

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 San Filippo Neri

Relazione di calcolo Spalle - Carreggiata SX

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 4 8 V I 2 0 5 V I 0 5 B C L 0 0 7 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 San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 1 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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>	4
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA A	6
2.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	7
2.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	8
2.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	10
2.4	COMBINAZIONI DI CARICO	10
2.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	11
3	ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B	14
3.1	AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO	15
3.2	AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA	16
3.3	RIEPILOGO SOLLECITAZIONI RISPETTO A BARICENTRO PALI	18
3.4	COMBINAZIONI DI CARICO	18
3.5	SOLLECITAZIONI SULLA PALIFICATA	19
4	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A	22
4.1	VERIFICHE STRUTTURALI	22
4.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	22
4.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	23
4.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	25
4.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	26
4.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	27
4.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	27
4.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	30
5	VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B	31
5.1	VERIFICHE STRUTTURALI	31
5.1.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	32
5.1.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	33
5.1.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	34
5.1.4	<i>S.L.E. – Limitazione delle tensioni</i>	35
5.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	37
5.2.1	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite verticale</i>	37
5.2.2	<i>S.L.U. – Verifica a carico limite orizzontale</i>	40
6	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A	41
6.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	41
6.2	ANALISI DEI CARICHI	42
6.3	COMBINAZIONI DI CARICO	42
6.4	SOLLECITAZIONI	43
6.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	50
6.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA	50
6.6.1	<i>S.L.U. – Resistenza: presso-flessione</i>	50
6.6.2	<i>S.L.U. – Resistenza: taglio</i>	50
6.6.3	<i>S.L.E. – Fessurazione</i>	52

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 2 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

7	ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B	54
7.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	54
7.2	ANALISI DEI CARICHI.....	55
7.3	COMBINAZIONI DI CARICO	55
7.4	SOLLECITAZIONI	56
7.5	ARMATURA A FLESSIONE DEGLI ELEMENTI	63
7.6	VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA.....	63
7.6.1	S.L.U. – Resistenza: presso-flessione.....	63
7.6.2	S.L.U. – Resistenza: taglio.....	63
7.6.3	S.L.E. – Fessurazione.....	65
8	BAGGIOLI.....	67
9	DISPOSITIVI ANTISISMICI	69

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 3 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

1 GENERALITÀ

1.1 INTRODUZIONE

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

1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.2.1 Condizioni ambientali e classi di esposizione

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

- pali: XC2;
- zattere spalle: XA1;
- elevazione spalle: XF2;
- baggioli: 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 C25/30

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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 4 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

ZATTERE SPALLE, ELEVAZIONE SPALLE C28/35

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

Classe di consistenza S3-S4.

Rapporto A/C = 0,6

BAGGIOLI C35/45

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

Classe di consistenza S4.

Rapporto A/C = 0,6

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

B450C

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 5 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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:

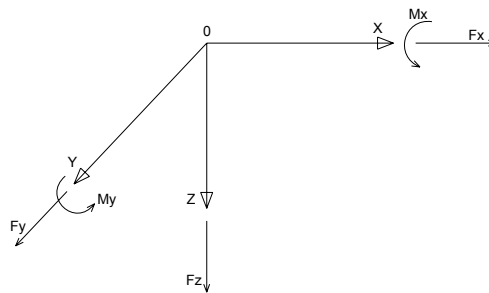
- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
- Circolare n.617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale
- UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento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

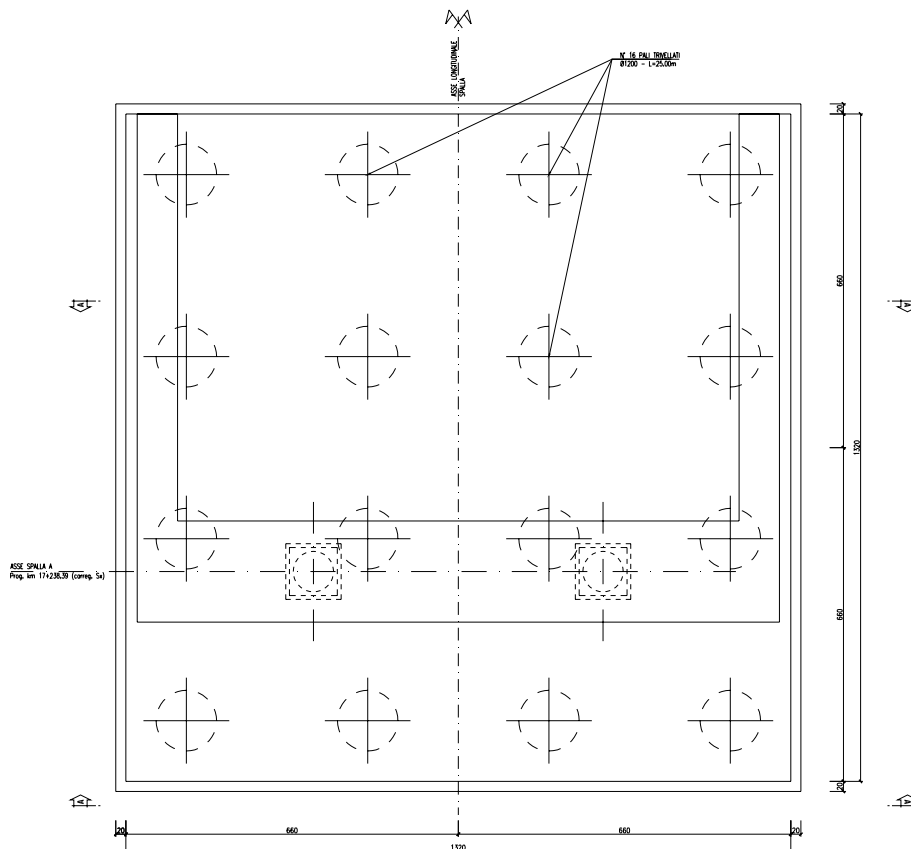
Si riporta nel presente capitolo il calcolo delle sollecitazioni nei pali di fondazione della spalla A della carreggiata sinistra.

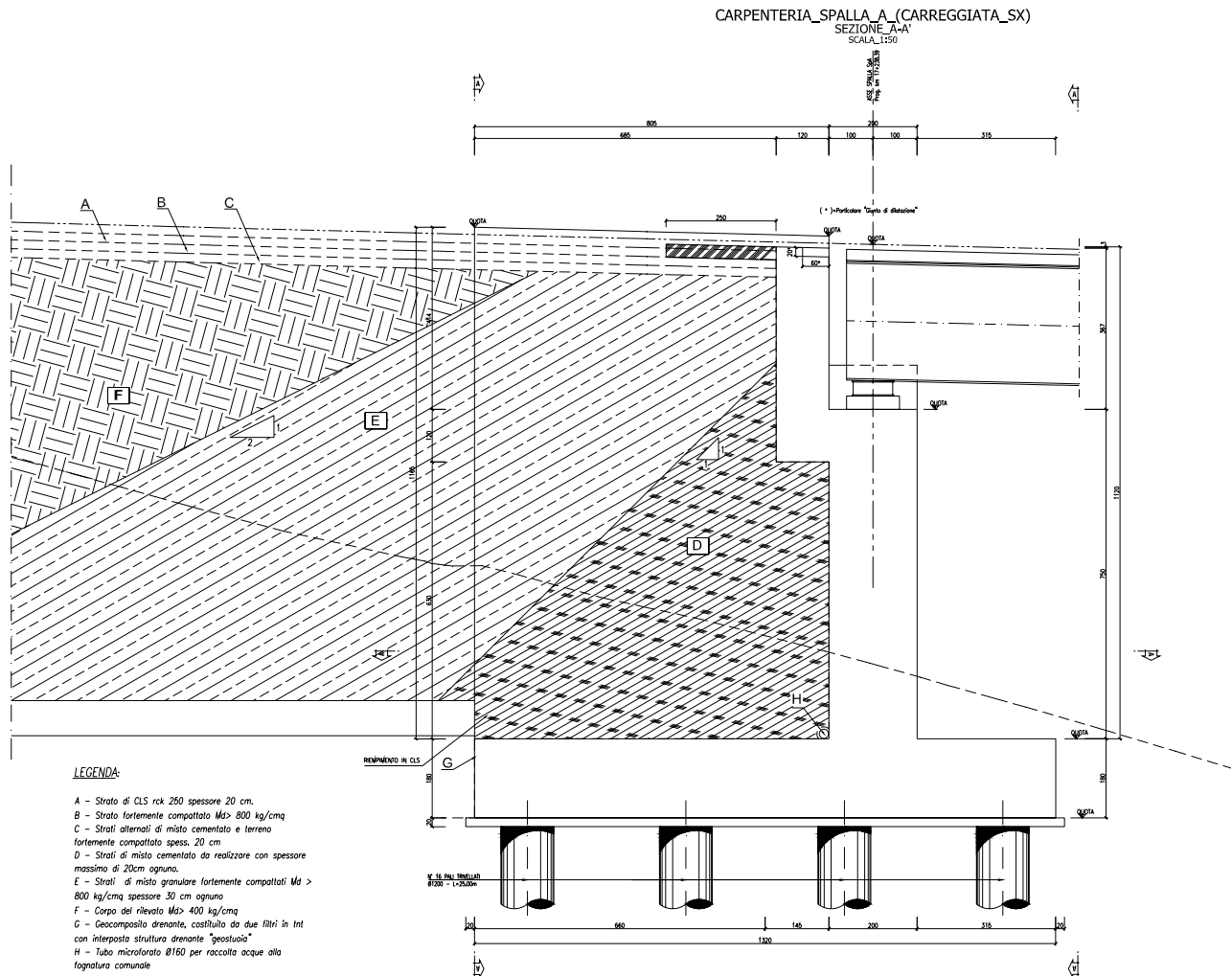
Il calcolo delle sollecitazioni in fondazione è stato effettuato facendo riferimento ad un sistema di coordinate ortogonali destrogiro, avente origine in corrispondenza del filo di monte del plinto di fondazione (a metà del lato parallelo alla direzione trasversale al viadotto), a livello dell'intradosso 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_A_(CARREGGIATA_SX)
 SEZIONE 'B-B'
 SCALA_1:50





Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80	-	313.6	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	7.50	-	191.3	9.05	0.00	-5.55
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.65	-	55.8	7.45	0.00	-11.13
muro laterale sx	1	8.05	0.80	11.65	-	75.0	4.03	5.98	-7.63
muro laterale dx	1	8.05	0.80	11.65	-	75.0	4.03	-5.98	-7.63
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-12.18
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-12.95
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	9.05	0.00	-9.38
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	9.05	0.00	-9.63
elemento 1	0	5.40	0.60	4.40	-	0.00	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	5.40	0.60	4.40	-	0.00	4.55	-4.75	-7.90

2.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano nel seguente prospetto le azioni trasmesse dall'impalcato. Tali azioni sono riferite al baricentro appoggi e sono state desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del viadotto.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 8 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	9.05 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-9.63 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2697	0	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	568	0	0	permanentemente portati
e2	37	0	-267	0	37	ritiro
e3	142	0	-144	0	142	carico termico
q1.1	0	0	2376	1088	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	0	1818	5126	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	239	0	0	0	239	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	185	39	226	0	azione del vento trasversale
q6.1x	579	44	-21	75	579	sisma longitudinale
q6.1y	174	146	-21	249	174	sisma trasversale
q6.1z	174	44	-70	75	174	sisma verticale
q7	33	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	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	4781.3 kN	muro frontale
g1.3	=	1396.1 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1875.7 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1875.7 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	17788.8 kN	azione verticale
x	=	6.79 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.38 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ _t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	1087.9 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	19581.8 kN	peso del terreno
x	=	4.03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-7.63 m	coordinata z punto di applicazione

Spinta del terreno (g3)

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
φ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
Ka	=	0.271	0.271		coefficiente di spinta attiva
K0	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta a riposo
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta adottato
H	=	12.95	11.15	m	altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	8206.0	6083.4	kN	spinta del terreno
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-4.32	-5.52	m	coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 9 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
Incremento di spinta	=				
q	=	20.00	20.00	kPa	sovraccarico stradale
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito del terreno
K	=	0.426	0.426		coefficiente di spinta
H	=	12.95	11.15	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	1408.2	1212.4	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.48	-7.38	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale	=				
Bx	=	8.05	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	=	2052.8	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	=	4.03	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-1.80	-	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici	=				
a_g	=	0.089	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}	=	0.134	g		accelerazione massima
K_h	=	0.134			coefficiente sismico orizzontale
K_v	=	0.067			coefficiente sismico verticale

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

Ipotesi di struttura rigida

		intradosso base muro			
		plinto	frontale		
γ	=	18	18	kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
H	=	12.95	11.15	m	altezza di spinta terreno
B	=	12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	=	5138.1	3809.0		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile	=				
ϕ	=	35	35	°	angolo di attrito
ψ	=	90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a 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	=	7.14	7.14	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	=	0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \psi - \nu$
K2	=	0.794	0.794		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \psi - \nu$
K	=	0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	12672	9394	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	=	4466.1	3310.9	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato	=				
ΔP	=	5138.1	3809.0	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	=	0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.48	-7.38	m	coordinata z punto di applicazione

Forze d'inerzia (q6.2)

	forza d'inerzia	coord x p.to di applicaz	coord y p.to di applicaz	coord z p.to di applicaz
	Fi	x	y	z
plinto	1047	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	638	9.05	0.00	-5.55
paraghiaia	186	7.45	0.00	-11.13
muro laterale sx	250	4.03	5.98	-7.63
muro laterale dx	250	4.03	-5.98	-7.63
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-12.18
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-12.95
baggioli	1	9.05	0.00	-9.38
apparecchi di appoggio	1	9.05	0.00	-9.63
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2614	4.03	0.00	-7.63
risultante intradosso plinto	4989	5.34	0.00	-6.08
risultante base muro frontale	1327	6.93	0.00	-7.12

<p align="center">CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo</p>	<p align="center">Opera: Viadotto San Filippo Neri</p>
	<p align="center">Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX</p>
	<p align="center">Pagina 12 di 71</p>
	<p>Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc</p>

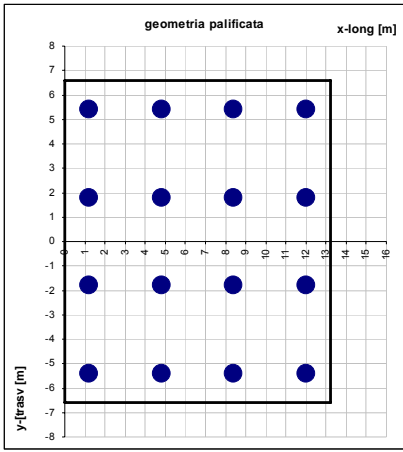
	S.L.car								S.L.E.		S.L.freq								S.L.sp	
Fx	9404	9233	9404	9233	9404	9233	9404	9233	9404	9233	9404	9233	9404	9233	9404	9233	9404	9233	8334	8191
Fy	111	111	-111	-111	111	111	-111	-111	37	37	-37	-37	37	37	-37	-37	0	0	0	0
Fz	43626	43799	43580	43752	40481	40853	40434	40807	43611	43783	43595	43768	40465	40838	40450	40622	40296	40440	0	0
Mx	2024	2024	-387	-387	-2841	-2841	-5063	-5063	1220	1220	416	416	-3445	-3445	-4249	-4249	0	0	0	0
My	-3967	-2916	-3854	-2802	3739	4791	3853	4904	-3930	-2878	-3892	-2840	3777	4829	3815	4866	3416	4292		

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

CALCOLO AZIONI SUI PALI

Geometria della palificata

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



SFORZO NORMALE PALO	q1								SLU								q3															
	1	3667	3706	3590	3630	3772	3811	3695	3735	3569	3608	3493	3532	3648	3687	3572	3611	3659	3608	3493	3532	3648	3687	3572	3611	3659	3608	3493	3532	3648	3687	3572
2	3621	3660	3505	3634	3650	3690	3624	3664	3529	3568	3503	3542	3550	3590	3525	3564	3488	3527	3512	3552	3453	3492	3478	3517	3488	3527	3512	3552	3453	3492	3478	3517
3	3575	3615	3600	3639	3529	3568	3553	3593	3488	3527	3512	3552	3453	3492	3478	3517	3448	3487	3522	3561	3356	3395	3431	3470	3448	3487	3522	3561	3356	3395	3431	3470
4	3530	3569	3604	3644	3408	3447	3482	3521	3448	3487	3522	3561	3356	3395	3431	3470	3686	3708	3608	3630	3746	3768	3667	3689	3686	3708	3608	3630	3746	3768	3667	3689
5	3786	3808	3708	3730	3866	3887	3787	3809	3686	3708	3608	3630	3746	3768	3667	3689	3716	3738	3646	3668	3618	3639	3649	3670	3716	3738	3646	3668	3618	3639	3649	3670
6	3741	3763	3713	3734	3744	3766	3716	3738	3646	3668	3618	3639	3649	3670	3620	3642	3627	3627	3627	3649	3551	3573	3573	3595	3627	3627	3627	3649	3551	3573	3573	3595
7	3695	3717	3717	3739	3623	3645	3645	3667	3606	3627	3627	3649	3551	3573	3573	3595	3587	3587	3637	3659	3454	3476	3526	3548	3587	3587	3637	3659	3454	3476	3526	3548
8	3650	3671	3722	3744	3502	3524	3574	3596	3606	3627	3627	3649	3551	3573	3573	3595	3808	3808	3723	3727	3844	3848	3763	3768	3808	3808	3723	3727	3844	3848	3763	3768
9	3906	3910	3825	3829	3960	3964	3879	3883	3804	3808	3733	3737	3747	3751	3716	3720	3763	3768	3733	3737	3747	3751	3716	3720	3763	3768	3733	3737	3747	3751	3716	3720
10	3861	3865	3830	3834	3839	3843	3808	3812	3763	3768	3733	3737	3747	3751	3716	3720	3723	3727	3743	3747	3650	3654	3669	3673	3723	3727	3743	3747	3650	3654	3669	3673
11	3815	3819	3835	3839	3717	3721	3737	3741	3723	3727	3743	3747	3650	3654	3669	3673	3666	3670	3683	3687	3752	3757	3552	3557	3666	3670	3683	3687	3752	3757	3552	3557
12	3769	3774	3839	3843	3596	3600	3666	3670	3683	3687	3752	3757	3552	3557	3622	3626	3971	3957	3921	3908	3838	3825	3942	3929	3971	3957	3921	3908	3838	3825	3942	3929
13	4026	4013	3943	3929	4054	4041	3971	3957	3921	3908	3838	3825	3942	3929	3859	3846	3900	3886	3881	3868	3848	3835	3845	3832	3900	3886	3881	3868	3848	3835	3845	3832
14	3980	3967	3947	3934	3933	3919	3900	3886	3881	3868	3848	3835	3845	3832	3812	3799	3829	3815	3840	3827	3858	3844	3748	3735	3829	3815	3840	3827	3858	3844	3748	3735
15	3935	3921	3952	3939	3811	3798	3829	3815	3840	3827	3858	3844	3748	3735	3765	3752	3787	3787	3867	3854	3651	3637	3718	3705	3787	3787	3867	3854	3651	3637	3718	3705
16	3889	3876	3957	3943	3690	3677	3758	3744	3800	3787	3867	3854	3651	3637	3718	3705	3921	3908	3867	3854	3942	3929	3859	3846	3921	3908	3867	3854	3942	3929	3859	3846
Nmax	4026	4013	3957	3943	4054	4041	3971	3957	3921	3908	3867	3854	3942	3929	3859	3846																
TAGLIO																																
taglio Vx	822	809	822	809	822	809	822	809	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802
taglio Vy	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10
V	822	809	822	809	822	809	822	809	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802	815	802

SFORZO NORMALE PALO	q4								SLU								q5															
	1	3633	3673	3557	3596	3712	3751	3636	3675	3659	3698	3532	3571	3738	3777	3611	3650	3602	3641	3558	3598	3624	3663	3580	3620	3602	3641	3558	3598	3624	3663	3580
2	3593	3632	3567	3606	3615	3654	3589	3628	3602	3641	3558	3598	3624	3663	3580	3620	3544	3584	3585	3624	3510	3549	3550	3589	3544	3584	3585	3624	3510	3549	3550	3589
3	3552	3592	3577	3616	3518	3557	3542	3581	3544	3584	3585	3624	3510	3549	3550	3589	3487	3526	3611	3651	3396	3435	3520	3559	3487	3526	3611	3651	3396	3435	3520	3559
4	3512	3551	3587	3626	3420	3460	3495	3534	3487	3526	3611	3651	3396	3435	3520	3559	3734	3756	3603	3625	3794	3815	3663	3684	3734	3756	3603	3625	3794	3815	3663	3684
5	3708	3730	3629	3651	3767	3789	3689	3711	3734	3756	3603	3625	3794	3815	3663	3684	3677	3699	3630	3651	3680	3701	3632	3654	3677	3699	3630	3651	3680	3701	3632	3654
6	3667	3689	3639	3661	3670	3692	3642	3664	3677	3699	3630	3651	3680	3701	3632	3654	3620	3641	3656	3678	3566	3587	3602	3624	3620	3641	3656	3678	3566	3587	3602	3624
7	3627	3649	3649	3671	3573	3595	3595	3617	3620	3641	3656	3678	3566	3587	3602	3624	3570	3562	3584	3683	3704	3452	3473	3572	3570	3562	3584	3683	3704	3452	3473	3572
8	3587	3608	3659	3680	3476	3497	3548	3570	3562	3584	3683	3704	3452	3473	3572	3594	3809	3814	3675	3679	3850	3854	3715	3719	3809	3814	3675	3679	3850	3854	3715	3719
9	3782	3787	3702	3706	3823	3827	3742	3746	3809	3814	3675	3679	3850	3854	3715	3719	3695	3699	3752	3756	3701	3705	3736	3740	3695	3699	3752	3756	3701	3705	3736	3740
10	3742	3746	3711	3715	3726	3730	3695	3699	3752	3756	3701	3705	3736	3740	3685	3689	3648	3652	3695	3699	3728	3732	3622	3626	3648	3652	3695	3699	3728	3732	3622	3626
11	3702	3706	3721	3725	3628	3632	3648	3652																								

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 13 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
	1	3620	3686	3544	3610	3699	3764	3623	3688	1171	1198	3225	3252	2789
2	3580	3645	3554	3619	3602	3667	3576	3641	1164	1191	2780	2808	2783	2810
3	3539	3605	3564	3629	3505	3570	3529	3594	1157	1184	2336	2363	2776	2803
4	3499	3564	3574	3639	3407	3473	3482	3547	1150	1177	1892	1919	2769	2796
5	3701	3737	3622	3658	3760	3796	3682	3718	2075	2090	3197	3212	2717	2732
6	3660	3696	3632	3668	3663	3699	3635	3671	2068	2083	2753	2768	2710	2725
7	3620	3656	3642	3678	3566	3602	3588	3624	2061	2077	2309	2324	2703	2718
8	3579	3615	3652	3688	3468	3505	3541	3577	2055	2070	1864	1879	2696	2711
9	3781	3788	3700	3707	3821	3828	3740	3747	2980	2983	3170	3173	2644	2647
10	3741	3748	3710	3717	3724	3731	3693	3700	2973	2976	2726	2729	2637	2640
11	3700	3707	3720	3727	3627	3634	3646	3653	2966	2969	2281	2284	2630	2633
12	3660	3667	3729	3736	3530	3537	3599	3606	2959	2962	1837	1840	2623	2626
13	3861	3839	3778	3756	3883	3860	3799	3777	3884	3875	3143	3133	2571	2562
14	3821	3799	3788	3766	3785	3763	3752	3730	3878	3868	2698	2689	2564	2555
15	3780	3758	3798	3775	3688	3666	3705	3683	3871	3861	2254	2245	2558	2548
16	3740	3718	3807	3785	3591	3569	3658	3636	3864	3855	1810	1800	2551	2541
Nmax	3861	3839	3807	3785	3883	3860	3799	3777	3884	3875	3225	3252	2789	2817
TAGLIO														
taglio Vx	797	775	797	775	797	775	797	775	1190	1181	532	523	532	523
taglio Vy	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	3	3	321	321	3	3
V	797	775	797	775	797	775	797	775	1190	1181	621	613	532	523

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	1	2686	2719	2635	2668	2553	2586	2502	2535	2669	2702	2652	2685	2536	2569	2519	2552	2590
2	2658	2691	2641	2673	2590	2622	2572	2605	2652	2685	2647	2679	2584	2617	2578	2611	2590	2617
3	2630	2663	2646	2679	2628	2659	2642	2675	2635	2668	2641	2673	2632	2664	2637	2670	2590	2617
4	2602	2634	2652	2684	2663	2696	2713	2745	2618	2651	2635	2668	2680	2712	2696	2729	2590	2617
5	2741	2759	2689	2707	2501	2519	2449	2467	2724	2742	2706	2724	2484	2502	2466	2484	2542	2557
6	2713	2731	2694	2712	2538	2556	2519	2537	2707	2725	2701	2719	2531	2549	2525	2543	2542	2557
7	2685	2703	2700	2718	2574	2592	2589	2607	2690	2708	2695	2713	2579	2597	2584	2602	2542	2557
8	2657	2675	2705	2723	2611	2629	2659	2677	2673	2691	2689	2707	2627	2645	2643	2661	2542	2557
9	2796	2800	2742	2746	2449	2453	2395	2399	2778	2782	2760	2764	2431	2435	2413	2417	2495	2498
10	2768	2772	2748	2751	2486	2489	2465	2469	2761	2765	2755	2758	2479	2482	2472	2476	2495	2498
11	2740	2744	2753	2757	2522	2526	2535	2539	2744	2748	2749	2752	2527	2530	2531	2535	2495	2498
12	2712	2715	2759	2762	2559	2563	2606	2609	2728	2731	2743	2747	2575	2578	2590	2594	2495	2498
13	2851	2840	2796	2785	2397	2386	2342	2330	2833	2822	2814	2803	2379	2367	2360	2349	2447	2438
14	2823	2812	2801	2790	2434	2423	2412	2401	2816	2805	2809	2798	2426	2415	2419	2408	2447	2438
15	2795	2784	2807	2796	2470	2459	2462	2471	2799	2788	2803	2792	2474	2463	2478	2467	2447	2438
16	2767	2756	2812	2801	2507	2496	2552	2541	2782	2771	2797	2786	2522	2511	2537	2526	2447	2438
Nmax	2851	2840	2812	2801	2663	2696	2713	2745	2833	2822	2814	2803	2680	2712	2696	2729	2590	2617
TAGLIO																		
taglio Vx	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	521	512
taglio Vy	7	7	-7	-7	7	7	-7	-7	2	2	-2	-2	2	2	-2	-2	0	0
V	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	588	577	521	512

RIEPILOGO

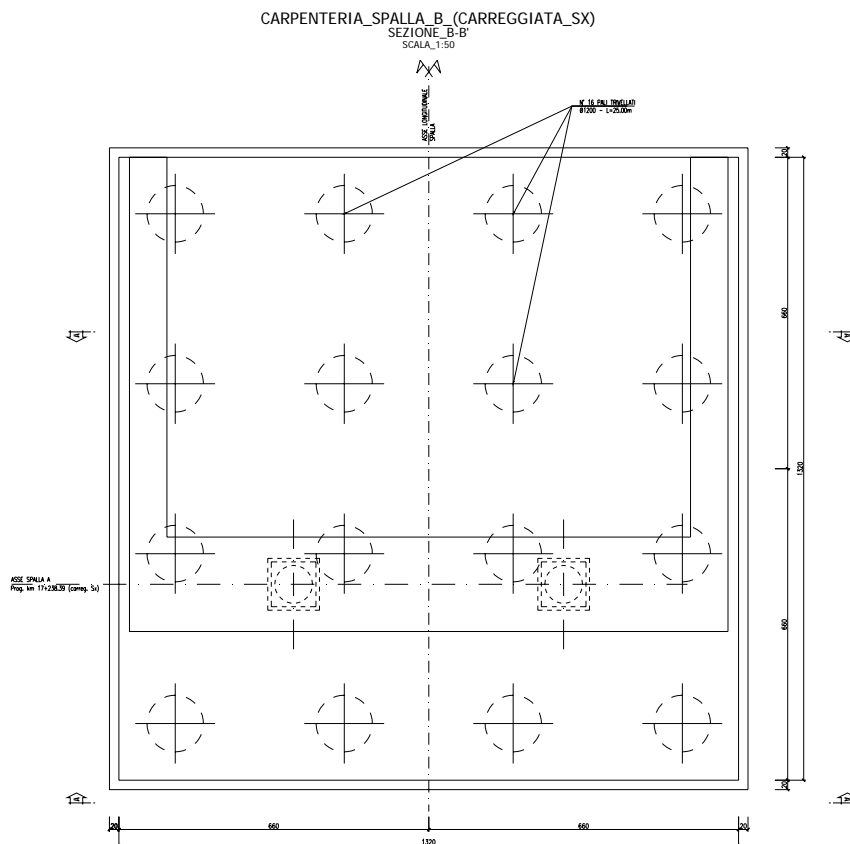
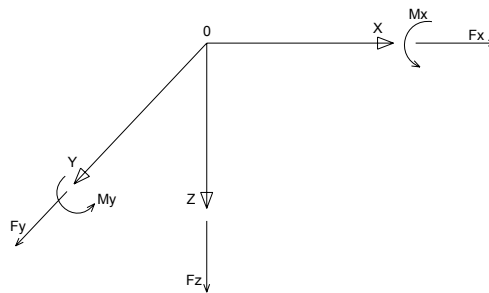
		SLU	SLV	SLE	
Nmax	4054	4054	3884	2851	kN
Nmin	1150	3356	1150	2851	kN
Vmax	1190	822	1190	588	kN

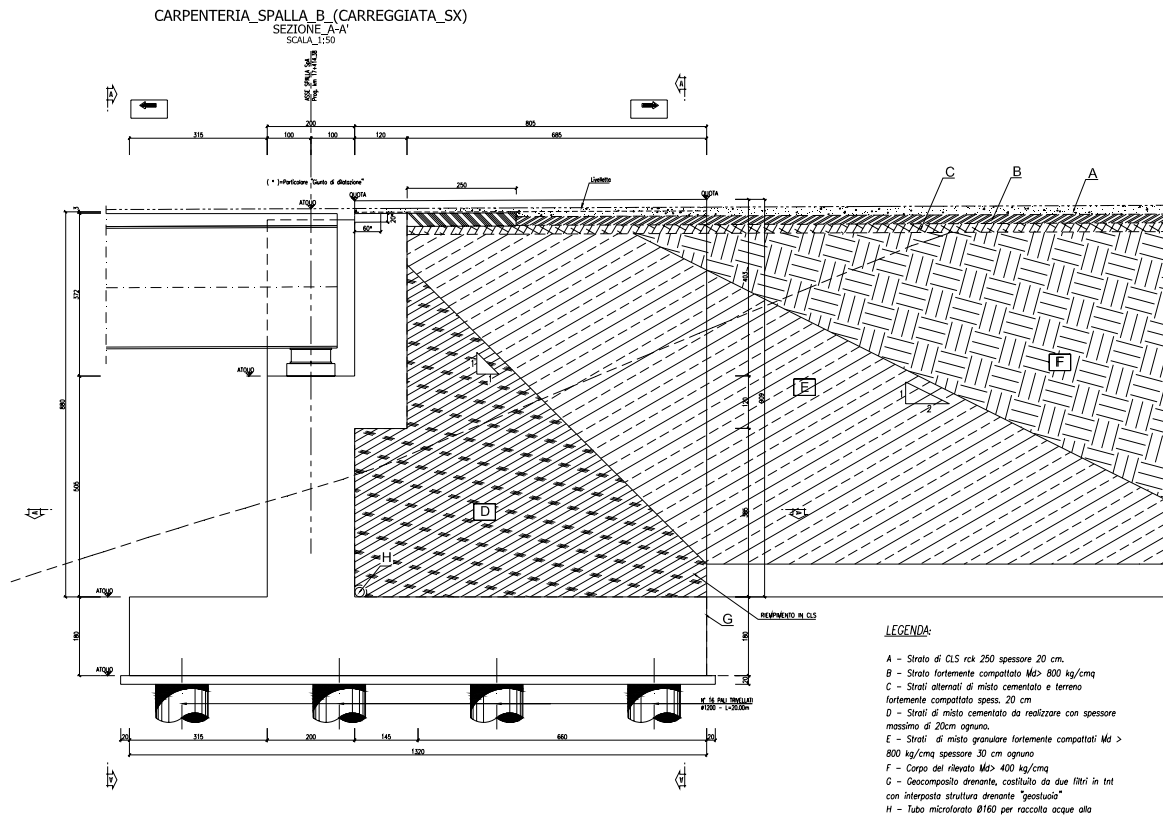
3 ANALISI DELLA PALIFICATA DELLA SPALLA B

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.





Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min	Bz,max	V	X	Y	Z
	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ³]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80	-	313.6	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	1	2.00	12.75	5.05	-	128.8	9.05	0.00	-4.33
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.65	-	55.8	7.45	0.00	-8.68
muro laterale sx	1	8.05	0.80	9.45	-	60.9	4.03	5.98	-6.53
muro laterale dx	1	8.05	0.80	9.45	-	60.9	4.03	-5.98	-6.53
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00	3	0.00	-1.40	5.63	-9.98
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00	1	0.00	-0.50	-5.88	-10.75
baggioli	2	1.10	1.10	0.15	-	0.36	9.05	0.00	-6.93
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35	-	0.57	9.05	0.00	-7.18
elemento 1	0	5.40	0.60	4.85	-	0.00	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85	-	0.00	4.55	-4.75	-7.90

3.1 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Si riportano nel seguente prospetto le azioni trasmesse dall'impalcato. Tali azioni sono riferite al baricentro appoggi e sono state desunte dalla risoluzione del modello di calcolo del viadotto.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 16 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO (RIFERITE AL BARICENTRO APPOGGI)

Coordinate baricentro appoggi

x	=	9.05 m	coordinata x
y	=	0.00 m	coordinata y
z	=	-7.18 m	coordinata z

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
g1	0	0	2696	0	0	peso proprio impalcato
g2	0	0	568	0	0	permanenti portati
e2	37	0	-267	0	37	ritiro
e3	142	0	-166	0	142	carico termico
q1.1	0	0	2376	1088	0	carico mobile - configurazione 1 (massima azione verticale)
q1.2	0	0	1818	5125	0	carico mobile - configurazione 2 (massimo momento trasversale)
q3	239	0	0	0	239	frenatura
q4	0	0	0	0	0	azione centrifuga
q5	0	184	39	218	0	azione del vento trasversale
q6.1x	579	44	-21	72	579	sisma longitudinale
q6.1y	174	147	-21	240	174	sisma trasversale
q6.1z	174	44	-70	72	174	sisma verticale
q7	33	0	0	0	0	azione parassita dei vincoli

3.2 AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

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

AZIONI TRASMESSE DALLA SPALLA

Peso proprio spalla (g1)

γ _{cls}	=	25 kN/m ³	peso specifico calcestruzzo
g1.1	=	7840.8 kN	plinto di fondazione
g1.2	=	3219.4 kN	muro frontale
g1.3	=	1396.1 kN	muro paraghiaia
g1.4	=	1521.5 kN	muro laterale sx
g1.5	=	1521.5 kN	muro laterale dx
g1.6	=	0.0 kN	bandiera sx
g1.7	=	0.0 kN	bandiera dx
g1.8	=	9.1 kN	baggioli
g1.9	=	10.3 kN	apparecchi di appoggio
g1.10	=	0.0 kN	elemento 1
g1.11	=	0.0 kN	elemento 2
Fz	=	15518.6 kN	azione verticale
x	=	6.68 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.42 m	coordinata z punto di applicazione

Peso terreno su fondazione (g2)

γ _t	=	18 kN/m ³	peso dell'unità di volume del terreno
V	=	882.4 m ³	volume di terreno sopra fondazione
Fz	=	15883.9 kN	peso del terreno
x	=	4.03 m	coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00 m	coordinata y punto di applicazione
z	=	-6.53 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	=	10.50	8.7	m altezza di spinta terreno (rispetto a intradosso plinto)
B	=	12.75	12.75	m larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	=	5394.8	3703.7	kN spinta del terreno
x	=	0.00	8.05	m coordinata x punto di applicazione
y	=	0.00	0	m coordinata y punto di applicazione
z	=	-3.50	-4.70	m coordinata z punto di applicazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 17 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

Effetti del sovraccarico stradale sul rilevato (q1.t)

	intradosso base muro			
	plinto	frontale		
Incremento di spinta				
q	= 20.00	20.00	kPa	sovraccarico stradale
ϕ	= 35	35	°	angolo di attrito del terreno
K	= 0.426	0.426		coefficiente di spinta
H	= 10.50	8.70	m	altezza di spinta terreno
B	= 12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
Fx	= 1141.7	946.0	kN	spinta del terreno per effetto del sovraccarico
x	= 0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0.00	0	m	coordinata y punto di applicazione
z	= -5.25	-6.15	m	coordinata z punto di applicazione
Incremento di azione verticale				
Bx	= 8.05	-	m	lunghezza del plinto interessata dal sovraccarico
Fz	= 2052.8	-	kN	risultante verticale sovraccarico
x	= 4.03	-	m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0.00	-	m	coordinata y punto di applicazione
z	= -1.80	-	m	coordinata z punto di applicazione

Azioni sismiche (q6)

parametri sismici				
a_g	= 0.089	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}	= 0.134	g		accelerazione massima
K_h	= 0.134			coefficiente sismico orizzontale
K_v	= 0.067			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	= 10.50	8.70	m	altezza di spinta terreno
B	= 12.75	12.75	m	larghezza trasversale interessata dalla spinta (y-y)
ΔP	= 3377.9	2319.0		incremento di spinta in fase sismica (ipotesi di struttura rigida)
Ipotesi di struttura flessibile				
ϕ	= 35	35	°	angolo di attrito
ψ	= 90	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizz della parete del muro rivolta a 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	= 7.14	7.14	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno
K1	= 0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta < \phi - \psi$
K2	= 0.794	0.794		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $\beta > \phi - \psi$
K	= 0.617	0.617		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	= 8331	5719	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
ΔS	= 2936.1	2015.7	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
ΔP	= 3377.9	2319.0	kN	incremento di spinta terreno in fase sismica
x	= 0.00	8.05	m	coordinata x punto di applicazione
y	= 0.00	0.00	m	coordinata y punto di applicazione
z	= -5.25	-6.15	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	1047	6.60	0.00	-0.90
muro frontale	430	9.05	0.00	-4.33
paraghiaia	186	7.45	0.00	-8.68
muro laterale sx	203	4.03	5.98	-6.53
muro laterale dx	203	4.03	-5.98	-6.53
bandiera sx	0	-1.40	5.63	-9.98
bandiera dx	0	-0.50	-5.88	-10.75
baggioli	1	9.05	0.00	-6.93
apparecchi di appoggio	1	9.05	0.00	-7.18
elemento 1	0	4.55	4.75	-7.90
elemento 2	0	4.55	-4.75	-7.90
terreno su plinto	2121	4.03	0.00	-6.53
risultante intradosso plinto	4192	5.34	0.00	-4.99
risultante base muro frontale	1025	6.76	0.00	-5.99

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 21 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

SFORZO NORMALE PALO	S.L.U. e3								q6.x		S.L.V. q6.y		q6.z	
	1	3440	3488	3381	3430	3519	3567	3460	3508	1539	1559	2851	2872	2582
2	3405	3454	3385	3434	3427	3476	3407	3455	1534	1554	2543	2563	2577	2597
3	3371	3419	3389	3437	3336	3384	3354	3403	1528	1548	2234	2254	2571	2591
4	3336	3384	3393	3441	3244	3293	3302	3350	1523	1543	1926	1946	2566	2586
5	3298	3331	3237	3270	3357	3390	3296	3329	1947	1961	2688	2702	2380	2394
6	3263	3296	3241	3273	3266	3299	3244	3276	1942	1956	2379	2393	2375	2389
7	3229	3261	3245	3277	3175	3207	3191	3223	1937	1950	2071	2084	2370	2383
8	3194	3227	3249	3281	3083	3116	3138	3171	1931	1945	1762	1776	2364	2378
9	3166	3173	3092	3110	3196	3213	3133	3150	2356	2363	2525	2532	2179	2186
10	3121	3138	3096	3113	3105	3122	3080	3097	2350	2357	2216	2223	2173	2180
11	3087	3104	3100	3117	3013	3030	3027	3044	2345	2352	1908	1915	2168	2175
12	3052	3069	3104	3121	2922	2939	2974	2991	2340	2347	1599	1606	2162	2170
13	3014	3015	2948	2949	3035	3036	2969	2971	2764	2765	2361	2362	1977	1978
14	2979	2981	2952	2953	2943	2945	2916	2918	2759	2759	2053	2053	1972	1972
15	2945	2946	2956	2957	2852	2854	2863	2865	2753	2754	1744	1745	1966	1967
16	2910	2911	2960	2961	2761	2762	2811	2812	2748	2749	1436	1436	1961	1961
Nmax	3440	3488	3393	3441	3519	3567	3460	3508	2764	2765	2851	2872	2582	2602
TAGLIO														
taglio Vx	543	521	543	521	543	521	543	521	854	846	356	347	356	347
taglio Vy	10	10	-10	-10	10	10	-10	-10	3	3	271	271	3	3
V	543	521	543	521	543	521	543	521	854	846	448	441	356	347

SFORZO NORMALE PALO	S.L.car								S.L.E.				S.L.freq				S.L.qp	
	1	2551	2575	2512	2536	2418	2442	2379	2403	2538	2562	2525	2549	2405	2429	2392	2416	2411
2	2527	2551	2514	2538	2459	2483	2445	2469	2523	2547	2518	2542	2454	2478	2450	2474	2411	2431
3	2503	2527	2515	2539	2499	2523	2511	2536	2507	2531	2511	2535	2503	2527	2507	2531	2411	2431
4	2479	2503	2517	2541	2540	2564	2578	2602	2491	2515	2504	2528	2552	2576	2565	2589	2411	2431
5	2443	2459	2402	2419	2203	2219	2162	2179	2430	2446	2416	2432	2189	2206	2176	2192	2234	2247
6	2419	2435	2404	2420	2243	2260	2229	2245	2414	2430	2409	2425	2238	2255	2233	2250	2234	2247
7	2395	2411	2405	2422	2284	2300	2295	2311	2398	2415	2402	2418	2288	2304	2291	2308	2234	2247
8	2371	2387	2407	2423	2325	2341	2361	2377	2383	2399	2395	2411	2337	2353	2349	2365	2234	2247
9	2335	2344	2293	2301	1988	1996	1946	1954	2321	2329	2307	2315	1974	1982	1960	1968	2056	2063
10	2311	2319	2294	2303	2028	2037	2012	2020	2305	2314	2300	2308	2023	2031	2017	2026	2056	2063
11	2287	2295	2296	2304	2069	2077	2078	2087	2290	2298	2293	2301	2072	2081	2075	2084	2056	2063
12	2262	2271	2297	2306	2109	2118	2144	2153	2274	2283	2286	2294	2121	2130	2133	2141	2056	2063
13	2227	2228	2183	2184	1773	1773	1729	1730	2212	2213	2198	2198	1758	1759	1743	1744	1879	1879
14	2203	2204	2185	2185	1813	1814	1795	1796	2197	2197	2191	2191	1807	1808	1801	1802	1879	1879
15	2179	2179	2186	2187	1854	1855	1861	1862	2181	2182	2184	2184	1856	1857	1859	1860	1879	1879
16	2154	2155	2188	2188	1894	1895	1928	1928	2165	2166	2177	2177	1905	1906	1917	1917	1879	1879
Nmax	2551	2575	2517	2541	2540	2564	2578	2602	2538	2562	2525	2549	2552	2576	2565	2589	2411	2431
TAGLIO																		
taglio Vx	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	345	336
taglio Vy	7	7	-7	-7	7	7	-7	-7	2	2	-2	-2	2	2	-2	-2	0	0
V	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	400	389	345	336

RIEPILOGO

		SLU	SLV	SLE	
Nmax	3639	3639	2872	2602	KN
Nmin	1436	2744	1436	2602	KN
Vmax	854	563	854	400	KN

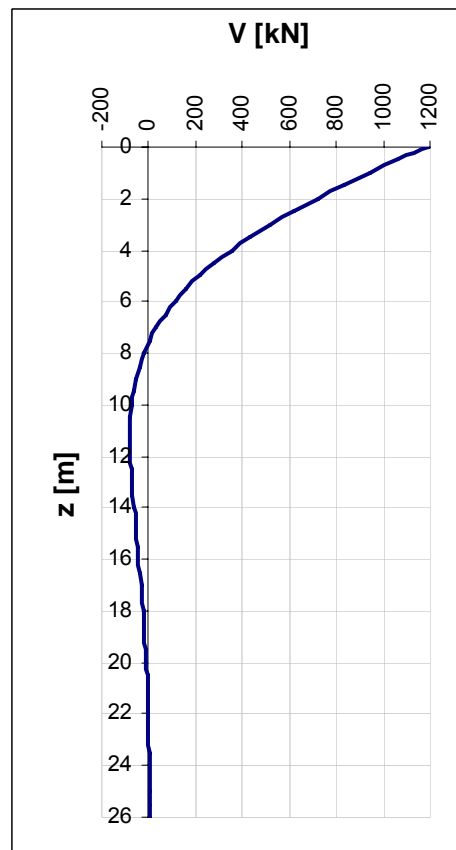
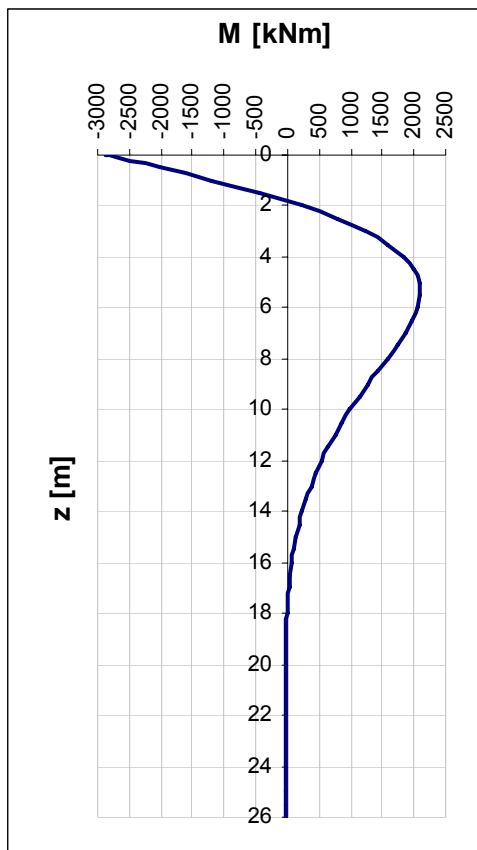
4 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA A

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	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diámetro palo
J	=	0.1018 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L ₀	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	1190.0 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2877.8 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	10.52 mm	spostamento massimo in testa



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

La prima gabbia viene armata con 28 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 riporta di seguito la schermata di output del programma relativamente alle sezioni di testa del palo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1_spA

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

Titolo: Resistenza: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 28
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 1149.9 [kN]
 M_{xEd}: 2877.7 [kNm]
 M_{yEd}: 0 [kNm]

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8 ?
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

M_{xRd}: 2'999 [kNm]
 σ_c: -14.17 N/mm²
 σ_s: 391.3 N/mm²
 ε_c: 3.5 ‰
 ε_s: 7.933 ‰
 d: 115 [cm]
 x: 35.2 x/d: 0.3061
 δ: 0.8227

	Z _{in} [m]	Z _{in} [m]	c' [cm]	Φ [mm]	n	s [cm]	M _{Ed} [kN*m]	N _{Ed} [kN]	M _{res} [kN*m]	
gabbia n.1	-1.3	10.7	5	26	28	12.3	2877.7	1149.9	2999.0	OK
gabbia n.2	9.7	21.7	5	18	15	23.0	1079.7	1149.9	1257.0	OK
gabbia n.3	20.7	25.0	5	18	15	23.0	33.6	1149.9	1257.0	OK

4.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

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

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

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

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

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d_e \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

resistenza di calcolo a taglio trazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 24 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

dove:

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

D: diametro della sezione

d: altezza utile della sezione

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

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s: interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

Sollecitazioni

V	=	1190.0 kN	taglio di calcolo
N	=	1149.9 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}	=	30	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	24.90 MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.50	coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	14.11 MPa	resistenza di calcolo a compressione
f'_{cd}	=	7.06 MPa	resistenza ridotta
γ_s	=	1.15	coefficiente di sicurezza
			acciaio
f_{yk}	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\emptyset_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
$\text{ctg} \vartheta$	=	2.50	inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ_{cp}	=	1.017 MPa	tensione media calcestruzzo
α_c	=	1.07	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 25 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

V_{Rsd}	=	1200.3 kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	2245.0 kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1200.3 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.01	

4.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali ordinarie
armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

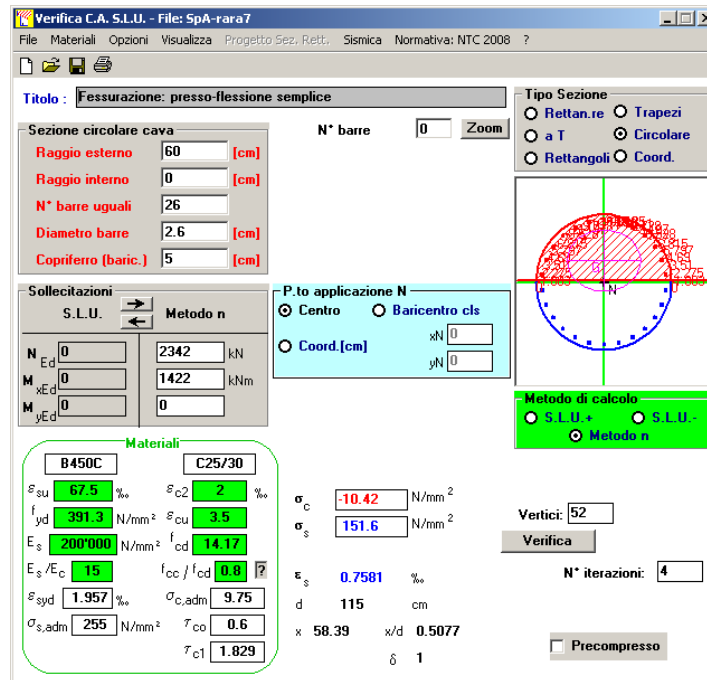
σ_s [MPa]	w3=0.40 mm								w2=0.30 mm	
	\emptyset									
160	40	40	40	40	40	40	40	40	32	32
200	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
240	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16
280	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
320	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w3=0.40 mm								w2=0.30 mm	
	\emptyset									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250
240	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
280	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150
320	150	150	150	150	150	150	150	150	100	100
360	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50

Sollecitazioni agenti

	=	combinazione											
		freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
LO	=	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	=	2618	2651	2635	2668	2379	2367	2360	2349	2447	2438	kN	sforzo assiale
V	=	588	577	588	577	588	577	588	577	521	512	kN	taglio alla testa del palo
M_{max}	=	1421	1395	1421	1395	1421	1395	1421	1395	1260	1238	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	-	-	-	-	-	-	142	-	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		



4.2 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

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

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u ¹ (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ ' (°)	19	23	22

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:

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

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

¹Con riferimento alle raccomandazioni AGI per pali trivellati in terreni coesivi, la coesione non drenata c_u è stata limitata superiormente a 250 kPa affinché l'adesione $s_{lim,u} \leq 100$ kPa.

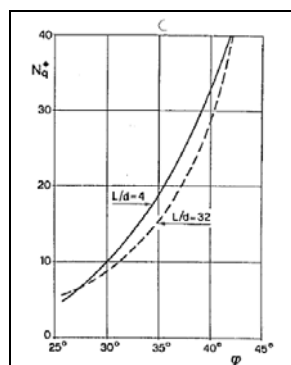
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 28 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

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

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

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



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

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

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

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

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA A - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo (m)	quota iniziale	quota finale
			m	m
1° strato	TRBa_2a	11	0	11
2° strato	TRBa_2b	34	11	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 29 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

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

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

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

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

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

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{sk}	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.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 30 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

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

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

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

azioni verticali massime in testa palo			caratteristiche pali fondazione			PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u		
	kN	kN	m		m	kN	kN			
spalla A	4054	3884	1.2	16	25	146.88	5684.38	6818.49	ok	ok

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	=	2999.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	411.9 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	103200.7 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	1382889 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	38633.0 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	8.7 m	
M_{max}	=	234301.8 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2831.6 kN	carico limite per palo lungo
-------------	---	-----------	------------------------------

MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2831.6 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1769.7 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1361.3 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	1190.0 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.14	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 31 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

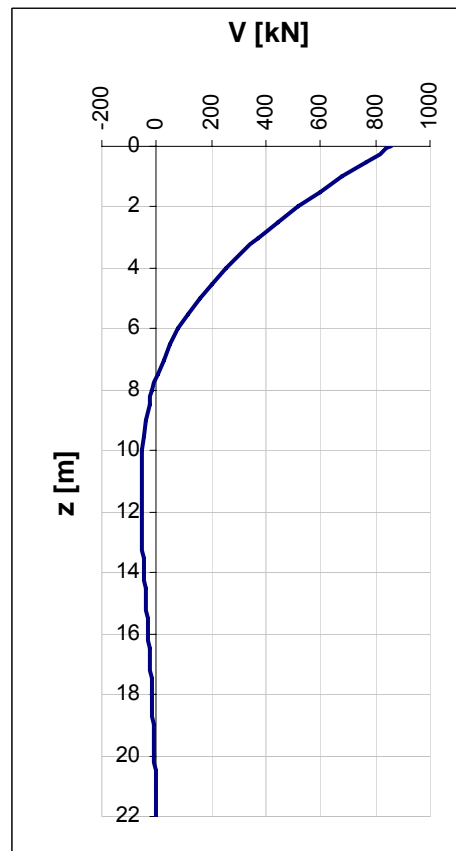
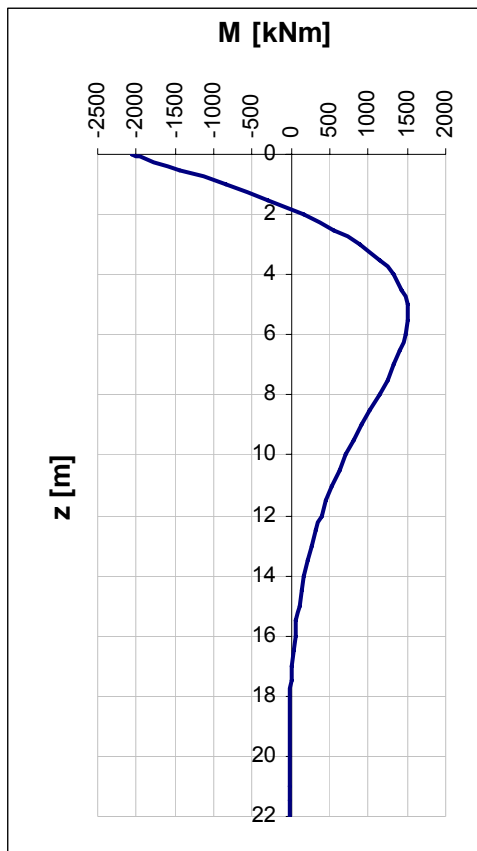
5 VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE SPALLA B

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	=	31447 MPa	modulo elastico calcestruzzo
D	=	1200 mm	diametro palo
J	=	0.1018 m ⁴	momento d'inerzia del palo
K	=	13000 kN/m ³	costante di reazione del terreno
B	=	1.80 m	larghezza efficace del palo
E _s	=	23400 kN/m ²	modulo di elasticità del terreno
L0	=	4.84 m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00 m	altezza tratto libero
V	=	854.4 kN	taglio alla testa del palo
M _{max}	=	2066.3 kNm	massimo momento flettente
d _{max}	=	7.55 mm	spostamento massimo in testa



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

La prima gabbia viene armata con 18 Ø26, mentre per la successiva sono sufficienti 15 Ø18.
 Il momento ultimo del palo viene determinato con il programma V.C.A.S.L.U.: si riporta di seguito la schermata di output del programma relativa alla sezione di testa del palo.

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1_spB

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

Titolo: Resistenza: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava

- Raggio esterno: 60 [cm]
- Raggio interno: 0 [cm]
- N° barre uguali: 18
- Diametro barre: 2.6 [cm]
- Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo flessione:
 Retta Deviata

Materiali:
 B450C C25/30
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6 N/mm²
 τ_{c1} 1.829 N/mm²

Calcolo:
 Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
 M_{xRd} 2'275 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 8.595 ‰
 d 115 cm
 x 33.28 x/d 0.2894
 δ 0.8017

Parametri:
 Vertici: 52 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_0 0 cm Col. modello
 Precompresso

	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	18	19.2	2066.3	1435.5	2275.0	OK
gabbia n.2	9.7	22.0	5	18	15	23.0	775.2	1435.5	1372.0	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 San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 33 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

5.1.2 S.L.U. – Resistenza: taglio

Si dispongono spirali Ø14/250 nella prima gabbia dove le sollecitazioni taglianti sono maggiori, mentre nelle altre sono sicuramente sufficienti delle spirali Ø10/300. La verifica a taglio risulta soddisfatta se:

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

in cui:

V_{Ed} : taglio di calcolo

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

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

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

dove:

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

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.: diametro della sezione

d : altezza utile della sezione

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

A_{sw} : area dell'armatura trasversale

s : interasse tra due armature trasversali consecutive

α_c : coefficiente maggiorativo per lo sforzo assiale

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

Sollecitazioni

$V = 854.4$ kN : taglio di calcolo
 $N = 1435.5$ kN : sforzo assiale di calcolo

Geometria

$D = 1200$ mm : diametro sezione
 $d = 1140$ mm : altezza utile
 $d_e = 886$ mm : altezza utile equivalente
 $b_{we} = 1080$ mm : base equivalente

Materiali

$R_{ck} = 30$: resistenza caratteristica cubica
 $f_{ck} = 24.90$ MPa : resistenza caratteristica cilindrica
 $\gamma_c = 1.50$: coefficiente parziale di sicurezza
 $\alpha_{cc} = 0.85$: coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
 $f_{cd} = 14.11$ MPa : resistenza di calcolo a compressione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 34 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

f_{cd}	=	7.06 MPa	resistenza ridotta
γ_s	=	1.15	coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0 MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3 MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio

Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio

\varnothing_w	=	14 mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90 °	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	250 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}	=	1.269 MPa	tensione media calcestruzzo
α_c	=	1.09	
V_{Rsd}	=	960.2 kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	2282.5 kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	960.2 kN	resistenza a taglio
FS	=	1.12	

5.1.3 S.L.E. – Fessurazione

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

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

- condizioni ambientali aggressive;
- armature poco sensibili.

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

condizioni ambientali ordinarie
armature poco sensibili

Diametri massimi delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w3=0.40 mm						w2=0.30 mm			
	\varnothing									
160	40	40	40	40	40	40	40	40	32	32
200	32	32	32	32	32	32	32	32	25	25
240	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16
280	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12
320	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
360	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

Spaziatura massima delle barre per il controllo della fessurazione

σ_s [MPa]	w3=0.40 mm						w2=0.30 mm			
	\varnothing									
160	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300	300	300	300	250	250
240	250	250	250	250	250	250	250	250	200	200
280	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150
320	150	150	150	150	150	150	150	150	100	100
360	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50

Sollecitazioni agenti

	combinazione											
	freq 1	freq 2	freq 3	freq 4	freq 5	freq 6	freq 7	freq 8	qp1	qp2		
LO	=	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h	=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N	=	2165	2166	2177	2177	1758	1743	1744	1879	1879	kN	sforzo assiale
V	=	400	389	400	389	400	389	400	345	336	kN	taglio alla testa del palo
M_{max}	=	966	940	966	940	966	940	966	835	813	kN*m	massimo momento flettente
$\sigma_{s,max}$	=	200	200	200	200	200	200	200	160	160	MPa	tensione massima nell'acciaio da normativa
$\sigma_{Sd,max}$	=	-	-	-	-	-	124	-	-	-	MPa	tensione massima di trazione nell'acciaio di calcolo
		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

Verifica C.A. S.L.U. - File: SpB-freq7

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

Titolo: Fessurazione: presso-flessione semplice

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 60 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro (baric.): 5 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 1743 kN
 M_{xEd}: 0 966 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

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

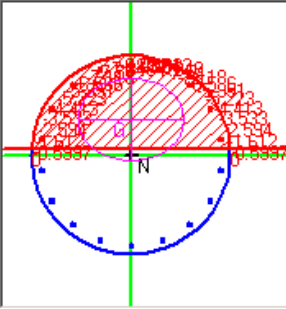
Materiali

B450C **C25/30**

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 14.17
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8 ?
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -8.094 N/mm²
 σ_s : 123.6 N/mm²
 ϵ_s : 0.6179 ‰
 d: 115 cm
 x: 56.99 x/d: 0.4956
 δ : 1

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



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.

Materiali

Rck	=	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
f _{ck}	=	24.90	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f _{yk}	=	450.0	MPa	resistenza caratteristica di snervamento cilindrica

	rara1	rara2	rara3	rara4	combinazione		rara7	rara8	qp1	qp2		
					rara5	rara6						
Sollecitazioni agenti												
L0 =	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	4.84	m	lunghezza elastica del palo
h =	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	m	altezza tratto libero
N =	2154	2155	2183	2184	1773	1773	1729	1730	1879	1879	kN	sforzo assiale
V =	400	389	400	389	400	389	400	389	345	336	kN	taglio alla testa del palo
M _{max} =	966	941	966	941	966	941	966	941	835	813	kN*m	massimo momento flettente
Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio												
σ _{c,max} =	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	14.94	11.21	11.21	[MPa]	massima tensione del cls da normativa
σ _{c,Sd} =	-	-	-	-	-	-	8.10	-	-	-	[MPa]	tensione di calcolo del cls in esercizio
Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio												
σ _{s,max} =	360	360	360	360	360	360	360	360			[MPa]	massima tensione dell'acciaio normativa
σ _{s,Sd} =	-	-	-	-	-	-	125	-			[MPa]	tensione di calcolo dell'acciaio in esercizio

Verifica C.A. S.L.U. - File: SpB-rara7

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

Titolo: Fessurazione: presso-flessione semplice

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

Sezione circolare cava
 N° barre: 0 Zoom
 Raggio esterno: 60 [cm]
 Raggio interno: 0 [cm]
 N° barre uguali: 18
 Diametro barre: 2.6 [cm]
 Copriferro [baric.]: 5 [cm]

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 0 1729 kN
 M_{xEd}: 0 966 kNm
 M_{yEd}: 0 0

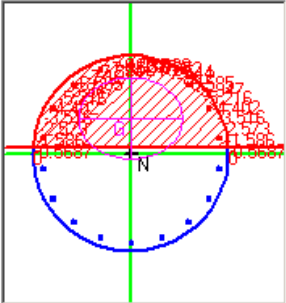
P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8 ?
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

σ_c: -8.101 N/mm²
 σ_s: 124.7 N/mm²
 ε_s: 0.6236 ‰
 d: 115 cm
 x: 56.75 x/d: 0.4935
 δ: 1

Vertici: 52
 Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 37 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
peso secco γ_d (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
peso saturo γ_{sat} (kN/m ³)	18.5	21.6	20.8
coesione non dren. c_u^2 (kPa)	50	250	250
coesione dren. c' (kPa)	15	19	25
angolo attrito ϕ' (°)	19	23	22

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:

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

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:

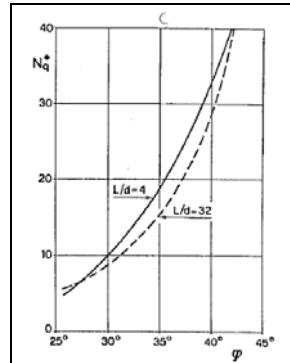
c_u (kPa)	α (-)
<25	0.9
25 ÷ 50	0.8
50 ÷ 75	0.6
≥ 75	0.4

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:

²Con riferimento alle raccomandazioni AGI per pali trivellati in terreni coesivi, la coesione non drenata c_u è stata limitata superiormente a 250 kPa affinché l'adesione $s_{lim,u} \leq 100$ kPa.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 38 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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.

	TRBa_1	TRBa_2a	TRBa_2b
coeff. N_q (cond. drenate)	4.0	4.0	4.0
coeff. N_c (cond. drenate)	8.7	7.0	7.4

Per i rapporti opere-terreni considerati nei calcoli, si è fatto riferimento al profilo geotecnico a corredo del presente progetto esecutivo. Nelle verifiche si è considerata l'assenza di falda.

Di seguito le stratigrafie apprese dal profilo geotecnico sotto la spalla in esame.

STRATIGRAFIA SOTTO SPICCATO FONDAZIONE SPALLA B - CARR. SX				
strati	Unità geotecniche	spessore strato da testa palo	quota iniziale	quota finale
		(m)	m	m
1° strato	TRBa_2a	10	0	10
2° strato	TRBa_2b	35	10	45

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

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

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

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

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

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 39 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_f (o γ_g)	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_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

⁽¹⁾ 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 → 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			PP. Compensato	carico limite		check dr	check ud
pila/spalla	statica	dinamica	diam. Palo	N° pali	lunghezza palo		Qlim_d	Qlim_u		
	kN	kN	m		m	kN	kN			
spalla B	3639	2872	1.2	16	22	128.86	4651.95	6149.84	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 San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 40 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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	diametro palo
L	=	22.00 m	lunghezza palo
M_y	=	2275.0 kNm	momento di plasticizzazione del palo
c_u	=	408.2 kPa	coesione non drenata

palo corto

$Q_{lim,1}$	=	89048.9 kN	carico limite per palo corto
M_{max}	=	1059682 kNm	momento massimo

palo intermedio

$Q_{lim,2}$	=	32841.0 kN	carico limite per palo intermedio
f	=	7.4 m	
M_{max}	=	179166.9 kNm	momento massimo

palo lungo

$Q_{lim,3}$	=	2217.8 kN	carico limite per palo lungo
MR		PALO LUNGO	meccanismo di rottura
$Q_{lim,m}$	=	2217.8 kN	carico limite (valore medio)
ξ_3	=	1.60	fattore di correlazione
$Q_{lim,k}$	=	1386.1 kN	carico limite (valore caratteristico)
γ_T	=	1.30	coefficiente parziale
$Q_{lim,d}$	=	1066.3 kN	carico limite (valore di progetto)
F_h	=	854.4 kN	azione trasversale testa palo
FS		1.25	

6 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA A

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

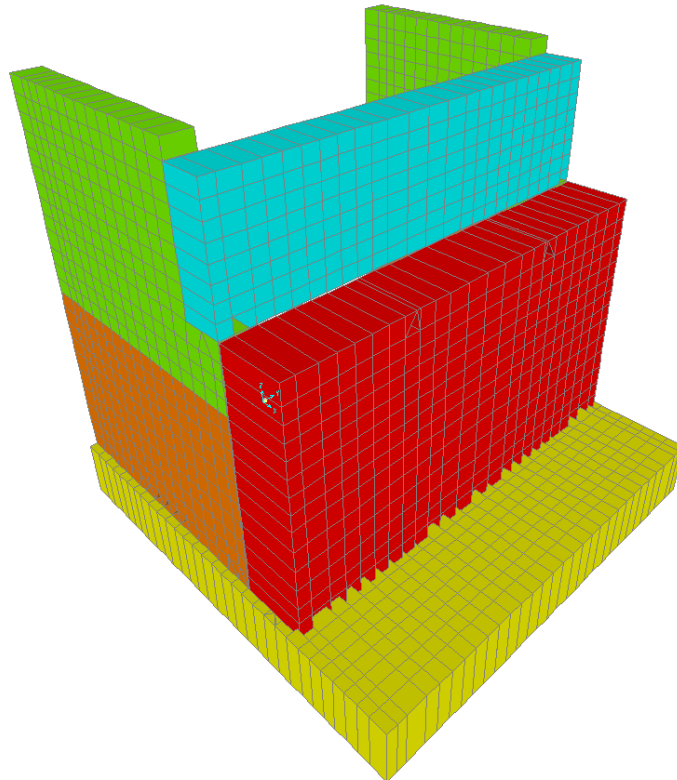
6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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.

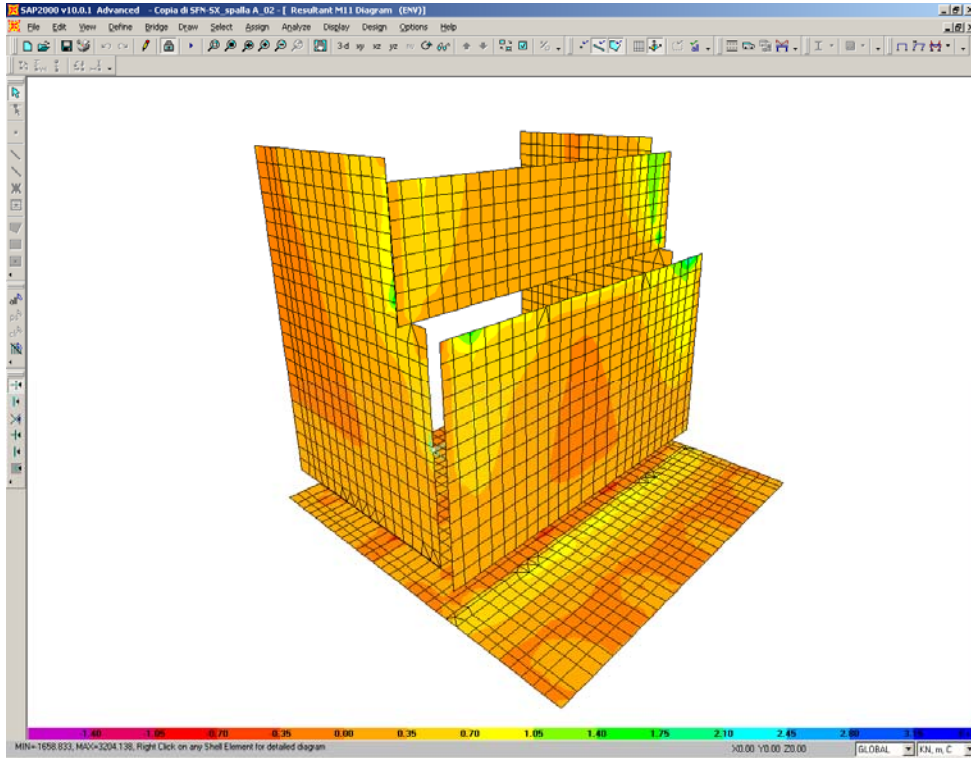
Nella seguente figura si illustra la geometria del modello.

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

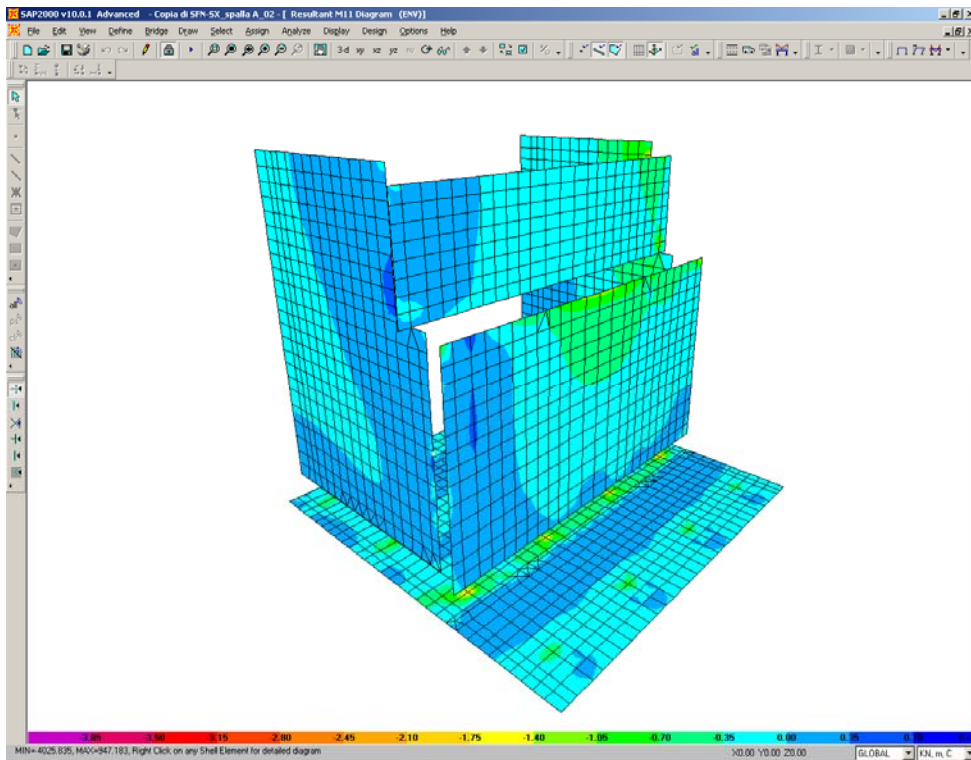


Geometrie Spalla

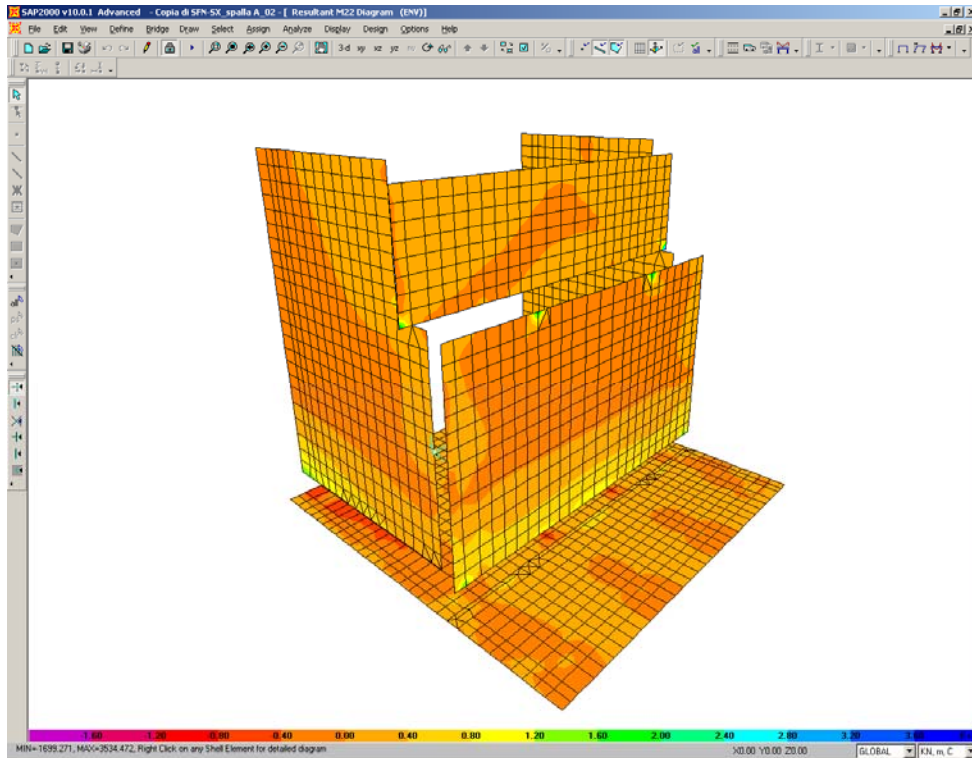
	n.	Bx	By	Bz,min
	[-]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	7.50
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.65
muro laterale sx	1	8.05	0.80	11.65
muro laterale dx	1	8.05	0.80	11.65
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.15
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35
elemento 1	0	5.40	0.60	4.40
elemento 2	0	5.40	0.60	4.40



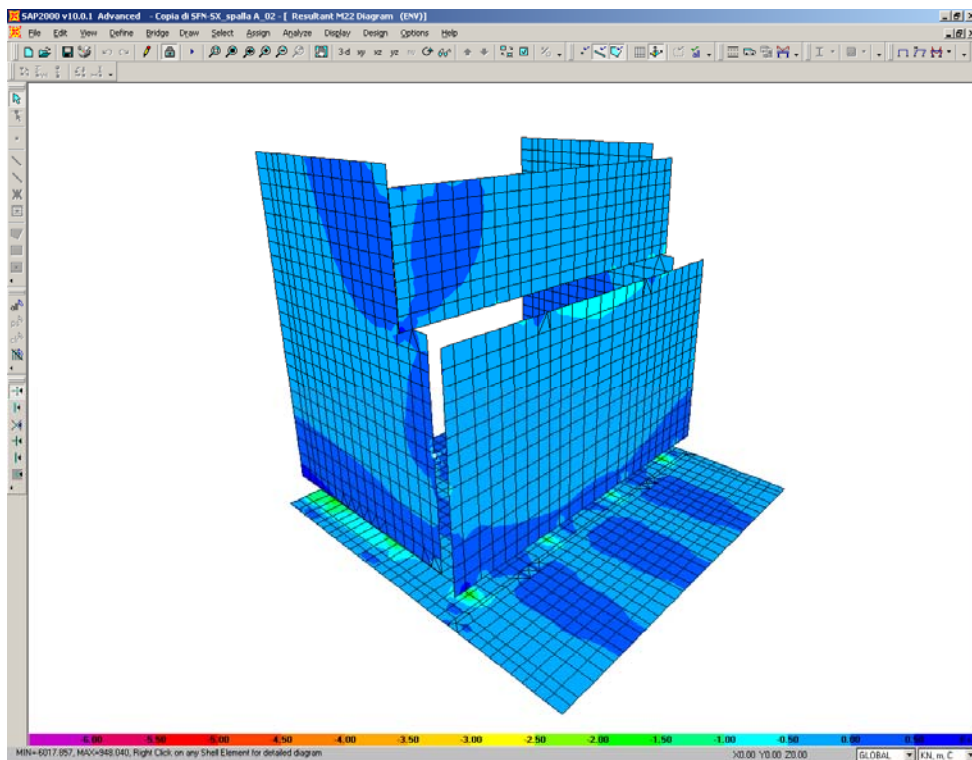
M11max



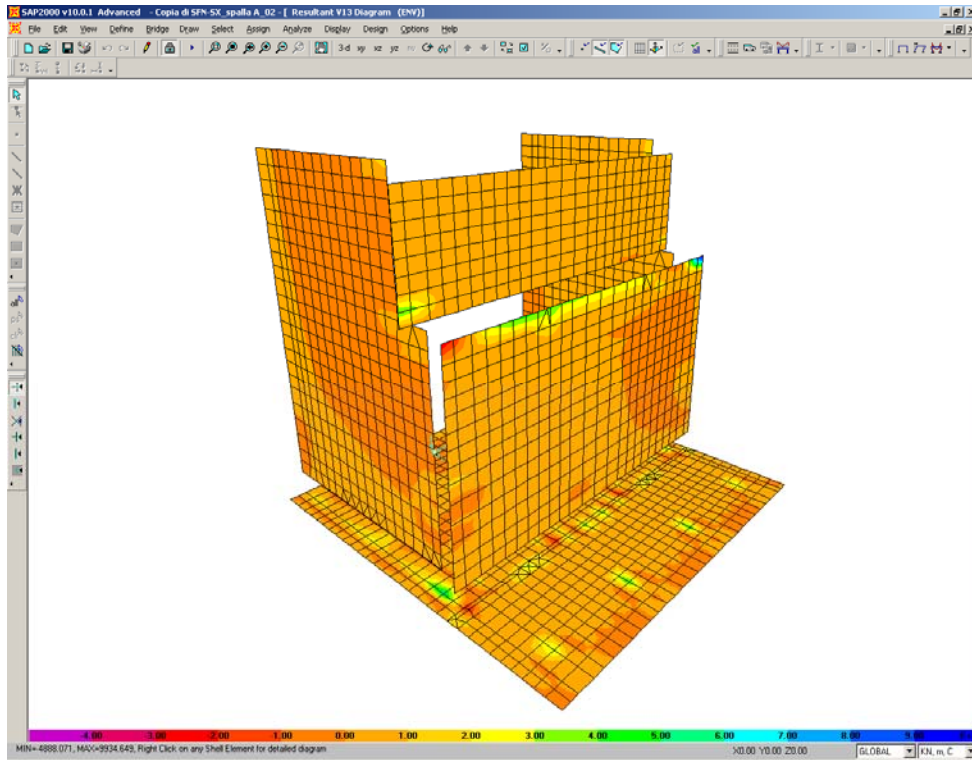
M11min



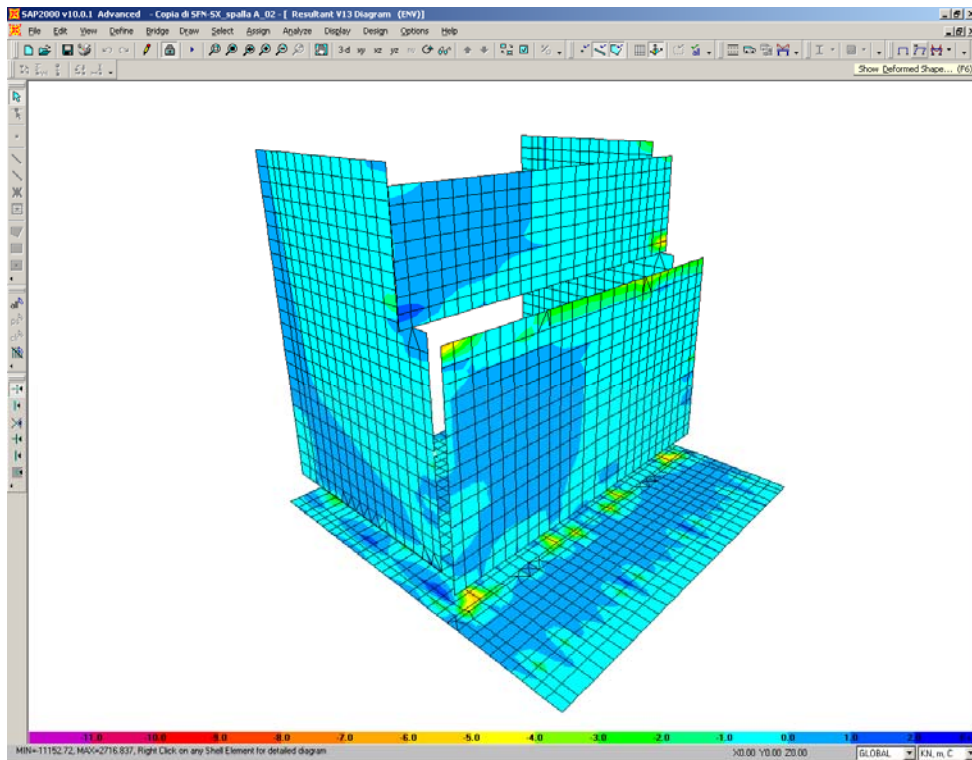
M22max



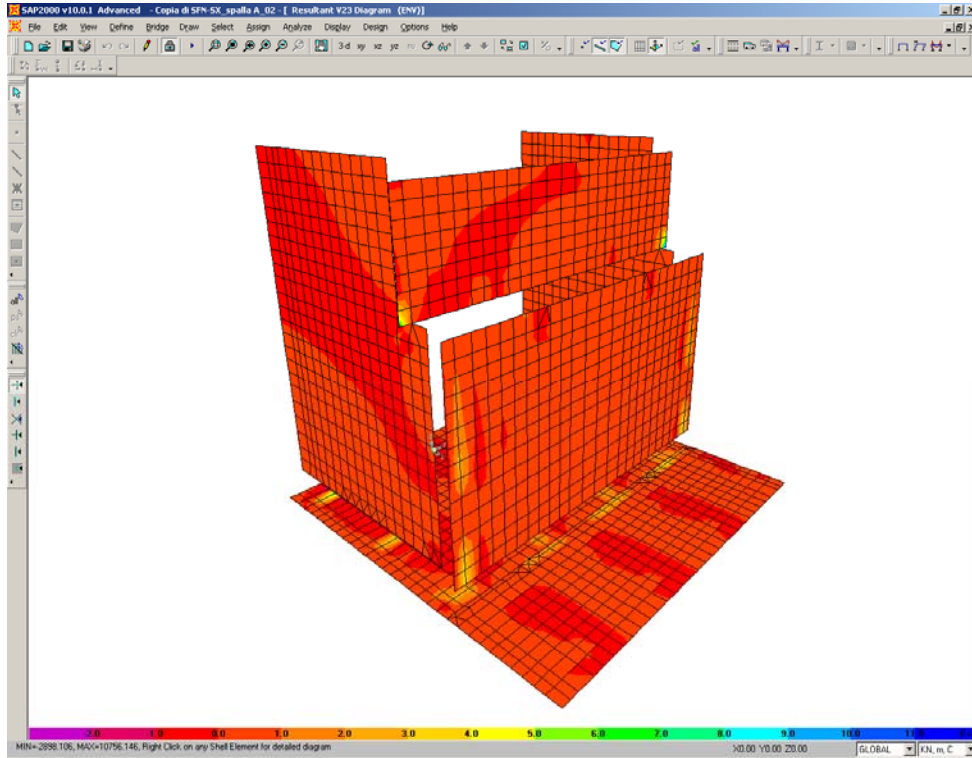
M22min



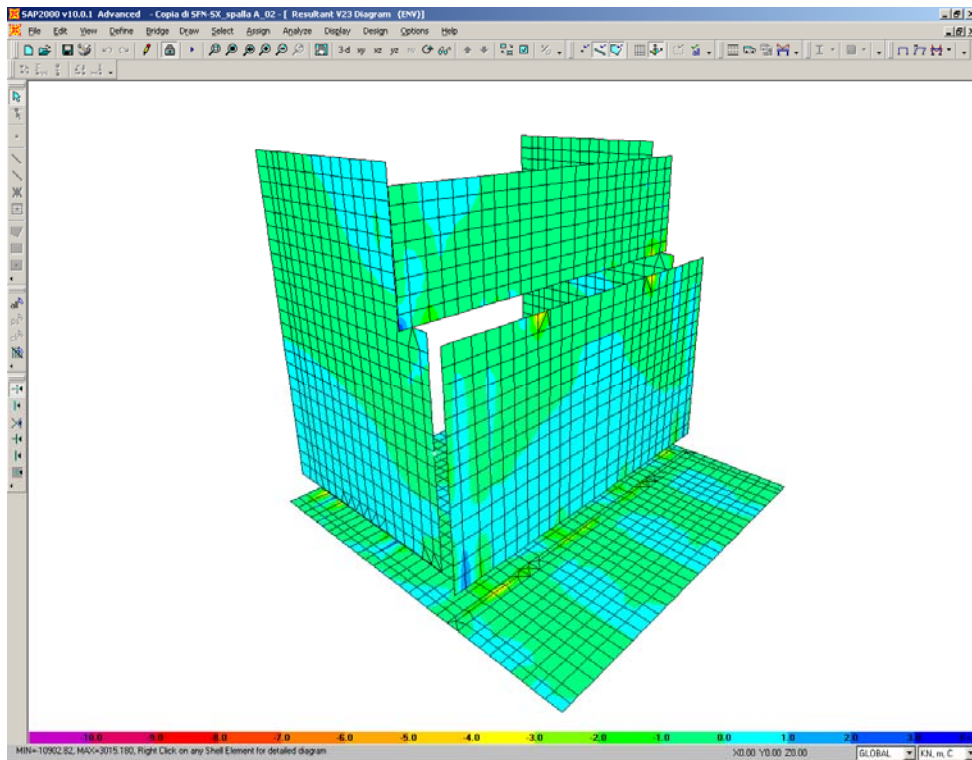
V13max



V13min

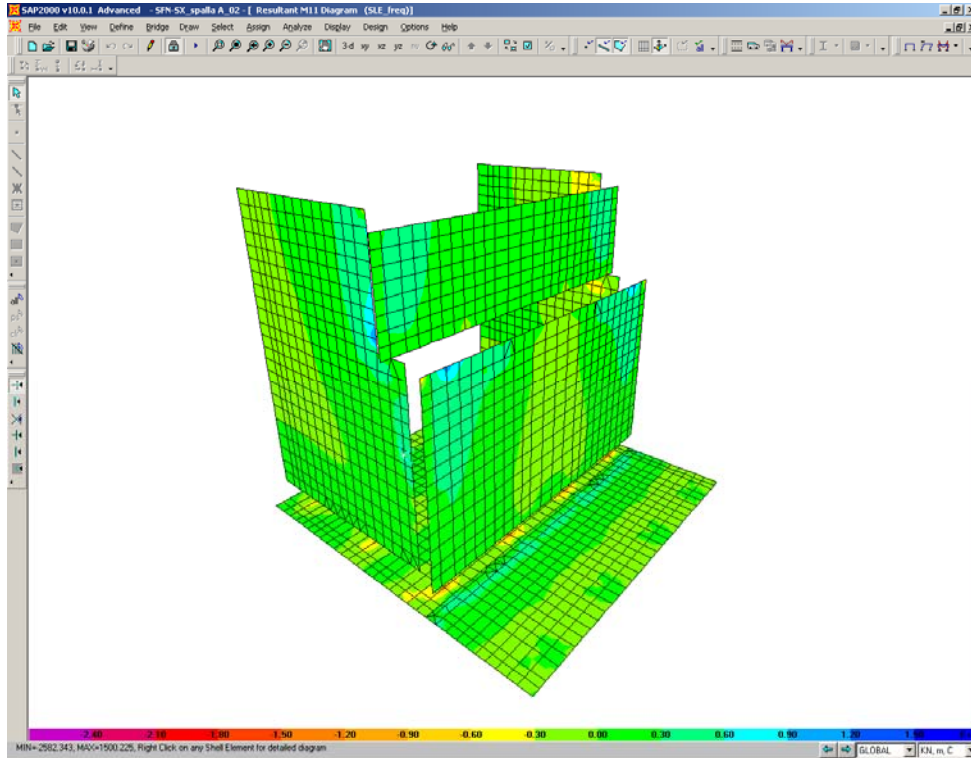


V23max

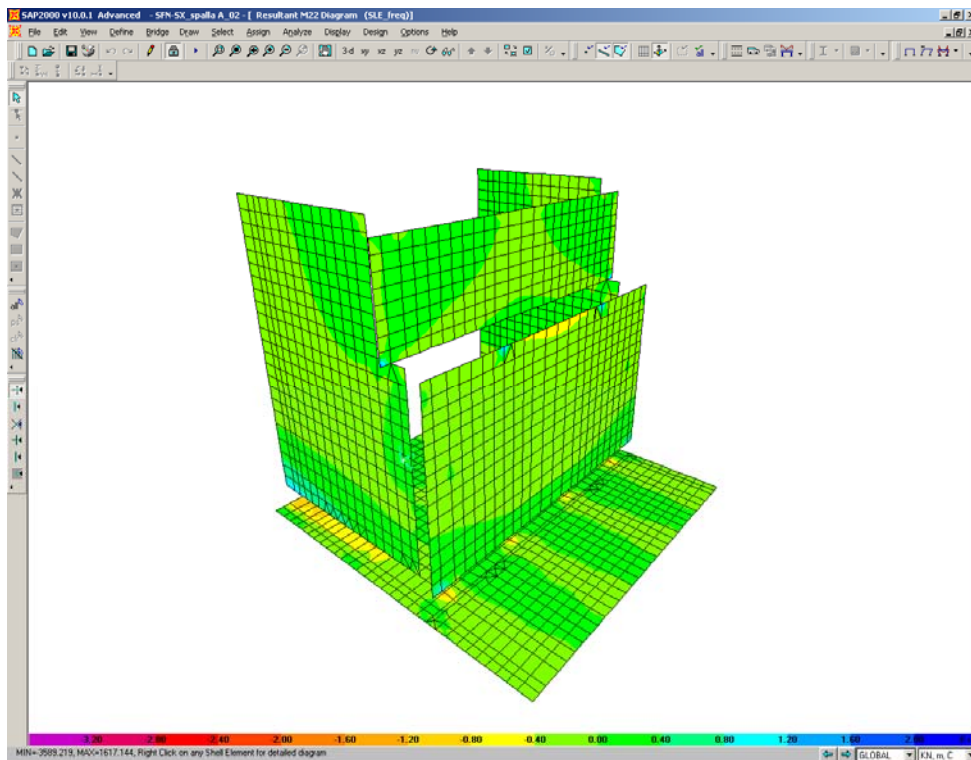


V23min

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

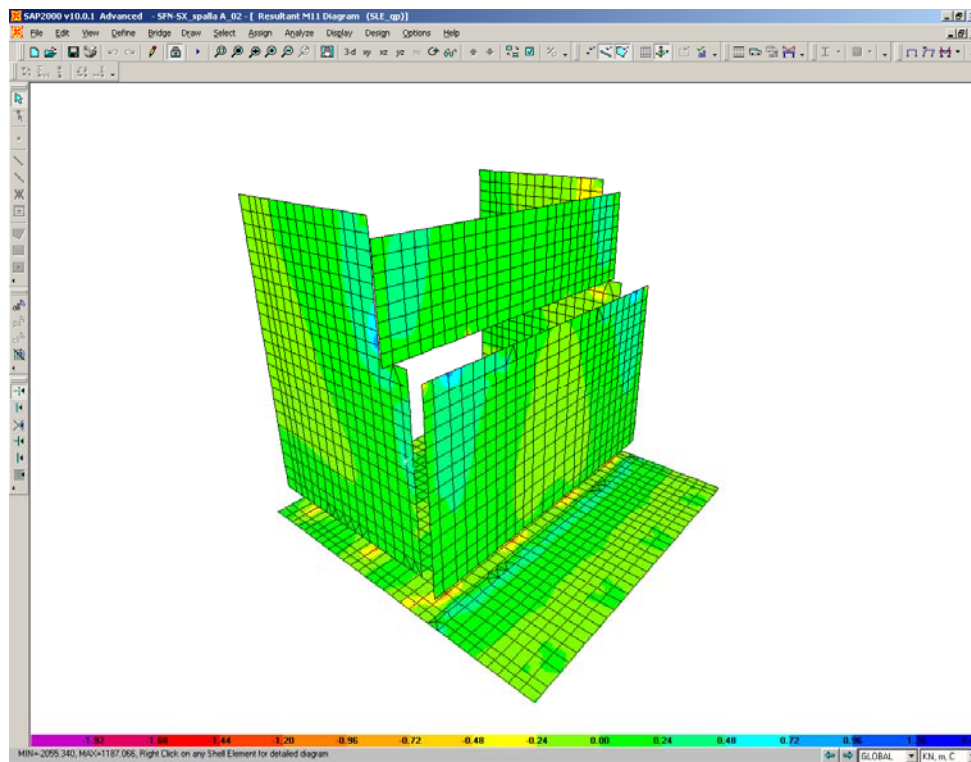


M11

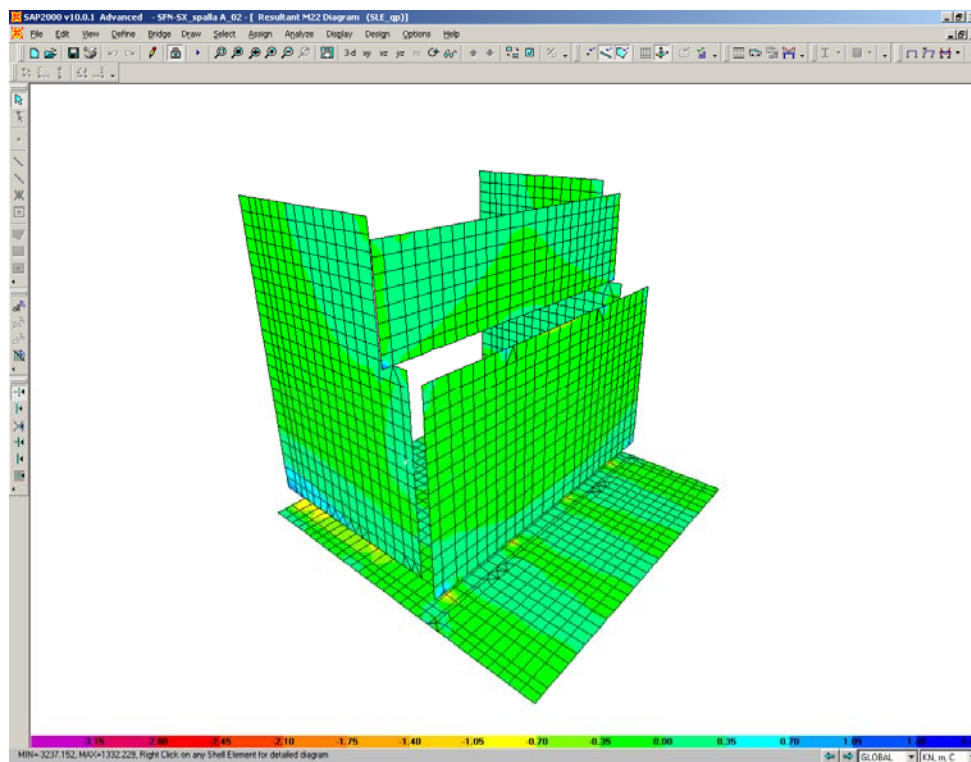


M22

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



M11



M22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 50 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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}	A _{res,2}	A _{res,TOT}		A _{res,1}	A _{res,2}	A _{res,TOT}		A _{res,1}	A _{res,2}	A _{res,TOT}	
		[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]		[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]		[cm ²]	[cm ²]	[cm ²]	
plinto	X	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Y	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
trave	Y	5 Φ 18	12.7	+	5 Φ 18	12.7	25.4	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
	paragh	Z	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0
muro	X	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0
	and inf	Z	5 Φ 22	19.0	+	5 Φ 26	26.5	45.6	5 Φ 18	12.7	+	5 Φ 18	12.7
muro	X	5 Φ 26	26.5	+	0 Φ 0	0.0	26.5	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0
	and sup	Z	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0

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

6.6 VERIFICA DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA SPALLA

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

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

		M _{Ed} ^{ter}	M _{Rd} ^{ter}		M _{Ed} ^{f,ter}	M _{Rd} ^{f,ter}	
		[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
plinto	X	720	1281	OK	750	861	OK
	Y	1100	1284	OK	500	750	OK
muro	Y	950	960	OK	800	960	OK
	Z	820	1054	OK	510	1054	OK
trave	Y	1100	1120	OK	520	565	OK
	paragh	Z	230	556	OK	200	556
muro	X	720	759	OK	150	547	OK
	and inf	Z	1285	1293	OK	750	767
muro	X	745	759	OK	350	547	OK
	and sup	Z	420	528	OK	155	358

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 51 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

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

dove:

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

	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	1320	2200	1700	890	980	kN	taglio di calcolo
N	=	0	110	0	193	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1800	2000	1200	800	800	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	770	770	mm	altezza utile della sezione
b_w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R_{ck}	=	35	35	35	35	35	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	16.46	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f_{cd}'	=	8.23	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ_s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio								
\varnothing_w	=	24	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}	=	904.78	769.69	769.69	769.69	769.69	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ_{cp}	=	0.000	0.055	0.000	0.241	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.000	0.055	0.000	0.241	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
α_c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V_{Rsd}	=	1410.0	6675.0	3964.3	2609.0	2609.0	kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	9365.5	10458.4	6190.8	4134.0	4074.3	kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	1410.0	6675.0	3964.3	2609.0	2609.0	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.07	3.03	2.33	2.93	2.66		

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 ANALISI STRUTTURALE DELLA SPALLA B

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

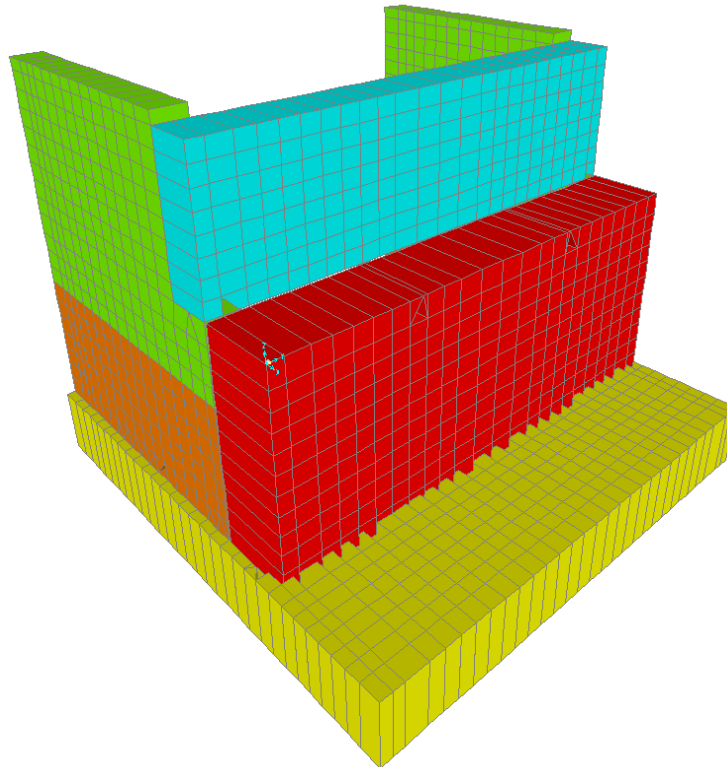
7.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

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.

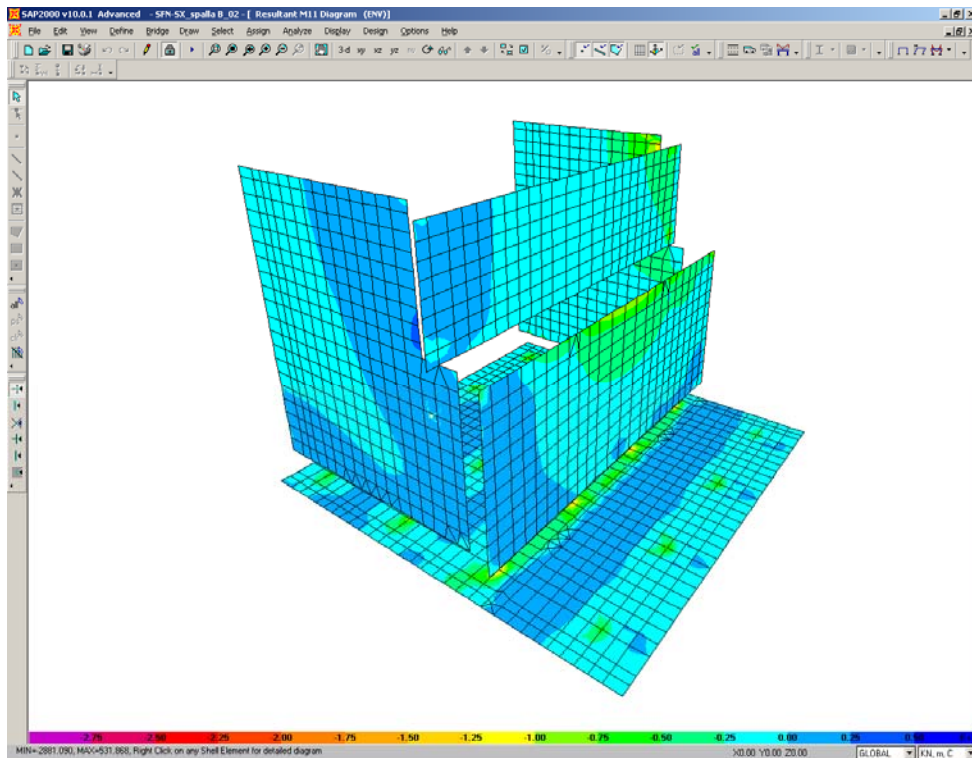
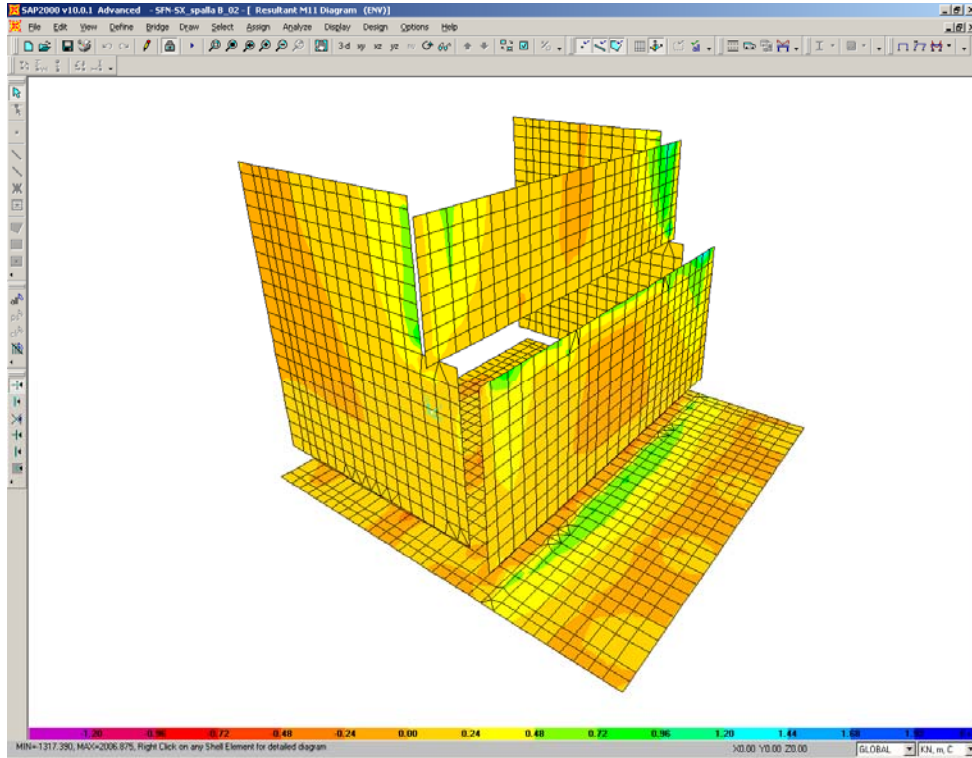
Nella seguente figura si illustra la geometria del modello.

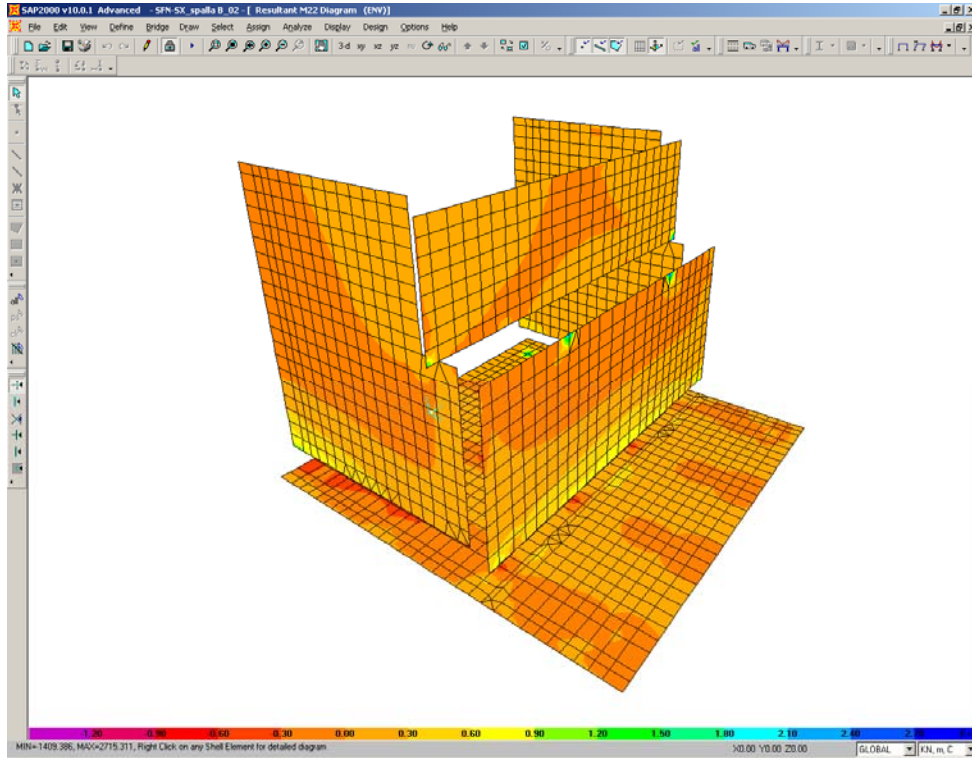
Il sistema di riferimento globale è impostato con asse X parallelo ai muri laterali, asse Y parallelo al muro frontale e asse Z verticale.



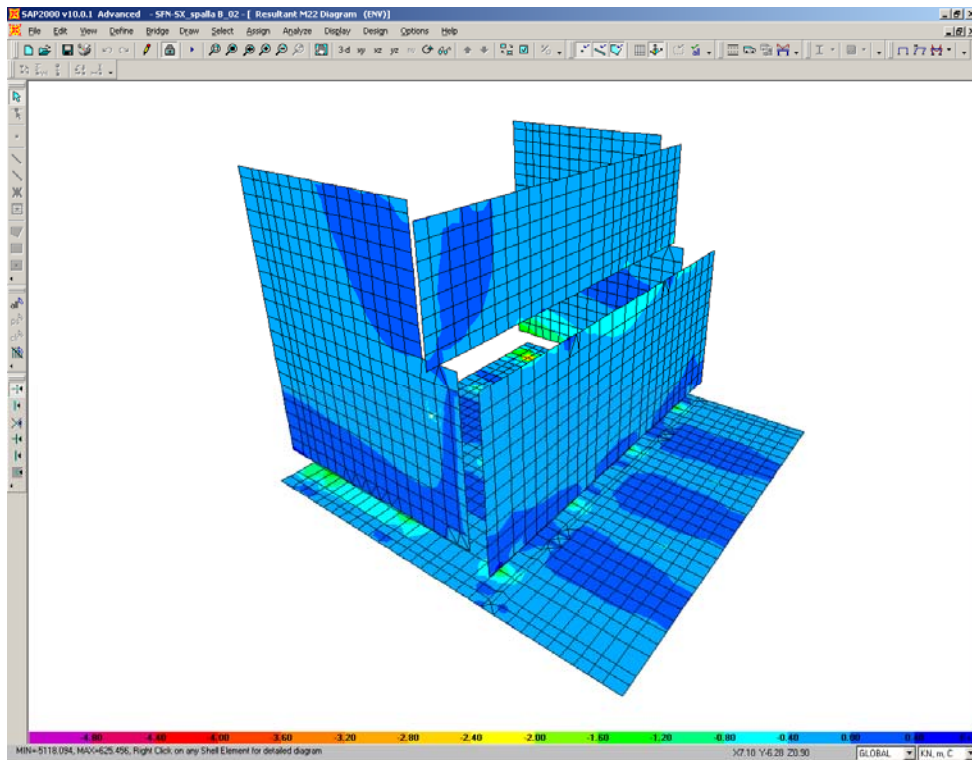
Geometrie Spalla

	n.	Bx	By	Bz,min
	[-]	[m]	[m]	[m]
plinto di fondazione	1	13.20	13.20	1.80
muro frontale	1	2.00	12.75	5.50
muro paraghiaia	1	1.20	12.75	3.65
muro laterale sx	1	8.05	0.80	9.45
muro laterale dx	1	8.05	0.80	9.45
bandiera sx	0	3.00	1.50	2.00
bandiera dx	0	1.00	1.00	1.00
baggioli	2	1.10	1.10	0.15
apparecchi di appoggio	2	0.90	0.90	0.35
elemento 1	0	5.40	0.60	4.85
elemento 2	0	5.40	0.60	4.85

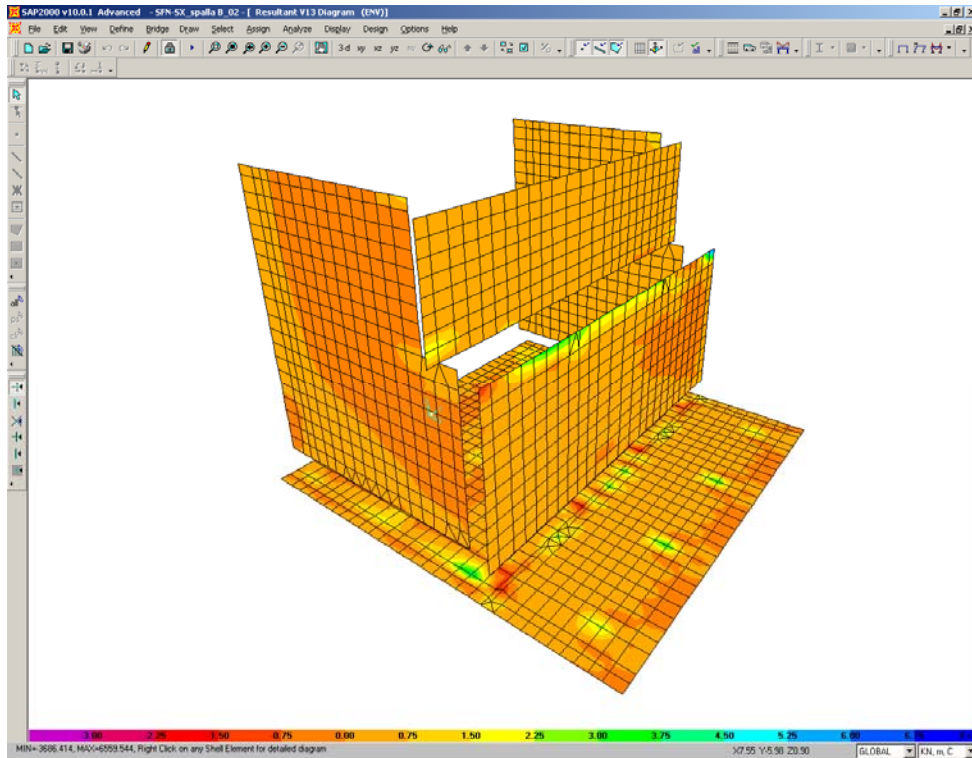




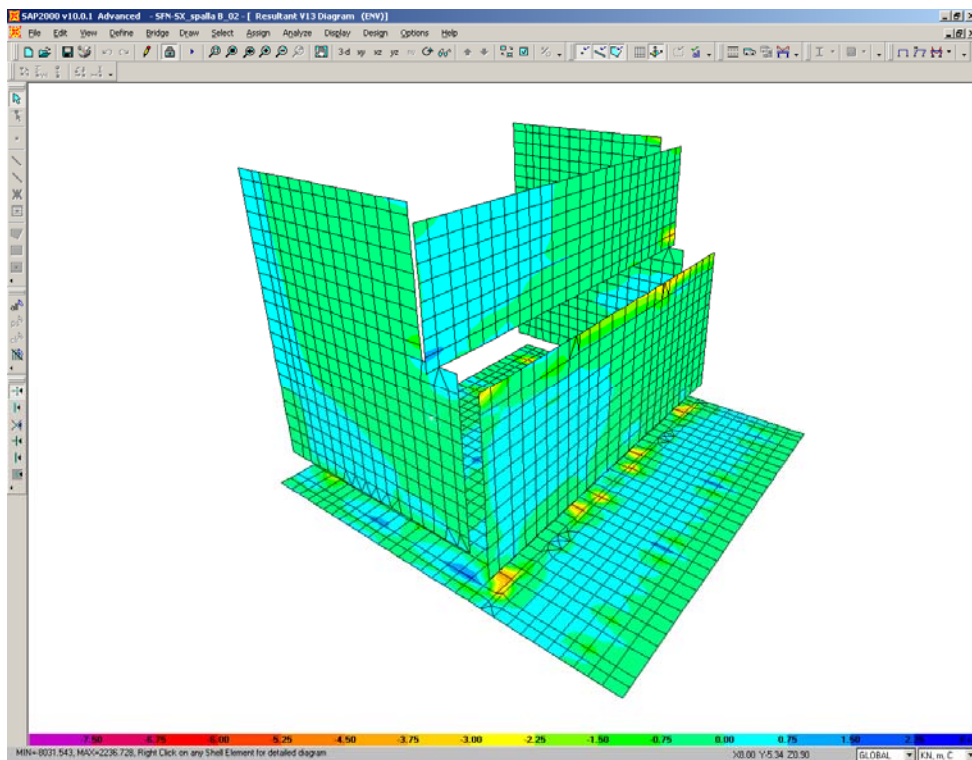
M22max



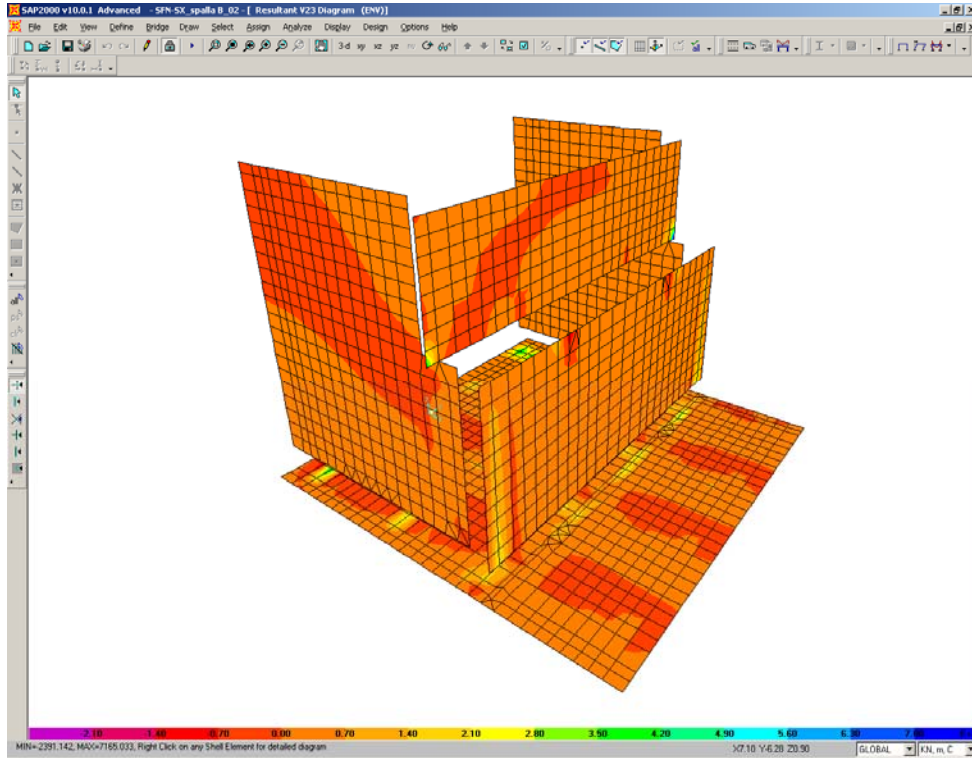
M22min



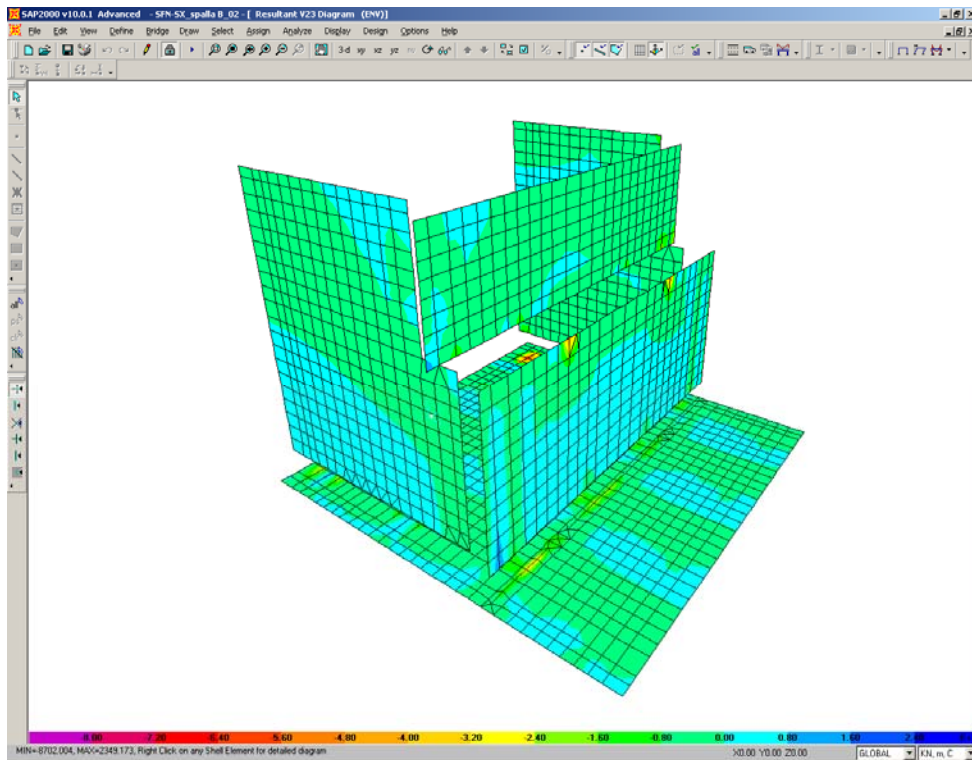
V13max



V13min

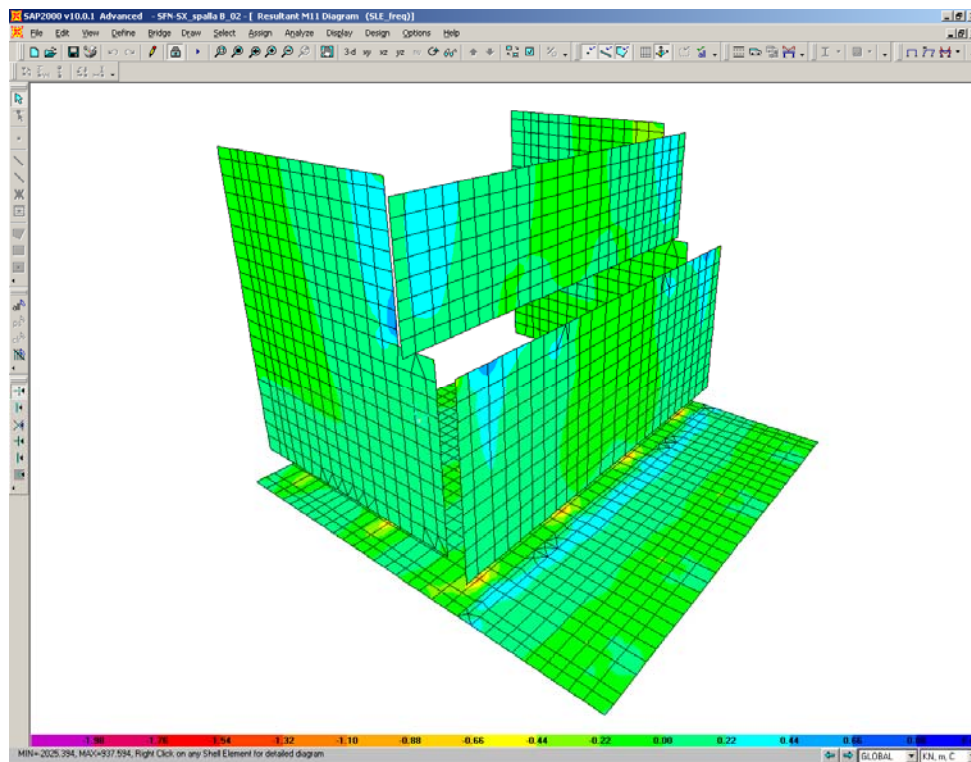


V23max

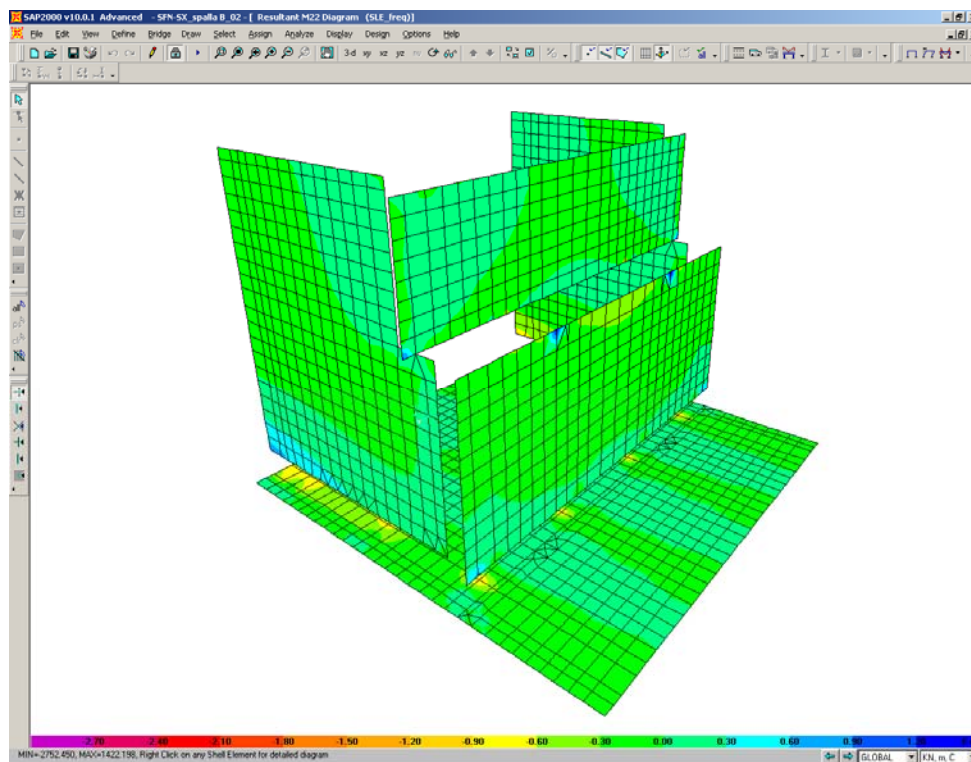


V23min

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

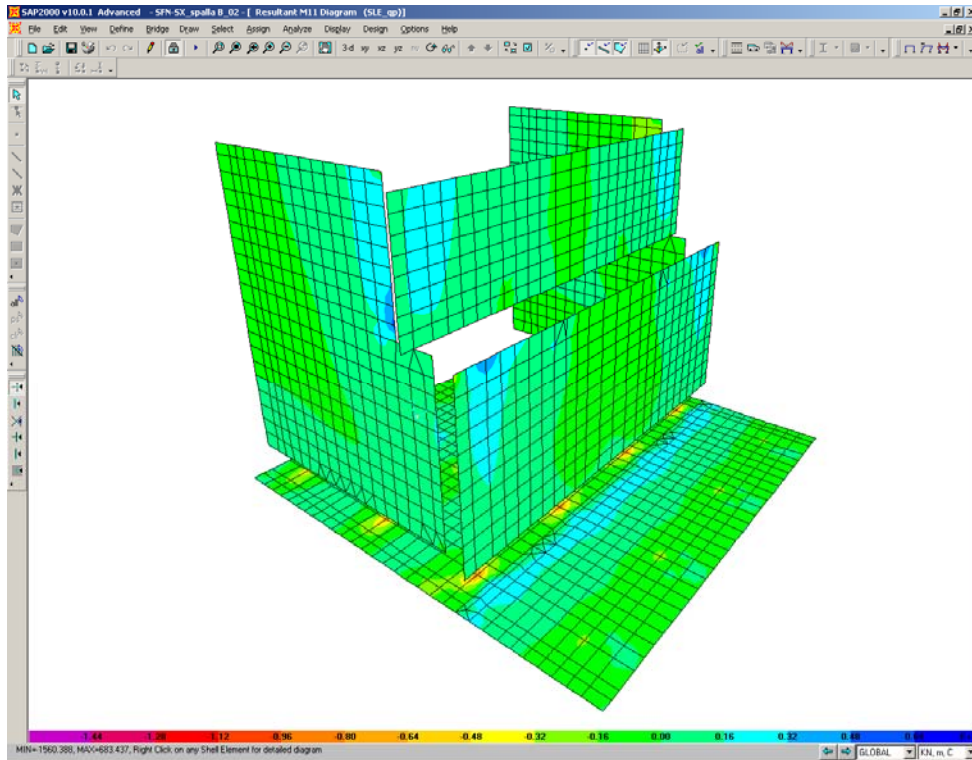


M11

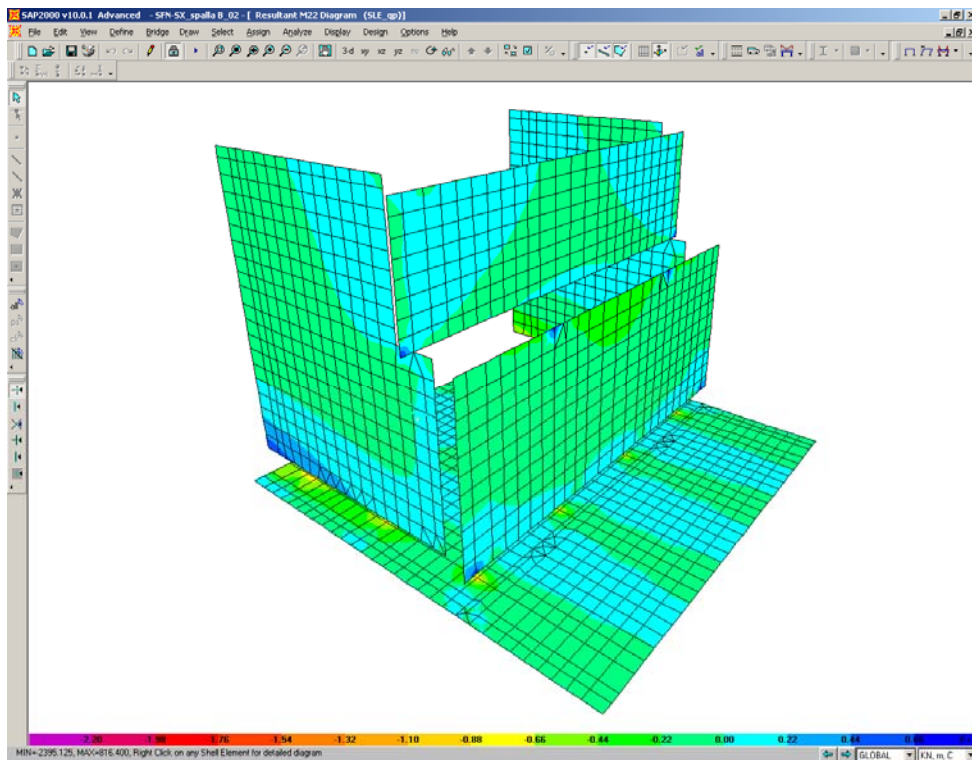


M22

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



M11



M22

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 63 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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}		A _{res,2}		A _{res,TOT}				A _{res,1}		A _{res,2}		A _{res,TOT}					
		[cm ²]		[cm ²]		[cm ²]				[cm ²]		[cm ²]		[cm ²]					
plinto	X	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7	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	5 Φ 18	12.7	+	0 Φ 0	0.0	12.7
muro	Y	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
front	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	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
trave	Y	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
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	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
muro	X	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
and inf	Z	5 Φ 22	19.0	+	5 Φ 22	19.0	38.0	5 Φ 16	10.1	+	5 Φ 16	10.1	20.1	5 Φ 16	10.1	+	5 Φ 16	10.1	20.1
muro	X	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1
and sup	Z	5 Φ 22	19.0	+	0 Φ 0	0.0	19.0	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1	5 Φ 16	10.1	+	0 Φ 0	0.0	10.1

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:

		M _{Ed} ^{ter}	M _{Rd} ^{ter}		M _{Ed} ^{f.ter}	M _{Rd} ^{f.ter}	
		[kN*m]	[kN*m]		[kN*m]	[kN*m]	
plinto	X	625	1281	OK	640	861	OK
	Y	1100	1114	OK	320	750	OK
muro	Y	520	760	OK	480	760	OK
front	Z	605	856	OK	460	856	OK
trave	Y	830	840	OK	430	448	OK
paragh	Z	75	440	OK	85	440	OK
muro	X	310	546	OK	105	292	OK
and inf	Z	1030	1088	OK	575	613	OK
muro	X	510	546	OK	115	292	OK
and sup	Z	260	528	OK	155	284	OK

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 64 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

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

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

dove:

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

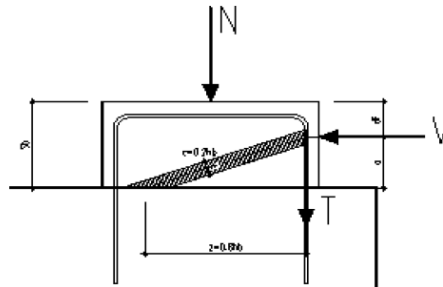
	plinto	muro fr	tr paragh	m and inf	m and sup			
Sollecitazioni								
V	=	960	1210	730	610	620	kN	taglio di calcolo
N	=	0	110	0	149	0	kN	sforzo assiale di calcolo
Geometria								
h	=	1800	2000	1200	800	800	mm	altezza della sezione
d'	=	30	30	30	30	30	mm	copriferro
d	=	1770	1970	1170	770	770	mm	altezza utile della sezione
b_w	=	1000	1000	1000	1000	1000	mm	base della sezione
Materiali								
R_{ck}	=	35	35	35	35	35		resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	=	29.05	29.05	29.05	29.05	29.05	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
γ_c	=	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85		coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
f_{cd}	=	3.40	16.46	16.46	16.46	16.46	MPa	resistenza di calcolo a compressione
f'_{cd}	=	1.70	8.23	8.23	8.23	8.23	MPa	resistenza ridotta
γ_s	=	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{yk}	=	450.0	450.0	450.0	450.0	450.0	MPa	tensione caratteristica di snervamento acciaio
f_{yd}	=	391.3	391.3	391.3	391.3	391.3	MPa	tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
Verifica per elementi provvisti di armatura a taglio								
\varnothing_w	=	20	14	14	14	14	mm	diametro dell'armatura a taglio
α	=	90	90	90	90	90	°	inclinazione dell'armatura trasversale
s	=	1'000	400	400	400	400	mm	passo staffe in direzione longitudinale
n_{br}	=	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5		numero bracci
A_{sw}	=	628.32	384.85	384.85	384.85	384.85	mm ²	area resistente dell'armatura a taglio
ctg θ	=	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50		inclinazione delle bielle di calcestruzzo
σ_{cp}	=	0.000	0.055	0.000	0.186	0.000	MPa	tensione media calcestruzzo
$\sigma_{cp,ad}$	=	0.000	0.055	0.000	0.186	0.000	MPa	tensione media di compressione adottata (<=0.2fcd)
α_c	=	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00		
V_{Rsd}	=	979.2	1668.7	991.1	652.2	652.2	kN	resistenza taglio trazione
V_{Rcd}	=	1935.5	10458.4	6190.8	4120.4	4074.3	kN	resistenza taglio compressione
V_{Rd}	=	979.2	1668.7	991.1	652.2	652.2	kN	resistenza a taglio
FS	=	1.02	1.38	1.36	1.07	1.05		

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 67 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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 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	4586	1523
Vx	88	465
baggiolo	D4	D4

Bridge Cap - Strut & Tie Model (calcolo mensole tozze con a < z/2)

Materiali

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

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 68 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

$$\sigma_{1Rd,max} = 18.00 \quad 18.00 \quad \text{MPa} \quad \text{resistenza a compressione per nodi compressi}$$

Mensola

	D4	D4		
F_{Ed}	= 4586	1523	kN	azione verticale di calcolo appoggio
H_{Ed}	= 88	465	kN	azione orizzontale di calcolo appoggio

Geometria

b_1	= 1100	1100	mm	larghezza baggio
b_2	= 1100	1100	mm	lunghezza baggio
$b_{3,max}$	= 300	300	mm	altezza baggio (massima: a favore di sicurezza)
b_0	= 950	950	mm	larghezza appoggio
c	= 30	30	mm	copriferro
d	= 1070	1070	mm	altezza utile
z	= 856	856	mm	braccio della coppia interna
x_1	= 4.4	23.5	mm	larghezza biella compressa
y_1	= 214.0	214.0	mm	altezza biella compressa
a	= 302.2	311.8	mm	
α	= 0.34	0.35	rad	

Verifica puntone e tirante principale (armatura orizzontale)

C	= 93	495	kN	risultante di compressione
T	= 31	170	kN	risultante di trazione
σ_c	= 0.20	1.05	MPa	tensione di compressione nel puntone
FS	= 91.17	17.11		
n	= 6	6		numero ferri superiore
\emptyset	= 14	14	mm	diametro armatura superiore
A_s	= 923.6	923.6	mm ²	area armatura superiore
σ_s	= 33.51	183.55	MPa	tensione di trazione nel tirante
FS	= 11.68	2.13		

Verifiche a fenditura (armatura verticale)

T	= 189	63	kN	risultante forza di taglio
A_s	= 484.3	484.3	mm ²	armatura necessaria
n_{str}	= 2	2		numero strati
n_{br}	= 8	8		numero bracci x strato
\emptyset_w	= 14	14	mm	diametro staffe
A_{sw}	= 2463.0	2463.0	mm ²	armatura di progetto
FS	= 5.09	5.09		

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 69 di 71
	Nome file: VI05-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_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	10980	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	21220	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	3.03	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	2814	kN/mm	rigidezza verticale
d	0.300	m	massimo spostamento dell'isolatore
D _g	0.900	m	diametro dell'elastomero
W	1049	kg	peso dell'isolatore

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

AZIONI sugli APPOGGI

Azioni trasmesse dall'impalcato								
Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	G1+G2	0	0	1632	0	0	0	spalla A
D1	E2	18	0	-134	0	0	0	
D1	E3	71	0	-72	0	0	0	
D1	Q1	0	0	1831	0	0	0	
D1	Q5	0	93	12	0	0	0	
D1	Q7	16	0	0	0	0	0	
S1	G1+G2	0	0	1632	0	0	0	
S1	E2	18	0	-134	0	0	0	
S1	E3	71	0	-72	0	0	0	
S1	Q1	0	0	1551	0	0	0	
S1	Q5	0	93	26	0	0	0	
S1	Q7	16	0	0	0	0	0	
D4	G1+G2	0	0	1632	0	0	0	spalla B
D4	E2	18	0	-134	0	0	0	
D4	E3	71	0	-83	0	0	0	
D4	Q1	0	0	1830	0	0	0	
D4	Q5	0	92	13	0	0	0	
D4	Q7	16	0	0	0	0	0	
S4	G1+G2	0	0	1632	0	0	0	
S4	E2	18	0	-134	0	0	0	
S4	E3	71	0	-83	0	0	0	
S4	Q1	0	0	1551	0	0	0	
S4	Q5	0	92	25	0	0	0	
S4	Q7	16	0	0	0	0	0	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Viadotto San Filippo Neri
	Relazione di calcolo Spalle – Carreggiata SX
	Pagina 70 di 71
	Nome file: V105-B- CL007_A.00_relazione_calcolo_spalle_SX.doc

Azione sismica SLC

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	Q6	120	30	50	0	0	0	spalla A
S1	Q6	120	30	50	0	0	0	
D4	Q6	120	30	50	0	0	0	spalla B
S4	Q6	120	30	50	0	0	0	

Azioni totali sugli appoggi (Combinazione sismica SLC, max Fz)

Joint	OutputCase	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	spalla
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	
D1	E	184	30	1584	0	0	0	spalla A
S1	E	184	30	1584	0	0	0	
D4	E	184	30	1590	0	0	0	spalla B
S4	E	184	30	1590	0	0	0	

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	
D1	SLU	88	84	4577	0	0	0	spalla A
S1	SLU	88	84	4212	0	0	0	
D4	SLU	88	83	4586	0	0	0	spalla B
S4	SLU	88	84	4219	0	0	0	

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.

	D1	S1	D4	S4		
$d_{Q6,x}$	0.1326	0.1326	0.1326	0.1326	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma longitudinale
$d_{Q6,y}$	0.0326	0.0326	0.0329	0.0329	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al sisma trasversale
$d_{E2,x}$	0.0061	0.0061	0.0060	0.0060	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.0235	0.0235	0.0234	0.0234	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{E,tot}$	0.1539	0.1539	0.1539	0.1539	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato

S.L.U.

	D1	S1	D4	S4		
$d_{E2,x}$	0.0061	0.0061	0.0060	0.0060	m	dilatazione dell'impalcato dovuto al ritiro
$d_{E3,x}$	0.0235	0.0235	0.0234	0.0234	m	dilatazione dell'impalcato dovuto all'effetto termico
$d_{Q1,y}$	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto ai carichi mobili
$d_{Q5,y}$	0.0306	0.0306	0.0304	0.0304	m	spostamento longitudinale dell'impalcato dovuto al vento
$d_{E,tot}$	0.0374	0.0374	0.0371	0.0371	m	spostamento longitudinale totale dell'impalcato
d_{giunto}	0.3078				m	massima escursione del giunto

Il massimo spostamento dell'isolatore è pari a 154 mm, inferiore quindi al massimo spostamento consentito all'isolatore, pari a 300 mm.