

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

Viadotto Busita II

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata DX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

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

Scala:

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

Responsabile del procedimento: Ing. MASSIMILIANO FIDENZI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 1 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
1.2.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	3
1.2.2	<i>Calcestruzzo</i>	3
1.2.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	4
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A	6
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	7
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	8
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	10
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO	10
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	11
3	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B	14
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	15
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	16
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	18
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO	18
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	19
4	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA	22
4.1	VERIFICHE STRUTTURALI	22
4.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	22
4.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	23
4.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	25
4.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	26
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	26
4.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	27
4.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	29
5	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B	30
5.1	VERIFICHE STRUTTURALI	30
5.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	30
5.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	31
5.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	33
5.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	34
5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	34
5.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	35
5.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	37
6	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A	38
6.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	38
6.2	ANALISI DEI CARICHI	39
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	39
6.4	SOLLECITAZIONI	40
6.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	47
6.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	47
6.6.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	47
6.6.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	47
6.6.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	49

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 2 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

7	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B	51
8	BAGGIOLI.....	52
9	DISPOSITIVI ANTISISMICI	54

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 3 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

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

1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.2.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume $RH = 70\%$. Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- pali: XC2;
- zattere spalle: XA1;
- elevazione spalle: XF2;
- baggioli: XF4.

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

1.2.2 Calcestruzzo

PALI C25/30

R_{ck}	=	30 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24,90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	20,75 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
f_{cm}	=	32,90 MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2,56 MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	3,33 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3,07 MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	31447 MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	1,50	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0,85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	14,11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	2,22 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 4 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

ZATTERE SPALLE, ELEVAZIONE SPALLE C28/35

R_{ck}	=	35 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	24.11 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
f_{cm}	=	37.05 MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	2.83 MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	3.69 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3.40 MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	32588 MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.46 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	2.46 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

BAGGIOLI C35/45

R_{ck}	=	45 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	37.35 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	31.00 MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
f_{cm}	=	45.35 MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.35 MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	4.36 MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	4.02 MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	34625 MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	21.17 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	2.91 MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

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

B450C

$f_{y,nom}$	=	450 MPa	tensione nominale di snervamento
$f_{t,nom}$	=	540 MPa	tensione nominale di rottura
f_{yk}	≥	$f_{y,nom}$	tensione caratteristica di snervamento
f_{tk}	≥	$f_{t,nom}$	tensione caratteristica di rottura
E_s	=	200000 MPa	modulo elastico istantaneo
γ_c	=	1.15	coefficiente parziale di sicurezza
f_{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 5 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono prese in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

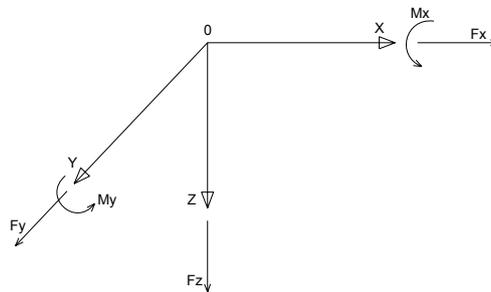
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- Circolare n.617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche
- UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
- UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
- UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
- UNI EN 1090 - 2: Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

2 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A

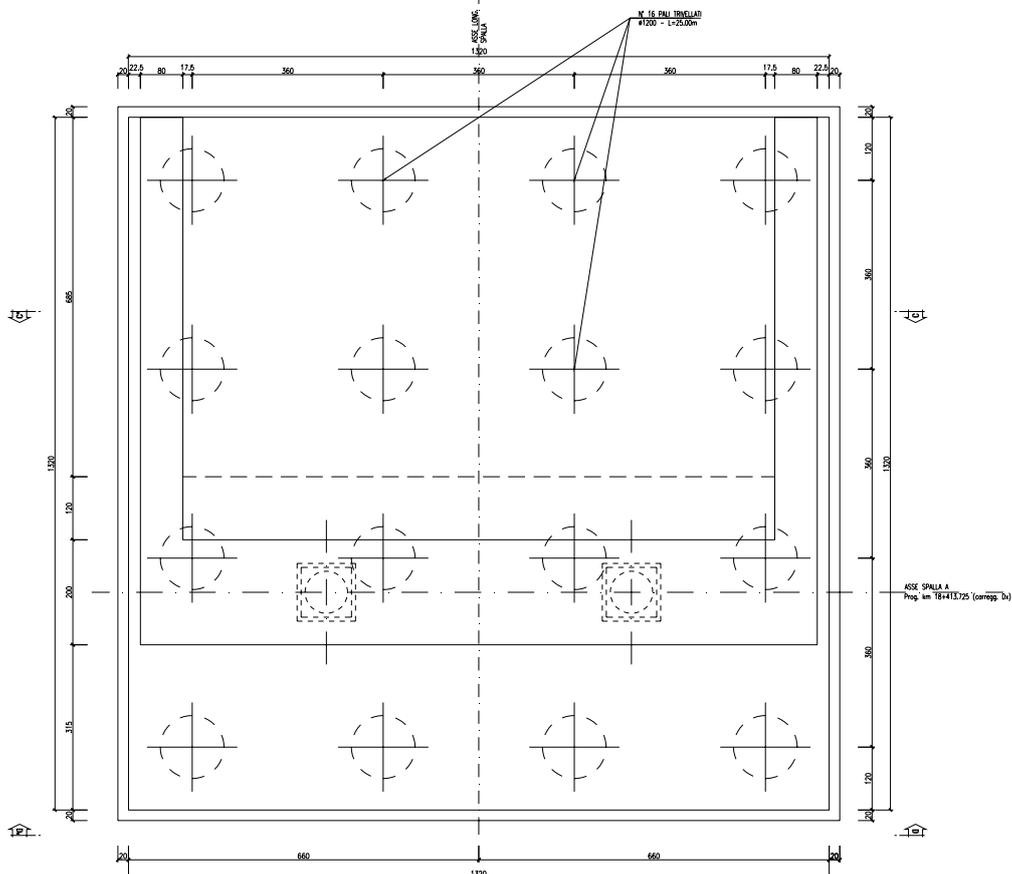
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla A della carreggiata destra.

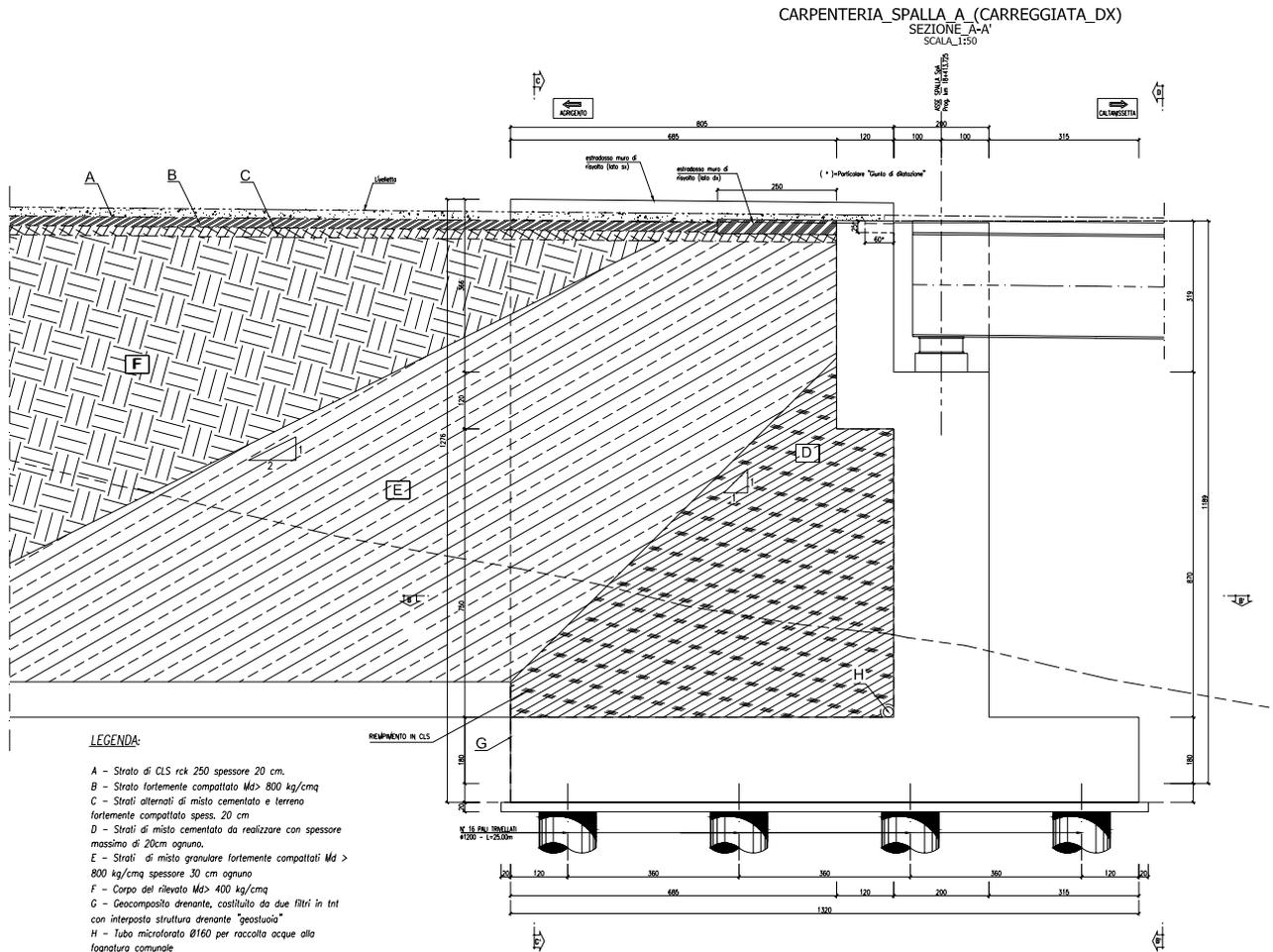
Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato parallelo alla direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso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

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



CARPENTERIA_SPALLA_A (CARREGGIATA_DX)
 SEZIONE B-B'
 SCALA 1:50





Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80	-	313.6	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	7.30	-	186.2	9.05	0.00	-5.45
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.20	-	49.0	7.45	0.00	-10.70
muro laterale sx	1	8.05	0.80	10.90	-	70.2	4.03	5.98	-7.25
muro laterale dx	1	8.05	0.80	10.90	-	70.2	4.03	-5.98	-7.25
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-11.43
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-12.20
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	9.05	0.00	-9.18
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	9.05	0.00	-9.43
elemento 1	0	5.40	0.60	4.40	-	0.00	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	5.40	0.60	4.40	-	0.00	4.55	-4.75	-7.90

2.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano nel seguente prospetto le azioni trasmesse dall'impalcato. Tali azioni sono riferite al baricentro appoggi e sono state desunte dalla risoluzione 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: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 8 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	9.05 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-9.43 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	66	60	3064	206	66	peso proprio impalcato
g2	10	9	548	136	10	permanenti portati
e2	50	3	-148	25	50	ritiro
e3.6	159	4	131	25	159	temperatura - massima azione verticale
e3.8	461	7	-118	11	461	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	6	2	2274	3476	6	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	4	7	1677	5660	4	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	242	3	0	3	242	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	74	281	-5	464	74	azione del vento trasversale
q6.1x	992	98	-29	173	992	sisma longitudinale
q6.1y	309	305	-26	345	309	sisma trasversale
q6.1z	298	92	-53	115	298	sisma verticale
q7	36	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

2.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Si riportano ora per singoli casi di carico le azioni trasmesse dalla spalla, inserite nel modello SAP rispettivamente come: peso proprio (g₁), carichi di superficie (g₂, g₃, q_{1.t}, q_{6.1}, q_{6.2-ter}) e accelerazioni (q_{6.2-sp}).

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ _{cls}	=	25 kN/m³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	4653.8 kN	muro frontale
g1.3	=	1224.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1754.9 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1754.9 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	17247.7 kN	azione verticale
x	=	6.80 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.13 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ _t	=	18 kN/m³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	1017.8 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	18321.2 kN	peso del terreno
x	=	4.03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-7.25 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

		intradosso	base muro		
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
φ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	12.30	10.5	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	7402.9	5394.8	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.10	-5.30	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 9 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
Incremento di spinta	=				
q	=	20.00	20.00	kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta
H	=	12.30	10.50	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1337.5	1141.7	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.15	-7.05	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale	=				
Bx	=	8.05	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	2052.8	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	4.03	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici	=				
a_g	=	0.091	g		accelerazione di picco
S_s	=	1.50			coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1.00			coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50			
β_m	=	1.00			coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a_{max}	=	0.137	g		accelerazione massima
K_h	=	0.137			coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.068			coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	12.30	10.50	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	4739.4	3453.8		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile	=				
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
β	=	0	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
δ	=	0	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	7.29	7.29	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.621	0.621		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \theta$
K2	=	0.797	0.797		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \theta$
K	=	0.621	0.621		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	11524	8398	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	4121.1	3003.2	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato	=				
ΔP	=	4739.4	3453.8	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.15	-7.05	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	1070	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	635	9.05	0.00	-5.45
paraghiaia	167	7.45	0.00	-10.70
muro laterale sx	240	4.03	5.98	-7.25
muro laterale dx	240	4.03	-5.98	-7.25
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-11.43
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-12.20
baggioli	1	9.05	0.00	-9.18
apparecchi di appoggio	1	9.05	0.00	-9.43
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2501	4.03	0.00	-7.25
risultante intradosso plinto	4855	5.37	0.00	-5.73
risultante base muro frontale	1283	6.96	0.00	-6.81

<p align="center">CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 11 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

	S.L.U.								q5								
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3.6-imp	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72
e3.8-imp	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

	S.L.U.								q6.x		S.L.V.		q6.z		
	e3								q6.y						
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1	1
e3.6-imp	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.00
e3.8-imp	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp		
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.6-imp	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
e3.8-imp	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	0.20
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

2.5 SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni sulla palificata, riferite al baricentro della stessa, nelle combinazioni di carico analizzate.

SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

	SLU								q3							
Fx	12184	12402	12051	12269	12182	12400	12049	12267	12094	12312	11961	12179	12093	12310	11959	12177
Fy	354	356	-151	-150	362	364	-144	-142	359	361	-147	-145	365	367	-141	-139
Fz	58648	58468	58656	58477	57842	57662	57850	57670	57187	57008	57196	57016	56583	56403	56591	56412
Mx	8958	8966	3357	3364	11981	11988	6379	6387	7834	7841	2232	2239	10101	10108	4499	4506
My	-8455	-9848	-7354	-8747	-6462	-7854	-5361	-6754	-8626	-10018	-7525	-8917	-7131	-8523	-6030	-7422

	SLU								q5							
Fx	11731	11949	11598	11815	11730	11947	11596	11814	11775	11993	11554	11771	11774	11991	11552	11769
Fy	354	356	-152	-150	360	361	-146	-144	522	524	-321	-319	528	530	-315	-313
Fz	57188	57008	57196	57016	56583	56403	56591	56412	57185	57005	57199	57019	56580	56400	56594	56415
Mx	7780	7787	2178	2186	10047	10054	4445	4453	9647	9654	311	318	11914	11921	2578	2585
My	-5567	-6959	-4466	-5858	-4072	-5464	-2971	-4363	-5934	-7326	-4099	-5491	-4439	-5831	-2604	-3996

	S.L.U.								q6.x		S.L.V.		q6.z	
	e3								q6.y					
Fx	11807	12170	11674	12037	11806	12168	11673	12035	18217	18368	7940	8091	7929	8080
Fy	356	359	-150	-147	361	365	-144	-141	172	173	5234	5235	166	167
Fz	57250	56951	57259	56960	56646	56346	56355	56355	39070	38945	39072	38948	41473	41349
Mx	7810	7822	2208	2221	10077	10089	4475	4487	2172	2177	32134	32140	2055	2061
My	-6364	-8685	-52											

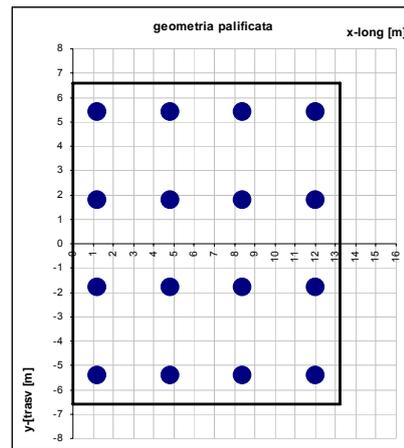
	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
Fx	8699	8880	8610	8791	8691	8872	8602	8784	8669	8850	8639	8821	8661	8843	8632	8813	7631	7782
Fy	244	245	-93	-92	237	239	-100	-98	131	133	19	21	125	126	12	14	74	75
Fz	42354	42204	42359	42210	39391	39241	39397	39247	42356	42206	42358	42208	39393	39243	39395	39245	39099	38974
Mx	5565	5571	1831	1837	-1351	-1345	-5085	-5079	4320	4327	3076	3082	-2596	-2590	-3841	-3835	1073	1078
My	-4177	-5337	-3443	-4603	3145	1984	3879	2718	-3932	-5093	-3688	-4848	3389	2229	3634	2474	2775	1808

La geometria della palificata è dunque riportata ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali:

CALCOLO AZIONI SUI PALI

Geometria della palificata

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



SFORZO NORMALE PALO	q1								q3							
	1	3676	3636	3583	3543	3730	3690	3637	3597	3558	3518	3464	3424	3598	3558	3505
2	3552	3511	3536	3496	3564	3523	3548	3508	3449	3409	3433	3393	3458	3418	3443	3402
3	3427	3387	3489	3449	3397	3357	3460	3419	3340	3300	3402	3362	3318	3277	3380	3340
4	3303	3262	3443	3402	3231	3190	3371	3331	3231	3191	3371	3331	3177	3137	3318	3277
5	3793	3773	3685	3664	3620	3799	3711	3691	3678	3657	3569	3548	3697	3677	3569	3569
6	3669	3648	3638	3617	3653	3633	3623	3602	3569	3548	3538	3517	3557	3536	3526	3505
7	3545	3524	3592	3571	3487	3466	3534	3513	3460	3439	3507	3486	3417	3396	3464	3443
8	3420	3399	3545	3524	3321	3300	3445	3424	3351	3330	3476	3455	3276	3255	3401	3380
9	3911	3909	3787	3786	3910	3908	3786	3784	3797	3796	3674	3672	3796	3795	3673	3671
10	3786	3785	3740	3739	3743	3742	3697	3696	3689	3687	3643	3641	3656	3655	3610	3609
11	3662	3660	3694	3692	3577	3575	3609	3607	3580	3578	3612	3610	3516	3514	3548	3546
12	3538	3536	3647	3645	3410	3409	3520	3518	3471	3469	3581	3579	3376	3374	3485	3483
13	4028	4046	3889	3907	3999	4017	3860	3878	3917	3935	3778	3796	3895	3913	3756	3774
14	3904	3922	3843	3860	3833	3851	3772	3789	3808	3826	3747	3765	3755	3773	3694	3712
15	3779	3797	3796	3814	3667	3684	3683	3701	3700	3717	3716	3734	3615	3633	3631	3649
16	3655	3673	3749	3767	3500	3518	3594	3612	3591	3608	3685	3703	3475	3492	3569	3586
Nmax	4028	4046	3889	3907	3999	4017	3860	3878	3917	3935	3778	3796	3895	3913	3756	3774
TAGLIO																
taglio Vx	762	775	753	767	761	775	753	767	756	769	748	761	756	769	747	761
taglio Vy	22	22	-9	-9	23	23	-9	-9	22	23	-9	-9	23	23	-9	-9
V	762	775	753	767	762	775	753	767	756	770	748	761	756	770	748	761

SFORZO NORMALE PALO	q4								q5							
	1	3620	3580	3527	3487	3661	3621	3568	3528	3651	3611	3496	3456	3692	3652	3537
2	3512	3472	3497	3457	3521	3481	3506	3466	3517	3477	3492	3452	3527	3486	3501	3461
3	3404	3364	3467	3426	3382	3342	3444	3404	3383	3343	3487	3447	3361	3321	3465	3425
4	3296	3256	3436	3396	3242	3202	3382	3342	3249	3209	3483	3443	3196	3155	3429	3389
5	3698	3677	3589	3568	3717	3697	3609	3588	3734	3713	3553	3532	3754	3733	3573	3552
6	3590	3569	3559	3538	3578	3557	3547	3526	3600	3579	3549	3528	3588	3567	3537	3516
7	3482	3461	3529	3508	3438	3417	3485	3465	3466	3445	3544	3523	3423	3402	3501	3480
8	3373	3352	3498	3477	3299	3278	3424	3403	3332	3311	3540	3519	3257	3236	3465	3444
9	3775	3774	3651	3650	3774	3773	3650	3649	3816	3815	3610	3608	3815	3814	3609	3608
10	3667	3665	3621	3619	3634	3633	3588	3587	3682	3681	3606	3604	3650	3648	3573	3572
11	3569	3557	3591	3589	3495	3493	3527	3525	3548	3547	3601	3600	3484	3483	3537	3536
12	3451	3449	3560	3559	3355	3354	3465	3463	3414	3413	3597	3595	3319	3317	3502	3500
13	3852	3870	3713	3731	3831	3848	3691	3709	3899	3917	3667	3685	3877	3895	3645	3663
14	3744	3762	3683	3701	3691	3709	3630	3648	3765	3782	3662	3680	3711	3729	3609	3627
15	3636	3654	3653	3670	3551	3569	3568	3586	3631	3648	3658	3676	3546	3564	3573	3591
16	3528	3546	3622	3640	3412	3430	3506	3524	3497	3514	3654	3671	3381	3398	3538	3555
Nmax	3852	3870	3713	3731	3831	3848	3691	3709	3899	3917	3667	3685	3877	3895	3645	3663
TAGLIO																
taglio Vx	733	747	725	738	733	747	725	738	736	750	722	736	736	749	722	736
taglio Vy	22	22	-10	-9	22	23	-9	-9	33	33	-20	-20	33	33	-20	-20
V	734	747	725	739	733	747	725	738	737	750	722	736	737	750	722	736

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	1	2	1	2
1	3608	3541	3515	3448	3649	3582	3556	3489	1185	1157	3116	3089	2705	2677
2	3500	3433	3484	3417	3509	3442	3493	3426	1155	1127	2670	2642	2677	2649
3	3391	3324	3454	3387	3369	3302	3431	3364	1125	1097	2224	2196	2648	2620
4	3283	3216	3423	3356	3229	3162	3369	3302	1094	1066	1777	1749	2620	2592
5	3697	3662	3588	3554	3716	3682	3608	3573	2053	2039	3113	3099	2658	2644
6	3588	3553	3557	3523	3577	3542	3546	3511	2023	2008	2667	2652	2630	2615
7	3480	3445	3527	3492	3437	3402	3484	3449	1993	1978	2221	2206	2601	2587
8	3371	3336	3496	3461	3297	3262	3421	3386	1963	1948	1774	1760	2573	2558
9	3785	3783	3661	3659	3784	3782	3660	3658	2921	2920	3110	3109	2611	2610
10	3677	3674	3631	3628	3644	3642	3598	3596	2891	2890	2664	2662	2583	2582
11	3568	3565	3600	3597	3504	3502	3536	3533	2861	2860	2217	2216	2554	2553
12	3460	3457	3569	3566	3364	3361	3474	3471	2831	2829	1771	1770	2526	2525
13	3873	3903	3734	3764	3852	3882	3713	3743	3789	3802	3107	3119	2565	2577
14	3765	3795	3704	3733	3712	3741	3650	3680	3759	3771	2660	2673	2536	2548
15	3696	3686	3673	3703	3572	3601	3588	3618	3729	3741	2214	2226	2507	2520
16	3548	3577	3642	3672	3432	3461	3526	3556	3699	3711	1768	1780	2479	2491
Nmax	3873	3903	3734	3764	3852	3882	3713	3743	3789	3802	3116	3119	2705	2677
TAGLIO														
taglio Vx	738	761	730	752	738	761	730	752	1139	1148	496	506	496	505
taglio Vy	22	22	-9	-9	23	23	-9	-9	11	11	327	327	10	10
V	738	761	730	752	738	761	730	752	1139	1148	594	602	496	505

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	2676	2643	2614	2580	2499	2466	2437	2404	2655	2622	2635	2601	2479	2445	2458	2424	2524	2496
2	2599	2565	2588	2555	2518	2485	2508	2474	2595	2562	2592	2558	2515	2481	2511	2478	2509	2481
3	2521	2488	2563	2529	2537	2503	2578	2545	2535	2502	2549	2516	2551	2517	2565	2531	2494	2466
4	2444	2410	2538	2504	2556	2522	2649	2615	2475	2442	2506	2473	2587	2553	2618	2584	2479	2451
5	2734	2717	2662	2644	2456	2438	2383	2366	2710	2693	2686	2669	2432	2414	2407	2390	2485	2471
6	2657	2639	2636	2619	2474	2457	2454	2437	2650	2633	2643	2626	2468	2450	2461	2443	2470	2456
7	2579	2562	2611	2593	2493	2476	2525	2507	2590	2572	2600	2583	2504	2486	2514	2497	2455	2441
8	2502	2485	2585	2568	2512	2494	2595	2578	2530	2512	2558	2540	2540	2522	2567	2550	2441	2426
9	2792	2791	2710	2708	2412	2411	2329	2328	2765	2763	2737	2736	2384	2383	2357	2356	2447	2446
10	2715	2714	2684	2683	2431	2429	2400	2399	2705	2703	2694	2693	2420	2419	2410	2409	2432	2431
11	2637	2636	2659	2657	2449	2448	2471	2469	2645	2643	2652	2650	2457	2455	2464	2462	2417	2416
12	2560	2559	2633	2632	2468	2467	2541	2540	2585	2583	2609	2607	2493	2491	2517	2516	2402	2401
13	2850	2865	2757	2772	2387	2383	2276	2290	2819	2834	2788	2803	2337	2352	2306	2321	2408	2421
14	2773	2788	2732	2747	2387	2402	2346	2361	2759	2774	2746	2760	2373	2388	2360	2375	2393	2406
15	2695	2710	2706	2721	2406	2421	2417	2432	2699	2714	2703	2718	2409	2424	2413	2428	2378	2391
16	2618	2633	2681	2696	2425	2439	2487	2502	2639	2654	2660	2675	2446	2460	2466	2481	2363	2376
Nmax	2850	2865	2757	2772	2556	2522	2649	2615	2819	2834	2788	2803	2587	2553	2618	2584	2524	2496
TAGLIO																		
taglio Vx	544	555	538	549	543	555	538	549	542	553	540	551	541	553	539	551	477	486
taglio Vy	15	15	-6	-6	15	15	-6	-6	8	8	1	1	8	8	1	1	5	5
V	544	555	538	549	543	555	538	549	542	553	540	551	541	553	539	551	477	486

RIEPILOGO

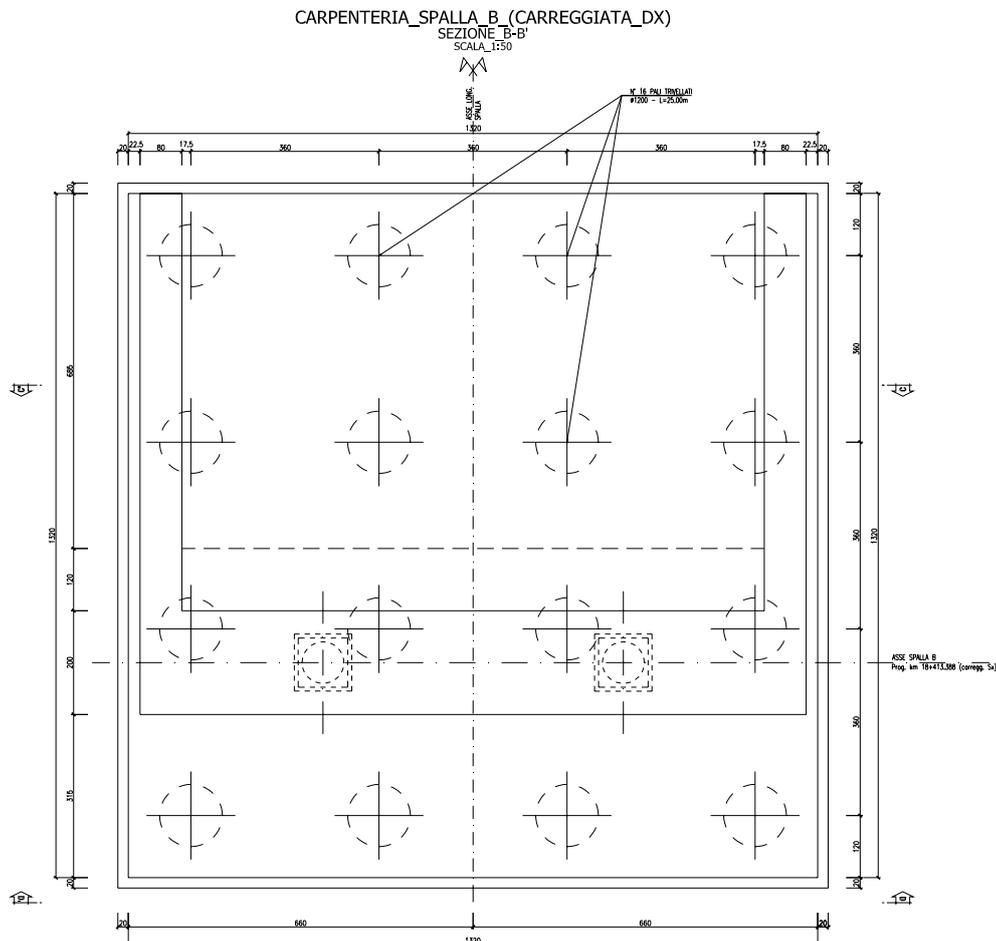
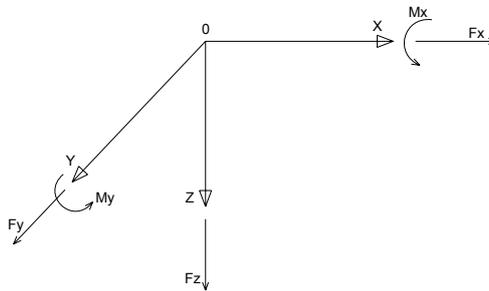
	SLU	SLV	SLE	
Nmax	4046	4046	3802	kN
Nmin	1066	3137	1066	kN
Vmax	1148	775	1148	kN

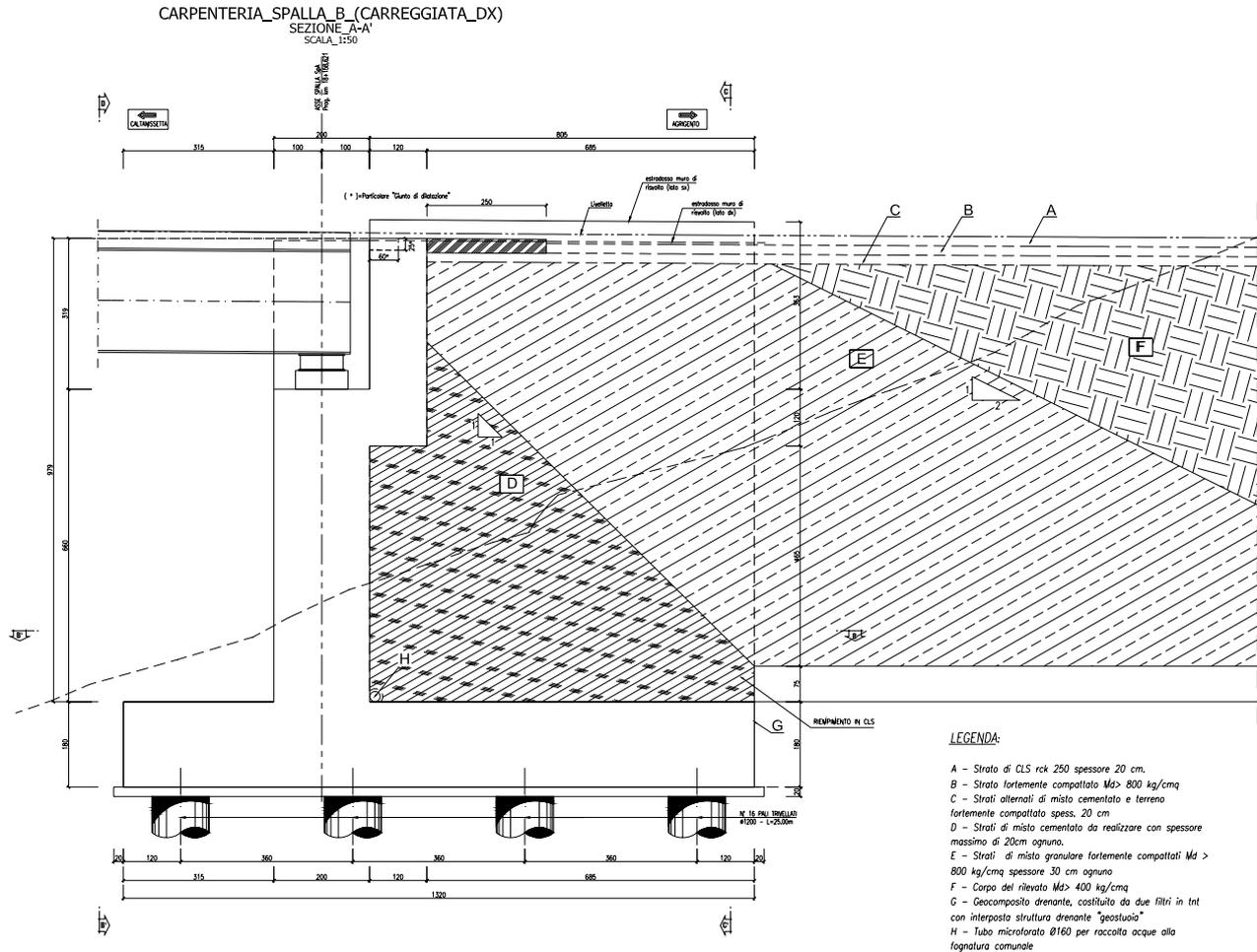
3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla B della carreggiata destra.

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

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





Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80	-	313.6	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	6.60	-	168.3	9.05	0.00	-5.10
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.20	-	49.0	7.45	0.00	-10.00
muro laterale sx	1	8.05	0.80	10.20	-	65.7	4.03	5.98	-6.90
muro laterale dx	1	8.05	0.80	10.20	-	65.7	4.03	-5.98	-6.90
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-10.73
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-11.50
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	9.05	0.00	-8.48
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	9.05	0.00	-8.73
elemento 1	0	5.40	0.60	4.85	-	0.00	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85	-	0.00	4.55	-4.75	-7.90

3.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano nel seguente prospetto le azioni trasmesse dall'impalcato. Tali azioni sono riferite al baricentro appoggi e sono state desunte dalla risoluzione 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: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 16 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	9.05 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-8.73 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	58	8	3074	125	38	peso proprio impalcato
g2	9	5	534	127	11	permanenti portati
e2	53	4	-154	5	54	ritiro
e3.6	192	20	223	1	196	temperatura - massima azione verticale
e3.8	546	74	-203	87	544	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	6	4	2548	1310	214	temperatura - massima azione trasversale
q1.2	8	11	1759	6586	1096	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	240	34	-1	33	240	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	6	517	-7	713	39	azione del vento trasversale
q6.1x	991	146	-29	205	992	sisma longitudinale
q6.1y	310	326	-34	537	312	sisma trasversale
q6.1z	298	103	-68	166	298	sisma verticale
q7	36	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Si riportano ora per singoli casi di carico le azioni trasmesse dalla spalla, inserite nel modello SAP rispettivamente come: peso proprio (g₁), carichi di superficie (g₂, g₃, q_{1,t}, q_{6.1}, q_{6.2-ter}) e accelerazioni (q_{6.2-sp}).

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ _{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	4207.5 kN	muro frontale
g1.3	=	1224.0 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1642.2 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1642.2 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	16576.1 kN	azione verticale
x	=	6.78 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.84 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ _t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	952.5 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	17144.6 kN	peso del terreno
x	=	4.03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.90 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

		intradosso	base muro		
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
φ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	11.60	9.8	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	6584.3	4699.4	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.87	-5.07	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 17 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008-A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
Incremento di spinta	=				
q	=	20.00	20.00	kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta
H	=	11.60	9.80	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1261.4	1065.6	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.80	-6.70	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale	=				
Bx	=	8.05	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	2052.8	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	4.03	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici	=				
a_g	=	0.091	g		accelerazione di picco
S_s	=	1.50			coefficiente di amplificazione stratigrafica
S_T	=	1.00			coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.50			
β_m	=	1.00			coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
a_{max}	=	0.137	g		accelerazione massima
K_h	=	0.137			coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.068			coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	11.60	9.80	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	4215.3	3008.6		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile	=				
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
β	=	0	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
δ	=	0	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	7.29	7.29	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.621	0.621		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.797	0.797		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.621	0.621		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	10250	7316	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	3665.3	2616.1	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato	=				
ΔP	=	4215.3	3008.6	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.80	-6.70	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	1070	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	574	9.05	0.00	-5.10
paraghiaia	167	7.45	0.00	-10.00
muro laterale sx	224	4.03	5.98	-6.90
muro laterale dx	224	4.03	-5.98	-6.90
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-10.73
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-11.50
baggioli	1	9.05	0.00	-8.48
apparecchi di appoggio	1	9.05	0.00	-8.73
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2340	4.03	0.00	-6.90
risultante intradosso plinto	4603	5.38	0.00	-5.39
risultante base muro frontale	1192	6.93	0.00	-6.46

	S.L.U.								q5								
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3.6-imp	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72
e3.8-imp	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

	S.L.U.								q6.x		S.L.V.		q6.z	
	e3										q6.y			
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1
e3.6-imp	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
e3.8-imp	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp		
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.6-imp	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
e3.8-imp	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

3.5 SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA

Nelle tabelle seguenti si riportano le sollecitazioni sulla palificata, riferite al baricentro della stessa, nelle combinazioni di carico analizzate.

SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA NELLE COMBINAZIONI DI CARICO

	q1								q3												
Fx	10929	11184	10919	11174	10933	11187	10922	11177	10862	11117	10852	11106	10864	11119	10854	11109					
Fy	507	545	-424	-385	516	554	-415	-376	557	595	-374	-335	563	602	-367	-329					
Fz	56573	56266	56585	56279	55509	55202	55521	55214	55019	54712	55031	54725	54221	53914	54233	53926					
Mx	7181	7579	-2222	-1824	14380	14779	4977	5375	7223	7621	-2180	-1782	12623	13021	3219	3617					
My	-4125	-5346	-4135	-5356	-355	-1575	-365	-1585	-4169	-5390	-4179	-5399	-1341	-2562	-1351	-2571					

	q4								q5												
Fx	10502	10756	10491	10746	10504	10759	10494	10749	10505	10760	10488	10743	10508	10762	10490	10745					
Fy	505	544	-425	-387	512	551	-419	-380	816	854	-735	-697	822	861	-729	-690					
Fz	55021	54714	55033	54726	54222	53915	54234	53928	55016	54710	55037	54730	54218	53911	54238	53932					
Mx	6727	7125	-2677	-2278	12126	12525	2723	3121	9862	10260	-5811	-5413	15261	15659	-412	-14					
My	-1389	-2609	-1399	-2619	1439	219	1429	209	-1386	-2606	-1402	-2622	1442	222	1426	206					

	S.L.U.								q6.x		S.L.V.		q6.z	

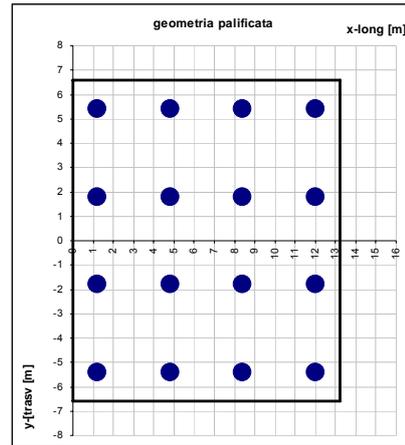
	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp	
Fx	7795	8007	7788	8000	7784	7997	7778	7990	7793	8005	7790	8003	7782	7995	7780	7992	6822	6999		
Fy	342	374	-279	-247	331	363	-290	-258	135	167	-72	-40	124	156	-83	-51	26	53		
Fz	40764	40499	40762	40507	37524	37268	37532	37276	40757	40501	40760	40504	37527	37271	37529	37274	37285	37072		
Mx	4651	4982	-1618	-1287	-1368	-1036	-7637	-7305	2561	2893	471	803	-3458	-3126	-5547	-5216	489	765		
My	-1147	-2164	-1153	-2170	5876	4859	5869	4852	-1149	-2166	-1151	-2168	5874	4857	5871	4854	5134	4287		

La geometria della palificata è dunque riportata ai fini del calcolo delle azioni (sforzo assiale e taglio) sui singoli pali:

CALCOLO AZIONI SUI PALI

Geometria della palificata

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



	q1								q3									
SFORZO NORMALE																		
PALO	3599	3563	3404	3368	3761	3725	3566	3530	3502	3466	3307	3271	3624	3588	3428	3392		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
Nmax	3771	3786	3669	3667	3776	3791	3581	3596	3676	3691	3572	3570	3680	3694	3485	3499		
TAGLIO																		
taglio Vx	683	699	682	698	683	699	683	699	679	695	678	694	679	695	678	694		
taglio Vy	32	34	-26	-24	32	35	-26	-24	35	37	-23	-21	35	38	-23	-21		
V	684	700	683	699	684	700	683	699	680	696	679	694	680	696	679	695		

	q4								q5									
SFORZO NORMALE																		
PALO	3550	3514	3355	3318	3671	3635	3476	3440	3615	3579	3290	3253	3737	3700	3411	3375		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
Nmax	3608	3622	3524	3522	3671	3635	3476	3440	3673	3687	3590	3588	3737	3700	3428	3375		
TAGLIO																		
taglio Vx	656	672	656	672	657	672	656	672	657	672	655	671	657	673	656	672		
taglio Vy	32	34	-27	-24	32	34	-26	-24	51	53	-46	-44	51	54	-46	-43		
V	657	673	656	672	657	673	656	672	659	675	657	673	659	675	657	673		

	S.L.U. e3								q6.x	S.L.V. q6.y		q6.z		
	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	1	2	
SFORZO NORMALE														
PALO														
1	3538	3478	3343	3282	3660	3599	3464	3404	1292	1267	2985	2960	2623	2598
2	3444	3374	3379	3309	3490	3420	3425	3356	1265	1236	2586	2557	2602	2573
3	3349	3270	3415	3336	3320	3242	3386	3307	1237	1204	2188	2155	2580	2547
4	3254	3166	3451	3363	3151	3063	3347	3259	1210	1173	1789	1752	2559	2522
5	3571	3539	3376	3344	3653	3621	3458	3426	2010	1997	2946	2932	2543	2529
6	3476	3435	3412	3370	3484	3442	3419	3378	1983	1966	2547	2530	2521	2504
7	3382	3331	3448	3397	3314	3263	3380	3329	1956	1935	2149	2127	2500	2478
8	3287	3227	3484	3424	3144	3084	3341	3281	1928	1903	1750	1725	2478	2453
9	3604	3600	3409	3405	3647	3643	3452	3448	2729	2727	2907	2905	2462	2460
10	3509	3496	3445	3431	3477	3464	3413	3399	2701	2696	2508	2502	2440	2435
11	3415	3392	3481	3458	3308	3285	3374	3351	2674	2665	2109	2100	2419	2409
12	3320	3288	3517	3485	3138	3106	3335	3303	2647	2633	1711	1698	2397	2384
13	3637	3661	3442	3466	3640	3665	3445	3470	3447	3457	2867	2877	2381	2391
14	3542	3557	3478	3493	3471	3486	3406	3421	3420	3426	2469	2475	2360	2366
15	3447	3453	3514	3519	3301	3307	3367	3373	3392	3395	2070	2073	2338	2341
16	3353	3349	3550	3546	3131	3128	3328	3325	3365	3364	1671	1670	2317	2315
Nmax	3637	3661	3550	3546	3660	3665	3464	3470	3447	3457	2985	2960	2623	2598
TAGLIO														
taglio Vx	662	689	661	688	662	689	662	688	1039	1050	446	457	445	456
taglio Vy	32	36	-26	-22	33	37	-26	-22	11	12	310	311	8	10
V	663	690	662	688	663	690	662	689	1039	1051	543	553	445	456

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq				S.L.qp			
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	1	2	3	4	1	2		
SFORZO NORMALE																		
PALO																		
1	2620	2590	2490	2460	2439	2409	2309	2279	2577	2546	2533	2503	2396	2365	2352	2322	2447	2422
2	2556	2521	2512	2478	2458	2423	2415	2380	2541	2506	2527	2492	2444	2409	2429	2395	2441	2412
3	2491	2451	2535	2495	2477	2438	2521	2482	2506	2466	2520	2481	2492	2452	2506	2467	2434	2401
4	2426	2382	2557	2513	2496	2452	2627	2583	2470	2426	2514	2470	2540	2496	2583	2539	2427	2390
5	2636	2620	2506	2490	2358	2341	2227	2211	2593	2577	2549	2533	2314	2298	2271	2255	2376	2363
6	2571	2551	2528	2508	2377	2356	2333	2313	2557	2536	2543	2522	2362	2341	2348	2327	2369	2352
7	2507	2482	2551	2526	2396	2370	2440	2414	2522	2496	2536	2511	2410	2385	2425	2400	2363	2341
8	2442	2412	2573	2543	2415	2385	2546	2516	2486	2456	2530	2500	2458	2428	2502	2472	2356	2331
9	2652	2650	2522	2520	2276	2274	2146	2144	2609	2607	2565	2563	2233	2231	2189	2187	2305	2303
10	2587	2581	2544	2538	2295	2288	2252	2245	2573	2566	2559	2552	2281	2274	2266	2260	2298	2293
11	2523	2512	2567	2556	2314	2303	2358	2347	2537	2526	2552	2541	2329	2317	2343	2332	2291	2282
12	2458	2442	2589	2574	2333	2317	2464	2448	2502	2486	2546	2530	2377	2361	2420	2405	2285	2271
13	2668	2680	2538	2550	2194	2206	2064	2076	2625	2637	2581	2593	2151	2163	2108	2120	2234	2244
14	2603	2611	2560	2568	2213	2221	2170	2178	2589	2597	2575	2582	2199	2207	2185	2192	2227	2233
15	2539	2542	2583	2586	2232	2235	2277	2279	2553	2556	2568	2571	2247	2250	2262	2265	2220	2222
16	2474	2472	2605	2604	2251	2250	2383	2381	2518	2516	2562	2560	2295	2293	2339	2337	2213	2212
Nmax	2668	2680	2605	2604	2496	2452	2627	2583	2625	2637	2581	2593	2540	2496	2583	2539	2447	2422
TAGLIO																		
taglio Vx	487	500	487	500	487	500	486	499	487	500	487	500	486	500	486	500	426	437
taglio Vy	21	23	-17	-15	21	23	-18	-16	8	10	-4	-2	8	10	-5	-3	2	3
V	488	501	487	500	487	500	486	500	487	500	487	500	486	500	486	500	426	437

RIEPILOGO

	SLU	SLV	SLE	
Nmax	3791	3791	2680	kN
Nmin	1173	3039	2680	kN
Vmax	1051	700	501	kN

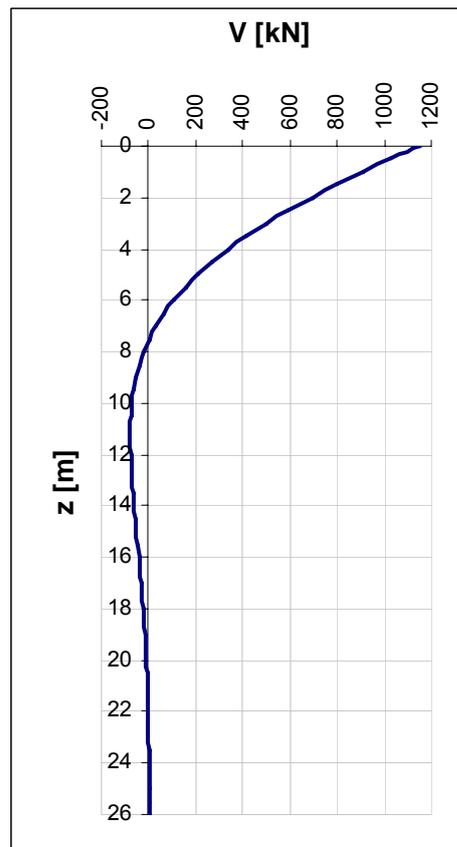
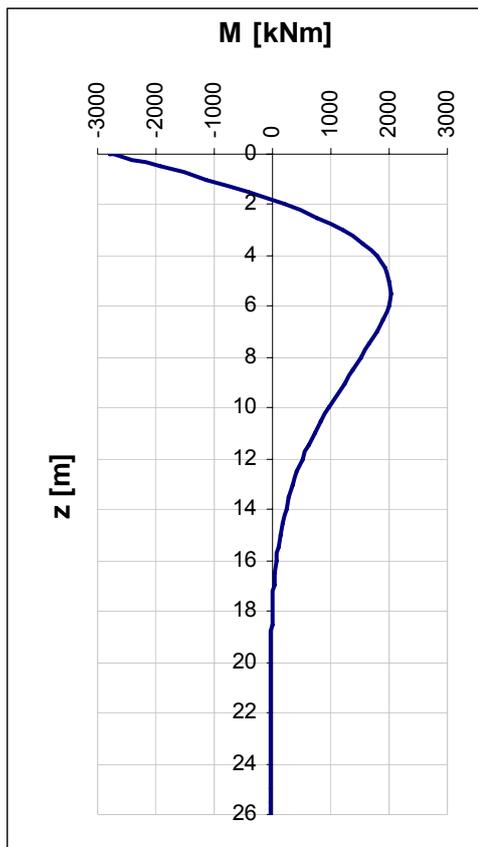
4 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA

4.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

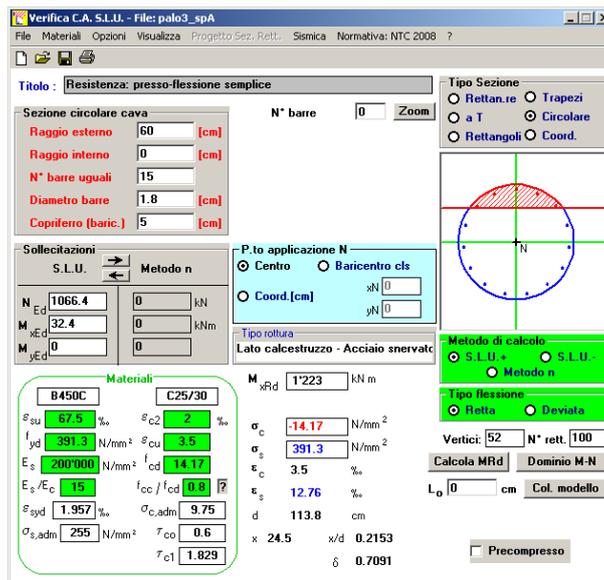
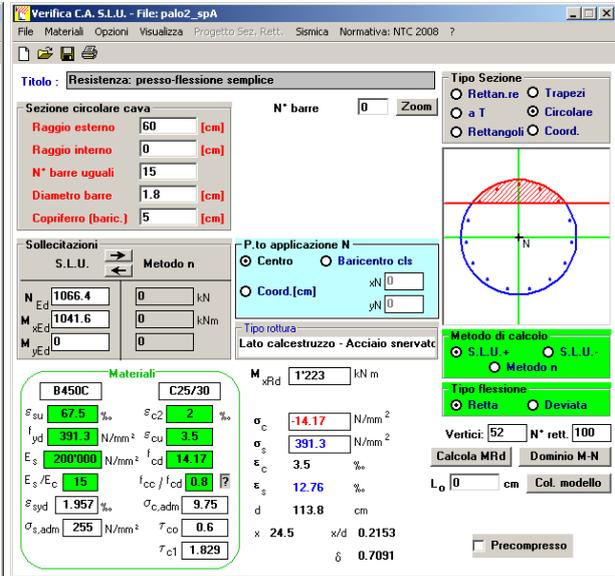
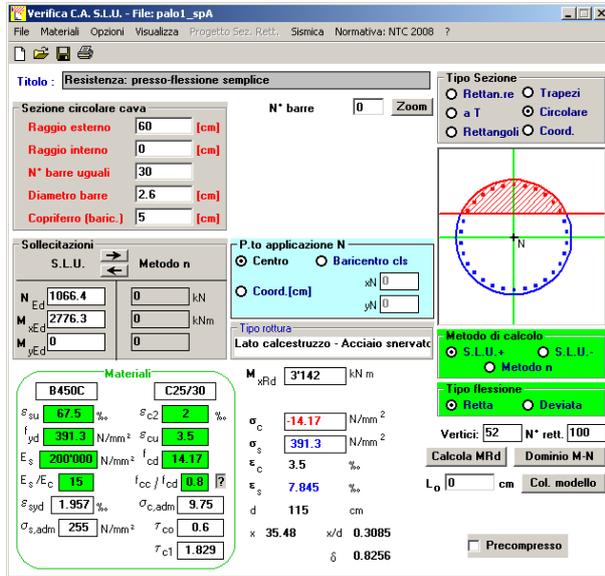
E	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0.1018 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L ₀	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	1148.1 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2776.3 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	10.14 mm	spostamento massimo in testa



4.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

La prima gabbia viene armata con 30 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 15 Ø18.

Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riportano di seguito le schermate di output del programma relative alle sezioni verificate (z = 0 m, 9.7 m, 20.7 m).



	Z _{in} [m]	Z _{in} [m]	c' [cm]	Φ [mm]	n	s [cm]	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [kN]	M _{res} [kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	5	26	30	11.5	2776.3	1066.4	3142.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	15	23.0	1041.6	1066.4	1223.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	15	23.0	32.4	1066.4	1223.0	OK

4.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/200 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/300. La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$: taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 24 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d_e \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha : \quad \text{resistenza di calcolo a taglio trazione}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d_e \cdot b_{we} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{(1 + \cot^2 \theta)} : \quad \text{resistenza di calcolo a taglio compressione}$$

dove:

$$d_e = 0.45 \cdot D + 0.64 \cdot (d - D/2) : \quad \text{altezza utile equivalente della sezione}$$

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

$$b_{we} = 0.9 \cdot D : \quad \text{base equivalente della sezione}$$

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd} : \quad \text{resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima}$$

Sollecitazioni

V	=	1148.1 kN	taglio di calcolo
N	=	1066.4 kN	sforzo assiale di calcolo

Geometria

D	=	1200 mm	diametro sezione
d	=	1140 mm	altezza utile
d _e	=	886 mm	altezza utile equivalente
b _{we}	=	1080 mm	base equivalente

Materiali

R _{ck}	=	30	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	7.06 MPa	resistenza ridotta
γ _s	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

Ø _w	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 mm	passo staffe in direzione longitudinale
n _{br}	=	2	numero bracci
A _{sw}	=	307.9 mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	0.943 MPa	tensione media calcestruzzo
α _c	=	1.07	
V _{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	2234.1 kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.05	

4.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali ordinarie
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w3=0,40 mm								w2=0,30 mm	
	\emptyset									
160	40	40	40	40	40	40	40	40	32	32
200	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
240	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16
280	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
320	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w3=0,40 mm								w2=0,30 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250
240	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
280	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150
320	150	150	150	150	150	150	150	150	100	100
360	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	2475	2442	2506	2473	2337	2352	2306	2321	2363	2376	kN	sforzo assiale
V	542	553	540	551	541	553	539	551	477	486	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	1310	1338	1306	1333	1309	1337	1305	1332	1153	1176	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	121	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK									

Verifica C.A. S.L.U. - File: SpA-freq8

Titolo: Fessurazione: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 160 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 30
- Diametro barre: 2.6 [cm]
- Copriferro (baric.): 5 [cm]

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{E,d}: 2321 kN

M_{Ed}: 1332 kNm

M_{yEd}: 0

Materiali

- B450C: σ_{su} 67.9 %, σ_{c2} 2 %, σ_{cu} 3.5
- C25/30: E_s 200000 N/mm², f_{cd} 14.17
- E_s/E_c 15, f_{cc}/f_{cd} 0.8
- $\sigma_{s,adm}$ 1.957 %, $\sigma_{c,adm}$ 9.75
- $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm², τ_{co} 0.6, τ_{c1} 1.829

P.to applicazione N

Centro, Baricentro cls, Coord. [cm]

Metodo di calcolo: S.L.U., Metodo n

Vertici: 52

Verifica

N° iterazioni: 4

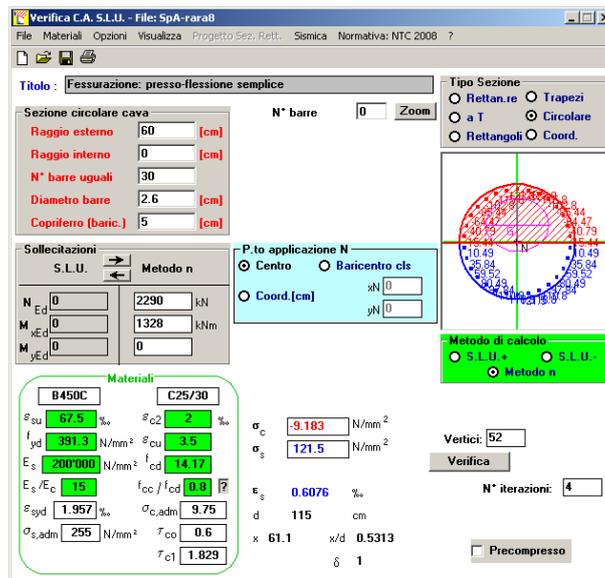
Precompresso

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 26 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008-A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

4.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,80 f_{yk}$ in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2		
					rara5	rara6						
Sollecitazioni agenti												
LO =	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N =	2444	2410	2538	2504	2368	2383	2276	2290	2363	2376	kN	sforzo assiale
V =	544	555	538	549	543	555	538	549	477	486	kN	taglio alla testa del palo
M _{max} =	1315	1343	1301	1329	1314	1341	1300	1328	1153	1176	kN*m	massimo momento flettente
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio												
$\sigma_{c,max}$ =	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	9.18	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio												
$\sigma_{s,max}$ =	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	127			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				



4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	19.1	20.4	19.6
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19.1	20.4	19.6
coesione non dren. cu (kPa)	70	198	158
coesione dren. c' (kPa)	12	36	26
angolo attrito phi' (°)	15	20	22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 27 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

4.2.1 S.L.U. – Verifica a carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

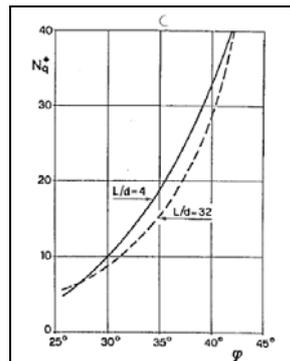
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

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

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

Il coefficiente di tensione orizzontale k è stato determinato con la formula di Jacky: $k = 1 - \sin \varphi'$, mentre il coefficiente di attrito vale: $\mu = \tan \varphi'$.

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando N_q i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo N_c , si è assunto in condizioni non drenate $N_c = 9$ e in condizioni drenate N_c è stato determinato con la relazione:



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

In tabella si riportano ora i valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	11.2	8.4	7.5

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata l'assenza di falda. Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto la spalla in esame.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 28 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR- DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_1	3	0	3
2° strato	TRBa_2a	10	3	13
3° strato	TRBa_2b	32	13	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{01}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{02}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{03}	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

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

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_r	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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 29 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito dei due approcci progettuali distinti e alternativi consentiti dal DM 14/01/08 per la progettazione geotecnica. Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio 2, con i coefficienti parziali → 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 ζ 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 ζ_3 . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 3.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\zeta_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\zeta_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ζ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ζ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	4046.2	3801.7	1.2	16	25	196.20	5325.072	4476.94

4.2.2 S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms per terreni coesivi. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo del carico limite trasversale del palo.

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	25.00 m	lunghezza palo
M_y	=	3142.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	158.3 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	39668.7 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	531560 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	14961.9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.8 m	
M_{max}	=	89250.7 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2486.6 kN	carico limite per palo lungo
-------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2486.6 kN	carico limite (valore medio)
ζ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1554.1 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1195.5 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	1148.1 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.04	

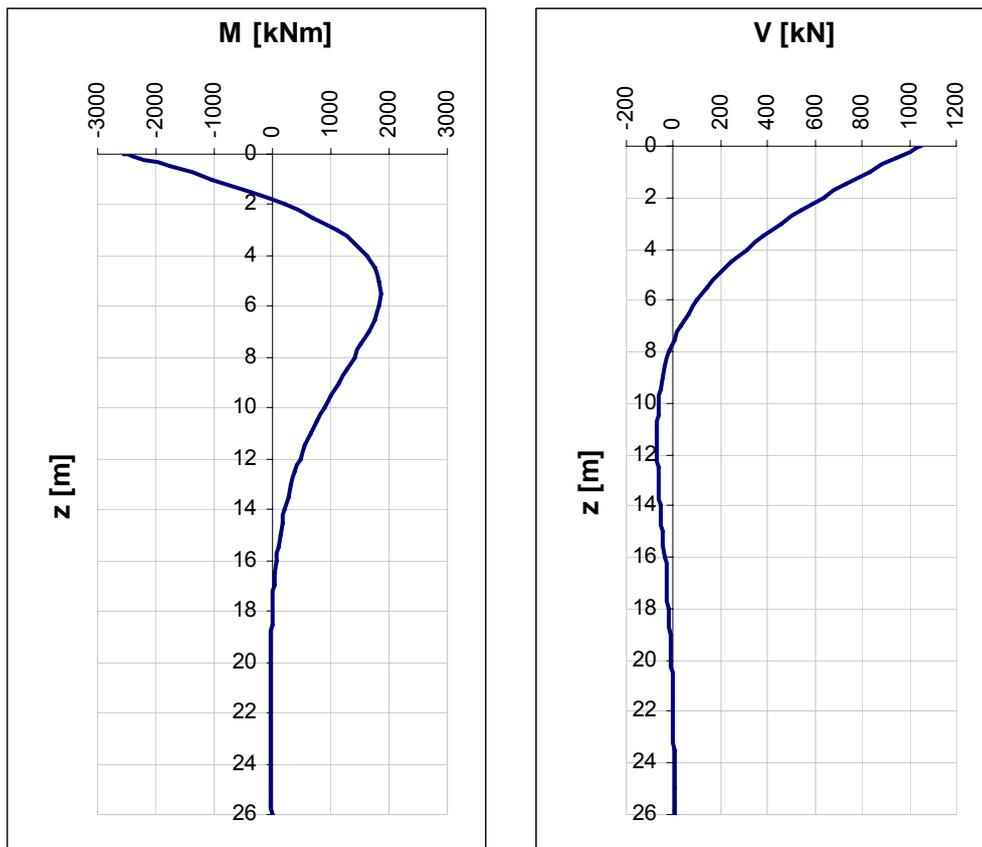
5 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

5.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

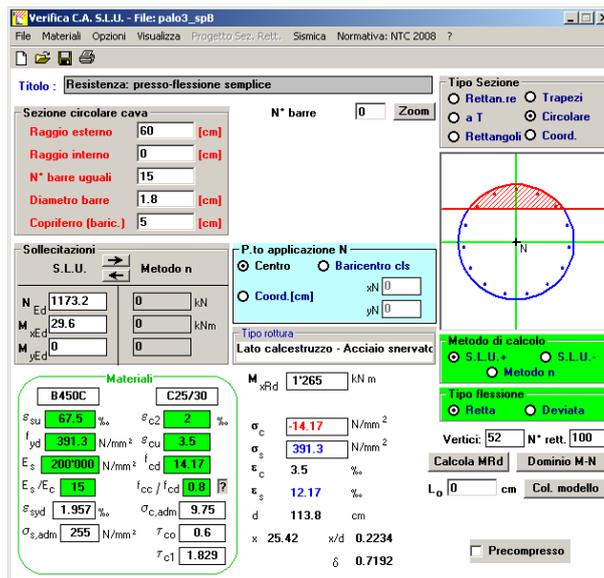
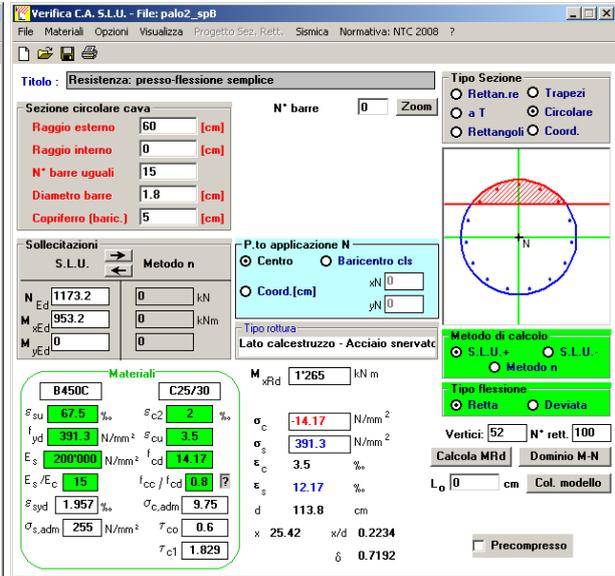
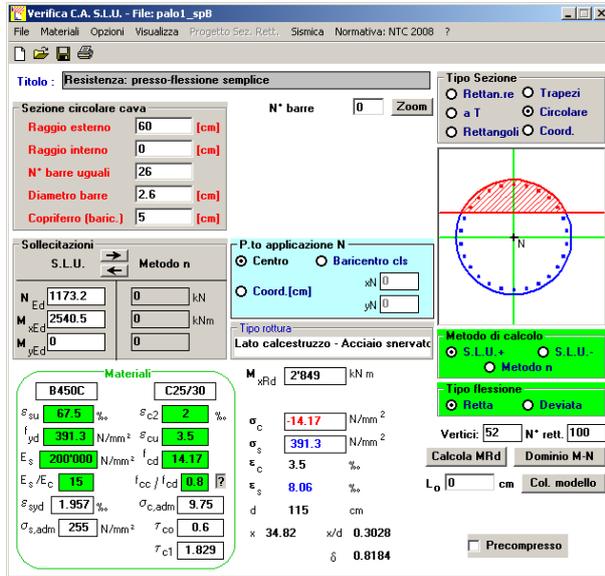
E	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0.1018 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L ₀	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	1050.6 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2540.5 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	9.28 mm	spostamento massimo in testa



5.1.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

La prima gabbia viene armata con 26 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 15 Ø18.

Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riportano di seguito le schermate di output del programma relative alle sezioni verificate (z = 0 m, 9.7 m, 20.7 m).



	Z _{in}	Z _{in}	c'	Φ	n	s	M _{Ed}	N _{Ed}	M _{res}	
	[m]	[m]	[cm]	[mm]		[cm]	[kN*m]	[kN]	[kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	5	26	26	13.3	2540.5	1173.2	2849.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	15	23.0	953.2	1173.2	1265.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	15	23.0	29.6	1173.2	1265.0	OK

5.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/200 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/300. La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$: taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 32 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d_e \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha : \quad \text{resistenza di calcolo a taglio trazione}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d_e \cdot b_{we} \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{(1 + \cot^2 \theta)} : \quad \text{resistenza di calcolo a taglio compressione}$$

dove:

$$d_e = 0.45 \cdot D + 0.64 \cdot (d - D/2) : \quad \text{altezza utile equivalente della sezione}$$

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

$$b_{we} = 0.9 \cdot D : \quad \text{base equivalente della sezione}$$

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd} : \quad \text{resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima}$$

Sollecitazioni

V	=	1050.6 kN	taglio di calcolo
N	=	1173.2 kN	sforzo assiale di calcolo

Geometria

D	=	1200 mm	diametro sezione
d	=	1140 mm	altezza utile
d _e	=	886 mm	altezza utile equivalente
b _{we}	=	1080 mm	base equivalente

Materiali

R _{ck}	=	30	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	14.11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	7.06 MPa	resistenza ridotta
γ _s	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

Ø _w	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 mm	passo staffe in direzione longitudinale
n _{br}	=	2	numero bracci
A _{sw}	=	307.9 mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	1.037 MPa	tensione media calcestruzzo
α _c	=	1.07	
V _{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	2248.1 kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.14	

5.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali ordinarie
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

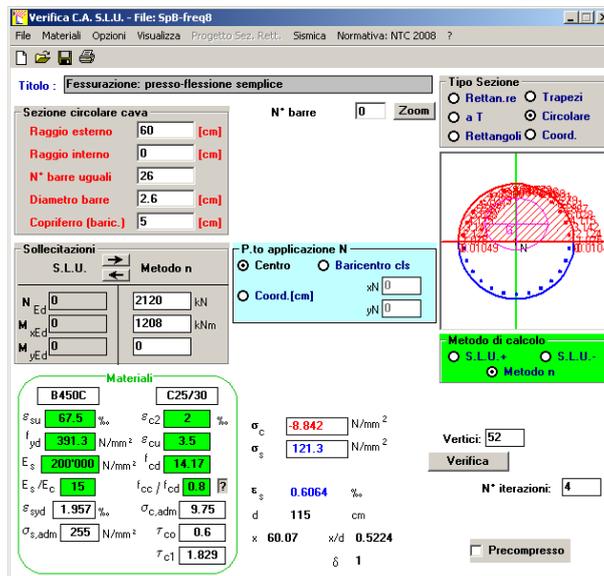
σ_s [MPa]	w3=0,40 mm								w2=0,30 mm	
	\emptyset									
160	40	40	40	40	40	40	40	40	32	32
200	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
240	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16
280	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
320	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w3=0,40 mm								w2=0,30 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250
240	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
280	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150
320	150	150	150	150	150	150	150	150	100	100
360	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	2470	2426	2514	2470	2151	2163	2108	2120	2213	2212	kN	sforzo assiale
V	487	500	487	500	486	500	486	500	426	437	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	1178	1210	1177	1210	1176	1209	1176	1208	1031	1058	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	121	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK									

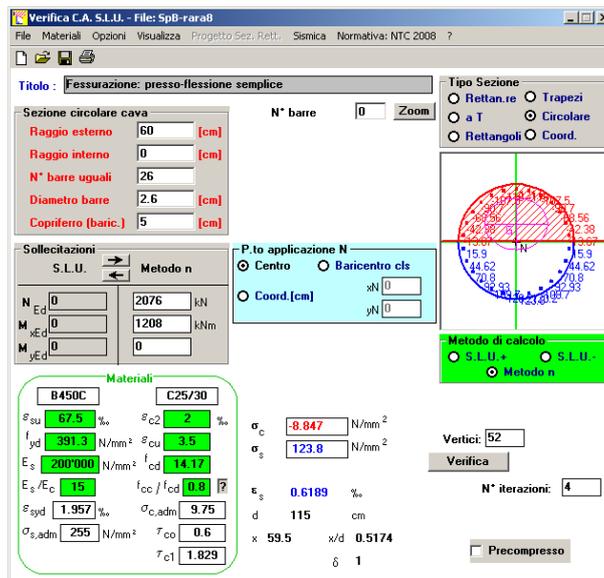


CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 34 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008-A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

5.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ in combinazione caratteristica e $0,40 f_{ck}$ in combinazione quasi permanente; per l'acciaio: $0,80 f_{yk}$ in combinazione caratteristica). Le tensioni sono state ottenute con la stessa metodologia utilizzata per le verifiche di fessurazione.

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2		
					rara5	rara6						
Sollecitazioni agenti												
LO =	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N =	2426	2382	2490	2460	2194	2206	2064	2076	2213	2212	kN	sforzo assiale
V =	488	501	487	500	487	500	486	500	426	437	kN	taglio alla testa del palo
M _{max} =	1179	1212	1178	1210	1178	1210	1176	1208	1031	1058	kN*m	massimo momento flettente
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio												
$\sigma_{c,max}$ =	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	8.85	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio												
$\sigma_{s,max}$ =	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
$\sigma_{s,Sd}$ =	-	-	-	-	-	-	-	124			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK				



5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	19.1	20.4	19.6
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	19.1	20.4	19.6
coesione non dren. cu (kPa)	70	198	158
coesione dren. c' (kPa)	12	36	26
angolo attrito phi' (°)	15	20	22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 35 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

5.2.1 S.L.U. – Verifica a carico limite verticale

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

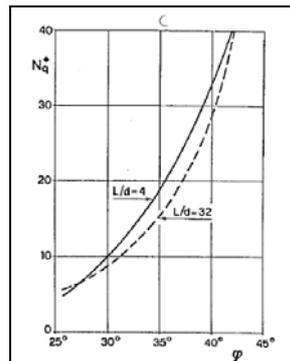
$$s_{lim,d} = k \mu \sigma_{vz}'$$

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

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

Il coefficiente di tensione orizzontale k è stato determinato con la formula di Jacky: $k = 1 - \text{sen} \varphi'$, mentre il coefficiente di attrito vale: $\mu = \tan \varphi'$.

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al 25% del diametro del palo) considerando N_q i valori desunti dal grafico riportato in figura. Riguardo N_c , si è assunto in condizioni non drenate $N_c = 9$ e in condizioni drenate N_c è stato determinato con la relazione:



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

In tabella si riportano ora i valori dei coefficienti N_c ed N_q adottati per i diverse unità geotecniche.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	11.2	8.4	7.5

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata l'assenza di falda. Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto la spalla in esame.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 36 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR- DX

strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_1	2	0	2
2° strato	TRBa_2a	9	2	11
3° strato	TRBa_2b	34	11	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{01}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{02}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{03}	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

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

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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 37 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

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

Nel caso specifico, le verifiche geotecniche (GEO) in termini di capacità portante dei pali sono state condotte sulla base dell'approccio 2, con i coefficienti parziali → 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 ζ 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 ζ_3 . Per i terreni interessati dall'opera in esame, il numero di verticali di indagine è 3.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\zeta_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\zeta_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\zeta_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ζ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ζ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla B	3790.8	3457.2	1.2	16	25	196.65	5355.118	4487.437

5.2.2 S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale

Il calcolo del carico limite orizzontale dei pali viene effettuato secondo il metodo proposto da Broms per terreni coesivi. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo del carico limite trasversale del palo.

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	25.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2849.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	158.3 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	39668.7 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	531560 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	14945.4 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M_{max}	=	89369.9 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2303.5 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2303.5 kN	carico limite (valore medio)
ζ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1439.7 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1107.5 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	1050.6 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.05	

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: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 38 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

6 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla A della carreggiata destra.

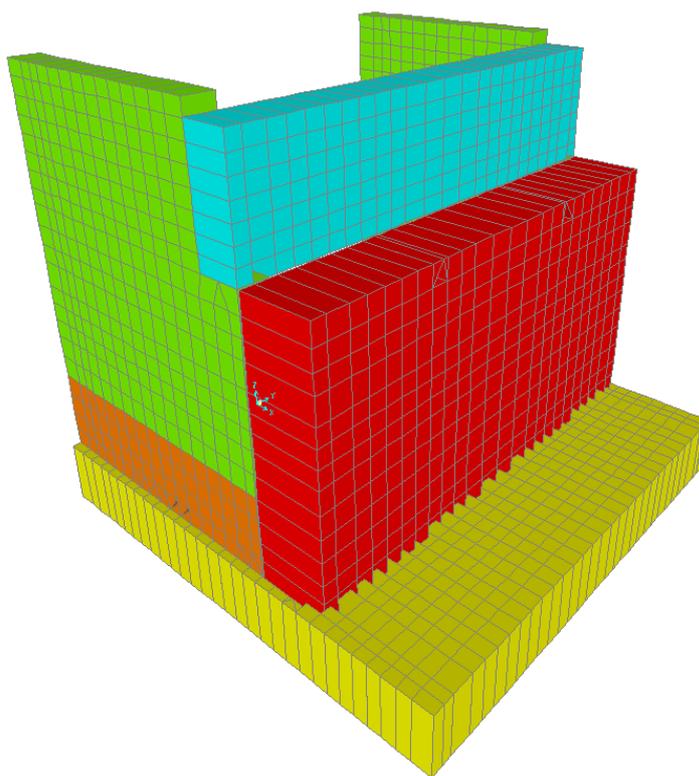
6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il calcolo delle sollecitazioni agenti sugli elementi che costituiscono la spalla è stato eseguito in SAP2000 schematizzando gli elementi strutturali (plinto di fondazione, muro frontale, trave paraghiaia e muri laterali) come piastre rettangolari, con il plinto vincolato mediante incastri in corrispondenza degli assi dei pali di fondazione.

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle rigidzze della struttura reale. Gli elementi shell impiegati includono gli effetti della deformabilità a taglio.

Nella seguente figura si illustra la geometria del modello.

Il sistema di riferimento globale è impostato con asse X parallelo ai muri laterali, asse Y parallelo al muro frontale e asse Z verticale.



Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min
	[-]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	7.30
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.20
muro laterale sx	1	8.05	0.80	10.90
muro laterale dx	1	8.05	0.80	10.90
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.15
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35
elemento 1	0	5.40	0.60	4.40
elemento 2	0	5.40	0.60	4.40

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 40 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008-A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

	S.L.U.								q5								
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3.6-imp	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72
e3.8-imp	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0	0.72	0
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	1.50	1.50	-1.50	-1.50	1.50	1.50	-1.50	-1.50	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

	S.L.U.								S.L.V.				q6.z				
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3.6-imp	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
e3.8-imp	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0.90	0.90	-0.90	-0.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q7-imp	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

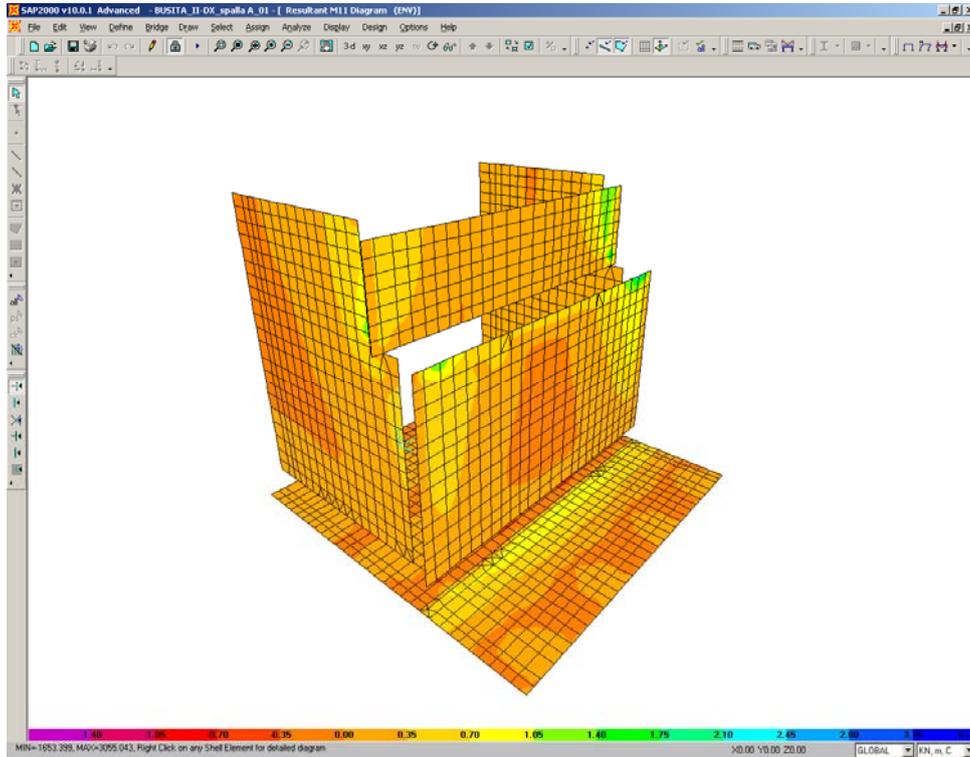
	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq				S.L.qp										
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
e3.6-imp	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
e3.8-imp	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1t-sp	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q5-imp	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	-0.20	-0.20	0.20	0.20	0.20
q6.1x-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.1x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2x-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q6.2z-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q7-imp	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

6.4 SOLLECITAZIONI

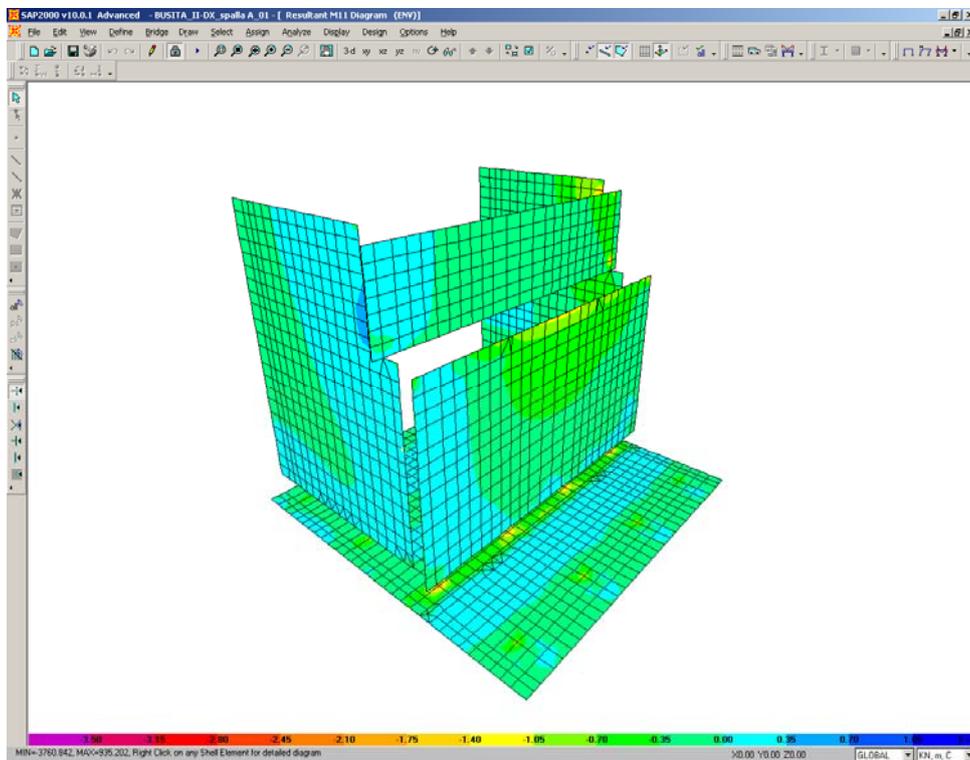
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a flessione e di quella a taglio.

Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragonata risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, nonostante il momento della combinazione sismica (valutato con un calcolo a mensola in una striscia centrale in corrispondenza dell'incastro con il muro frontale) risulti di leggermente inferiore rispetto a quello della combinazione statica (valutato nel medesimo punto e con il medesimo metodo), la sollecitazione nelle vicinanze dei muri andatori in combinazione sismica è di gran lunga maggiore di quella ottenuta considerando la frenatura.

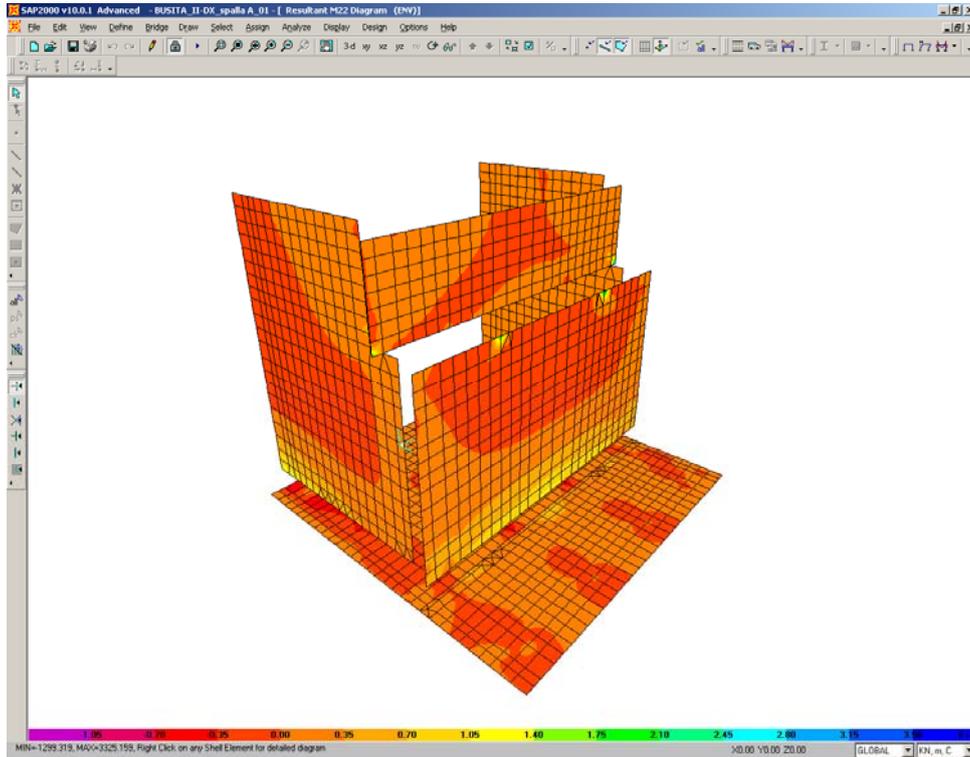
S.L.U.- fren	M(g3)	17.7 kN*m	S.L.V.	M(g3)	13.1 kN*m
	M(q3)	102.9 kN*m		M(q6.1)	12.3 kN*m
	Mtot	120.5 kN*m		M(q6.2)	67.1 kN*m
			Mtot	92.5 kN*m	



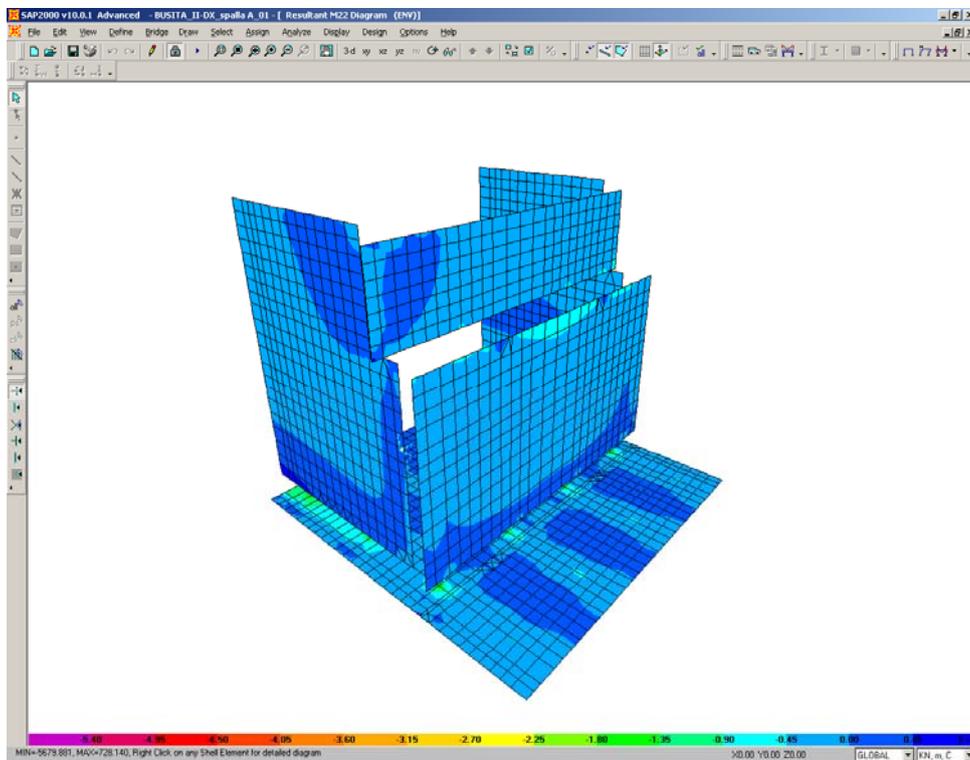
M11max



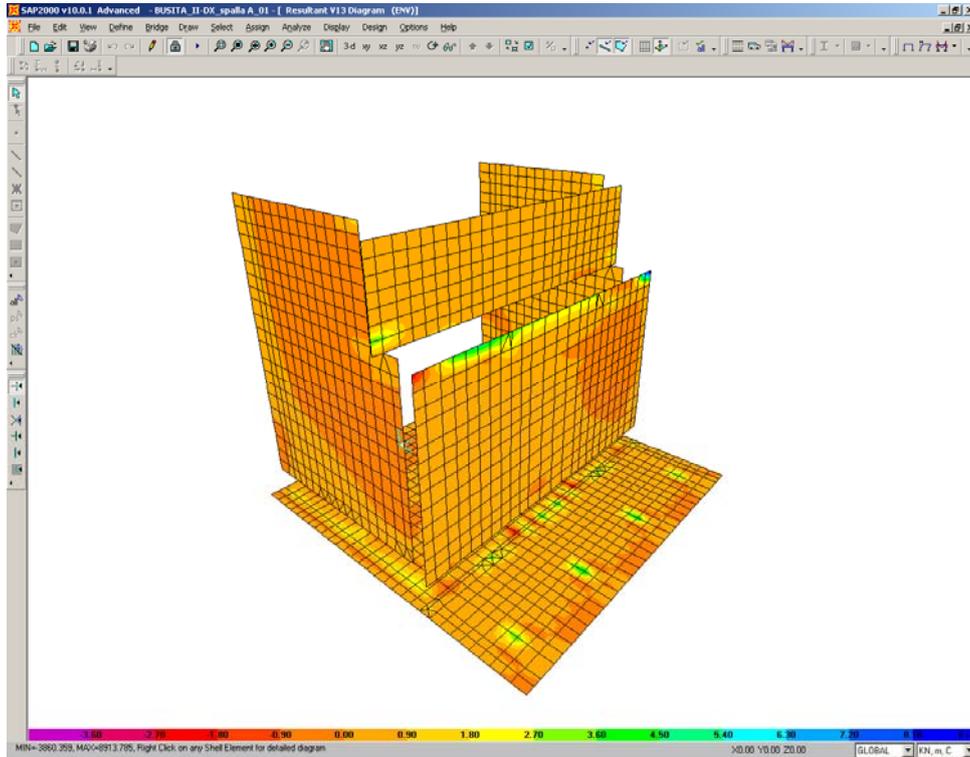
M11min



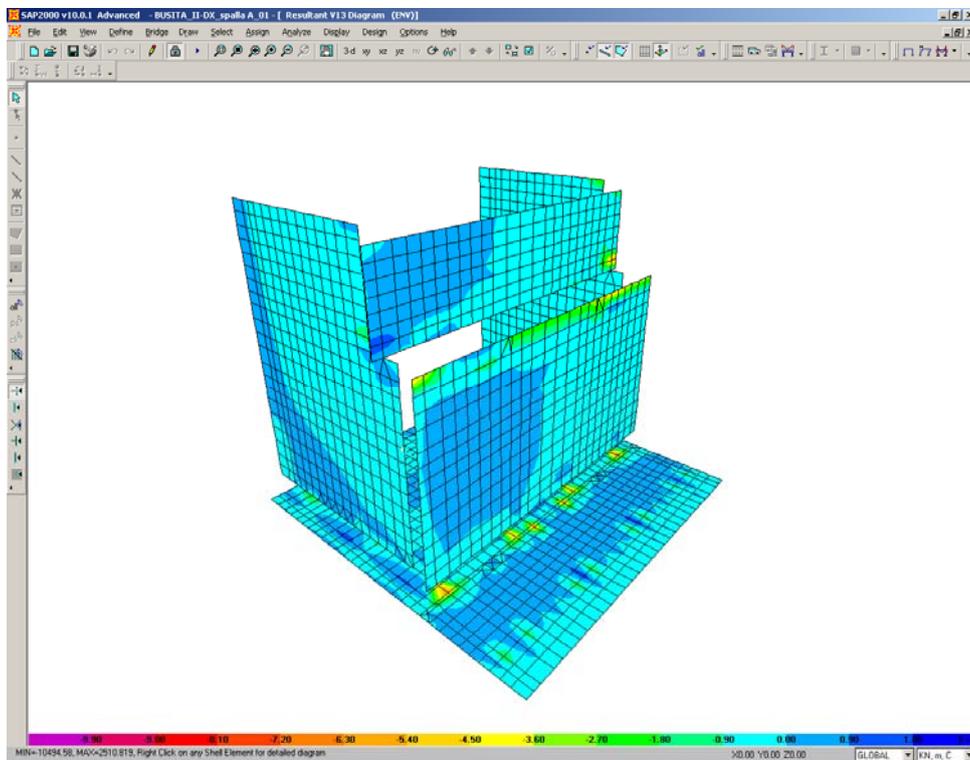
M22max



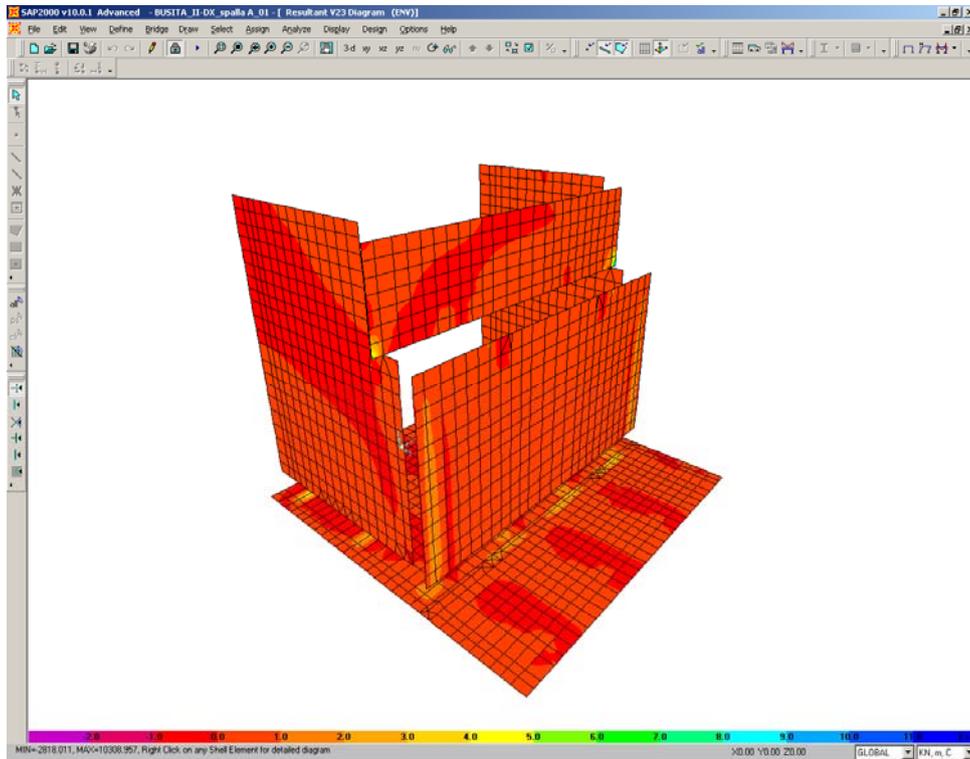
M22min



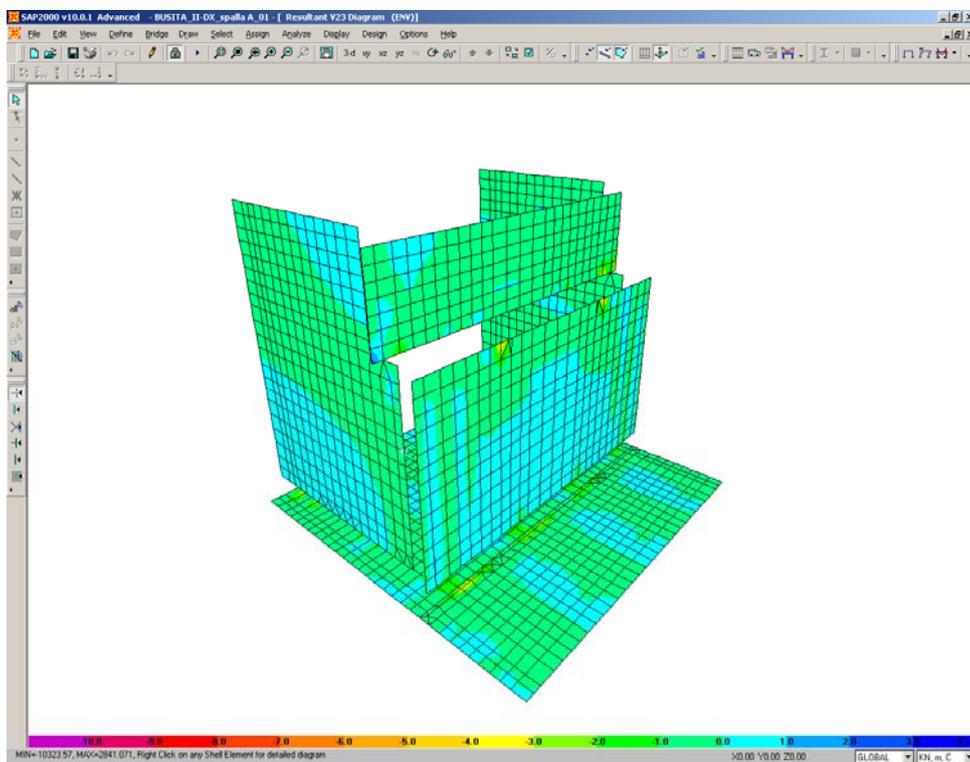
V13max



V13min

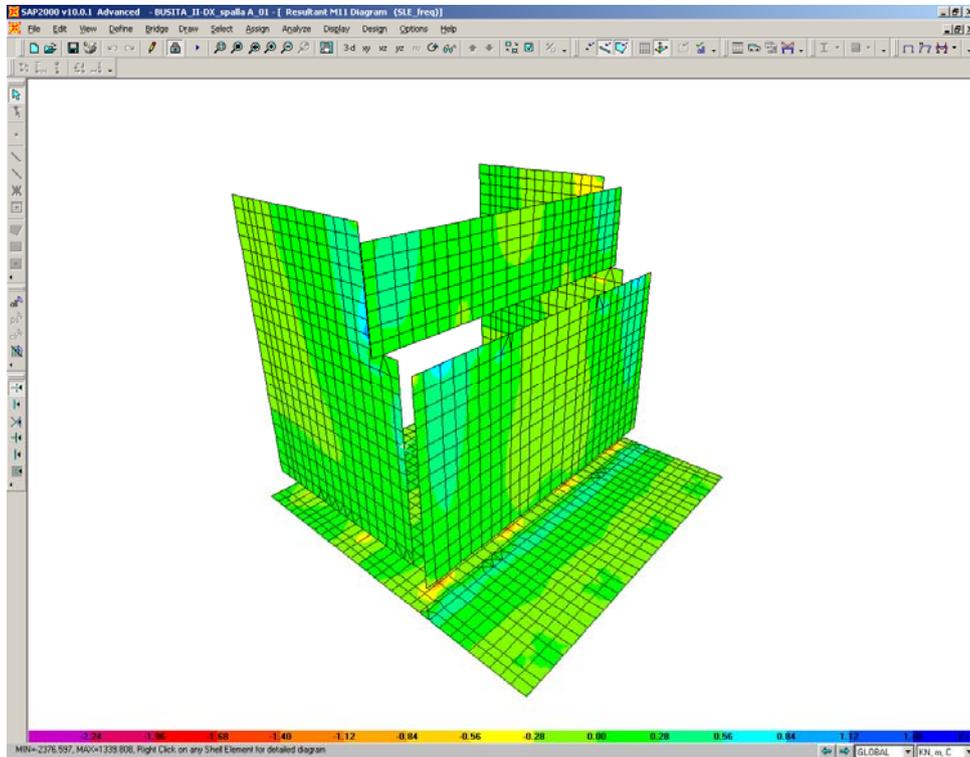


V23max

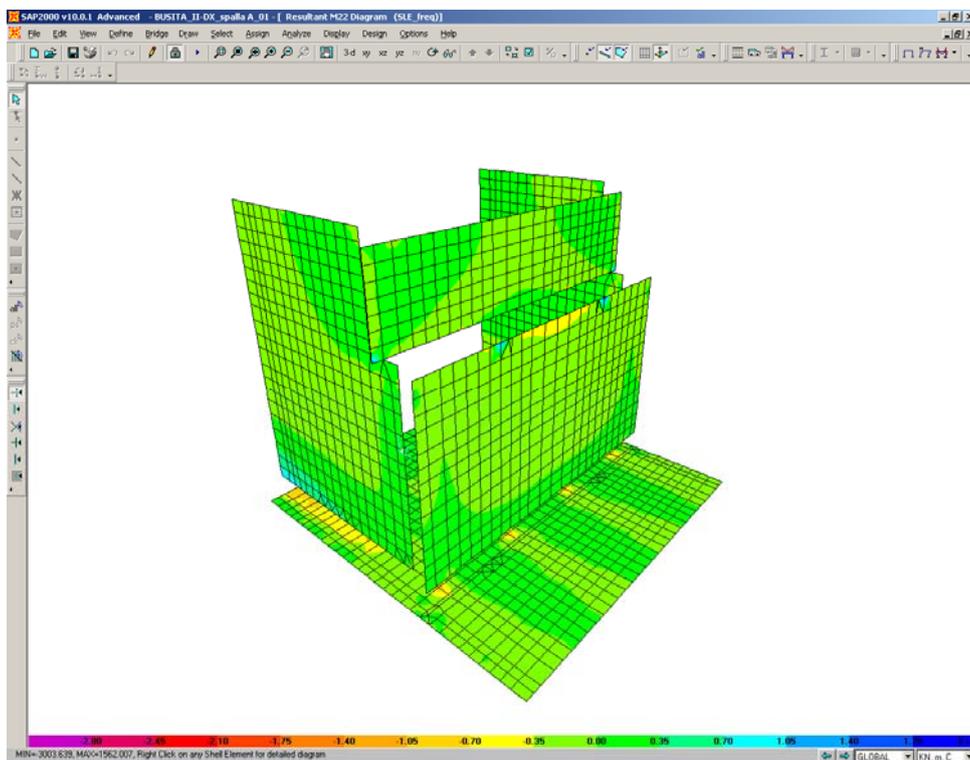


V23min

Sono ora presentate le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11, M22) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite di esercizio (combinazioni frequenti), necessarie per effettuare le verifiche a fessurazione.

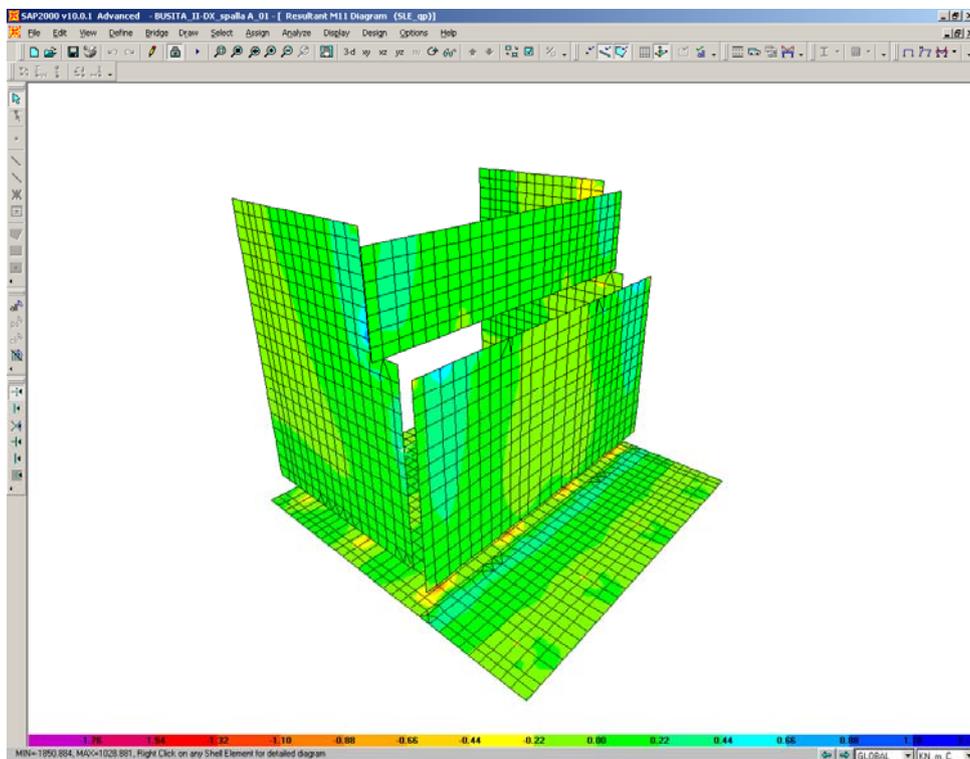


M11

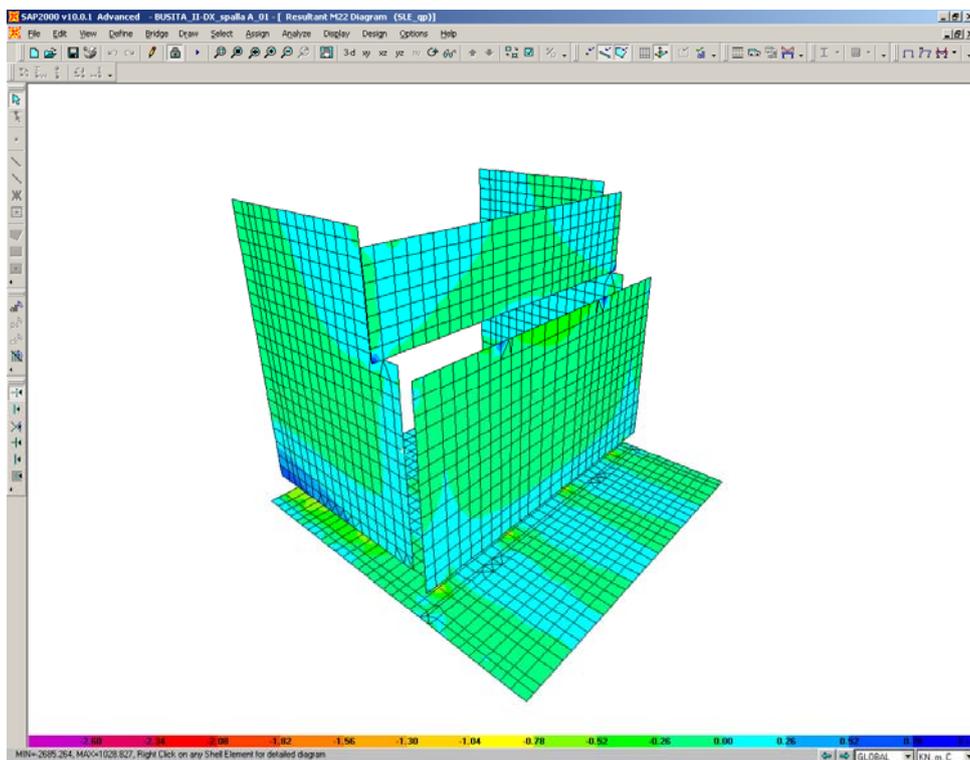


M22

Infine si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11, M22) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite di esercizio (combinazioni quasi permanenti), necessarie anch'esse per effettuare le verifiche a fessurazione.



M11



M22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 47 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

6.5 ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI

Sulla base delle sollecitazioni ottenute è stata disposta la seguente armatura a flessione, avendo di cura di definire due sezioni per il muro andatore, una che si estende per 2.00 m in altezza a partire dall'estradosso del plinto ed un'altra che considera la restante parte di muro.

		Armatura Lato terra				Ferri		Armatura Lato fuori terra					
		A _{res,1}		A _{res,2}	A _{res,TOT}		A _{res,1}		A _{res,2}	A _{res,TOT}			
		[cm ²]		[cm ²]	[cm ²]		[cm ²]		[cm ²]	[cm ²]			
plinto	X	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Y	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
front	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
trave	Y	5 Φ 20	15.7	+	5 Φ 20	15.7	31.4	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
paragh	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	X	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
and inf	Z	5 Φ 26	26.5	+	5 Φ 26	26.5	53.1	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	X	5 Φ 26	26.5	+	5 Φ 26	26.5	53.1	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
and sup	Z	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7

Per il plinto lato terra = superiore, lato fuori terra = inferiore

6.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

6.6.1 S.L.U. – Resistenza: presso-flessione

Il momento ultimo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riporta di seguito la tabella riassuntiva dei momenti resistenti:

		M _{Ed} ^{ter}	M _{Rd} ^{ter}		M _{Ed} ^{f.ter}	M _{Rd} ^{f.ter}	
		[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
plinto	X	1130	1282	OK	710	861	OK
	Y	940	1289	OK	550	751	OK
muro	Y	1040	1183	OK	735	960	OK
front	Z	860	1039	OK	450	1039	OK
trave	Y	1230	1377	OK	530	565	OK
paragh	Z	230	554	OK	165	554	OK
muro	X	340	368	OK	80	368	OK
and inf	Z	1350	1477	OK	350	419	OK
muro	X	1410	1480	OK	330	367	OK
and sup	Z	420	730	OK	280	357	OK

6.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Per quanto riguarda la platea si è ritenuto opportuno disporre un cavalletto al metro quadro per assolvere la funzione di armatura resistente a taglio, mentre sugli altri elementi sono state disposte staffe aperte (a C) a passo costante (20 cm) nelle due direzioni.

Considerando una striscia di un metro di parete, la verifica a taglio risulta soddisfatta se:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$: taglio resistente

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 48 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha : \text{resistenza di calcolo a taglio trazione}$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{(1 + \cot^2 \theta)} : \text{resistenza di calcolo a taglio compressione}$$

dove:

d :	altezza utile della sezione
b_w :	base equivalente della sezione
A_{sw} :	area dell'armatura trasversale
s :	interasse tra due armature trasversali consecutive
α_c :	coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale
$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$:	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1610	1640	970	1000	910	kN	taglio di calcolo
N	=	0	96	0	178	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1800	2000	1200	800	800	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	770	770	mm	altezza utile della sezione
b_w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R_{ck}	=	35	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cd}'	=	8.23	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ_s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio								
\varnothing_w	=	26	14	14	12	12	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	200	200	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n_{br}	=	2.0	2.5	2.5	5.0	5.0		numero bracci
A_{sw}	=	1'061.86	384.85	384.85	565.49	565.49	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ_{cp}	=	0.000	0.048	0.000	0.223	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.000	0.048	0.000	0.223	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
α_c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V_{Rsd}	=	1654.8	1668.7	991.1	1916.8	1916.8	kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	9365.5	10454.2	6190.8	4129.3	4074.3	kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1654.8	1668.7	991.1	1916.8	1916.8	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.03	1.02	1.02	1.92	2.11		

Si considera agente come sforzo assiale sul muro frontale il peso della trave paraghiaia e sul muro andatore inferiore il peso della porzione di muro andatore sovrastante.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

5.11.2001

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

Progetto Esecutivo

Opera: Viadotto Busita II

Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx

Pagina 49 di 56

Nome file: VI07-B-CL008-A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

6.6.3 S.L.E. – Fessurazione

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617.

È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

Si riportano di seguito le tabelle per le combinazioni considerate (frequente e quasi permanente), ricordando che si opera con armature poco sensibili ed in condizioni ambientali aggressive.

Combinazione	pinto				muro frontale				trave paragonata				muro andatore inf				muro andatore sup				frequent	quasi permanente
	X		Y		Y		Z		Y		Z		X		Z		X		Z			
	sup	inf	sup	inf	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra	terra	fuori terra		
Materiali																						
R _{ck}	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	MPa	resist caratteristica cubica
f _{td}	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resist caratteristica cilindrica
f _{tdm}	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resist cilindrica media
f _{tdm}	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resist media a trazione semplice
f _{tdm}	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resist media a trazione per flessione
σ _l	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite di apertura delle fessure
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		coeff di omogeneità armature (comp)
n'	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		coeff di omogeneità armature (tens)
Geometria																						
B	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione
H	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	mm	altezza sezione
Armatura																						
ρ _l	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° fondini zona tesa
ρ _l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ρ _l	22	18	22	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	mm	diámetro fondini armatura tesa
ρ _l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diámetro fondini armatura tesa
ρ _l	22	18	22	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	mm	diámetro equiv fondini armatura tesa
ρ _l	35	35	57	53	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	53	53	mm	coefficiente superiore
A _{l1}	1765	1765	1743	1747	1965	1965	1947	1947	1165	1165	1147	1147	765	765	739	747	765	765	739	747	mm	dist armatura tesa da lembo compr
A _{l1}	1901	1272	1901	1272	1571	1272	1272	1272	3142	1272	1272	1272	1272	1272	5309	1272	5309	1272	2655	1272	mm ²	area armatura tesa
ρ _l	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° fondini zona compressa
ρ _l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ρ _l	18	22	18	22	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	mm	diámetro fondini armatura compressa
ρ _l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diámetro fondini armatura compressa
ρ _l	18	22	18	22	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	18	20	mm	diámetro equiv fondini armatura compr
ρ _l	35	35	53	57	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	53	53	mm	coefficiente inferiore
d _l	35	35	53	57	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	53	53	mm	dist armatura compr da lembo compr
A _{l2}	1272	1901	1272	1901	1272	1571	1272	1272	1272	3142	1272	1272	1272	1272	5309	1272	5309	1272	2655	1272	mm ²	area armatura compressa
Sollecitazioni																						
M	650	430	860	210	650	150	590	300	500	30	170	80	240	20	620	110	600	40	230	240	kNm	momento flettente
N	0	0	0	0	0	0	96	96	0	0	0	0	0	0	178	178	0	0	0	0	kN	sforzio normale
e	0	0	0	0	0	0	6146	3125	0	0	0	0	0	0	3463	618	0	0	0	0	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione																						
A _l	180000	180000	180000	180000	200000	200000	200000	200000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	mm ²	area calcestruzzo
A _l	3173	3173	3173	3173	2943	2943	2943	2943	4414	4414	4414	4414	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943	mm ²	area armatura
A _l	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	1.3E+06	1.3E+06	1.3E+06	1.3E+06	8.4E+05	8.4E+05	8.4E+05	8.4E+05	8.4E+05	8.4E+05	8.4E+05	8.4E+05	mm ²	area sezione ideale
d _l	904	896	904	896	1002	998	1000	1000	613	587	600	600	400	400	423	377	405	375	408	390	mm	dist baric sezione ideale da lembo sup
J _l	5.0E+11	5.0E+11	5.0E+11	5.0E+11	7.1E+11	7.1E+11	7.1E+11	7.1E+11	1.6E+11	1.6E+11	1.6E+11	1.6E+11	4.8E+10	4.8E+10	5.4E+10	5.4E+10	5.5E+10	5.5E+10	4.3E+10	4.4E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale
ρ _l	531	531	531	531	588	588	588	588	361	361	354	354	239	239	244	244	248	248	240	240	mm ⁴	raggio giratore di inerzia della sezione
Y _{red,c}	1217	1211	1215	1210	1347	1344	1344	1344	825	809	809	809	542	542	564	536	569	539	549	539	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric
Caratteristiche sezione interamente reagente a trazione																						
A _l	1800	1800	1800	1800	2000	2000	2000	2000	1200	1200	1200	1200	800	800	800	800	800	800	800	800	mm ²	area calcestruzzo
A _l	3173	3173	3173	3173	2943	2943	2943	2943	4414	4414	4414	4414	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943	2943	mm ²	area armatura
A _l	4.8E+04	4.8E+04	4.8E+04	4.8E+04	4.8E+04	4.8E+04	4.8E+04	4.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	3.8E+04	mm ²	area sezione ideale
d _l	1065	735	1059	741	1007	903	1000	1000	835	365	600	600	400	400	405	195	622	178	515	285	mm	dist baric sez ideale da lembo sup
J _l	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	4.0E+10	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	1.8E+10	1.8E+10	1.2E+10	1.2E+10	5.1E+09	5.1E+09	7.3E+09	7.3E+09	8.3E+09	8.3E+09	6.1E+09	6.1E+09	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale
ρ _l	839	839	820	820	946	946	932	932	510	510	542	542	363	363	271	271	289	289	320	320	mm ⁴	raggio giratore di inerzia della sezione
Y _{red,t}	1726	1692	1694	1648	1913	1854	1869	1869	1147	1079	1090	1090	729	729	728	572	756	446	714	646	mm	dist p.to di nocciolo inf da asse baric
Sezione																						
Caratteristiche sezione parzializzata																						
Y _l	275	220	274	221	267	237	279	321	274	162	179	179	141	141	281	272	266	112	195	133	mm	distanza asse neutro da lembo compr
J _l	7.1E+10	5.0E+10	6.8E+10	4.8E+10	7.8E+10	6.8E+10	6.8E+10	6.8E+10	2.1E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	8.8E+09	8.8E+09	2.5E+10	1.6E+10	2.1E+10	9.1E+09	1.5E+10	8.2E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
S _l	4.7E+05	3.8E+05	4.9E+05	2.4E+05	1.1E+04	1.9E+05	1.1E+07	2.8E+07	6.3E+04	0.0E+00	-1.5E+07	1.3E+06	2.3E+08	1.4E+06	7.9E+06	2.4E+07	2.5E+04	0.0E+00	-1.1E+08	4.6E+08	mm ³	momento statico sezione parzializzata
{Y _l } ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali																						
σ _c	-2.51	-1.89	-3.40	-0.95	-2.30	-0.57	-2.68	-1.53	-3.02	-0.23	-1.52	-0.71	-3.94	-0.33	-6.95	-2.23	-5.88	-0.49	-3.06	-3.90	MPa	max tens di compr nel ds (sez fess)
σ _t	203.6	199.0	273.3	98.5	219.9	62.3	240.8	116.4	147.4	21.1	122.8	57.8	261.9	21.8	169.6	84.4	165.6	43.1	126.2	270.0	MPa	tens dell'armat tesa (sez fess)
Controllo della fessurazione																						
M _{lim}	1376	1362	1371	1358	1672	1655	1689	1689	663	636	612	612	282	282	364	325	348	308	298	287	kNm	momento di fessurazione
M _{lim} / M	2.12	3.17	1.59	6.47	2.57	11.10	2.86	5.63	1.33	21.21	3.60	7.65	1.18	14.10	0.59	2.95	0.58	1.76	7.69	1.30		check1
Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto																						
w _{lim}	0.30																					

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 51 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

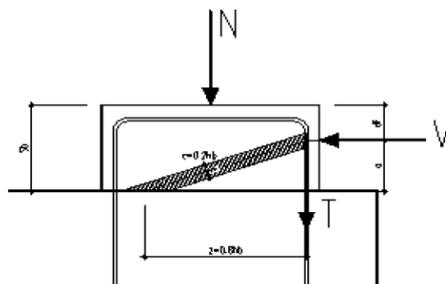
7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B

Essendo la spalla B della carreggiata destra molto simile in termini geometrici alla spalla A della carreggiata destra (presenta solo il muro frontale più basso di 70 cm) ed essendo rispetto a questa soggetta a carichi meno elevati, si è omesso l'analisi strutturale di tale spalla, ritenendo il dimensionamento dell'altra spalla valido anche per questa.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 52 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

8 BAGGIOLI

Il dimensionamento dell'armatura dei baggioli è stato eseguito ipotizzando un meccanismo resistente tirante-puntone, seguendo le indicazioni dell' EC2.



Tale dimensionamento viene eseguito prendendo a riferimento due distinte condizioni di carico: la prima relativa alla massima azione verticale trasmessa dall'impalcato e corrispondente azione trasversale; la seconda relativa alla massima azione trasversale e corrispondente azione verticale.

Inoltre, viene effettuata la verifica dell'armatura orizzontale considerando le forze di fenditura secondo quanto indicato nelle raccomandazioni FIP-CEB.

Nella verifica della pressione di contatto si può osservare che le pressioni possono raggiungere valori molto elevati, prossimi a quelli della resistenza del calcestruzzo, a patto però che l'area caricata sia opportunamente distanziata dal bordo del calcestruzzo. In tal caso la diffusione del carico all'interno dell'elemento in calcestruzzo genera tensioni di trazione perpendicolari alla direzione del carico e bisogna predisporre un'opportuna armatura. L'armatura può essere calcolata mediante la seguente formulazione (FIP-CEB):

$$T = \frac{N}{3.3} \cdot \left(\frac{b - b_0}{b} \right)$$

in cui:

N = carico concentrato all'appoggio

b = larghezza del baggiolo

b₀ = larghezza dell'appoggio

RIEPILOGO Baggioli più sollecitati

	combinazione	
	Nmax	Vmax
Fz	5409	1862
Vx	259	780
baggiolo	SpB-S	SpB-S

Materiali

R _{ck}	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{ck}	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{cd}	=	21.2	21.2	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f _{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
β ₁	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
σ _{1Rd,max}	=	18.00	18.00	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 53 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Mensola

F_{Ed}	=	SpB-S	SpB-S	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	=	5409	1862		
		259	780	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggiolo
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	400	400	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
b_0	=	950	950	mm	larghezza appoggio
c	=	30	30	mm	copriferro
d	=	1070	1070	mm	altezza utile
z	=	856	856	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	13.1	39.4	mm	larghezza biella compressa
y_1	=	214.0	214.0	mm	altezza biella compressa
a	=	406.5	419.7	mm	
α	=	0.44	0.46	rad	

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

C	=	286	868	kN	risultante di compressione
T	=	123	382	kN	risultante di trazione
σ_c	=	0.61	1.84	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	29.59	9.76		
n	=	6	6		numero ferri superiore
\emptyset	=	16	16	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	1206.4	1206.4	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	101.85	316.91	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	3.84	1.23		

Verifiche a fenditura (armatura verticale)

T	=	224	77	kN	risultante forza di taglio
A_s	=	571.2	571.2	mm ²	armatura necessaria
n_{str}	=	2	2		numero strati
n_{br}	=	8	8		numero bracci x strato
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	2463.0	2463.0	mm ²	armatura di progetto
FS	=	4.31	4.31		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 54 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

9 DISPOSITIVI ANTISISMICI

Vengono disposti degli isolatori elastomerici con l'obiettivo di migliorare la risposta della struttura in caso di eventi sismici. Essi consentono sostanzialmente di aumentare il periodo proprio della struttura, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, e di contenere lo spostamento orizzontale della struttura isolata. I dispositivi previsti presentano le seguenti caratteristiche:

V	12130	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	21220	kN	massimo carico verticale allo S.L.U. in esercizio
K _e	5.30	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	3546	kN/mm	rigidezza verticale
d	0.300	m	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	1049	kg	peso dell'isolatore

A partire dal modello di calcolo globale sono state determinate le massime azioni verticali in fase di sisma (S.L.C.) e statica (S.L.U.) sui singoli isolatori per verificarne la loro portanza.

Azioni trasmesse dall'impalcato								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	G1+G2	39	34	1735	0	0	0	
SpA-D	E2	25	1	-70	0	0	0	
SpA-D	E3	79	2	62	0	0	0	
SpA-D	Q1	7	3	1340	0	0	0	
SpA-D	Q5	51	140	-34	0	0	0	
SpA-D	Q7	17	0	0	0	0	0	
SpA-S	G1+G2	37	34	1878	0	0	0	spalla A
SpA-S	E2	25	1	-78	0	0	0	
SpA-S	E3	80	2	69	0	0	0	
SpA-S	Q1	3	1	1904	0	0	0	
SpA-S	Q5	23	140	29	0	0	0	
SpA-S	Q7	19	0	0	0	0	0	
SpB-D	G1+G2	33	6	1761	0	0	0	
SpB-D	E2	26	2	-75	0	0	0	
SpB-D	E3	96	10	108	0	0	0	
SpB-D	Q1	3	1	1530	0	0	0	
SpB-D	Q5	11	261	-38	0	0	0	
SpB-D	Q7	18	0	0	0	0	0	
SpB-S	G1+G2	34	6	1846	0	0	0	spalla B
SpB-S	E2	27	2	-79	0	0	0	
SpB-S	E3	97	10	115	0	0	0	
SpB-S	Q1	3	7	2149	0	0	0	
SpB-S	Q5	17	256	31	0	0	0	
SpB-S	Q7	18	0	0	0	0	0	

Azione sismica (S.L.C. - max Fz)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	Q6	208	62	38	0	0	0	spalla A
SpA-S	Q6	209	62	44	0	0	0	
SpB-D	Q6	208	72	51	0	0	0	spalla B
SpB-S	Q6	209	71	53	0	0	0	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Busita II
	Relazione di Calcolo Spalle_carr_dx
	Pagina 55 di 56
	Nome file: VI07-B-CL008- A_relazione_calcolo_spalle_dx.doc

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica - max Fz)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	S.L.C.	322	99	1734	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.C.	323	99	1878	0	0	0	
SpB-D	S.L.C.	325	85	1791	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.C.	329	84	1878	0	0	0	
		329	99	1878				

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione fondamentale)								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	S.L.U.	211	180	4081	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.U.	180	177	5088	0	0	0	
SpB-D	S.L.U.	174	254	4396	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.U.	183	259	5409	0	0	0	
		211	259	5409				

Come si può vedere dalle tabelle precedenti i massimi carichi verticali agenti nelle due combinazioni risultano compatibili con il massimo carico che può sopportare il dispositivo in fase di sisma ed allo S.L.U. Gli spostamenti orizzontali subiti dall'isolatore, dovuti a quei singoli casi di carico che determinano spostamenti sul piano X-Y, sono stati valutati come rapporto tra la sollecitazione prodotta dal caso di carico nella direzione X o Y e la rigidità orizzontale equivalente dell'isolatore. Gli spostamenti nelle due direzioni sono stati infine combinati vettorialmente per le due combinazioni da verificare.

S.L.C.

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S		
$d_{Q6,x}$	0.131	0.131	0.131	0.131	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
$d_{Q6,y}$	0.039	0.039	0.043	0.042	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
$d_{E2,x}$	0.005	0.005	0.005	0.005	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.043	0.044	0.051	0.052	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{E,tot}$	0.162	0.162	0.167	0.167	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

S.L.U.

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S		
$d_{E2,x}$	0.005	0.005	0.005	0.005	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.043	0.044	0.051	0.052	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{Q1,y}$	0.006	0.006	0.010	0.009	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
$d_{Q5,y}$	0.027	0.027	0.049	0.048	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
$d_{E,tot}$	0.049	0.049	0.072	0.071	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 167 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.