

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 1 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	4
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	4
1.2.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	4
1.2.2	<i>Calcestruzzo</i>	4
1.2.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	6
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
2	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A	8
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	10
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	10
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	13
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO	13
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	14
3	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B	17
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	19
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	19
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	22
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO	22
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	23
4	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA C	26
4.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	28
4.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	28
4.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	31
4.4	COMBINAZIONI DI CARICO	31
4.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	32
5	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA D	35
5.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	37
5.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	37
5.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI.....	41
5.4	COMBINAZIONI DI CARICO	41
5.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	42
6	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A	45
6.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	45
6.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	46
6.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	46
6.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	48
6.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	49
6.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI.....	50
6.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	50
6.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	53
7	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B	54
7.1	VERIFICHE STRUTTURALI.....	54
7.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	55
7.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	55
7.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	57

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 2 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni	58
7.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	59
7.2.1	S.L.U. – Verifica a carico limite verticale	59
7.2.2	S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale	62
8	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA C	63
8.1	VERIFICHE STRUTTURALI	63
8.1.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione	64
8.1.2	S.L.U. – Resistenza: taglio	64
8.1.3	S.L.E. – Fessurazione	66
8.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni	67
8.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	68
8.2.1	S.L.U. – Verifica a carico limite verticale	68
8.2.2	S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale	71
9	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA D	72
9.1	VERIFICHE STRUTTURALI	72
9.1.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione	73
9.1.2	S.L.U. – Resistenza: taglio	73
9.1.3	S.L.E. – Fessurazione	75
9.1.4	S.L.E. – Limitazione delle tensioni	76
9.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	77
9.2.1	S.L.U. – Verifica a carico limite verticale	77
9.2.2	S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale	80
10	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A	81
10.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	81
10.2	ANALISI DEI CARICHI	82
10.3	COMBINAZIONI DI CARICO	82
10.4	SOLLECITAZIONI	83
10.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	90
10.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	90
10.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione	90
10.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio	91
10.6.3	S.L.E. – Fessurazione	92
11	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B	95
11.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	95
11.2	ANALISI DEI CARICHI	96
11.3	COMBINAZIONI DI CARICO	96
11.4	SOLLECITAZIONI	97
11.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	104
11.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	104
11.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione	104
11.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio	105
11.6.3	S.L.E. – Fessurazione	106
12	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA C	109
12.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	109
12.2	ANALISI DEI CARICHI	110
12.3	COMBINAZIONI DI CARICO	110
12.4	SOLLECITAZIONI	111
12.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	118
12.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	118
12.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione	118
12.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio	119
12.6.3	S.L.E. – Fessurazione	120

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 3 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

13	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA D.....	123
13.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	123
13.2	ANALISI DEI CARICHI	124
13.3	COMBINAZIONI DI CARICO	124
13.4	SOLLECITAZIONI.....	125
13.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	132
13.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	132
13.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	132
13.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	133
13.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	134
14	BAGGIOLI	137
15	DISPOSITIVI ANTISISMICI.....	139

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 4 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si riportano le verifiche di sicurezza delle spalle della carreggiata sinistra 1° e 2° tronco del viadotto San Giuliano, 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: XA1;
- zattere spalle: XA2;
- elevazione spalle: XF2;
- baggioli: XF2.

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

1.2.2 Calcestruzzo

PALI 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 5 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

ZATTERA SPALLE C32/40

R_{ck}	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	27.56	MPa	resistenza caratteristica cilindrica a j giorni
f_{cm}	=	41.20	MPa	resistenza cilindrica media
f_{ctm}	=	3.10	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctk}	=	4.03	MPa	resistenza caratteristica a trazione semplice
f_{cfm}	=	3.72	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_{cm}	=	33643	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}	=	18.81	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	=	2.69	MPa	resistenza di calcolo a trazione

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0.6

ELEVAZIONE SPALLE C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	20.67	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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 6 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

BAGGIOLI C25/30

R_{ck}	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ckj}	=	20.67	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 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 7 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.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:

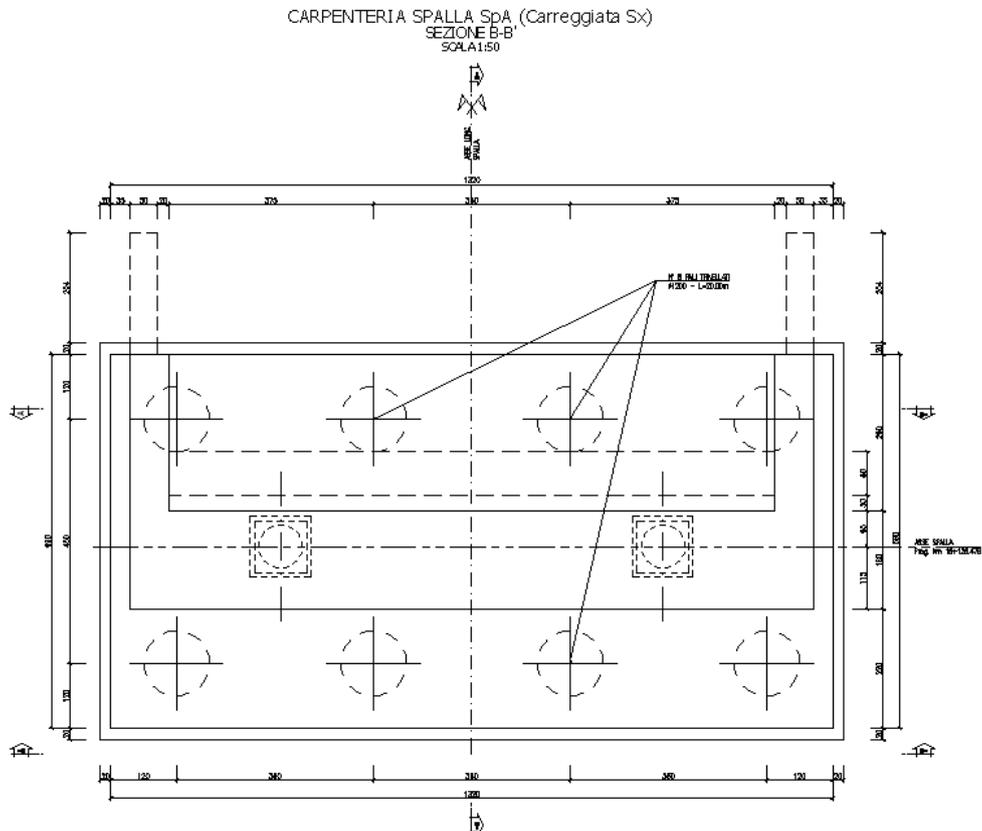
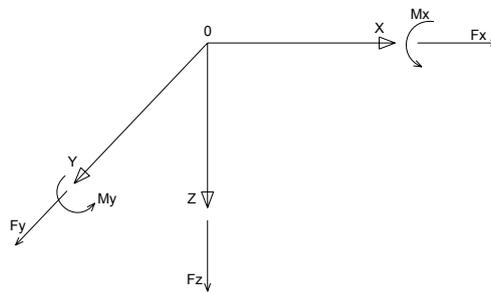
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- Circolare n.617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento
- 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

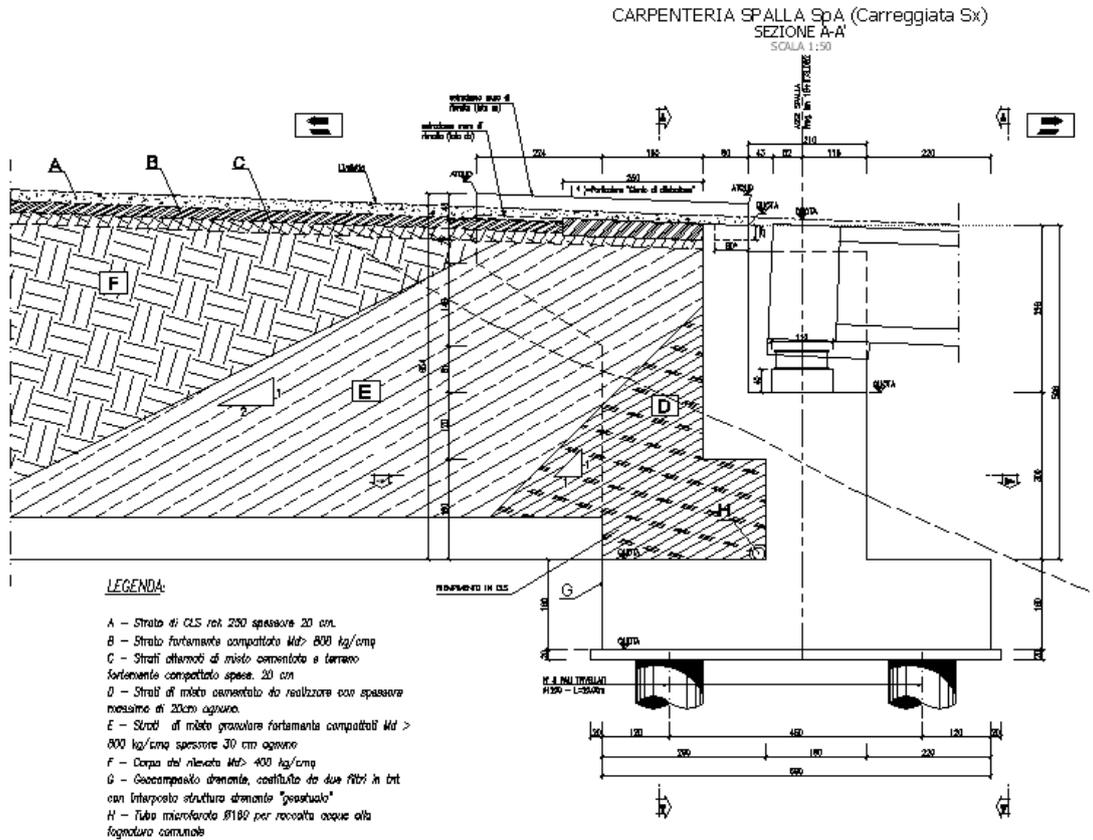
2 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A

Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla A della carreggiata sinistra, 1° tronco.

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	6.90	13.20	1.60	-	145.7	3.45	0.00	-0.80
muro frontale	1	1.80	12.48	3.00	-	67.4	3.80	0.00	-3.10
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	3.00	-	30.0	2.50	0.00	-6.10
muro laterale sx	1	2.90	0.70	6.00	-	12.2	1.45	5.89	-4.60
muro laterale dx	1	2.90	0.70	6.00	-	12.2	1.45	-5.89	-4.60
bandiera sx	1	2.25	0.50	0.90	2.3	1.80	-0.96	5.99	-6.75
bandiera dx	1	2.25	0.50	0.90	2.3	1.80	-0.96	-5.99	-6.75
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	3.45	0.00	-4.68
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	3.45	0.00	-4.93
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 10 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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.

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	3.45 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-4.93 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	1998	6	0	peso proprio impalcato
g2	0	1	591	251	0	permanentemente portati
e2	8	0	-307	0	16	ritiro
e3.6	18	0	176	0	36	temperatura - massima azione verticale
e3.8	59	0	132	0	119	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	0	2	1896	2514	1	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	5	1460	4376	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	255	0	-3	0	510	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	275	0	1021	0	azione del vento trasversale
q6.1x	454	68	-19	190	909	sisma longitudinale
q6.1y	136	225	-18	633	273	sisma trasversale
q6.1z	136	68	-61	190	273	sisma verticale
q7	26	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	=	3643.2 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1684.8 kN	muro frontale
g1.3	=	748.8 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	304.5 kN	muro laterale sx
g1.5	=	304.5 kN	muro laterale dx
g1.6	=	45.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	45.0 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	=	6795.2 kN	azione verticale
x	=	3.19 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.39 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 11 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	205.3 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	3695.8 kN	peso del terreno
x	=	1.45 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.60 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	=	7.60	6	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	2766.5	1724.3	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	2.90	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.53	-3.60	m	coordinata z punto di applicazione

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	=	7.60	6.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	808.9	638.6	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	2.90	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80	-4.60	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	2.90	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	723.8	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	1.45	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	-	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 12 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.092	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}	=	0.138	g	accelerazione massima
K_h	=	0.138		coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.069		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	=	7.60	6.00	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	1790.6	1116.0		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
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	=	7.36	7.36	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.798	0.798		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	4324	2695	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	1557.3	970.6	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
ΔP	=	1790.6	1116.0	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	2.90	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.80	-4.60	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	503	3.45	0.00	-0.80
muro frontale	233	3.80	0.00	-3.10
paraghiaia	103	2.50	0.00	-6.10
muro laterale sx	42	1.45	5.89	-4.60
muro laterale dx	42	1.45	-5.89	-4.60
bandiera sx	6	-0.96	5.99	-6.75
bandiera dx	6	-0.96	-5.99	-6.75
baggioli	1	3.45	0.00	-4.68
apparecchi di appoggio	1	3.45	0.00	-4.93
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	510	1.45	0.00	-4.60
risultante intradosso plinto	1448	2.58	0.00	-3.17
risultante base muro frontale	434	2.90	0.00	-4.21

	S.L.U.								q5								
	q4								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-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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	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	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		q6.z		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
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-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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
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	1	1	0
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	1	1	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

	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
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
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
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
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
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
e3-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
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
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	-0.75	-0.75	-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	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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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																											
	q1								q3																			
Fx	4873	4903	4873	4903	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902	4873	4902
Fy	250	250	-244	-244	255	255	-240	-240	250	250	-244	-244	253	253	-241	-241	250	250	-244	-244	253	253	-241	-241	250	250	-244	-244
Fz	20952	20920	20952	20920	20364	20332	20364	20332	20064	20033	20064	20033	19623	19591	19623	19591	20064	20033	20064	20033	19623	19591	19623	19591	20064	20033	20064	20033
Mx	5894	5894	1622	1622	8429	8429	4157	4157	5043	5043	771	771	6944	6944	2672	2672	5043	5043	771	771	6944	6944	2672	2672	5043	5043	771	771
My	483	396	483	396	484	397	484	397	-87	-174	-87	-174	-86	-173	-86	-173	-87	-174	-87	-174	-86	-173	-86	-173	-87	-174	-87	-174

	SLU																											
	q4								q5																			
Fx	4600	4630	4600	4630	4600	4629	4600	4629	4600	4630	4600	4630	4600	4629	4600	4629	4600	4629	4600	4630	4600	4629	4600	4629	4600	4629	4600	462

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 15 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
Fx	4609	4658	4609	4658	4608	4658	4608	4658	6492	6512	2935	2956	2935	2956
Fy	250	250	-244	-244	253	253	-241	-241	68	68	1674	1674	68	68
Fz	20153	20100	20153	20100	19711	19658	19711	19658	12842	12820	12842	12820	13524	13502
Mx	5043	5043	771	771	6944	6944	2672	2672	783	783	6586	6586	783	783
My	1006	862	1006	862	1007	863	1007	863	-10723	-10784	1594	1533	2224	2163

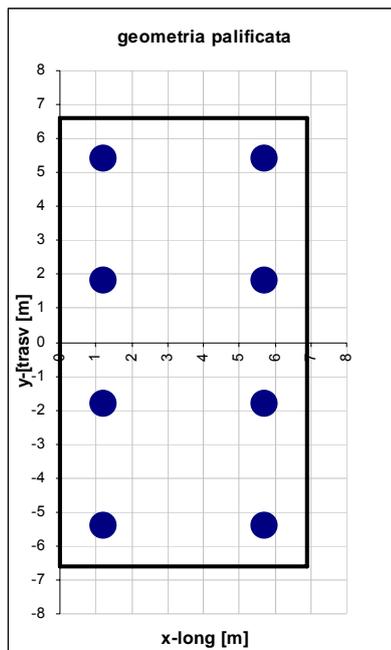
	S.L.car								S.L.E.			S.L.freq				S.L.qp		
Fx	3408	3433	3408	3433	3408	3432	3408	3432	3408	3433	3408	3433	3408	3432	3408	3432	2799	2820
Fy	167	167	-163	-163	162	162	-168	-168	57	57	-53	-53	52	52	-58	-58	1	1
Fz	14843	14816	14843	14816	12326	12300	12326	12300	14843	14816	14843	14816	12326	12300	12326	12300	12861	12839
Mx	3577	3577	729	729	-1616	-1616	-4464	-4464	2628	2628	1678	1678	-2565	-2565	-3515	-3515	261	261
My	767	694	767	694	768	695	768	695	767	694	767	694	768	695	768	695	1993	1932

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	trav Jxi	long Jyi
1	1.20	5.40	-2.25	5.40	29.16	5.06
2	1.20	1.80	-2.25	1.80	3.24	5.06
3	1.20	-1.80	-2.25	-1.80	3.24	5.06
4	1.20	-5.40	-2.25	-5.40	29.16	5.06
5	5.70	5.40	2.25	5.40	29.16	5.06
6	5.70	1.80	2.25	1.80	3.24	5.06
7	5.70	-1.80	2.25	-1.80	3.24	5.06
8	5.70	-5.40	2.25	-5.40	29.16	5.06

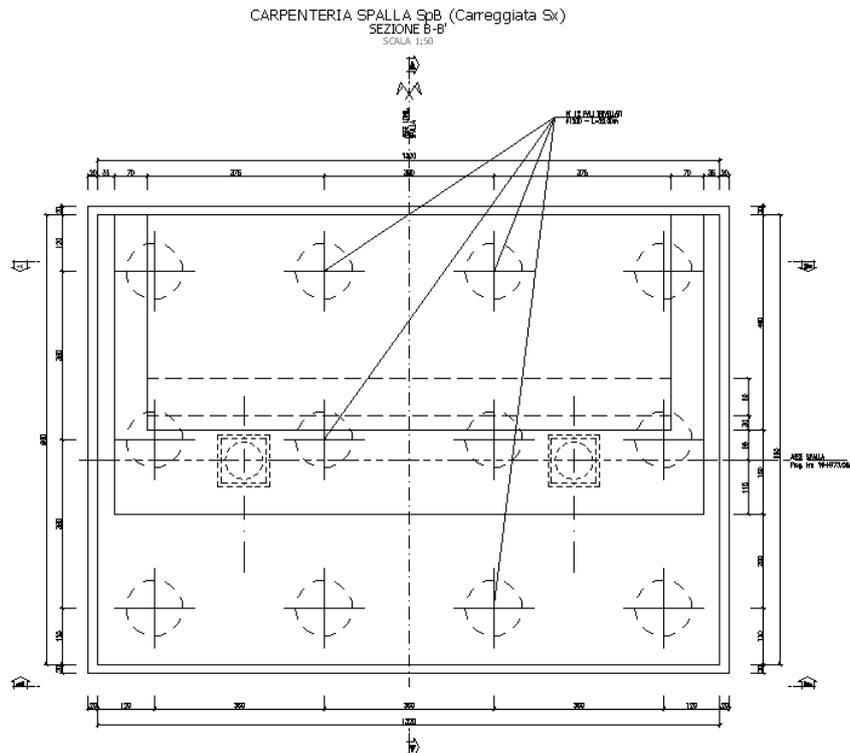
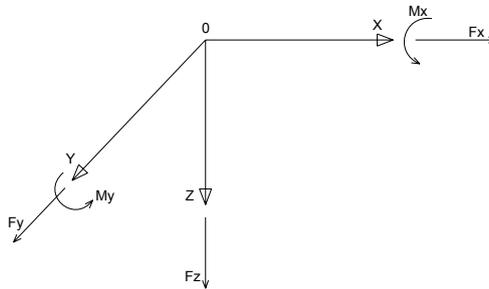


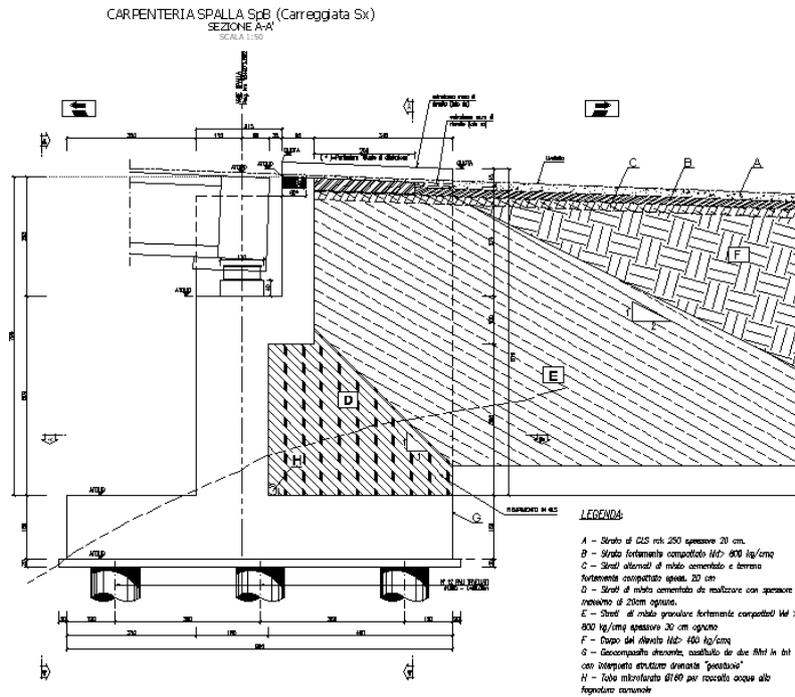
3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla B della carreggiata sinistra 1° tronco.

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	9.60	13.20	1.60	-	202.8	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	1	1.80	12.48	5.00	-	112.3	5.50	0.00	-4.10
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	2.95	-	29.5	4.20	0.00	-8.08
muro laterale sx	1	4.60	0.70	7.95	-	25.6	2.30	5.89	-5.58
muro laterale dx	1	4.60	0.70	7.95	-	25.6	2.30	-5.89	-5.58
bandiera sx	0	2.25	0.50	0.90	2.3	0.00	-0.96	5.99	-8.70
bandiera dx	0	2.25	0.50	0.90	2.3	0.00	-0.96	-5.99	-8.70
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	5.15	0.00	-6.68
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	5.15	0.00	-6.93
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 19 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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.

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	5.15 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.93 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	1998	6	0	peso proprio impalcato
g2	0	1	591	251	0	permanentemente portati
e2	8	0	-307	0	12	ritiro
e3.6	18	0	176	0	27	temperatura - massima azione verticale
e3.8	59	0	132	0	89	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	0	2	1896	2513	1	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	5	1460	4374	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	255	0	3	0	382	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	275	0	884	0	azione del vento trasversale
q6.1x	454	68	-19	157	682	sisma longitudinale
q6.1y	136	225	-18	523	204	sisma trasversale
q6.1z	136	68	-61	157	204	sisma verticale
q7	26	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/m³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5068.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2808.0 kN	muro frontale
g1.3	=	736.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	640.0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	640.0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	9912.4 kN	azione verticale
x	=	4.63 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.91 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 20 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	431.5 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	7767.5 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.58 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	=	9.55	7.95	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	4368.2	3027.1	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.18	-4.25	m	coordinata z punto di applicazione

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	=	9.55	7.95	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1016.5	846.2	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.78	-5.58	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	4.60	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	1148.2	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	2.30	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	-	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 21 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.092 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}	=	0.138 g	accelerazione massima
K_h	=	0.138	coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.069	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	=	9.55	7.95	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP		2827.3	1959.3		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	=	7.36	7.36	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.798	0.798		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	6827	4731	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	2459.0	1704.1	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
ΔP	=	2827.3	1959.3	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.78	-5.58	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x	coord y	coord z
		p.to di applicaz	p.to di applicaz	p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	699	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	388	5.50	0.00	-4.10
paraghiaia	102	4.20	0.00	-8.08
muro laterale sx	88	2.30	5.89	-5.58
muro laterale dx	88	2.30	-5.89	-5.58
bandiera sx	0	-0.96	5.99	-8.70
bandiera dx	0	-0.96	-5.99	-8.70
baggioli	1	5.15	0.00	-6.68
apparecchi di appoggio	1	5.15	0.00	-6.93
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1072	2.30	0.00	-5.58
risultante intradosso plinto	2440	3.61	0.00	-4.08
risultante base muro frontale	668	4.44	0.00	-5.09

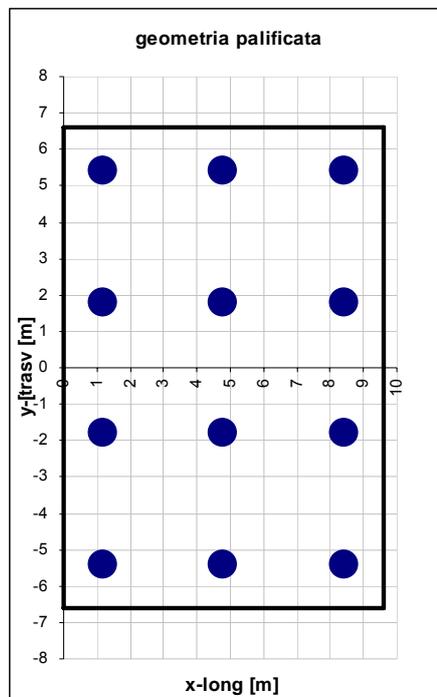
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 24 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq								S.L.qp	
Fx	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	4401	4421
Fy	167	167	-163	-163	162	162	-168	-168	57	57	-53	-53	52	52	-58	-58	1	1	1	1
Fz	22350	22324	22350	22324	19833	19807	19833	19807	22350	22324	22350	22324	19833	19807	19833	19807	20050	20028	20050	20028
Mx	3827	3827	485	485	-1374	-1374	-4716	-4716	2713	2713	1599	1599	-2488	-2488	-3602	-3602	262	262	262	262
My	4149	4024	4149	4024	5031	4906	5031	4906	4149	4024	4149	4024	5031	4906	5031	4906	6151	6047	6151	6047

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

Geometria della palificata

PALO	X	Y	Xp	Yp	trasv	long
					Jxi	Jyi
1	1.20	5.40	-3.60	5.40	29.16	12.96
2	1.20	1.80	-3.60	1.80	3.24	12.96
3	1.20	-1.80	-3.60	-1.80	3.24	12.96
4	1.20	-5.40	-3.60	-5.40	29.16	12.96
5	4.80	5.40	0.00	5.40	29.16	0.00
6	4.80	1.80	0.00	1.80	3.24	0.00
7	4.80	-1.80	0.00	-1.80	3.24	0.00
8	4.80	-5.40	0.00	-5.40	29.16	0.00
9	8.40	5.40	3.60	5.40	29.16	12.96
10	8.40	1.80	3.60	1.80	3.24	12.96
11	8.40	-1.80	3.60	-1.80	3.24	12.96
12	8.40	-5.40	3.60	-5.40	29.16	12.96



**CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "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 San Giuliano**

Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx

Pagina 25 di 141

Nome file: VI04-B-CL007-
A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

SFORZO NORMALE PALO	q1								q3							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2940	2932	2800	2793	2968	2961	2829	2821	2790	2782	2650	2643	2811	2803	2672	2664
2	2824	2816	2777	2769	2805	2797	2759	2751	2689	2682	2643	2635	2676	2668	2629	2621
3	2707	2700	2754	2746	2642	2634	2689	2681	2589	2581	2635	2628	2540	2532	2586	2579
4	2591	2584	2731	2723	2479	2471	2618	2610	2489	2481	2628	2620	2404	2397	2544	2536
5	2777	2774	2637	2635	2798	2796	2659	2656	2668	2665	2528	2526	2684	2681	2545	2542
6	2661	2658	2614	2612	2635	2632	2589	2586	2567	2565	2521	2518	2548	2546	2502	2499
7	2544	2542	2591	2588	2472	2469	2518	2516	2467	2464	2513	2511	2413	2410	2459	2456
8	2428	2426	2568	2565	2309	2306	2448	2445	2367	2364	2506	2503	2277	2274	2416	2414
9	2614	2616	2474	2477	2628	2631	2489	2491	2546	2548	2406	2409	2556	2559	2417	2420
10	2498	2500	2451	2454	2465	2467	2418	2421	2445	2448	2399	2402	2421	2423	2374	2377
11	2381	2384	2428	2430	2302	2304	2348	2351	2345	2348	2392	2394	2285	2288	2332	2334
12	2265	2268	2405	2407	2138	2141	2278	2280	2245	2247	2384	2387	2150	2152	2289	2291
Nmax	2940	2932	2800	2793	2968	2961	2829	2821	2790	2782	2650	2643	2811	2803	2672	2664
TAGLIO																
taglio Vx	610	612	610	612	610	612	610	612	613	615	613	615	613	615	613	615
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20
V	610	612	610	612	610	612	610	612	613	616	613	616	613	616	613	616

SFORZO NORMALE PALO	q4								q5							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2861	2854	2722	2714	2883	2875	2744	2736	2908	2900	2676	2668	2929	2922	2697	2690
2	2761	2753	2715	2707	2747	2740	2701	2693	2777	2769	2699	2691	2763	2755	2686	2678
3	2661	2653	2707	2699	2612	2604	2658	2650	2645	2637	2723	2715	2596	2588	2674	2666
4	2560	2553	2700	2692	2476	2468	2615	2608	2514	2506	2746	2738	2430	2422	2662	2654
5	2667	2665	2528	2525	2684	2681	2544	2542	2714	2711	2482	2479	2730	2727	2498	2495
6	2567	2564	2521	2518	2548	2545	2502	2499	2583	2580	2505	2503	2563	2561	2486	2483
7	2467	2464	2513	2511	2412	2410	2459	2456	2451	2449	2529	2526	2397	2394	2474	2472
8	2366	2364	2506	2503	2277	2274	2416	2413	2320	2317	2552	2549	2230	2228	2462	2460
9	2473	2476	2334	2337	2484	2487	2345	2347	2520	2522	2288	2290	2530	2533	2298	2301
10	2373	2376	2327	2329	2348	2351	2302	2305	2388	2391	2311	2314	2364	2366	2287	2289
11	2273	2275	2319	2322	2213	2215	2259	2262	2257	2260	2335	2337	2197	2200	2275	2277
12	2172	2175	2312	2314	2077	2080	2216	2219	2126	2129	2358	2361	2031	2033	2263	2265
Nmax	2861	2854	2722	2714	2883	2875	2744	2736	2908	2900	2746	2738	2929	2922	2697	2690
TAGLIO																
taglio Vx	581	584	581	584	581	583	581	583	581	584	581	584	581	583	581	583
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	35	35	-34	-34	35	35	-34	-34
V	581	584	581	584	581	584	581	584	582	585	582	585	582	585	582	584

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	2866	2853	2727	2713	2887	2874	2748	2735	1008	1002	2199	2193	2031	2026		
2	2766	2752	2719	2706	2752	2739	2705	2692	991	986	1971	1966	1915	2009		
3	2665	2652	2712	2699	2616	2603	2663	2650	975	970	1744	1738	1998	1993		
4	2565	2552	2704	2691	2481	2467	2620	2607	959	953	1516	1511	1982	1977		
5	2674	2670	2535	2531	2691	2686	2551	2547	1694	1692	2011	2009	1792	1790		
6	2574	2570	2528	2523	2555	2551	2509	2504	1677	1676	1783	1781	1776	1774		
7	2474	2469	2520	2516	2419	2415	2466	2461	1661	1659	1555	1554	1759	1757		
8	2373	2369	2513	2508	2284	2279	2423	2419	1645	1643	1328	1326	1743	1741		
9	2483	2487	2344	2348	2494	2498	2355	2359	2380	2382	1823	1824	1553	1555		
10	2383	2387	2336	2341	2358	2362	2312	2316	2363	2365	1595	1597	1536	1538		
11	2282	2287	2329	2333	2223	2227	2269	2273	2347	2349	1367	1369	1520	1522		
12	2182	2186	2321	2326	2087	2091	2226	2230	2331	2332	1140	1142	1504	1505		
Nmax	2866	2853	2727	2713	2887	2874	2748	2735	2380	2382	2199	2193	2031	2026		
TAGLIO																
taglio Vx	582	586	582	586	582	586	582	586	844	845	378	380	378	380		
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	6	6	222	222	6	6		
V	582	586	582	586	582	586	582	586	844	845	439	440	378	380		

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.freq								S.L.qp		
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	
1	2113	2106	2020	2013	1789	1783	1696	1690	2082	2075	2051	2044	1758	1752	1727	1721	1892	1886	
2	2042	2035	2011	2005	1815	1808	1784	1777	2032	2025	2021	2015	1804	1798	1794	1788	1887	1881	
3	1971	1965	2002	1996	1840	1834	1871	1865	1981	1975	1992	1985	1851	1844	1861	1854	1882	1877	
4	1900	1894	1993	1987	1866	1859	1958	1952	1931	1925	1962	1956	1897	1890	1928	1921	1877	1872	
5	1969	1967	1876	1874	1615	1612	1522	1520	1938	1936	1907	1905	1584	1581	1553	1551	1678	1676	
6	1898	1896	1867	1865	1640	1638	1609	1607	1888	1885	1877	1875	1630	1628	1619	1617	1673	1671	
7	1827	1825	1858	1856	1666	1663	1696	1694	1837	1835	1848	1846	1676	1674	1686	1684	1668	1667	
8	1756	1754	1849	1847	1691	1689	1784	1782	1787	1785	1818	1816	1722	1720	1753	1751	1664	1662	
9	1825	1827	1732	1734	1440	1442	1347	1349	1794	1796	1763	1765	1409	1411	1378	1380	1464	1466	
10	1754	1756	1723	1725	1465	1468	1434	1437	1744	1746	1733	1735	1455	1457	1445	1447	1460	1461	
11	1683	1685	1714	1716	1491	1493	1522	1524	1693	1695	1704	1706	1501	1503	1511	1514	1455	1457	
12	1612	1614	1705	1707	1516	1518	1609	1611	1643	1645	1674	1676	1547	1549	1578	1580	1450	1452	
Nmax	2113	2106	2020	2013	1866	1859	1958	1952	2082	2075	2051	2044	1897	1890	1928	1921	1892	1886	
TAGLIO																			
taglio Vx	430	432	430	432	430	432	430	432	430	432	430	432	430	432	430	432	367	368	
taglio Vy	14	14	-14	-14	13	13	-14	-14	5	5	-4	-4	4	4	-5	-5	0	0	
V	431	433	431	433	431	433	431	433	430	433	430	433	430	432	430	433	367	368	

RIEPILOGO

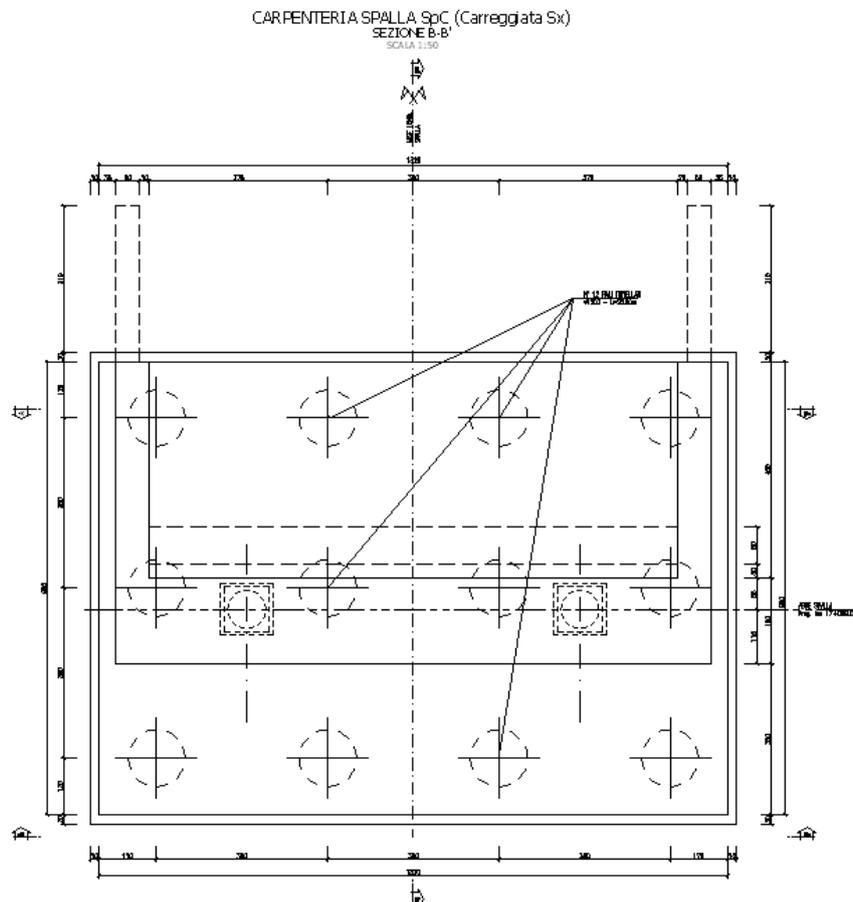
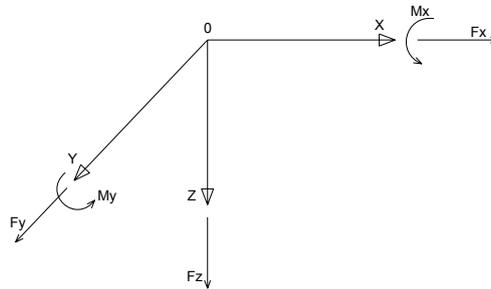
	SLU	SLV	SLE	
Nmax	2968	2382	2113	kN
Nmin	953	953	2113	kN
Vmax	845	845	433	kN

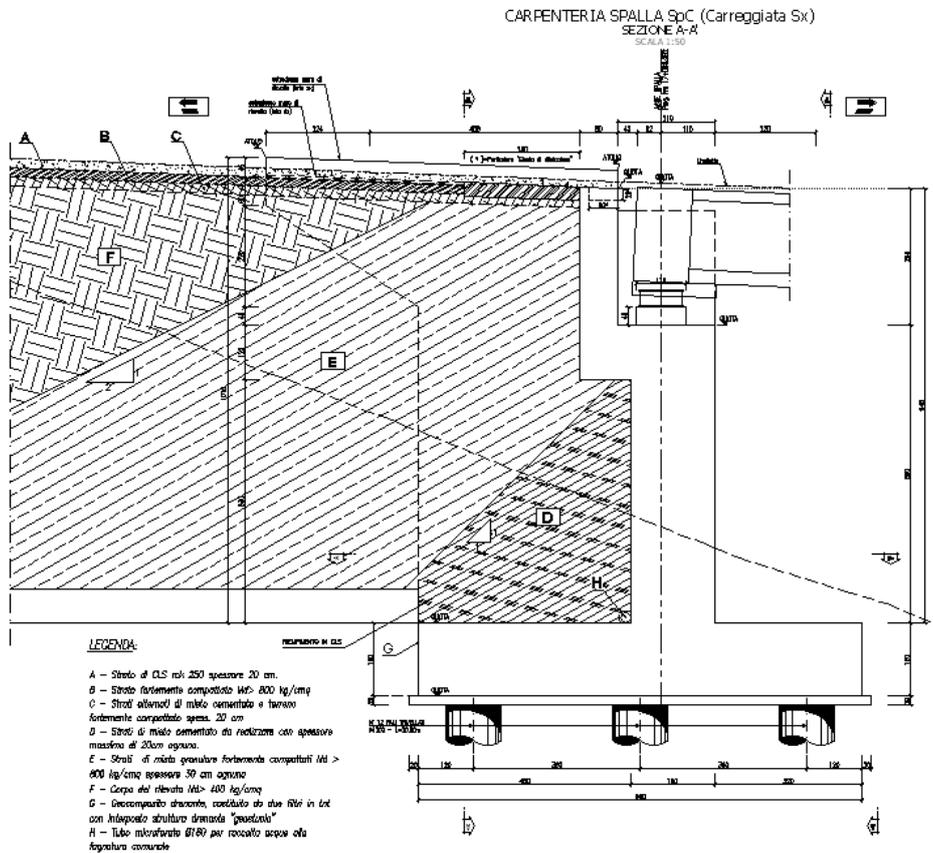
4 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA C

Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla C della carreggiata sinistra, 2° tronco.

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]	[m³]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	9.60	13.20	1.60	-	202.8	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	1	1.80	12.48	6.50	-	146.0	5.50	0.00	-4.85
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	3.05	-	30.5	4.20	0.00	-9.63
muro laterale sx	1	4.60	0.70	9.55	-	30.8	2.30	5.89	-6.38
muro laterale dx	1	4.60	0.70	9.55	-	30.8	2.30	-5.89	-6.38
bandiera sx	1	3.30	0.50	0.74	2.81	2.93	-1.33	5.99	-10.16
bandiera dx	1	3.30	0.50	0.74	2.81	2.93	-1.33	-5.99	-10.16
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	5.15	0.00	-8.18
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	5.15	0.00	-8.43
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 28 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

4.1 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.

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	5.15 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-8.43 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	1998	6	0	peso proprio impalcato
g2	0	1	591	251	0	permanentemente portati
e2	8	0	-307	0	16	ritiro
e3.6	18	0	176	0	36	temperatura - massima azione verticale
e3.8	59	0	132	0	119	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	0	2	1896	2514	1	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	5	1460	4376	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	255	0	-3	0	510	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	275	0	1021	0	azione del vento trasversale
q6.1x	454	68	-19	190	909	sisma longitudinale
q6.1y	136	225	-18	633	273	sisma trasversale
q6.1z	136	68	-61	190	273	sisma verticale
q7	26	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

4.2 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	=	5068.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	3650.4 kN	muro frontale
g1.3	=	761.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	768.8 kN	muro laterale sx
g1.5	=	768.8 kN	muro laterale dx
g1.6	=	73.2 kN	bandiera sx
g1.7	=	73.2 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	=	11183.8 kN	azione verticale
x	=	4.56 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.63 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 29 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	518.4 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	9330.7 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.38 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	=	11.15	9.55	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	5954.5	4368.2	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.72	-4.78	m	coordinata z punto di applicazione

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	=	11.15	9.55	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1186.8	1016.5	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.58	-6.38	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	4.60	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	1148.2	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	2.30	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	-	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 30 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.092 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}	=	0.138 g	accelerazione massima
K_h	=	0.138	coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.069	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	=	11.15	9.55	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP		3854.0	2827.3		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
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	=	7.36	7.36	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.798	0.798		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	9307	6827	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	3352.0	2459.0	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
ΔP	=	3854.0	2827.3	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.58	-6.38	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	699	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	504	5.50	0.00	-4.85
paraghiaia	105	4.20	0.00	-9.63
muro laterale sx	106	2.30	5.89	-6.38
muro laterale dx	106	2.30	-5.89	-6.38
bandiera sx	10	-1.33	5.99	-10.16
bandiera dx	10	-1.33	-5.99	-10.16
baggioli	1	5.15	0.00	-8.18
apparecchi di appoggio	1	5.15	0.00	-8.43
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1288	2.30	0.00	-6.38
risultante intradosso plinto	2831	3.53	0.00	-4.88
risultante base muro frontale	842	4.37	0.00	-5.96

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 32 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								S.L.U.								
	q4				q5				q6				q7				
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-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
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
e2-sp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.1-sp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1.2-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
q1.2-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	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
q3-sp	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	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
q4-sp	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
q6.1x-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-imp	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
q6.2z-imp	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.y		q6.z		
	e3														
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-imp	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
e2-sp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.1-sp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-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-sp	0	0	0	0	0	0	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
q3-sp	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
q4-sp	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
q5-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
q6.1x-imp	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	0	0	0	0	1	1	0
q6.2x-imp	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	0	0	1	1	0	0	0
q6.2y-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
q6.2y-sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
q6.2z-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
q6.2z-sp	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	0.60	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	
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
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
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
g3-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
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
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
e2-sp	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
q1.1-imp	0.75	0.75	0.75	0.75	0	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
q1.1-sp	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	0	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q1.2-imp	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
q1.2-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
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
q3-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
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
q4-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
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
q5-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
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
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
q6.2x-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
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
q6.2y-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
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
q6.2z-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
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
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 33 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

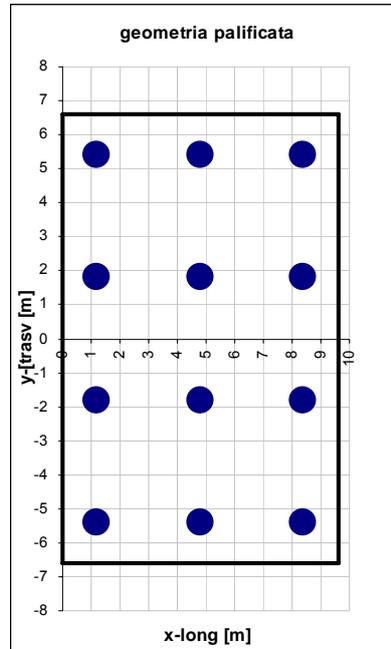
	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	6879	6904	6879	6904	6879	6904	6879	6904	6879	6904	6879	6904	6879	6904	6879	6904	5987	6008
Fx	167	167	-163	-163	162	162	-168	-168	57	57	-53	-53	52	52	-58	-58	1	1
Fy	25185	25158	25185	25158	22668	22642	22668	22642	25185	25158	25185	25158	22668	22642	22668	22642	22884	22862
Fz	4160	4160	159	159	-1050	-1050	-5052	-5052	2827	2827	1493	1493	-2384	-2384	-3718	-3718	263	263
Mx	-567	-716	-567	-716	316	166	316	166	-567	-716	-567	-716	316	166	316	166	2760	2635
My																		

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	trasv Jxi	long Jyi
1	1.20	5.40	-3.60	5.40	29.16	12.96
2	1.20	1.80	-3.60	1.80	3.24	12.96
3	1.20	-1.80	-3.60	-1.80	3.24	12.96
4	1.20	-5.40	-3.60	-5.40	29.16	12.96
5	4.80	5.40	0.00	5.40	29.16	0.00
6	4.80	1.80	0.00	1.80	3.24	0.00
7	4.80	-1.80	0.00	-1.80	3.24	0.00
8	4.80	-5.40	0.00	-5.40	29.16	0.00
9	8.40	5.40	3.60	5.40	29.16	12.96
10	8.40	1.80	3.60	1.80	3.24	12.96
11	8.40	-1.80	3.60	-1.80	3.24	12.96
12	8.40	-5.40	3.60	-5.40	29.16	12.96



	q1								q3							
SFORZO NORMALE																
PALO																
1	3031	3022	2864	2855	3060	3051	2893	2884	2888	2879	2721	2712	2909	2900	2743	2734
2	2905	2897	2850	2841	2887	2878	2832	2823	2778	2769	2722	2714	2764	2756	2709	2700
3	2780	2771	2836	2827	2715	2706	2770	2761	2668	2660	2724	2715	2619	2611	2675	2666
4	2655	2646	2821	2813	2542	2533	2709	2700	2559	2550	2726	2717	2474	2466	2641	2632
5	3109	3107	2943	2940	3131	3129	2965	2962	3000	2997	2833	2830	3016	3014	2849	2847
6	2984	2981	2929	2926	2959	2956	2903	2900	2890	2888	2835	2832	2871	2869	2816	2813
7	2859	2856	2914	2912	2786	2783	2842	2839	2781	2778	2836	2834	2726	2724	2782	2779
8	2733	2731	2900	2897	2613	2611	2780	2778	2671	2668	2838	2835	2581	2579	2748	2745
9	3188	3192	3021	3025	3203	3206	3036	3040	3112	3116	2945	2949	3123	3127	2956	2960
10	3063	3066	3007	3011	3030	3034	2975	2978	3003	3006	2947	2951	2978	2982	2922	2926
11	2937	2941	2993	2997	2857	2861	2913	2917	2893	2897	2949	2952	2833	2837	2889	2892
12	2812	2816	2979	2982	2685	2688	2852	2855	2783	2787	2950	2954	2688	2692	2855	2858
Nmax	3188	3192	3021	3025	3203	3206	3036	3040	3112	3116	2950	2954	3123	3127	2956	2960
TAGLIO																
taglio Vx	807	810	807	810	807	810	807	810	806	808	806	808	806	808	806	808
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20
V	808	810	808	810	808	810	807	810	806	808	806	808	806	808	806	808

	q4								q5							
SFORZO NORMALE																
PALO																
1	2973	2964	2806	2798	2995	2986	2828	2819	3029	3020	2751	2742	3051	3042	2773	2764
2	2864	2855	2808	2799	2850	2841	2794	2786	2882	2873	2790	2781	2869	2860	2776	2767
3	2754	2745	2810	2801	2705	2696	2761	2752	2736	2727	2828	2819	2686	2678	2779	2770
4	2644	2636	2811	2802	2560	2551	2727	2718	2589	2580	2867	2858	2504	2496	2782	2773
5	3000	2998	2833	2831	3017	3014	2850	2847	3056	3053	2778	2775	3072	3069	2794	2792
6	2891	2888	2835	2832	2872	2869	2816	2813	2909	2906	2816	2814	2890	2887	2797	2795
7	2781	2778	2837	2834	2727	2724	2782	2779	2762	2760	2855	2852	2708	2705	2801	2798
8	2671	2669	2838	2836	2582	2579	2748	2746	2616	2613	2894	2891	2526	2523	2804	2801
9	3027	3031	2860	2864	3038	3042	2871	2875	3083	3086	2805	2808	3094	3097	2816	2819
10	2918	2921	2862	2866	2893	2897	2837	2841	2936	2940	2843	2847	2912	2915	2819	2823
11	2808	2812	2864	2867	2748	2752	2804	2807	2789	2793	2882	2886	2730	2733	2822	2826
12	2698	2702	2865	2869	2603	2607	2770	2773	2643	2646	2921	2924	2547	2551	2825	2829
Nmax	3027	3031	2865	2869	3038	3042	2871	2875	3083	3086	2921	2924	3094	3097	2825	2829
TAGLIO																
taglio Vx	774	776	774	776	774	776	774	776	774	776	774	776	774	776	774	776
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	35	35	-34	-34	35	35	-34	-34
V	774	777	774	777	774	777	774	777	775	777	775	777	775	777	775	777

	S.L.U.								S.L.V.					
	e3								q6.x		q6.y		q6.z	
SFORZO NORMALE														
PALO														
1	2977	2962	2811	2796	2999	2984	2832	2818	703	697	2432	2426	2177	2171
2	2868	2853	2812	2797	2854	2839	2798	2784	684	678	2125	2119	2158	2152
3	2758	2743	2814	2799	2709	2694	2765	2750	665	659	1817	1811	2139	2133
4	2649	2634	2815	2800	2564	2549	2731	2716	646	640	1510	1504	2120	2114
5	3007	3003	2840	2836	3024	3019	2857	2852	1934	1932	2367	2365	2048	2046
6	2898	2893	2842	2838	2879	2874	2823	2819	1915	1913	2059	2057	2029	2028
7	2788	2784	2844	2839	2734	2729	2789	2785	1896	1894	1752	1750	2010	2009
8	2678	2674	2845	2841	2589	2584	2755	2751	1877	1875	1444	1443	1992	1990
9	3037	3043	2870	2876	3048	3054	2881	2887	3164	3167	2301	2303	1920	1922
10	2928	2934	2872	2878	2903	2909	2847	2853	3146	3148	1994	1996	1901	1904
11	2818	2824	2874	2880	2758	2764	2814	2820	3127	3129	1686	1689	1882	1885
12	2708	2714	2875	2881	2613	2619	2780	2786	3108	3110	1379	1381	1863	1866
Nmax	3037	3043	2875	2881	3048	3054	2881	2887	3164	3167	2432	2426	2177	2171
TAGLIO														
taglio Vx	775	779	775	779	775	779	775	779	1094	1096	510	512	510	512
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	6	6	255	255	6	6
V	775	779	775	779	775	779	775	779	1094	1096	570	572	510	512

	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq				S.L.qp	
	SFORZO NORMALE																					
PALO																						
1	2195	2187	2083	2076	1871	1863	1760	1752	2158	2150	2121	2113	1834	1826	1797	1789	2010	2004				
2	2118	2110	2081	2073	1890	1883	1853	1846	2105	2098	2093	2085	1878	1871	1866	1858	2005	1999				
3	2041	2033	2078	2070	1910	1902	1947	1939	2053	2045	2065	2058	1922	1915	1934	1927	2000	1994				
4	1963	1956	2075	2067	1929	1922	2040	2033	2001	1993	2038	2030	1966	1959	2003	1996	1996	1989				
5	2214	2212	2103	2101	1860	1858	1749	1746	2177	2175	2140	2138	1823	1821	1786	1784	1914	1912				
6	2137	2135	2100	2098	1879	1877	1842	1840	2125	2123	2113	2110	1867	1865	1855	1852	1909	1908				
7	2060	2058	2097	2095	1899	1897	1936	1934	2073	2070	2085	2083	1911	1909	1923	1921	1905	1903				
8	1983	1981	2094	2092	1918	1916	2029	2027	2020	2018	2057	2055	1955	1953	1992	1990	1900	1898				
9	2234	2237	2123	2126	1849	1852	1738	1741	2197	2200	2160	2163	1812	1815	1775	1778	1818	1821				
10	2157	2160	2120	2123	1868	1871	1831	1834	2145	2148	2132	2135	1856	1859	1844	1847	1814	1816				
11	2080	2083	2117	2120	1888	1891	1925	1928	2092	2095	2105	2108	1900	1903	1912	1915	1809	1811				
12	2003	2006	2114	2117	1907	1910	2018	2021	2040	2043	2077	2080	1944	1947	1981	1984	1804	1806				
Nmax	2234	2237	2123	2126	1929	1922	2040	2033	2197	2200	2160	2163	1966	1959	2003	1996	2010	2004				
TAGLIO																						
taglio Vx	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	499	501				
taglio Vy	14	14	-14	-14	13	13	-14	-14	5	5	-4	-4	4	4	-5	-5	0	0				
V	573	576	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	573	575	499	501				

RIEPILOGO

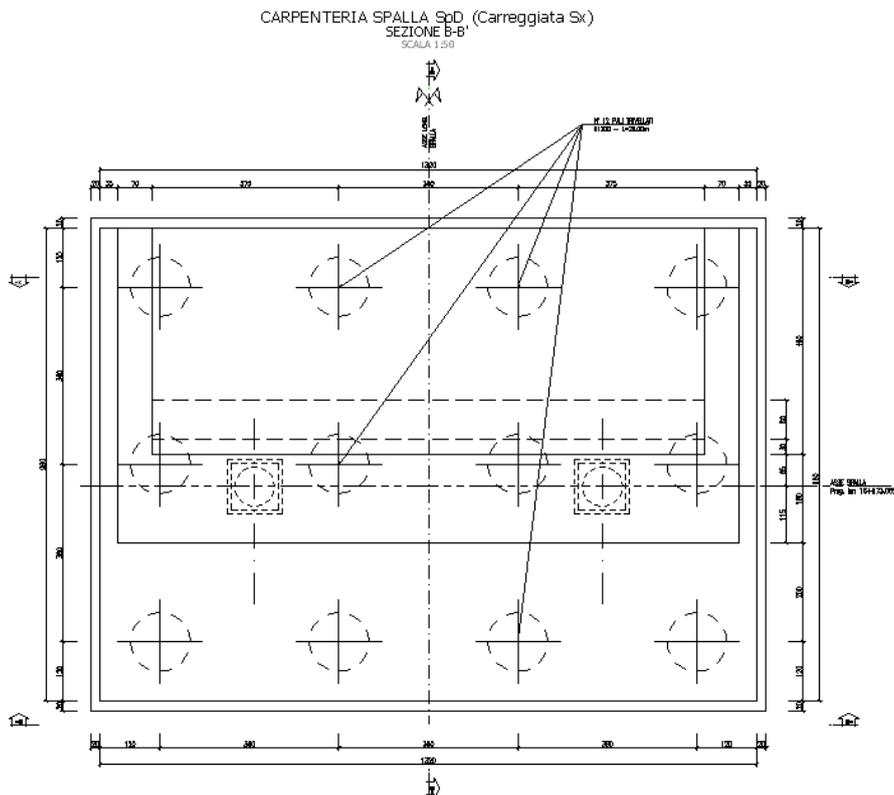
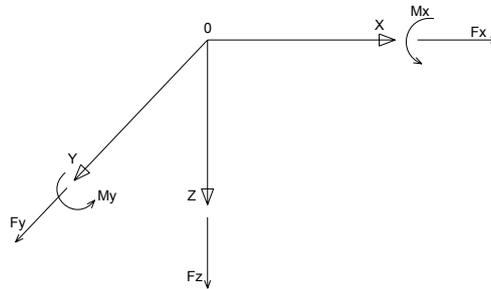
Nmax		3206	3206	3167	2237	kN
Nmin		640	2466	640	2237	kN
Vmax		1096	810	1096	576	kN

5 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA D

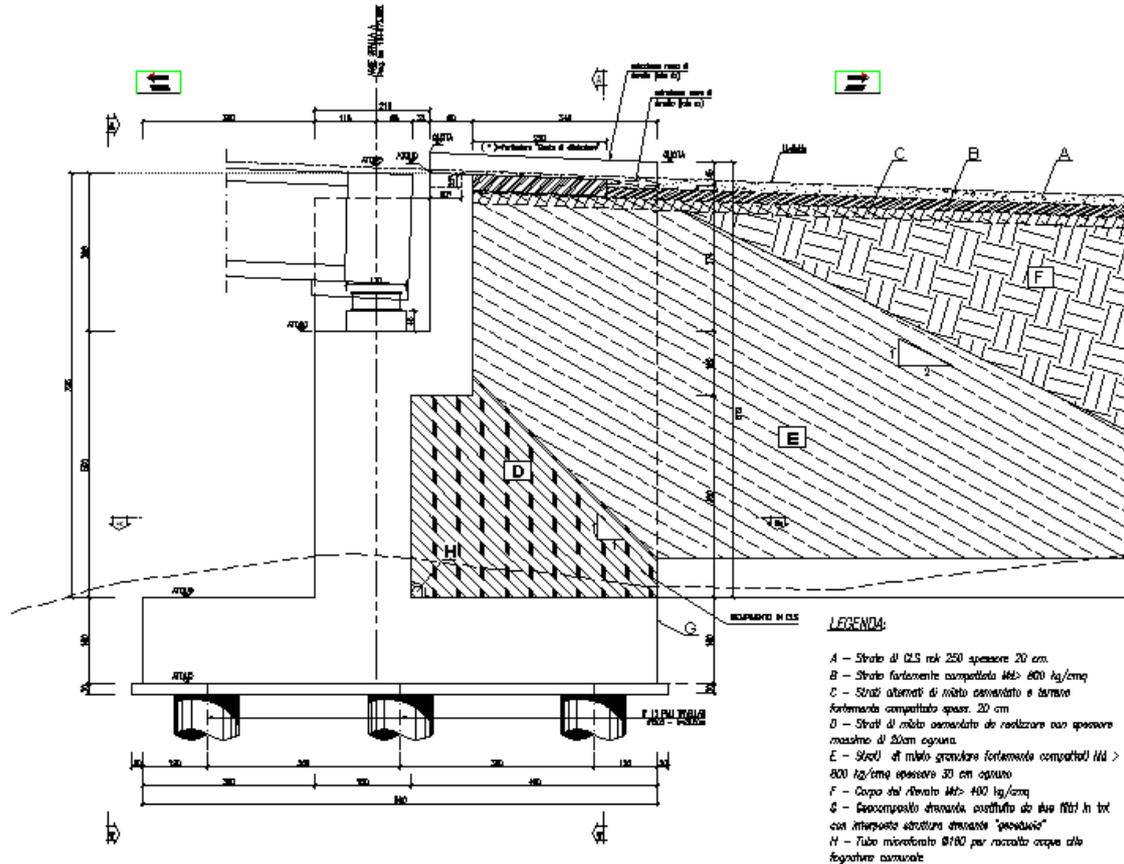
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla D della carreggiata sinistra 2° tronco.

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 SpD (Carreggiata Sx)
 SEZIONE A-A
 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	9.60	13.20	1.60	-	202.8	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	1	1.80	12.48	5.00	-	112.3	5.50	0.00	-4.10
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	2.95	-	29.5	4.20	0.00	-8.08
muro laterale sx	1	4.60	0.70	7.95	-	25.6	2.30	5.89	-5.58
muro laterale dx	1	4.60	0.70	7.95	-	25.6	2.30	-5.89	-5.58
bandiera sx	0	2.25	0.50	0.90	2.3	0.00	-0.96	5.99	-8.70
bandiera dx	0	2.25	0.50	0.90	2.3	0.00	-0.96	-5.99	-8.70
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	5.15	0.00	-6.68
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	5.15	0.00	-6.93
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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 37 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

5.1 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.

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	5.15 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.93 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	1998	6	0	peso proprio impalcato
g2	0	1	591	251	0	permanenti portati
e2	8	0	-307	0	12	ritiro
e3.6	18	0	176	0	27	temperatura - massima azione verticale
e3.8	59	0	132	0	89	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	0	2	1896	2513	1	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	5	1460	4374	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	255	0	3	0	382	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	275	0	884	0	azione del vento trasversale
q6.1x	454	68	-19	157	682	sisma longitudinale
q6.1y	136	225	-18	523	204	sisma trasversale
q6.1z	136	68	-61	157	204	sisma verticale
q7	26	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

5.2 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 (g_1), carichi di superficie (g_2 , g_3 , $q_{1.t}$, $q_{6.1}$, $q_{6.2-ter}$) e accelerazioni ($q_{6.2-sp}$).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 38 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	5068.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2808.0 kN	muro frontale
g1.3	=	736.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	640.0 kN	muro laterale sx
g1.5	=	640.0 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	9912.4 kN	azione verticale
x	=	4.63 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.91 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 39 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Peso terreno su fondazione (g2)

γ_t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	431.5 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	7767.5 kN	peso del terreno
x	=	2.30 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.58 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	=	9.55	7.95	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	4368.2	3027.1	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.18	-4.25	m	coordinata z punto di applicazione

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	=	9.55	7.95	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1016.5	846.2	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.78	-5.58	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	4.60	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	1148.2	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	2.30	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.60	-	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 40 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.092 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}	=	0.138 g	accelerazione massima
K_h	=	0.138	coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.069	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	=	9.55	7.95	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.48	12.48	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP		2827.3	1959.3		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	=	7.36	7.36	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.798	0.798		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.623	0.623		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	6827	4731	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	2459.0	1704.1	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
ΔP	=	2827.3	1959.3	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	4.60	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.78	-5.58	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x	coord y	coord z
		p.to di applicaz	p.to di applicaz	p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	699	4.80	0.00	-0.80
muro frontale	388	5.50	0.00	-4.10
paraghiaia	102	4.20	0.00	-8.08
muro laterale sx	88	2.30	5.89	-5.58
muro laterale dx	88	2.30	-5.89	-5.58
bandiera sx	0	-0.96	5.99	-8.70
bandiera dx	0	-0.96	-5.99	-8.70
baggioli	1	5.15	0.00	-6.68
apparecchi di appoggio	1	5.15	0.00	-6.93
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1072	2.30	0.00	-5.58
risultante intradosso plinto	2440	3.61	0.00	-4.08
risultante base muro frontale	668	4.44	0.00	-5.09

	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-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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	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	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	
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-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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
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-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
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	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	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	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

5.5 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	7316	7345	7316	7345	7315	7345	7315	7345	7355	7385	7355	7385	7355	7384	7355	7384
Fy	250	250	-244	-244	255	255	-240	-240	250	250	-244	-244	253	253	-241	-241
Fz	31230	31198	31230	31198	30642	30610	30642	30610	30207	30175	30207	30175	29765	29734	29765	29734
Mx	6270	6270	1256	1256	8811	8811	3798	3798	5417	5417	404	404	7323	7323	2310	2310
My	4695	4545	4695	4545	4904	4754	4904	4754	3513	3363	3513	3363	3670	3520	3670	3520

	q4								q5							
Fx	6973	7002	6973	7002	6972	7002	6972	7002	6973	7002	6973	7002	6972	7002	6972	7002
Fy	250	250	-244	-244	253	253	-241	-241	414	414	-409	-409	418	418	-406	-406
Fz	30203	30171	30203	30171	29761	29730	29761	29730	30203	30171	30203	30171	29761	29730	29761	29730
Mx	5417	5417	404	404	7323	7323	2310	2310	7088	7088	-1267	-1267	8994	8994	639	639
My	5589	5439	5589	5439	5746	5596	5746	5596	5589	5439	5589	5439	5746	5596	5746	5596

	S.L.U.				q6.x				S.L.V.				q6.z	
Fx	6981	7031	6981	7031	6981	7030	6981	7030	10122	10143	4537	4558	4537	4558
Fy	250	250	-244	-244	253	253	-241	-241	68	68	2666	2666	68	68
Fz	30287	30235	30287	30235	29846	29793	29846	29793	20031	20009	20031	20009	21209	21187
Mx	5417	5417	404	404	7323	7323	2310	2310	886	886	12292	12292	886	886
My	5512	5262	5512	5262	5669	5419	5669	5419	-19756	-19860	5418	5314	6888	6784

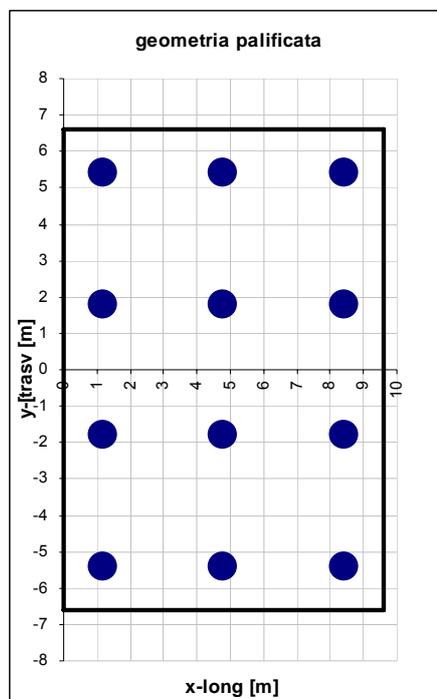
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 43 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq								S.L.qp	
Fx	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	5165	5190	4401	4421
Fy	167	167	-163	-163	162	162	-168	-168	57	57	-53	-53	52	52	-58	-58	-58	-58	1	1
Fz	22350	22324	22350	22324	19833	19807	19833	19807	22350	22324	22350	22324	19833	19807	19833	19807	19833	19807	20050	20028
Mx	3827	3827	485	485	-1374	-1374	-4716	-4716	2713	2713	1599	1599	-2488	-2488	-3602	-3602	-3602	-3602	262	262
My	4149	4024	4149	4024	5031	4906	5031	4906	4149	4024	4149	4024	5031	4906	5031	4906	5031	4906	6151	6047

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

Geometria della palificata

PALO	X	Y	Xp	Yp	trasv	long
					Jxi	Jyi
1	1.20	5.40	-3.60	5.40	29.16	12.96
2	1.20	1.80	-3.60	1.80	3.24	12.96
3	1.20	-1.80	-3.60	-1.80	3.24	12.96
4	1.20	-5.40	-3.60	-5.40	29.16	12.96
5	4.80	5.40	0.00	5.40	29.16	0.00
6	4.80	1.80	0.00	1.80	3.24	0.00
7	4.80	-1.80	0.00	-1.80	3.24	0.00
8	4.80	-5.40	0.00	-5.40	29.16	0.00
9	8.40	5.40	3.60	5.40	29.16	12.96
10	8.40	1.80	3.60	1.80	3.24	12.96
11	8.40	-1.80	3.60	-1.80	3.24	12.96
12	8.40	-5.40	3.60	-5.40	29.16	12.96



	q1								S.L.U.								q3							
	SFORZO NORMALE																							
PALO																								
1	2940	2932	2800	2793	2968	2961	2829	2821	2790	2782	2650	2643	2811	2803	2672	2664	2790	2782	2650	2643	2811	2803	2672	2664
2	2824	2816	2777	2769	2805	2797	2759	2751	2689	2682	2643	2635	2676	2668	2629	2621	2689	2682	2643	2635	2676	2668	2629	2621
3	2707	2700	2754	2746	2642	2634	2689	2681	2589	2581	2635	2628	2540	2532	2586	2579	2589	2581	2635	2628	2540	2532	2586	2579
4	2591	2584	2731	2723	2479	2471	2618	2610	2489	2481	2628	2620	2404	2397	2544	2536	2489	2481	2628	2620	2404	2397	2544	2536
5	2777	2774	2637	2635	2798	2796	2659	2656	2668	2665	2528	2526	2684	2681	2545	2542	2668	2665	2528	2526	2684	2681	2545	2542
6	2661	2658	2614	2612	2635	2632	2589	2586	2567	2565	2521	2518	2548	2546	2502	2499	2567	2565	2521	2518	2548	2546	2502	2499
7	2544	2542	2591	2588	2472	2469	2518	2516	2467	2464	2513	2511	2413	2410	2459	2456	2467	2464	2513	2511	2413	2410	2459	2456
8	2428	2426	2568	2565	2309	2306	2448	2445	2367	2364	2506	2503	2277	2274	2416	2414	2367	2364	2506	2503	2277	2274	2416	2414
9	2614	2616	2474	2477	2628	2631	2489	2491	2546	2548	2406	2409	2556	2559	2417	2420	2546	2548	2406	2409	2556	2559	2417	2420
10	2498	2500	2451	2454	2465	2467	2418	2421	2445	2448	2399	2402	2421	2423	2374	2377	2445	2448	2399	2402	2421	2423	2374	2377
11	2381	2384	2428	2430	2302	2304	2348	2351	2345	2348	2392	2394	2285	2288	2332	2334	2345	2348	2392	2394	2285	2288	2332	2334
12	2265	2268	2405	2407	2138	2141	2278	2280	2245	2247	2384	2387	2150	2152	2289	2291	2245	2247	2384	2387	2150	2152	2289	2291
Nmax	2940	2932	2800	2793	2968	2961	2829	2821	2790	2782	2650	2643	2811	2803	2672	2664	2790	2782	2650	2643	2811	2803	2672	2664
TAGLIO																								
taglio Vx	610	612	610	612	610	612	610	612	613	615	613	615	613	615	613	615	613	615	613	615	613	615	613	615
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20
V	610	612	610	612	610	612	610	612	613	616	613	616	613	616	613	616	613	616	613	616	613	616	613	616

	q4								S.L.U.								q5							
	SFORZO NORMALE																							
PALO																								
1	2861	2854	2722	2714	2883	2875	2744	2736	2908	2900	2676	2668	2929	2922	2697	2690	2908	2900	2676	2668	2929	2922	2697	2690
2	2761	2753	2715	2707	2747	2740	2701	2693	2777	2769	2699	2691	2763	2755	2686	2678	2777	2769	2699	2691	2763	2755	2686	2678
3	2661	2653	2707	2699	2612	2604	2658	2650	2645	2637	2723	2715	2596	2588	2674	2666	2645	2637	2723	2715	2596	2588	2674	2666
4	2560	2553	2700	2692	2476	2468	2615	2608	2514	2506	2746	2738	2430	2422	2662	2654	2514	2506	2746	2738	2430	2422	2662	2654
5	2667	2665	2528	2525	2684	2681	2544	2542	2714	2711	2482	2479	2730	2727	2498	2495	2684	2681	2544	2542	2714	2711	2482	2479
6	2567	2564	2521	2518	2548	2545	2502	2499	2583	2580	2505	2503	2563	2561	2486	2483	2583	2580	2505	2503	2563	2561	2486	2483
7	2467	2464	2513	2511	2412	2410	2459	2456	2451	2449	2529	2526	2397	2394	2474	2472	2451	2449	2529	2526	2397	2394	2474	2472
8	2366	2364	2506	2503	2277	2274	2416	2413	2320	2317	2552	2549	2230	2228	2462	2460	2320	2317	2552	2549	2230	2228	2462	2460
9	2473	2476	2334	2337	2484	2487	2345	2347	2520	2522	2288	2290	2530	2533	2298	2301	2520	2522	2288	2290	2530	2533	2298	2301
10	2373	2376	2327	2329	2348	2351	2302	2305	2388	2391	2311	2314	2364	2366	2287	2289	2388	2391	2311	2314	2364	2366	2287	2289
11	2273	2275	2319	2322	2213	2215	2259	2262	2257	2260	2335	2337	2197	2200	2275	2277	2257	2260	2335	2337	2197	2200	2275	2277
12	2172	2175	2312	2314	2077	2080	2216	2219	2126	2129	2358	2361	2031	2033	2263	2265	2126	2129	2358	2361	2031	2033	2263	2265
Nmax	2861	2854	2722	2714	2883	2875	2744	2736	2908	2900	2746	2738	2929	2922	2697	2690	2908	2900	2746	2738	2929	2922	2697	2690
TAGLIO																								
taglio Vx	581	584	581	584	581	583	581	583	581	584	581	584	581	583	581	583	581	584	581	584	581	583	581	583
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20
V	581	584	581	584	581	584	581	584	581	584	581	584	581	583	581	583	581	584	581	584	581	583	581	583

	S.L.U.								S.L.V.																			
	e3				q6.x				q6.y				q6.z															
SFORZO NORMALE																												
PALO																												
1	2866	2853	2727	2713	2887	2874	2748	2735	1008	1002	2199	2193	2031	2026	2866	2853	2727	2713	2887	2874	2748	2735	1008	1002	2199	2193	2031	2026
2	2766	2752	2719	2706	2752	2739	2705	2692	991	986	1971	1966	2015	2009	2766	2752	2719	2706	2752	2739	2705	2692	991	986	1971	1966	2015	2009
3	2665	2652	2712	2699	2616	2603	2663	2650	975	970	1744	1738	1998	1993	2665	2652	2712	2699	2616	2603	2663	2650	975	970	1744	1738	1998	1993
4	2565	2552	2704	2691	2481	2467	2620	2607	959	953	1516	1511	1982	1977	2565	2552	2704	2691	2481	2467	2620	2607	959	953	1516	1511	1982	1977
5	2674	2670	2535	2531	2691	2686	2551	2547	1694	1692	2011	2009	1792	1790	2674	2670	2535	2531	2691	2686	2551	2547	1694	1692	2011	2009	1792	1790
6	2574	2570	2528	2523	2555	2551	2509	2504	1677	1676	1783	1781	1776	1774	2574	2570	2528	2523	2555	2551	2509	2504	1677	1676	1783	1781	1776	1774
7	2474	2469	2520	2516	2419	2415	2466	2461	1661	1659	1555	1554	1759	1757	2474	2469	2520	2516	2419	2415	2466	2461	1661	1659	1555	1554	1759	1757
8	2373	2369	2513	2508	2284	2279	2423	2419	1645	1643	1328	1326	1743	1741	2373	2369	2513	2508	2284	2279	2423	2419	1645	1643	1328	1326	1743	1741
9	2483	2487	2344	2348	2494	2498	2355	2359	2380	2382	1823	1824	1553	1555	2483	2487	2344	2348	2494	2498	2355	2359	2380	2382	1823	1824	1553	1555
10	2383	2387	2336	2341	2358	2362	2312	2316	2363	2365	1595	1597	1536	1538	2383	2387	2336	2341	2358	2362	2312	2316	2363	2365	1595	1597	1536	1538
11	2282	2287	2329	2333	2223	2227	2269	2273	2347	2349	1367	1369	1520	1522	2282	2287	2329	2333	2223	2227	2269	2273	2347	2349	1367	1369	1520	1522
12	2182	2186	2321	2326	2087	2091	2226	2230	2331	2332	1140	1142	1504	1505	2182	2186	2321	2326	2087	2091	2226	2230	2331	2332	1140	1142	1504	1505
Nmax	2866	2853	2727	2713	2887	2874	2748	2735	2380	2382	2199	2193	2031	2026	2866	2853	2727	2713	2887	2874	2748	2735	2380	2382	2199	2193	2031	2026
TAGLIO																												
taglio Vx	582	586	582	586	582	586	582	586	844	845	378	380	378	380	582	586	582	586	582	586	582	586	844	845	378	380	378	380
taglio Vy	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	6	6	222	222	6	6	21	21	-20	-20	21	21	-20	-20	6	6	222	222	6	6
V	582	586	582	586	582	586	582	586	844																			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 45 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

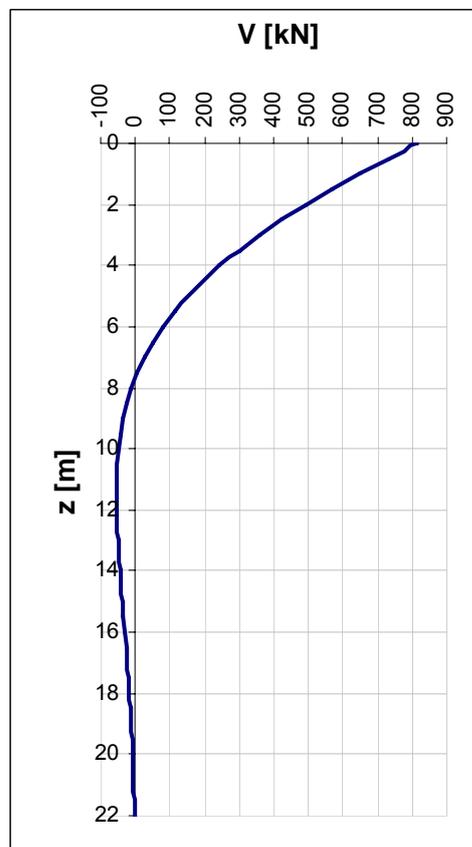
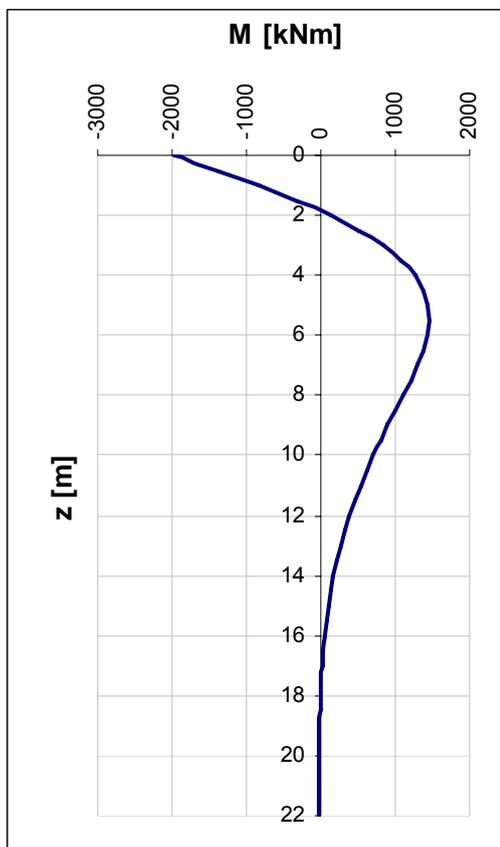
6 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A

6.1 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.

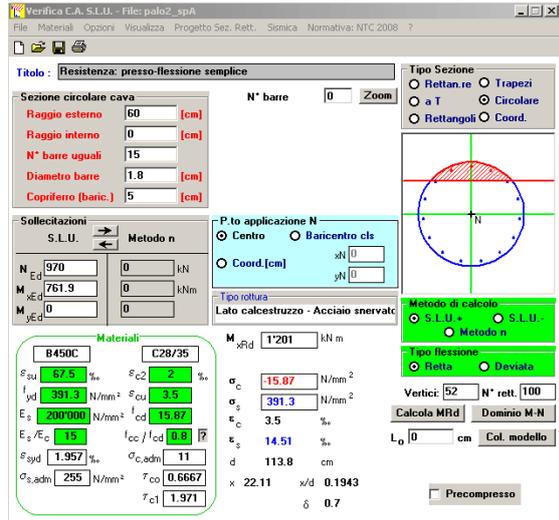
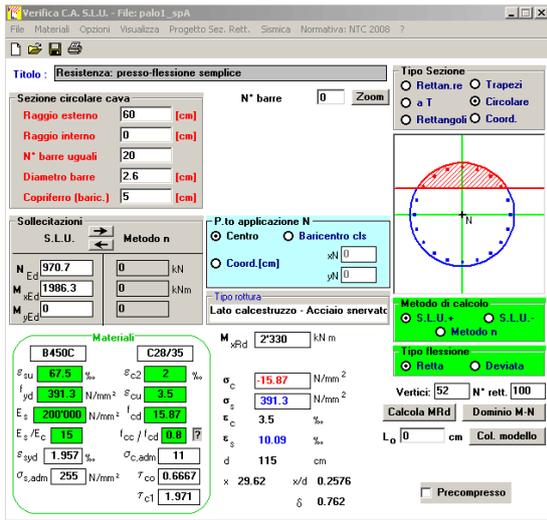
Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

E	=	32588 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
L0	=	4.88 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	814.1 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1986.3 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	7.13 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	761.9 kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	19.0 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	-14.9 kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 20 Ø26, mentre per le successive 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, 9.7m).



	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	20	17.3	1986.3	970.7	2330.0	OK
gabbia n.2	9.7	20.0	5	18	15	23.0	761.9	970.7	1201.0	OK

6.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 47 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

dove:

$d_e = 0.45 \cdot D + 0.64 \cdot (d - D/2)$:	altezza utile equivalente della sezione
D :	diametro della sezione
d :	altezza utile della sezione
$b_{we} = 0.9 \cdot D$:	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

Sollecitazioni

V	=	814.1 kN	taglio di calcolo
N	=	970.7 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}	=	40	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20 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}	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cd}'	=	9.41 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

\varnothing_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}	=	0.858 MPa	tensione media calcestruzzo
α_c	=	1.05	
V_{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	2919.6 kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.47	

6.1.3 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 aggressive
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

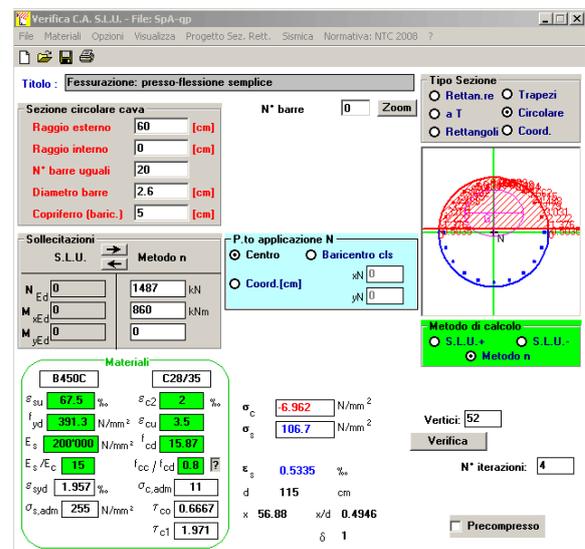
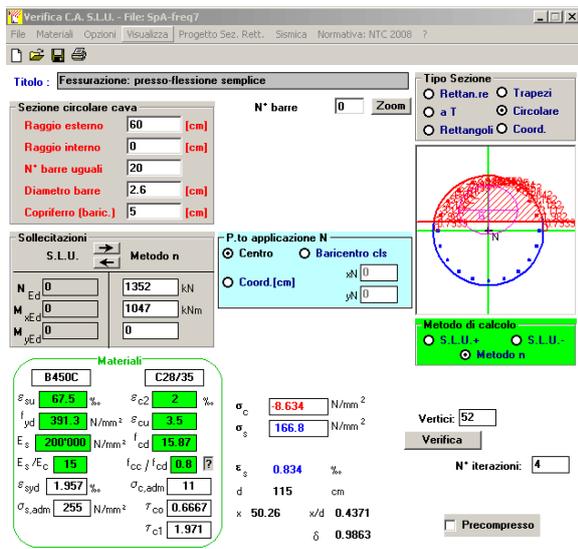
σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	200	200
200	250	250	250	250	250	250	250	250	150	150
240	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100
280	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
320	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
360	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	combinazione		freq 7	freq 8	qp1	qp2		
					freq 5	freq 6						
L0	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	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	1703	1704	1743	1744	1391	1392	1352	1352	1486	1487	kN	sforzo assiale
V	426	429	426	429	426	429	426	429	350	352	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	1039	1047	1039	1047	1039	1047	1039	1047	854	860	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
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	-	167	107	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		



6.1.4 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.

Materiali

Rck	=	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450.0	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

		combinazione										
		rara1	rara2	rara3	rara4	rara5	rara6	rara7	rara8	qp1	qp2	

Sollecitazioni agenti

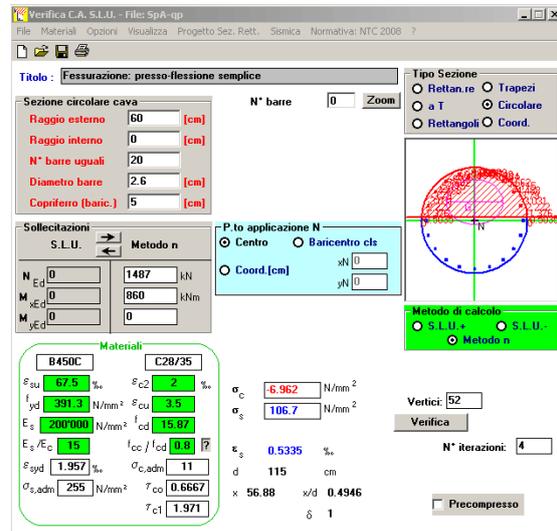
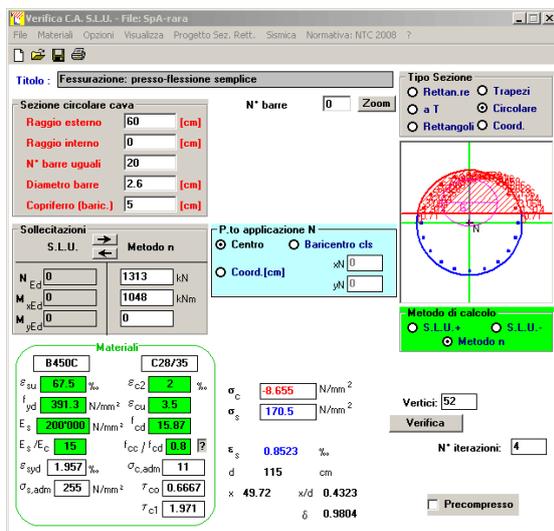
L0	=	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	=	1664	1664	1782	1783	1431	1432	1312	1313	1486	1487	kN	sforzo assiale
V	=	426	430	426	430	426	430	426	430	350	352	kN	taglio alla testa del palo
M_{max}	=	1041	1048	1041	1048	1040	1048	1041	1048	854	860	kN*m	massimo momento flettente

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_{c,max}$	=	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	13.07	13.07	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	8.65	-	6.96	[MPa] tensione di calcolo del cls in esercizio
		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
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	-	171			[MPa] tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 50 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

6.2 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)	18.5	21.6	20.8
γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ' (°)	19	23	22
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

6.2.1 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:

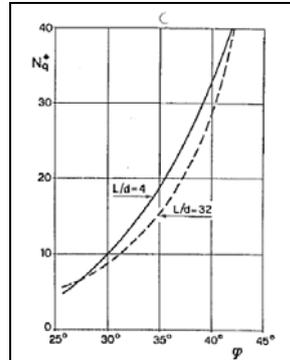
c_u (kPa)	α (-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

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

Si osserva che in condizioni drenate, *al fine di limitare i cedimenti*, si è volutamente considerato un ridotto contributo della resistenza alla punta (è infatti noto che tale resistenza si mobilita per cedimenti prossimi al

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 51 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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.

coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

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.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Spalla A - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_2a	8	0	8
2° strato	TRBa_2b	37	8	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 $\gamma_E = \gamma_F$:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 52 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

La verifica della relazione $Rd \geq Ed$ 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_g)	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_{0i}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ qualora i carichi permanenti non strutturali siano computamente 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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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.

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 $\rightarrow A1+M1+R3$.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione 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 4.

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

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

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					carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza pali	lunghezza comp	Volume	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	m	m3	kN	kN	kN
SpA	2923.6	2234.2	1.2	8	20	160	57.6	118.48	4008.178	5703.504

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 53 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

6.2.2 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.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	20.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2330.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	385.0 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	75665.8 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	824756.9 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	27597.4 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.6 m	
M_{max}	=	138941.3 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2250.5 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2250.5 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.55	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1451.9 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1116.9 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	814.1 kN	azione trasversale testa palo

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 54 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

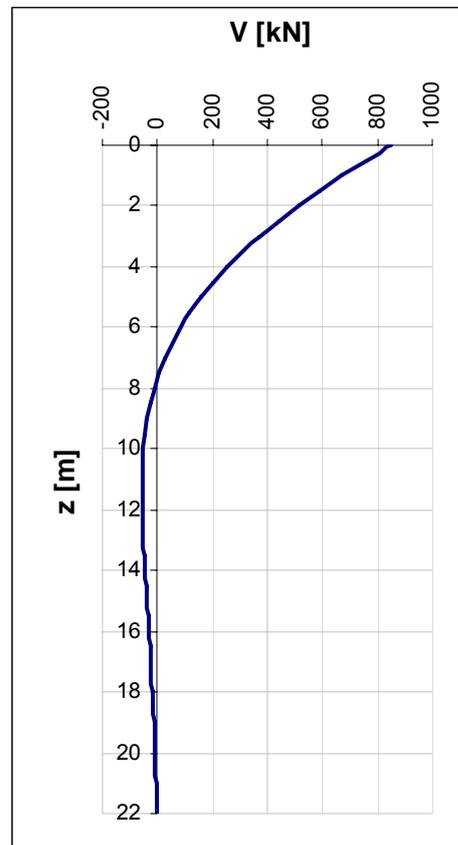
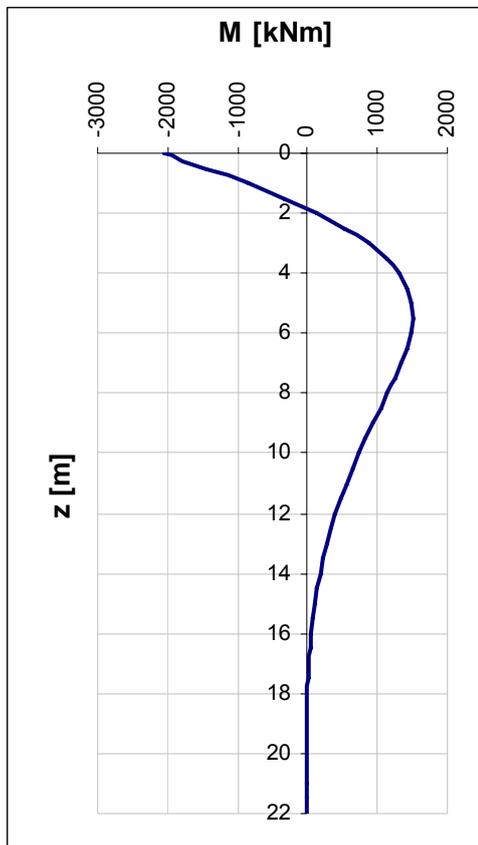
7 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

7.1 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.

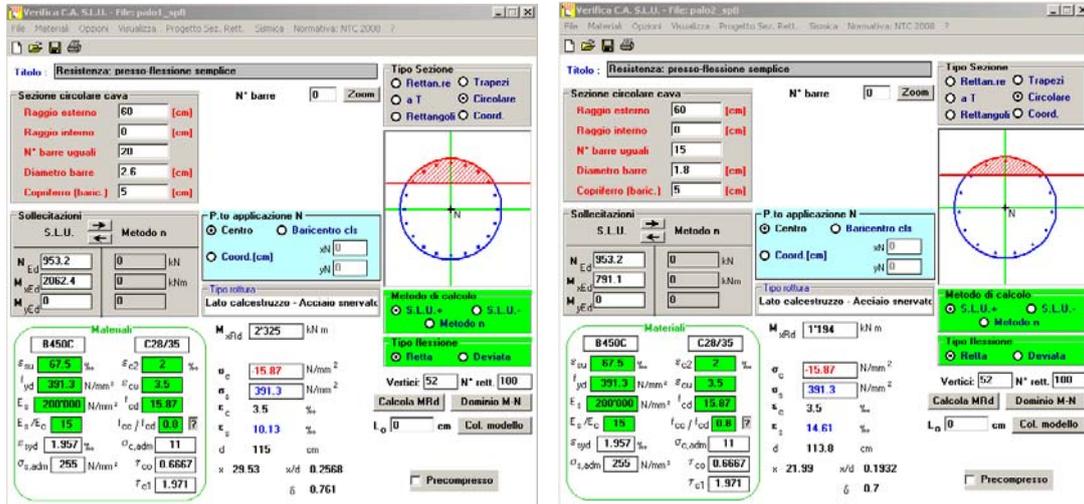
Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

E	=	32588 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
L0	=	4.88 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	845.3 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2062.4 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	7.40 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	791.1 kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	19.0 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	-15.5 kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 20 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, 9.7m).



	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	20	17.3	2062.4	953.2	2352.0	OK
gabbia n.2	9.7	20.0	5	18	15	23.0	791.1	953.2	1194.0	OK

7.1.2 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

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

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

dove:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 56 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

$b_{we} = 0.9 \cdot D$: 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

Sollecitazioni

V	=	845.3 kN	taglio di calcolo
N	=	953.2 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}	=	40	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20 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}	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cd}'	=	9.41 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

\varnothing_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}	=	0.843 MPa	tensione media calcestruzzo
α_c	=	1.04	
V_{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	2917.3 kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.42	

7.1.3 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 aggressive
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

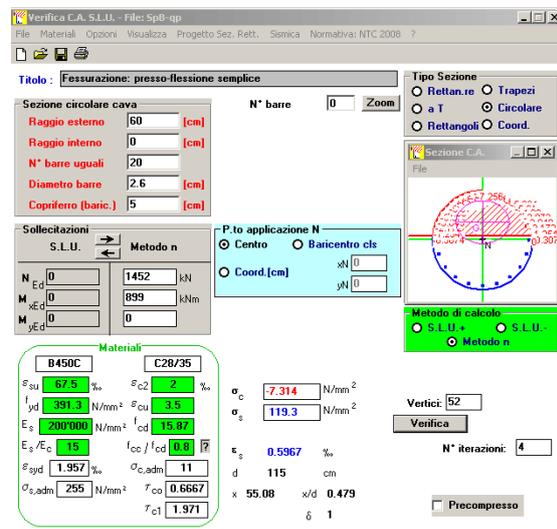
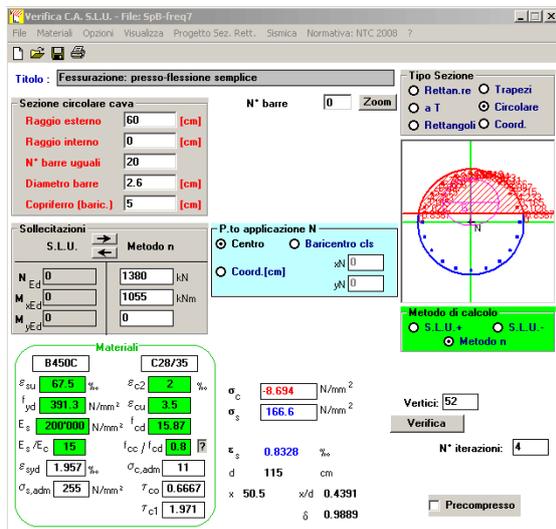
σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	200	200
200	250	250	250	250	250	250	250	250	150	150
240	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100
280	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
320	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
360	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	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	1643	1645	1674	1676	1409	1411	1378	1380	1450	1452	kN	sforzo assiale
V	430	433	430	433	430	432	430	433	367	368	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	1050	1055	1050	1055	1050	1055	1050	1055	895	899	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
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	167	-	119	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK									



7.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

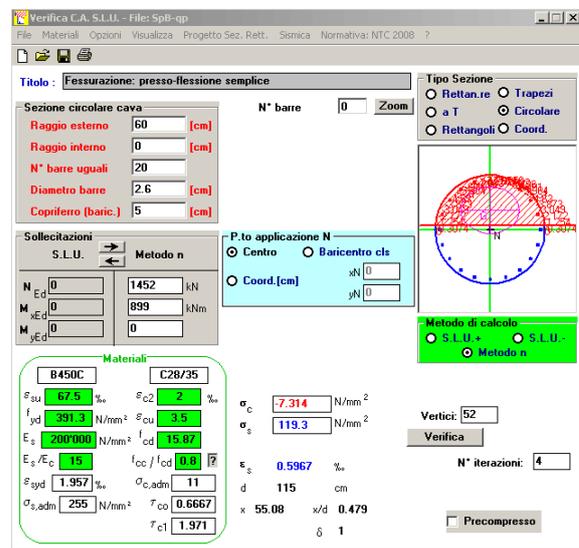
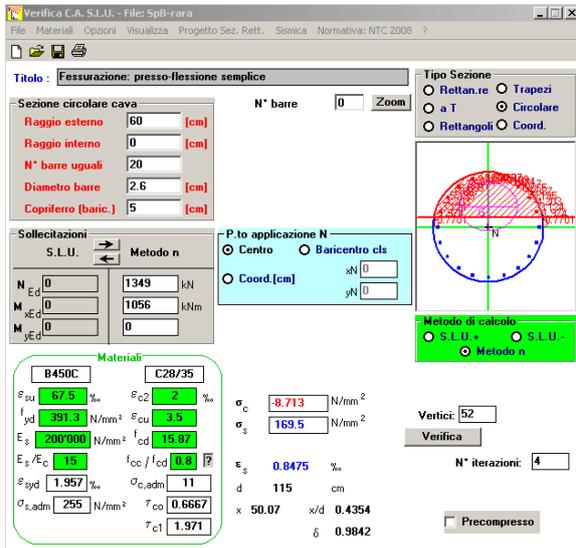
In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ 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.

Materiali			
R _{ck}	=	35 MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450.0 MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2		
Sollecitazioni agenti												
L0	=	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	m	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	
N	=	1612	1614	1705	1707	1440	1442	1347	1349	1450	1452	kN
V	=	431	433	431	433	431	433	431	433	367	368	kN
M _{max}	=	1051	1056	1051	1056	1051	1056	1051	1056	895	899	kN*m

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio											
σ _{c,max}	=	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	13.07	13.07	[MPa]
σ _{c,Sd}	=	-	-	-	-	-	-	-	8.71	7.31	[MPa]
		OK									

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio											
σ _{s,max}	=	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]
σ _{s,Sd}	=	-	-	-	-	-	-	-	170		[MPa]
		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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 59 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7.2 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)	18.5	21.6	20.8
γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ' (°)	19	23	22

7.2.1 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:

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

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

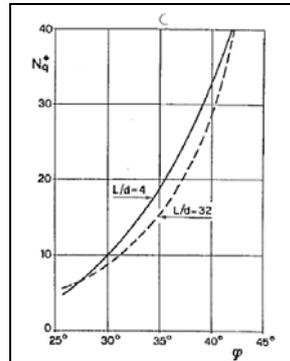
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i 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: $k = 1 - \sin \phi'$, mentre il coefficiente di attrito vale: $\mu = \tan \phi'$.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 60 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



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

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

coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

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.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Spalla B - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRBa_2a	11		11
2° 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 $\gamma_E = \gamma_F$:

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 61 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

La verifica della relazione $Rd \geq Ed$ 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 (o γ_k)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G0}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ qualora i carichi permanenti non strutturali siano computatamente 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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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_r	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.

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 \rightarrow A1+M1+R3.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione 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 4.

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

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

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					carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	inghezza pa	lung- comp	Volume	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	m	m3	kN	kN	kN
SpB	2968.5	2381.6	1.2	12	20	240	86.4	114.82	4036.086	5704.801

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 62 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7.2.2 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.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	20.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2352.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	385.0 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	75665.8 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	824756.9 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	27598.9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.6 m	
M_{max}	=	138932.4 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2269.3 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2269.3 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1418.3 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1091.0 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	845.3 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.29	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 63 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

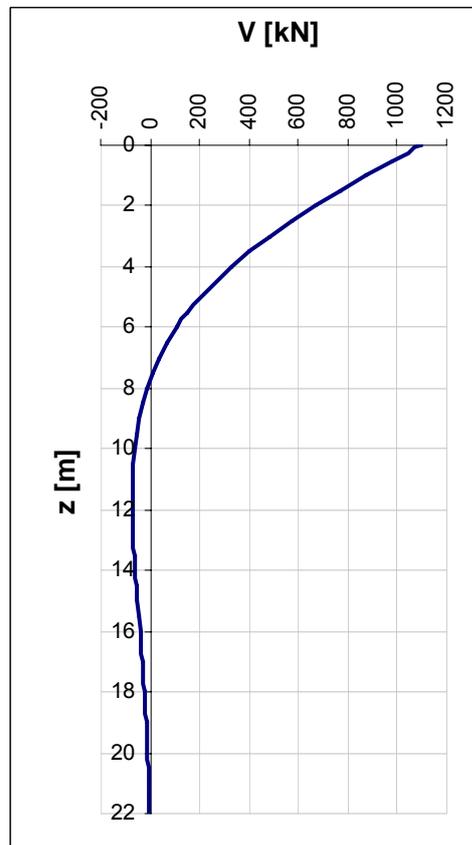
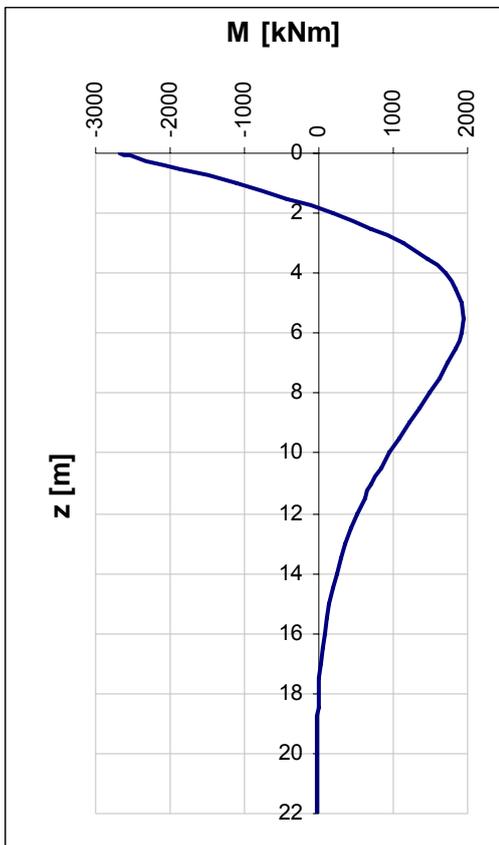
8 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA C

8.1 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.

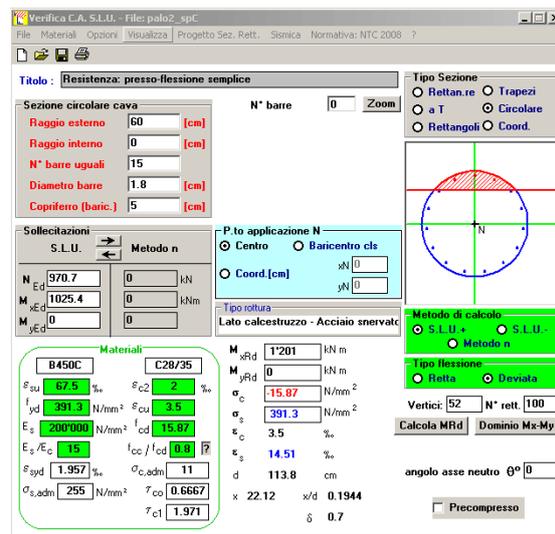
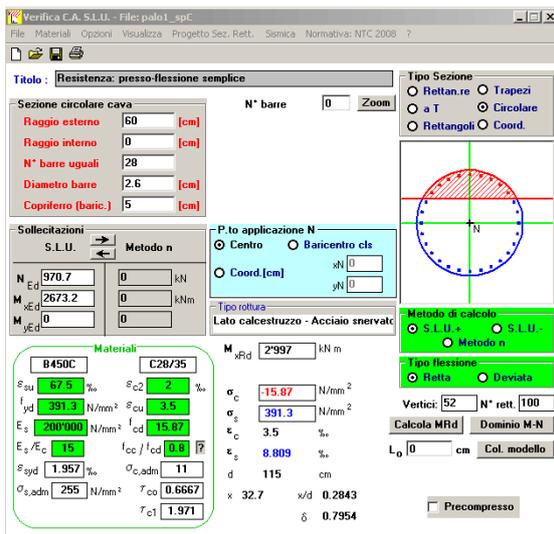
Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

E	=	32588 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
L0	=	4.88 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	1095.6 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2673.2 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	9.59 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	1025.4 kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	19.0 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	-20.1 kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 28 Ø26, per la seconda 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, 9,7m).



	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	28	12.3	2673.2	970.7	2997.0	OK
gabbia n.2	9.7	20.0	5	18	15	23.0	1025.4	970.7	1201.0	OK

8.1.2 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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 65 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

dove:

$d_e = 0.45 \cdot D + 0.64 \cdot (d - D/2)$:	altezza utile equivalente della sezione
D :	diametro della sezione
d :	altezza utile della sezione
$b_{we} = 0.9 \cdot D$:	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

Sollecitazioni

V	=	1095.6 kN	taglio di calcolo
N	=	640.3 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}	=	40	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20 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}	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f'_{cd}	=	9.41 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

\varnothing_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}	=	0.566 MPa	tensione media calcestruzzo
α_c	=	1.03	
V_{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	2876.2 kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.10	

8.1.3 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 aggressive
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

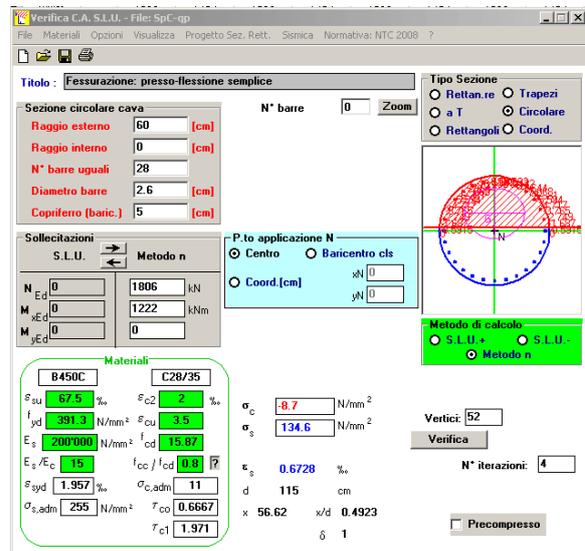
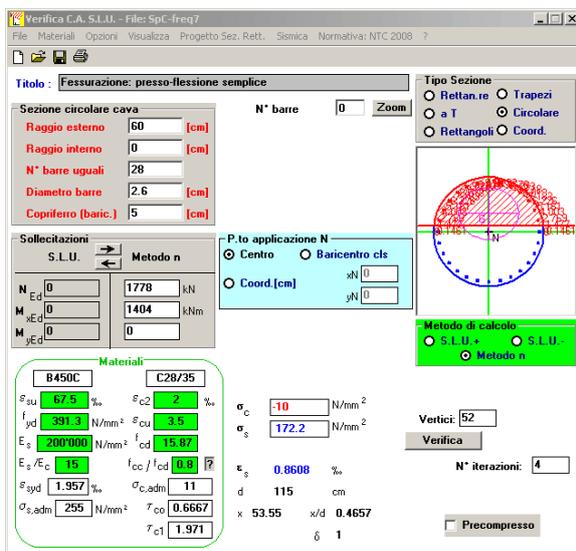
σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	200	200
200	250	250	250	250	250	250	250	250	150	150
240	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100
280	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
320	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
360	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2	
L0	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	m
h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
N	2001	1993	2038	2030	1812	1815	1775	1778	1804	1806	kN
V	573	575	573	575	573	575	573	575	499	501	kN
M _{max}	1399	1404	1399	1404	1399	1404	1399	1404	1217	1222	kN*m
$\sigma_{s,max}$	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa
$\sigma_{sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	-	172	135	MPa
	OK	OK	OK								



8.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

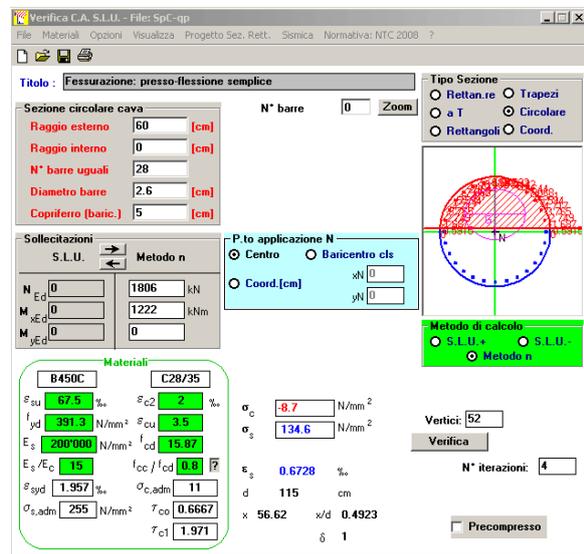
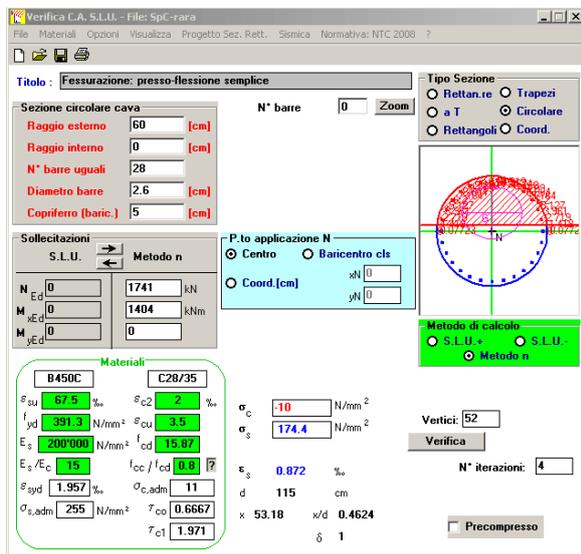
In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ 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.

Materiali			
Rck	=	35 MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450.0 MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	rara1	rara2	rara3	rara4	rara5	rara6	rara7	rara8	qp1	qp2			
Sollecitazioni agenti													
LO	=	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	m	lunghezza elastica del palo	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero	
N	=	1963	1956	2075	2067	1849	1852	1738	1741	1804	1806	kN	sforzo assiale
V	=	573	576	573	575	573	575	573	575	499	501	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	1399	1404	1399	1404	1399	1404	1399	1404	1217	1222	kN*m	massimo momento flettente

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio													
$\sigma_{c,max}$	=	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	13.07	13.07	[MPa]	massima tensione del cls da normativa	
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	10.00	-	8.70	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK											

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio													
$\sigma_{s,max}$	=	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa	
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	174			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 68 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

8.2 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)	18.5	21.6	20.8
γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ' (°)	19	23	22

8.2.1 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:

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

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

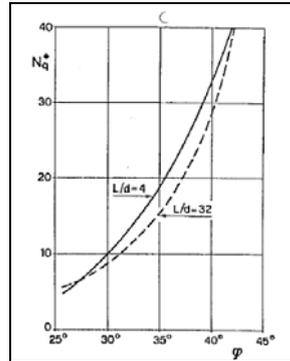
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i 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: $k = 1 - \sin \phi'$, mentre il coefficiente di attrito vale: $\mu = \tan \phi'$.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 69 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



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

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

coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

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.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Spalla C - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_2a	8		8
2° strato	TRBa_2b	37	8	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).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 70 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ (o γ_b)	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_{00}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) qualora i carichi permanenti non strutturali siano computatamente 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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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.

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 \rightarrow A1+M1+R3.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione 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 4.

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

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

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					carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	inghezza pa	lungh- comp	Volume	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	m	m3	kN	kN	kN
SpC	3206.3	3167	1.2	12	20	240	86.4	118.48	4008.178	5703.504

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 71 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

8.2.2 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.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	20.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2997.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	385.0 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	75665.8 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	824756.9 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	27644.3 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.6 m	
M_{max}	=	138670.4 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2804.5 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2804.5 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1752.8 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1348.3 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	1095.6 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.23	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 72 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

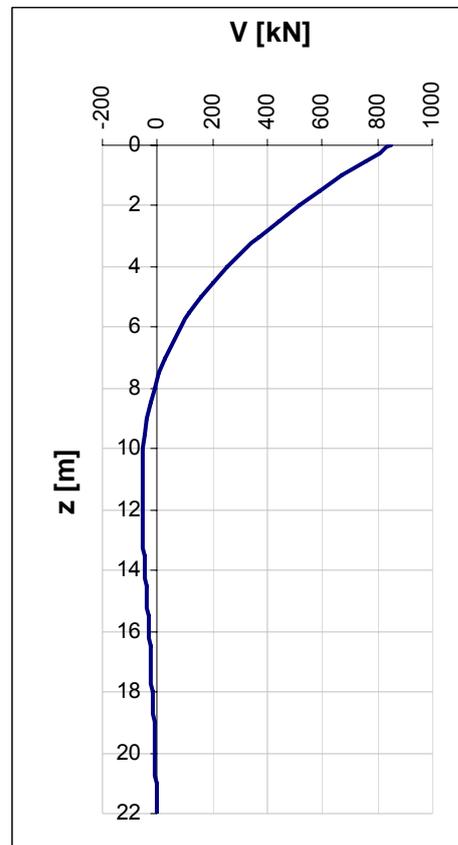
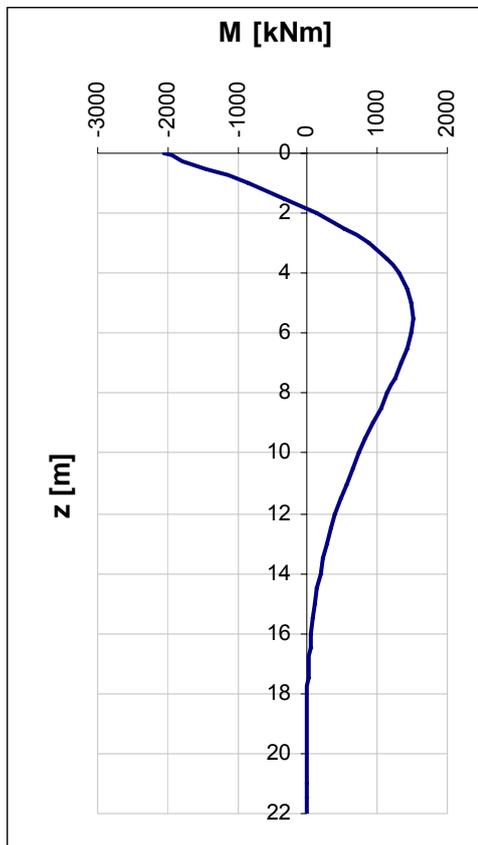
9 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA D

9.1 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.

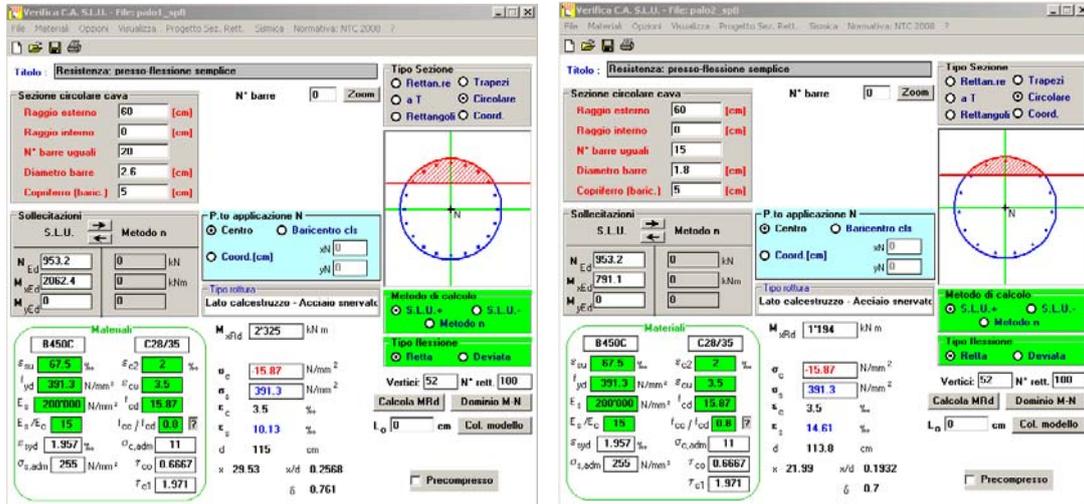
Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

E	=	32588 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
L0	=	4.88 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	845.3 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2062.4 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	7.40 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	791.1 kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	19.0 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	-15.5 kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 20 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, 9.7m).



	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	20	17.3	2062.4	953.2	2352.0	OK
gabbia n.2	9.7	20.0	5	18	15	23.0	791.1	953.2	1194.0	OK

9.1.2 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

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

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

dove:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 74 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

$b_{we} = 0.9 \cdot D$: 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

Sollecitazioni

V	=	845.3 kN	taglio di calcolo
N	=	953.2 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}	=	40	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20 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}	=	18.81 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cd}'	=	9.41 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

\varnothing_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}	=	0.843 MPa	tensione media calcestruzzo
α_c	=	1.04	
V_{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	2917.3 kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.42	

9.1.3 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 aggressive
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

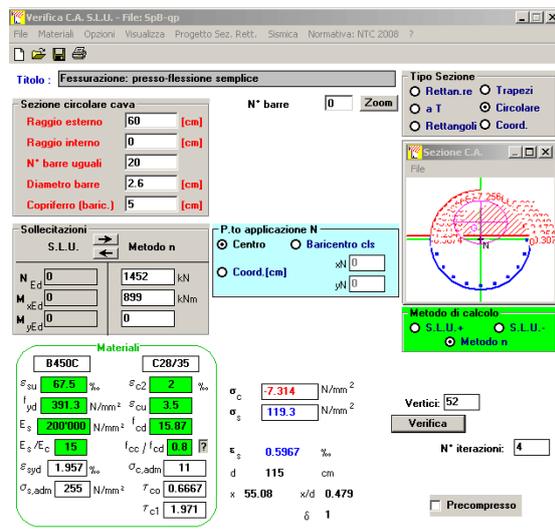
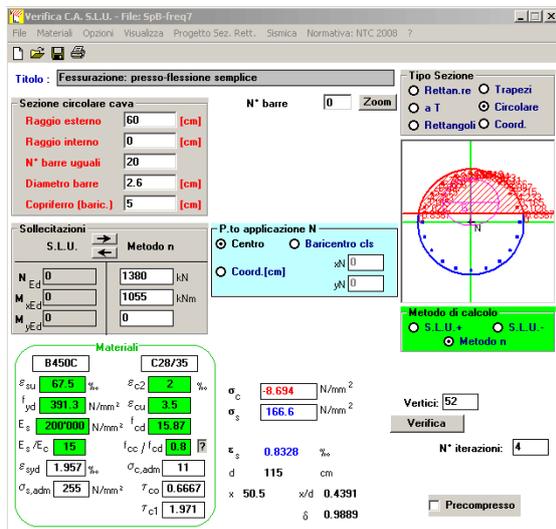
σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
200	25	25	25	25	25	25	25	25	16	16
240	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
280	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8
320	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6
360	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w2=0.30 mm								w1=0.20 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	200	200
200	250	250	250	250	250	250	250	250	150	150
240	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100
280	150	150	150	150	150	150	150	150	50	50
320	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
360	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	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	1643	1645	1674	1676	1409	1411	1378	1380	1450	1452	kN	sforzo assiale
V	430	433	430	433	430	432	430	433	367	368	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	1050	1055	1050	1055	1050	1055	1050	1055	895	899	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
$\sigma_{Sd,max}$	-	-	-	-	-	-	-	-	167	119	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
	OK	OK	OK									



9.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

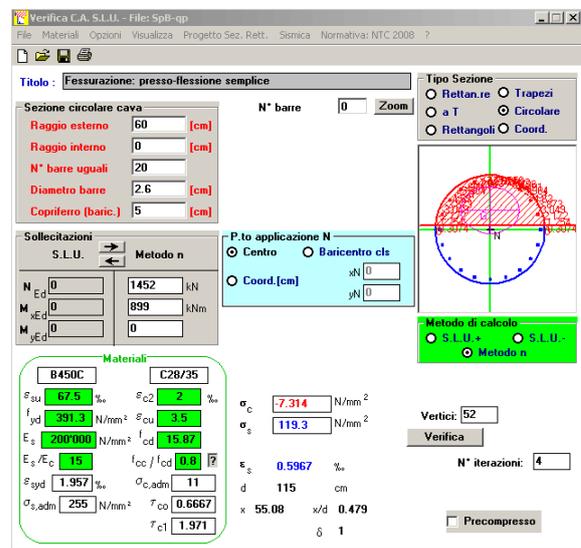
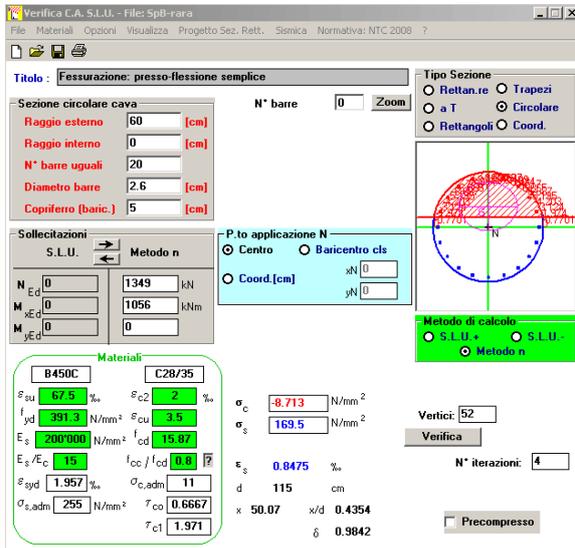
In accordo con quanto previsto dalle NTC al punto 4.1.2.2.5, si verifica ora che le massime tensioni agenti nel calcestruzzo e nell'acciaio in fase di esercizio per la combinazione caratteristica e per quella quasi permanente siano inferiori ai massimi valori consentiti (per il calcestruzzo, compressione: $0,60 f_{ck}$ 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.

Materiali			
R _{ck}	=	35 MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	29.05 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450.0 MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara8	qp1	qp2		
Sollecitazioni agenti											
L0	=	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	4.88	m	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	
N	=	1612	1614	1705	1707	1440	1442	1347	1349	1450	kN
V	=	431	433	431	433	431	433	431	433	367	kN
M _{max}	=	1051	1056	1051	1056	1051	1056	1051	1056	895	kN*m

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio											
σ _{c,max}	=	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	17.43	13.07	13.07	[MPa]
σ _{c,Sd}	=	-	-	-	-	-	-	-	8.71	7.31	[MPa]
		OK									

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio											
σ _{s,max}	=	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]
σ _{s,Sd}	=	-	-	-	-	-	-	-	170		[MPa]
		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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 77 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

9.2 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)	18.5	21.6	20.8
γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ' (°)	19	23	22

9.2.1 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:

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

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

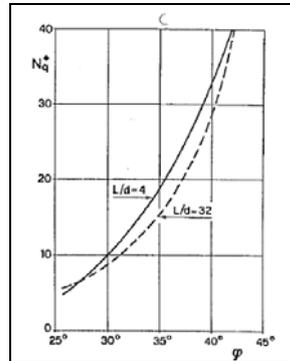
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i 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: $k = 1 - \sin \phi'$, mentre il coefficiente di attrito vale: $\mu = \tan \phi'$.

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 78 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



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

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

coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

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.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE Spalla D - CARR. SX				
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	11	2	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 $\gamma_E = \gamma_F$:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 79 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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

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 (o γ_R)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ qualora i carichi permanenti non strutturali siano computatamente 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	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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_r	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.

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 \rightarrow A1+M1+R3.

La capacità portante dei pali, determinata mediante procedura analitica basata sui parametri geotecnici dei terreni interessati, è stata ridotta del fattore di correlazione 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 4.

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

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

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					carico limite		
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	inghezza pa	lungh- comp	Volume	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	m	m3	kN	kN	kN
SpD	2968.5	2381.6	1.2	12	20	240	86.4	121.84	3968.089	5448.52

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 80 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

9.2.2 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.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	20.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2352.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	385.0 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	75665.8 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	824756.9 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	27598.9 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	6.6 m	
M_{max}	=	138932.4 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2269.3 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2269.3 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1418.3 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1091.0 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	845.3 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.29	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 81 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

10 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla A della carreggiata sinistra 1° tronco.

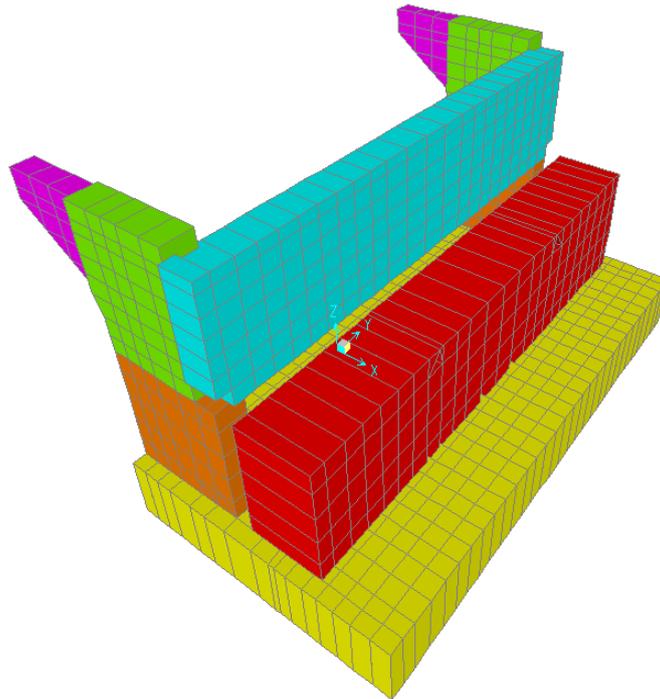
10.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidezze 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	6.90	13.20	1.60
muro frontale	1	1.80	12.48	3.00
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	3.00
muro laterale sx	1	2.90	0.70	6.00
muro laterale dx	1	2.90	0.70	6.00
bandiera sx	1	2.25	0.50	0.90
bandiera dx	1	2.25	0.50	0.90
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

<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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 83 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								S.L.U.							
	q4				q5				q6				q7			
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
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
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
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
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
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
e3-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	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
q3-imp	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	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
q6.1x-imp	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
q6.1z-imp	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
q6.2x-sp	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
q6.2z-sp	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

	S.L.U.								S.L.V.		S.L.V.		q6.z	
	e3				q6.x				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-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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
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

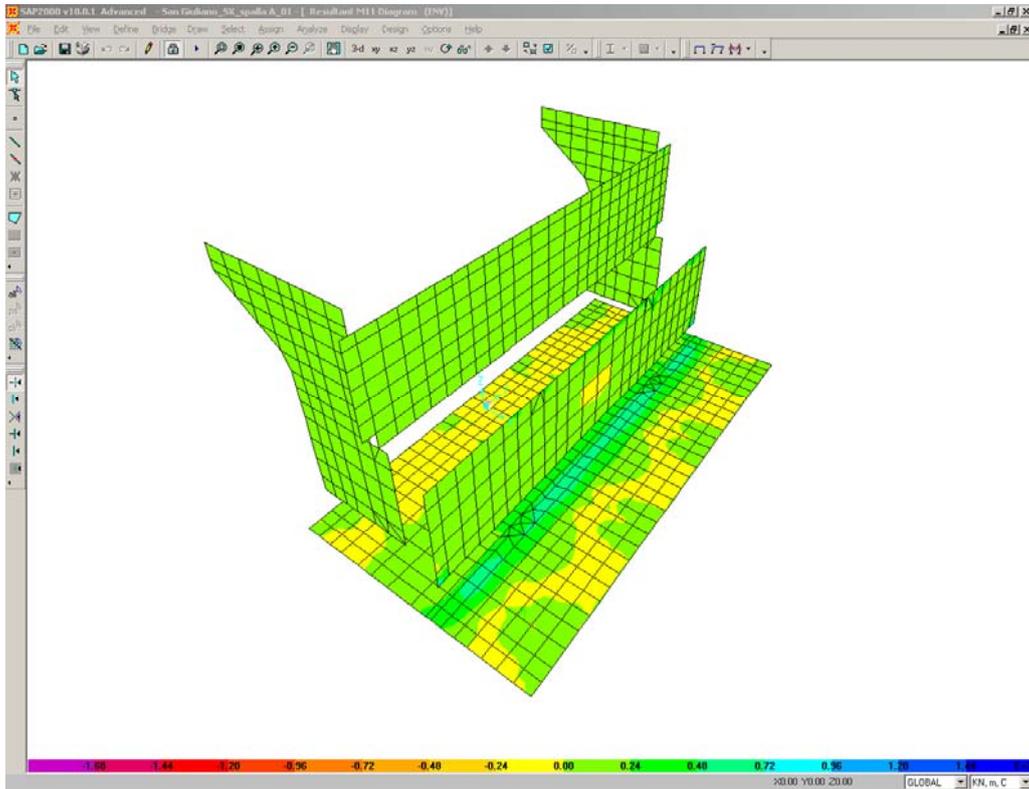
	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp				
	g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
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
e3-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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

10.4 SOLLECITAZIONI

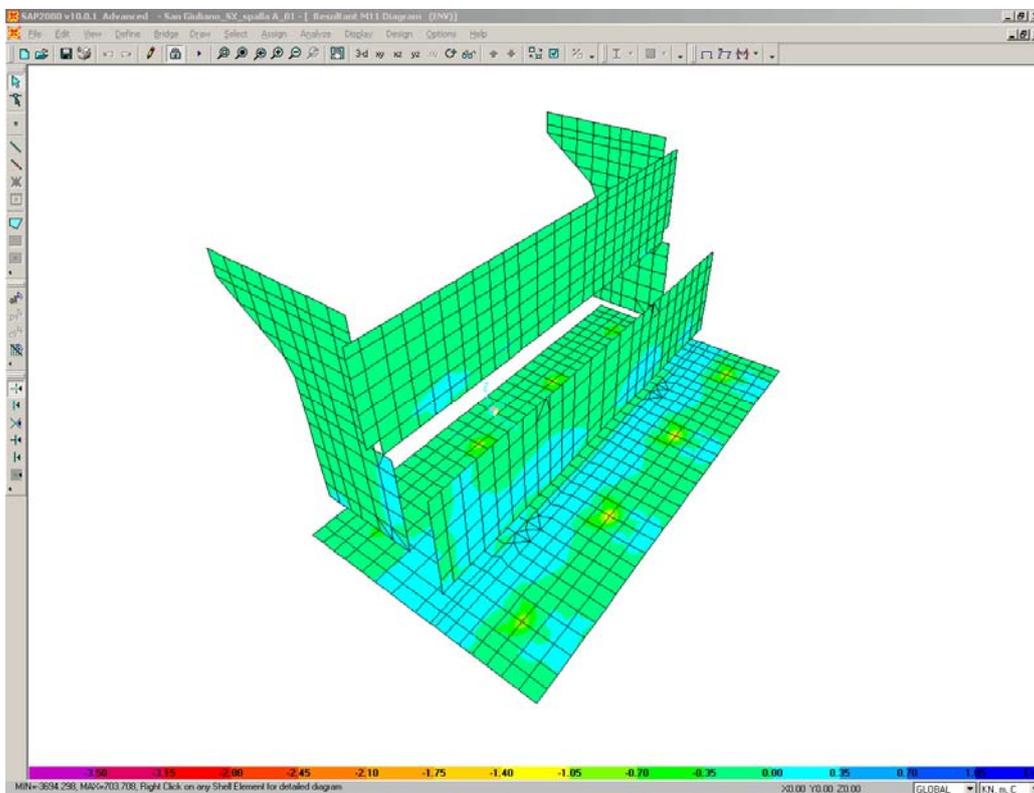
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a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

Ricordiamo che nel modello non si è tenuto conto dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) che è stata valutata a parte e confrontata con la combinazione sismica agente sul paraghiaia; è possibile vedere come la combinazione della frenatura sia dimensionante ai fini della progettazione dell'armatura orizzontale e verticale del paraghiaia.

S.L.U.- fren	M(g3)	15.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	11.5 kN*m
	M(q3)	101.3 kN*m		M(q6.1)	10.9 kN*m
	Mtot	116.8 kN*m		M(q6.2)	37.3 kN*m
				Mtot	59.6 kN*m



M11max



M11min

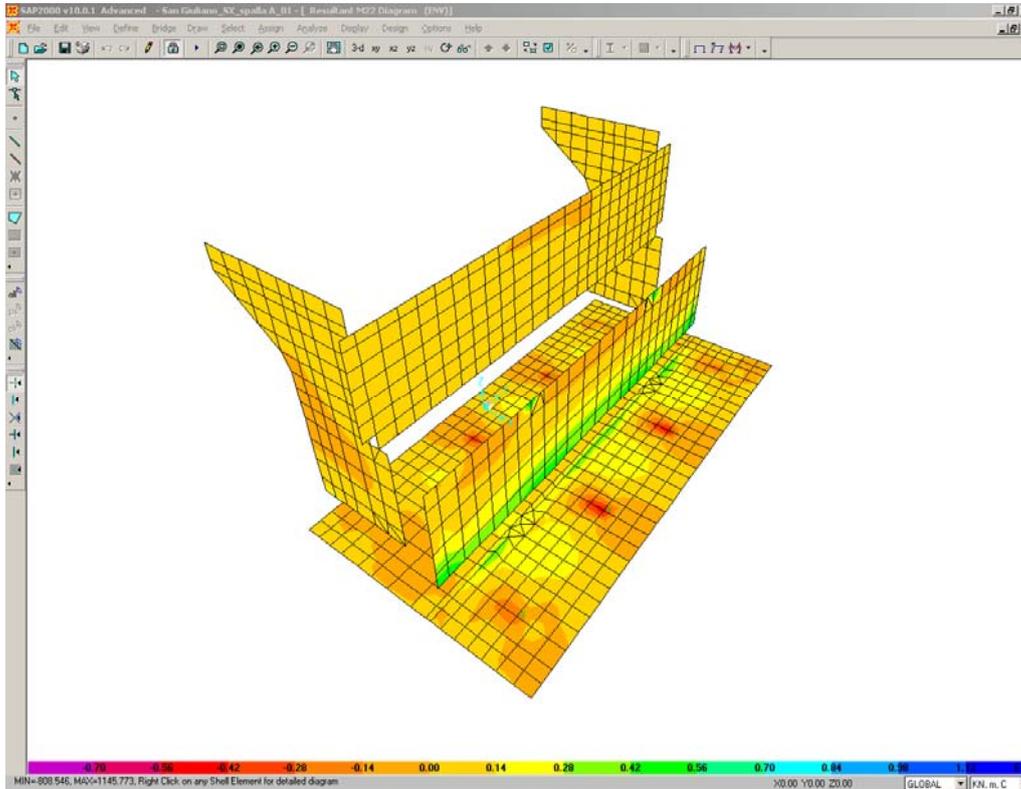
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto San Giuliano**

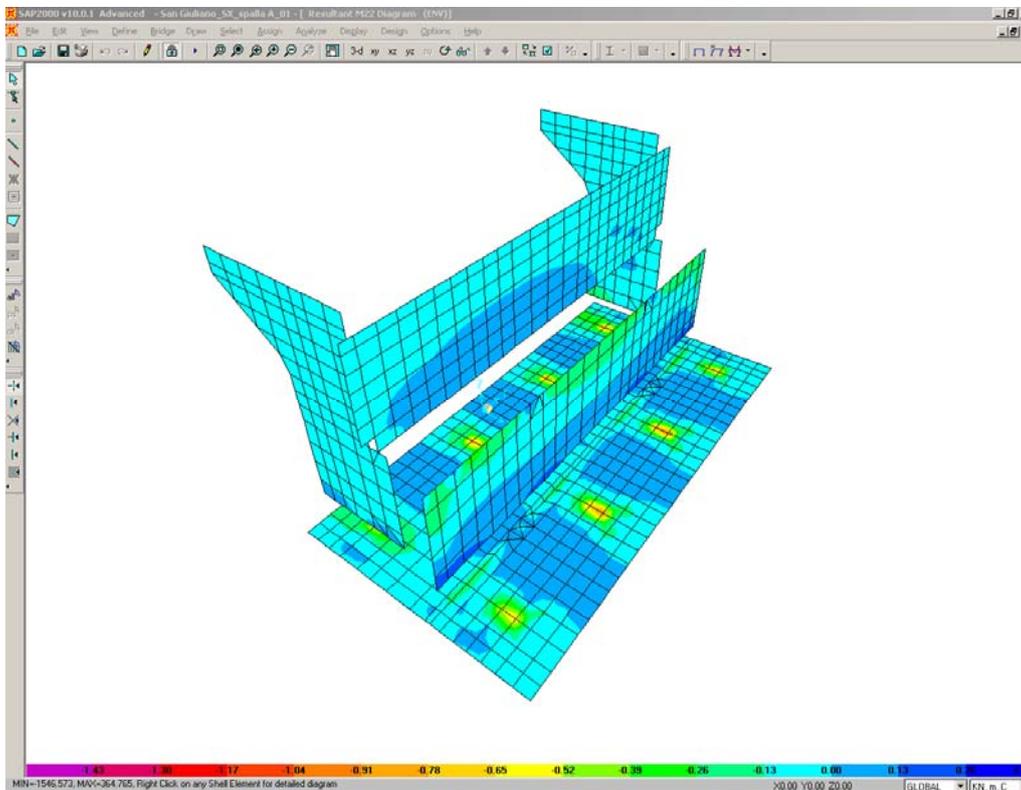
Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx

Pagina 85 di 141

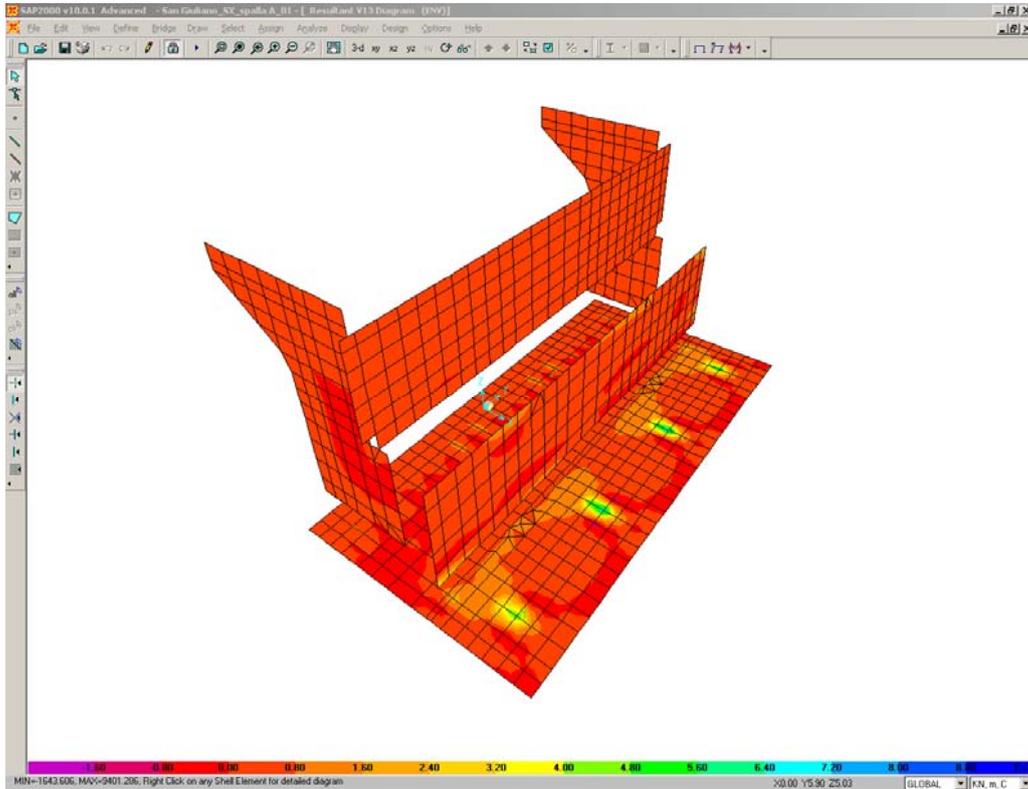
Nome file: VI04-B-CL007-
A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



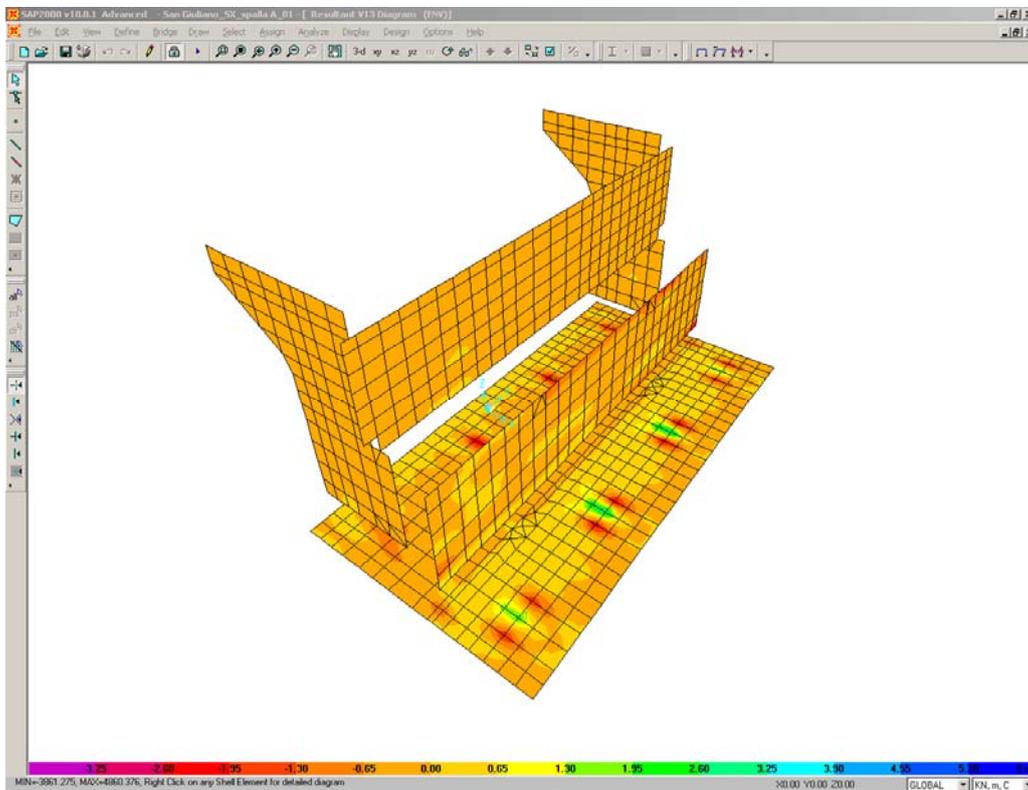
M22max



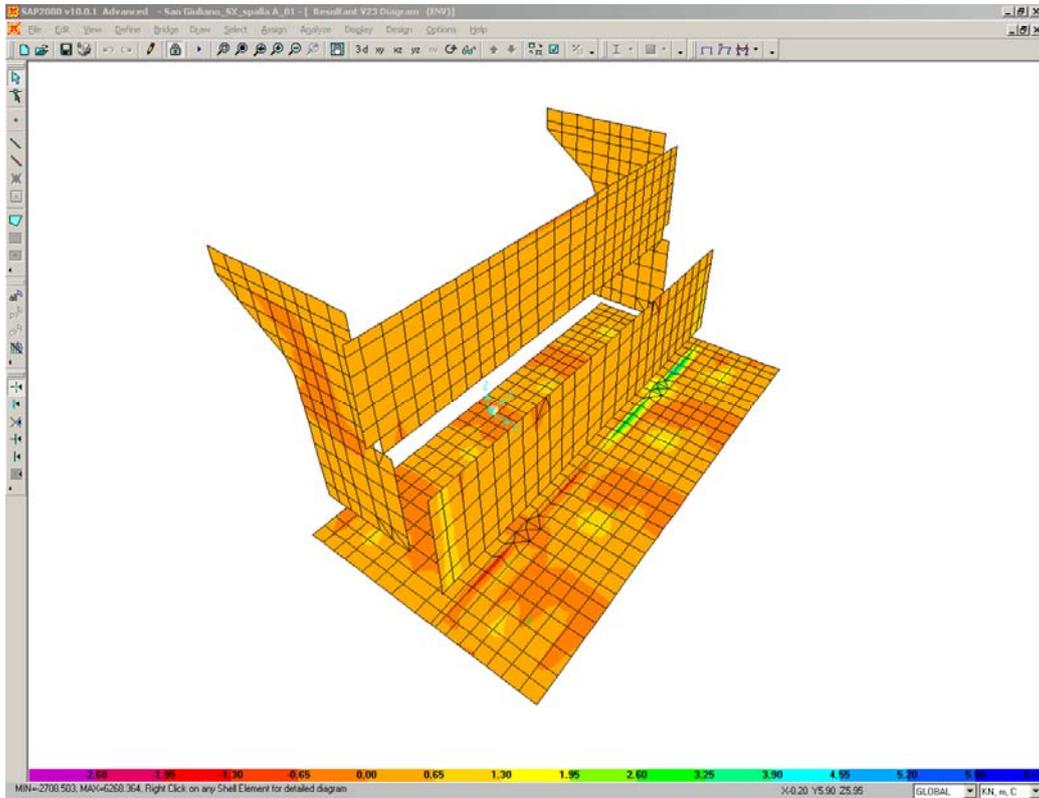
M22min



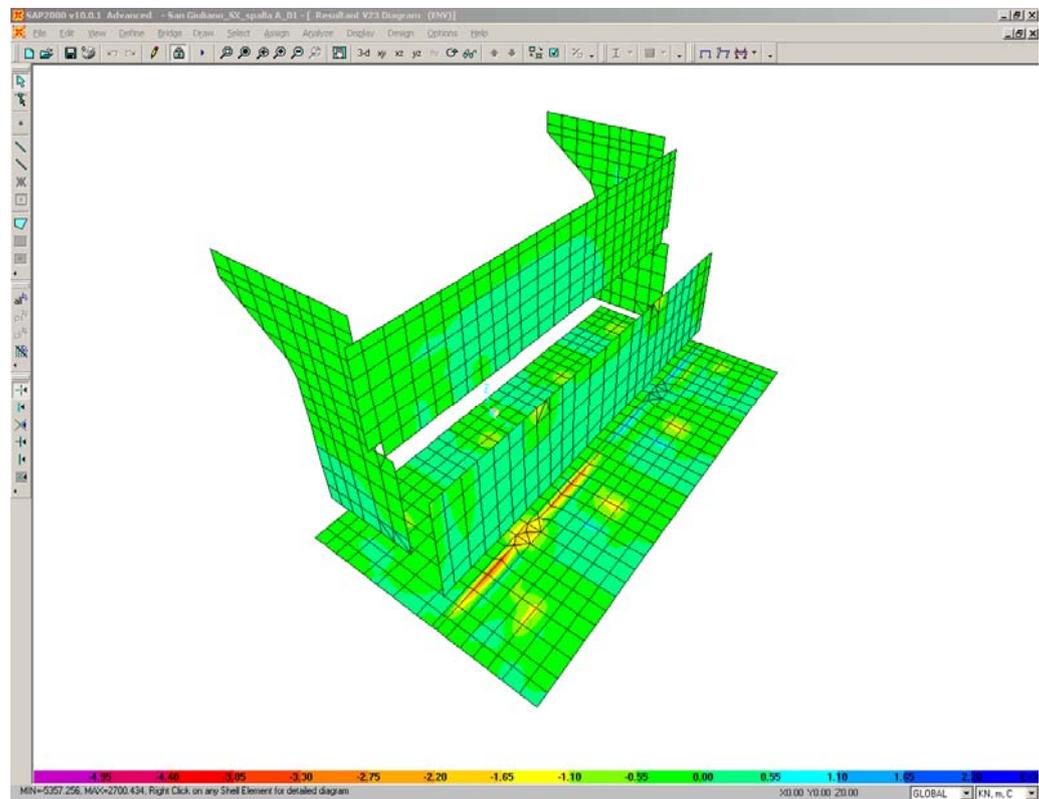
V13max



V13min

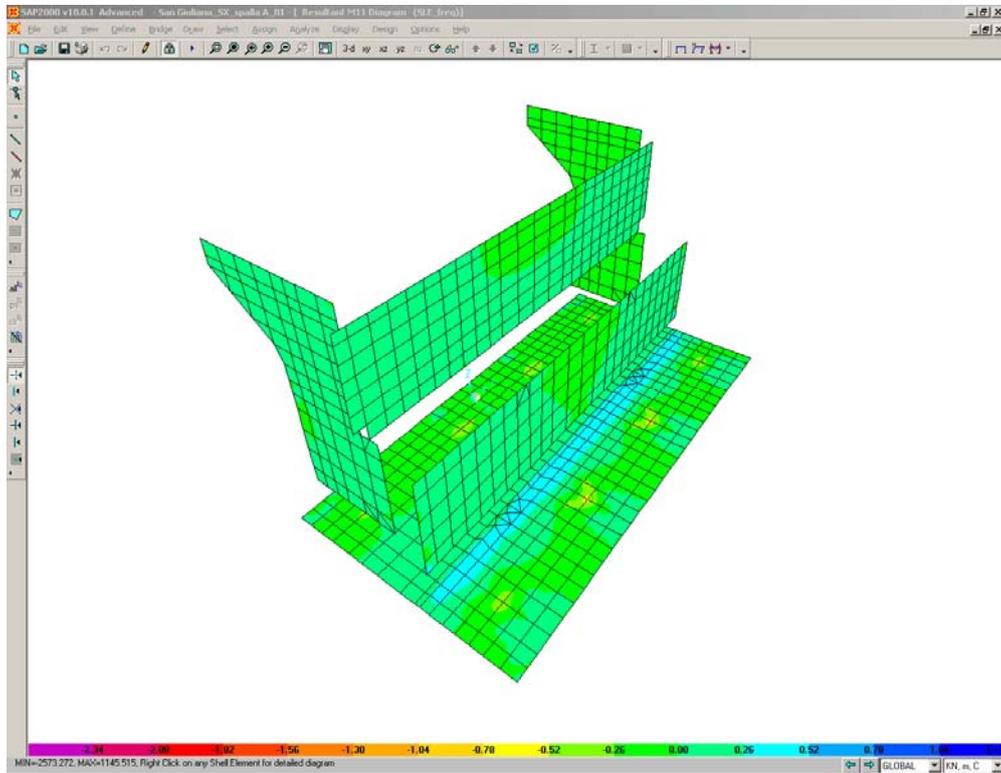


V23max

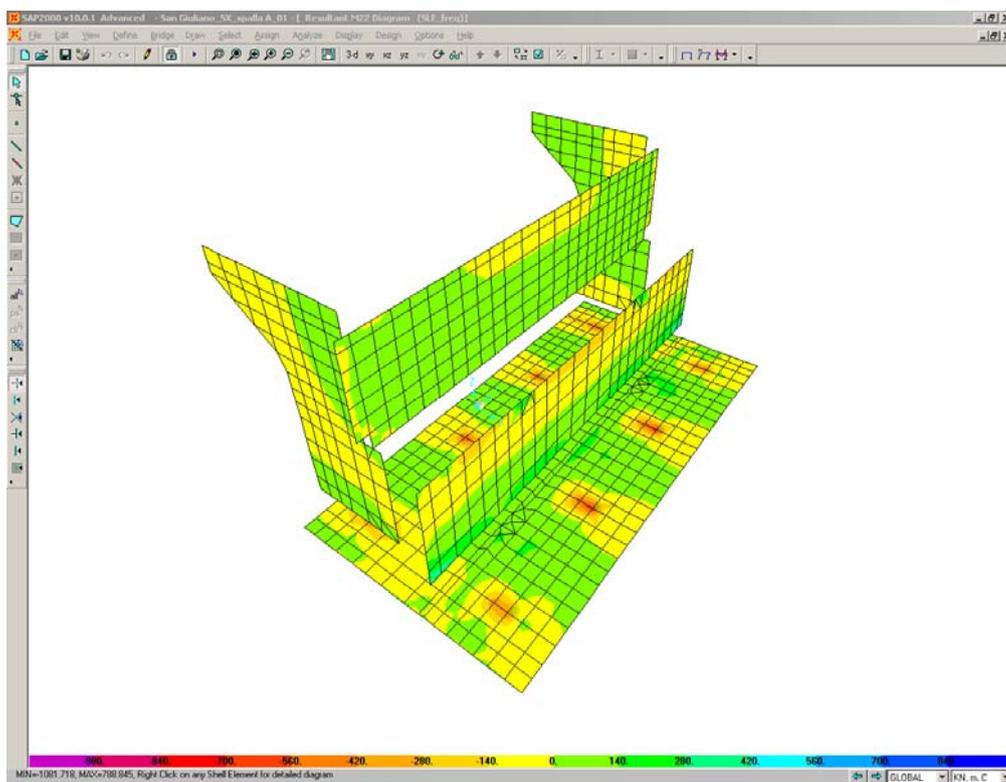


V23min

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.

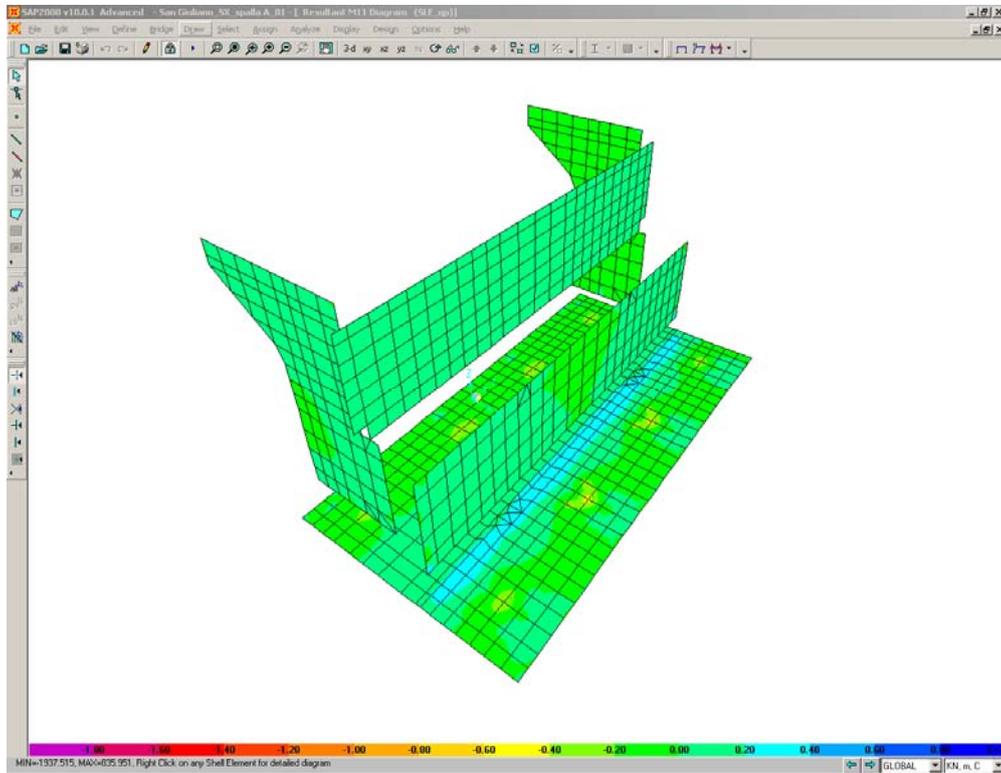


M11

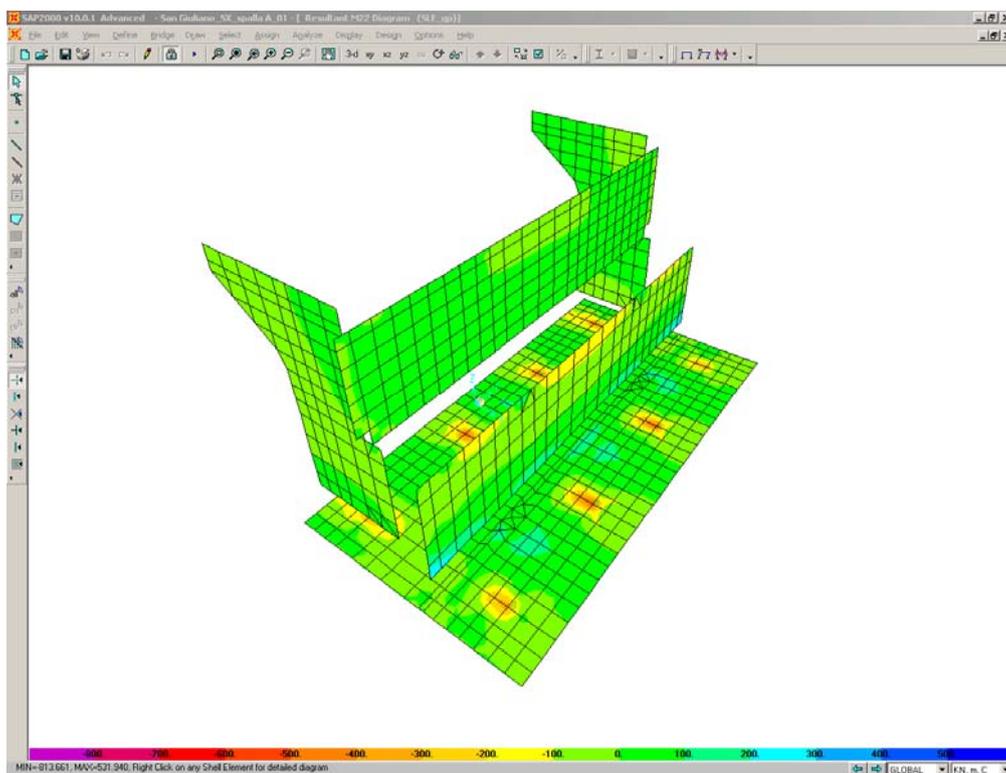


M22

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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 90 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

10.5 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							
		$A_{res,1}$ [cm ²]		$A_{res,2}$ [cm ²]		$A_{res,TOT}$ [cm ²]				$A_{res,1}$ [cm ²]		$A_{res,2}$ [cm ²]		$A_{res,TOT}$ [cm ²]			
plinto	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
	Y	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 front	Z	5	Φ 18	12.7	+	0	Φ 0	0.0	12.7	5	Φ 16	10.1	+	0	Φ 0	0.0	10.1
trave	Y	5	Φ 18	12.7	+	0	Φ 0	0.0	12.7	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 16	10.1	+	0	Φ 0	0.0	10.1
muro and inf	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
	Z	5	Φ 20	15.7	+	0	Φ 0	0.0	15.7	5	Φ 18	12.7	+	0	Φ 0	0.0	12.7
muro and sup	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
	Z	5	Φ 20	15.7	+	0	Φ 0	0.0	15.7	5	Φ 18	12.7	+	0	Φ 0	0.0	12.7

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

10.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

10.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
M_{Ed}^{ter} [kN*m]	M_{Rd}^{ter} [kN*m]		$M_{Ed}^{f.ter}$ [kN*m]	$M_{Rd}^{f.ter}$ [kN*m]	
690	762	OK	550	762	OK
630	749	OK	350	749	OK
380	861	OK	250	861	OK
530	900	OK	290	723	OK
180	367	OK	100	367	OK
117	358	OK	95	284	OK
130	318	OK	130	318	OK
220	395	OK	120	325	OK
140	318	OK	170	318	OK
110	379	OK	50	308	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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 91 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

10.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Per quanto riguarda la platea si è ritenuto opportuno disporre un cavallotto 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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano	
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx	
	Pagina 92 di 141	
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc	

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1400	1450	250	450	180	kN	taglio di calcolo
N	=	0	60	0	70	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1600	1800	800	700	700	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1570	1770	770	670	670	mm	altezza utile della sezione
b _w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R _{ck}	=	40	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	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 di
f _{cd}	=	18.81	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	9.41	7.06	7.06	7.06	7.06	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'acciaic
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio								
∅ _w	=	26	16	14	12	12	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	400	400	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	502.65	384.85	565.49	565.49	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctgϑ	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	0.000	0.033	0.000	0.100	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.000	0.033	0.000	0.100	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=f
α _c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V _{Rsd}	=	1467.79	1958.30	652.25	833.94	833.94	kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	9494.0	8046.5	3492.2	3060.2	3038.7	kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1467.8	1958.3	652.2	833.9	833.9	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.05	1.35	2.61	1.85	4.63		

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.

10.6.3 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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "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 San Giuliano**

Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx

Pagina 93 di 141

Nome file: VI04-B-CL007-
A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Combinazione	frequente																		resist caratteristica cilindrica	resist media a trazione semplice	resist media a trazione per flessione	tensione limite di apertura delle fessure	coeff di omogeneizz armature (comp)	coeff di omogeneizz armature (tens)					
	plinto									muro frontale				trave paragonia				muro andatore inf							muro andatore sup				
	X		Y		Z		X		Y		Z		X		Y		Z								X		Y		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	terra	fuori terra	terra	fuori terra						
Materiali	Rck	=	40	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cilindrica			
	f _{ck}	=	33.20	33.20	33.20	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist media a trazione semplice			
	f _{cm}	=	27.56	27.56	27.56	27.56	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist media a trazione per flessione			
	f _{ctm}	=	41.20	41.20	41.20	41.20	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	tensione limite di apertura delle fessure			
	σ _{ctm}	=	4.03	4.03	4.03	4.03	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	coeff di omogeneizz armature (comp)			
	σ _{ct}	=	34.33	34.33	34.33	34.33	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	coeff di omogeneizz armature (tens)			
	η	=	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15					
	η'	=	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	0.001	0.001					
Geometria	B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione			
	H	=	1600	1600	1600	1600	1800	1800	1800	1800	800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	700	mm	altezza sezione			
Armatura	η _{ts}	=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tendini zona tesa			
	η _{cs}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	σ _{ts}	=	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	mm	diametro tendini armatura tesa			
	σ _{cs}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tendini armatura tesa			
	σ _{tsq}	=	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	mm	diametro equiv tendini armatura tesa			
	σ _{sup}	=	35	35	53	53	35	35	53	51	35	35	53	51	35	35	55	53	35	35	55	53	55	53	mm	copriforo superiore			
	d ₁	=	1565	1565	1547	1547	1765	1765	1747	1749	765	765	747	749	665	665	645	647	665	665	645	647	665	647	mm	dist armatura tesa da lembo compr			
	A _{st1}	=	1272	1272	1272	1272	1272	1272	1005	1272	1272	1272	1005	1272	1272	1272	1571	1272	1272	1571	1272	1272	1571	1272	mm ²	area armatura tesa			
	η _{cs}	=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tendini zona compressa			
	η _{cs}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	σ _{cs}	=	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	mm	diametro tendini armatura compressa			
	σ _{cs}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diametro tendini armatura compressa			
	σ _{csq}	=	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	mm	diametro equiv tendini armatura compr			
	d _{inf}	=	35	35	53	53	35	35	51	53	35	35	51	53	35	35	53	55	35	35	53	55	53	55	mm	copriforo inferiore			
	d ₂	=	35	35	53	53	35	35	51	53	35	35	51	53	35	35	53	55	35	35	53	55	53	55	mm	dist armatura compr da lembo compr			
	A _{st2}	=	1272	1272	1272	1272	1272	1005	1272	1272	1272	1005	1272	1272	1272	1272	1571	1272	1272	1571	1272	1272	1571	1272	mm ²	area armatura compressa			
Sollecitazioni	M	=	300	90	350	110	250	80	270	120	60	20	90	15	60	20	120	20	40	15	110	30	30	30	KN/m	momento flettente			
	N	=	0	0	0	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0	0	70	70	0	0	0	0	0	0	KN	sforzo normale			
	e	=	0	0	0	0	0	0	4500	2000	0	0	0	0	0	0	1714	286	0	0	0	0	0	0	mm	eccentricità			
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione	A _{cs}	=	1600000	1600000	1600000	1600000	1800000	1800000	1800000	1800000	800000	800000	800000	800000	800000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	mm ²	area calcestruzzo			
	A _s	=	2545	2545	2545	2545	2545	2545	2278	2278	2545	2545	2278	2278	2545	2545	2843	2843	2545	2545	2843	2843	2545	2843	mm ²	area armatura			
	A _{sd}	=	1.6E+06	1.6E+06	1.6E+06	1.6E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	8.4E+05	8.4E+05	8.3E+05	8.3E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	mm ²	area sezione ideale			
	d _{cs}	=	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	350	350	350	350	350	350	350	350	mm	dist baric sez ideale da lembo sup			
	J _{sd}	=	3.6E+11	3.6E+11	3.6E+11	3.6E+11	5.1E+11	5.1E+11	5.1E+11	4.8E+10	4.8E+10	4.7E+10	4.7E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	3.2E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale			
	D _{st1}	=	471	471	470	470	529	529	528	528	239	239	237	237	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	mm	raggio giratore di inerzia della sezione			
	Y _{0000.5}	=	1077	1077	1077	1077	1211	1211	1210	1208	542	542	541	539	475	475	475	475	475	475	475	475	475	475	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric			
Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione	A _{cs,t1}	=	16000	16000	16000	16000	18000	18000	18000	18000	800000	800000	800000	800000	800000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	mm ²	area calcestruzzo			
	A _{s,t1}	=	2545	2545	2545	2545	2545	2545	2278	2278	2545	2545	2278	2278	2545	2545	2843	2843	2545	2545	2843	2843	2545	2843	mm ²	area armatura			
	A _{sd,t1}	=	4.0E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.0E+04	3.6E+04	3.6E+04	3.9E+04	3.9E+04	3.5E+04	3.5E+04	3.9E+04	3.9E+04	4.3E+04	4.3E+04	3.9E+04	3.9E+04	4.3E+04	4.3E+04	4.3E+04	4.3E+04	mm ²	area sezione ideale			
	d _{cs,t1}	=	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	350	350	350	350	350	350	350	350	350	mm	dist baric sez ideale da lembo sup			
	J _{sd,t1}	=	2.3E+10	2.3E+10	2.2E+10	2.2E+10	2.9E+10	2.9E+10	2.9E+10	2.9E+10	5.1E+09	5.1E+09	4.1E+09	4.1E+09	3.8E+09	3.8E+09	3.7E+09	3.7E+09	3.8E+09	3.8E+09	3.7E+09	3.7E+09	3.7E+09	3.7E+09	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale			
	D _{st1,t1}	=	755	755	738	738	852	852	829	829	363	363	343	343	313	313	293	293	313	313	293	293	293	293	mm	raggio giratore di inerzia della sezione			
	Y _{0000.1}	=	1513	1513	1480	1480	1707	1707	1686	1686	729	729	708	688	630	630	606	589	630	630	606	589	630	606	mm	dist p.to di nocciolo inf da asse baric			
Sezione	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz	parzialz					
Caratteristiche sezione parzializzata	Y _{ts}	=	212	212	212	212	230	202	274	306	143	126	143	126	130	130	166	353	130	130	142	128	128	128	mm	distanza asse neutro da lembo compr			
	J _{ts}	=	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	5.0E+10	5.0E+10	4.9E+10	4.2E+10	8.6E+09	8.6E+09	8.1E+09	6.6E+09	6.4E+09	6.4E+09	7.2E+09	1.8E+10	6.4E+09	6.4E+09	7.1E+09	6.0E+09	6.0E+09	6.0E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata			
	S _{ts}	=	4.1E+07	1.1E+07	3.2E+07	3.7E+07	7.8E+05	-6.3E+06	1.3E+07	3.0E+07	4.3E+05	-2.8E+06	6.5E+09	1.5E+05	3.0E+05	3.0E+05	4.7E+06	6.4E+07	0.0E+00	6.3E+06	4.2E+05	2.4E+05	2.4E+05	2.4E+05	mm ³	momento statico sezione parzializzata			
	f(Y _{ts})=0	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Tensioni nei materiali	σ _{cs}	=	-1.64	-0.49	-1.97	-0.62	-1.15	-0.32	-1.51	-0.87	-1.00	-0.29	-1.59	-0.29	-1.22	-0.41	-2.78	-0.38	-0.81	-0.31	-1.22	-0.64	-0.64	-0.64	MPa	max tens di compr nel cis			

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 95 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

11 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla B della carreggiata sinistra 1° tronco.

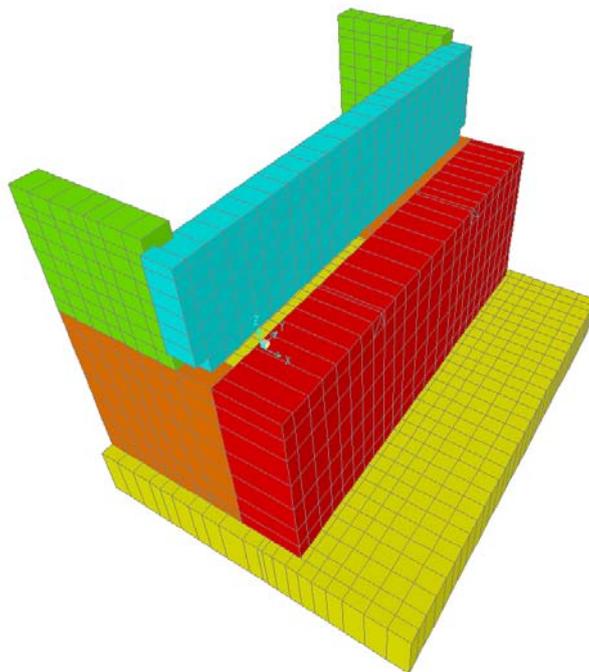
11.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidezze 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	9.60	13.20	1.60
muro frontale	1	1.80	12.48	5.00
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	2.95
muro laterale sx	1	4.60	0.70	7.95
muro laterale dx	1	4.60	0.70	7.95
bandiera sx	0	2.25	0.50	0.90
bandiera dx	0	2.25	0.50	0.90
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	4.85
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 97 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								q5								
	q4																
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-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	-0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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	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	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
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-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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
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

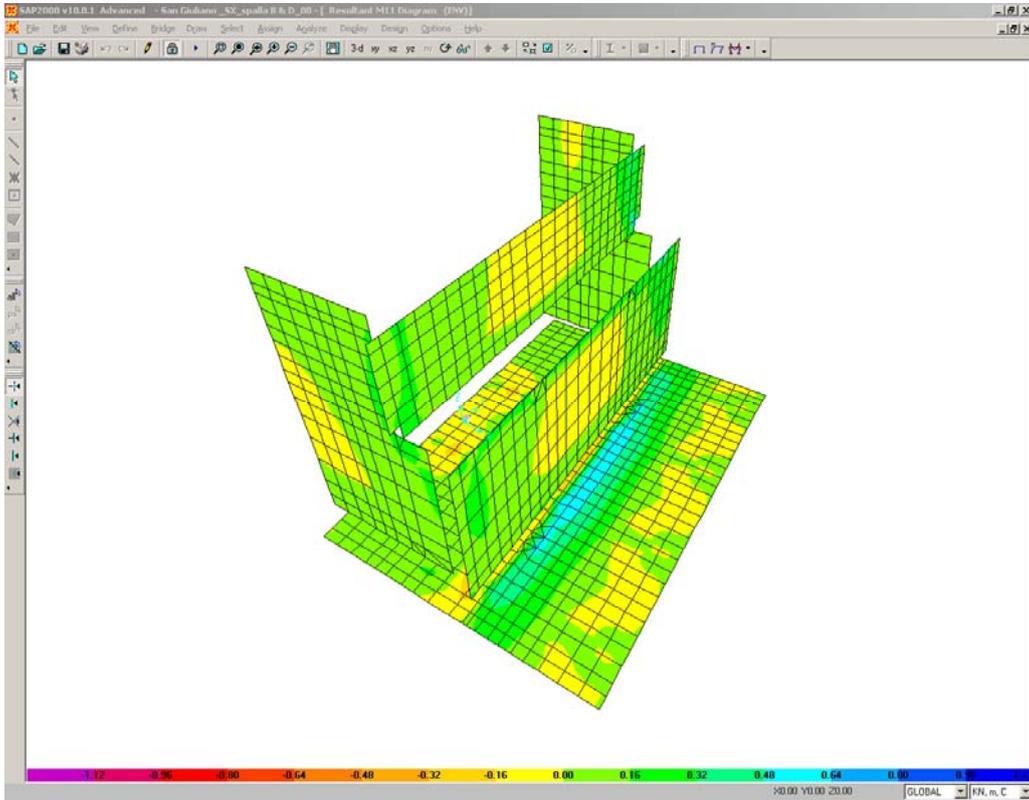
	S.L.car								S.L.E.								S.L.qp		
									S.L.freq										
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-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
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	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	0
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	0	0
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

11.4 SOLLECITAZIONI

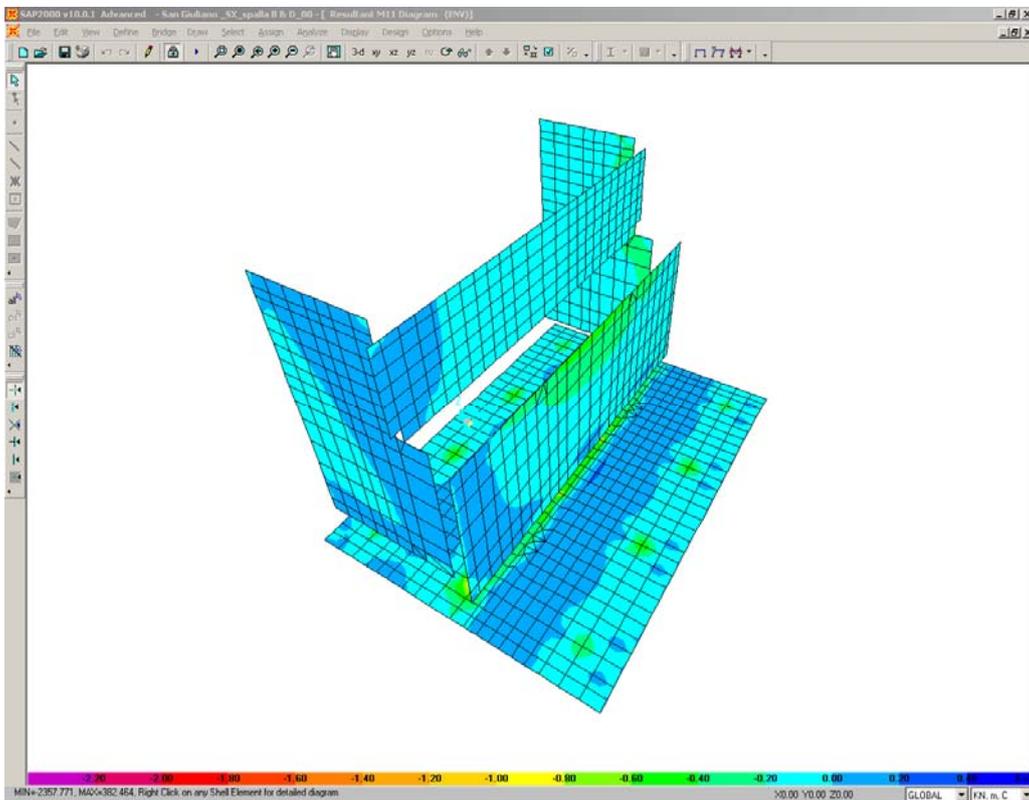
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a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

Ricordiamo che nel modello non si è tenuto conto dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) che è stata valutata a parte e confrontata con la combinazione sismica agente sul paraghiaia; è possibile vedere come la combinazione della frenatura sia dimensionante ai fini della progettazione dell'armatura orizzontale e verticale del paraghiaia.

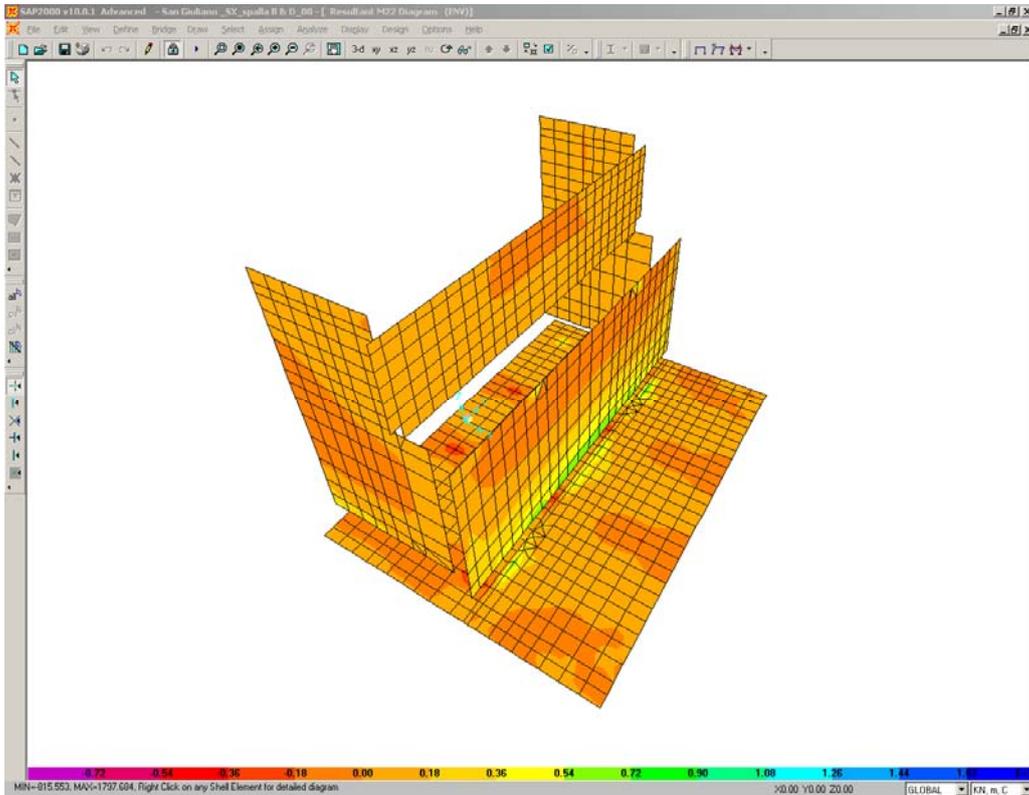
S.L.U.- fren	M(g3)	15.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	11.5 kN*m
	M(q3)	101.3 kN*m		M(q6.1)	10.9 kN*m
	Mtot	116.8 kN*m		M(q6.2)	37.3 kN*m
			Mtot	59.6 kN*m	



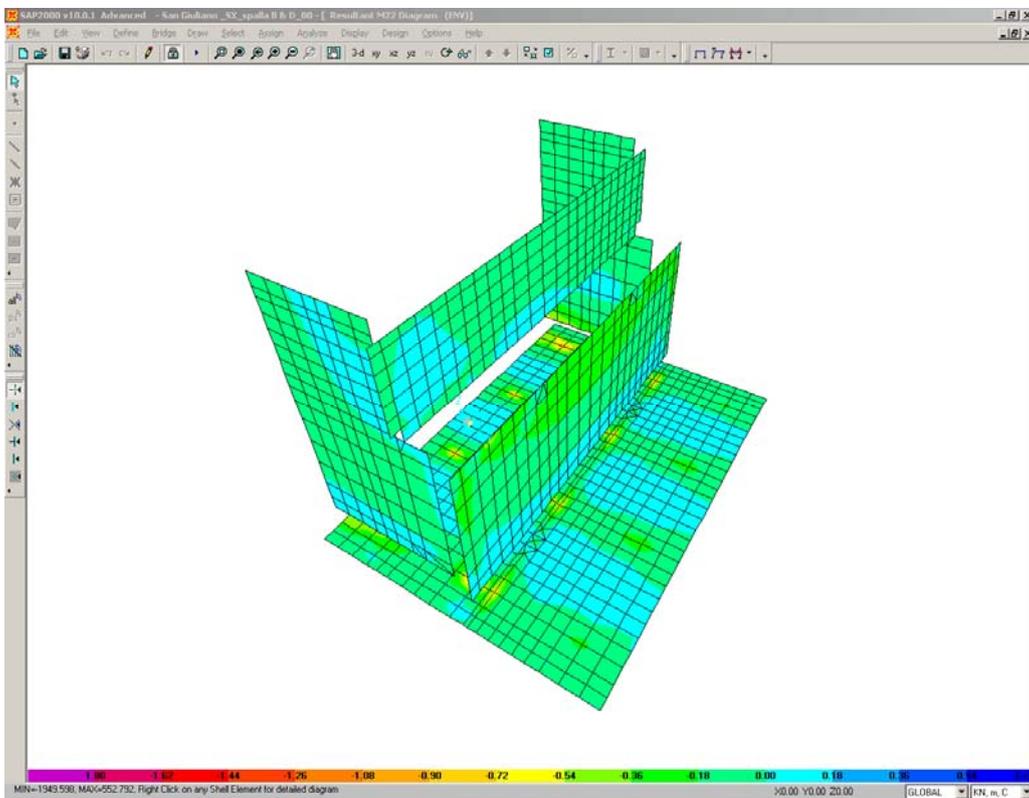
M11max



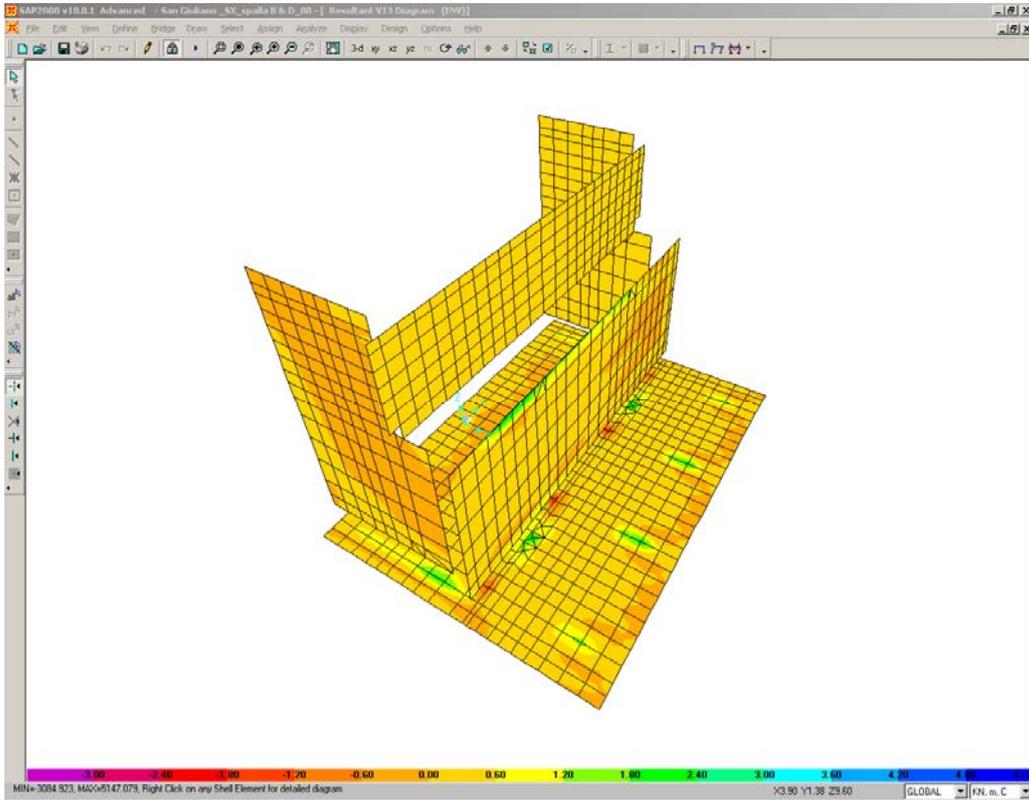
M11min



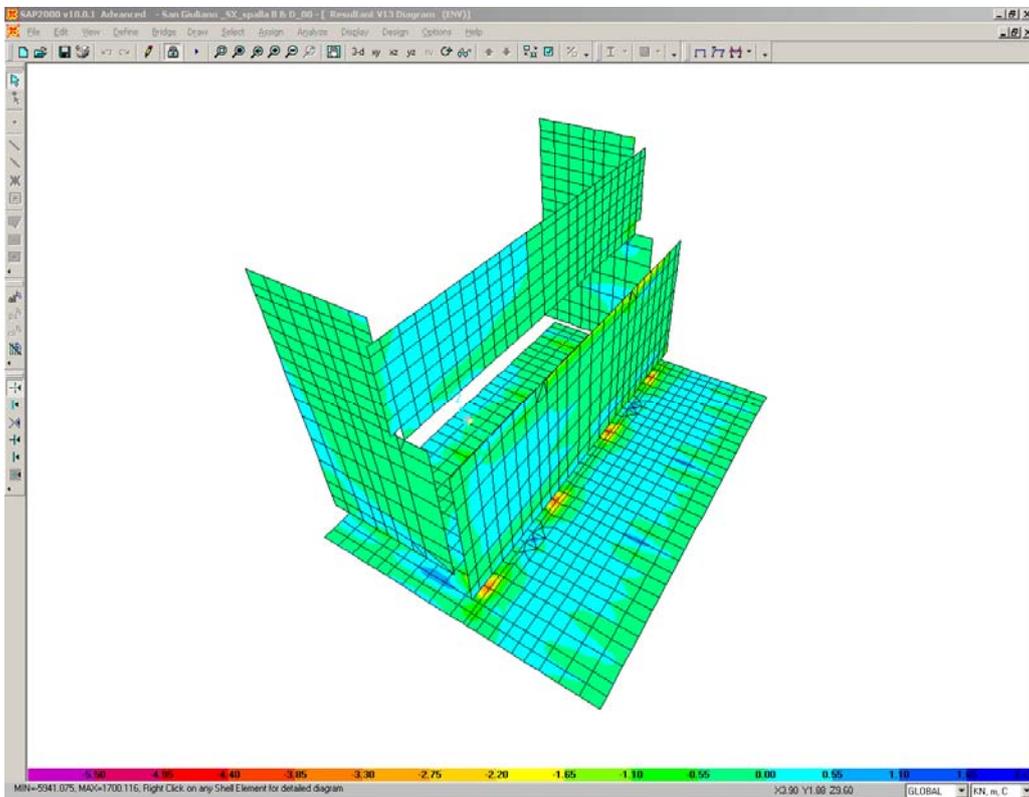
M22max



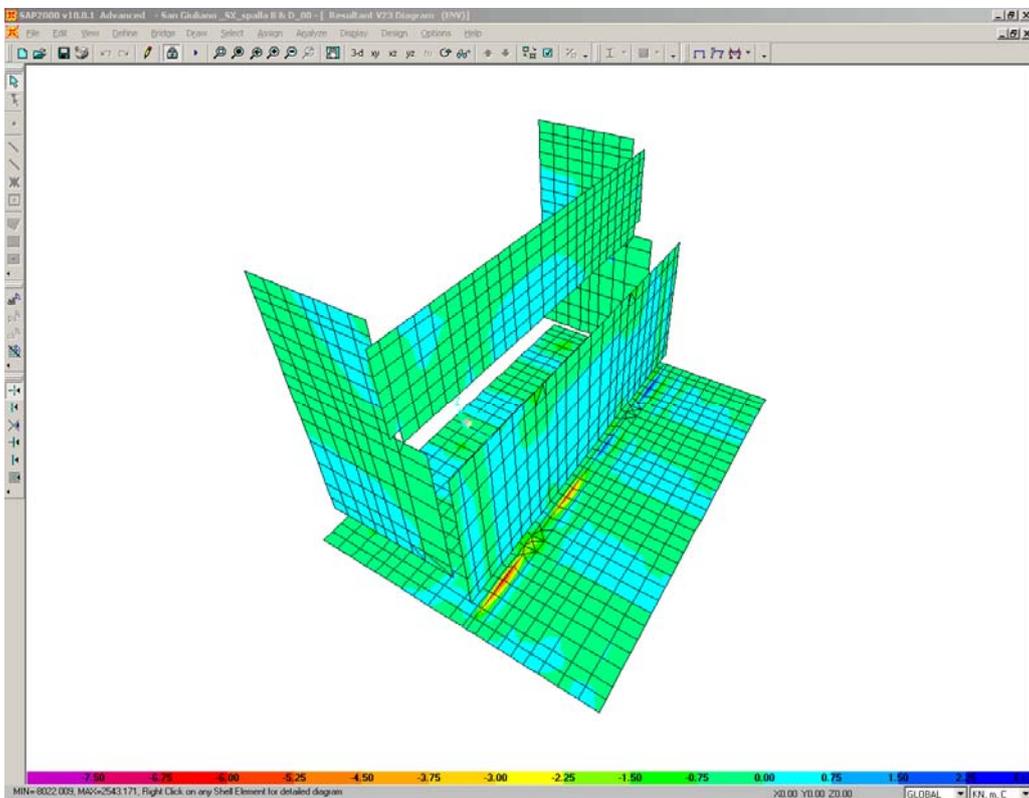
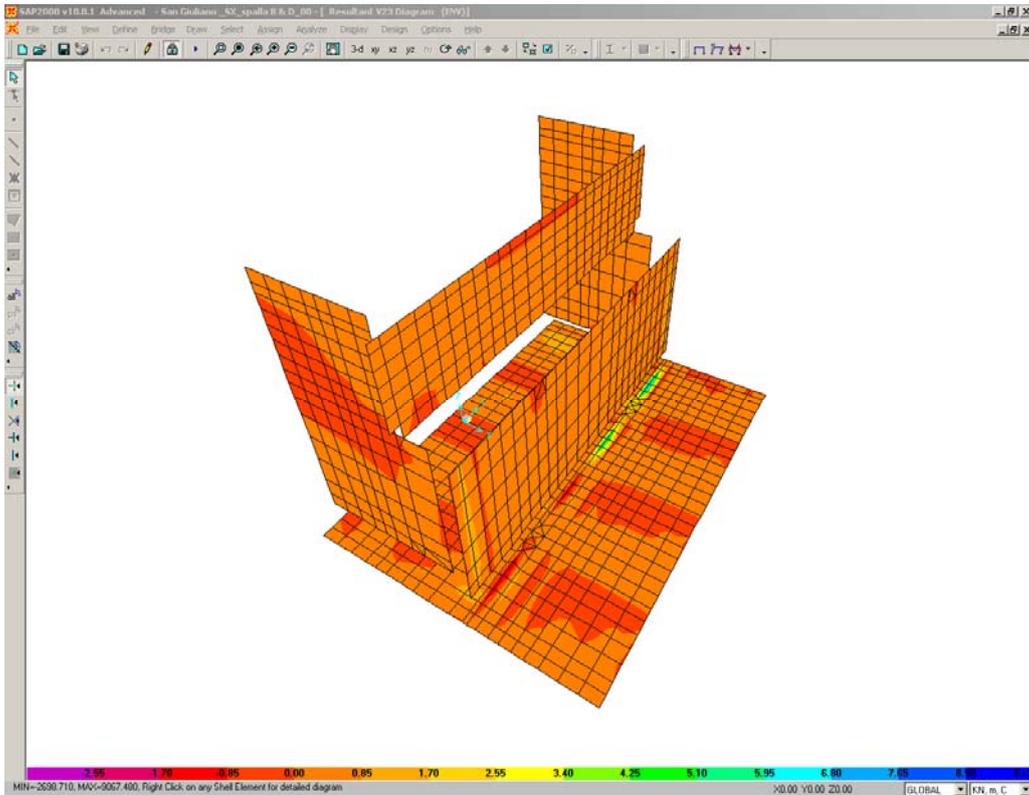
M22min



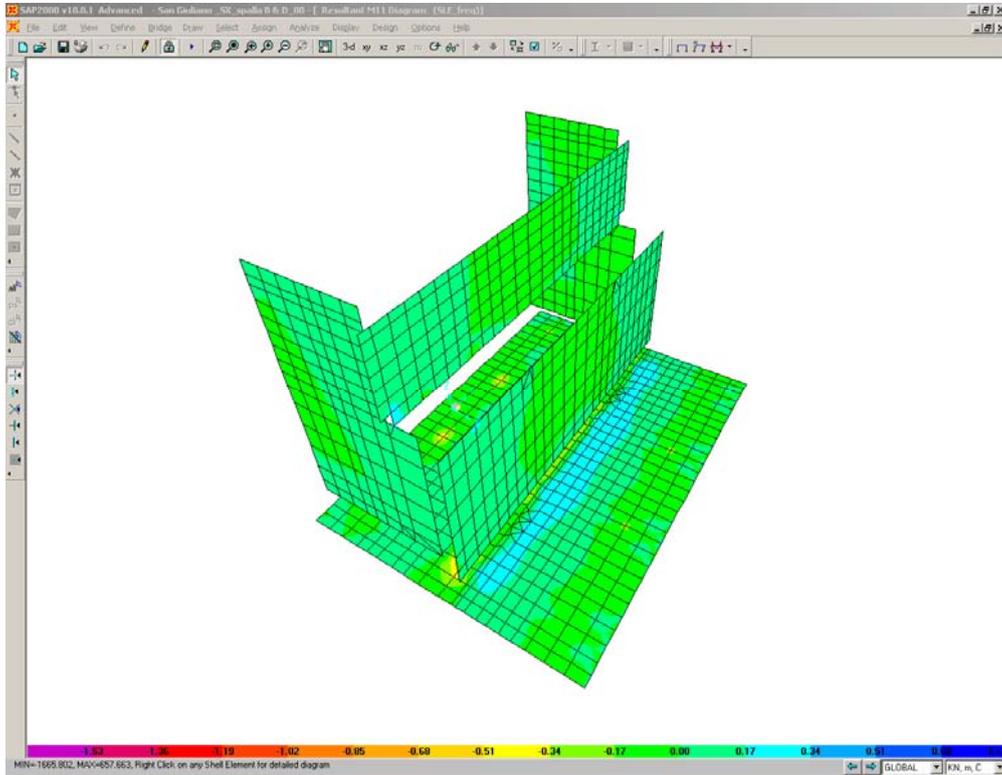
V13max



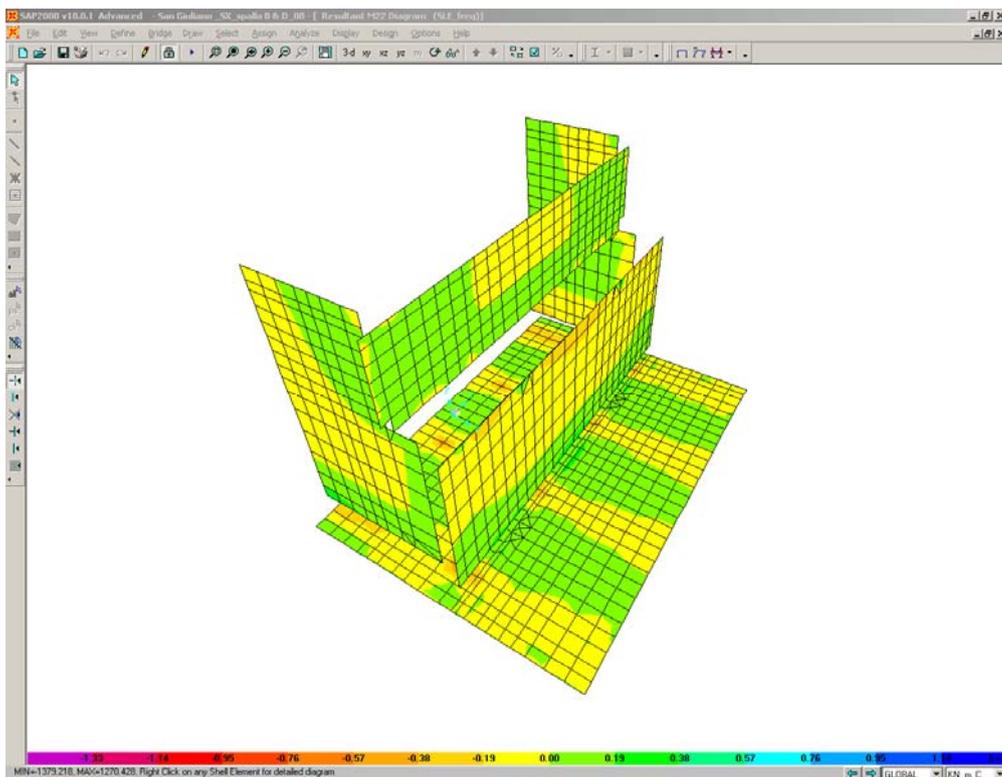
V13min



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.

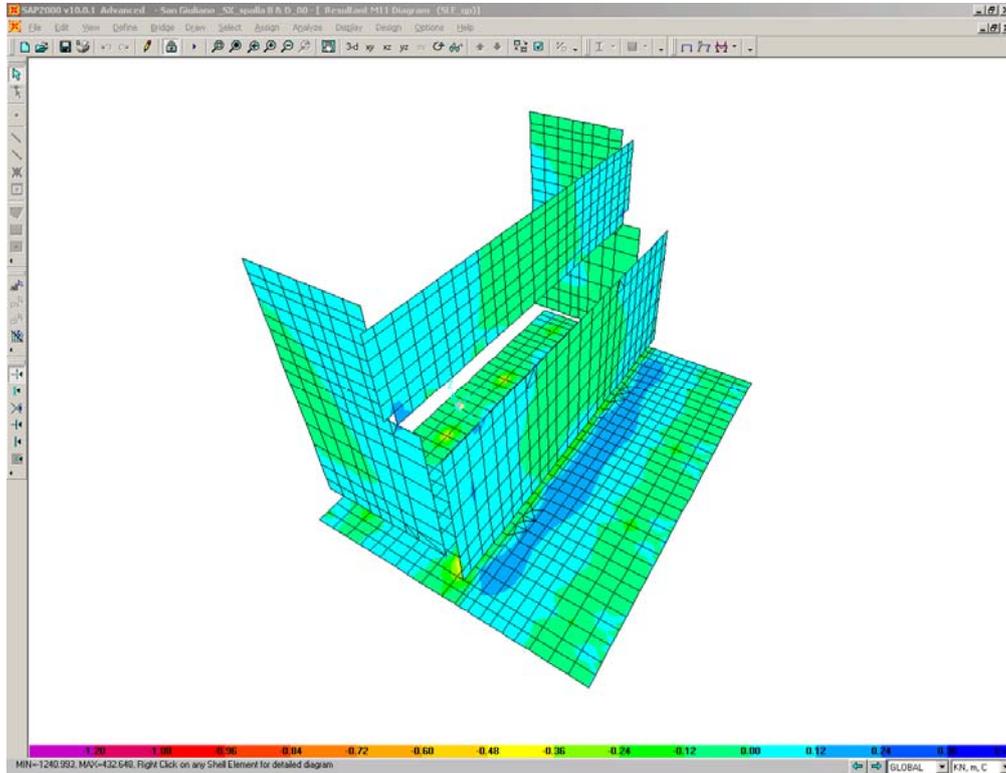


M11

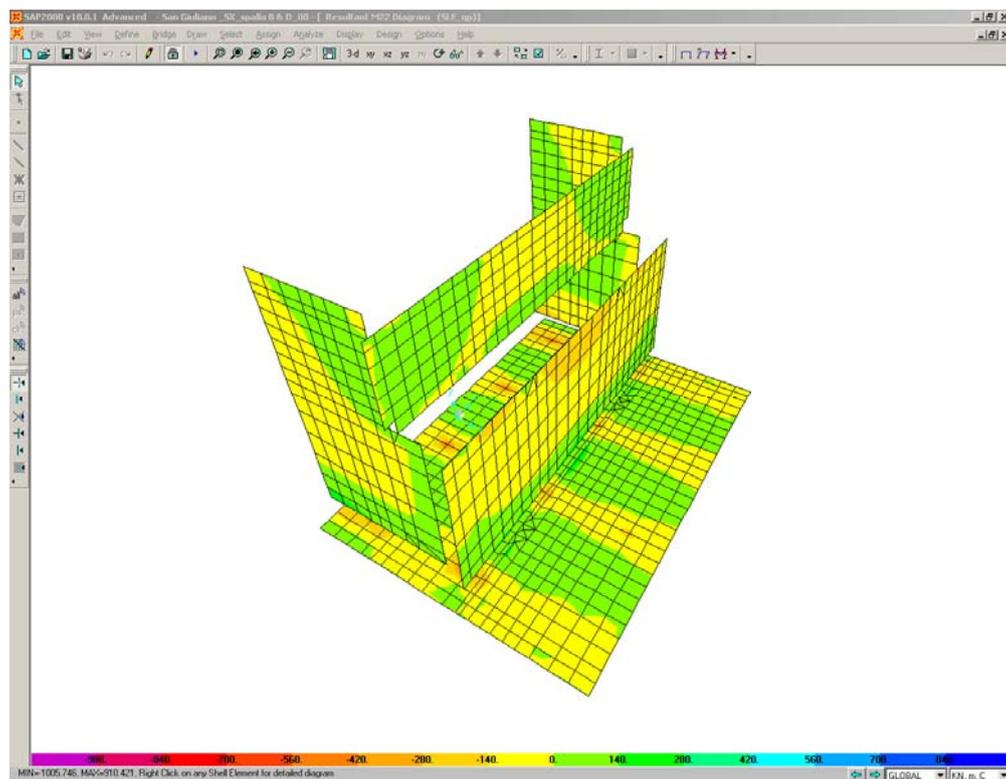


M22

Infine si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M_{11} , M_{22}) 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 104 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

11.5 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 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
	Y	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
muro front	Y	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
trave paragh	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
	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
muro and inf	X	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 20	15.7	+	5 Φ 20	15.7	31.4	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro and sup	X	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7

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

11.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

11.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
M_{Ed}^{ter}	M_{Rd}^{ter}		$M_{Ed}^{f.ter}$	$M_{Rd}^{f.ter}$	
[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
900	941	OK	620	941	OK
870	923	OK	480	923	OK
400	861	OK	450	861	OK
660	900	OK	310	723	OK
330	367	OK	125	367	OK
117	358	OK	75	284	OK
280	392	OK	130	392	OK
610	769	OK	210	408	OK
320	391	OK	190	391	OK
130	378	OK	80	378	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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 105 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

11.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Per quanto riguarda la platea si è ritenuto opportuno disporre un cavallotto 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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 106 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1450	1400	430	500	300	kN	taglio di calcolo
N	=	0	59	0	104	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1600	1800	800	700	700	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1570	1770	770	670	670	mm	altezza utile della sezione
b _w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R _{ck}	=	40	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	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}	=	18.81	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	9.41	7.06	7.06	7.06	7.06	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								
∅ _w	=	26	16	14	12	12	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	400	400	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	502.65	384.85	565.49	565.49	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg ∅	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	0.000	0.033	0.000	0.149	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.000	0.033	0.000	0.149	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
α _c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V _{Rsd}	=	1467.79	1958.30	652.25	833.94	833.94	kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	9494.0	8046.2	3492.2	3070.7	3038.7	kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1467.8	1958.3	652.2	833.9	833.9	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.01	1.40	1.52	1.67	2.78		

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.

11.6.3 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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "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 San Giuliano

Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx

Pagina 108 di 141

Nome file: VI04-B-CL007-
 A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Combinazione	quasi permanente																								
	plinto				muro frontale				trave paragehia				muro andatore inf						muro andatore sup						
	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	Rck	=	40	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cubica		
	f _{ct}	=	33.20	33.20	33.20	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist caratteristica cilindrica		
	f _{cm}	=	27.56	27.56	27.56	27.56	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist cilindrica media		
	f _{td}	=	41.20	41.20	41.20	41.20	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resist media a trazione semplice		
	f _{tdm}	=	4.03	4.03	4.03	4.03	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resist media a trazione per flessione		
	f _{tdm}	=	34.33	34.33	34.33	34.33	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	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		n° tendini zona tesata		
	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		coeff di omogeneizz armature (comp)		
																							coeff di omogeneizz armature (tens)		
Geometria	B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione		
	H	=	1600	1600	1600	1600	1800	1800	1800	1800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	mm	altezza sezione		
Armatura	n _{ta}	=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tendini zona tesata		
	n _{ts}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		n° tendini zona tesata		
	Ø _{ts}	=	20	20	20	20	18	18	18	16	20	18	16	20	18	20	18	20	18	20	18	mm	diámetro tendini armatura tesata		
	Ø _{ts}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diámetro tendini armatura tesata		
	Ø _{ts2}	=	20	20	20	20	18	18	18	16	20	18	16	20	18	20	18	20	18	20	18	mm	diámetro equip tendini armatura tesata		
	Ø _{sup}	=	35	35	55	55	35	35	35	51	35	35	53	51	35	35	55	35	35	55	35	mm	copripetro superiore		
	d ₁	=	1565	1565	1545	1545	1765	1765	1747	1749	765	765	747	749	665	665	645	647	665	665	645	mm	dist armatura tesata da lembo compr		
	A _{s1}	=	1571	1571	1571	1571	1272	1272	1272	1005	1571	1272	1272	1005	1571	1272	1272	1571	1272	1571	1272	mm ²	area armatura tesata		
	n _{ts}	=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tendini zona compressa		
	n _{ts}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		n° tendini zona compressa		
	Ø _{ts}	=	20	20	20	20	18	18	18	16	18	16	18	18	20	18	20	18	20	18	20	mm	diámetro tendini armatura compressa		
	Ø _{ts}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	diámetro tendini armatura compressa		
	Ø _{ts2}	=	20	20	20	20	18	18	18	16	18	16	18	18	20	18	20	18	20	18	20	mm	diámetro equip tendini armatura compr		
	d ₂	=	35	35	55	55	35	35	35	51	35	35	53	51	35	35	55	35	35	55	35	mm	copripetro inferiore		
	d ₂	=	35	35	55	55	35	35	35	51	35	35	53	51	35	35	55	35	35	55	35	mm	dist armatura compr da lembo compr		
	A _{s2}	=	1571	1571	1571	1571	1272	1272	1005	1272	1571	1005	1272	1272	1571	1272	1272	1571	1272	1571	1272	mm ²	area armatura compressa		
Sollecitazioni	M	=	380	100	400	110	100	90	220	150	110	70	95	20	90	55	220	70	80	40	95	20 kN*m	momento flettente		
	N	=	0	0	0	0	0	0	59	59	0	0	0	0	0	0	0	104	104	0	0	0	kN	sfuerzo normale	
	e	=	0	0	0	0	0	0	3729	2542	0	0	0	0	0	0	0	2113	672	0	0	0	mm	eccentricità	
Caratteristiche sezione interamente resistente a compressione	A _{cs1}	=	1600000	1600000	1600000	1600000	1800000	1800000	1800000	800000	800000	800000	800000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	mm ²	area calcestruzzo	
	A _s	=	3142	3142	3142	3142	2545	2545	2278	2843	2843	2278	2278	2843	2843	4414	4414	2843	2843	2843	2843	2843	mm ²	area armatura	
	A _{cs}	=	1.6E+06	1.6E+06	1.6E+06	1.6E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	8.4E+05	8.4E+05	8.3E+05	8.3E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.7E+05	7.7E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	7.4E+05	mm ²	area sezione ideale	
	d ₀	=	800	800	800	800	900	900	800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	700	mm	dist baric sezione ideale da lembo sup	
	J ₀	=	3.7E+11	3.7E+11	3.7E+11	3.7E+11	5.1E+11	5.1E+11	5.1E+11	4.8E+10	4.8E+10	4.7E+10	4.7E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.4E+10	3.4E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale		
	J ₀	=	479	479	479	479	505	505	505	598	598	240	237	237	210	210	210	210	210	210	210	mm ⁴	raggio giratore di inerzia della sezione		
	Y _{0cs,5}	=	1080	1080	1070	1070	1211	1211	1210	1208	645	642	641	639	477	475	485	471	477	476	476	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric		
Caratteristiche sezione interamente resistente a tensione	A _{cs1}	=	1600	1600	1600	1600	1800	1800	1800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	mm ²	area calcestruzzo		
	A _s	=	3142	3142	3142	3142	2545	2545	2278	2843	2843	2278	2278	2843	2843	4414	4414	2843	2843	2843	2843	2843	mm ²	area armatura	
	A _{cs1}	=	4.9E+04	4.9E+04	4.9E+04	4.9E+04	4.0E+04	4.0E+04	3.6E+04	3.6E+04	4.3E+04	4.3E+04	3.5E+04	3.5E+04	4.3E+04	4.3E+04	6.7E+04	6.7E+04	4.3E+04	4.3E+04	4.3E+04	4.3E+04	mm ²	area sezione ideale	
	Ø _{ts1}	=	800	800	800	800	900	900	800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	700	700	mm	diámetro baric sez ideale da lembo sup	
	Ø _{ts1}	=	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	3.7E+09	3.7E+09	4.1E+09	4.1E+09	4.2E+09	4.2E+09	4.8E+09	4.8E+09	4.2E+09	4.2E+09	4.2E+09	4.2E+09	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale	
	Ø _{ts1}	=	757	757	737	737	852	852	829	829	361	361	343	343	312	312	268	268	312	312	293	293	mm	raggio giratore di inerzia della sezione	
	Y _{0cs,1}	=	1516	1516	1480	1480	1707	1707	1686	1686	735	722	708	688	637	624	625	643	637	624	606	583	mm	dist p.to di nocciolo inf da asse baric	
Sezione	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali	parziali			
Caratteristiche sezione parzializzata	Y ₀	=	231	231	231	227	227	284	280	141	141	143	126	141	141	214	198	141	141	141	141	mm	distanza asse neutro da lembo compr		
	J ₀	=	4.7E+10	4.7E+10	4.6E+10	5.0E+10	4.9E+10	1.0E+10	1.0E+10	8.6E+09	8.6E+09	8.1E+09	8.6E+09	7.6E+09	7.6E+09	1.3E+10	7.4E+09	7.6E+09	7.6E+09	7.1E+09	6.0E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata		
	S ₀	=	2.7E-04	2.7E-04	2.7E-04	2.7E-04	7.1E-06	4.1E-08	1.6E+07	2.1E+07	-2.8E-06	4.7E-05	6.5E-09	1.5E-05	-4.7E-05	2.3E-06	5.7E-06	1.8E-07	-4.7E-05	2.3E-06	-3.4E-05	2.2E-06	mm ³	momento statico sezione parzializzata	
	f _{Y,0,0}	=	-	-	-	-	-7.6E-06	1.5E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2E+09	-1.9E-09	-	-	-				
Tensioni nei materiali	σ _c	=	-1.87	-0.49	-2.03	-0.56	-0.46	-0.41	-1.27	-1.03	-1.50	-1.14	-1.68	-0.38	-1.66	-1.20	-3.76	-1.87	-1.48	-0.87	-1.89	-0.47	MPa	max tens di compr nel cis (sez fess)	
	σ _s	=	161.9	42.6	173.1	47.6	46.4	41.7	98.0	81.0	99.8	76.0	106.8	28.2	92.9	67.2	113.6	63.6	82.6	48.9	101.7	25.4	MPa	tens dell'armat tesa (sez fess)	
Controllo della fessurazione	M _{max}	=	158.32	158.32	157.71	157.71	121.9	121.9	123.0	122.5	259	256	250	248	201	199	229	229	215	201	199	198	196	kNm	momento di fessurazione
	M _{max} / M	=	41.66	158.32	39.43	143.38	12.19	13.54	5.59	8.17	2.35	3.66	2.64	12.42	2.23	3.61	1.04	3.08	2.51	4.97	2.08	9.79		check1	
Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto	W _{max}	=	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	mm	crack limit width	
	F _s	=	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	mm	σ _c 160 MPa	
		=	26	26																					

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 109 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

12 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA C

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla C della carreggiata sinistra 2° tronco.

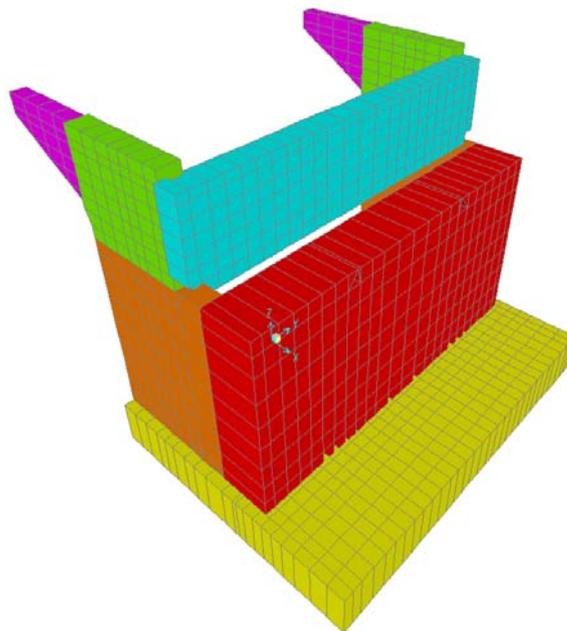
12.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidità 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	9.60	13.20	1.60
muro frontale	1	1.80	12.48	6.50
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	3.05
muro laterale sx	1	4.60	0.70	9.55
muro laterale dx	1	4.60	0.70	9.55
bandiera sx	1	3.30	0.50	0.74
bandiera dx	1	3.30	0.50	0.74
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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 111 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								q5								
	q4																
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-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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	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	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
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-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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
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

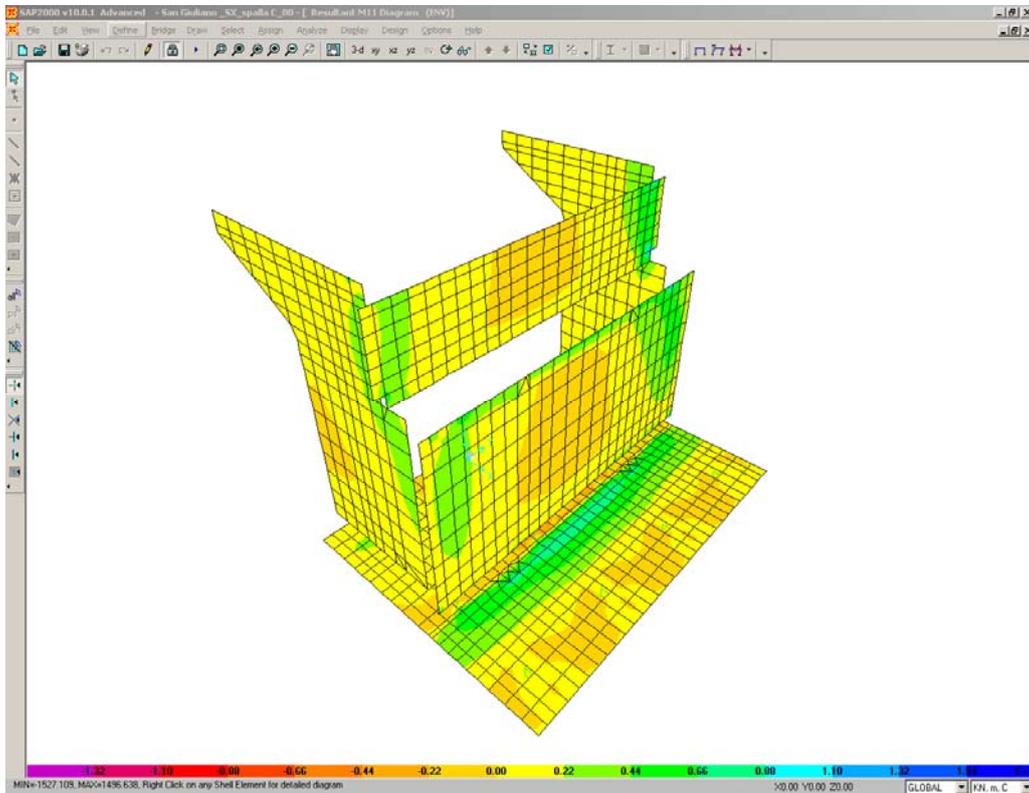
	S.L.car								S.L.E.								S.L.qp		
									S.L.freq										
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e3-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
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	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
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

12.4 SOLLECITAZIONI

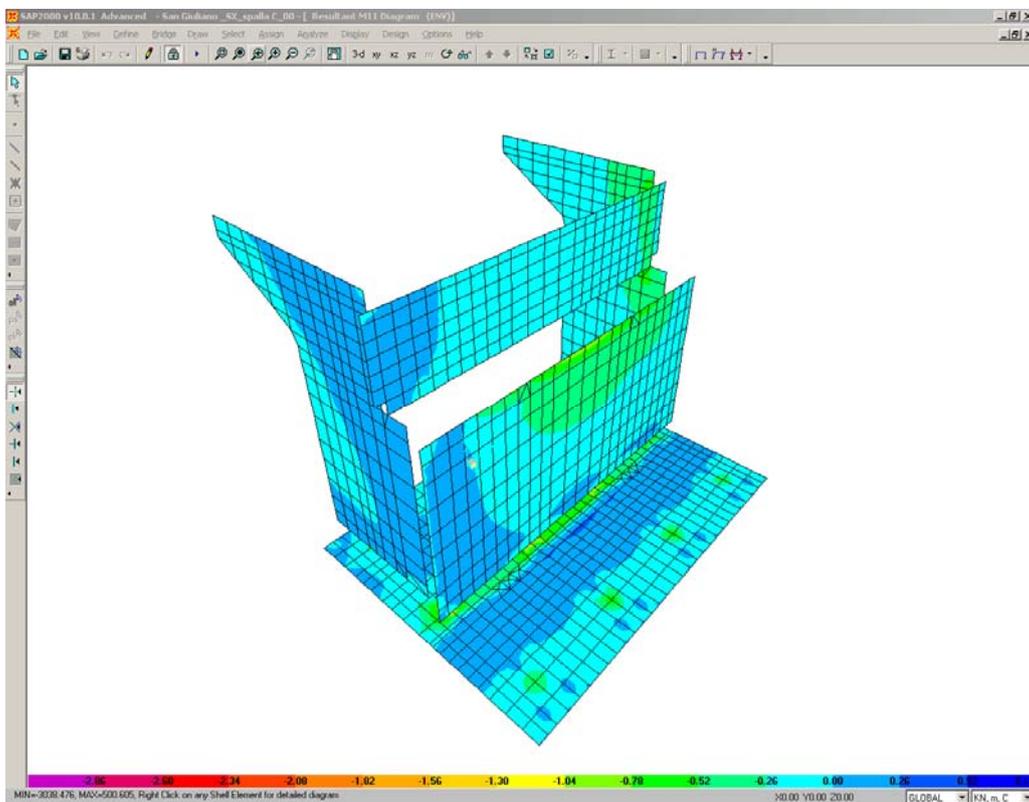
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a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

Ricordiamo che nel modello non si è tenuto conto dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) che è stata valutata a parte e confrontata con la combinazione sismica agente sul paraghiaia; è possibile vedere come la combinazione della frenatura sia dimensionante ai fini della progettazione dell'armatura orizzontale e verticale del paraghiaia.

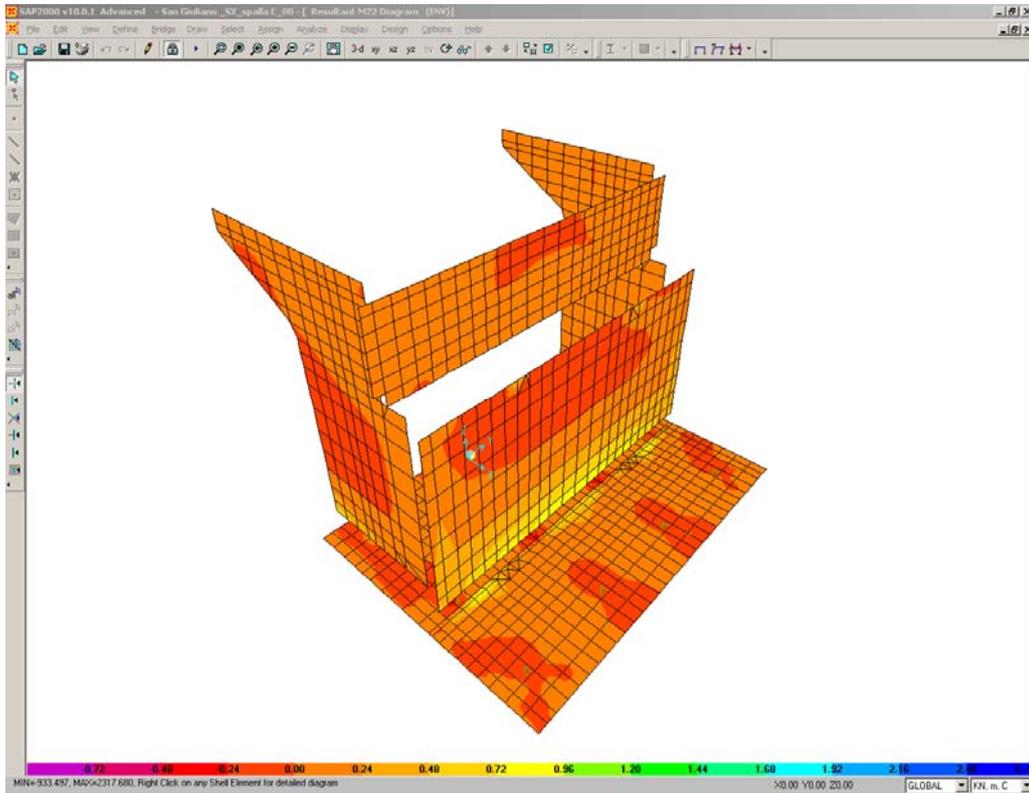
S.L.U.- fren	M(g3)	15.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	11.5 kN*m
	M(q3)	101.3 kN*m		M(q6.1)	10.9 kN*m
	Mtot	116.8 kN*m		M(q6.2)	37.3 kN*m
			Mtot	59.6 kN*m	



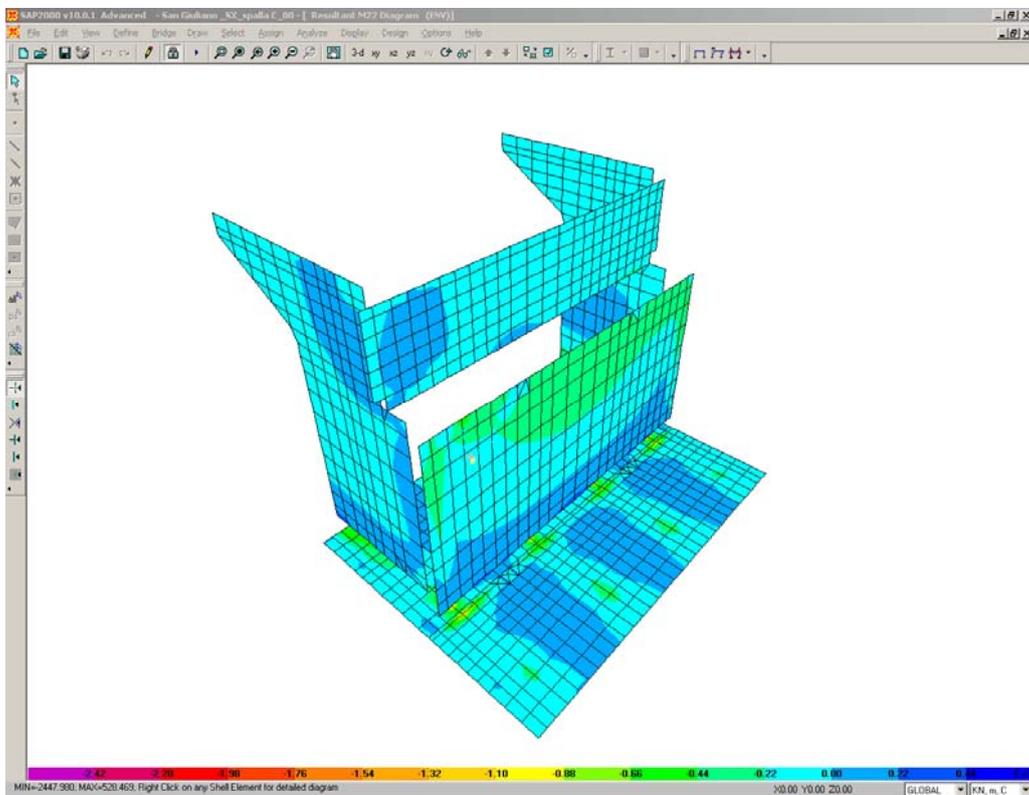
M11max



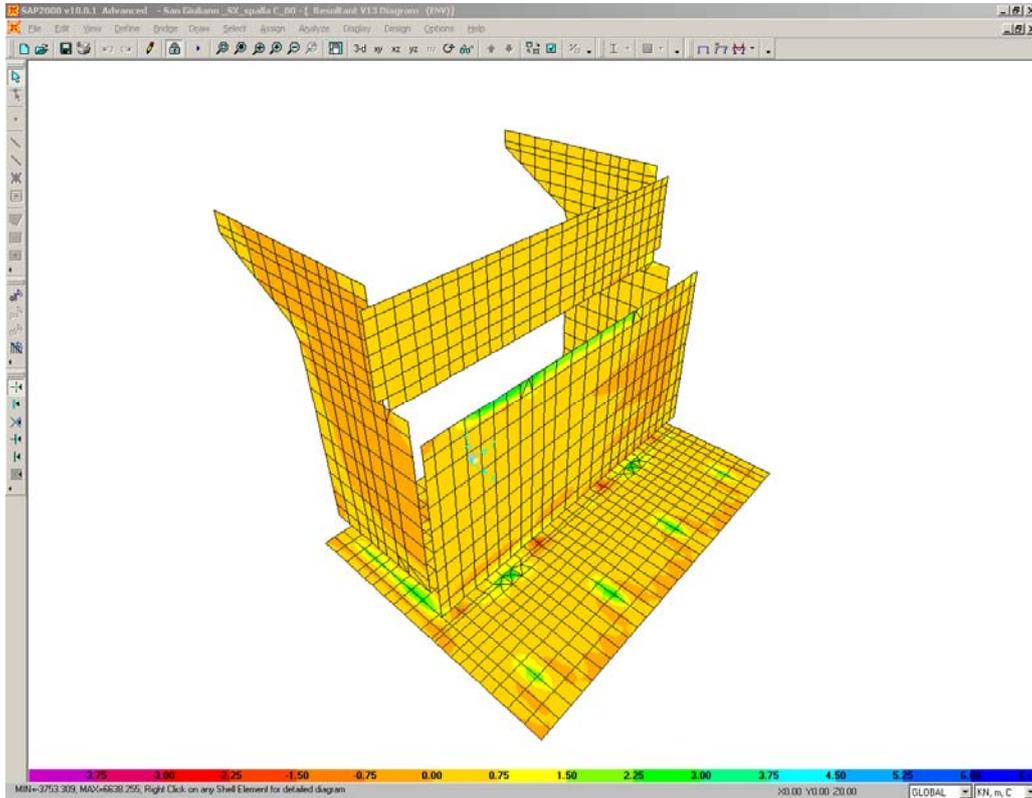
M11min



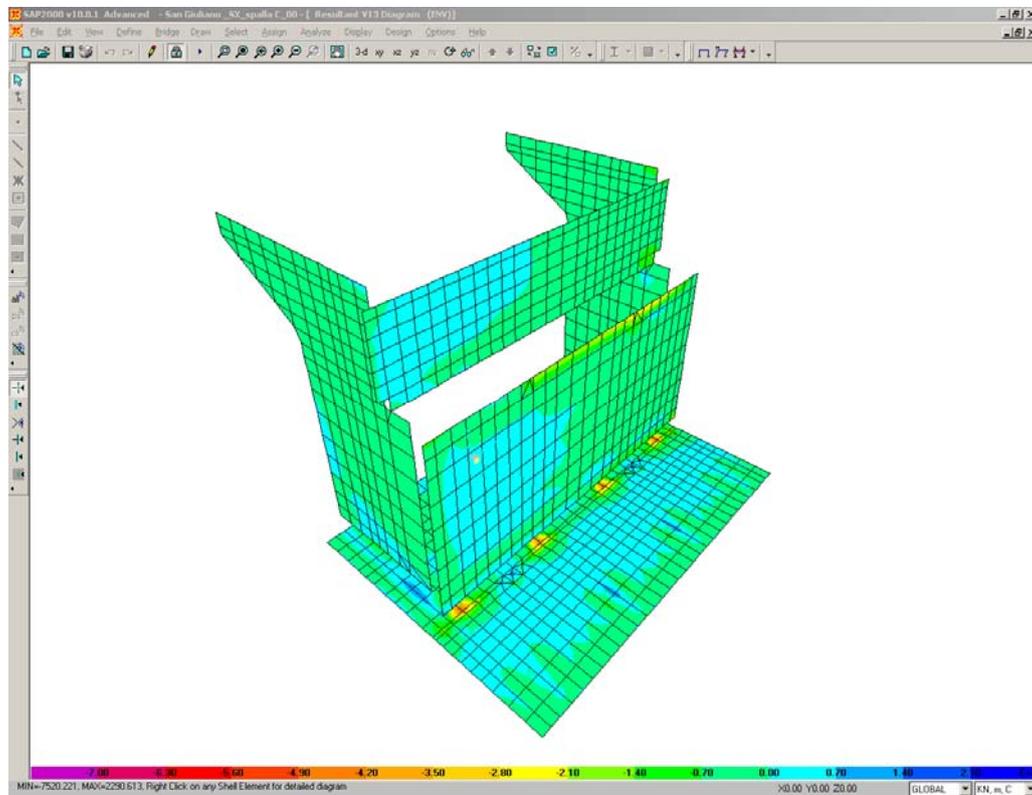
M22max



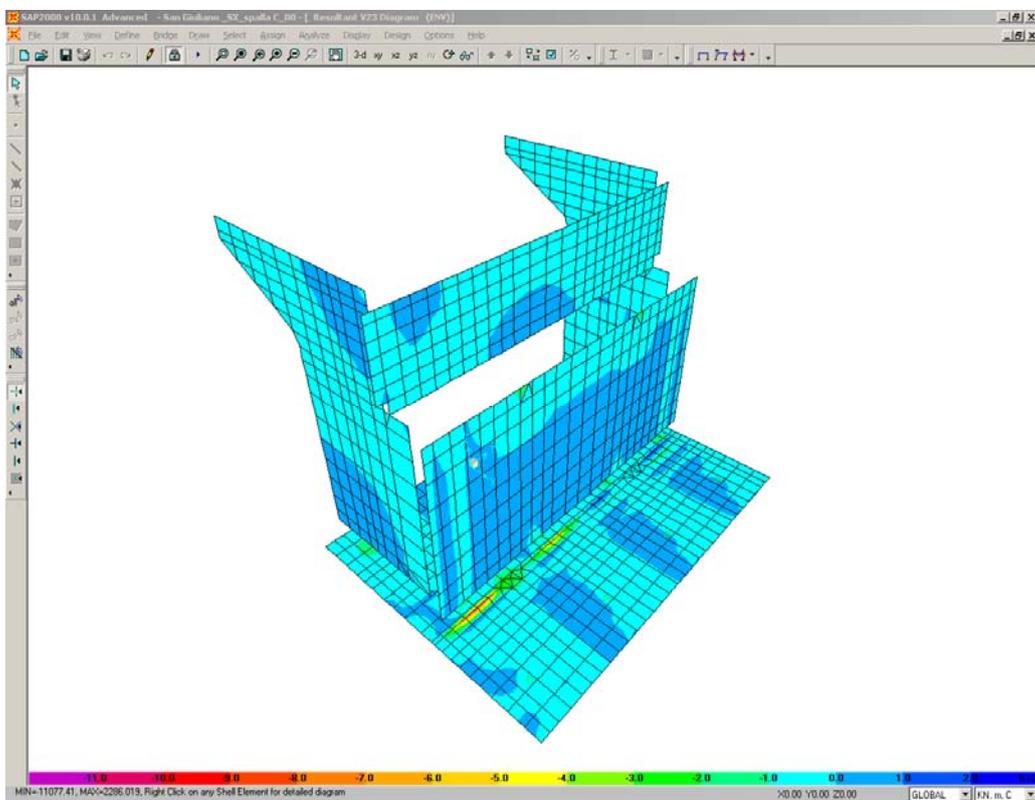
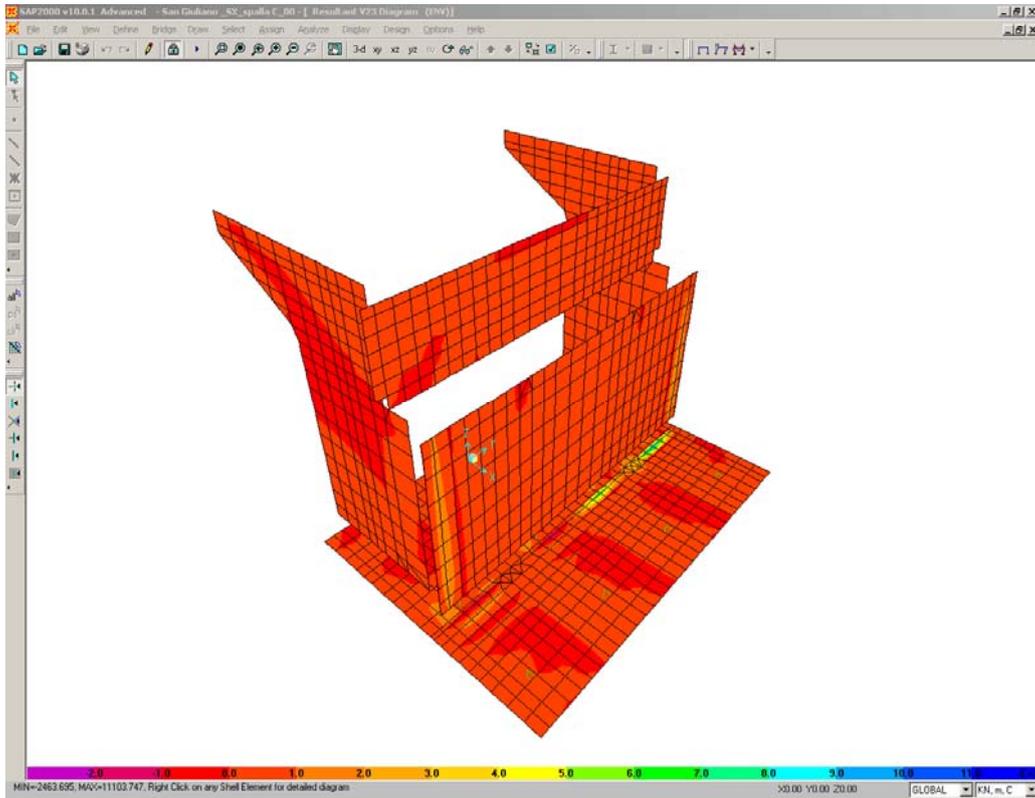
M22min



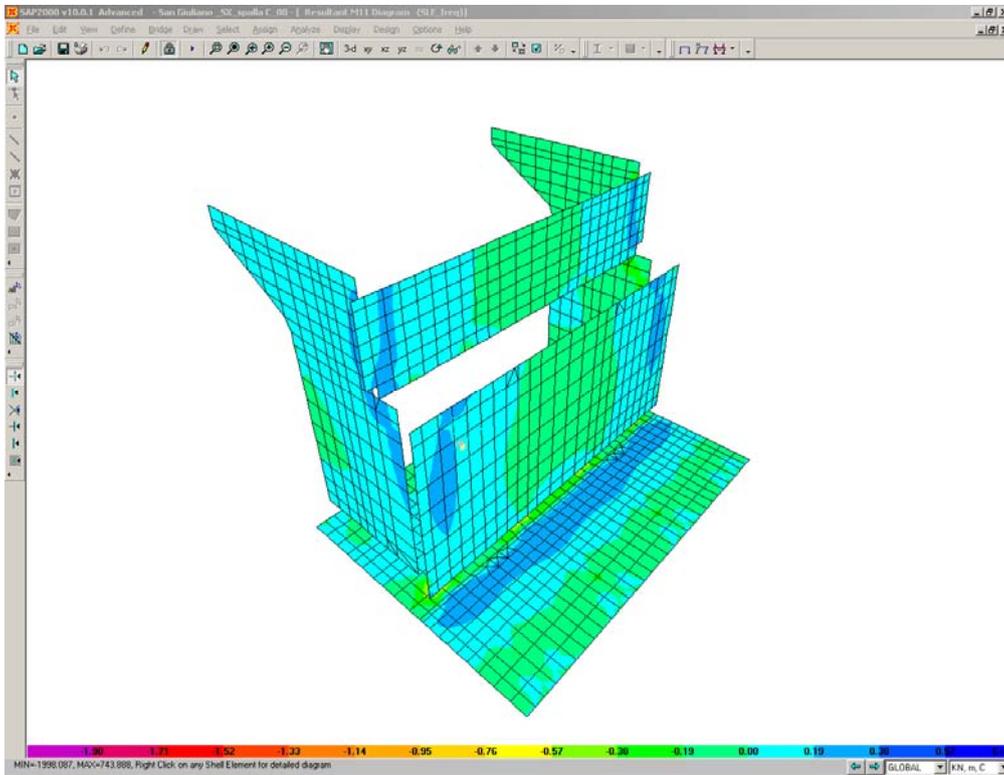
V13max



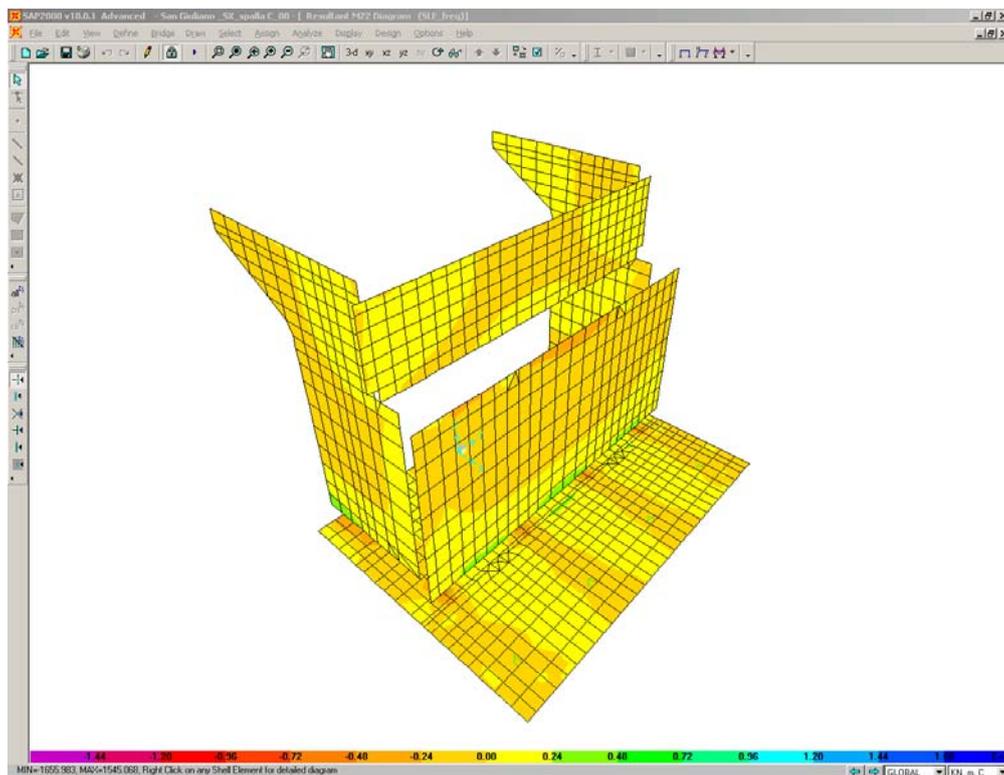
V13min



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.

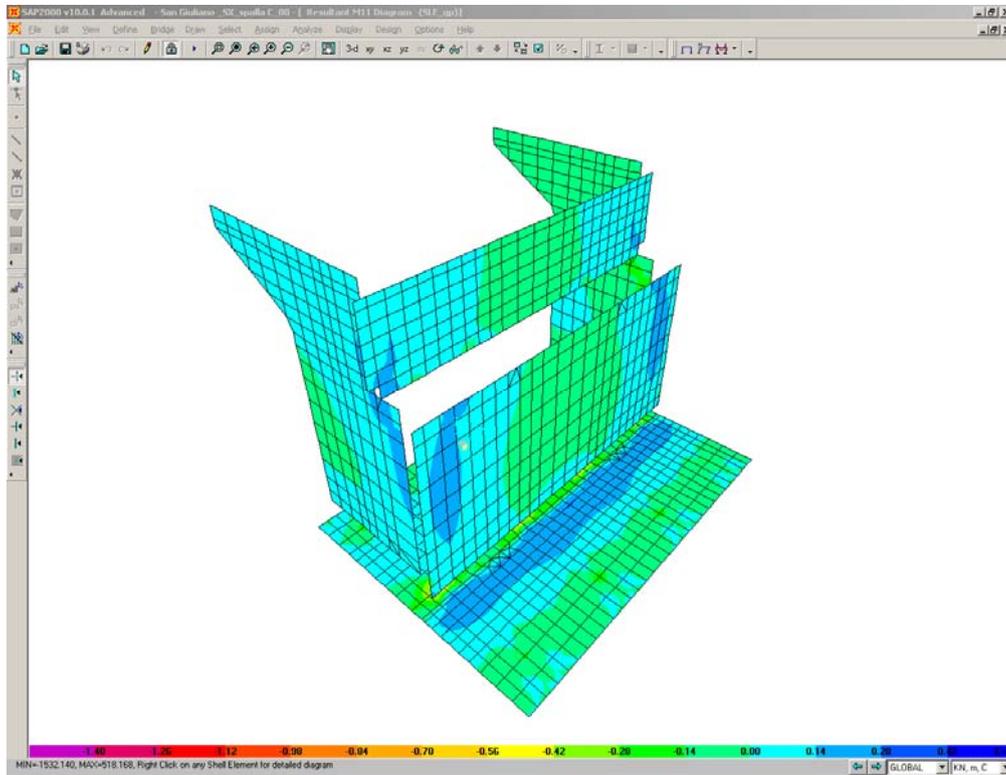


M11

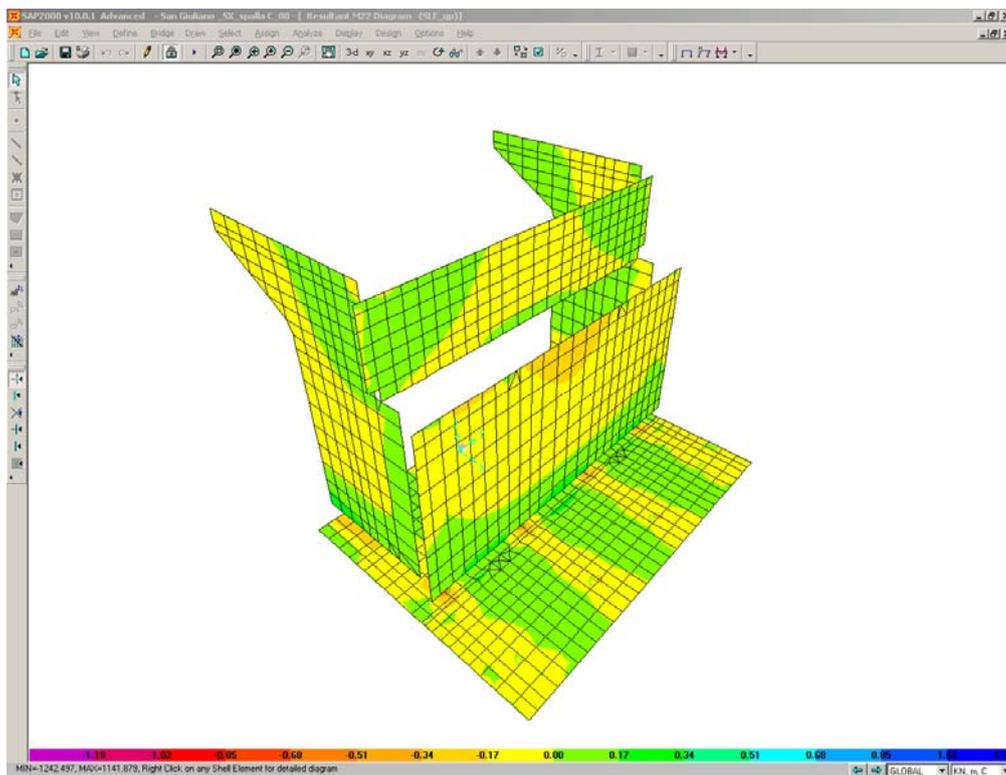


M22

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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 118 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

12.5 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} [cm ²]		A _{res,2} [cm ²]	A _{res,TOT} [cm ²]		A _{res,1} [cm ²]		A _{res,2} [cm ²]	A _{res,TOT} [cm ²]			
plinto	X	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
	Y	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
muro front	Y	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
trave paragh	Y	5 Φ 18	12.7	+	5 Φ 18	12.7	25.4	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	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 and inf	X	5 Φ 20	15.7	+	5 Φ 20	15.7	31.4	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
	Z	5 Φ 22	19.0	+	5 Φ 22	19.0	38.0	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
muro and sup	X	5 Φ 20	15.7	+	5 Φ 20	15.7	31.4	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
	Z	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7

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

12.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

12.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
M _{Ed} ^{ter}	M _{Rd} ^{ter}		M _{Ed} ^{f.ter}	M _{Rd} ^{f.ter}	
[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
920	941	OK	810	941	OK
900	923	OK	750	923	OK
670	861	OK	700	861	OK
890	1097	OK	420	899	OK
550	726	OK	320	367	OK
117	358	OK	120	358	OK
500	770	OK	280	392	OK
820	924	OK	250	408	OK
600	772	OK	350	391	OK
230	456	OK	100	378	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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 119 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

12.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Per quanto riguarda la platea si è ritenuto opportuno disporre un cavallotto 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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 120 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1400	1450	620	600	580	kN	taglio di calcolo
N	=	0	61	0	132	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1600	1800	800	700	700	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1570	1770	770	670	670	mm	altezza utile della sezione
b _w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R _{ck}	=	40	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	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}	=	18.81	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	9.41	7.06	7.06	7.06	7.06	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								
∅ _w	=	26	16	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	502.65	384.85	565.49	565.49	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg ∅	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	0.000	0.034	0.000	0.189	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.000	0.034	0.000	0.189	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
α _c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V _{Rsd}	=	1467.79	1958.30	652.25	1667.88	1667.88	kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	9494.0	8046.9	3492.2	3079.3	3038.7	kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1467.8	1958.3	652.2	1667.9	1667.9	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.05	1.35	1.05	2.78	2.88		

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.

12.6.3 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.

**CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "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 San Giuliano
Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
Pagina 121 di 141
Nome file: VI04-B-CL007-
A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Combinazione	frequente																				Sezione			
	plinto				muro frontale				trave paraghiaia				muro andatore inf				muro andatore sup							
	X	Y	Z		Y	Z			Y	Z			X	Y	Z		X	Y	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	Rck	=	40	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	MPa	resist caratteristica cubica	
	f _{td}	=	33.20	33.20	33.20	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	24.90	MPa	resist caratteristica cilindrica	
	f _{cm}	=	27.56	27.56	27.56	27.56	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	32.90	MPa	resist cilindrica media	
	f _{tdm}	=	41.20	41.20	41.20	41.20	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	MPa	resist media a trazione semplice	
	f _{tdm}	=	4.03	4.03	4.03	4.03	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	MPa	resist media a trazione per flessione	
	σ _t	=	34.33	34.33	34.33	34.33	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	MPa	tenzione 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		coeff di omogeneità armature (compr)	
	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		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	mm	base sezione	
	H	=	1600	1600	1600	1600	1800	1800	1800	1800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	mm	altezza sezione	
Armatura	n _{1a}	=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tendini zona tesa	
	n _{2a}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Ø _{1a}	=	20	20	20	20	18	18	18	18	18	18	18	18	20	20	22	20	20	22	20	mm	diametro tendini armatura tesa	
	Ø _{2a}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Ø _{1a}	=	20	20	20	20	18	18	18	18	18	18	18	18	20	20	22	20	20	22	20	mm	diametro equi tendini armatura tesa	
	d _{1a}	=	35	35	55	55	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	57	55	35	57	55	mm	coprifessore superiore	
	d _{1a}	=	1565	1565	1545	1545	1765	1765	1745	1747	765	765	747	747	665	665	643	645	665	665	643	mm	dist armatura tesa da lembo compr	
	A _{s1}	=	1571	1571	1571	1571	1272	1272	1272	1272	2545	1272	1272	1272	3142	1571	3801	1571	3142	1571	1901	mm ²	area armatura tesa	
	n _{2a}	=	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		n° tendini zona compressa	
	n _{2a}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Ø _{2a}	=	20	20	20	20	18	18	18	18	18	18	18	18	20	20	22	20	20	22	20	mm	diametro tendini armatura compressa	
	Ø _{2a}	=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Ø _{2a}	=	20	20	20	20	18	18	18	18	18	18	18	18	20	20	22	20	20	22	20	mm	diametro equi tendini armatura compressa	
	d _{2a}	=	35	35	55	55	35	35	53	53	35	35	53	53	35	35	57	55	35	57	55	mm	coprifessore inferiore	
	d _{2a}	=	1571	1571	1571	1571	1272	1272	1272	1272	2545	1272	1272	1272	3142	1571	3801	1571	3142	1571	1901	mm	dist armatura compr da lembo compr	
	A _{s2}	=	1571	1571	1571	1571	1272	1272	1272	1272	2545	1272	1272	1272	3142	1571	3801	1571	3142	1571	1901	mm ²	area armatura compressa	
Sollecitazioni	M	=	520	300	480	220	200	120	310	150	200	60	90	30	210	50	320	60	230	45	110	30	kN*m	momento flettente
	N	=	0	0	0	0	0	0	61	61	0	0	0	0	0	0	132	132	0	0	0	0	kN	sforzo normale
	e	=	0	0	0	0	0	0	5082	2459	0	0	0	0	0	0	2422	454	0	0	0	0	mm	eccentricità
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione	A _{0.1}	=	1600000	1600000	1600000	1600000	1800000	1800000	1800000	1800000	800000	800000	800000	800000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	700000	mm ²	area calcestruzzo	
	A ₁	=	3142	3142	3142	3142	2545	2545	2545	2545	2843	2843	2843	2843	2545	2545	4712	4712	4712	4712	4712	mm ²	area armatura	
	A ₂	=	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	8.8E+05	8.8E+05	8.8E+05	8.8E+05	7.7E+05	7.7E+05	7.7E+05	7.7E+05	7.7E+05	7.7E+05	7.7E+05	mm ²	area sezione ideale	
	d ₀	=	800	800	800	800	900	900	900	900	984	984	984	984	400	400	360	360	360	360	360	mm	dist baric sezione ideale da lembo sup	
	J ₀	=	3.7E+11	3.7E+11	3.7E+11	3.7E+11	5.1E+11	5.1E+11	5.1E+11	5.1E+11	5.0E+10	5.0E+10	4.7E+10	4.7E+10	3.8E+10	3.8E+10	3.5E+10	3.5E+10	3.5E+10	3.5E+10	3.3E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale	
	D _{0.1}	=	473	473	472	472	529	529	529	529	242	242	237	237	215	215	213	213	215	215	210	mm	raggio giratore di inerzia della sezione	
	Y _{1000.1}	=	1070	1070	1079	1079	1211	1211	1213	1213	552	541	541	541	488	476	478	478	488	476	477	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric	
Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione	A _{0.1}	=	1600	1600	1600	1600	1800	1800	1800	1800	800	800	800	800	700	700	700	700	700	700	700	mm ²	area calcestruzzo	
	A ₁	=	3142	3142	3142	3142	2545	2545	2545	2545	2843	2843	2843	2843	2545	2545	4712	4712	4712	4712	4712	mm ²	area armatura	
	A ₂	=	4.9E+04	4.9E+04	4.9E+04	4.9E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.4E+04	4.4E+04	5.8E+04	5.8E+04	5.8E+04	5.8E+04	7.1E+04	7.1E+04	8.1E+04	8.1E+04	8.1E+04	8.1E+04	8.1E+04	mm ²	area sezione ideale	
	d ₀	=	800	800	800	800	900	900	984	984	816	816	816	816	400	400	360	360	360	360	360	mm	dist baric sez ideale da lembo sup	
	J _{0.1}	=	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.8E+10	2.9E+10	2.9E+10	3.1E+10	3.1E+10	6.8E+09	6.8E+09	6.8E+09	6.8E+09	6.3E+09	6.3E+09	6.3E+09	6.3E+09	6.3E+09	6.3E+09	6.3E+09	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale	
	D _{0.1}	=	757	757	737	737	852	852	831	831	343	343	343	343	296	296	267	267	296	296	292	mm	raggio giratore di inerzia della sezione	
	Y _{1000.1}	=	1516	1516	1480	1480	1707	1707	1686	1686	746	700	698	688	648	648	603	622	540	647	603	mm	dist p.to di nocciolo inf da asse baric	
Sezione	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ	parzializ			
Caratteristiche sezione parzializzata	Y ₀	=	231	231	231	231	227	227	293	312	194	130	141	141	193	128	228	242	193	128	153	139	mm	distanza asse neutro da lembo compr
	J ₀	=	4.7E+10	4.7E+10	4.6E+10	4.6E+10	5.0E+10	5.0E+10	5.8E+10	6.1E+10	1.5E+10	1.5E+10	1.8E+09	1.8E+09	8.1E+09	1.3E+10	7.9E+09	1.4E+10	1.1E+10	1.3E+10	7.9E+09	7.1E+09	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata
	f _{(Y₀)=0}	=	2.7E-04	2.7E-04	2.7E-04	2.7E-04	7.1E-06	4.1E-08	1.3E-07	2.7E-07	1.8E-05	7.0E-09	2.3E-06	1.3E-04	2.7E-08	1.4E-05	6.3E+06	3.0E+07	2.7E-08	1.4E-05	8.4E-06	1.7E-05	mm ³	momento statico sezione parzializzata
	f _{(Y₀)=0}	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tensioni nei materiali	σ _t	=	-2.56	-1.48	-2.44	-1.12	-0.91	-0.55	-1.53	-0.92	-2.52	-0.89	-1.57	-0.52	-3.00	-0.81	-5.03	-1.38	-3.29	-0.73	-2.03	-0.58	MPa	max tens di compr nei cls (sez fless)
	σ _c	=	221.6	127.8	207.8	95.2	92.8	55.7	114.2	63.4	111.6	65.1	101.2	33.7	110.4	50.9	137.8	34.5	120.9	45.8	97.9	32.0	MPa	tens dell'armat tesa (sez fless)
Controllo della fessurazione	M _{max}	=	15832	15832	15771	15771	1219	1219	1245	1240	273	262	252	252	223	211	241	225	223	211	203	200	kNm	momento di fessurazione
	M _{max} / M	=	30.45	52.77	32.86	71.69	6.09	10.16	4.02	8.26	1.37	4.37	2.80	8.40	1.06	4.21	0.75	3.75	0.97	4.68	1.84	6.68	check1	
Verifica a fessurazione senza il calcolo diretto	w _{max}	=	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	mm	crack limit width
	F _s	=	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	mm	Ø _s 160 MPa
		=	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	mm	Ø _s 200 MPa
		=																						

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 123 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

13 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA D

Si descrive in questo capitolo l'analisi strutturale della spalla D della carreggiata sinistra 2° tronco.

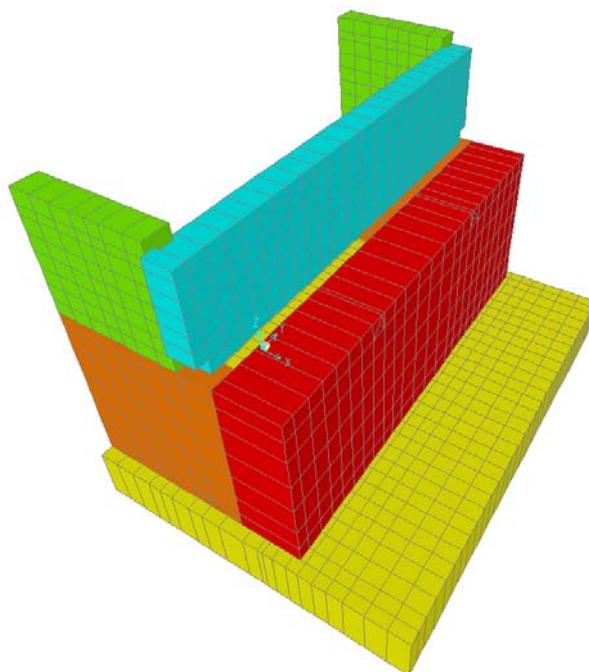
13.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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 rigidezze 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	9.60	13.20	1.60
muro frontale	1	1.80	12.48	5.00
muro paraghiaia	1	0.80	12.48	2.95
muro laterale sx	1	4.60	0.70	7.95
muro laterale dx	1	4.60	0.70	7.95
bandiera sx	0	2.25	0.50	0.90
bandiera dx	0	2.25	0.50	0.90
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	4.85
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 125 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								S.L.U.								
	q4								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-imp	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72	-0.72	0.72
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	0	0	0	0
q1.2-imp	0	0	0	0	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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	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	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
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-imp	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	1.20	-1.20	0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.50	-0.50
q1.1-imp	1.01	1.01	1.01	1.01	0	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
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

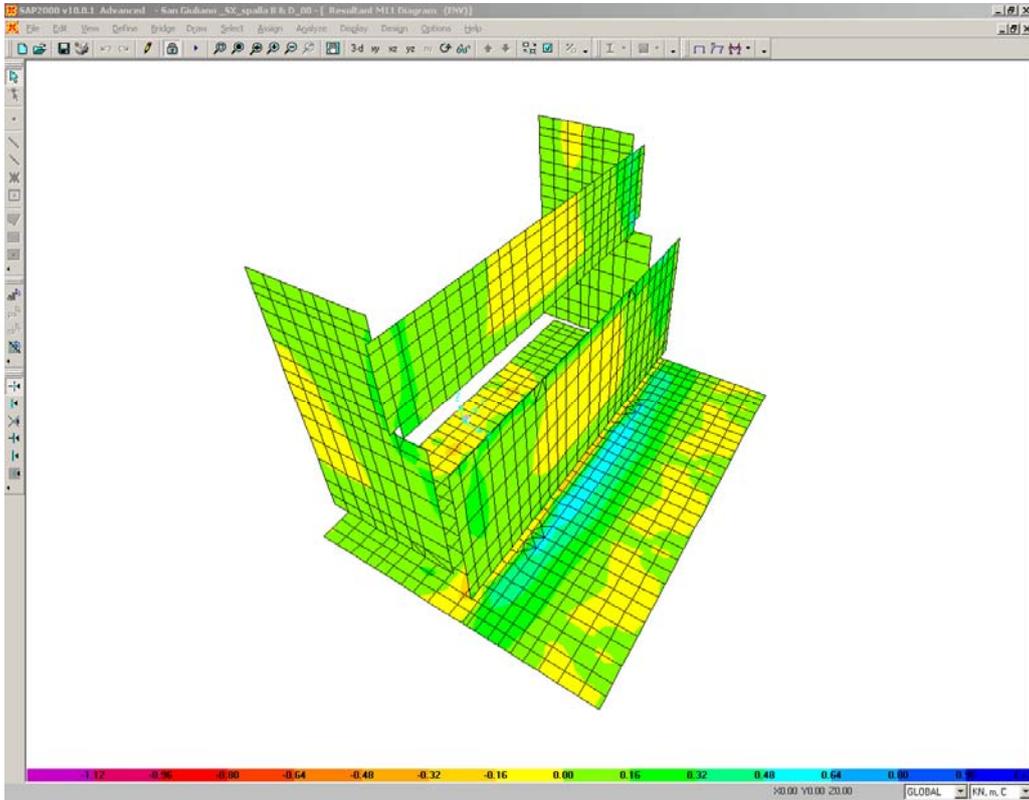
	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp					
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
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
e3-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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

13.4 SOLLECITAZIONI

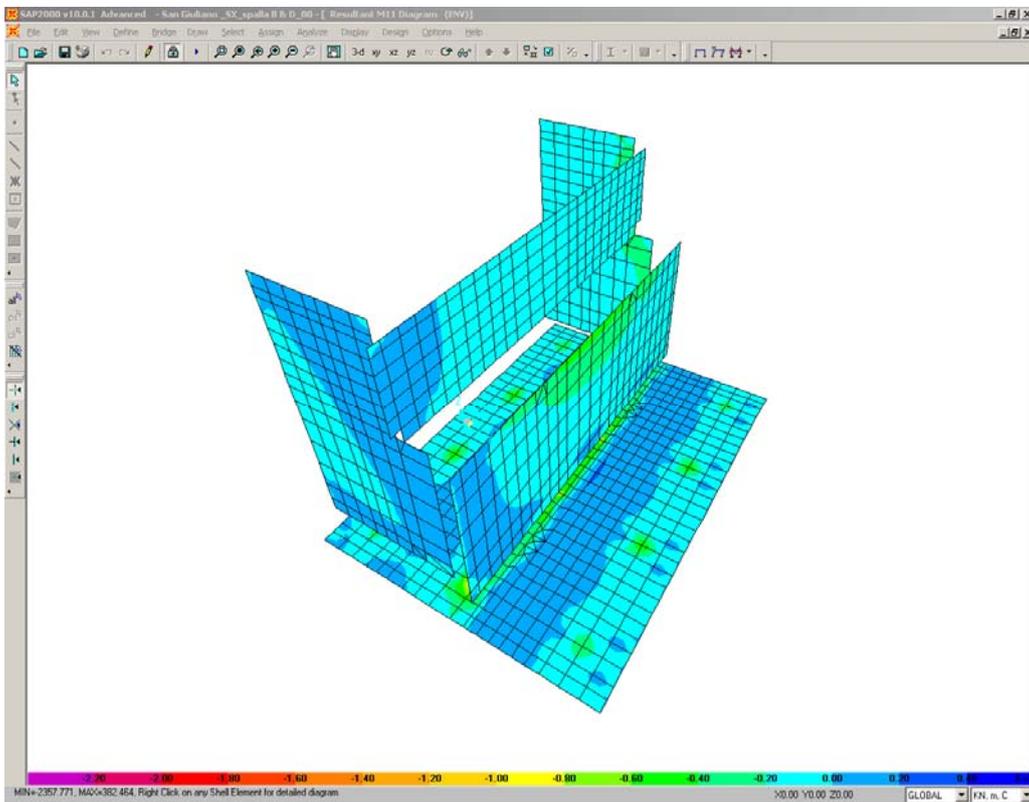
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a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

Ricordiamo che nel modello non si è tenuto conto dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) che è stata valutata a parte e confrontata con la combinazione sismica agente sul paraghiaia; è possibile vedere come la combinazione della frenatura sia dimensionante ai fini della progettazione dell'armatura orizzontale e verticale del paraghiaia.

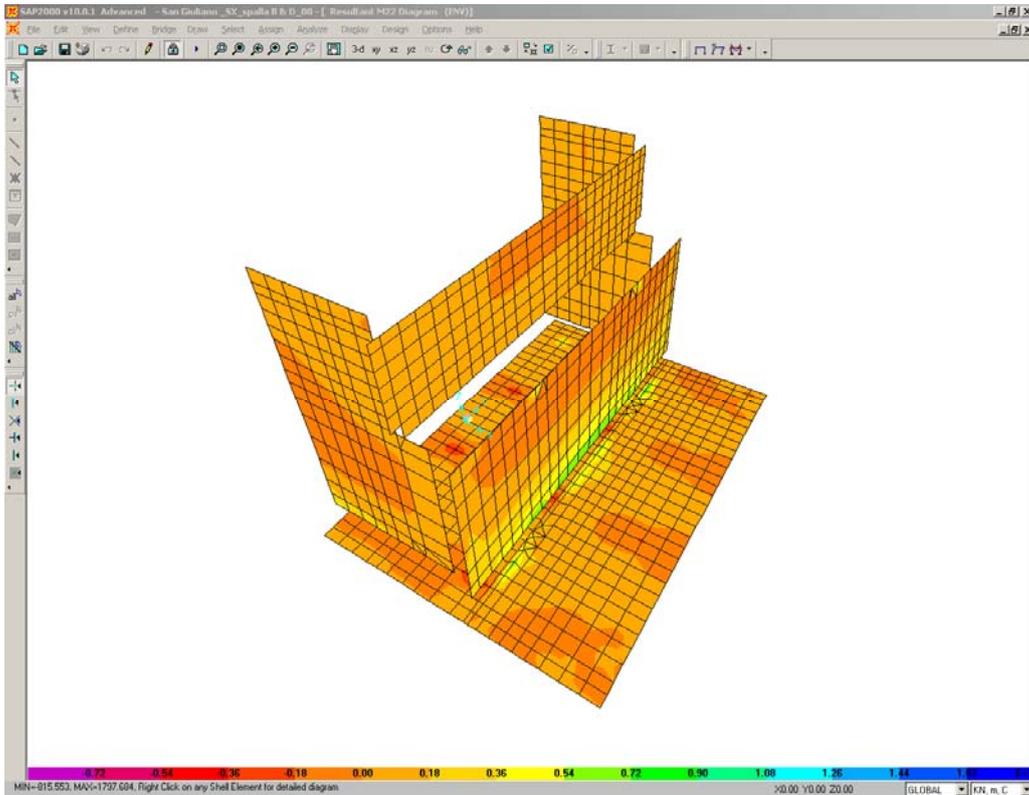
S.L.U.- fren	M(g3)	15.5 kN*m	S.L.V.	M(g3)	11.5 kN*m
	M(q3)	101.3 kN*m		M(q6.1)	10.9 kN*m
	Mtot	116.8 kN*m		M(q6.2)	37.3 kN*m
				Mtot	59.6 kN*m



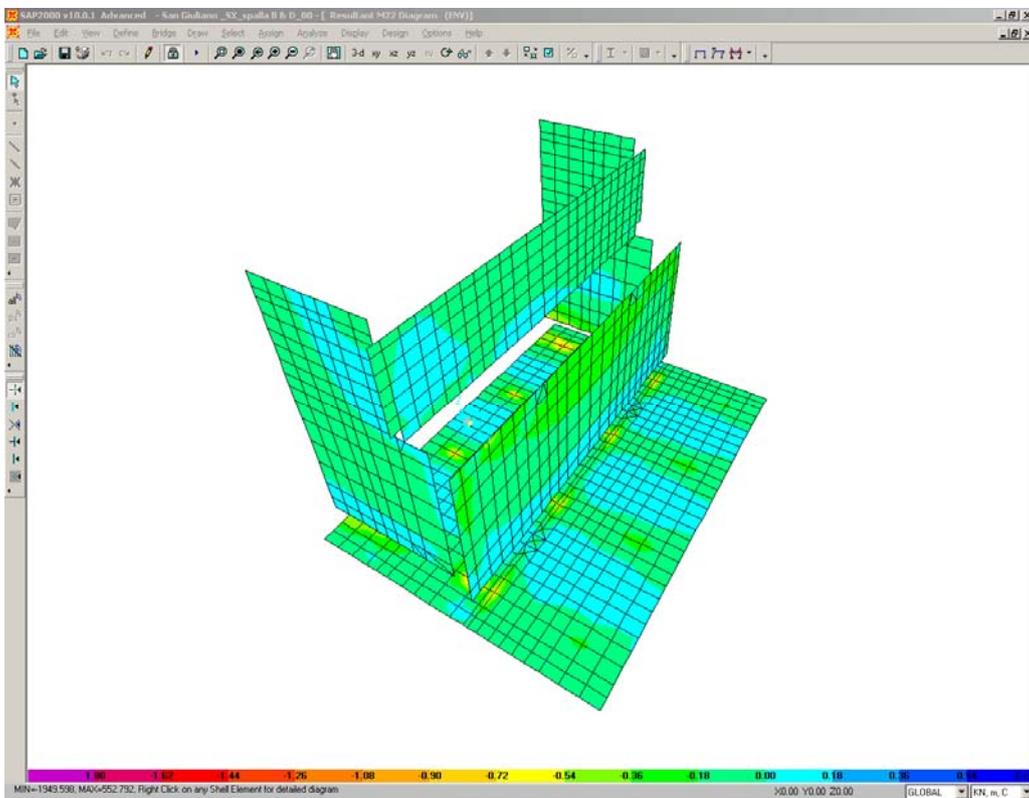
M11max



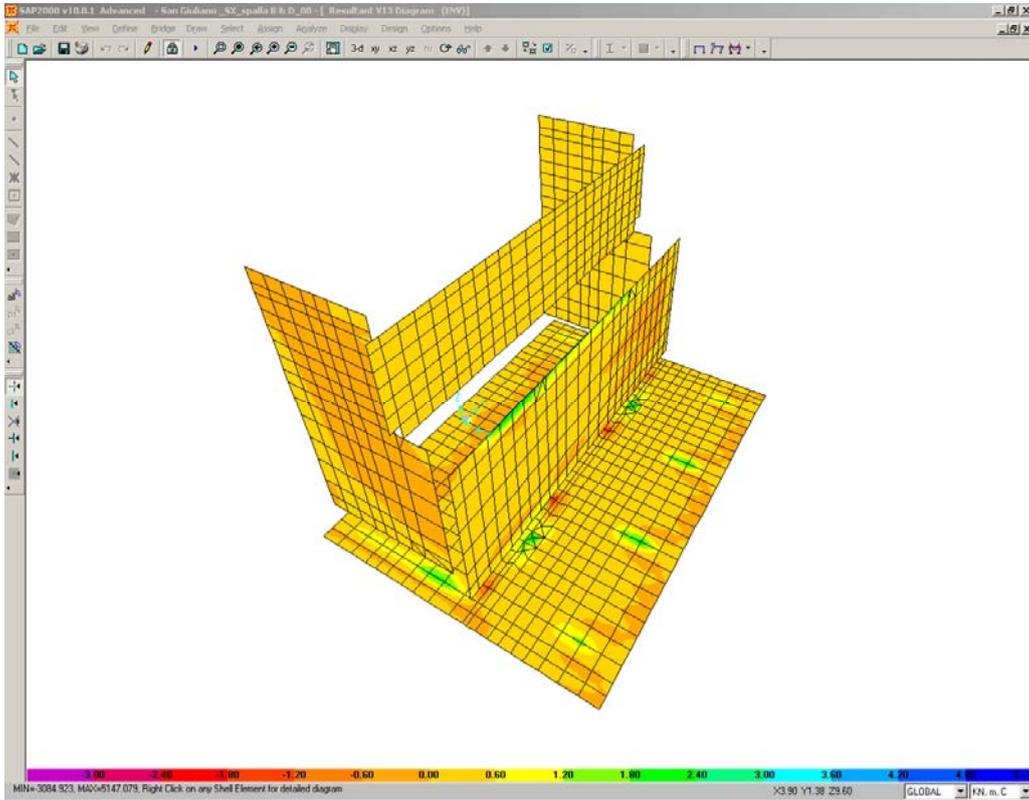
M11min



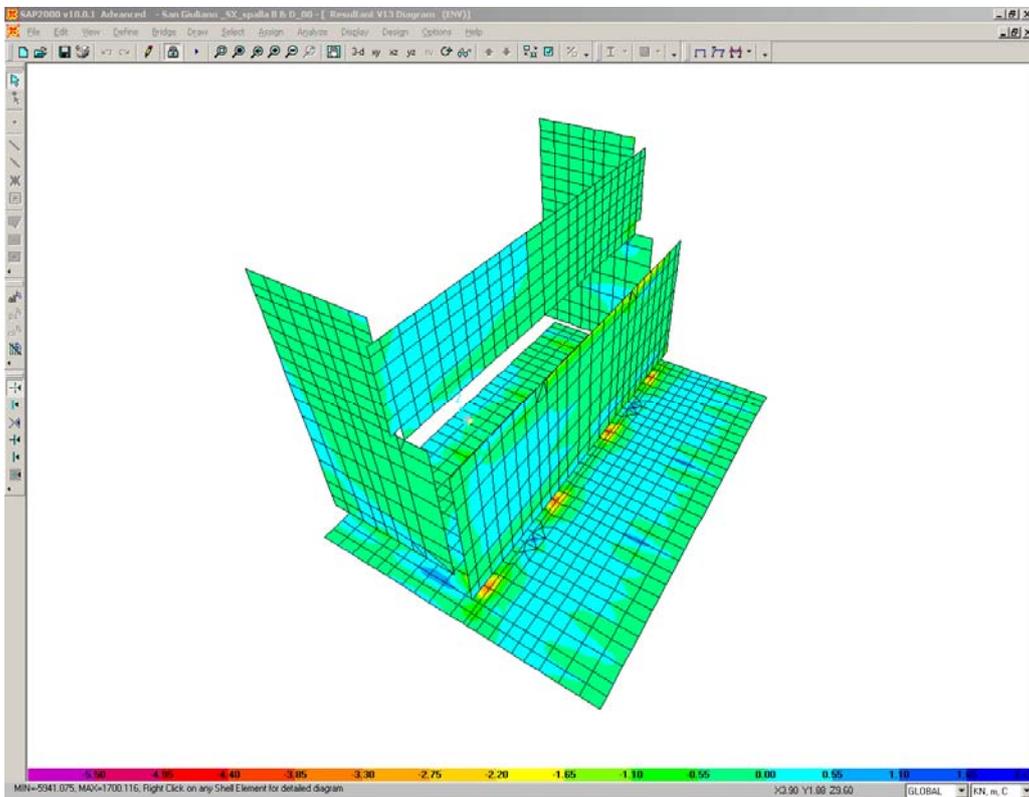
M22max



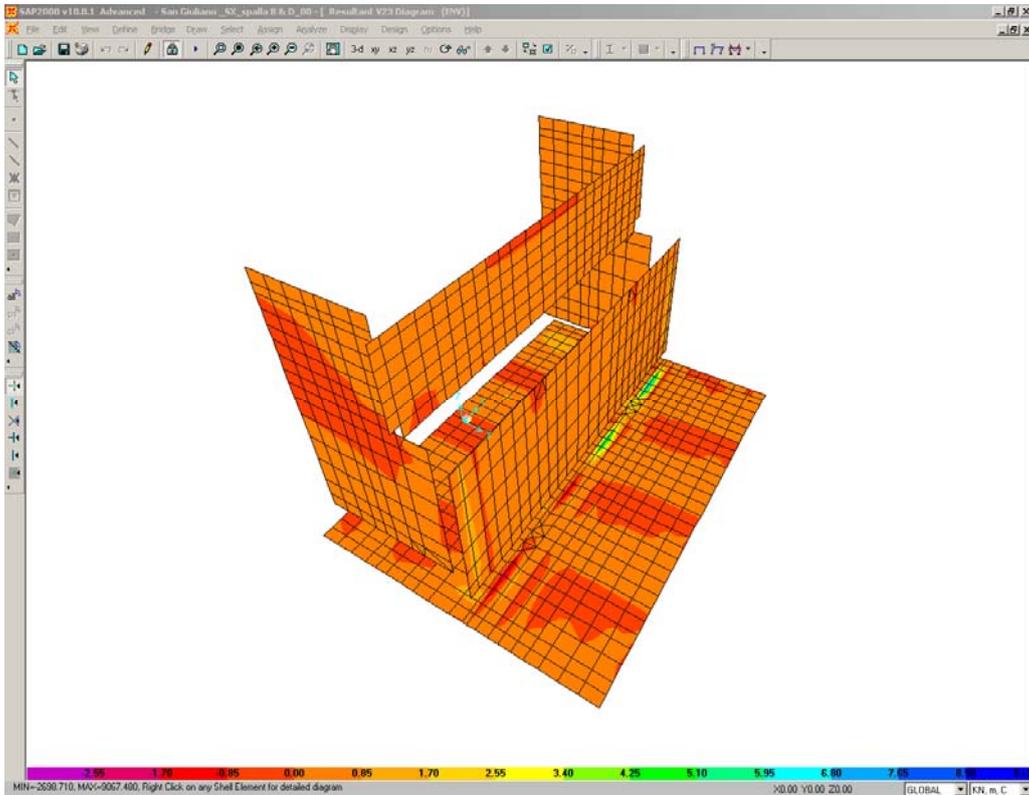
M22min



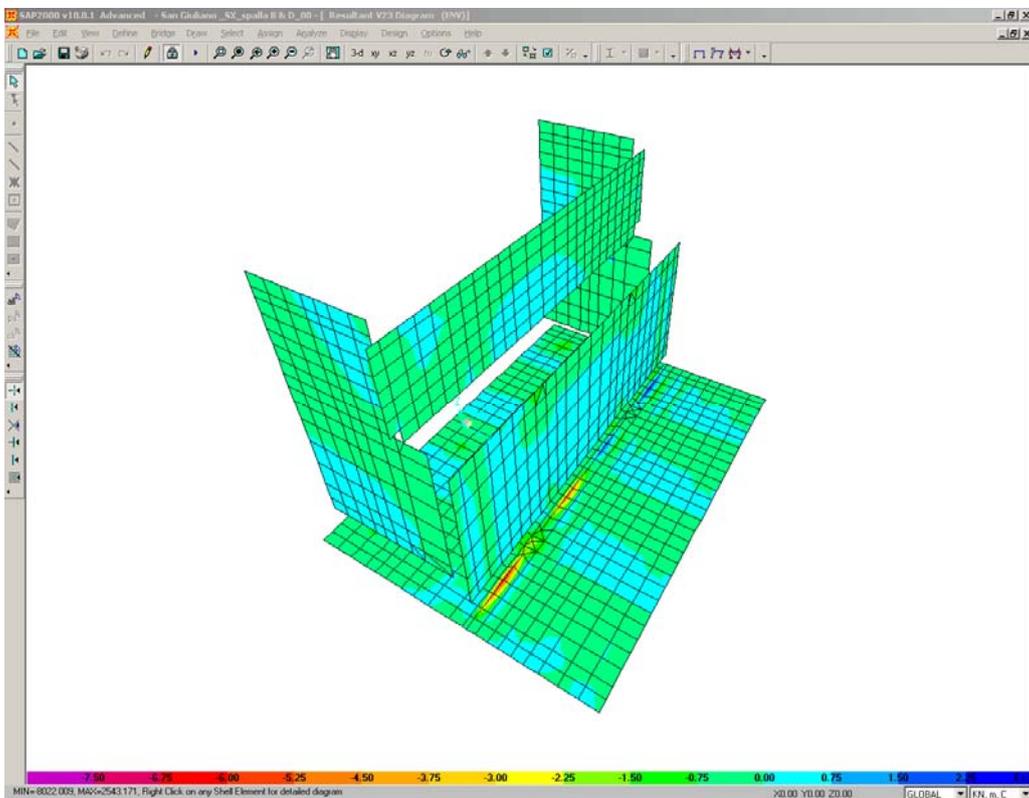
V13max



V13min

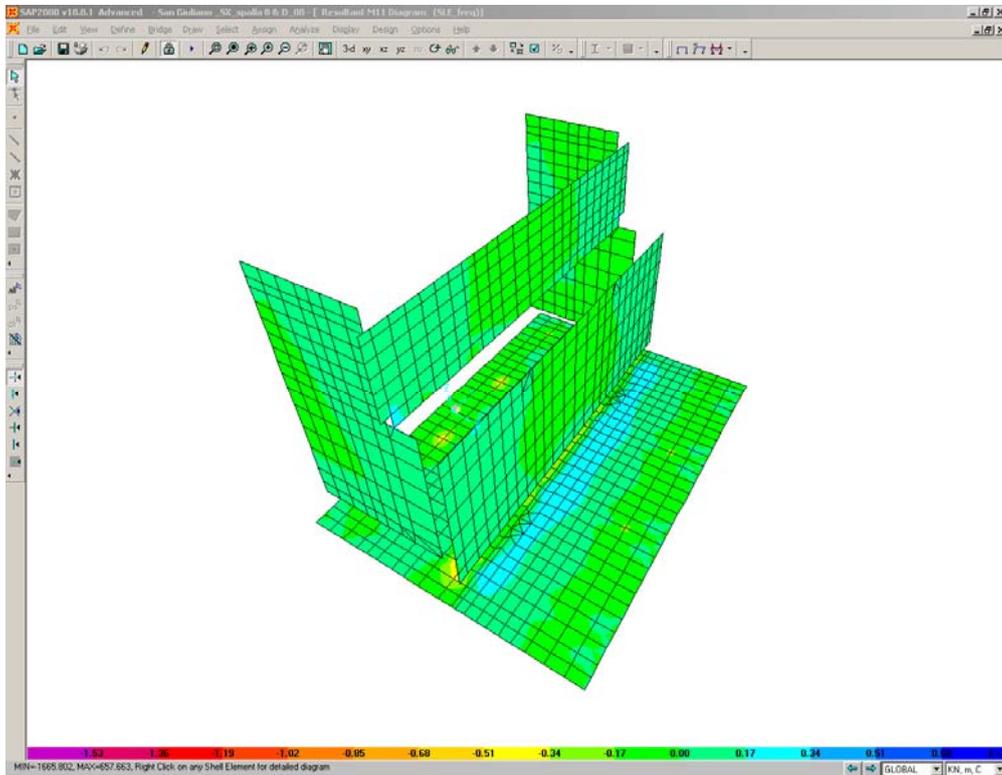


V23max

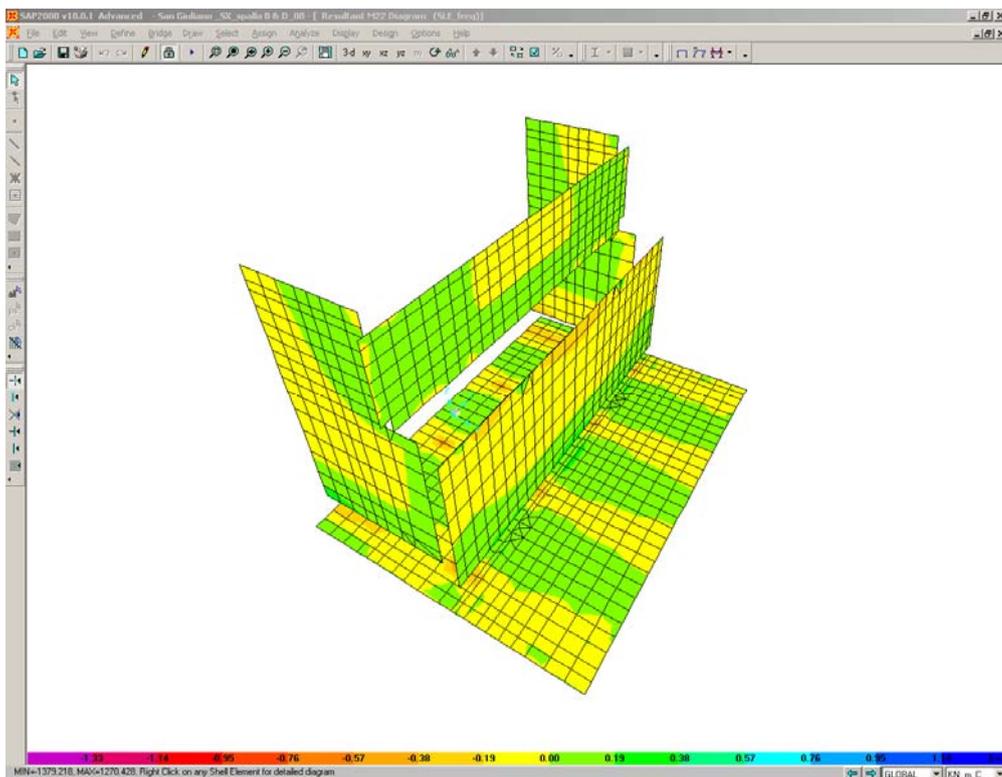


V23min

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.

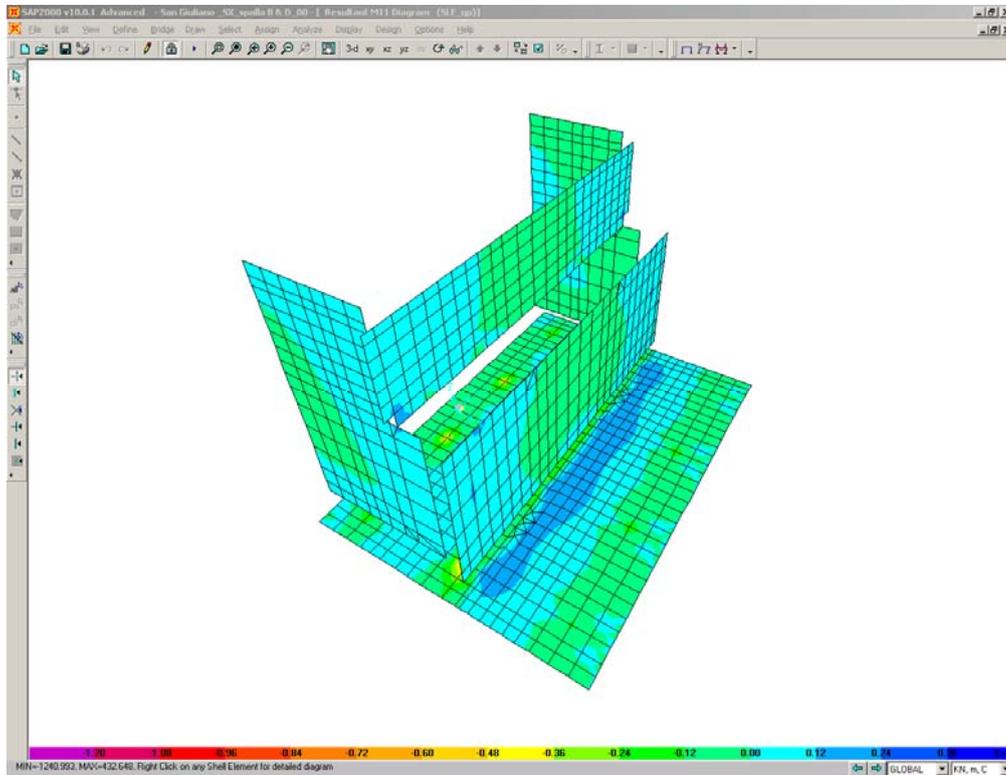


M11

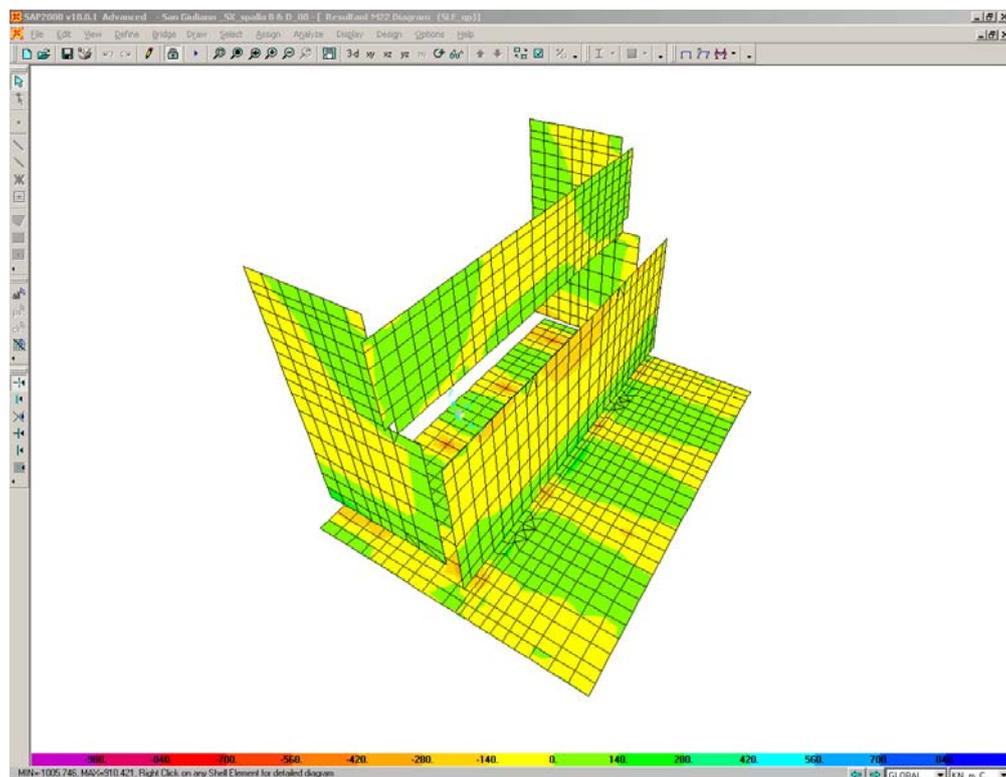


M22

Infine si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M_{11} , M_{22}) 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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 132 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

13.5 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 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
	Y	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7
muro front	Y	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
trave paragh	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
	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
muro and inf	X	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 20	15.7	+	5 Φ 20	15.7	31.4	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro and sup	X	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7

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

13.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

13.6.1 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:

VERIFICA A PRESSOFLESSIONE					
M_{Ed}^{ter}	M_{Rd}^{ter}		$M_{Ed}^{f.ter}$	$M_{Rd}^{f.ter}$	
[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
900	941	OK	620	941	OK
870	923	OK	480	923	OK
400	861	OK	450	861	OK
660	900	OK	310	723	OK
330	367	OK	125	367	OK
117	358	OK	75	284	OK
280	392	OK	130	392	OK
610	769	OK	210	408	OK
320	391	OK	190	391	OK
130	378	OK	80	378	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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 133 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

13.6.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Per quanto riguarda la platea si è ritenuto opportuno disporre un cavallotto 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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 134 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1450	1400	430	500	300	kN	taglio di calcolo
N	=	0	59	0	104	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1600	1800	800	700	700	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1570	1770	770	670	670	mm	altezza utile della sezione
b _w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R _{ck}	=	40	30	30	30	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	33.20	24.90	24.90	24.90	24.90	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}	=	18.81	14.11	14.11	14.11	14.11	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	9.41	7.06	7.06	7.06	7.06	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								
∅ _w	=	26	16	14	12	12	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	400	400	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	502.65	384.85	565.49	565.49	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg β	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	0.000	0.033	0.000	0.149	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.000	0.033	0.000	0.149	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2f _{cd})
α _c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V _{Rsd}	=	1467.79	1958.30	652.25	833.94	833.94	kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	9494.0	8046.2	3492.2	3070.7	3038.7	kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1467.8	1958.3	652.2	833.9	833.9	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.01	1.40	1.52	1.67	2.78		

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.

13.6.3 S.L.E. – Fessurazione

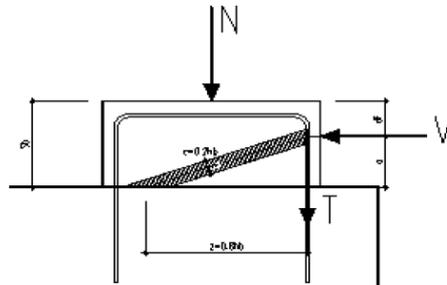
Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione,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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 137 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

14 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 la spalla A della carreggiata destra e 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	3545	1166
Vx	128	321
baggiolo	SpA-S	SpA-S

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 138 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Bridge Cap - Strut & Tie Model

Materiali

R_{ck}	=	30	30	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ck}	=	24.90	24.90	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{cd}	=	14.1	14.1	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
β_1	=	1.18	1.18		coefficiente per la resistenza del nodo compres
β_2	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo tesoc
β_3	=	0.88	0.88		coefficiente per la resistenza del nodo tesoc
$\sigma_{1Rd,max}$	=	17.64	17.64	MPa	resistenza a compressione per nodi compres

Mensola

		SpA-S	SpA-S		
F_{Ed}	=	3545	1166	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	=	128	321	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

b_1	=	1100	1100	mm	larghezza baggio
b_2	=	1100	1100	mm	lunghezza baggio
b_3	=	270	270	mm	altezza baggio
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	=	6.6	16.5	mm	larghezza biella compressa
y_1	=	171.2	171.2	mm	altezza biella compressa
a	=	273.3	278.3	mm	
α	=	0.31	0.31	rad	

Verifiche Puntone-Tirante

C	=	134	338	kN	risultante di compressione
T	=	41	104	kN	risultante di trazione
σ_c	=	0.36	0.90	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	49.59	19.68		
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	=	33.77	86.51	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	11.59	4.52		

Verifiche armatura a fenditura

T	=	147	48	kN	risultante forza di taglio
A_s	=	374.4	374.4	mm ²	armatura necessaria
s	=	200	200	mm	passo
n	=	2	2		numero ferri verticali
n	=	8	8		numero ferri orizzontali
\emptyset_w	=	14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	2463.0	2463.0	mm ²	armatura di progetto
FS	=	6.58	6.58		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 139 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

15 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	10980	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	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	2814	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 della carreggiata sinistra 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 (come per il dimensionamento dei baggioli, anche in questo caso la carreggiata sinistra risulta quella dimensionante per via delle luci maggiori). Le azioni sugli isolatori sono riferite alle spalle A e B del 1° tronco rispettivamente uguali alle azioni sulle spalle C e D del 2° tronco.

AZIONI sugli APPOGGI

Azioni trasmesse dall'impalcato								spalla
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	G1+G2	0.0	0.3	1330.8	0.0	0.0	0.0	
SpA-D	E2	4.0	0.0	-153.4	0.0	0.0	0.0	
SpA-D	E3	9.1	0.0	88.1	0.0	0.0	0.0	
SpA-D	Q1	0.4	2.7	1146.6	0.0	0.0	0.0	
SpA-D	Q5	0.3	137.3	-67.4	0.0	0.0	0.0	
SpA-D	Q7	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SpA-S	G1+G2	0.0	0.3	1257.6	0.0	0.0	0.0	spalla A
SpA-S	E2	4.0	0.0	-153.4	0.0	0.0	0.0	
SpA-S	E3	9.1	0.0	88.1	0.0	0.0	0.0	
SpA-S	Q1	0.4	2.7	1413.1	0.0	0.0	0.0	
SpA-S	Q5	0.3	137.3	67.4	0.0	0.0	0.0	
SpA-S	Q7	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SpB-D	G1+G2	0.0	0.3	1257.6	0.0	0.0	0.0	
SpB-D	E2	4.0	0.0	-153.4	0.0	0.0	0.0	
SpB-D	E3	9.1	0.0	88.1	0.0	0.0	0.0	
SpB-D	Q1	0.4	2.7	1413.1	0.0	0.0	0.0	
SpB-D	Q5	0.3	137.3	67.4	0.0	0.0	0.0	
SpB-D	Q7	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SpB-S	G1+G2	0.0	0.3	1330.8	0.0	0.0	0.0	spalla B
SpB-S	E2	4.0	0.0	-153.4	0.0	0.0	0.0	
SpB-S	E3	9.1	0.0	88.1	0.0	0.0	0.0	
SpB-S	Q1	0.4	2.7	1146.6	0.0	0.0	0.0	
SpB-S	Q5	0.3	137.3	-67.4	0.0	0.0	0.0	
SpB-S	Q7	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Giuliano
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. sx
	Pagina 140 di 141
	Nome file: VI04-B-CL007- A.00_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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	91	45	44	0	0	0	spalla A
SpA-S	Q6	91	45	44	0	0	0	
SpB-D	Q6	91	45	44	0	0	0	spalla B
SpB-S	Q6	91	45	44	0	0	0	

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.	108	46	1265	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.C.	107	46	1192	0	0	0	
SpB-D	S.L.C.	107	46	1192	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.C.	108	46	1265	0	0	0	
		108	46	1265				

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.	24	128	3163	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.U.	23	128	3545	0	0	0	
SpB-D	S.L.U.	23	128	3545	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.U.	24	128	3163	0	0	0	
		24	128	3545				

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		
$d_{Q6,x}$	0.101	0.101	0.101	0.101	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
$d_{Q6,y}$	0.050	0.050	0.050	0.050	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
$d_{E2,x}$	0.001	0.001	0.001	0.001	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.010	0.010	0.010	0.010	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{E,tot}$	0.118	0.118	0.118	0.118	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

S.L.U.

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S		
$d_{E2,x}$	0.001	0.001	0.001	0.001	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.010	0.010	0.010	0.010	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{Q1,y}$	0.001	0.001	0.001	0.001	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
$d_{Q5,y}$	0.045	0.045	0.045	0.045	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
$d_{E,tot}$	0.043	0.043	0.043	0.043	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

d_{giunto}	0.236	m	massima escursione del giunto
--------------	-------	---	-------------------------------

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 118 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.