\tau_s = 71.3 \text{ kPa} \text{ resistenza tangenziale unitaria media}$$

$$R_s = 6991.2 \text{ kN} \text{ resistenza laterale}$$

Portanza alla base

$$\sigma'_{vb} = 519.90 \text{ kPa} \text{ tensione verticale efficace base palo}$$

$$\phi'_d = 21.28 \text{ °} \text{ angolo di attrito di calcolo unità di base}$$

$$c'_d = 28.00 \text{ kPa} \text{ coesione drenata di calcolo unità di base}$$

$$N'_q = 4.43 \text{ fattore di capacità portante}$$

$$N_{c'} = 8.80 \text{ fattore di capacità portante in condizioni drenate}$$

$$q_b = 2547.3 \text{ kPa} \text{ resistenza unitaria alla base in condizioni drenate}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 99 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

$$R_b = 2880.9 \text{ kPa} \text{ resistenza alla base in condizioni drenate}$$

Resistenze caratteristiche

fattore di correlazione funzione del numero di verticali

$$\xi = 1.5 \text{ indagate}$$

$$R_{s,k} = 4660.8 \text{ kN} \text{ resistenza laterale caratteristica}$$

$$R_{b,k} = 1920.6 \text{ kN} \text{ resistenza alla base caratteristica}$$

Calcolo della resistenza di progetto

$$\gamma_{R,s} = 1.15 \text{ coefficiente parziale resistenza laterale}$$

$$\gamma_{R,b} = 1.35 \text{ coefficiente parziale resistenza alla base}$$

$$R_{s,d} = 4052.9 \text{ kN} \text{ resistenza laterale di progetto}$$

$$R_{b,d} = 1422.7 \text{ kN} \text{ resistenza alla base di progetto}$$

$$W'_{\text{palo}} = 735.13 \text{ kN} \text{ peso efficace del palo}$$

$$\gamma_{g,\text{palo}} = 1.35 \text{ coefficiente parziale peso palo}$$

$$R_d = 5475.55 \text{ resistenza di progetto del palo (al lordo del peso palo)}$$

$$R_d = 4483.12 \text{ kN} \text{ resistenza di progetto del palo}$$

CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI NON DRENATE

Portanza laterale

$$\tau_s = 68.7 \text{ kPa} \text{ resistenza tangenziale unitaria media}$$

$$R_s = 6733.1 \text{ kN} \text{ resistenza laterale}$$

Portanza alla base

$$\sigma_{vb} = 519.90 \text{ kPa} \text{ tensione verticale base palo}$$

$$c_{ud} = 191.00 \text{ kPa} \text{ coesione non drenata di calcolo unità di base}$$

$$N_c = 9.00 \text{ fattore di capacita portante}$$

$$q_b = 2238.9 \text{ kPa} \text{ resistenza unitaria alla base}$$

$$R_b = 2532.1 \text{ kPa} \text{ resistenza alla base}$$

Resistenze caratteristiche

$$\xi = 1.5 \text{ fattore di correlazione funzione del numero di verticali indagate}$$

$$R_{s,k} = 4488.7 \text{ kN} \text{ resistenza laterale caratteristica}$$

$$R_{b,k} = 1688.1 \text{ kN} \text{ resistenza alla base caratteristica}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 100 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Calcolo della resistenza di progetto

$\gamma_{R,s}$	= 1.15		coefficiente parziale resistenza laterale
$\gamma_{R,b}$	= 1.35		coefficiente parziale resistenza alla base
$R_{s,d}$	= 3903.2	kN	resistenza laterale di progetto
$R_{b,d}$	= 1250.4	kN	resistenza alla base di progetto
W_{palo}	= 147.03	kN	peso netto del palo
$\gamma_{g,palo}$	= 1.35		coefficiente parziale peso palo
R_d	= 5153.66		resistenza di progetto del palo (al lordo del peso palo)
R_d	= 4955.18	kN	resistenza di progetto del palo

3.3 Verifica a carico limite dei pali della Pila

La palificata della pila è costituita da pali Ø1200 mm di lunghezza L=22.0 m.

Il massimo carico assiale agente alla testa dei pali è pari a:

N = 2679 kN..... (massima azione assiale allo SLU – condizioni statiche);

N = 1770 kN..... (massima azione assiale allo SLV – condizioni sismiche).

Di seguito si fornisce il dettaglio del calcolo del carico limite in condizioni drenate ed in condizioni non drenate.

DATI GENERALI

D	=	1200	mm	diametro palo
L	=	22.00	m	lunghezza palo
L/D	=	18.33	m	rapporto lunghezza/diametro palo
z_D	=	0.00	m	profondità testa palo da piano campagna
z_w	=	0.00	m	profondità della falda da piano campagna
γ_w	=	0	kN/m ³	peso specifico dell'acqua (=0 in assenza di falda)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 101 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

PARAMETRI GEOTECNICI														
	profondità da p.c.		potenza	peso unità di volume	angolo di attrito	coesione drenata	coesione non drenata	coefficiente parziale	coefficiente parziale	coefficiente parziale	coefficiente parziale	angolo di attrito di calcolo	coesione drenata di calcolo	coesione non drenata di calcolo
	da	a	h	γ	ϕ'	c'	c_u	γ_r	$\gamma_{tg(\phi)}$	$\gamma_{c'}$	γ_{cu}	$\phi_{d'}$	$c'_{d'}$	c_{ud}
	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[°]	[kPa]	[kPa]
unità 1	0.0	3.0	3	19.1	14.9	21	130	1	1	1	1	14.9	21	130.0
unità 2	3.0	6.0	3	19.1	14.9	21	130	1	1	1	1	14.9	21	130.0
unità 3	6.0	15.0	9	20.1	18.2	22	176	1	1	1	1	18.2	22	176.0
unità 4	15.0	22.0	7	20.4	21.28	28	191	1	1	1	1	21.3	28	191.0

CALCOLO RESISTENZA LATERALE											
	pressione interstiziale tetto	pressione interstiziale base	tensione verticale tetto	tensione verticale base	tensione verticale efficace tetto	tensione verticale efficace base		coefficiente di attrito	coefficiente di adesione	resistenza laterale media in condizioni drenate	resistenza laterale in condizioni non drenate
	u_t	u_b	σ_{vt}	σ_{vb}	σ'_{vt}	σ'_{vb}	K	μ	α	$\tau_{d,D}$	$\tau_{d,UD}$
	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa]
unità 1	0	0	0	57.3	0	57.3	0.50	0.27	0.4	24.81	52.00
unità 2	0	0	57.3	114.6	57.3	114.6	0.50	0.27	0.4	32.43	52.00
unità 3	0	0	114.6	295.5	114.6	295.5	0.50	0.33	0.4	55.71	70.40
unità 4	0	0	295.5	438.3	295.5	438.3	0.50	0.39	0.4	99.45	76.40

CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI DRENATE

Portanza laterale

$$\tau_s = 62.2 \text{ kPa} \text{ resistenza tangenziale unitaria media}$$

$$R_s = 5162.0 \text{ kN} \text{ resistenza laterale}$$

Portanza alla base

$$\sigma'_{vb} = 438.30 \text{ kPa} \text{ tensione verticale efficace base palo}$$

$$\phi_{d'} = 21.28 \text{ °} \text{ angolo di attrito di calcolo unità di base}$$

$$c'_{d'} = 28.00 \text{ kPa} \text{ coesione drenata di calcolo unità di base}$$

$$N'_{q'} = 4.43 \text{ fattore di capacità portante}$$

$$N_{c'} = 8.80 \text{ fattore di capacità portante in condizioni drenate}$$

$$q_b = 2186.2 \text{ kPa} \text{ resistenza unitaria alla base in condizioni drenate}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 102 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

$$R_b = 2472.5 \text{ kPa} \text{ resistenza alla base in condizioni drenate}$$

Resistenze caratteristiche

fattore di correlazione funzione del numero di verticali

$$\xi = 1.5 \text{ indagate}$$

$$R_{s,k} = 3441.3 \text{ kN} \text{ resistenza laterale caratteristica}$$

$$R_{b,k} = 1648.3 \text{ kN} \text{ resistenza alla base caratteristica}$$

Calcolo della resistenza di progetto

$$\gamma_{R,s} = 1.15 \text{ coefficiente parziale resistenza laterale}$$

$$\gamma_{R,b} = 1.35 \text{ coefficiente parziale resistenza alla base}$$

$$R_{s,d} = 2992.5 \text{ kN} \text{ resistenza laterale di progetto}$$

$$R_{b,d} = 1221.0 \text{ kN} \text{ resistenza alla base di progetto}$$

$$W'_{\text{palo}} = 622.04 \text{ kN} \text{ peso efficace del palo}$$

$$\gamma_{g,\text{palo}} = 1.35 \text{ coefficiente parziale peso palo}$$

$$R_d = 4213.45 \text{ resistenza di progetto del palo (al lordo del peso palo)}$$

$$R_d = 3373.71 \text{ kN} \text{ resistenza di progetto del palo}$$

CALCOLO DELLA PORTANZA IN CONDIZIONI NON DRENATE

Portanza laterale

$$\tau_s = 67.3 \text{ kPa} \text{ resistenza tangenziale unitaria media}$$

$$R_s = 5581.0 \text{ kN} \text{ resistenza laterale}$$

Portanza alla base

$$\sigma_{vb} = 438.30 \text{ kPa} \text{ tensione verticale base palo}$$

$$c_{ud} = 191.00 \text{ kPa} \text{ coesione non drenata di calcolo unità di base}$$

$$N_c = 9.00 \text{ fattore di capacita portante}$$

$$q_b = 2157.3 \text{ kPa} \text{ resistenza unitaria alla base}$$

$$R_b = 2439.8 \text{ kPa} \text{ resistenza alla base}$$

Resistenze caratteristiche

$$\xi = 1.5 \text{ fattore di correlazione funzione del numero di verticali indagate}$$

$$R_{s,k} = 3720.7 \text{ kN} \text{ resistenza laterale caratteristica}$$

$$R_{b,k} = 1626.6 \text{ kN} \text{ resistenza alla base caratteristica}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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: CV08 Cavalcavia alla progr. 19+380
	Relazione di Calcolo Sottostrutture
	Pagina 103 di 103
	Nome file: CV08-B-CL021_A.01_relazione_di_calcolo_sottostrutture.doc

Calcolo della resistenza di progetto

$\gamma_{R,s}$	= 1.15		coefficiente parziale resistenza laterale
$\gamma_{R,b}$	= 1.35		coefficiente parziale resistenza alla base
$R_{s,d}$	= 3235.3	kN	resistenza laterale di progetto
$R_{b,d}$	= 1204.9	kN	resistenza alla base di progetto
W_{palo}	= 124.41	kN	peso netto del palo
$\gamma_{g,palo}$	= 1.35		coefficiente parziale peso palo
R_d	= 4440.21		resistenza di progetto del palo (al lordo del peso palo)
R_d	= 4272.26	kN	resistenza di progetto del palo