

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

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Fabrizio Cardone

PROTOCOLLO

DATA

OPERE D'ARTE MINORI

SVINCOLO S.VENERIO

Tombino scatolare 2 x 2 Rampa T km 0+290,00 (AI14)

RELAZIONE DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

NOME FILE

V01TM01STRRE01A

REVISIONE

SCALA

PROGETTO

LIV. PROG.

DPGE0266 E 20

CODICE
ELAB.

V01TM01STRRE01

A

--

D

C

B

A

Emissione

Luglio 2020

Ing.

Ing.

Ing.

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

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
Tombino scatolare 2x2 Rampa T km 0+290,00 (AI14) – Relazione di calcolo

I

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
-----------------	---

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 del Tombino scatolare 2x2 lungo la rampa T, km 0+290,00, dello svincolo di San Venerio (AI14).

Nella fattispecie, non essendo intervenute modifiche nel progetto delle opere in oggetto, nel seguito si ripropone integralmente la relazione di calcolo del Progetto Esecutivo.



Anas SpA

1416

Compartimento della Viabilita' per la Liguria



COMUNE DELLA SPEZIA

VARIANTE ALLA SS N° 1 AURELIA (AURELIA BIS)
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 ED IL PORTO DI LA SPEZIA

LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA VARIANTE ALLA S.S. 1 AURELIA - 3° LOTTO
TRA FELETTINO ED IL RACCORDO AUTOSTRADALE

PROGETTO ESECUTIVO

C					
B					
A	marzo 2011	Emissione	GIMONDO	FRANCO	FIMIANI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

TITOLO ELABORATO:

OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO: TOMBINI SCATOLARI SVINCOLO SAN VENERIO

Tombino scatolare 2 x 2 prg. Rampa T km 0+290,00 (AI14)

Relazione di calcolo [Visto: Il Responsabile Unico del Procedimento](#)

CODICE PROGETTO			CODICE ELABORATO																						
L	0	9	0	2	A	E	1	0	0	1	V	0	3	T	M	0	4	S	T	R	R	E	0	1	A
SCALA:	DATA:	marzo 2011	COMMESSA:	C287A	NOME FILE:	V03TM04STRRE01_A .DOC																			

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

MANDATARIA

Direttore Tecnico
(Ing. Marco Forta)

MANDANTE

MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO

IL PROGETTISTA

IL GEOLOGO

COORDINATORE DELLA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE

C. LOTTI & ASSOCIATI
SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA





RELAZIONE DI CALCOLO

N° PROGETTO: C287.A			ELABORATO: V03TM04STRRE01_A.doc		
0	marzo 2011	EMISSIONE	GIMONDO	FRANCO	FIMIANI
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

INDICE

PREMESSA	1
1. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
2. MATERIALI.....	3
3. ANALISI STRUTTURALE	6
3.1 DESCRIZIONE MODELLO PER ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI.....	8
3.2 ANALISI DEI CARICHI	10
3.3 COMBINAZIONI DI CARICO	12
3.4 RISULTATI MODELLO	13
3.5 VERIFICHE STRUTTURALI.....	25
3.5.1 <i>Verifica a presso-flessione</i>	26
3.5.2 <i>Verifica a fessurazione</i>	26
3.5.3 <i>Verifica a taglio</i>	27

PREMESSA

Nella presente relazione si riportano i calcoli del tombino scatolare situato lungo la Rampa T dello Svincolo S.Venerio all'altezza della progressiva km 0+290.00. Il suddetto tombino presenta dimensioni interne costanti pari a 2.00m x 2.00m, spessore della soletta inferiore pari a 0.40m, spessore della soletta superiore pari a 0.40m e spessore dei piedritti pari a 0.40m.

Ai fini del calcolo si è considerata una sezione con un ricoprimento di terreno gravante sulla soletta superiore del tombino di altezza pari a 4.50 m e peso specifico $\gamma_{\text{terr}} = 20 \text{ kN/m}^3$.

Si è altresì tenuto in conto della presenza del carico mobile da traffico presente sulla piattaforma stradale posto a 4.50 m dall'estradosso della soletta superiore del tombino.

In questa zona la falda non è presente.

1. 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.

2. 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		XC4				
Classe di esposizione vecchia		4a+5b				
RAPPORTO a/c (max)	0,50					
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)	300					
CLASSE DI CONSISTENZA	S4					

Copriferro = 40 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: $\varphi < 12 \text{ mm}$ 4 φ

$12 \leq \varphi \leq 16 \text{ mm}$ 5 φ

$16 < \varphi \leq 25 \text{ mm}$ 8 φ

$25 < \varphi \leq 40 \text{ mm}$ 10 φ

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a $\varphi \leq 16$ mm.

3. ANALISI STRUTTURALE

La presente Relazione Tecnica riporta l'analisi strutturale del Tombino sito in corrispondenza della Rampa T dello Svincolo S.Venerio all'altezza della progressiva km 0+290.00.

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;
- E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{d,j} = F_{k,j} \cdot \gamma_{F_j}$ delle azioni.

Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N 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.

3.1 DESCRIZIONE MODELLO PER ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI

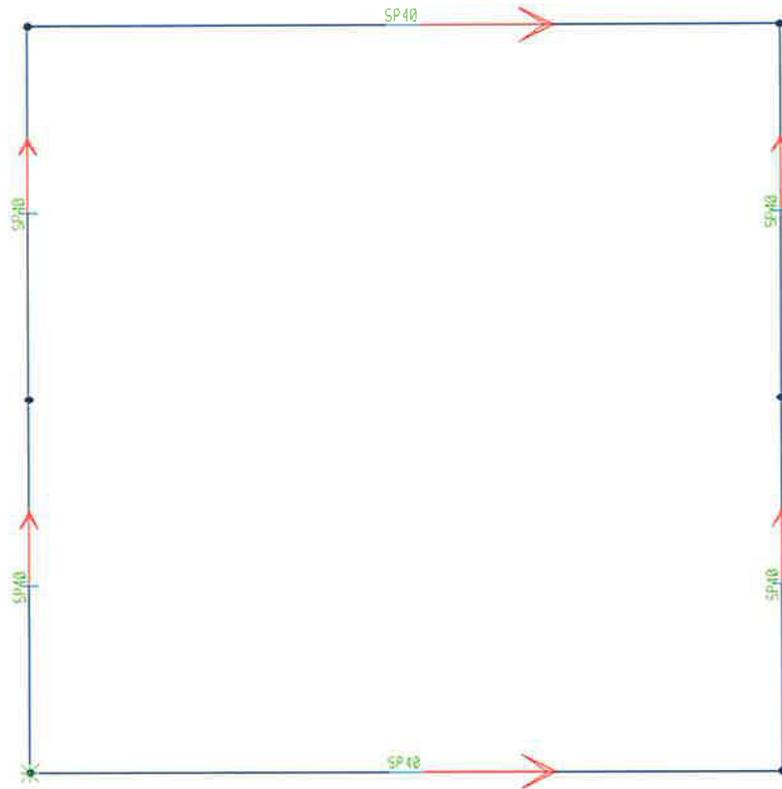
Al fine di calcolare la struttura oggetto di questa relazione è stato implementato un modello agli elementi finiti mediante l'utilizzo del software SAP2000 v.10.0.1 della Computers and Structures Inc., Berkeley.

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 una corrispondente sezione trasversale, come da geometria descritta nel par. “Premessa”.

I carichi considerati sono illustrati nel seguente par. 3.2.

Le combinazioni di carico considerate sono illustrate nel seguente par. 3.3.



Modello agli Elementi Finiti

Rectangular Section

Section Name: SP40

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

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

Concrete Reinforcement...
 Display Color

OK Cancel

Frame Sections

3.2 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 4.50 m e peso specifico $\gamma_{terr} = 20 \text{ kN/m}^3$ per cui:

$$h_{terr} \times \gamma_{terr} = 90 \text{ kN/m}$$

-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:

$$K_0 = 1 - \text{sen } \phi$$

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

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

z	$\sigma_{o,t \text{ triang}}$
[m]	[kN/m ²]
4,5	45,00
5,9	59,00
7,3	73,00

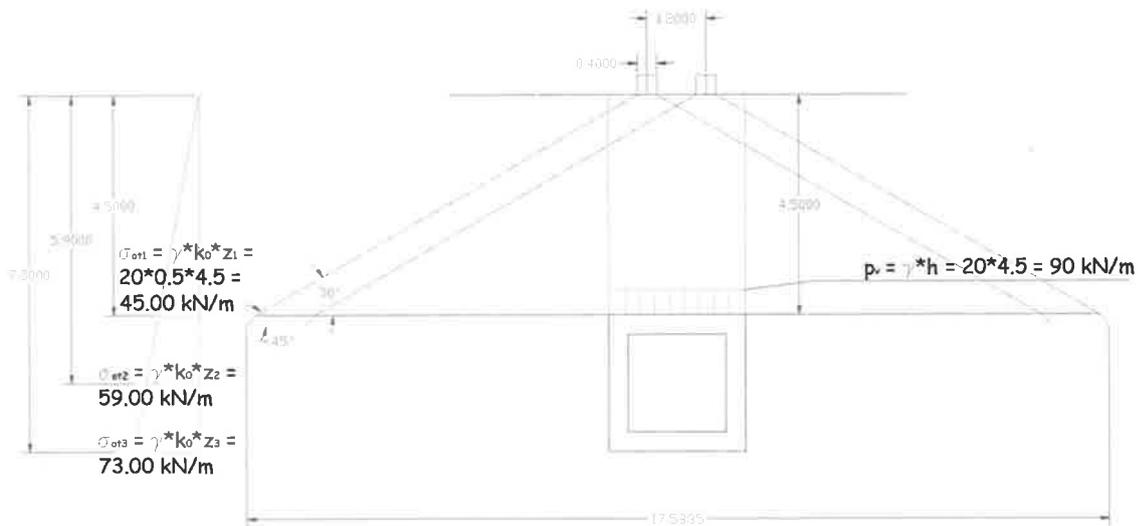
-Carichi mobili da traffico: viene considerato l'effetto prodotto sul tombino dalla presenza del carico mobile da traffico posto ad una distanza di 4,50 m dall'estradosso della soletta superiore. Il carico considerato è lo Schema di Carico 1 prescritto dal D.M.2008 al par.5.1.3.3: carichi concentrati su due assi in tandem ($Q1k=300 \text{ kN}$ per asse), applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m.

Questo riportato sul tombino si traduce in una spinta verticale sulla soletta superiore pari a:

$$\begin{aligned}
 Q &= 600 \text{ kN} \\
 B &= 3 \text{ m} \\
 L &= 17,59 \text{ m} \\
 \mathbf{q} &= \mathbf{11,37 \text{ kN/m}^2}
 \end{aligned}$$

e su una spinta orizzontale sui piedritti pari a:

$$\sigma_{o,p} = k_0 \times q = \mathbf{5,69 \text{ kN/m}^2}$$



ANALISI SISMICA

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

Q6 - 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 = $\gamma_1 \times V_1 \times k_h$ =	3,41 kN

Elemento2 =	Solettone sup.
V_2 = volume elemento =	1,12 mc
γ_2 = peso specifico elemento =	25,00 kN/mc
p = spinta inerziale = $\gamma_2 \times V_2 \times k_h$ =	4,77 kN

Q6 - Spinta sismica terreno (SLV)

H1 = altezza parete =	2,80	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
gt = peso specifico del terreno =	20,00	kN/mc
f = 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 cosd =	0,306	
S = coefficiente di amplificazione = Ss x 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 x a/g x S =	0,170	g
q = arctan(ks) =	9,670	rad
ka = coefficiente di Mononobe - Okabe =	0,430	
ka' = coefficiente di spinta orizzontale del terreno = ka cosd =	0,424	
Dk' = incremento dinamico = ka' - k' =	0,118	
Ds sup = pressione sismica sup. = Dk' x (gt x H2 + perm) =	3,30	kN/mq
Ds inf = pressione sismica inf. = Dk' x [gt x (H2 + H1)+perm]=	3,30	kN/mq
Ssism = spinta sismica = (Ds sup + Ds inf) x H1 / 2 =	9,24	kN/m

3.3 COMBINAZIONI DI CARICO

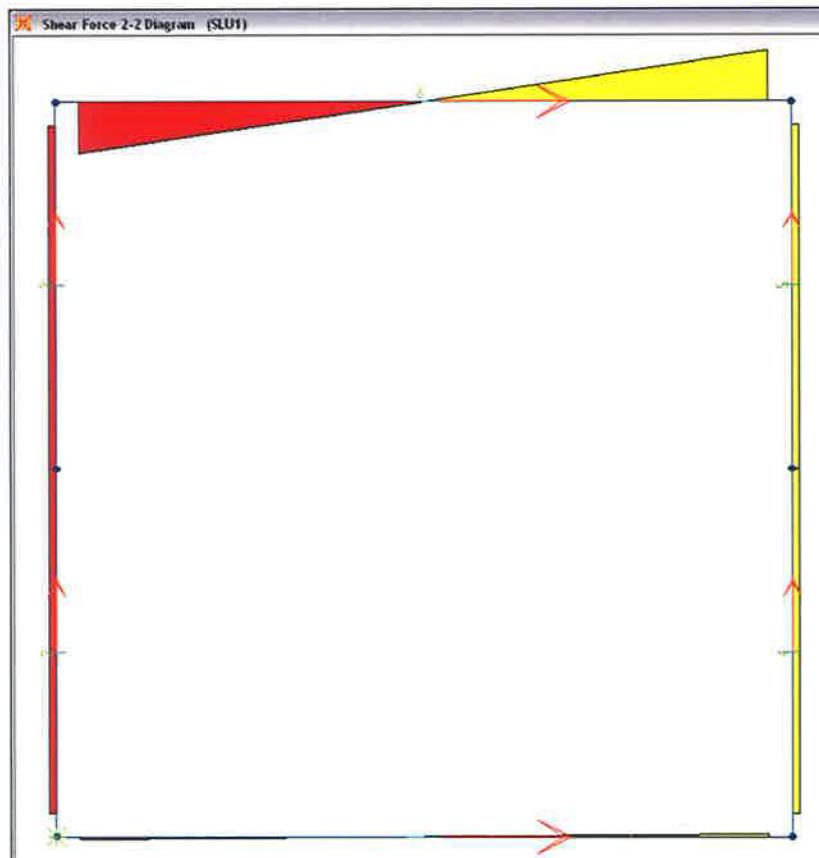
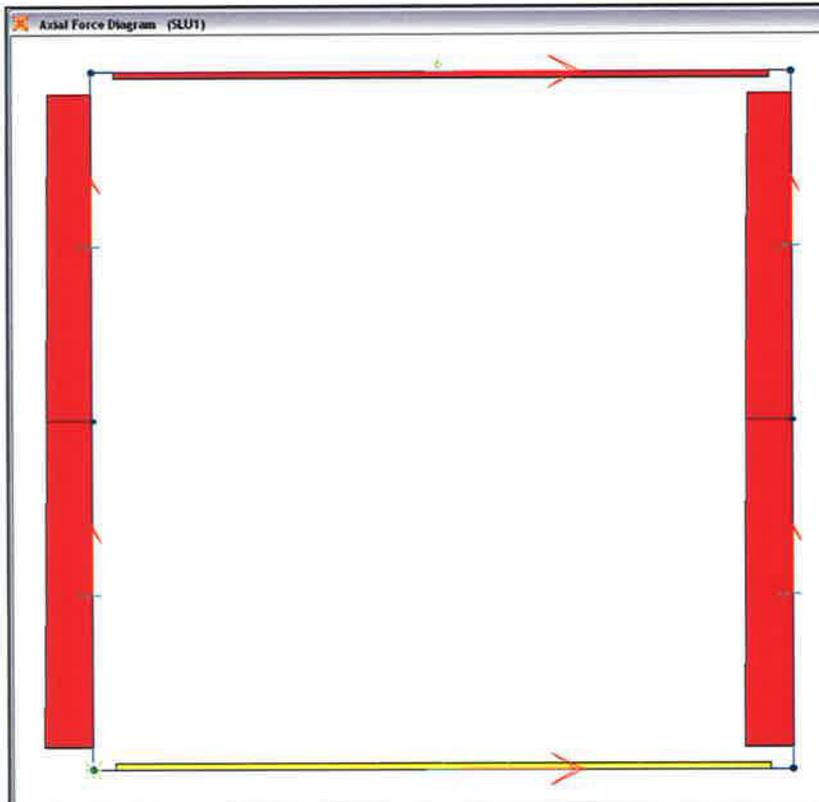
Le combinazioni di carico considerate sono le seguenti:

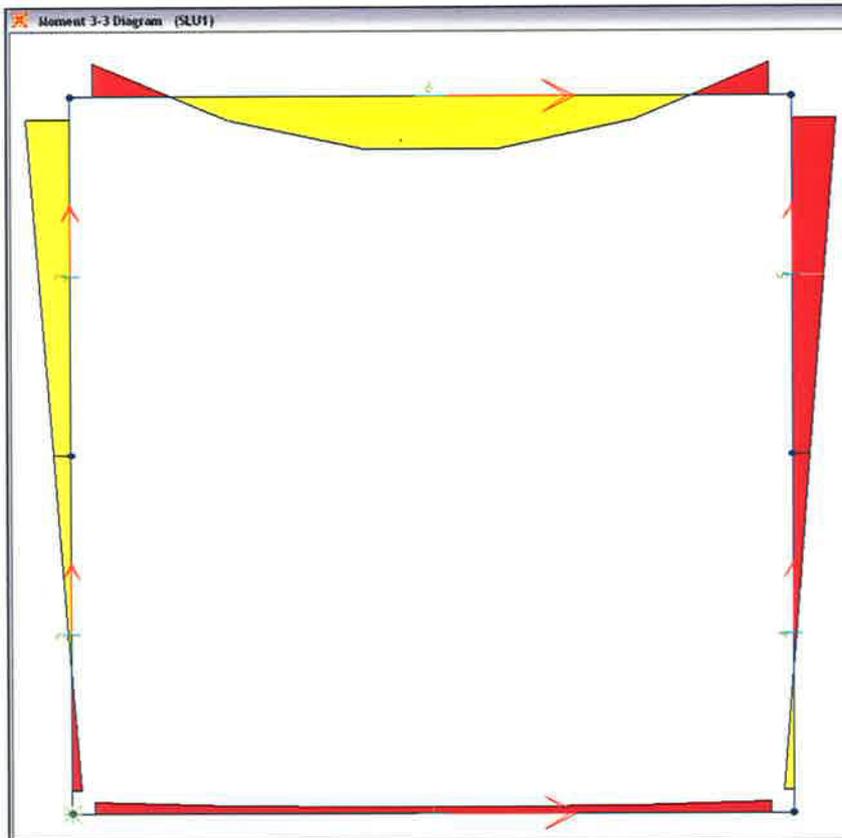
		PESO PROPRIO			PERMANENTI			TRAFFICO1			TRAFFICO2			SISMA		
		ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$	ψ	γ	$\psi*\gamma$
SLU1	1	1.00	1.35	1.35	1.00	1.50	1.50	1.00	1.35	1.35	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU2	2	1.00	1.35	1.35	1.00	1.50	1.50	1.00	0.00	0.00	1.00	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00
SLU_S	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	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	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE_F2	5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	0.00	0.00	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	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.4 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	0,075	SLU1	Combination	27,15	-14,51	-12,48	SOLETTA INFERIORE
1	0,505	SLU1	Combination	27,15	-8,71	-7,49	
1	0,935	SLU1	Combination	27,15	-2,90	-4,99	
1	1,365	SLU1	Combination	27,15	2,90	-4,99	
1	1,795	SLU1	Combination	27,15	8,71	-7,49	
1	2,225	SLU1	Combination	27,15	14,51	-12,48	
2	0,075	SLU1	Combination	-218,46	-27,15	-11,57	SOLETTA SUPERIORE
2	0,6125	SLU1	Combination	-211,21	-27,15	3,02	
2	1,15	SLU1	Combination	-203,95	-27,15	17,62	
3	0	SLU1	Combination	-203,95	-27,15	17,62	
3	0,5375	SLU1	Combination	-196,70	-27,15	32,21	
3	1,075	SLU1	Combination	-189,44	-27,15	46,80	
4	0,075	SLU1	Combination	-218,46	27,15	11,57	PIEDRITTO DX
4	0,6125	SLU1	Combination	-211,21	27,15	-3,02	
4	1,15	SLU1	Combination	-203,95	27,15	-17,62	
5	0	SLU1	Combination	-203,95	27,15	-17,62	
5	0,5375	SLU1	Combination	-196,70	27,15	-32,21	
5	1,075	SLU1	Combination	-189,44	27,15	-46,80	
6	0,075	SLU1	Combination	-27,15	-176,14	-35,16	PIEDRITTO SX
6	0,505	SLU1	Combination	-27,15	-105,68	25,43	
6	0,935	SLU1	Combination	-27,15	-35,23	55,72	
6	1,365	SLU1	Combination	-27,15	35,23	55,72	
6	1,795	SLU1	Combination	-27,15	105,68	25,43	
6	2,225	SLU1	Combination	-27,15	176,14	-35,16	





Combinazione di carico 2: SLU2

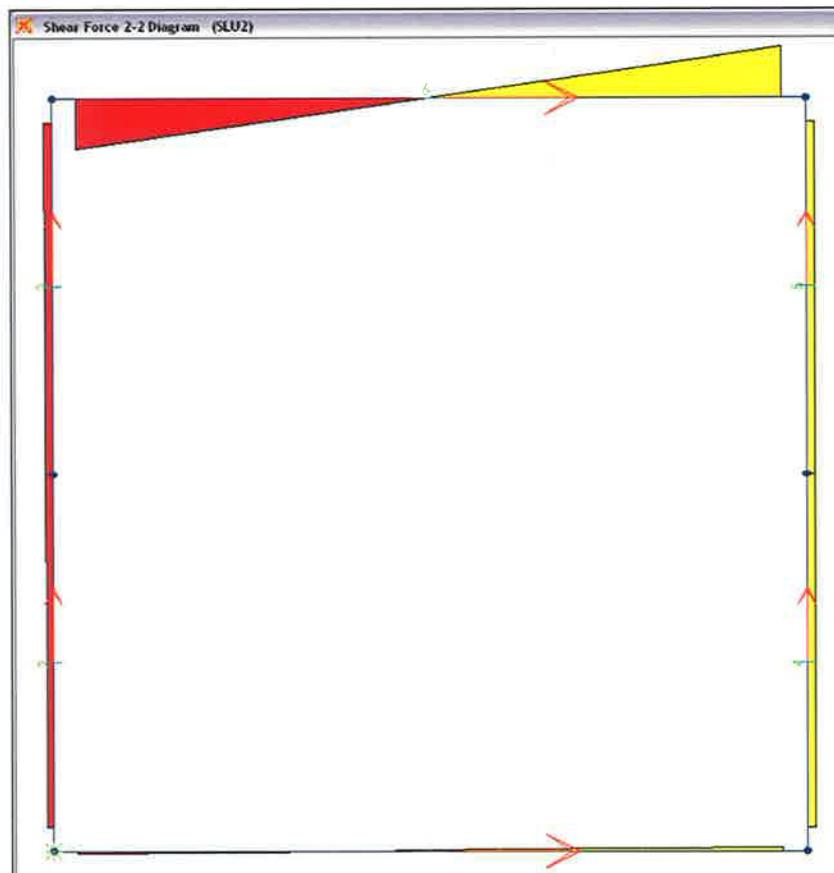
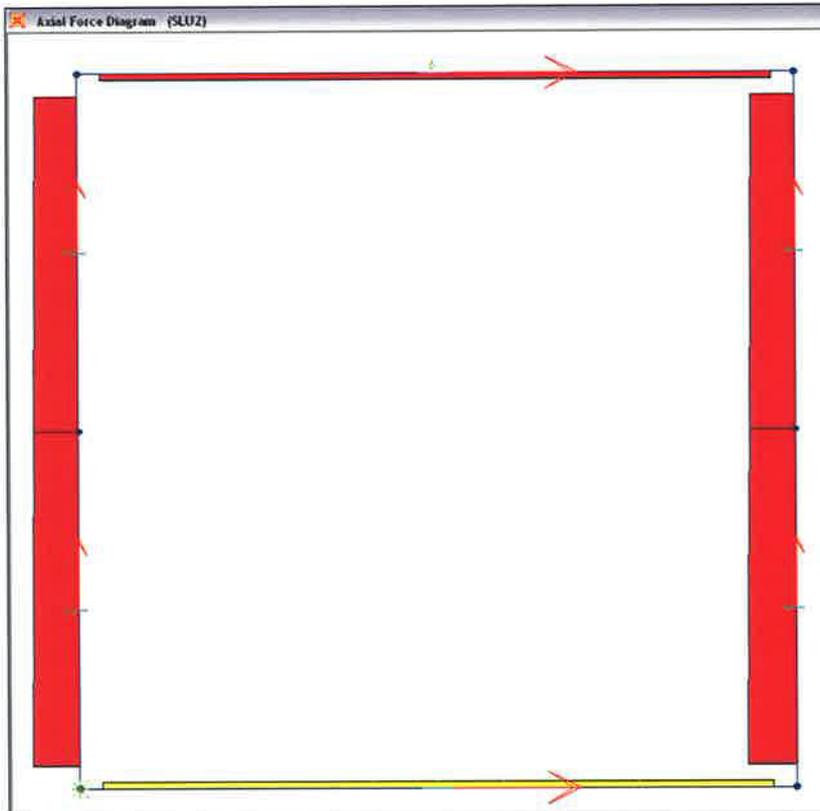
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
1	0,075	SLU2	Combination	29,18	-8,88	-4,58
1	0,505	SLU2	Combination	29,18	-3,08	-2,01
1	0,935	SLU2	Combination	29,18	2,73	-1,94
1	1,365	SLU2	Combination	29,18	8,53	-4,36
1	1,795	SLU2	Combination	29,18	14,34	-9,27
1	2,225	SLU2	Combination	29,18	20,14	-16,68
2	0,075	SLU2	Combination	-197,61	-12,09	-4,40
2	0,6125	SLU2	Combination	-190,35	-16,22	3,20
2	1,15	SLU2	Combination	-183,10	-20,35	13,03
3	0	SLU2	Combination	-183,10	-20,35	13,03
3	0,5375	SLU2	Combination	-175,84	-24,48	25,08
3	1,075	SLU2	Combination	-168,58	-28,60	39,34
4	0,075	SLU2	Combination	-204,02	29,18	16,04
4	0,6125	SLU2	Combination	-196,76	29,18	0,36
4	1,15	SLU2	Combination	-189,51	29,18	-15,32
5	0	SLU2	Combination	-189,51	29,18	-15,32
5	0,5375	SLU2	Combination	-182,25	29,18	-31,01
5	1,075	SLU2	Combination	-174,99	29,18	-46,69
6	0,075	SLU2	Combination	-29,18	-156,43	-29,36
6	0,505	SLU2	Combination	-29,18	-92,58	24,18
6	0,935	SLU2	Combination	-29,18	-28,72	50,26
6	1,365	SLU2	Combination	-29,18	35,13	48,88
6	1,795	SLU2	Combination	-29,18	98,99	20,04
6	2,225	SLU2	Combination	-29,18	162,84	-36,25

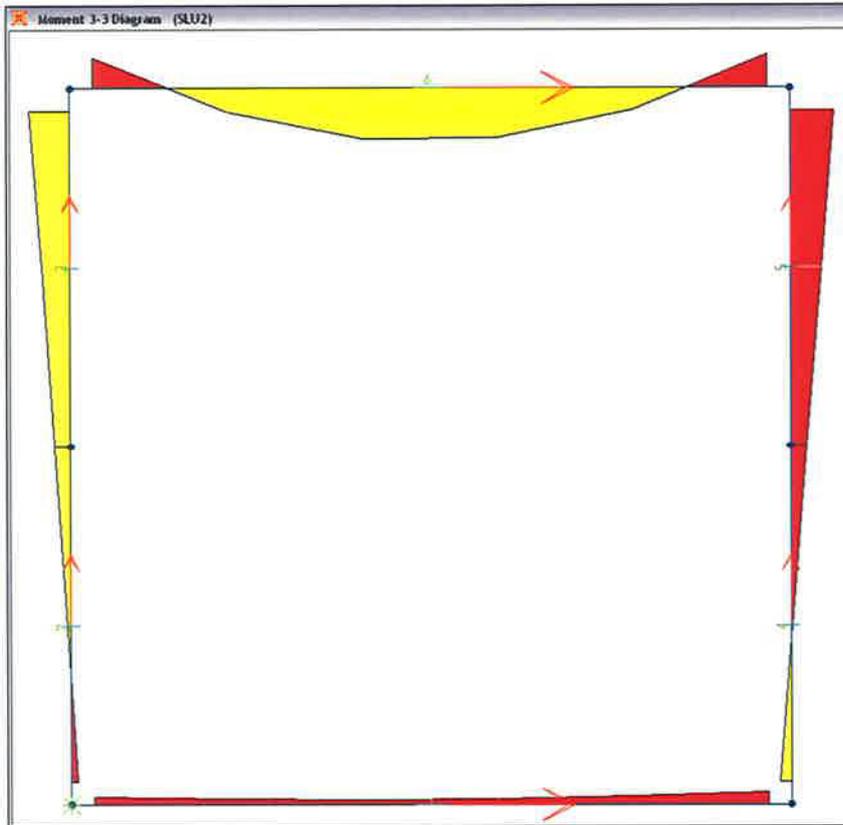
SOLETTA INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

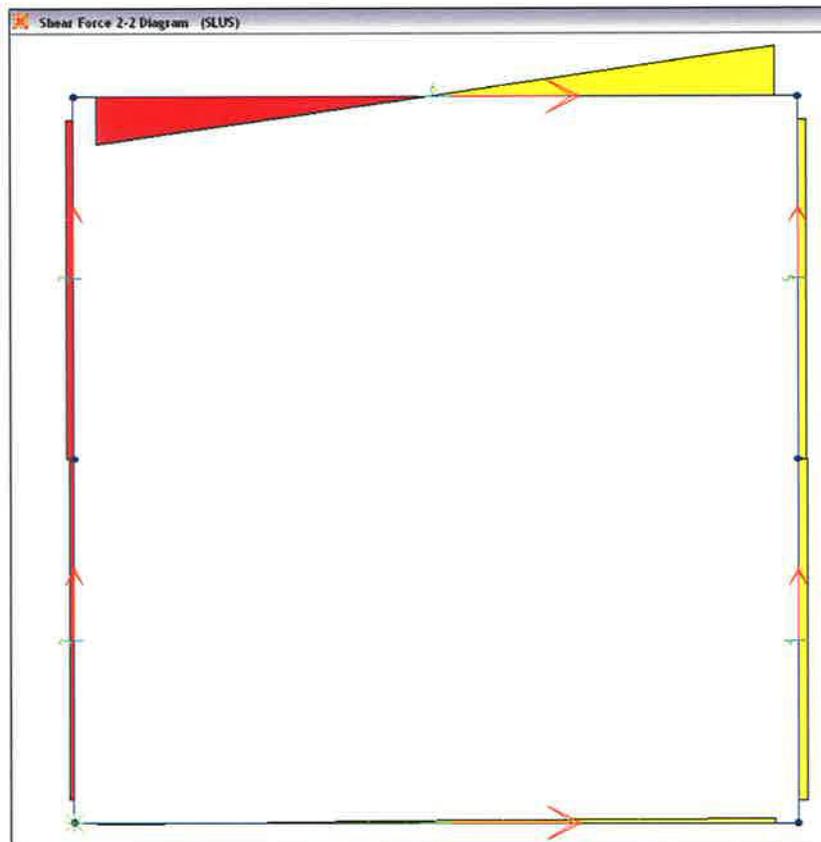
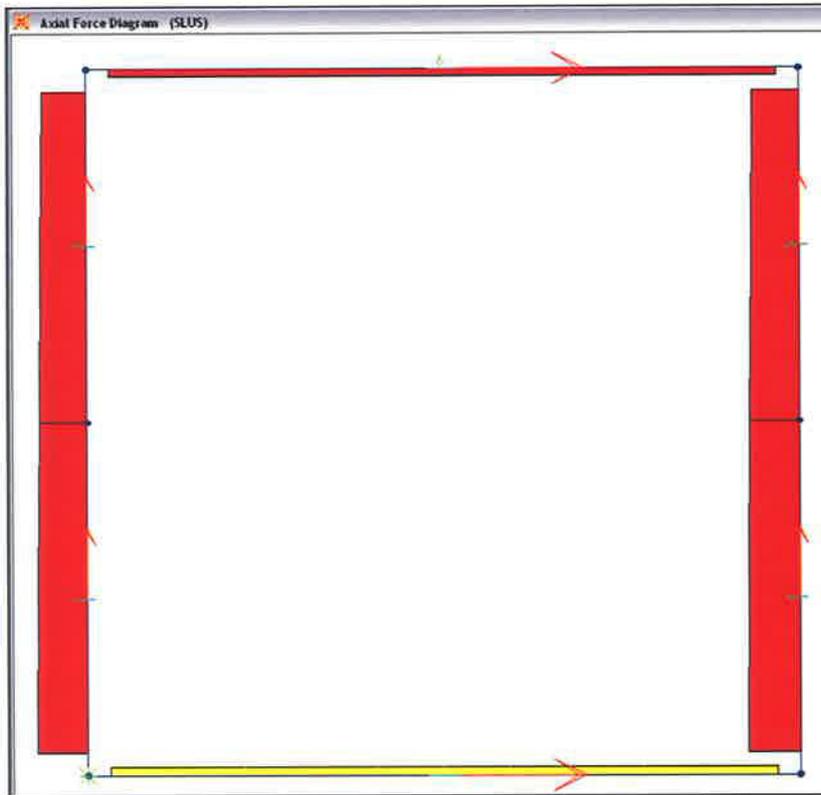
SOLETTA SUPERIORE

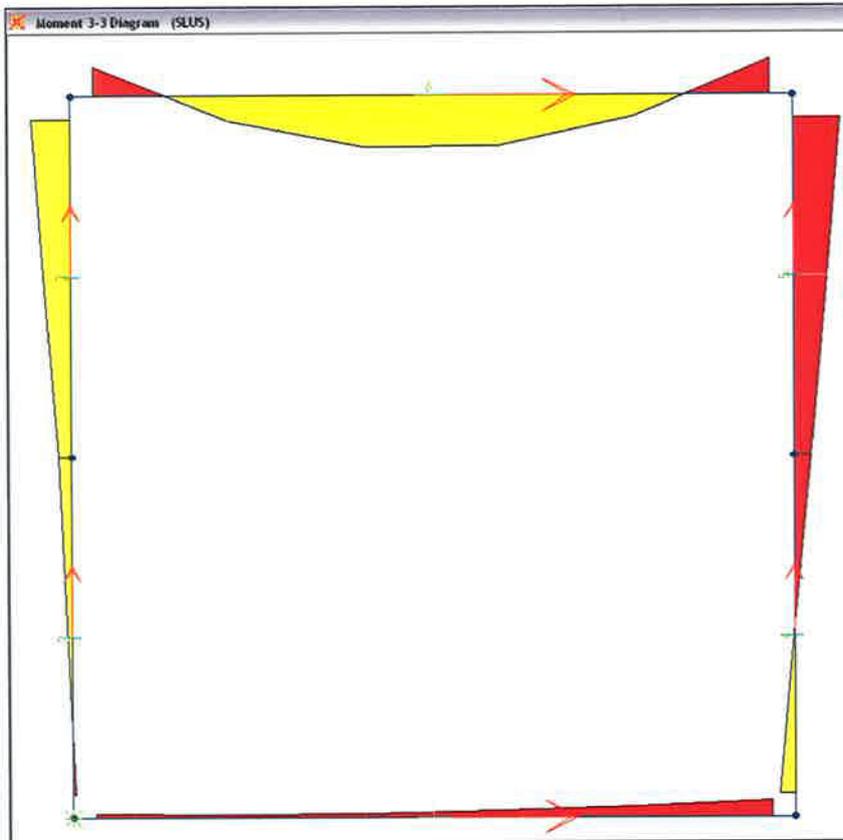




Combinazione di carico 3: SLUS

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	M3 KN-m	
1	0,075	SLUS	Combination	21,67	-5,44	-1,54	SOLETTA INFERIORE
1	0,505	SLUS	Combination	21,67	-1,14	-0,12	
1	0,935	SLUS	Combination	21,67	3,16	-0,55	
1	1,365	SLUS	Combination	21,67	7,46	-2,83	
1	1,795	SLUS	Combination	21,67	11,76	-6,97	
1	2,225	SLUS	Combination	21,67	16,06	-12,95	
2	0,075	SLUS	Combination	-134,54	-7,33	-1,42	PIEDRITTO SX
2	0,6125	SLUS	Combination	-129,16	-7,33	2,52	
2	1,15	SLUS	Combination	-123,79	-7,33	6,45	
3	0	SLUS	Combination	-123,79	-18,27	6,45	PIEDRITTO DX
3	0,5375	SLUS	Combination	-118,41	-18,27	16,27	
3	1,075	SLUS	Combination	-113,04	-18,27	26,09	
4	0,075	SLUS	Combination	-139,96	21,67	12,55	PIEDRITTO DX
4	0,6125	SLUS	Combination	-134,59	21,67	0,91	
4	1,15	SLUS	Combination	-129,21	21,67	-10,74	
5	0	SLUS	Combination	-129,21	19,97	-10,74	PIEDRITTO DX
5	0,5375	SLUS	Combination	-123,84	19,97	-21,47	
5	1,075	SLUS	Combination	-118,46	19,97	-32,20	
6	0,075	SLUS	Combination	-19,97	-104,79	-19,32	SOLETTA SUPERIORE
6	0,505	SLUS	Combination	-19,97	-61,79	16,49	
6	0,935	SLUS	Combination	-19,97	-18,79	33,82	
6	1,365	SLUS	Combination	-19,97	24,21	32,65	
6	1,795	SLUS	Combination	-19,97	67,21	13,00	
6	2,225	SLUS	Combination	-19,97	110,21	-25,15	





Combinazione di carico 4: SLEF1

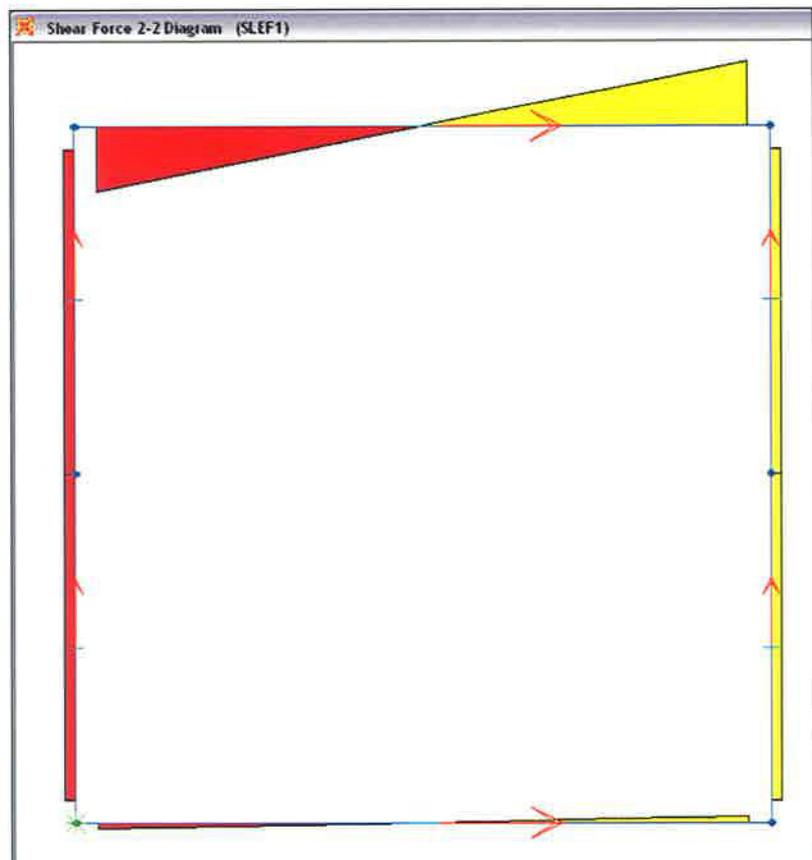
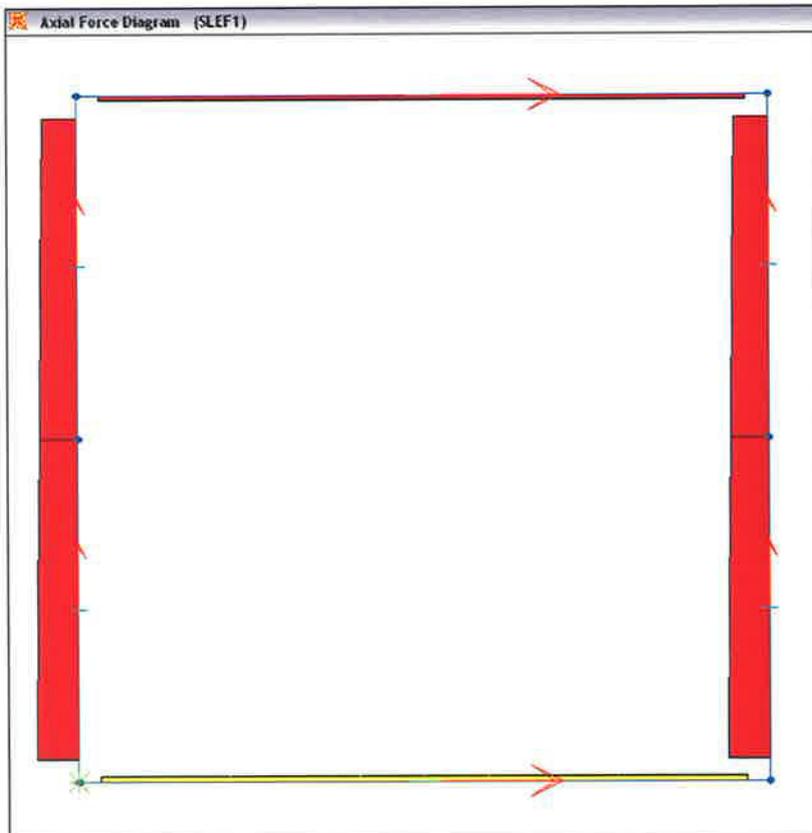
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	M3 KN-m
1	0,075	SLEF1	Combination	18,14	-10,75	-8,49
1	0,505	SLEF1	Combination	18,14	-6,45	-4,79
1	0,935	SLEF1	Combination	18,14	-2,15	-2,94
1	1,365	SLEF1	Combination	18,14	2,15	-2,94
1	1,795	SLEF1	Combination	18,14	6,45	-4,79
1	2,225	SLEF1	Combination	18,14	10,75	-8,49
2	0,075	SLEF1	Combination	-147,06	-18,14	-7,96
2	0,6125	SLEF1	Combination	-141,68	-18,14	1,79
2	1,15	SLEF1	Combination	-136,31	-18,14	11,54
3	0	SLEF1	Combination	-136,31	-18,14	11,54
3	0,5375	SLEF1	Combination	-130,93	-18,14	21,30
3	1,075	SLEF1	Combination	-125,56	-18,14	31,05
4	0,075	SLEF1	Combination	-147,06	18,14	7,96
4	0,6125	SLEF1	Combination	-141,68	18,14	-1,79
4	1,15	SLEF1	Combination	-136,31	18,14	-11,54
5	0	SLEF1	Combination	-136,31	18,14	-11,54
5	0,5375	SLEF1	Combination	-130,93	18,14	-21,30
5	1,075	SLEF1	Combination	-125,56	18,14	-31,05
6	0,075	SLEF1	Combination	-18,14	-116,67	-23,35
6	0,505	SLEF1	Combination	-18,14	-70,00	16,78
6	0,935	SLEF1	Combination	-18,14	-23,33	36,85
6	1,365	SLEF1	Combination	-18,14	23,33	36,85
6	1,795	SLEF1	Combination	-18,14	70,00	16,78
6	2,225	SLEF1	Combination	-18,14	116,67	-23,35

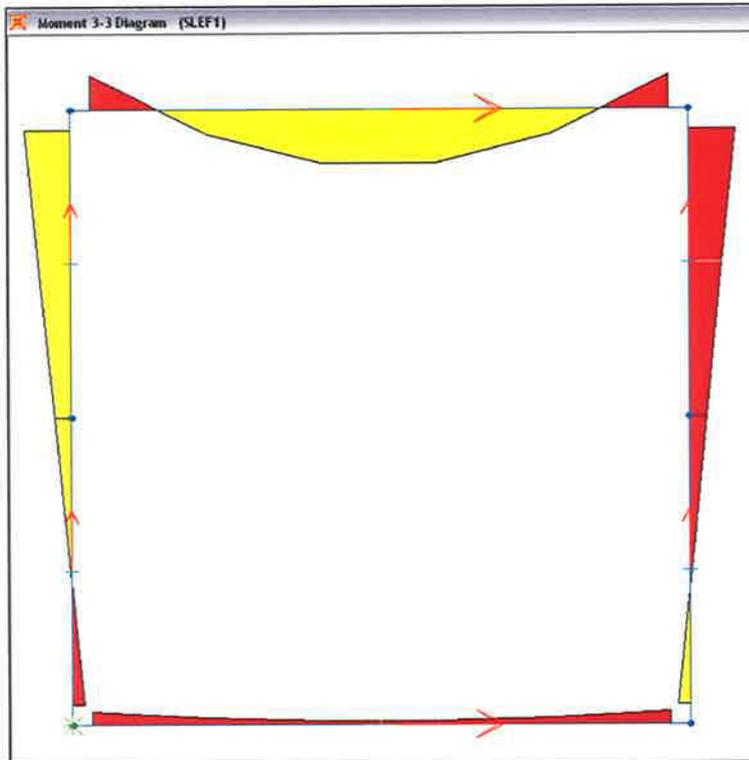
SOLETTA INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

SOLETTA SUPERIORE





Combinazione di carico 5: SLEF2

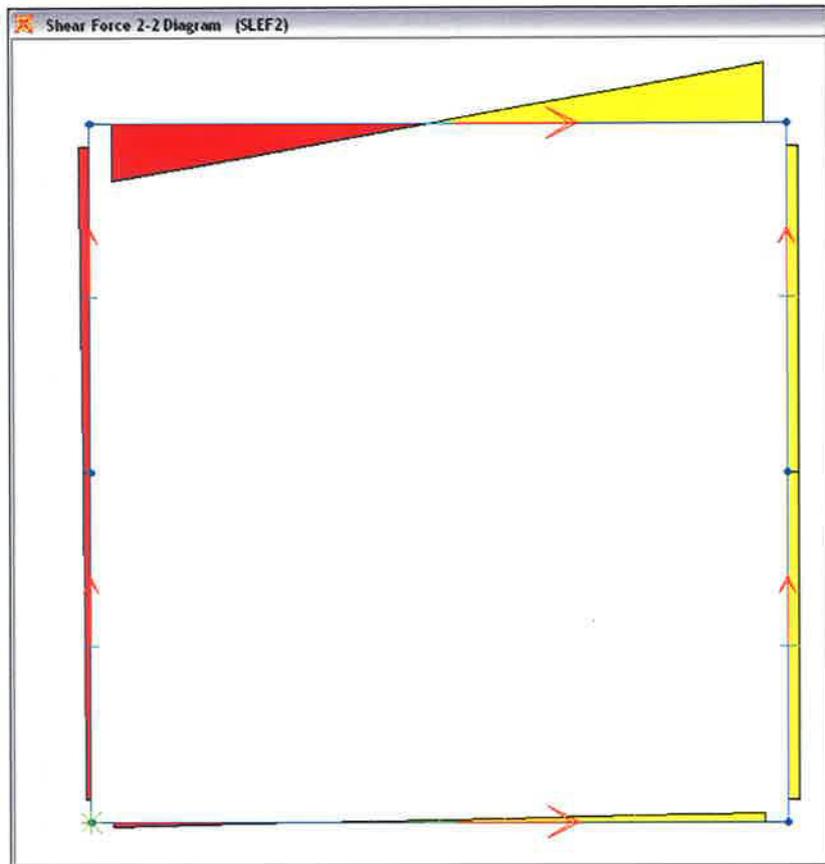
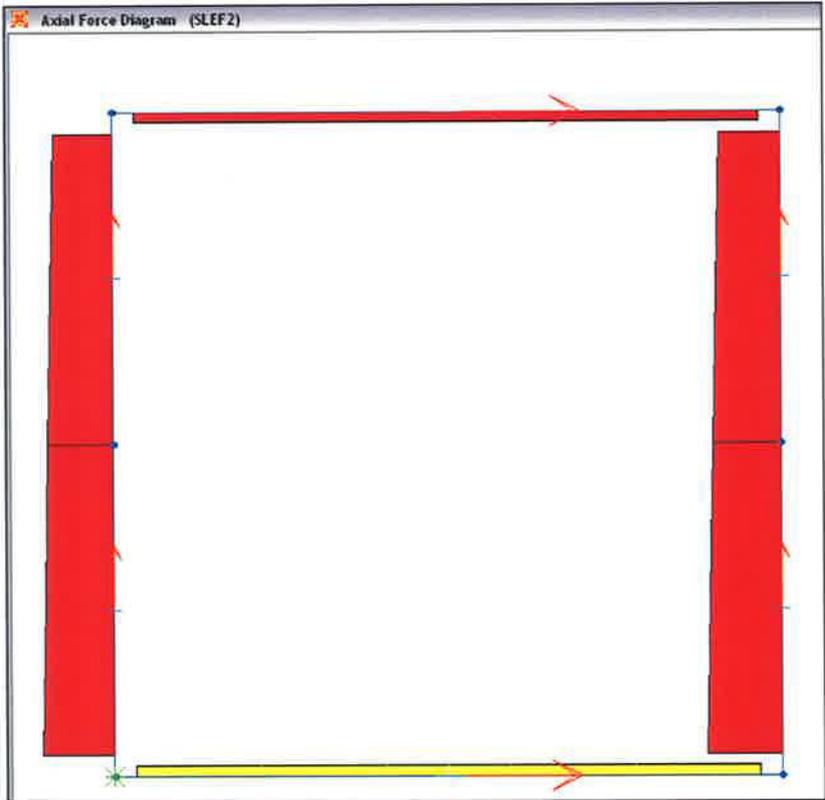
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	M3 KN-m
1	0,075	SLEF2	Combination	19,27	-7,62	-4,10
1	0,505	SLEF2	Combination	19,27	-3,32	-1,75
1	0,935	SLEF2	Combination	19,27	0,98	-1,24
1	1,365	SLEF2	Combination	19,27	5,28	-2,59
1	1,795	SLEF2	Combination	19,27	9,58	-5,78
1	2,225	SLEF2	Combination	19,27	13,88	-10,82
2	0,075	SLEF2	Combination	-135,47	-9,78	-3,98
2	0,6125	SLEF2	Combination	-130,09	-12,07	1,89
2	1,15	SLEF2	Combination	-124,72	-14,37	9,00
3	0	SLEF2	Combination	-124,72	-14,37	9,00
3	0,5375	SLEF2	Combination	-119,34	-16,66	17,33
3	1,075	SLEF2	Combination	-113,97	-18,95	26,90
4	0,075	SLEF2	Combination	-139,03	19,27	10,45
4	0,6125	SLEF2	Combination	-133,66	19,27	0,09
4	1,15	SLEF2	Combination	-128,28	19,27	-10,27
5	0	SLEF2	Combination	-128,28	19,27	-10,27
5	0,5375	SLEF2	Combination	-122,91	19,27	-20,63
5	1,075	SLEF2	Combination	-117,53	19,27	-30,99
6	0,075	SLEF2	Combination	-19,27	-105,72	-20,13
6	0,505	SLEF2	Combination	-19,27	-62,72	16,09
6	0,935	SLEF2	Combination	-19,27	-19,72	33,81
6	1,365	SLEF2	Combination	-19,27	23,28	33,05
6	1,795	SLEF2	Combination	-19,27	66,28	13,79
6	2,225	SLEF2	Combination	-19,27	109,28	-23,96

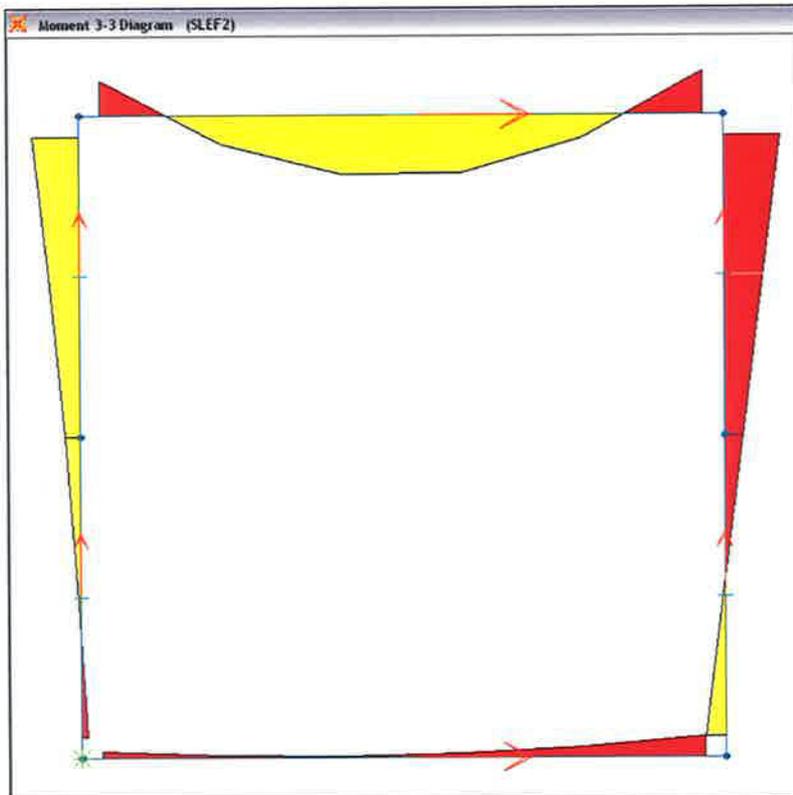
SOLETTA INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

SOLETTA SUPERIORE





Combinazione di carico 6: SLEQP

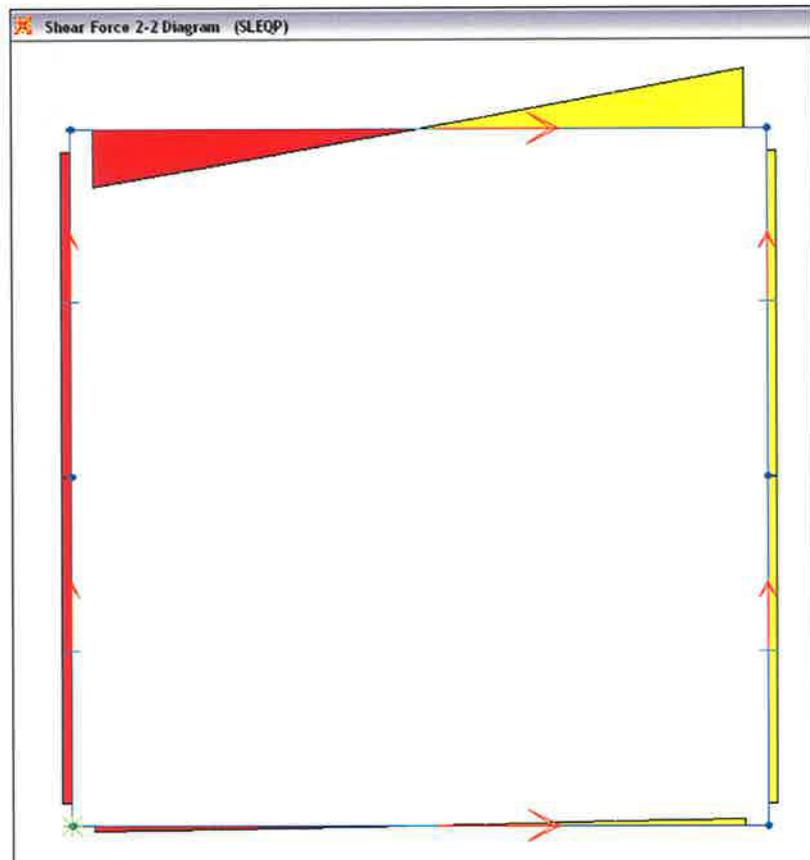
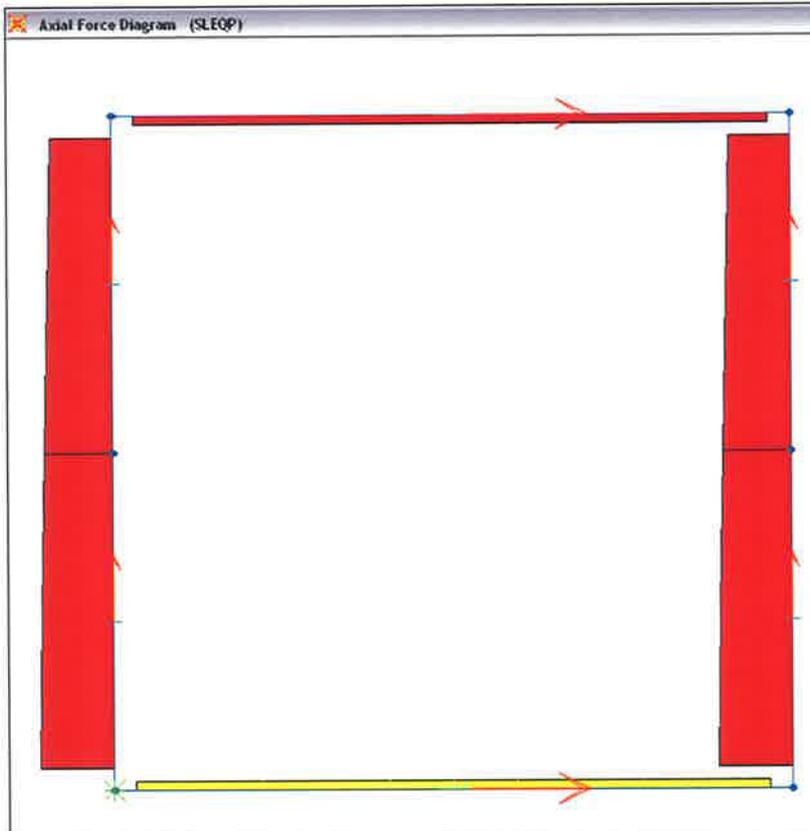
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	P KN	V2 KN	M3 KN-m
1	0,075	SLEQP	Combination	16,84	-10,75	-7,99
1	0,505	SLEQP	Combination	16,84	-6,45	-4,29
1	0,935	SLEQP	Combination	16,84	-2,15	-2,44
1	1,365	SLEQP	Combination	16,84	2,15	-2,44
1	1,795	SLEQP	Combination	16,84	6,45	-4,29
1	2,225	SLEQP	Combination	16,84	10,75	-7,99
2	0,075	SLEQP	Combination	-137,25	-16,84	-7,56
2	0,6125	SLEQP	Combination	-131,88	-16,84	1,49
2	1,15	SLEQP	Combination	-126,50	-16,84	10,54
3	0	SLEQP	Combination	-126,50	-16,84	10,54
3	0,5375	SLEQP	Combination	-121,13	-16,84	19,60
3	1,075	SLEQP	Combination	-115,75	-16,84	28,65
4	0,075	SLEQP	Combination	-137,25	16,84	7,56
4	0,6125	SLEQP	Combination	-131,88	16,84	-1,49
4	1,15	SLEQP	Combination	-126,50	16,84	-10,54
5	0	SLEQP	Combination	-126,50	16,84	-10,54
5	0,5375	SLEQP	Combination	-121,13	16,84	-19,60
5	1,075	SLEQP	Combination	-115,75	16,84	-28,65
6	0,075	SLEQP	Combination	-16,84	-107,50	-21,56
6	0,505	SLEQP	Combination	-16,84	-64,50	15,42
6	0,935	SLEQP	Combination	-16,84	-21,50	33,91
6	1,365	SLEQP	Combination	-16,84	21,50	33,91
6	1,795	SLEQP	Combination	-16,84	64,50	15,42
6	2,225	SLEQP	Combination	-16,84	107,50	-21,56

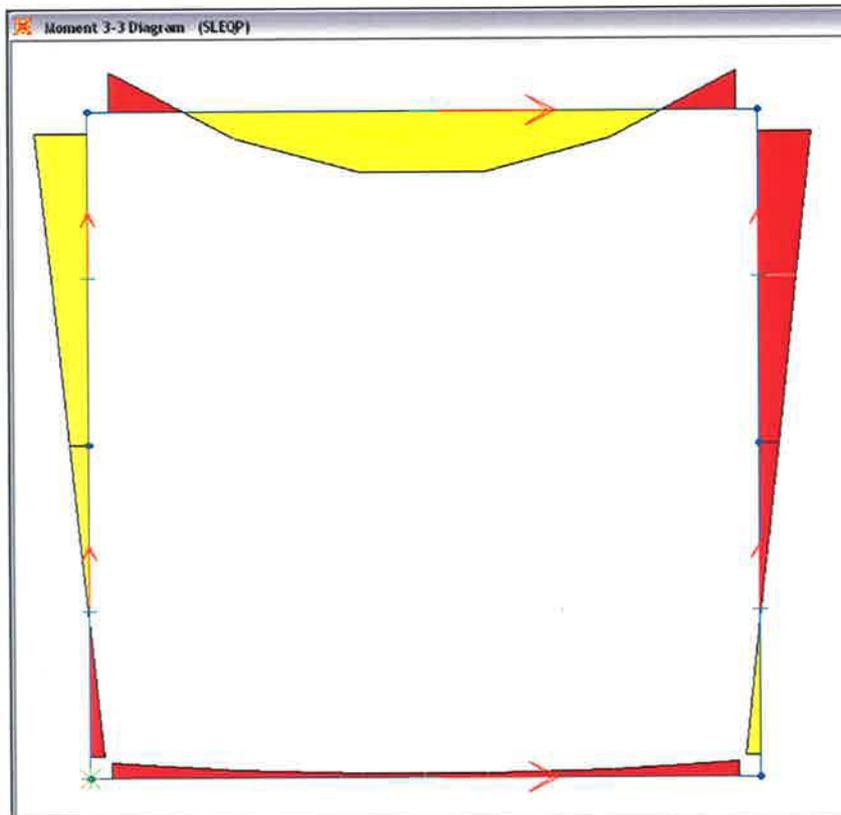
SOLETTA INFERIORE

PIEDRITTO SX

PIEDRITTO DX

SOLETTA SUPERIORE





3.5 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: $\Phi 14/20$ sup. + $\Phi 14/20$ inf.

Soletta Inferiore: $\Phi 14/20$ sup. + $\Phi 14/20$ inf.

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

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

Armatura a Taglio:

Soletta Superiore: Spille $\Phi 12/40/40$.

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

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

3.5.1 Verifica a presso-flessione

SLU1			coeff.sicurezza
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	27,15	-12,48	5,98
	27,15	-4,99	10,62
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-218,46	-11,57	11,94
	-189,44	46,80	2,85
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-189,44	-46,80	2,85
	-218,46	11,57	11,94
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-27,15	-35,16	3,04
	-27,15	55,72	1,99

SLU2			coeff.sicurezza
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	29,18	-16,68	4,73
	29,18	-1,94	14,71
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-197,61	-4,40	30,63
	-168,58	39,34	3,31
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-174,99	-46,69	2,81
	-204,02	16,04	8,47
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-29,18	-36,25	2,95
	-29,18	50,26	2,13

SLUS			coeff.sicurezza
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	21,67	-12,95	6,15
	21,67	-0,12	26,83
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-123,79	-1,42	49,85
	-113,04	26,09	4,64
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-118,46	-32,20	3,78
	-139,96	12,55	9,99
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-19,97	-25,15	4,20
	-19,97	33,82	3,12

3.5.2 Verifica a fessurazione

SLEF1			verif.fessurazione
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	18,14	-8,49	NON FESSURATA
	18,14	-2,94	NON FESSURATA
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-147,06	-7,96	NON FESSURATA
	-125,56	31,05	NON FESSURATA
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-125,56	-31,05	NON FESSURATA
	-147,06	7,96	NON FESSURATA
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-18,14	-23,35	NON FESSURATA
	-18,14	36,85	NON FESSURATA

SLEF2			verif.fessurazione
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	19,27	-10,82	NON FESSURATA
	19,27	-1,24	NON FESSURATA
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-135,47	-3,98	NON FESSURATA
	-113,97	26,90	NON FESSURATA
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-117,53	-30,99	NON FESSURATA
	-139,03	10,45	NON FESSURATA
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-19,27	-23,96	NON FESSURATA
	-19,27	33,81	NON FESSURATA

SLEQP			verif.fessurazione
sol inf	P[kN]	M3[kNm]	
	16,84	-7,99	NON FESSURATA
	16,84	-2,44	NON FESSURATA
piedr sx	P[kN]	M3[kNm]	
	-137,25	-7,56	NON FESSURATA
	-115,75	28,65	NON FESSURATA
piedr dx	P[kN]	M3[kNm]	
	-115,75	-28,65	NON FESSURATA
	-137,25	7,56	NON FESSURATA
sol sup	P[kN]	M3[kNm]	
	-16,84	-21,56	NON FESSURATA
	-16,84	33,91	NON FESSURATA

3.5.3 Verifica a taglio

Soletta inferiore

$V_{cd} = 20,14 \text{ kN}$

$$V_{Rd} = \{0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d = 161,89 \text{ kN} \geq$$

$$(v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d = 161,20 \text{ kN} \Rightarrow V_{Rd} = 161,89 \text{ kN}$$

dove:

$$\begin{aligned}
 k &= 1+(200/d)^{1/2} = && 1,751646 \\
 v_{\min} &= 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = && 0,444425 \\
 d &= && 354 \text{ mm} \\
 \rho_1 &= A_{sl} / (b_w d) = && 0,003192 \\
 \sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = && 0,07295 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

VRd > Vcd : Non necessaria armatura specifica a taglio.

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

Soletta superiore

Vcd = 176,14 kN

$$\begin{aligned}
 V_{Rd} &= \{0,18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \sigma_{cp}\} b_w d = && 161,62 \text{ kN} && \geq \\
 (v_{\min} + 0,15 \sigma_{cp}) b_w d &= && 160,93 \text{ kN} && \Rightarrow && V_{Rd} = 161,62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

dove:

$$\begin{aligned}
 k &= 1+(200/d)^{1/2} = && 1,751646 \\
 v_{\min} &= 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = && 0,444425 \\
 d &= && 354 \text{ mm} \\
 \rho_1 &= A_{sl} / (b_w d) = && 0,003192 \\
 \sigma_{cp} &= N_{Ed} / A_c = && 0,067875 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

VRd > Vcd : Necessaria armatura specifica a taglio.

Verifico la sezione considerando un'armatura specifica a taglio pari a: Spille $\Phi 12/40/40$

Si ha quindi:

$$\begin{aligned}
 V_{Rsd} &= 0,9 d A_{sw} / s f_{yd} (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta) \text{sen} \alpha = && 220197,6 \text{ N} \\
 V_{Rcd} &= 0,9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \vartheta) / (1 + \text{ctg}^2 \vartheta) = && 937556 \text{ N} \\
 \Rightarrow & V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) = && 220,20 \text{ kN} &> V_{cd} &\Rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

dove:

$h =$	400 mm		
$c =$	40 mm		
$\Phi =$	12 mm		
$b_w =$	1000 mm		
$f_{ck} =$	30 N/mm ²		
$A_{sl} =$	11,3 cm ²	=	1130 mm ²
$N_{Ed} =$	27,15 kN	=	27150 N
$\gamma_c =$	1,5		
$A_{sw} =$	2,826 cm ²	=	282,6 mm ²
$s =$	400 mm		
$\alpha =$	90 °		
$f'_{cd} = 0,5 f_{cd} =$	8,50 N/mm ²		
$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c =$	17,00 N/mm ²		
$ctg \alpha =$	0,00		
$ctg \vartheta =$	2,5		$1 \leq ctg \vartheta \leq 2,5$
$\sigma_{cp} =$	0,0040 f_{cd}	=>	$\alpha_c = 1 + \sigma_{cp}/f_{cd} =$ 1,0040
$f_{yk} =$	450 N/mm ²		
$f_{yd} =$	391,30 N/mm ²		

