

VARIANTE ALLA S.S. 1 "VIA AURELIA"
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3° Lotto
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio
COMPLETAMENTO

PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DELL'APPALTO INTEGRATO ORIGINALE

PD n°1861 del 09/07/03 aggiornato al 10/12/08 - Delibera CIPE n°60 del 02/04/08

PE n° 103 del 14/07/2011 - D.A. CDG-103321-P del 20/07/11

PVT n°112 del 21/01/16 aggiornata al 28/10/16 - D.A. CDG-92950-P del 21/02/17

Progetto Esecutivo Cantierabile Opere da Completare

PROGETTO ESECUTIVO

COD. GE266

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine Ing. di Frosinone n. 1063

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Flavio Capozucca
Ordine Geol. del Lazio n. 1599

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Emiliano Paiella

VISSO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO

DATA

OPERE D'ARTE MINORI

PRESIDI IDRAULICI

PRESIDI IDRAULICI: VASCA 2

RELAZIONE DI CALCOLO

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00PS00IDRRE02_A			
D P G E 0 2 6 6	E 20	CODICE ELAB.	T 0 0 P S 0 0 I D R R E 0 2	A	--
D					
C					
B					
A	Emissione	Luglio 2020	Ing.	Ing.	Ing.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3.	MATERIALI	3
4.	ANALISI STRUTTURALE	5
4.1	CALCOLO VASCA V2	6
4.1.1	Descrizione modello per analisi agli elementi finiti	6
4.1.2	Analisi dei carichi	9
4.1.3	Combinazioni di carico	11
4.1.4	Risultati modello	12
4.1.5	Verifiche strutturali	29

1. INTRODUZIONE

Il presente documento, facente parte del completamento del Progetto Esecutivo "Variante alla SS n. 1 Aurelia (Aurelia bis) - Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia", riguarda le verifiche della Vasca 2 prevista fra i presidi idraulici in progetto.

Ai fini del calcolo si è considerata una sezione con un ricoprimento di terreno gravante sulla soletta superiore di ciascuna vasca di altezza pari a 0.20 m e peso specifico $\gamma_{terr} = 20 \text{ kN/m}^3$.

Si è altresì tenuto in conto della presenza del carico da folla presente sulla soletta superiore della vasca e del carico mobile da traffico presente sulla piattaforma stradale transitante a lato della vasca.

Nelle zone interessate dalla presenza della vasca la falda non è presente.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

LEGGE n. 1086 05.11.1971: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

Ministero dei LL.PP – D.M. 14.01.2008: Norme Tecniche per le Costruzioni.

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3. MATERIALI

Calcestruzzo:

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/mc

Classe di resistenza = C30/37

Rck = resistenza cubica = 37.00 N/mm²

fck = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 Rck = 30.71 N/mm²

fcm = resistenza cilindrica media = fck + 8 = 38.71 N/mm²

fctm = resistenza a trazione media = 0.30 x fck^(2/3) = 2.94 N/mm²

fcfm = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 x fctm = 3.53 N/mm²

fcfk = resistenza a traz. per flessione caratt. = 0.70 x fcfm = 2.47 N/mm²

Ecm = modulo elast. tra 0 e 0.40fcm = 22000 x (fcm/10)^{0.3} = 33019 N/mm²

ν_1 = coefficiente di Poisson per calcestruzzo non fessurato = 0.00

ν_2 = coefficiente di Poisson per calcestruzzo fessurato = 0.20

α_T = coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C⁻¹

VN = vita nominale della struttura = 50 anni

Tolleranza di posa del copriferro = 0 mm

CARATTERISTICHE PER LA DURABILITA'					
CLASSE DI ESPOSIZIONE		XC2			
Classe di esposizione vecchia		2a			
RAPPORTO a/c (max)	0,60				
COPRIFERRO (min)	elementi a piastra:	30	altri elementi:	35	
CLASSE DI RESIST. PER ESPOSIZ.	C30/37				
CONTENUTO DI ARIA (min)	0%				
CONTENUTO DI CEMENTO kg/mc (min)	280				
CLASSE DI CONSISTENZA	S4				

Copriferro = 35 mm

Tipo di ambiente (ved. tabella 4.1.III delle NTC) = Aggressivo

Velocità di maturazione = Normale

N = numero min. di giorni di maturazione per togliere i casseri = 28 gg

Acciaio di armatura - barre:

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/mc

f_y nom = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

f_t nom = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

f_{yk} min = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²

f_{tk} min = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²

$(f_t/f_y)_k$ min = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_k$ max = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

$(f_y/f_y \text{ nom})_k$ = massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k$ = allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

φ min = minimo diametro consentito delle barre = 6 mm

φ max = massimo diametro consentito delle barre = 40 mm

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²

α_T = coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C⁻¹

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: φ

< 12 mm 4 φ

12 ≤ φ ≤ 16 mm 5 φ

16 < φ ≤ 25 mm 8 φ

25 < φ ≤ 40 mm 10 φ

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a φ ≤ 16 mm.

4. ANALISI STRUTTURALE

Il sito di appartenenza dell'opera è:

Regione: Liguria,

Provincia: La Spezia,

Comune: La Spezia.

Il sito di appartenenza dell'opera è classificato sismico.

L'analisi strutturale mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi,
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio.

Gli stati limite ultimi analizzati sono:

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni.

Gli stati limite di esercizio analizzati sono:

- danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione:

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

- Ed è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_F$ delle azioni.

Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione: Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale

La cui vita nominale è pari a 50 anni.

Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso:

"Classe 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.

Il coefficiente d'uso è pari a 1,50.

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione al periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso Cu.

Pertanto VR = 75 anni.

4.1 CALCOLO VASCA V2

4.1.1 Descrizione modello per analisi agli elementi finiti

Al fine di calcolare la struttura della Vasca V2 è stato implementato un modello agli elementi finiti mediante l'utilizzo del software SAP2000 v.10.0.1 della Computers and Structures Inc., Berkeley.

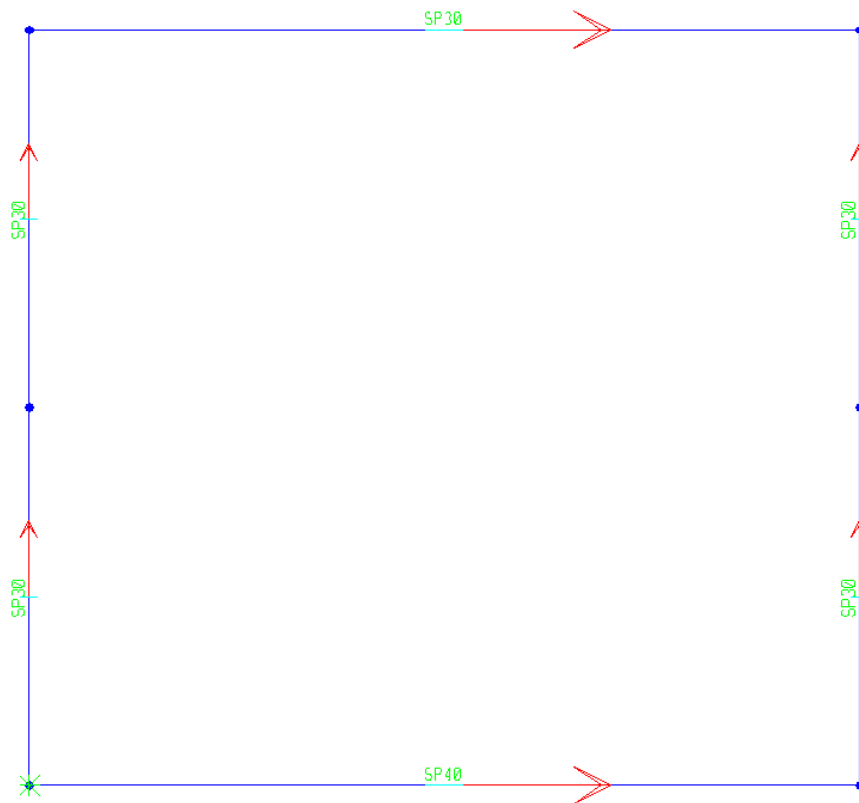
Il modello è costituito da 6 elementi Joints e 6 elementi Frames. I vincoli sono rappresentati da 1 vincolo traslazionale in direzione trasversale e un letto di molle verticali poste in corrispondenza della soletta inferiore del tombino e di rigidezza pari alla $K_{WINKLER} = 20000 \text{ kN/m}^3$.

A ciascun frame è stata assegnata la corrispondente sezione trasversale e precisamente:

- soletta inferiore = sezione rettangolare 100 x 40 cm,
- soletta superiore = sezione rettangolare 100 x 30 cm,
- pareti verticali = sezione rettangolare 100 x 30 cm.

I carichi considerati sono illustrati nel seguente par. 3.2.2.

Le combinazioni di carico considerate sono illustrate nel seguente par. 3.2.3.



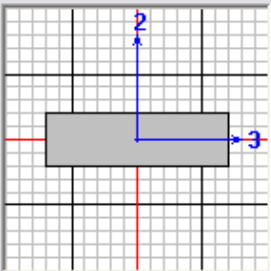
Modello agli Elementi Finiti

Rectangular Section

Section Name SP30

Properties: Section Properties...
Property Modifiers: Set Modifiers...
Material: Rck370

Dimensions:
Depth (t3) 0,3
Width (t2) 1,



Display Color

Concrete Reinforcement...

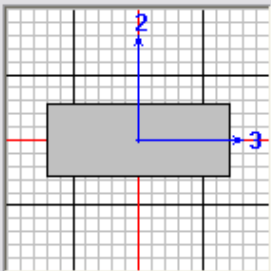
OK Cancel

Rectangular Section

Section Name SP40

Properties: Section Properties...
Property Modifiers: Set Modifiers...
Material: Rck370

Dimensions:
Depth (t3) 0,4
Width (t2) 1,



Display Color

Concrete Reinforcement...

OK Cancel

Frame Sections

4.1.2 *Analisi dei carichi*

I carichi considerati agenti sul modello considerato sono:

- Peso proprio: calcolato in automatico dal programma previa definizione di geometria delle sezioni e materiale ad esse associato ($\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$).

-Permanenti portati: viene considerato un ricoprimento di terreno gravante sulla soletta superiore del tombino di altezza pari a 0.20 m e peso specifico $\gamma_{terr} = 20 \text{ kN/m}^3$ per cui:

$$h_{terr} \times \gamma_{terr} = 4 \text{ kN/m}$$

-Spinta delle terre: in corrispondenza dei piedritti viene considerata un carico distribuito variabile con la profondità pari a:

$$St = K_0 \times \gamma_{terr} \times z$$

dove:

$$K_0 = 1 - \sin \phi$$

$$\phi = 30^\circ \text{ (angolo di attrito del terreno)}$$

z = profondità rispetto alla quale è ubicata la struttura in oggetto.

z	$\sigma_{o,t \text{ triang}}$
[m]	[kN/m ²]
0,2	2,00
1,825	18,25
3,55	35,50

-Carico da folla: viene considerato un carico da folla agente sulla soletta superiore della vasca pari a 5 kN/m^2 .

Questo riportato sulla vasca genera altresì una spinta orizzontale sulle pareti pari a:

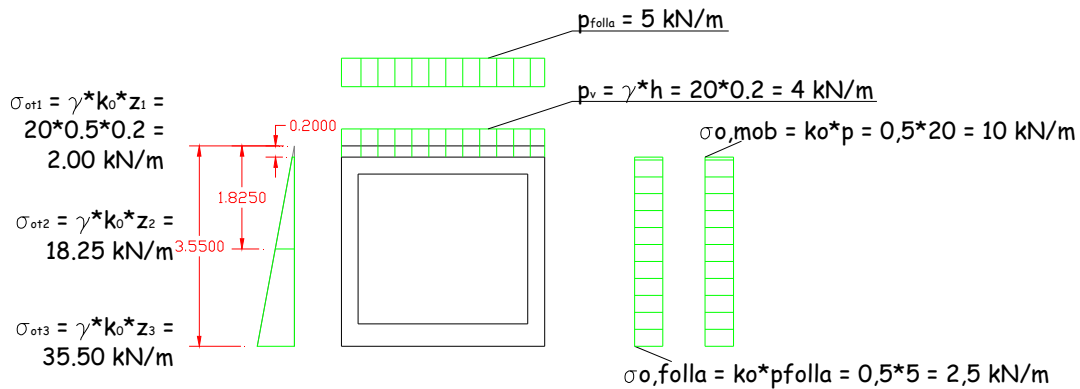
$$\sigma_{o,folia} = q_{folia} \times k_0 = \quad \quad \quad \mathbf{2,50 \text{ kN/m}^2}$$

-Carichi mobili da traffico: viene considerato l'effetto prodotto sul tombino dalla presenza del carico mobile da traffico presente sulla piattaforma stradale transitante a lato della parete verticale della vasca. Il carico considerato è un carico uniformemente distribuito pari a 20 kN/m^2 .

Questo riportato sulla vasca si traduce in una spinta orizzontale sulle pareti verticali pari a:

$$q_{mob.} = \quad \quad \quad 20,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{o,mob.} = q_{mob.} \times k_0 = \quad \quad \quad \mathbf{10,00 \text{ kN/m}^2}$$



ANALISI SISMICA

Vengono considerati due contributi: la Spinta Inerziale e la Sovrappinta Sismica delle Terre.

Spinta inerziale (SLD)

La spinta inerziale viene calcolata secondo l'analisi pseudostatica:

a_g = accelerazione al suolo =	0,142 g
S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica =	1,200
S_t = coefficiente di amplificazione topografica =	1,000
S = coefficiente di amplificazione = $S_s \times S_t$ =	1,20
k_h = coefficiente di spinta sismica = $a/g \times S$ =	0,170 g

Elemento1 =	parete verticale
V_1 = volume elemento =	0,80 mc
γ_1 = peso specifico elemento =	25,00 kN/mc
p = spinta inerziale = $\gamma_1 \times V_1 \times k_h$ =	3,39 kN

Elemento2 =	Solettone sup.
V_2 = volume elemento =	1,08 mc
γ_2 = peso specifico elemento =	25,00 kN/mc
p = spinta inerziale = $\gamma_2 \times V_2 \times k_h$ =	4,60 kN

Spinta sismica terreno (SLV)

H1 = altezza parete =	3,35	m
H2 = altezza ricoprimento parete =	0,00	m
λ = inclinazione del filo di monte rispetto all'asse verticale =	0,0	gradi
i = inclinazione del p.c. a monte rispetto all'asse orizzontale =	0,0	gradi
γ = peso specifico del terreno =	20,00	kN/mc
ϕ = angolo di attrito del terreno =	30,00	gradi
perm = peso del sovraccarico permanente =	0,00	kN/mq
ag = accelerazione al suolo =	0,142	g
Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica =	1,200	
St = coefficiente di amplificazione topografica =	1,000	
d = angolo di attrito terreno/calcestruzzo = $1/2f$ =	9	gradi
k = coefficiente di spinta statica del terreno =	0,310	
k' = coefficiente di spinta statica orizz. del terreno = $k \cos d$ =	0,306	
S = coefficiente di amplificazione = $Ss \times St$ =	1,20	
Tipo di sostegno =	non può subire spostamenti relativi rispetto al terreno	
Categoria di sottosuolo =	B	
bm = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima =	1,00	
kh = coefficiente di spinta sismica = $bm \times a/g \times S$ =	0,170	g
q = $\arctan(k_s)$ =	9,670	rad
ka = coefficiente di Mononobe - Okabe =	0,430	
ka' = coefficiente di spinta orizzontale del terreno = $ka \cos d$ =	0,424	
Dk' = incremento dinamico = $ka' - k'$ =	0,118	
Ds sup = pressione sismica sup. = $Dk' \times (gt \times H2 + perm)$ =	3,95	kN/mq
Ds inf = pressione sismica inf. = $Dk' \times [gt \times (H2 + H1) + perm]$ =	3,95	kN/mq
Ssism = spinta sismica = $(Ds \text{ sup} + Ds \text{ inf}) \times H1 / 2$ =	13,23	kN/m

4.1.3 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico considerate sono le seguenti:

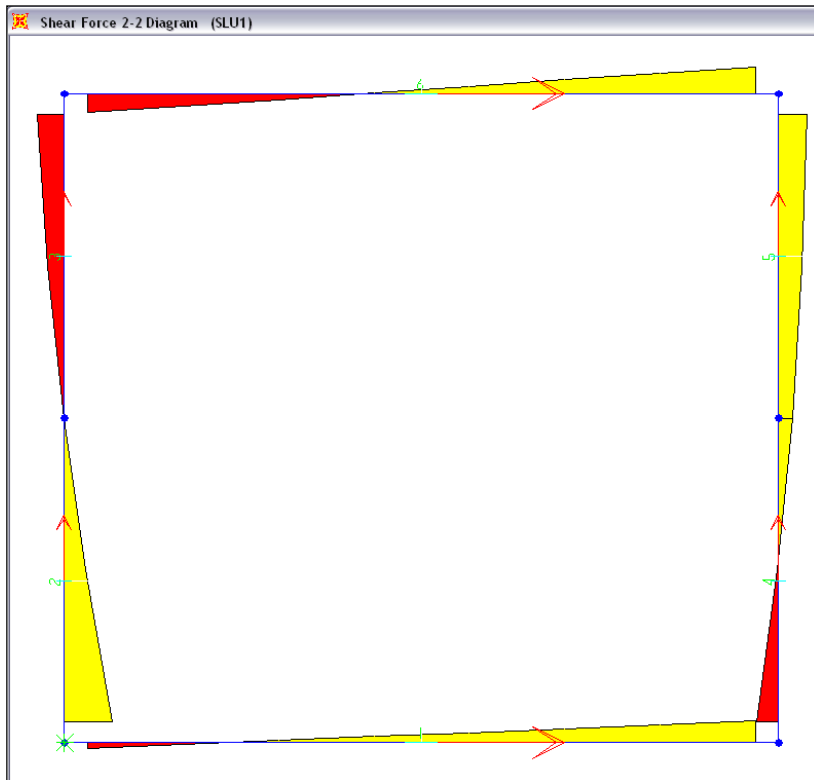
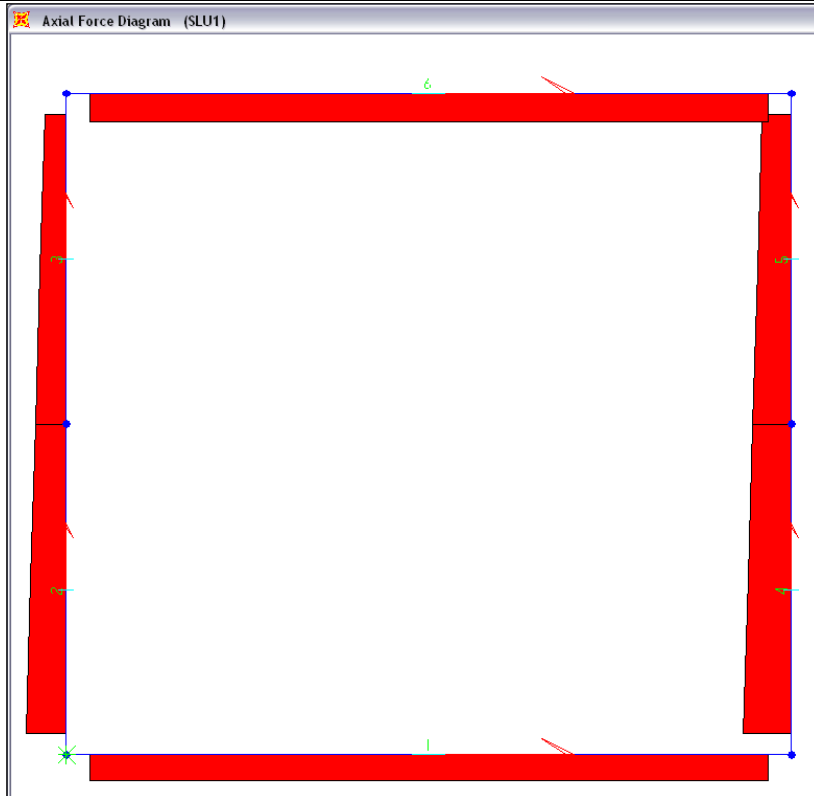
		PESO PROPRIO			PERMANENTI			FOLLA (VERT.)			FOLLA (ORIZZ.)			TRAFFICO			SISMA		
		ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$
SLU1	1	1,00	1,35	1,35	1,00	1,50	1,50	1,00	1,35	1,35	0,00	0,00	0,00	1,00	1,35	1,35	0,00	0,00	0,00
SLU2	2	1,00	1,35	1,35	1,00	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	1,35	1,35	1,00	1,35	1,35	0,00	0,00	0,00
SLU_S	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
SLE_F1	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00
SLE_F2	5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,00	0,75	0,75	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00
SLE_QP	6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

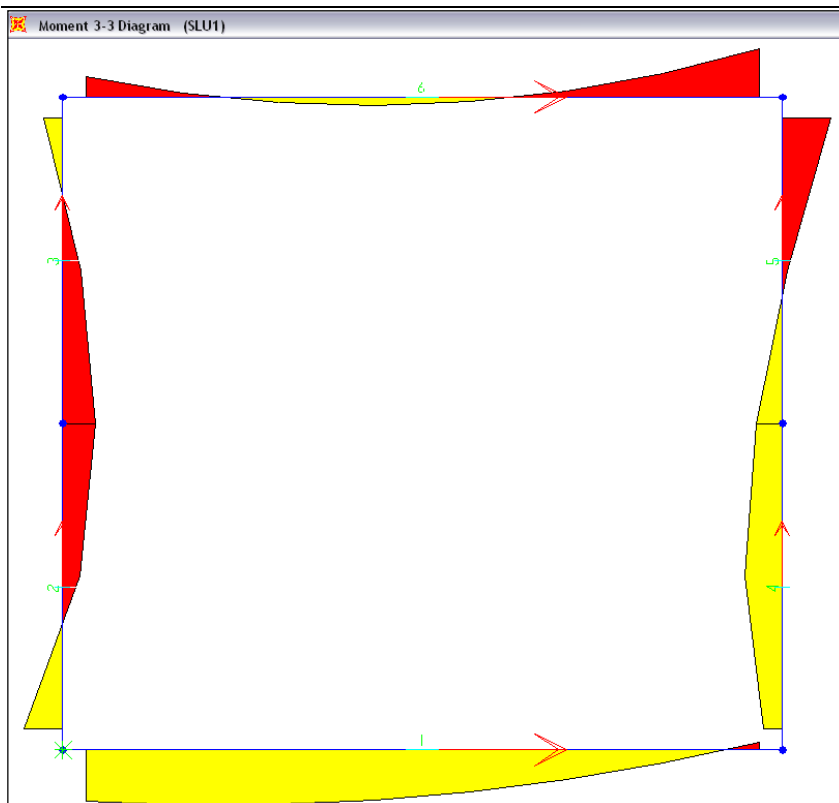
4.1.4 Risultati modello

Di seguito si riportano i principali risultati dell'analisi strutturale effettuata:

Combinazione di carico 1: SLU1

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3	
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m	
1	0,10761	SLU1	Combination	-39,33	-8,27	33,84	SOLETTA INFERIORE
1	0,54829	SLU1	Combination	-39,33	-2,32	36,17	
1	0,98898	SLU1	Combination	-39,33	3,63	35,88	
1	1,42966	SLU1	Combination	-39,33	9,58	32,97	
1	1,87034	SLU1	Combination	-39,33	15,53	27,43	
1	2,31102	SLU1	Combination	-39,33	21,48	19,28	
1	2,75171	SLU1	Combination	-39,33	27,43	8,50	
1	3,19239	SLU1	Combination	-39,33	33,38	-4,90	
2	0,09783	SLU1	Combination	-61,28	73,39	25,38	PIEDRITTO SX
2	0,79891	SLU1	Combination	-54,18	32,01	-11,08	
2	1,5	SLU1	Combination	-47,08	-0,89	-21,49	
3	0	SLU1	Combination	-47,08	-0,89	-21,49	
3	0,70109	SLU1	Combination	-39,98	-25,55	-11,76	
3	1,40217	SLU1	Combination	-32,88	-42,23	12,47	
4	0,09783	SLU1	Combination	-72,98	-34,21	12,16	PIEDRITTO DX
4	0,79891	SLU1	Combination	-65,88	-2,30	24,47	
4	1,5	SLU1	Combination	-58,78	21,14	17,37	
5	0	SLU1	Combination	-58,78	21,14	17,37	
5	0,70109	SLU1	Combination	-51,69	36,33	-3,25	
5	1,40217	SLU1	Combination	-44,59	43,55	-31,71	
6	0,10761	SLU1	Combination	-43,92	-29,43	-13,38	SOLETTA SUPERIORE
6	0,54829	SLU1	Combination	-43,92	-19,35	-2,63	
6	0,98898	SLU1	Combination	-43,92	-9,27	3,67	
6	1,42966	SLU1	Combination	-43,92	0,81	5,54	
6	1,87034	SLU1	Combination	-43,92	10,89	2,96	
6	2,31102	SLU1	Combination	-43,92	20,97	-4,06	
6	2,75171	SLU1	Combination	-43,92	31,05	-15,53	
6	3,19239	SLU1	Combination	-43,92	41,13	-31,43	



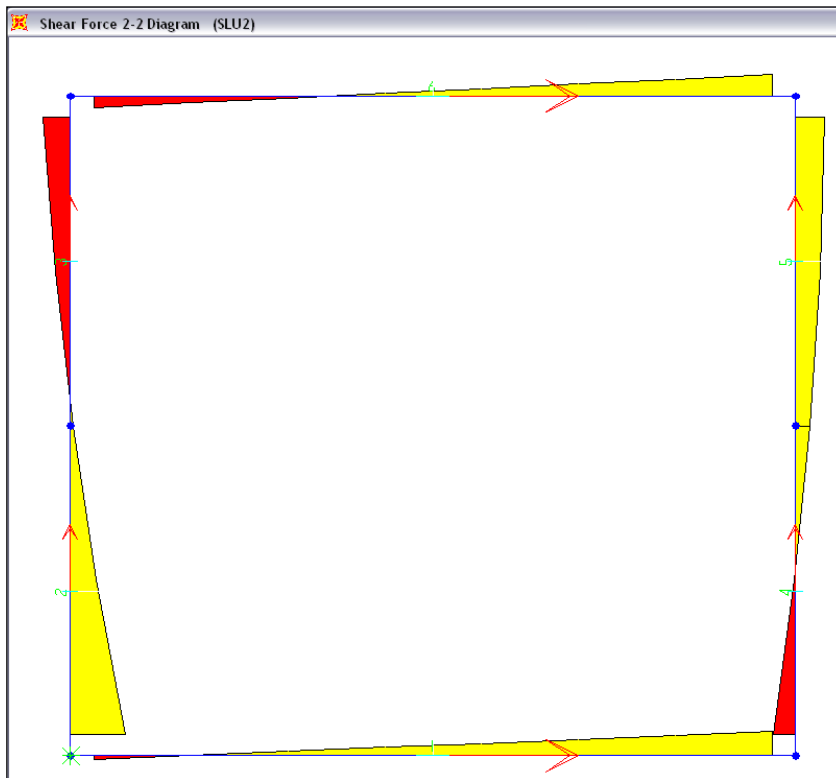
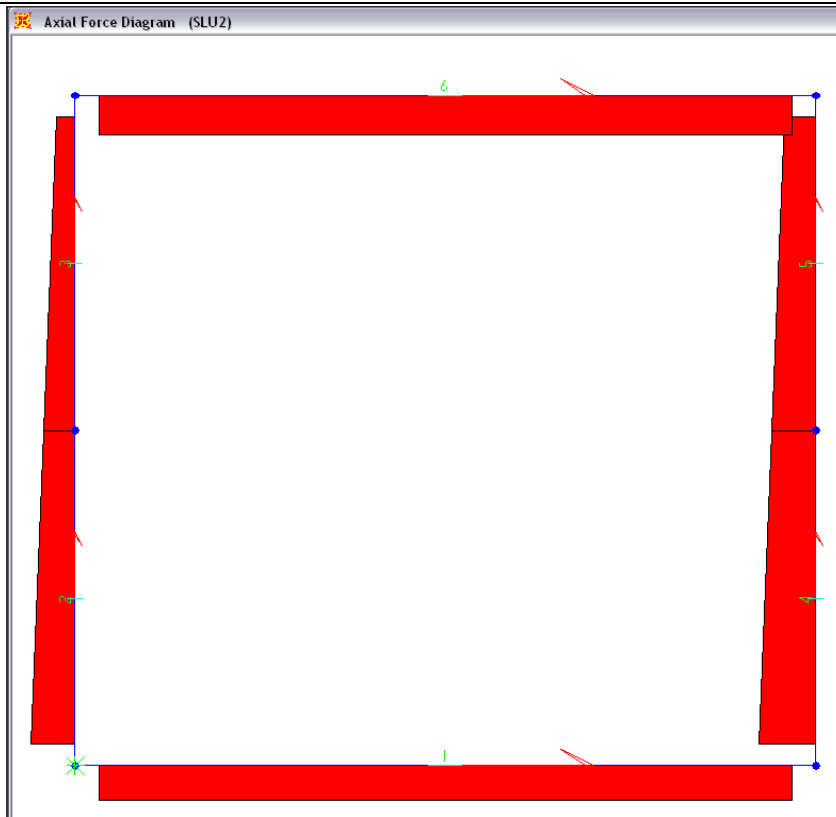


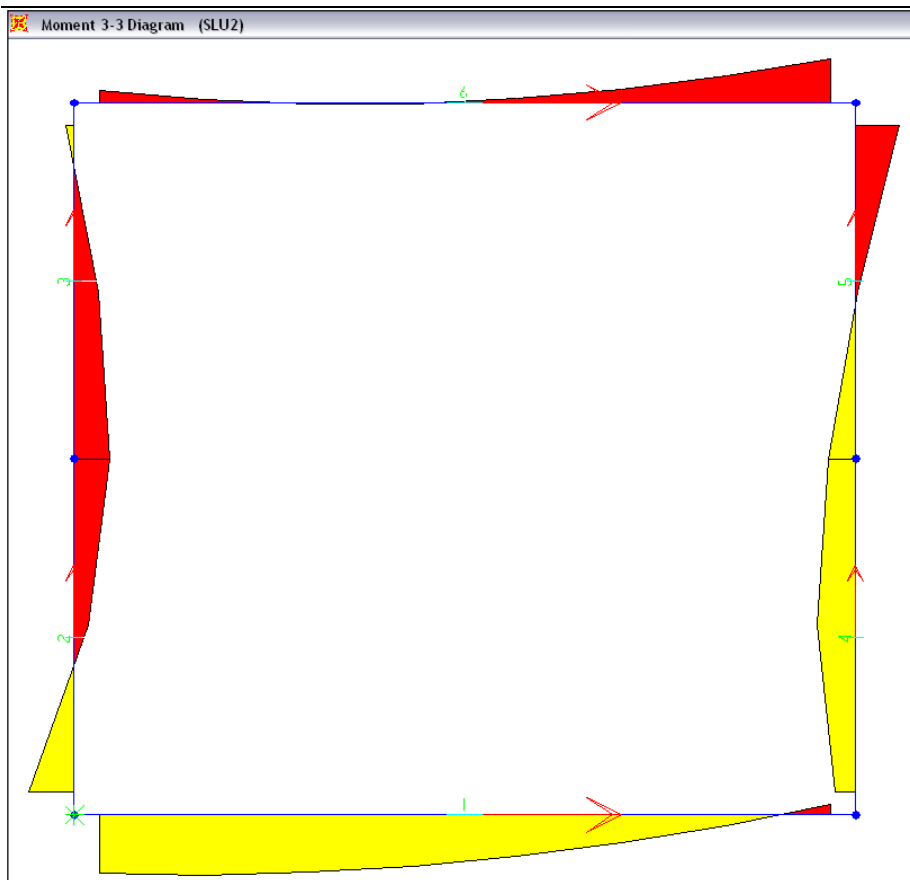
Combinazione di carico 2: SLU2

Variante alla S.S.1 "Via Aurelia" Viabilità di accesso all'hub di La Spezia
 Lavori di costruzione della variante alla S.S.1 Aurelia – 3° Lotto
 2° Stralcio funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di S. Venerio
 Completamento – PE
 Presidi idraulici: vasca 2 – Relazione di calcolo

15

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3	
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m	
1	0,10761	SLU2	Combination	-38,87	-5,13	41,08	SOLETTA INFERIORE
1	0,54829	SLU2	Combination	-38,87	0,82	42,03	
1	0,98898	SLU2	Combination	-38,87	6,77	40,36	
1	1,42966	SLU2	Combination	-38,87	12,72	36,06	
1	1,87034	SLU2	Combination	-38,87	18,67	29,14	
1	2,31102	SLU2	Combination	-38,87	24,62	19,60	
1	2,75171	SLU2	Combination	-38,87	30,57	7,44	
1	3,19239	SLU2	Combination	-38,87	36,52	-7,34	
2	0,09783	SLU2	Combination	-48,68	82,72	32,03	PIEDRITTO SX
2	0,79891	SLU2	Combination	-41,58	38,98	-10,14	
2	1,5	SLU2	Combination	-34,48	3,72	-24,61	
3	0	SLU2	Combination	-34,48	3,72	-24,61	
3	0,70109	SLU2	Combination	-27,38	-23,31	-17,27	
3	1,40217	SLU2	Combination	-20,28	-42,36	6,22	
4	0,09783	SLU2	Combination	-63,31	-33,75	14,90	PIEDRITTO DX
4	0,79891	SLU2	Combination	-56,21	-1,83	26,87	
4	1,5	SLU2	Combination	-49,11	21,60	19,45	
5	0	SLU2	Combination	-49,11	21,60	19,45	
5	0,70109	SLU2	Combination	-42,01	36,80	-1,49	
5	1,40217	SLU2	Combination	-34,91	44,01	-30,28	
6	0,10761	SLU2	Combination	-44,38	-17,56	-8,48	SOLETTA SUPERIORE
6	0,54829	SLU2	Combination	-44,38	-10,45	-2,31	
6	0,98898	SLU2	Combination	-44,38	-3,34	0,73	
6	1,42966	SLU2	Combination	-44,38	3,76	0,64	
6	1,87034	SLU2	Combination	-44,38	10,87	-2,59	
6	2,31102	SLU2	Combination	-44,38	17,97	-8,94	
6	2,75171	SLU2	Combination	-44,38	25,08	-18,43	
6	3,19239	SLU2	Combination	-44,38	32,19	-31,05	





Combinazione di carico 3: SLUS

Variante alla S.S.1 "Via Aurelia" Viabilità di accesso all'hub di La Spezia
 Lavori di costruzione della variante alla S.S.1 Aurelia – 3° Lotto
 2° Stralcio funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di S. Venerio
 Completamento – PE
 Presidi idraulici: vasca 2 – Relazione di calcolo

18

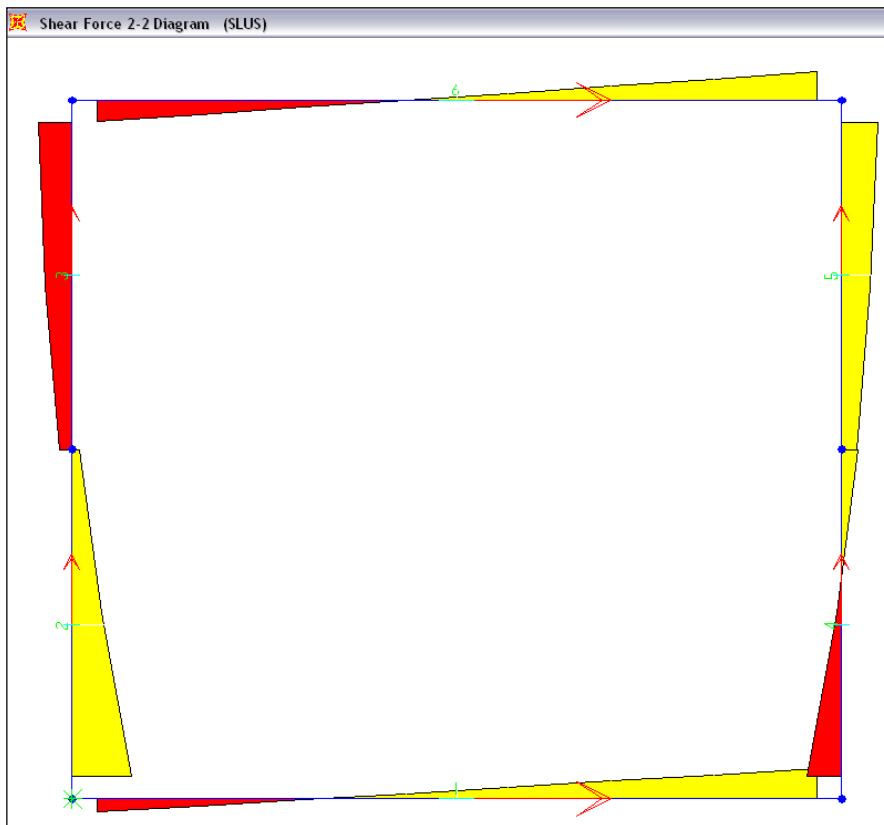
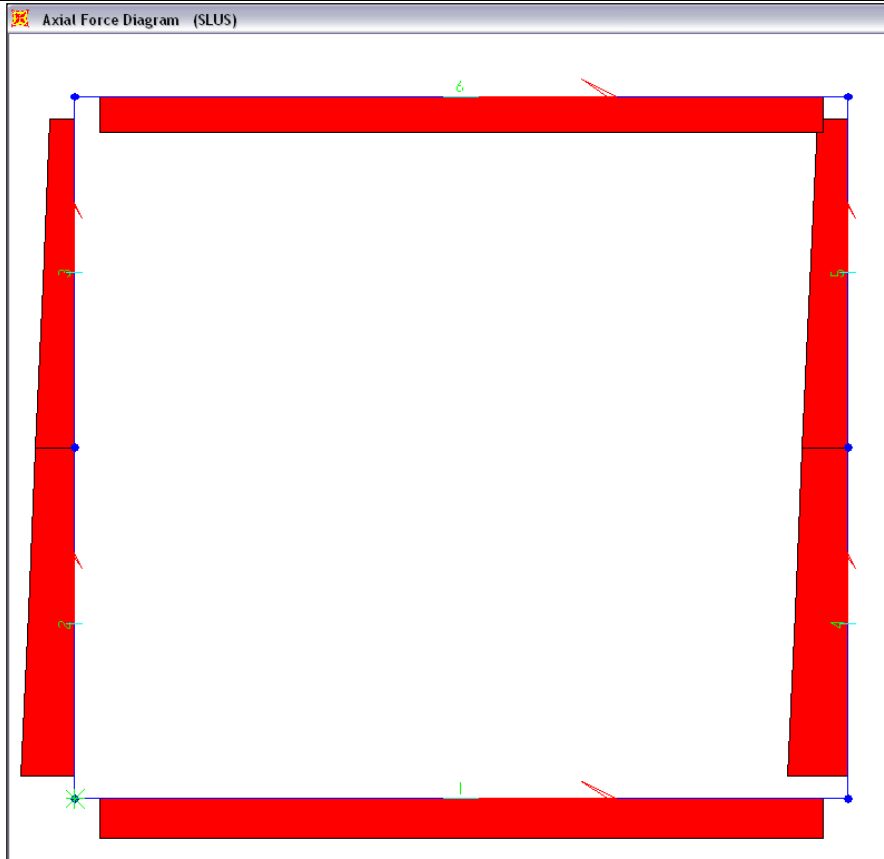
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0,10761	SLUS	Combination	-28,52	-9,39	18,72
1	0,54829	SLUS	Combination	-28,52	-4,98	21,89
1	0,98898	SLUS	Combination	-28,52	-0,57	23,11
1	1,42966	SLUS	Combination	-28,52	3,84	22,39
1	1,87034	SLUS	Combination	-28,52	8,24	19,73
1	2,31102	SLUS	Combination	-28,52	12,65	15,13
1	2,75171	SLUS	Combination	-28,52	17,06	8,58
1	3,19239	SLUS	Combination	-28,52	21,46	0,09
2	0,09783	SLUS	Combination	-38,44	42,17	13,36
2	0,79891	SLUS	Combination	-33,18	20,89	-8,41
2	1,5	SLUS	Combination	-27,92	5,27	-17,26
3	0	SLUS	Combination	-27,92	-9,24	-17,26
3	0,70109	SLUS	Combination	-22,67	-19,37	-6,92
3	1,40217	SLUS	Combination	-17,41	-24,18	8,66
4	0,09783	SLUS	Combination	-43,04	-25,10	4,90
4	0,79891	SLUS	Combination	-37,79	-3,82	14,70
4	1,5	SLUS	Combination	-32,53	11,80	11,58
5	0	SLUS	Combination	-32,53	10,52	11,58
5	0,70109	SLUS	Combination	-27,27	20,65	0,34
5	1,40217	SLUS	Combination	-22,01	25,46	-16,13
6	0,10761	SLUS	Combination	-25,70	-15,44	-9,31
6	0,54829	SLUS	Combination	-25,70	-10,37	-3,62
6	0,98898	SLUS	Combination	-25,70	-5,30	-0,17
6	1,42966	SLUS	Combination	-25,70	-0,23	1,05
6	1,87034	SLUS	Combination	-25,70	4,84	0,03
6	2,31102	SLUS	Combination	-25,70	9,90	-3,21
6	2,75171	SLUS	Combination	-25,70	14,97	-8,70
6	3,19239	SLUS	Combination	-25,70	20,04	-16,41

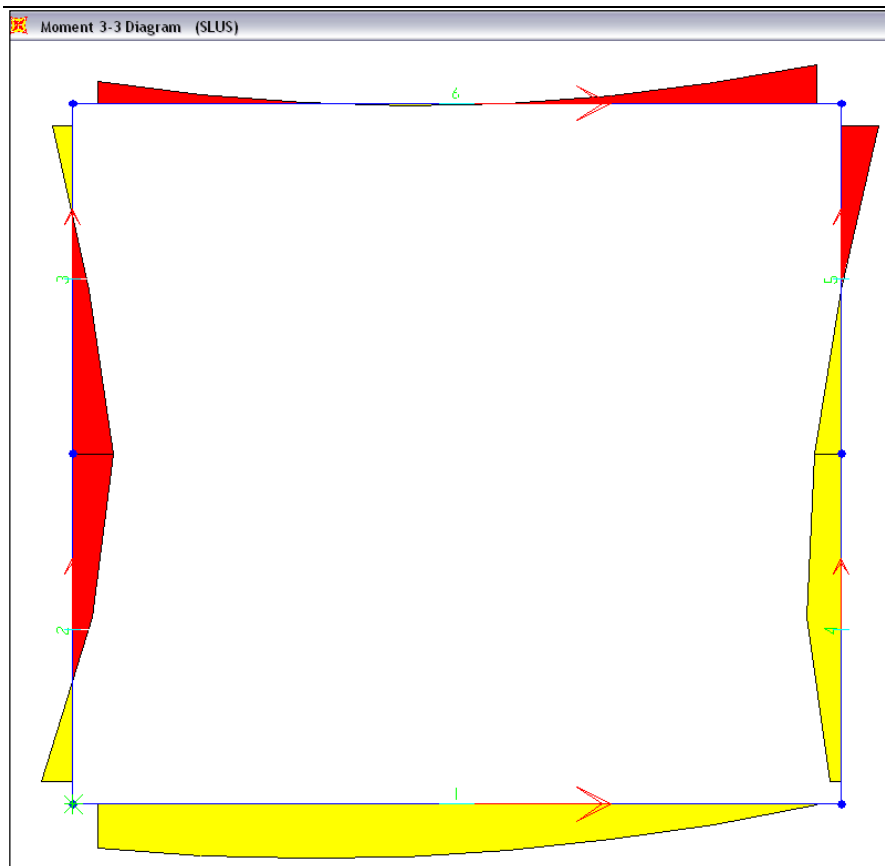
SOLETTA
INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

SOLETTA
SUPERIORE





Combinazione di carico 4: SLEF1

Variante alla S.S.1 "Via Aurelia" Viabilità di accesso all'hub di La Spezia
 Lavori di costruzione della variante alla S.S.1 Aurelia – 3° Lotto
 2° Stralcio funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di S. Venerio
 Completamento – PE
 Presidi idraulici: vasca 2 – Relazione di calcolo

21

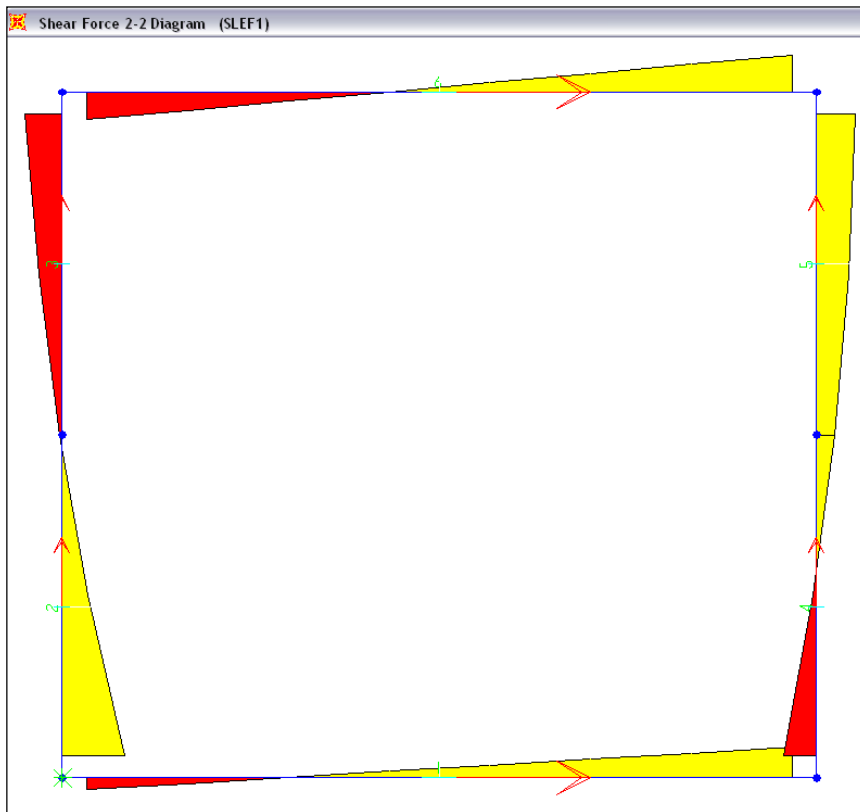
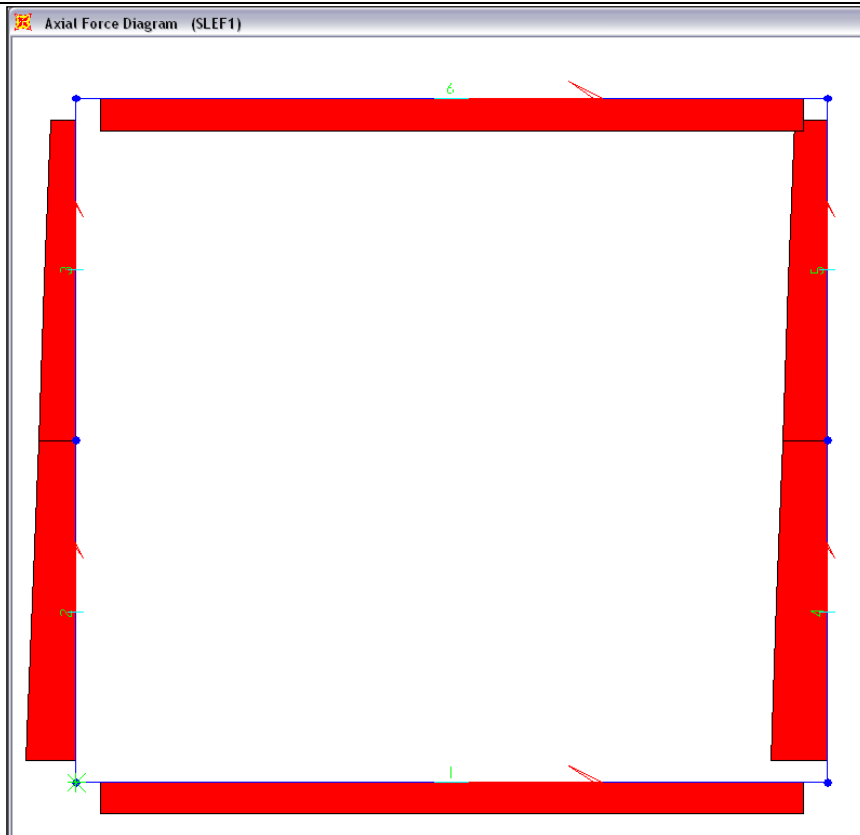
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0,10761	SLEF1	Combination	-27,10	-8,45	19,69
1	0,54829	SLEF1	Combination	-27,10	-4,04	22,44
1	0,98898	SLEF1	Combination	-27,10	0,37	23,25
1	1,42966	SLEF1	Combination	-27,10	4,77	22,12
1	1,87034	SLEF1	Combination	-27,10	9,18	19,04
1	2,31102	SLEF1	Combination	-27,10	13,59	14,02
1	2,75171	SLEF1	Combination	-27,10	17,99	7,07
1	3,19239	SLEF1	Combination	-27,10	22,40	-1,83
2	0,09783	SLEF1	Combination	-43,68	45,45	14,07
2	0,79891	SLEF1	Combination	-38,42	18,92	-8,17
2	1,5	SLEF1	Combination	-33,16	-1,96	-13,78
3	0	SLEF1	Combination	-33,16	-1,96	-13,78
3	0,70109	SLEF1	Combination	-27,90	-17,35	-6,70
3	1,40217	SLEF1	Combination	-22,65	-27,42	9,30
4	0,09783	SLEF1	Combination	-50,18	-23,69	6,79
4	0,79891	SLEF1	Combination	-44,92	-2,41	15,60
4	1,5	SLEF1	Combination	-39,66	13,21	11,49
5	0	SLEF1	Combination	-39,66	13,21	11,49
5	0,70109	SLEF1	Combination	-34,41	23,34	-1,63
5	1,40217	SLEF1	Combination	-29,15	28,15	-20,00
6	0,10761	SLEF1	Combination	-28,40	-20,27	-9,76
6	0,54829	SLEF1	Combination	-28,40	-13,55	-2,31
6	0,98898	SLEF1	Combination	-28,40	-6,83	2,18
6	1,42966	SLEF1	Combination	-28,40	-0,11	3,71
6	1,87034	SLEF1	Combination	-28,40	6,61	2,28
6	2,31102	SLEF1	Combination	-28,40	13,33	-2,12
6	2,75171	SLEF1	Combination	-28,40	20,05	-9,47
6	3,19239	SLEF1	Combination	-28,40	26,77	-19,79

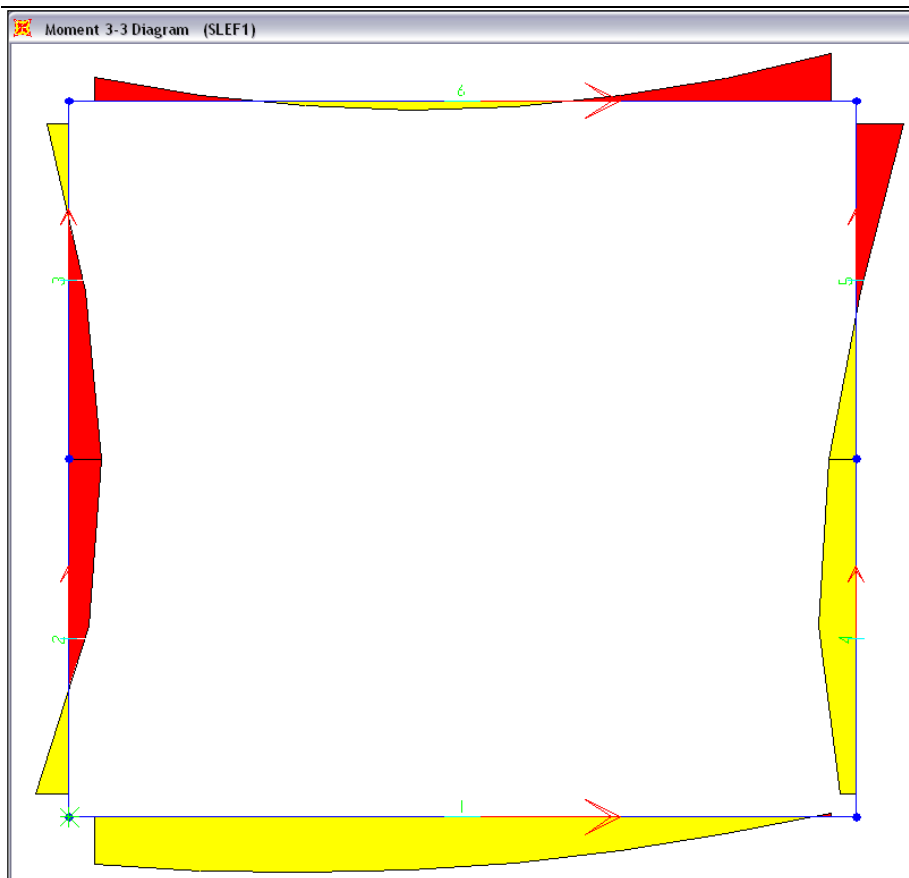
SOLETTA
INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

SOLETTA
SUPERIORE





Combinazione di carico 5: SLEF2

Variante alla S.S.1 "Via Aurelia" Viabilità di accesso all'hub di La Spezia
 Lavori di costruzione della variante alla S.S.1 Aurelia – 3° Lotto
 2° Stralcio funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di S. Venerio
 Completamento – PE
 Presidi idraulici: vasca 2 – Relazione di calcolo

24

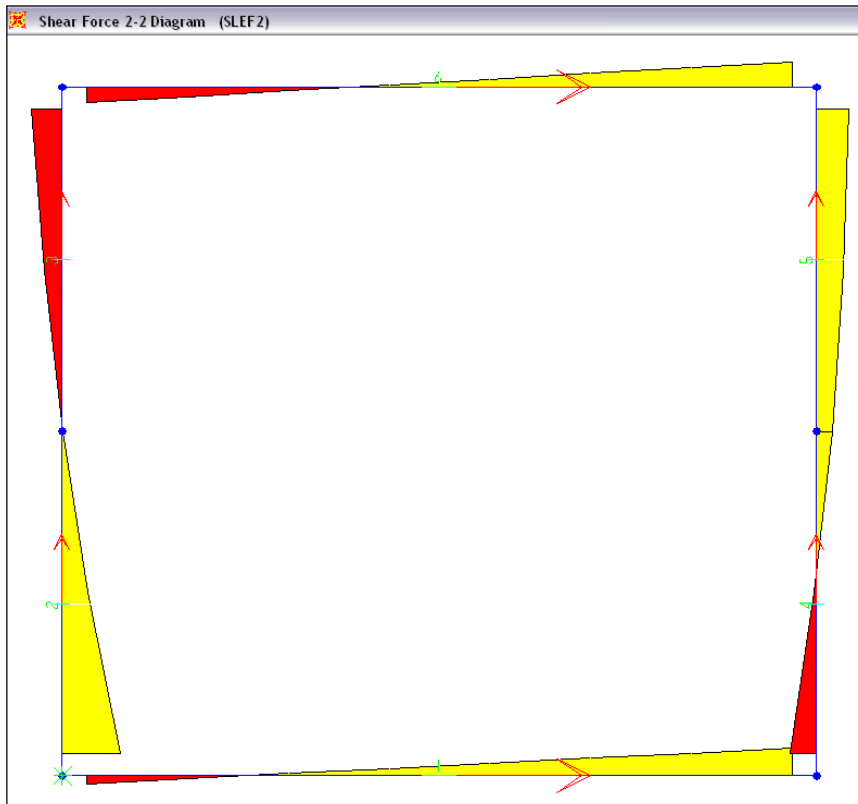
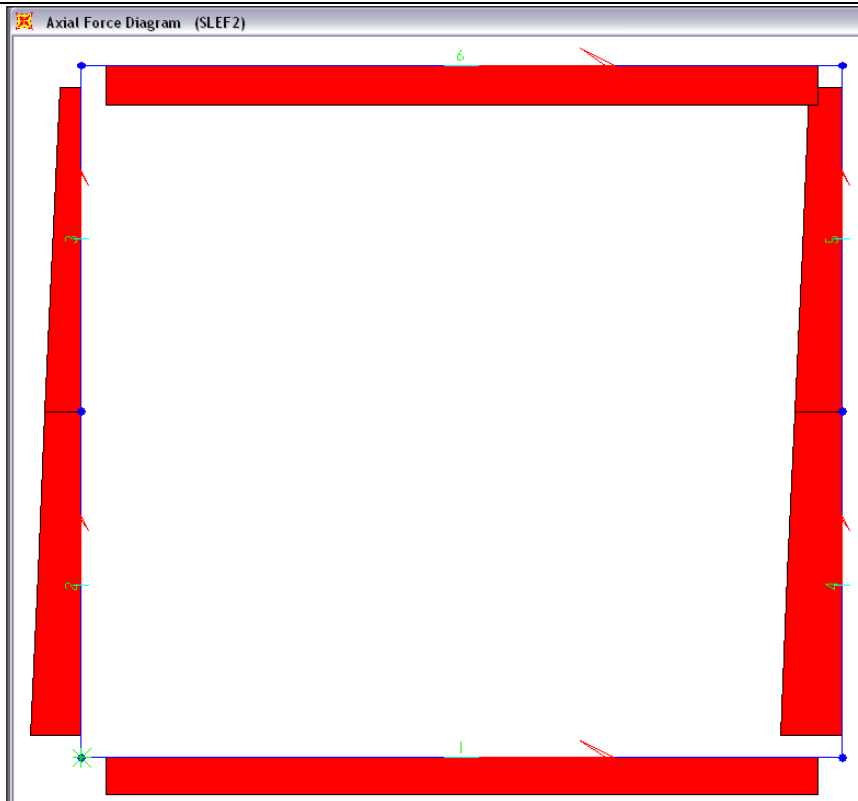
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0,10761	SLEF2	Combination	-26,85	-6,70	23,71
1	0,54829	SLEF2	Combination	-26,85	-2,30	25,69
1	0,98898	SLEF2	Combination	-26,85	2,11	25,73
1	1,42966	SLEF2	Combination	-26,85	6,52	23,83
1	1,87034	SLEF2	Combination	-26,85	10,92	19,99
1	2,31102	SLEF2	Combination	-26,85	15,33	14,21
1	2,75171	SLEF2	Combination	-26,85	19,74	6,48
1	3,19239	SLEF2	Combination	-26,85	24,14	-3,19
2	0,09783	SLEF2	Combination	-36,68	50,64	17,77
2	0,79891	SLEF2	Combination	-31,42	22,79	-7,64
2	1,5	SLEF2	Combination	-26,16	0,60	-15,51
3	0	SLEF2	Combination	-26,16	0,60	-15,51
3	0,70109	SLEF2	Combination	-20,90	-16,11	-9,76
3	1,40217	SLEF2	Combination	-15,65	-27,49	5,83
4	0,09783	SLEF2	Combination	-44,81	-23,43	8,30
4	0,79891	SLEF2	Combination	-39,55	-2,16	16,94
4	1,5	SLEF2	Combination	-34,29	13,47	12,65
5	0	SLEF2	Combination	-34,29	13,47	12,65
5	0,70109	SLEF2	Combination	-29,03	23,60	-0,66
5	1,40217	SLEF2	Combination	-23,77	28,41	-19,20
6	0,10761	SLEF2	Combination	-28,65	-13,67	-7,04
6	0,54829	SLEF2	Combination	-28,65	-8,61	-2,13
6	0,98898	SLEF2	Combination	-28,65	-3,54	0,55
6	1,42966	SLEF2	Combination	-28,65	1,53	0,99
6	1,87034	SLEF2	Combination	-28,65	6,60	-0,80
6	2,31102	SLEF2	Combination	-28,65	11,67	-4,83
6	2,75171	SLEF2	Combination	-28,65	16,73	-11,09
6	3,19239	SLEF2	Combination	-28,65	21,80	-19,58

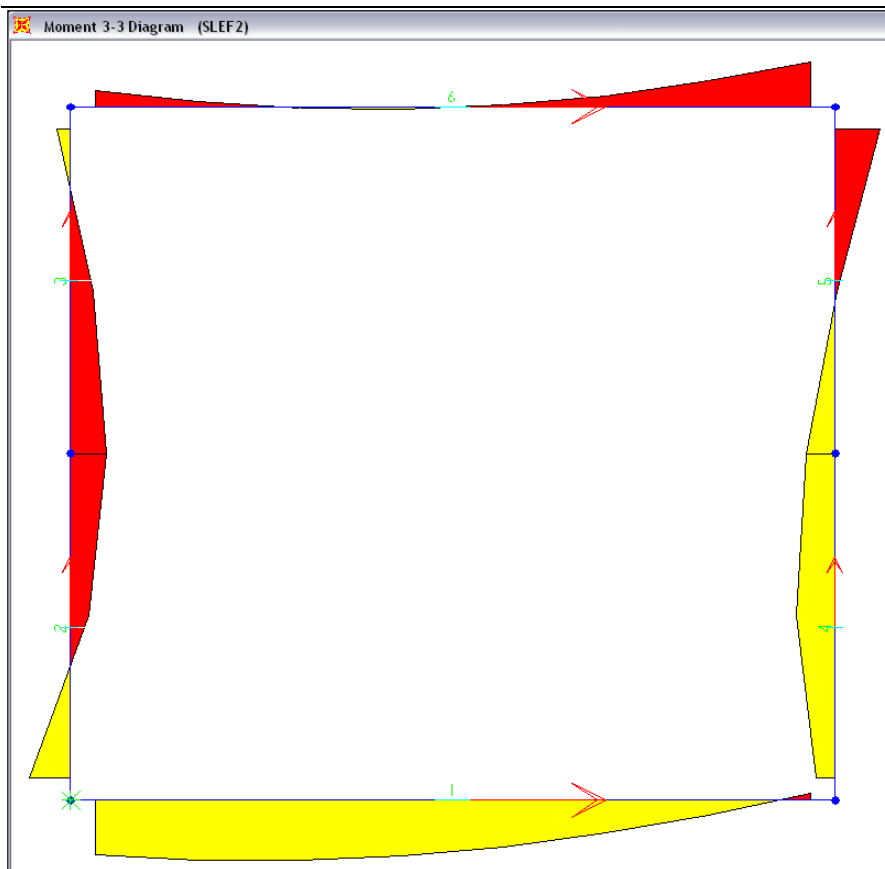
SOLETTA
INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

SOLETTA
SUPERIORE



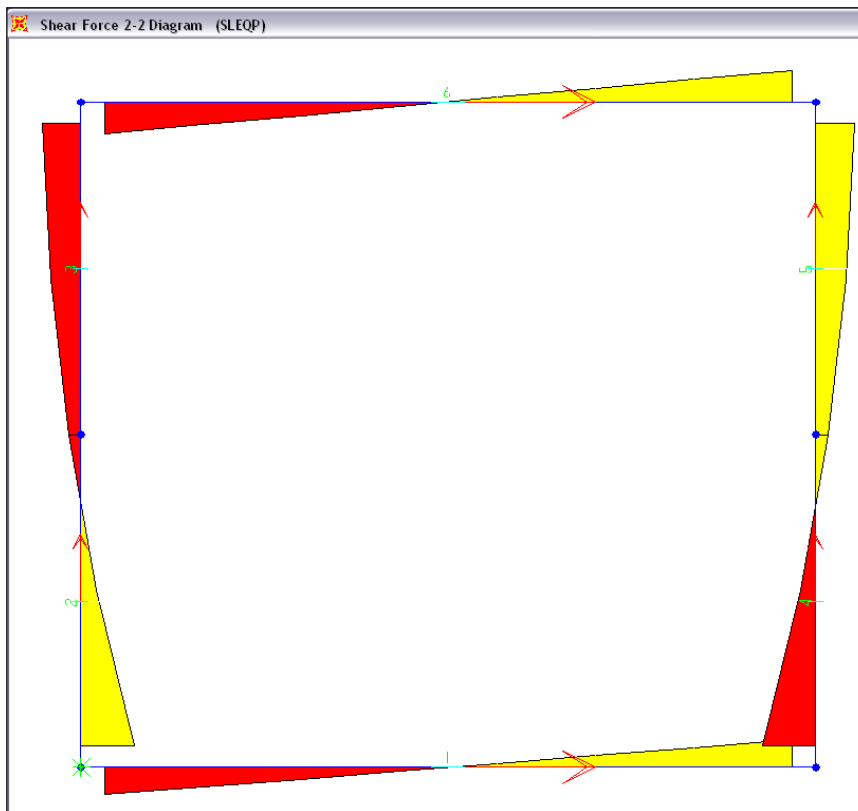
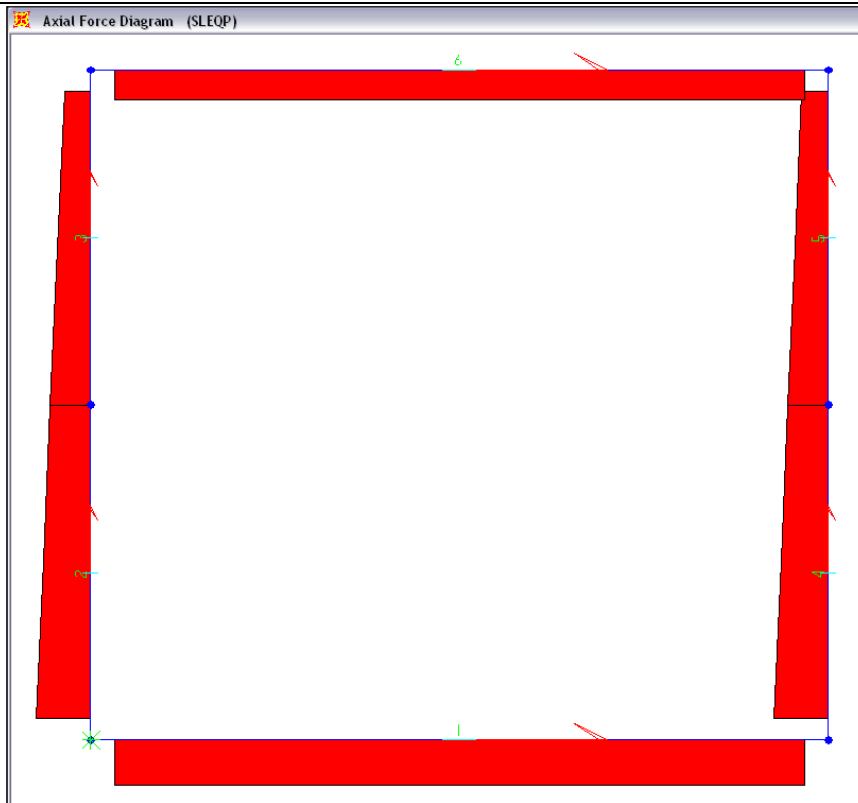


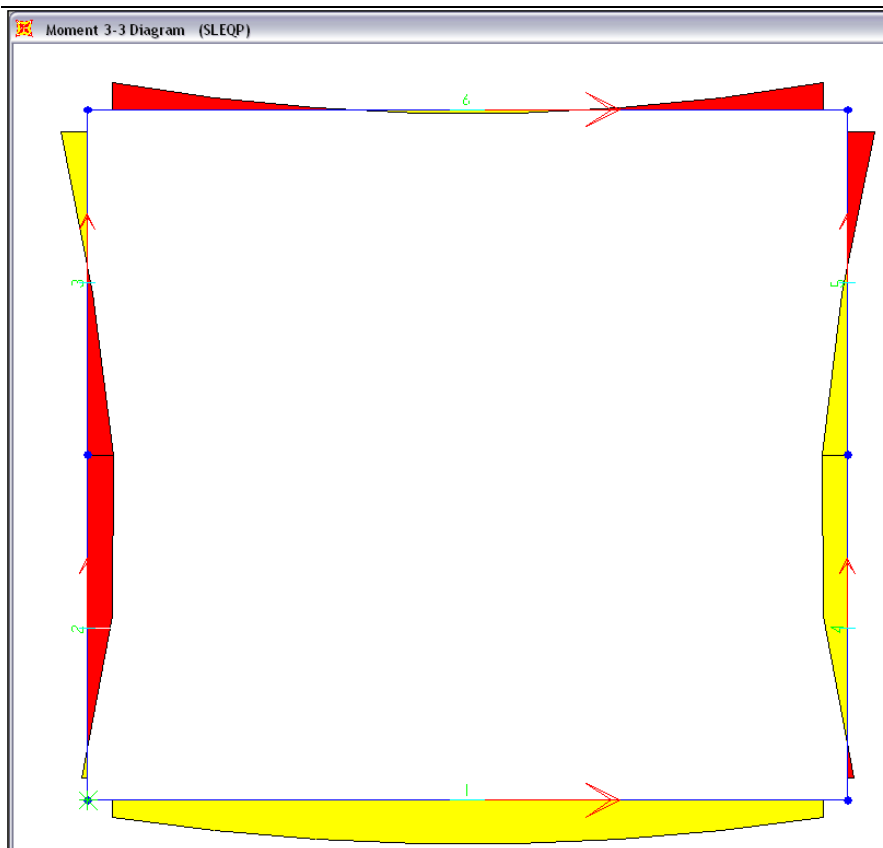
Combinazione di carico 6: SLEQP

Variante alla S.S.1 "Via Aurelia" Viabilità di accesso all'hub di La Spezia
 Lavori di costruzione della variante alla S.S.1 Aurelia – 3° Lotto
 2° Stralcio funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di S. Venerio
 Completamento – PE
 Presidi idraulici: vasca 2 – Relazione di calcolo

27

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3	
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m	
1	0,10761	SLEQP	Combination	-33,42	-15,42	7,36	SOLETTA INFERIORE
1	0,54829	SLEQP	Combination	-33,42	-11,02	13,18	
1	0,98898	SLEQP	Combination	-33,42	-6,61	17,07	
1	1,42966	SLEQP	Combination	-33,42	-2,20	19,01	
1	1,87034	SLEQP	Combination	-33,42	2,20	19,01	
1	2,31102	SLEQP	Combination	-33,42	6,61	17,07	
1	2,75171	SLEQP	Combination	-33,42	11,02	13,18	
1	3,19239	SLEQP	Combination	-33,42	15,42	7,36	
2	0,09783	SLEQP	Combination	-40,74	30,01	2,54	PIEDRITTO SX
2	0,79891	SLEQP	Combination	-35,48	8,73	-10,71	
2	1,5	SLEQP	Combination	-30,23	-6,89	-11,02	
3	0	SLEQP	Combination	-30,23	-6,89	-11,02	
3	0,70109	SLEQP	Combination	-24,97	-17,02	-2,33	
3	1,40217	SLEQP	Combination	-19,71	-21,83	11,60	
4	0,09783	SLEQP	Combination	-40,74	-30,01	-2,54	PIEDRITTO DX
4	0,79891	SLEQP	Combination	-35,48	-8,73	10,71	
4	1,5	SLEQP	Combination	-30,23	6,89	11,02	
5	0	SLEQP	Combination	-30,23	6,89	11,02	
5	0,70109	SLEQP	Combination	-24,97	17,02	2,33	
5	1,40217	SLEQP	Combination	-19,71	21,83	-11,60	
6	0,10761	SLEQP	Combination	-22,08	-17,74	-11,77	SOLETTA SUPERIORE
6	0,54829	SLEQP	Combination	-22,08	-12,67	-5,07	
6	0,98898	SLEQP	Combination	-22,08	-7,60	-0,61	
6	1,42966	SLEQP	Combination	-22,08	-2,53	1,63	
6	1,87034	SLEQP	Combination	-22,08	2,53	1,63	
6	2,31102	SLEQP	Combination	-22,08	7,60	-0,61	
6	2,75171	SLEQP	Combination	-22,08	12,67	-5,07	
6	3,19239	SLEQP	Combination	-22,08	17,74	-11,77	





4.1.5 Verifiche strutturali

Di seguito si riportano i principali risultati delle verifiche strutturali relative a: Presso-flessione, Fessurazione e Taglio.

L'armatura considerata, rispettosa dei minimi di Normativa, è la seguente:

Armatura Trasversale:

Soletta Superiore: $\Phi 16/20$ sup. + $\Phi 16/20$ inf.

Soletta Inferiore: $\Phi 16/20$ sup. + $\Phi 16/20$ inf.

Piedritti: $\Phi 14/20$ int. + $\Phi 14/20$ est.

Armatura Longitudinale: $\Phi 12/20$ correnti.

Armatura a Taglio:

Soletta Superiore: Spille $\Phi 8/40/40$.

Soletta Inferiore: Spille $\Phi 8/40/40$.

Piedritti: Spille $\Phi 8/40/40$.

4.1.5.1 Verifica a presso-flessione

SLU1			coeff.sicurezza
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	-39,33	-4,90	28,04
	-39,33	36,17	3,80
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-47,08	-21,49	3,74
	-61,28	25,38	3,23
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-44,59	-31,71	2,52
	-65,88	24,47	3,37
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-43,92	-31,43	3,16
	-43,92	5,54	17,93

SLU2			coeff.sicurezza
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	-38,87	-7,34	18,71
	-38,87	42,03	3,27
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-34,48	-24,61	3,21
	-48,68	32,03	2,51
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-34,91	-30,28	2,61
	-56,21	26,87	3,03
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-44,38	-31,05	3,20
	-44,38	0,73	111,84

SLUS			coeff.sicurezza
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	-28,52	0,09	222,82
	-28,52	23,11	5,87
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-27,92	-17,26	4,53
	-38,44	13,36	5,94
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-22,01	-16,13	4,80
	-37,79	14,70	5,39
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-25,70	-16,41	5,93
	-25,70	1,05	92,72

4.1.5.2 Verifica a fessurazione

SLEF1			verif.fessurazione
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	-27,10	-1,83	NON FESSURATA
	-27,10	23,25	NON FESSURATA
pedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-33,16	-13,78	NON FESSURATA
	-43,68	14,07	NON FESSURATA
pedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-29,15	-20,00	NON FESSURATA
	-44,92	15,60	NON FESSURATA
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-28,40	-19,79	NON FESSURATA
	-28,40	3,71	NON FESSURATA

SLEF2			verif.fessurazione
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	-26,85	-3,19	NON FESSURATA
	-26,85	25,73	NON FESSURATA
pedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-26,16	-15,51	NON FESSURATA
	-36,68	17,77	NON FESSURATA
pedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-23,77	-19,20	NON FESSURATA
	-39,55	16,94	NON FESSURATA
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-28,65	-19,58	NON FESSURATA
	-28,65	0,99	NON FESSURATA

SLEQP			verif.fessurazione
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	-33,42	7,36	NON FESSURATA
	-33,42	19,01	NON FESSURATA
pedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-30,23	-11,02	NON FESSURATA
	-19,71	11,60	NON FESSURATA
pedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-19,71	-11,60	NON FESSURATA
	-30,23	11,02	NON FESSURATA
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-22,08	-11,77	NON FESSURATA
	-22,08	1,63	NON FESSURATA

4.1.5.3 Verifica a taglio

Soletta inferiore

$$V_{cd} = 36,52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \{0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d = 144,02 \text{ kN} \geq$$

$$(v_{\min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d = 162,17 \text{ kN} \Rightarrow V_{Rd} = 162,17 \text{ kN}$$

dove:

$$\begin{aligned} k &= 1+(200/d)^{1/2} = 1,75271 \\ v_{\min} &= 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,44483 \\ d &= 353 \text{ mm} \\ \rho_1 &= A_{sl} / (b_w d) = 0,002181 \\ \sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = 0,097175 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$V_{Rd} > V_{cd}$: Non necessaria armatura specifica a taglio.

Inserisco un'armatura a taglio pari a: Spille $\Phi 8/40/40$

Soletta superiore

$$V_{cd} = 41,13 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \{0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d = 125,43 \text{ kN} \geq$$

$$(v_{\min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d = 131,49 \text{ kN} \Rightarrow V_{Rd} = 131,49 \text{ kN}$$

dove:

$$\begin{aligned} k &= 1+(200/d)^{1/2} = 1,889108 \\ v_{\min} &= 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,497753 \\ d &= 253 \text{ mm} \\ \rho_1 &= A_{sl} / (b_w d) = 0,003043 \\ \sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = 0,1464 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$V_{Rd} > V_{cd}$: Non necessaria armatura specifica a taglio.

Inserisco un'armatura a taglio pari a: Spille $\Phi 8/40/40$