

ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

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

Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



OPERE D'ARTE MAGGIORI VIADOTTI

Viadotto Salso

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

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

Scala:

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

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

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

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 1 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	INTRODUZIONE	3
1.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	3
1.2.1	<i>Condizioni ambientali e classi di esposizione</i>	3
1.2.2	<i>Calcestruzzo</i>	3
1.2.3	<i>Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata</i>	5
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
2	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A	7
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	9
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	9
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	12
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO	12
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	13
3	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B	16
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	18
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	18
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	21
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO	21
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	22
4	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A	25
4.1	VERIFICHE STRUTTURALI	25
4.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	26
4.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	27
4.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	28
4.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	30
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	31
4.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	31
4.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	34
5	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B	35
5.1	VERIFICHE STRUTTURALI	35
5.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	36
5.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	37
5.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	38
5.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	39
5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	41
5.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	41
5.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	44
6	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A	45
6.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	45
6.2	ANALISI DEI CARICHI	46
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	46
6.4	SOLLECITAZIONI	47
6.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	54
6.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	54
6.6.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	54
6.6.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	55
6.6.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	56

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 2 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B	59
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	59
7.2	ANALISI DEI CARICHI.....	60
7.3	COMBINAZIONI DI CARICO	60
7.4	SOLLECITAZIONI	61
7.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	68
7.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	68
7.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	68
7.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	69
7.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	70
8	BAGGIOLI.....	73
9	DISPOSITIVI ANTISISMICI	75

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 3 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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 del viadotto Salso, 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: XD3;
- zattere spalle: XD3;
- 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 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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 4 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

ZATTERA SPALLE C35/45

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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

ELEVAZIONE SPALLE C28/35

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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 5 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

BAGGIOLI C35/45

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

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

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

B450C

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 6 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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:

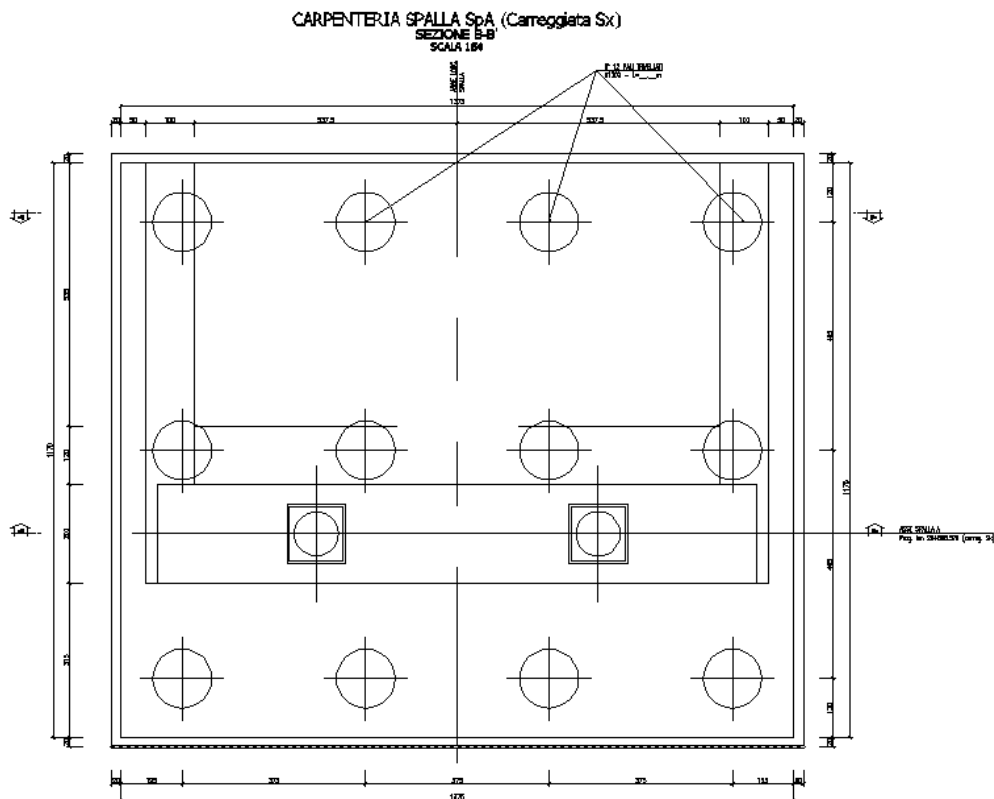
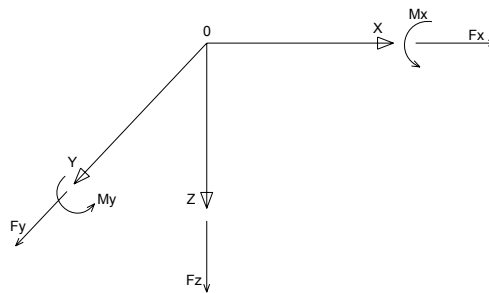
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- Circolare n.617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento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

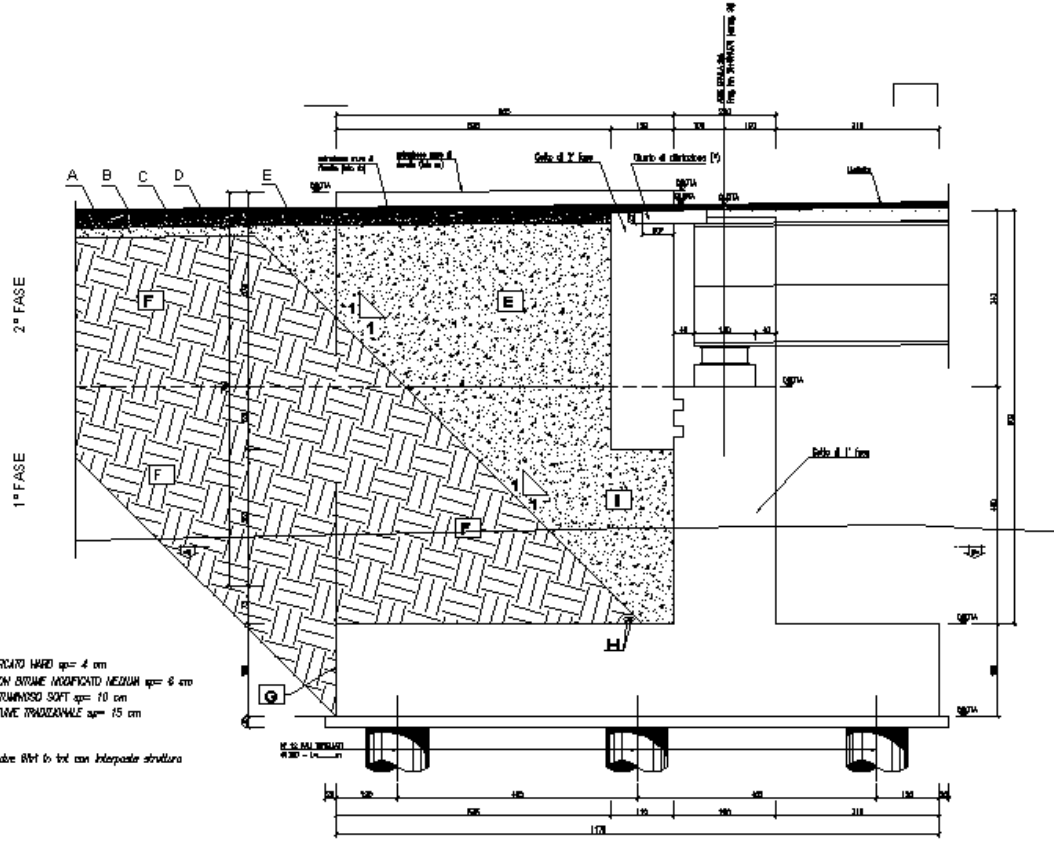
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla A della carreggiata sinistra.

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 SpA (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	11.70	13.75	1.80	-	289.6	5.85	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	4.60	-	117.3	7.55	0.00	-4.10
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	4.65	-	71.1	5.95	0.00	-7.53
muro laterale sx	1	6.55	1.00	8.05	-	52.7	3.28	5.88	-5.83
muro laterale dx	1	6.55	1.00	8.05	-	52.7	3.28	-5.88	-5.83
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-8.58
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-9.35
baggioli	2	1.10	1.10	0.40	-	0.97	7.55	0.00	-6.60
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	7.55	0.00	-6.98
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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 9 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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	=	7.55 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.98 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	69	4	2879	7	69	peso proprio impalcato
g2	17	2	731	64	15	permanentemente portati
e2	67	2	-186	18	67	ritiro
e3.6	231	2	204	17	230	temperatura - massima azione verticale
e3.8	697	1	-143	12	697	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	50	110	2580	3166	60	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	28	78	1859	6715	201	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	33	0	-2	1	33	frenatura
q4	17	0	-1	0	17	azione centrifuga
q5	65	220	-4	694	49	azione del vento trasversale
q6.1x	962	133	-68	438	968	sisma longitudinale
q6.1y	313	349	-32	1150	315	sisma trasversale
q6.1z	290	107	-83	354	292	sisma verticale
q7	36	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

2.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

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

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g₁)

γ _{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7239.4 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	2932.5 kN	muro frontale
g1.3	=	1778.6 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1318.2 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1318.2 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	24.2 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	=	14621.4 kN	azione verticale
x	=	5.74 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.25 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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 10 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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	=	619.5 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	11151.9 kN	peso del terreno
x	=	3.28 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.83 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	=	11.05	9.25	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	5974.7	4186.8	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.68	-4.88	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	=	11.05	9.25	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1201.6	1005.8	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.53	-6.43	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	6.55	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	1670.3	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.28	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 11 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.098	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}	=	0.147	g	accelerazione massima
K_h	=	0.147		coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.074		coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso plinto	base muro frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	11.05	9.25	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP		4119.3	2886.6		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile					
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
β	=	0	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
δ	=	0	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	7.80	7.80	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.806	0.806		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	9566	6703	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	3591.1	2516.4	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
ΔP	=	4119.3	2886.6	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.53	-6.43	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	1064	5.85	0.00	-0.90
muro frontale	431	7.55	0.00	-4.10
paraghiaia	261	5.95	0.00	-7.53
muro laterale sx	194	3.28	5.88	-5.83
muro laterale dx	194	3.28	-5.88	-5.83
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-8.58
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-9.35
baggioli	4	7.55	0.00	-6.60
apparecchi di appoggio	2	7.55	0.00	-6.98
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1639	3.28	0.00	-5.83
risultante intradosso plinto	3789	4.68	0.00	-4.36
risultante base muro frontale	1084	5.64	0.00	-5.55

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 14 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								q6.x		S.L.V.		q6.z	
	e3								q6.y					
Fx	9897	10457	9780	10340	9875	10434	9758	10317	15135	15368	6577	6811	6555	6788
Fy	320	320	-75	-76	288	288	-107	-108	141	141	4146	4146	116	115
Fz	43990	43574	43997	43580	43260	42843	43266	42850	29232	29059	29268	29094	31111	30938
Mx	6203	6193	2197	2186	9572	9561	5565	5555	1522	1517	20276	20272	1259	1254
My	-7676	-10311	-6960	-9594	-6133	-8767	-5416	-8051	-44403	-45501	-1294	-2392	1151	53

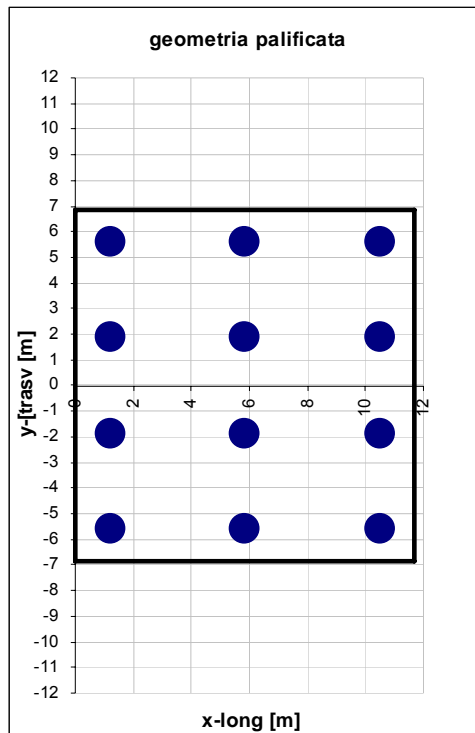
	S.L.car								S.L.E.			S.L.freq		S.L.qp		
	Fx	7265	7545	7187	7467	7207	7487	7129	7409	7239	7519	7213	7493	7181	7461	7155
Fy	223	222	-41	-41	82	82	-182	-182	135	134	47	46	-6	-6	-94	-94
Fz	32506	32298	32510	32302	29177	28969	29181	28973	32508	32299	32509	32301	29178	28970	29180	28971
Mx	4442	4437	1771	1766	-3948	-3954	-6619	-6625	3552	3546	2661	2656	-4844	-4844	-5729	-5734
My	-5154	-6471	-4677	-5994	717	-600	1195	-122	-4995	-6312	-4836	-6153	877	-441	1036	-281

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	long
1	1.20	5.63	-4.65	5.63	31.64	21.62
2	1.20	1.88	-4.65	1.88	3.52	21.62
3	1.20	-1.88	-4.65	-1.88	3.52	21.62
4	1.20	-5.63	-4.65	-5.63	31.64	21.62
5	5.85	5.63	0.00	5.63	31.64	0.00
6	5.85	1.88	0.00	1.88	3.52	0.00
7	5.85	-1.88	0.00	-1.88	3.52	0.00
8	5.85	-5.63	0.00	-5.63	31.64	0.00
9	10.50	5.63	4.65	5.63	31.64	21.62
10	10.50	1.88	4.65	1.88	3.52	21.62
11	10.50	-1.88	4.65	-1.88	3.52	21.62
12	10.50	-5.63	4.65	-5.63	31.64	21.62



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "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 Salso**
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
Pagina 15 di 77
Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

SFORZO NORMALE PALO	q1								q3							
	1	3730	3666	3643	3579	3824	3760	3737	3673	3631	3567	3544	3480	3701	3638	3614
2	3596	3533	3581	3517	3610	3547	3595	3531	3521	3457	3505	3441	3531	3468	3515	3452
3	3463	3399	3518	3455	3397	3334	3452	3389	3410	3347	3466	3403	3361	3298	3416	3353
4	3329	3266	3456	3393	3183	3120	3310	3247	3300	3237	3427	3364	3191	3128	3318	3255
5	3978	3957	3871	3850	4016	3995	3910	3889	3823	3802	3716	3695	3852	3831	3745	3724
6	3844	3823	3809	3788	3803	3782	3768	3747	3713	3692	3677	3657	3682	3661	3647	3626
7	3710	3690	3747	3726	3589	3569	3625	3605	3602	3582	3639	3618	3512	3491	3548	3527
8	3577	3556	3684	3664	3376	3355	3483	3463	3492	3472	3600	3579	3342	3321	3449	3428
9	4225	4247	4100	4121	4209	4230	4083	4105	4015	4036	3889	3911	4002	4024	3877	3898
10	4092	4113	4037	4059	3995	4017	3941	3962	3905	3926	3850	3872	3832	3854	3778	3799
11	3958	3980	3975	3997	3782	3803	3799	3820	3795	3816	3811	3833	3662	3684	3679	3701
12	3825	3846	3913	3935	3568	3590	3656	3678	3684	3706	3773	3794	3492	3514	3580	3602
Nmax	4225	4247	4100	4121	4209	4230	4083	4105	4015	4036	3889	3911	4002	4024	3877	3898
TAGLIO																
taglio Vx	851	879	841	869	848	876	838	866	820	848	810	838	818	846	808	836
taglio Vy	30	30	-3	-3	26	26	-7	-7	27	27	-6	-6	24	24	-9	-9
V	851	879	841	869	849	877	839	866	820	848	810	838	818	846	808	836

SFORZO NORMALE PALO	q4								q5							
	1	3635	3571	3548	3484	3705	3642	3618	3555	3668	3604	3523	3459	3738	3675	3593
2	3525	3461	3509	3445	3535	3472	3519	3456	3534	3471	3508	3444	3544	3481	3518	3455
3	3415	3351	3470	3407	3365	3302	3421	3357	3400	3337	3492	3429	3351	3288	3443	3380
4	3305	3241	3431	3368	3195	3132	3322	3259	3266	3203	3477	3414	3157	3094	3368	3305
5	3823	3802	3716	3695	3852	3831	3745	3724	3858	3837	3681	3660	3887	3866	3710	3689
6	3713	3692	3678	3657	3682	3661	3647	3626	3724	3704	3666	3645	3693	3673	3635	3614
7	3603	3582	3639	3618	3312	3491	3548	3527	3591	3570	3651	3630	3500	3479	3560	3539
8	3493	3472	3600	3579	3342	3321	3449	3429	3457	3436	3636	3615	3306	3285	3485	3464
9	4011	4032	3885	3907	3998	4020	3873	3894	4049	4070	3839	3861	4036	4058	3827	3848
10	3901	3922	3846	3868	3828	3850	3774	3795	3915	3937	3824	3846	3842	3864	3752	3774
11	3791	3812	3808	3829	3658	3680	3675	3697	3781	3803	3809	3831	3649	3671	3677	3699
12	3681	3702	3769	3791	3488	3510	3576	3598	3647	3669	3794	3816	3455	3477	3602	3624
Nmax	4011	4032	3885	3907	3998	4020	3873	3894	4049	4070	3839	3861	4036	4058	3827	3848
TAGLIO																
taglio Vx	818	846	808	836	816	844	806	834	819	847	803	831	817	845	801	829
taglio Vy	27	27	-6	-6	24	24	-9	-9	38	38	-17	-17	35	35	-20	-20
V	818	846	808	836	816	844	806	834	820	848	803	831	818	846	801	829

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3							S.L.V.								
	q6.x			q6.y				q6.z								
1	3625	3519	3538	3432	3695	3590	3608	3503	1283	1239	2945	2901	2657	2613		
2	3515	3409	3499	3393	3525	3420	3509	3404	1256	1212	2584	2540	2635	2591		
3	3404	3299	3460	3354	3355	3250	3410	3305	1229	1185	2224	2180	2612	2568		
4	3294	3189	3421	3316	3185	3080	3311	3206	1202	1158	1863	1820	2590	2546		
5	3831	3796	3725	3690	3860	3825	3754	3719	2477	2462	2980	2965	2626	2612		
6	3721	3686	3686	3651	3690	3655	3655	3620	2450	2435	2619	2605	2604	2589		
7	3611	3576	3647	3612	3520	3485	3556	3521	2422	2408	2259	2244	2581	2567		
8	3500	3466	3608	3573	3350	3315	3457	3423	2395	2381	1898	1884	2559	2545		
9	4038	4073	3912	3948	4025	4061	3900	3935	3670	3685	3014	3029	2595	2610		
10	3927	3963	3873	3909	3855	3891	3801	3837	3643	3658	2654	2669	2573	2588		
11	3817	3853	3834	3870	3685	3721	3702	3738	3616	3631	2294	2309	2550	2566		
12	3707	3743	3795	3831	3515	3551	3603	3639	3589	3604	1933	1948	2528	2543		
Nmax	4038	4073	3912	3948	4025	4061	3900	3935	3670	3685	3014	3029	2657	2613		
TAGLIO																
taglio Vx	825	871	815	862	823	870	813	860	1261	1281	548	568	546	566		
taglio Vy	27	27	-6	-6	24	24	-9	-9	12	12	346	346	10	10		
V	825	872	815	862	823	870	813	860	1261	1281	648	664	546	566		

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car							S.L.E.							S.L.freq							S.L.ap	
	1	2689	2636	2631	2578	2345	2292	2287	2234	2669	2617	2650	2597	2326	2273	2307	2254	2460	2416				
2	2610	2557	2599	2546	2416	2363	2405	2352	2606	2553	2603	2550	2412	2359	2409	2356	2457	2413					
3	2531	2478	2568	2515	2486	2433	2523	2470	2543	2490	2555	2503	2498	2445	2510	2458	2454	2410					
4	2452	2399	2536	2484	2556	2503	2640	2588	2480	2427	2508	2456	2584	2532	2612	2560	2451	2408					
5	2827	2810	2756	2739	2326	2309	2255	2238	2804	2786	2780	2763	2302	2285	2279	2261	2446	2431					
6	2748	2731	2725	2708	2396	2379	2373	2356	2741	2723	2733	2715	2389	2371	2381	2363	2443	2429					
7	2669	2652	2693	2676	2466	2449	2491	2473	2677	2660	2685	2668	2475	2457	2483	2465	2440	2426					
8	2590	2573	2662	2645	2537	2519	2608	2591	2614	2597	2638	2621	2561	2543	2584	2567	2437	2423					
9	2966	2984	2882	2900	2307	2325	2223	2241	2938	2956	2910	2928	2279	2297	2251	2269	2432	2447					
10	2887	2905	2851	2869	2377	2395	2341	2359	2875	2893	2863	2881	2365	2383	2353	2371	2429	2444					
11	2808	2826	2819	2837	2447	2465	2458	2477	2812	2830	2815	2834	2451	2469	2455	2473	2426	2441					
12	2729	2747	2788	2806	2517	2536	2576	2594	2749	2767	2768	2786	2537	2555	2557	2575	2424	2439					
Nmax	2966	2984	2882	2900	2556	2536	2640	2594	2938	2956	2910	2928	2584	2555	2612	2575	2460	2447					
TAGLIO																							
taglio Vx	605	629	599	622	601	624	594	617	603	627	601	624	598	622	596	620	522	541					
taglio Vy	19	19	-3	-3	7	7	-15	-15	11	11	4	4	0	-1	-8	-8	1	1					
V	606	629	599	622	601	624	594	618	603	627	601	624	598	622	596	620	522	541					

RIEPILOGO

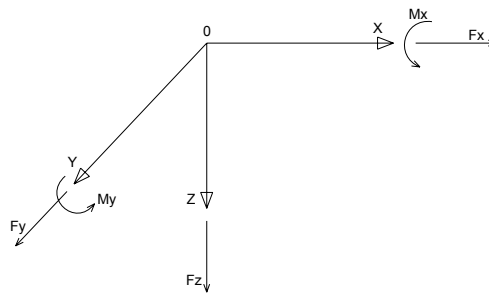
Nmax	4247	SLU	4247	SLV	3685	SLE	2984	kN
Nmin	1158		3080		1158		2984	kN
Vmax	1281		879		1281		629	kN

3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

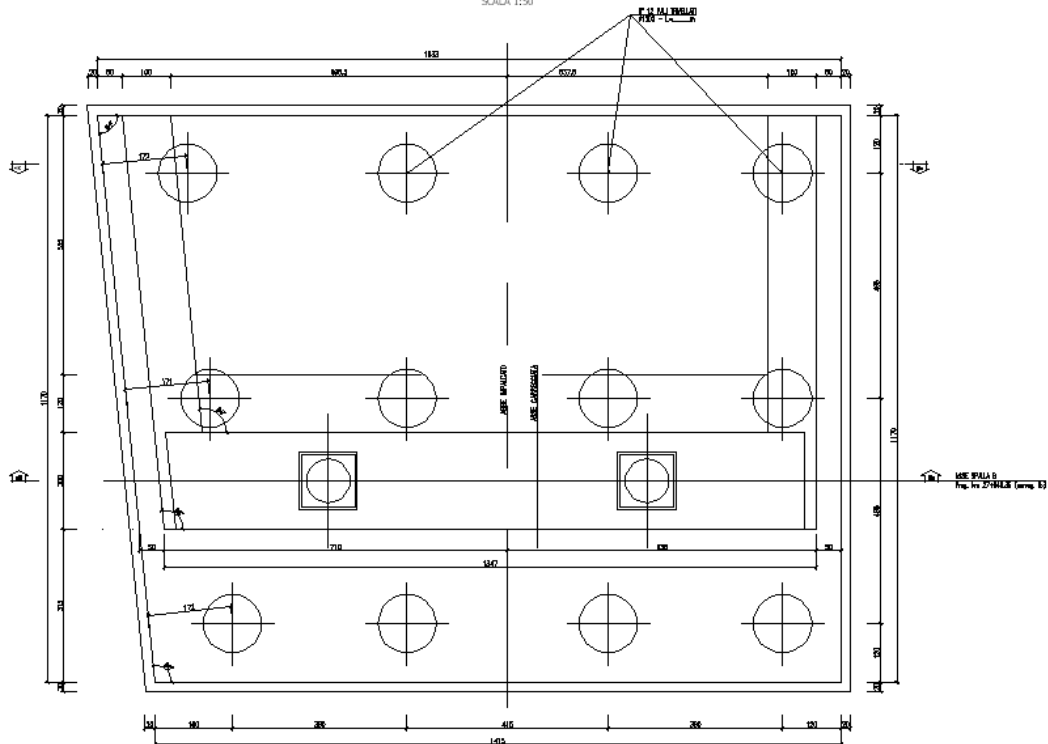
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla B della carreggiata sinistra.

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.

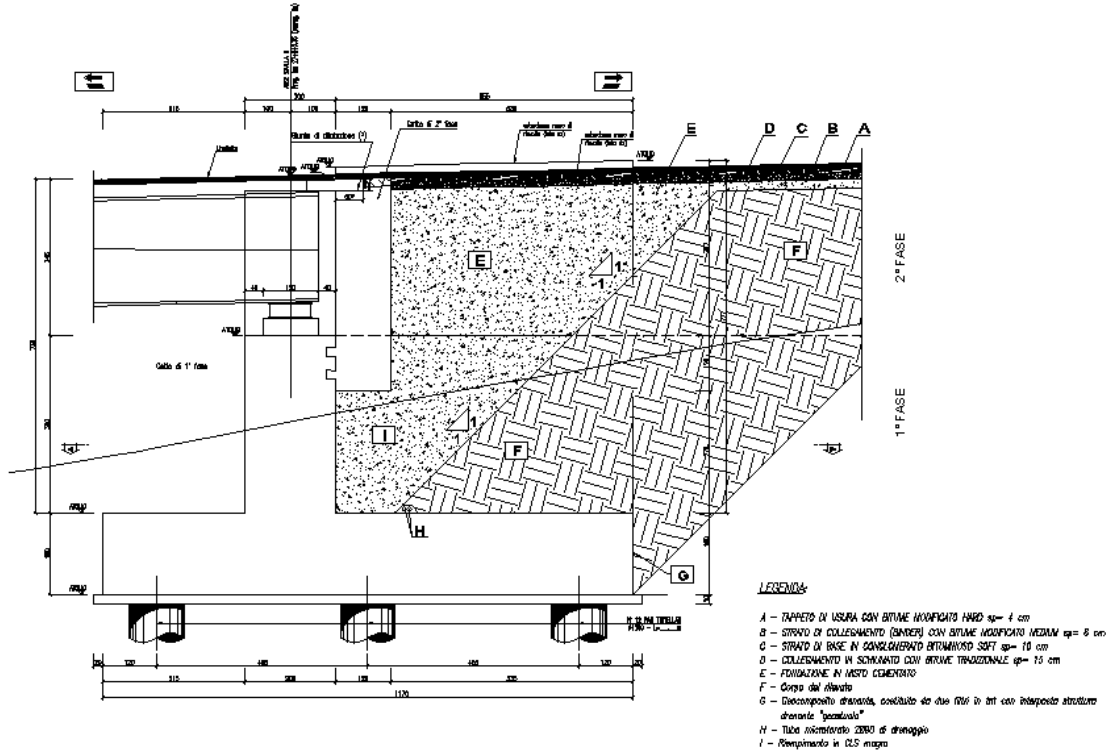
Le azioni orizzontali (F_x ed F_y) e verticali (F_z) si assumono positive se di verso concorde con quello degli assi. Si indicheranno inoltre con M_x i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse x (momenti trasversali) e con M_y (momenti longitudinali) i momenti aventi asse-momento parallelo all'asse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



CARPENTERIA SPALLA SpB (Carreggiata Sx)
 SEZIONE B-B'
 SCALA 1:50



CARPENTERIA SPALLA SpB. (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	11.70	14.15	1.80	-	298.0	5.85	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	8.75	3.90	-	68.3	7.55	0.00	-3.75
muro paraghiaia	1	1.20	8.75	4.50	-	47.3	5.95	0.00	-6.75
muro laterale sx	1	6.55	1.00	7.70	-	50.4	3.28	3.88	-5.65
muro laterale dx	1	6.55	1.00	7.70	-	50.4	3.28	-3.88	-5.65
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	3.63	-8.23
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-3.88	-9.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.25	-	0.61	7.55	0.00	-5.83
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	7.55	0.00	-6.13
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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 18 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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	=	7.55 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-6.13 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	34	9	2255	10	34	peso proprio impalcato
g2	10	2	675	70	28	permanenti portati
e2	39	11	-292	15	38	ritiro
e3.6	153	39	219	44	152	temperatura - massima azione verticale
e3.8	477	119	-170	126	475	temperatura - massima azione trasversale
q1.1	16	14	2127	73	37	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	9	9	1624	5588	1343	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	30	7	1	8	30	frenatura
q4	10	3	0	3	10	azione centrifuga
q5	31	204	1	688	148	azione del vento trasversale
q6.1x	764	188	-61	402	790	sisma longitudinale
q6.1y	255	337	-31	1096	304	sisma trasversale
q6.1z	231	111	-54	335	243	sisma verticale
q7	29	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 (g_1), carichi di superficie (g_2 , g_3 , $q_{1,t}$, $q_{6.1}$, $q_{6.2-ter}$) e accelerazioni ($q_{6.2-sp}$).

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g_1)

γ_{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7450.0 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	1706.3 kN	muro frontale
g1.3	=	1181.3 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1260.9 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1260.9 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	15.1 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	=	12884.6 kN	azione verticale
x	=	5.58 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-2.75 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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 19 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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	=	612.8 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	11030.1 kN	peso del terreno
x	=	3.28 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.65 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	=	10.20	8.4	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	8.75	8.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	3493.8	2369.5	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.40	-4.60	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	=	10.20	8.40	m	altezza di spinta terreno
B	=	8.75	8.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	761.2	626.8	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.10	-6.00	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale					
Bx	=	6.55	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	1146.3	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	3.28	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 20 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici

a_g	=	0.098 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}	=	0.147 g	accelerazione massima
K_h	=	0.147	coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.074	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	=	10.20	8.40	m	altezza di spinta terreno
B	=	8.75	8.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP		2408.8	1633.6		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile					
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a monte
β	=	0	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della superficie del terrapieno
δ	=	0	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
θ	=	7.80	7.80	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	=	0.806	0.806		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	=	0.636	0.636		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	5594	3794	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	2099.9	1424.1	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato					
ΔP	=	2408.8	1633.6	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	6.55	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-5.10	-6.00	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	1095	5.85	0.00	-0.90
muro frontale	251	7.55	0.00	-3.75
paraghiaia	174	5.95	0.00	-6.75
muro laterale sx	185	3.28	3.88	-5.65
muro laterale dx	185	3.28	-3.88	-5.65
bandiera sx	0	-1.40	3.63	-8.23
bandiera dx	0	-0.50	-3.88	-9.00
baggioli	2	7.55	0.00	-5.83
apparecchi di appoggio	2	7.55	0.00	-6.13
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	1621	3.28	0.00	-5.65
risultante intradosso plinto	3515	4.52	0.00	-4.09
risultante base muro frontale	799	5.20	0.00	-5.28

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 23 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

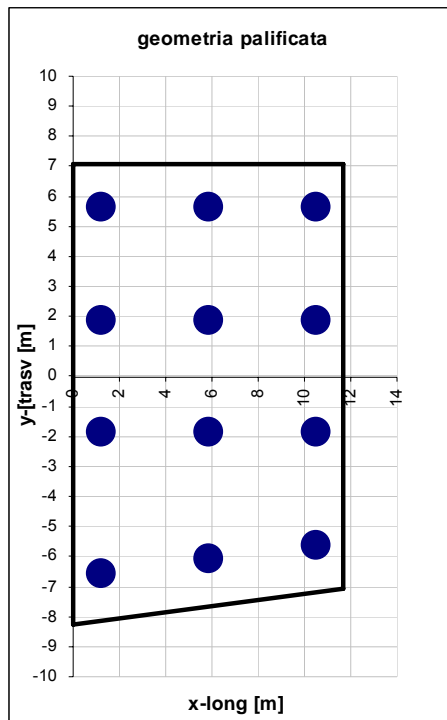
	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
Fx	4288	4463	4252	4446	4269	4464	4232	4427	4276	4471	4264	4458	4257	4451	4245	4439	3672	3634
Fy	179	226	-67	-19	162	210	-83	-36	97	145	15	63	80	128	-1	46	42	82
Fz	29140	28906	29139	28905	26327	26093	26326	26092	29139	28906	29139	28905	26326	26093	26326	26092	26662	26468
Mx	5087	5400	2758	3071	411	724	-1918	-1605	4310	4624	3534	3847	-365	-52	-1142	-828	3487	3749
My	10766	10166	10816	10216	14632	14032	14682	14082	10783	10183	10799	10199	14649	14049	14665	14065	14364	13864

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	5.63	-4.65	5.74	32.97	21.62
2	1.20	1.88	-4.65	1.99	3.97	21.62
3	1.20	-1.88	-4.65	-1.76	3.09	21.62
4	1.20	-6.56	-4.65	-6.44	41.49	21.62
5	5.85	5.63	0.00	5.74	32.97	0.00
6	5.85	1.88	0.00	1.99	3.97	0.00
7	5.85	-1.88	0.00	-1.76	3.09	0.00
8	5.85	-6.09	0.00	-5.98	35.72	0.00
9	10.50	5.63	4.65	5.74	32.97	21.62
10	10.50	1.88	4.65	1.99	3.97	21.62
11	10.50	-1.88	4.65	-1.76	3.09	21.62
12	10.50	-5.63	4.65	-5.51	30.34	21.62



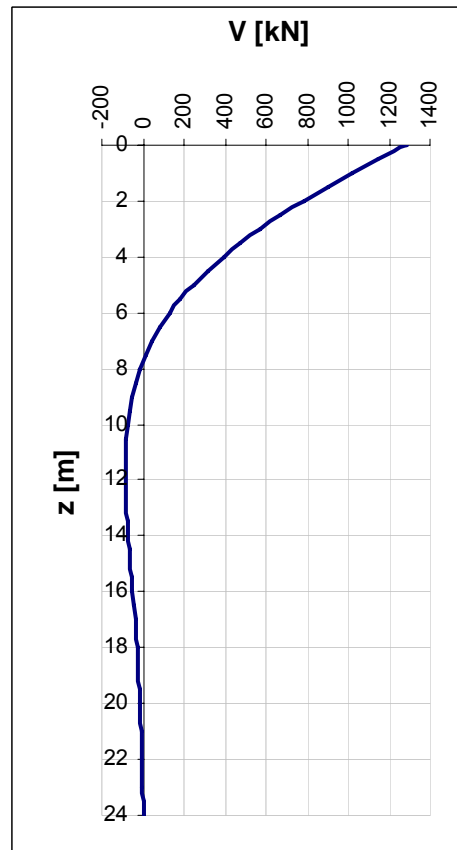
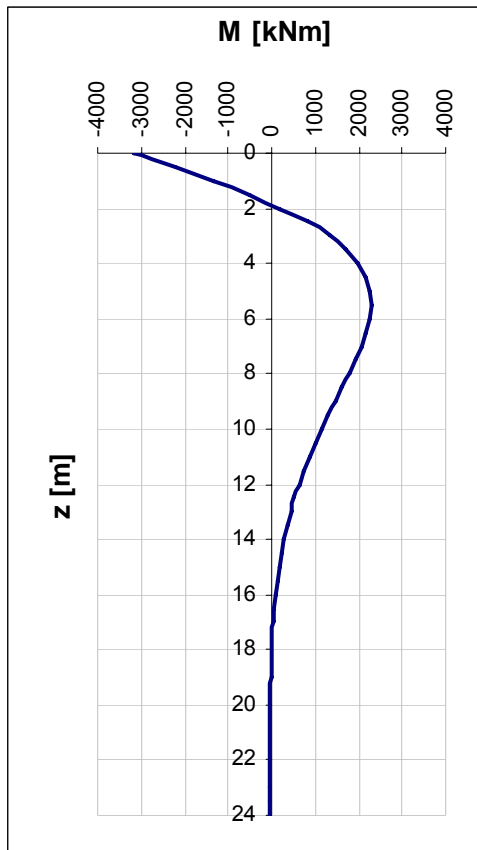
4 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A

4.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

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

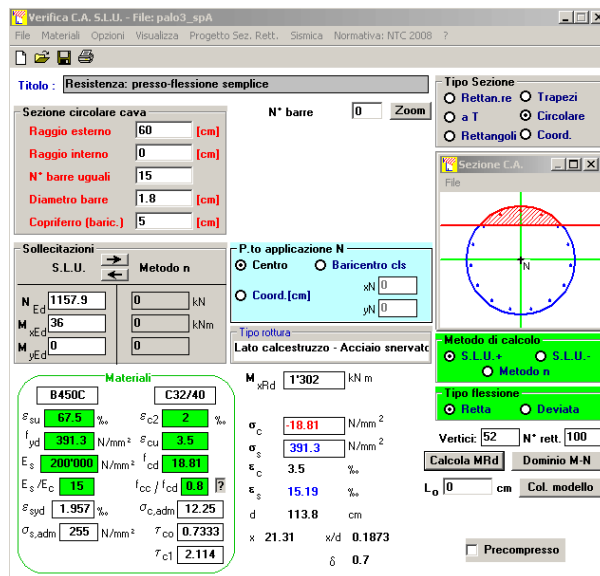
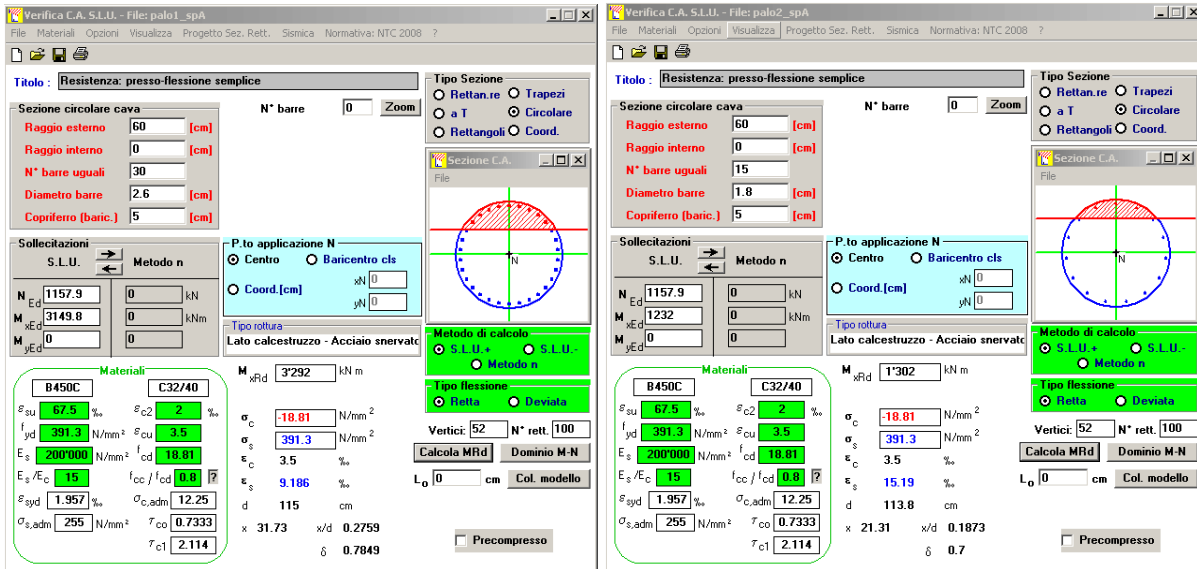
E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0.1018 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	1280.7 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	3149.8 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	11.13 mm	spostamento massimo in testa
z2	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z2)	=	1232.0 kNm	momento flettente alla profondità z2
z3	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z3)	=	-36.0 kNm	momento flettente alla profondità z3



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

La prima gabbia viene armata con 30 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, 20.7 m).



	Z _{in} [m]	Z _{in} [m]	c' [cm]	Φ [mm]	n	s [cm]	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [kN]	M _{res} [kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	5	26	30	11.5	3149.8	1157.9	3292.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	15	23.0	1232.0	1157.9	1302.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	15	23.0	36.0	1157.9	1302.0	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 27 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

4.1.2 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

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

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

dove:

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

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

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

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 28 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Sollecitazioni

V	=	1280.7 kN	taglio di calcolo
N	=	1157.9 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

Ø _w	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	150 mm	passo staffe in direzione longitudinale
n _{br}	=	2	numero bracci
A _{sw}	=	307.9 mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg ϑ	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	1.024 MPa	tensione media calcestruzzo
α _c	=	1.05	
V _{Rsd}	=	1600.4 kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	2944.1 kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1600.4 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.25	

4.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali molto aggressive
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

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

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

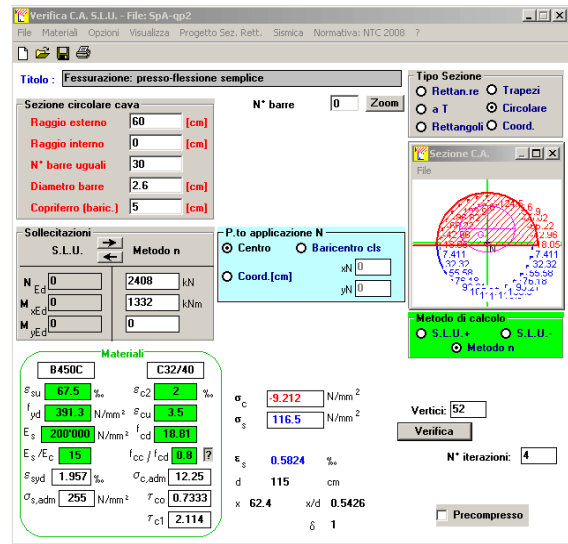
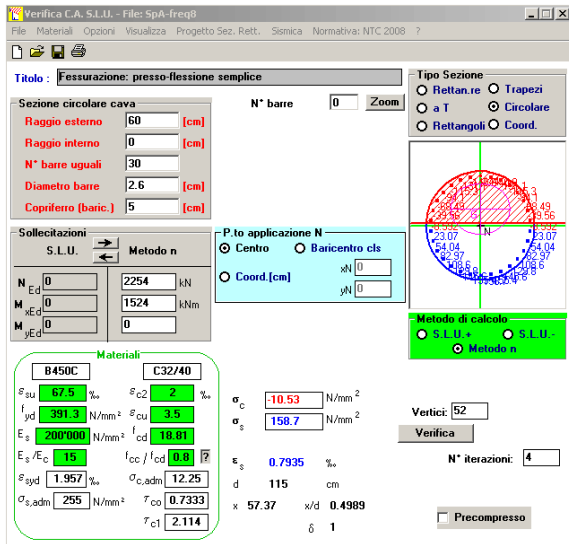
σ_s [MPa]	w1=0.20 mm					w1=0.20 mm				
	\emptyset									
160	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
240	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
280	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sollecitazioni agenti

	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
L0	=	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	m	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	
N	=	2480	2427	2508	2456	2279	2273	2251	2254	2424	2408	kN
V	=	603	627	601	624	598	622	596	620	522	541	kN
M _{max}	=	1484	1541	1478	1536	1472	1529	1467	1524	1284	1332	kN*m
$\sigma_{s,max}$	=	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	MPa
$\sigma_{sd,max}$	=	-	-	-	-	-	-	-	159	-	117	MPa
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

combinazione

lunghezza elastica del palo
 altezza tratto libero
 sforzo assiale
 taglio alla testa del palo
 massimo momento flettente
 tensione massima nell'acciaio da normativa
 tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo



4.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

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

Materiali

Rck	=	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	33.20	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{yk}	=	450.0	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

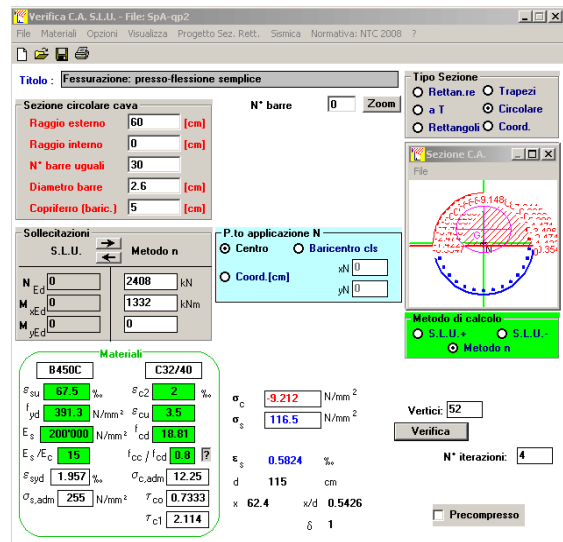
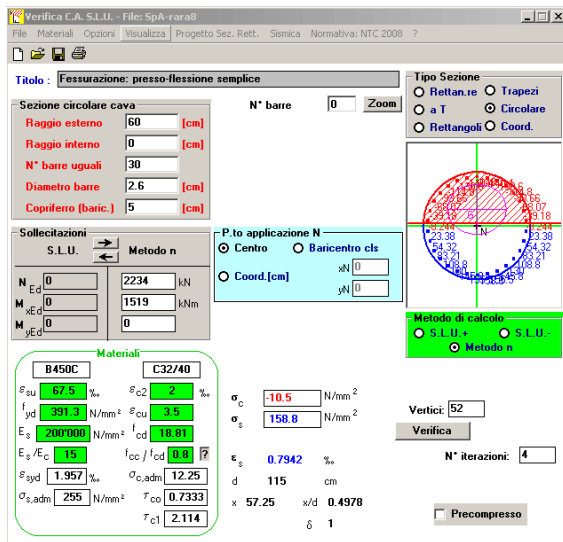
	rara1	rara2	rara3	rara4	rara5	rara6	rara7	rara8	qp1	qp2			
Sollecitazioni agenti													
L0	=	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	m	lunghezza elastica del palo	
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero	
N	=	2452	2399	2536	2484	2307	2292	2234	2424	2408	kN	sforzo assiale	
V	=	606	629	599	622	601	624	594	618	522	kN	taglio alla testa del palo	
M _{max}	=	1490	1547	1473	1530	1477	1534	1462	1519	1284	1332	kN*m	massimo momento flettente

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$\sigma_{c,max}$	=	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	14.94	14.94	[MPa]	massima tensione del cls da normativa	
$\sigma_{c,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	10.50	-	9.21	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio

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	
$\sigma_{s,Sd}$	=	-	-	-	-	-	-	-	159		159	[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 31 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	20	20,9	20,6	20
γ_{sat} (kN/m ³)	20	20,9	20,6	20
coesione non dren. c_u (kPa)	40	243	250	250
coesione dren. c' (kPa)	10	19	35	43
angolo attrito ϕ' (°)	22	24	23	21

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

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

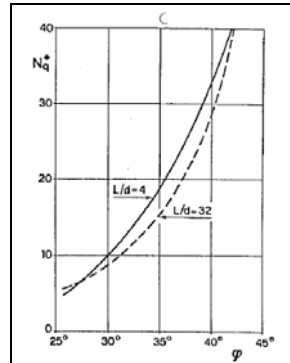
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i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

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

Il coefficiente di tensione orizzontale k è stato determinato con la formula di Jacky: $k = 1 - \sin \phi'$, 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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 32 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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.

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	7.5	6.9	7.1	7.8

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata la presenza di falda contenuta negli strati alluvionali e argillosi alterati. In particolare, per la spalla in esame, il tetto della falda è posto a -4m dal p.c. e il letto della falda 2m sotto il tetto dell'unità geotecnica TRV_2a.

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	TF1	10	0	10
2° strato	TRV1	5	10	15
3° strato	TRV_2a	5	15	20
4° strato	TRV_2b	25	20	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_{M_i} e γ_{F_j} , 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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 33 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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_f (o γ_{fb})	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 compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	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 $\gamma_p = \gamma_{c.a} - \gamma_t$).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 34 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite	
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Q _{lim_d}	Q _{lim_u}
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla A	4240.20	3675.90	1.2	12	25	179.40	4774.18	5339.20

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

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

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diametro palo
L	=	25.00 m	lunghezza palo
M _y	=	3292.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c _u	=	192.6 kPa	coesione non drenata

palo corto

Q _{lim,1}	=	48257.9 kN	carico limite per palo corto
M _{max}	=	646655.3 kNm	momento massimo

palo intermedio

Q _{lim,2}	=	18171.7 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M _{max}	=	108791.3 kNm	momento massimo

palo lungo

Q _{lim,3}	=	2690.8 kN	carico limite per palo lungo
--------------------	---	-----------	------------------------------

MR	=	PALO LUNGO	meccanismo di rottura
Q _{lim,m}	=	2690.8 kN	carico limite (valore medio)
ξ ₃	=	1.55	fattore di correlazione
Q _{lim,k}	=	1736.0 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ _T	=	1.30	coefficiente parziale
Q _{lim,d}	=	1335.4 kN	carico limite (valore di progetto)
F _h	=	1280.7 kN	azione trasversale testa palo
FS	=	1.04	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 35 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

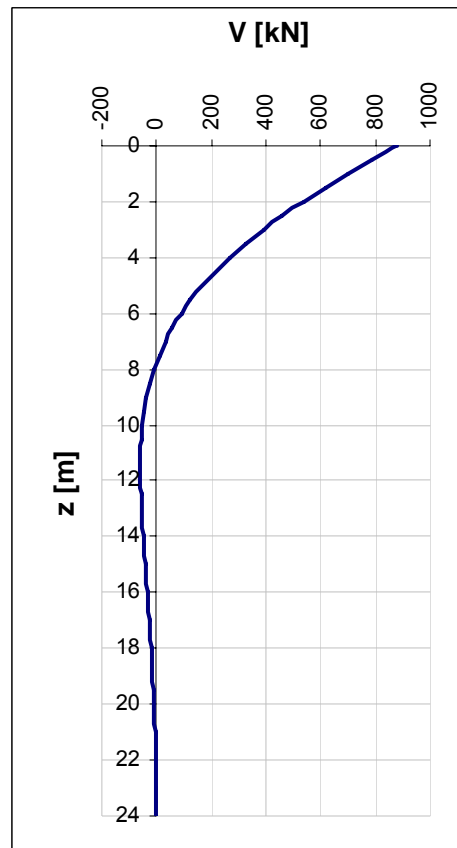
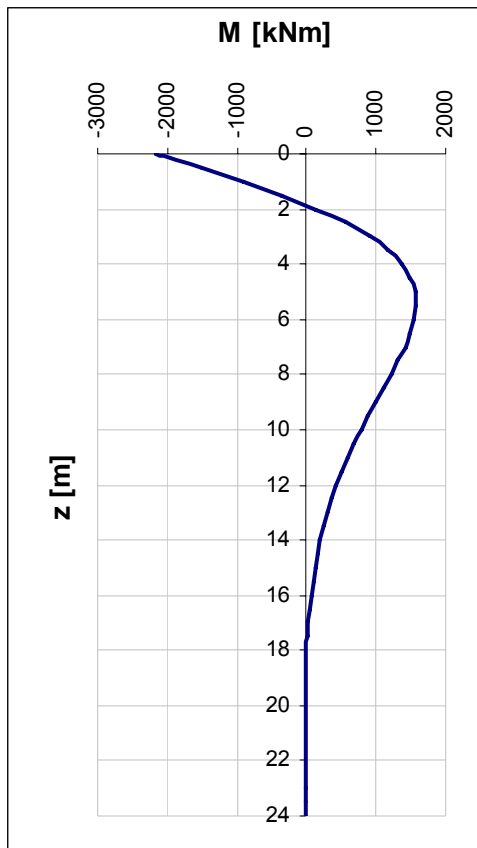
5 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

5.1 VERIFICHE STRUTTURALI

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

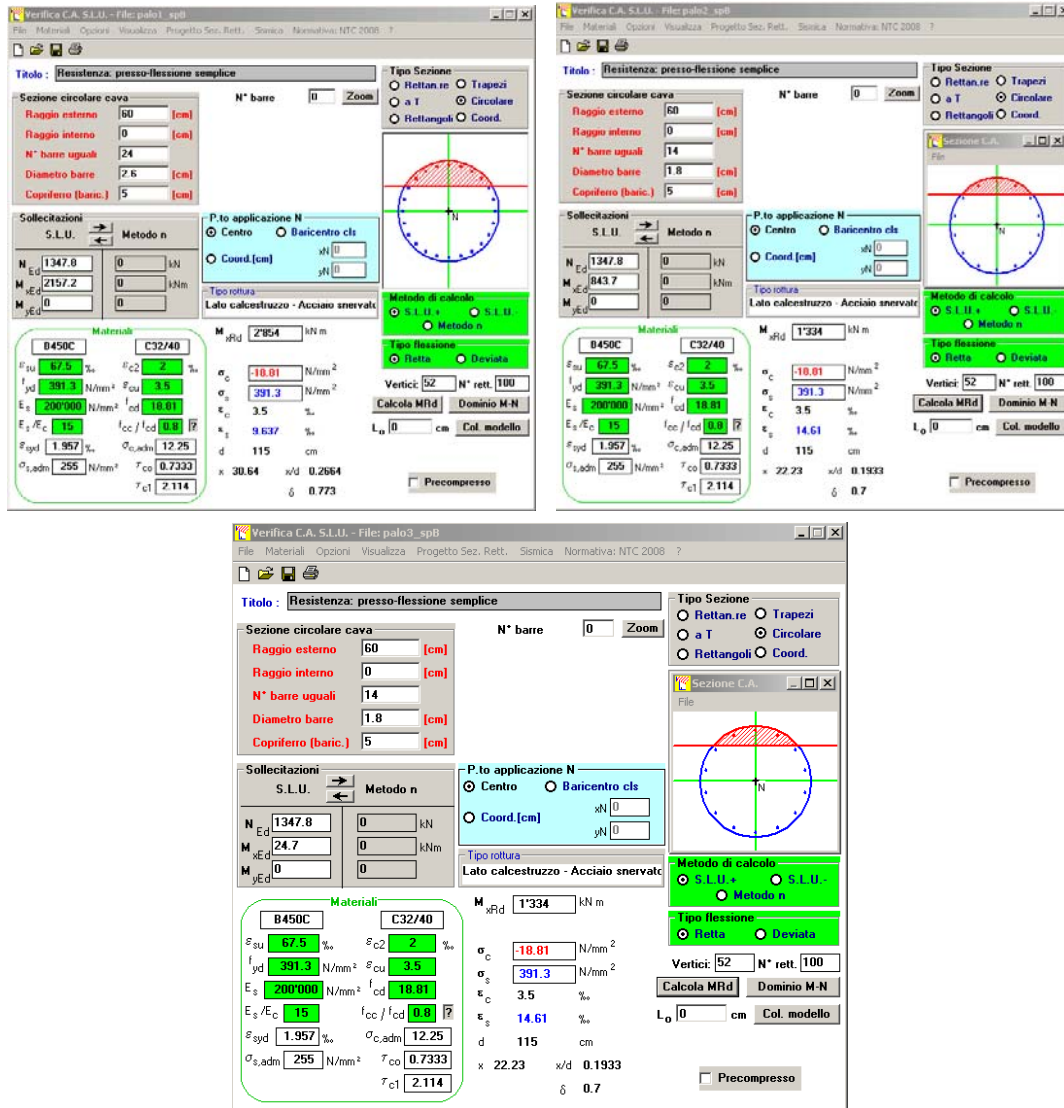
Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli di dimensionamento e verifica.

E	=	33643 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0.1018 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L ₀	=	4.92 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	877.1 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2157.2 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	7.62 mm	spostamento massimo in testa
z ₂	=	9.70 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z ₂)	=	843.7 kNm	momento flettente alla profondità z ₂
z ₃	=	20.7 m	profondità di calcolo momento flettente
M(z ₃)	=	-24.7 kNm	momento flettente alla profondità z ₃



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

La prima gabbia viene armata con 24 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 14 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, 20.7m).



	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	24	14.4	2157.2	1347.8	2854.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	14	24.7	843.7	1347.8	1334.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	14	24.7	24.7	1347.8	1334.0	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 37 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

5.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

D : diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

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

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 38 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Sollecitazioni

V	=	877.1 kN	taglio di calcolo
N	=	1347.8 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

∅ _w	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	200 mm	passo staffe in direzione longitudinale
n _{br}	=	2	numero bracci
A _{sw}	=	307.9 mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ _{cp}	=	1.192 MPa	tensione media calcestruzzo
α _c	=	1.06	
V _{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	2969.0 kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.37	

5.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali molto aggressive
 armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

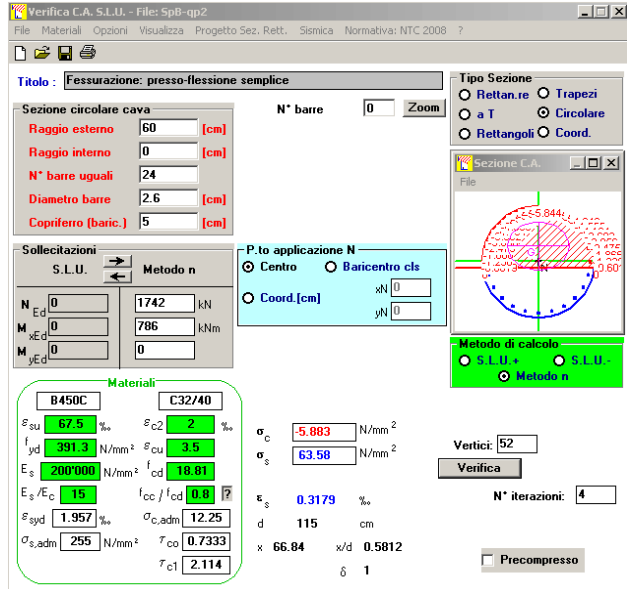
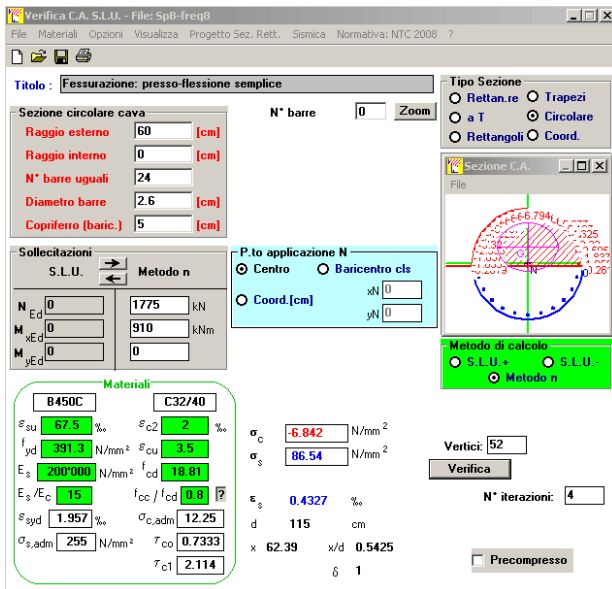
σ_s [MPa]	w1=0.20 mm								w1=0.20 mm	
	\varnothing									
160	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
200	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
240	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
280	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
320	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w1=0.20 mm								w1=0.20 mm	
	\varnothing									
160	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
200	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
240	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
280	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sollecitazioni agenti

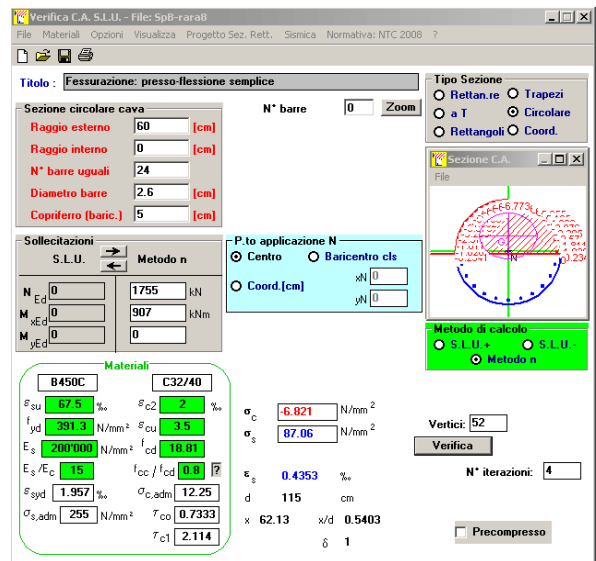
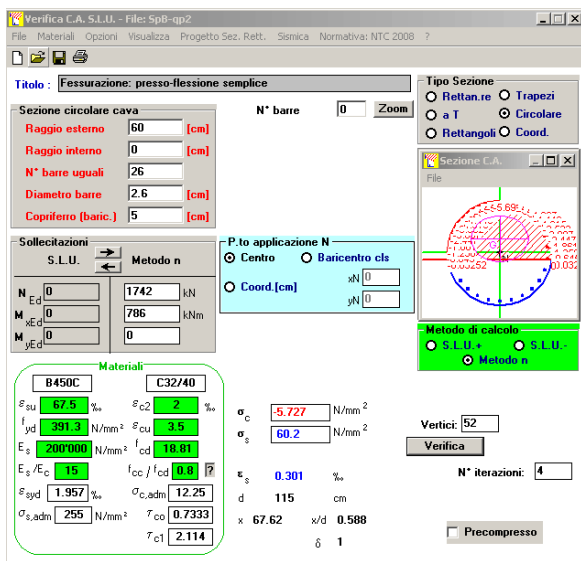
	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2	
L0	= 4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	m
h	= 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m
N	= 2034	2023	2052	2042	1791	1795	1771	1775	1751	1742	kN
V	= 356	373	355	372	355	371	354	370	306	320	kN
M _{max}	= 877	917	874	914	873	913	870	910	753	786	kN*m
$\sigma_{s,max}$	= 160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	MPa
$\sigma_{sd,max}$	=	-	-	-	-	-	-	86	-	64	MPa
	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
											lunghezza elastica del palo
											altezza tratto libero
											sforzo assiale
											taglio alla testa del palo
											massimo momento flettente
											tensione massima nell'acciaio da normativa
											tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo



5.1.4 S.L.E. – Limitazione delle tensioni

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

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2		
					rara5	rara6						
Sollecitazioni agenti												
L0	=	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	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	=	2016	2005	2071	2060	1791	1780	1751	1751	1742	kN	sforzo assiale
V	=	358	374	354	371	356	372	353	369	306	kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	880	920	871	911	876	916	868	907	753	kN*m	massimo momento flettente
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio												
σ _{c,max}	=	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	19.92	14.94	14.94	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ _{c,Sd}	=	-	-	-	-	-	-	-	6.82	-	5.72	[MPa] tensione di calcolo del cls in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio												
σ _{s,max}	=	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
σ _{s,Sd}	=	-	-	-	-	-	-	-	87			[MPa] tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 41 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

5.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
peso secco gamma_d (kN/m ³)	20	20.9	20.6	20
gamma_sat (kN/m ³)	20	20.9	20.6	20
coesione non dren. cu (kPa)	40	243	250	250
coesione dren. c' (kPa)	10	19	35	43
angolo attrito phi' (°)	22	24	23	21

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

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

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

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

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

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

in condizioni non drenate, e come:

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

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

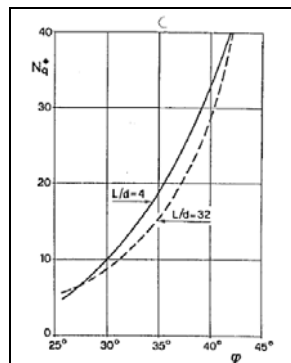
in condizioni drenate. In queste equazioni, si sono indicate rispettivamente con σ_{vL} e con σ_{vL}' la tensione totale ed efficace agenti in sito alla quota della punta del palo. I valori assunti per il coefficiente di adesione α sono stati ricavati in funzione della coesione non drenata secondo i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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 42 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



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

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

	TF1	TRV1	TRV_2a	TRV_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	7.5	6.9	7.1	7.8

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata la presenza di falda contenuta negli strati alluvionali e argillosi alterati. In particolare, per la spalla in esame, il tetto della falda è posto a -4m dal p.c. e il letto della falda 2m sotto il tetto dell'unità geotecnica TRV_2a.

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	TF1	12	0	12
2° strato	TRV1	5	12	17
3° strato	TRV_2a	5	17	22
4° strato	TRV_2b	23	22	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 43 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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	lunghezza palo	PP. Compensato	Qlim_d	Qlim_u
	kN	kN	m		m	kN	kN	kN
spalla B	4111.70	3103.30	1.2	12	25	179.40	4690.29	5051.56

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 44 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

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

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

CALCOLO DEL CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN TERRENI COESIVI

D	=	1.20 m	diámetro palo
L	=	25.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2854.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	192.6 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	48257.9 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	646655.3 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	18147.0 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M_{max}	=	108969.7 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2401.2 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2401.2 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.55	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1549.1 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1191.6 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	877.1 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.36	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 45 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

6 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

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

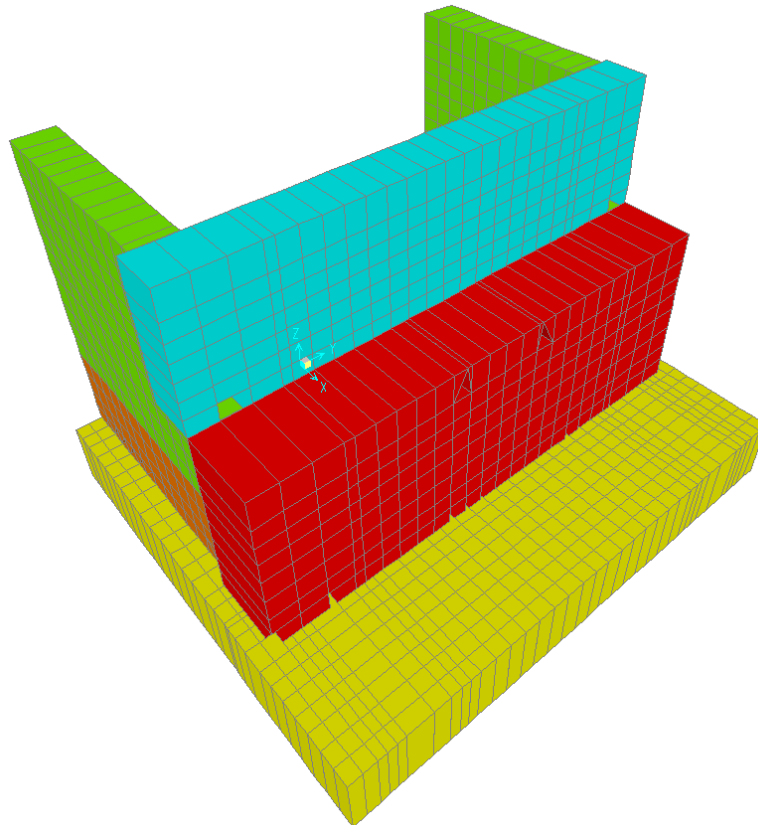
6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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

Lo schema statico appena descritto è stato risolto mettendo a punto un modello numerico agli elementi finiti che, con buona approssimazione, riproduce l'effettiva geometria e la effettiva distribuzione delle 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	11.70	13.75	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	4.60
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	4.65
muro laterale sx	1	6.55	1.00	8.05
muro laterale dx	1	6.55	1.00	8.05
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.40
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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 47 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	S.L.U.								q5								
g1-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g1-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-imp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g2-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
g3-sp	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
e2-imp	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
e3-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.y		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

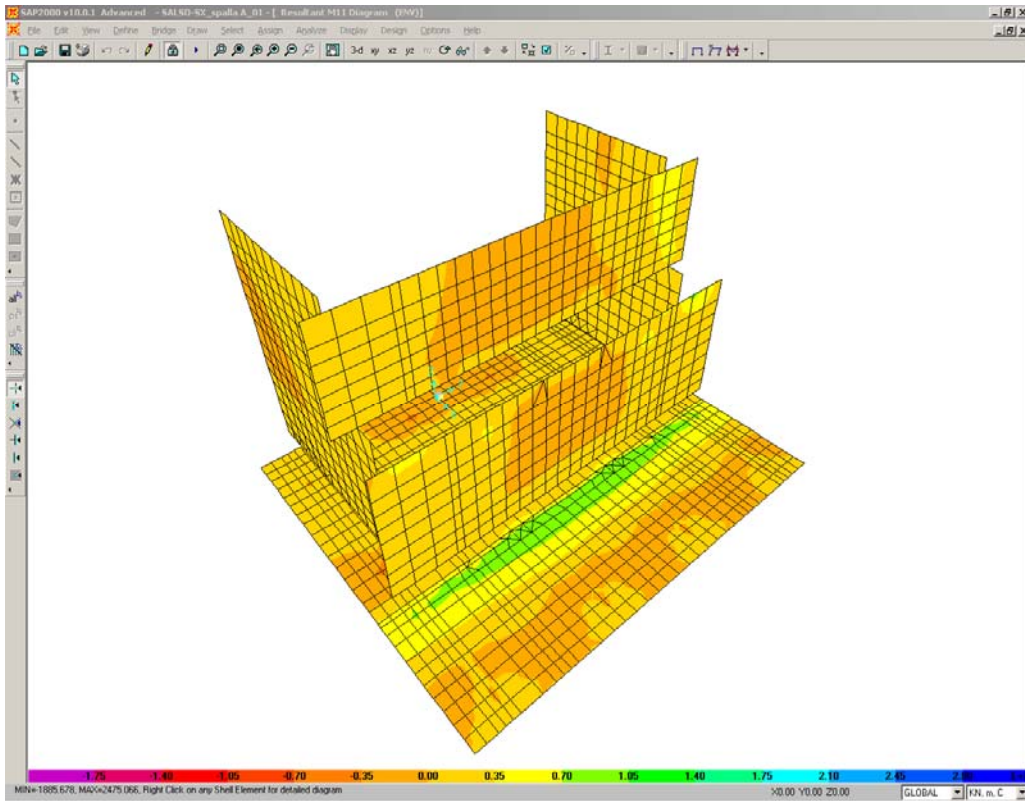
	S.L.car								S.L.E.								S.L.freq		S.L.qp				
g1-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g1-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-imp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g2-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
g3-sp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1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

6.4 SOLLECITAZIONI

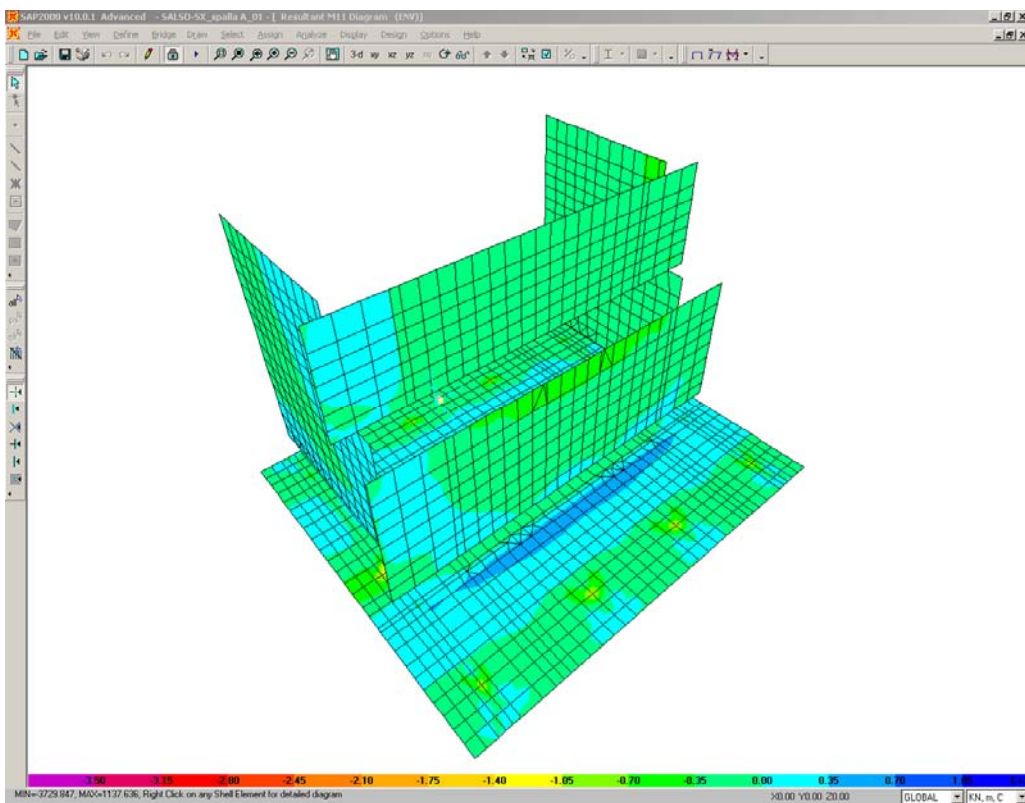
Si riportano di seguito le schermate delle sollecitazioni risultanti (M11max, M11min, M22max, M22min, V13max, V13min, V23max, V23min) per l'involuppo delle combinazioni relative allo stato limite ultimo ed allo stato limite di salvaguardia della vita, necessarie per il dimensionamento dell'armatura a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

Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragonata risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, il momento della combinazione sismica valutato in corrispondenza dell'incastro con il muro frontale risulta maggiore di quello della combinazione statica valutato nel medesimo punto.

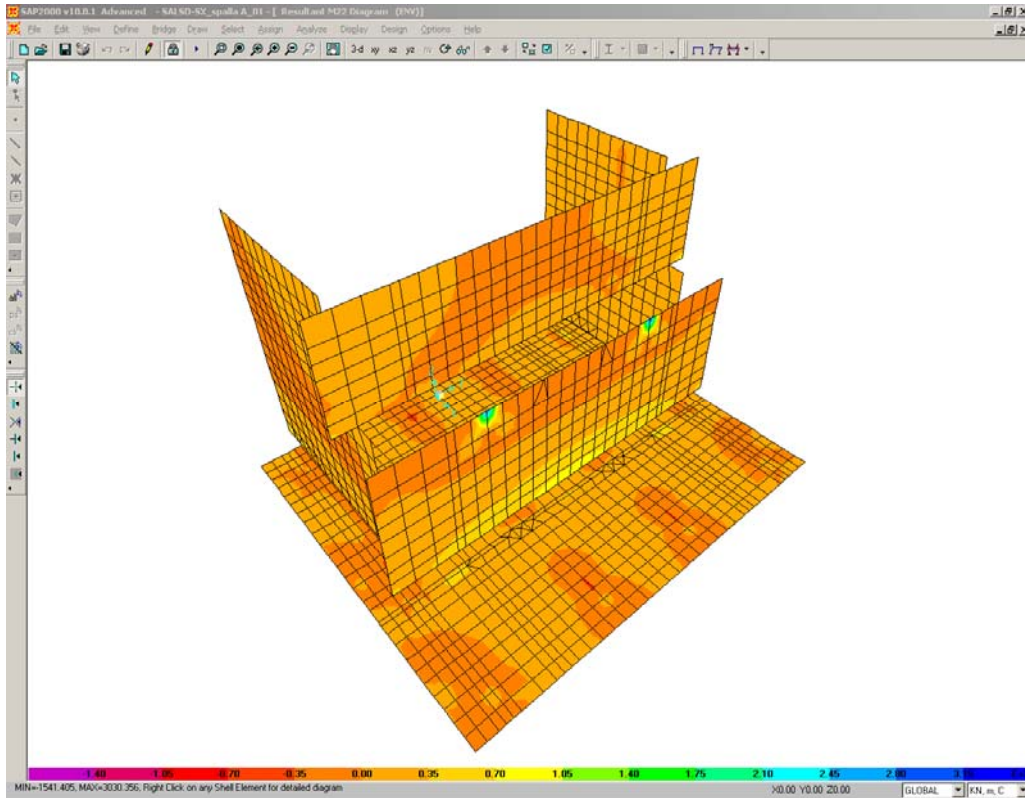
S.L.U.- fren	M(g3)	37.3 kN*m	S.L.V.	M(g3)	27.6 kN*m
	M(q3)	111.1 kN*m		M(q6.1)	26.1 kN*m
	Mtot	148.4 kN*m		M(q6.2)	221.7 kN*m
				Mtot	275.4 kN*m



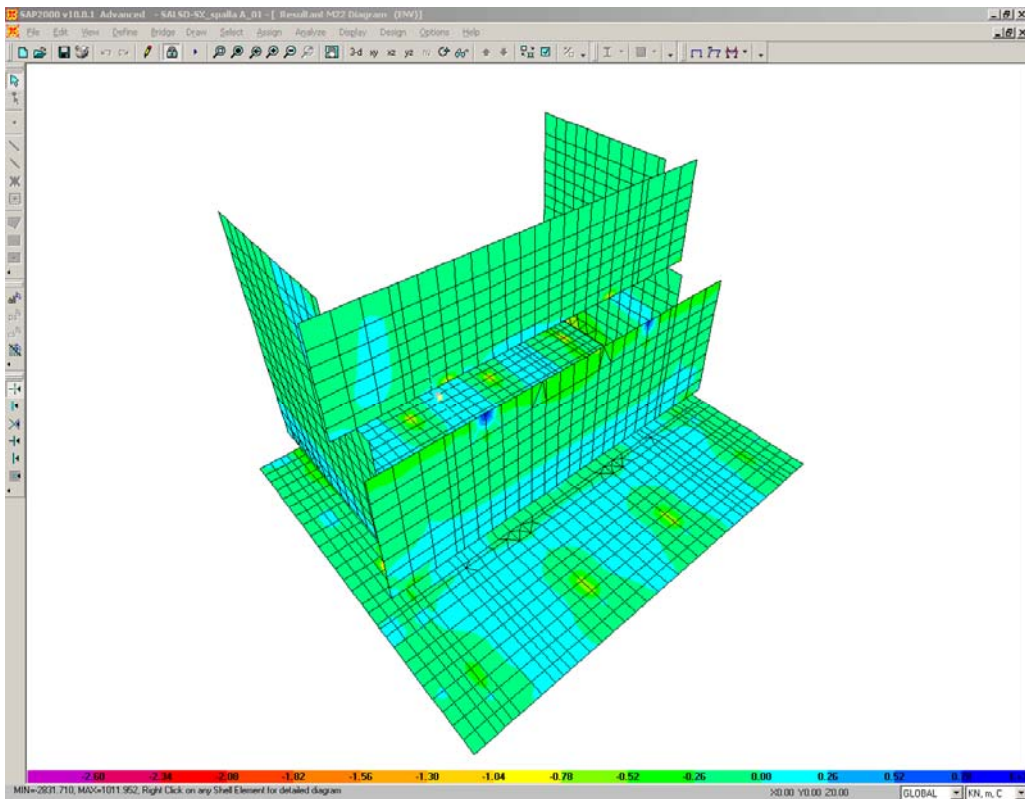
M11max



M11min



M22max



M22min

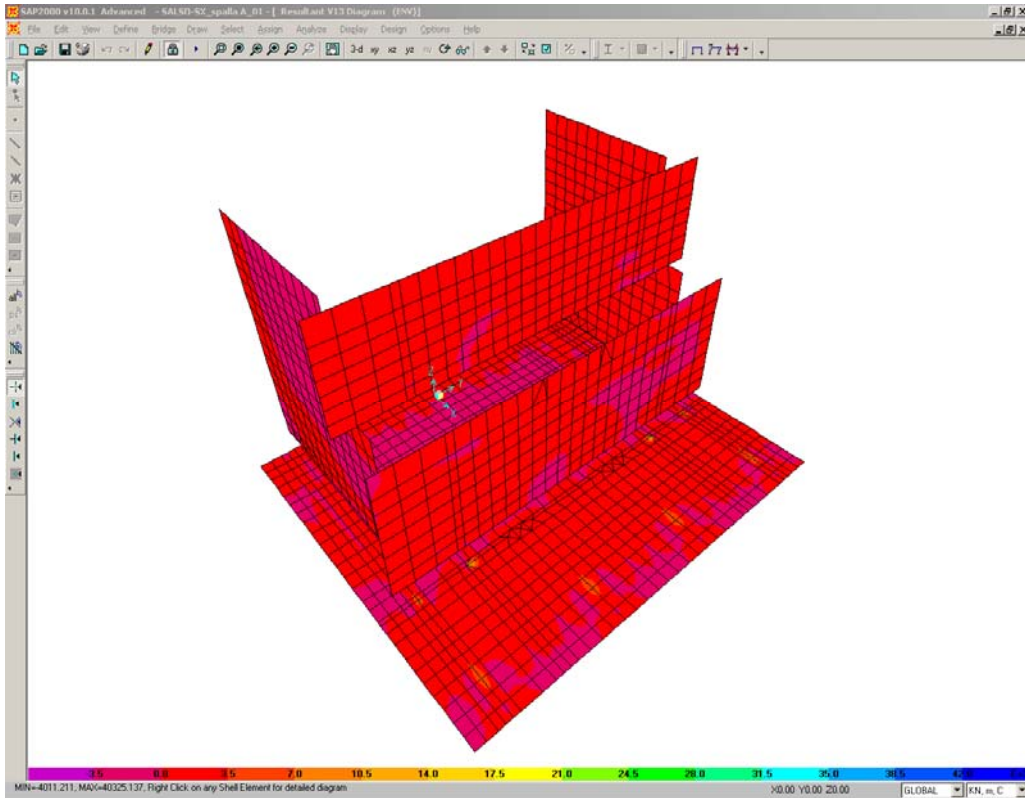
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto Salso**

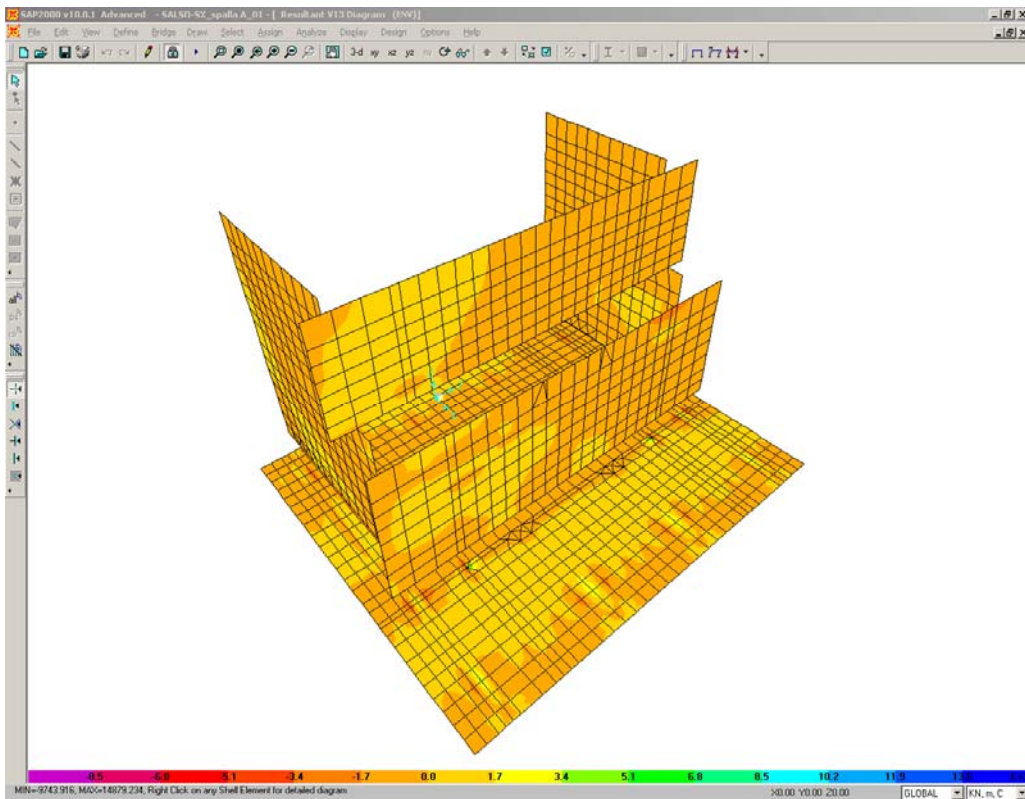
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx

Pagina 50 di 77

Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



V13max



V13min

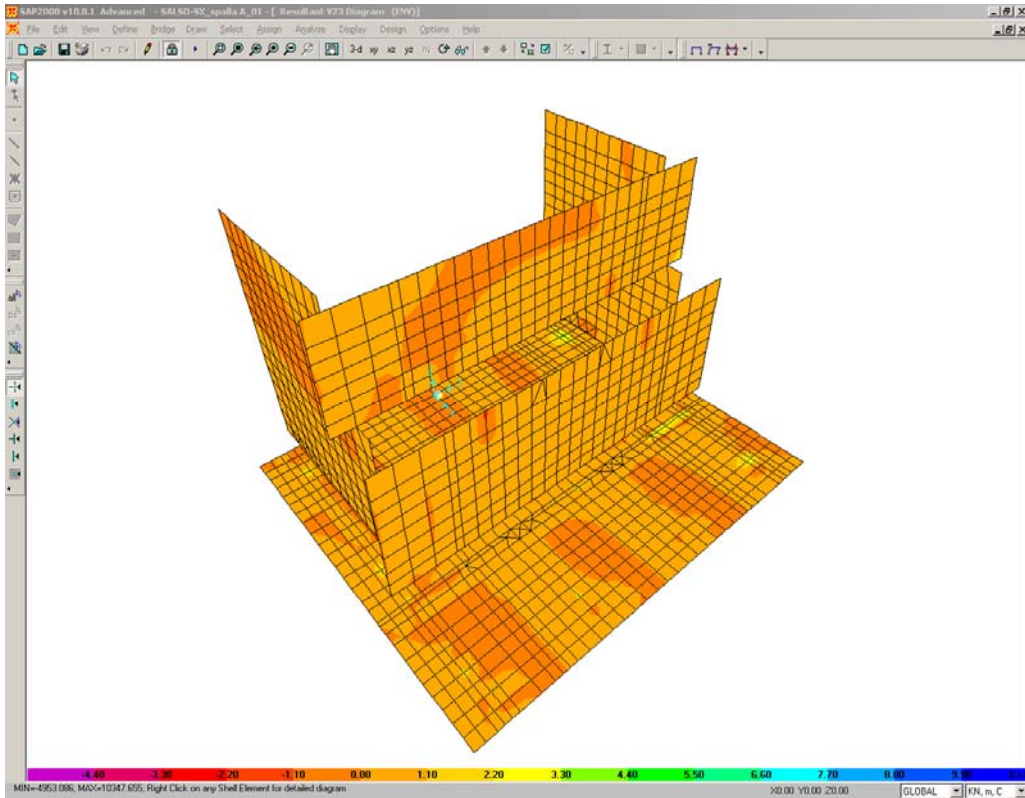
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto Salso**

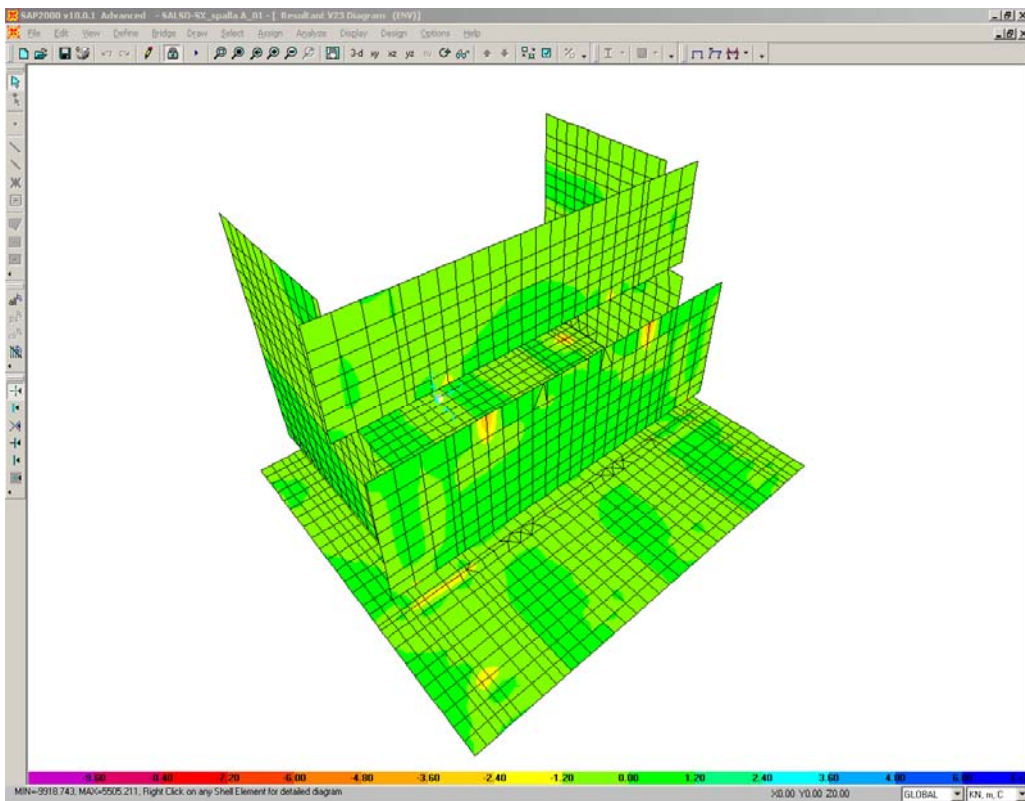
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx

Pagina 51 di 77

Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

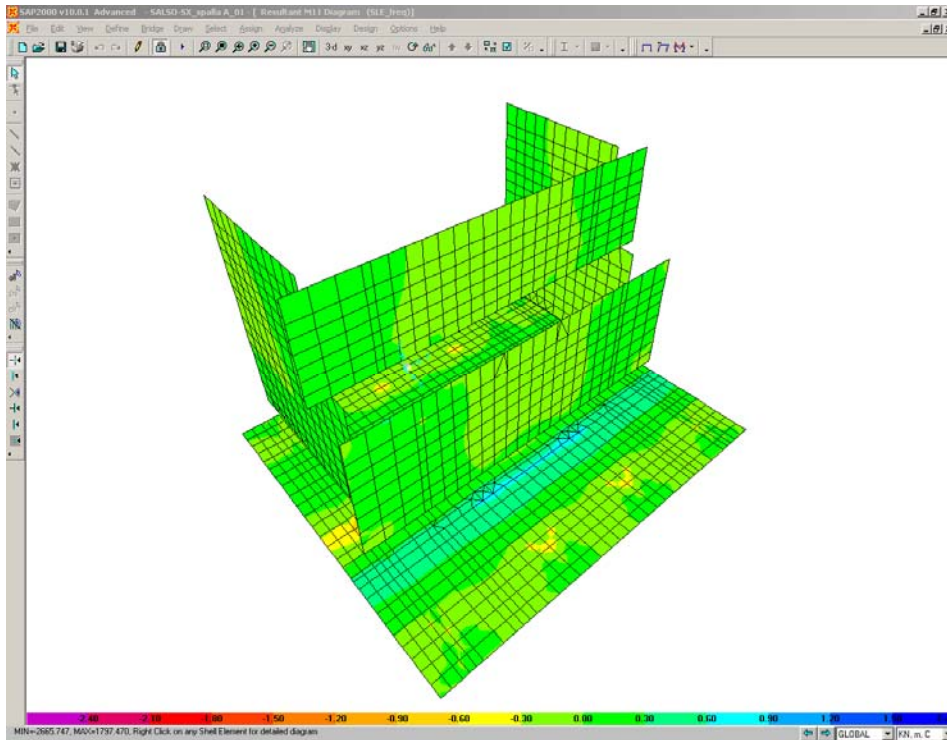


V23max

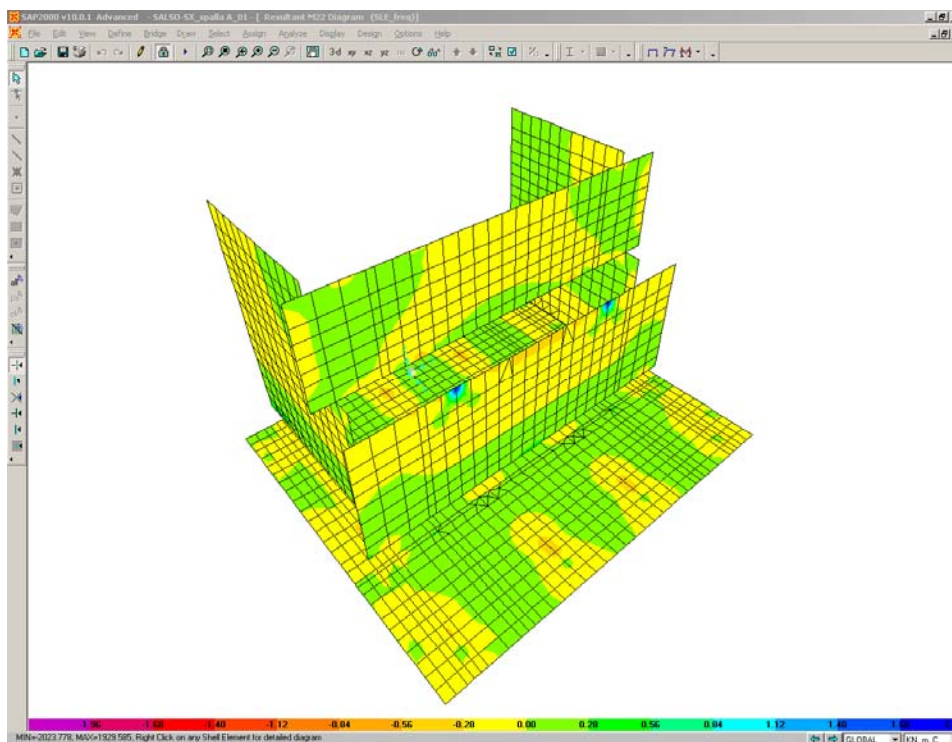


V23min

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.

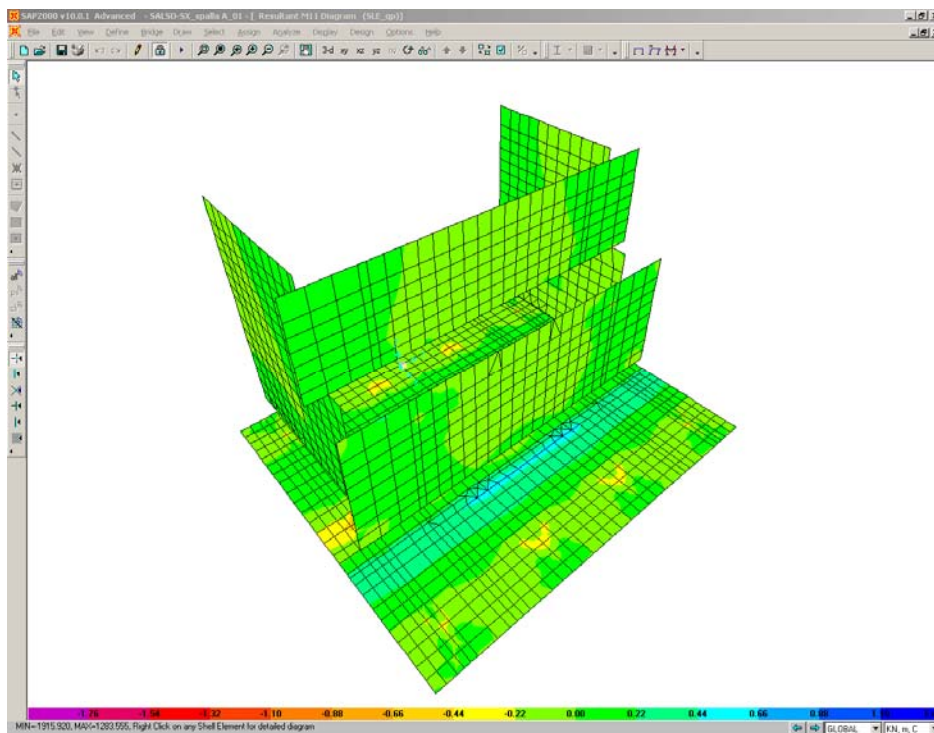


M11

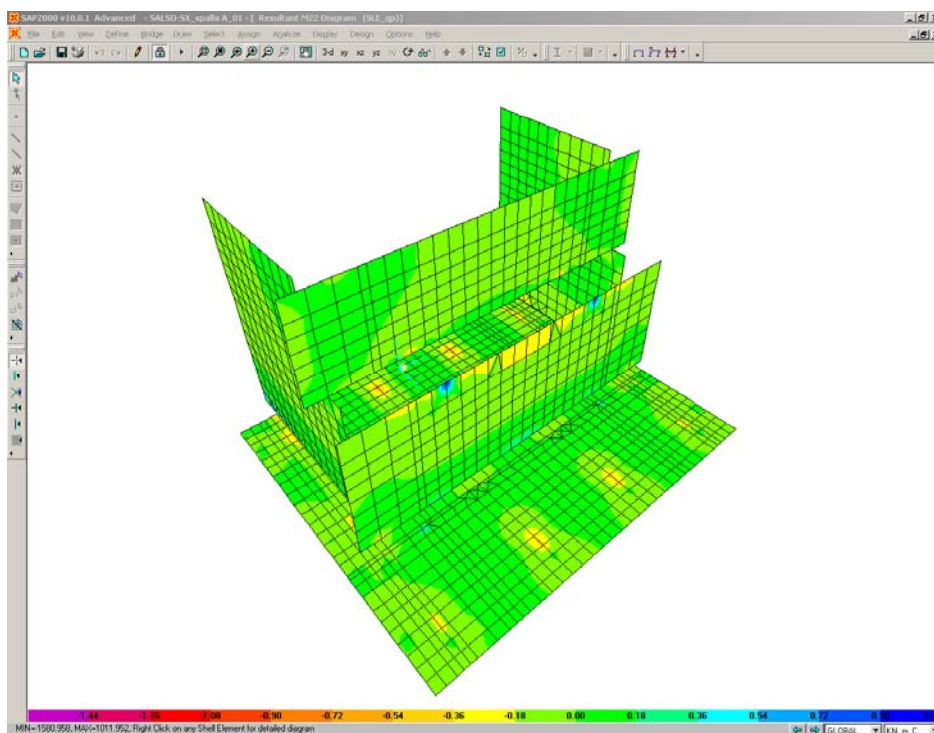


M22

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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 54 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

6.5 ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI

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

		Armatura Lato terra				Ferri		Armatura Lato fuori terra					
		A _{res,1} [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 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Y	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
front	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
trave	Y	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
paragh	Z	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
muro	X	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
and inf	Z	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	X	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
and sup	Z	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7

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

6.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

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

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

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]	
1200	1275	OK	830	857	OK
1039	1258	OK	460	846	OK
550	954	OK	470	954	OK
920	1073	OK	430	1073	OK
400	688	OK	220	554	OK
230	436	OK	200	436	OK
310	950	OK	96	460	OK
940	995	OK	310	519	OK
530	950	OK	240	460	OK
220	930	OK	110	451	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 55 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

6.6.2 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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 56 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1450	1800	1100	890	750	kN	taglio di calcolo
N	=	0	140	0	151	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1800	2000	1200	1000	1000	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	970	970	mm	altezza utile della sezione
b _w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R _{ck}	=	45	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	37.35	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	21.17	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	10.58	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ _s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio								
∅ _w	=	26	14	14	14	14	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	200	200	200	200	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n _{br}	=	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0		numero bracci
A _{sw}	=	1'061.86	769.69	769.69	769.69	769.69	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	0.070	0.000	0.151	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.000	0.070	0.000	0.151	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}	=	1654.77	6674.97	3964.32	3286.66	3286.66	kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	12041.4	10467.9	6190.8	5179.7	5132.5	kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1654.8	6675.0	3964.3	3286.7	3286.7	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.14	3.71	3.60	3.69	4.38		

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.

6.6.3 S.L.E. – Fessurazione

Le verifiche di fessurazione vengono condotte in relazione alle indicazioni riportate negli Eurocodici (in particolare si veda EN 1992-1-1 cap. 7.3) e riprese sia dalle NTC (cap. 4.1.2.2.4) che dalla Circolare n.617. È richiesto in particolare, laddove il momento agente superi quello di fessurazione, di verificare che la tensione nelle barre di armatura rientri in determinati limiti (dipendenti dal diametro e dalla spaziatura dei ferri) o in alternativa di controllare che l'ampiezza della fessura che si apre non superi un determinato valore (funzione dello stato limite, delle condizioni ambientali e del tipo di armatura).

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 59 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B

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

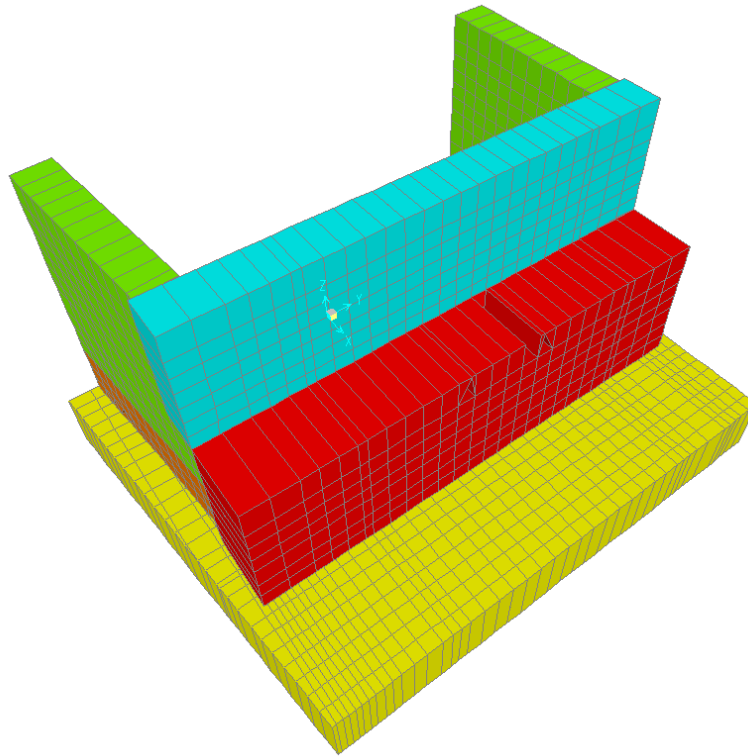
7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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	Bz,max
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	11.70	14.15	1.80	-
muro frontale	1	2.00	8.75	3.90	-
muro paraghiaia	1	1.20	8.75	4.50	-
muro laterale sx	1	6.55	1.00	7.70	-
muro laterale dx	1	6.55	1.00	7.70	-
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1
baggioli	2	1.10	1.10	0.25	-
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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 61 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	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.y		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	
g1-sp	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	
g2-sp	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	
e2-imp	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	
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	
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	
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	
q3-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q4-imp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
q5-imp	0.60	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	
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	0.60	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	

7.4 SOLLECITAZIONI

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

Ricordiamo che non si è tenuto conto nel modello dell'effetto della frenatura sul terrapieno (C5.1.3.3.7.2, Circolare n. 617) in quanto, per il dimensionamento della trave paragonata risulta dimensionante la combinazione sismica. Infatti, il momento della combinazione sismica valutato in corrispondenza dell'incastro con il muro frontale risulta maggiore di quello della combinazione statica valutato nel medesimo punto.

S.L.U.- fren	M(g3)	37.3 kN*m	S.L.V.	M(g3)	27.6 kN*m
	M(q3)	111.1 kN*m		M(q6.1)	26.1 kN*m
	Mtot	148.4 kN*m		M(q6.2)	221.7 kN*m
				Mtot	275.4 kN*m

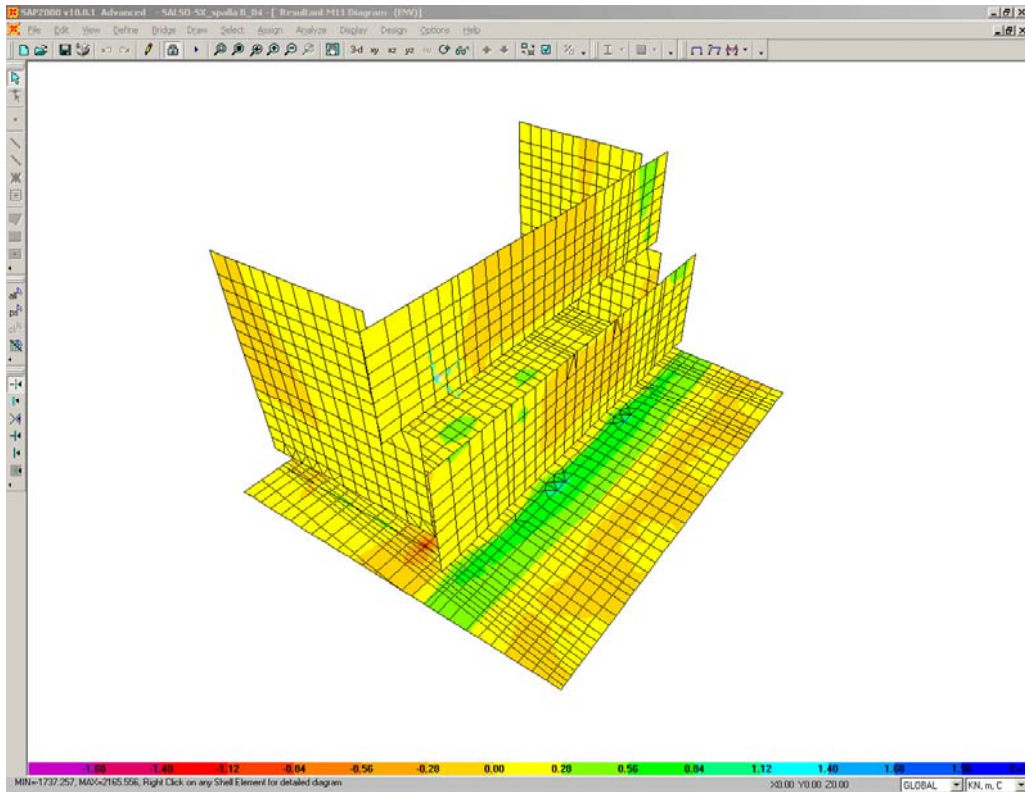
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto Salso**

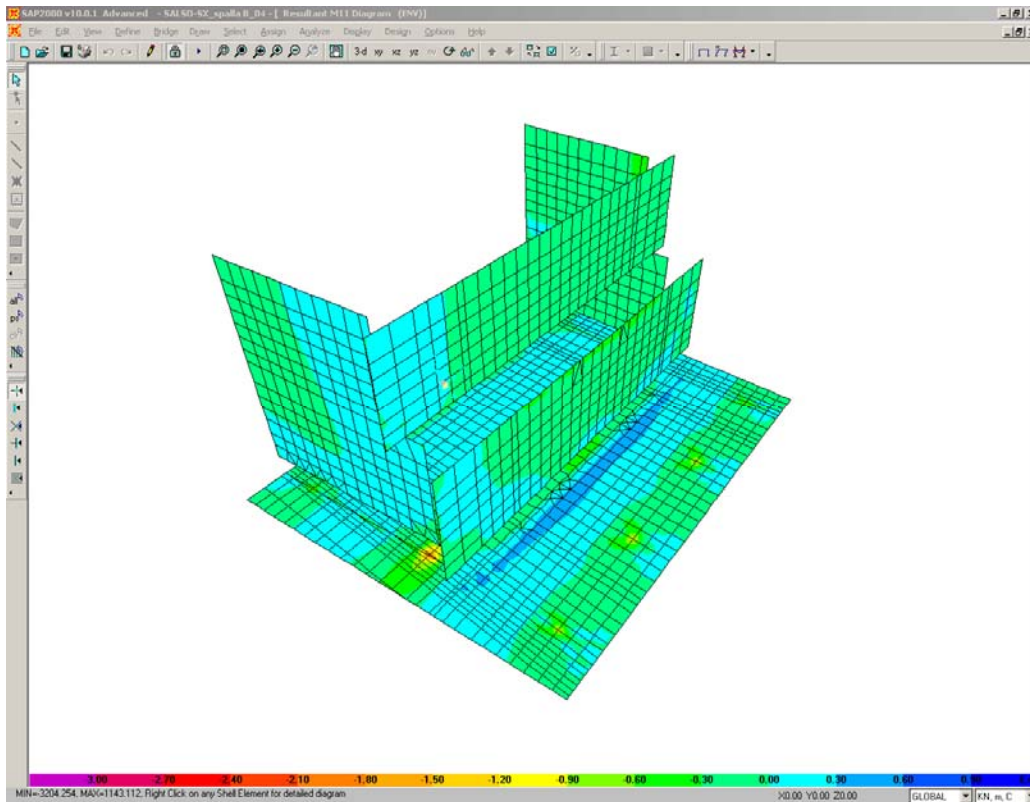
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx

Pagina 62 di 77

Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



M11max



M11min

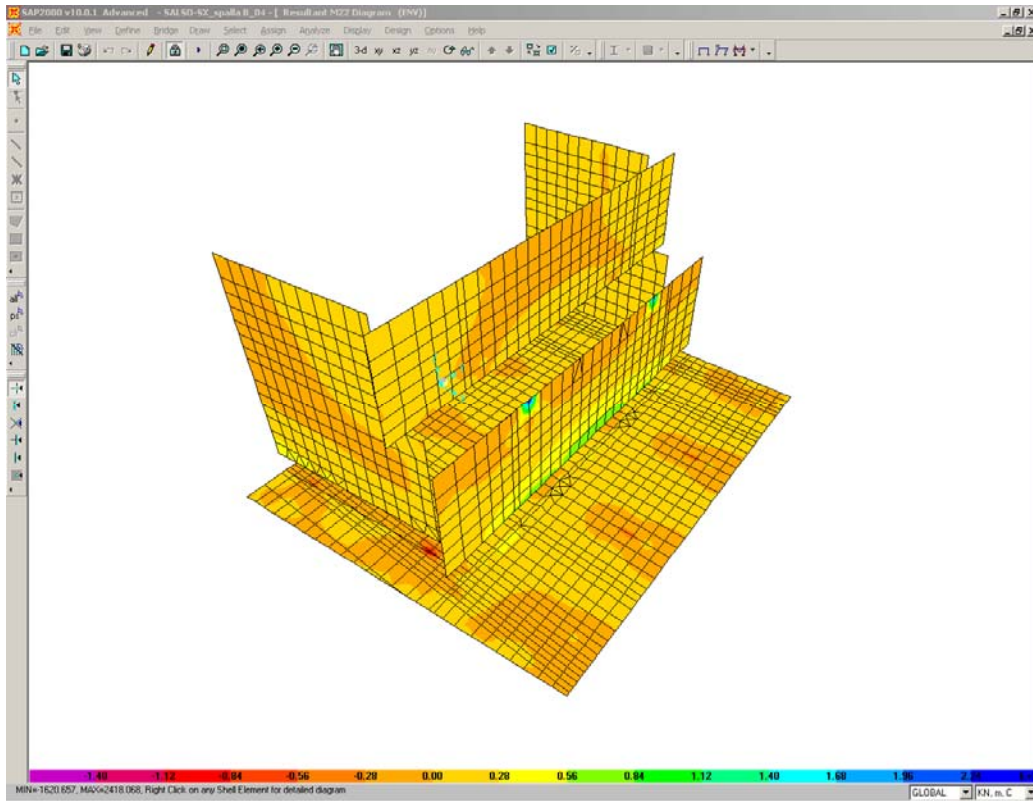
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto Salso**

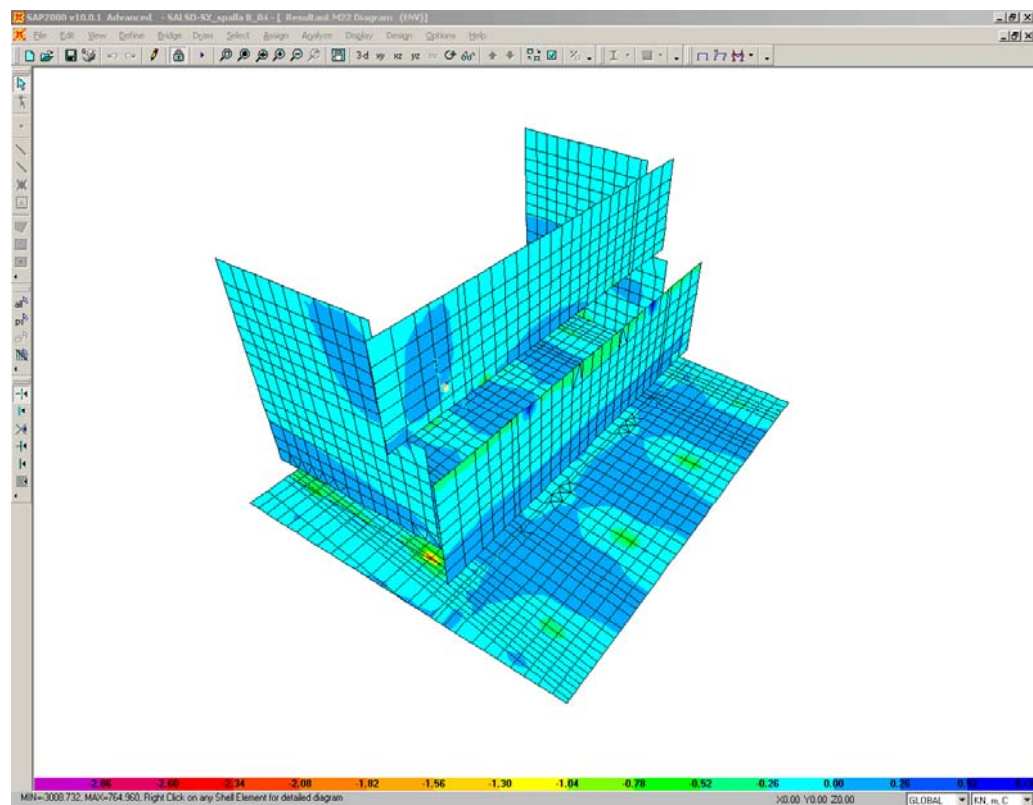
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx

Pagina 63 di 77

Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



M22max



M22min

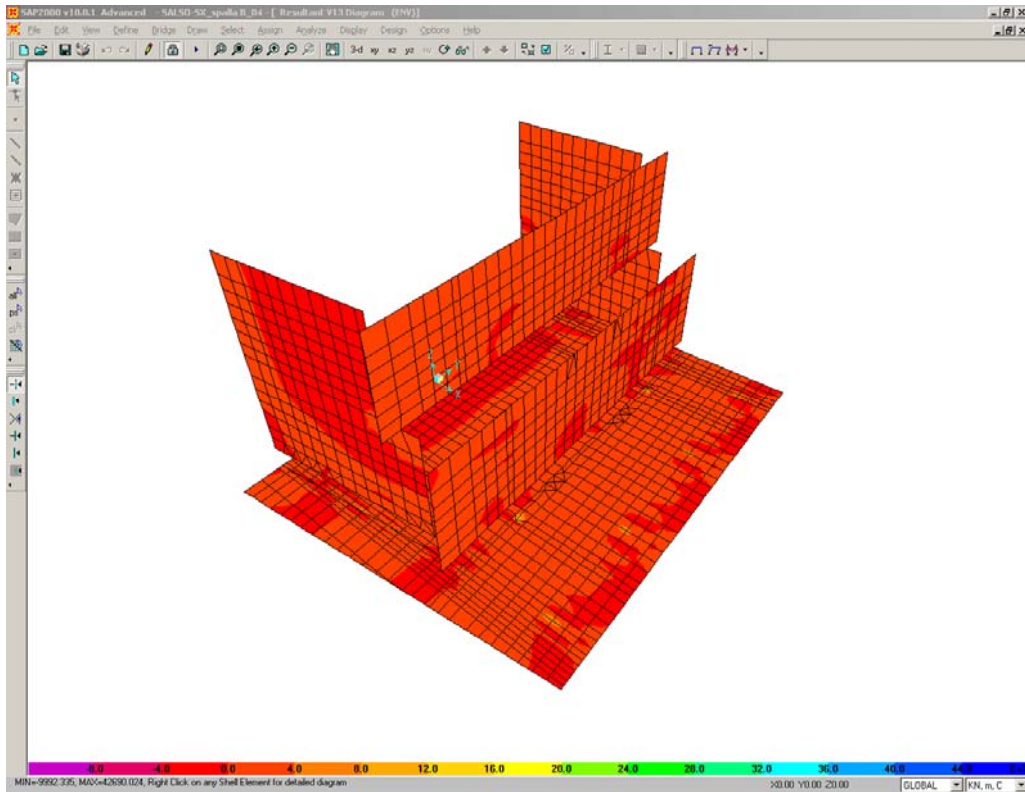
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto Salso**

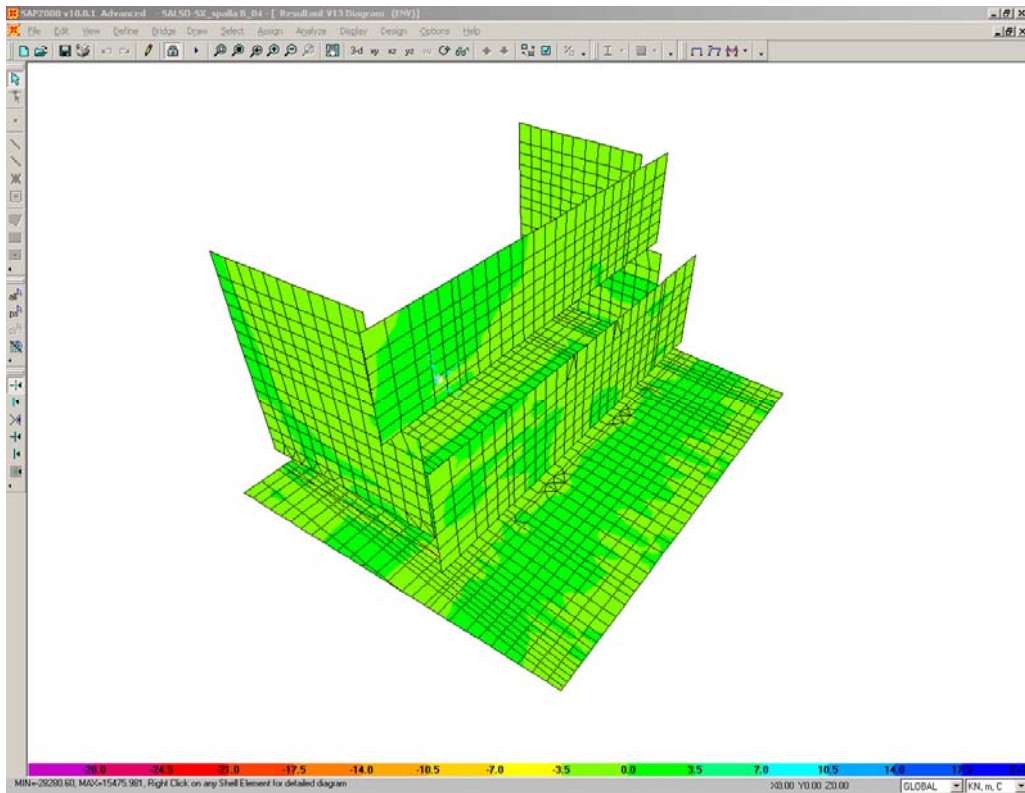
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx

Pagina 64 di 77

Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



V13max



V13min

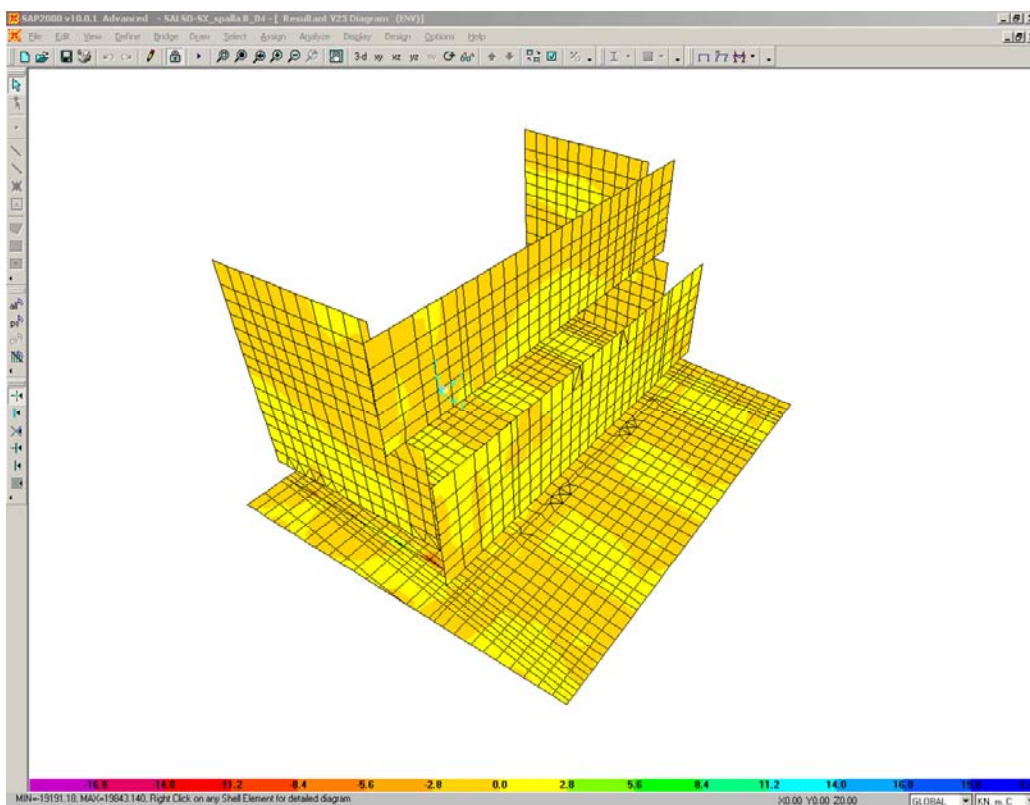
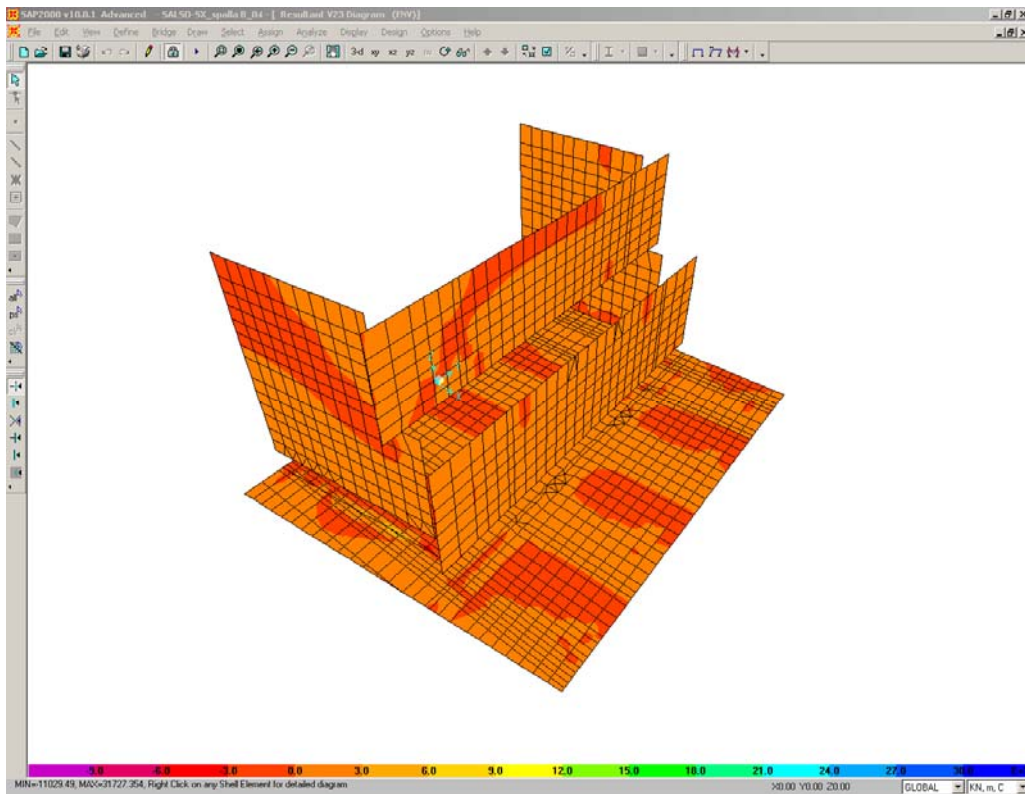
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19
S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"
AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.
5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19
Progetto Esecutivo

Opera: **Viadotto Salso**

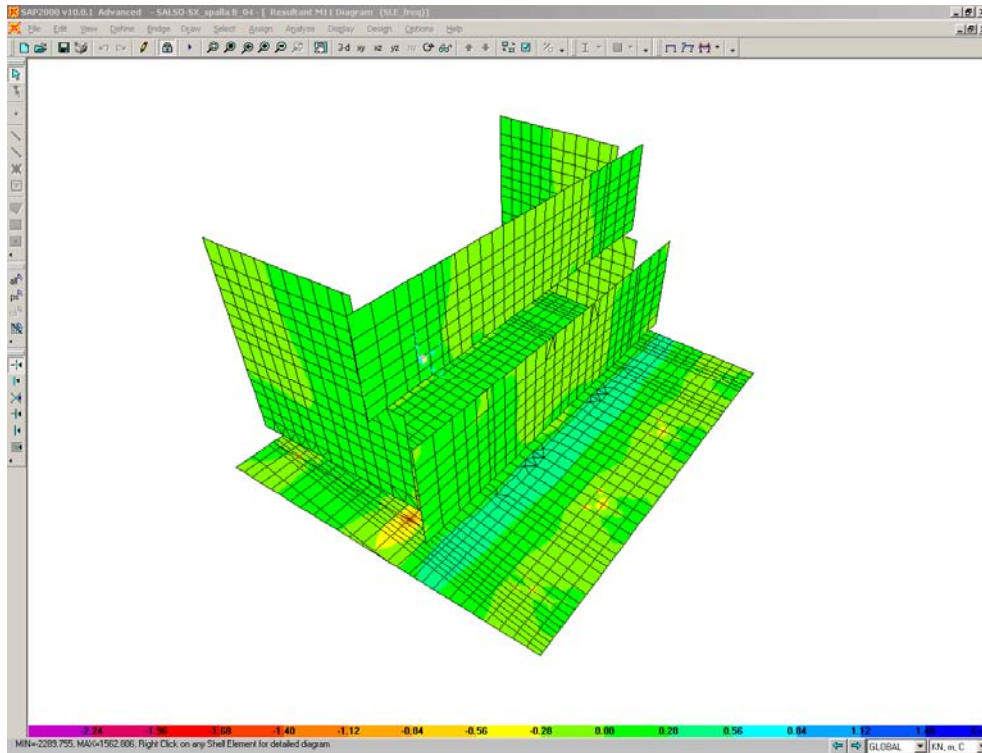
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx

Pagina 65 di 77

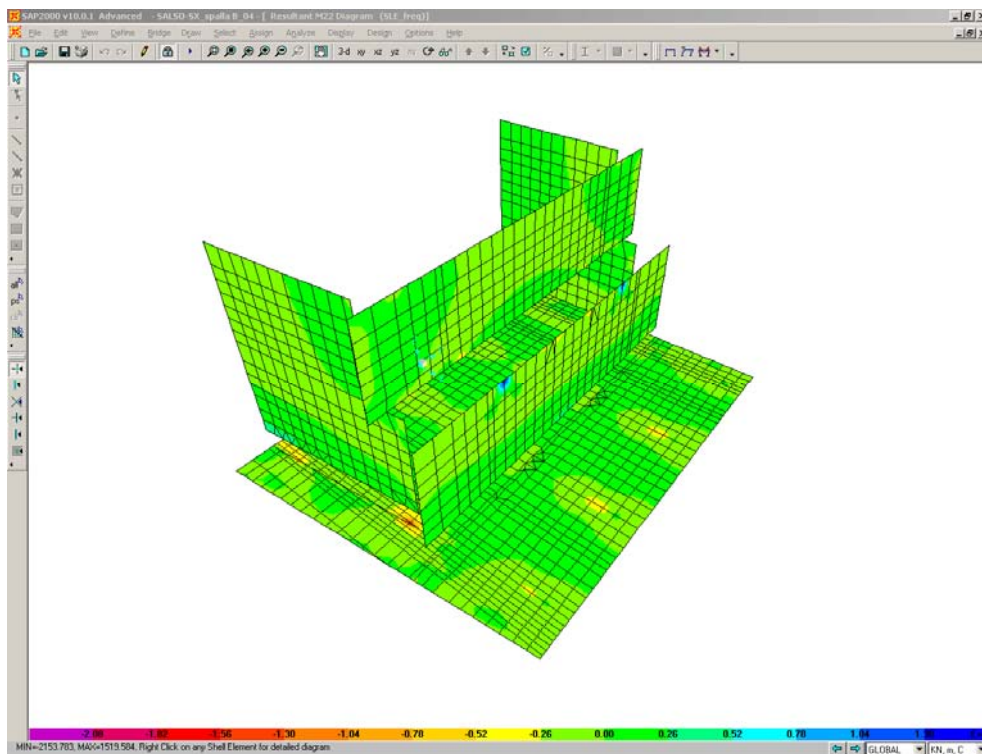
Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc



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.

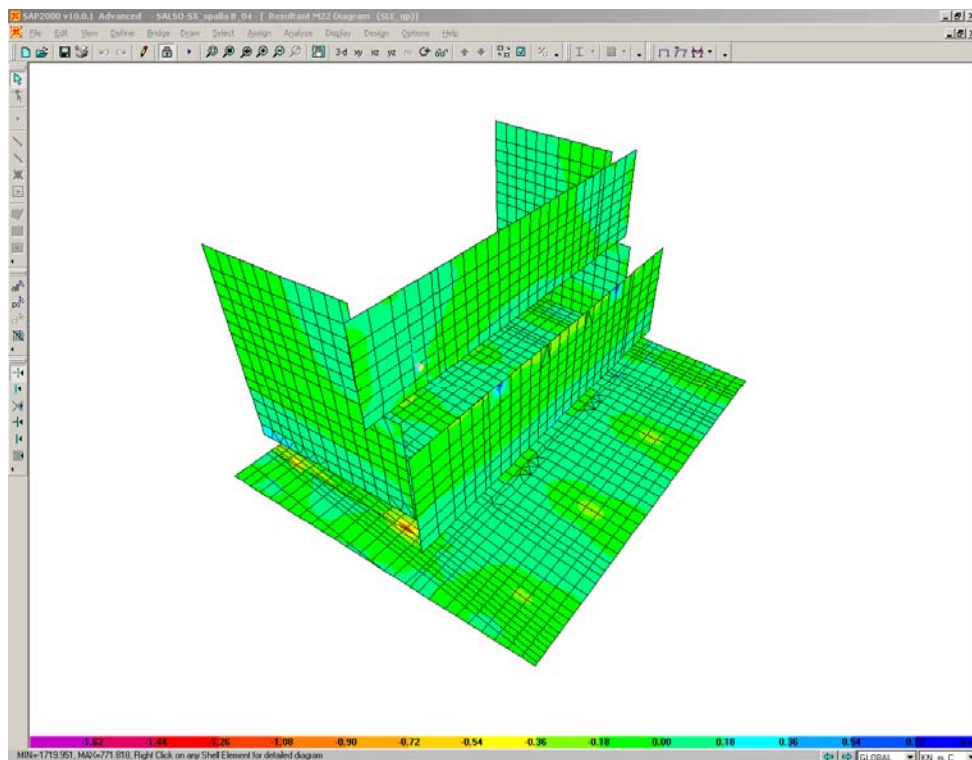
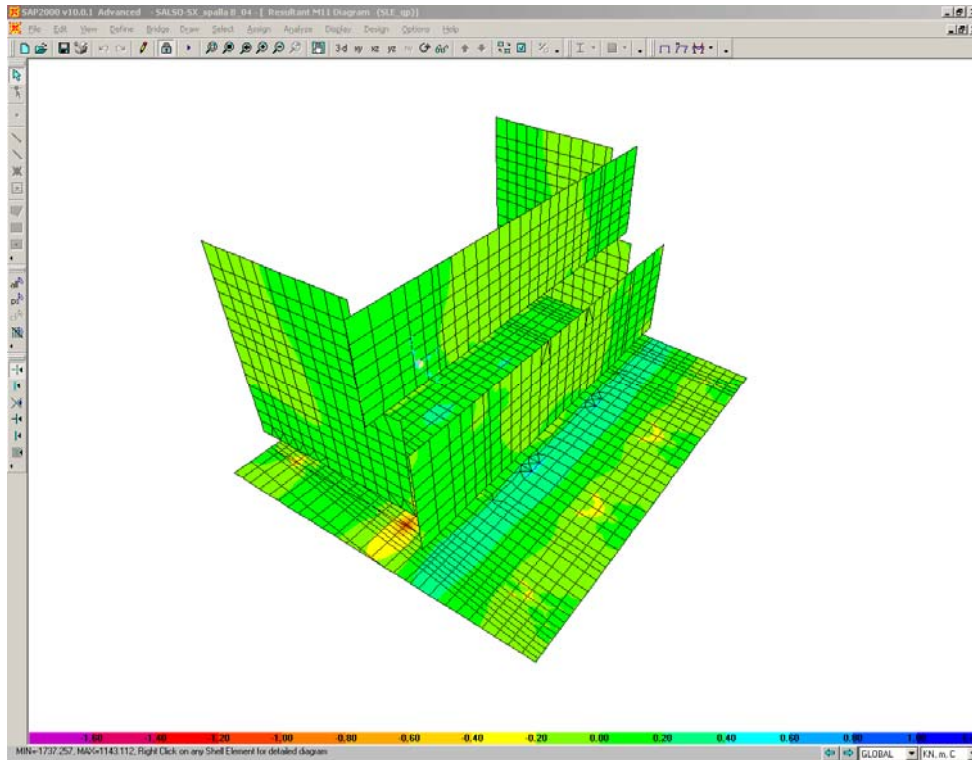


M11



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.



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 68 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7.5 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 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Y	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
front	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
trave	Y	5 Φ 20	15.7	+	0 Φ 0	0.0	15.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
paragh	Z	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
muro	X	5 Φ 24	22.6	+	0 Φ 0	0.0	22.6	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
and inf	Z	5 Φ 24	22.6	+	0 Φ 0	0.0	22.6	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	X	5 Φ 24	22.6	+	0 Φ 0	0.0	22.6	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
and sup	Z	5 Φ 24	22.6	+	0 Φ 0	0.0	22.6	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7

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

7.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

7.6.1 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]	
1180	1275	OK	820	857	OK
1100	1258	OK	380	846	OK
480	954	OK	340	954	OK
890	1069	OK	350	1047	OK
360	688	OK	150	554	OK
160	436	OK	190	436	OK
350	812	OK	120	461	OK
790	858	OK	300	516	OK
460	812	OK	150	461	OK
170	795	OK	100	451	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 69 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

7.6.2 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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 70 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1350	2100	700	890	750	kN	taglio di calcolo
N	=	0	135	0	143	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1800	2000	1200	1000	1000	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	970	970	mm	altezza utile della sezione
b _w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R _{ck}	=	45	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	37.35	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ _c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α _{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f _{cd}	=	21.17	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f' _{cd}	=	10.58	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ _s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f _{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f _{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio								
∅ _w	=	26	14	14	14	14	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	200	200	200	200	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n _{br}	=	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0		numero bracci
A _{sw}	=	1'061.86	769.69	769.69	769.69	769.69	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	0.068	0.000	0.143	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
σ _{cp,ad}	=	0.000	0.068	0.000	0.143	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}	=	1654.77	6674.97	3964.32	3286.66	3286.66	kN	resistenza taglio trazione
V _{Rcd}	=	12041.4	10466.5	6190.8	5176.9	5132.5	kN	resistenza taglio compressione
V _{Rd}	=	1654.8	6675.0	3964.3	3286.7	3286.7	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.23	3.18	5.66	3.69	4.38		

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.

7.6.3 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

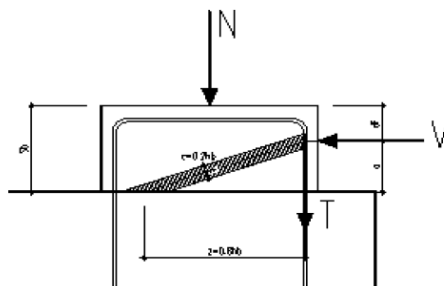
Opera: **Viadotto Salso**
Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
Pagina 72 di 77
Nome file:
V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Combinazione	quasi permanente																													
	plinto						muro frontale						trave paragonata						muro andatore inf						muro andatore sup					
	X		Y		Z		Y		Z		Y		Z		X		Z		X		Z		Z		Z		Z			
Sezione	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	terra	fuori terra				
Materiali	Rck	=	45	45	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	MPa	resist caratteristica cubica		
	f _{ck}	=	37.35	37.35	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resist caratteristica cilindrica		
	f _{cm}	=	45.35	45.35	45.35	45.35	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	37.05	MPa	resist cilindrica media		
	f _{tdm}	=	3.35	3.35	3.35	3.35	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	MPa	resist media a trazione semplice		
	f _{tdm}	=	4.02	4.02	4.02	4.02	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	MPa	resist media a trazione per flessione		
	σ _{ts}	=	2.79	2.79	2.79	2.79	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36	MPa	tensione limite di apertura delle fessure		
	n	=	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	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	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001		coeff di omogeneità armature (tens)		
Geometria	B	=	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base sezione	
	H	=	1800	1800	1800	1800	2000	2000	2000	2000	1200	1200	1200	1200	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm	altezza sezione	
Armatura	n _{ts}	=	5	5	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		
	n _{ts}	=	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			
	Ø _{ts}	=	22	18	22	18	18	18	18	18	20	18	16	16	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	mm	diámetro tendini armatura tesa	
	Ø _{ts}	=	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	mm	diámetro tendini armatura tesa	
	Ø _{ts}	=	22	18	22	18	18	18	18	18	20	18	16	16	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	mm	diámetro equiv tendini armatura tesa	
	Ø _{ts}	=	35	35	57	57	53	53	53	53	53	51	51	35	35	59	53	59	53	59	53	59	53	59	53	59	mm	coprifero superiore		
	A _{s1}	=	1765	1765	1743	1747	1965	1965	1947	1947	1165	1165	1149	1149	965	965	941	947	965	965	941	947	965	941	947	965	mm ²	dist armatura tesa da lembo compr		
	A _{s1}	=	1901	1272	1901	1272	1272	1272	1272	1272	1571	1272	1005	1005	2262	1272	2262	1272	2262	1272	2262	1272	2262	1272	2262	1272	mm ²	area armatura tesa		
	n _{ts}	=	5	5	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		
	n _{ts}	=	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			
	Ø _{ts}	=	18	22	18	22	18	18	18	18	18	20	16	16	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	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	0	0	0	0	0	0	mm	diámetro tendini armatura compressa	
	Ø _{ts}	=	18	22	18	22	18	18	18	18	20	16	16	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	18	24	mm	diámetro equiv tendini armatura compr	
	Ø _{ts}	=	35	35	57	57	53	53	53	53	53	51	51	35	35	59	53	59	53	59	53	59	53	59	53	59	mm	coprifero superiore		
	A _{s2}	=	35	35	57	57	53	53	53	53	53	51	51	35	35	59	53	59	53	59	53	59	53	59	53	59	mm ²	dist armatura compr da lembo compr		
	A _{s2}	=	1272	1901	1272	1901	1272	1272	1272	1272	1571	1005	1005	1005	1272	2262	1272	2262	1272	2262	1272	2262	1272	2262	1272	2262	mm ²	area armatura compressa		
Sollecitazioni	M	=	570	390	500	150	110	80	350	200	110	50	210	35	100	35	250	70	180	25	60	30	30	30	30	30	kN/m	momento flettente		
	N	=	0	0	0	0	0	0	0	135	0	0	0	0	0	0	143	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kN	sforzo normale	
	e	=	0	0	0	0	0	0	2593	1451	0	0	0	0	0	0	1754	491	0	0	0	0	0	0	0	0	0	mm	eccentricità	
Caratteristiche sezione interamente reagente a compressione	A _{cal}	=	1800000	1800000	1800000	1800000	2000000	2000000	2000000	2000000	1200000	1200000	1200000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	mm ²	area calcestruzzo		
	A _s	=	3173	3173	3173	3173	2545	2545	2545	2545	2843	2011	2011	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	mm ²	area armatura		
	A _{cal}	=	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	1.8E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	2.0E+06	1.2E+06	1.2E+06	1.2E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	1.0E+06	mm ²	area sezione ideale		
	d ₀	=	904	896	904	896	1000	1000	1000	1000	602	598	600	600	507	493	506	494	507	493	506	494	507	493	506	494	mm	dist baric sezione ideale da lembo sup		
	J ₀	=	5.2E+11	5.2E+11	5.2E+11	5.2E+11	7.0E+11	7.0E+11	7.0E+11	7.0E+11	1.6E+11	1.6E+11	1.6E+11	1.4E+11	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	9.5E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale		
	J ₀	=	531	531	530	530	587	587	587	587	356	353	353	302	308	298	308	298	308	298	308	298	308	298	308	298	mm ⁴	raggio giratore di inerzia della sezione		
	I ₀₂	=	1217	1211	1215	1210	1345	1345	1344	1344	813	810	807	807	684	676	682	674	684	676	682	674	684	676	682	674	mm	dist p.to di nocciolo sup da asse baric		
Caratteristiche sezione interamente reagente a tensione	A _{cal}	=	1800	1800	1800	1800	2000	2000	2000	2000	1200	1200	1200	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	mm ²	area calcestruzzo		
	A _s	=	3173	3173	3173	3173	2545	2545	2545	2545	2843	2011	2011	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	3534	mm ²	area armatura		
	A _{cal}	=	4.9E+04	4.9E+04	4.9E+04	4.9E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.0E+04	4.4E+04	3.1E+04	3.1E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	5.4E+04	mm ²	area sezione ideale		
	d ₀	=	1065	735	1059	741	1000	1000	1000	1000	658	542	600	600	507	493	506	494	507	493	506	494	507	493	506	494	mm	dist baric sez ideale da lembo sup		
	J ₀	=	3.5E+10	3.5E+10	3.5E+10	3.5E+10	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	3.8E+10	1.4E+10	1.4E+10	1.4E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	1.1E+10	mm ⁴	momento d'inerzia baric sez ideale		
	J ₀	=	839	839	830	820	949	949	949	949	532	532	532	444	444	424	424	444	424	444	424	444	424	444	424	444	mm	raggio giratore di inerzia della sezione		
	I ₀₂	=	1728	1692	1824	1648	1901	1901	1869	1869	1130	1115	1091	1091	912	903	884	942	903	912	884	942	903	912	884	903	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	parzialz	parzialz	parzialz			
Caratteristiche sezione parzializzata	Y ₀	=	275	220	274	221	241	241	341	454	198	176	162	162	211	152	261	392	211	152	209	154	209	154	209	154	mm	distanza asse neutro da lembo compr		
	J ₀	=	7.1E+10	5.0E+10	6.9E+10	4.9E+10	6.2E+10	6.2E+10	7.7E+10	7.7E+10	2.1E+10	2.1E+10	1.6E+10	1.6E+10	2.3E+10	1.4E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	3.0E+10	mm ⁴	momento d'inerzia sezione parzializzata		
	S ₀	=	4.7E-05	2.6E-05	4.9E-05	2.4E-05	1.4E-06	1.0E-06	3.3E-07	8.2E-07	5.3E-04	0.0E-00	1.7E-06	-1.3E-07	3.7E-05	-4.8E-04	1.5E-07	7.8E-07	3.7E-05	-4.8E-04	2.7E-05	-1.6E-05	-1.6E-05	-1.6E-05	-1.6E-05	mm ³	momento statico sezione parzializzata			
	f(Y																													

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 73 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

8 BAGGIOLI

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



Tale dimensionamento viene eseguito prendendo a riferimento le spalla A della carreggiata sinistra (avendo larghezza della carreggiata più grande e quindi i baggioli risulteranno quelli più sollecitati) 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	5360	1858
Vx	270	793
baggiolo	SpA-S	SpA-D

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 74 di 77
	Nome file: VI15-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

Materiali

R_{ck}	=	45	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{ck}	=	37.35	37.35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{cd}	=	21.17	21.17	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{yd}	=	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo
β_1	=	1.00	1.00		coefficiente per la resistenza del nodo compresso
$\sigma_{1Rd,max}$	=	18.00	18.00	MPa	resistenza a compressione per nodi compressi

Mensola

		SpA-S	SpA-D		
F_{Ed}	=	5360	1858	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	=	270	793	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

b_1	=	1200	1200	mm	larghezza baggiolo
b_2	=	1200	1200	mm	lunghezza baggiolo
$b_{3,max}$	=	400	400	mm	altezza baggiolo (massima: a favore di sicurezza)
b_0	=	900	900	mm	larghezza appoggio
c	=	30	30	mm	copriferro
d	=	1170	1170	mm	altezza utile
z	=	936	936	mm	braccio della coppia interna
x_1	=	12.5	36.7	mm	larghezza biella compressa
y_1	=	234.0	234.0	mm	altezza biella compressa
a	=	406.3	418.4	mm	
α	=	0.41	0.42	rad	

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

C	=	295	869	kN	risultante di compressione
T	=	117	355	kN	risultante di trazione
σ_c	=	0.52	1.55	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	=	34.29	11.63		
n	=	6	6		numero ferri superiore
\varnothing	=	16	16	mm	diametro armatura superiore
A_s	=	1206.4	1206.4	mm ²	area armatura superiore
σ_s	=	97.30	293.99	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	=	4.02	1.33		

Verifiche a fenditura (armatura verticale)

T	=	406	141	kN	risultante forza di taglio
A_s	=	1037.7	1037.7	mm ²	armatura necessaria
n_{str}	=	2	2		numero strati
n_{br}	=	8	8		numero bracci x strato
\varnothing_w	=	14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	=	2463.0	2463.0	mm ²	armatura di progetto
FS	=	2.37	2.37		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 75 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_relazione_calcolo_spalle_carr_sx.doc

9 DISPOSITIVI ANTISISMICI

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

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

A partire dal modello di calcolo globale 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).

Azioni trasmesse dall'impalcato

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
SpA-D	G1+G2	43	1	1796	0	0	0	
SpA-D	E2	34	2	-90	0	0	0	
SpA-D	E3	116	2	99	0	0	0	
SpA-D	Q1	24	51	2030	0	0	0	
SpA-D	Q5	27	109	81	0	0	0	
SpA-D	Q7	18	0	0	0	0	0	
SpA-S	G1+G2	43	6	1814	0	0	0	spalla A
SpA-S	E2	33	0	-96	0	0	0	
SpA-S	E3	115	0	105	0	0	0	
SpA-S	Q1	29	315	2242	0	0	0	
SpA-S	Q5	38	110	-84	0	0	0	
SpA-S	Q7	18	0	0	0	0	0	
SpB-D	G1+G2	22	5	1452	0	0	0	
SpB-D	E2	20	6	-147	0	0	0	
SpB-D	E3	76	20	111	0	0	0	
SpB-D	Q1	9	27	1911	0	0	0	
SpB-D	Q5	11	103	87	0	0	0	
SpB-D	Q7	15	0	0	0	0	0	
SpB-S	G1+G2	23	6	1478	0	0	0	spalla B
SpB-S	E2	20	6	-146	0	0	0	
SpB-S	E3	77	20	109	0	0	0	
SpB-S	Q1	53	172	1170	0	0	0	
SpB-S	Q5	20	101	-86	0	0	0	
SpB-S	Q7	15	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 Salso
	Relazione di Calcolo Spalle Carr. Sx
	Pagina 76 di 77
	Nome file: V115-B-CL012-A.01_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	Q6.3	196	73	87	0	0	0	spalla A
SpA-S	Q6.3	195	73	79	0	0	0	
SpB-D	Q6.3	155	75	69	0	0	0	spalla B
SpB-S	Q6.3	155	74	68	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.	341	76	1843	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.C.	339	79	1849	0	0	0	
SpB-D	S.L.C.	243	96	1430	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.C.	245	95	1454	0	0	0	
		341	96	1849				

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.	255	172	5201	0	0	0	spalla A
SpA-S	S.L.U.	270	534	5360	0	0	0	
SpB-D	S.L.U.	143	158	4522	0	0	0	spalla B
SpB-S	S.L.U.	212	352	3401	0	0	0	
		270	534	5360				

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 _{Q6.1,x}	0.122	0.122	0.096	0.097	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d _{Q6.1,y}	0.017	0.017	0.024	0.024	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
d _{Q6.2,x}	0.040	0.040	0.032	0.032	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d _{Q6.2,y}	0.045	0.045	0.043	0.042	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
d _{E2,x}	0.006	0.006	0.004	0.004	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d _{E3,x}	0.066	0.065	0.045	0.045	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d _{E,tot}	0.163	0.162	0.125	0.125	m	spostamento risultante totale dell'impalcato

S.L.U.

	SpA-D	SpA-S	SpB-D	SpB-S		
d _{E2,x}	0.006	0.006	0.004	0.004	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
d _{E3,x}	0.066	0.065	0.045	0.045	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
d _{Q1,y}	0.095	0.069	0.037	0.038	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
d _{Q5,y}	0.021	0.021	0.019	0.019	m	spostamento trasversale dell'impalcato dovuto al vento
d _{E,tot}	0.157	0.124	0.077	0.078	m	spostamento risultante totale dell'impalcato

d_{giunto} 0.325 m massima escursione del giunto

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 163 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.