

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO-VENEZIA Tratta VERONA-PADOVA
Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

NV - VIABILITA'

NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050

SPALLE

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

GENERAL CONTRACTOR					ITALFERR S.p.A.			SCALA :	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Consortio						-	
ing. Alessio CARRETTUCCI iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. A20865 Data: Gennaio 2024		Iricav Due Ing. Paolo CARMONA Data: Gennaio 2024							

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO	
IN17	12	E	I2	CL	NV5106	001	A	DI	

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	ing. Alberto LEVORATO	Gennaio 2024

Progettazione :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Zuccolo	Gennaio 2024	Lavorato	Gennaio 2024	Carrettucci	Gennaio 2024	 Data: Gennaio 2024
B								
C								

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712E2CLNV5106001A01 DWG
		Cod. origine: CODICE



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

Scala di plot:

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA PRODUZIONE ANCHE PARZIALE È VIETATA

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 2 di 198

LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA TRATTA VERONA – PADOVA

LOTTO FUNZIONALE VERONA – BIVIO VICENZA

PROGETTO ESECUTIVO: CAVALCAVIA NV51

RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 3 di 198</p>

INDICE

1.	PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE OPERE	7
1.1.	Premessa	7
1.2.	Descrizione delle opere.....	7
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	13
2.1.	Documenti progettuali	13
2.2.	Normativa e standard di riferimento.....	14
2.2.1.	Normativa nazionale cogente	14
2.2.2.	Norme di riferimento	14
3.	VITA NORMATIVA E CLASSI D'USO	16
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	17
4.1.	Acciaio da carpenteria metallica.....	17
4.1.1.	Caratteristiche meccaniche.....	17
4.1.2.	Coefficienti parziali di sicurezza	17
4.1.3.	Classe di resistenza	17
4.2.	Collegamenti	19
4.2.1.	Bulloni.....	19
4.2.2.	Connettori acciaio-calcestruzzo.....	19
4.2.3.	Saldature.....	19
4.3.	Calcestruzzo soletta di impalcato	20
4.3.1.	Prescrizioni di durabilità	20
4.3.2.	Copriferro.....	20
4.3.3.	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto	21
4.3.4.	Requisiti di limitazione della fessurazione	21
4.4.	Calcestruzzo cordoli di impalcato	23
4.4.1.	Prescrizioni di durabilità	23
4.4.2.	Copriferro.....	23
4.4.3.	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto	24
4.4.4.	Requisiti di limitazione della fessurazione	24
4.5.	Calcestruzzo per PALI DI FONDAZIONE di pile e spalle	25
4.5.1.	Prescrizioni di durabilità	25
4.5.2.	Copriferro.....	25
4.5.3.	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto	26
4.5.4.	Requisiti di limitazione della fessurazione	26
4.6.	Calcestruzzo per PLINTI DI FONDAZIONE DELLE spalle.....	27
4.6.1.	Prescrizioni di durabilità	27
4.6.2.	Copriferro.....	27
4.6.3.	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto	27
4.6.4.	Requisiti di limitazione della fessurazione	28
4.7.	Calcestruzzo per PLINTI DI FONDAZIONE DELLE pile	29
4.7.1.	Prescrizioni di durabilità	29
4.7.2.	Copriferro.....	29
4.7.3.	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto	30
4.7.4.	Requisiti di limitazione della fessurazione	30
4.8.	Calcestruzzo per elevazioni di pile e spalle.....	31
4.8.1.	Prescrizioni di durabilità	31
4.8.2.	Copriferro.....	31
4.8.3.	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto	31
4.8.4.	Requisiti di limitazione della fessurazione	32
4.9.	Acciaio per armatura lenta	33
4.9.1.	Caratteristiche meccaniche.....	33
4.9.2.	Valori di progetto	33
5.	CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE	34
6.	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	36

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 4 di 198</p>

7.	MODELLO DEL SISTEMA D'APPOGGIO E D'ISOLAMENTO	37
8.	MODELLAZIONE DELLE SOTTOSTRUTTURE	39
8.1.	Elevazioni delle pile	39
8.2.	Fondazioni delle pile e spalle	39
9.	SOFTWARE DI CALCOLO	41
9.1.	Analisi strutturale dell'impalcato e delle sottostrutture	41
9.2.	Analisi di dettaglio agli elementi finiti:	41
9.3.	Verifiche di resistenza	41
9.3.1.	Per le sezioni in c.a.	41
9.3.2.	Per le sezioni miste acciaio-calcestruzzo	42
10.	ANALISI DEI CARICHI	43
10.1.	Pesi propri strutturali	43
10.1.1.	Carpenteria metallica	43
10.1.2.	Calcestruzzo di soletta	43
10.2.	Carichi permanenti portati	43
10.2.1.	Pavimentazione	43
10.2.2.	Guard rail impiantistica	43
10.2.3.	Cordoli e pista ciclabile	43
10.3.	Ritiro e viscosità del calcestruzzo	44
10.4.	Azione sismica	46
10.4.1.	Analisi UBDP – Spettro sismico di progetto SLC	50
10.4.2.	Analisi LBDP – Spettro sismico di progetto SLC	50
10.4.3.	Analisi UBDP – Spettro sismico di progetto SLV	51
10.5.	Azioni termiche	53
10.6.	Azione del vento	54
10.7.	Cedimenti differenziali in fondazione	57
10.8.	Attrito degli appoggi	57
10.9.	Azioni variabili da traffico	57
10.9.1.	Schema di carico 1	57
10.9.2.	Schema di carico 2	59
10.9.3.	Schema di carico 5	60
10.9.4.	Diffusione dei carichi	60
10.9.5.	Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q3	60
10.9.6.	Urti su barriere e parapetti	60
10.10.	Carichi da traffico di fatica	62
10.11.	Carichi sulle sottostrutture	63
10.11.1.	Peso proprio del calcestruzzo armato	63
10.11.2.	Sovraccarico del terreno	63
10.11.3.	Spinte del terreno	64
10.11.4.	Sovraccarico accidentale e spinta del sovraccarico sul terreno	69
10.11.5.	Vento	71
10.11.6.	Forze d'inerzia sismiche sulle strutture	72
11.	COMBINAZIONI DI CARICO	75
11.1.	Combinazioni S.L.U.	75
11.2.	Combinazioni S.L.E.	75
11.2.1.	Coefficienti parziali	76
11.3.	Procedura automatica per la definizione delle combinazioni nella valutazione delle sottostrutture	77
11.3.1.	Spalle	78
11.3.2.	Pile	86
12.	CRITERI DI VERIFICA	94
12.1.	Verifiche agli stati limite di esercizio	94
12.1.1.	Verifiche a fessurazione	94
12.1.2.	Verifica delle tensioni in esercizio	94
12.1.3.	Verifica della deformabilità	94
12.2.	Verifiche agli stati limite ultimi	95
12.2.1.	Verifiche a flessione	95

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 5 di 198

12.2.2.	Verifiche a taglio	95
13.	RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI PER LE SPALLE	96
13.1.	Spalla S1	96
13.2.	Spalla S2	97
14.	RISULTATI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	98
14.1.	Pali di fondazione	98
14.1.1.	Sollecitazioni da modello	98
14.1.2.	Verifiche strutturali dei pali	113
14.1.3.	Verifiche geotecniche dei pali	121
14.2.	Plinto di fondazione	124
14.2.1.	Verifiche alle sollecitazioni normali	124
14.2.2.	Verifiche alle sollecitazioni taglienti	149
14.2.3.	Verifiche a punzonamento	155
14.3.	Muri d'elevazione	160
14.3.1.	Verifiche alle sollecitazioni normali	160
14.3.2.	Verifiche alle sollecitazioni tangenti	190
14.3.3.	Verifica aggiuntiva del muro paraghiaia	196

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 6 di 198

TABELLA DELLE REVISIONI

Nr	§	DESCRIZIONE
1	4	Eliminato §4.5 della revisione precedente che viene sostituito per modifiche di materiale dai §§ 4.5, 4.6 e 4.7
2	4.8	Sostituisce e ripropone senza modifiche di contenuto §4.6 della revisione precedente
3	4.9	Sostituisce e ripropone senza modifiche di contenuto §4.7 della revisione precedente
4	14.3.3	Si aggiunge verifica del muro paraghiaia secondo § C5.1.3.3.7.2 della Circolare 2009
5	-	-
6	-	-
7	-	-
8	-	-
9	-	-
10	-	-
11	-	-

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 7 di 198

1. **PREMESSA E DESCRIZIONE DELLE OPERE**

1.1. **PREMESSA**

L'oggetto del presente documento consiste nel calcolo di verifica e dimensionamento del Progetto Definitivo delle strutture che costituiscono il Viadotto "Iricav2 – NV51". L'opera ricade nel 1° Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova.

1.2. **DESCRIZIONE DELLE OPERE**

L'opera d'arte in oggetto è costituita da un viadotto su cinque luci che supera il raccordo Autostradale della tangenziale Est di Verona e le rampe di accesso eliminando una intersezione a raso attualmente gestita con una rotonda.

Nel dettaglio l'opera in oggetto è composta da un impalcato, strutturalmente continuo sulla lunghezza complessiva in asse di tracciamento di 167 m, e da sostegni intermedi (pile) e di estremità (spalle) che dividono le luci nella sequenza: 25m + 35m + 45m + 37m + 25m = 167.00 m (misure in asse stradale di tracciamento e in asse spalle e asse pile).

L'impalcato, di tipologia a travata, è costituito da due travi metalliche saldate, prefabbricate in conci in officina e assemblate in opera mediante saldatura di testa a completa penetrazione. La sezione è strutturalmente un graticcio costituito dalle travi principali, da traversi ad anima piena che supportano una trave di spina longitudinale parallela alle travi principali.

La sezione resistente è dunque mista acciaio-calcestruzzo e la soletta, che ha una larghezza variabile tra 14 m (larghezza corrente) a 15.5 m su spalla 2 con un ulteriore piccolo allargamento a 14.4 m anche in arrivo su spalla 1, è gettata in opera con l'ausilio di predalle in c.a. di spessore 6 cm, autoportanti sulle luci fra le tre travi principali e la trave di spina centrale.

Come accennato la soletta ha larghezza variabile e la scelta progettuale operata è stata quella di mantenere uno sbalzo di soletta costante e pari a 2.75 m lungo tutto lo sviluppo dell'opera; conseguentemente nelle zone dove si ha un allargamento dalla misura corrente (14.0m) della soletta, le travi avranno andamento planimetricamente divergente. L'interasse fra le travi principali varia quindi da 9 m (sezione corrente) a 10.5 m (sezione su spalla 2. La soletta quindi ha schema trasversale su 3 appoggi, su tutto lo sviluppo dell'opera, costituiti dalle travi principali e dal rompi-tratta centrale.

L'armatura e il getto di completamento della soletta sono eseguiti in opera, senza necessità di puntellazione dal basso (la soletta è un sovraccarico e non collaborante fino a indurimento e successivo caricamento con i permanenti portati); la connessione fra travi principali e soletta in calcestruzzo (di spessore complessivo 30 cm) è garantita da pioli muniti di testa elettrosaldati alle piattabande superiori.

L'impalcato metallico è dotato di traversi ad anima piena ad un passo di circa 5/6 m che hanno la funzione statica di riportare alle travi principali la reazione della trave di spina oltre a quella di garantire la ripartizione trasversale nel comportamento a graticcio dell'impalcato.

Sulle pile e sulle spalle il sollevamento per manutenzione degli appoggi è operato direttamente sulle travi principali in posizione anteriore e posteriore rispetto ai baggioli.

Tra impalcato e sottostrutture sono impiegati dispositivo di appoggio a scorrimento su superficie concava ad attrito, altresì detti appoggi pendolari ad attrito, che hanno funzione di ritegno in condizione statica e di isolamento e dissipazione in condizione sismica, con capacità di autoricentramento.

Le elevazioni delle pile hanno forma rettangolare con delle stondature alle estremità e dimensione complessiva in pianta di 9.60 m x 1.50 m per le pile P1, P2, P3 e P4 . Nella zona sommitale le pile si allargano in entrambe le direzioni per alloggiare gli apparecchi di appoggio del ponte e gli eventuali martinetti. Le fondazioni sono di tipo indiretto con plinti di spessore 2 m e dimensioni 6.00 m x 13.20 m e 8 pali di diametro 1.20 m e lunghezza dipendente dalle caratteristiche geotecniche del terreno.

Le spalle sono di tipo passante e sono costituite da plinti di dimensione rispettivamente 1.60 m x 6.00 m x 16.80 m per la spalla SP1 e SP2. Sui plinti si innestano i muri paraghiaia e laterali di spessore 0.50 m. Le spalle hanno entrambe fondazioni indirette con plinti su 10 pali di diametro 1.20 m e lunghezza dipendente dalle caratteristiche geotecniche del terreno.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 8 di 198</p>

Le figure che seguono descrivono i tratti essenziali delle strutture oggetto di verifica.

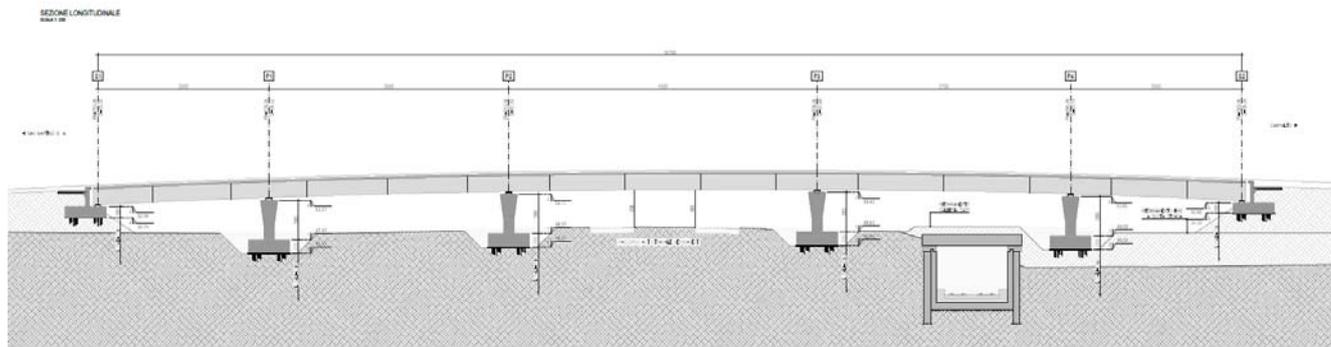


Figura 1.1: viste e sezioni principali – prospetto longitudinale

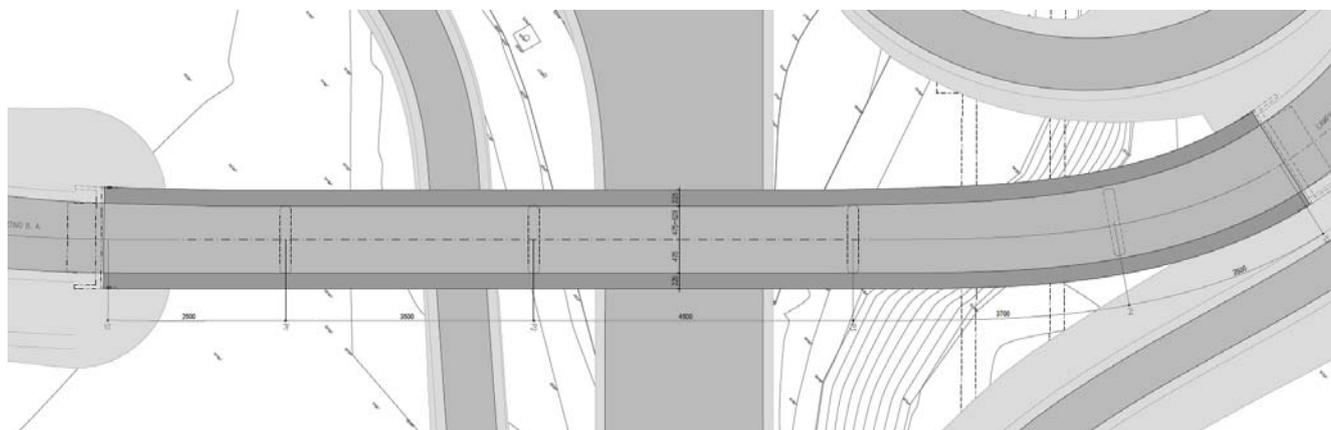


Figura 1.2: viste e sezioni principali – pianta

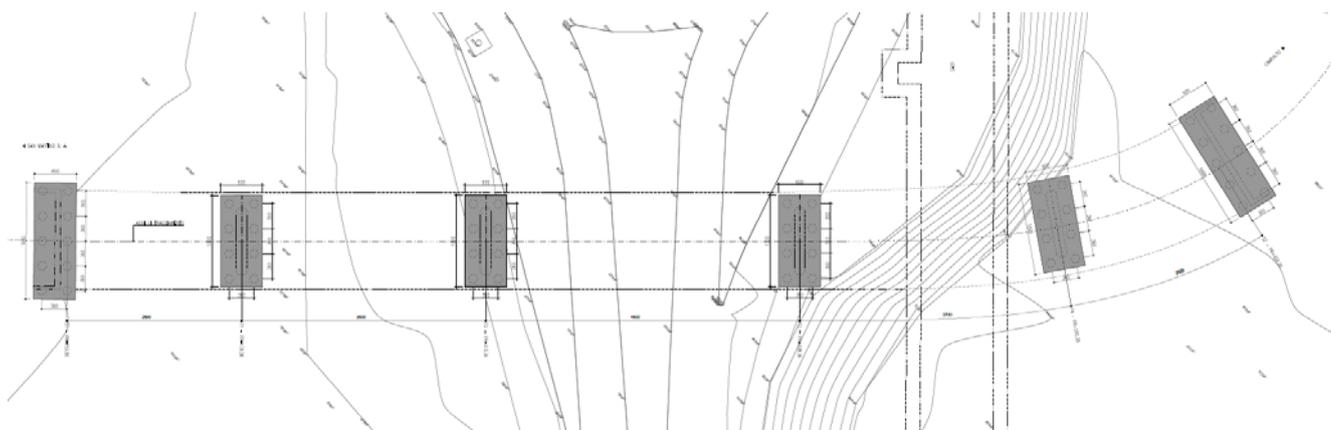


Figura 1.3: viste e sezioni principali – pianta delle fondazioni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 10 di 198</p>

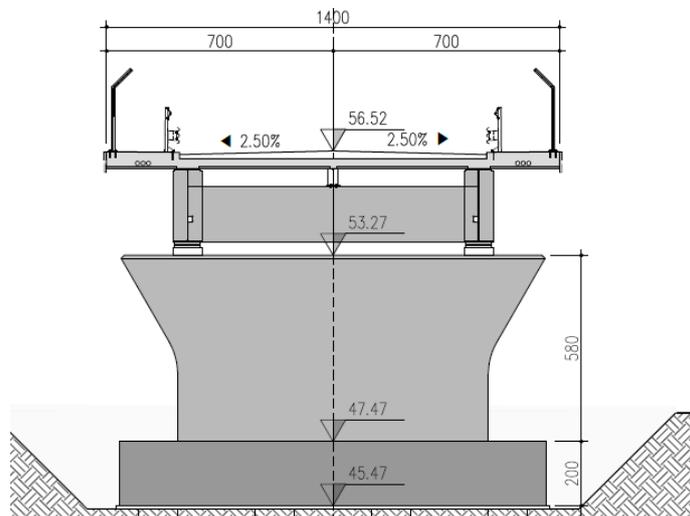


Figura 1.7: Sezione trasversale della pila P1

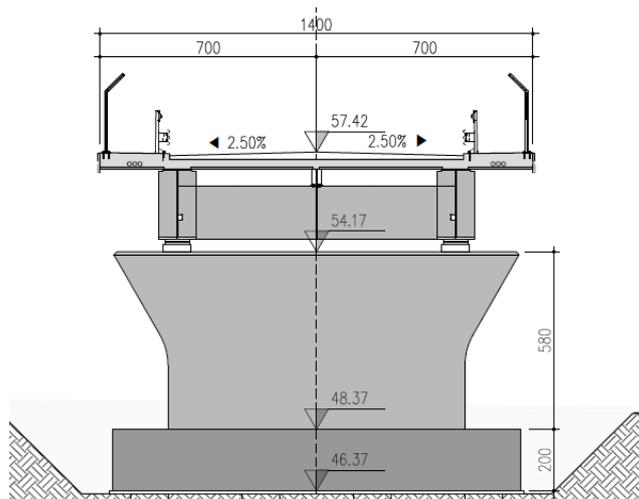


Figura 1.8: Sezione trasversale della pila P2

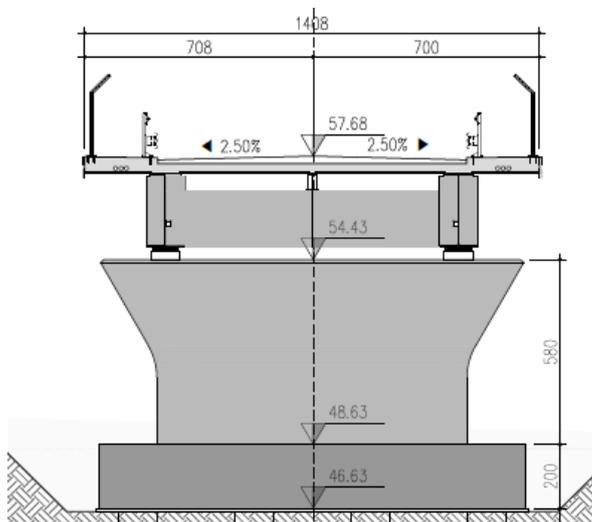


Figura 1.9: Sezione trasversale della pila P3

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 11 di 198</p>

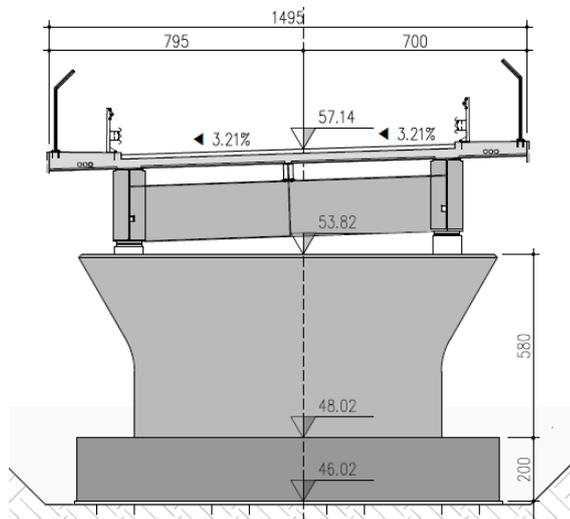


Figura 1.10: Sezione trasversale delle pila P4

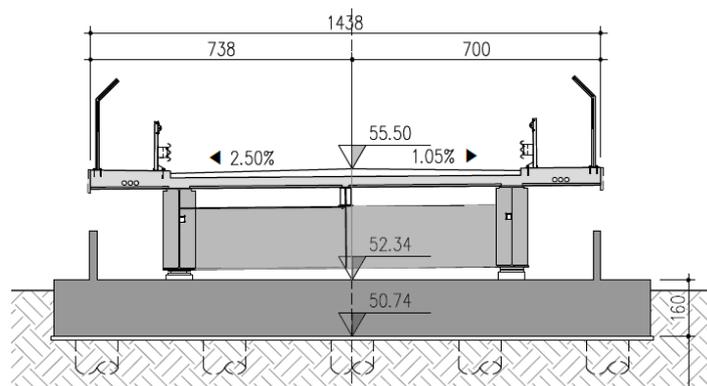


Figura 1.11: Sezione trasversale della spalla S1

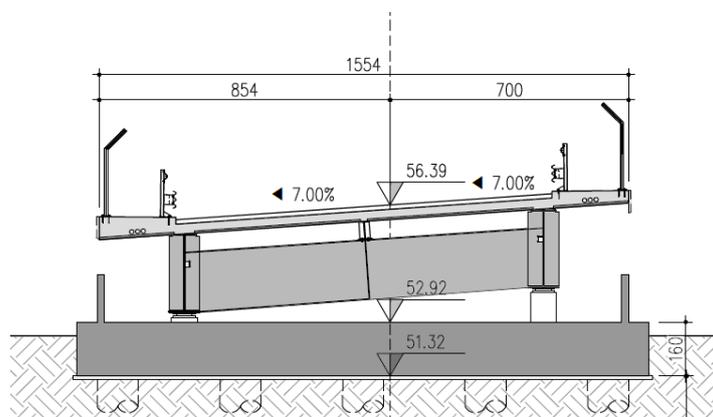


Figura 1.12: Sezione trasversale della spalla S2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 12 di 198</p>

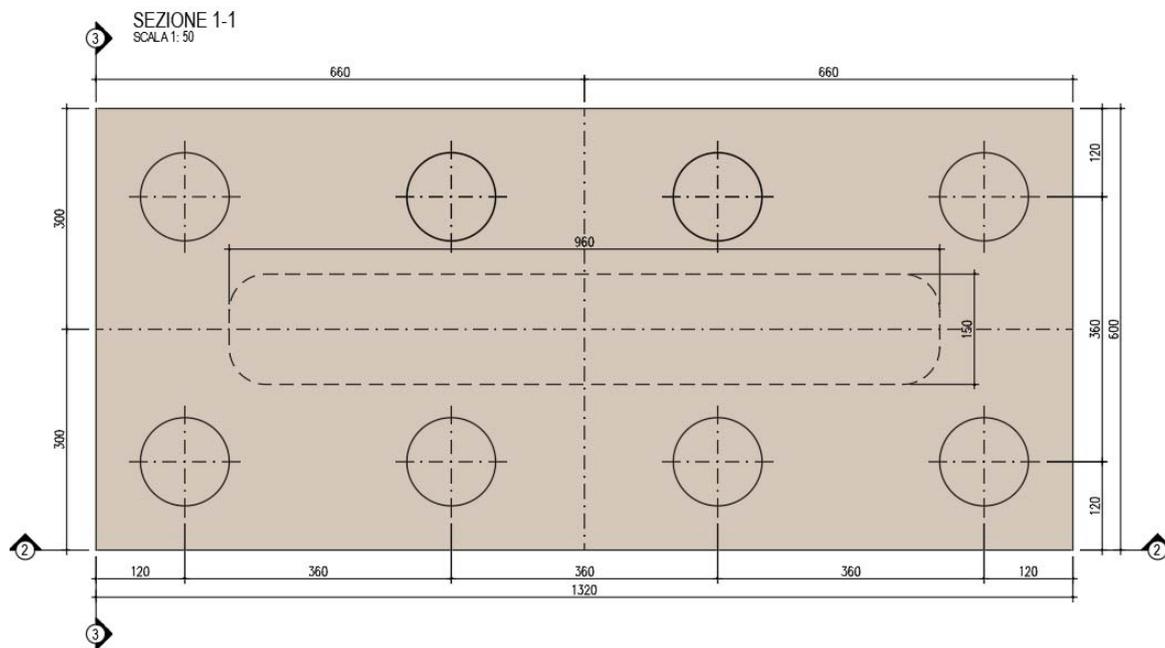


Figura 1.13: Pianta fondazioni P1, P2, P3, P4

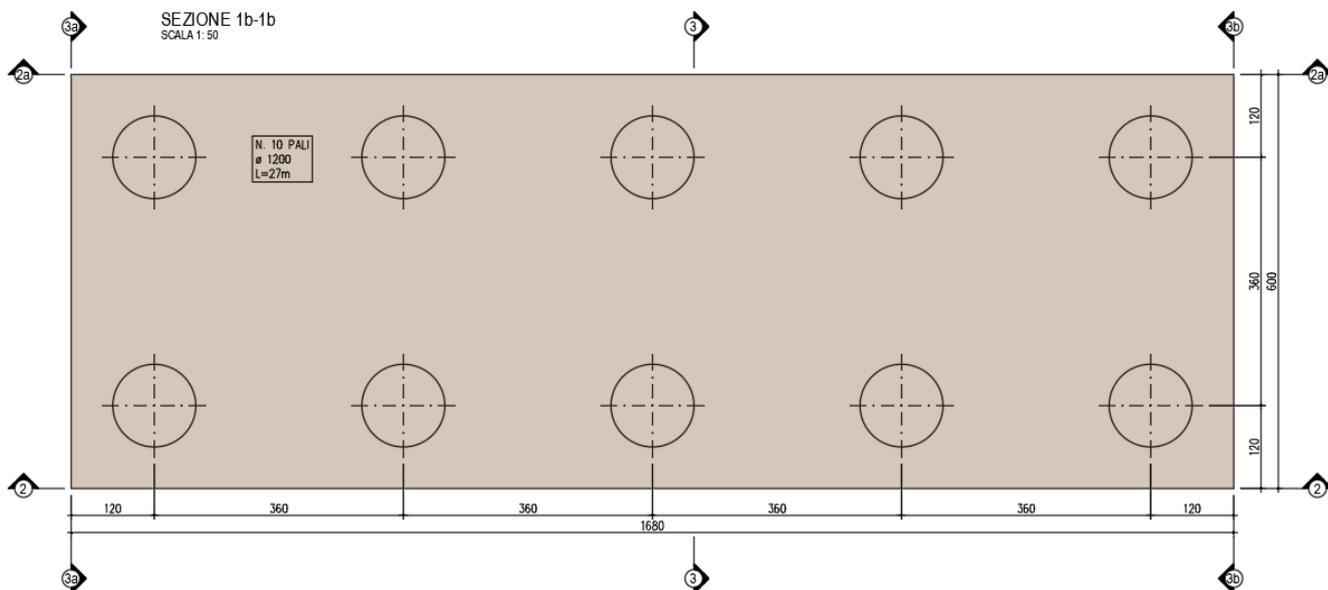


Figura 1.14: Pianta fondazioni S1

Per le caratteristiche strutturali e ulteriori dettagli sul ponte, si faccia riferimento alla documentazione grafica del progetto.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 13 di 198

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1. DOCUMENTI PROGETTUALI

- [1] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione idrogeologica – Elaborato n° IN0D00DI2RHGE0002003
- [2] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione geotecnica generale & addendum – 1° Lotto – Elaborato n° IN0D00DI2RBGE0005101
- [3] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione geotecnica – Rilevati e trincee con opere di sostegno e sottovia - 2° Lotto – Elaborato n° IN0D00DI2RBGE0005104
- [4] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione sismica – Elaborato n° IN0D00DI2RHXX0000003
- [5] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Profilo geologico e geotecnico in scala 1:5000/500 – Elaborati n° IN0D00DI2F5GE0002002.
- [6] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Nuove Viabilità – Profilo geotecnico opera NV51– Elaborato n° IN0D00DI2FZNV510X005
- [7] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Planimetria con classificazione sismica del territorio – Tav.1 – Elaborato n° IN0D00DI2P4XX0000001
- [8] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – 1° Sub lotto VERONA – MONTEBELLO VICENTINO – Relazione sulle indagini geognostiche + Allegato 1 stratigrafie dei sondaggi – Elaborati n° IN0D02DI2RHGE0000008 e IN0D02DI2RHGE0000A08
- [9] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – Lotto funzionale VERONA – BIVIO VICENZA – Progetto esecutivo – Parte generale geologia e geotecnica - Relazione geotecnica (da 0+000 a 10+050) – Elaborato n° IN1710EI2RBGE0000001C
- [10] Linea AV/AC VERONA – PADOVA – Lotto funzionale VERONA – BIVIO VICENZA – Progetto esecutivo – Parte generale geologia e geotecnica – Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico da pk 4+500 a pk 9+000 – Elaborato n° IN1710EI2LZGE0000013B

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 14 di 198

2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

I seguenti codici sono presi a riferimento per la progettazione.

2.2.1. Normativa nazionale cogente

- [1] Legge 5 Novembre 1971, N. 1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC)
- [3] C.M. 02/02/2009 n.617/C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008

2.2.2. Norme di riferimento

In ottemperanza a NTC §12, per riferimenti di calcolo o in mancanza di specifiche indicazioni si farà inoltre riferimento alle seguenti:

2.2.2.1. Norme UNI

- [4] UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

2.2.2.2. Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN

(Con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali, la lista che segue è indicativa e non esaustiva dei codici eventualmente utilizzati nel seguito)

- [6] UNI EN 1991-1-5:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- [7] UNI EN 1992-1-1:2015 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [8] UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [9] UNI EN 1993-1-5:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- [10] UNI EN 1993-1-8:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- [11] UNI EN 1993-2:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2: Ponti di acciaio
- [12] UNI EN 1993-1-10:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
- [13] UNI EN 1993-1-11:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- [14] UNI EN 1994-1-1:2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [15] UNI EN 1994-2:2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- [16] UNI EN 1997-1:2013 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
- [17] UNI EN 1997-2:2007 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 15 di 198

- [18] UNI EN 1998-1:2013 Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- [19] UNI EN 1998-2:2011 Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti
- [20] UNI EN 1998-5:2005 Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

2.2.2.3. Norme CNR

Per eventuali ulteriori riferimenti si sono considerate anche le Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.):

- [21] CNR-DT207-2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- [22] CNR-UNI 10011/97 Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- [23] CNR-UNI 10016/98 Travi composte acciaio-calcestruzzo: istruzioni per il calcolo e l'esecuzione;
- [24] CNR-UNI 10030/87 Anime irrigidite di travi in parete piena

2.2.2.4. Altri documenti di riferimento

- [35] Manuale di progettazione RFI – Prescrizioni Tecniche per la Progettazione dell'Infrastruttura (ed. 22/12/2017)
- [36] RFI – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – Documento n° RFI-DTC-INC-CS-SP-IFT-001-A del 21 Dicembre 2011
- [37] RFI. Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (ed. 22/12/2017)
- [38] Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria - RFI DTC INC PO SP IFS 002 A

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 16 di 198

3. VITA NORMINALE E CLASSI D'USO

Con riferimento alla definizione delle azioni sismiche (si veda nel seguito) si definiscono i parametri di prestazione dell'opera.

In accordo al D.M. 14.01.2008, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali viene valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R nel periodo di riferimento V_R .

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Coerentemente con quanto prescritto dalle NTC e tenendo conto dell'importanza della costruzione in esame, si è prevista per l'opera una vita nominale V_N di 100 anni e una classe d'uso III, cui corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a 1.5.

Il periodo di riferimento per le azioni sismiche risulta quindi pari a $V_R = 100$ anni.

Vita nominale (V_N):	100 anni
Classe d'uso:	III ($C_U = 1.5$)
Periodo di riferimento azione sismica ($V_R = V_N * C_U$):	150 anni
Categoria di sottosuolo	C

Stato limite	PVR (Probabilità di superamento nel periodo V_R)
SL Operatività	81 %
SL Danno	63 %
SL salvaguardia Vita	10 %
SL prevenzione Collasso	5 %

Con $T_R =$ tempo di ritorno = $-V_R/\ln(1-PV_R)$:

Da cui: $V_r = V_n \times C_u = 100 \times 1.5 = 150$ anni.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 17 di 198

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1. ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

S355J2 per spessori $\leq 40\text{mm}$
S355K2 per spessori $> 40\text{ mm}$
S355J0 per elementi non saldati, angolari e piastre
(UNI EN10025-1, 2 E 5)

4.1.1. Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico:	$E_s = 210000\text{ MPa}$
Coefficiente di dilatazione termica:	$\alpha = 1.2 \times 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
S355:	
Resistenza allo snervamento (sp. $t \leq 40\text{mm}$):	$f_{yk} = 355\text{ MPa}$
Resistenza ultima ($t \leq 40\text{mm}$):	$f_{tk} = 510\text{ MPa}$
Resistenza allo snervamento (sp. $40 < t \leq 80\text{mm}$):	$f_{yk} = 335\text{ MPa}$
Resistenza ultima ($40 < t \leq 80\text{mm}$):	$f_{tk} = 490\text{ MPa}$

4.1.2. Coefficienti parziali di sicurezza

Resistenza sezioni (cl. 1÷4):	$\gamma_{s,M0} = 1.05$
Resistenza instabilità membrature (ponti):	$\gamma_{s,M1} = 1.10$
Resistenza sezioni indebolite dai fori:	$\gamma_{s,M2} = 1.25$
Resistenza a fatica, rispetto a $\Delta\sigma_D$ e $\Delta\tau_D$:	$\gamma_{M,f} = 1.35$

4.1.3. Classe di resistenza

La classe di resistenza adottata è K2 o J2 a temperature di servizio, largamente cautelative, $T_{Ed} = -20^\circ\text{C}$ (si veda nel seguito la valutazione della temperatura minima secondo [2]), lo spessore massimo e la tensione massima corrispondente in combinazione frequente sono date dal prospetto 2.1 di UNI EN 1993-1-10:2005.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 18 di 198

prospetto 2.1 Massimi valori ammissibili dello spessore dell'elemento t in millimetri

Classe di acciaio	Sotto-classe	Energia della prova di Charpy KV alla temperatura T [°C]	J_{min}	Temperatura di riferimento T_{Ed} [°C]																							
				$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$							
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
S355	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45			
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
S420	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
S460	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
S690	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			
	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45			
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50			
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60			
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75			
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85			
QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100				

Figura 4.1: Spessore in funzione dei requisiti di resilienza

In base ai requisiti richiesti di resilienza si contiene lo spessore delle lamiera ai valori indicati in rosso per i materiali di progetto, potendo così non limitare le tensioni massime in termini di resistenza. Infatti la limitazione sulla tensione nominale di esercizio è compensata dal fattore di combinazione per i carichi ultimi è mediamente 1.35 ($1/1.35=0.74 < 0.75$); conseguentemente si ha che mantenendo gli spessori massimi impiegato entro i valori indicati non occorre penalizzare la resistenza.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 19 di 198

4.2. COLLEGAMENTI

4.2.1. Bulloni

Bulloni per giunzioni ad attrito): cl. 10.9

Tensione di snervamento: $f_{yb} = 1000 \text{ MPa}$

Tensione di rottura: $f_{tb} = 900 \text{ MPa}$

Coeff. sicurezza materiali: $\gamma_{M2} = 1.25$

Per giunzioni ad attrito, secondo la verifica condotta agli stati limite di esercizio (giunti di tipo 2 resistenti ad attrito in condizioni SLE):

$$V_d \leq V_{s,Rd} = n f N_s / \gamma_{M3}$$

n: numero di superficie di attrito

f (= μ) = 0.30: coefficiente di attrito cautelativo, con superficie delle giunzioni sabbiate a metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni

Resist. Scorrimento SLE: $\gamma_{M3} = 1.10$

$$\text{Forza di precarico del bullone: } N_s = F_{p,Cd} = 0.70 \cdot \frac{f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M7}}$$

Precarico bulloni: $\gamma_{M7} = 1.10$

È prescritto solo l'uso di bulloni a serraggio controllato. Le superfici di unione ad attrito devono essere preparate mediante sabbiatura a metallo bianco e opportunamente protette nei riguardi dell'ossidazione.

4.2.2. Connettori acciaio-calcestruzzo

Connettori a piolo con testa, tipo KB NELSON o equivalenti, collegati con saldatura automatica.

S235J2G3 + C 450 (EN ISO 13918 – UNI EN 10025) o similari (ST 37 – 3K DIN 50049)

Tensione di snervamento $f_{yk} = 350 \text{ MPa}$

Tensione di rottura $f_{tk} = 450 \text{ MPa}$

Coeff. sicurezza lato acciaio: $\gamma_{v,1} = 1.25$

Coeff. sicurezza lato calcestruzzo: $\gamma_{v,2} = 1.25$

4.2.3. Saldature

Sono previste giunzioni a doppio cordone d'angolo.

Coefficienti di sicurezza:

Resistenza collegamenti saldati $\gamma_{s,M2} = 1.25$

Sezione di gola nella reale posizione (acciaio S355) $\beta = 0.90$

Per S355: $f_{tk} / (\beta \gamma_{M2}) = 453 \text{ MPa}$

I cordoni d'angolo hanno dimensione z (lato della saldatura parallela al piatto) = 0.7 volte lo spessore minimo delle lamiere da collegare. Si prevedono inoltre saldature testa a testa tra i piatti orizzontali dei traversi e quelli delle travi, con preparazione dei lembi.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 20 di 198

4.3. CALCESTRUZZO SOLETTA DI IMPALCATO

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2004 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

In considerazione della protezione della soletta ad estradosso rispetto all'ambiente (impermeabilizzazione), si adottano le seguenti prescrizioni che si ritengono valide anche per il calcestruzzo delle predelle prefabbricate.

4.3.1. Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC3 (calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia)
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF1 Moderata saturazione d'acqua senza impiego di agente antigelo (soletta impermeabilizzata)
- Classe di resistenza: C35/45
- Classe di lavorabilità: S5
- Massimo rapporto a/c: 0.45
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 360 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.3.2. Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}	C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}	C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}	C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

(ai fini della valutazione dell'ambiente si considera ambiente ordinario per effetto delle condizioni di protezione esterna applicate ai getti di calcestruzzo – impermeabilizzazione)

Elementi a piastra

Classe Calcestruzzo: C35/45
Condizioni ambientali: ordinarie
Vita nominale costruzione: 100 [anni]
Tolleranza di posa: 10 [mm]
c = 20 + 10 + 10 (tolleranza) = 40 mm

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 21 di 198

4.3.3. Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		35/45	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	45	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	37.35	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	45.35	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.35	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.35	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm}/1,2 =$	1.96	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} =$	34600	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_C =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_C \times f_{ck} / \gamma_M =$	21.17	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.56	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	5.28	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1,50 =$	2.35	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.52	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_C = 0.60 \times f_{ck} =$	22.41	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_C = 0.45 \times f_{ck} =$	16.81	MPa

4.3.4. Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.
 Scelta dello stato limite di fessurazione (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 22 di 198

Le precedenti prescrizioni vengono integrate con quelle riportate nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI DTC INC PO SP IFS 002 A:

- i valori limite di apertura delle fessure, per la combinazione frequente e per armature poco sensibili, sono i seguenti:
 - a) $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
 - b) $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

In ogni caso devono essere condotte le verifiche a fessurazione mediante "calcolo diretto", ai sensi del D.M. 14.01.2008, p.to 4.1.2.2.4.6.

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti ("Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- RFI):

- quasi permanente $w_2 = 0.2$ mm;
- frequente $w_1 = 0.2$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 23 di 198

4.4. CALCESTRUZZO CORDOLI DI IMPALCATO

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2004 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

In considerazione del fatto che sui cordoli laterali non viene operata la medesima impermeabilizzazione prevista invece sulla superficie di estradosso della soletta, si adottano le seguenti prescrizioni.

4.4.1. Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF4 Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.
- Classe di resistenza: C35/45
- Classe di lavorabilità: S5
- Massimo rapporto a/c: 0.45
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 360 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.4.2. Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

(ai fini della valutazione dell'ambiente si considera ambiente molto aggressivo)

Elementi a piastra

Classe Calcestruzzo: C35/45

Condizioni ambientali: molto aggressive

Vita nominale costruzione: 100 [anni]

Tolleranza di posa: 10 [mm]

c = 40 (C>C_{min}) +10 + 10 (tolleranza) = 60 mm

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 24 di 198

4.4.3. Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		35/45	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	45	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	37.35	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	45.35	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.35	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.35	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm} / 1,2 =$	1.96	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$	34600	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_C =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_C \times f_{ck} / \gamma_M =$	21.17	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.56	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	5.28	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1,50 =$	2.35	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.52	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_C = 0.60 \times f_{ck} =$	22.41	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_C = 0.45 \times f_{ck} =$	16.81	MPa

4.4.4. Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti ("Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- RFI):

- quasi permanente $w_2 = 0.2$ mm;
- frequente $w_1 = 0.2$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 25 di 198

4.5. CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE DI PILE E SPALLE

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2004 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.5.1. Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC2 bagnato, raramente asciutto.
- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.60
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 300 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.5.2. Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}	C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}	C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}	C _{≥C_o}	C _{min≤C<C_o}
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi altri

Classe Calcestruzzo: C25/30
 Condizioni ambientali: ordinarie
 Vita nominale costruzione: 100 [anni]
 Tolleranza di posa: 10 [mm]
 Pali: c = 60 > 25 (C>Cmin) +10 + 10 (tolleranza) = 45 mm

 GENERAL CONTRACTOR	 ALTA SORVEGLIANZA
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 26 di 198

4.5.3. Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		25/30	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	30	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	24.90	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.90	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	2.56	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	1.79	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 =$	2.13	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$	31447	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_c =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_c \times f_{ck} / \gamma_M =$	14.17	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.19	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2.25 \times n \times f_{ctk} =$	4.03	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1.50 =$	1.79	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	2.69	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} =$	14.94	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} =$	11.21	MPa

4.5.4. Requisiti di limitazione della fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del D.M. 14 gennaio 2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nella "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI.

Condizioni ambientali (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile. Scelta dello stato limite di fessurazione (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_s	Stato limite	w_s
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti ("Specificazione per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI):

- quasi permanente $w_1 = 0.2$ mm;
- frequente $w_1 = 0.2$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 27 di 198

4.6. CALCESTRUZZO PER PLINTI DI FONDAZIONE DELLE SPALLE

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2004 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.6.1. Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF1 Moderata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante.
- Classe di resistenza: C32/40
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.50
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 340 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.6.2. Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi altri

Classe Calcestruzzo: C32/40
 Condizioni ambientali: aggressive
 Vita nominale costruzione: 100 [anni]
 Tolleranza di posa: 10 [mm]
 Plinti: c = 30 (C>Cmin) + 10 + 10 (tolleranza) = 50 mm,

4.6.3. Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		32/40	MPa
Classe di resistenza cubica:	R _{ck} =	40	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	f _{ck} = 0.83×R _{ck} =	33.20	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	f _{cm} = f _{ck} + 8 =	41.20	MPa
Resist. a trazione media:	f _{ctm} = 0.30×f _{ck} ^{2/3} =	3.10	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	f _{ctk} = 0.70×f _{ctm} =	2.17	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	σ _t = f _{ctm} /1,2 =	2.58	MPa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 28 di 198

Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} =$	33643	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_C =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_C \times f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.45	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	4.88	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1,50 =$	2.17	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.25	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_C = 0.60 \times f_{ck} =$	19.92	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_C = 0.45 \times f_{ck} =$	14.94	MPa

4.6.4. Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.
 Scelta dello stato limite di fessurazione (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_a	Stato limite	w_a
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti ("Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI):

- quasi permanente $w_1 = 0.2$ mm;
- frequente $w_1 = 0.2$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 29 di 198

4.7. CALCESTRUZZO PER PLINTI DI FONDAZIONE DELLE PILE

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2004 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.7.1. Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC2 bagnato, raramente asciutto.
- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.60
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 300 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.7.2. Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi altri

Classe Calcestruzzo: C25/30
Condizioni ambientali: ordinarie
Vita nominale costruzione: 100 [anni]
Tolleranza di posa: 10 [mm]
Plinti: $c = 50 > 20 (C > C_{min}) + 10 + 10$ (tolleranza) = 40 mm,

 Consorzio IricAV Due	 ALTA SORVEGLIANZA ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 30 di 198

4.7.3. Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		25/30	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	30	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	24.90	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.90	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	2.56	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	1.79	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 =$	2.13	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$	31447	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_c =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_c \times f_{ck} / \gamma_M =$	14.17	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.19	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2.25 \times n \times f_{ctk} =$	4.03	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1.50 =$	1.79	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	2.69	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} =$	14.94	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} =$	11.21	MPa

4.7.4. Requisiti di limitazione della fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del D.M. 14 gennaio 2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nella "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI.

Condizioni ambientali (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile. Scelta dello stato limite di fessurazione (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_s	Stato limite	w_s
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti ("Specificazione per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI):

- quasi permanente $w_1 = 0.2$ mm;
- frequente $w_1 = 0.2$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 31 di 198

4.8. CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI DI PILE E SPALLE

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2004 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.8.1. Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- UNI 11104:2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF1 Moderata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante.
- Classe di resistenza: C32/40
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.50
- Contenuto minimo in aria 4%
- Minimo contenuto in cemento 340 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.8.2. Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C _{min}	C _o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o	C _{≥C_o}	C _{min} ≤C<C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi altri

Classe Calcestruzzo: C32/40
Condizioni ambientali: aggressive
Vita nominale costruzione: 100 [anni]
Tolleranza di posa: 10 [mm]
 $c = 35 (C > C_{min}) + 10 + 10$ (tolleranza) = 55 mm

4.8.3. Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		32/40	MPa
Classe di resistenza cubica:	R _{ck} =	40	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	f _{ck} = 0.83×R _{ck} =	33.20	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	f _{cm} = f _{ck} + 8 =	41.20	MPa
Resist. a trazione media:	f _{ctm} = 0.30×f _{ck} ^{2/3} =	3.10	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	f _{ctk} = 0.70×f _{ctm} =	2.17	MPa

 Consorzio IricAV Due	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 32 di 198

Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm}/1,2 =$	2.58	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} =$	33643	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_C =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_C \times f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.45	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	4.88	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1,50 =$	2.17	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.25	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_C = 0.60 \times f_{ck} =$	19.92	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_C = 0.45 \times f_{ck} =$	14.94	MPa

4.8.4. Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.
 Scelta dello stato limite di fessurazione (D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_a	Stato limite	w_a
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti ("Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria" - RFI):

- quasi permanente $w_1 = 0.2$ mm;
- frequente $w_1 = 0.2$ mm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 33 di 198

4.9. ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Tipo B450C

4.9.1. Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico: $E_s = 210000 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento: $f_{yk} = f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ MPa}$
Tensione di rottura: $f_{tk} = f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ MPa}$

4.9.2. Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali: $Y_{s,M} = 1.15$
Snervam. progetto materiali: $f_{yd} = f_{yk}/Y_{s,M} = 391.3 \text{ Mpa}$
Con riferimento alla norma UNI 11104:2004 vengono riportate le diverse tipologie di calcestruzzo utilizzate.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 34 di 198

5. CLASSE DI ESECUZIONE DELLE STRUTTURE METALLICHE

La "classe di esecuzione" per le strutture metalliche viene definita in base ai requisiti riportati nella UNI EN 1090-2:2018 "Esecuzione delle strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per le strutture in acciaio", espressamente richiamata dal D.M. 17/01/2008 (par. 4.2).

La determinazione della classe avviene tenendo conto dei seguenti due parametri:

- Classe di conseguenza o affidabilità (CC o RC)
- Classe di servizio (SC)

Le classi di conseguenza sono descritte nel prospetto B.1 della UNI EN 1990:2006.

Prospetto B.1 – Definizione della classe di conseguenze		
Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
CC3	Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali	Gradinate in impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (per esempio, una sala concerti)
CC2	Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali	Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (per esempio un edificio per uffici)
CC1	Conseguenze basse per perdita di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, nei quali generalmente nessuno entra (per esempio, i magazzini), serre

UNI EN 1990:2006 Annesso A Prospetto B.1

La classe di conseguenza idonea per l'opera in oggetto si assume essere la classe CC3.

Le classi di servizio si dividono in:

- Carichi statici o quasi statici o struttura sismica DCL (bassa duttilità);
- Struttura soggetta a fatica, o sismica classificata DCM o DCH (duttilità media o alta)

Trattandosi di un impalcato stradale in acciaio-calcestruzzo non si può che scegliere la seconda classe di servizio in quanto si tratta di struttura soggetta a fatica.

La scelta della classe di esecuzione è guidata dalla tabella C.1. nell'appendice C della UNI EN 1993-1-1-/2014 di seguito riportata.

Classi di Affidabilità (RC) o Classi di Conseguenze (CC)	Quasi-statico e/o classe di duttilità sismica DCL (¹)	Soggette a fatica (²) e/o classe di duttilità sismica DCM o DCH (¹)
RC3 o CC3	EXC3(³)	EXC3(³)
RC2 o CC2	EXC2	EXC3
RC1 o CC1	EXC1	EXC2

(¹) Classi di duttilità definite in EN 1998-1; DCL=bassa, DCM=media, DCH=alta.
(²) Vedi EN 1993-1-9.
(³) Per strutture nelle quali il superamento degli stati limite di servizio ed ultimi porti a conseguenze giudicate particolarmente onerose, può essere specificata la classe EXC4.

UNI EN 1993-1-1:2005/A1:2014 Tab. C.1 Appendice C - Determinazione delle classi di esecuzione

La tabella definisce che per strutture con la più elevata "classe di conseguenza" (CC3, caratteristica di strutture il cui collasso provochi "elevate conseguenze per la perdita di vite umane o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali ed ambientali) abbiano, indipendentemente dal regime di carico, la classe di esecuzione EXC 3.

Solo in caso di "conseguenze estreme" di un eventuale collasso, è prevista la adozione della classe di esecuzione EXC4.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 35 di 198

Nel caso in esame, si assume quindi la classe di esecuzione EXC3.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 36 di 198

6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

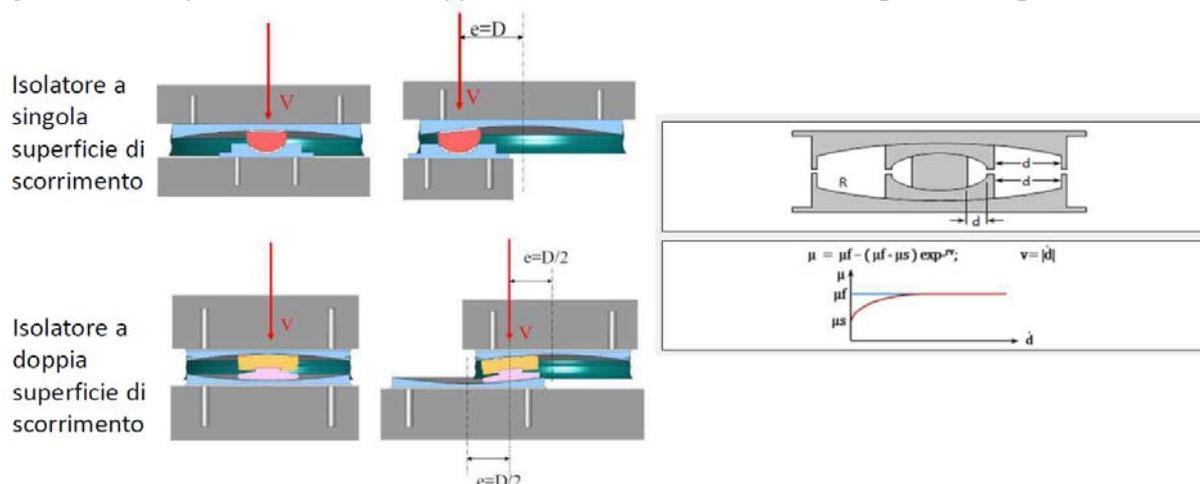
Per una definizione delle caratteristiche geotecniche del sito, si rimanda alla Relazione geotecnica.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 37 di 198

7. MODELLO DEL SISTEMA D'APPOGGIO E D'ISOLAMENTO

Tra impalcato e sommità di pile e spalle sono disposte coppie di apparecchi d'appoggio che, agli effetti delle azioni dinamiche di natura sismica isolano l'impalcato dalle sottostrutture. Ciò si ottiene mediante l'impiego di appoggi pendolari ad attrito, ovvero appoggi a scorrimento su superficie concava preparata con l'impiego di materiali capaci di fornire un attrito controllato.

Questi isolatori pendolari ad attrito rappresentati schematicamente nella figura che segue:



Nel presente studio si è assunto un attrito nominale di riferimento $\mu=3\%$ e un raggio di curvatura per la superficie di scorrimento $R=2.500m$. Il coefficiente d'attrito effettivo nelle varie condizioni di utilizzo è comunque variabile in funzione della pressione effettiva, della velocità di scorrimento tra le parti a contatto così come di altri fattori come temperatura, invecchiamento, scorrimenti effettuati, e variabilità di produzione, Il sistema è modellato, congruentemente con l'analisi numerica effettuata, con elementi di vincolo interno lineari di tipo "SPRING" con rigidità pari al modulo secante calcolato iterativamente sullo spostamento specifico risultante da analisi numerica effettuata.

Le relazioni fondamentali utilizzate per il modello numerico sono le seguenti:

Periodo di vibrazione:

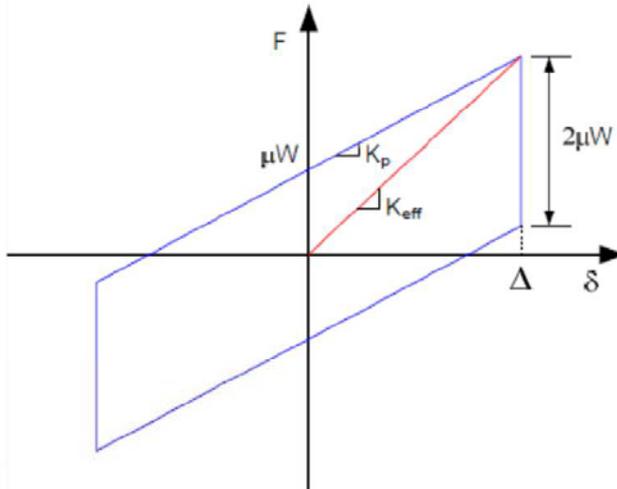
$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

Rigidità efficace:

$$K_{eff} = W \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{\Delta} \right)$$

Rigidità tangente:

$$K_p = \frac{W}{R}$$



Dove:

- W è la forza verticale agente sull'isolatore;
- R è il raggio di curvatura dell'isolatore;
- μ è il coefficiente di attrito ad alte velocità;
- Δ è lo spostamento orizzontale

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 38 di 198

Caratteristica peculiare di questo sistema di isolatori è la consistente aliquota di smorzamento critico che è in grado di fornire alla dinamica strutturale, crescente all'aumentare del coefficiente d'attrito delle piastre degli isolatori.

Per tutta l'analisi sismica e le verifiche a valle di questa si è adottato un approccio di calcolo "a forbice", ovvero assumendo per il sistema di isolamento due set di parametri limite per la sua modellazione numerica, set detti di *Upper Bound Dependent Properties* o UBDP e *Lower Bound Dependent Properties* o LBDP:

Il set di UBDP determina i valori di rigidezza e smorzamento massimi per l'isolamento, il set di LBDP determina i valori di rigidezza e smorzamento minimi.

Per l'analisi lineare effettuata tuttavia non è consentito adottare valori di smorzamento $\xi_{esi} \leq 28\%$, ragion per cui alcuni risultati nelle analisi con smorzamento potenziale $\xi_{esi} \geq 28\%$ possono essere a favore di sicurezza ovvero con l'impiego, in una fase più avanzata della progettazione, di analisi dinamiche non lineari le prestazioni del sistema di isolamento trarrebbero giovamento.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 39 di 198

8. MODELLAZIONE DELLE SOTTOSTRUTTURE

8.1. ELEVAZIONI DELLE PILE

Per quanto riguarda il calcolo delle pile, le sollecitazioni di verifica per le varie sezioni lungo il fusto sono ricavate dal modello globale del viadotto.



Figura 8.1: Modello FEM dell'impalcato e delle pile

8.2. FONDAZIONI DELLE PILE E SPALLE

Per quanto riguarda l'analisi delle sollecitazioni e deformazioni delle fondazioni delle pile e delle fondazioni/elevazioni delle spalle, sono stati eseguiti modelli FEM costituiti da elementi di tipo "plate" per le fondazioni delle pile/spalle e per le elevazioni delle spalle. Gli elementi di collegamento sono costituiti da elementi tipo "brick" e da "rigid link".

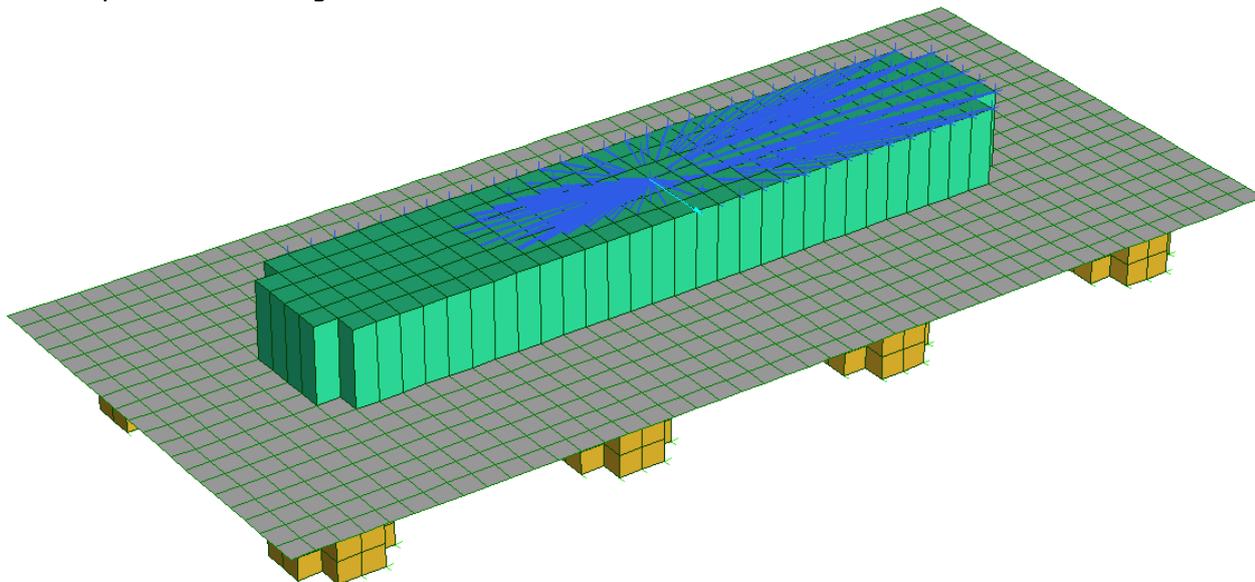


Figura 8.2: Modelli FEM plinti pile P1, P2, P3, P4



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 40 di 198</p>

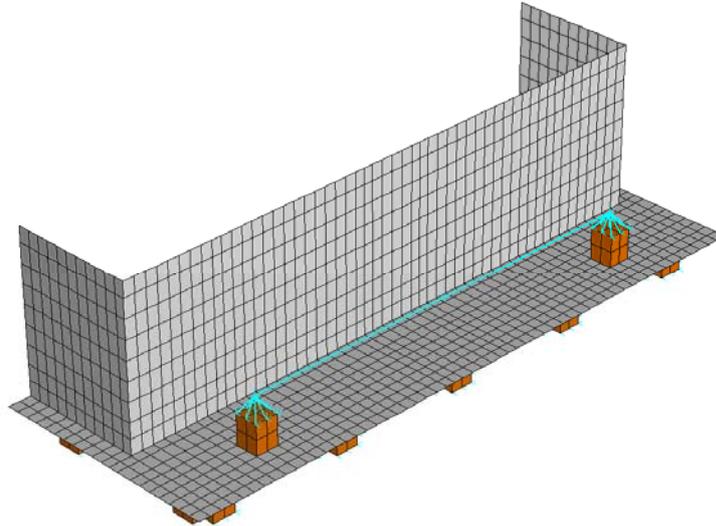


Figura 8.3: Modello FEM delle spalle

Si osservi che per le spalle S1 e S2 è stato adottato il medesimo modello FEM in cui variano unicamente gli scarichi provenienti dall'impalcato. Infatti, cautelativamente, è stata considerata in entrambi i casi la geometria della spalla di dimensioni maggiori (S2), dove, in particolare, il paramento murario ha altezza media 3.30 m.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 41 di 198

9. SOFTWARE DI CALCOLO

Si fornisce l'elenco dei software utilizzati nel presente progetto. I programmi vengono usati in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie.

9.1. ANALISI STRUTTURALE DELL'IMPALCATO E DELLE SOTTOSTRUTTURE

MIDAS CIVIL versione 2018, prodotto da MIDAS Information Technology Co., Ltd. (MIDAS IT): si tratta di un programma agli elementi finiti che opera in campo lineare e non lineare, statico e dinamico, particolarmente adatto all'utilizzo per ponti e viadotti. Oltre a possedere un'ampia gamma di elementi finiti, fornisce la possibilità di analizzare in automatico le sollecitazioni dovute ai carichi mobili propri degli impalcati da ponte.

Midas Gen 2019 v2.1 sviluppato in Corea del Sud e distribuito in Italia da CSP Fea s.c. via Zuccherificio, 5/D - 35042 Este (PD) Italy - P.I. 04057560288. Questo software è utilizzato per l'analisi delle sollecitazioni degli elementi strutturali. Verifiche di resistenza.

9.2. ANALISI DI DETTAGLIO AGLI ELEMENTI FINITI:

STRAUS 7 Release 2.4.6 prodotto dalla G+D Computing, ed è commercializzato in Italia da HSH S.r.l. di Padova. Si tratta di un software completo e versatile per condurre analisi numerica agli elementi finiti (dei quali possiede una amplissima libreria) adatto ad una molteplicità di analisi.

9.3. VERIFICHE DI RESISTENZA

9.3.1. Per le sezioni in c.a.

- RC-SEC vers. 2010.4 rev. 212, prodotto da GEOSTRU srl. Il programma consente di effettuare il calcolo di verifica delle sezioni di travi e pilastri in c.a. agli stati limite ultimi e di esercizio tenendo conto, nel caso di calcolo sismico, della classe di duttilità richiesta e della posizione della sezione nell'asta (se ricade in zona critica o meno). Per le verifiche di resistenza (e semi-progetto delle armature) a presso-tenso flessione (retta e deviata) è previsto l'uso del diagramma tensioni-deformazione parabola rettangolo per il conglomerato e bilineare per l'acciaio. Nelle verifiche a taglio è stata implementata la nuova metodologia che prevede l'uso dell'inclinazione variabile delle bielle compresse. Vengono inoltre costruiti diagrammi momenti curvatura utilizzando più leggi di comportamento del calcestruzzo (parabola rettangolo, Kent-Park, EC2) nel nucleo confinato della sezione e valutando per ogni combinazione il valore della duttilità in curvatura (CCDF) anche in regime di pressoflessione deviata. Possono essere analizzate sezioni di qualsiasi forma, da quelle più comuni (rettangolari, a T, T doppio, ad L, circolari) a quelle più complesse (a contorno poligonale costituite da uno o più domini di conglomerato, cave, miste).
- STRUCTURAL DESKTOP v. 2.1, VCaSLU v7.7 del professor Pietro Gelfi (software freeware) per il calcolo e la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato;
- Fogli di calcolo excel.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 42 di 198

9.3.2. Per le sezioni miste acciaio-calcestruzzo

Per le sezioni miste degli impalcati si impiega il software **PONTI EC4 ver. 3.2.8**, software per il calcolo di sezioni miste acciaio-calcestruzzo per impalcati da ponte prodotto da Alhambra srl.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 43 di 198

10. ANALISI DEI CARICHI

10.1. PESI PROPRI STRUTTURALI

10.1.1. Carpenteria metallica

Il peso degli elementi in acciaio è calcolato con il seguente valore per unità di volume, tenendo conto di una maggiorazione cautelativa pari al 10%:

$$\gamma = 78.50 \times 1.10 = 86.35 \text{ kN/m}^3$$

Le stime di pre-dimensionamento conducono ad una incidenza cautelativa di 250kg/mq di impalcato.

Il peso della carpenteria metallica viene quindi conferito al modello agli elementi finiti direttamente come peso proprio delle travi e dei traversi. Poiché però non tutti gli elementi metallici vengono modellati (costole, irrigidimenti, giunti ecc..) viene amplificata la densità dell'acciaio al fine di ottenere un peso complessivo di 250 kg/mq.

10.1.2. Calcestruzzo di soletta

Il peso degli elementi in calcestruzzo è calcolato con il seguente valore per unità di volume:

$$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

Poiché nel modello viene considerata la soletta (come elemento del graticcio e quindi a strisce di larghezza unitaria) con la sua reale dimensione e larghezza, il peso è conferito direttamente al modello come densità del calcestruzzo.

10.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI

I carichi permanenti da considerare vengono elencati nel seguito nel loro valore a metro di sviluppo di impalcato:

10.2.1. Pavimentazione

Si considera un peso per unità di volume della pavimentazione di 22 kN/m³ e uno spessore di 15 cm (per considerare eventuali riasfaltatura senza scarifica).

$$g_{2,1} = 0.15 \times 22 = 3,3 \text{ kN/mq}$$

La larghezza della parte asfaltata è variabile fra 9.5m e 11.05m, conseguentemente il sovraccarico agente è:

$$G_{2,1} = 31.35 \text{ kN/m per } B=9.5\text{m}$$

$$G_{2,1} = 36.47 \text{ kN/m per } B=11.05 \text{ m}$$

10.2.2. Guard rail impiantistica

Si considera un peso per unità di lunghezza dei guard rail 1.5 kN/m per ciascun elemento.

$$G_{2,2} = 1.5 \times 2 = 3 \text{ kN/m}$$

Si considera un peso per gli impianti (anche futuri) di 2+2 kN/m

$$G_{2,3} = 4 \text{ kN/m}$$

10.2.3. Cordoli e pista ciclabile

Si considera un cordolo/marciapiede di dimensioni 225x20 cm da ambo i lati della sezione trasversale

$$G_{2,4} = 2 \times 0.2 \times 2.25 \times 25 = 22.5 \text{ kN/m (cordoli)}$$

Il valore complessivo dei permanenti portati viene applicato direttamente alle travi principali del modello in ragione della larghezza della soletta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 										
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica Documento</td> <td>Rev.</td> <td>Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>A</td> <td>44 di 198</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio	IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	44 di 198
Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio							
IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	44 di 198							

10.3. RITIRO E VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO

Le considerazioni circa gli effetti del ritiro e della viscosità sull'impalcato sono valutati direttamente sul software di calcolo delle sezioni miste "PONTI EC4" in aderenza alle prescrizioni contenute in EN 1992-2. Nel seguito si riportano le valutazioni.

Caratteristiche del cls a tempo zero

Resistenza a compressione caratteristica, f_{ck} (N/mm ²)	35.00
Resistenza a compressione media, $f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm ²)	43.00
Modulo elastico secante, $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ k (N/mm ²)	34 077.15
Coefficiente di correzione, k	1.00
Tipo di aggregati presenti nell'impasto	Quarziti
Classe del cemento	N

Coefficienti di omogeneizzazione

Moduli elastici Longitudinali		Moduli elastici Tangenziali	
nE a tempo 0	6.162	nG a tempo 0	5.688
nE(t,t ₀) - Permanenti	19.619	nG(t,t ₀) - Permanenti	18.110
nE(t,t ₀) - Ritiro	12.891	nG(t,t ₀) - Ritiro	11.899
nE(t,t ₀) - Def. imposte	20.286	nG(t,t ₀) - Def. imposte	18.726

Tempo e ambiente

Eta' del calcestruzzo in giorni all'inizio del ritiro per essiccamento, t_s	3
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione dei carichi permanenti, t_0	7
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del ritiro, t_0	7
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte, t_0	28
Eta' del calcestruzzo in giorni, t	36 500
Dimensione fittizia dell'elemento di cls, $h_0 = 2A_c/u$ (mm)	449
Sezione dell'elemento, A_c (mm ²)	3 480 000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	15 500.00
Umidita' relativa percentuale, RH (%)	75

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0)$ e modulo elastico E_{cm} al tempo "t"

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \beta_c(t,t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.985
al momento dell'applicazione del ritiro	1.985
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.528
Coefficiente nominale di viscosita' $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	2.001
al momento dell'applicazione del ritiro	2.001
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.540
Coefficiente per l'evoluzione della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t_0) = 1/(0.1+t_0^{0.20})$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.635
al momento dell'applicazione del ritiro	0.635
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.488
Eta' del calcestruzzo corretta in funzione della tipologia di cemento, $t_0 = t_0 [9/(2+t_0^{1.2})+1]^\alpha \geq 0.5$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	7.00
al momento dell'applicazione del ritiro	7.00
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	28.00
Coefficiente per la variabilita' della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t,t_0) = [(t-t_0)/(\beta_H + t-t_0)]^{0.30}$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.992
al momento dell'applicazione del ritiro	0.992
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.992

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 45 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 45 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 45 di 198		

Modulo elastico al tempo "t", $E_{cm}(t, t_0) = E_{cm} / [1 + \psi * \varphi(t, t_0)]$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	10 704
al momento dell'applicazione del ritiro	16 291
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	10 352

$\psi =$	
al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.100
al momento dell'applicazione del ritiro	0.550
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.500

Altri dati:

Coefficiente che tiene conto dell'umidità, $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})] \alpha_1 \alpha_2$	1.231
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_1 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.866
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_2 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.960
Coefficiente per la resistenza del cls, $\beta_c(f_{cm}) = 16.8/f_{cm}^{0.5}$	2.562
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha =$	0
Coefficiente che tiene conto dell'umidità, $\beta_H = 1.5 [1 + (0.012 RH)^{18}] h_0 + 250$ $\alpha_3 \leq 1500$ α_3	1 000
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_3 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.902

Deformazione di ritiro $\varepsilon_s(t, t_0)$

$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.000274$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \varepsilon_{cd,0}$	0.000212
Coeff. per la variabilità della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t, t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.990
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.71
Deformazione di base, $\varepsilon_{cd,0} = 0.85 [(220 + 110\alpha_{ds1}) * \exp(-\alpha_{ds2} * f_{cm} / f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	0.000300
$\beta_{RH} = 1.55 [1 - (RH/RH_0)^3] =$	0.896
$f_{cm0} =$	10 Mpa
$RH_0 =$	100%
Coefficiente per il tipo di cemento, α_{ds1}	4
Coefficiente per il tipo di cemento, α_{ds2}	0.12
Deformazione dovuta al ritiro autogeno, $\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca00} =$	0.0000625
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\varepsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0.0000625

Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

Per gli effetti iperstatici del ritiro e del gradiente lo stesso "Ponti EC4" fornisce dei valori equivalenti di gradiente termico da utilizzare nella modellazione dell'impalcato. L'effetto isostatico è invece interamente valutato da "Ponti EC4".

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 46 di 198

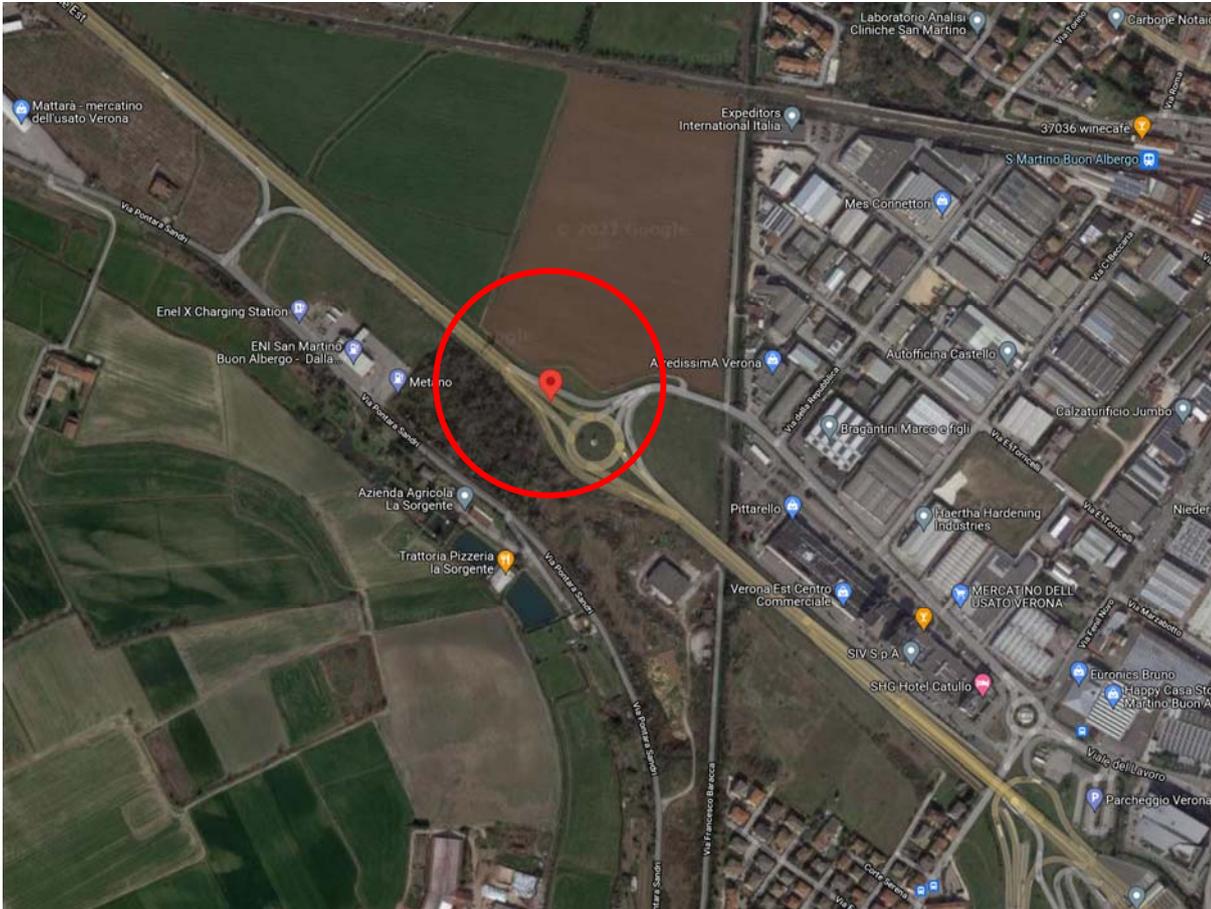
Gradiente equivalente da ritiro

Sezione	e (mm)	N (N)	A (mm^2)	I (mm^4)	Deformazione media	Curvatura (1/m)	Differenza di temperatura equivalente (°C)	Gradiente differenziale di temperatura equivalente (°C/m)
C01 2-i	768	-4.50E+06	1.84E+05	1.81E+11	-1.17E-04	-9.08E-08	-11.659	-9.083
C01 11-j	683.3	-5.69E+06	2.07E+05	1.93E+11	-1.31E-04	-9.58E-08	-13.106	-9.576
C02 12-i	646.5	-5.69E+06	1.96E+05	1.84E+11	-1.39E-04	-9.53E-08	-13.855	-9.532
C02 13-j	646.5	-5.69E+06	1.96E+05	1.84E+11	-1.39E-04	-9.53E-08	-13.855	-9.532
C02 26-j	653.6	-5.58E+06	1.93E+05	1.83E+11	-1.37E-04	-9.50E-08	-13.735	-9.495
C03 27-i	679.4	-5.36E+06	2.60E+05	2.49E+11	-9.84E-05	-6.96E-08	-9.835	-6.962
C03 33-j	742.4	-4.50E+06	2.37E+05	2.38E+11	-9.03E-05	-6.68E-08	-9.028	-6.684
C03 34-i	750.9	-4.40E+06	2.35E+05	2.37E+11	-8.92E-05	-6.65E-08	-8.92	-6.645
C03 41-j	675.9	-5.41E+06	2.61E+05	2.50E+11	-9.88E-05	-6.98E-08	-9.88	-6.977
C04 42-i	765.4	-5.62E+06	2.07E+05	2.23E+11	-1.29E-04	-9.19E-08	-12.897	-9.189
C04 56-j	731.1	-6.12E+06	2.17E+05	2.28E+11	-1.34E-04	-9.34E-08	-13.428	-9.339
C05 57-i	710.6	-6.12E+06	2.24E+05	2.32E+11	-1.30E-04	-8.95E-08	-13.04	-8.951
C05 70-j	719.6	-5.98E+06	2.21E+05	2.30E+11	-1.29E-04	-8.91E-08	-12.907	-8.914
C06 71-i	800.1	-5.92E+06	3.11E+05	3.39E+11	-9.06E-05	-6.64E-08	-9.055	-6.641
C06 78-j	823.4	-5.57E+06	3.02E+05	3.34E+11	-8.78E-05	-6.55E-08	-8.779	-6.549
C06 79-i	824.4	-5.56E+06	3.02E+05	3.33E+11	-8.77E-05	-6.55E-08	-8.767	-6.545
C06 86-j	779.2	-6.24E+06	3.20E+05	3.45E+11	-9.30E-05	-6.72E-08	-9.303	-6.721
C07 87-i	700	-6.38E+06	2.50E+05	2.52E+11	-1.22E-04	-8.45E-08	-12.17	-8.447
C07 100-j	661.2	-7.06E+06	2.64E+05	2.59E+11	-1.27E-04	-8.60E-08	-12.721	-8.599
C08	705.2	-7.06E+06	2.44E+05	2.54E+11	-1.38E-04	-9.35E-08	-13.802	-9.351
C09 115-i	650.8	-7.36E+06	2.69E+05	2.62E+11	-1.30E-04	-8.70E-08	-13	-8.704
C09 128-j	684.1	-6.74E+06	2.56E+05	2.56E+11	-1.25E-04	-8.58E-08	-12.525	-8.576
C10 129-i	773.2	-6.34E+06	3.22E+05	3.46E+11	-9.37E-05	-6.74E-08	-9.374	-6.743
C10 136-j	815.7	-5.68E+06	3.05E+05	3.36E+11	-8.87E-05	-6.58E-08	-8.871	-6.58
C10 137-i	820.5	-5.61E+06	3.03E+05	3.34E+11	-8.81E-05	-6.56E-08	-8.813	-6.561
C10 144-j	793.5	-6.02E+06	3.14E+05	3.41E+11	-9.13E-05	-6.67E-08	-9.133	-6.666
C11 145-i	735.3	-6.09E+06	2.46E+05	2.56E+11	-1.18E-04	-8.33E-08	-11.8	-8.331
C11 159-j	721.6	-6.31E+06	2.51E+05	2.59E+11	-1.20E-04	-8.39E-08	-11.991	-8.386
C12 160-i	745.2	-6.31E+06	2.43E+05	2.54E+11	-1.24E-04	-8.80E-08	-12.394	-8.803
C12 175-j	776	-5.83E+06	2.33E+05	2.49E+11	-1.19E-04	-8.67E-08	-11.933	-8.666
C13 176-i	748.1	-5.73E+06	2.84E+05	2.98E+11	-9.62E-05	-6.86E-08	-9.615	-6.858
C13 183-j	811.2	-4.87E+06	2.62E+05	2.84E+11	-8.86E-05	-6.62E-08	-8.862	-6.616
C13 184-i	826.9	-4.68E+06	2.57E+05	2.81E+11	-8.68E-05	-6.55E-08	-8.676	-6.552
C13 191-j	789	-5.16E+06	2.69E+05	2.89E+11	-9.13E-05	-6.70E-08	-9.127	-6.703
C14 192-i	633.1	-5.28E+06	2.00E+05	1.85E+11	-1.26E-04	-8.59E-08	-12.569	-8.587
C14 200-j	606.5	-5.69E+06	2.09E+05	1.89E+11	-1.30E-04	-8.70E-08	-12.97	-8.704
C14 205-i	606.5	-5.69E+06	2.09E+05	1.89E+11	-1.30E-04	-8.70E-08	-12.97	-8.704
C15 206-i	664.6	-5.69E+06	2.13E+05	1.96E+11	-1.27E-04	-9.19E-08	-12.736	-9.19
C15 215-i	673.2	-5.55E+06	2.10E+05	1.95E+11	-1.26E-04	-9.15E-08	-12.597	-9.146

10.4. AZIONE SISMICA

Coordinate del sito: 45.41884158, 11.07967043

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 47 di 198</p>



Vita nominale:
 $V_N = 100$ anni

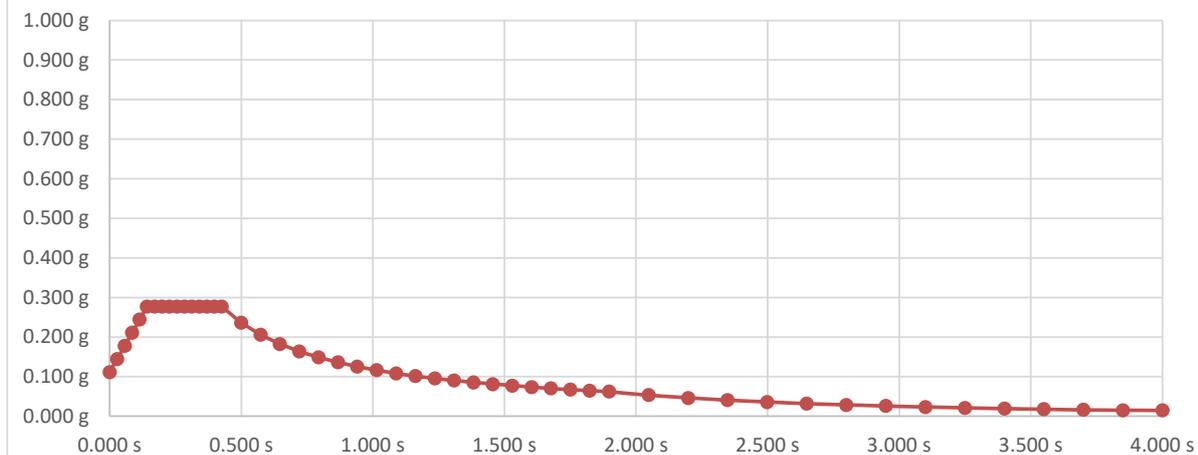
Classe d'uso:
 III - Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Categoria del sottosuolo:
 C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

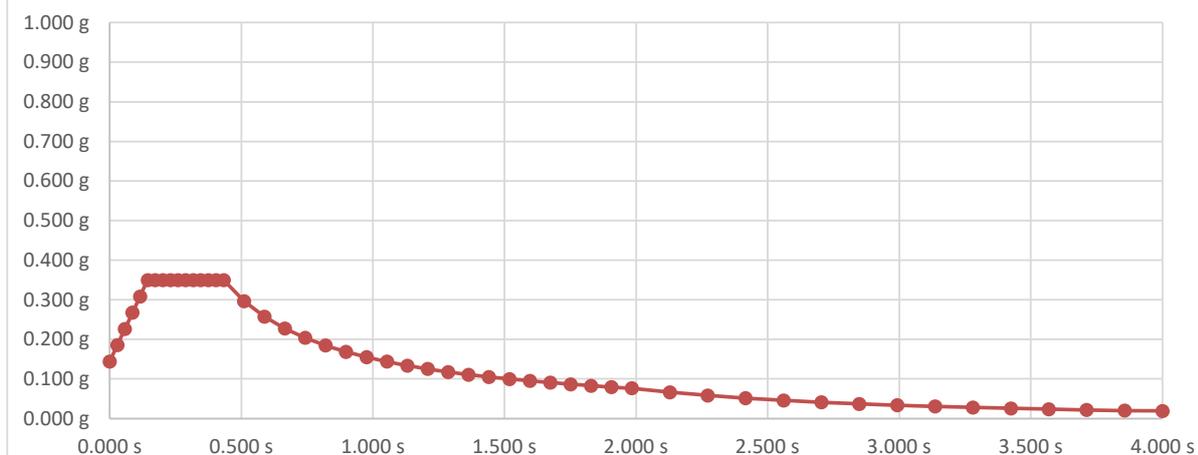
Categoria topografica:
 T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

	P_{VR}	P_{VR}	a_g	F_0	T^*c
SLO	81%	90 anni	0,729	2,487	0,260
SLD	63%	151 anni	0,942	2,428	0,266
SLV	10%	1424 anni	2,240	2,445	0,283
SLC	5%	2475 anni	2,812	2,379	0,290

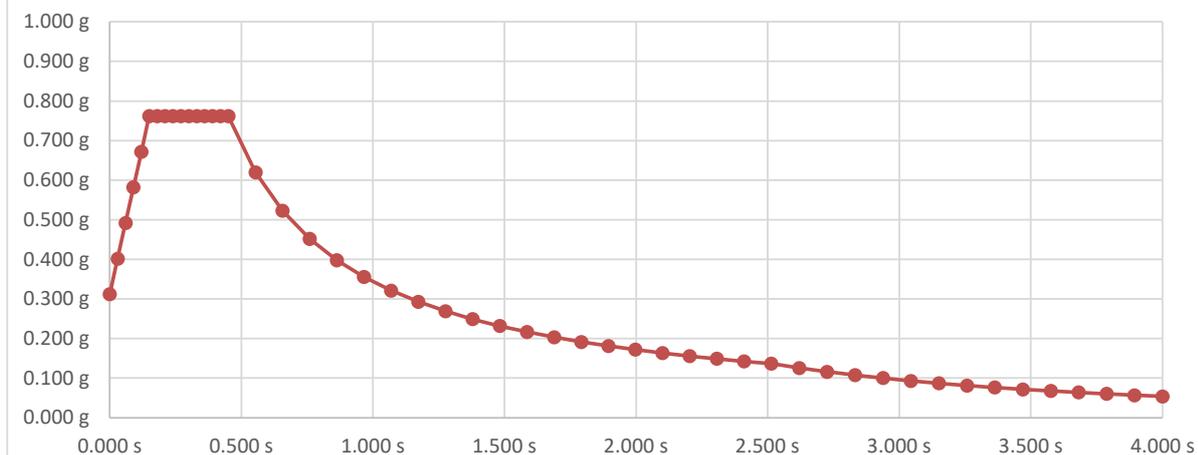
SLO - Spettro orizzontale

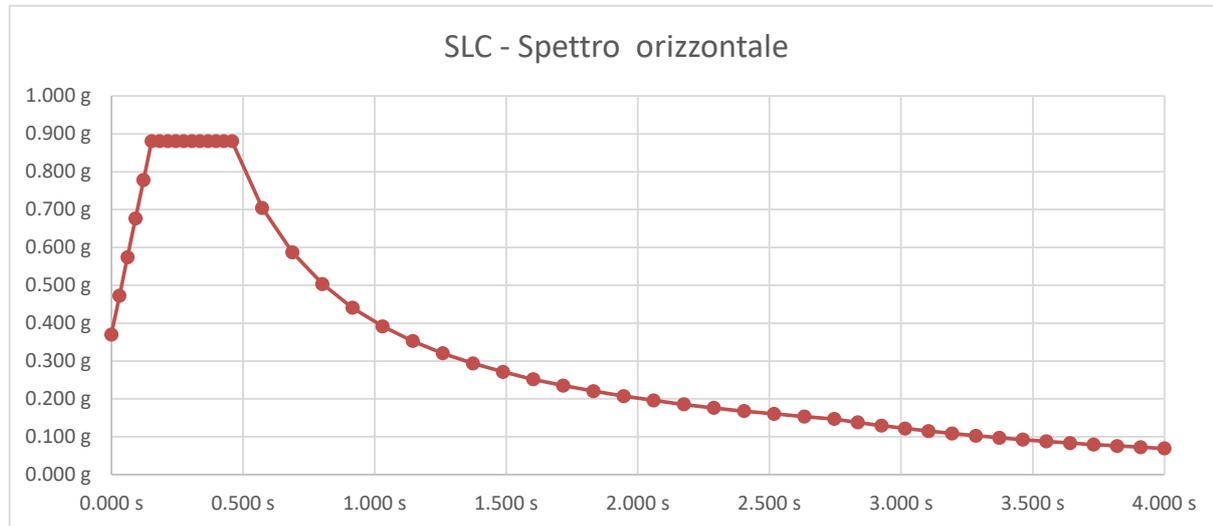


SLD - Spettro orizzontale



SLV - Spettro orizzontale





Per gli scenari SLC e SLV considerati, le analisi UBDP e LBDP svolte per ciascuno di essi e poggianti sulle variazioni limite di progetto per le caratteristiche degli appoggi precedentemente esposte, si sono determinati smorzamenti che comportano le modifiche degli spettri di progetto come di seguito presentate.

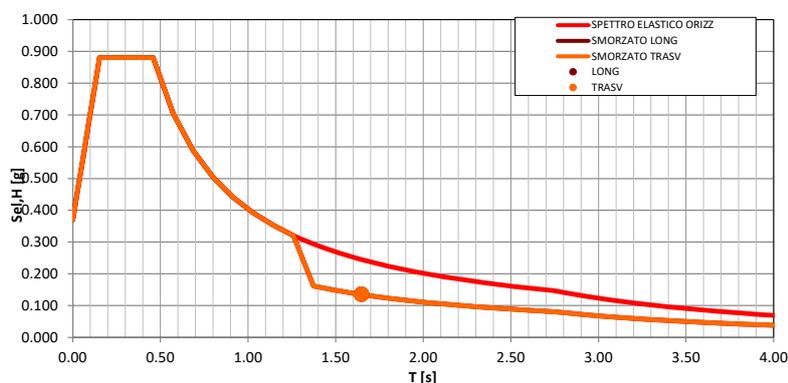
Il sistema d'isolamento è dimensionato per sopportare i carichi verticali di progetto dati dallo scenario di calcolo con sisma di progetto SLC e soddisfa alle verifiche di ricentraggio del sistema a conclusione del medesimo episodio sismico.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 50 di 198

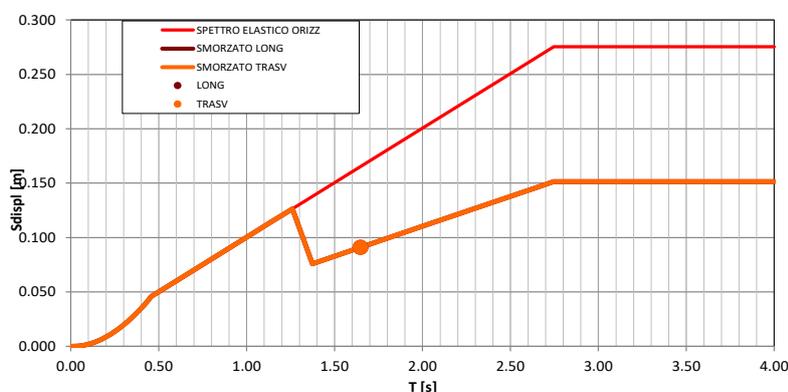
10.4.1. Analisi UBDP – Spettro sismico di progetto SLC

Nei grafici sono rappresentati i punti rappresentativi, in corrispondenza del periodo di oscillazione proprio del sistema sovrastrutturale, dell'accelerazione e dello spostamento che questi subisce, in una fase di predimensionamento iterativo.

N.B.: Gli spettri per la direzione longitudinale e trasversale, così come la risposta dinamica del sistema risultano sovrapposti nei grafici perché sono i medesimi.



Spettro di progetto in accelerazione SLC



Spettro di progetto in spostamenti SLC

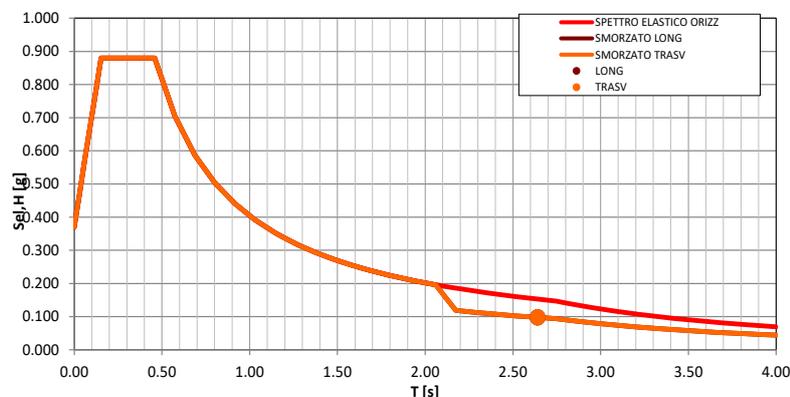
coeff. Attrito rappres. in cond sismica	μ	0.0985
raggio curvatura	R (m)	2.500
spostamento progetto	D (m)	0.091
γ_{is}		1
spost. SISMICO progetto	D (m)	0.091
Fy/P		0.135
	T_{eff} (s)	1.65

10.4.2. Analisi LBDP – Spettro sismico di progetto SLC

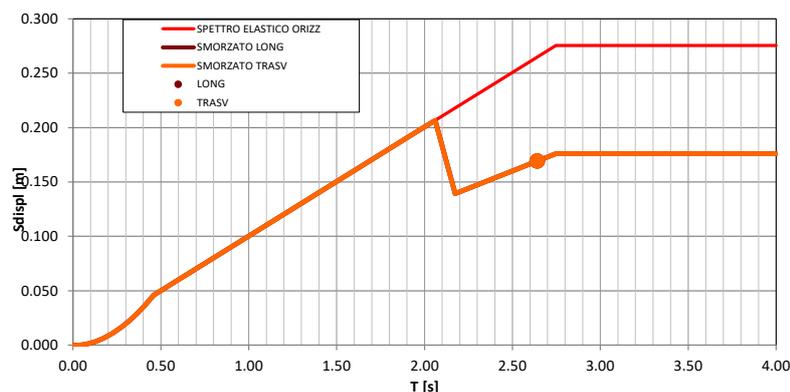
Nei grafici sono rappresentati i punti rappresentativi, in corrispondenza del periodo di oscillazione proprio del sistema sovrastrutturale, dell'accelerazione e dello spostamento che questi subisce, in una fase di predimensionamento iterativo.

N.B.: Gli spettri per la direzione longitudinale e trasversale, così come la risposta dinamica del sistema risultano sovrapposti nei grafici perché sono i medesimi.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 51 di 198



Spettro di progetto in accelerazione SLC



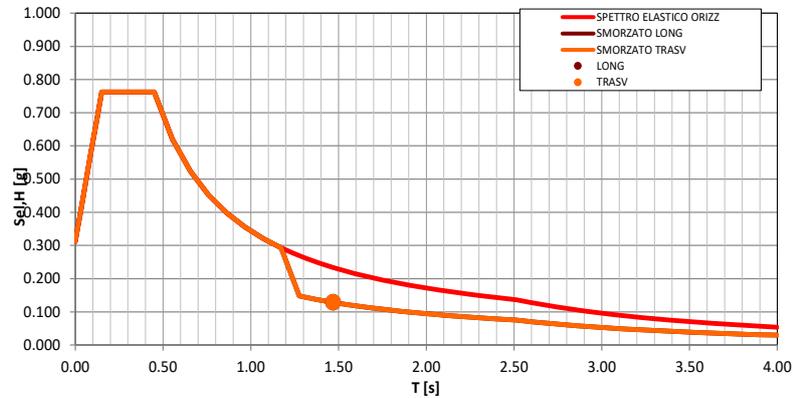
Spettro di progetto in spostamenti SLC

coeff. Attrito rappres. in cond sismica	μ	0.030
raggio curvatura	R (m)	2.500
spostamento progetto	D (m)	0.169
γ_{is}		1
spost. SISMICO progetto	D (m)	0.169
Fy/P		0.098
	T_{eff} (s)	2.64

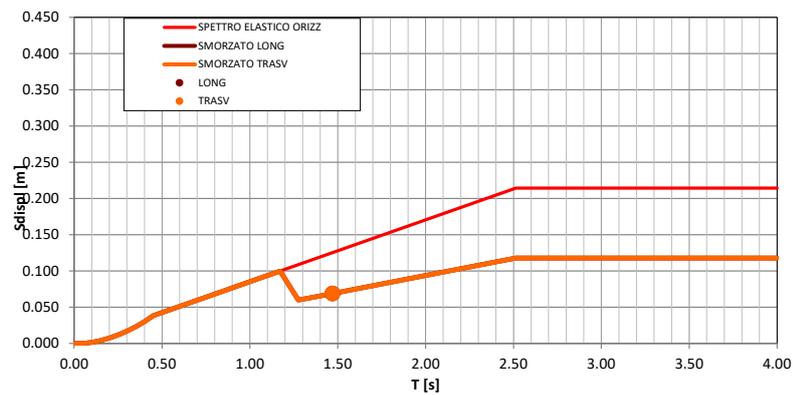
10.4.3. Analisi UBDP – Spettro sismico di progetto SLV

Nei grafici sono rappresentati i punti rappresentativi, in corrispondenza del periodo di oscillazione proprio del sistema sovrastrutturale, dell'accelerazione e dello spostamento che questi subisce.

N.B.: Gli spettri per la direzione longitudinale e trasversale, così come la risposta dinamica del sistema risultano sovrapposti nei grafici perché sono i medesimi.



Spettro di progetto in accelerazione SLV



Spettro di progetto in spostamenti SLV

coeff. Attrito medio in cond sismica	μ	0.1010
raggio curvatura	R (m)	2.500
spostamento progetto	D (m)	0.103
γ_{is}		1.5
spost. SISMICO progetto	D (m)	0.069
Fy/P		0.129
	T_{eff} (s)	1.47

Per tutte le componenti del ponte si assume un fattore di struttura pari a 1.0.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 53 di 198

10.5. AZIONI TERMICHE

Ai fini degli effetti globali è considerata la variazione termica uniforme in conformità al §3.5 del DM 17/01/2018 con il sito che ricade in zona II e a quota $a_s=50$ m s.l.m.:

Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

$$T_{\min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.1]$$

$$T_{\max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.2]$$

$$T_{\max} = 42 - 6 \cdot 50 / 1000 = 41.3^\circ\text{C}$$

$$T_{\min} = -15 - 4 \cdot 50 / 1000 = -14.8^\circ\text{C}$$

La temperatura iniziale, salvo diverse indicazioni viene assunta $T_o=15^\circ\text{C}$; risulta dunque:

$$\Delta T = +26.3 / -29.8^\circ\text{C}$$

Che viene arrotondata per eccesso in $\pm 30^\circ\text{C}$

La variazione termica uniforme è presa in considerazione nella determinazione degli effetti globali per l'impalcato (dimensionamento giunti e scorrimenti appoggi).

Per quanto riguarda invece gli effetti locali sulla struttura mista acciaio-calcestruzzo dell'impalcato, e limitatamente alle relative membrature, si considera una differenza di temperatura di $\pm 10^\circ\text{C}$ tra la soletta in calcestruzzo e la trave in acciaio.

Tale azione viene introdotta come effetto isostatico direttamente nel software "Ponti EC4", mentre i suoi effetti iperstatici sono valutati sui modelli di calcolo del ponte.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 54 di 198

10.6. AZIONE DEL VENTO

Il vento viene valutato in aderenza alle prescrizioni contenute in §3.3 del DM 17/01/2018 e la relativa circolare applicativa. La valutazione avviene su foglio di calcolo di cui si riportano le risultanze.

Vento			
Tab. 3.3.3 - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , K_s			
Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000
2	Emilia Romagna	25	750
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500
7	Liguria	28	1000
8	Provincia di Trieste	30	1500
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500



regione	Veneto		
zona		1	
velocità caratteristica del sito	$V_{b,0}$	25.00	m/s
quota di riferimento sul medio mare	a_0	1000.00	m
coefficiente correttivo della velocità	K_s	0.400	-
quota del sito sul medio mare	a_s	30.00	m
Coefficiente di altitudine	C_a	1.00	
periodo di ritorno	T_R	50.00	anni
coefficiente di ritorno	C_R	1.0	-
velocità caratteristica a 10 m dal suolo ($T_R=50$)	V_b	25.0	
velocità caratteristica a 10 m dal suolo	$V_f [T_R]$	25.0	m/s
densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
pressione cinetica di riferimento	q_b	391.20	N/m ²

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 55 di 198

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate e ghiacciate, mari, laghi, ...)

descrizione della superficie

classe di rugosità del terreno

D

Distanza dalla costa (-)

35

Classe di esposizione

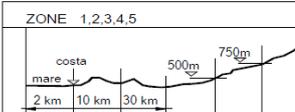
II

Altezza sul suolo del punto considerato

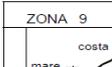
z

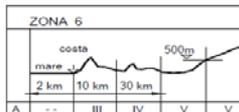
15.00

m

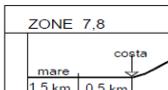
ZONE	1,2,3,4,5
	
A	-- IV IV V V V
B	-- III III IV IV IV
C	-- * III III IV IV
D	I II II II II **

* Categoria II in zona 1,2,3,4
 Categoria III in zona 5
 ** Categoria III in zona 2,3,4,5
 Categoria IV in zona 1

ZONE	9
	
A	-- I
B	-- I
C	-- I
D	I I

ZONE	6
	
A	-- III IV V V
B	-- II III IV IV
C	-- II III III IV
D	I I II II III

3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

ZONE	7,8
	
A	-- -- IV
B	-- -- IV
C	-- -- III
D	I II *

* Categoria II in zona 8
 Categoria III in zona 7

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

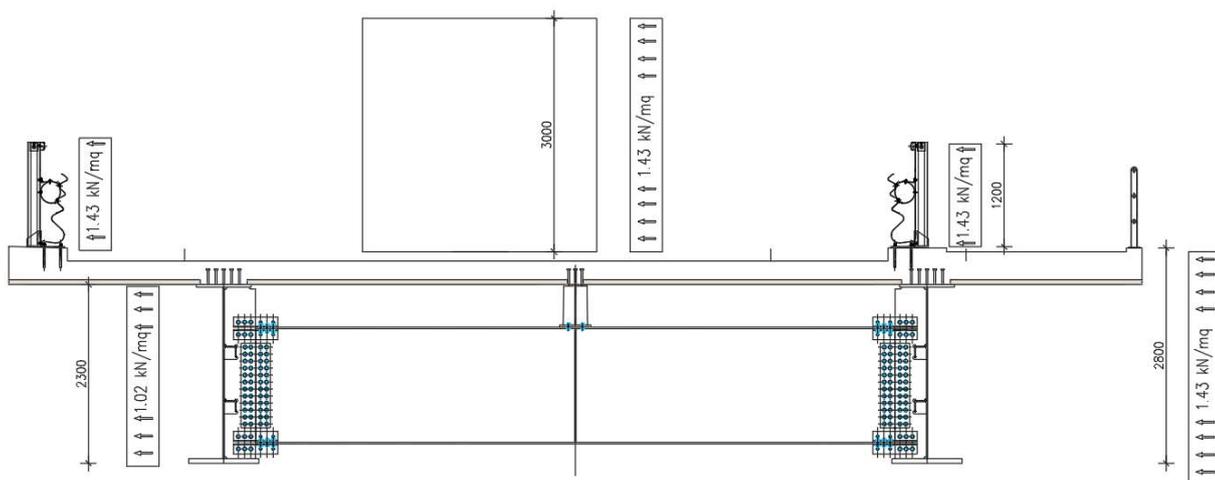
Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 56 di 198</p>

Parametri	k_R	0.19	-
	z_0	0.05	m
	z_{min}	4	m
coefficiente di topografia	C_t	1	-
coefficiente di esposizione	$C_e(z_{min})$	1.80	-
coefficiente di esposizione	$C_e(z)$	2.62	-
coefficiente dinamico	C_d	1	-
tipo di costruzione			
rapporto S_p/S	φ	1	-
coefficiente di pressione	C_p	1.4	-
distanza tra due travi successive	d	9	m
altezza delle travi	h	2.3	m
rapporto d/h	d/h	3.91	-
coefficiente di riduzione	μ	0.71	-
pressione del vento prima trave	$p(z_{min})$	0.99	kN/m²
	$p(z)$	1.43	kN/m²
pressione del vento seconda trave	$p(z_{min})$	0.70	kN/m²
	$p(z)$	1.02	kN/m²

La pressione del vento è applicata:

- Alle due travi principali di fiancata secondo quanto stabilito in §C3.3.8.6.2
- Alla superficie di riferimento del traffico pari a 3 m a partire dal piano viario
- Alle barriere laterali alte 1.2 m



$$Q_{tot} = 1.43 \times (2.8 + 1.2 + 1.2 + 3) + 1.02 \times 2.3 = 14.072 \text{ kN/m}$$

Saranno applicati al modello anche i momenti torcenti generati dalle varie componenti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 57 di 198

10.7. CEDIMENTI DIFFERENZIALI IN FONDAZIONE

Data la natura delle fondazioni, sono attesi spostamenti verticali omogenei fra loro e comunque molto contenuti. Il cedimento differenziale, che potrebbe essere al massimo di qualche millimetro, è sostanzialmente trascurabile per la struttura di impalcato in oggetto in ragione della sua rigidità verticale: ad esempio un cedimento differenziale di pochi mm della pila intermedia rispetto alle altre sottostrutture genera sollecitazioni sull'impalcato trascurabili.

10.8. ATTRITO DEGLI APPOGGI

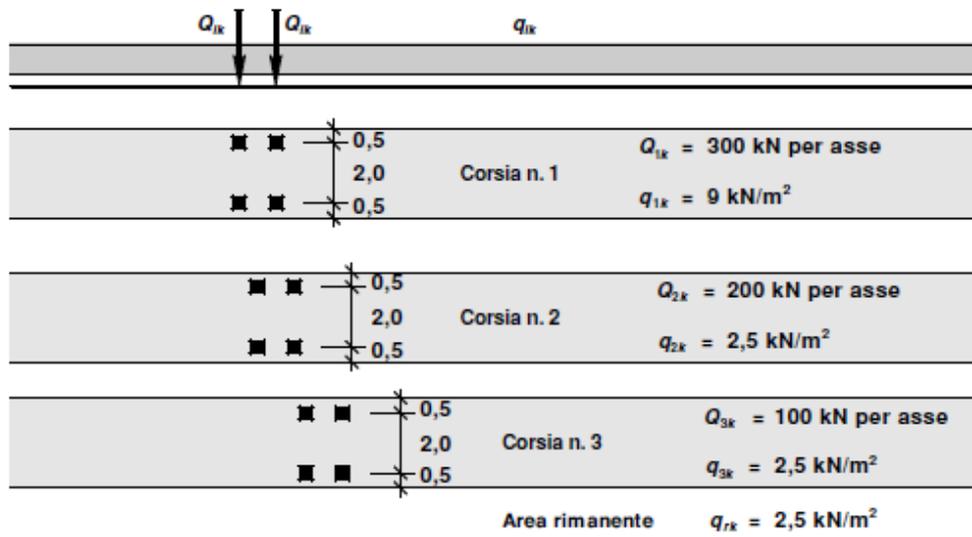
Le forze orizzontali parassite che si generano agli appoggi calcolate a partire da un valore nominale per l'attrito pari al 3% del carico in situazione quasi permanente ovvero $F_{\text{parassita appoggio}} = 3\% \times N (G1+G2)$, corretto poi da fattori dipendenti dall'effettiva pressione esercitata internamente tra i componenti degli apparecchi d'appoggio e isolamento (rif § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

10.9. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO

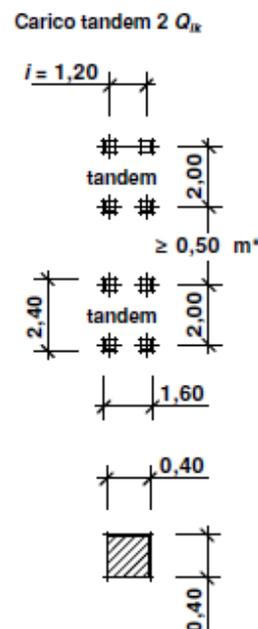
Sono definite dai seguenti schemi di carico comprensivi degli effetti dinamici.

10.9.1. Schema di carico 1

- Carichi Q_{ik} concentrati su due assi in tandem su impronta quadrata di pneumatico con lato $l = 0,40$ m e carichi ripartiti uniformi, per ponti di 1a categoria. Questo schema è utilizzato per verifiche globali e locali.



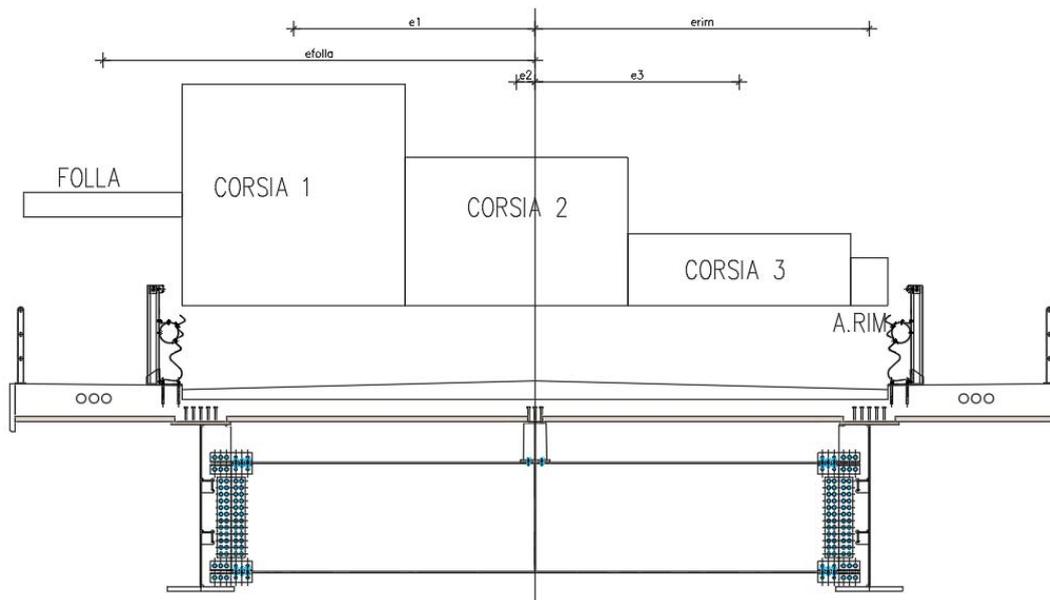
Schema di carico 1 (dimensioni in [m])



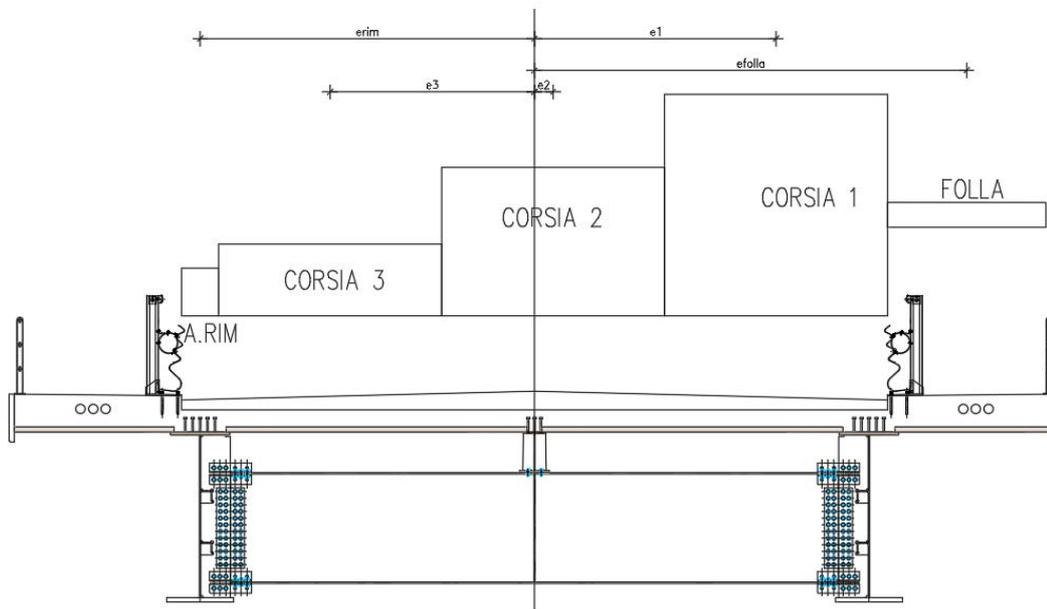
* per $w_1 \leq 2,90$ m

A seconda della verifica da eseguire i carichi mobili verranno collocati nella posizione che massimizza o minimizza i parametri della sollecitazione sull'elemento o sezione di interesse. Vengono infatti analizzate le configurazioni trasversali dei carichi di cui alla figura seguente, al fine di massimizzare gli effetti taglianti e flettenti complessivi sulla trave di interno curva (configurazione 1), sulla trave di esterno curva (configurazione 2) e sui traversi e rompitratta (configurazione 3)

CONFIGURAZIONE 1: MASSIMI EFFETTI SU TRAVE DI INTERNO CURVA

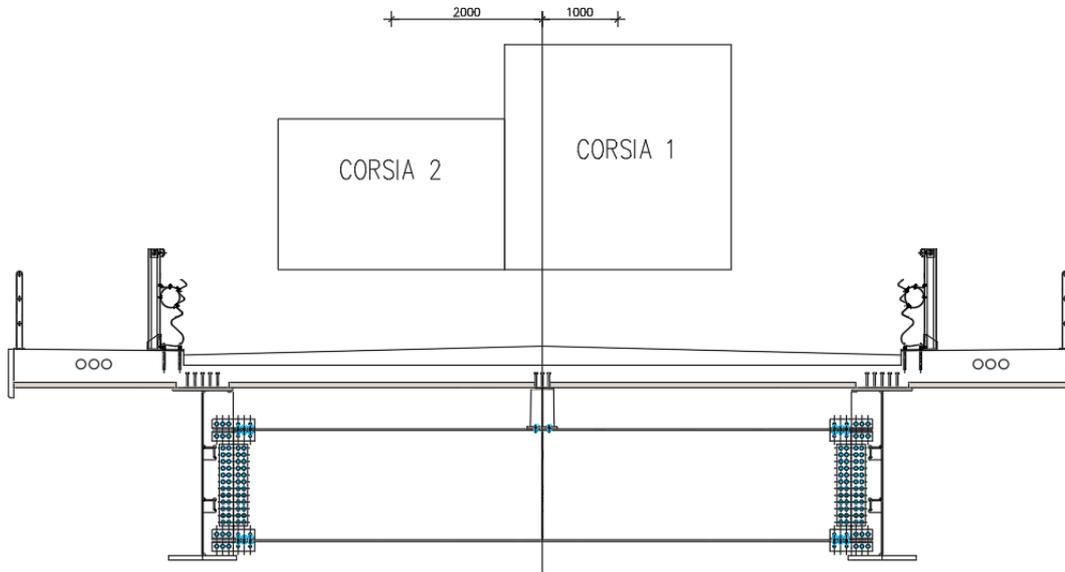


CONFIGURAZIONE 2: MASSIMI EFFETTI SU TRAVE DI ESTERNO CURVA



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 59 di 198</p>

CONFIGURAZIONE 3: MASSIMI EFFETTI SULLA TRAVE ROMPITRATTA

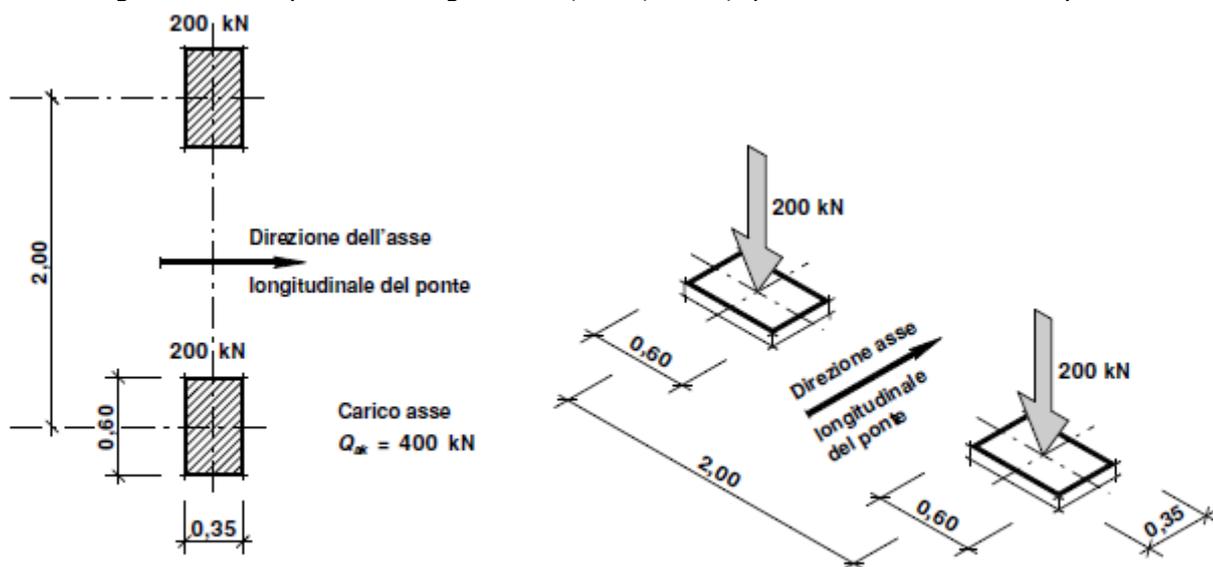


Le posizioni delle colonne di carico in senso trasversale (e1, e2 ecc...) sono variabili lungo l'impalcato in ragione della larghezza variabile dello stesso.

Per l'individuazione delle posizioni longitudinali dei carichi mobili per mezzo dello studio della linea di influenza si usa direttamente il solutore di Midas Civil impiegato per analizzare l'impalcato che opera spostando i carichi mobili con continuità lungo lo sviluppo del ponte. Nel modello la posizione delle linee di carico viene agganciata al filo esterno della soletta e quindi la posizione variabile rispetto alle travi viene valutata automaticamente.

10.9.2. Schema di carico 2

- Un solo asse con peso complessivo $Q_k = 400$ kN, disposto in asse alla corsia; il carico Q_k di ogni pneumatico grava su un'impronta rettangolare di $0,60 \times 0,35$ m²; questo schema è utilizzato per verifiche locali.

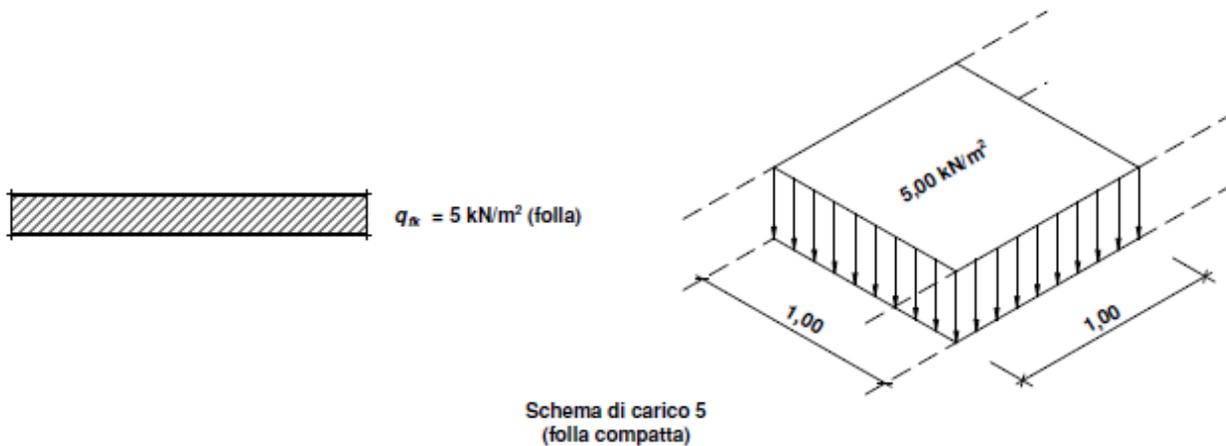


Schema di carico 2
(dimensioni in [m])

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 60 di 198

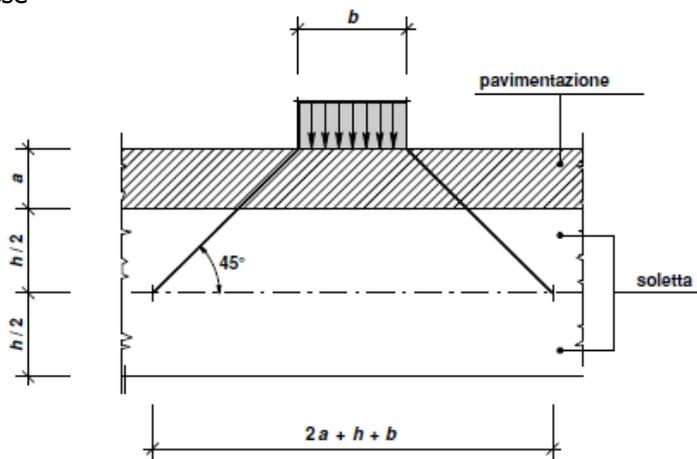
10.9.3. Schema di carico 5

- Schema di carico 5 (fig. 6): folla compatta considerata come carico ripartito uniforme con intensità nominale $q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$, compresi gli effetti dinamici, e con valore di combinazione $q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$.



10.9.4. Diffusione dei carichi

I carichi concentrati si considerano uniformemente ripartiti sulla relativa impronta con una diffusione a 45° fino al piano medio della soletta; nel caso di elementi monodimensionali il carico si diffonde solo nel senso del suo asse



10.9.5. Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q_3

Si considera uniformemente distribuita sulla lunghezza L della zona caricata e dipende dal carico verticale che grava sulla corsia convenzionale n. 1.

Agisce a livello della pavimentazione e lungo l'asse della corsia con intensità fornita da (ponti di 1a categoria):

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

dove:

w_l = larghezza della corsia

$$F \text{ fren. corsia 1} = 0,6 \times 2 \times 300 + 0,1 \times 9 \times 3 \times (168) = 813.6 \text{ kN}$$

10.9.6. Urti su barriere e parapetti

I parapetti sono calcolati in base ad un'azione orizzontale di 1.50 kN/m applicata al corrimano.

Per gli urti dei veicoli transitanti si tiene conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN distribuita su una lunghezza di 0.50 m .

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 61 di 198

Essa rappresenta l'effetto dell'impatto da trasmettere ai vincoli e deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1.0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo.

Per il dimensionamento dell'impalcato, le forze orizzontali così determinate sono amplificate di un fattore pari a 1.50.

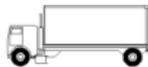
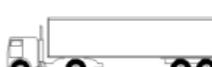
Il coefficiente parziale di sicurezza per la combinazione di carico agli SLU per l'urto di veicolo in svio è assunto unitario.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 62 di 198

10.10. CARICHI DA TRAFFICO DI FATICA

Sono condotte verifiche per vita illimitata e con riferimento a strutture sensibili alla rottura per fatica. Le verifiche sono condotte, per dettagli caratterizzati da limite di fatica ad ampiezza costante, controllando che il massimo delta di tensione indotto nel dettaglio stesso dallo spettro di carico significativo risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso.

Ai fini del calcolo del delta massimo tensionale è impiegato il modello di carico di fatica 2 considerando il veicolo più impattante fra quelli di cui alla tabella seguente. In questo caso il carico dimensionante è quello costituito da 5 assi con peso totale pari a 630 kN (quello centrale nella figura seguente):

Sagoma del veicolo	Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
	4,50	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120	A B C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

Per semplicità il calcolo a fatica sul rompi-tratta condotto su modello separato viene condotto con riferimento allo schema 1.

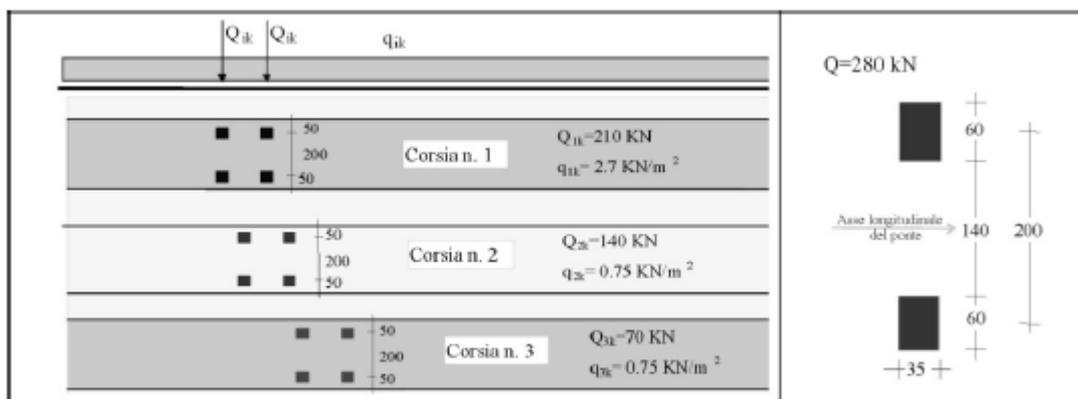


Fig. 5.1.4 - Modello di carico di fatica 1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 63 di 198

10.11. CARICHI SULLE SOTTOSTRUTTURE

10.11.1. Peso proprio del calcestruzzo armato

I pesi propri delle strutture in c.a. sono calcolati automaticamente dai programmi di calcolo FEM attraverso la densità $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$.

10.11.2. Sovraccarico del terreno

La pressione verticale del terreno è calcolata attraverso una densità del suolo $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$. Considerando l'altezza della spalla presa in considerazione (pari ad un valore medio di 3.30 m), essa risulta pari a $3.30 \times 20 = 66 \text{ kPa}$. A favore della sicurezza, tale valore è stato arrotondato a 70 kPa.

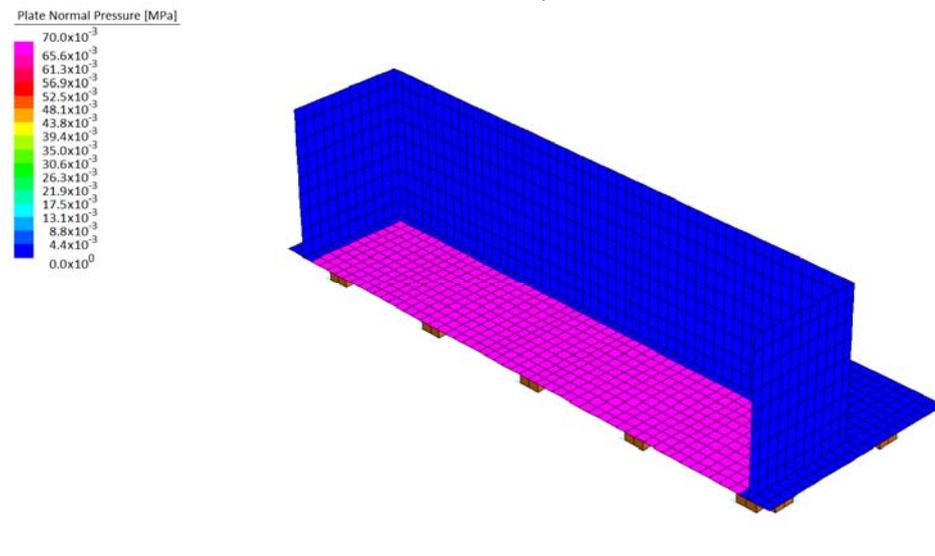


Figura 10.1 : Sovraccarico del terreno applicato al modello FEM delle spalle

Per quanto riguarda le pile P1-P2-P3, è stato considerato un ricoprimento medio di 50 cm e quindi un sovraccarico permanente di 10 kPa. Per la pila P4 è stato invece considerato un ricoprimento di 1.50 m e quindi un sovraccarico di 30 kPa.

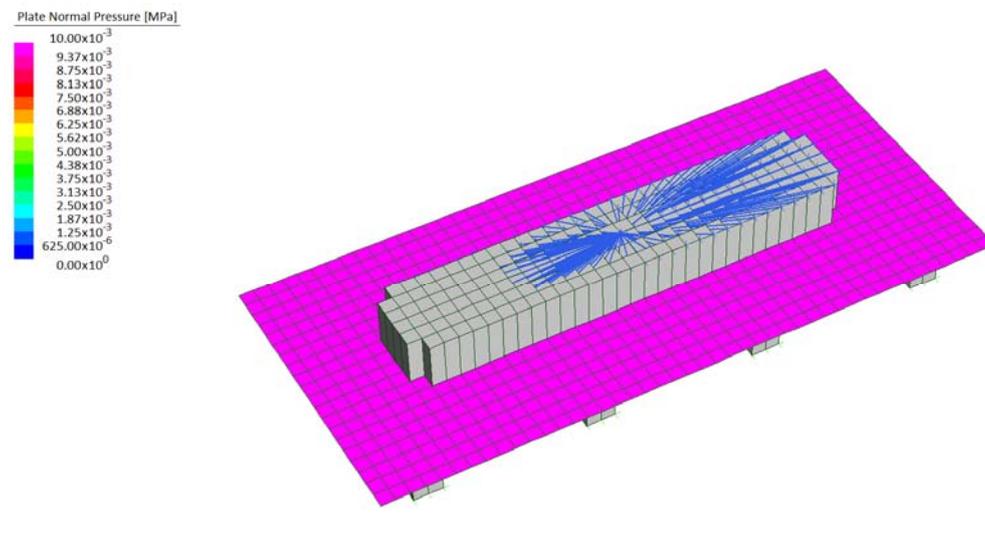


Figura 10.2 : Sovraccarico del terreno applicato al modello FEM delle pile P1-P2-P3

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 64 di 198</p>

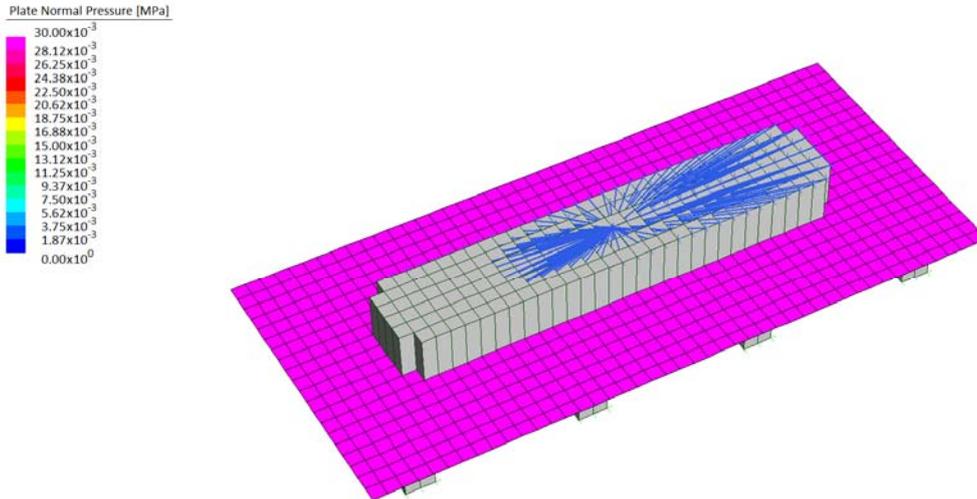


Figura 10.3 : Sovraccarico del terreno applicato al modello FEM della pila P4

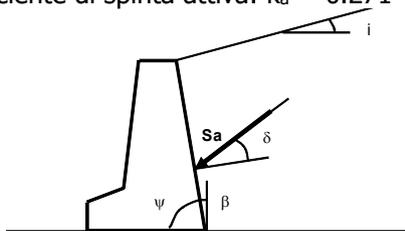
10.11.3. Spinte del terreno

Per quanto riguarda il regime delle spinte dei terreni e dei sovraccarichi si considera:
 $\phi' = 35^\circ$, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ (terreno del rilevato di opportune caratteristiche meccaniche)

10.11.3.1. Spinta statica

Coefficiente di spinta a riposo: $k_0 = 0.426$

Coefficiente di spinta attiva: $k_a = 0.271$



$$\text{per } i \leq \phi' - \theta \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi' + \delta) \text{sen}(\phi' - i - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + i)}} \right]^2}$$

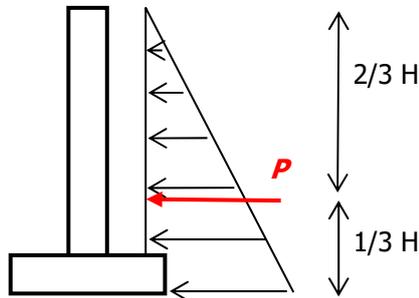
$$\text{per } i > \phi' - \theta \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi' - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \phi' \text{sen}(\phi' + i - \theta)}{\text{sen}(\psi + i) \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

$$P_{stat} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K$$

La risultante è applicata a 1/3 dell'altezza, come indicato schematicamente nella seguente figura:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 65 di 198</p>



Cautelativamente, in condizioni statiche, è stato adottato come coefficiente di spinta il valore a riposo. Essendo esso considerato a livello di combinazioni di carico, nel modello numerico è stata applicata una distribuzione pari a quella delle pressioni verticali.

Oltre alle spinte sulle elevazioni, è stata considerata anche la risultante degli sforzi sullo spessore della platea di fondazione di spessore 1.60 m, anch'essa valutata a meno del coefficiente di spinta a riposo, considerato a livello di coefficienti di combinazione. Vale quindi :

$$P_{\text{fond}} = [20 \times 3.30 + 20 \times (3.30 + 1.60)] \times 1.60 / 2 = 131 \text{ kN/m}$$

Essendo tale carico applicato al modello numerico come pressione di bordo su elementi di spessore 1.60 m, è stata considerata una pressione di $131 / 1.60 = 82 \text{ kPa}$.

Plate Normal Pressure [MPa]

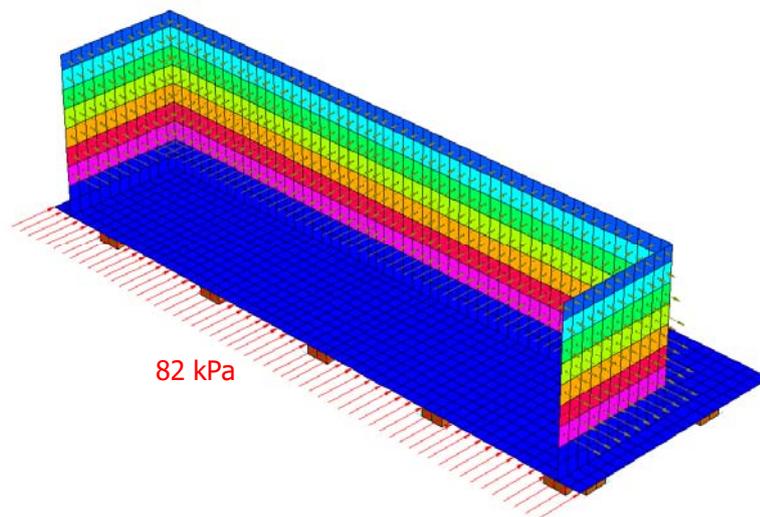
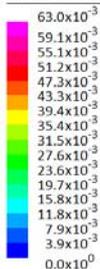


Figura 10.4 : Spinta delle terre applicata al modello FEM delle spalle

10.11.3.2. Spinta sismica

Come indicato nelle NTC 2008, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono espressi:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{\text{max}} / g, \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h, \quad a_{\text{max}} = S \cdot a_g$$

$$\beta_m = 1.$$

Nel caso in esame, vale:

$$k_h = 0.32$$

$$k_v = \pm 0.16$$

Il calcolo delle forze dovute alle spinte attive del terreno sulle strutture verticali della spalla segue il metodo Mononobe-Okabe.

La spinta attiva totale (statica + dinamica) è pari a:

$$P_{\text{ad}} = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) K_{\text{ad}} H^2$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 66 di 198

dove:

- H è l'altezza del terreno dietro il muro;
- γ è il peso specifico del terreno;
- K_{ad} è il coefficiente di spinta (statica e dinamica) del terreno.

Il coefficiente di spinta attiva è dato dalla formula:

$$\beta \leq \phi'_d - \theta$$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \frac{\sin(\phi'_d - \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)} \right]^2}$$

$$\beta > \phi'_d - \theta$$

$$K = \frac{\sin(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

ψ, β sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale rispettivamente della parete a monte e della superficie del terreno, con il primo assunto pari a 90° ed il secondo nullo;

δ_d è l'angolo di resistenza al taglio tra il terreno e il muro, assunto pari a $2/3 \times \phi'_d = 2/3 \times 35 = 23^\circ$;

ϕ'_d è l'angolo di resistenza del terreno, pari a 35° ;

$$\tan\theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Vale quindi :

$$\theta^{(+)} = \text{atan}[k_h/(1+k_v)] = \text{atan}[0.32/(1+0.16)] = 15.42^\circ \text{ (sisma verso il basso)}$$

$$\theta^{(-)} = \text{atan}[k_h/(1-k_v)] = \text{atan}[0.32/(1-0.16)] = 20.85^\circ \text{ (sisma verso l'alto)}$$

Nelle tabelle seguenti sono sintetizzati i passaggi per la determinazione del coefficiente di spinta secondo la teoria di Mononobe-Okabe nel caso di sisma verso il basso oppure verso l'alto.

$\theta^{(+)} - \text{sisma verso il basso}$		$\theta^{(-)} - \text{sisma verso l'alto}$	
$\sin^2(\Psi + \phi - \theta) =$	0.8877	$\sin^2(\Psi + \phi - \theta) =$	0.9403
$\cos(\theta) =$	0.9640	$\cos(\theta) =$	0.9345
$\sin^2(\Psi) =$	1.0000	$\sin^2(\Psi) =$	1.0000
$\sin(\Psi - \delta - \theta) =$	0.7798	$\sin(\Psi - \delta - \theta) =$	0.7171
$\sin(\phi + \delta) =$	0.8511	$\sin(\phi + \delta) =$	0.8511
$\sin(\phi - \beta - \theta) =$	0.3351	$\sin(\phi - \beta - \theta) =$	0.2444
$\sin(\Psi + \beta) =$	1.0000	$\sin(\Psi + \beta) =$	1.0000
${}^{(+)}K_{AE} =$	0.4586	${}^{(-)}K_{AE} =$	0.5928

Il valore ottenuto di K_{AE} corrisponde con quello definito in precedenza come K_{ad} . Per ottenere i coefficienti di spinta risultanti si ha quindi:

- Sisma verso il basso : ${}^{(+)}K_{AE} \times (1+k_v) = 0.4586 \times (1+0.16) = 0.5320$
- Sisma verso l'alto : ${}^{(-)}K_{AE} \times (1-k_v) = 0.5928 \times (1-0.16) = 0.4980$

Si considera quindi il coefficiente di spinta associato al sisma verso il basso.

La spinta totale (statica + sismica) sul muro frontale (riferita ad un'altezza totale pari a $3.30+1.60 = 4.90$ m), risulta pari a :

$$P_{ad} = 0.5 \times 20 \times 0.5320 \times (3.30+1.60)^2 = 128 \text{ kN/m}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 67 di 198

La spinta statica (attiva) vale :

$$P_s = 0.5 \times 20 \times 0.271 \times (3.30 + 1.60)^2 = 65 \text{ kN/m}$$

L'incremento di spinta sismica vale quindi :

$$P_d = 128 - 65 = 63 \text{ kN/m}$$

La spinta statica attiva è stata considerata con una distribuzione triangolare (quindi con risultante ad altezza pari a un terzo dell'altezza del paramento verticale), adottando la medesima condizione di carico riportata per il caso statico ma utilizzando come coefficiente di combinazione il relativo valore di coefficiente di spinta attiva (0.271).

L'incremento di spinta sismica è stato invece considerato come carico uniformemente distribuito in modo tale da assumere che, cautelativamente, la risultante sia applicata a metà altezza. Esso vale :

$$p_d = P_d / H = 63 / (3.30 + 1.60) = 12.86 \text{ kPa}$$

La spinta totale (statica + sismica) sui muri laterali (riferita ad un'altezza pari a 3.30 m), risulta pari a :

$$P_{ad} = 0.5 \times 20 \times 0.5320 \times 3.30^2 = 58 \text{ kN/m}$$

La spinta statica (attiva) vale :

$$P_s = 0.5 \times 20 \times 0.271 \times 3.30^2 = 30 \text{ kN/m}$$

L'incremento di spinta sismica vale quindi :

$$P_d = 58 - 30 = 28 \text{ kN/m}$$

La spinta statica attiva è stata considerata con una distribuzione triangolare (quindi con risultante ad altezza pari a un terzo dell'altezza del paramento verticale), adottando la medesima condizione di carico riportata per il caso statico ma utilizzando come coefficiente di combinazione il relativo valore di coefficiente di spinta attiva (0.271).

L'incremento di spinta sismica è stato invece considerato come carico uniformemente distribuito in modo tale da assumere che, cautelativamente, la risultante sia applicata a metà altezza. Esso vale :

$$p_d = P_d / H = 28 / 3.30 = 8.48 \text{ kPa}$$

Plate Normal Pressure [MPa]

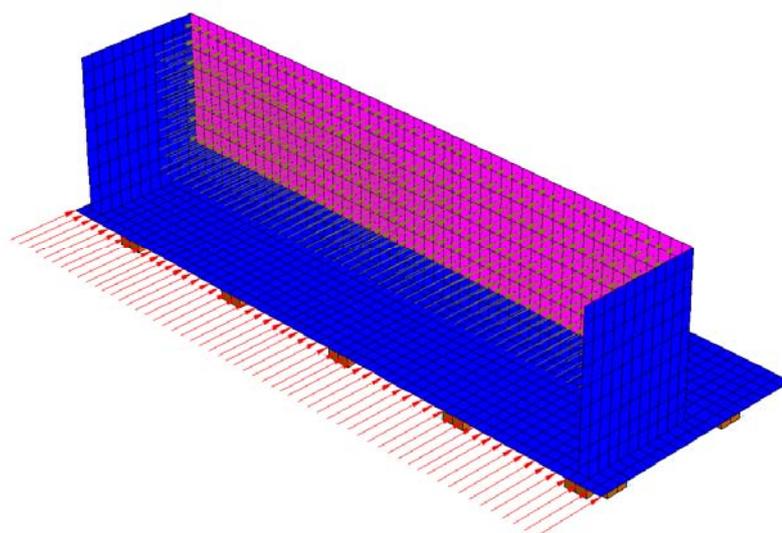
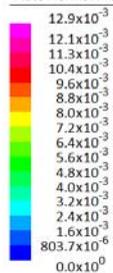


Figura 10.5 : Sovrappinta sismica applicata come carico uniformemente distribuito – Direzione +X

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 68 di 198</p>

Plate Normal Pressure [MPa]

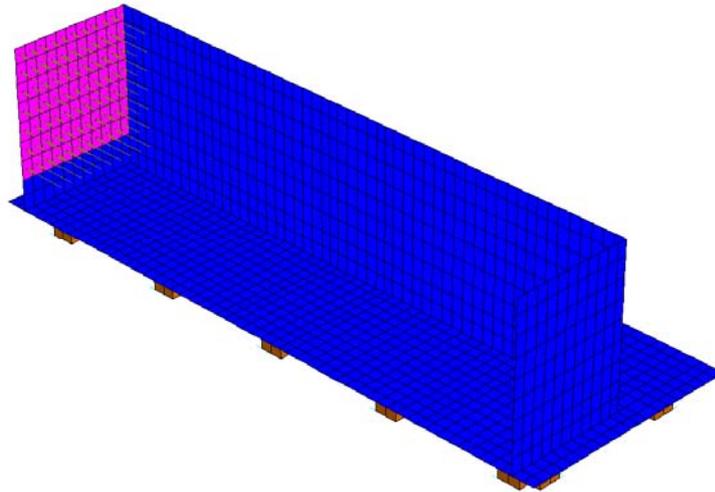
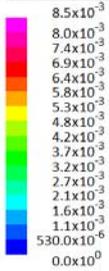


Figura 10.6 : Sovrappinta sismica applicata come carico uniformemente distribuito – Direzione +Y

Plate Normal Pressure [MPa]

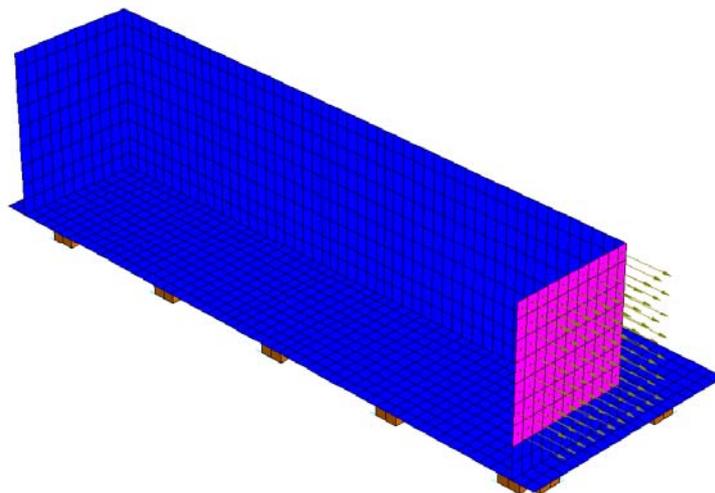
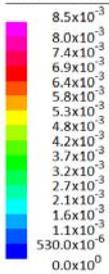


Figura 10.7 : Sovrappinta sismica applicata come carico uniformemente distribuito – Direzione -Y

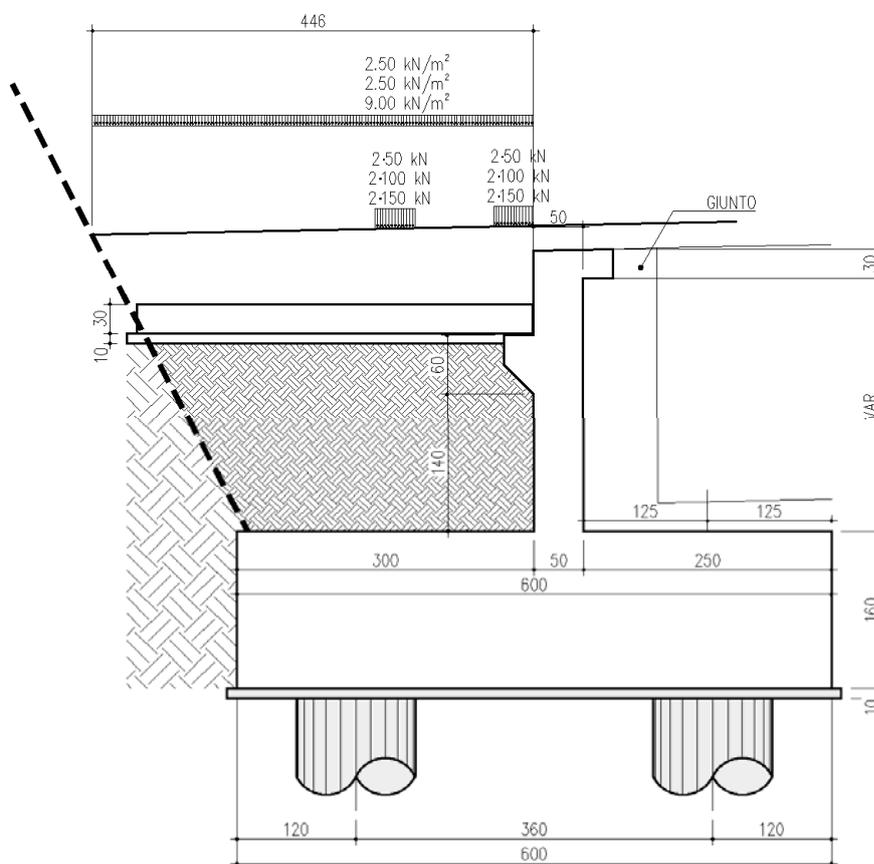
Si osservi che, come mostrato al §14.1.3.3, in condizioni rare in esercizio, lo spostamento in testa dei pali è risultato di 8.5 mm. Tale spostamento, associato ad una traslazione rigida del complesso muro+fondazione dello stesso valore, è sufficiente per la mobilitazione della spinta attiva secondo le indicazioni riportate in EC7-1 §C.3 (Tabella C.1). Infatti, lo spostamento minimo necessario, assumendo cautelativamente il massimo valore indicato, risulta pari ad $h/1000$. Adottando come altezza 4.90 m (somma dell'altezza media della spalla S2 e del relativo plinto di fondazione), si ottiene uno spostamento di 4.90 mm. Tenuto poi conto che in sismica le azioni e quindi gli spostamenti sono ulteriormente maggiori, si ritiene valida l'assunzione fatta di considerare un regime di spinta attiva in condizioni sismiche.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 69 di 198

10.11.4. Sovraccarico accidentale e spinta del sovraccarico sul terreno

E' considerato un sovraccarico uniformemente distribuito « q » sul terreno a tergo delle spalle ($q=25$ kPa). La pressione esercitata sulle spalle dal sovraccarico è, secondo la teoria di Rankine, costante con la profondità ed ha un valore di: $\sigma_q = K \times q$, con K = coefficiente di spinta. Il diagramma è rettangolare.

Il valore di pressione uniforme adottato, pari a 25 kPa, deriva dal considerare i carichi stradali applicati superiormente alla zona del terreno convolta nella spinta attiva determinata a partire dalla base del muro, con angolo $\alpha=45-\phi'/2$, tenendo conto dell'effetto ripartitore svolto dalla soletta di transizione.



Sono stati quindi considerati tutti i carichi gravanti su tale cuneo divisi per la superficie superiore. Per il caso in esame, la condizione maggiormente restrittiva è quella presentata nella figura precedente, associata alla spalla S1. Infatti, avendo essa una larghezza minore, determina un'area di diffusione minore e quindi una pressione maggiore. Più nel dettaglio, si ha :

- Larghezza carreggiata $b_{carreggiata} = 9.90$ m ;
- Lunghezza cuneo di spinta $l_{sup} = 4.46$ m (si veda figura precedente) ;
- Larghezza della spalla minima $b_{spalla} = 13.40$ m ;

Sulla larghezza della carreggiata pari a 9.90 m è possibile determinare il carico totale agente associato ai carichi da traffico uniformi da considerare applicato poi su una larghezza pari a quella della spalla (13.40 m):

$$q_{distr,medio} = [9 \times 3 + 2.5 \times (9.9 - 3)] / 13.40 = 3.30 \text{ kPa}$$

Per quanto riguarda i carichi da traffico concentrati, il loro valore totale è pari a 1200 kN. Essi vengono diffusi sull'impronta associata al cuneo di spinta attiva, di dimensioni 13.40 m x 4.46 m :

$$q_{conc,medio} = 1200 / (13.40 \times 4.46) = 20.08 \text{ kPa}$$

Il totale vale quindi :

$$q_{uniforme,equivalente} = 3.30 + 20.08 = 23.38 \text{ kPa}$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 70 di 198</p>

Di conseguenza, nel modello numerico, è stato considerato un carico uniformemente distribuito pari a 25 kPa. Nelle figure seguenti è possibile ritrovare tale carico applicato al modello FEM delle spalle. Si osservi che, per quanto riguarda la sovraspinta orizzontale, il coefficiente di spinta è stato considerato a livello di combinazioni di carico. Per questo motivo è stato applicato al modello numerico lo stesso carico verticale 'q'.

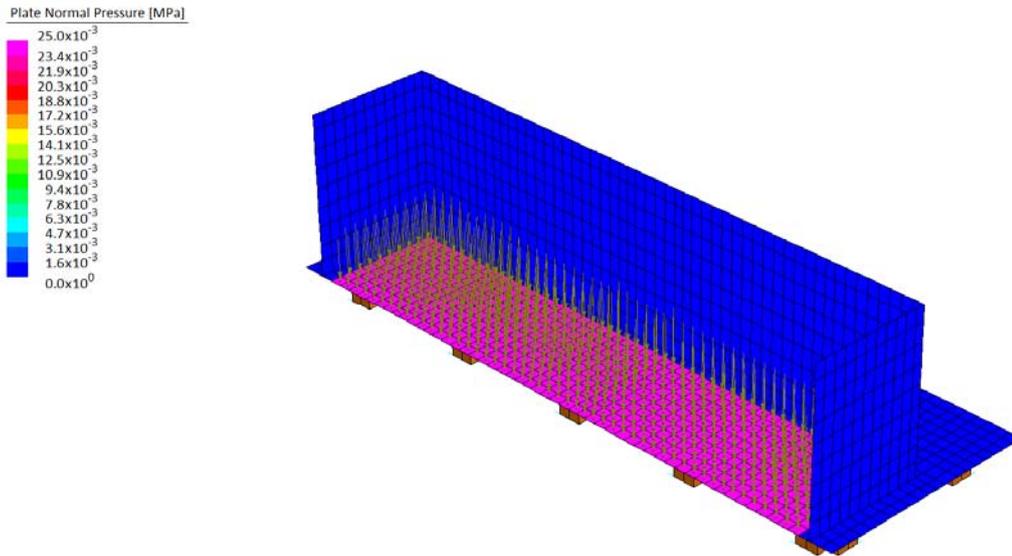


Figura 10.8 : Sovraccarico accidentale verticale applicato alla fondazione della spalla

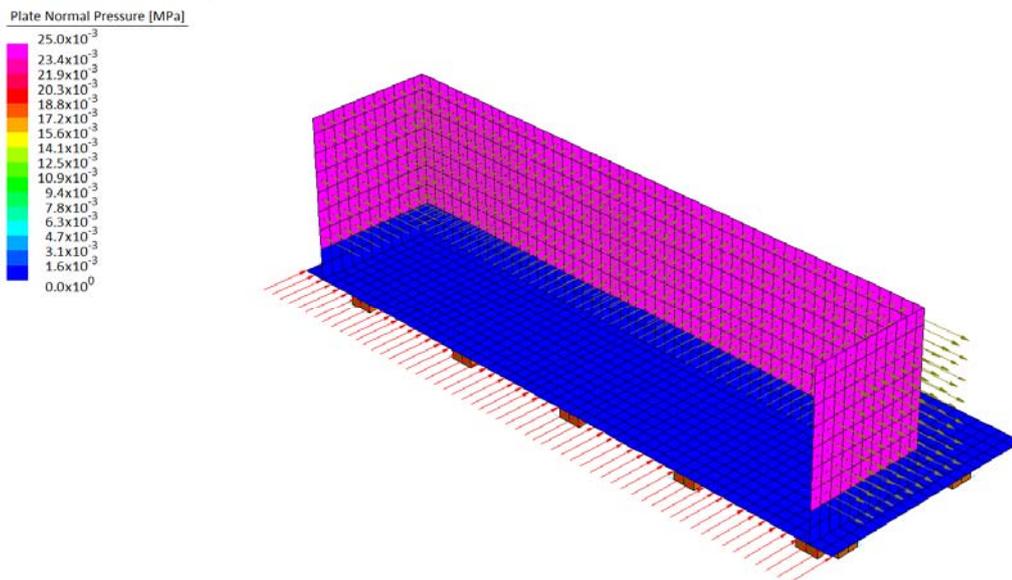


Figura 10.9 : Sovraccarico accidentale orizzontale applicato alle elevazioni della spalla

Tale carico risulta di rilievo unicamente per le spalle mentre per le pile non è stato considerato.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 71 di 198

10.11.5. Vento

Per quanto riguarda gli effetti del vento sulle sottostrutture, essi sono stati tenuti in conto unicamente sulle pile. Sulle spalle infatti determinano sollecitazioni al più favorevoli, che possono quindi essere trascurate.

Coerentemente con quanto riportato al §**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la pressione di picco del vento considerata è pari a 1.022 kPa.

Le relative azioni sono state determinate facendo riferimento alle istruzioni CNR-DT 207 §3.3.4(1) valutando i coefficienti di forza secondo §G.10.3. In particolare, le pile sono state cautelativamente assunte di sezione rettangolare che involuppa la loro forma effettiva squadrata ai bordi; inoltre sono state considerate come riferimento del calcolo le due sezioni estreme: quella di base (9.60 m × 1.50 m) e quella di sommità (13.10 m × 2.50 m). Infine è stata trascurata qualsiasi riduzione dovuta agli effetti di bordo.

Nel caso di vento agente in direzione trasversale, per la sezione di base, vale:

$$d = 9.60 \text{ m}$$

$$b = 1.50 \text{ m}$$

$$d/b = 9.60/1.50 = 6.40$$

$$c_{fx0} = -0.33 \times \log(d/b) + 1.23 = -0.33 \times \log(6.40) + 1.23 = 0.96$$

Nel caso di vento agente in direzione trasversale, per la sezione di sommità, vale:

$$d = 13.10 \text{ m}$$

$$b = 2.50 \text{ m}$$

$$d/b = 13.10/2.50 = 5.24$$

$$c_{fx0} = -0.33 \times \log(d/b) + 1.23 = -0.33 \times \log(5.24) + 1.23 = 0.99$$

Di conseguenza, per il vento agente trasversalmente, è stato assunto un coefficiente di forza unitaria e quindi una pressione del vento di 1.022 kPa applicata sull'area investita, pari a 10.60 m². In questo modo, tenendo conto inoltre che la pila ha altezza pari a 5.80 m, le sollecitazioni di taglio e relativo momento flettente valgono rispettivamente:

$$V = 1.022 \times 10.60 = 11 \text{ kN}$$

$$M = 11 \times 5.80/2 = 32 \text{ kNm}$$

Nel caso di vento agente in direzione longitudinale, per la sezione di base, vale:

$$d = 1.50 \text{ m}$$

$$b = 9.60 \text{ m}$$

$$d/b = 1.50/9.60 = 0.16$$

$$c_{fx0} = 2.00$$

Nel caso di vento agente in direzione longitudinale, per la sezione di sommità, vale:

$$d = 2.50 \text{ m}$$

$$b = 13.10 \text{ m}$$

$$d/b = 2.50/13.10 = 0.19$$

$$c_{fx0} = 2.00$$

Di conseguenza, per il vento agente longitudinalmente, è stato assunto un coefficiente di forza pari a 2 e quindi una pressione del vento di 2.044 kPa applicata sull'area investita, pari a 61.50 m². In questo modo, tenendo conto inoltre che la pila ha altezza pari a 5.80 m, le sollecitazioni di taglio e relativo momento flettente valgono rispettivamente:

$$V = 2.044 \times 61.50 = 126 \text{ kN}$$

$$M = 126 \times 5.80/2 = 365 \text{ kNm}$$

Nelle seguenti figure è possibile ritrovare le azioni definite in precedenza applicate al modello numerico delle sottostrutture delle pile.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 72 di 198</p>

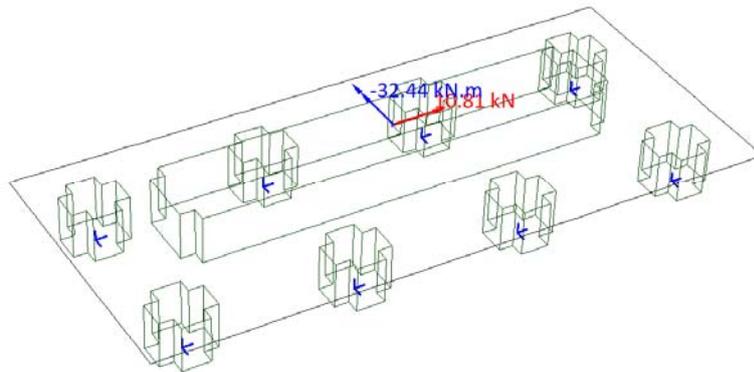


Figura 10.10 : Vento trasversale applicato al modello FEM delle pile

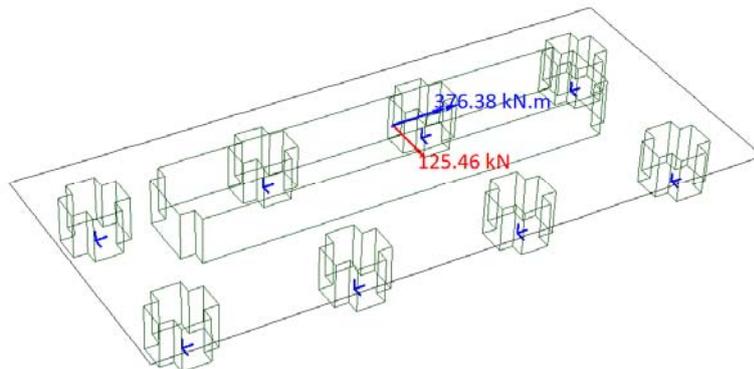


Figura 10.11 : Vento longitudinale applicato al modello FEM delle pile

10.11.6. Forze d'inerzia sismiche sulle strutture

I coefficienti sismici orizzontali (k_h) e verticali (k_v) che interessano tutte le masse sono calcolati come segue:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max}/g, \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h, \quad a_{max} = S \cdot a_g$$

$$\beta_m = 1.$$

Di conseguenza le forze d'inerzia delle masse sono:

$$F_{i,h} = k_h \cdot W; \quad F_{i,v} = k_v \cdot W$$

dove "W" indica il peso delle masse partecipanti al sisma.

Nel caso in esame, vale:

$$k_h = 0.32$$

$$k_v = \pm 0.16$$

Tali contributi sismici associati all'inerzia delle masse strutturali sono stati tenuti in conto direttamente dal software FEM assegnando le relative accelerazioni orizzontali e verticali.

Contestualmente alle masse delle strutture in cemento armato, per la verifica della stabilità esterna delle spalle (verifica delle fondazioni), si considera anche l'accelerazione orizzontale e verticale della massa del terreno sul plinto di fondazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 73 di 198</p>

Per quanto riguarda il muro frontale, tenuto conto della larghezza della porzione di fondazione di monte pari a $L = 3.00$ m ed ai coefficienti sismici riportati in precedenza, vale:

$$f_{h,frontale} = k_h \times \gamma \times L = 0.32 \times 20 \times 3 = 19.2 \text{ kPa}$$

Nello stesso modo, per i muri laterali, tenuto conto di una larghezza massima in corrispondenza della spalla S2 pari a $L = 14.75$ m, tale pressione orizzontale risulta pari a :

$$f_{h,laterale} = k_h \times \gamma \times L = 0.32 \times 20 \times 14.75 = 94.4 \text{ kPa}$$

Per quanto riguarda la pressione verticale del terreno sul plinto di fondazione, è stato considerato il medesimo valore nominale già riportato in precedenza in riferimento alle condizioni statiche con il contributo sismico tenuto in conto a livello di coefficienti di combinazione adottando il coefficiente k_v verso l'alto o verso il basso.

Plate Normal Pressure [MPa]

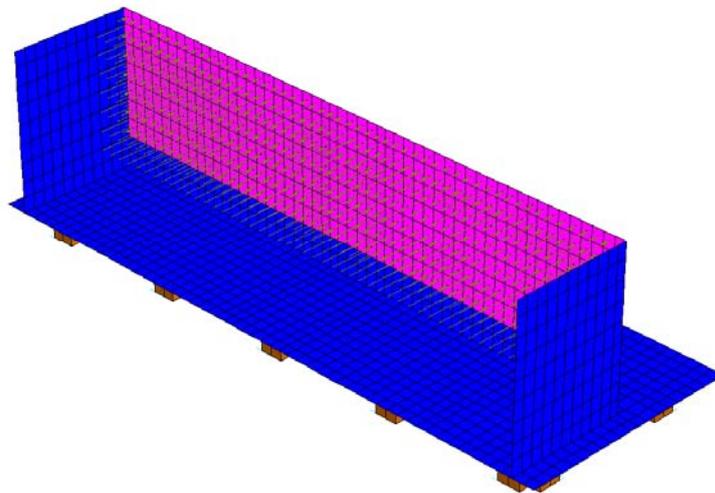
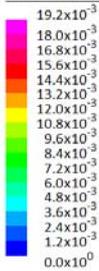


Figura 10.12 : Forze d'inerzia sismiche orizzontali associate al terreno in direzione +X

Plate Normal Pressure [MPa]

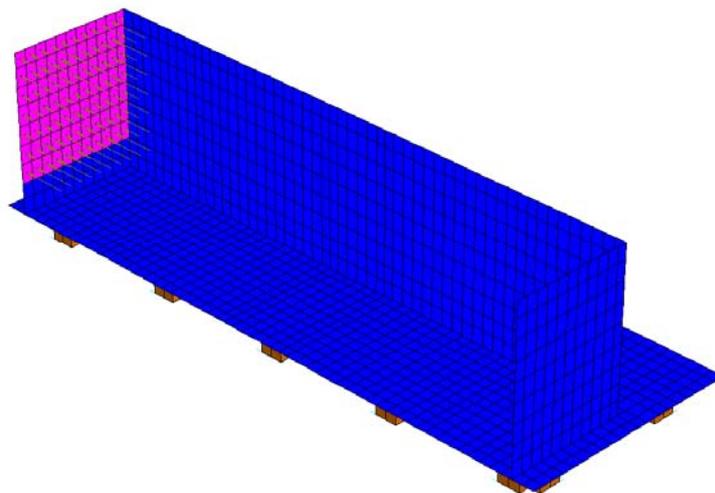
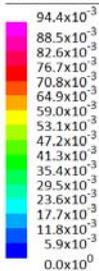


Figura 10.13 : Forze d'inerzia sismiche orizzontali associate al terreno in direzione +Y

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 74 di 198</p>

Plate Normal Pressure [MPa]

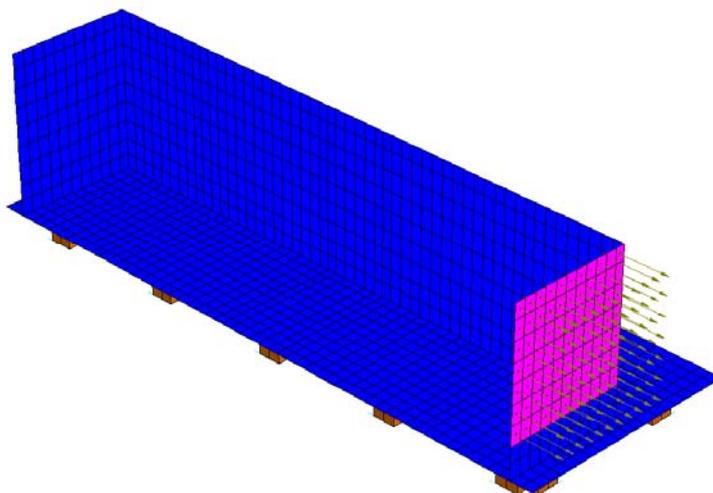
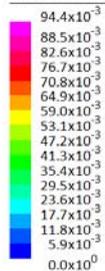


Figura 10.14 : Forze d'inerzia sismiche orizzontali associate al terreno in direzione -Y

Si osservi che tali azioni inerziali sono state considerate ai fini della valutazione della stabilità globale delle spalle e quindi per la determinazione delle sollecitazioni sulle fondazioni. Viceversa, nella valutazione delle elevazioni sono state considerate unicamente le azioni direttamente ad esse applicate, potendo quindi escludere tali contributi inerziali associati al terreno al di sopra del plinto di fondazione.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 75 di 198

11. COMBINAZIONI DI CARICO

Per quanto attiene le combinazioni utilizzate nel seguito si riportano i criteri generali di combinazione. Per quanto riguarda le sottostrutture, nel seguito verrà riportata nel dettaglio la procedura adottata per la definizione delle combinazioni a partire dalle condizioni di carico elementari considerate.

11.1. COMBINAZIONI S.L.U.

Si adottano le combinazioni di carico tipo:

$$YG1 \cdot G1 + YG2 \cdot G2 + YP \cdot P + YQ1 \cdot Qk1 + YQ2 \cdot \psi_{02} \cdot Qk2 + YQ3 \cdot \psi_{03} \cdot Qk3 + \dots$$

dove:

G_1	valore caratt. delle azioni da peso proprio;
G_2	valore caratt. delle azioni da carichi permanenti portati;
Q_{k1}	valore caratt. dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
Q_{ki}	valore caratt. delle azioni variabili tra loro indipendenti;
P	valore caratt. delle deformazioni impresse;
$\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$	coefficienti parziali per le azioni;
ψ_{0i}	coefficienti di comb. per le verifiche allo stato limite ultimo.

11.2. COMBINAZIONI S.L.E.

Combinazione caratteristica (rara)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 76 di 198

11.2.1. Coefficienti parziali

- Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU
D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) § 5.1.3.12 - Tabella 5.1.V:

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 77 di 198

- Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali
 D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) § 5.1.3.12 - Tabella 5.1.VI:

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	---	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento q_s	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	---	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

11.3. PROCEDURA AUTOMATICA PER LA DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI NELLA VALUTAZIONE DELLE SOTTOSTRUTTURE

La definizione delle combinazioni maggiormente restrittive per i diversi elementi costituenti le sottostrutture in oggetto allo stato limite ultimo, di esercizio e di salvaguardia della vita è stata sviluppata facendo uso della procedura dei "Factor Envelopes". In tale procedura le combinazioni di carico vengono generate automaticamente dal programma di calcolo che determina le combinazioni stesse moltiplicando i contributi derivanti dalle singole condizioni di carico tramite i fattori di combinazione riportati nei paragrafi seguenti per i diversi stati limite presi in considerazione. Il risultato conduce alla massimizzazione/minimizzazione dei valori di tutte le combinazioni in ogni elemento componente il modello di calcolo. In questo modo il software cicla tutte le possibili combinazioni, andando a definire come risultato finale l'inviluppo massimo e minimo di un determinato parametro in un dato elemento, con i relativi valori concomitanti.

L'implementazione automatica delle combinazioni di carico richiede due moltiplicatori per ogni condizione elementare di carico (uno minimo e uno massimo per minimizzare o massimizzare gli effetti). I risultati delle varie condizioni di carico vengono moltiplicati in maniera separata per entrambi i fattori sopra descritti ottenendo quindi due diversi set di risultati.

Riassumendo quindi, il software, in base a settaggi in seguito definiti va a massimizzare o minimizzare gli effetti delle varie condizioni elementari di carico creando le varie combinazioni di carico che verranno poi fornite tramite la massimizzazione/minimizzazione di ciascun elemento.

Per ottenere tale risultato il software richiede la creazione di set di condizioni elementari di carico che all'interno raggruppano carichi simili (per esempio i carichi accidentali saranno su un set, i carichi permanenti su un altro e così via). Ad ogni set si possono attribuire proprietà esclusive (comando OR che va a considerare che all'interno di quel set la singola condizione di carico non potrà coesistere con le altre) o multiple (comando AND che va a considerare che all'interno di quel set la singola condizione di carico potrà coesistere con le altre). Inoltre la presenza di carichi esclusivi (tipicamente carichi mobili in differenti posizioni) e la non contemporaneità degli stessi viene ottenuta raggruppando i vari SET; in fase di massimizzazione/minimizzazione

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 78 di 198

degli effetti verrà considerato soltanto il SET che risulta più gravoso tra tutti quelli presenti all'interno del gruppo.

Nei paragrafi seguenti verranno schematizzati i diversi "Factor Envelopes" definiti per i diversi stati limite, rispettivamente per le spalle e le pile.

11.3.1. Spalle

11.3.1.1. SLU

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.350	<None>
34: SPALLA+FOND_PP	1.000	1.350	<None>
35: TERRENO SU PLINTO_STATICA	1.000	1.500	<None>
39: SPINTA TERRENO_STATICA (K0)	0.426	0.576	<None>
50: ACC VERT	0.000	1.350	<None>
40: SPINTA ACC_STATICA (K0)	0.000	0.576	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	1.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.900	0.900	<None>
5: IMP_VENTO	-0.900	0.900	<None>
6: IMP_FREN	-1.350	1.350	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	1.350	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	1.350	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	1.350	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	1.350	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	1.350	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	1.350	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	1.350	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	1.350	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	1.350	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	1.350	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	1.350	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	1.350	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	1.350	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	1.350	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	1.350	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	1.350	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	1.350	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	1.350	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	1.350	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	1.350	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	1.350	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	1.350	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	1.350	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	1.350	OR {ML}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 79 di 198</p>

11.3.1.1. SLE Rara

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: SPALLA+FOND_PP	1.000	1.000	<None>
35: TERRENO SU PLINTO_STATICA	1.000	1.000	<None>
39: SPINTA TERRENO_STATICA (K0)	0.426	0.426	<None>
50: ACC VERT	0.000	1.000	<None>
40: SPINTA ACC_STATICA (K0)	0.000	0.426	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	1.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.600	0.600	<None>
5: IMP_VENTO	-0.600	0.600	<None>
6: IMP_FREN	-1.000	1.000	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	1.000	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	1.000	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	1.000	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	1.000	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	1.000	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	1.000	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	1.000	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	1.000	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	1.000	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	1.000	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	1.000	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	1.000	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	1.000	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	1.000	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	1.000	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	1.000	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	1.000	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	1.000	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	1.000	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	1.000	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	1.000	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	1.000	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	1.000	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	1.000	OR {ML}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 80 di 198</p>

11.3.1.2. SLE Frequente

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: SPALLA+FOND_PP	1.000	1.000	<None>
35: TERRENO SU PLINTO_STATICA	1.000	1.000	<None>
39: SPINTA TERRENO_STATICA (K0)	0.426	0.426	<None>
50: ACC VERT	0.000	0.750	<None>
40: SPINTA ACC_STATICA (K0)	0.000	0.320	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	1.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.500	0.500	<None>
6: IMP_FREN	-0.750	0.750	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	0.750	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	0.750	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	0.750	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	0.750	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	0.750	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	0.750	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	0.750	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	0.750	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	0.750	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	0.750	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	0.750	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	0.750	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	0.750	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	0.750	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	0.750	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	0.750	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	0.750	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	0.750	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	0.750	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	0.750	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	0.750	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	0.750	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	0.750	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	0.750	OR {ML}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 81 di 198</p>

11.3.1.3. SLE Quasi-Permanente

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: SPALLA+FOND_PP	1.000	1.000	<None>
35: TERRENO SU PLINTO_STATICA	1.000	1.000	<None>
39: SPINTA TERRENO_STATICA (K0)	0.426	0.426	<None>
50: ACC VERT	0.000	0.200	<None>
40: SPINTA ACC_STATICA (K0)	0.000	0.085	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	1.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.500	0.500	<None>
6: IMP_FREN	-0.200	0.200	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	0.200	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	0.200	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	0.200	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	0.200	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	0.200	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	0.200	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	0.200	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	0.200	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	0.200	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	0.200	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	0.200	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	0.200	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	0.200	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	0.200	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	0.200	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	0.200	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	0.200	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	0.200	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	0.200	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	0.200	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	0.200	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	0.200	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	0.200	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	0.200	OR {ML}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 82 di 198</p>

11.3.1.4. SLV

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: SPALLA+FOND_PP	1.000	1.000	<None>
35: TERRENO SU PLINTO_STATICA	1.000	1.000	<None>
41: SPINTA TERRENO_SISMICA (COMP.STATICA KA)	0.271	0.271	<None>
50: ACC VERT	0.000	0.200	<None>
49: SPINTA ACC_SISMICA (KA)	0.000	0.106	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	1.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.500	0.500	<None>
6: IMP_FREN	-0.200	0.200	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	0.200	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	0.200	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	0.200	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	0.200	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	0.200	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	0.200	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	0.200	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	0.200	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	0.200	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	0.200	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	0.200	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	0.200	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	0.200	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	0.200	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	0.200	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	0.200	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	0.200	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	0.200	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	0.200	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	0.200	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	0.200	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	0.200	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	0.200	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	0.200	OR {ML}
32: SLV_IMP_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONONOBE)	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
43: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (COMP.SISMICA MONONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
46: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	0.048	0.048	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 83 di 198</p>

32: SLV_IMP_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	1000	1000	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	1000	1000	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	1000	1000	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
44: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	1000	1000	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
47: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	0.048	0.048	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	1000	1000	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	1000	1000	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	1000	1000	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
43: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	1000	1000	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
46: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	-0.048	-0.048	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	1000	1000	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	1000	1000	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	1000	1000	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
44: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	1000	1000	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
47: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	-0.048	-0.048	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	1000	1000	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	1000	1000	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
43: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (COMP.SISMICA MONOBE)	1000	1000	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
46: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (TERRENO SU PLINTO)	1000	1000	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	0.048	0.048	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 84 di 198</p>

32: SLV_IMP_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
44: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (COMP.SISMICA MONOBE)	1.000	1.000	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
47: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (TERRENO SU PLINTO)	1.000	1.000	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	0.048	0.048	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
43: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (COMP.SISMICA MONOBE)	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
46: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (TERRENO SU PLINTO)	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	-0.048	-0.048	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
44: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (COMP.SISMICA MONOBE)	1.000	1.000	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
47: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (TERRENO SU PLINTO)	1.000	1.000	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	-0.048	-0.048	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
43: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
46: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	0.160	0.160	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 85 di 198</p>

32: SLV_IMP_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
43: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
46: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV +Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	-0.160	-0.160	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
44: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
47: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	0.160	0.160	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
37: SLV_SPALLA_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
38: SLV_SPALLA_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
36: SLV_SPALLA_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
42: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
44: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (COMP.SISMICA MONOBE)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
45: SPINTA TERRENO_SISMICA LONG (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
47: SPINTA TERRENO_SISMICA TRASV -Y (TERRENO SU PLINTO)	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
48: TERRENO SU PLINTO_SISMICA	-0.160	-0.160	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 86 di 198</p>

11.3.2. Pile

11.3.2.1. SLU

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.350	<None>
34: FUSTO_PP	1.000	1.350	<None>
37: PLINTO_PP	1.000	1.350	<None>
38: TERRENO SU PLINTO	1.000	1.500	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.500	<None>
3: IMP_RIT	0.000	1.200	<None>
4: IMP_DT	-0.900	0.900	<None>
5: IMP_VENTO	-0.900	0.900	AND {VENTO_TRASV} : GRP {VENTO}
35: FUSTO_VENTO TRASV	-0.900	0.900	AND {VENTO_TRASV} : GRP {VENTO}
36: FUSTO_VENTO LONG	-0.900	0.900	AND {VENTO_LONG} : GRP {VENTO}
6: IMP_FREN	-1.350	1.350	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	1.350	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	1.350	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	1.350	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	1.350	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	1.350	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	1.350	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	1.350	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	1.350	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	1.350	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	1.350	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	1.350	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	1.350	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	1.350	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	1.350	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	1.350	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	1.350	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	1.350	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	1.350	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	1.350	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	1.350	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	1.350	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	1.350	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	1.350	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	1.350	OR {ML}

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 87 di 198

11.3.2.2. SLE Rara

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: FUSTO_PP	1.000	1.000	<None>
37: PLINTO_PP	1.000	1.000	<None>
38: TERRENO SU PLINTO	1.000	1.000	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	0.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.600	0.600	<None>
5: IMP_VENTO	-0.600	0.600	AND {VENTO_TRASV} : GRP {VENTO}
35: FUSTO_VENTO TRASV	-0.600	0.600	AND {VENTO_TRASV} : GRP {VENTO}
36: FUSTO_VENTO LONG	-0.600	0.600	AND {VENTO_LONG} : GRP {VENTO}
6: IMP_FREN	-1.000	1.000	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	1.000	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	1.000	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	1.000	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	1.000	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	1.000	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	1.000	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	1.000	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	1.000	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	1.000	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	1.000	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	1.000	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	1.000	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	1.000	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	1.000	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	1.000	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	1.000	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	1.000	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	1.000	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	1.000	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	1.000	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	1.000	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	1.000	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	1.000	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	1.000	OR {ML}

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 88 di 198

11.3.2.3. SLE Frequente

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: FUSTO_PP	1.000	1.000	<None>
37: PLINTO_PP	1.000	1.000	<None>
38: TERRENO SU PLINTO	1.000	1.000	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	0.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.500	0.500	<None>
6: IMP_FREN	-0.750	0.750	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	0.750	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	0.750	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	0.750	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	0.750	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	0.750	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	0.750	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	0.750	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	0.750	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	0.750	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	0.750	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	0.750	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	0.750	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	0.750	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	0.750	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	0.750	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	0.750	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	0.750	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	0.750	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	0.750	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	0.750	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	0.750	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	0.750	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	0.750	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	0.750	OR {ML}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 89 di 198</p>

11.3.2.4. SLE Quasi-Permanente

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: FUSTO_PP	1.000	1.000	<None>
37: PLINTO_PP	1.000	1.000	<None>
38: TERRENO SU PLINTO	1.000	1.000	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	0.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.500	0.500	<None>
6: IMP_FREN	-0.200	0.200	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	0.200	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	0.200	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	0.200	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	0.200	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	0.200	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	0.200	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	0.200	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	0.200	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	0.200	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	0.200	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	0.200	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	0.200	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	0.200	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	0.200	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	0.200	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	0.200	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	0.200	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	0.200	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	0.200	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	0.200	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	0.200	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	0.200	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	0.200	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	0.200	OR {ML}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 90 di 198</p>

11.3.2.5. SLV

Condizione di carico	Fattore 1	Fattore 2	Set
1: IMP_PP	1.000	1.000	<None>
34: FUSTO_PP	1.000	1.000	<None>
37: PLINTO_PP	1.000	1.000	<None>
38: TERRENO SU PLINTO	1.000	1.000	<None>
2: IMP_PERM	1.000	1.000	<None>
3: IMP_RIT	0.000	1.000	<None>
4: IMP_DT	-0.500	0.500	<None>
6: IMP_FREN	-0.200	0.200	<None>
7: IMP_CENTR_1	0.000	0.200	OR {CENTR}
8: IMP_CENTR_2	0.000	0.200	OR {CENTR}
9: IMP_CENTR_3	0.000	0.200	OR {CENTR}
10: IMP_CENTR_4	0.000	0.200	OR {CENTR}
11: IMP_CENTR_5	0.000	0.200	OR {CENTR}
12: IMP_CENTR_6	0.000	0.200	OR {CENTR}
13: IMP_CENTR_7	0.000	0.200	OR {CENTR}
14: IMP_CENTR_8	0.000	0.200	OR {CENTR}
15: IMP_CENTR_9	0.000	0.200	OR {CENTR}
16: IMP_CENTR_10	0.000	0.200	OR {CENTR}
17: IMP_CENTR_11	0.000	0.200	OR {CENTR}
18: IMP_CENTR_12	0.000	0.200	OR {CENTR}
19: IMP_ML_1	0.000	0.200	OR {ML}
20: IMP_ML_2	0.000	0.200	OR {ML}
21: IMP_ML_3	0.000	0.200	OR {ML}
22: IMP_ML_4	0.000	0.200	OR {ML}
23: IMP_ML_5	0.000	0.200	OR {ML}
24: IMP_ML_6	0.000	0.200	OR {ML}
25: IMP_ML_7	0.000	0.200	OR {ML}
26: IMP_ML_8	0.000	0.200	OR {ML}
27: IMP_ML_9	0.000	0.200	OR {ML}
28: IMP_ML_10	0.000	0.200	OR {ML}
29: IMP_ML_11	0.000	0.200	OR {ML}
30: IMP_ML_12	0.000	0.200	OR {ML}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0L+0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
---	--	---

<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 91 di 198</p>
---	--------------------------	---------------------	--	-------------------	-----------------------------

31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0L-0.3T+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0L+0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	1.000	1.000	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-1.000	-1.000	AND {-1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0L-0.3T-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 92 di 198</p>

31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	0.300	0.300	AND {-1.0T-0.3L+0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0T+0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	1.000	1.000	AND {1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-1.000	-1.000	AND {-1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-0.300	-0.300	AND {-1.0T-0.3L-0.3V} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 93 di 198</p>

31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	0.300	0.300	AND {-1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V-0.3L+0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	0.300	0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V+0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	1.000	1.000	AND {1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
31: SLV_IMP+FUSTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
32: SLV_IMP+FUSTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
33: SLV_IMP+FUSTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
39: SLV_PLINTO_LONG	-0.300	-0.300	AND {-1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
40: SLV_PLINTO_TRASV	-0.300	-0.300	AND {-1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}
41: SLV_PLINTO_VERT	-1.000	-1.000	AND {-1.0V-0.3L-0.3T} : GRP {SISMA}

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 94 di 198

12. CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sulle varie parti dell'opera, per le varie combinazioni di carico e per le diverse fasi costruttive, vengono effettuate sulla base dei criteri definiti dalle vigenti norme tecniche (D.M. 14/01/2008), tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- RFI, sostitutiva dell'Istruzione Tecnica "FS 44 A" del Settembre 1971, relativa alla progettazione e all'esecuzione di cavalcavia stradali e passerelle pedonali sovrappassanti la sede ferroviaria.

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati di fessurazione e di deformazione, ed allo stato limite ultimo, ivi compresa la verifica allo stato limite di fatica. Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche sono quelle stabilite nei precedenti paragrafi, secondo quanto definito nei criteri generali enunciati al Cap. 2 delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Si specificano di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche della struttura.

12.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

12.1.1. Verifiche a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del D.M. 14 gennaio 2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- RFI.

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati, nella presente relazione), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione, si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture (vedere cap. 4).

12.1.2. Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk}$$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

12.1.3. Verifica della deformabilità

In accordo alle prescrizioni contenute nella "Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- RFI, le deformazioni massime del cavalcavia devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico, nonché ai vincoli ed ai dispositivi di giunto previsti in progetto.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 95 di 198

12.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

12.2.1. Verifiche a flessione

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

12.2.2. Verifiche a taglio

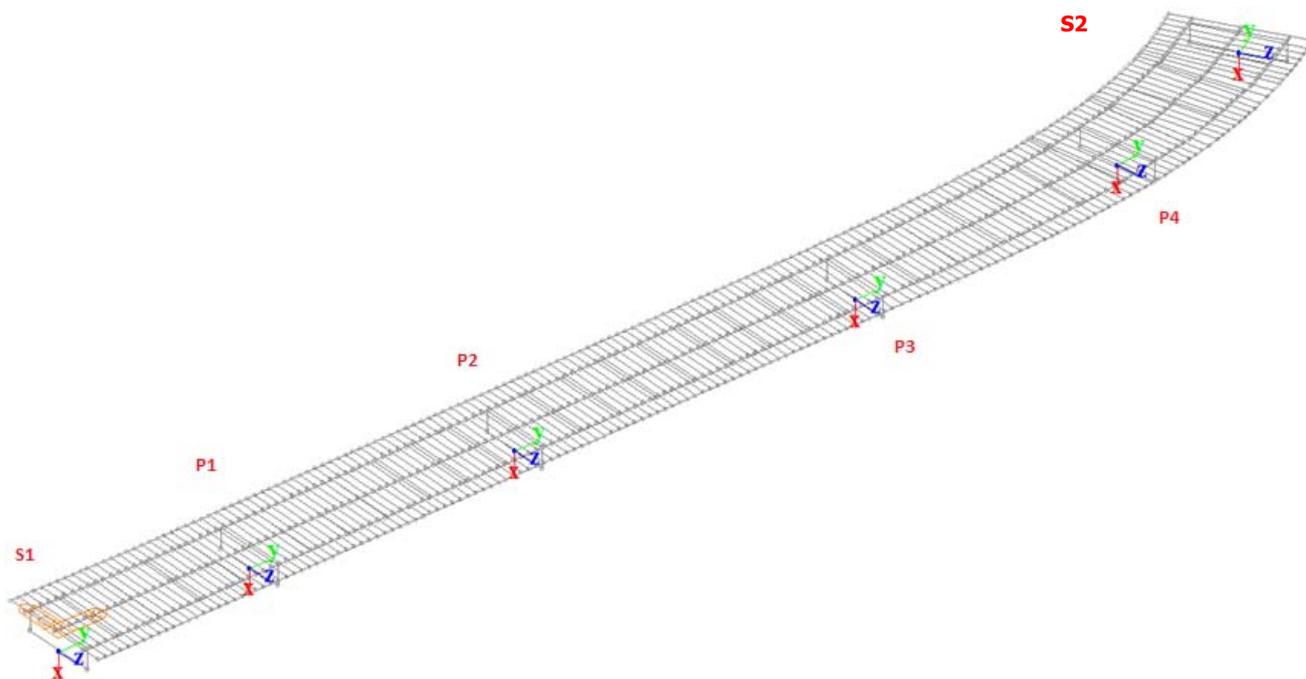
La resistenza a taglio VRd di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

La resistenza a taglio VRd di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio.

Le formule di verifica sono riportate nei paragrafi relativi alle strutture verificate.

13. RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI PER LE SPALLE

Si riportano le sollecitazioni trasmesse dall'impalcato alle due spalle individuate per singola condizione di carico dove le azioni sono riferite agli assi locali riportati nella figura seguente.



13.1. SPALLA S1

	Load case	Component	Manufatto	S1	1				
			Axial (kN)	(longitudinale) Shear-y (kN)	(trasversale) Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	(trasversale) Moment-y (kN*m)	(longitudinale) Moment-z (kN*m)	
1 G1+G2 -	G1+G2	-	-1472	12	1	-2	88	-2	
1 G3 -	G3	-	-615	5	0	-1	29	-1	
1 Rit -	Rit	-	245	7	0	0	-16	-1	
1 DT_grad -	DT_grad	-	-109	-3	0	0	7	1	
1 Wind -	Wind	-	-2	32	400	45	-1075	-6	
1 Frenamento -	Frenamento	-	35	-272	-2	6	3	54	
1 enve_Centrifuga(max)_Axial	enve_Centrifuga(max)	Axial	3	-28	10	-19	-20	6	
1 enve_Centrifuga(max)_Shear-y	enve_Centrifuga(max)	Shear-y	1	-13	10	-14	-18	3	
1 enve_Centrifuga(max)_Shear-z	enve_Centrifuga(max)	Shear-z	1	-13	10	-14	-18	3	
1 enve_Centrifuga(max)_Torsion	enve_Centrifuga(max)	Torsion	1	-13	10	-14	-18	3	
1 enve_Centrifuga(max)_Moment-y	enve_Centrifuga(max)	Moment-y	1	-13	10	-14	-18	3	
1 enve_Centrifuga(max)_Moment-z	enve_Centrifuga(max)	Moment-z	3	-28	10	-19	-20	6	
1 enve_Centrifuga(min)_Axial	enve_Centrifuga(min)	Axial	1	-13	10	-14	-18	3	
1 enve_Centrifuga(min)_Shear-y	enve_Centrifuga(min)	Shear-y	3	-28	10	-19	-20	6	
1 enve_Centrifuga(min)_Shear-z	enve_Centrifuga(min)	Shear-z	3	-28	10	-19	-20	6	
1 enve_Centrifuga(min)_Torsion	enve_Centrifuga(min)	Torsion	3	-28	10	-19	-20	6	
1 enve_Centrifuga(min)_Moment-y	enve_Centrifuga(min)	Moment-y	3	-28	10	-19	-20	6	
1 enve_Centrifuga(min)_Moment-z	enve_Centrifuga(min)	Moment-z	1	-13	10	-14	-18	3	
1 enve_ML(max)_Axial	enve_ML(max)	Axial	265	-4	0	-1	107	1	
1 enve_ML(max)_Shear-y	enve_ML(max)	Shear-y	-1216	12	-1	-9	978	-2	
1 enve_ML(max)_Shear-z	enve_ML(max)	Shear-z	-311	4	3	1	-1046	-1	
1 enve_ML(max)_Torsion	enve_ML(max)	Torsion	-724	6	0	28	-2851	-1	
1 enve_ML(max)_Moment-y	enve_ML(max)	Moment-y	-1374	4	0	-13	3599	-1	
1 enve_ML(max)_Moment-z	enve_ML(max)	Moment-z	226	-4	0	2	-213	1	
1 enve_ML(min)_Axial	enve_ML(min)	Axial	-1874	7	0	-6	1249	-1	
1 enve_ML(min)_Shear-y	enve_ML(min)	Shear-y	226	-4	0	2	-214	1	
1 enve_ML(min)_Shear-z	enve_ML(min)	Shear-z	-596	5	-3	-11	1674	-1	
1 enve_ML(min)_Torsion	enve_ML(min)	Torsion	-624	6	0	-26	2372	-1	
1 enve_ML(min)_Moment-y	enve_ML(min)	Moment-y	-1443	4	1	14	-4074	-1	
1 enve_ML(min)_Moment-z	enve_ML(min)	Moment-z	-1216	12	-1	-9	978	-2	
1 Exx_SLV(RS) -	Exx_SLV(RS)	-	73	-256	-19	2	62	54	
1 Eyy_SLV(RS) -	Eyy_SLV(RS)	-	-5	17	253	-2	-841	-3	
1 Ezz_SLV(RS) -	Ezz_SLV(RS)	-	-949	2	0	1	17	-1	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 97 di 198

13.2. SPALLA S2

	Load case	Component	Manufatto	S2	6			
			Axial (kN)	(longitudinale) Shear-y (kN)	(trasversale) Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	(trasversale) Moment-y (kN*m)	(longitudinale) Moment-z (kN*m)
6_G1+G2_-	G1+G2	-	-1417	-19	-10	40	747	4
6_G3_-	G3	-	-589	-8	-4	25	482	2
6_Rit_-	Rit	-	98	-5	-1	1	64	1
6_DT_grad_-	DT_grad	-	-45	2	1	-1	-29	0
6_Wind_-	Wind	-	-31	-331	317	-71	-990	66
6_Frenamento_-	Frenamento	-	-34	-253	-79	12	113	51
6_enve_Centrifuga(max)_Axial	enve_Centrifuga(max)	Axial	6	59	-110	-13	228	-12
6_enve_Centrifuga(max)_Shear-y	enve_Centrifuga(max)	Shear-y	6	59	-110	-13	228	-12
6_enve_Centrifuga(max)_Shear-z	enve_Centrifuga(max)	Shear-z	6	59	-110	-13	228	-12
6_enve_Centrifuga(max)_Torsion	enve_Centrifuga(max)	Torsion	6	59	-110	-13	228	-12
6_enve_Centrifuga(max)_Moment-y	enve_Centrifuga(max)	Moment-y	6	59	-110	-13	228	-12
6_enve_Centrifuga(max)_Moment-z	enve_Centrifuga(max)	Moment-z	3	45	-199	-38	184	-9
6_enve_Centrifuga(min)_Axial	enve_Centrifuga(min)	Axial	3	45	-199	-38	184	-9
6_enve_Centrifuga(min)_Shear-y	enve_Centrifuga(min)	Shear-y	3	45	-199	-38	184	-9
6_enve_Centrifuga(min)_Shear-z	enve_Centrifuga(min)	Shear-z	3	45	-199	-38	184	-9
6_enve_Centrifuga(min)_Torsion	enve_Centrifuga(min)	Torsion	3	45	-199	-38	184	-9
6_enve_Centrifuga(min)_Moment-y	enve_Centrifuga(min)	Moment-y	3	45	-199	-38	184	-9
6_enve_Centrifuga(min)_Moment-z	enve_Centrifuga(min)	Moment-z	6	59	-110	-13	228	-12
6_enve_ML(max)_Axial	enve_ML(max)	Axial	227	11	5	-7	181	-2
6_enve_ML(max)_Shear-y	enve_ML(max)	Shear-y	182	15	4	-46	-464	-3
6_enve_ML(max)_Shear-z	enve_ML(max)	Shear-z	146	10	5	-10	-100	-2
6_enve_ML(max)_Torsion	enve_ML(max)	Torsion	-804	-25	-13	140	3529	5
6_enve_ML(max)_Moment-y	enve_ML(max)	Moment-y	-1275	-12	-6	67	4615	2
6_enve_ML(max)_Moment-z	enve_ML(max)	Moment-z	-1107	-32	-15	123	2982	6
6_enve_ML(min)_Axial	enve_ML(min)	Axial	-1818	-15	-6	35	705	3
6_enve_ML(min)_Shear-y	enve_ML(min)	Shear-y	-1107	-32	-15	123	2982	6
6_enve_ML(min)_Shear-z	enve_ML(min)	Shear-z	-1174	-31	-16	122	3070	6
6_enve_ML(min)_Torsion	enve_ML(min)	Torsion	-595	-6	-1	-82	-2579	1
6_enve_ML(min)_Moment-y	enve_ML(min)	Moment-y	-1368	-3	-1	-43	-4484	1
6_enve_ML(min)_Moment-z	enve_ML(min)	Moment-z	182	15	4	-46	-464	-3
6_Exx_SLV(RS)_-	Exx_SLV(RS)	-	-70	-227	-120	-134	339	49
6_Eyy_SLV(RS)_-	Eyy_SLV(RS)	-	-31	-121	222	-74	-791	22
6_Ezz_SLV(RS)_-	Ezz_SLV(RS)	-	-949	-2	1	-1	788	4

La spalla S2 presenta sollecitazioni leggermente più elevate della spalla S1. In ogni caso :

- Per i pali ed il plinto di fondazione sono state riportate le sollecitazioni in entrambi i casi, andando a sviluppare le verifiche con i valori massimi ;
- Per le elevazioni è stato fatto riferimento alla spalla S2, essendo essa associata alle sollecitazioni maggiori.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 98 di 198

14. RISULTATI E VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

14.1. PALI DI FONDAZIONE

14.1.1. Sollecitazioni da modello

Si riportano le massime sollecitazioni di sforzo normale e taglio sui pali di fondazione delle spalle, per gli involuipi di tutti gli stati limite considerati.

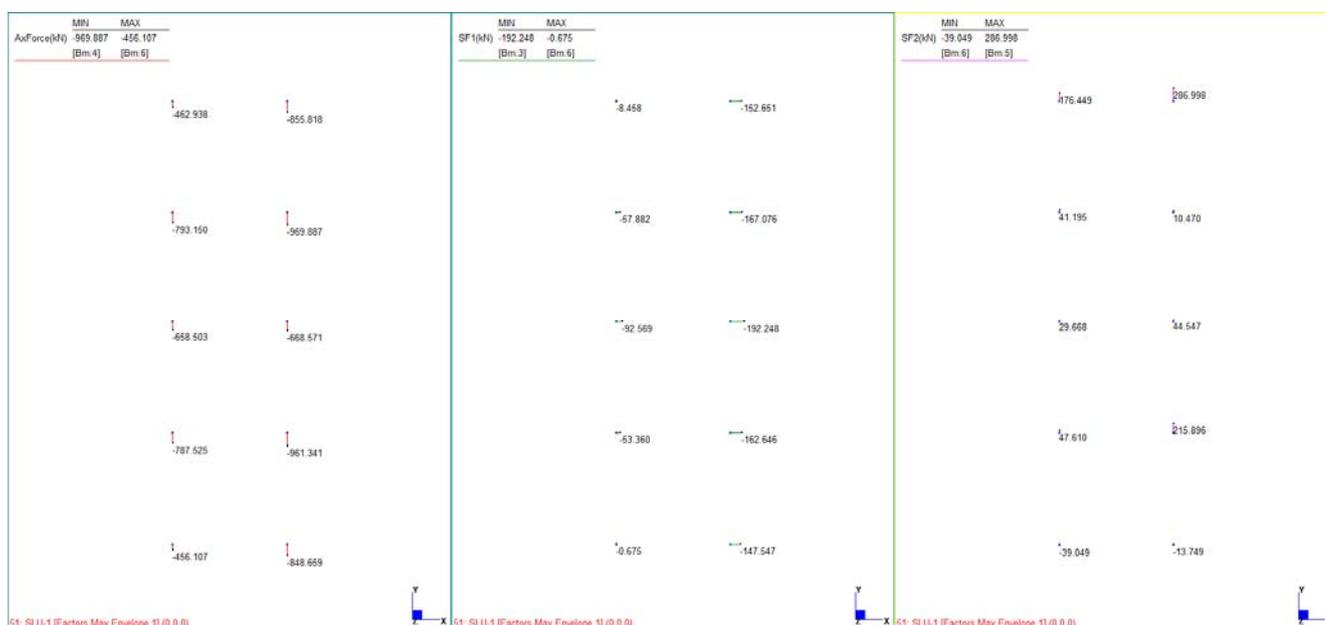


Figura 14.1: Sforzi sui pali – SLU max – Spalla S1

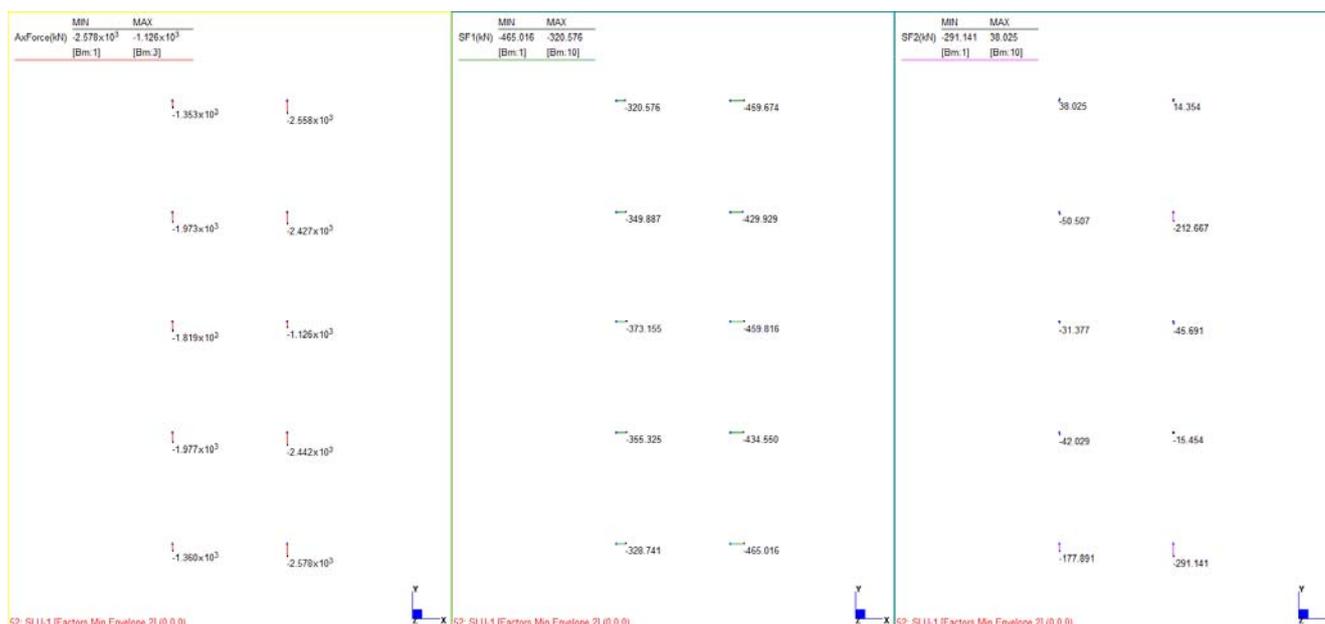


Figura 14.2: Sforzi sui pali – SLU min – Spalla S1

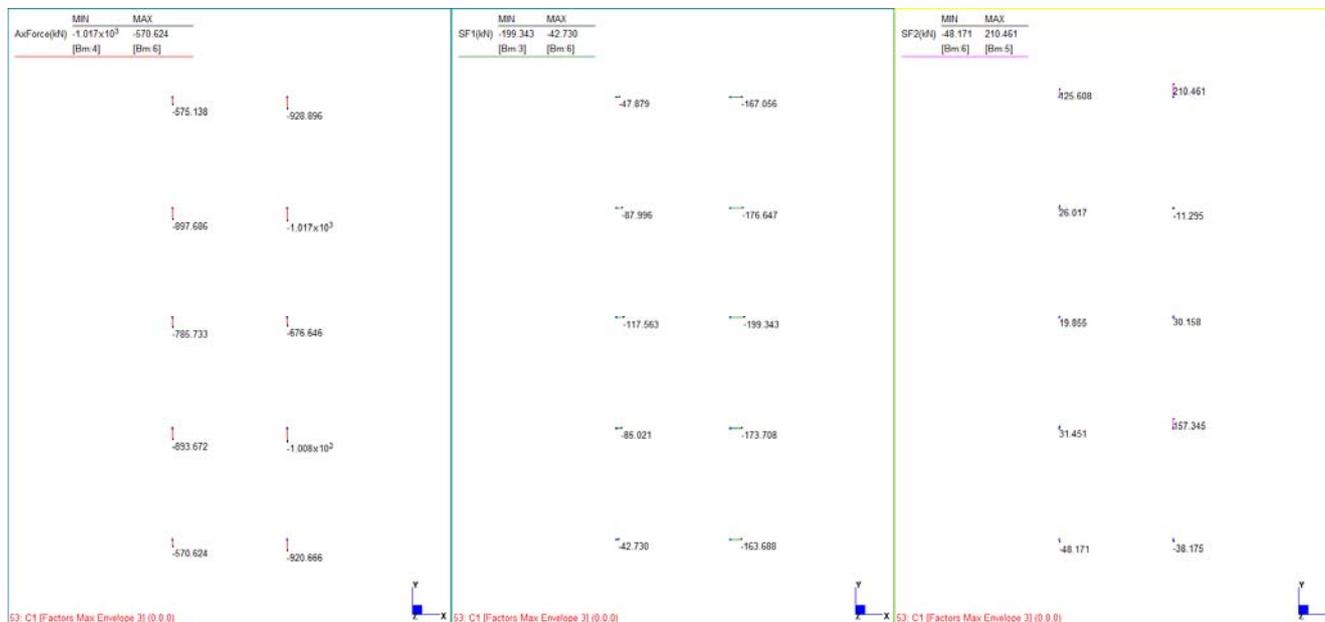


Figura 14.3: Sforzi sui pali – SLE rara max – Spalla S1

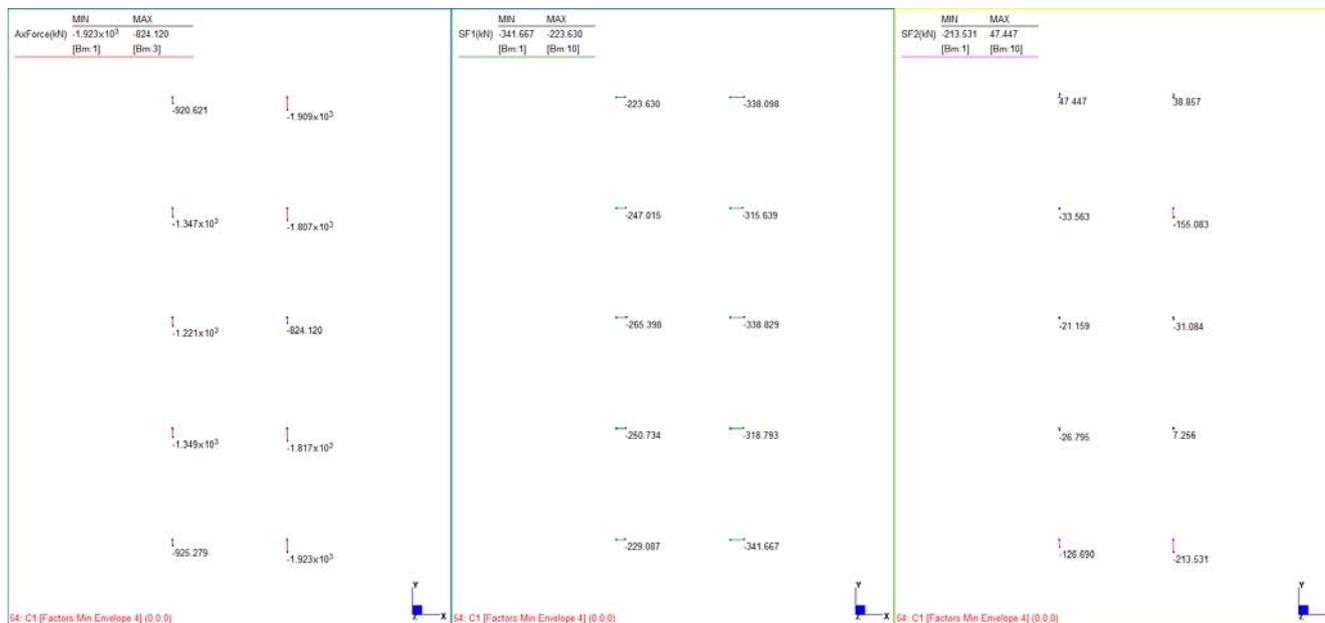


Figura 14.4: Sforzi sui pali – SLE rara min – Spalla S1



Figura 14.5: Sforzi sui pali – SLE frequente max – Spalla S1

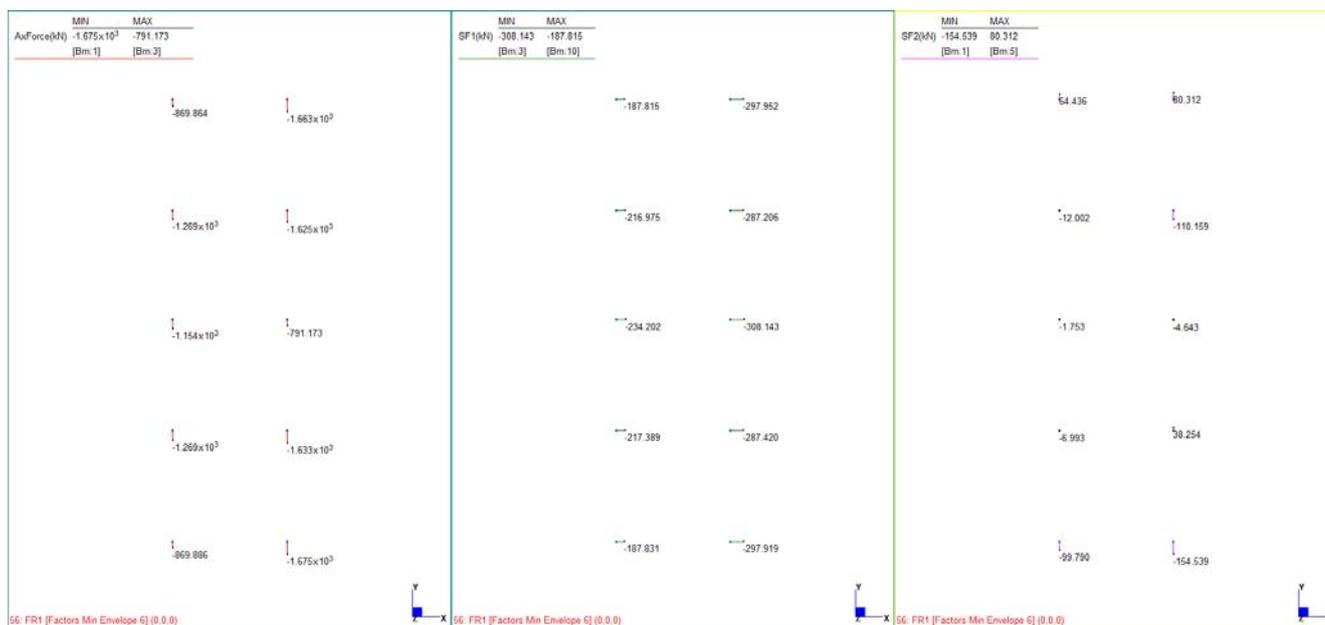


Figura 14.6: Sforzi sui pali – SLE frequente min – Spalla S1

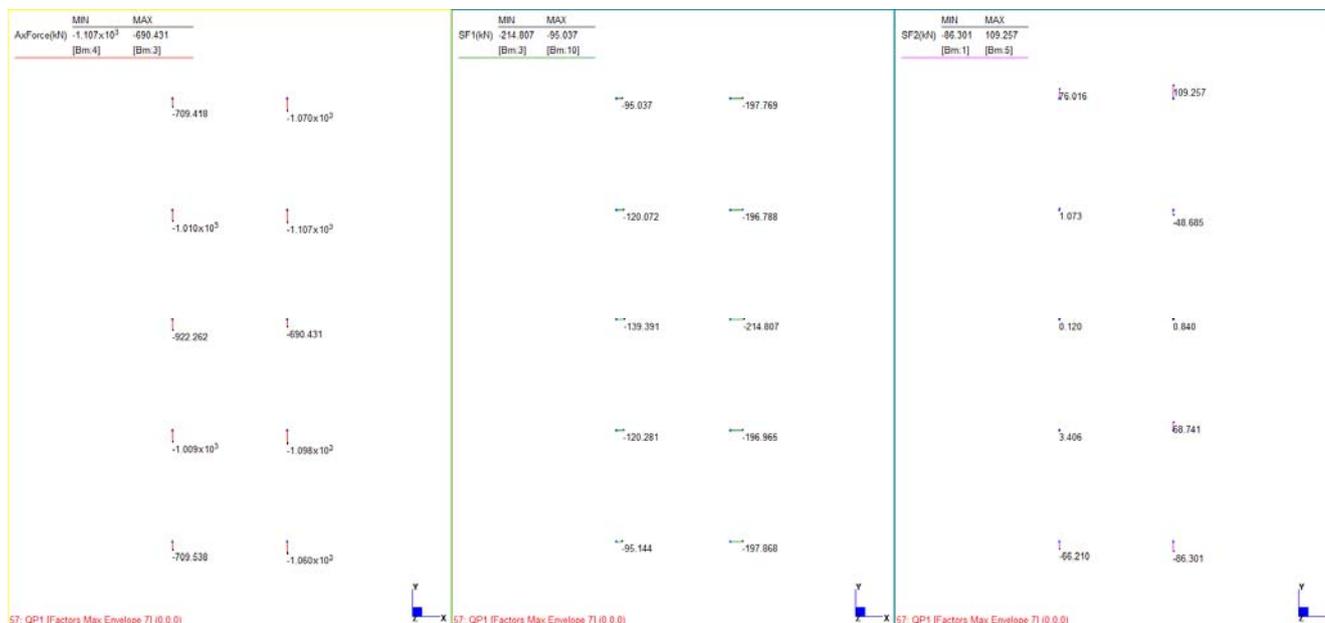


Figura 14.7: Sforzi sui pali - SLE Quasi-Permanente max - Spalla S1

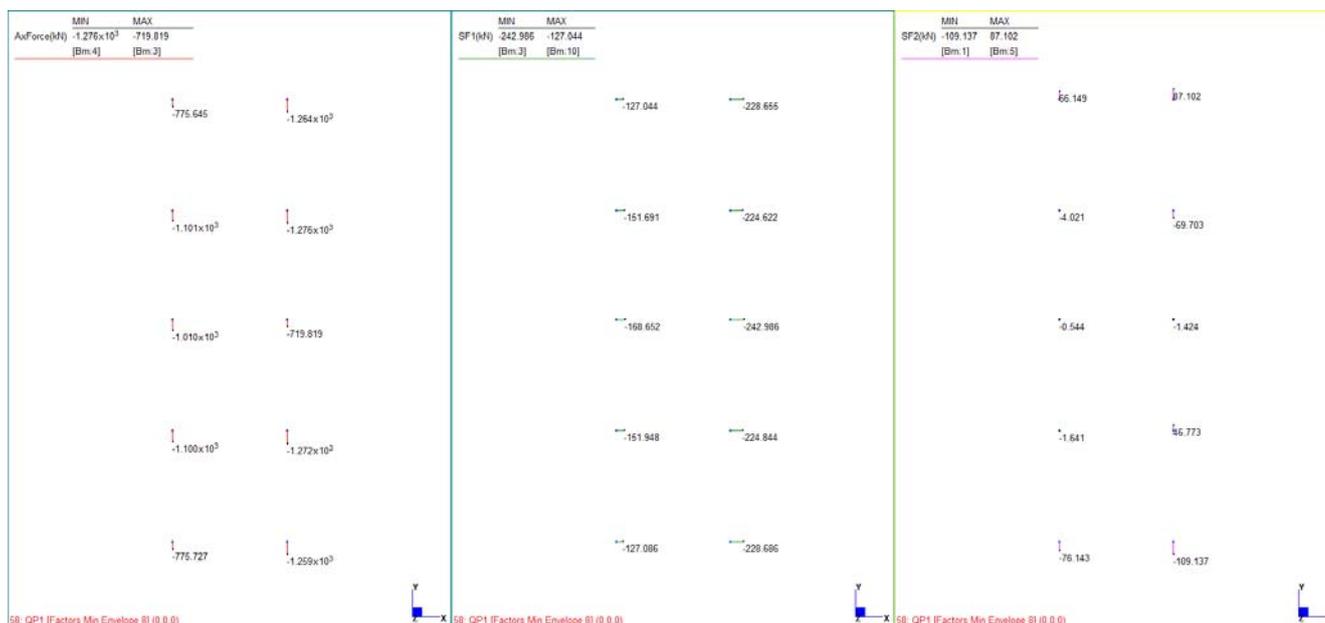


Figura 14.8: Sforzi sui pali - SLE Quasi-Permanente min - Spalla S1



Figura 14.9: Sforzi sui pali – SLV max – Spalla S1

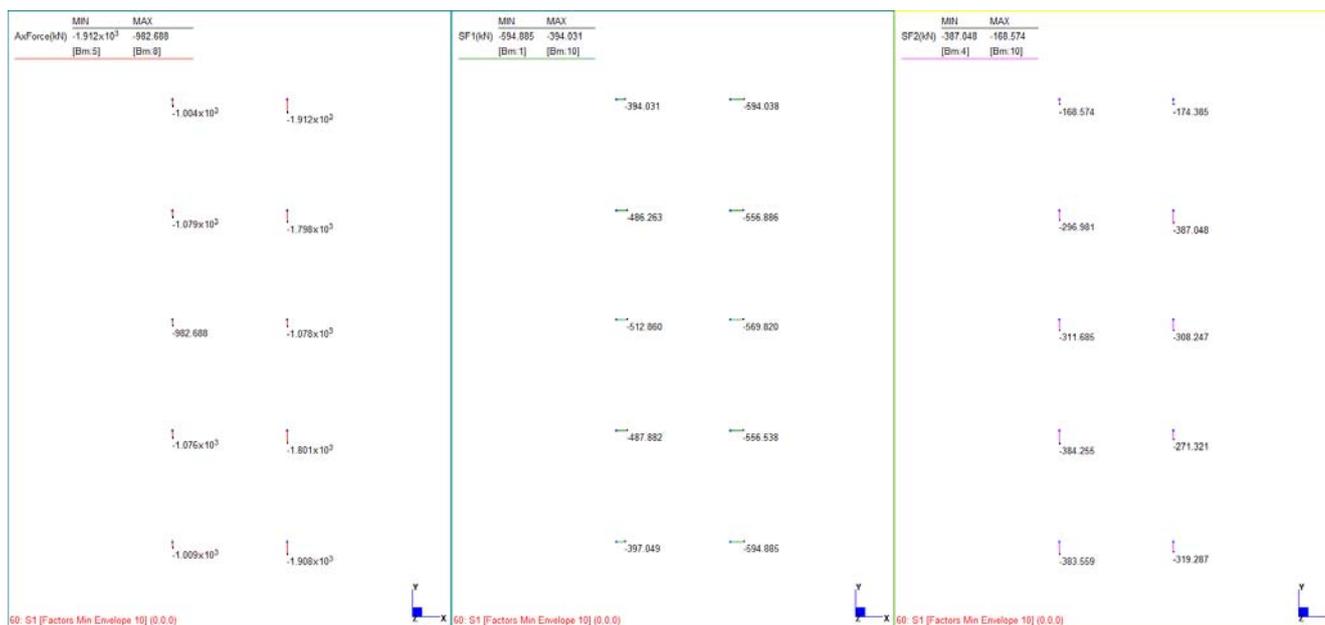


Figura 14.10: Sforzi sui pali – SLV min – Spalla S1

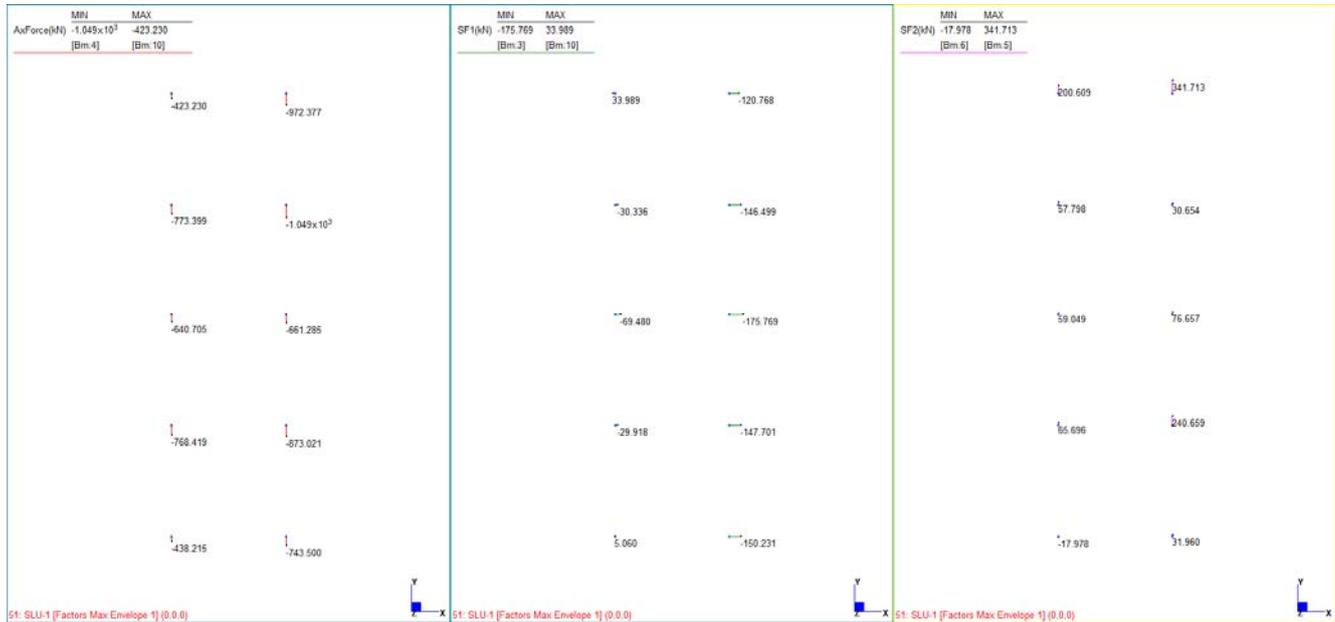


Figura 14.11: Sforzi sui pali - SLU max - Spalla S2



Figura 14.12: Sforzi sui pali - SLU min - Spalla S2



Figura 14.13: Sforzi sui pali – SLE rara max – Spalla S2

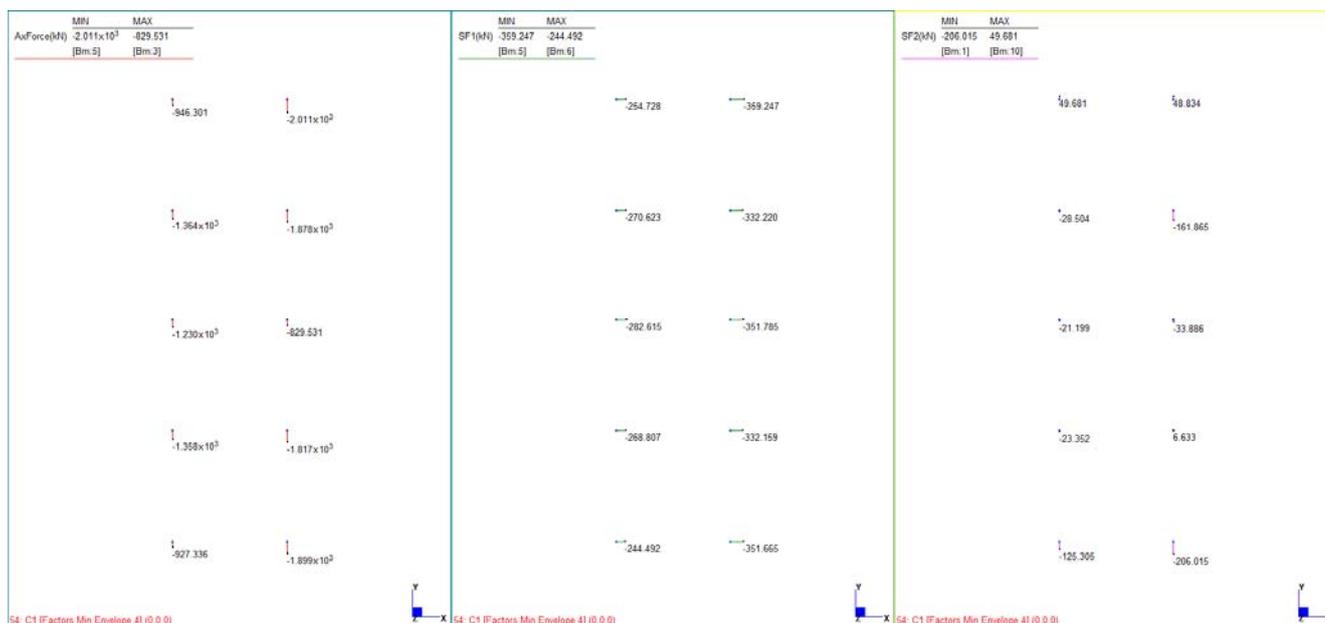


Figura 14.14: Sforzi sui pali – SLE rara min – Spalla S2

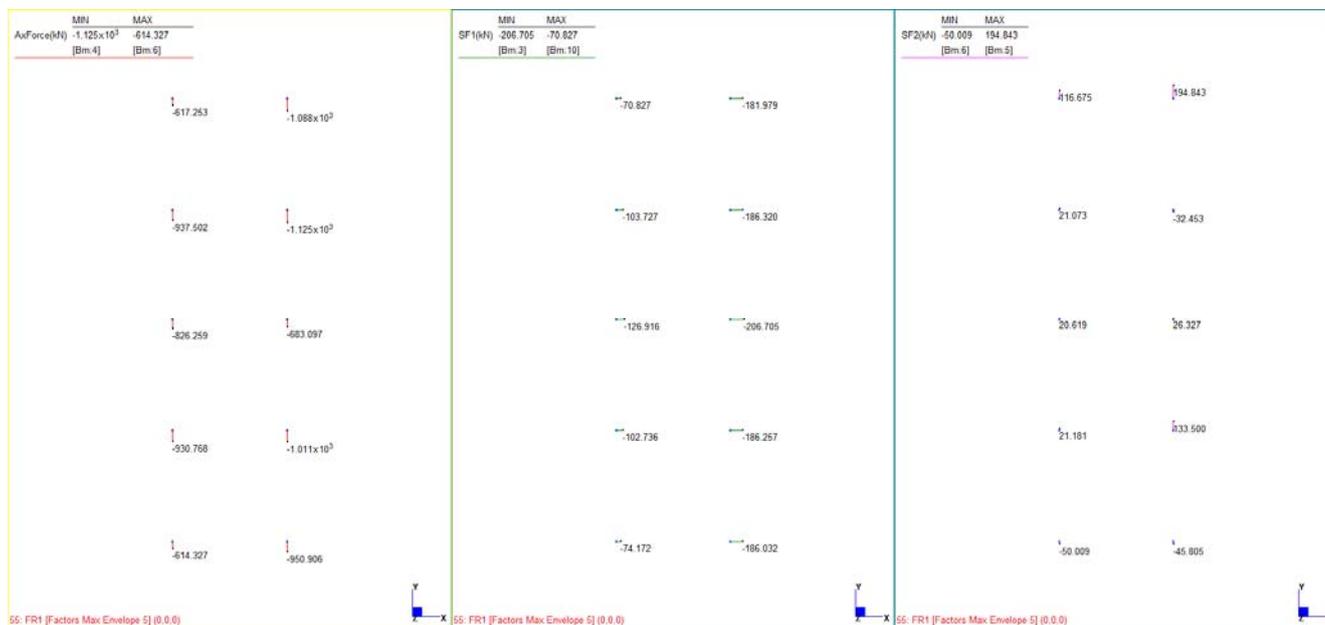


Figura 14.15: Sforzi sui pali - SLE frequente max - Spalla S2

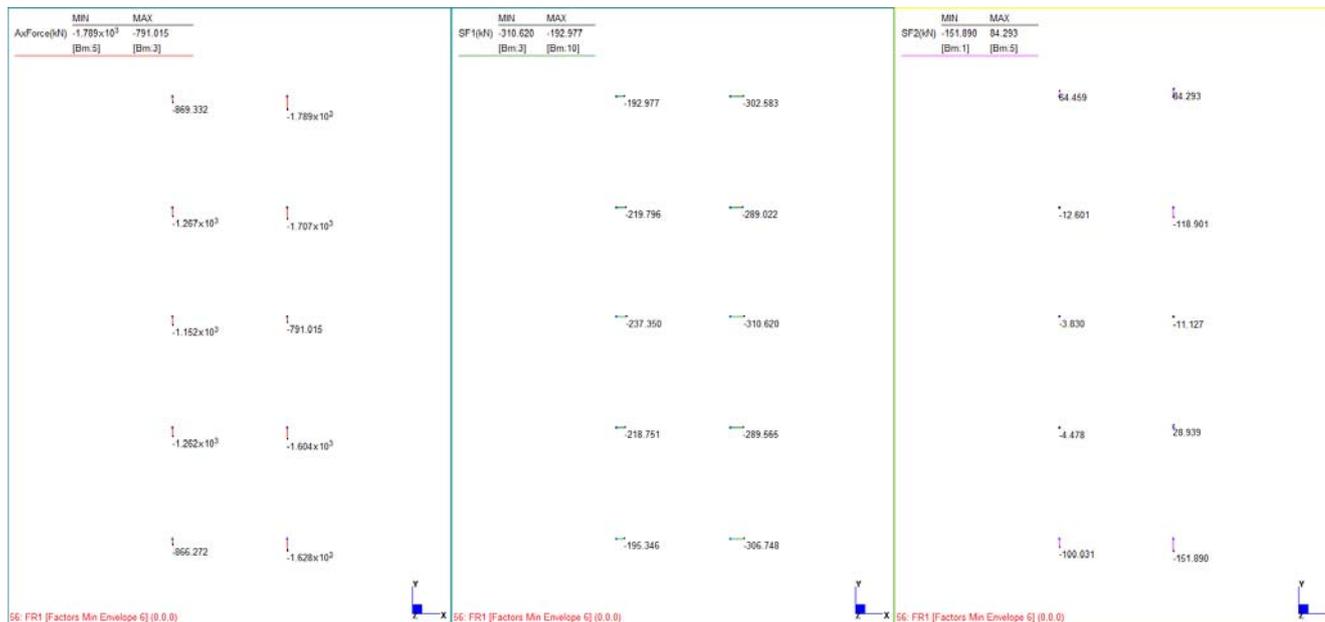


Figura 14.16: Sforzi sui pali - SLE frequente min - Spalla S2

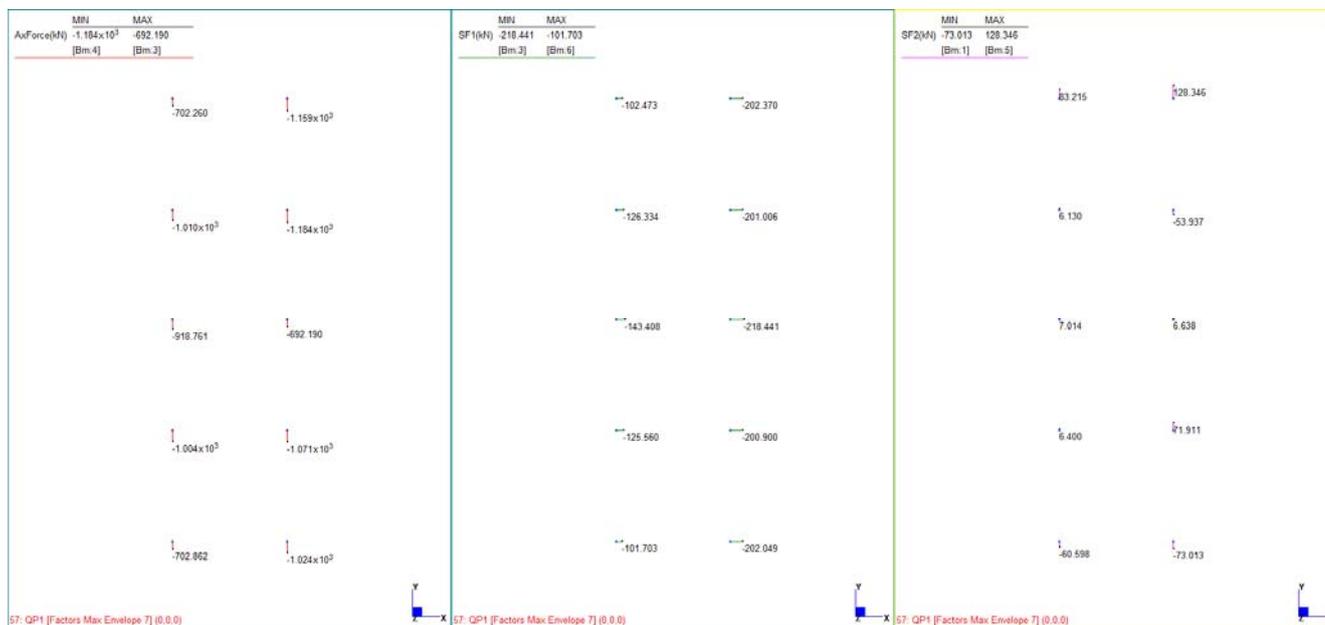


Figura 14.17: Sforzi sui pali – SLE Quasi-Permanente max – Spalla S2

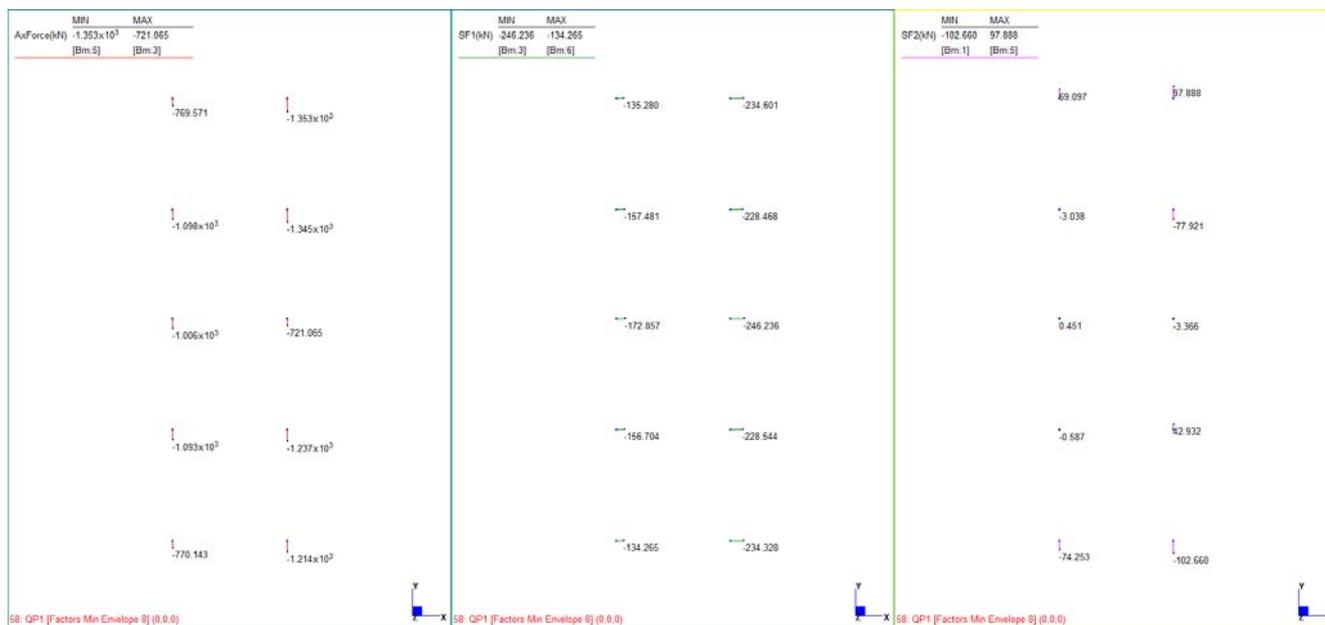


Figura 14.18: Sforzi sui pali – SLE Quasi-Permanente min – Spalla S2

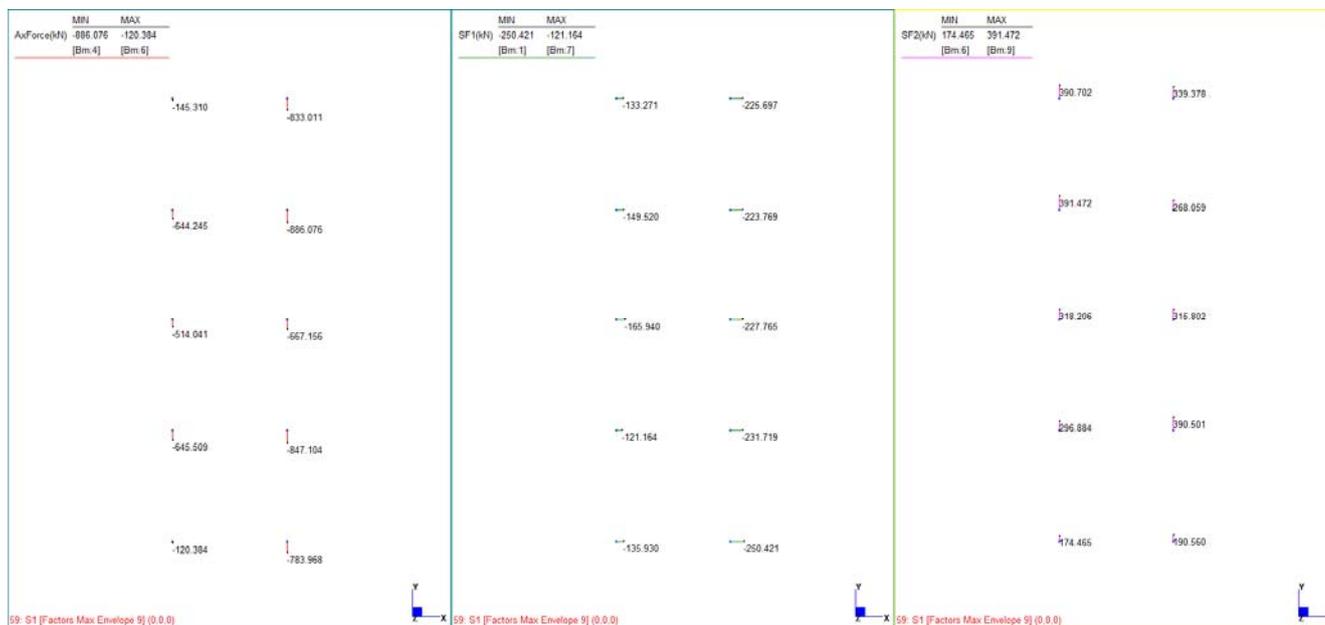


Figura 14.19: Sforzi sui pali – SLV max – Spalla S2

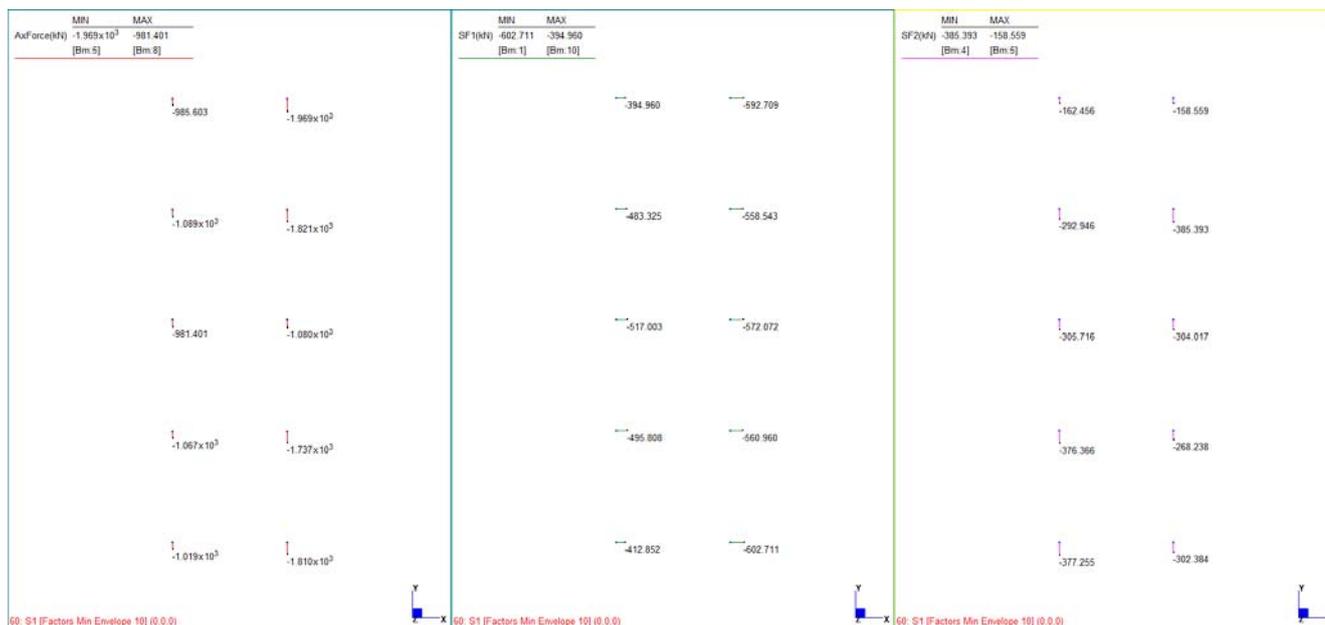
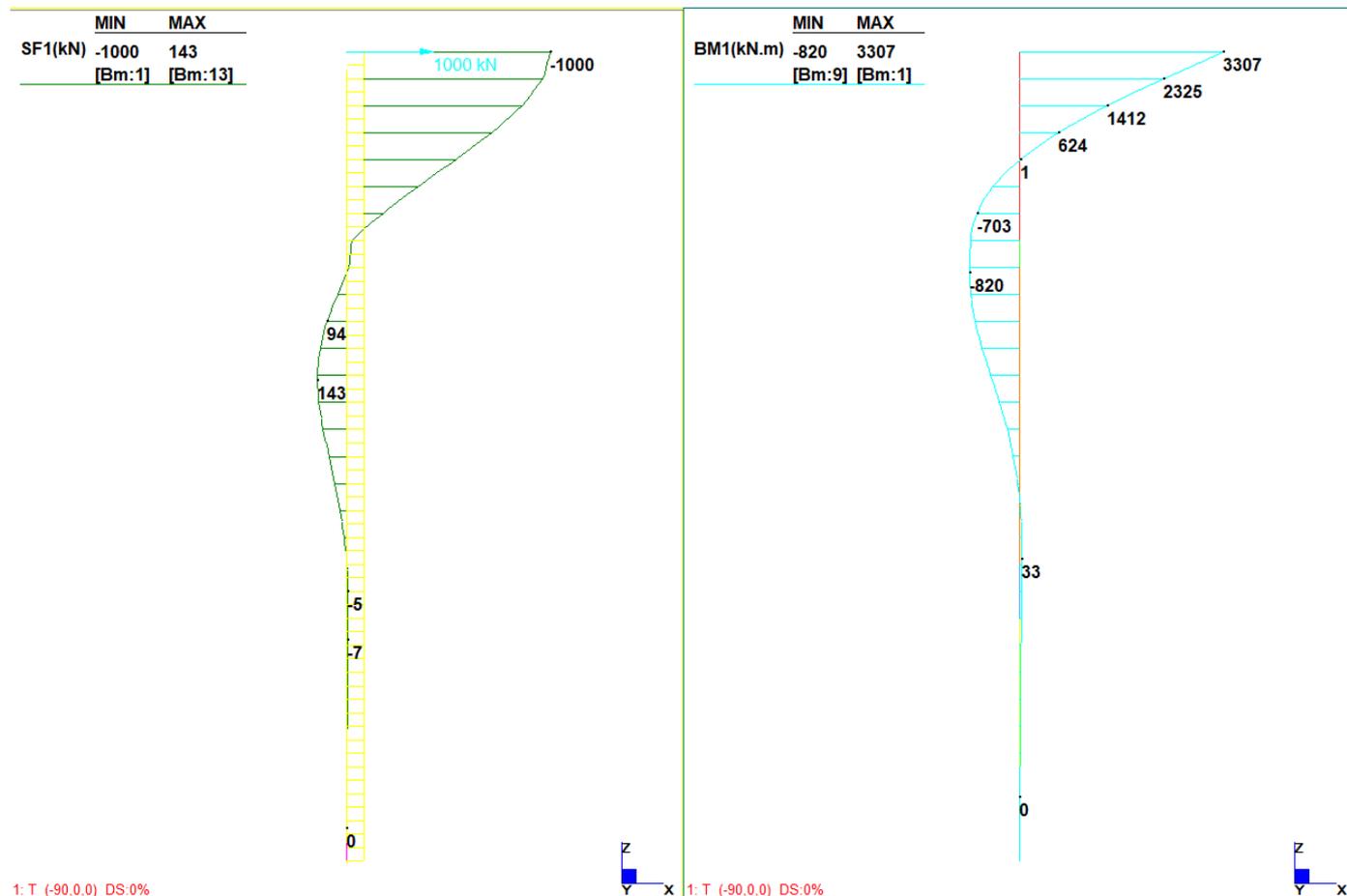


Figura 14.20: Sforzi sui pali – SLV min – Spalla S2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 108 di 198</p>

Per quanto riguarda i valori dei tagli lungo il palo e dei momenti flettenti, si riporta il modello del palo nel terreno vincolato con molle elastiche (interazione terreno-struttura, si veda la relazione geotecnica), incastrato in testa e caricato da una forza di 1000 kN.



Valori del rapporto momento/taglio:

- In testa: $n = M_{tp} / V_{tp} = 3.307$
- Lungo il palo (a quota - 9 m): $u = M_{lp} / V_{tp} = 0.820$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 109 di 198

Per tenere in conto del comportamento del palo in gruppo e delle interazioni tra i pali vicini, sono state abbattute le curve p-y mediante coefficienti riduttivi in accordo a procedure semi-empiriche e in funzione della disposizione geometrica dei pali, secondo quanto spiegato nella relazione geotecnica.

L'abbattimento delle curve p-y per ciascun palo determina una ripartizione delle azioni trasversali tra i pali non uniforme ed in particolare comporta l'incremento del valore del taglio massimo sui pali frontali ed un decremento per i pali retrostanti.

L'incremento/decremento viene quantificato dal punto di vista operativo mediante una serie di coefficienti g che permettono di correlare il valore del taglio sui pali e il valore del taglio massimo/minimo sul palo maggiormente sollecitato:

$$T_{\max} = g_{\max} T_{\text{palo}} \text{ (palo frontale, più compresso)}$$

Lo stesso coefficiente è applicato anche al valore del massimo momento flettente corrispondente. Analogamente per il palo retrostante (palo più teso), è applicato un coefficiente g_{\min} minore dell'unità:

$$T_{\min} = g_{\min} T_{\text{palo}} \text{ (palo retrostante, più teso)}$$

Lo stesso coefficiente è applicato anche al valore del massimo momento flettente corrispondente. Per la palificata i valori assunti sono i seguenti, sia in per sollecitazioni in direzione longitudinale che trasversale:

$$g_{\max} = 1.2$$

$$g_{\min} = 1 \text{ (a favore di sicurezza)}$$

A favore di sicurezza, nelle verifiche di resistenza i valori massimi dei tagli (e momenti) nelle due direzioni sono stati associati seppur non concomitanti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 110 di 198

I risultati finali delle sollecitazione max/min in testa ai pali della spalla S1 sono riportate nella tabella seguente:

INVILUPPO COMBINAZIONI SLU - STATICHE					
MIN			MAX		
N	-2578	kN	N	-456	kN
Vx	465	kN	Vx	465	kN
Vy	291	kN	Vy	291	kN
V	549	kN	V	549	kN
g	1.2		g	1	
gV	658	kN	gV	549	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	2176	kNm	gMtp	1816	kNm

INVILUPPO COMBINAZIONI SLV - SISMICHE					
MIN			MAX		
N	-1912	kN	N	-134	kN
Vx	595	kN	Vx	595	kN
Vy	388	kN	Vy	388	kN
V	710	kN	V	710	kN
g	1.2		g	1	
gV	853	kN	gV	710	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	2821	kNm	gMtp	2348	kNm

INVILUPPO COMBINAZIONI SLE - CARATTERISTICHE					
MIN			MAX		
N	-1923	kN	N	-570	kN
Vx	342	kN	Vx	342	kN
Vy	214	kN	Vy	214	kN
V	403	kN	V	403	kN
g	1.2		g	1	
gV	484	kN	gV	403	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	1601	kNm	gMtp	1333	kNm

INVILUPPO COMBINAZIONI SLE - FREQUENTI					
MIN			MAX		
N	-1675	kN	N	-622	kN
Vx	308	kN	Vx	308	kN
Vy	155	kN	Vy	155	kN
V	345	kN	V	345	kN
g	1.2		g	1	
gV	414	kN	gV	345	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	1369	kNm	gMtp	1141	kNm

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 111 di 198

INVILUPPO COMBINAZIONI SLE – QUASI PERMANENTI					
MIN			MAX		
N	-1276	kN	N	-690	kN
Vx	243	kN	Vx	243	kN
Vy	109	kN	Vy	109	kN
V	266	kN	V	266	kN
g	1.2		g	1	
gV	319	kN	gV	266	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	1055	kNm	gMtp	880	kNm

I risultati finali delle sollecitazione max/min in testa ai pali della spalla S2 sono riportate nella tabella seguente:

INVILUPPO COMBINAZIONI SLU - STATICHE					
MIN			MAX		
N	-2666	kN	N	-423	kN
Vx	490	kN	Vx	490	kN
Vy	342	kN	Vy	342	kN
V	598	kN	V	598	kN
g	1.2		g	1	
gV	718	kN	gV	598	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	2374	kNm	gMtp	1978	kNm

INVILUPPO COMBINAZIONI SLV - SISMICHE					
MIN			MAX		
N	-1969	kN	N	-120	kN
Vx	603	kN	Vx	603	kN
Vy	391	kN	Vy	391	kN
V	719	kN	V	719	kN
g	1.2		g	1	
gV	863	kN	gV	719	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	2854	kNm	gMtp	2378	kNm

INVILUPPO COMBINAZIONI SLE - CARATTERISTICHE					
MIN			MAX		
N	-2011	kN	N	-547	kN
Vx	359	kN	Vx	359	kN
Vy	254	kN	Vy	254	kN
V	440	kN	V	440	kN
g	1.2		g	1	
gV	528	kN	gV	440	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	1746	kNm	gMtp	1455	kNm

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 112 di 198

INVILUPPO COMBINAZIONI SLE - FREQUENTI					
MIN			MAX		
N	-1789	kN	N	-614	kN
Vx	311	kN	Vx	311	kN
Vy	195	kN	Vy	195	kN
V	367	kN	V	367	kN
g	1.2		g	1	
gV	440	kN	gV	367	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	1455	kNm	gMtp	1214	kNm

INVILUPPO COMBINAZIONI SLE – QUASI PERMANENTI					
MIN			MAX		
N	-1353	kN	N	-692	kN
Vx	246	kN	Vx	246	kN
Vy	128	kN	Vy	128	kN
V	277	kN	V	277	kN
g	1.2		g	1	
gV	332	kN	gV	277	kN
n	3.307		n	3.307	
gMtp	1098	kNm	gMtp	916	kNm

Come si può vedere, le sollecitazioni riferite alla spalla S2 risultano maggiori di quelle della S1. Di conseguenza, le verifiche strutturali di cui al paragrafo seguente vengono condotte in riferimento alla prima.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 113 di 198

14.1.2. Verifiche strutturali dei pali

Per le verifiche a presso/tenso-flessione è stato utilizzato un software per il calcolo dei parametri resistenti della sezione, prendendo in considerazione le resistenze di progetto dei singoli materiali (GEOSTRU RC-SEC). Le verifiche a taglio invece sono state eseguite tramite l'utilizzo di un foglio elettronico all'interno del quale è stata implementata la procedura di calcolo dell'altezza utile delle sezioni circolari. Tale relazione, per sezioni circolari di calcestruzzo di raggio r in cui l'armatura sia distribuita su una circonferenza di raggio r_s , prevede che l'altezza utile della sezione sia pari a:

$$d = r + \frac{2r_s}{\pi}$$

Il braccio delle forze interne viene assunto pari a $z = 0.9d$.

In accordo con il MdP RFI §2.5.2.2.6, i pali in calcestruzzo devono essere armati, per tutta la lunghezza, con un'area di acciaio non inferiore allo 0.4% di quella del calcestruzzo.

È da evitare la formazione di cerniere plastiche nei pali di fondazione. Qualora non fosse possibile escluderne la formazione, le corrispondenti sezioni devono essere progettate per un comportamento duttile e opportunamente confinate. L'armatura perimetrale di confinamento dei pali di fondazione, di diametro non inferiore a 12 mm, deve essere costituita da spirale continua per tutti i tratti interessati da potenziali cerniere plastiche. In tali tratti, assunti di dimensione almeno pari a 3 volte il diametro, e comunque per uno sviluppo, a partire dalla testa del palo, di almeno 10 diametri, l'armatura longitudinale deve avere area non inferiore all'1% di quella del calcestruzzo.

Nel caso in esame i pali sono progettati in campo elastico, con comportamento non duttile.

14.1.2.1. Verifiche alle sollecitazioni normali

L'armatura longitudinale in testa è costituita da barre disposte su due corone (24+12) $\phi 26$.

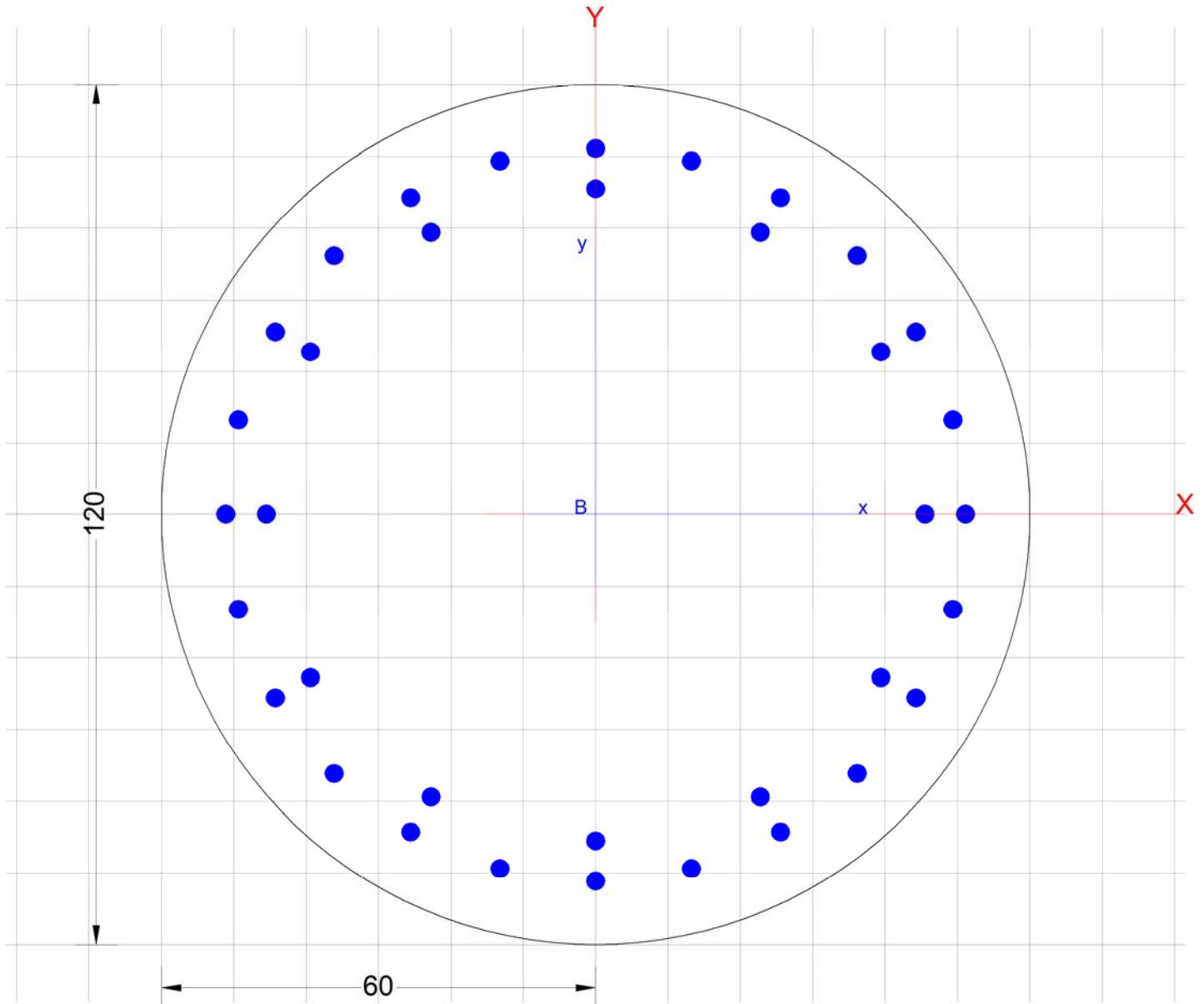
I ferri successivi lungo il fusto dei pali sono:

24 $\phi 26$ per la sezione A-A di inversione del momento flettente

24 $\phi 16$ per le sezioni successive per le quali i momenti flettenti sono molto bassi, quasi nulli.

Nel seguito, si riportano le verifiche in testa ai pali.

Coprif. netto minimo barre long.: $7.\bar{6}$ cm Coprif. netto staffe: 6.0 cm



Il coefficiente di sicurezza minimo è: 1.23 a fessurazione in combinazione frequente → la verifica è soddisfatta

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 115 di 198

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2 :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 116 di 198

Raggio circ.: 60.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	51.1	24	26
2	0.0	0.0	45.5	12	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	2666.00	2374.00	0.00	0.00	0.00
2	423.00	1978.00	0.00	0.00	0.00
3	1969.00	2854.00	0.00	0.00	0.00
4	120.00	2378.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2011.00	1746.00	0.00
2	547.00	1455.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 										
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica Documento</td> <td>Rev.</td> <td>Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>A</td> <td>117 di 198</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio	IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	117 di 198
Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio							
IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	117 di 198							

1	1789.00	1455.00 (726.45)	0.00 (0.00)
2	614.00	1214.00 (634.52)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1353.00	1098.00 (726.84)	0.00 (0.00)
2	692.00	916.00 (663.49)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	7.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	2666.00	2885.73	0.00	2665.71	3682.49	0.00	1.551	-----
2	S	423.00	2265.16	0.00	423.12	3200.85	0.00	1.618	-----
3	S	1969.00	2703.03	0.00	1969.12	3549.91	0.00	1.244	-----
4	S	120.00	2174.13	0.00	120.18	3114.42	0.00	1.310	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00047	0.0	60.0	0.00281	0.0	51.1	-0.00507	0.0	-51.1
2	0.00350	-0.00153	0.0	60.0	0.00263	0.0	51.1	-0.00737	0.0	-51.1
3	0.00350	-0.00075	0.0	60.0	0.00277	0.0	51.1	-0.00567	0.0	-51.1
4	0.00350	-0.00173	0.0	60.0	0.00260	0.0	51.1	-0.00779	0.0	-51.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 118 di 198

C.Rid.		Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue				C.Rid.	
N°Comb	a	b	c	x/d			
1	0.000000000	0.000077169	-0.001130112	----	----		
2	0.000000000	0.000097828	-0.002369710	----	----		
3	0.000000000	0.000082562	-0.001453691	----	----		
4	0.000000000	0.000101663	-0.002599762	----	----		

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

		S = comb. verificata/ N = comb. non verificata									
		Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]									
		Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)									
		Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]									
		Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)									
		Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre									
		Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure									
		Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure									
		Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2									
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	12.22	0.0	0.0	-201.0	0.0	-51.1	1611	53.1	5.6	1.00
2	S	10.08	0.0	0.0	-229.3	0.0	-51.1	1611	53.1	5.6	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	10.18	0.0	0.0	-161.7	0.0	-51.1	1611	53.1	5.6	1.00
2	S	8.44	0.0	0.0	-182.3	0.0	-51.1	1611	53.1	5.6	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

		La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm										
		Esito della verifica										
		Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata										
		Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata										
		= 0.4 per barre ad aderenza migliorata										
		= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica										
		Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff										
		Coprifero [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa										
		$= 1 - \text{Beta}12 * (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{fctm}/\text{S}2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]										
		Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * \text{Ss}/\text{Es}$ è tra parentesi										
		Distanza media tra le fessure [mm]										
		Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * \text{sm} * \text{sr}$. Valore limite tra parentesi										
		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]										
		Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]										
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	sr	wk	Mx fess	My fess
1	S	-5.1	0	0.125	26	47	0.751	0.00061 (0.00032)	145	0.149 (0.20)	726.45	0.00
2	S	-4.9	0	0.125	26	47	0.727	0.00066 (0.00036)	145	0.163 (0.20)	634.52	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	7.69	0.0	0.0	-121.9	0.0	-51.1	1611	53.1	5.6	0.50
2	S	6.39	0.0	0.0	-124.8	0.0	-51.1	1611	53.1	5.6	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	sr	wk	Mx fess	My fess
1	S	-3.9	0	0.125	26	47	0.781	0.00048 (0.00024)	145	0.117 (0.20)	726.84	0.00
2	S	-3.5	0	0.125	26	47	0.738	0.00046 (0.00025)	145	0.113 (0.20)	663.49	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 119 di 198

14.1.2.2. Verifiche a taglio

Armatura
spirale Ø16/10 cm da 0 a -6 m
spirale Ø12/20 cm da -6 m alla base del palo

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

f_{ck}	25.00	MPa	ϕ_{palo}	1.20	m
f_e	450	MPa	A_c	1.131	m ²
γ_s	1.15	NTC2008	$A_{s,long}$	19113	mm ²
γ_c	1.50		γ_c	25	kN/m ³

Le sollecitazioni più gravose sono le combinazioni SLV – sismiche.

Sezione di testa del palo:

H (mm)	1200	45	Armature spirale		Armature circolari		C.S.min 1.58		
f_{yd} (MPa)	391.3		D_0 (mm)	1060	num br	0			
f_{cd} (MPa)	14.2		Ssp,max (mm)	212	ϕ_{st} (mm)	0			
cot θ	1.00		s (mm)	100	s (mm)	0			
tan θ	1.00		ϕ_{spir} (mm)	16	A_{sw} (mmq)	0.0			
α	86		num bras	2	b_w (mm)	857			
cot α	0.070		Aspir (mm ²)	201	$v_1 = v$	0.540			
e (mm)	70		Vol spirale (mm ³)	669554	$V_{rd,s2}$ (kN)	0.0			
ϕ_{long} (mm)	26		Asi (mm ²)	6696	$V_{rd,s,tot}$ (kN)	1366.9			
d (mm)	904.3		Asi,max (mm ²)	38227					
z (mm)	813.9		$V_{rd,s1}$ (kN)	1366.9					
Cmb (-)	N (kN)		V (kN)	σ_{cp} (MPa)	α_{cw} (-)	$V_{rd,max}$ (kN)		$V_{rd} = \min(V_{rd,s}; V_{rd,max})$ (kN)	c.s. (-)
S1/S2_SLV_Nmin	-1969		863	1.74	1.12	2996.3		1366.9	1.58
S1/S2_SLV_Nmax	-120	719	0.11	1.01	2688.3	1366.9	1.90		

La verifica è soddisfatta: c.s. > 1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 120 di 198

Sezione a -6 m dalla testa del palo:

H (mm)	1200	Armature spirale		Armature circolari		
f_{yd} (MPa)	391.3	D_0 (mm)	1060	num br	0	
f_{cd} (MPa)	14.2	Ssp,max (mm)	212	ϕ_{st} (mm)	0	
$\cot \theta$	1.00	s (mm)	200	s (mm)	200	
$\tan \theta$	1.00	ϕ_{spir} (mm)	12	A_{sw} (mmq)	0.0	
α	86	num bras	2	b_w (mm)	857	
$\cot \alpha$	0.070	Aspir (mm ²)	113	$v_1 = v$	0.600	
e (mm)	70	Vol spirale (mm ³)	376624	$V_{rd,s2}$ (kN)	0.0	
ϕ_{long} (mm)	26	Asi (mm ²)	1883			
d (mm)	904.3	Asi,max (mm ²)	38227	$V_{rd,s,tot}$ (kN)	384.4	
z (mm)	813.9	$V_{rd,s1}$ (kN)	384.4			
						C.S.min
						1.55
Cmb	N	V	σ_{cp}	α_{cw}	$V_{rd, max}$	$V_{rd} = \min(V_{rd,s}, V_{rd,max})$
(-)	(kN)	(kN)	(MPa)	(-)	(kN)	(kN)
S1/S2_SLV_Nmin	-2139	248	1.89	1.13	3360.6	384.4
						c.s.
						(-)
						1.55

La verifica è soddisfatta: c.s. > 1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 										
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto</td> <td style="width: 15%;">Lotto</td> <td style="width: 30%;">Codifica Documento</td> <td style="width: 10%;">Rev.</td> <td style="width: 25%;">Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>A</td> <td>121 di 198</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio	IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	121 di 198
Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio							
IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	121 di 198							

14.1.3. Verifiche geotecniche dei pali

14.1.3.1. Verifica della portanza

La verifica è eseguita in accordo a quanto riportato sulla relazione geotecnica. Alle sollecitazioni massime e minime di compressione SLU e SLV riportate nelle tabelle al par. 14.1.1 è stato aggiunto il peso del palo. Il tratto di palo innestato nel rilevato sopra al piano campagna non è stato considerato come contributo alla portata laterale del palo, a favore di sicurezza.

Pali della spalla S1, L = 27 m (3.3 m di palo nel rilevato + 23.7 m di palo dal p.c.)

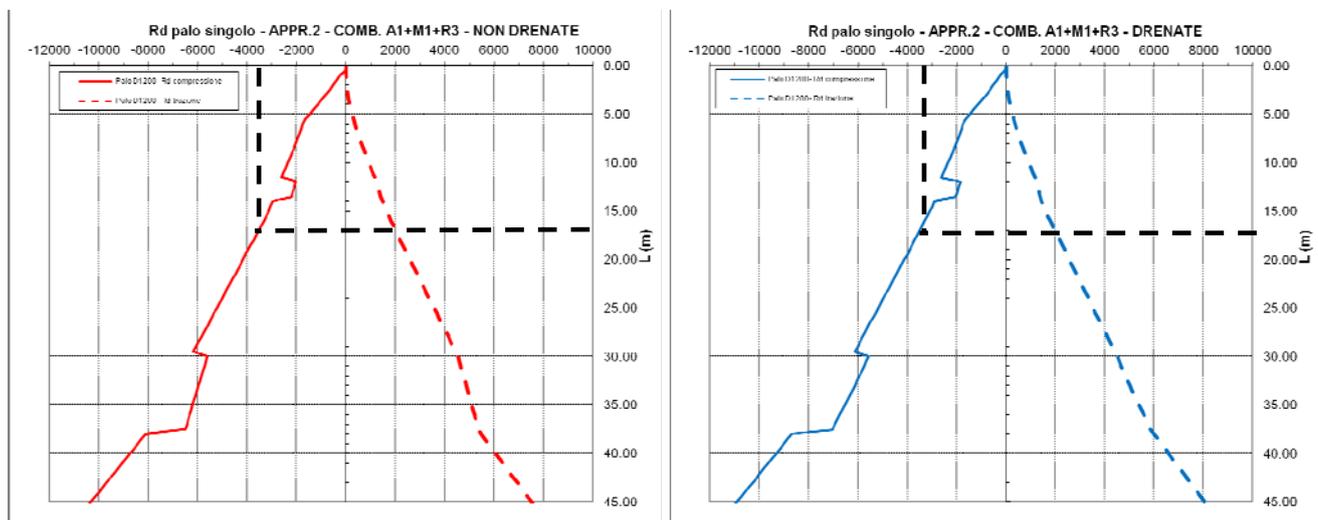


Figura 14.21 : DA1-C2: Resistenza di progetto GEO pali spalle

NON DRENATE	Nmin		Nmax	
	SLV	SLU	SLV	SLU
Lp [m]	23.7	23.7	23.7	23.7
Qres [kN]	-4909	-4909	3273	3273
Qsoll [kN]	-2475	-3338	-697	-1019
C.S.	1.98	1.47	>>1	>>1

DRENATE	Nmin		Nmax	
	SLV	SLU	SLV	SLU
Lp [m]	23.7	23.7	23.7	23.7
Qres [kN]	-4872	-4872	3239	3239
Qsoll [kN]	-2475	-3338	-697	-1019
C.S.	1.97	1.46	>>1	>>1

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 122 di 198

Pali della spalla S2, L = 32 m (7.7 m di palo nel rilevato + 24.3 m di palo dal p.c.)

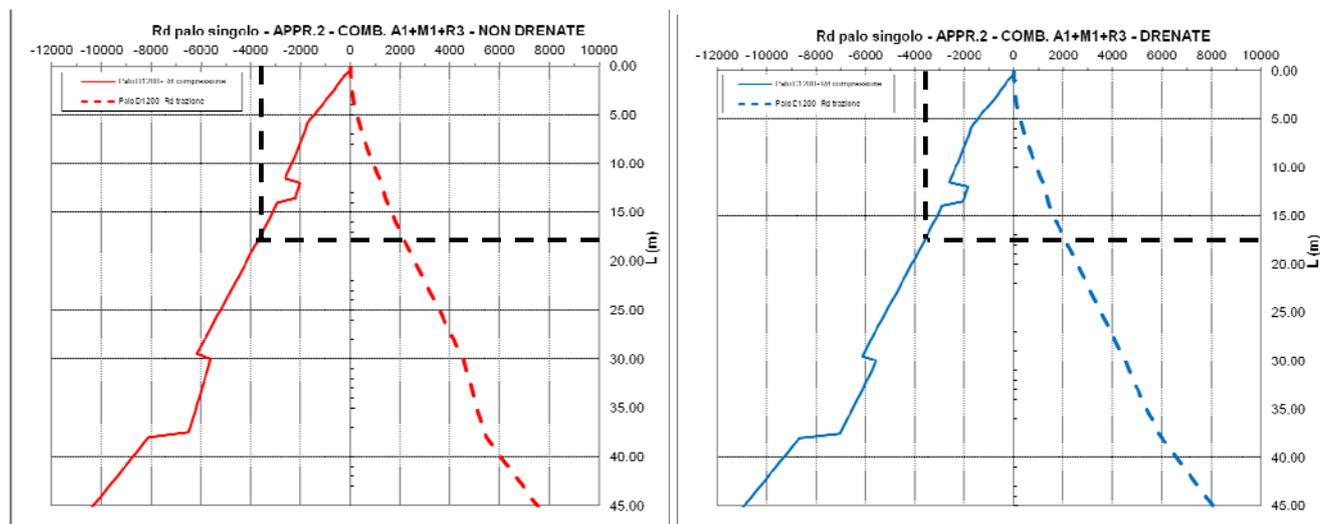


Figura 14.22 : DA1-C2: Resistenza di progetto GEO pali spalle

NON DRENATE	Nmin		Nmax	
	SLV	SLU	SLV	SLU
Lp [m]	24.3	24.3	24.3	24.3
Qres kN]	-5014	-5014	3370	3370
Qsoll kN]	-2667	-3608	-818	-1121
C.S.	1.88	1.39	>>1	>>1

DRENATE	Nmin		Nmax	
	SLV	SLU	SLV	SLU
Lp [m]	24.3	24.3	24.3	24.3
Qres kN]	-4978	-4978	3336	3336
Qsoll kN]	-2667	-3608	-818	-1121
C.S.	1.87	1.38	>>1	>>1

14.1.3.2. Verifica del carico limite ultimo per le forze orizzontali

Le forze orizzontali massime sui pali sono state già ottenute in precedenza al §14.1.1. E' risultato un taglio massimo di 853 kN per la spalla S1 e di 863 kN per la spalla S2.

Riferendoci ai valori limiti riportati nella Relazione Geotecnica, le verifiche sono soddisfatte:

spalla S1: $H_d = 1065 \text{ kN} > 853 \text{ kN}$ (c.s. = 1.25)

spalla S2: $H_d = 1078 \text{ kN} > 863 \text{ kN}$ (c.s. = 1.25)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 123 di 198</p>

14.1.3.3. Spostamenti in testa ai pali per verifiche SLE

Lo spostamento orizzontale in testa al palo è ricavato direttamente dal modello del palo riportato al par. 14.1.1 ed è in funzione del valore massimo di taglio agente, risultato pari a 528 kN per la spalla S2.

Il corrispondente valore di spostamento ELS massimo è $d=8.5$ mm.

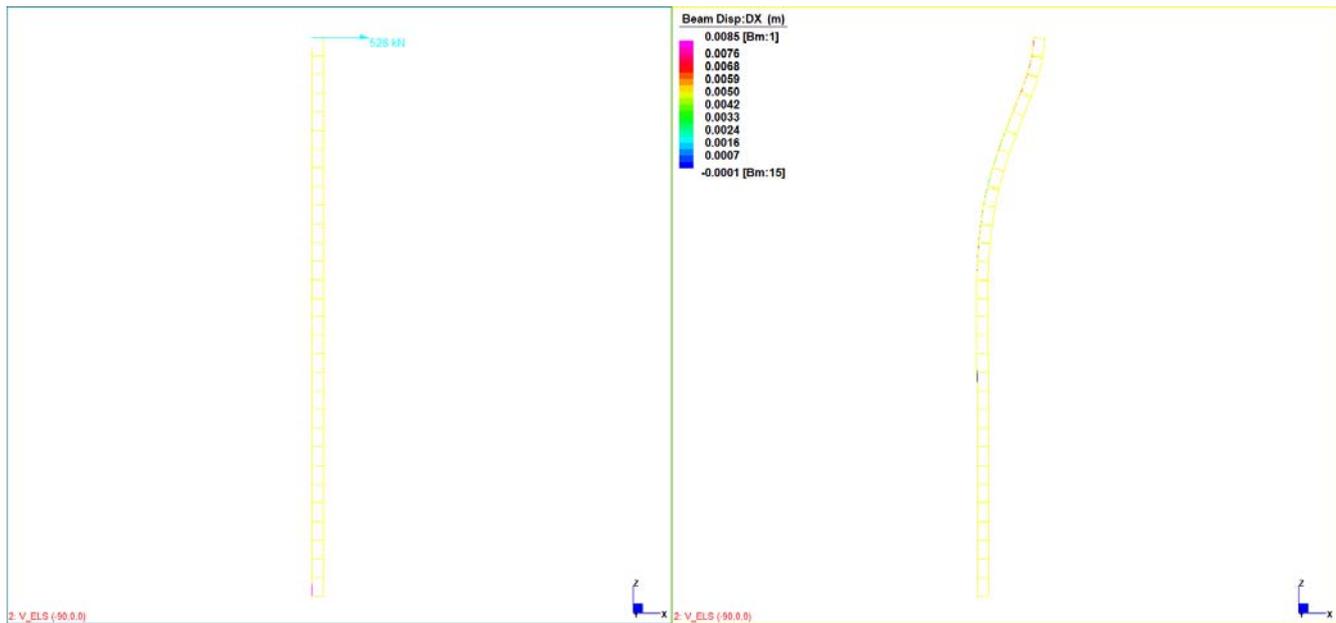


Figura 14.23: Spostamento orizzontale ELS-caratteristiche

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 124 di 198

14.2. PLINTO DI FONDAZIONE

14.2.1. Verifiche alle sollecitazioni normali

In questo capitolo riportiamo le giustificazioni relative alle sollecitazioni normali (flessione) del plinto delle spalle. Le giustificazioni seguono due diverse schematizzazioni:

1. La prima schematizzazione si basa sulla modellazione numerica della struttura studiata attraverso un modello FEM, che fornisce le sollecitazioni flettenti. Poiché le sollecitazioni normali nei plinti hanno uno sviluppo prevalentemente planare e quindi bidimensionale, distingueremo nel seguito le giustificazioni nelle due direzioni normali e principali del plinto, ovvero la direzione X e la direzione Y.

I significati dei simboli e delle convenzioni dei segni sono i seguenti:

M_{ii} = momento che tende le fibre parallelamente all'asse i ($i = x, y, z$);

$M_{ii} < 0 \Rightarrow$ le fibre superiori sono tese;

$M_{ii} > 0 \Rightarrow$ le fibre inferiori sono tese.

2. La seconda schematizzazione è utilizzata per la verifica dell'armatura inferiore nella direzione X longitudinale e si basa su un'analisi con un modello strut&ties, che fornisce le sollecitazioni garantendo le condizioni di equilibrio delle forze interne. In effetti, visti i rapporti dimensionali (altezza del plinto > distanza dei pali dal muro frontale della spalla) è opportuno verificare la struttura con la formulazione analitica valida per le mensole tozze, verificando che l'armatura inferiore posta sia sufficiente ad assorbire la componente inclinata del puntone compresso generata dalla reazione del palo.

In accordo con le indicazioni delle NTC 2008 par. 4.1.6.1.1 gli strati inferiori e superiori sollecitati in trazione devono avere le seguenti percentuali di rinforzo:

$$A_{s,\min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_y} b_t d \geq 0.0013 b_t d$$

Inoltre secondo l'EC8 - 1, par. 5.8.2, le piastre di fondazione devono avere un rapporto minimo di armatura $\rho_{s,\min} = 0.2\%$ sopra e sotto.

Verifica dell'armatura in Direzione Y
Schematizzazione #1

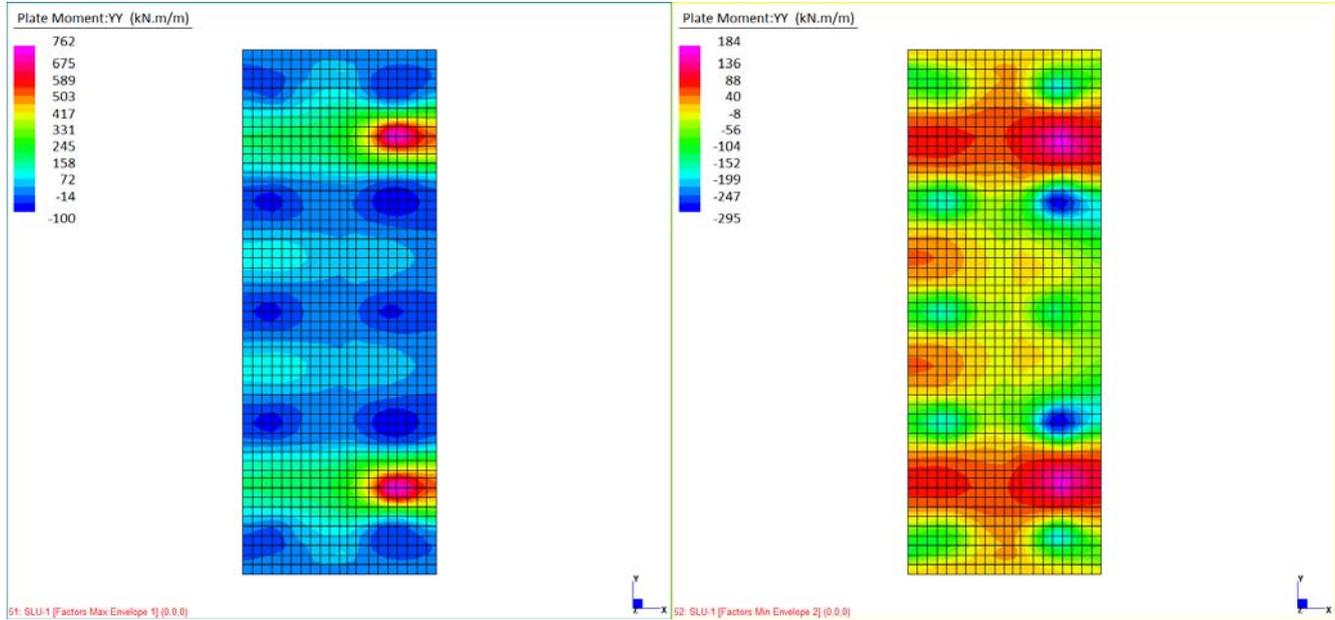


Figura 14.24: Involuppi SLU-stat – Spalla S1

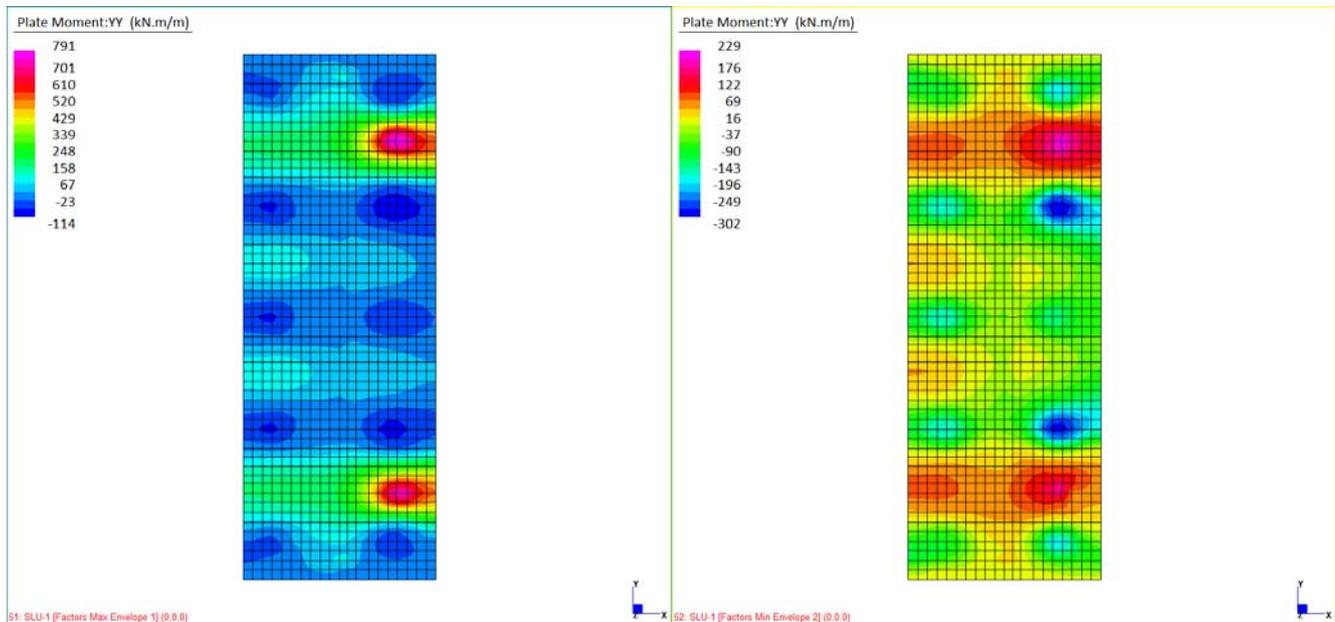


Figura 14.25: Involuppi SLU-stat – Spalla S2

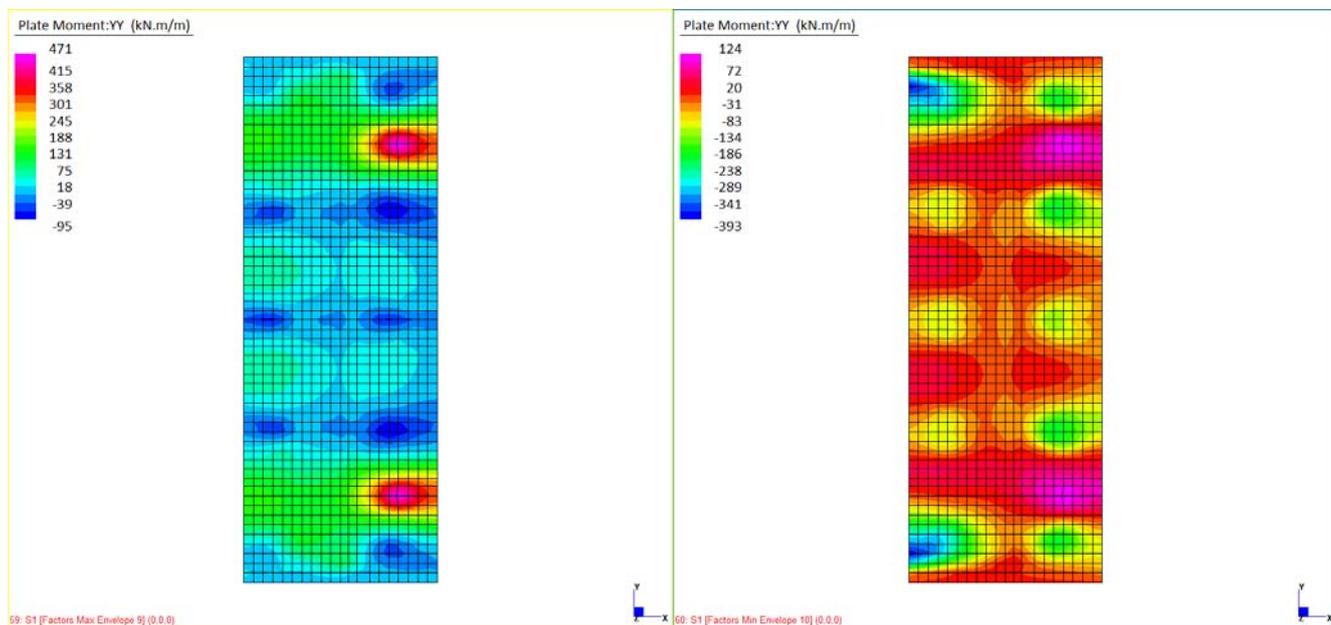


Figura 14.26: Involuppi SLV-sism – Spalla S1

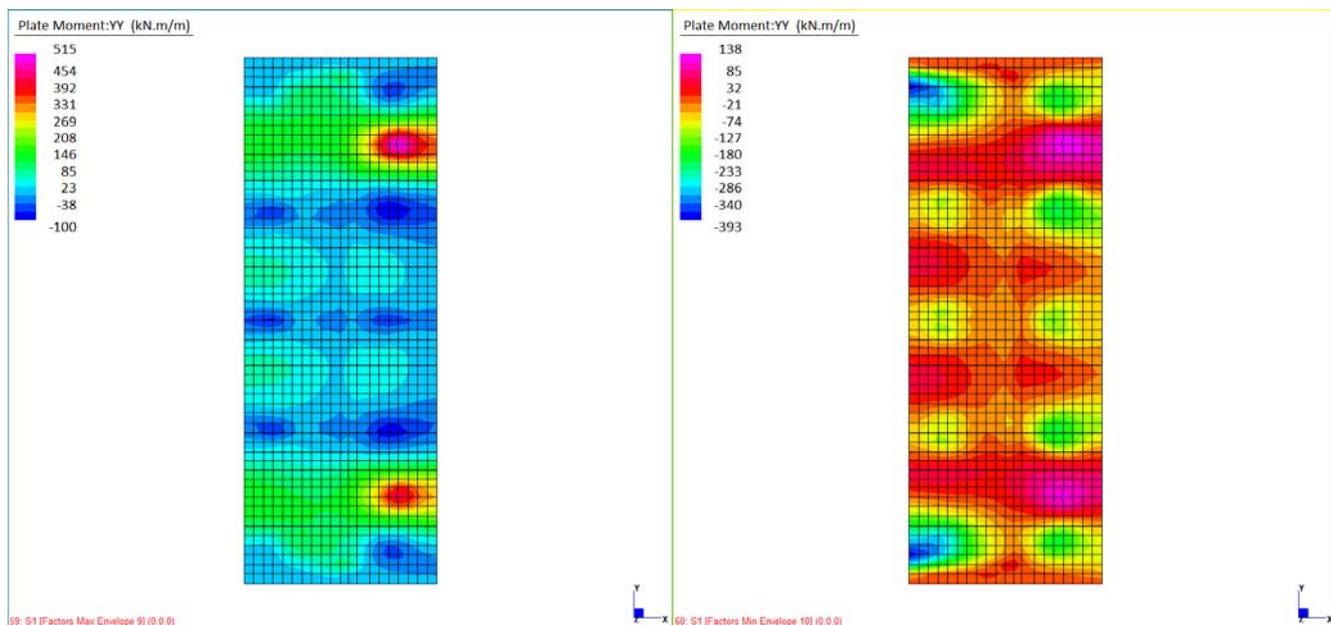


Figura 14.27: Involuppi SLV-sism – Spalla S2

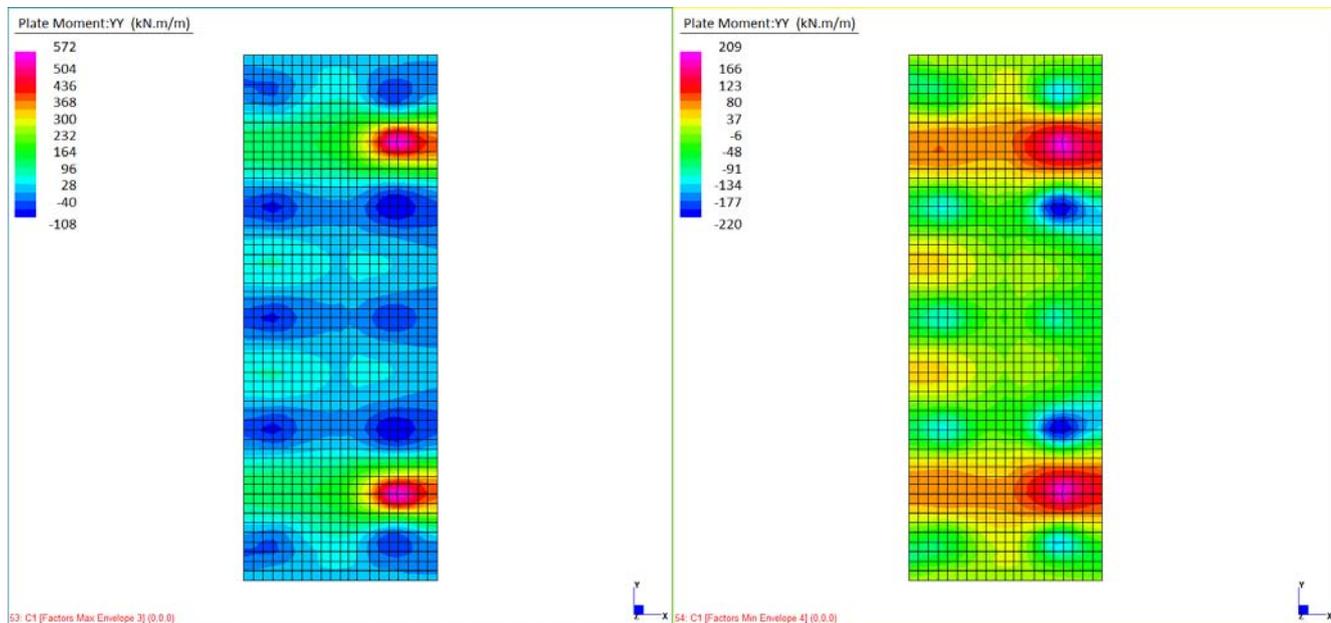


Figura 14.28: Involuppi SLE-carat – Spalla S1

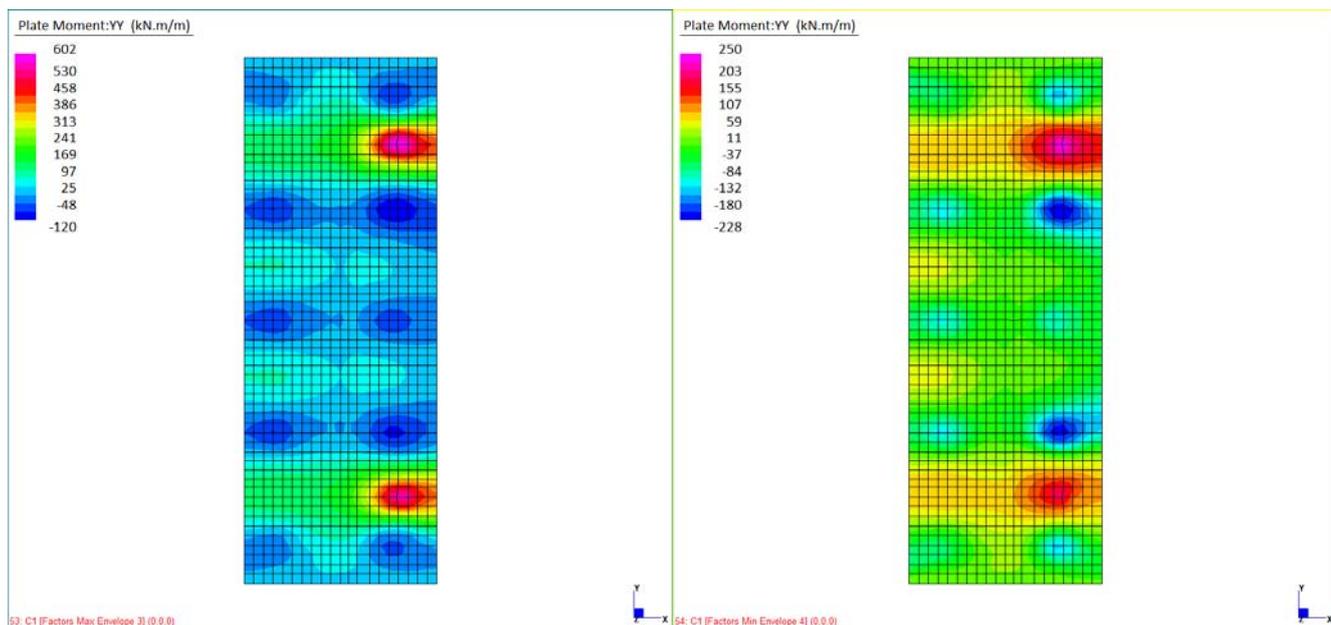


Figura 14.29: Involuppi SLE-carat – Spalla S2

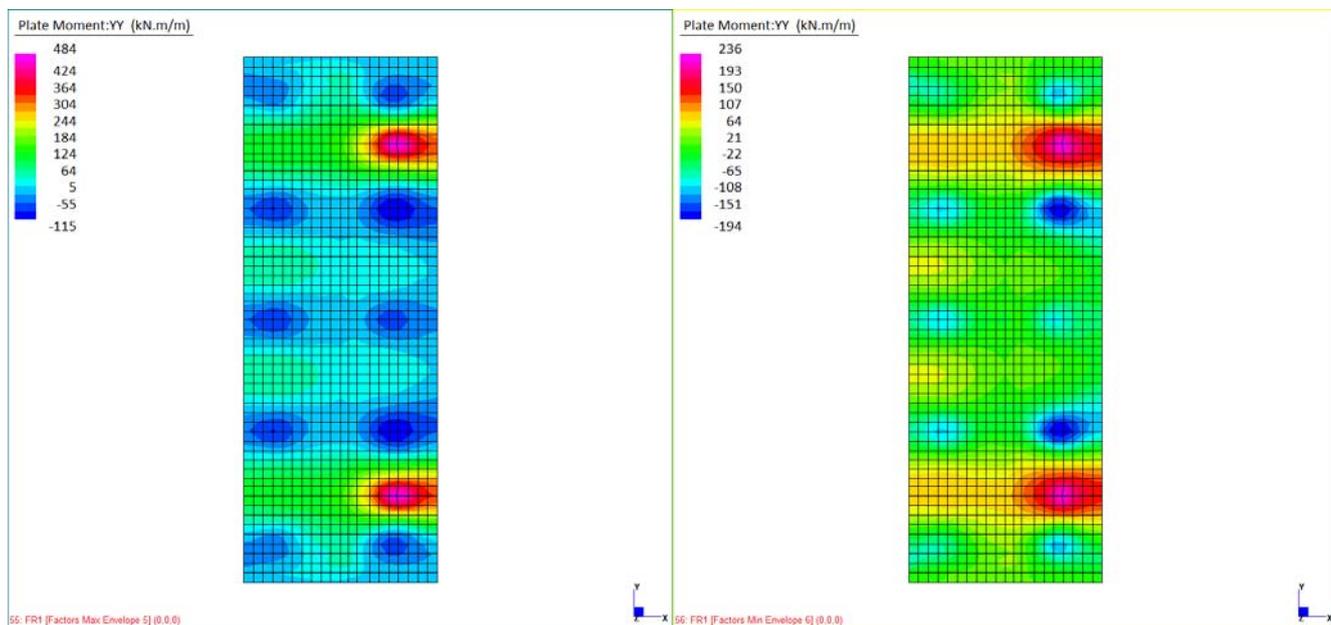


Figura 14.30: Involuppi SLE-freq – Spalla S1

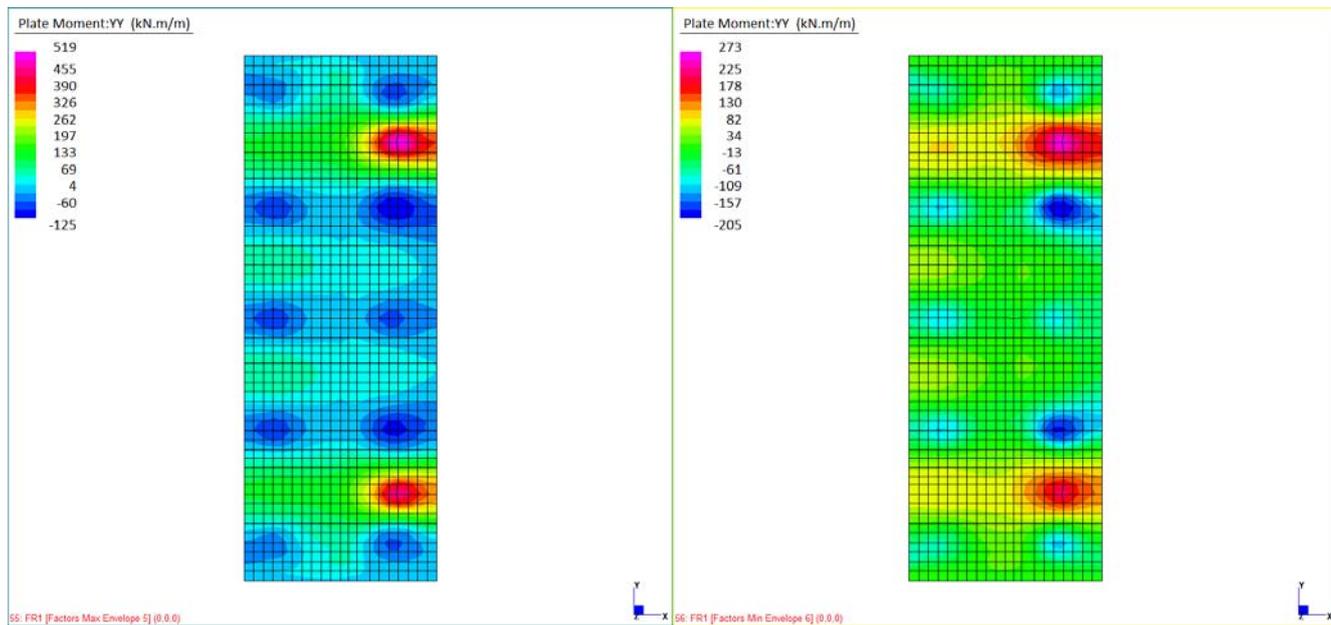


Figura 14.31: Involuppi SLE-freq – Spalla S2

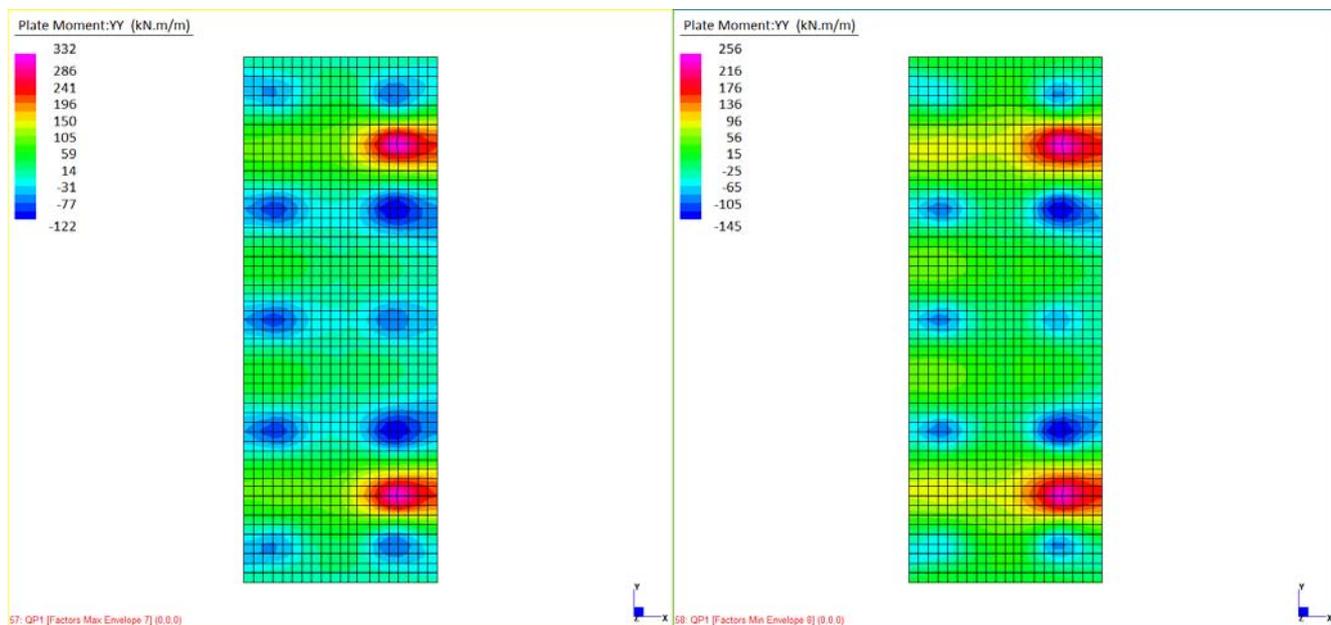


Figura 14.32: Involuppi SLE-qp – Spalla S1

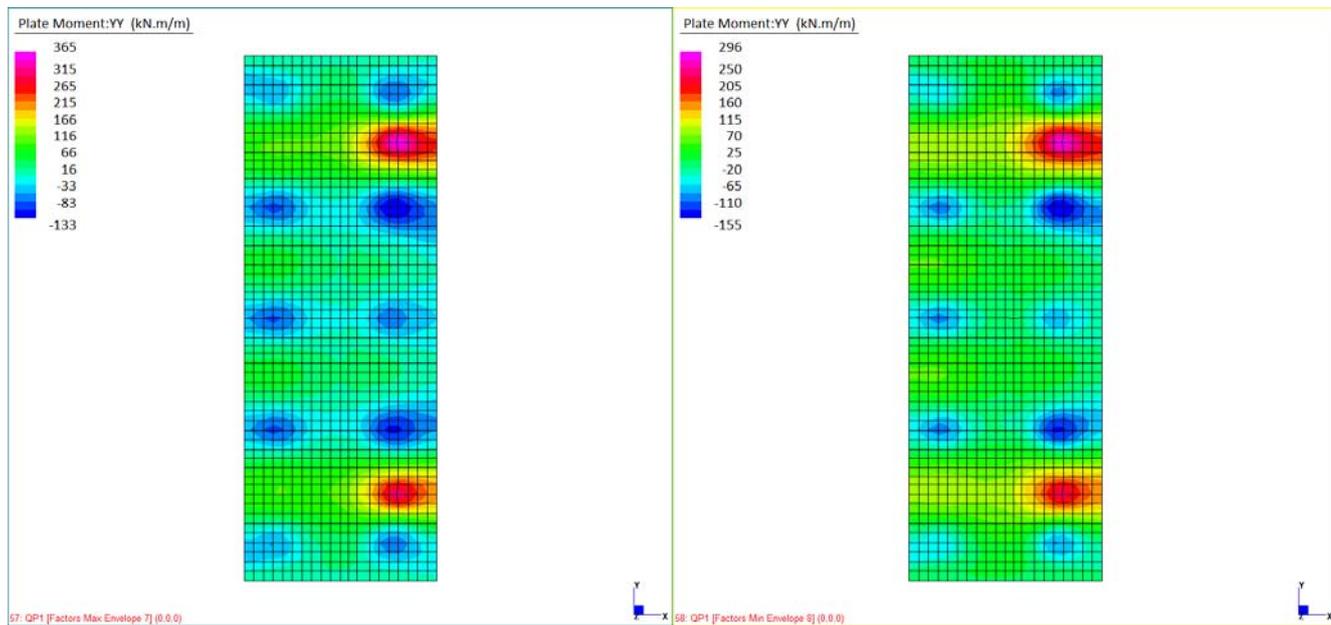
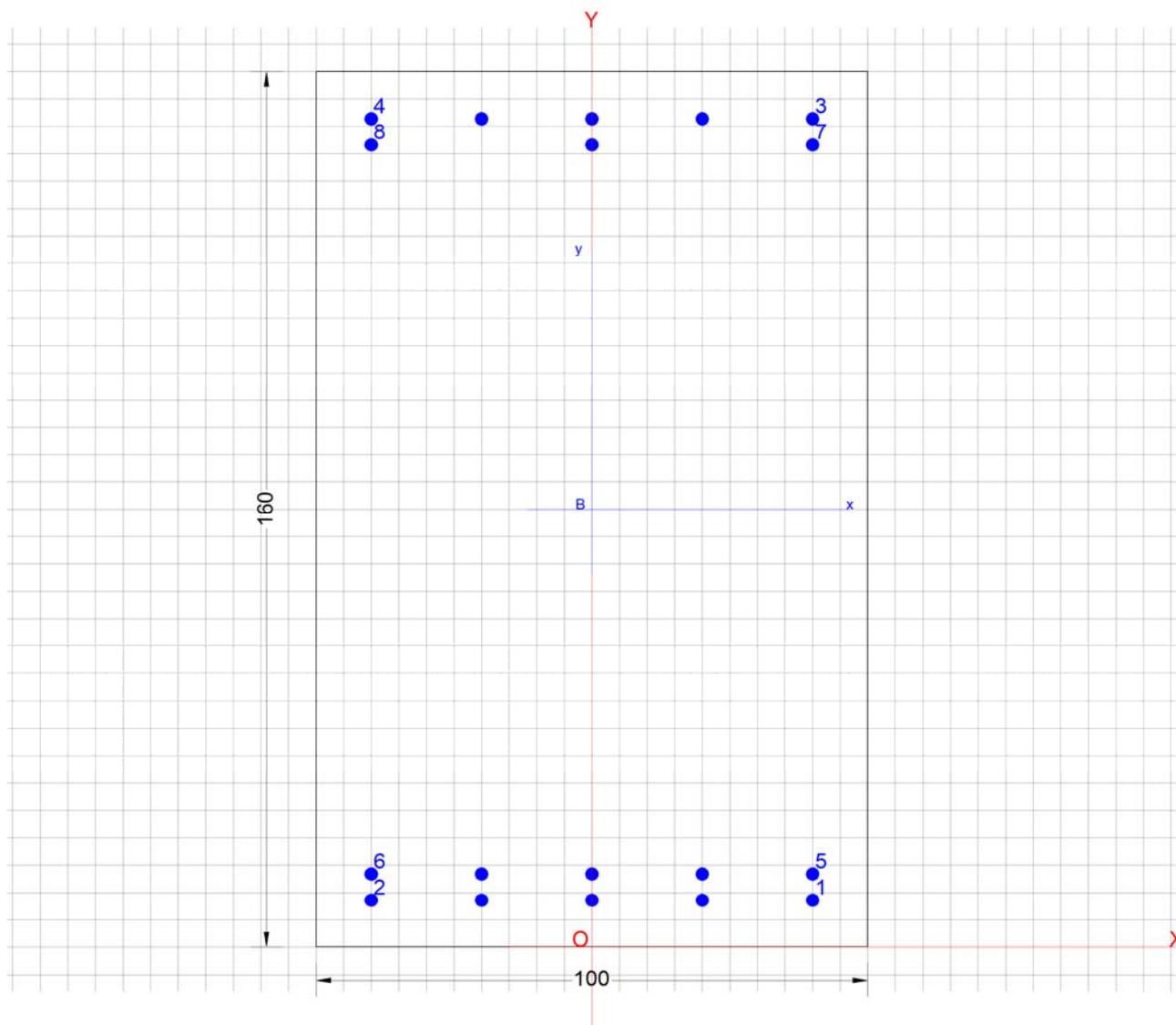


Figura 14.33: Involuppi SLE-qp – Spalla S2



Armatura disposta:

- inferiore: 2 strati di ϕ 24/20cm
- superiore: 1 strato di ϕ 24/20cm + 1 strato di ϕ 24/40cm

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 131 di 198</p>

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2 :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 132 di 198

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	160.0
3	50.0	160.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	8.6	24
2	-40.0	8.6	24
3	40.0	151.4	24
4	-40.0	151.4	24
5	40.0	13.4	24
6	-40.0	13.4	24
7	40.0	146.6	24
8	-40.0	146.6	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	24
3	5	6	3	24
4	7	8	1	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 										
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica Documento</td> <td>Rev.</td> <td>Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>A</td> <td>133 di 198</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio	IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	133 di 198
Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio							
IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	133 di 198							

1	0.00	791.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-302.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	515.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	-393.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	602.00	0.00
2	0.00	-228.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	519.00 (1288.32)	0.00 (0.00)
2	0.00	-205.00 (-1271.53)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	365.00 (1288.32)	0.00 (0.00)
2	0.00	-155.00 (-1271.53)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	------	-------	-------	-------	--------	--------	----------	---------

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 134 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 134 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 134 di 198		

1	S	0.00	2375.28	0.00	0.00	2539.35	0.00	3.210	45.2(22.9)
2	S	0.00	-1935.76	0.00	0.00	-2060.69	0.00	6.823	36.2(22.9)
3	S	0.00	2375.28	0.00	0.00	2539.35	0.00	4.931	45.2(22.9)
4	S	0.00	-1935.76	0.00	0.00	-2060.69	0.00	5.243	36.2(22.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01618	-50.0	160.0	0.00103	40.0	151.4	-0.03995	40.0	8.6
2	0.00350	-0.01756	-50.0	0.0	0.00086	-40.0	8.6	-0.04300	40.0	151.4
3	0.00350	-0.01618	-50.0	160.0	0.00103	40.0	151.4	-0.03995	40.0	8.6
4	0.00350	-0.01756	-50.0	0.0	0.00086	-40.0	8.6	-0.04300	40.0	151.4

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000287002	-0.042420341	0.081	0.700
2	0.000000000	-0.000307140	0.003500000	0.075	0.700
3	0.000000000	0.000287002	-0.042420341	0.081	0.700
4	0.000000000	-0.000307140	0.003500000	0.075	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.02	50.0	160.0	-98.8	-20.0	8.6	2550	45.2	4.8	1.00
2	S	0.81	-50.0	0.0	-46.0	-20.0	151.4	2530	36.2	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.75	-50.0	160.0	-85.2	-20.0	8.6	2550	45.2	4.8	1.00
2	S	0.73	-50.0	0.0	-41.4	-20.0	151.4	2530	36.2	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [SB.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 135 di 198

S1	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3	= 0.125 per flessione e presso-flessione: $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm	Distanza media tra le fessure [mm]
wk	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.0	0	0.125	24	74	-5.162	0.00017 (0.00017)	225	0.065 (0.20)	1288.32	0.00
2	S	-0.4	0	0.125	24	74	-37.472	0.00008 (0.00008)	272	0.038 (0.20)	-1271.53	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.23	-50.0	160.0	-59.9	-20.0	8.6	2550	45.2	4.8	0.50
2	S	0.55	-50.0	0.0	-31.3	-20.0	151.4	2530	36.2	20.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.7	0	0.125	24	74	-5.229	0.00012 (0.00012)	225	0.046 (0.20)	1288.32	0.00
2	S	-0.3	0	0.125	24	74	-32.648	0.00006 (0.00006)	272	0.029 (0.20)	-1271.53	0.00

Verifica dell'armatura in Direzione X
Schematizzazione #1

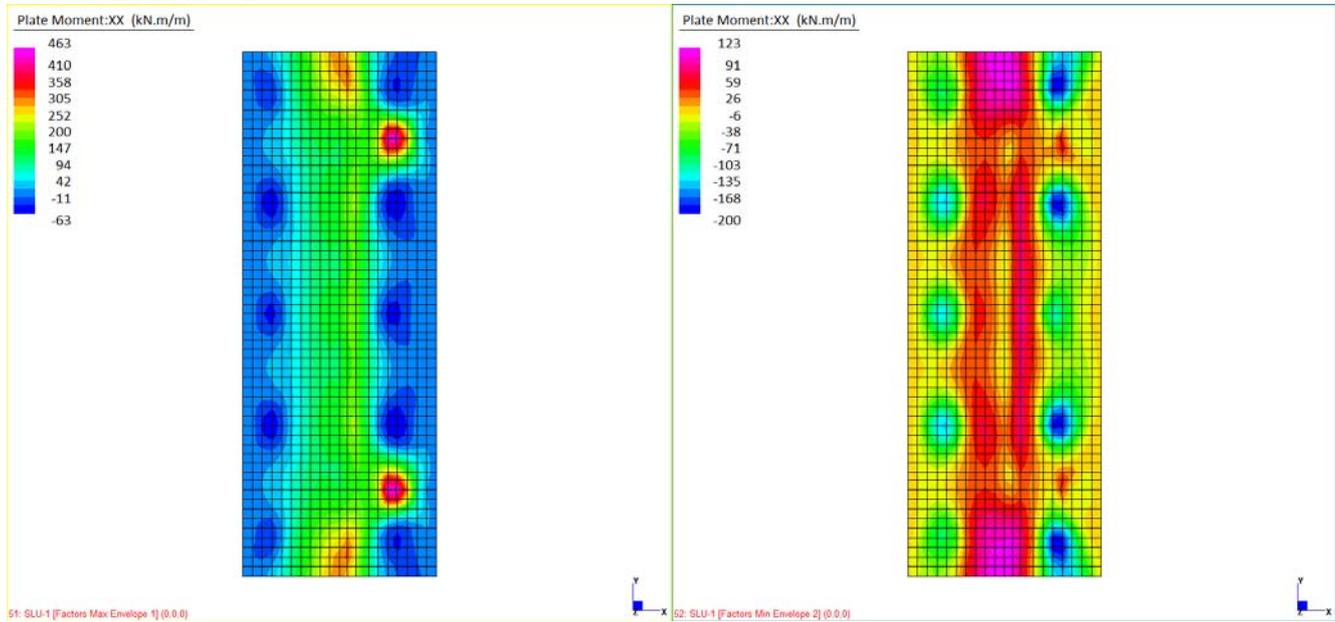


Figura 14.34: Involuppi SLU-stat – Spalla S1

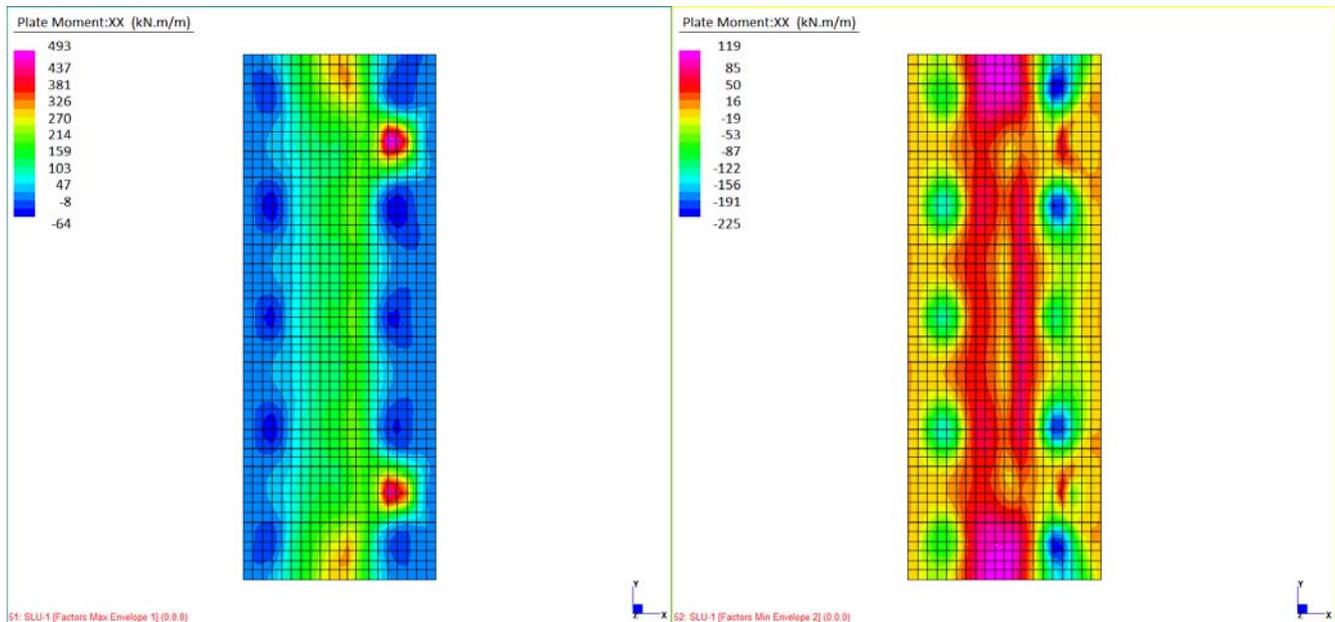


Figura 14.35: Involuppi SLU-stat – Spalla S2

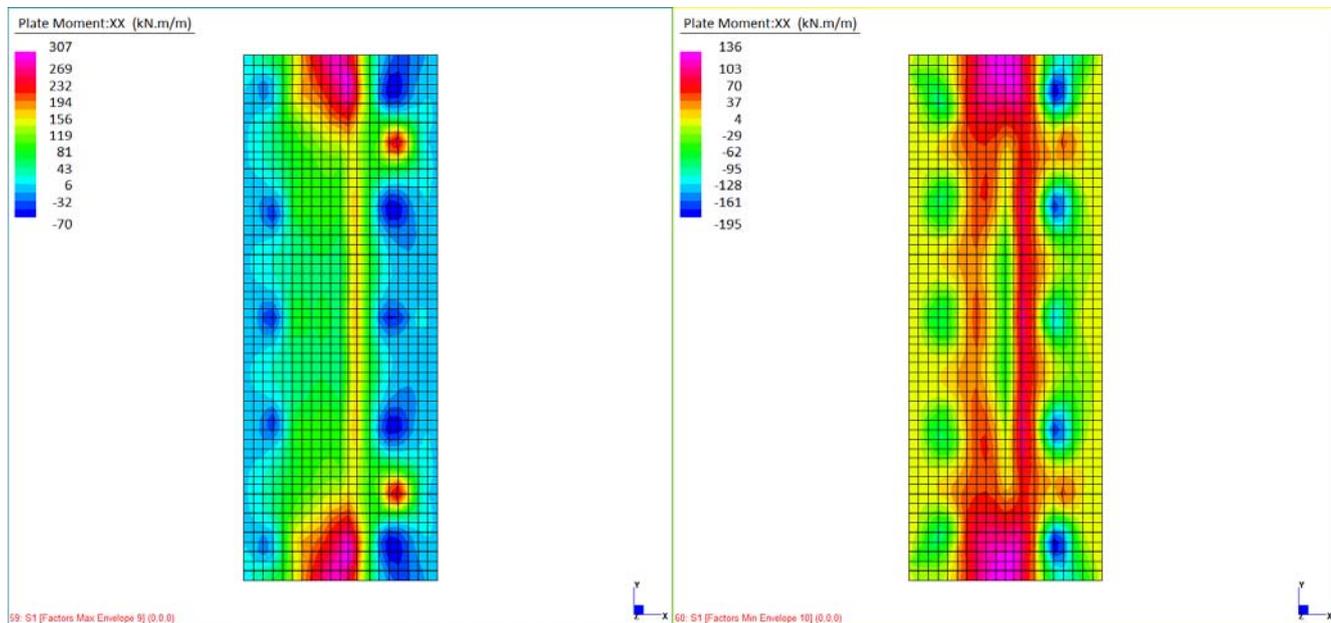


Figura 14.36: Involuppi SLV-sism – Spalla S1

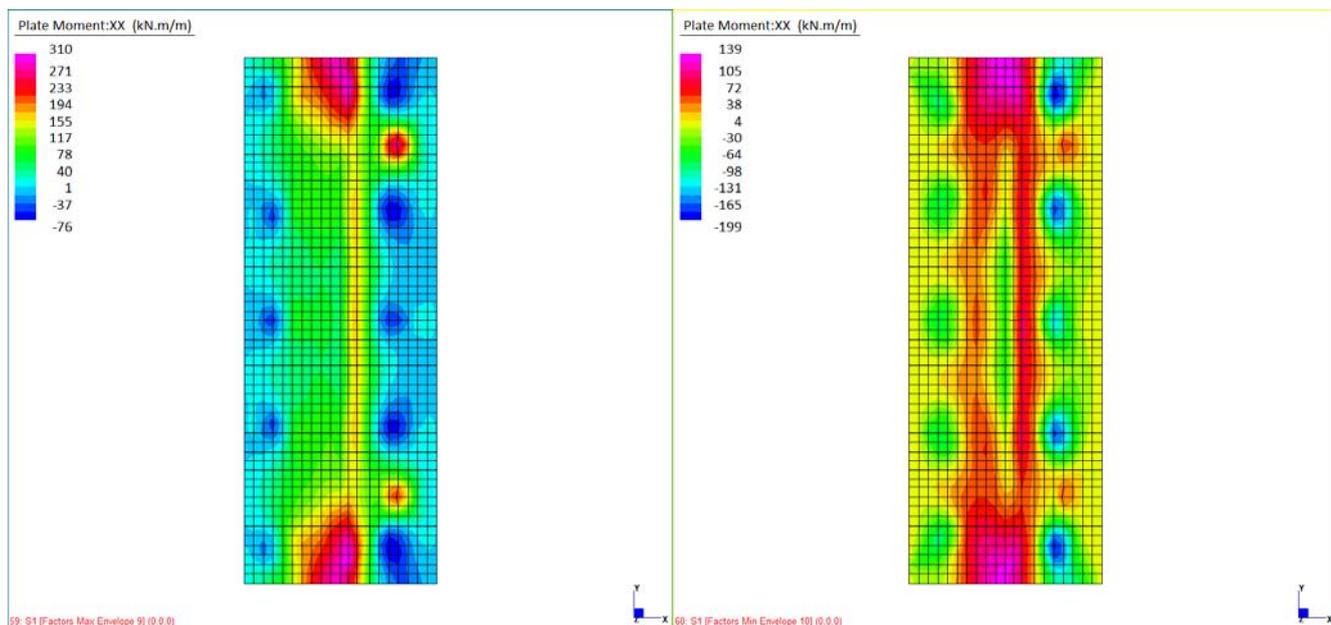


Figura 14.37: Involuppi SLV-sism – Spalla S2

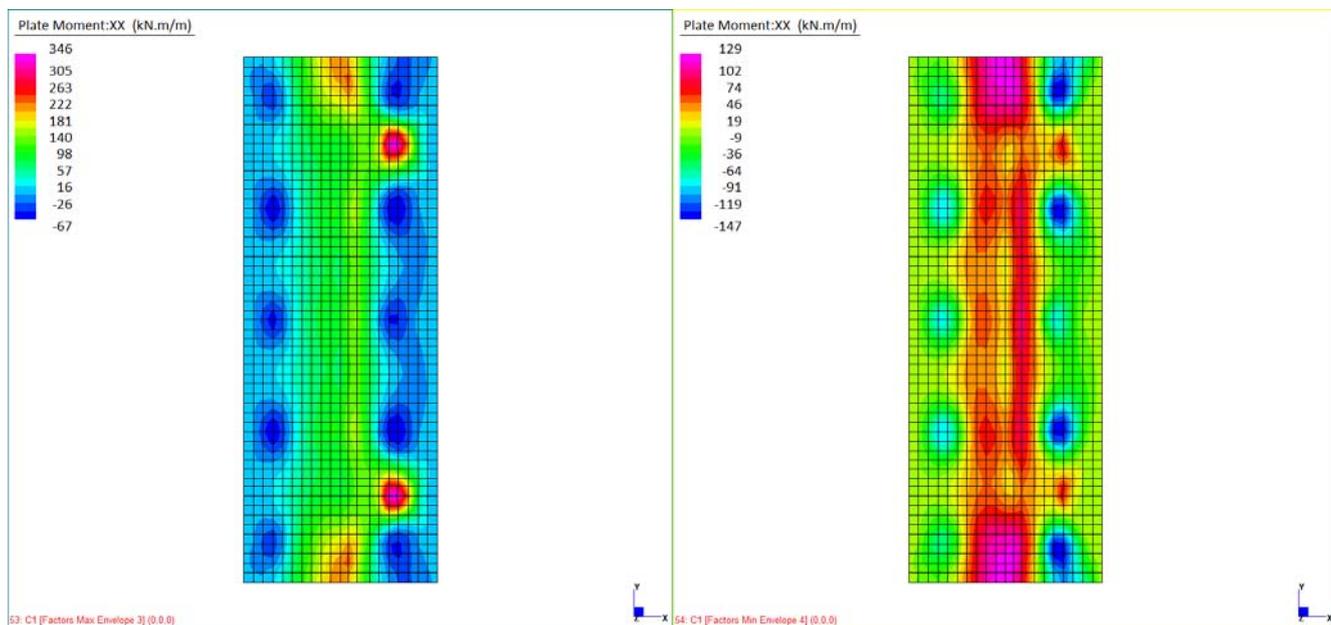


Figura 14.38: Involuppi SLE-carat – Spalla S1

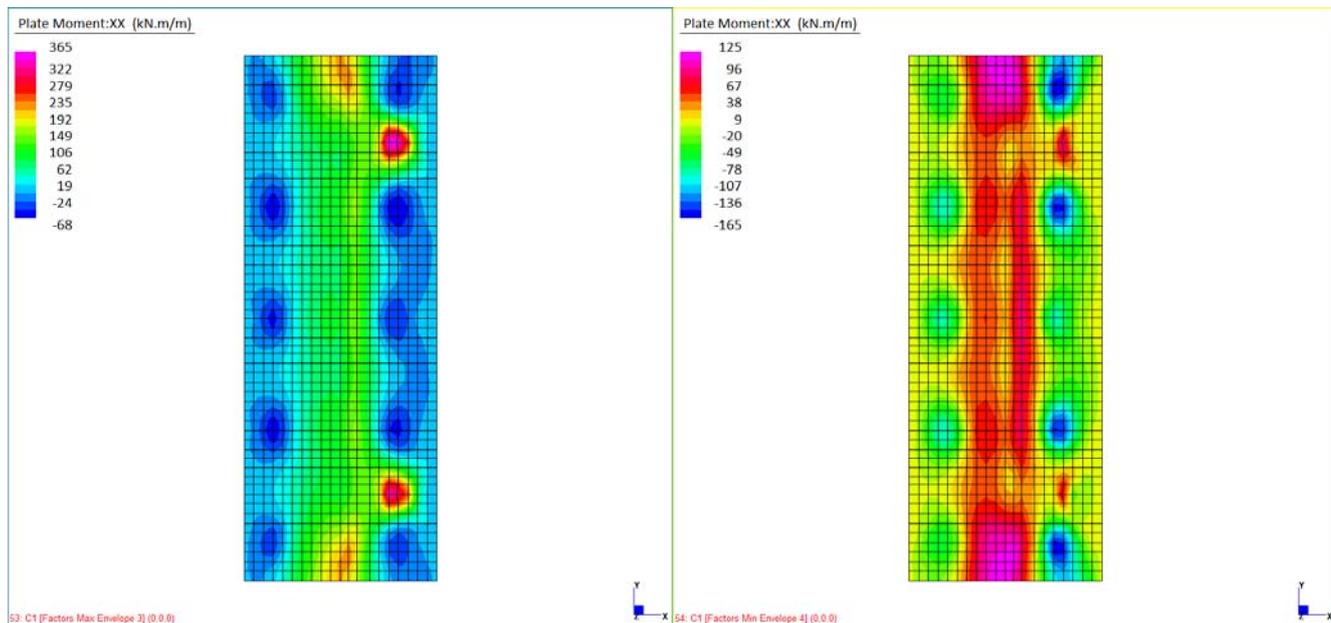


Figura 14.39: Involuppi SLE-carat – Spalla S2

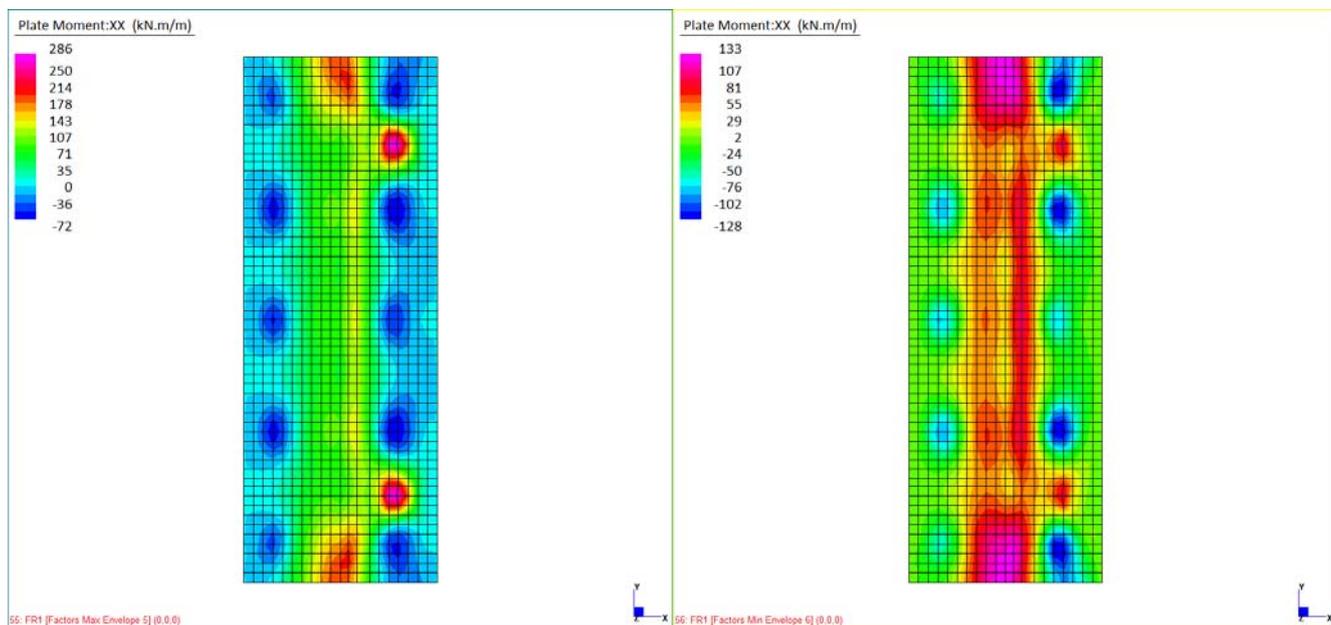


Figura 14.40: Involuppi SLE-freq – Spalla S1

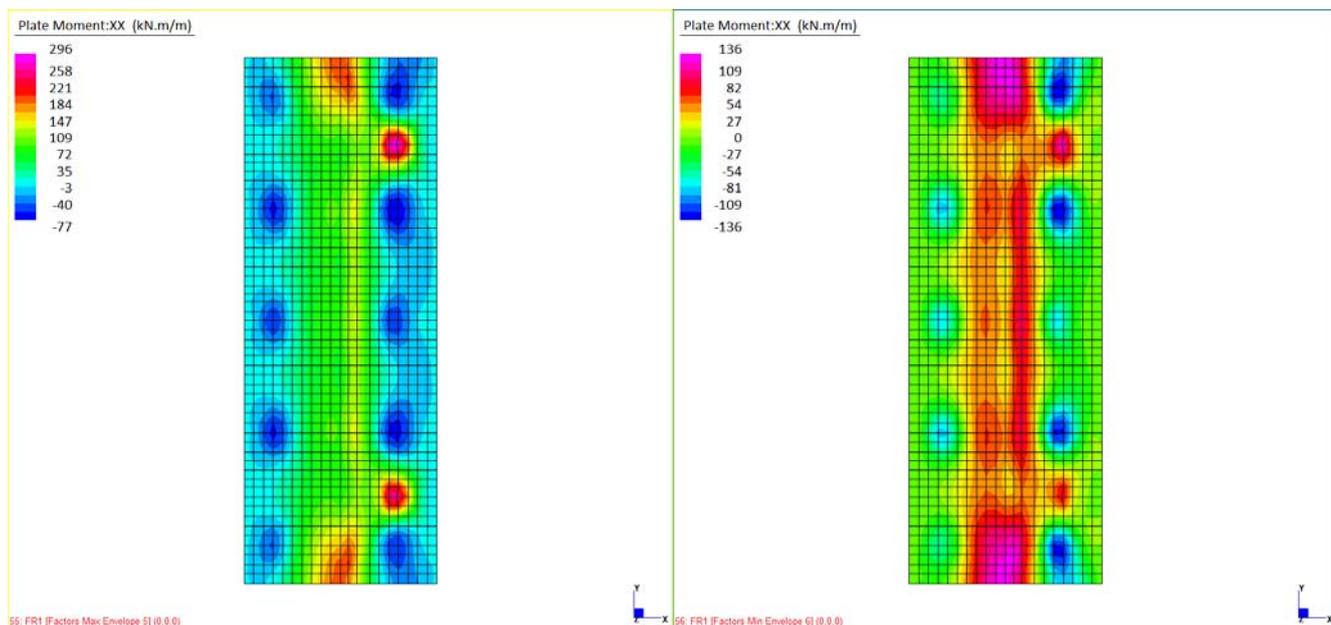


Figura 14.41: Involuppi SLE-freq – Spalla S2

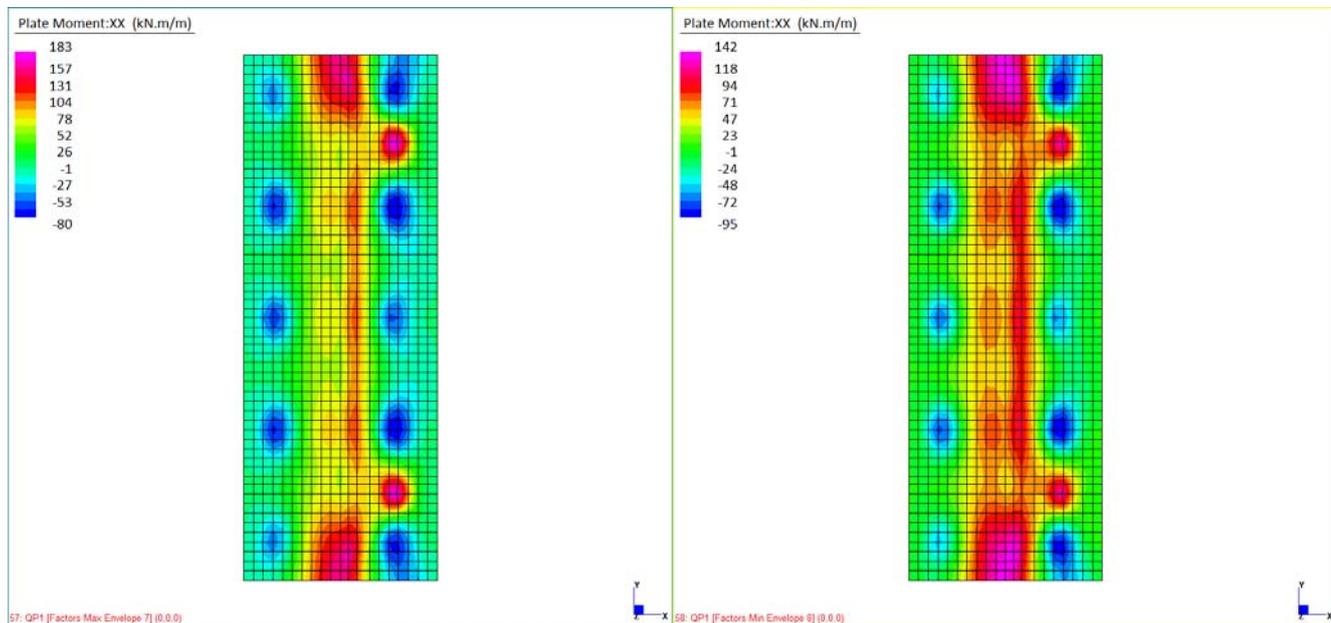


Figura 14.42: Involuppi SLE-qp – Spalla S1

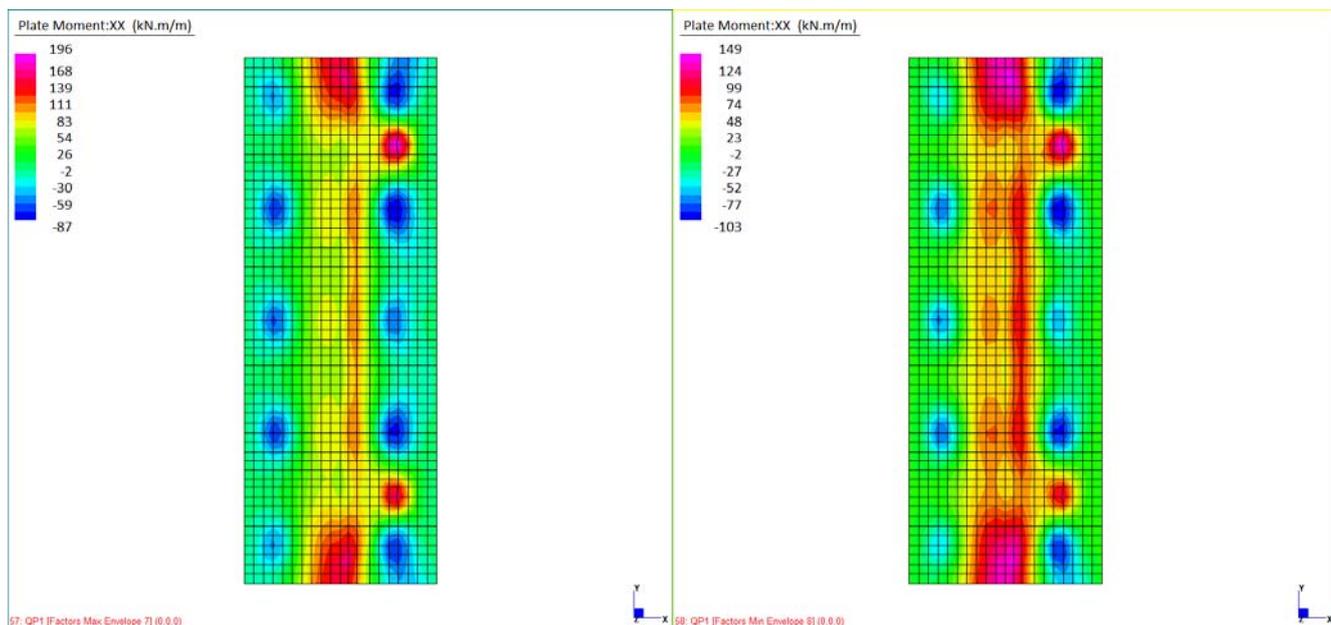
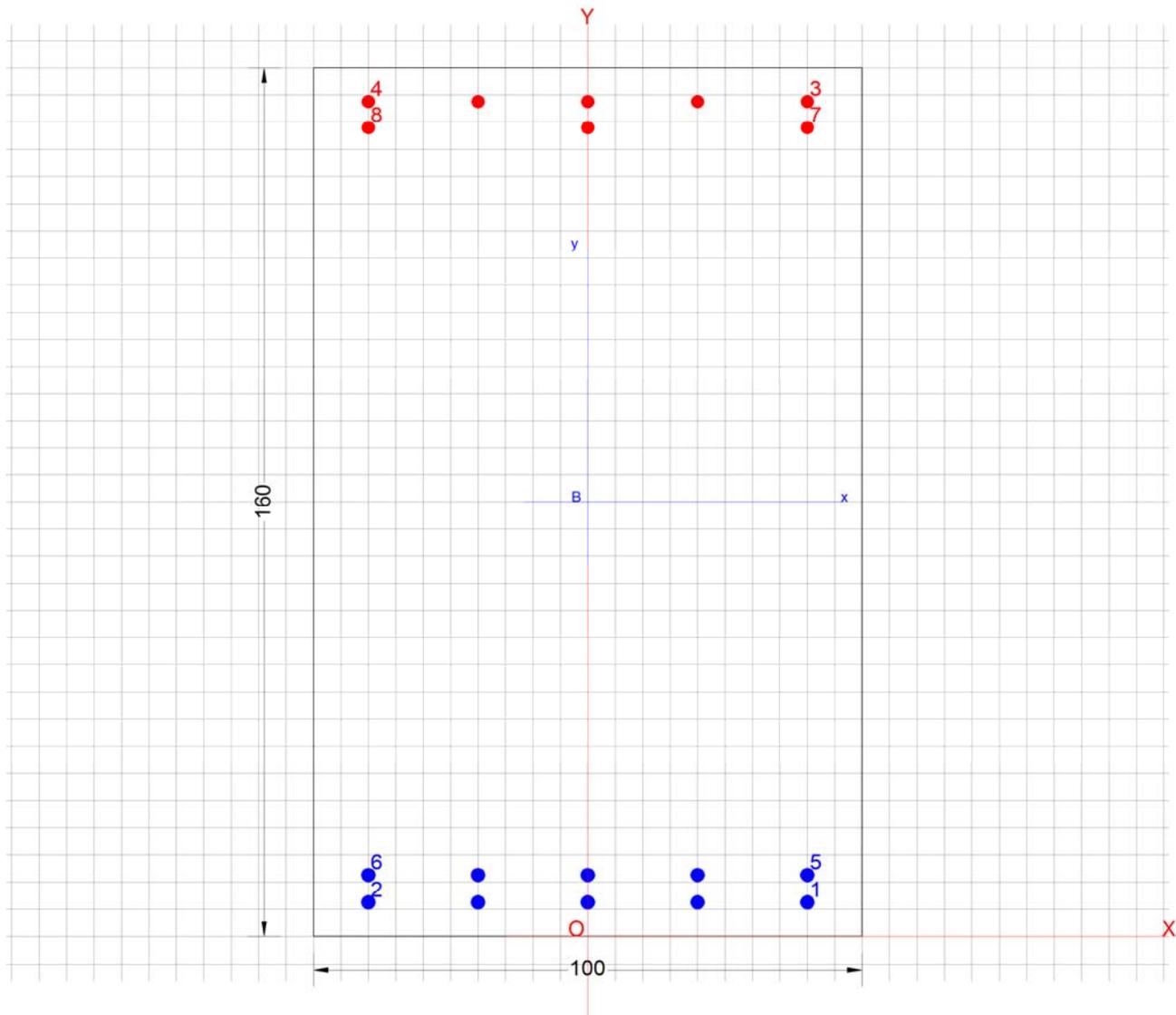


Figura 14.43: Involuppi SLE-qp – Spalla S2



Armatura disposta:

- inferiore: 2 strati di ϕ 26/20cm
- superiore: 1 strato di ϕ 24/20cm + 1 strato di ϕ 24/40cm

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 142 di 198</p>

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 143 di 198

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	160.0
3	50.0	160.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	6.3	26
2	-40.0	6.3	26
3	40.0	153.8	24
4	-40.0	153.8	24
5	40.0	11.3	26
6	-40.0	11.3	26
7	40.0	149.0	24
8	-40.0	149.0	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	26
2	3	4	3	24
3	5	6	3	26
4	7	8	1	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 144 di 198

1	0.00	493.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-225.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	310.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	-199.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione				

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	365.00	0.00
2	0.00	-165.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione				

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	296.00 (1328.06)	0.00 (0.00)
2	0.00	-136.00 (-1294.75)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione				

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	196.00 (1328.06)	0.00 (0.00)
2	0.00	-103.00 (-1294.75)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata				
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)				
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia				
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia				
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)				
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia				
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia				
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000				
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa				

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
--------	-----	------	-------	-------	-------	--------	--------	----------	---------

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 145 di 198

1	S	0.00	2821.88	0.00	0.00	3029.30	0.00	6.145	53.1(22.9)
2	S	0.00	-1981.02	0.00	0.00	-2105.13	0.00	9.356	36.2(22.9)
3	S	0.00	2821.88	0.00	0.00	3029.30	0.00	9.772	53.1(22.9)
4	S	0.00	-1981.02	0.00	0.00	-2105.13	0.00	10.579	36.2(22.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01745	-50.0	160.0	0.00161	40.0	153.8	-0.04347	40.0	6.3
2	0.00350	-0.02147	-50.0	0.0	0.00121	-40.0	6.3	-0.05250	40.0	153.8
3	0.00350	-0.01745	-50.0	160.0	0.00161	40.0	153.8	-0.04347	40.0	6.3
4	0.00350	-0.02147	-50.0	0.0	0.00121	-40.0	6.3	-0.05250	40.0	153.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000305564	-0.045390179	0.075	0.700
2	0.000000000	-0.000364098	0.003500000	0.063	0.700
3	0.000000000	0.000305564	-0.045390179	0.075	0.700
4	0.000000000	-0.000364098	0.003500000	0.063	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.12	-50.0	160.0	-50.4	0.0	6.3	2450	53.1	5.0	1.00
2	S	0.55	50.0	0.0	-32.5	-20.0	153.8	2284	36.2	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.91	-50.0	160.0	-40.9	-20.0	6.3	2450	53.1	5.0	1.00
2	S	0.45	-50.0	0.0	-26.8	-20.0	153.8	2284	36.2	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [SB.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 146 di 198

S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
 S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
 k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione: $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica
 \emptyset Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 Psi = $1 - \text{Beta}12 * (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (fctm/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 * (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 * Ss/Es$ è tra parentesi
 srm Distanza media tra le fessure [mm]
 wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * sm * srm$. Valore limite tra parentesi
 MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	\emptyset	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.6	0	0.125	26	50	-19.130	0.00008 (0.00008)	170	0.024 (0.20)	1328.06	0.00
2	S	-0.3	0	0.125	24	50	-89.635	0.00005 (0.00005)	216	0.020 (0.20)	-1294.75	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.60	-50.0	160.0	-27.1	-20.0	6.3	2450	53.1	5.0	0.50
2	S	0.34	-50.0	0.0	-20.3	-20.0	153.8	2284	36.2	20.0	0.50

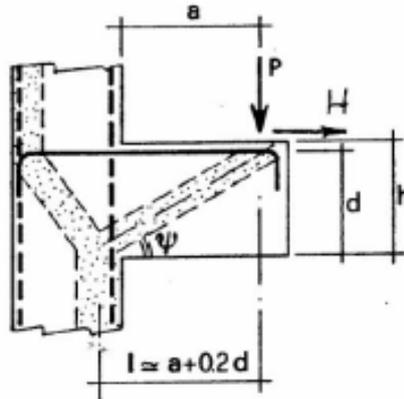
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	\emptyset	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.4	0	0.125	26	50	-21.956	0.00005 (0.00005)	170	0.016 (0.20)	1328.06	0.00
2	S	-0.2	0	0.125	24	50	-78.007	0.00004 (0.00004)	216	0.015 (0.20)	-1294.75	0.00

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 147 di 198

Schematizzazione #2

La verifica del plinto è effettuata sulla base delle teoria di resistenza di elementi tozzi come da punto C4.1.2.1.5 della circolare 02/02/2009 n°617/C.S.LL.PP.



Il meccanismo resistente è costituito da un tirante orizzontale inferiore corrispondente all'armatura tesa e da un puntone di calcestruzzo inclinato di ψ , che riporta il carico P_{Ed} entro in bordo del muro frontale della spalla. Con le dimensioni geometriche indicate nella figura di cui sopra, attraverso l'equilibrio del nodo caricato si ottiene la portanza della mensola del plinto in termini di resistenza dell'armatura:

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda}$$

Con: $\lambda = \text{ctg } \psi \cong l / (0,9d)$, al fine di ottenere la verifica si avrà:

$$P_R > P_{Ed}$$

Per quanto riguarda la verifica del puntone in calcestruzzo si dovrà avere:

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1 + \lambda^2} > P_{Rs}$$

Con $c=1$ per sbalzi e piastre non provvisti di staffature e $c=1.5$ per sbalzi di travi provvisti di staffatura.

Per la verifica strut&tie dell'armatura inferiore si dispongono 3 strati di ϕ 26/20cm per 1.80 m di larghezza sopra i pali.

Nella tabella seguente sono sintetizzate le verifiche per la condizione statica (a sinistra) e per quella sismica (a destra). Per quanto riguarda la terminologia degli sforzi considerati nelle verifiche si ha :

- Q_{sk} e Q_{sd} sono le sollecitazioni verticali trasmesse dal palo maggiormente sollecitato in condizioni statiche al plinto di fondazione. Il primo è il valore caratteristico, il secondo quello di progetto ; nel caso in esame essi sono riportati uguali in quanto i valori adottati sono quelli già combinati, così come riportati al §14.1.1 ;
- H_{sk} e H_{sd} sono le sollecitazioni orizzontali trasmesse dal palo maggiormente sollecitato in condizioni statiche al plinto di fondazione. Il primo è il valore caratteristico, il secondo quello di progetto ; nel caso in esame essi sono riportati uguali in quanto i valori adottati sono quelli già combinati, così come riportati al §14.1.1 ;
- Q_{ak} e Q_{ad} sono le sollecitazioni verticali trasmesse dal palo maggiormente sollecitato in condizioni sismiche al plinto di fondazione. Il primo è il valore caratteristico, il secondo quello di progetto ; nel caso in esame essi sono riportati uguali in quanto i valori adottati sono quelli già combinati, così come riportati al §14.1.1 ;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 148 di 198

- Hak e Had sono le sollecitazioni orizzontali trasmesse dal palo maggiormente sollecitato in condizioni sismiche al plinto di fondazione. Il primo è il valore caratteristico, il secondo quello di progetto ; nel caso in esame essi sono riportati uguali in quanto i valori adottati sono quelli già combinati, così come riportati al §14.1.1.

Si osservi che per 'c' si intende il copriferro netto delle armature del plinto. Per la corretta definizione del modello tirante-puntone, è stata considerata un'altezza utile della sezione ridotta, tenendo conto della predisposizione di tre strati di armature.

Q _{sk}	2578	kN	
H _{sk}	658	kN	
Q _{sd}	2578	kN	
H _{sd}	658	kN	
h	1600	mm	
c	50	mm	
d	1485	mm	
b	1800	mm	
f _{yd}	391.0	MPa	
f _{cd}	14.2	MPa	
Φ	26	mm	
n°	15	ferri/metro	
A _s	14335	mm ²	
a	1300	mm	
l	1597	mm	
λ	1.19	-	
P _{rs}	4140	kN	> Ped
P _{rc}	6239	kN	> P _{rs}
CS		1.61	

Q _{ak}	1912	kN	
H _{ak}	853	kN	
Q _{ad}	1912	kN	
H _{ad}	853	kN	
h	1600	mm	
c	50	mm	
d	1485	mm	
b	1800	mm	
f _{yd}	391.0	MPa	
f _{cd}	14.2	MPa	
Φ	26	mm	
n°	15	ferri/metro	
A _s	14335	mm ²	
a	1300	mm	
l	1597	mm	
λ	1.19	-	
P _{rs}	3977	kN	> Ped
P _{rc}	6239	kN	> P _{rs}
CS		2.08	

In conclusione l'armatura a flessione del plinto è costituita da :

direzione Y

- inferiore: 2 strati di φ 24/20cm
- superiore: 1 strato di φ 24/20cm + 1 strato di φ 24/40cm

direzione X

- inferiore: 2 strati di φ 26/20cm (armatura corrente), 3 strati di φ 26/20cm (per 1.80 m sopra i pali)
- superiore: 1 strato di φ 24/20cm + 1 strato di φ 24/40cm

14.2.2. Verifiche alle sollecitazioni taglianti

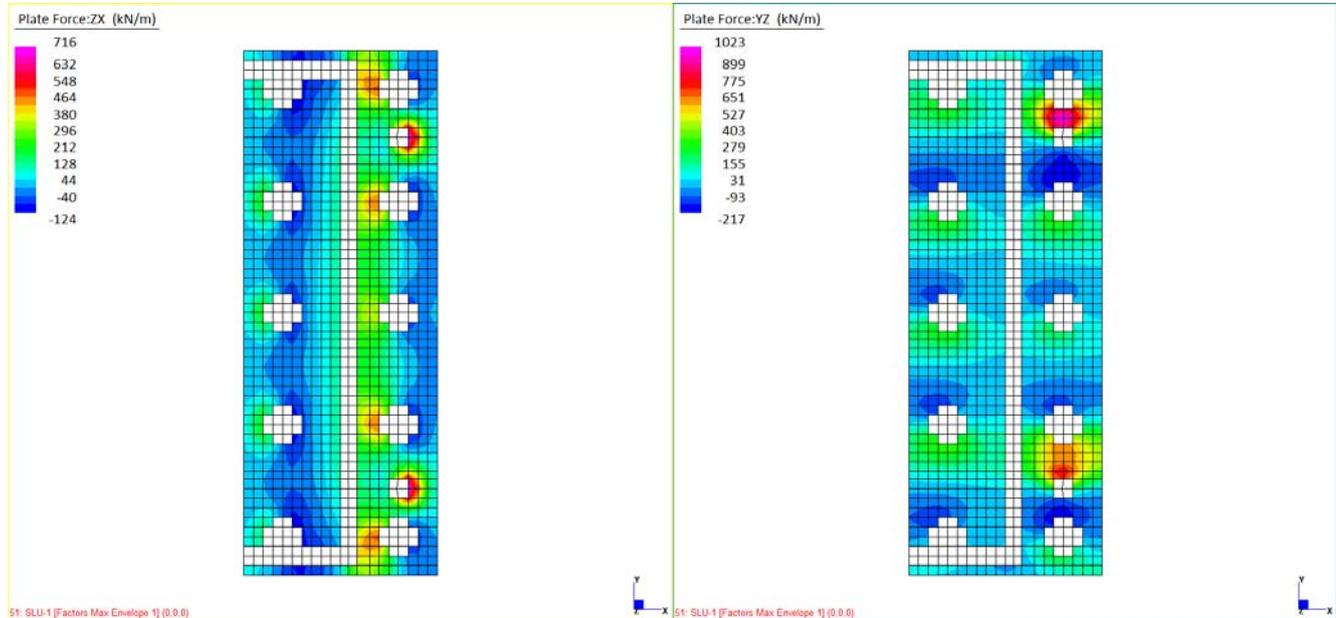


Figura 14.44: Involuppi SLU max – Spalla S1

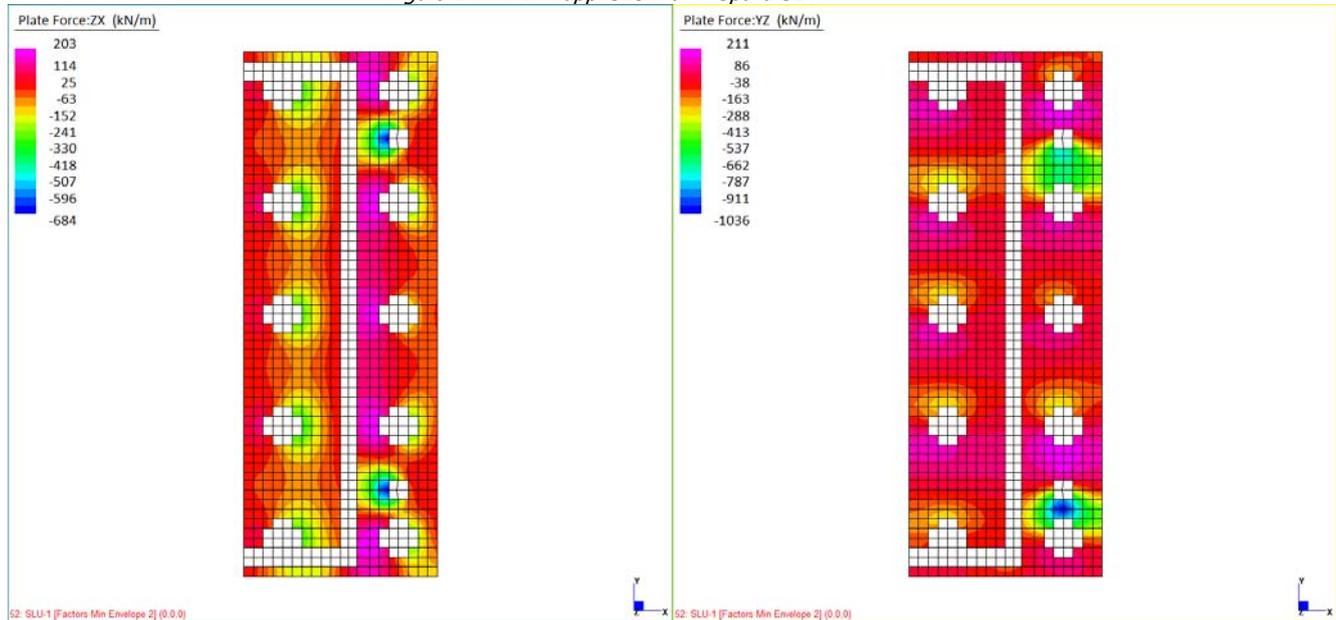


Figura 14.45: Involuppi SLU min – Spalla S1

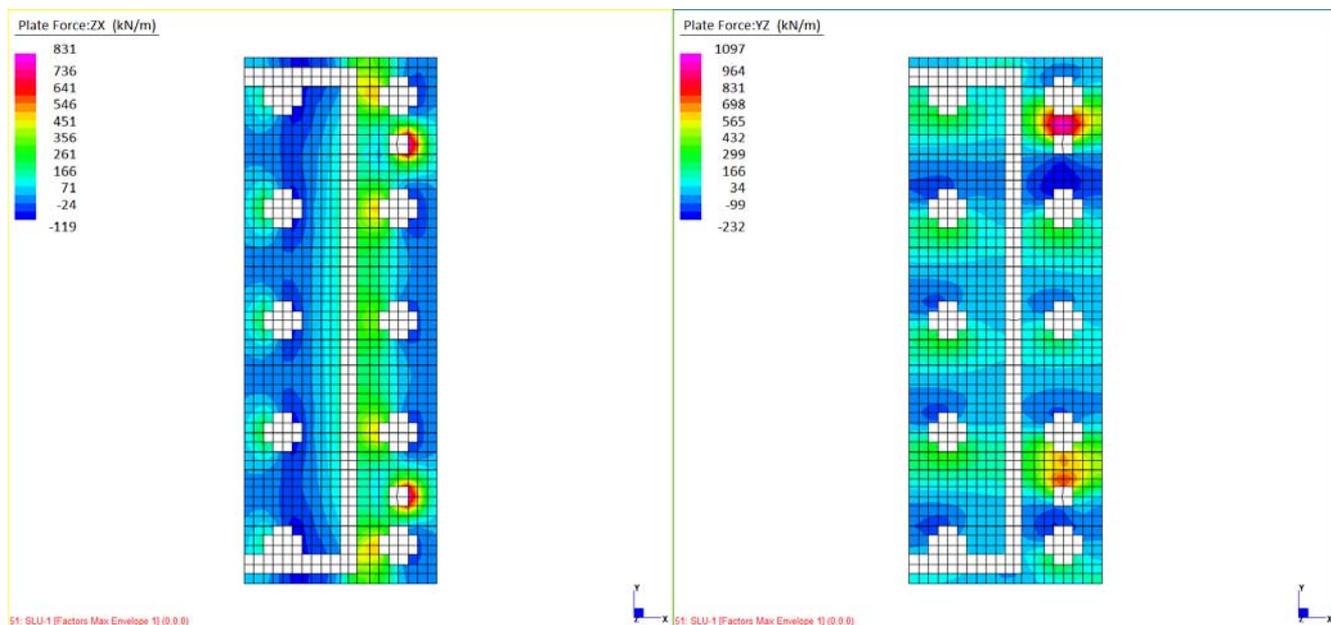


Figura 14.46: Involuppi SLU max – Spalla S2

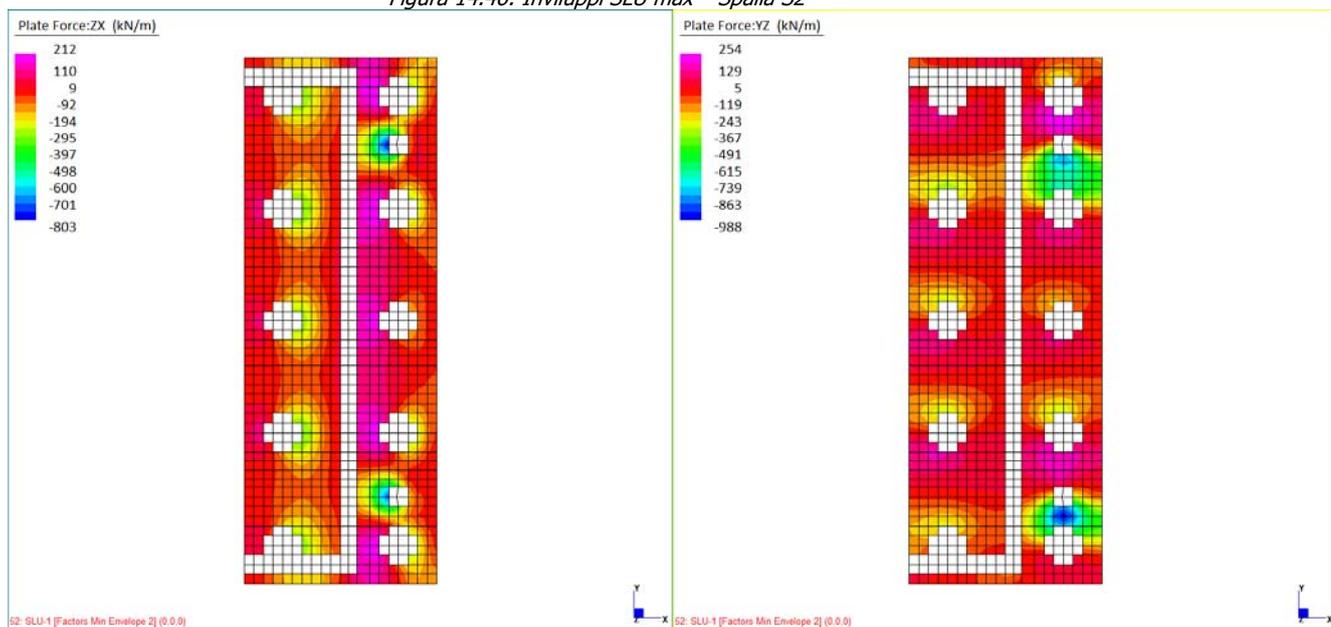


Figura 14.47: Involuppi SLU min – Spalla S2

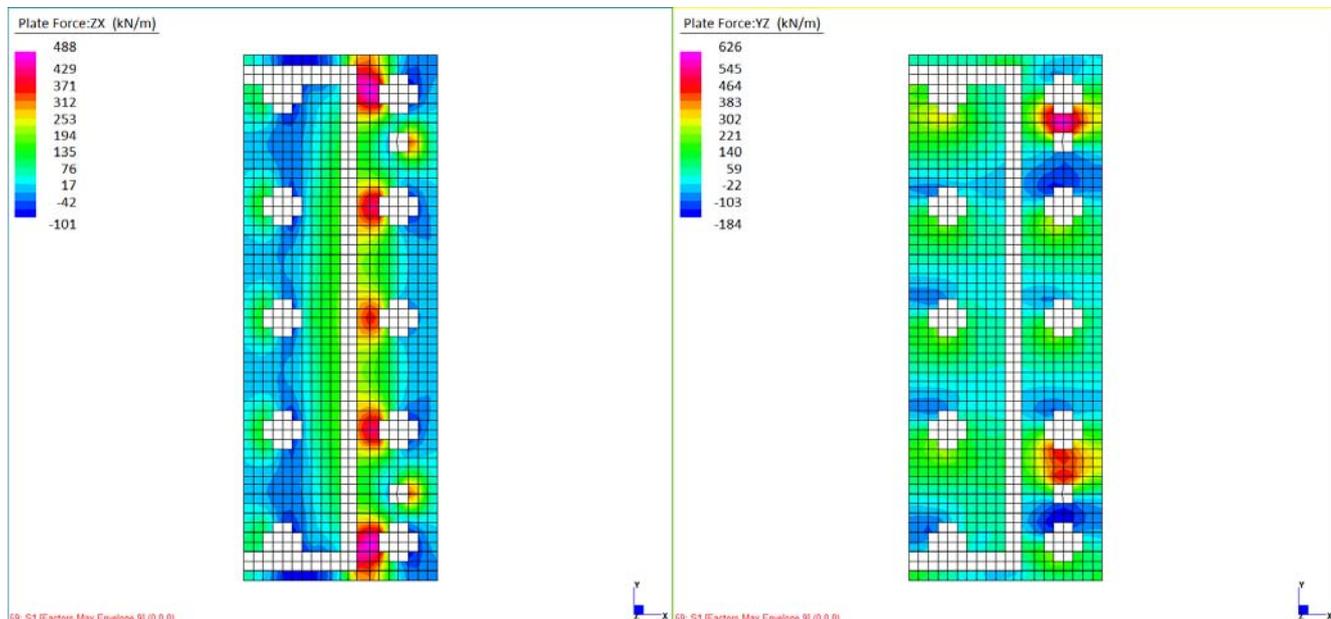


Figura 14.48: Inviluppi SLV max – Spalla S1

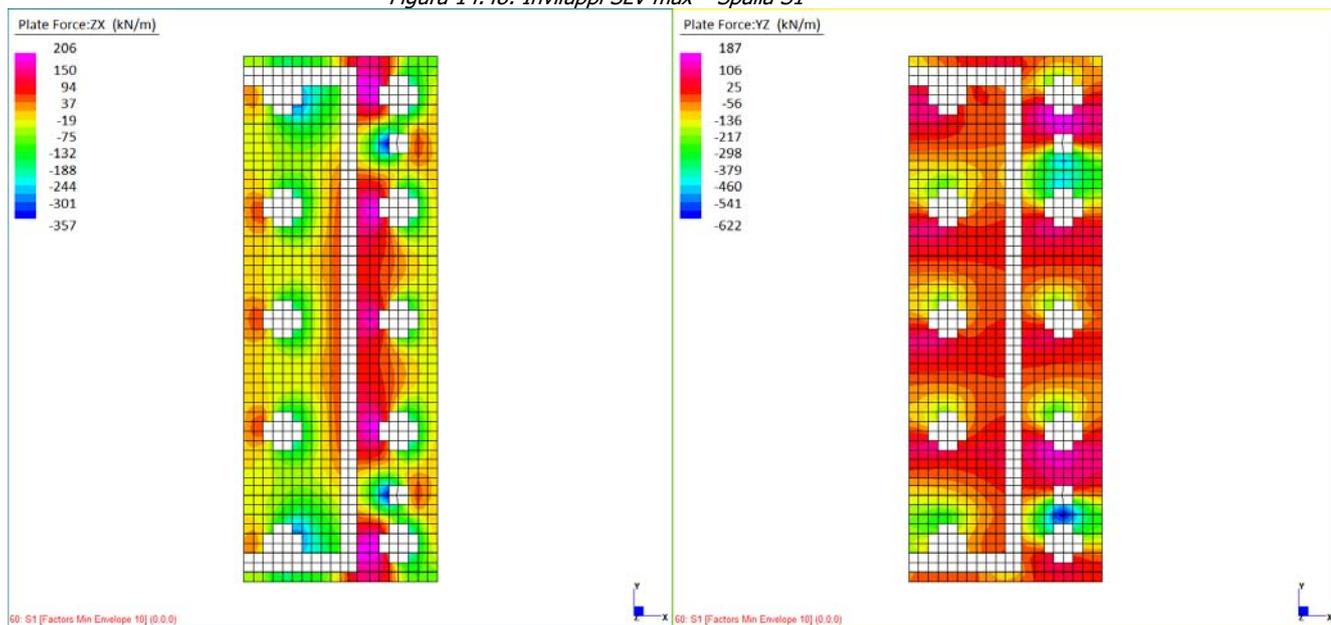


Figura 14.49: Inviluppi SLV min – Spalla S1

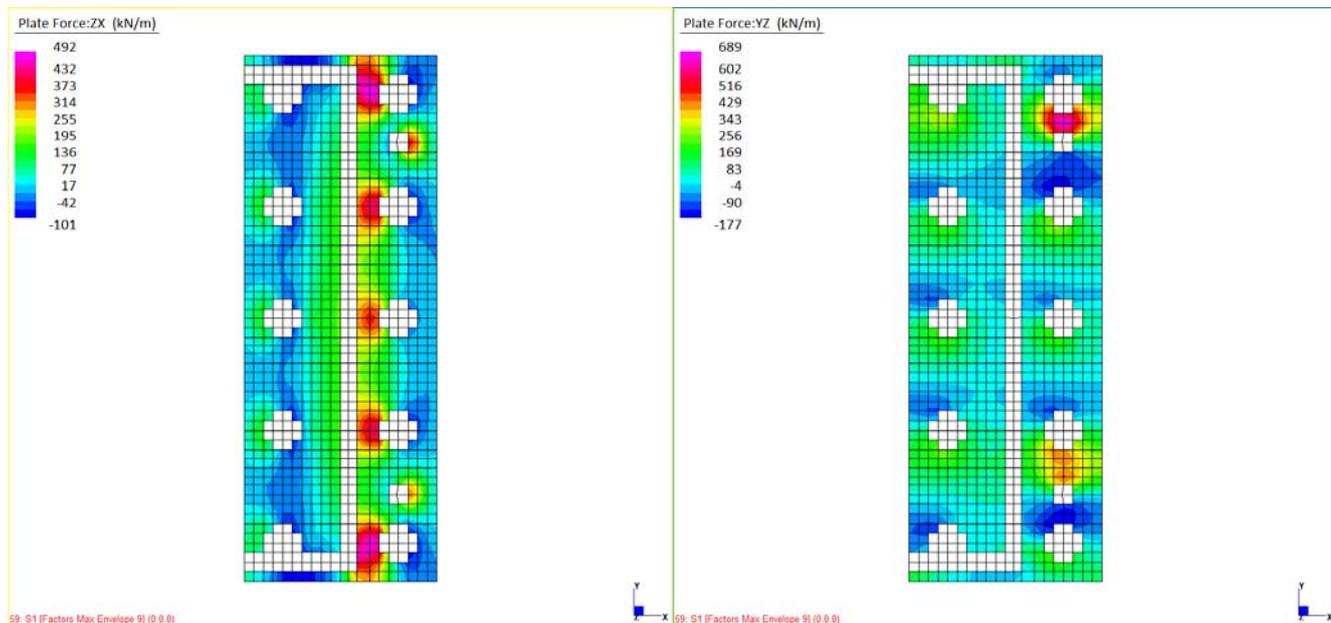


Figura 14.50: Involuppi SLV max – Spalla S2

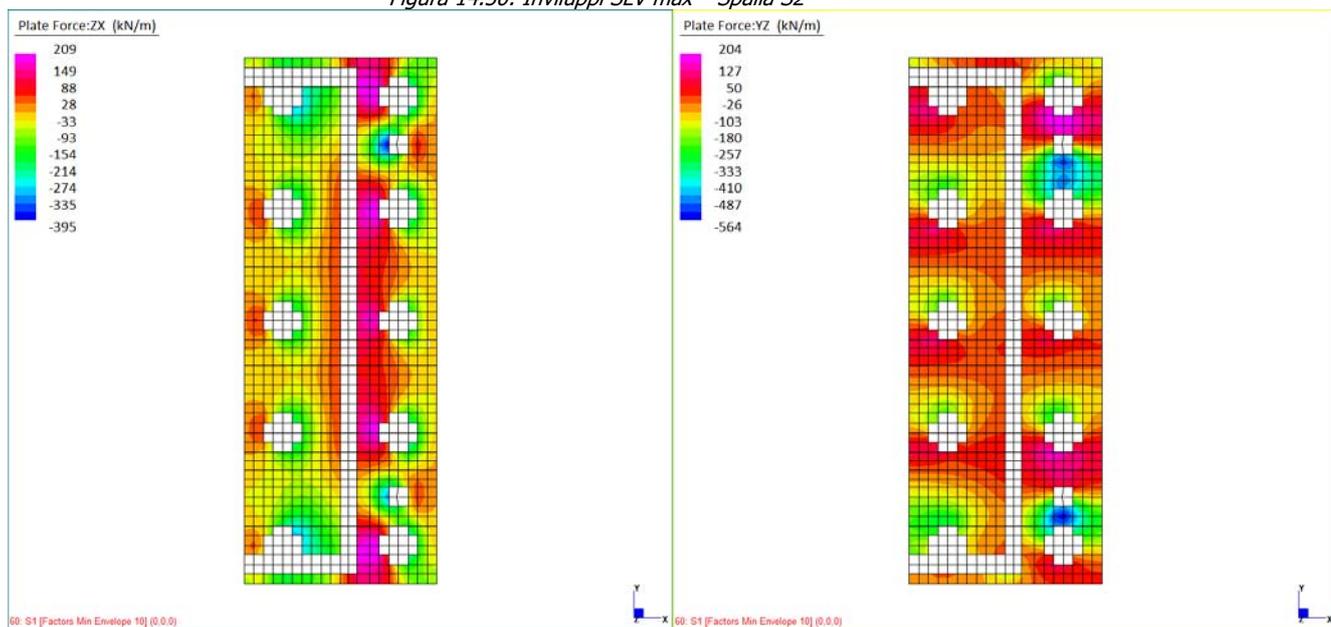


Figura 14.51: Involuppi SLV min – Spalla S2

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 153 di 198

Elementi senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

	SLU-STAT / SLV-SISM
C _{rdc}	0.120
k	1.368
f _{ck} (MPa)	25.00
f _{cd} (MPa)	14.17
γ _c	1.5
H (mm)	1600.00
c (mm)	50.00
φ _{long} (mm)	26.00
d (mm)	1480.0
b _w (mm)	1000.0
A _{long} (mm ²)	5309.29
ρ _l	0.0036
N (kN)	0.0
Ac (mm ²)	1600000
σ _{cp}	0.00
k ₁	0.15
v _{min} (MPa)	0.28
V _{rdc,min} (kN)	414.2
V _{rd} (kN/m)	504.6
V _{rdc} (kN/m)	504.6

V_{Ed} > V_{rd} → Armatura a taglio richiesta

Il taglio resistente è inferiore al taglio sollecitante in alcune zone del plinto. Si dispongono staffe φ16/40x40 per tutto il plinto.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 154 di 198

Elementi armati a taglio

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

	SLU-STAT / SLV-SISM
f _{c,28} (Mpa)	25.00
f _{ct,28,calc} (Mpa)	1.80
f _e (Mpa)	450
γ _s	1.15
γ _b	1.50
b _w (mm)	1000
H (mm)	1600
A _c	1600000
γ _c (kN/mc)	25
A _{sw} (mmq)	502.7
num br	2.50
φ _{st} (mm)	16.00
s (mm)	400
z (mm)	1332
c (mm)	50
φ _{long} (mm)	26
d (mm)	1480.0
f _{yd} (MPa)	391.30
cot θ	2.50
tan θ	0.40
f _{cd} (MPa)	14.2
v ₁ = v	0.54
N (kN)	0.0
σ _{cp}	0.00
α _{cw}	1.00
V _{rd,max} (kN)	3513.5
V _{rd,s} (kN)	1637.6
V _{rd} (kN)	1637.6

V_{Ed} < V_{rd} → OK

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 155 di 198

14.2.3. Verifiche a punzonamento

In accordo con il capitolo 6.4 - EC2, la resistenza a punzonamento allo stato limite ultimo deve essere verificata lungo il contorno dei pali e sul contorno del perimetro di riferimento u_1 , secondo il modello di calcolo di seguito riportato:

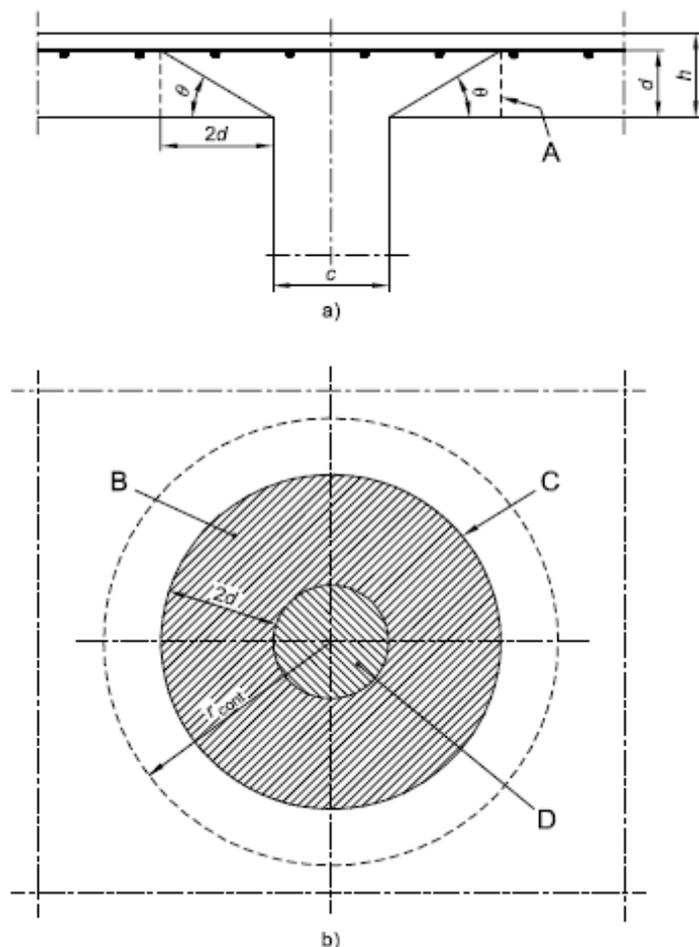


Figura 14.1: Indicazioni per la verifica a punzonamento

Normalmente si considera che il perimetro di riferimento u_1 si trovi ad una distanza di $2d$ dall'area caricata. Il calcolo della resistenza al punzonamento è riportato nel capitolo 6.4.3 - EC2 che definisce le seguenti verifiche:

- 1) Lungo il contorno dei pali o il contorno dell'area caricata non deve essere superato il valore massimo della resistenza al punzonamento: $V_{Ed} < V_{Rd,max}$
- 2) Non è necessaria alcuna armatura a punzonamento se: $V_{Ed} < V_{Rd,c}$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 156 di 198

Quando la reazione dell'appoggio è eccentrica rispetto al perimetro di controllo, la massima sollecitazione a punzonamento è:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

dove:

d è l'altezza media utile del plinto, che può essere assunta pari a $(dx + dy) / 2$ con dx, dy altezze utili nelle direzioni x e y della sezione di controllo;

u_i è il perimetro di controllo considerato;

V_{Ed} è la forza di taglio sul plinto, pari alla forza normale del palo.

β è dato da:

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_i}{W_i}$$

dove :

u è la lunghezza del perimetro di verifica di base ;

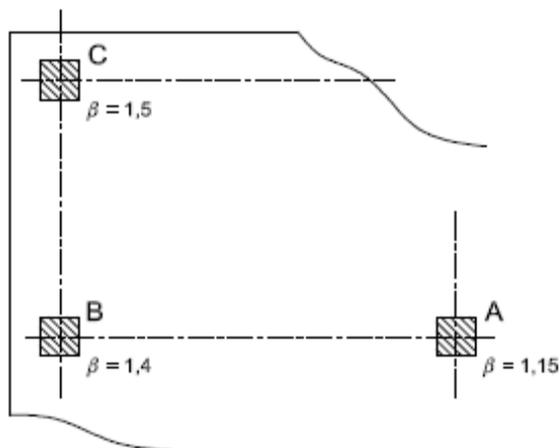
k è un coefficiente che dipende dal rapporto fra le dimensioni del pilastro c_1 e c_2 ; il suo valore è funzione delle proporzioni del momento sbilanciato trasmesso da taglio non uniforme e da flessione e torsione:

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,60	0,70	0,80

$k = 0.6$ per la sezione circolare ($c_1/c_2=1$) ;

W_i corrisponde a una distribuzione di taglio ed è funzione del perimetro di verifica di base u :

Per i valori di β , a favore di sicurezza si utilizzano le indicazioni della figura seguente, con $b_{max} = 1.5$.



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 157 di 198

Il valore limite della resistenza al punzonamento del plinto è dato da :

1) Verifica lungo il contorno del palo:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

con:

u_0 = perimetro del palo ;

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

2) Verifica lungo il perimetro di verifica u_1 :

$$v_{Rd} = C_{Rd,c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} \cdot 2d/a \geq v_{min} \cdot 2d/a$$

dove :

- a è la distanza dal contorno dei pali al contorno di controllo considerato;

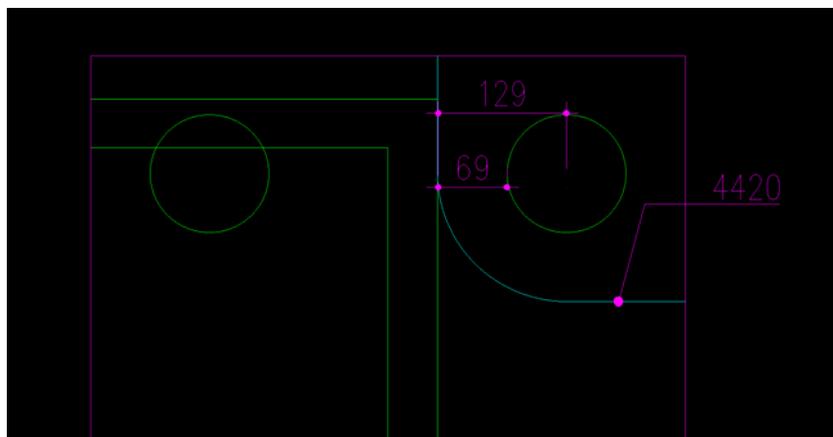
- $C_{Rd,c}$ è uguale a $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$;

- v_{min} è dato dall'espressione : $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$
con d in mm ;

- $\rho = \sqrt{\rho_x + \rho_y} \leq 0.02$ dove ρ_x, ρ_y sono relativi alle armature tese rispettivamente nelle direzioni x e y. Si consiglia di calcolare ρ_x e ρ_y come valori medi su una larghezza della soletta pari alla larghezza del palo più $3d$ su entrambi i lati.

Nel caso in esame, cautelativamente, è stata considerata la reazione massima verticale nel caso statico (2578 kN) e sismico (1912 kN), valutando la condizione geometrica maggiormente penalizzante. Infatti, è stato considerato un palo d'angolo (quindi con perimetro critico di lunghezza minima) con il perimetro tale per cui non si abbia nessun intersezione con le elevazioni e quindi nessun contributo positivo dato dal fatto che parte dello sforzo di taglio sia assorbito dalle stesse. Il perimetro riportato nella figura seguente risulta quindi essere quello più prossimo a quello teorico, andando però ad escludere meccanismi diretti tirante-puntone che vadano a scaricarsi direttamente sulle elevazioni.



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 158 di 198

Si riportano di seguito le verifiche a punzonamento del plinto senza specifica armatura a taglio.

1)

SLU-STAT	
N _{edmax} (kN)	2578
M _{ed} (kNm)	0.00
e (mm)	0.0
c ₁ (mm)	1200
c ₂ (mm)	1200
c ₁ /c ₂	1
k'	0.6
u ₀ (mm)	3770
d (mm)	1480
W ₀	1440000
β	1.500
f _{cd} (MPa)	14.17
v	0.540
v _{rd,max} (MPa)	3.825
v _{ed} (MPa)	0.693
C.S.	5.52

SLV-SISM	
N _{edmax} (kN)	1912
M _{ed} (kNm)	0.00
e (mm)	0.0
c ₁ (mm)	1200
c ₂ (mm)	1200
c ₁ /c ₂	1
k'	0.6
u ₀ (mm)	3770
d (mm)	1480
W ₀	1440000
β	1.50
f _{cd} (MPa)	14.17
v	0.540
v _{rd,max} (MPa)	3.825
v _{ed} (MPa)	0.514
C.S.	7.44

⇒ **Le verifiche sono soddisfatte**

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 159 di 198

2)

SLU-STAT	
N _{edmax} (kN)	2578
M _{ed} (kNm)	0.00
e (mm)	0.0
c ₁ (mm)	1200
c ₂ (mm)	1200
c ₁ /c ₂	1
k'	0.6
u (mm)	4420.0
d (mm)	1480
W ₁	16000000
β	1.50
C _{r_{dc}}	0.120
k	1.37
f _{ck} (MPa)	25.00
γ _b	1.50
B _y (mm)	1000
A _x (mm ²)	3392.9
B _x (mm)	1000
A _y (mm ²)	3392.9
ρ _{lx}	0.002121
ρ _{ly}	0.002121
ρ _l	0.002121
a (mm)	700.0
v _{min} (MPa)	0.280
v _{r_{dc}} (MPa)	1.210
v _{ed} (MPa)	0.591
C.S.	2.05

SLV-SISM	
N _{edmax} (kN)	1912
M _{ed} (kNm)	0.00
e (mm)	0.0
c ₁ (mm)	1200
c ₂ (mm)	1200
c ₁ /c ₂	1
k'	0.6
u (mm)	4420.0
d (mm)	1480
W ₁	16000000
β	1.50
C _{r_{dc}}	0.120
k	1.37
f _{ck} (MPa)	25.00
γ _b	1.50
B _y (mm)	1000
A _x (mm ²)	3392.9
B _x (mm)	1000
A _y (mm ²)	3392.9
ρ _{lx}	0.002121
ρ _{ly}	0.002121
ρ _l	0.002121
a (mm)	700.0
v _{min} (MPa)	0.280
v _{r_{dc}} (MPa)	1.210
v _{ed} (MPa)	0.438
C.S.	2.76

⇒ **Le verifiche sono soddisfatte**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 160 di 198</p>

14.3. MURI D'ELEVAZIONE

14.3.1. Verifiche alle sollecitazioni normali

14.3.1.1. Muro paraghiaia

Nel seguito sono riportate le sollecitazioni sul muro paraghiaia. Cautelativamente è stato considerato nelle verifiche il massimo valore di sforzo normale (di trazione) ed il massimo valore di momento flettente (minimo nel caso in cui esso sia negativo) anche se non concomitanti. Le sollecitazioni sono state valutate al netto delle porzioni di sovrapposizione con metà spessore della fondazione alla base e dei muri laterali alle estremità orizzontali.

Sollecitazioni armatura verticale ZZ

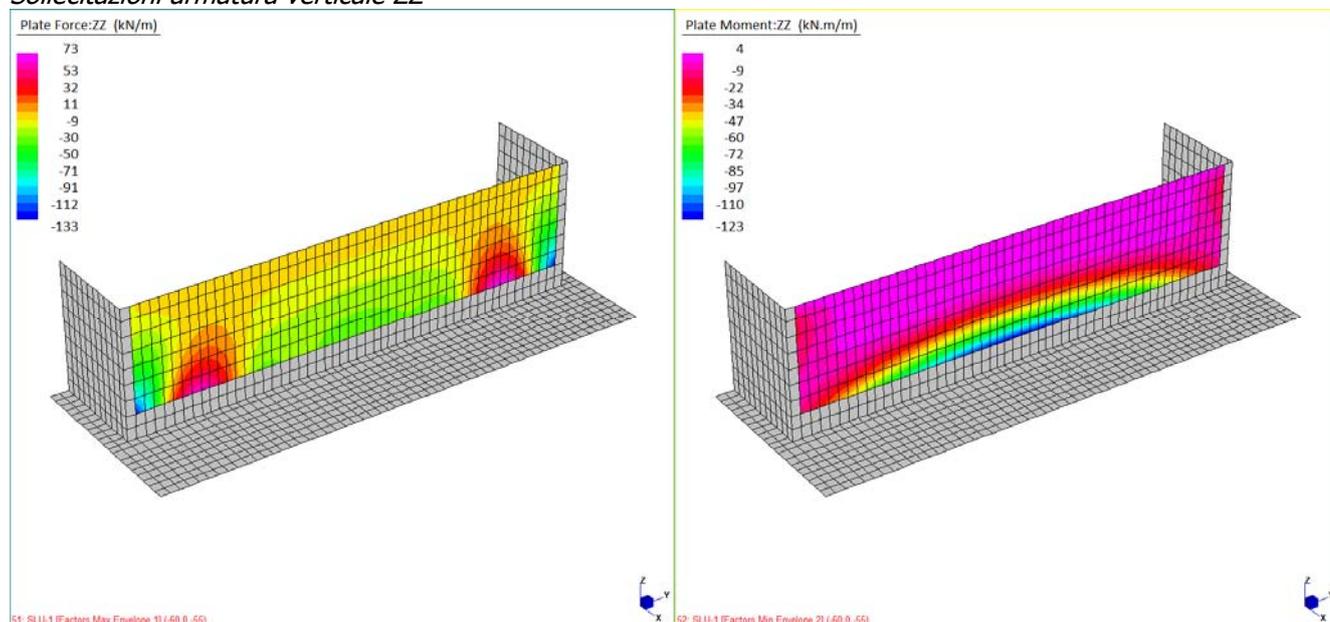


Figura 14.52: Involuppi SLU-stat

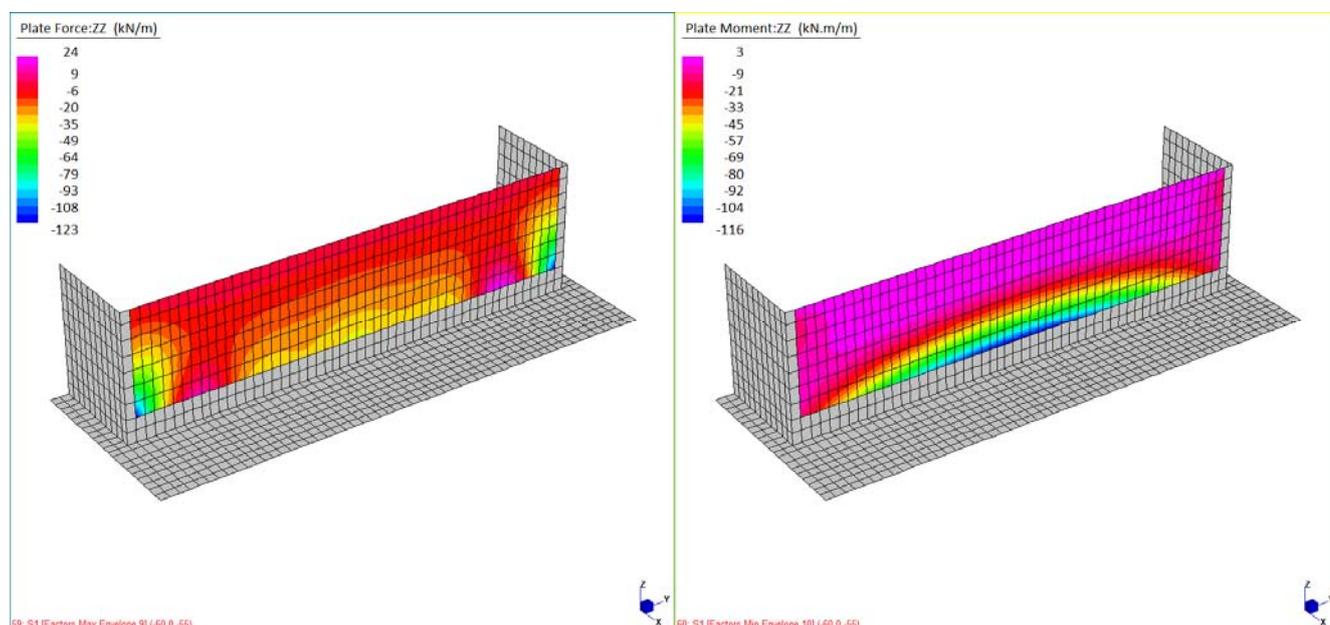


Figura 14.53: Involuppi SLV-sism

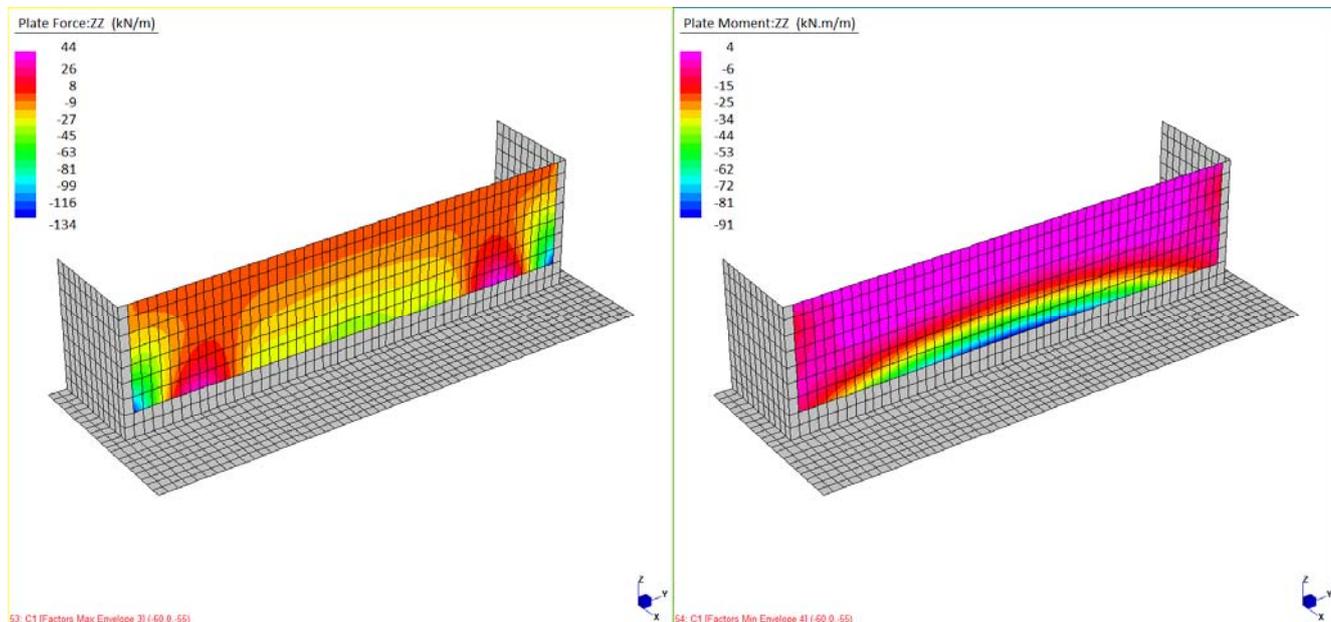


Figura 14.54: Involuppi SLE-carat

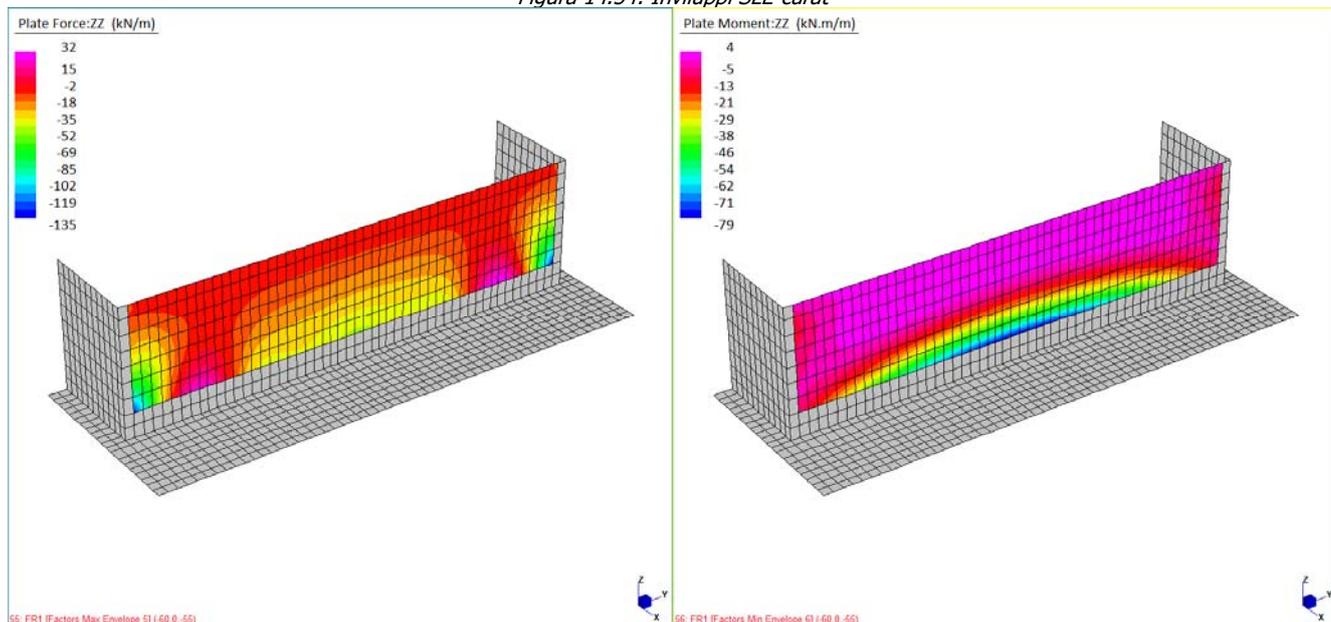


Figura 14.55: Involuppi SLE-freq

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

Progetto
IN17

Lotto
12

Codifica Documento
EI2 CL NV 51 0 6 001

Rev.
A

Foglio
162 di 198

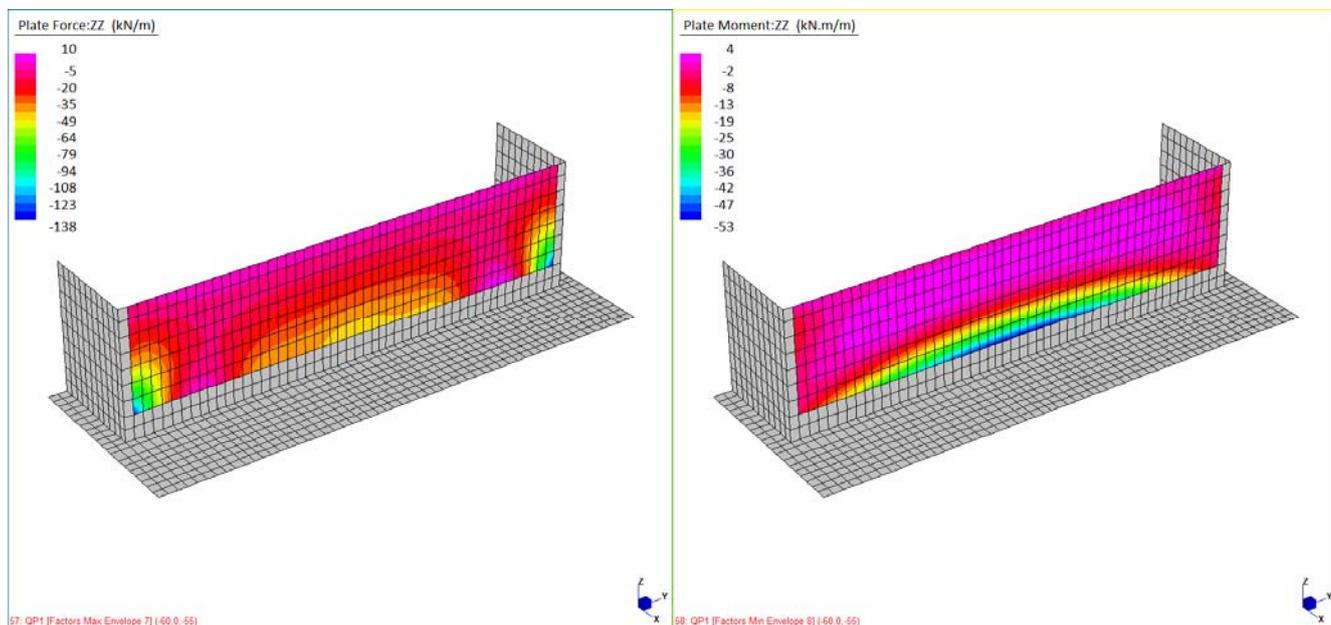
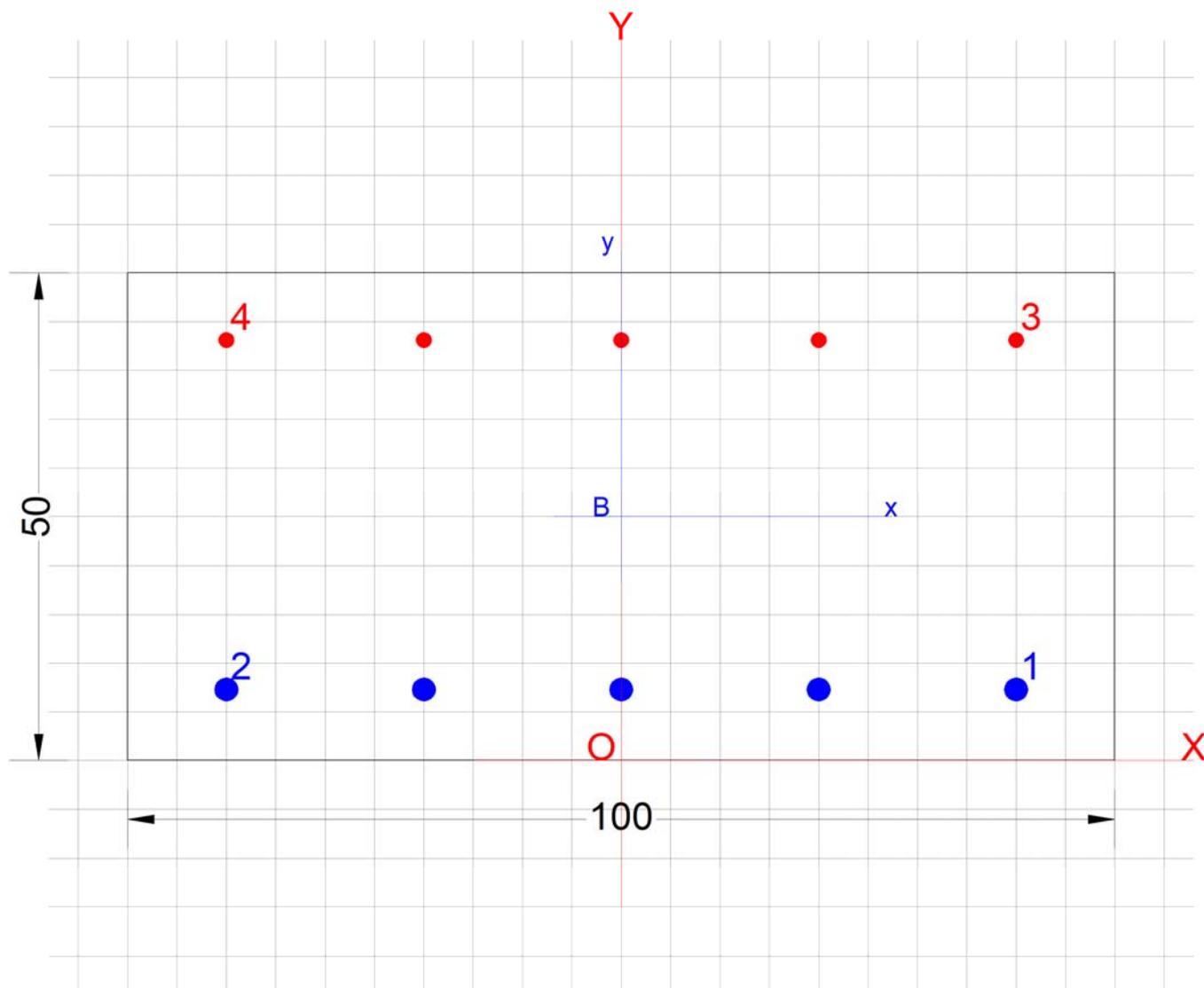


Figura 14.56: Involuppi SLE-qp



Armatura disposta:

- interna: 1 ϕ 24/20cm
- esterna: 1 ϕ 16/20cm

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 164 di 198</p>

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :		1.00
Coeff. Aderenza differito B1*B2 :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 165 di 198

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	7.3	24
2	-40.0	7.3	24
3	40.0	43.1	16
4	-40.0	43.1	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-73.00	123.00	0.00	0.00	0.00
2	-24.00	116.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 166 di 198

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-44.00	91.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-32.00	79.00 (146.90)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-10.00	53.00 (149.51)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.6 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-73.00	319.44	4.88	-72.88	343.93	0.00	2.870	22.6(9.0)
2	S	-24.00	331.86	1.60	-24.00	353.27	0.00	3.074	22.6(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 										
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica Documento</td> <td>Rev.</td> <td>Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>A</td> <td>167 di 198</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio	IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	167 di 198
Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio							
IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	167 di 198							

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00898	-50.0	50.0	-0.00052	40.0	43.1	-0.02137	40.0	7.3
2	0.00350	-0.00862	-50.0	50.0	-0.00040	40.0	43.1	-0.02064	40.0	7.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000582321	-0.025616038	----	----
2	0.000000000	0.000565405	-0.024770272	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.16	50.0	50.0	-115.5	-40.0	7.3	1900	22.6	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.75	50.0	50.0	-98.9	-20.0	7.3	1850	22.6	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
S2 Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e$ e $sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.7	0	0.125	24	61	-2.458	0.00020 (0.00020)	260	0.087 (0.20)	146.90	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.86	-50.0	50.0	-63.8	-20.0	7.3	1850	22.6	20.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.1	0	0.125	24	61	-2.979	0.00013 (0.00013)	260	0.056 (0.20)	149.51	0.00

Sollecitazioni armatura orizzontale YY

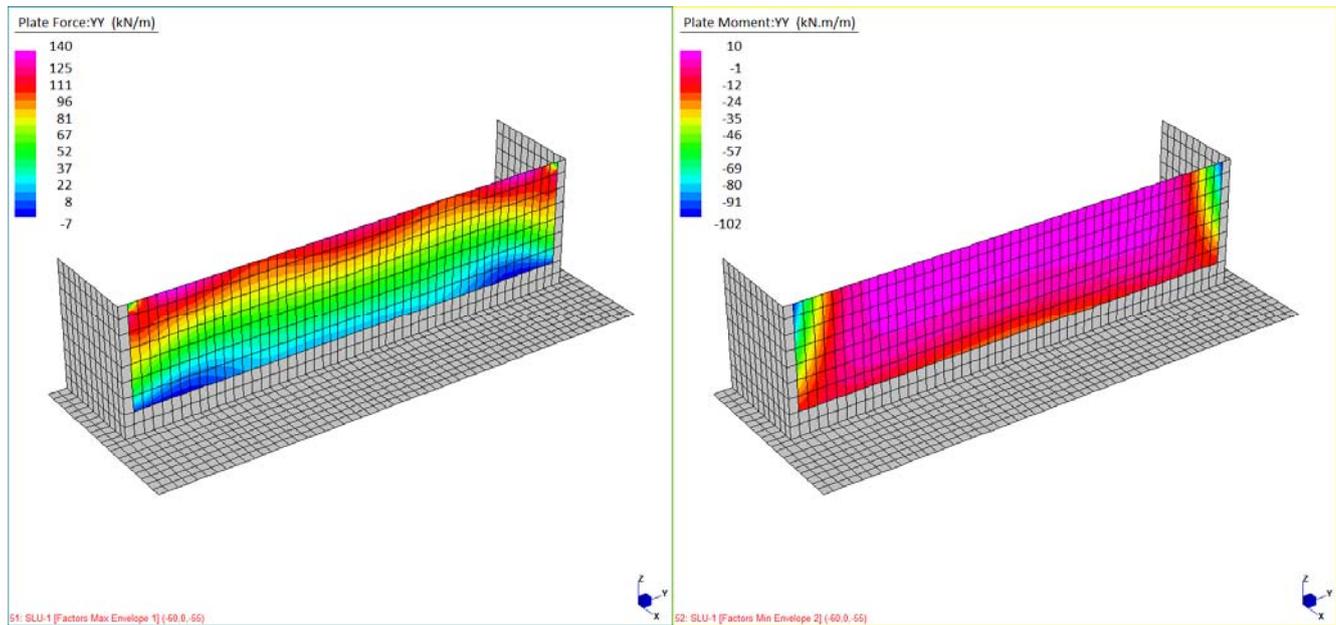


Figura 14.57: Involuppi SLU-stat

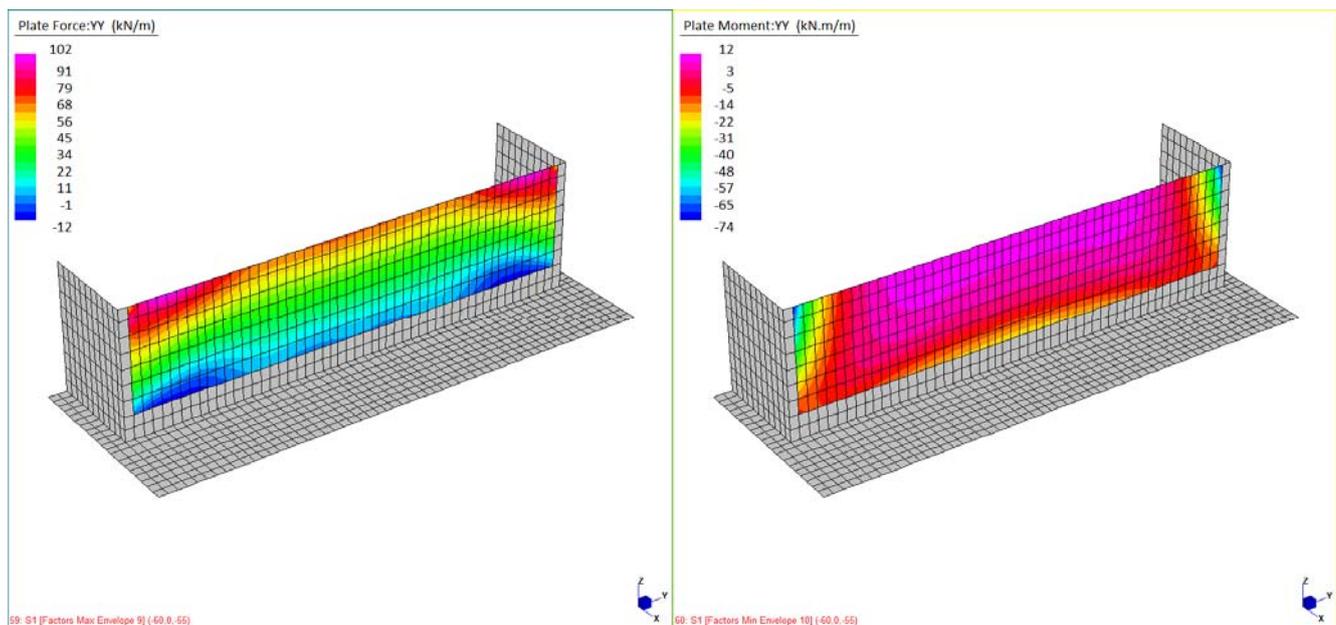


Figura 14.58: Involuppi SLV-sism

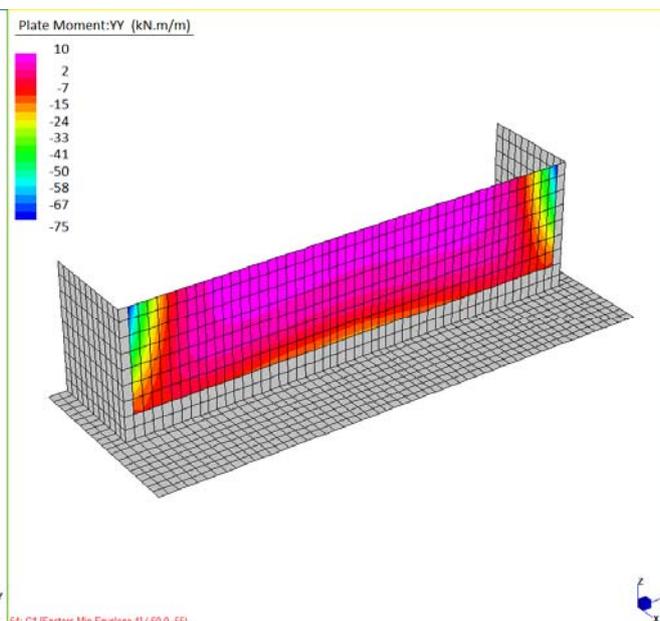
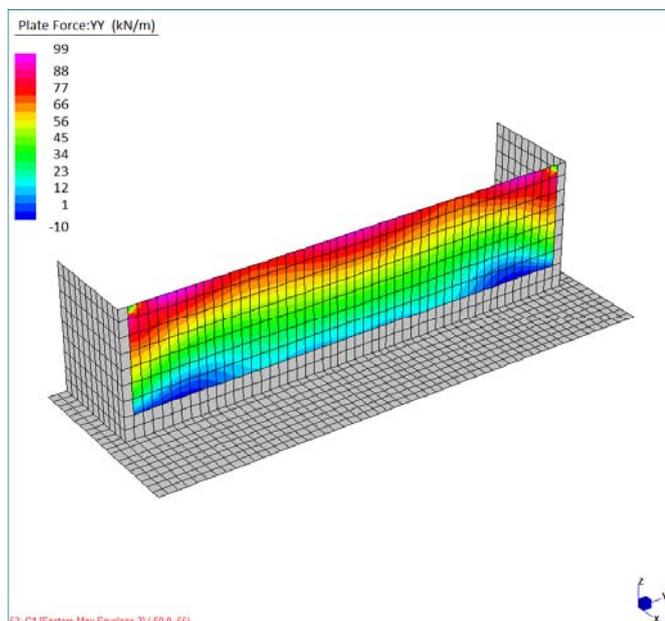


Figura 14.59: Involuppi SLE-carat

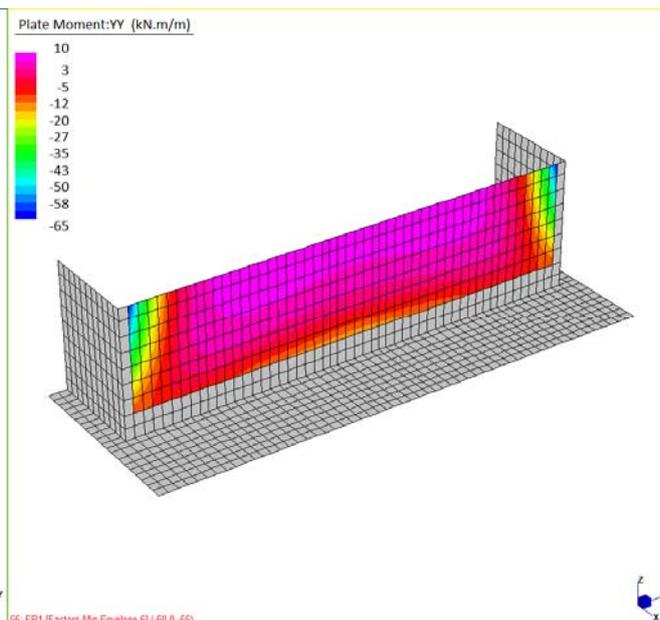
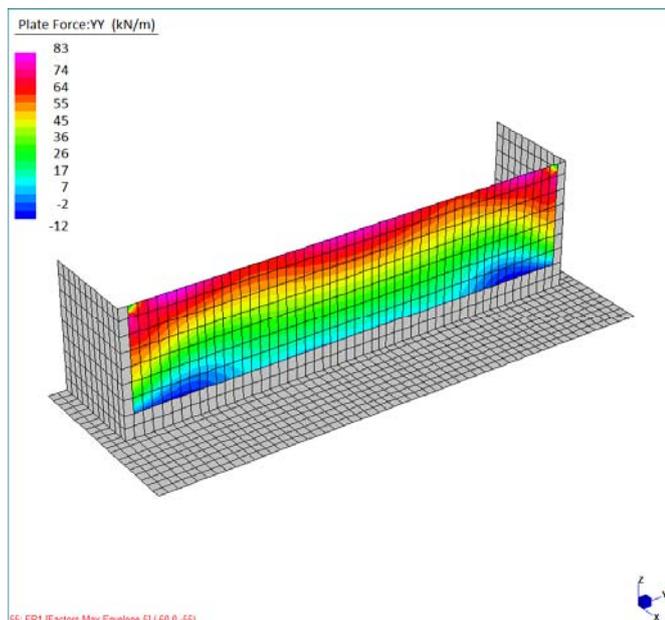


Figura 14.60: Involuppi SLE-freq

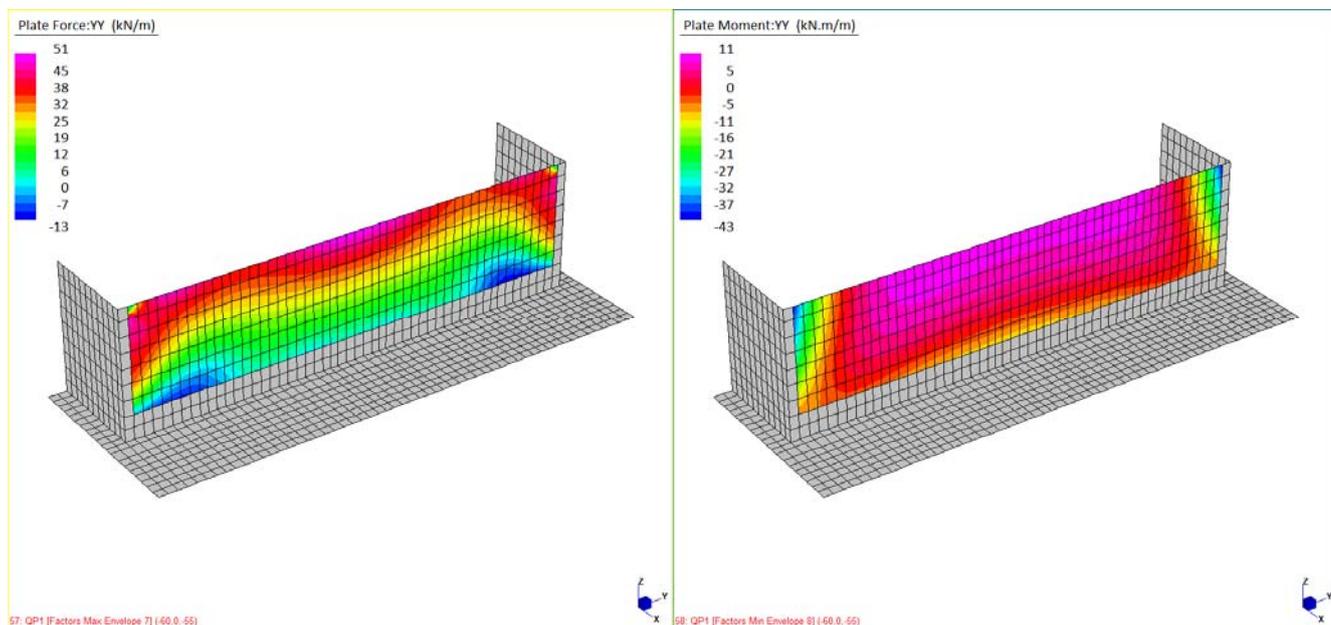
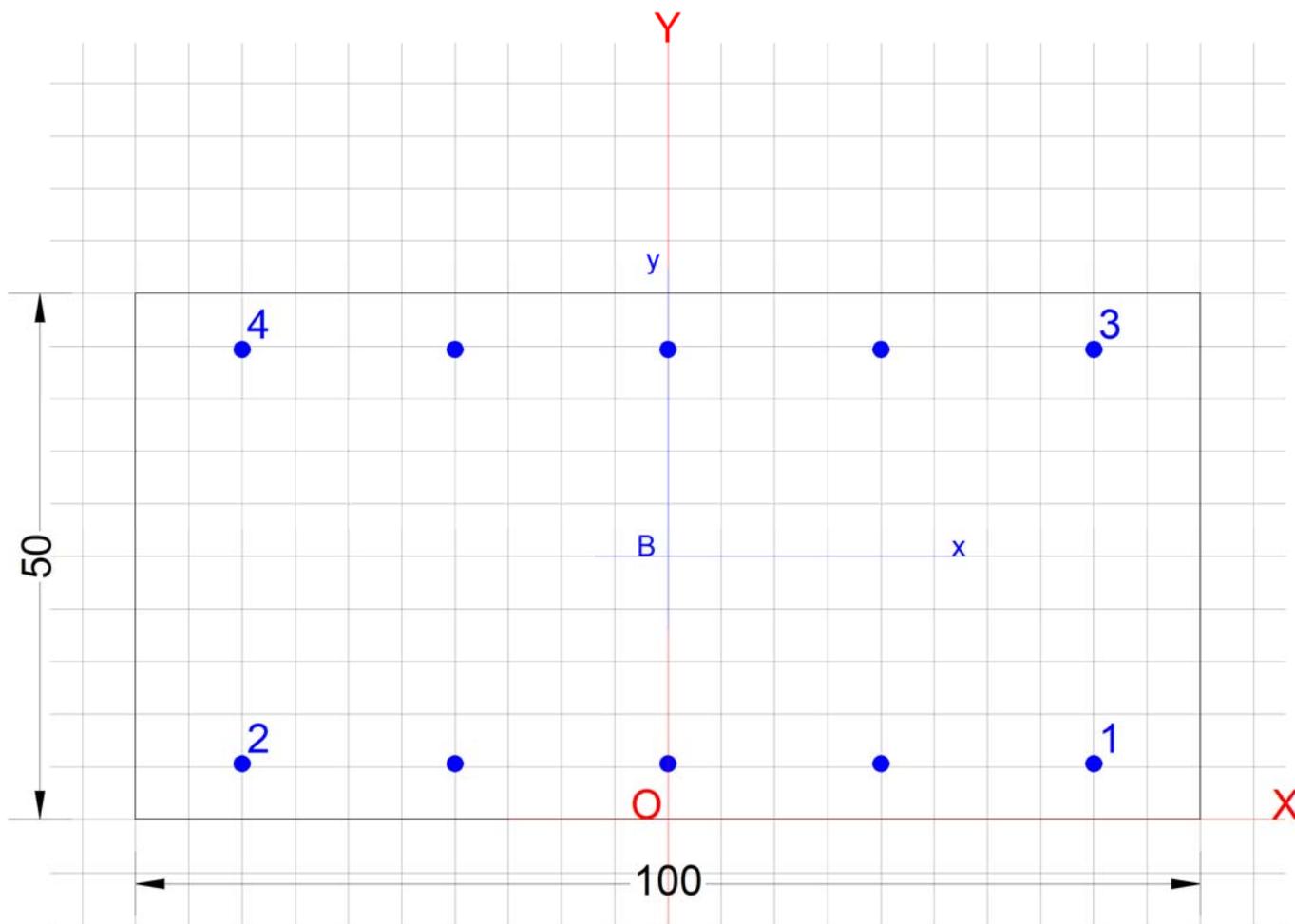


Figura 14.61: Involuppi SLE-qp



Armatura disposta:
 - interna: 1 ϕ 16/20cm
 - esterna: 1 ϕ 16/20cm

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 171 di 198</p>

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 172 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 172 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 172 di 198		

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	5.3	16
2	-40.0	5.3	16
3	40.0	44.7	16
4	-40.0	44.7	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	16
2	3	4	3	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-73.00	123.00	0.00	0.00	0.00
2	-24.00	116.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 173 di 198

N°Comb.	N	Mx	My
1	-44.00	91.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	-32.00	79.00 (146.90)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	-10.00	53.00 (149.51)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	17.6 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-73.00	319.44	4.88	-72.88	343.93	0.00	2.870	22.6(9.0)
2	S	-24.00	331.86	1.60	-24.00	353.27	0.00	3.074	22.6(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 174 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 174 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 174 di 198		

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00898	-50.0	50.0	-0.00052	40.0	43.1	-0.02137	40.0	7.3
2	0.00350	-0.00862	-50.0	50.0	-0.00040	40.0	43.1	-0.02064	40.0	7.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000582321	-0.025616038	----	----
2	0.000000000	0.000565405	-0.024770272	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.16	50.0	50.0	-115.5	-40.0	7.3	1900	22.6	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.75	50.0	50.0	-98.9	-20.0	7.3	1850	22.6	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	$= 1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.7	0	0.125	24	61	-2.458	0.00020 (0.00020)	260	0.087 (0.20)	146.90	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.86	-50.0	50.0	-63.8	-20.0	7.3	1850	22.6	20.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 175 di 198

1 S -1.1 0 0.125 24 61 -2.979 0.00013 (0.00013) 260 0.056 (0.20) 149.51 0.00

14.3.1.2. Muri laterali

Nel seguito sono riportate le sollecitazioni sui muri laterali. Cautelativamente è stato considerato nelle verifiche il massimo valore di sforzo normale (di trazione) ed il massimo valore di momento flettente (minimo nel caso in cui esso sia negativo) anche se non concomitanti. Le sollecitazioni sono state valutate al netto delle porzioni di sovrapposizione con metà spessore della fondazione alla base e del muro paraghiaia all'estremità frontale.

Sollecitazioni armatura verticale ZZ

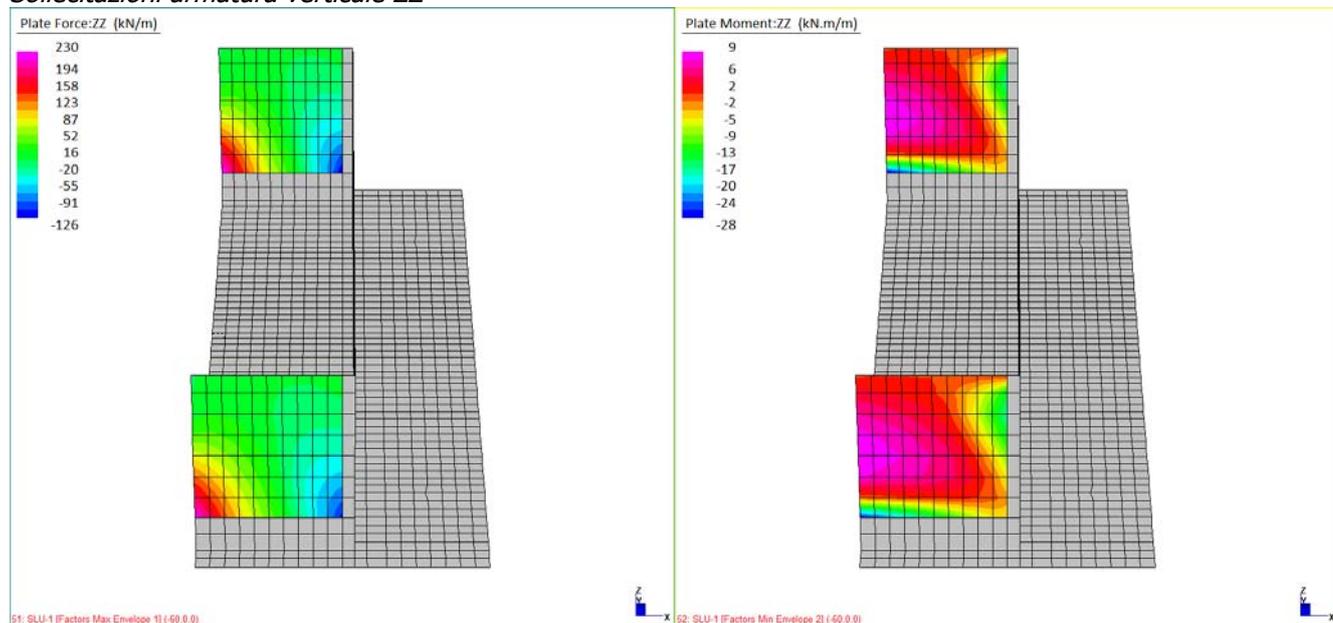


Figura 14.62: Involuppi SLU-stat

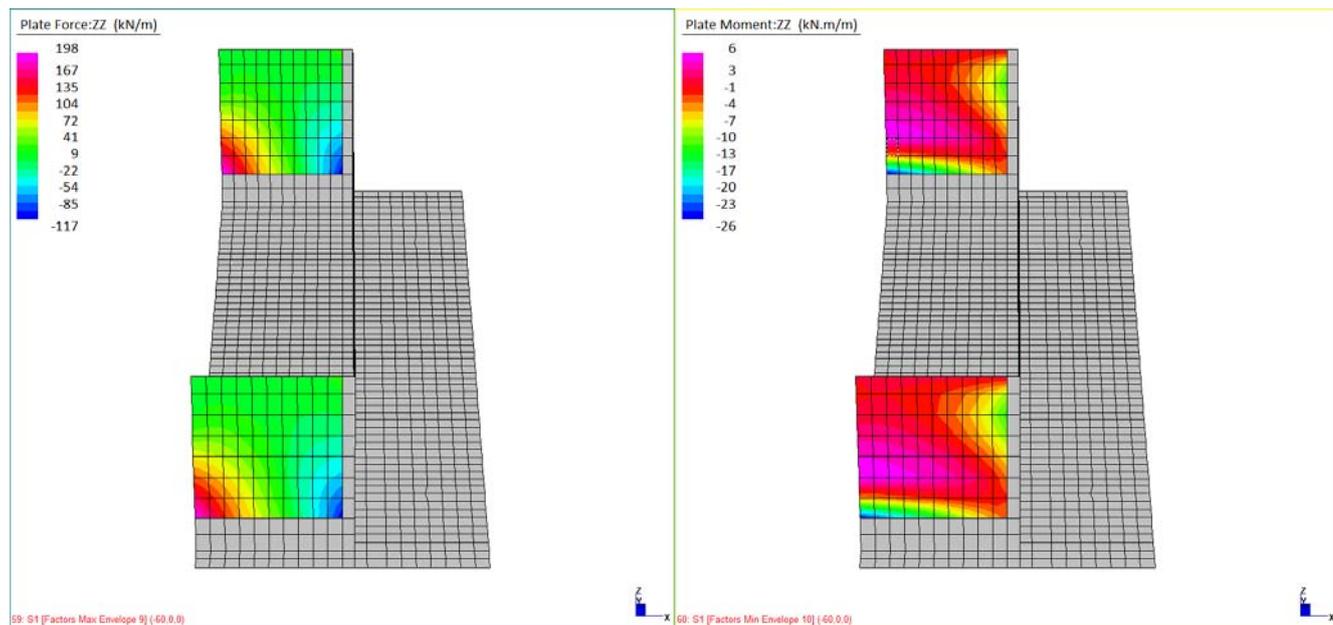


Figura 14.63: Involuppi SLV-sism

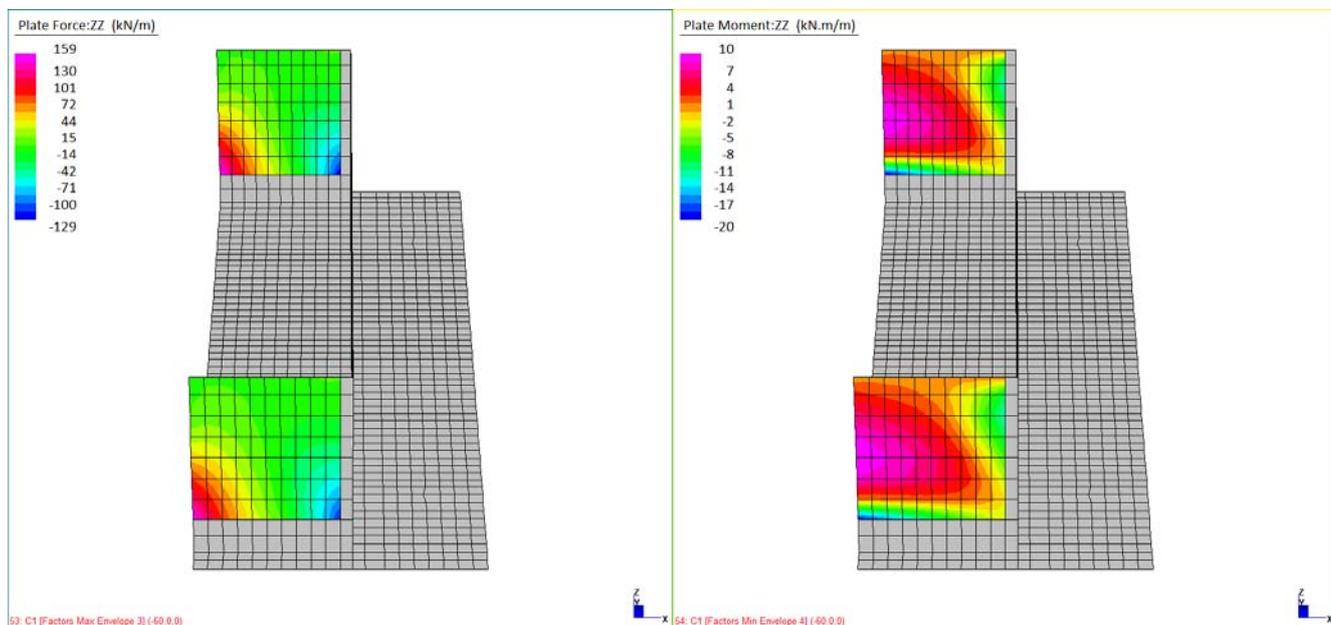


Figura 14.64: Involuppi SLE-carat

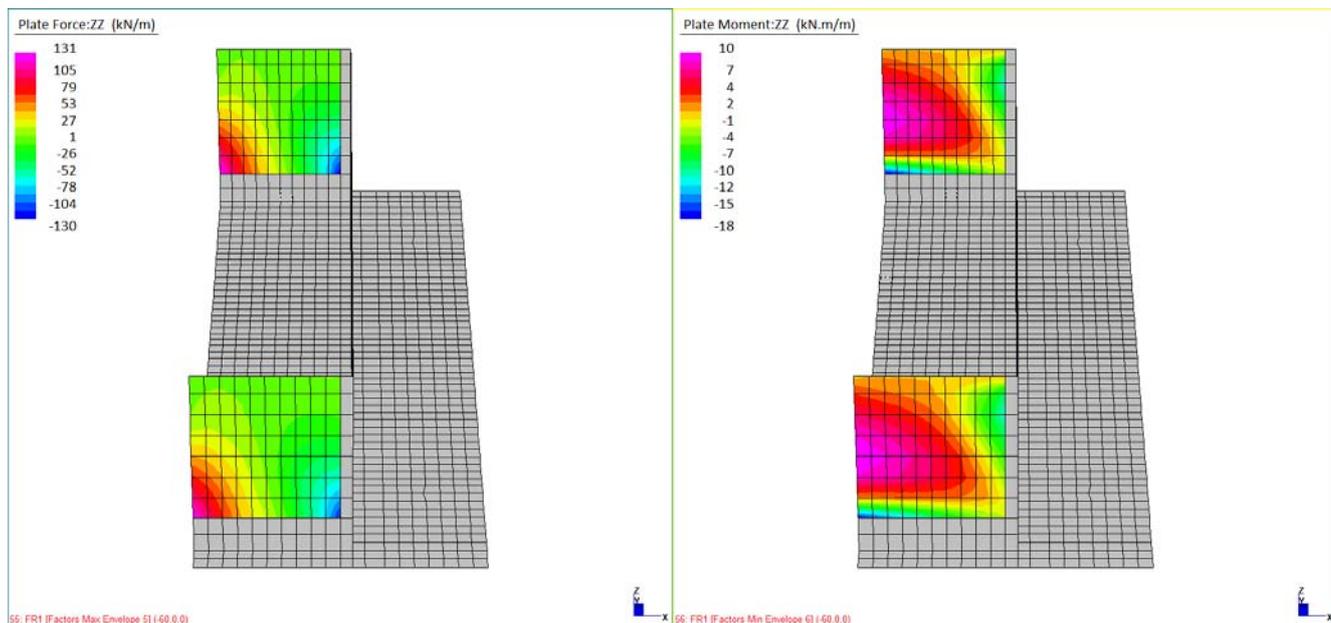


Figura 14.65: Involuppi SLE-freq

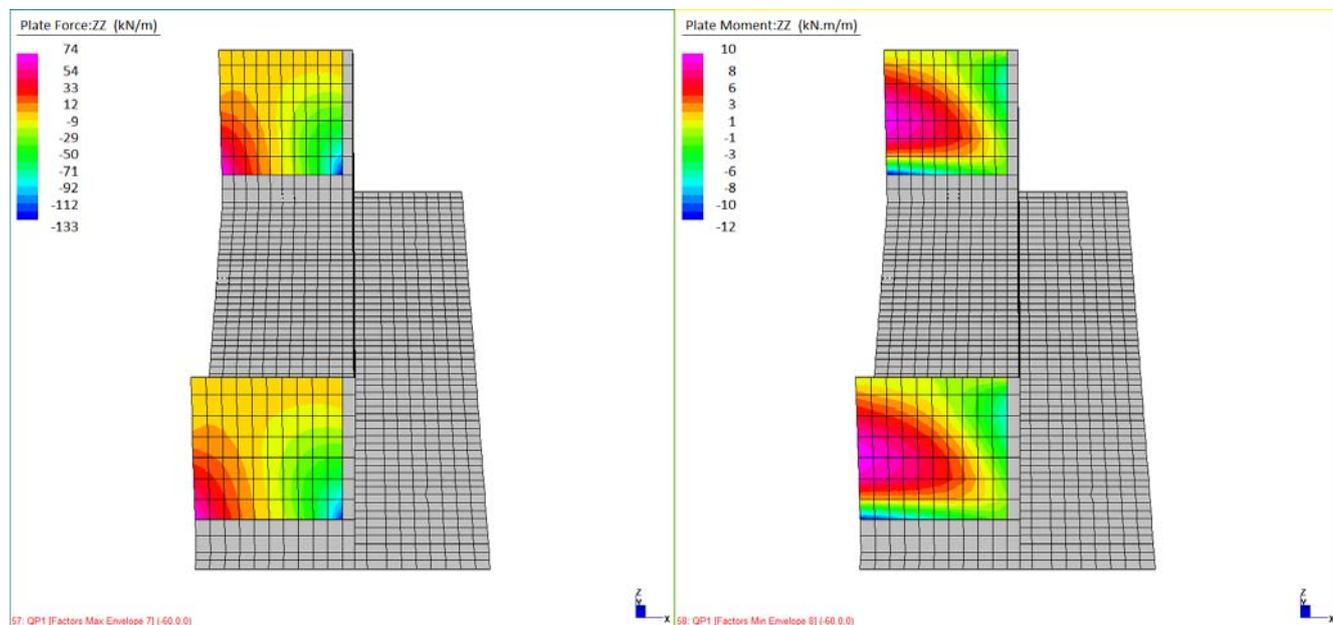
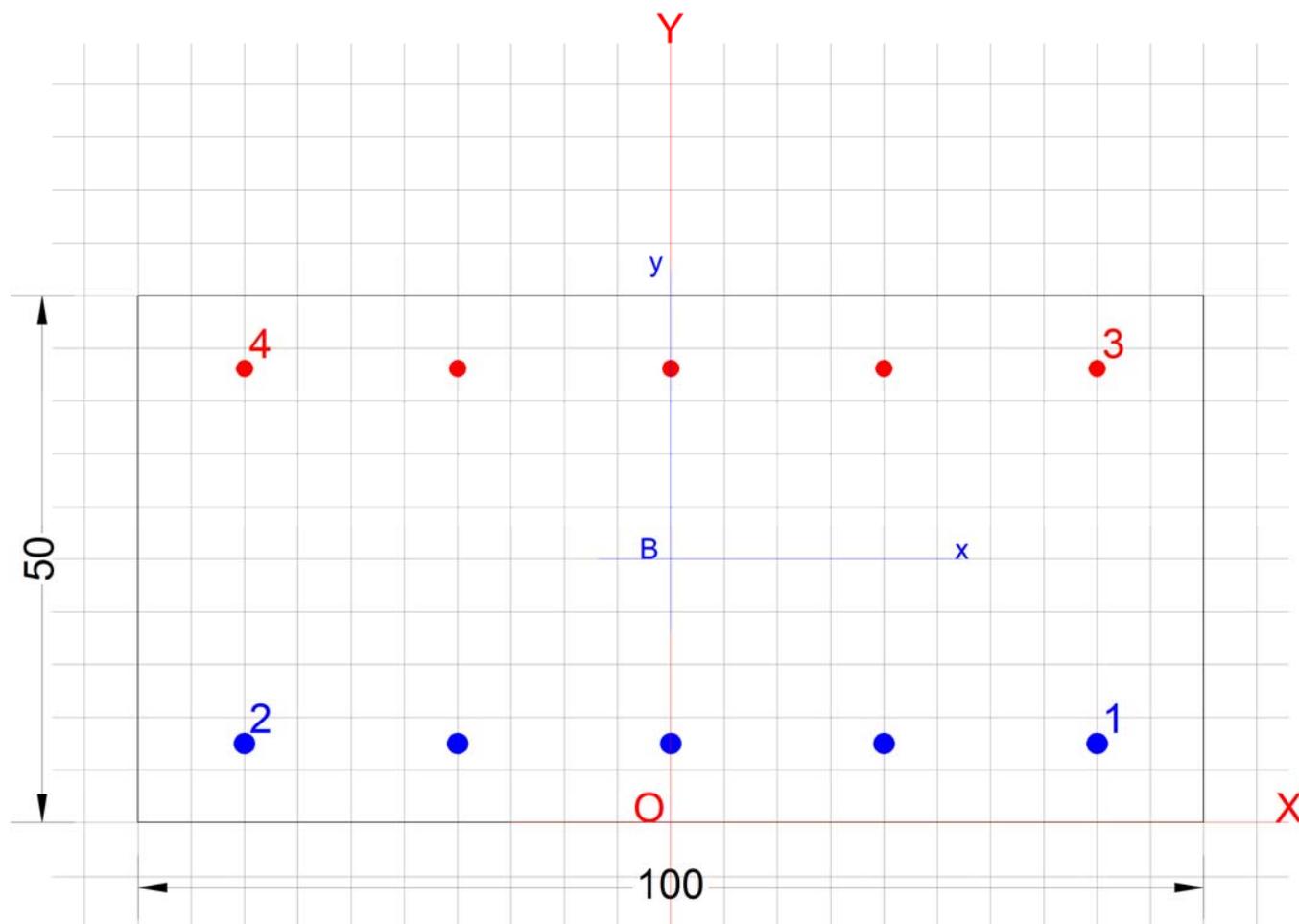


Figura 14.66: Involuppi SLE-qp



Armatura disposta:
 - interna: 1 ϕ 20/20cm
 - esterna: 1 ϕ 16/20cm

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 178 di 198</p>

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 179 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 179 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 179 di 198		

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	7.5	20
2	-40.0	7.5	20
3	40.0	43.1	16
4	-40.0	43.1	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-230.00	28.00	0.00	0.00	0.00
2	-198.00	26.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 										
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto</td> <td>Lotto</td> <td>Codifica Documento</td> <td>Rev.</td> <td>Foglio</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>A</td> <td>180 di 198</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio	IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	180 di 198
Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio							
IN17	12	EI2 CL NV 51 0 6 001	A	180 di 198							

N°Comb.	N	Mx	My
1	-159.00	20.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-131.00	18.00 (90.15)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-74.00	12.00 (95.72)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-230.00	183.39	8.30	-230.13	212.50	0.00	10.364	25.8(9.0)
2	S	-198.00	191.10	7.14	-198.07	218.69	0.00	11.218	25.8(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
--	--

NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 181 di 198
--	------------------	-------------	--	-----------	----------------------

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01246	-50.0	50.0	-0.00164	-40.0	43.1	-0.02816	40.0	7.5
2	0.00350	-0.01217	-50.0	50.0	-0.00155	-40.0	43.1	-0.02758	40.0	7.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000744857	-0.033742870	----	----
2	0.000000000	0.000731180	-0.033059025	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata										
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]										
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)										
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]										
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)										
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre										
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure										
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure										
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$										
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.00	-50.0	50.0	-87.2	-20.0	7.5	2023	15.7	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.00	-50.0	50.0	-74.6	-20.0	7.5	2023	15.7	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}											
S1	Esito della verifica											
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata											
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata											
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata											
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e_1 + e_2) / (2 \cdot e_1)$ per trazione eccentrica											
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff											
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm	= $1 - \beta_{12} \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]											
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s / E_s$ è tra parentesi											
wk	Distanza media tra le fessure [mm]											
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi											
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.6	0	0.125	20	65	-24.084	0.00015 (0.00015)	299	0.076 (0.20)	90.15	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.18	-50.0	50.0	-45.2	-20.0	7.5	2023	15.7	20.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

1 S -0.4 0 0.125 20 65 -30.816 0.00009 (0.00009) 299 0.046 (0.20) 95.72 0.00

Sollecitazioni armatura orizzontale XX

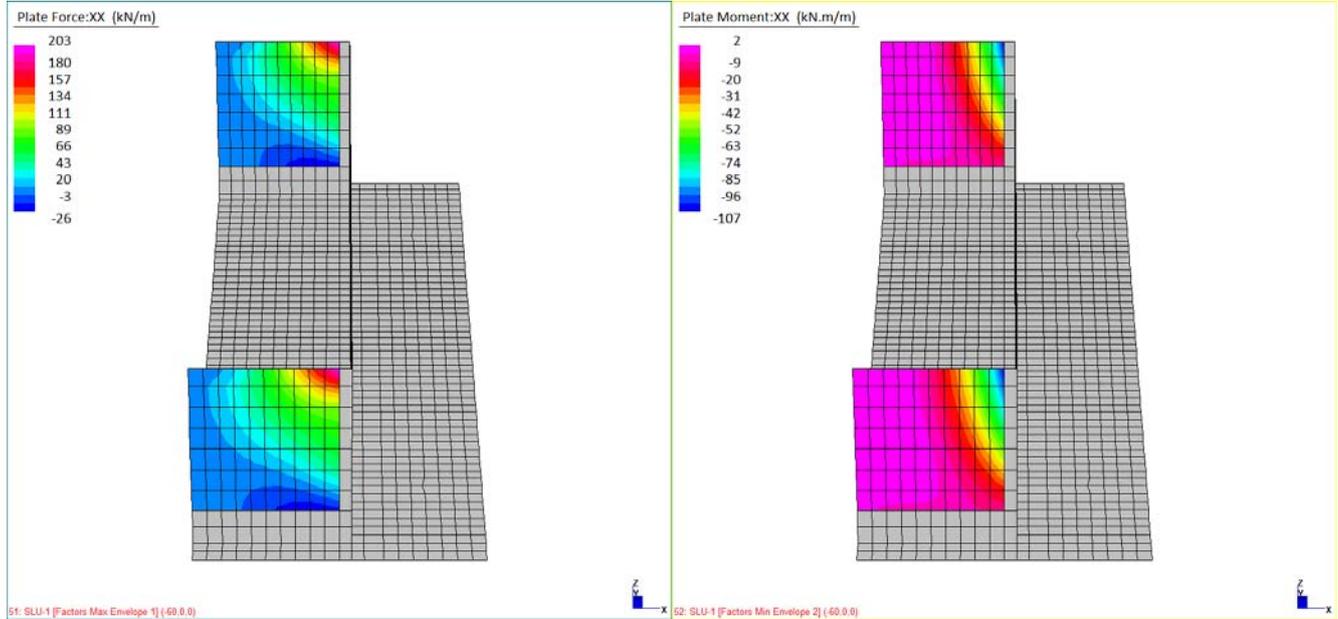


Figura 14.67: Involuppi SLU-stat

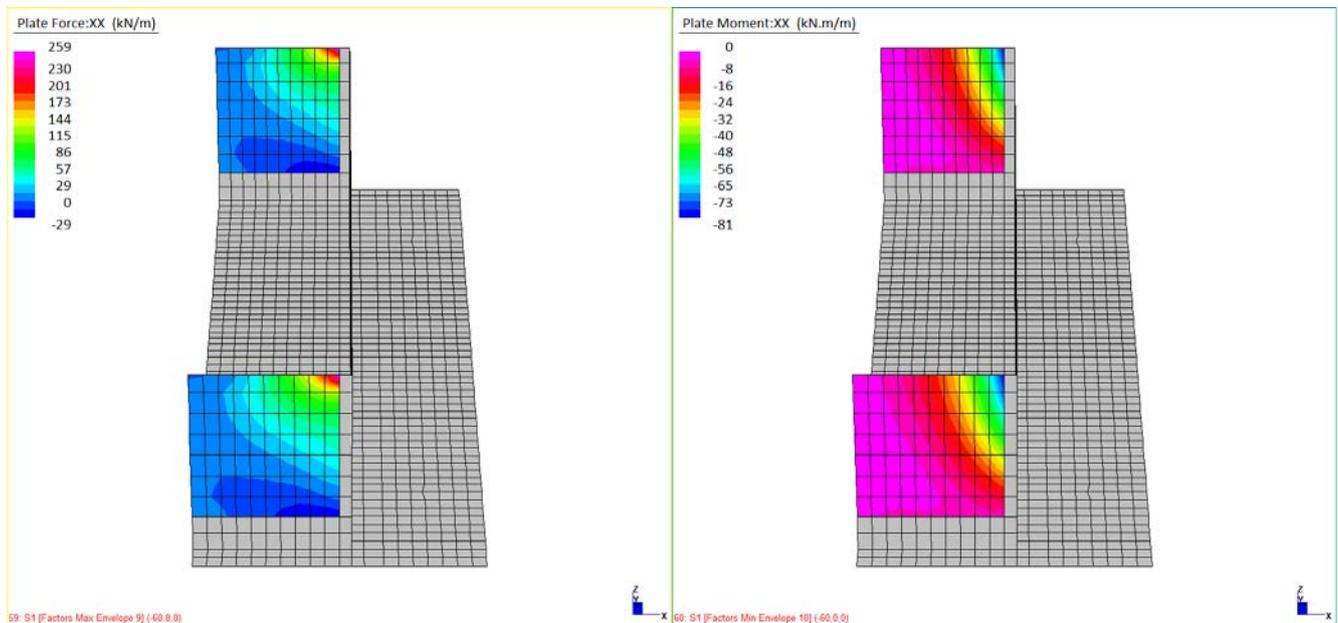


Figura 14.68: Involuppi SLV-sism

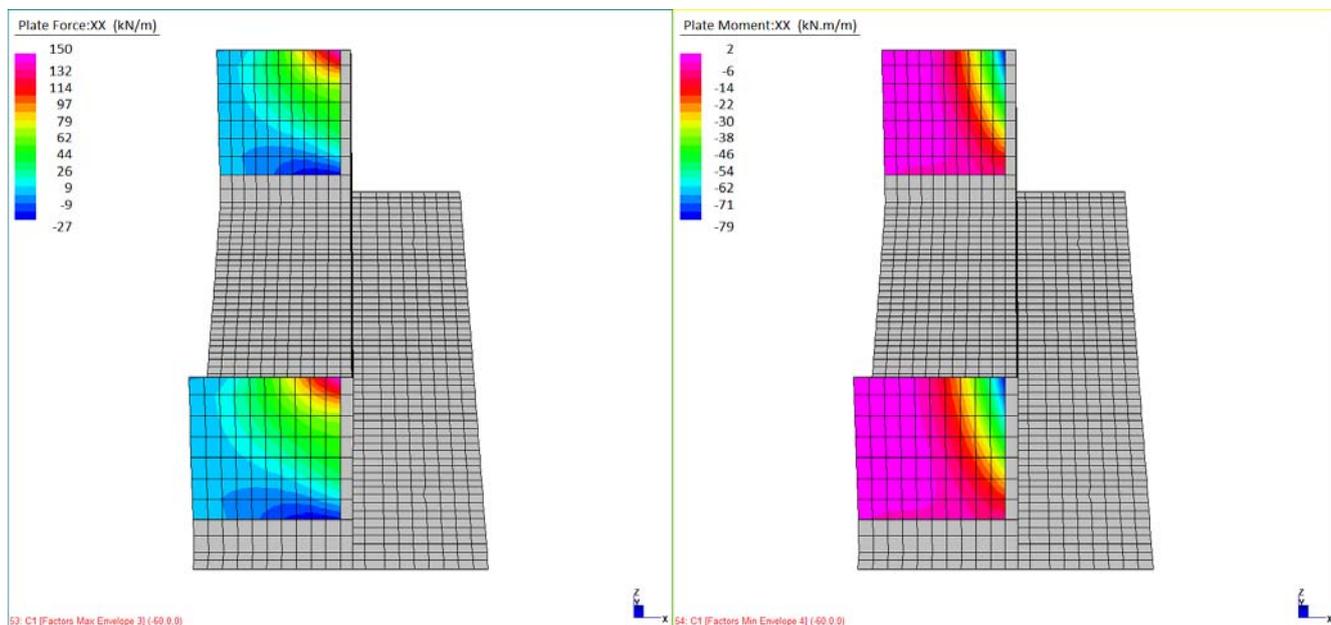


Figura 14.69: Inviluppi SLE-carat

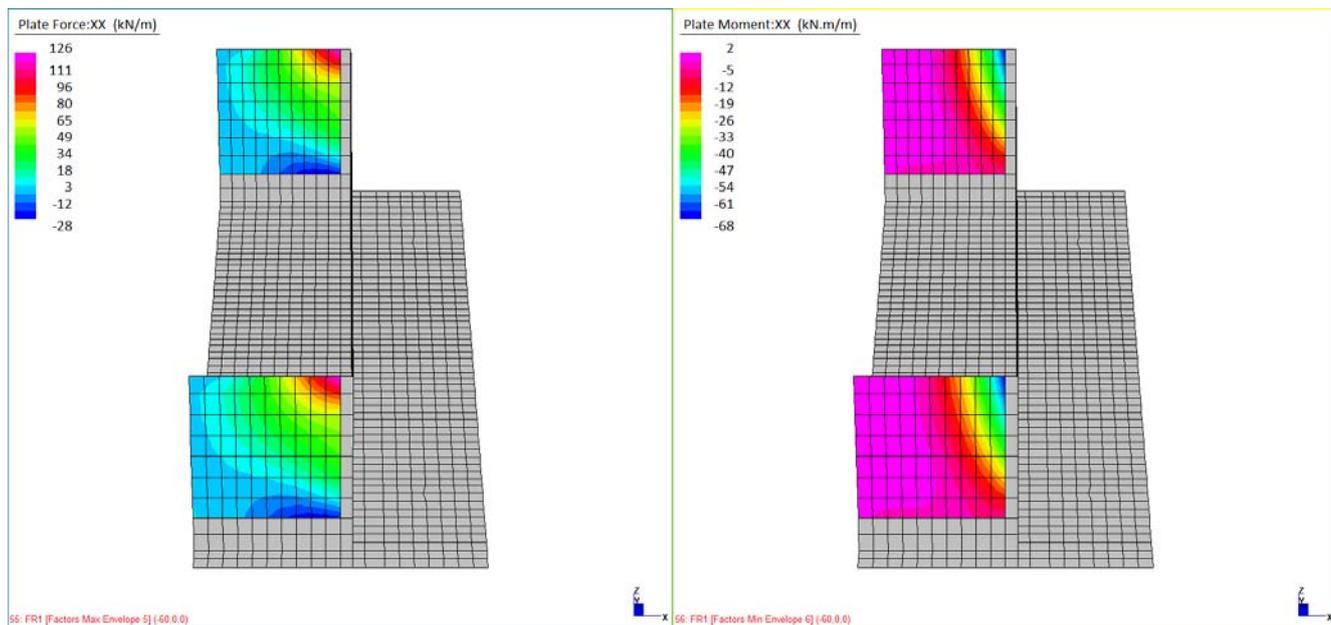


Figura 14.70: Inviluppi SLE-freq

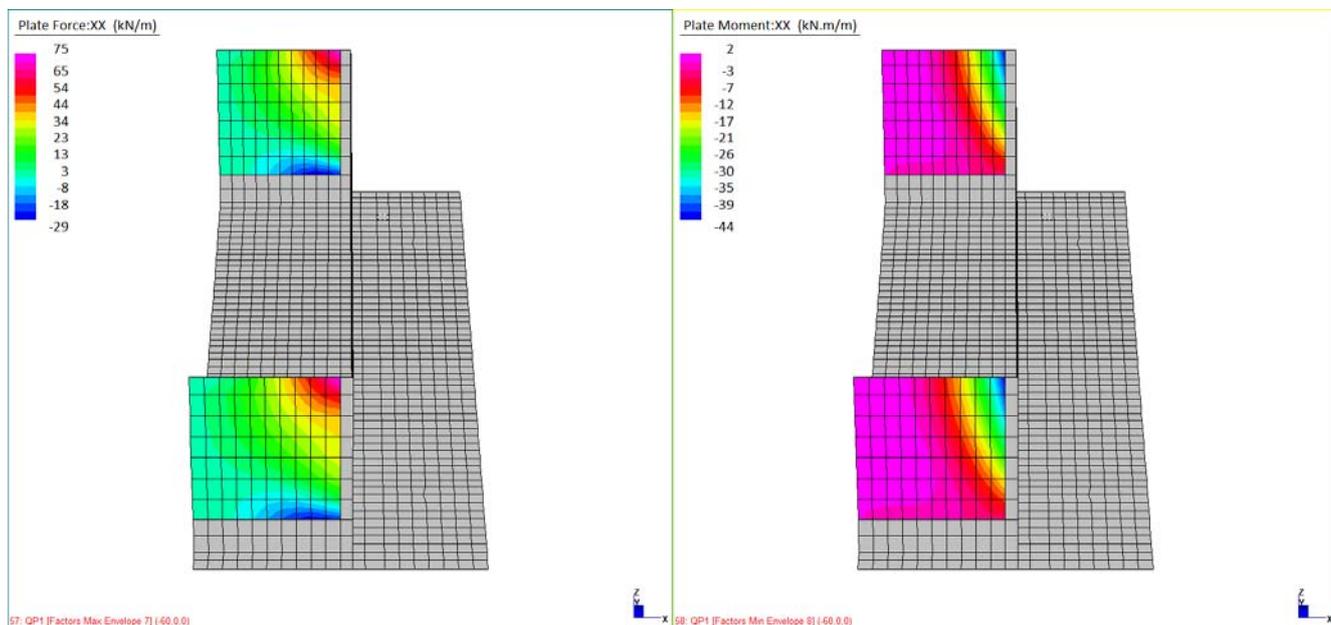
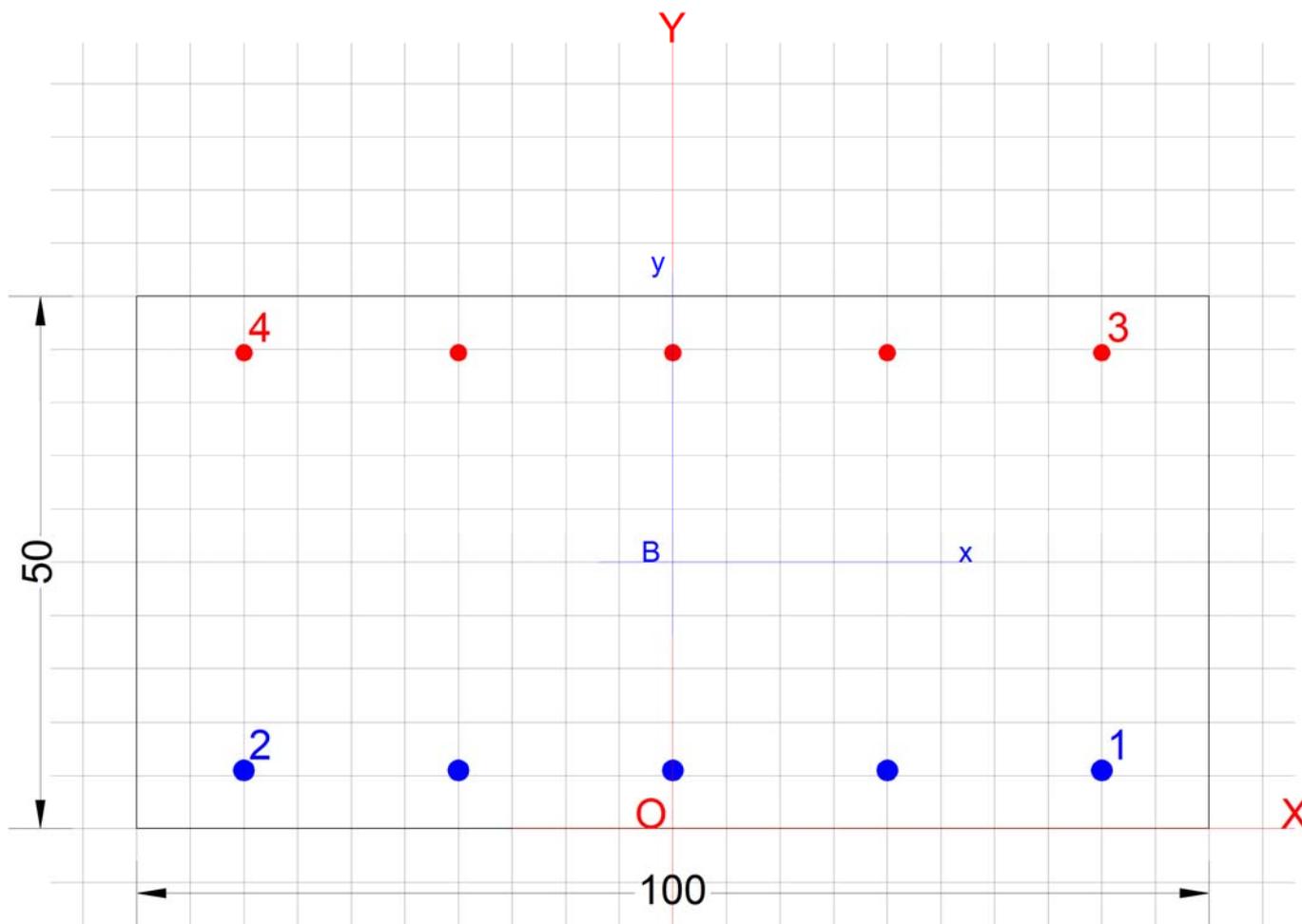


Figura 14.71: Involuppi SLE-qp



Armatura disposta:
 - interna: 1 ϕ 20/20cm
 - esterna: 1 ϕ 16/20cm

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 185 di 198

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	199.20 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 186 di 198

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	50.0
3	50.0	50.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	40.0	5.5	20
2	-40.0	5.5	20
3	40.0	44.7	16
4	-40.0	44.7	16

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	20
2	3	4	3	16

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-203.00	107.00	0.00	0.00	0.00
2	-259.00	81.00	0.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 187 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 187 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 187 di 198		

N°Comb.	N	Mx	My
1	-150.00	79.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-126.00	68.00 (128.68)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-75.00	44.00 (130.11)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	-203.00	200.96	8.53	-203.10	223.31	0.00	2.181	25.8(9.0)
2	S	-259.00	187.06	10.88	-259.24	211.81	0.00	2.866	25.8(9.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1"> <tr> <td>Progetto IN17</td> <td>Lotto 12</td> <td>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td>Rev. A</td> <td>Foglio 188 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 188 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 188 di 198		

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01489	-50.0	50.0	-0.00105	40.0	44.7	-0.03468	40.0	5.5
2	0.00350	-0.01557	-50.0	50.0	-0.00122	40.0	44.7	-0.03611	40.0	5.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000858079	-0.039403929	----	----
2	0.000000000	0.000890108	-0.041005412	----	----

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.59	-50.0	50.0	-171.9	-20.0	5.5	1823	15.7	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	2.24	-50.0	50.0	-146.9	-20.0	5.5	1823	15.7	20.0	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}											
S1	Esito della verifica											
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione non fessurata											
k2	Minima tensione [Mpa] di trazione nel calcestruzzo valutata in sezione fessurata											
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata											
Ø	= 0.125 per flessione e presso-flessione; $= (e_1 + e_2) / (2 \cdot e_1)$ per trazione eccentrica											
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff											
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa											
e sm	= $1 - \beta_{12} \cdot (S_{sr}/S_s)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (f_{ctm}/S_2)^2 = 1 - \beta_{12} \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]											
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot S_s/E_s$ è tra parentesi											
wk	Distanza media tra le fessure [mm]											
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot s_m \cdot s_{rm}$. Valore limite tra parentesi											
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]											
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]											
Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.6	0	0.125	20	45	-2.581	0.00029 (0.00029)	246	0.123 (0.20)	128.68	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.47	-50.0	50.0	-93.0	-20.0	5.5	1823	15.7	20.0	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
-------	-----	----	----	----	---	----	-----	------	-----	----	---------	---------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
---	--	---	--	--	--	--

<p>NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 189 di 198</p>
---	--------------------------	---------------------	--	-------------------	------------------------------

1 S -1.0 0 0.125 20 45 -3.372 0.00019 (0.00019) 246 0.078 (0.20) 130.11 0.00

14.3.2. Verifiche alle sollecitazioni tangenti

14.3.2.1. Muro paraghiaia

Taglio ZX

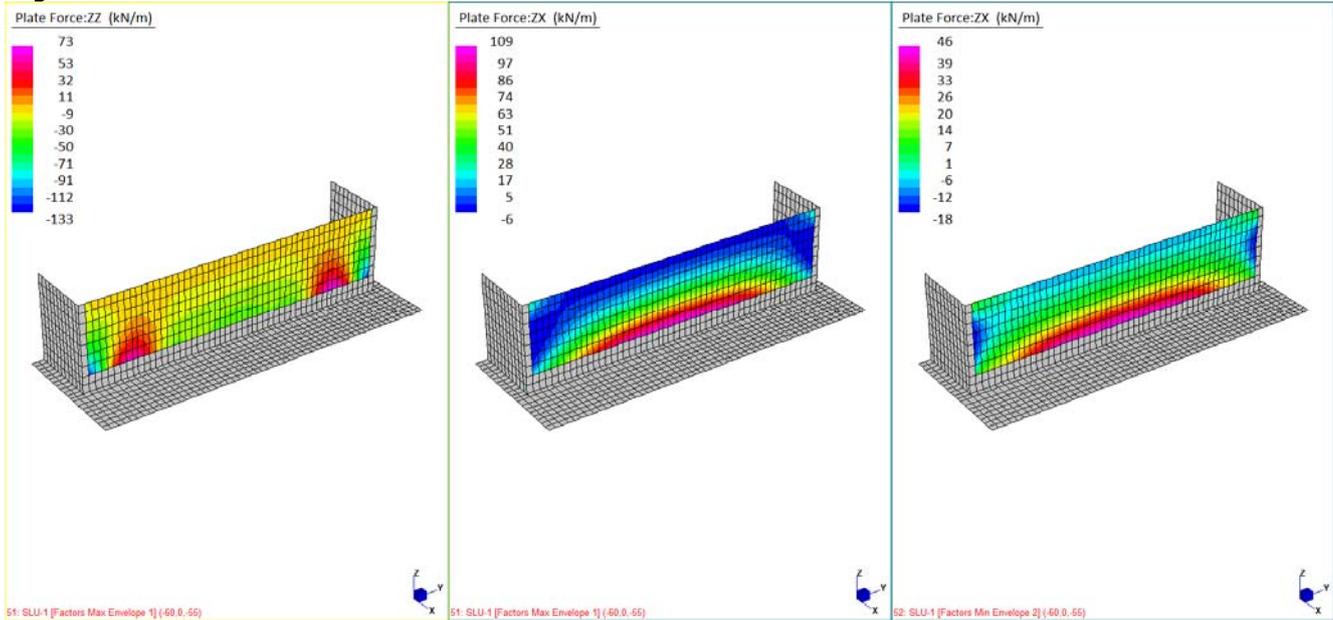


Figura 14.72: Involuppi SLU-stat

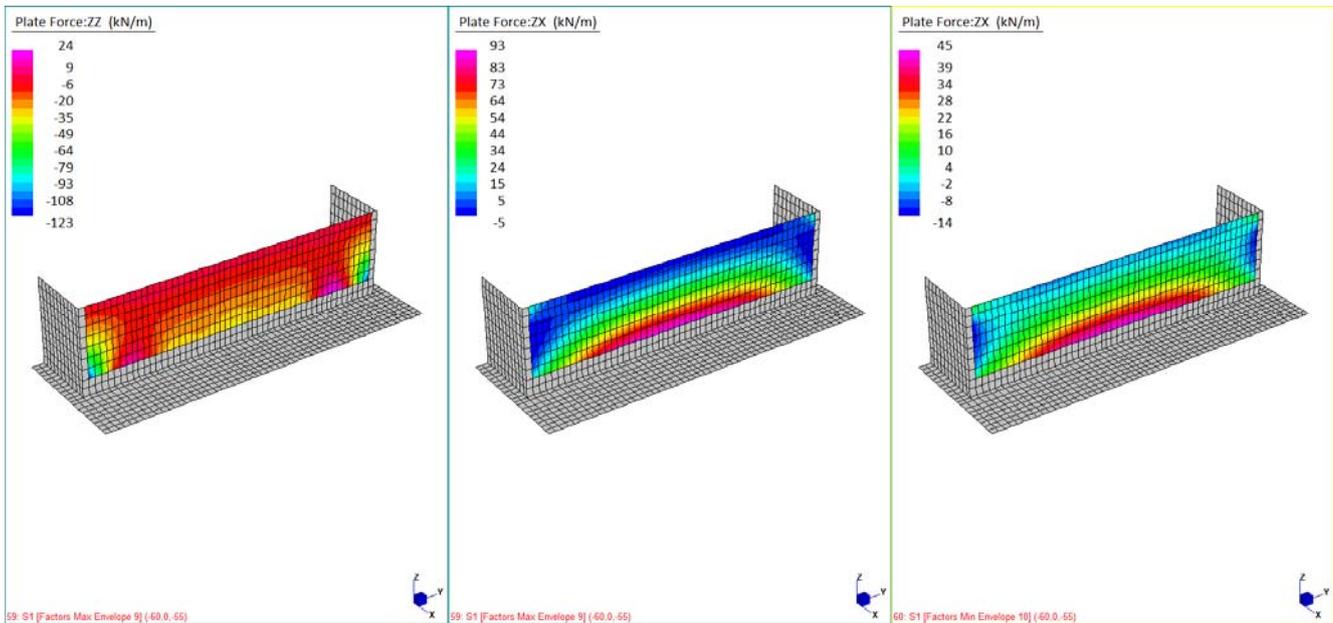


Figura 14.73: Involuppi SLV-sism

Taglio XY

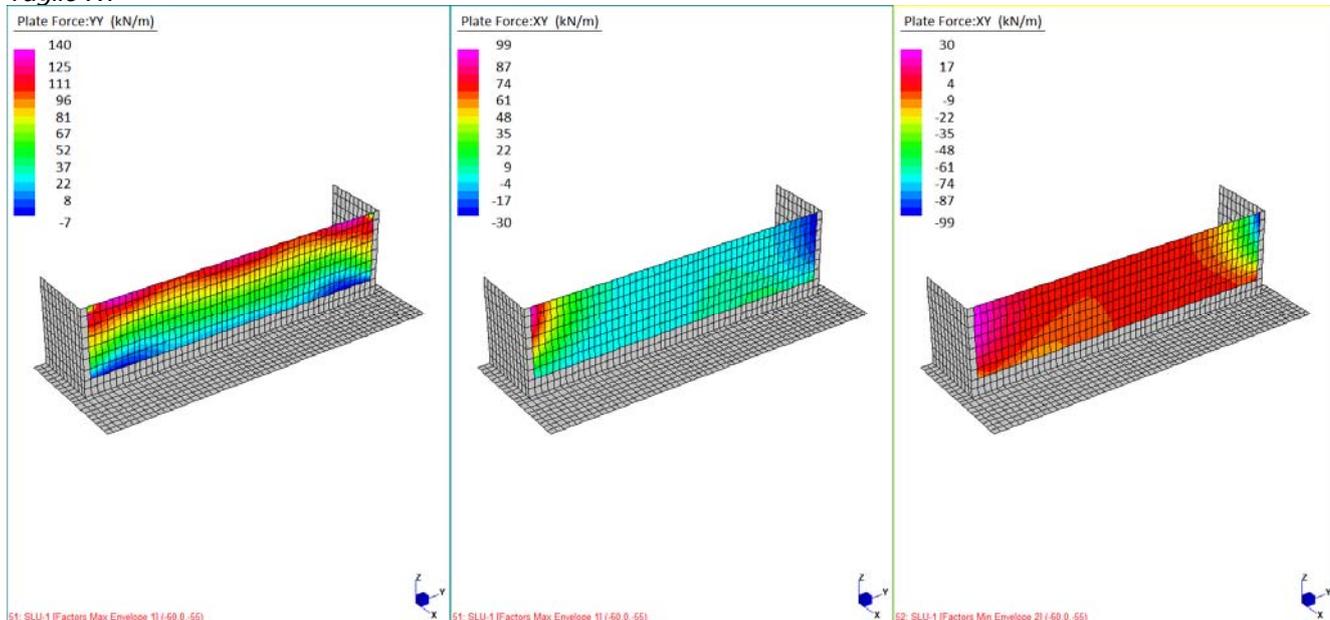


Figura 14.74: Involuppi SLU-stat

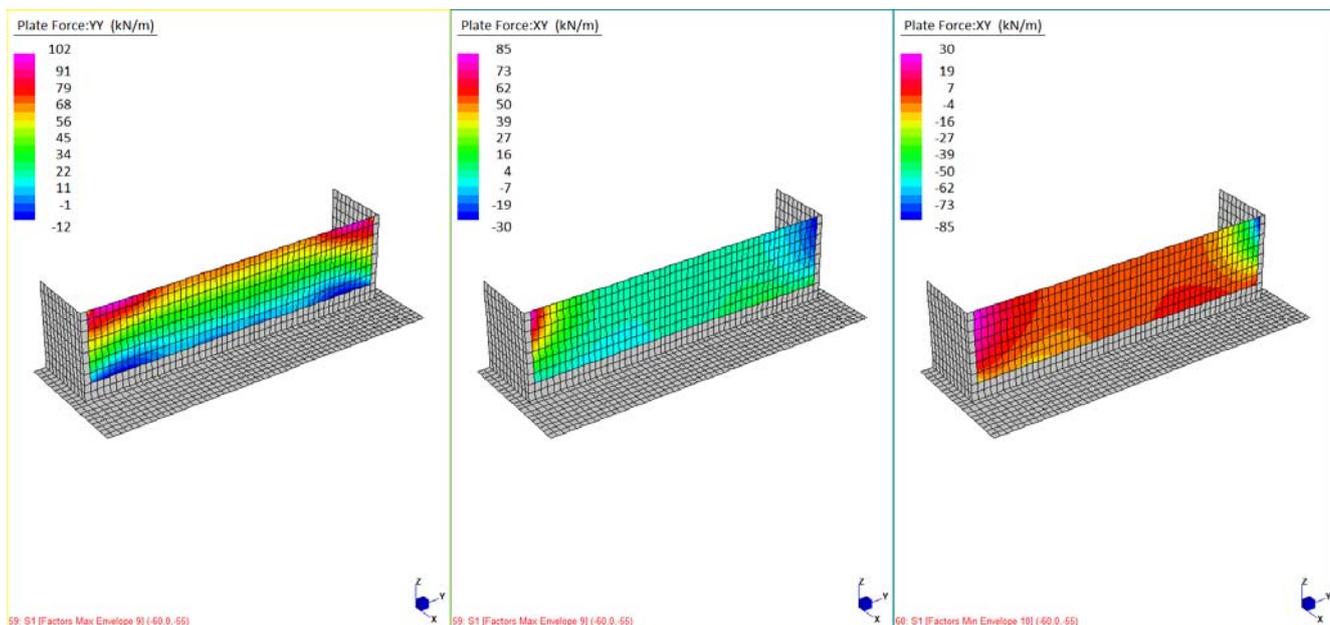


Figura 14.75: Involuppi SLV-sism

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto IN17</td> <td style="width: 15%;">Lotto 12</td> <td style="width: 35%;">Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 25%;">Foglio 192 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 192 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 192 di 198		

Elementi senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Taglio ZX

C _{rdc}	0.120
k	1.680
f _{ck} (MPa)	32.00
f _{cd} (MPa)	18.13
γ _c	1.5
H (mm)	500.00
c (mm)	55.00
φ _{long} (mm)	24.00
d (mm)	433.0
b _w (mm)	1000.0
A _{long} (mm ²)	1005.3
ρ _l	0.0023
N (kN)	-73.0
Ac (mm ²)	500000.0
σ _{cp}	-0.15
k ₁	0.15
v _{min} (MPa)	0.43
V _{rdc,min} (kN)	177.1
V _{rd} (kN/m)	160.8
V _{rdc} (kN/m)	177.1
V _{zx} (KN/m)	109.0

Taglio XY

C _{rdc}	0.120
k	1.680
f _{ck} (MPa)	32.00
f _{cd} (MPa)	18.13
γ _c	1.50
H (mm)	500.00
c (mm)	55.00
φ _{long} (mm)	16.00
d (mm)	433.0
b _w (mm)	1000.00
A _{long} (mm ²)	1005.3
ρ _l	0.0023
N (kN)	-140.0
Ac (mm ²)	500000.0
σ _{cp}	-0.28
k ₁	0.15
v _{min} (MPa)	0.43
V _{rdc,min} (kN)	168.4
V _{rd} (kN/m)	152.1
V _{rdc} (kN/m)	168.4
V _{xy} (KN/m)	99.0

V_{Ed} < V_{rd} → L'armatura a taglio non è richiesta

Si dispongono comunque spilli φ12/40x40 in tutto il muro paraghiaia.

14.3.2.2. Muri laterali

Taglio YZ

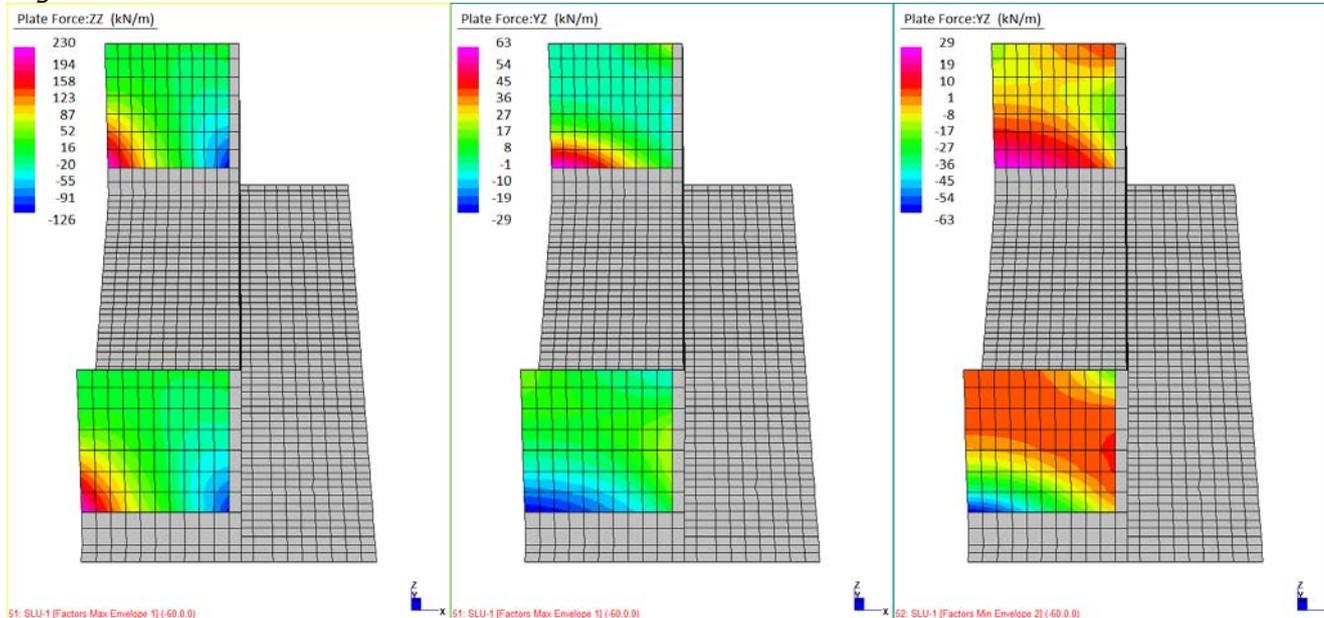


Figura 14.76: Involuppi SLU-stat

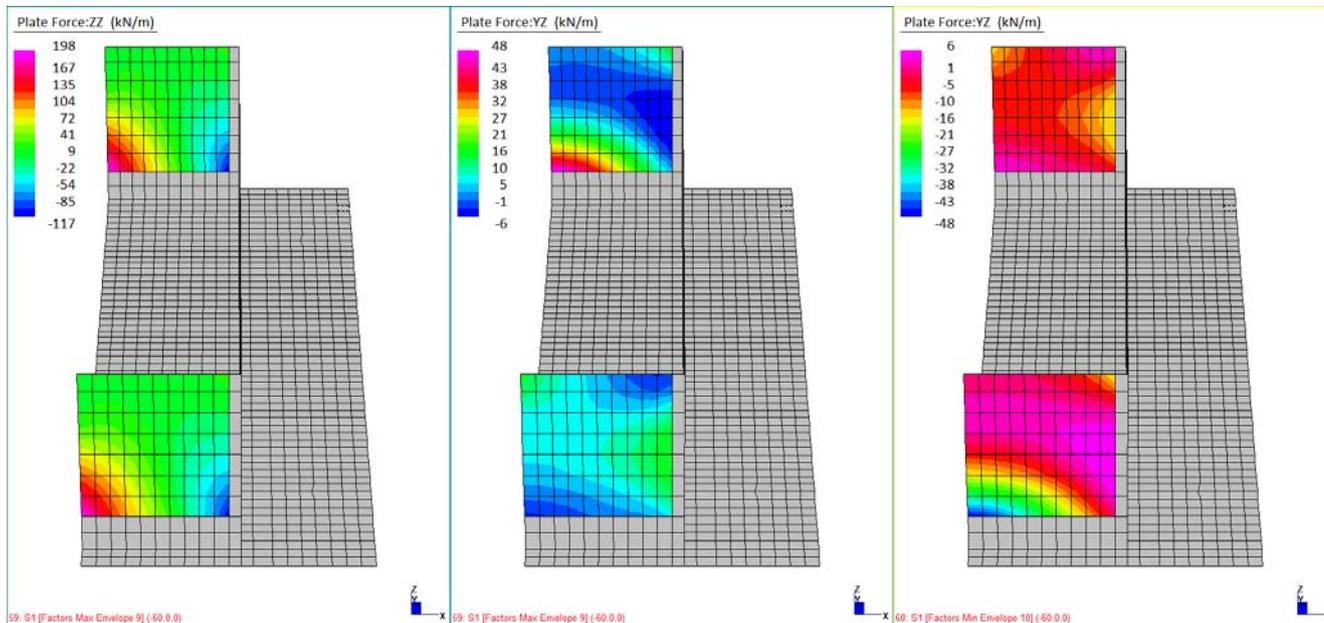


Figura 14.77: Involuppi SLV-sism

Taglio XY

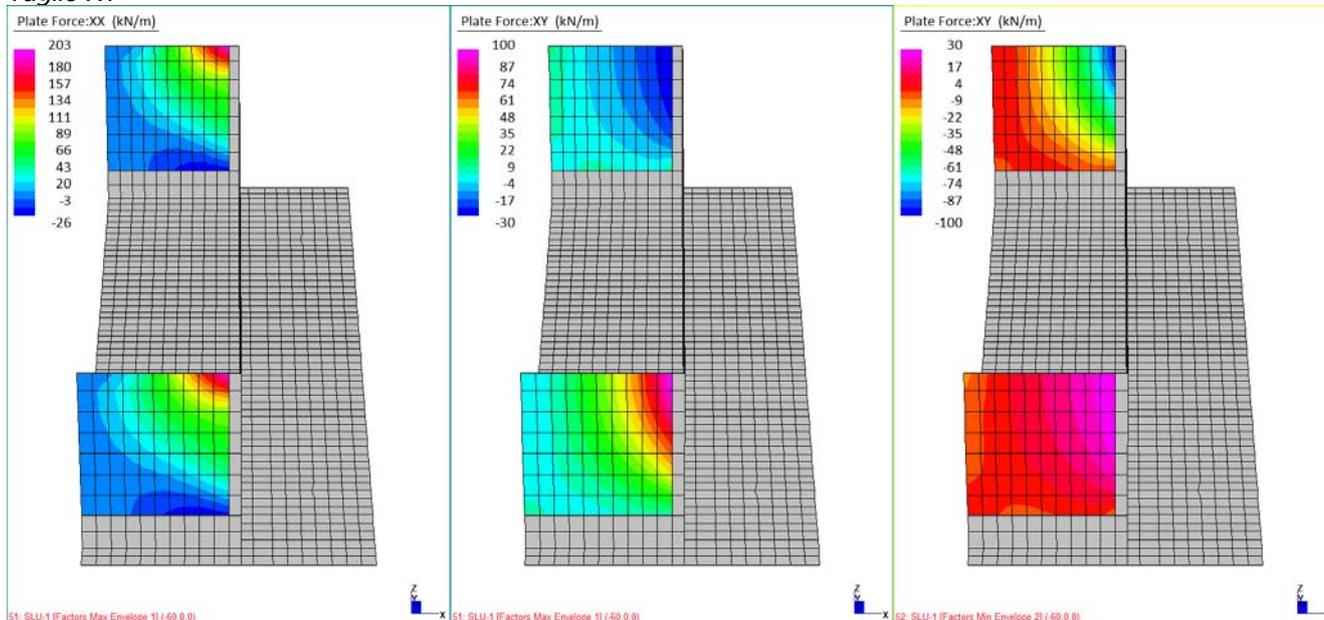


Figura 14.78: Involuppi SLU-stat

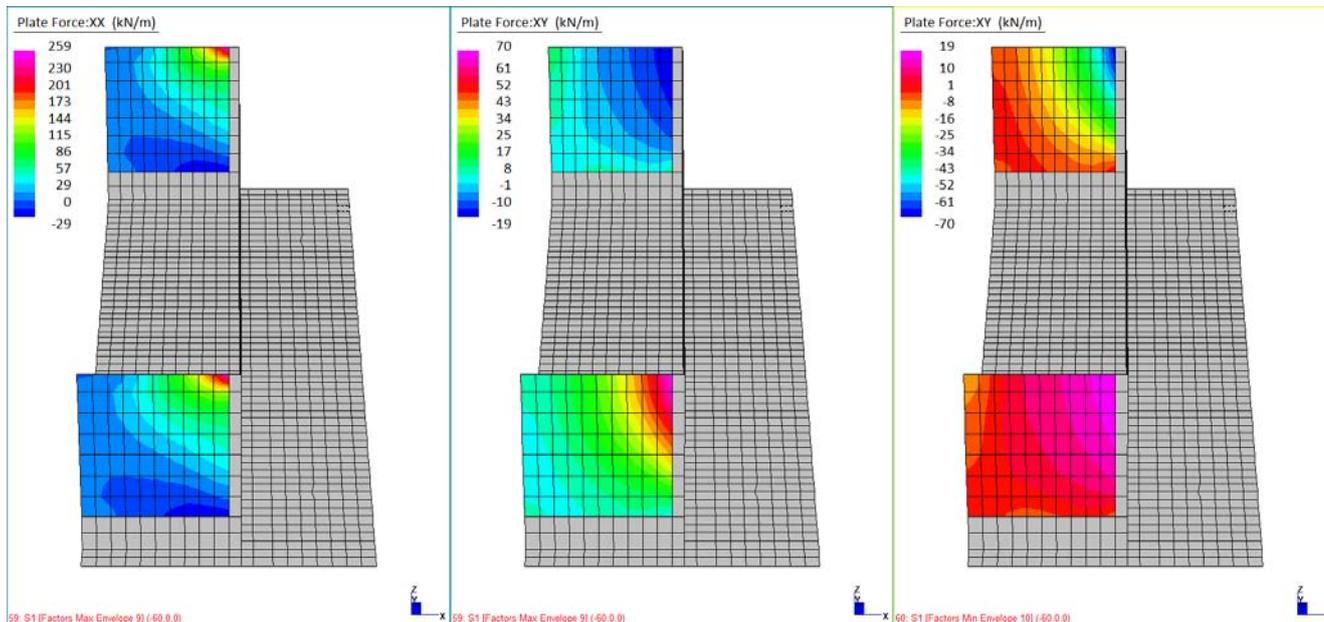


Figura 14.79: Involuppi SLV-sism

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Progetto IN17</td> <td style="width: 15%;">Lotto 12</td> <td style="width: 35%;">Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001</td> <td style="width: 10%;">Rev. A</td> <td style="width: 25%;">Foglio 195 di 198</td> </tr> </table>	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 195 di 198
Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 195 di 198		

Elementi senza armatura a taglio

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Taglio YZ

C _{rdc}	0.120
k	1.678
f _{ck} (MPa)	32.00
f _{cd} (MPa)	18.13
γ _c	1.5
H (mm)	500.00
c (mm)	55
φ _{long} (mm)	20
d (mm)	435
b _w (mm)	1000.0
A _{long} (mm ²)	1005
ρ _l	0.0023
N (kN)	-230
Ac (mm ²)	500000.0
σ _{cp}	-0.46
k ₁	0.15
v _{min} (MPa)	0.43
V _{rdc,min} (kN)	157.2
V _{rd} (kN/m)	140.6
V _{rdc} (kN/m)	157.2
V _{zx} (KN/m)	63.0

Taglio XY

C _{rdc}	0.120
k	1.678
f _{ck} (MPa)	32.00
f _{cd} (MPa)	18.13
γ _c	1.50
H (mm)	500.00
c (mm)	55
φ _{long} (mm)	20
d (mm)	435
b _w (mm)	1000.00
A _{long} (mm ²)	1005
ρ _l	0.0023
N (kN)	-259
Ac (mm ²)	500000.0
σ _{cp}	-0.52
k ₁	0.15
v _{min} (MPa)	0.43
V _{rdc,min} (kN)	153.4
V _{rd} (kN/m)	136.9
V _{rdc} (kN/m)	153.4
V _{xy} (KN/m)	100.0

V_{Ed} < V_{rd} → L'armatura a taglio non è richiesta

Si dispongono comunque spilli φ12/40x40 in tutti i muri laterali.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 196 di 198

14.3.3. Verifica aggiuntiva del muro paraghiaia

Secondo quanto previsto nella circolare delle norme tecniche (Circolare 2009 §C5.1.3.3.7.2), il muro paraghiaia deve essere verificato considerato uno schema in cui in testa allo stesso è applicato un asse tandem associato alla corsia numero 1 ($Q_{1k} = 300 \text{ kN}$) concomitante con un'azione di frenamento pari al 60% dello stesso ($0.6 \times Q_{1k} = 180 \text{ kN}$).

Nel caso in esame il calcolo viene condotto per via semplificata manuale adottando ipotesi a favore della sicurezza. Più nel dettaglio :

- L'azione dei carichi da traffico si assume applicata all'estremità della carreggiata in modo tale da avere una diffusione del carico limitata dalla presenza dei muri laterali ;
- Nella determinazione delle sollecitazioni alla base del muro paraghiaia non viene considerato il contributo favorevole determinato dalla presenza di tali muri laterali per le porzioni terminali del primo ;
- Viene considerata l'altezza massima del muro paraghiaia, pari a 3.86 m, nonostante essa non sia costante nello sviluppo trasversale dell'impalcato (spalla S2).

In altre parole, è come se la verifica venisse condotta per la sezione centrale del muro paraghiaia (dove l'effetto favorevole di vincolo garantito dai muri laterali è poco rilevante), assumendo però l'altezza massima del muro stesso (e non quella effettivamente presente in tale sezione) ed una diffusione limitata (quella d'estremità). Tutto questo porta ad una sovrastima delle sollecitazioni, la quale consente di procedere a favore della sicurezza.

La verifica del paraghiaia viene condotta allo SLU statico ed in esercizio (combinazione caratteristica) secondo il modello di normativa riportato in precedenza. Le verifiche in combinazione frequente e quasi-permanente sono di fatto le medesime dei capitoli precedenti, in quanto i coefficienti di partecipazione ψ per il gruppo di azioni 2 di cui alla tabella 5.1.IV delle NTC08 (dove è presente l'azione di frenamento) sono tutti nulli secondo la tabella 5.1.VI.

Il carico associato al frenamento ed all'asse al di sopra del muro paraghiaia vengono diffusi attraverso il calcestruzzo assumendo un angolo di 45° . Viene inoltre considerato che da un lato la diffusione è limitata dalla presenza del muro laterale ; di conseguenza, mentre da una parte la diffusione alla base si può assumere pari all'altezza del muro stesso, dall'altra essa vale al massimo la larghezza del marciapiede (2.25 m) ridotta dello spessore del muro laterale (0.50 m). Inoltre, tali carichi sono applicati ad un interasse tra le ruote dell'asse pari a 2 m. Di conseguenza la larghezza di diffusione considerata è pari a :

$$L = 2 + 3.86 + \min(3.86 ; 2.25 - 0.50) = 2 + 3.86 + 2.25 - 0.50 = 7.61 \text{ m}$$

Riassumendo, le azioni caratteristiche considerate alla base del muro paraghiaia sono :

- Peso proprio del paraghiaia :
 $N = 25 \times 0.5 \times 3.86 = 48 \text{ kN/m}$
- Spinta delle terre ($\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $k_0 = 0.426$):
 $V = 0.426 \times 20 \times 3.86^2 / 2 = 63 \text{ kN/m}$
 $M = 0.426 \times 20 \times 3.86^3 / 6 = 82 \text{ kNm/m}$
- Traffico a tergo del muro ($q = 25 \text{ kPa}$) :
 $V = 25 \times 0.426 \times 3.86 = 41 \text{ kN/m}$
 $M = 25 \times 0.426 \times 3.86^2 / 2 = 79 \text{ kNm/m}$
- Asse tandem al di sopra del muro :
 $N = 300 / 7.61 = 39 \text{ kN/m}$
- Frenamento al di sopra del muro :
 $V = 180 / 7.61 = 24 \text{ kN/m}$
 $M = 180 \times 3.86 / 7.61 = 91 \text{ kNm/m}$

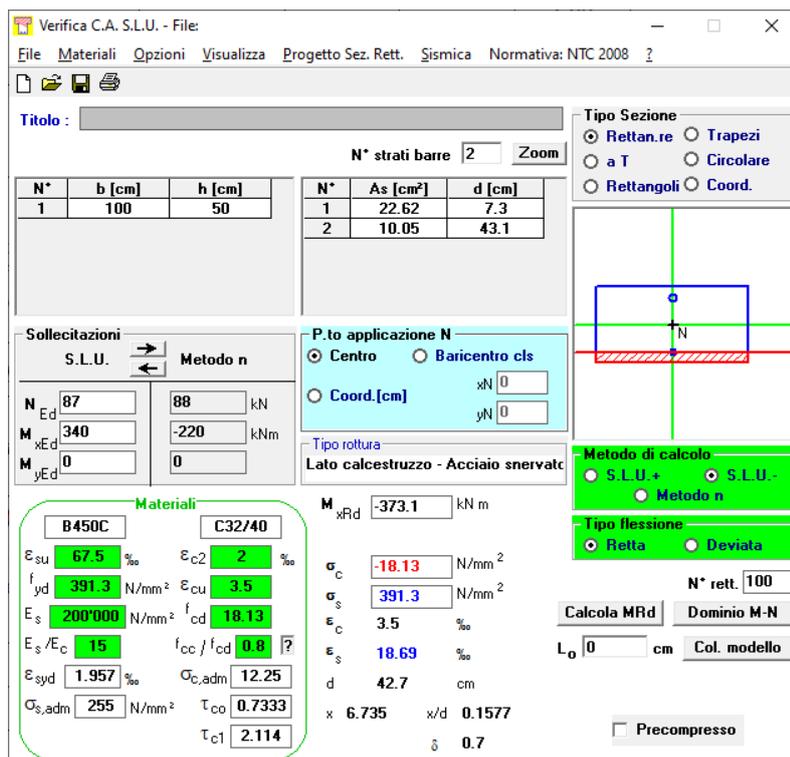
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento E12 CL NV 51 0 6 001 Rev. A Foglio 197 di 198

Combinando tali sollecitazioni si ottiene allo SLU statico :

$$N_{Ed} = 48 + 39 = 87 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 1.35 \times (63 + 41 + 24) = 173 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 1.35 \times (82 + 79 + 91) = 340 \text{ kNm/m}$$



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

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

Titolo: _____

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	22.62	7.3
			2	10.05	43.1

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 87 kN
M_{xEd} 340 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Materiali
B450C C32/40
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} 18.13
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

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

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

M_{xRd} -373.1 kNm
σ_c -18.13 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 18.69 ‰
d 42.7 cm
x 6.735 x/d 0.1577
δ 0.7

$$UF = 340/373 = 0.91 < 1.00$$

Verificato

V _{Ed}	taglio agente	1.73E+05 N
N _{Ed}	sforzo assiale agente	8.70E+04 N
h	altezza	500 mm
b _w	larghezza anima	1000 mm
c	copriferro (asse armatura)	67 mm
d	altezza utile	433 mm
A _c	Area della sezione	500000 mm ²
A _{sl}	armatura longitudinale	1005 mm ²
A _{sw}	area staffe	0 mm ²
s	passo staffe	0 mm

ELEMENTI PRIVI DI ARMATURA A TAGLIO (§ 4.1.2.1.3.1)

k	min[1+(200/d) ^{0.5} ; 2]	1.68	
ρ _l	min[A _{sl} /(b _w d); 0.02]	0.00	
σ _{cp}	min[N _{Ed} /A _c ; 0.2f _{cd}]	0.17 MPa	
V _{min}	0.035 k ^{3/2} f _{ck} ^{0.5}	0.44 MPa	
V _{Rd,A}	(0.18 k (100 ρ _l f _{ck}) ^{1/3} / γ _c + 0.15 σ _{cp}) b _w d	1.84E+05 N	
V _{Rd,B}	(V _{min} + 0.15 σ _{cp}) b _w d	2.01E+05 N	CS
V _{Rd}	max[V _{Rd,A} ; V _{Rd,B}]	2.01E+05 N	1.16

verificato

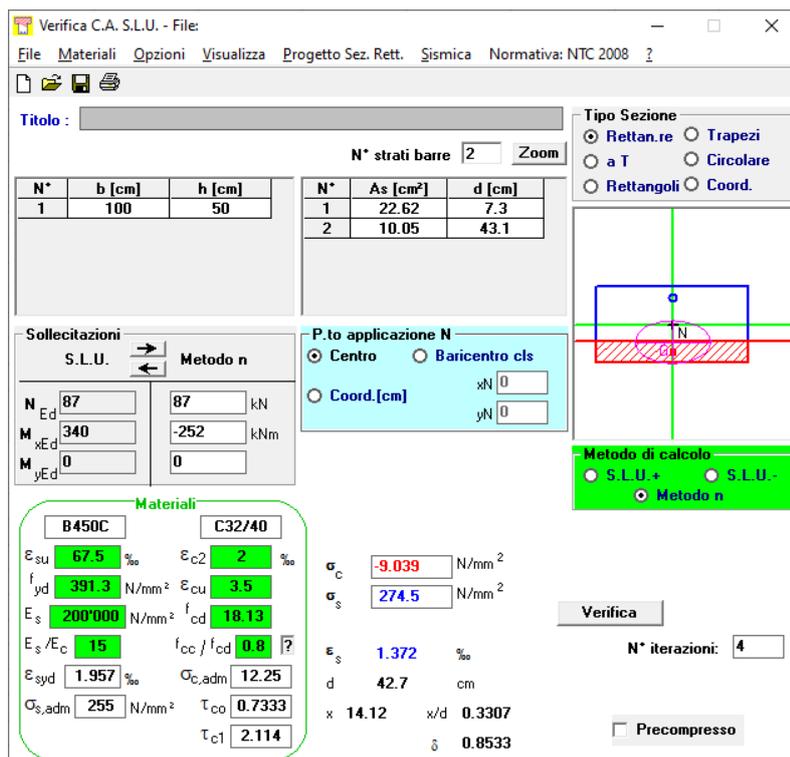
GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
NV51 - Cavalcavia sfalsamento in corsia Raccordo Autostradale Verona Est/viale del Lavoro - pk 5+050 - SPALLE - RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 CL NV 51 0 6 001	Rev. A	Foglio 198 di 198

In rara :

$$N_{Ed} = 48+39 = 87 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 63+41+24 = 128 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = 82+79+91 = 252 \text{ kNm/m}$$



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

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

TITOLO : _____

N° strati barre: 2 | Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	22.62	7.3
			2	10.05	43.1

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

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**
 N_{Ed} 87 87 kN
 M_{xEd} 340 -252 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Materiali
B450C **C32/40**
 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} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

σ_c -9.039 N/mm²
 σ_s 274.5 N/mm²
 ε_s 1.372 ‰
 d 42.7 cm
 x 14.12 x/d 0.3307
 δ 0.8533

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

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

$$\sigma_c = 9.04 \text{ MPa} < 0.6 \times 32 = 19.20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 274.5 \text{ MPa} < 0.8 \times 450 = 360 \text{ MPa}$$

Verificato

Verificato