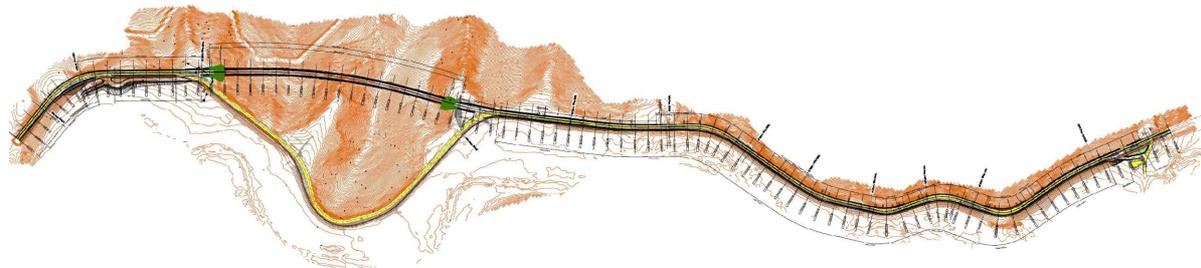


## S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

**RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500**  
**STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500**



### PROGETTO ESECUTIVO

IMPRESA ESECUTRICE



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Gianluca DE PAOLIS

PROGETTAZIONE



IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI  
 Ordine degli Ingegneri della  
 provincia di Roma n°A26211  
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA  
 IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI  
 Ordine degli Ingegneri della  
 provincia di Roma n°10112  
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

**H008**

## CAPITOLO H - PROGETTO OPERE IN SOTTERRANEO

### CAPITOLO H0 - GALLERIA CASTEL SAN FELICE PARTE GENERALE

#### RELAZIONE DI CALCOLO GALLERIE ARTIFICIALI

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PG0374E2201

NOME FILE

H008\_P01GA00STRRE01\_A.dwg

REVISIONE

SCALA:

CODICE  
 ELAB.

P01GA00STRRE01

A

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

APRILE  
 2024

ING. GIANFRANCO  
 SODERO

ING. GIANCARLO  
 TANZI

ING. VALERIO  
 BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE .....	2
2.	SCHEMA STRUTTURALE .....	2
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
4.	VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO .....	3
4.1	Valutazione dell'accelerazione attesa massima al suolo .....	3
5.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	4
5.1	Calcestruzzo fondazioni e elevazioni C28/35 .....	4
5.2	Acciaio ordinario FeB 450C controllato in stabilimento.....	4
5.3	Caratteristiche del calcestruzzo ai fini della durabilità .....	4
5.4	Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure.....	4
5.5	Copriferro .....	5
6.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	5
7.	DESCRIZIONE PROGRAMMA UTILIZZATO .....	6
8.	MODELLO DI CALCOLO GALLERIA ARTIFICIALE (A905-1) .....	6
8.1	Grafici Delle Strutture. ....	6
8.1.1	Struttura - Disegno di insieme (vista a ingombri solidi).....	6
8.1.2	Struttura - Disegno di insieme (numerazione elementi asta) .....	7
8.1.3	Struttura - Disegno di insieme (numerazione elementi "molla").....	7
8.1.4	Struttura - Disegno di insieme (numerazione nodi") .....	8
8.1.5	Struttura - Disegno di insieme (tipologie sezioni) .....	8
8.2	Dati Di Input Struttura .....	9
8.2.1	Geometria e condizioni di carico elementari.....	9
8.2.2	Condizioni di carico elementari.....	14
8.2.3	Combinazioni di carico .....	22
8.3	Risultati Significativi.....	22
8.3.1	Convenzioni.....	22
8.3.2	Diagramma involuppo sforzi normali a s.l.u .....	22
8.3.3	Diagramma involuppo momenti flettenti a s.l.u .....	23
8.3.4	Diagramma involuppo tagli a s.l.u.....	23
8.3.5	Verifiche a pressoflessione e a taglio .....	24
8.3.6	Verifica in dettaglio a SLU (pressoflessione).....	25
8.3.7	Verifica in dettaglio a SLE (pressoflessione) .....	26
8.3.8	Verifica in dettaglio a SLE (fessurazione).....	27
8.3.9	Verifica delle pressioni alla base della galleria .....	28
8.3.10	Verifica di capacità portante .....	28

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è parte integrante del Progetto Esecutivo in oggetto. Nel documento si affrontano le problematiche progettuali connesse alla verifica della sezione delle gallerie artificiali, con la seguente sezione trasversale.

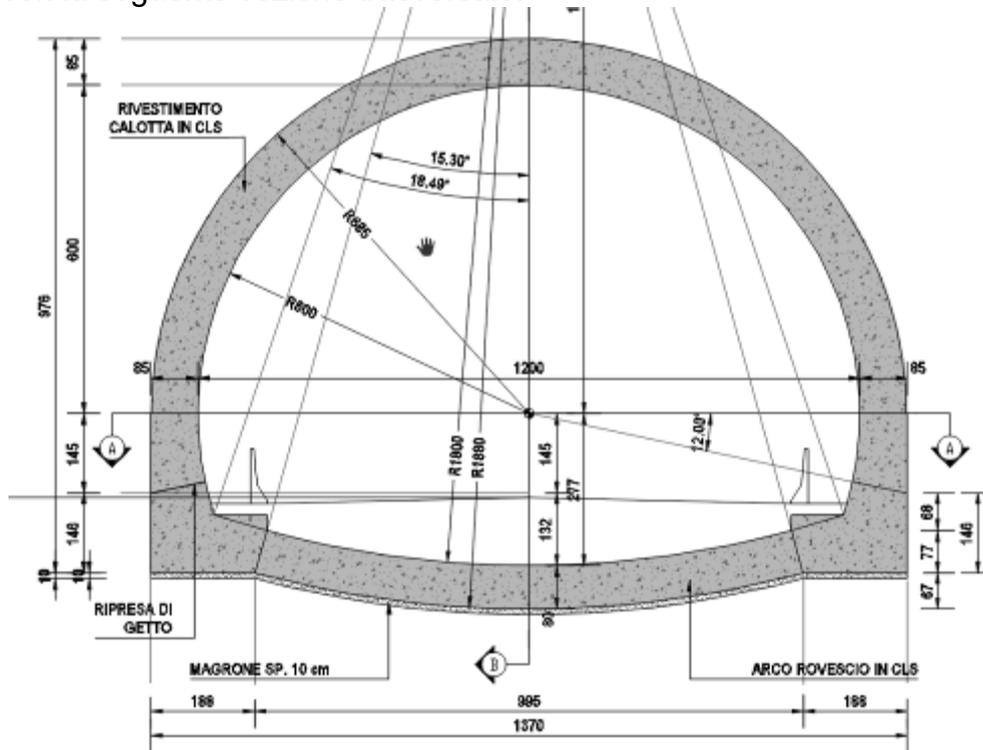
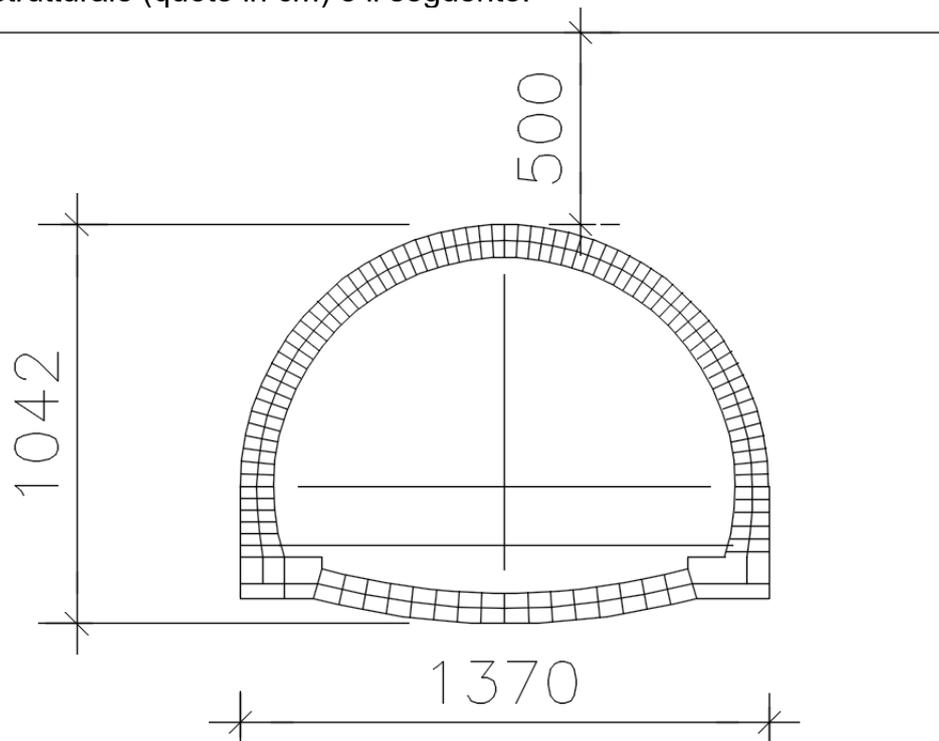


Figura 1: SEZIONE TRASVERSALE GALLERIA ARTIFICIALE

## 2. SCHEMA STRUTTURALE

Lo schema strutturale (quote in cm) è il seguente:



Si considera un ricoprimento massimo pari a 5.00 m. La falda è assente.

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle seguenti Normative:

- Legge 05/01/1971 n.1086 → Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- Legge 02/02/1974 n. 64 → Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- DM 17/01/2018 - Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 21/01/2019 n. 7, C.S.LL.PP. - Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17/01/2018
- UNI EN 1992-1-1:2004 (Eurocodice 2 – Parte 1-1) → Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 206-1:2000 → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione e conformità
- UNI 11104:2004 → Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1

### 4. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale è assunta pari a :  $V_N = 50$  anni.

Sii fa riferimento alla Classe IV. Il coefficiente d’uso è pertanto:  $C_U = 2.0$

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  pari alla vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d’uso  $C_U$ . Si ottiene:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200 \text{ anni.}$$

#### 4.1 Valutazione dell’accelerazione attesa massima al suolo

Si assumono i seguenti parametri:

<input checked="" type="checkbox"/> Ricerca per coordinate	LONGITUDINE 12.85196	LATITUDINE 42.75109	
<input type="checkbox"/> Ricerca per comune	REGIONE Umbria	PROVINCIA Perugia	COMUNE Sant'Anatolia di Narc
Vita nominale della costruzione (in anni) - $V_N$		100 info	
Classe d'uso della costruzione - $C_U$		2 info	

La struttura è interrata. Si assume: Periodo proprio  $T=0$ . Si ottiene quindi:

ag/g_orizz (T=0) = 0.446		ag/g_vert (T=0) = 0.329	
STATO LIMITE	SLV	STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.390 g	$a_{gv}$	0.329 g
$F_o$	2.382	$S_S$	1.000
$T_C$	0.352 s	$S_T$	1.000
$S_S$	1.143	$q$	1.000
$C_C$	1.482	$T_B$	0.050 s
$S_T$	1.000	$T_C$	0.150 s
$q$	1.000	$T_D$	1.000 s

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 5.1 Calcestruzzo fondazioni e elevazioni C28/35

Fase finale	$R_{ck}$	=	35.00	MPa
Resistenza a compressione cilindrica	$f_{ck}$	= $0.83 \times R_{ck}$	= 29.05	MPa
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	= $f_{ck} + 8$	= 37.05	MPa
Modulo elastico	$E_c$	= $22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	= 32588	MPa
Coefficiente parziale	$\gamma_c$	=	1.5	
Coefficiente per lunga durata	$\alpha_{cc}$	=	0.85	
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd}$	= $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c$	= 16.46	MPa
Resistenza a trazione media	$f_{ctm}$	= $0.30 \times f_{ck}^{2/3}$	= 2.83	MPa
Resistenza a trazione	$f_{ctk}$	= $0.7 \times f_{ctm}$	= 1.98	MPa
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd}$	= $f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.32	MPa
Tensione limite di esercizio (comb. Rare)	$\sigma_{cR}$	= $f_{ck} \times 0.60$	= 17.43	MPa
Tensione limite di esercizio (comb. QP)	$\sigma_{cP}$	= $f_{ck} \times 0.45$	= 13.07	MPa

### 5.2 Acciaio ordinario FeB 450C controllato in stabilimento

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk}$	=	450.00	MPa
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{tk}$	=	540.00	MPa
Coefficiente parziale di sicurezza acciaio	$\gamma_s$	=	1.15	
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd}$	= $f_{yk} / \gamma_s$	= 391.30	MPa
Tensione limite di esercizio (comb. Rare)	$\sigma_{sR}$	= $f_{yk} \times 0.75$	= 337.50	MPa
Copriferro minimo (ambiente aggr.)	$C_{nom}$	= $C_{min} + \Delta c$	= 50	mm

### 5.3 Caratteristiche del calcestruzzo ai fini della durabilità

Al fine di valutare le caratteristiche vincolanti delle miscele di calcestruzzo nei confronti della durabilità viene fatto riferimento alla norma EN 206-1 ed alla norma UNI 11104.

Di seguito viene riportata la classe di esposizione che risulta vincolante ai fini delle caratteristiche della miscela. Inoltre, sono riportati la classe di resistenza, la dimensione massima degli aggregati, la classe di consistenza ed il copriferro minimo delle armature, tenuto anche conto della Vita Nominale dell'opera  $V_N = 100$  anni:

Calcestruzzo fondazioni e elevazioni:

Classe di esposizione: XC2 per le parti a contatto con il terreno e XC3 per le restanti parti

Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35

Dimensione max aggregati: 25 mm

Classe minima di consistenza: S4

Copriferro minimo: 50 mm

### 5.4 Verifiche allo stato limite di apertura delle fessure

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature, sono suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato dalla Tab. 4.1.III delle NTC2008:

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

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

<u>Parti di elementi a contatto con il terreno</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
<u>Parti di elementi non a contatto con il terreno</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC3

Pertanto, nel caso in esame si ha:

Verifiche a fessurazione – condizioni ambientali ordinarie – armatura poco sensibile:

Combinazione di azioni frequente:  $w_k \leq w_3 = 0.4$  mm

Combinazione di azioni quasi permanente:  
 Si considera quindi un limite  $w_2 = 0.30$  mm.

$$w_k \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

### 5.5 Copriferro

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale". Il copriferro nominale è somma di due contributi, il copriferro minimo e la tolleranza di posizionamento.

Nel caso in oggetto le strutture si trovano tutte in condizioni ordinarie e si hanno i seguenti parametri:

- Classe di esposizione XC2-XC3
- Classe di resistenza caratteristica a compressione: C28/35
- Dimensione max aggregati: 25 mm
- Classe minima di consistenza: S4

Il valore del copriferro minimo è valutato secondo quanto riportato al punto C4.1.6.1.3 della Circolare n.617. Nel caso in esame la classe di esposizione ambientale è ordinaria e si pone, come da tabella C4.1.IV un copriferro minimo pari a 20 mm. La tolleranza di posizionamento è pari a 10 mm. Inoltre, data la vita nominale della struttura pari a 100 anni, come da normativa, deve aggiungersi un copriferro aggiuntivo pari a 10 mm. Si ottiene pertanto un copriferro nominale minimo pari a 40 mm. A favore di sicurezza si assume un copriferro pari a 50 mm.

**Tabella C4.1.IV Copriferri minimi in mm**

			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	
$C_{min}$	$C_o$	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
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

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per il dimensionamento e le verifiche sono state considerate le seguenti caratteristiche geotecniche prudenziali:

- Peso per unità di volume  $\gamma_t = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>
- Angolo di attrito interno  $\phi = 30,00^\circ$
- Coesione efficace  $c' = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>

Non è stata considerata la presenza della falda

## 7. DESCRIZIONE PROGRAMMA UTILIZZATO

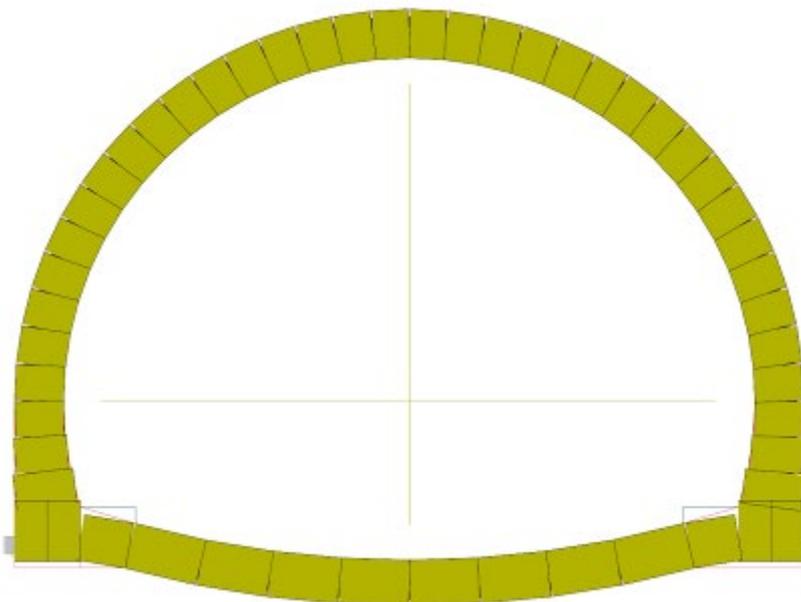
La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali. E' quindi stata considerata l'orditura a telaio bidimensionale. La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne). I vincoli sono considerati come elementi asta poggianti su suolo elastico. Le analisi strutturali condotte sono statiche in regime lineare. Il calcolo delle sollecitazioni e la verifica del cemento armato sono state svolte utilizzando il programma di calcolo DOLMEN WIN (R), versione 2020 prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F. Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato perché non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati. L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo e il confronto con calcoli di massima eseguiti manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

## 8. MODELLO DI CALCOLO GALLERIA ARTIFICIALE (A905-1)

Il manufatto è stato schematizzato in un modello ad elementi finiti di tipo "asta". Il telaio è stato vincolato mediante una serie di molle elastiche con rigidità tale da simulare un valore  $K(\text{winkler}) = 6.00 \text{ daN/cm}^3$  alla base e un valore  $K(\text{winkler}) = 3.00 \text{ daN/cm}^3$  in calotta. Si è tenuto conto della non linearità del terreno, ossia della sua incapacità di resistere a sforzi di trazione, attribuendo alle molle rigidità assiale esclusivamente nei confronti di sollecitazioni di compressione; per tale motivo la struttura è stata studiata mediante analisi statica elastica non lineare.

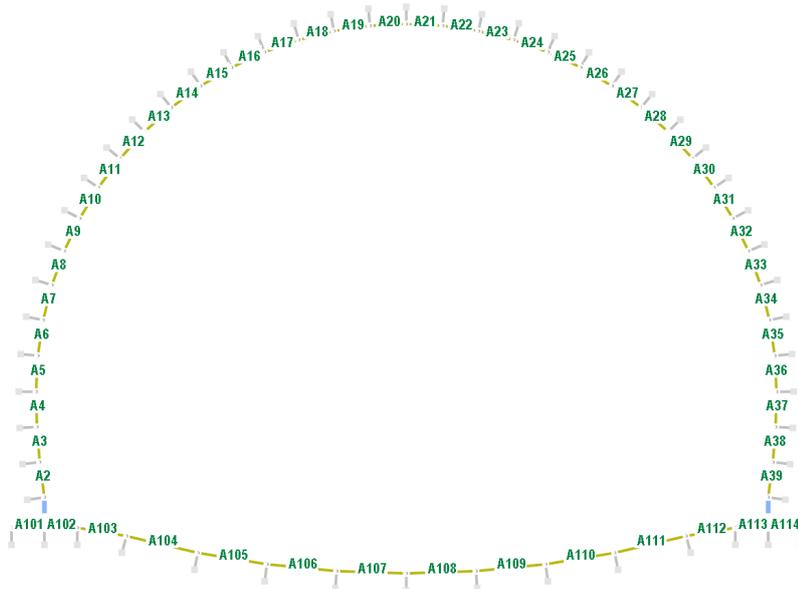
### 8.1 Grafici Delle Strutture.

#### 8.1.1 Struttura - Disegno di insieme (vista a ingombri solidi)



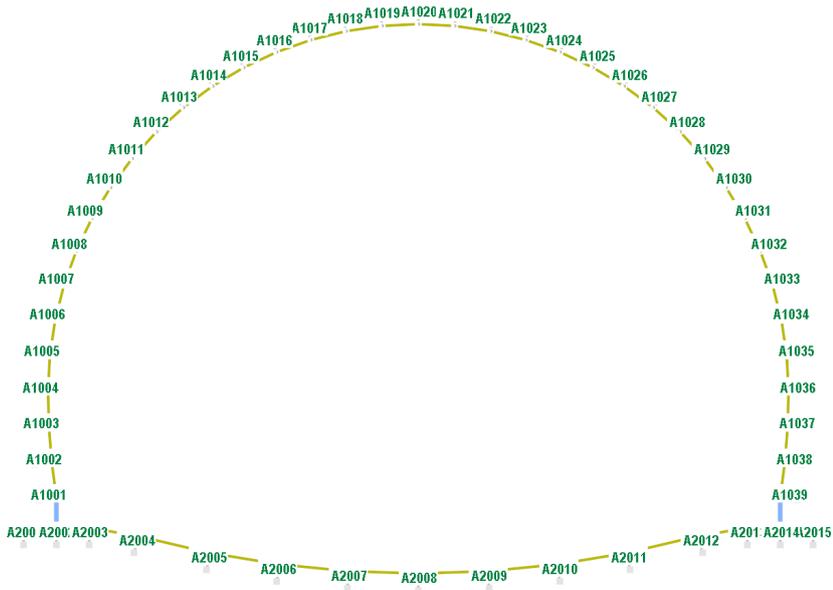
### 8.1.2 Struttura - Disegno di insieme (numerazione elementi asta)

Assonometria : 0,0



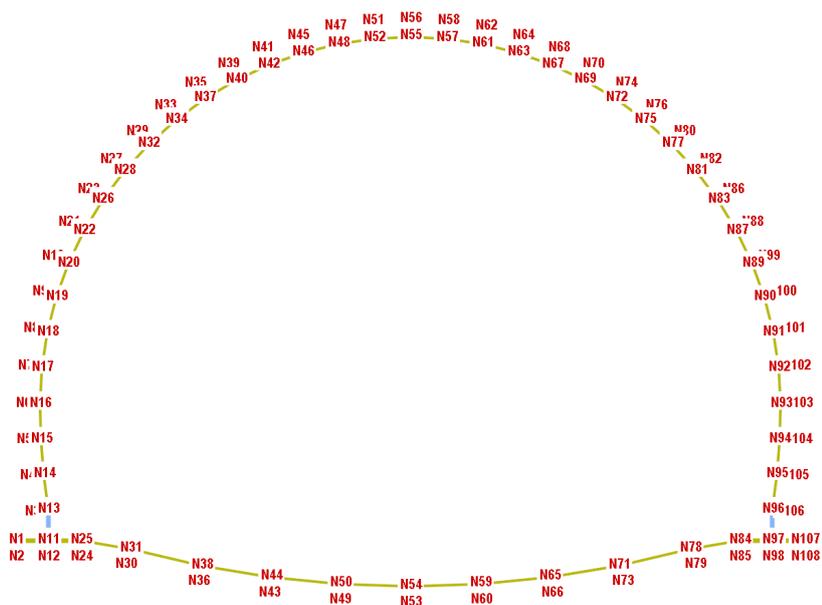
### 8.1.3 Struttura - Disegno di insieme (numerazione elementi "molla")

Assonometria : 0,0



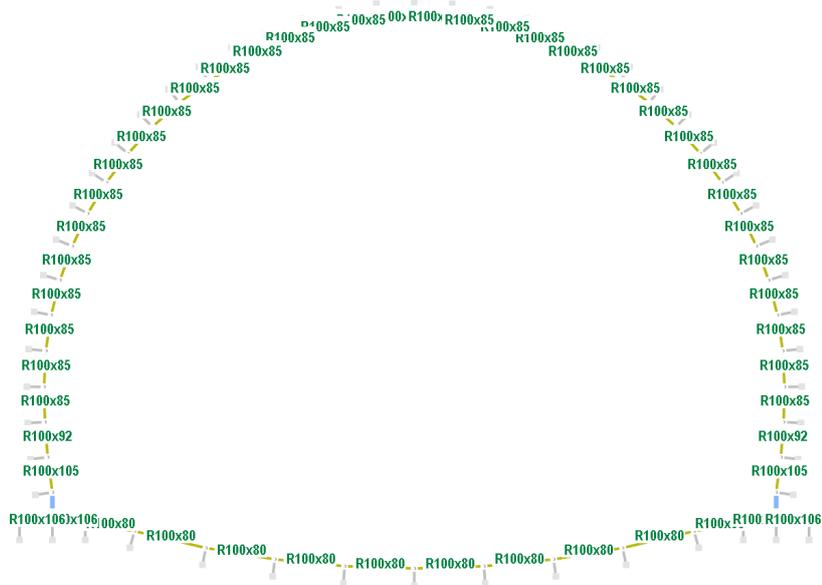
### 8.1.4 Struttura - Disegno di insieme (numerazione nodi)

Assonometria : 0,0



### 8.1.5 Struttura - Disegno di insieme (tipologie sezioni)

Assonometria : 0,0



## 8.2 Dati Di Input Struttura

Si riporta di seguito il I tabulato di input della struttura, con i dati significativi.

### 8.2.1 Geometria e condizioni di carico elementari

\*\*\* DATI STRUTTURA

Unita` di misura :  
 LUNGHEZZE : cm  
 SUPERFICI : cm<sup>2</sup>  
 DATI SEZIONALI : cm  
 ANGOLI : gradi  
 FORZE : kN  
 MOMENTI : kNm  
 CARICHI LINEARI : kN/m  
 CARICHI SUPERFIC.: kN/m<sup>2</sup>  
 TENSIONI : daN/cm<sup>2</sup>  
 PESI DI VOLUME : kN/m<sup>3</sup>  
 COEFF. DI WINKLER: daN/cm<sup>3</sup>  
 RIGIDEZZE VINCOL.: kN/cm - kNm/rad

NODI--	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	num.=
1	2172.426	0.000	737.020	108
2	2172.426	0.000	707.020	
3	2199.754	0.000	785.815	
4	2191.473	0.000	848.154	
5	2186.540	0.000	911.358	
6	2184.905	0.000	974.823	
7	2188.129	0.000	1040.431	
8	2197.813	0.000	1105.716	
9	2213.849	0.000	1169.738	
10	2236.084	0.000	1231.879	
11	2229.434	0.000	737.020	
12	2229.434	0.000	707.020	
13	2229.434	0.000	790.181	
14	2221.286	0.000	851.624	
15	2216.503	0.000	913.067	
16	2214.926	0.000	974.511	
17	2218.020	0.000	1037.487	
18	2227.272	0.000	1099.856	
19	2242.592	0.000	1161.018	
20	2263.834	0.000	1220.385	
21	2264.302	0.000	1291.542	
22	2290.792	0.000	1277.383	
23	2298.233	0.000	1348.152	
24	2286.442	0.000	707.020	
25	2286.442	0.000	737.020	
26	2323.207	0.000	1331.464	
27	2337.549	0.000	1401.163	
28	2360.767	0.000	1382.108	
29	2381.871	0.000	1450.065	
30	2363.949	0.000	693.487	
31	2371.871	0.000	722.441	
32	2403.110	0.000	1428.827	
33	2430.774	0.000	1494.388	
34	2449.829	0.000	1471.170	
35	2483.786	0.000	1533.704	
36	2489.882	0.000	663.677	
37	2500.472	0.000	1508.730	
38	2495.805	0.000	693.104	
39	2540.402	0.000	1567.621	
40	2554.554	0.000	1541.145	
41	2600.058	0.000	1595.853	
42	2611.552	0.000	1568.103	
43	2611.669	0.000	643.421	
44	2615.614	0.000	673.177	
45	2662.199	0.000	1618.088	
46	2670.918	0.000	1589.345	
47	2726.221	0.000	1634.124	
48	2732.081	0.000	1604.665	
49	2734.487	0.000	631.248	
50	2736.462	0.000	661.199	
51	2791.506	0.000	1643.808	
52	2794.450	0.000	1613.917	
53	2857.426	0.000	627.166	
54	2857.426	0.000	657.218	
55	2857.428	0.000	1617.011	
56	2857.430	0.000	1647.047	
57	2920.407	0.000	1613.917	
58	2923.351	0.000	1643.808	
59	2978.395	0.000	661.199	
60	2980.365	0.000	631.247	
61	2982.776	0.000	1604.665	
62	2988.636	0.000	1634.124	

63	3043.938	0.000	1589.345
64	3052.657	0.000	1618.088
65	3099.243	0.000	673.177
66	3103.188	0.000	643.421
67	3103.305	0.000	1568.103
68	3114.799	0.000	1595.853
69	3160.303	0.000	1541.145
70	3174.455	0.000	1567.621
71	3219.052	0.000	693.104
72	3214.384	0.000	1508.730
73	3224.975	0.000	663.677
74	3231.071	0.000	1533.704
75	3265.028	0.000	1471.170
76	3284.083	0.000	1494.388
77	3311.747	0.000	1428.827
78	3342.986	0.000	722.441
79	3350.904	0.000	693.486
80	3332.985	0.000	1450.065
81	3354.090	0.000	1382.108
82	3377.308	0.000	1401.163
83	3391.650	0.000	1331.464
84	3428.410	0.000	737.020
85	3428.410	0.000	707.020
86	3416.624	0.000	1348.152
87	3424.065	0.000	1277.383
88	3450.554	0.000	1291.542
89	3451.023	0.000	1220.385
90	3472.265	0.000	1161.018
91	3487.585	0.000	1099.856
92	3496.837	0.000	1037.487
93	3499.931	0.000	974.511
94	3498.353	0.000	913.067
95	3493.571	0.000	851.624
96	3485.422	0.000	790.181
97	3485.422	0.000	737.020
98	3485.422	0.000	707.020
99	3478.773	0.000	1231.879
100	3501.008	0.000	1169.738
101	3517.044	0.000	1105.716
102	3526.728	0.000	1040.431
103	3529.951	0.000	974.823
104	3528.317	0.000	911.358
105	3523.383	0.000	848.154
106	3515.103	0.000	785.815
107	3542.431	0.000	737.020
108	3542.431	0.000	707.020

ASTE	Nome	Proprietà	Nodo iniz.	Nodo fin.	Rilasci in.	Rilasci fin.	num. Orient.
	1	2	11	13			108 0.0
	2	4	13	14			180.0
	3	5	14	15			180.0
	4	6	15	16			180.0
	5	7	16	17			0.0
	6	8	17	18			0.0
	7	9	18	19			0.0
	8	10	19	20			0.0
	9	11	20	22			0.0
	10	12	22	26			0.0
	11	13	26	28			0.0
	12	14	28	32			0.0
	13	15	32	34			0.0
	14	16	34	37			0.0
	15	17	37	40			0.0
	16	17	40	42			0.0
	17	17	42	46			0.0
	18	17	46	48			0.0
	19	17	48	52			0.0
	20	17	52	55			0.0
	21	17	55	57			0.0
	22	17	57	61			0.0
	23	17	61	63			0.0
	24	17	63	67			0.0
	25	17	67	69			0.0
	26	17	69	72			0.0
	27	16	72	75			0.0
	28	15	75	77			0.0
	29	14	77	81			0.0
	30	13	81	83			0.0
	31	12	83	87			0.0
	32	11	87	89			0.0
	33	10	89	90			0.0
	34	9	90	91			0.0
	35	8	91	92			0.0
	36	7	92	93			0.0
	37	6	93	94			180.0
	38	5	94	95			180.0
	39	4	95	96			180.0
	40	2	96	97			0.0

101	3	1	11	0.0
102	3	11	25	0.0
103	1	25	31	0.0
104	1	31	38	0.0
105	1	38	44	0.0
106	1	44	50	0.0
107	1	50	54	0.0
108	1	54	59	0.0
109	1	59	65	0.0
110	1	65	71	0.0
111	1	71	78	0.0
112	1	78	84	0.0
113	3	84	97	0.0
114	3	97	107	0.0
1001	18	3	13 PUNT	0.0
1002	18	4	14 PUNT	0.0
1003	18	5	15 PUNT	0.0
1004	18	6	16 PUNT	0.0
1005	18	7	17 PUNT	0.0
1006	18	8	18 PUNT	0.0
1007	18	9	19 PUNT	0.0
1008	18	10	20 PUNT	0.0
1009	18	21	22 PUNT	0.0
1010	18	23	26 PUNT	0.0
1011	18	27	28 PUNT	0.0
1012	18	29	32 PUNT	0.0
1013	18	34	33 PUNT	0.0
1014	18	37	35 PUNT	0.0
1015	18	40	39 PUNT	0.0
1016	18	42	41 PUNT	0.0
1017	18	46	45 PUNT	0.0
1018	18	48	47 PUNT	0.0
1019	18	52	51 PUNT	0.0
1020	18	55	56 PUNT	0.0
1021	18	57	58 PUNT	0.0
1022	18	61	62 PUNT	0.0
1023	18	63	64 PUNT	0.0
1024	18	67	68 PUNT	0.0
1025	18	69	70 PUNT	0.0
1026	18	72	74 PUNT	0.0
1027	18	75	76 PUNT	0.0
1028	18	77	80 PUNT	0.0
1029	18	81	82 PUNT	0.0
1030	18	83	86 PUNT	0.0
1031	18	87	88 PUNT	0.0
1032	18	89	99 PUNT	0.0
1033	18	90	100 PUNT	0.0
1034	18	91	101 PUNT	0.0
1035	18	92	102 PUNT	0.0
1036	18	93	103 PUNT	0.0
1037	18	94	104 PUNT	0.0
1038	18	95	105 PUNT	0.0
1039	18	96	106 PUNT	0.0
2001	18	2	1 PUNT	0.0
2002	19	12	11 PUNT	0.0
2003	21	24	25 PUNT	0.0
2004	22	30	31 PUNT	0.0
2005	20	36	38 PUNT	0.0
2006	20	43	44 PUNT	0.0
2007	20	49	50 PUNT	0.0
2008	20	53	54 PUNT	0.0
2009	20	60	59 PUNT	0.0
2010	20	66	65 PUNT	0.0
2011	20	73	71 PUNT	0.0
2012	22	79	78 PUNT	0.0
2013	21	85	84 PUNT	0.0
2014	19	98	97 PUNT	0.0
2015	18	108	107 PUNT	0.0

PROPRIETA`	ASTE	Base	Altezza	Area	Area tag. Y	Area tag. Z	num.=
Nome	Materiale	Kw vertic.	Kw orizz.	J tors.	J fless. Y	J fless. Z	
1	1	100.00	80.00	8.00000E+03	6.66667E+03	6.66667E+03	22
		3.000000	3.000000	8.75856E+06	6.66667E+06	4.26667E+06	
2	4	2.00	2.00	4.00000E+00	3.33333E+00	3.33333E+00	
		0.000000	0.000000	2.25330E+00	1.33333E+00	1.33333E+00	
3	1	100.00	106.00	1.06000E+04	8.83333E+03	8.83333E+03	
		3.000000	3.000000	1.57193E+07	8.83333E+06	9.92513E+06	
4	1	100.00	105.00	1.05000E+04	8.75000E+03	8.75000E+03	
		0.000000	0.000000	1.54395E+07	8.75000E+06	9.64688E+06	
5	1	100.00	92.00	9.20000E+03	7.66667E+03	7.66667E+03	
		0.000000	0.000000	1.18100E+07	7.66667E+06	6.48907E+06	
6	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03	
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06	
7	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03	
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06	
8	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03	
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06	
9	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03	

10	1	0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
		100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
11	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
12	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
13	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
14	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
15	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
16	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
17	1	100.00	85.00	8.50000E+03	7.08333E+03	7.08333E+03
		0.000000	0.000000	9.98543E+06	7.08333E+06	5.11771E+06
18	3	35.00	35.00	9.62113E+02	8.65901E+02	8.65901E+02
		0.000000	0.000000	1.47324E+05	7.36618E+04	7.36618E+04
19	3	50.00	50.00	1.96350E+03	1.76715E+03	1.76715E+03
		0.000000	0.000000	6.13592E+05	3.06796E+05	3.06796E+05
20	3	75.00	75.00	4.41786E+03	3.97608E+03	3.97608E+03
		0.000000	0.000000	3.10631E+06	1.55316E+06	1.55316E+06
21	3	55.00	55.00	2.37583E+03	2.13825E+03	2.13825E+03
		0.000000	0.000000	8.98361E+05	4.49180E+05	4.49180E+05
22	3	70.00	70.00	3.84845E+03	3.46361E+03	3.46361E+03
		0.000000	0.000000	2.35718E+06	1.17859E+06	1.17859E+06

MATERIALI----- ----- ----- ----- ----- num.= 3					
Nome Mod. elast.	Coeff. nu	Mod. tang.	Peso spec.	Dil. te.	
1 3.00000E+05	1.50000E-01	1.30000E+05	2.50000E+01	1.00000E-05	
3 5.00000E+02	2.50000E-01	2.00000E+02	0.00000E+00	0.00000E+00	
4 3.00000E+05	1.50000E-01	1.30000E+05	0.00000E+00	1.00000E-05	

VINCOLI----- ----- ----- ----- ----- num.= 54						
Nodo	Rigid. X	Rigid. Y	Rigid. Z	Rigid. RX	Rigid. RY	Rigid. RZ
56	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
51	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
47	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
45	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
41	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
39	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
35	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
33	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
29	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
27	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
23	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
21	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
10	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
9	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
8	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
7	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
6	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
5	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
4	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
3	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
53	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
106	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
103	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
105	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
104	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
102	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
101	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
100	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
99	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
88	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
86	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
82	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
80	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
76	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
74	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
70	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
68	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
64	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
62	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
58	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
30	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
79	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
73	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
66	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
60	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
49	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
43	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
36	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
2	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
12	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
24	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
85	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato
108	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato	bloccato

98    bloccato    bloccato    bloccato    bloccato    bloccato    bloccato

CARICHI DI LINEA |-----|-----|-----|-----|num.=    0  
 Nome    numero coordinata    Intensità  
           inizio    fine    Cond. Direz.    inizio    fine    Descrizione

CONDIZIONI DI CARICO-----|-----|-----|-----|num.=    25

Nome						
1	Peso_proprio_____	N. carichi:	54			
2	Terr_Perm_est	N. carichi:	32			
3	Terr_Perm_int	N. carichi:	10			
4	Spinte_terreno_sx	N. carichi:	27			
5	Spinte_terreno_dx	N. carichi:	27			
6	Spinte_Acqua	N. carichi:	0			
7	D_sp_sism_terr_+x	N. carichi:	27			
8	D_sp_sism_acqua+x	N. carichi:	0			
9	D_sp_sism_terr_-x	N. carichi:	27			
10	D_sp_sism_acqua_-x	N. carichi:	0			
11	Sisma_+x	N. carichi:	54			
12	Sisma_-x	N. carichi:	54			
13	Sisma_+z	N. carichi:	54			
14	Sisma_-z	N. carichi:	54			
15	Vuota	N. carichi:	0			
16	Vuota	N. carichi:	0			
17	Vuota	N. carichi:	0			
18	Vuota	N. carichi:	0			
19	Vuota	N. carichi:	0			
20	Vuota	N. carichi:	0			
21	Caso_1	N. carichi:	150			
22	Caso_2	N. carichi:	231			
23	Caso_3	N. carichi:	231			
24	Caso_4	N. carichi:	204			
25	Caso_5	N. carichi:	204			

RISULTANTI DEI CARICHI (punto di applicazione nell'origine degli assi):

cond.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	0.000000E+00	0.000000E+00	-8.073745E+02	0.000000E+00	2.307015E+04	0.000000E+00
2	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.750175E+03	0.000000E+00	5.001000E+04	0.000000E+00
3	0.000000E+00	0.000000E+00	-3.211122E+02	0.000000E+00	9.175545E+03	0.000000E+00
4	9.817581E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.042691E+04	0.000000E+00
5	-8.332901E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	-9.293458E+03	0.000000E+00
6	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
7	8.215828E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	9.342337E+03	0.000000E+00
8	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
9	-7.305712E+02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	-8.647372E+03	0.000000E+00
10	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
11	1.283883E+03	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.617263E+04	0.000000E+00
12	-1.283883E+03	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	-1.617263E+04	0.000000E+00
13	0.000000E+00	0.000000E+00	9.470796E+02	0.000000E+00	-2.706532E+04	0.000000E+00
14	0.000000E+00	0.000000E+00	-9.470796E+02	0.000000E+00	2.706532E+04	0.000000E+00
15	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
16	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
17	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
18	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
19	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
20	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
21	1.484680E+02	0.000000E+00	-2.878662E+03	0.000000E+00	8.338915E+04	0.000000E+00
22	2.253933E+03	0.000000E+00	-2.878662E+03	0.000000E+00	1.089041E+05	0.000000E+00
23	-1.865986E+03	0.000000E+00	-2.878662E+03	0.000000E+00	5.856915E+04	0.000000E+00
24	1.484680E+02	0.000000E+00	-1.931582E+03	0.000000E+00	5.632383E+04	0.000000E+00
25	1.484680E+02	0.000000E+00	-3.825741E+03	0.000000E+00	1.104545E+05	0.000000E+00

## 8.2.2 Condizioni di carico elementari

### 8.2.2.1 001) Peso\_proprio

Il peso proprio è calcolato in automatico dal software in funzione dei pesi di volume inseriti nel database ( $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ ) e alla reale geometria degli elementi.

La risultante  $F_z$  è pari a -808 kN

54 pesi propri aste

### 8.2.2.2 002) Terr\_Perm\_est

Si considera il ricoprimento del terreno con  $\gamma$  pari a  $20 \text{ kN/m}^3$  sulle aste di calotta. Il carico è inserito in automatico dal software in funzione delle altezze.

La risultante  $F_z$  è pari a -1750 kN

32 carichi sulle aste  
32 tipo n. 005) Linearm. variab. z proiez. -237.00 -> -108.50 kN/m Sovr\_est\_2\_20\_kN\_m3

### 8.2.2.3 003) Terr\_Perm\_int

Si considera il carico del terreno interno alla galleria con  $\gamma$  pari a  $20 \text{ kN/m}^3$  sulle aste dell'arco rovescio. Il carico è inserito in automatico dal software in funzione delle altezze.

La risultante  $F_z$  è pari a -321 kN

10 carichi sulle aste  
10 tipo n. 002) Linearm. variab. z proiez. -33.00 -> -20.00 kN/m Sovr\_int\_20\_kN\_m3

### 8.2.2.4 004) Spinte\_terreno\_sx

Si considera il carico del terreno in condizioni  $k_0$  da sinistra (in direzione +x). Il carico è inserito in automatico dal software in funzione delle altezze. Il dettaglio delle spinte è riportato in apposito paragrafo seguente.

La risultante  $F_x$  è pari a +981 kN

27 carichi sulle aste  
27 tipo n. 001) Linearm. variab. x proiez. 216.00 -> 0.00 kN/m Sp\_terr\_sx\_1

### 8.2.2.5 005) Spinte\_terreno\_dx

Si considera il carico del terreno in condizioni  $k_0$  da destra (in direzione -x). Il carico è inserito in automatico dal software in funzione delle altezze. Il dettaglio delle spinte è riportato in apposito paragrafo seguente.

La risultante  $F_x$  è pari a -981 kN

27 carichi sulle aste  
27 tipo n. 003) Linearm. variab. x proiez. -216.00 -> 0.00 kN/m Sp\_terr\_dx\_1

### 8.2.2.6 006) Spinte\_Acqua

Non è presente il carico della falda.

### 8.2.2.7 007) D\_sp\_sism\_terr\_+x

Si considera la sovrappinta sismica del terreno secondo Wood ( $sp = ag/g * \gamma * H$ ) da sinistra (in direzione +x). Il carico è inserito in automatico dal software in funzione delle altezze. Il dettaglio delle spinte è riportato in apposito paragrafo seguente.

La risultante  $F_x$  è pari a +821 kN

27 carichi sulle aste  
27 tipo n. 004) Linearm. variab. x proiez. 85.60 -> 85.60 kN/m D\_Sp\_sism\_terr\_sx

### 8.2.2.8 008) D\_sp\_sism\_acqua\_+x

Non è presente sovrappinta sismica della falda

### 8.2.2.9 009) D\_sp\_sism\_terr\_-x

Si considera la sovraspinta sismica del terreno secondo Wood ( $sp = ag/g * \gamma * H$ ) da destra (in direzione -x). Il carico è inserito in automatico dal software in funzione delle altezze. Il dettaglio delle spinte è riportato in apposito paragrafo seguente.

La risultante Fx è pari a -821 kN

27 carichi sulle aste  
 27 tipo n. 006) Linearm. variab. x proiez. -85.60 -> -85.60 kN/m D\_sp\_sism\_terr\_dx

### 8.2.2.10 010) D\_sp\_sism\_acqua\_-x

Non è presente sovraspinta sismica della falda

### 8.2.2.11 011) Sisma\_+x

Si considera l'azione del sisma orizzontale sulla struttura mediante l'applicazione del coefficiente sismico orizzontale  $ag/g_{orizz}$  (T=0) sulle condizioni 1,2 e 3

La risultante Fx è pari a +1284 kN

54 carichi ai nodi

1	tipo n. 217)	Forza	X	1.02 kN	sisma_01_sis_1
1	tipo n. 218)	Forza	X	6.54 kN	sisma_01_sis_2
1	tipo n. 219)	Forza	X	3.62 kN	sisma_01_sis_3
1	tipo n. 220)	Forza	X	6.79 kN	sisma_01_sis_4
1	tipo n. 221)	Forza	X	6.08 kN	sisma_01_sis_5
1	tipo n. 222)	Forza	X	7.51 kN	sisma_01_sis_6
1	tipo n. 223)	Forza	X	12.10 kN	sisma_01_sis_7
1	tipo n. 224)	Forza	X	17.53 kN	sisma_01_sis_8
1	tipo n. 225)	Forza	X	22.20 kN	sisma_01_sis_9
1	tipo n. 226)	Forza	X	26.11 kN	sisma_01_sis_10
1	tipo n. 227)	Forza	X	29.29 kN	sisma_01_sis_11
1	tipo n. 228)	Forza	X	13.11 kN	sisma_01_sis_12
1	tipo n. 229)	Forza	X	31.79 kN	sisma_01_sis_13
1	tipo n. 230)	Forza	X	33.67 kN	sisma_01_sis_14
1	tipo n. 231)	Forza	X	20.36 kN	sisma_01_sis_15
1	tipo n. 232)	Forza	X	35.00 kN	sisma_01_sis_16
1	tipo n. 233)	Forza	X	35.88 kN	sisma_01_sis_17
1	tipo n. 234)	Forza	X	36.40 kN	sisma_01_sis_18
1	tipo n. 235)	Forza	X	26.02 kN	sisma_01_sis_19
1	tipo n. 236)	Forza	X	36.65 kN	sisma_01_sis_20
1	tipo n. 237)	Forza	X	36.71 kN	sisma_01_sis_21
1	tipo n. 238)	Forza	X	27.04 kN	sisma_01_sis_22
1	tipo n. 239)	Forza	X	36.68 kN	sisma_01_sis_23
1	tipo n. 240)	Forza	X	36.60 kN	sisma_01_sis_24
1	tipo n. 241)	Forza	X	28.26 kN	sisma_01_sis_25
1	tipo n. 242)	Forza	X	36.53 kN	sisma_01_sis_26
1	tipo n. 243)	Forza	X	28.58 kN	sisma_01_sis_27
1	tipo n. 244)	Forza	X	36.30 kN	sisma_01_sis_28
1	tipo n. 245)	Forza	X	36.53 kN	sisma_01_sis_29
1	tipo n. 246)	Forza	X	28.26 kN	sisma_01_sis_30
1	tipo n. 247)	Forza	X	36.60 kN	sisma_01_sis_31
1	tipo n. 248)	Forza	X	36.68 kN	sisma_01_sis_32
1	tipo n. 249)	Forza	X	27.04 kN	sisma_01_sis_33
1	tipo n. 250)	Forza	X	36.71 kN	sisma_01_sis_34
1	tipo n. 251)	Forza	X	36.65 kN	sisma_01_sis_35
1	tipo n. 252)	Forza	X	26.03 kN	sisma_01_sis_36
1	tipo n. 253)	Forza	X	36.40 kN	sisma_01_sis_37
1	tipo n. 254)	Forza	X	35.88 kN	sisma_01_sis_38
1	tipo n. 255)	Forza	X	35.00 kN	sisma_01_sis_39
1	tipo n. 256)	Forza	X	20.39 kN	sisma_01_sis_40
1	tipo n. 257)	Forza	X	33.67 kN	sisma_01_sis_41
1	tipo n. 258)	Forza	X	31.79 kN	sisma_01_sis_42
1	tipo n. 259)	Forza	X	9.20 kN	sisma_01_sis_43
1	tipo n. 260)	Forza	X	29.29 kN	sisma_01_sis_44
1	tipo n. 261)	Forza	X	26.11 kN	sisma_01_sis_45
1	tipo n. 262)	Forza	X	22.20 kN	sisma_01_sis_46
1	tipo n. 263)	Forza	X	17.53 kN	sisma_01_sis_47
1	tipo n. 264)	Forza	X	12.10 kN	sisma_01_sis_48
1	tipo n. 265)	Forza	X	7.51 kN	sisma_01_sis_49
1	tipo n. 266)	Forza	X	6.07 kN	sisma_01_sis_50
1	tipo n. 267)	Forza	X	6.76 kN	sisma_01_sis_51
1	tipo n. 268)	Forza	X	3.65 kN	sisma_01_sis_52
1	tipo n. 269)	Forza	X	6.62 kN	sisma_01_sis_53
1	tipo n. 270)	Forza	X	4.81 kN	sisma_01_sis_54

### 8.2.2.12 012) Sisma\_-x

Si considera l'azione del sisma orizzontale sulla struttura mediante l'applicazione del coefficiente sismico orizzontale  $ag/g_{orizz}$  (T=0) sulle condizioni 1,2 e 3

La risultante Fx è pari a -1284 kN

54 carichi ai nodi

1	tipo n. 271)	Forza	X	-1.02 kN	sisma_01_sis_55
1	tipo n. 272)	Forza	X	-6.54 kN	sisma_01_sis_56
1	tipo n. 273)	Forza	X	-3.62 kN	sisma_01_sis_57
1	tipo n. 274)	Forza	X	-6.79 kN	sisma_01_sis_58
1	tipo n. 275)	Forza	X	-6.08 kN	sisma_01_sis_59
1	tipo n. 276)	Forza	X	-7.51 kN	sisma_01_sis_60
1	tipo n. 277)	Forza	X	-12.10 kN	sisma_01_sis_61
1	tipo n. 278)	Forza	X	-17.53 kN	sisma_01_sis_62
1	tipo n. 279)	Forza	X	-22.20 kN	sisma_01_sis_63
1	tipo n. 280)	Forza	X	-26.11 kN	sisma_01_sis_64
1	tipo n. 281)	Forza	X	-29.29 kN	sisma_01_sis_65
1	tipo n. 282)	Forza	X	-13.11 kN	sisma_01_sis_66
1	tipo n. 283)	Forza	X	-31.79 kN	sisma_01_sis_67
1	tipo n. 284)	Forza	X	-33.67 kN	sisma_01_sis_68
1	tipo n. 285)	Forza	X	-20.36 kN	sisma_01_sis_69
1	tipo n. 286)	Forza	X	-35.00 kN	sisma_01_sis_70
1	tipo n. 287)	Forza	X	-35.88 kN	sisma_01_sis_71
1	tipo n. 288)	Forza	X	-36.40 kN	sisma_01_sis_72
1	tipo n. 289)	Forza	X	-26.02 kN	sisma_01_sis_73
1	tipo n. 290)	Forza	X	-36.65 kN	sisma_01_sis_74
1	tipo n. 291)	Forza	X	-36.71 kN	sisma_01_sis_75
1	tipo n. 292)	Forza	X	-27.04 kN	sisma_01_sis_76
1	tipo n. 293)	Forza	X	-36.68 kN	sisma_01_sis_77
1	tipo n. 294)	Forza	X	-36.60 kN	sisma_01_sis_78
1	tipo n. 295)	Forza	X	-28.26 kN	sisma_01_sis_79
1	tipo n. 296)	Forza	X	-36.53 kN	sisma_01_sis_80
1	tipo n. 297)	Forza	X	-28.58 kN	sisma_01_sis_81
1	tipo n. 298)	Forza	X	-36.30 kN	sisma_01_sis_82
1	tipo n. 299)	Forza	X	-36.53 kN	sisma_01_sis_83
1	tipo n. 300)	Forza	X	-28.26 kN	sisma_01_sis_84
1	tipo n. 301)	Forza	X	-36.60 kN	sisma_01_sis_85
1	tipo n. 302)	Forza	X	-36.68 kN	sisma_01_sis_86
1	tipo n. 303)	Forza	X	-27.04 kN	sisma_01_sis_87
1	tipo n. 304)	Forza	X	-36.71 kN	sisma_01_sis_88
1	tipo n. 305)	Forza	X	-36.65 kN	sisma_01_sis_89
1	tipo n. 306)	Forza	X	-26.03 kN	sisma_01_sis_90
1	tipo n. 307)	Forza	X	-36.40 kN	sisma_01_sis_91
1	tipo n. 308)	Forza	X	-35.88 kN	sisma_01_sis_92
1	tipo n. 309)	Forza	X	-35.00 kN	sisma_01_sis_93
1	tipo n. 310)	Forza	X	-20.39 kN	sisma_01_sis_94
1	tipo n. 311)	Forza	X	-33.67 kN	sisma_01_sis_95
1	tipo n. 312)	Forza	X	-31.79 kN	sisma_01_sis_96
1	tipo n. 313)	Forza	X	-9.20 kN	sisma_01_sis_97
1	tipo n. 314)	Forza	X	-29.29 kN	sisma_01_sis_98
1	tipo n. 315)	Forza	X	-26.11 kN	sisma_01_sis_99
1	tipo n. 316)	Forza	X	-22.20 kN	sisma_01_sis_100
1	tipo n. 317)	Forza	X	-17.53 kN	sisma_01_sis_101
1	tipo n. 318)	Forza	X	-12.10 kN	sisma_01_sis_102
1	tipo n. 319)	Forza	X	-7.51 kN	sisma_01_sis_103
1	tipo n. 320)	Forza	X	-6.07 kN	sisma_01_sis_104
1	tipo n. 321)	Forza	X	-6.76 kN	sisma_01_sis_105
1	tipo n. 322)	Forza	X	-3.65 kN	sisma_01_sis_106
1	tipo n. 323)	Forza	X	-6.62 kN	sisma_01_sis_107
1	tipo n. 324)	Forza	X	-4.81 kN	sisma_01_sis_108

### 8.2.2.13 013) Sisma\_+z

Si considera l'azione del sisma orizzontale sulla struttura mediante l'applicazione del coefficiente sismico orizzontale  $ag/g_{vert}$  ( $T=0$ ) sulle condizioni 1,2 e 3

La risultante  $F_z$  è pari a +947 kN

54 carichi ai nodi

1	tipo n. 325)	Forza	Z	0.75 kN	sisma_01_sis_109
1	tipo n. 326)	Forza	Z	4.83 kN	sisma_01_sis_110
1	tipo n. 327)	Forza	Z	2.67 kN	sisma_01_sis_111
1	tipo n. 328)	Forza	Z	5.01 kN	sisma_01_sis_112
1	tipo n. 329)	Forza	Z	4.48 kN	sisma_01_sis_113
1	tipo n. 330)	Forza	Z	5.54 kN	sisma_01_sis_114
1	tipo n. 331)	Forza	Z	8.93 kN	sisma_01_sis_115
1	tipo n. 332)	Forza	Z	12.93 kN	sisma_01_sis_116
1	tipo n. 333)	Forza	Z	16.38 kN	sisma_01_sis_117
1	tipo n. 334)	Forza	Z	19.26 kN	sisma_01_sis_118
1	tipo n. 335)	Forza	Z	21.61 kN	sisma_01_sis_119
1	tipo n. 336)	Forza	Z	9.67 kN	sisma_01_sis_120
1	tipo n. 337)	Forza	Z	23.45 kN	sisma_01_sis_121
1	tipo n. 338)	Forza	Z	24.84 kN	sisma_01_sis_122
1	tipo n. 339)	Forza	Z	15.02 kN	sisma_01_sis_123
1	tipo n. 340)	Forza	Z	25.82 kN	sisma_01_sis_124
1	tipo n. 341)	Forza	Z	26.47 kN	sisma_01_sis_125
1	tipo n. 342)	Forza	Z	26.85 kN	sisma_01_sis_126
1	tipo n. 343)	Forza	Z	19.20 kN	sisma_01_sis_127
1	tipo n. 344)	Forza	Z	27.03 kN	sisma_01_sis_128
1	tipo n. 345)	Forza	Z	27.08 kN	sisma_01_sis_129
1	tipo n. 346)	Forza	Z	19.94 kN	sisma_01_sis_130
1	tipo n. 347)	Forza	Z	27.06 kN	sisma_01_sis_131

1	tipo n.	348)	Forza	Z	27.00	kN	sisma_01_sis_132
1	tipo n.	349)	Forza	Z	20.85	kN	sisma_01_sis_133
1	tipo n.	350)	Forza	Z	26.95	kN	sisma_01_sis_134
1	tipo n.	351)	Forza	Z	21.08	kN	sisma_01_sis_135
1	tipo n.	352)	Forza	Z	26.78	kN	sisma_01_sis_136
1	tipo n.	353)	Forza	Z	26.95	kN	sisma_01_sis_137
1	tipo n.	354)	Forza	Z	20.85	kN	sisma_01_sis_138
1	tipo n.	355)	Forza	Z	27.00	kN	sisma_01_sis_139
1	tipo n.	356)	Forza	Z	27.06	kN	sisma_01_sis_140
1	tipo n.	357)	Forza	Z	19.94	kN	sisma_01_sis_141
1	tipo n.	358)	Forza	Z	27.08	kN	sisma_01_sis_142
1	tipo n.	359)	Forza	Z	27.03	kN	sisma_01_sis_143
1	tipo n.	360)	Forza	Z	19.20	kN	sisma_01_sis_144
1	tipo n.	361)	Forza	Z	26.85	kN	sisma_01_sis_145
1	tipo n.	362)	Forza	Z	26.47	kN	sisma_01_sis_146
1	tipo n.	363)	Forza	Z	25.82	kN	sisma_01_sis_147
1	tipo n.	364)	Forza	Z	15.04	kN	sisma_01_sis_148
1	tipo n.	365)	Forza	Z	24.84	kN	sisma_01_sis_149
1	tipo n.	366)	Forza	Z	23.45	kN	sisma_01_sis_150
1	tipo n.	367)	Forza	Z	6.79	kN	sisma_01_sis_151
1	tipo n.	368)	Forza	Z	21.61	kN	sisma_01_sis_152
1	tipo n.	369)	Forza	Z	19.26	kN	sisma_01_sis_153
1	tipo n.	370)	Forza	Z	16.38	kN	sisma_01_sis_154
1	tipo n.	371)	Forza	Z	12.93	kN	sisma_01_sis_155
1	tipo n.	372)	Forza	Z	8.93	kN	sisma_01_sis_156
1	tipo n.	373)	Forza	Z	5.54	kN	sisma_01_sis_157
1	tipo n.	374)	Forza	Z	4.48	kN	sisma_01_sis_158
1	tipo n.	375)	Forza	Z	4.99	kN	sisma_01_sis_159
1	tipo n.	376)	Forza	Z	2.69	kN	sisma_01_sis_160
1	tipo n.	377)	Forza	Z	4.88	kN	sisma_01_sis_161
1	tipo n.	378)	Forza	Z	3.55	kN	sisma_01_sis_162

### 8.2.2.14 014) Sisma\_-z

Si considera l'azione del sisma orizzontale sulla struttura mediante l'applicazione del coefficiente sismico orizzontale ag/g\_vert (T=0) sulle condizioni 1,2 e 3

La risultante Fz è pari a -947 kN

54 carichi ai nodi

1	tipo n.	379)	Forza	Z	-0.75	kN	sisma_01_sis_163
1	tipo n.	380)	Forza	Z	-4.83	kN	sisma_01_sis_164
1	tipo n.	381)	Forza	Z	-2.67	kN	sisma_01_sis_165
1	tipo n.	382)	Forza	Z	-5.01	kN	sisma_01_sis_166
1	tipo n.	383)	Forza	Z	-4.48	kN	sisma_01_sis_167
1	tipo n.	384)	Forza	Z	-5.54	kN	sisma_01_sis_168
1	tipo n.	385)	Forza	Z	-8.93	kN	sisma_01_sis_169
1	tipo n.	386)	Forza	Z	-12.93	kN	sisma_01_sis_170
1	tipo n.	387)	Forza	Z	-16.38	kN	sisma_01_sis_171
1	tipo n.	388)	Forza	Z	-19.26	kN	sisma_01_sis_172
1	tipo n.	389)	Forza	Z	-21.61	kN	sisma_01_sis_173
1	tipo n.	390)	Forza	Z	-9.67	kN	sisma_01_sis_174
1	tipo n.	391)	Forza	Z	-23.45	kN	sisma_01_sis_175
1	tipo n.	392)	Forza	Z	-24.84	kN	sisma_01_sis_176
1	tipo n.	393)	Forza	Z	-15.02	kN	sisma_01_sis_177
1	tipo n.	394)	Forza	Z	-25.82	kN	sisma_01_sis_178
1	tipo n.	395)	Forza	Z	-26.47	kN	sisma_01_sis_179
1	tipo n.	396)	Forza	Z	-26.85	kN	sisma_01_sis_180
1	tipo n.	397)	Forza	Z	-19.20	kN	sisma_01_sis_181
1	tipo n.	398)	Forza	Z	-27.03	kN	sisma_01_sis_182
1	tipo n.	399)	Forza	Z	-27.08	kN	sisma_01_sis_183
1	tipo n.	400)	Forza	Z	-19.94	kN	sisma_01_sis_184
1	tipo n.	401)	Forza	Z	-27.06	kN	sisma_01_sis_185
1	tipo n.	402)	Forza	Z	-27.00	kN	sisma_01_sis_186
1	tipo n.	403)	Forza	Z	-20.85	kN	sisma_01_sis_187
1	tipo n.	404)	Forza	Z	-26.95	kN	sisma_01_sis_188
1	tipo n.	405)	Forza	Z	-21.08	kN	sisma_01_sis_189
1	tipo n.	406)	Forza	Z	-26.78	kN	sisma_01_sis_190
1	tipo n.	407)	Forza	Z	-26.95	kN	sisma_01_sis_191
1	tipo n.	408)	Forza	Z	-20.85	kN	sisma_01_sis_192
1	tipo n.	409)	Forza	Z	-27.00	kN	sisma_01_sis_193
1	tipo n.	410)	Forza	Z	-27.06	kN	sisma_01_sis_194
1	tipo n.	411)	Forza	Z	-19.94	kN	sisma_01_sis_195
1	tipo n.	412)	Forza	Z	-27.08	kN	sisma_01_sis_196
1	tipo n.	413)	Forza	Z	-27.03	kN	sisma_01_sis_197
1	tipo n.	414)	Forza	Z	-19.20	kN	sisma_01_sis_198
1	tipo n.	415)	Forza	Z	-26.85	kN	sisma_01_sis_199
1	tipo n.	416)	Forza	Z	-26.47	kN	sisma_01_sis_200
1	tipo n.	417)	Forza	Z	-25.82	kN	sisma_01_sis_201
1	tipo n.	418)	Forza	Z	-15.04	kN	sisma_01_sis_202
1	tipo n.	419)	Forza	Z	-24.84	kN	sisma_01_sis_203
1	tipo n.	420)	Forza	Z	-23.45	kN	sisma_01_sis_204
1	tipo n.	421)	Forza	Z	-6.79	kN	sisma_01_sis_205
1	tipo n.	422)	Forza	Z	-21.61	kN	sisma_01_sis_206
1	tipo n.	423)	Forza	Z	-19.26	kN	sisma_01_sis_207
1	tipo n.	424)	Forza	Z	-16.38	kN	sisma_01_sis_208
1	tipo n.	425)	Forza	Z	-12.93	kN	sisma_01_sis_209
1	tipo n.	426)	Forza	Z	-8.93	kN	sisma_01_sis_210

1	tipo n. 427)	Forza	Z	-5.54 kN	sisma_01_sis_211
1	tipo n. 428)	Forza	Z	-4.48 kN	sisma_01_sis_212
1	tipo n. 429)	Forza	Z	-4.99 kN	sisma_01_sis_213
1	tipo n. 430)	Forza	Z	-2.69 kN	sisma_01_sis_214
1	tipo n. 431)	Forza	Z	-4.88 kN	sisma_01_sis_215
1	tipo n. 432)	Forza	Z	-3.55 kN	sisma_01_sis_216

#### 8.2.2.15 021) Caso\_1

In questo caso (statico) si sommano le condizioni 1+2+3+4+5+6. La somma delle condizioni, a monte del calcolo, è necessaria per tener conto della non linearità del calcolo (esclusione molle reagenti a trazione)

#### 8.2.2.16 022) Caso\_2

In questo caso (sisma +x) si sommano le condizioni 1+2+3+4+5+6+7+8+11. La somma delle condizioni, a monte del calcolo, è necessaria per tener conto della non linearità del calcolo (esclusione molle reagenti a trazione)

#### 8.2.2.17 023) Caso\_3

In questo caso (sisma .x) si sommano le condizioni 1+2+3+4+5+6+9+10+12. La somma delle condizioni, a monte del calcolo, è necessaria per tener conto della non linearità del calcolo (esclusione molle reagenti a trazione)

#### 8.2.2.18 024) Caso\_4

In questo caso (sisma +z) si sommano le condizioni 1+2+3+4+5+6+13. La somma delle condizioni, a monte del calcolo, è necessaria per tener conto della non linearità del calcolo (esclusione molle reagenti a trazione)

#### 8.2.2.19 025) Caso\_5

In questo caso (sisma -z) si sommano le condizioni 1+2+3+4+5+6+14. La somma delle condizioni, a monte del calcolo, è necessaria per tener conto della non linearità del calcolo (esclusione molle reagenti a trazione)

### 8.2.2.20 Dettaglio calcolo spinte statiche

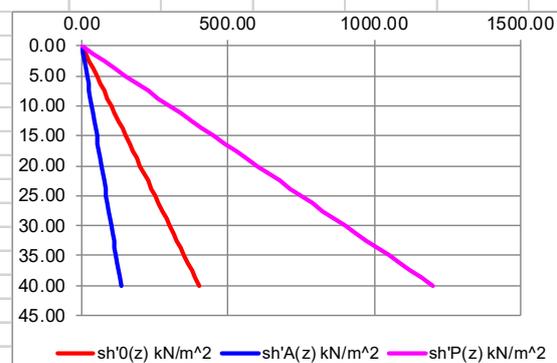
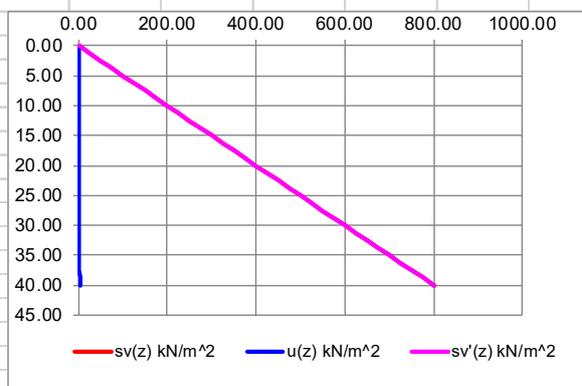
Si riporta il tabulato di calcolo delle spinte, poi inserite nel modello di calcolo

Spinte di Rankine					
z in =	profondita' iniziale dello strato				
z fi=	profondita' finale dello strato				
g=	peso specifico del terreno dello strato				
c'=	coesione del terreno dello strato				
fi=	angolo di attrito interno de terreno dello strato				
k0=	coefficiente di spinta a riposo				
kA=	coefficiente di spinta attiva				
kA=	coefficiente di spinta passiva				
z_w=	Quota della falda	0.00	m		
g_w=	Peso specifico acqua	0.00	kN/m <sup>3</sup>		
z=	Valore di z in cui calcolare le spinte	5.43	m		
q=	Sovraccarico in superficice	0.00	kN/m <sup>2</sup>		

Strato	STRATIGRAFIA	DATI RELATIVI AGLI STRATI DI TERRENO							
		z in m	z fi m	g kN/m <sup>3</sup>	c' kN/m <sup>2</sup>	fi' gradi	k0	kA	kP
1	Terreno	0.00	4.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
2	Terreno	4.00	8.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
3	Terreno	8.00	12.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
4	Terreno	12.00	16.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
5	Terreno	16.00	20.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
6	Terreno	20.00	24.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
7	Terreno	24.00	28.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
8	Terreno	28.00	32.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
9	Terreno	32.00	36.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00
10	Terreno	36.00	40.00	20.00	0.00	30.00	0.50	0.33	3.00

sv(z)	Tensione verticale totale	108.60	kN/m <sup>2</sup>
u(z)	Pressione dell'acqua	0.00	kN/m <sup>2</sup>
sv'(z)	Tensione verticale efficace	108.60	kN/m <sup>2</sup>
sh'0(z)	Pressione a riposo efficace	54.30	kN/m <sup>2</sup>
sh'A(z)	Pressione attiva efficace	18.10	kN/m <sup>2</sup>
sh'P(z)	Pressione passiva efficace	162.90	kN/m <sup>2</sup>

z	sv(z) kN/m <sup>2</sup>	u(z) kN/m <sup>2</sup>	sv'(z) kN/m <sup>2</sup>	sh'0(z) kN/m <sup>2</sup>	sh'A(z) kN/m <sup>2</sup>	sh'P(z) kN/m <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.25	25.00	0.00	25.00	12.50	4.17	37.50
2.50	50.00	0.00	50.00	25.00	8.33	75.00
3.75	75.00	0.00	75.00	37.50	12.50	112.50
5.00	100.00	0.00	100.00	50.00	16.67	150.00
6.25	125.00	0.00	125.00	62.50	20.83	187.50
7.50	150.00	0.00	150.00	75.00	25.00	225.00
8.75	175.00	0.00	175.00	87.50	29.17	262.50
10.00	200.00	0.00	200.00	100.00	33.33	300.00
11.25	225.00	0.00	225.00	112.50	37.50	337.50
12.50	250.00	0.00	250.00	125.00	41.67	375.00
13.75	275.00	0.00	275.00	137.50	45.83	412.50
15.00	300.00	0.00	300.00	150.00	50.00	450.00
16.25	325.00	0.00	325.00	162.50	54.17	487.50
17.50	350.00	0.00	350.00	175.00	58.33	525.00
18.75	375.00	0.00	375.00	187.50	62.50	562.50
20.00	400.00	0.00	400.00	200.00	66.67	600.00
21.25	425.00	0.00	425.00	212.50	70.83	637.50
22.50	450.00	0.00	450.00	225.00	75.00	675.00
23.75	475.00	0.00	475.00	237.50	79.17	712.50
25.00	500.00	0.00	500.00	250.00	83.33	750.00
26.25	525.00	0.00	525.00	262.50	87.50	787.50
27.50	550.00	0.00	550.00	275.00	91.67	825.00
28.75	575.00	0.00	575.00	287.50	95.83	862.50
30.00	600.00	0.00	600.00	300.00	100.00	900.00
31.25	625.00	0.00	625.00	312.50	104.17	937.50
32.50	650.00	0.00	650.00	325.00	108.33	975.00
33.75	675.00	0.00	675.00	337.50	112.50	1012.49
35.00	700.00	0.00	700.00	350.00	116.67	1049.99
36.25	725.00	0.00	725.00	362.50	120.83	1087.49
37.50	750.00	0.00	750.00	375.00	125.00	1124.99
38.75	775.00	0.00	775.00	387.50	129.17	1162.49
40.00	800.00	0.00	800.00	400.00	133.33	1199.99



### 8.2.2.21 Dettaglio calcolo sovraspinte sismiche

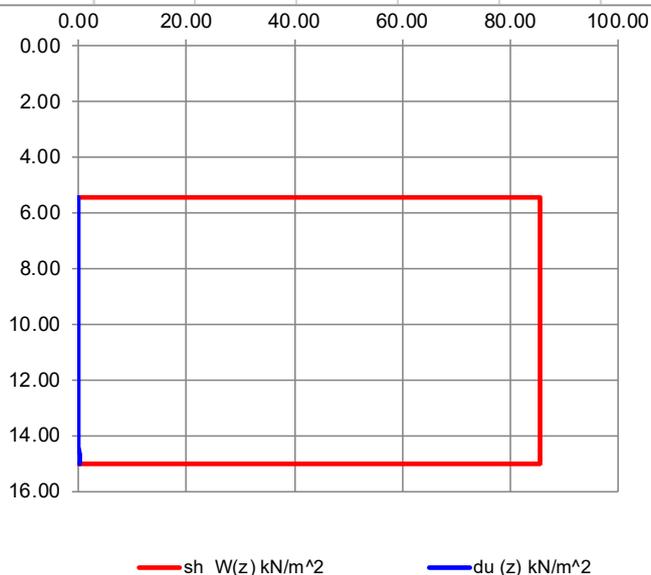
Si riporta il tabulato di calcolo delle spinte, poi inserite nel modello di calcolo

Spinte sismiche di Wood e Spinte sismiche acqua in manufatti rigidi			
z in =	profondita' iniziale dello strato		
z fi=	profondita' finale dello strato		
g=	peso specifico del terreno dello strato		
z_in_str=	Quota superiore della struttura (in)	5.43	m
z_w=	Quota della falda (compresa tra z_in_str e z_fi_str)	11.31	m
z_fi_str=	Quota di base della struttura (fi)	15.02	m
g_w=	Peso specifico acqua	0.00	kN/m <sup>3</sup>
z=	Valore di z in cui calcolare le spinte (compresa tra z_in	15.02	m
a_max=	Accelerazione a_max	0.446	

Strato	STRATIGRAFIA	DATI RELATIVI AGLI STRATI DI TERRENO					
		z in	z fi	g	z in s	z fi s	g*(dz)
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	m	m	kN/m <sup>2</sup>
1	Terreno	0.00	4.00	20.00	0.00	0.00	0.00
2	Terreno	4.00	8.00	20.00	5.43	8.00	51.50
3	Terreno	8.00	12.00	20.00	8.00	12.00	80.00
4	Terreno	12.00	16.00	20.00	12.00	15.02	60.46
5	Terreno	16.00	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00
6	Terreno	20.00	24.00	20.00	0.00	0.00	0.00
7	Terreno	24.00	28.00	20.00	0.00	0.00	0.00
8	Terreno	28.00	32.00	20.00	0.00	0.00	0.00
9	Terreno	32.00	36.00	20.00	0.00	0.00	0.00
10	Terreno	36.00	40.00	20.00	0.00	0.00	0.00

sh_W(z)	Spinte sismiche di Wood (costanti)	85.61	kN/m <sup>2</sup>
Sh_Wood	Risultante spinte sismiche di Wood su struttura	821.72	kN/m
z_Sh_Woc	Quota della risultante	9.36	m
h_w	Altezza acqua da base struttura	3.71	
z-z_w	Distanza da pelo libero	3.71	
du (z)	Spinte sismiche acqua in z	0.00	kN/m <sup>2</sup>
Du	Risultante Spinte sismiche acqua	0.00	kN/m
z_Du	Quota della risultante	13.54	m

z	sh_W(z)	du (z)
	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
5.42	0.00	0.00
5.43	85.61	0.00
5.75	85.61	0.00
6.06	85.61	0.00
6.38	85.61	0.00
6.70	85.61	0.00
7.02	85.61	0.00
7.34	85.61	0.00
7.66	85.61	0.00
7.98	85.61	0.00
8.30	85.61	0.00
8.62	85.61	0.00
8.94	85.61	0.00
9.26	85.61	0.00
9.58	85.61	0.00
9.90	85.61	0.00
10.22	85.61	0.00
10.54	85.61	0.00
10.86	85.61	0.00
11.18	85.61	0.00
11.50	85.61	0.00
11.82	85.61	0.00
12.14	85.61	0.00
12.46	85.61	0.00
12.78	85.61	0.00
13.10	85.61	0.00
13.42	85.61	0.00
13.74	85.61	0.00
14.06	85.61	0.00
14.38	85.61	0.00
14.70	85.61	0.00
15.02	85.61	0.00
15.02	0.00	0.00



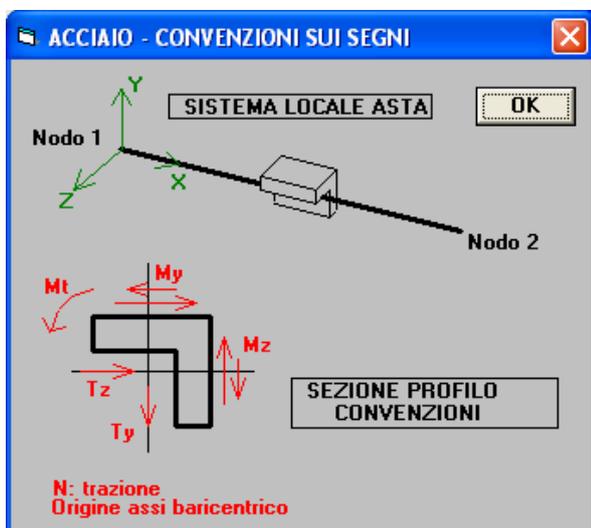
### 8.2.3 Combinazioni di carico

Nel paragrafo si indicano le combinazioni delle condizioni di carico adottate per le verifiche (stato limite ultimo e stato limite di esercizio).

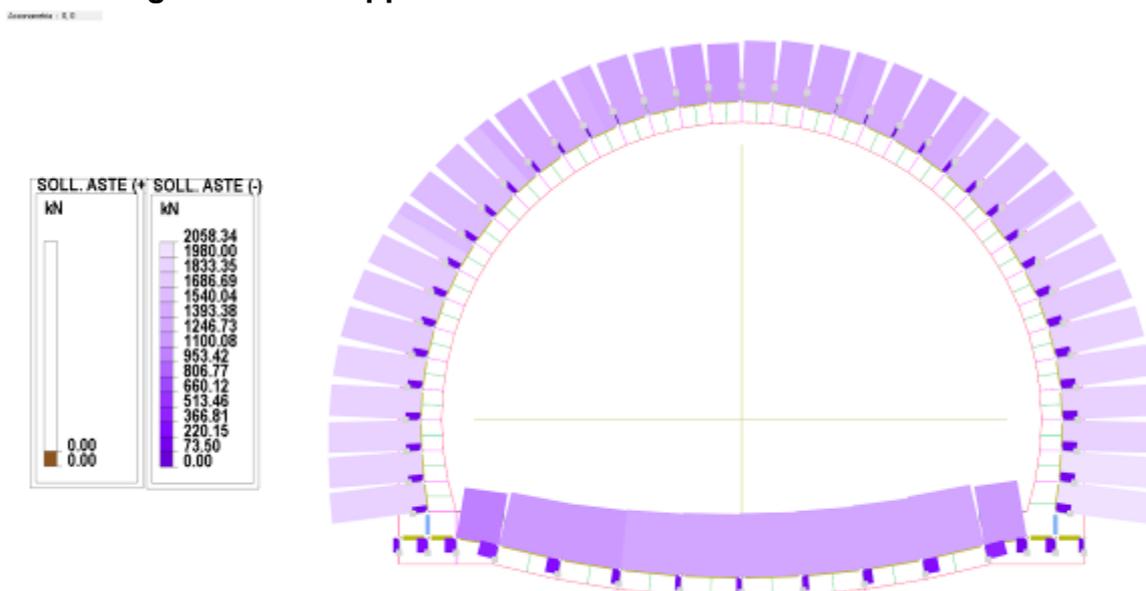
NOME	DESCRIZIONE	VERIFICA	TIPO	CONDIZ. INSERITE			CASI INSERITI	
				Num.	Coeff.	Segno	Num.	Coeff.
1	Caso 1_SLU	S.L.U.	somma	21	1.300	+		
2	Caso 2_SLU	S.L.U.	somma	22	1.000	+		
3	Caso 3_SLU	S.L.U.	somma	23	1.000	+		
4	Caso 4_SLU	S.L.U.	somma	24	1.000	+		
5	Caso 5_SLU	S.L.U.	somma	25	1.000	+		
6	Caso 6_SLE	QuasiPerm.	somma	21	1.000	+		

## 8.3 Risultati Significativi

### 8.3.1 Convenzioni

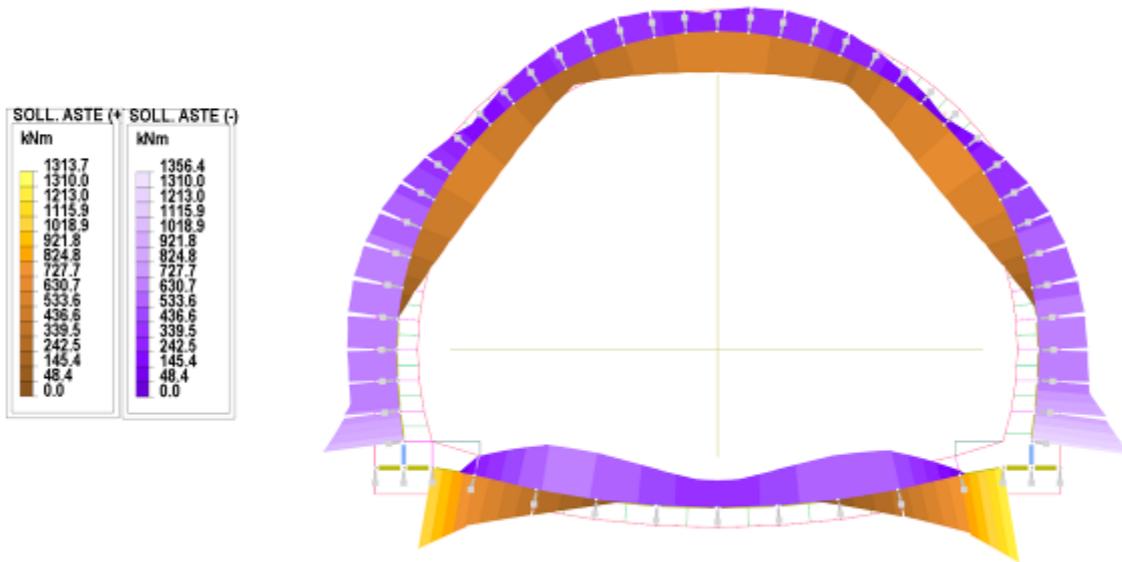


### 8.3.2 Diagramma involuppo sforzi normali a s.l.u



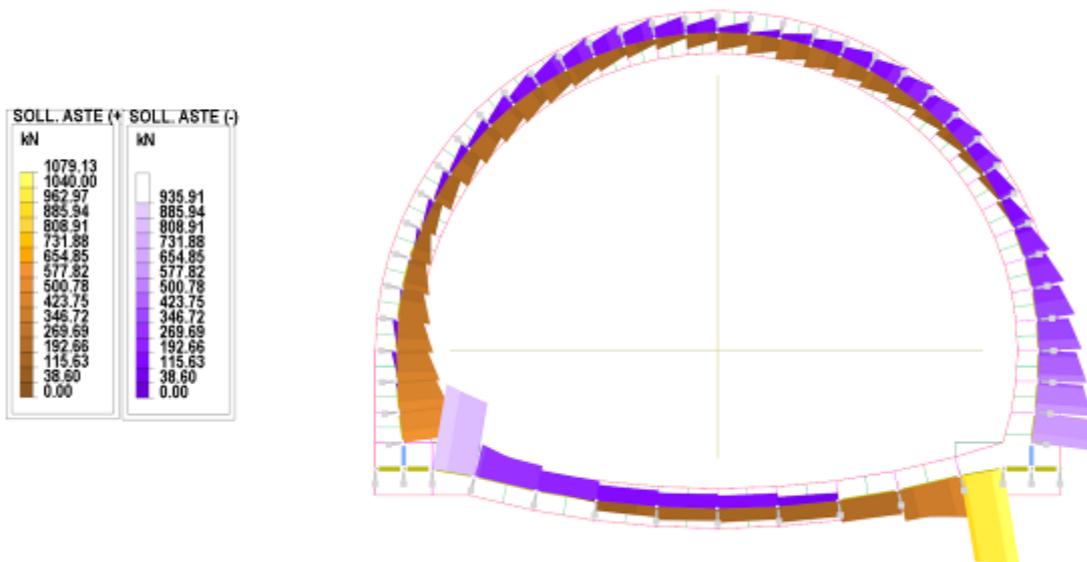
### 8.3.3 Diagramma involuppo momenti flettenti a s.l.u.

Dimensioni : 3,0



### 8.3.4 Diagramma involuppo tagli a s.l.u.

Dimensioni : 3,0



### 8.3.5 Verifiche a pressoflessione e a taglio

Le verifiche delle sezioni della struttura sono state effettuate mediante apposito foglio di calcolo automatico, tenendo conto delle massime sollecitazioni a SLU e a SLE. In particolare, inserendo in ogni asta, l'armatura a pressoflessione (5+5 fi24) e a taglio (fi/16/40/20 = 2.5fi16/20), si è calcolato il tasso di sfruttamento massimo degli elementi della sezione rispetto a quanto consentito dalla Norma, con la condizione di avere sempre Tasso < 100%. Si sono quindi calcolati:

Prfl_SLU	Sfr_inf	Pressofl SLU - Sfruttamento per M+ (area inferiore)
Prfl_SLU	Sfr_sup	Pressofl SLU - Sfruttamento per M- (area superiore)
Prfl_SLE	Sfr_cls	Pressofl SLE - Sfruttamento calcestruzzo
Prfl_SLE	Sfr_fess_i	Pressofl SLE - Sfruttamento fessuraz. inf
Prfl_SLE	Sfr_fess_s	Pressofl SLE - Sfruttamento fessuraz. sup
Taglio_SLU	Sfr_T_si_arm	Taglio SLU - Sfruttamento sezione a taglio

Le verifiche con le armature ipotizzate sono ovunque soddisfatte.

nome asta	Base (cm)	Altezza (cm)	Strato 1 inf		Strato 4 sup		Prfl_SLU			Prfl_SLE			Taglio_SL				
			n_1	fi_1 y_1	n_4	fi_4 y_4	Sfr_inf	Sfr_sup	Sfr_cls	Sfr_fess_i	Sfr_fess_s	Sfr_T_si_arm					
			mm	cm	mm	cm	n	fi	s								
2	100	105	5	24	5	5	24	100	2.5	16	200	0%	76%	35%	0%	20%	28%
3	100	92	5	24	5	5	24	87	2.5	16	200	0%	62%	40%	0%	24%	28%
4	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	0%	53%	43%	0%	26%	26%
5	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	0%	55%	42%	0%	26%	23%
6	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	16%	55%	42%	0%	26%	20%
7	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	31%	55%	41%	0%	25%	17%
8	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	42%	54%	39%	0%	22%	13%
9	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	49%	50%	35%	0%	18%	10%
10	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	52%	44%	29%	0%	11%	12%
11	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	52%	35%	23%	0%	4%	13%
12	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	51%	25%	16%	0%	0%	14%
13	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	47%	21%	11%	0%	0%	14%
14	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	41%	25%	10%	0%	0%	14%
15	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	32%	29%	14%	1%	0%	13%
16	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	34%	31%	19%	6%	0%	13%
17	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	43%	32%	25%	15%	0%	13%
18	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	50%	32%	29%	22%	0%	13%
19	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	54%	31%	31%	27%	0%	11%
20	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	56%	26%	32%	29%	0%	10%
21	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	56%	29%	32%	29%	0%	12%
22	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	55%	31%	32%	28%	0%	13%
23	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	51%	31%	30%	24%	0%	14%
24	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	45%	30%	27%	18%	0%	14%
25	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	37%	26%	22%	10%	0%	13%
26	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	45%	22%	17%	3%	0%	13%
27	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	54%	16%	12%	0%	0%	14%
28	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	60%	10%	9%	0%	0%	14%
29	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	62%	20%	13%	0%	0%	14%
30	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	63%	30%	18%	0%	1%	13%
31	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	61%	38%	23%	0%	4%	11%
32	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	55%	44%	28%	0%	9%	12%
33	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	45%	48%	32%	0%	13%	16%
34	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	31%	51%	35%	0%	17%	20%
35	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	13%	52%	38%	0%	20%	23%
36	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	0%	53%	42%	0%	24%	26%
37	100	85	5	24	5	5	24	80	2.5	16	200	0%	57%	47%	0%	31%	30%
38	100	92	5	24	5	5	24	87	2.5	16	200	0%	79%	48%	0%	37%	32%
39	100	105	5	24	5	5	24	100	2.5	16	200	0%	94%	47%	0%	39%	32%
103	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	76%	24%	33%	23%	0%	56%
104	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	68%	58%	31%	0%	26%	22%
105	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	33%	59%	34%	0%	30%	14%
106	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	8%	58%	34%	0%	30%	11%
107	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	0%	45%	31%	0%	23%	10%
108	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	0%	43%	31%	0%	23%	9%
109	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	7%	54%	33%	0%	27%	11%
110	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	36%	54%	33%	0%	27%	16%
111	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	82%	48%	26%	0%	18%	28%
112	100	80	5	24	5	5	24	75	2.5	16	200	92%	6%	49%	46%	0%	65%

### 8.3.6 Verifica in dettaglio a SLU (pressoflessione)

Si considera l'asta 112 (92%). In dettaglio si ha:

#### VERIFICA A STATO LIMITE ULTIMO PER TENSIONI NORMALI

#### GEOMETRIA E CARATTERISTICHE MECCANICHE SEZIONE

CALCESTRUZZO									
Elementi	Classe	fcd	ep-cu	ep-c2	b inf	h	b sup	y inf	y sup
		(N/mm <sup>2</sup> )			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1	C28/35	15.87	0.0035	0.0020	100.00	80.00	100.00	0.00	80.00
totali			0.0035	0.0020		80.00		0.00	80.00

ARMATURE									
Armature	Tipo	f <sub>yd</sub>	ep-ud	E <sub>s</sub>	k f <sub>yd</sub>	sp <sub>0</sub>	area	y	ep <sub>0</sub>
		(N/mm <sup>2</sup> )		(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm)	
1	B450C	391.30	0.0675	210000	469.57		22.62	5.00	
2	B450C	391.30	0.0675	210000	469.57		22.62	20.00	
3	B450C	391.30	0.0675	210000	469.57		0.00	70.00	
4	B450C	391.30	0.0675	210000	469.57		22.62	75.00	
totali									

Altezza totale della sezione h= 80.00 (cm)  
 Altezza del baricentro della sezione di solo calcestruzzo yg= 40.00 (cm)

#### SOLLECITAZIONI E VERIFICA MOMENTO POSITIVO

Ordinata rispetto a cui vengono calcolate le sollecitazioni (se=0, si assume ysoll=yg) ys= 0.00 (cm)  
 Ordinata rispetto a cui vengono calcolate le sollecitazioni ysoll= 40.00 (cm)  
 Sforzo normale agente di calcolo (rispetto a y=ysoll) Nsd(y=ysoll)= -847.00 (kN)  
 Momento agente di calcolo (rispetto a y=ysoll) Msd(y=ysoll)= 1313.66 (kNm)

Profondità dell'asse neutro x= 13.96 (cm)

Deformazione minima nel calcestruzzo in y= 80.00 (cm) ep-clc= -0.0035  
 Deformazione massima nell'acciaio teso in y= 5.00 (cm) ep-acc= 0.0153  
 Tensione minima nel calcestruzzo s-clc= -15.87 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Tensione massima nell'acciaio teso s-acc= 407.33 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Sforzo normale interno (rispetto a y=ysoll) Nrd(y=ysoll)= -847.00 (kN)  
 Momento interno (rispetto a y=ysoll) Mrd(y=ysoll)= 1428.07 (kNm)  
 Differenza tra sforzo normale agente ed interno (rispetto a y=ysoll) Nsd(y=ysoll)-Nrd(y=ysoll)= 0.00 (kN)  
**Coefficiente di sicurezza di stato limite ultimo** **Mrd(y=ysoll)/Msd(y=ysoll)= 1.09**

#### SOLLECITAZIONI E VERIFICA MOMENTO NEGATIVO

Ordinata rispetto a cui vengono calcolate le sollecitazioni (se=0, si assume ysoll=yg) ys= 0.00 (cm)  
 Ordinata rispetto a cui vengono calcolate le sollecitazioni ysoll= 40.00 (cm)  
 Sforzo normale agente di calcolo (rispetto a y=ysoll) Nsd(y=ysoll)= -847.00 (kN)  
 Momento agente di calcolo (rispetto a y=ysoll) Msd(y=ysoll)= 0.00 (kNm)

Profondità dell'asse neutro x= 13.34 (cm)

Deformazione minima nel calcestruzzo in y= 0.00 (cm) ep-clc= -0.00350  
 Deformazione massima nell'acciaio teso in y= 75.00 (cm) ep-acc= 0.01617  
 Tensione minima nel calcestruzzo s-clc= -15.87 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Tensione massima nell'acciaio teso s-acc= 408.36 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Sforzo normale interno (rispetto a y=ysoll) Nrd(y=ysoll)= -847.00 (kN)  
 Momento interno (rispetto a y=ysoll) Mrd(y=ysoll)= -1058.00 (kNm)  
 Differenza tra sforzo normale agente ed interno (rispetto a y=ysoll) Nsd(y=ysoll)-Nrd(y=ysoll)= 0.00 (kN)  
**Coefficiente di sicurezza di stato limite ultimo** **Mrd(y=ysoll)/Msd(y=ysoll)= #####**

Combinazione	SLU
Tasso di sfruttamento lembo inferiore	Sfr_inf 92%
Tasso di sfruttamento lembo superiore	Sfr_sup 0%

### 8.3.7 Verifica in dettaglio a SLE (pressoflessione)

Si considera l'asta 103 (Calcestruzzo = 20%). In dettaglio si ha:

TITOLO: Calcolo\_2018

Gli sforzi sono applicati al baricentro della sezione omogeneizzata (S/NO);	39.248 cm	SI
Ordinata punto di applicazione sforzi (solo se non baricentrici)	Y=	40.00 cm
Sforzo normale (N>0: trazione; N<0: compressione)	N=	-456.34 kN
Momento flettente (M>0: tende fibre inferiori; M<0: tende fibre superiori)	M=	494.03 kN.m
Coefficiente di omogeneizzazione	m=	15.00
Ordinata asse neutro (dall'alto)	ys=	28.23 cm
Ordinata asse neutro (dal basso)	yi=	51.77 cm
Tensione calcestruzzo minima	sc1=	-6.113 N/mm <sup>2</sup>
Tensione calcestruzzo massima	sc2=	0.000 N/mm <sup>2</sup>
Tensione acciaio minima	sf1=	-75.45 N/mm <sup>2</sup>
Tensione acciaio massima	sf2=	151.92 N/mm <sup>2</sup>

#### Sezione (dal basso)

Trapezio (n°)	bi (cm)	h (cm)	bs (cm)	Yi (cm)	Ys (cm)	Yi' (cm)	Ys' (cm)	si (N/mm <sup>2</sup> )	ss (N/mm <sup>2</sup> )
1	100.00	80.00	100.00	0.00	80.00	51.77	80.00	0.000	-6.113
Totale		80.00							

#### Armature (dal basso)

Strato (n°)	Numero ferri	Diametro (mm)	Yf (cm)	Af (cm <sup>2</sup> )	sf (N/mm <sup>2</sup> )
1	5	24	5.00	22.62	151.92
2	5	24	20.00	22.62	103.20
3	0	24	70.00	0.00	
4	5	24	75.00	22.62	-75.45
Totale			33.33	67.86	

#### Legenda

- bi= base inferiore trapezio
- h= altezza trapezio
- bs= base superiore trapezio
- Yi= ordinata base inferiore trapezio
- Ys= ordinata di base superiore trapezio
- Yi'= ordinata di calcolo tensione calcestruzzo si
- Ys'= ordinata di calcolo tensione calcestruzzo ss
- si= tensione di calcolo calcestruzzo all'ordinata Yi'
- ss= tensione di calcolo calcestruzzo all'ordinata Ys'
- Af= area dello strato di acciaio alla quota Yf
- Yf= ordinata dello strato di acciaio di area Af
- sf= tensione di calcolo acciaio all'ordinata Yf

Combinazione	Quasi permanenti
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo	fck 28 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica nominale di snervamento	fyk 450 N/mm <sup>2</sup>
Massima tensione di compressione del calcestruzzo	scmax -12.6 N/mm <sup>2</sup>
Tasso di sfruttamento calcestruzzo	Sfr_cls 49%

### 8.3.8 Verifica in dettaglio a SLE (fessurazione)

Si considera l'asta 112 (fessurazione = 46%). In dettaglio si ha:

#### DATI GENERALI

Tipo impronte acciaio	Aderenza migliorata
Sensibilità armatura	Poco sensibile
Condizioni ambientali	Ordinarie
Combinazione di azioni	Quasi permanenti

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI FORMAZIONE DELLE FESSURE

Resistenza caratteristica cilindrica del conglomerato cementizio	fck=	28.0 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione media del conglomerato cementizio ( $f_{ctm} = 0.30 (f_{ck})^{2/3}$ )	fctm=	2.766 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione allo stato di formazione delle fessure ( $f_{ctk} = f_{ctm}/1.2$ )	fctk=	2.305 N/mm <sup>2</sup>
Per la combinazione di azioni prescelta si ha (sezione interamente reagente - sollecitazioni effettive):		
Tensione di trazione massima nel calcestruzzo	scmax=	3.202 N/mm <sup>2</sup>

**La sezione NON è verificata allo stato limite di formazione delle fessure**

#### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE

##### a) Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura epsrm

Modulo elastico del calcestruzzo	Ec=	32308 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico delle armature	Es=	210000 N/mm <sup>2</sup>
Tensione nell'armatura tesa in sezione fessurata	sigmas=	151.917 N/mm <sup>2</sup>
Base della zona di calcestruzzo efficace entro cui le barre influenzano l'apertura delle fessure	b,eff=	100.000 cm
Altezza della zona di calcestruzzo efficace [min(2.5(h-d);(h-x)/3;h/2)]	h,eff=	17.257 cm
Area della zona di calcestruzzo efficace entro cui le barre influenzano l'apertura delle fessure	Ac,eff = b,eff h,eff =	1725.717 cm <sup>2</sup>
Area della sezione di acciaio posta nell'area efficace Ac,eff	As=	45.239 cm <sup>2</sup>
Rapporto tra l'area della sezione di acciaio As e l'area di calcestruzzo efficace Ac,eff	ro,eff=As/Ac,eff=	0.026215
Coefficiente per le condizioni di sollecitazione (0.6 azioni di breve durata, 0.4 azioni di lunga durata)	kt=	0.4
Deformazione unitaria media dell'armatura	epsrm=	0.000488
Deformazione unitaria media dell'armatura (limite inferiore) (epsrm,lim = 0.6 sigmas/Es )	epsrm,lim=	0.000434

##### b) Calcolo della distanza media tra le fessure Dsm

Distanza tra le barre (Int - fi)	s1=	20.000 cm
Diametro equivalente delle barre tese	fi=	24 mm
Ricoprimento netto dell'armatura (Yf-fi/2)	c=	3.800 cm
Distanza limite tra le barre da utilizzare nel calcolo ( $s = 5*(c+fi/2)$ )	b=	25.000 cm
Rapporto tra l'area della sezione di acciaio As e l'area di calcestruzzo efficace Ac,eff	ro,eff=As/Ac,eff=	0.026215
Deformazione di trazione massima in sezione fessurata	eps1=	0.000347
Deformazione di trazione minima in sezione fessurata	eps2=	0.000000
Coefficiente di aderenza calcestruzzo alla barra (0.8 per barre ad aderenza migliorata, 1.6 per barre lisce)	k1=	0.800
Coefficiente di forma del diagramma delle deformazioni di trazione nella sezione fessurata	k2=	0.500
Coefficiente	k3=	3.400
Coefficiente	k4=	0.425
Distanza media tra le fessure	Dsm=	16.755 cm

##### c) Calcolo del valore caratteristico dell'apertura delle fessure wk

Deformazione unitaria media dell'armatura	epsrm=	0.000488
Distanza media tra le fessure	Dsm=	16.755 cm
<b>Valore caratteristico dell'apertura delle fessure ( <math>w_k = 1.7 \text{ epsrm Dsm}</math> )</b>	<b>wm=</b>	<b>0.139 mm</b>

##### e) Verifica

Considerando secondo Normativa :	
Condizioni ambiente:	Ordinarie
Combinazioni di azioni:	Quasi permanenti
Tipo di armatura:	Poco sensibile

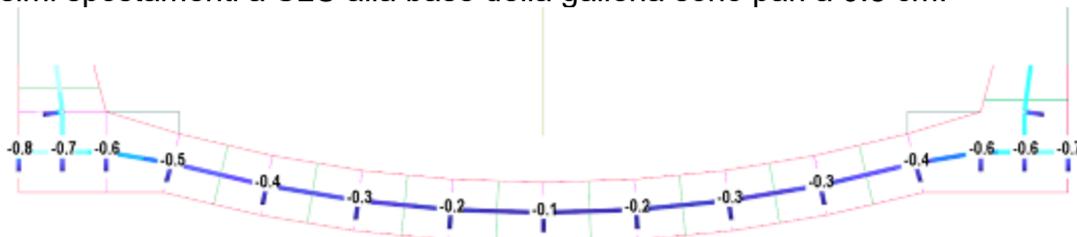
Valore nominale caratteristico dell'apertura delle fessure per la combinazione d'azioni considerata	wk=	0.300 mm
---	-----	----------

**La sezione è verificata allo stato limite di apertura delle fessure**

Combinazione	Quasi permanenti
Tasso di sfruttamento fessurazione	Sfr fess 46%

### 8.3.9 Verifica delle pressioni alla base della galleria

I massimi spostamenti a SLU alla base della galleria sono pari a 0.8 cm.



Tenendo conto del coefficiente di Winkler adottato = 6.00 daN/cm<sup>3</sup>, la pressione agente vale quindi:  $p = 0.80 \times 6.00 = 4.80$  daN/cm<sup>2</sup>.

### 8.3.10 Verifica di capacità portante

Iptizzando a favore di sicurezza una pressione uniforme alla base, il massimo carico alla base della galleria Nsd è pari a  $Nsd = 4.80 \times 1370 \times 100 / 100 = 6576$  kN/m. La verifica di capacità portante è ampiamente soddisfatta.

#### DATI RELATIVI AL TERRENO DI FONDAZIONE

Peso specifico del terreno	$\gamma_t =$	20.00 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito del terreno	$\phi =$	30.00 °
Coesione del terreno	$c =$	0.00 kN/m <sup>2</sup>

#### DATI RELATIVI ALLA GEOMETRIA DELLA FONDAZIONE

Profondita' di imposta della fondazione	D=	14.75 m
Angolo di inclinazione piano di fondazione ( $\leq \phi$ )	$\alpha =$	0.00 °
Larghezza fondazione	B=	13.70 m
Eccentricità carico verticale in direzione B	E(B)=	0.00 m
Larghezza equivalente fondazione per carichi eccentrici	B(EQ)=	13.70 m

#### DATI RELATIVI AI CARICHI

<b>Carico normale alla fondazione (agente)</b>	<b>Nsd=</b>	<b>6576 kN/m</b>
--	-------------	------------------

#### VALORI DEI COEFFICIENTI DELLA FORMULA

Coefficienti di Brinch-Hansen		$\gamma$	q	c
Fattori principali (kN/m <sup>2</sup> )	F	137.00	295.00	0.00
Fattori di capacità portante	N	22.40	18.40	30.14
Fattori di forma fondazione	s	1.00	1.00	1.00
Fattori di profondità del piano di fondazione	d	1.00	1.24	1.25
Fattori di inclinaz. del carico	i	1.00	1.00	1.00
Fattori di inclinaz. del piano di fondazione	b	1.00	1.00	1.00
Fattori di inclinaz. del piano di campagna	g	1.00	1.00	1.00
Prodotto totale	F N s d i b q	3069.14	6716.88	0.00

Pressione limite totale normale al piano di fondazione	qlim=	9786 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite totale normale al piano di fondazione	Nlim=	134068 kN/m
Coefficiente di sicurezza	Fs=	2.30
<b>Carico normale alla fondazione (resistente)</b>	<b>Nrd=</b>	<b>58291 kN/m</b>