

VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)
 VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA
 INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA
 3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE

PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO

PROGETTO ESECUTIVO

GE265



VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE
DELL'INTEGRAZIONE DELLE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

OPERE MAGGIORI
 GALLERIE NATURALI
 GALLERIA NATURALE FELETTINO III
 OPERE IMBOCCO SUD
 RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO ARTIFICIALE

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPGE0265 E 20

NOME FILE

0000_P00GN03STRRE02_B

CODICE
ELAB.

P00GN03STRRE02

REVISIONE

B

SCALA:

-

B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	Ottobre 2021	M. Barale	E. Giraudò	A. Rodino
A	EMISSIONE	Marzo 2021	M. Barale	E. Giraudò	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE	pag.
1. INTRODUZIONE	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3. MATERIALI STRUTTURALI.....	4
4. GALLERIA ARTIFICIALE SUD	5
4.1 Descrizione	5
4.2 Modellazione delle strutture	5
4.2.1 Geometria dei modelli di calcolo.....	5
4.2.2 Elementi strutturali	7
4.2.3 Parametri geotecnici di calcolo.....	8
4.2.4 Interazione terreno-struttura	8
4.3 Combinazioni di carico	9
4.3.1 Azioni Statiche.....	12
4.3.2 Azioni Sismiche.....	12
4.3.3 Condizioni di carico nel modello.....	14
4.4 Verifiche strutturali	16
4.4.1 Verifiche a Pressoflessione.....	18
4.4.2 Verifiche a Taglio	19
4.4.3 Verifica agli stati limite di esercizio.....	20
5. ALLEGATO 1 – VERIFICHE STRUTTURALI	24
6. ALLEGATO 2 - TABULATI DI CALCOLO	35

1. Introduzione

La presente relazione viene redatta nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo di Completamento dello "Stralcio C" dei "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° Lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale".

In particolare, si riportano le analisi di calcolo e le verifiche statiche e sismiche delle opere di imbocco SUD della galleria naturale Felettino III.

Come risulta dagli elaborati di As-Built il fronte di scavo si trova alla pk. 3+312,07 e pertanto il tratto realizzato presenta una lunghezza di circa 105.21 m a partire dall'imbocco Sud posto alla pk. 3+417,28.

Sono terminate le Paratie berlinesi di imbocco e pertanto nel seguito si riportano le verifiche statiche della galleria artificiale.

2. Normativa di riferimento

Con riferimento al quadro normativo di riferimento progettuale per le strutture, si evidenzia che, il D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”, prevede, all’Art. 2 “Ambito di applicazione e disposizioni transitorie”, che *“per le opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione, per i contratti pubblici di lavori già affidati, nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni, si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all’ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi”*.

Pertanto, essendo l’attività da svolgere il progetto di completamento di opere già parzialmente realizzate il riferimento normativo di riferimento restano le Norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

Per quanto sopra la normativa di riferimento per il calcolo e la verifica delle strutture risulta essere la seguente:

- Decreto 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 Febbraio 2009 - “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008”.
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Circolare Ministero dei Lavori pubblici 14 febbraio 1974, n.11951 – Applicazione delle norme sul cemento armato.
- Eurocodici UNI EN 1990:2006; UNI EN 1991; UNI EN 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998
- Calcestruzzo - specificazione, prestazione, produzione e conformità (UNI EN 206-1:2006);
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EC 2: PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO;
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988, N. 30483 - Circolare Ministero Lavori Pubblici 9 gennaio 1996, N. 218/24/3).
- D.M. LL. PP. 14 febbraio 1992 “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in

cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 giugno 1993, N. 37406/STC).

- D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 15 ottobre 1996, N. 252).
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi»” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 4 luglio 1996, N. 156AA.GG./STC).
- Legge 2 Febbraio 1974 n° 64 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” e le relative istruzioni (Circolare Ministero Lavori Pubblici 10 aprile 1997, N. 65/AA.GG.).
- Ordinanza n. 3274 20 marzo 2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m.i.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n. 3519 del 28 Aprile 2006 - “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

3. Materiali strutturali

Le strutture sono state analizzate prevedendo l'impiego dei seguenti materiali:

Acciaio di armatura

Acciaio in barre per c.a. *Conforme UNI – EN 10002*
B450C - Soglia di snervamento $f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$

Calcestruzzo per getti in opera

Magrone *Cls conforme UNI – EN 206 – 1*
Classe di resistenza minima C10/15
Classe di esposizione X0

Arco rovescio, murette e calotta *Cls conforme UNI – EN 206 – 1*
Classe di resistenza minima C30/37
Cemento 32.5 N – 32.5 R
Classe di consistenza S4
Classe di esposizione XS1
Rapporto A/C $\leq 0,50$
Dosatura min. cem. = 300 kg/m³
Diametro max. inerti 31mm
Classe di contenuto di cloruri Cl 0.20
Copriferro 50 mm

4. Galleria artificiale Sud

4.1 Descrizione

Il tratto in galleria artificiale dell'imbocco sud della galleria Felettino III è lungo complessivamente 37,00 m di cui l'ultimo tratto di lunghezza 5,00 m occupato dalla dima. La copertura viene effettuata con terreno proveniente dagli scavi e presenta spessore variabile da 0.00 m fino ad un massimo in corrispondenza dell'attacco della dima pari a circa 8,00 m; nelle verifiche strutturali si è utilizzato un valore di copertura di 6.00 m rappresentativo della sezione di inizio dima. Inoltre, a favore di sicurezza, si è assunto un livello di falda fino alla quota di estradosso della calotta della galleria.

La carpenteria è costante lungo tutta la galleria, con sezione standard priva di cunicolo di emergenza, spessore dei rivestimenti pari a 0.9 m sia in arco rovescio sia in calotta e pari a 1.30 m in corrispondenza dei piedritti:

La galleria artificiale si sviluppa in un tratto caratterizzato dalla presenza di arenaria trachidaciditica con denominazione litologica "Macigno": per una più ampia descrizione dei materiali si rimanda alla Relazione Geologico-Geotecnica appositamente redatta.

Le analisi numeriche sono state svolte utilizzando il codice di calcolo agli elementi finiti MIDAS Gen del quale si riportano in allegato gli output numerici.

4.2 Modellazione delle strutture

Nel seguito, dopo avere descritto la geometria del modello di calcolo, si indicano le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati, calcestruzzo ed acciaio, ed i parametri geotecnici assunti nel calcolo per determinare le spinte sui rivestimenti e valutare l'interazione terreno-struttura. Si riportano infine le condizioni di carico considerate nelle analisi ed i risultati delle verifiche statiche e sismiche condotte; in particolar modo l'analisi sismica è stata eseguita rispettando le indicazioni contenute nel DM 14/01/08 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e nella relativa Circolare n.617 del 02/02/09 "Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008"

4.2.1 Geometria dei modelli di calcolo

Il rivestimento definitivo della galleria in esame è stato schematizzato analizzando la struttura una sezione trasversale tipo di estensione pari a 1.00 m in direzione longitudinale, attraverso una successione di aste rettilinee collegate con continuità tra loro (elementi "beam" del codice di calcolo MIDAS Gen, impiegato per la determinazione dello stato di deformazione dei rivestimenti e delle sollecitazioni ad esso associate).

Le aste sono disposte lungo la linea d'asse del rivestimento definitivo della galleria e sono state numerate da 1 a 68, come è visibile in figura 1.

In particolare le aste rappresentano rispettivamente:

- Le aste 13÷20 e 49÷56, le murette e piedritti;
- le aste 21÷48, le reni e la calotta;
- le aste 1÷12 e 57÷68 l'arco rovescio.

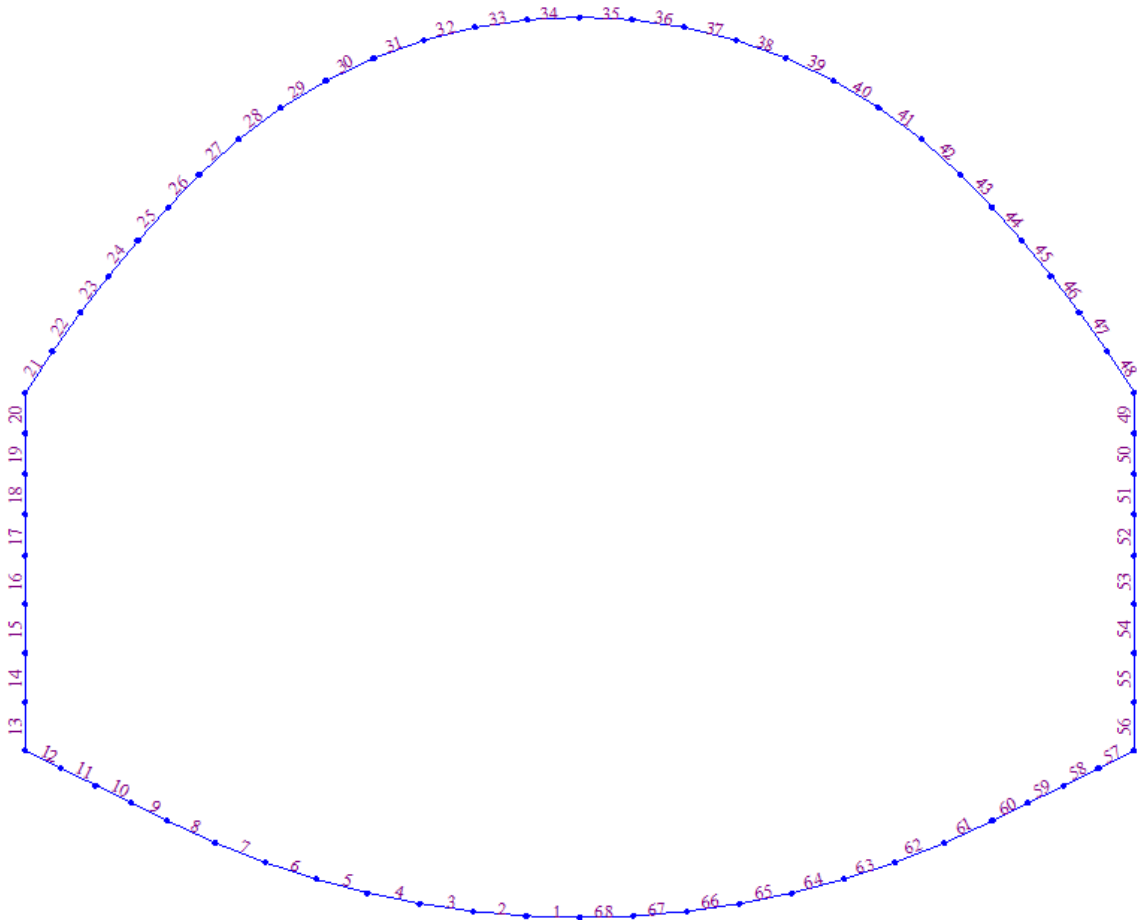


Figura 1 – Numerazione degli elementi “beam” del modello

4.2.2 Elementi strutturali

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali utilizzate nei calcoli di verifica, si è considerato:

Calcestruzzo:

classe:	C30/37
peso specifico:	$\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$
resistenza caratteristica cilindrica:	$f_{ck}=30 \text{ MPa}$
resistenza caratteristica a trazione:	$f_{ctk}=0.7 \times 0.3 \times (f_{ck})^{2/3}= 2.03 \text{ MPa}$
modulo elastico:	$E_c=22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}= 32800 \text{ MPa}$
massima deformazione di accorciamento:	$\epsilon_c= 3.5 \text{ ‰}$

Acciaio per armatura:

tipo:	B450C
tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk}= 450 \text{ MPa}$
modulo elastico:	$E_s= 210000 \text{ MPa}$
massima deformazione di allungamento:	$\epsilon_a=10 \text{ ‰}$

Coefficienti di sicurezza sulla resistenza dei materiali

Per il calcolo delle azioni resistenti della sezione sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di sicurezza (a ridurre i valori caratteristici di resistenza dei materiali):

- per la resistenza a compressione del cls.: $\gamma_c = 1.5$
- per la resistenza dell'acciaio: $\gamma_a = 1.15$

Per tenere conto della diminuzione della resistenza del calcestruzzo sottoposto a carichi di lunga durata, la resistenza caratteristica cilindrica (f_{ck}) viene opportunamente ridotta di un ulteriore coefficiente pari a 0.85.

I valori di calcolo delle resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio risultano quindi:

$f_{cd}= f_{ck} / \gamma_c= 20 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a compressione del cls
$f'_{cd}=0.85 \times f_{cd}= 17 \text{ MPa}$	resist. di calcolo a compr. a lungo termine
$f_{ctd}=f_{ctk} / \gamma_c= 1.35 \text{ Mpa}$	resistenza di calcolo a trazione del cls
$f_{yd}=f_{yk} / \gamma_a= 391 \text{ Mpa}$	resistenza di calcolo a snervamento dell'acciaio

4.2.3 Parametri geotecnici di calcolo

Per i materiali presenti in corrispondenza della galleria artificiale si sono assunti nel calcolo i seguenti parametri geotecnica (valori caratteristici):

γ_{nat} = peso di volume	=	20.0 kN/m ³
c'_k = coesione	=	0.00 kN/m ²
φ'_k = angolo di attrito interno	=	30°
E = modulo di elasticità o di Young	=	64 MPa
ν = coefficiente di Poisson	=	0.30

Per il materiale di ritombamento si sono assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

γ_{nat} = peso di volume	=	20.0 kN/m ³
c'_k = coesione	=	0.00 kN/m ²
φ = angolo di attrito interno	=	30°
E = modulo di elasticità o di Young	=	64 MPa
ν = coefficiente di Poisson	=	0.30

4.2.4 Interazione terreno-struttura

L'interazione terreno-struttura è stata schematizzata attraverso l'imposizione di vincoli elastici, soggetti a sola compressione, posti in corrispondenza dei nodi della struttura. Si è considerata l'interazione in direzione orizzontale per l'arco di volta e per i piedritti, e in direzione verticale sotto l'arco rovescio.

Per la determinazione della costante di reazione del terreno, si sono condotte le seguenti valutazioni:

per le molle orizzontali in corrispondenza delle murette si è considerata la teoria di Boussinesq ottenendo:

$$K = \frac{E_{t.nat.}}{f(1-\nu^2)a} = 8200 \text{ kN/m}^3$$

con: $f = 6.60$ (fattore di forma)
 $a =$ larghezza piedritto = 1.3 m

per le molle in direzione verticale poste al di sotto dell'arco rovescio (costante di sottofondo) è stato valutato secondo la teoria di Galerkin:

$$K = \frac{E_{t.nat.}}{R(1+\nu)} = 4150 \text{ kN/m}^3$$

con: $R = 11.90$ m, raggio in estradosso del'A.R.

Non vengono applicate molle in corrispondenza della calotta, in quanto a contatto con terreno di riporto rimaneggiato.

4.3 Combinazioni di carico

Le verifiche strutturali sono state condotte secondo la metodologia degli stati limiti, facendo riferimento ai dati forniti da un'analisi di tipo statica e da una di tipo sismica. La normativa prevede la possibilità di utilizzare due approcci di calcolo, validi poi sia per l'analisi statica che per quella sismica:

- l'approccio 1 prevede 2 diverse combinazioni (GEO e STR) a seconda che si stia verificando rispettivamente la capacità di resistenza del terreno oppure quella degli elementi strutturali (rivestimento definitivo in questo caso)
- l'approccio 2 invece prevede un'unica combinazione valida per entrambe le verifiche in cui però i coefficienti di sicurezza vengono incrementati.

A queste vengono poi aggiunte combinazioni di carico specifiche per le verifiche agli stati limite di equilibrio, che per la particolare tipologia costruttiva in esame non verranno considerate.

In questo caso verrà adottato l'approccio di tipo 1, con riferimento alle sole verifiche strutturali, in quanto avrebbe poco senso verificare la portanza del terreno al di sotto della galleria essendo questo gravato da carichi minori rispetto lo stato precedente l'opera.

Nella pratica quindi il tutto si riduce all'utilizzo della sola combinazione di tipo STR che in forma parametrica vale:

$$A1 + M1 + R1$$

in cui:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	(A1) STR
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1,0
	Sfavorevole		1,3
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0
	Sfavorevole		1,5

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

Il parametro R1, rappresentante il coefficiente di sicurezza direttamente agente sul valore della resistenza, e quindi direttamente correlato al fattore di sicurezza tra azione sollecitante e resistente, ha valore unitario.

In definitiva, i parametri del terreno verranno presi con il loro valore caratteristico, mentre le azioni sollecitanti, in questo caso rappresentate dalle spinte del terreno e quindi assimilate a carichi permanenti, saranno amplificate secondo un coefficiente pari a 1,3.

Nel caso delle verifiche sismiche si adotterà la stessa combinazione, assumendo però pari a 1 i coefficienti moltiplicativi dei carichi (A1).

Per le verifiche agli stati limite ultimi i valori di progetto (di calcolo) delle azioni sollecitanti sono determinati secondo la seguente formulazione (§ 2.5.3):

$$E_d = \gamma_G \cdot G + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \Sigma(\gamma_{Qi} \cdot \psi_{oi} \cdot Q_{ki})$$

dove:

- G = valore nominale delle azioni permanenti;
- Q_{k1} = valore caratteristico dell'azione dominante di ogni combinazione;
- Q_{ki} = valori caratteristici delle azioni variabili indipendenti che possono agire contemporaneamente alla dominante;
- γ_G, γ_Q = coefficienti parziali delle azioni definiti in relazione allo stato limite ultimo preso in considerazione (EQU, STR, GEO);
- ψ_{oi} = coefficiente di combinazione delle azioni variabili agenti contemporaneamente alla dominante.

Nel caso in esame, essendo presenti solo azioni di tipo permanente, l'espressione precedente si riduce a:

$$E_d = \gamma_G \cdot G$$

Per le verifiche agli stati limite di esercizio si fa generalmente riferimento alle seguenti combinazioni di carico (§ 2.5.3):

- combinazione rara: $E_d = G + Q_{k1} + \Sigma(\psi_{oi} \cdot Q_{ki})$
- combinazione frequente: $E_d = G + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Sigma(\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$
- combinazione quasi permanente: $E_d = G + \Sigma(\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$

dove:

- ψ_{1i} = coefficiente atto a definire i valori delle azioni variabili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ_{2i} = coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Nel caso in esame, essendo presenti solo azioni di tipo permanente, le tre espressioni precedenti si riducono ad una sola:

$$E_d = 1.0 \cdot G$$

Nelle condizioni sismiche le azioni sollecitanti di calcolo sono determinate secondo la seguente formulazione (§ 3.2.4):

$$E_d = E + G + [\Sigma(\psi_{2i} \cdot Q_{ki})]$$

dove:

- E = valore dell'azione sismica per lo Stato Limite "SLV";
- G = valore nominale delle azioni permanenti;
- Q_{ki} = valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;
- ψ_{2i} = coefficienti di combinazione delle azioni variabili Q_{ki};

Nel caso in esame, essendo presenti solo azioni di tipo permanente, l'espressione precedente si riduce a:

$$E_d = E + G$$

In relazione alla specificità della struttura e alla natura dei carichi applicati, si sono analizzate le seguenti combinazioni di carico:

C.C.	Combinazione
SLU Statica	1.30 G ₁ + 1.30 G ₂ + 1.30 P _{TL}
SLV Sismica +	1.00 G ₁ + 1.00 G ₂ + 1.00 P _{TL} + 1.0 D _{PT} + E _X + E _Z
SLV Sismica -	1.00 G ₁ + 1.00 G ₂ + 1.00 P _{TL} + 1.0 D _{PT} + E _X - E _Z
SLE	1.00 G ₁ + 1.00 G ₂ + 1.00 P _{TL}

- G₁ = Pesi propri strutturali;
- G₂ = Sovraccarico in calotta del terreno di ritombamento;
- P_{TL} = Pressioni del terreno laterale e spinte idrostatiche;
- D_{PT} = Incremento sismico di pressione del terreno sulla parete e sovrappressione idrodinamica;
- E_X = Azione Sismica orizzontale;
- E_Z = Azione Sismica verticale (+ verso l'alto, - verso il basso).

4.3.1 Azioni Statiche

Per la determinazione delle spinte statiche del terreno sui rivestimenti, si è assunto un coefficiente di spinta a riposo pari a:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi'_k = 0,50$$

Tale assunzione deriva dal fatto di considerare la galleria come un elemento rigido impossibilitato a subire gli spostamenti necessari all'attivazione di un regime di spinte di tipo "attivo".

4.3.2 Azioni Sismiche

Il comportamento della struttura, sottoposta all'azione di un sisma, è determinato attraverso l'introduzione di un regime di forze pseudostatiche, valutate mediante l'amplificazione delle spinte ordinarie secondo opportuni coefficienti, dedotti con riferimento alle disposizioni normative.

In questo studio sono state considerate due differenti situazioni di carico:

- Analisi sismica 1: Carico superficiale, spinta del terreno e idrostatica incrementati secondo le accelerazioni del sisma, cui si aggiungono le masse inerziali della struttura della galleria. Il sisma verticale è rivolto verso l'alto (SLV+).
- Analisi sismica 2: Carico superficiale, spinta del terreno e idrostatica incrementati secondo le accelerazioni del sisma, cui si aggiungono le masse inerziali della struttura della galleria. Il sisma verticale è rivolto verso il basso (SLV-).

In entrambe le analisi suddette l'azione sismica orizzontale è stata considerata agente da sinistra verso destra nel modello di calcolo. Gli incrementi di spinta del terreno e le pressioni idrodinamiche sono quindi stati applicati nella stessa direzione.

Vista la simmetria del problema tale assunzione si considera valida anche nel caso di sisma rivolto verso opposto.

L'accelerazione del sisma viene valutata sulla base dei seguenti parametri caratterizzanti l'opera:

- V_N = vita nominale dell'opera = 50 anni
 C_U = coefficiente d'uso = 1.5 (classe III)
 V_R = periodo di riferimento = 75 anni

che unitamente alle coordinate geografiche del sito in esame forniscono i seguenti valori:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,048	2,520	0,240
SLD	75	0,059	2,541	0,260
SLV	712	0,142	2,389	0,295
SLC	1462	0,181	2,382	0,304

I valori di progetto delle accelerazioni sismiche sono ottenuti sulla base delle caratteristiche del sottosuolo: l'incertezza delle proprietà fisiche dei terreni riscontrabili in sito suggerisce di utilizzare in via cautelativa una categoria di tipo C.

Essendo inoltre il sito in categoria topografica T_3 si ottengono i seguenti risultati:

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica = 1.5

S_T = coefficiente di amplificazione topografica = 1.2

$S = S_S \times S_T = 1.8$

L'amplificazione delle spinte del terreno quindi deriva dall'introduzione di coefficienti sismici K_h e K_v , la cui determinazione è stata eseguita in accordo con le indicazioni fornite dalla normativa:

$K_h = \beta_m \cdot S \cdot a_g$ con $\beta_m = 1$ in quanto l'opera non ammette spostamenti

$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$

In definitiva si ottengono i seguenti valori:

	K_h	K_v
SLD	0.106 g	0.053 g
SLV	0.255 g	0.127 g

Quali carichi verticali agenti sulla struttura si sono considerati:

- peso proprio della struttura ($\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$);
- carico associato all'altezza di ritombamento al di sopra dell'estradosso calotta, pari a 6.0 m ($\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$);
- nella porzione di terreno sotto falda, i carichi idrostatici connessi ad una altezza di falda posta al livello della calotta (il carico del terreno sotto falda è stato in tale caso valutato con $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$);

I carichi orizzontali applicati al modello sono quelli dovuti alle spinte laterali a riposo connesse al ritombamento σ_h :

$K_0 = 1 - \sin \varphi = 0.500$, con $\varphi = 30^\circ$

$\sigma_h = K_0 \cdot \sigma'_v$

e le spinte dell'acqua.

a cui si aggiungono quindi le sovra spinte sismiche pari a:

$\Delta P_{AE} = K_h \cdot \gamma \cdot H^2$ per il terreno

$\Delta P_{WE} = 7/12 \gamma_w \cdot K_h \cdot H^2$ per l'acqua, considerando condizioni dinamiche permeabili.

La sovra spinta sismica prodotta dalla falda è stata assunta in via semplificativa con distribuzione triangolare e pressione massima sul fondo pari a $7/6 \gamma_w \cdot K_h \cdot H$, in modo da mantenere inalterata la forza risultante.

4.3.3 Condizioni di carico nel modello

Qui di seguito vengono riportati i due schemi grafici semplificativi che descrivono il regime delle spinte nella fase statica e sismica.

L'altezza della galleria rappresentata nelle figure qui di seguito è stata considerata nei calcoli pari a $H' \approx 12,00$ m mentre il valore $\Delta H = 6,00$ m.

Come già evidenziato in precedenza, i diagrammi di pressione relativi alle condizioni statiche rappresentati nelle figure sono applicati per simmetria su entrambi i lati mentre nelle condizioni sismiche l'incremento sismico di spinta del terreno e le sovrappressioni idrodinamiche della falda sono applicate su un solo lato concordemente con la direzione assunta per l'azione sismica.

Le singole componenti di carico si compongono quindi delle seguenti combinazioni di carico, con i relativi coefficienti moltiplicativi esposti nella tabella seguente:

C.C.	Combinazione
SLU Statica	$1.30 G_1 + 1.30 G_2 + 1.30 P_{TL}$
SLV Sismica +	$1.00 G_1 + 1.00 G_2 + 1.00 P_{TL} + 1.0 D_{PT} + E_X + E_Z$
SLV Sismica -	$1.00 G_1 + 1.00 G_2 + 1.00 P_{TL} + 1.0 D_{PT} + E_X - E_Z$
SLE	$1.00 G_1 + 1.00 G_2 + 1.00 P_{TL}$

- G_1 = Pesi propri strutturali;
- G_2 = Sovraccarico in calotta del terreno di ritombamento;
- P_{TL} = Pressioni del terreno laterale e spinte idrostatiche;
- D_{PT} = Incremento sismico di pressione del terreno sulla parete e sovrappressione idrodinamica;
- E_X = Azione Sismica orizzontale;
- E_Z = Azione Sismica verticale (+ verso l'alto, - verso il basso).

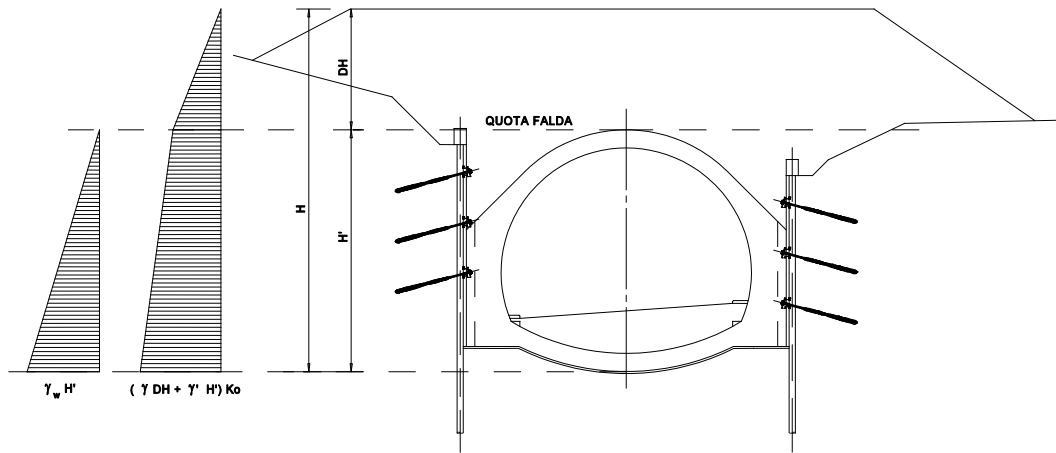


Figura 2 – Schema delle pressioni in fase statica

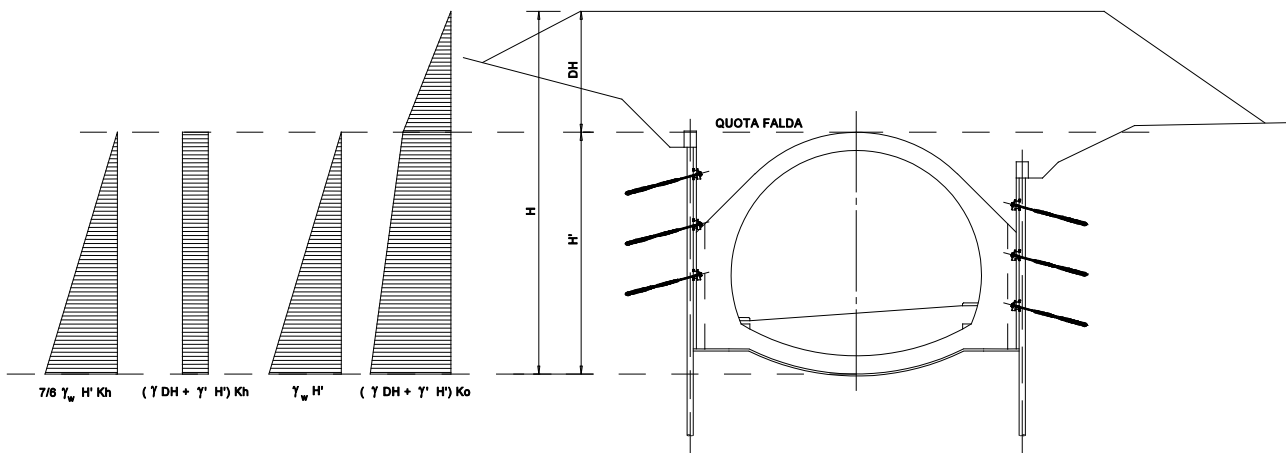
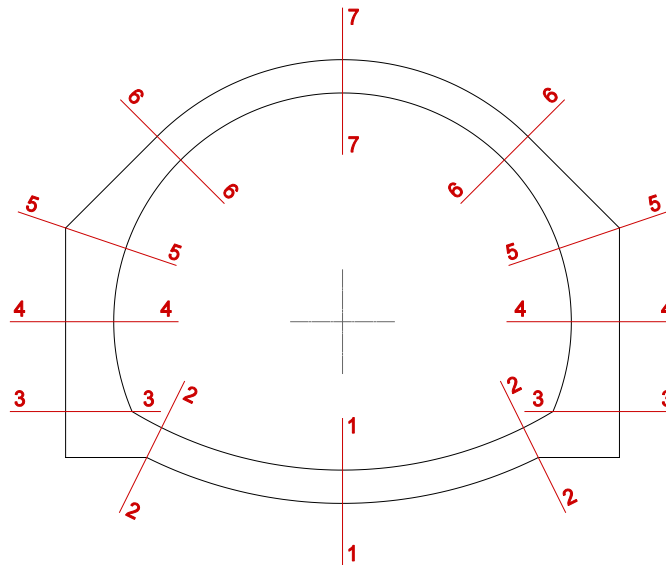


Figura 3 Schema delle pressioni in fase sismica

4.4 Verifiche strutturali

Nel presente capitolo si riportano le verifiche strutturali delle sezioni caratteristiche maggiormente sollecitate rappresentate in figura.



Le tabelle seguenti riassumono, per ciascuna delle predette sezioni di verifica, le massime caratteristiche di sollecitazione ottenute dal calcolo tra le diverse combinazioni di carico statiche e sismiche esaminate. Sono quindi riportati anche i corrispondenti valori di SLU, utilizzati nelle verifiche strutturali, ottenuti moltiplicando i valori di calcolo per il relativo coefficiente di combinazione.

CONDIZIONI STATICHE SLU							
Coeff.	1.3	Output Calcolo			Valori SLU		
Elemeno	sez. Verif.	N (kN)	M (kNm)	V (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Ved (kN)
A.R.	1	2131.00	1150.00	0.00	2770.30	1495.00	0.00
	2	1966.00	552.00	541.00	2555.80	717.60	703.30
Piedritti	3	1953.00	2121.00	505.00	2538.90	2757.30	656.50
	4	1902.00	1513.00	327.00	2472.60	1966.90	425.10
	5	1813.00	1604.00	373.00	2356.90	2085.20	484.90
Calotta	6	1427.00	439.00	387.00	1855.10	570.70	503.10
	7	963.00	579.00	0.00	1251.90	752.70	0.00

CONDIZIONI SISMA - SU							
Coeff.	1						
	Output Calcolo				Valori SLU		
Elemeno	sez. Verif.	N (kN)	M (kNm)	V (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Ved (kN)
A.R.	1	2178.00	407.00	160.00	2178.00	407.00	160.00
	2	2006.00	557.00	366.00	2006.00	557.00	366.00
Piedritti	3	1549.00	1032.00	656.00	1549.00	1032.00	656.00
	4	1515.00	373.00	463.00	1515.00	373.00	463.00
	5	1456.00	292.00	544.00	1456.00	292.00	544.00
Calotta	6	1411.00	488.00	102.00	1411.00	488.00	102.00
	7	1153.00	145.00	148.00	1153.00	145.00	148.00

CONDIZIONI SISMA - GIU							
Coeff.	1						
	Output Calcolo				Valori SLU		
Elemeno	sez. Verif.	N (kN)	M (kNm)	V (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Ved (kN)
A.R.	1	2228.00	501.00	168.00	2228.00	501.00	168.00
	2	2062.00	597.00	420.00	2062.00	597.00	420.00
Piedritti	3	1638.00	1197.00	666.00	1638.00	1197.00	666.00
	4	1594.00	397.00	471.00	1594.00	397.00	471.00
	5	1516.00	423.00	536.00	1516.00	423.00	536.00
Calotta	6	1429.00	451.00	75.00	1429.00	451.00	75.00
	7	1145.00	83.00	147.00	1145.00	83.00	147.00

Le verifiche strutturali sono condotte per sezioni di larghezza pari a 1.00 m ed altezza variabile in funzione dell'elemento relativo.

4.4.1 Verifiche a Pressoflessione

Nelle tabelle a seguire si riassumono, per ciascuna delle combinazioni di carico, i risultati delle verifiche a presso-flessione eseguite con riferimento alle caratteristiche geometriche e di armatura di ciascuna sezione.

I valori del momento resistente di ciascuna sezione sono valutati in funzione della sollecitazione assiale di compressione mediante il relativo dominio di resistenza N-M_R.

In allegato sono riportate le schede di dettaglio delle determinazioni effettuate.

CONDIZIONI STATICHE SLU									
Coeff.	1.3								
Valori SLU									
Elemeno	sez. Verif.	Ned (kN)	Med (kNm)	Ved (kN)	H (cm)	As (cm ²)	MRd (kNm)	Med/MRd	chk M
A.R.	1	2770.30	1495.00	0.00	90	10ø26	2677.00	0.56	ok
	2	2555.80	717.60	703.30	90	10ø26	2615.00	0.27	ok
Piedritti	3	2538.90	2757.30	656.50	180	5ø26	3856.00	0.72	ok
	4	2472.60	1966.90	425.10	130	5ø26	2669.00	0.74	ok
	5	2356.90	2085.20	484.90	170	5ø26	3497.00	0.60	ok
Calotta	6	1855.10	570.70	503.10	90	5ø26	1562.00	0.37	ok
	7	1251.90	752.70	0.00	90	5ø26	1344.00	0.56	ok

CONDIZIONI SISMA - SU									
Valori SLU									
Elemeno	sez. Verif.	Ned (kN)	Med (kNm)	Ved (kN)	H (cm)	As (cm ²)	MRd (kNm)	Med/MRd	chk M
A.R.	1	2178.00	407.00	160.00	90	10ø26	2499.00	0.16	ok
	2	2006.00	557.00	366.00	90	10ø26	2443.00	0.23	ok
Piedritti	3	1549.00	1032.00	656.00	180	5ø26	3087.00	0.33	ok
	4	1515.00	373.00	463.00	130	5ø26	2161.00	0.17	ok
	5	1456.00	292.00	544.00	170	5ø26	2834.00	0.10	ok
Calotta	6	1411.00	488.00	102.00	90	5ø26	1404.00	0.35	ok
	7	1153.00	145.00	148.00	90	5ø26	1306.00	0.11	ok

CONDIZIONI SISMA - GIU									
Valori SLU									
Elemeno	sez. Verif.	Ned (kN)	Med (kNm)	Ved (kN)	H (cm)	As (cm ²)	MRd (kNm)	Med/MRd	chk M
A.R.	1	2228.00	501.00	168.00	90	10ø26	2515.00	0.20	ok
	2	2062.00	597.00	420.00	90	10ø26	2462.00	0.24	ok
Piedritti	3	1638.00	1197.00	666.00	180	5ø26	3159.00	0.38	ok
	4	1594.00	397.00	471.00	130	5ø26	2206.00	0.18	ok
	5	1516.00	423.00	536.00	170	5ø26	2880.00	0.15	ok
Calotta	6	1429.00	451.00	75.00	90	5ø26	1411.00	0.32	ok
	7	1145.00	83.00	147.00	90	5ø26	1303.00	0.06	ok

Tutte le verifiche sono risultate positive.

4.4.2 Verifiche a Taglio

I valori del taglio resistente " V_{Rd} " per ciascuna sezione sono determinati con le formulazioni per elementi senza armature a taglio, calcolando la resistenza offerta dal solo contributo del calcestruzzo e dell'armatura longitudinale presente al lembo compresso.

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

Le tabelle seguenti riassumono i risultati di tali verifiche.

Essendo tutte la verifiche soddisfatte non risulta necessario prevedere armature a taglio.

CONDIZIONI STATICHE SLU								
Elemeno	sez. Verif.	Ved (kN)	H (cm)	As (cm ²)	VRd (kN)	Ved/VRd	chkV	
A.R.	1	0.00	90	10ø26	794.82	0.00	ok	
	2	703.30	90	10ø26	764.43	0.92	ok	
Piedritti	3	656.50	180	5ø26	889.51	0.74	ok	
	4	425.10	130	5ø26	753.57	0.56	ok	
	5	484.90	170	5ø26	838.27	0.58	ok	
Calotta	6	503.10	90	5ø26	582.16	0.86	ok	
	7	0.00	90	5ø26	496.70	0.00	ok	

CONDIZIONI SISMA - SU								
Elemeno	sez. Verif.	Ved (kN)	H (cm)	As (cm ²)	VRd (kN)	Ved/VRd	chkV	
A.R.	1	160.00	90	10ø26	710.91	0.23	ok	
	2	366.00	90	10ø26	686.54	0.53	ok	
Piedritti	3	656.00	180	5ø26	745.15	0.88	ok	
	4	463.00	130	5ø26	615.45	0.75	ok	
	5	544.00	170	5ø26	707.11	0.77	ok	
Calotta	6	102.00	90	5ø26	519.24	0.20	ok	
	7	148.00	90	5ø26	482.69	0.31	ok	

CONDIZIONI SISMA - GIU								
Elemeno	sez. Verif.	Ved (kN)	H (cm)	As (cm ²)	VRd (kN)	Ved/VRd	chkV	
A.R.	1	168.00	90	10ø26	717.99	0.23	ok	
	2	420.00	90	10ø26	694.48	0.60	ok	
Piedritti	3	666.00	180	5ø26	758.13	0.88	ok	
	4	471.00	130	5ø26	626.85	0.75	ok	
	5	536.00	170	5ø26	715.85	0.75	ok	
Calotta	6	75.00	90	5ø26	521.79	0.14	ok	
	7	147.00	90	5ø26	481.56	0.31	ok	

4.4.3 Verifica agli stati limite di esercizio

Le verifiche nei confronti degli Stati Limite di Esercizio, riportate nel seguito, consistono nel verificare, per tutti gli SLE, la seguente condizione:

$$E_d \leq C_d \quad \text{ovvero} \quad E_d / C_d \leq 1$$

E_d = effetto delle azioni di progetto per la combinazione di carico analizzata (tensione, deformazione, ecc..);

C_d = corrispondente valore limite di calcolo consentito.

Verifiche a fessurazione

Per la struttura in oggetto si prevede la seguente Classe di esposizione: XS1

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere considerate come "aggressive".

Tab. 4.1.III - Descrizione delle condizioni ambientali

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

Le armature adottate, essendo costituite da acciaio ordinario da c.a., sono da considerarsi, agli effetti della corrosione, "poco sensibili".

Con riferimento alle condizioni ambientali sopra riportate, la scelta degli stati limite a fessurazione viene effettuata secondo i criteri indicati dalla norma, riportati nella tabella seguente:

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Combinazione frequente: S.L. di apertura fessure: $w_d \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

Combinazione q. permanente: S.L. di apertura fessure: $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Il valore di calcolo di apertura delle fessure è determinato come:

$$w_d = \varepsilon_{sm} \cdot \delta_{smax}$$

- ε_{sm} = deformazione media dell'acciaio;
- δ_{smax} = distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria media dell'armatura " ε_{sm} " è data da (§ C4.1.6):

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

- σ_s = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata;
- α_e = E_s / E_{cm} ;
- ρ_{eff} = $A_s / A_{c,eff}$;
- $A_{c,eff}$ = area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura;
- k_t = 0,4 per carichi di lunga durata.

La distanza massima tra le fessure " δ_{smax} " è data da (§ C4.1.7):

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

- ϕ = diametro barre;
- c = copriferro;
- k_1 = 0.8 (barre ad aderenza migliorata);
- k_2 = 0.5 (per stato tensionale di flessione o presso-flessione);
- k_3 = 3.4;
- k_4 = 0.425

Verifiche delle tensioni in esercizio

La verifica delle tensioni in esercizio nel calcestruzzo e nell'acciaio viene effettuata in riferimento alle tensioni risultanti nei materiali per le seguenti combinazioni di carico e rispettivi limiti tensionali:

Combinazione "caratteristica" (rara):

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} (=18 \text{ MPa}) - \sigma_s < 0.80 f_{yk} (=360 \text{ MPa})$$

Combinazione "quasi permanente" :

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} (=13.50 \text{ MPa})$$

Nella tabella riportata nel seguito si riassumono i risultati delle predette verifiche.

Per le due combinazioni di carico "Frequente" e "Quasi permanente" le sollecitazioni sono le stesse.

Le verifiche sono quindi eseguite con riferimento alla condizione più restrittiva che prevede come limite massimo di apertura delle fessure il valore di $w_1 = 0.2 \text{ mm}$.

Tutte le verifiche sono risultate positive

Elemeno	sez. Verif.	N (kN)	M (kNm)	h (cm)	d (cm)	ϕ (mm)	As (cm ²)	σ _c (N/mm ²)	chk σ _c	σ _s (N/mm ²)	chk σ _s	x (cm)	h _{c,eff} (cm)	A _{c,eff} (cm ²)	ρ _{eff}	ε _{s,m}	Δ _{s,max} (mm)	Wd (mm)	chk w
A.R.	1	2131.00	1150.00	90.00	85.00	26	53.10	9.28	ok	120.70	ok	80.00	3.33	333.34	0.1593	0.000505	45	0.023	ok
	2	1966.00	552.00	90.00	85.00	26	53.10	4.90	ok	16.81	ok	16.67	12.50	1250.00	0.0425	0.000048	121	0.006	ok
Piedritti	3	1953.00	2121.00	180.00	175.00	26	26.55	6.86	ok	180.30	ok	80.00	12.50	1250.00	0.0212	0.000563	225	0.127	ok
	4	1902.00	1513.00	130.00	125.00	26	26.55	8.50	ok	193.30	ok	16.67	12.50	1250.00	0.0212	0.000625	225	0.141	ok
	5	1813.00	1604.00	170.00	165.00	26	26.55	5.58	ok	117.10	ok	16.67	12.50	1250.00	0.0212	0.000335	225	0.075	ok
Calotta	6	1427.00	439.00	90.00	85.00	26	26.55	4.56	ok	30.32	ok	80.00	3.33	333.34	0.0796	0.000087	72	0.006	ok
	7	963.00	579.00	90.00	85.00	26	26.55	6.11	ok	126.60	ok	16.67	12.50	1250.00	0.0212	0.000362	225	0.081	ok

Legenda tabella:

- h altezza totale della sezione
- d altezza utile della sezione
- ϕ diametro barre di armatura
- A_s area acciaio teso
- σ_c tensione nel calcestruzzo
- σ_s tensione nell' acciaio
- x altezza zona compressa della sezione (0.00 = sezione non fessurata)
- h_{c,eff} altezza efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura

Per quanto riguarda la verifica alle deformazioni, si analizzano gli spostamenti del nodo posto in sommità alla calotta secondo la combinazione allo SLE.

Si impone che gli spostamenti verticali relativi dovranno essere inferiori a $L/1000$ dove L rappresenta la luce netta misurata in corrispondenza del piano dei centri. Essendo in questo caso $L= 12.36$ m si ottiene che

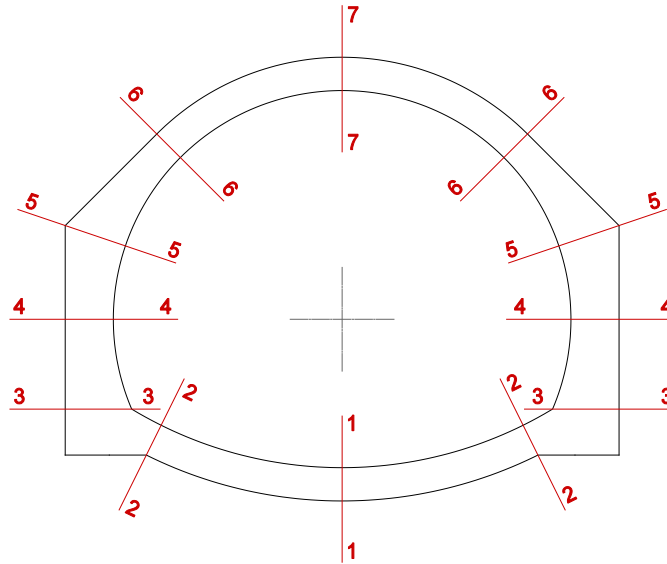
$$w_z < L/1000 = 12.4 \text{ mm}$$

Dalla combinazione allo SLE si ottiene che lo spostamento “assoluto” del punto in questione è pari a $w_z = 70,2$ mm

che va confrontato con il cedimento globale della sezione, dovuto alla compressione del terreno di fondazione, valutabile tramite lo spostamento del punto centrale in arco rovescio. Per tale punto lo spostamento è pari a $w'_z = 60,0$ mm da cui

$\Delta w_z = 70.2 - 60.0 = 10.2 \text{ mm} < 12.4$ verificato.

5. Allegato 1 – Verifiche strutturali



Numerazione delle sezioni caratteristiche di verifica

Verifica C.A. S.L.U. - File: STAT-AR-1

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

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	53.1	5
			2	53.1	85

Materiali

Proprietà	B450C	C30/37
ϵ_{su}	67.5 ‰	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm²	17 ‰
E_s/E_c	15	
ϵ_{syd}	1.957 ‰	11.5 ‰
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co} 0.6933
	τ_{c1} 2.029	

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

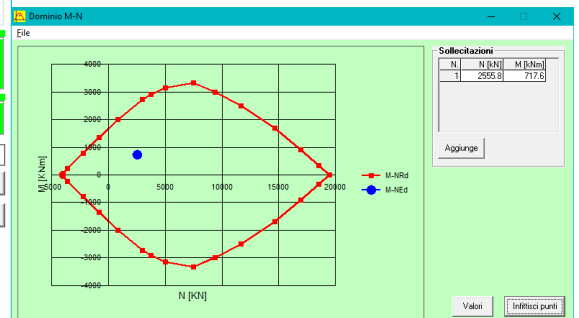
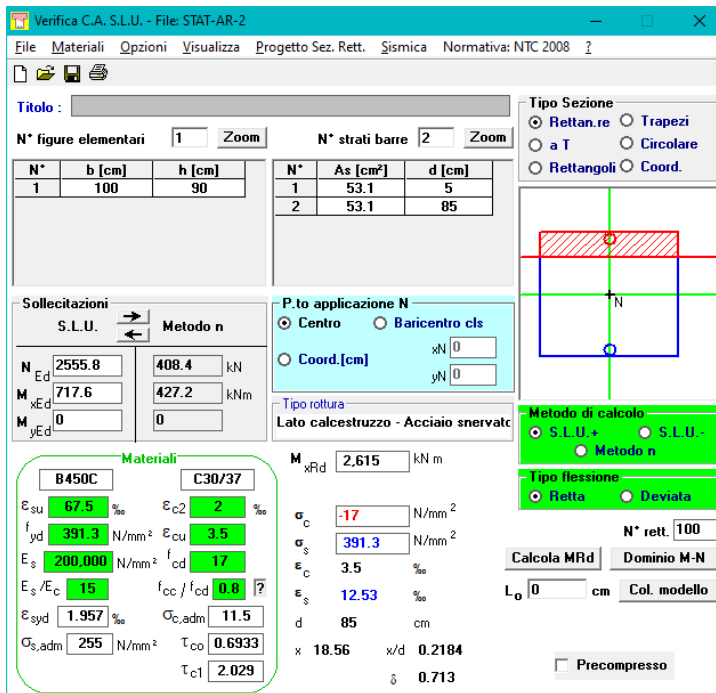
Tipo flessione: Retta Deviata

Calcola MRd **Dominio M-N**

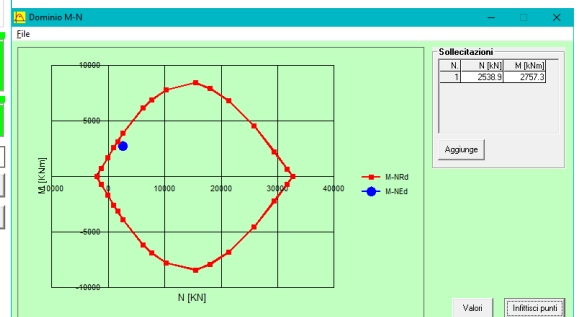
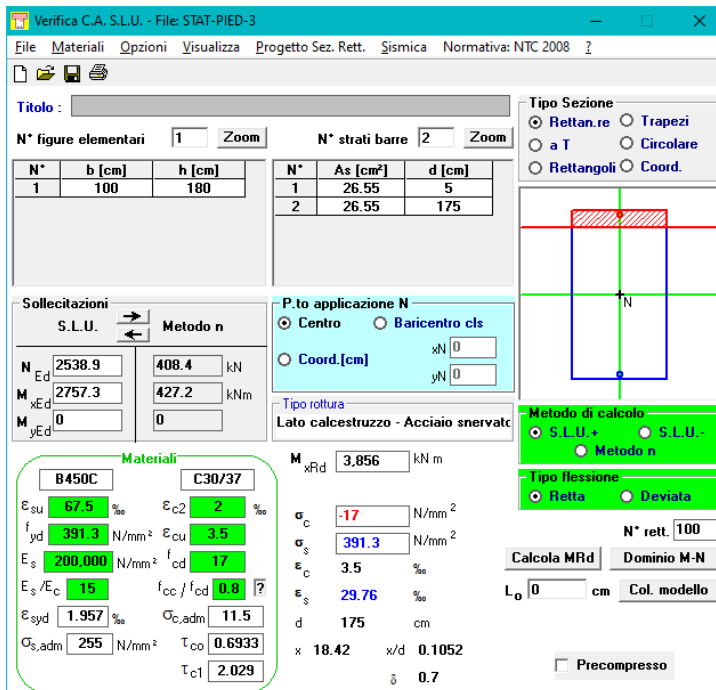
Dominio M-N

Plot showing Moment (M [kNm]) vs Normal Force (N [kN]).

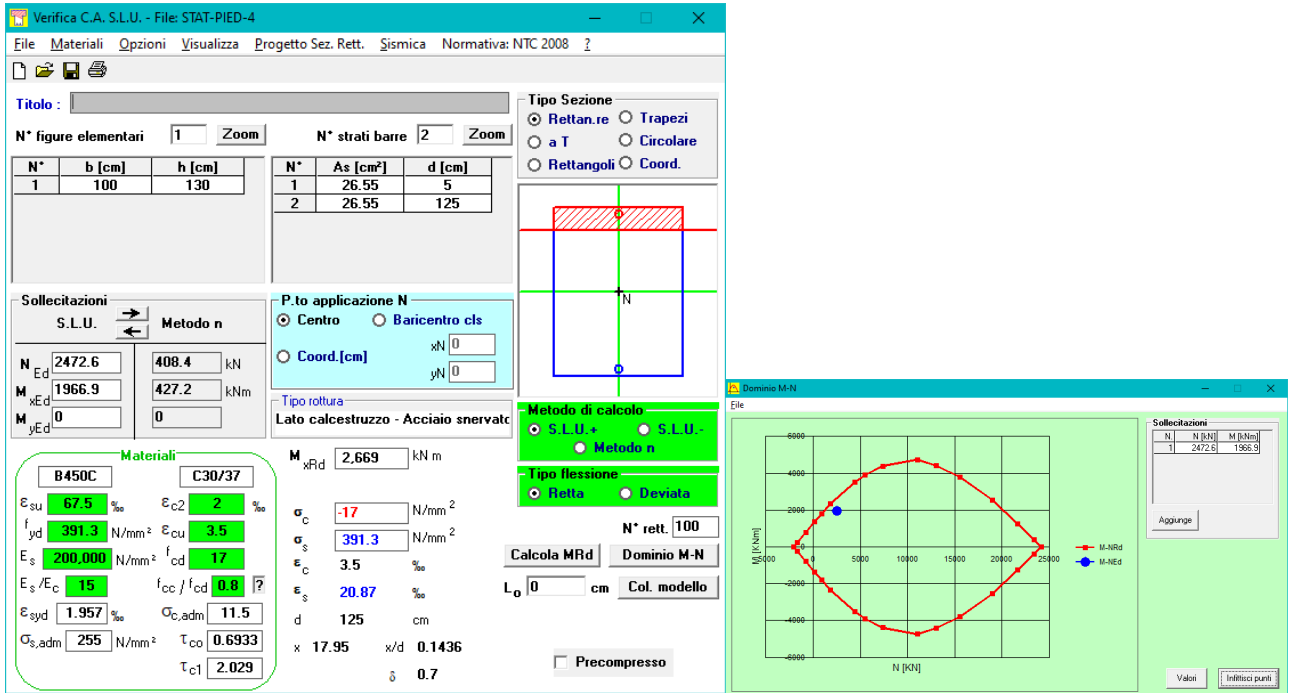
Sezione 1-1
 SLU - Statica



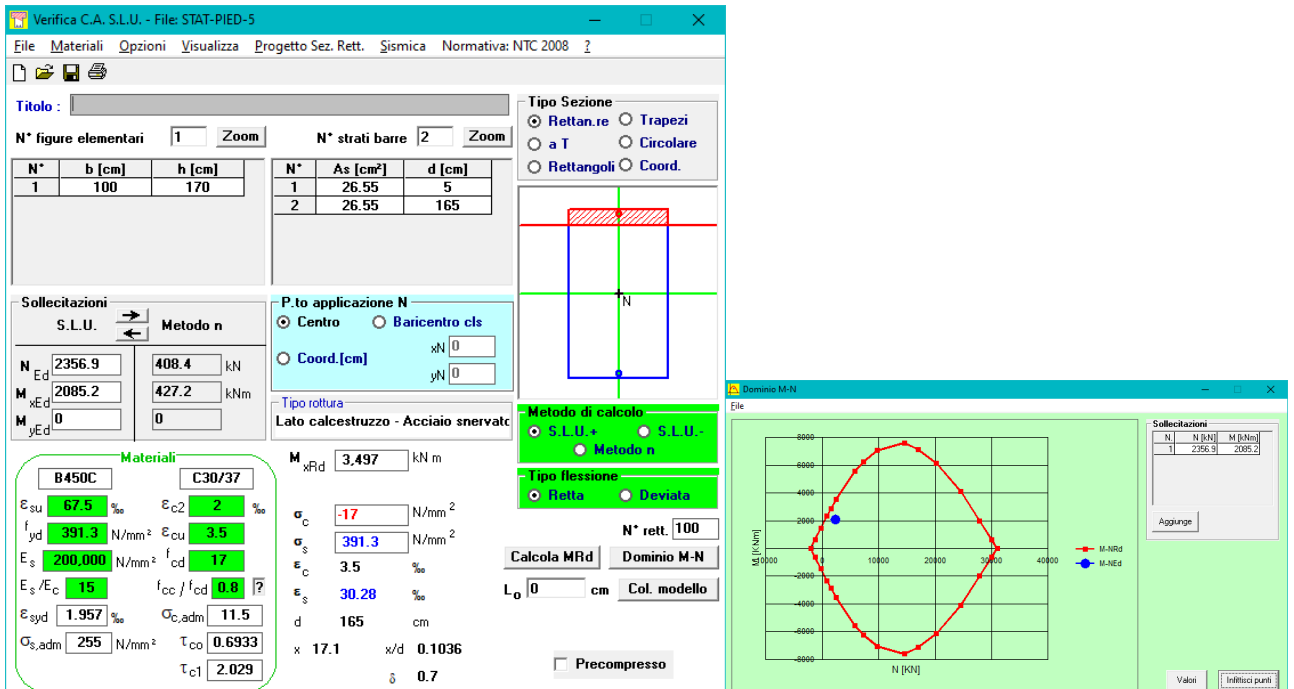
Sezione 2-2
 SLU - Statica



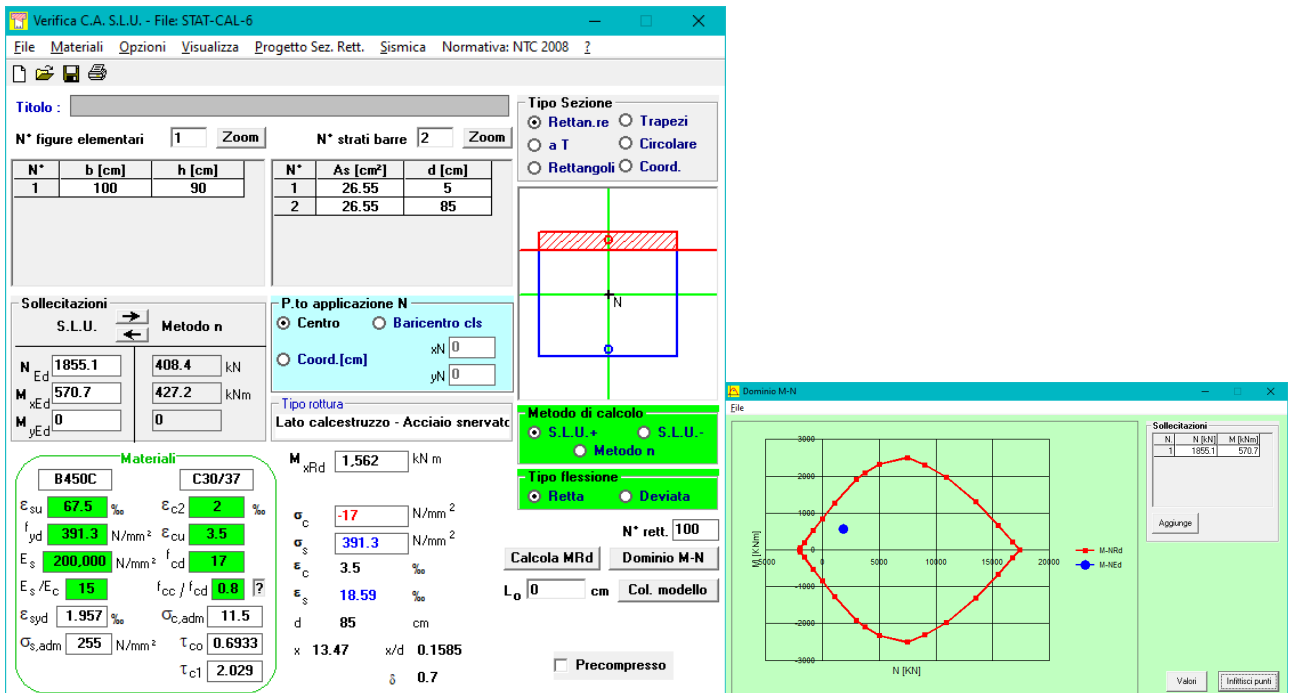
Sezione 3-3
 SLU - Statica



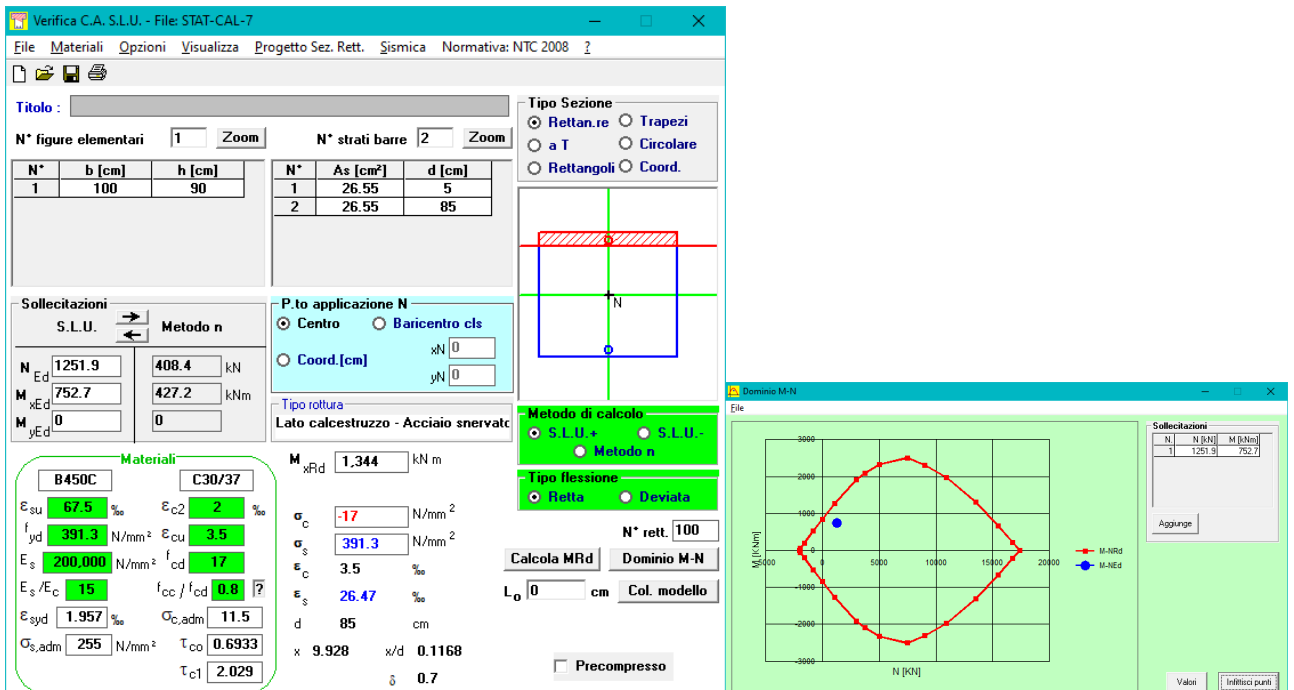
Sezione 4-4
 SLU - Statica



Sezione 5-5
 SLU - Statica



Sezione 6-6
 SLU - Statica



Sezione 7-7
 SLU - Statica

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-AR-1

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	53.1	5
			2	53.1	85

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2178 408.4 kN
 M_{Ed} 407 427.2 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 2,499 kNm

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm ²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.69333
		τ_{c1}	2.029

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 15.31 ‰
 d 85 cm
 x 15.82 x/d 0.1861
 δ 0.7

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

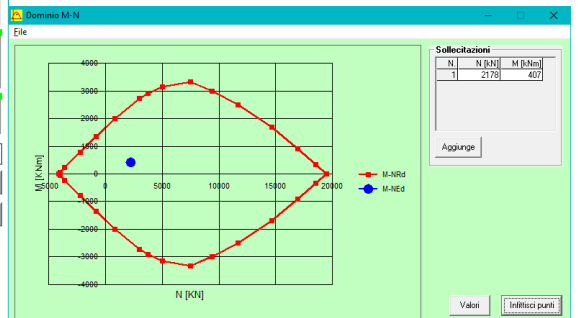
Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



Sezione 1-1
 SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-AR-2

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	53.1	5
			2	53.1	85

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 2006 408.4 kN
 M_{Ed} 557 427.2 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 2,443 kNm

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm ²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.69333
		τ_{c1}	2.029

σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 16.92 ‰
 d 85 cm
 x 14.57 x/d 0.1714
 δ 0.7

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

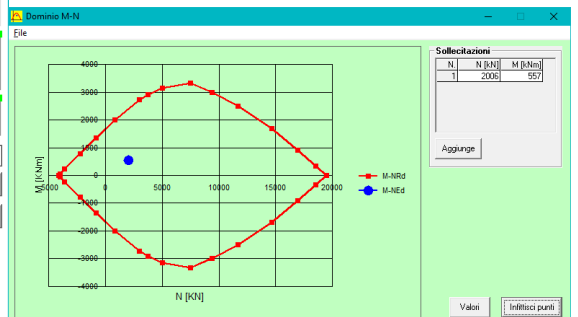
Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



Sezione 2-2
 SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-PIED-3

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	180	1	26.55	5
			2	26.55	175

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

Diagramma sezione:

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1549 408.4 kN
 M_{xEd} 1032 427.2 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

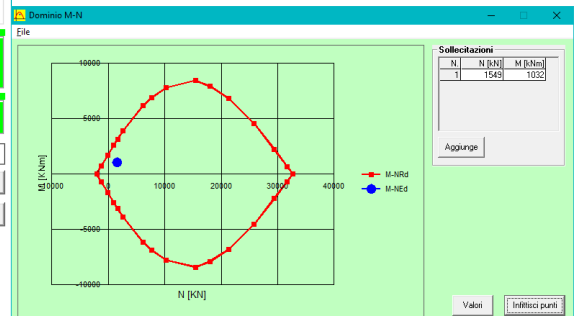
N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 E_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 3,087 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 50.92 ‰
 d 175 cm
 x 11.25 x/d 0.06431
 δ 0.7



Sezione 3-3
 SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-PIED-4

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	130	1	26.55	5
			2	26.55	125

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

Diagramma sezione:

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1515 408.4 kN
 M_{xEd} 373 427.2 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione: Retta Deviata

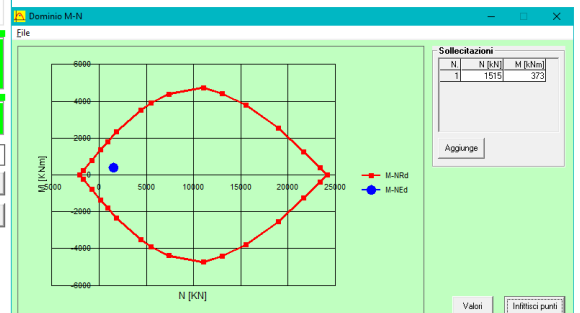
N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 E_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 2,161 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 35.89 ‰
 d 125 cm
 x 11.11 x/d 0.08886
 δ 0.7



Sezione 4-4
 SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-PIED-5

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	170	1	26.55	5
			2	26.55	165

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1456 408.4 kN
 M_{Ed} 292 427.2 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali B450C C30/37

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 E_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 2,834 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 49.86 ‰
 d 165 cm
 x 10.82 x/d 0.06559
 δ 0.7

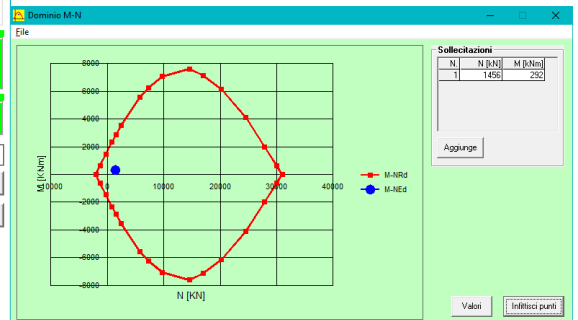
Tipo Sezione
 Rettang.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



Sezione 5-5
 SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-CAL-6

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

Titolo: _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	26.55	5
			2	26.55	85

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1411 408.4 kN
 M_{Ed} 488 427.2 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali B450C C30/37

E_{su} 67.5 ‰ E_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 E_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M_{xRd} 1,404 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 24.48 ‰
 d 85 cm
 x 10.63 x/d 0.1251
 δ 0.7

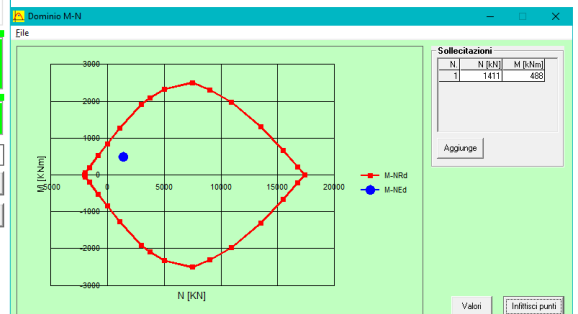
Tipo Sezione
 Rettang.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso



Sezione 6-6
 SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISUP-CAL-7

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	26.55	5
			2	26.55	85

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 1153 408.4 kN
 M_{Ed}: 145 427.2 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C30/37

M_{xRd}: 1.306 kNm

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso:

Dominio M-N

Sollecitazioni:

N	N [kN]	M [kNm]
1	1153	145

Sezione 7-7
SLV – Sisma Su

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISDW-AR-1

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	53.1	5
			2	53.1	85

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 2228 408.4 kN
 M_{Ed}: 501 427.2 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N: Centro

Materiali: B450C, C30/37

M_{xRd}: 2.515 kNm

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

Tipo flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

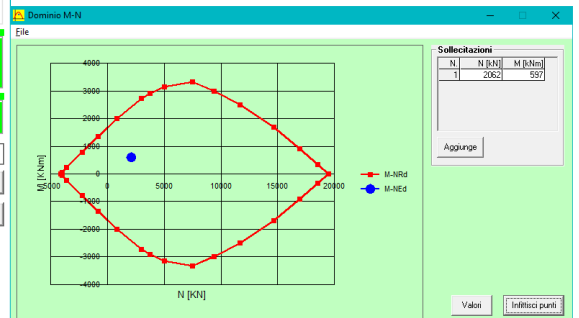
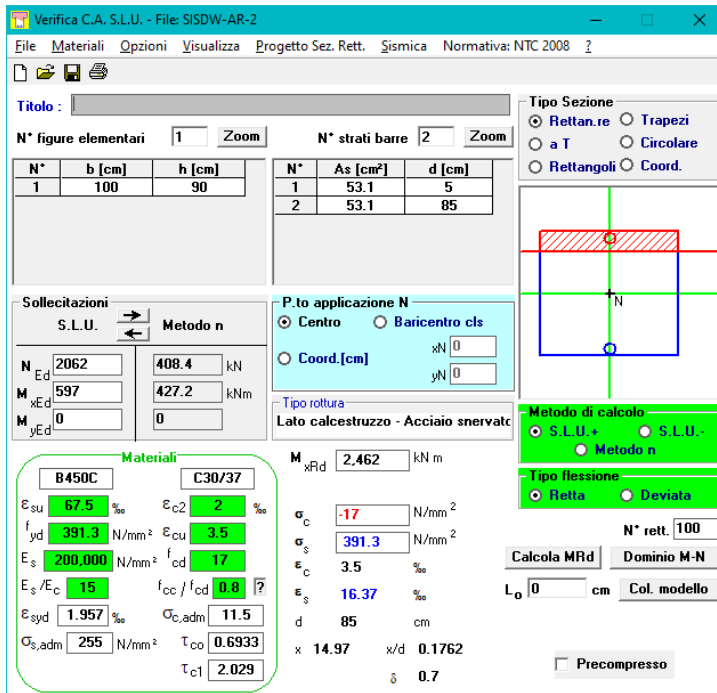
Precompresso:

Dominio M-N

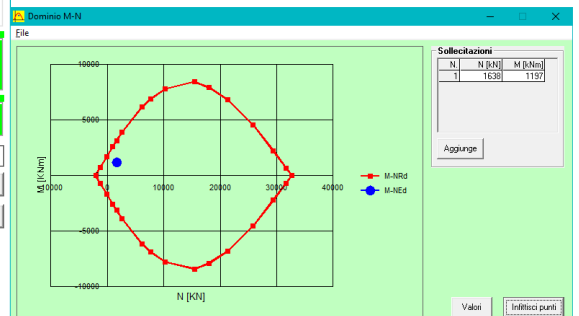
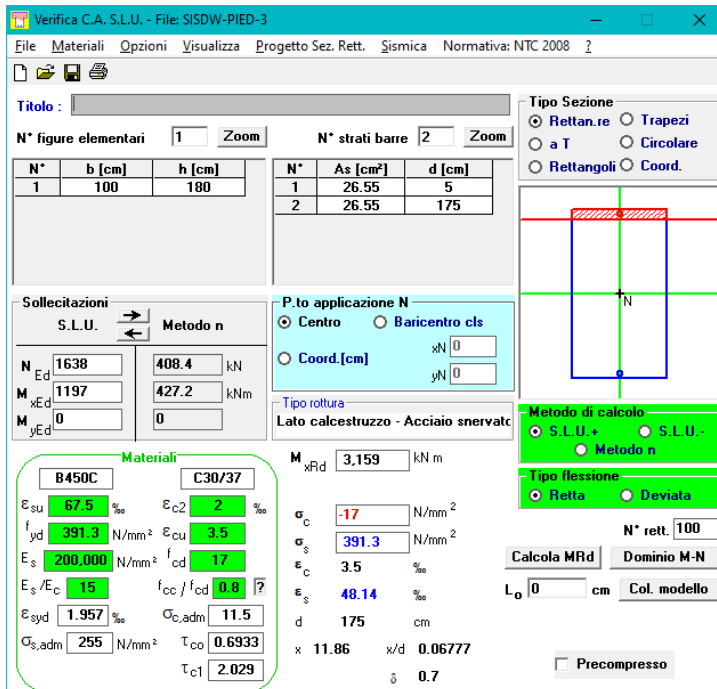
Sollecitazioni:

N	N [kN]	M [kNm]
1	2228	501

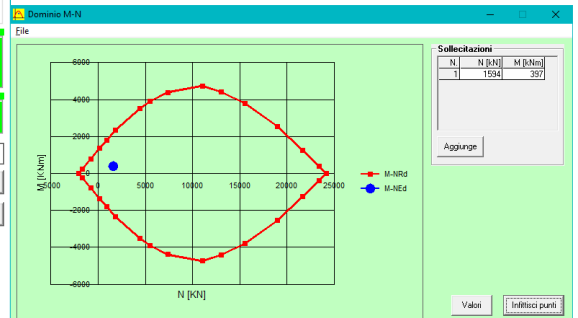
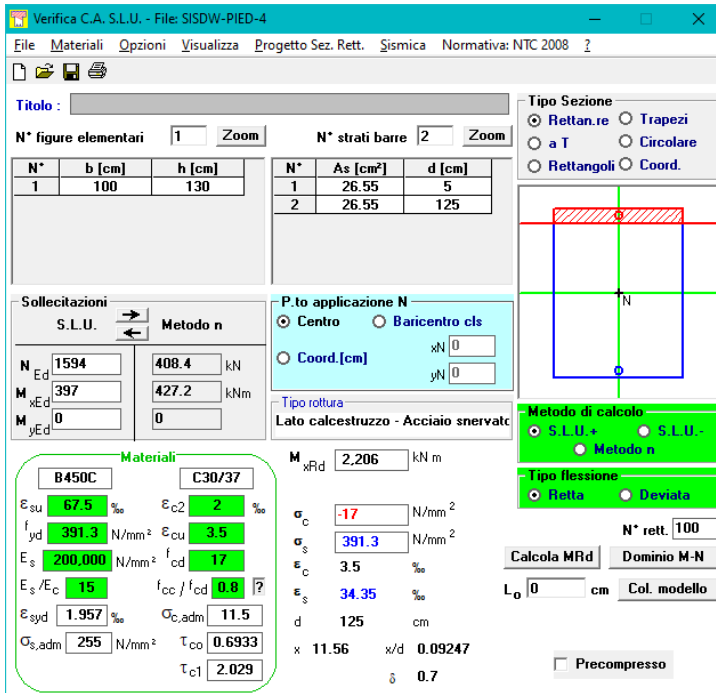
Sezione 1-1
SLV – Sisma Giu



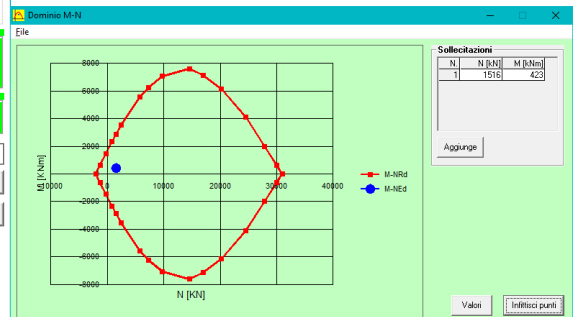
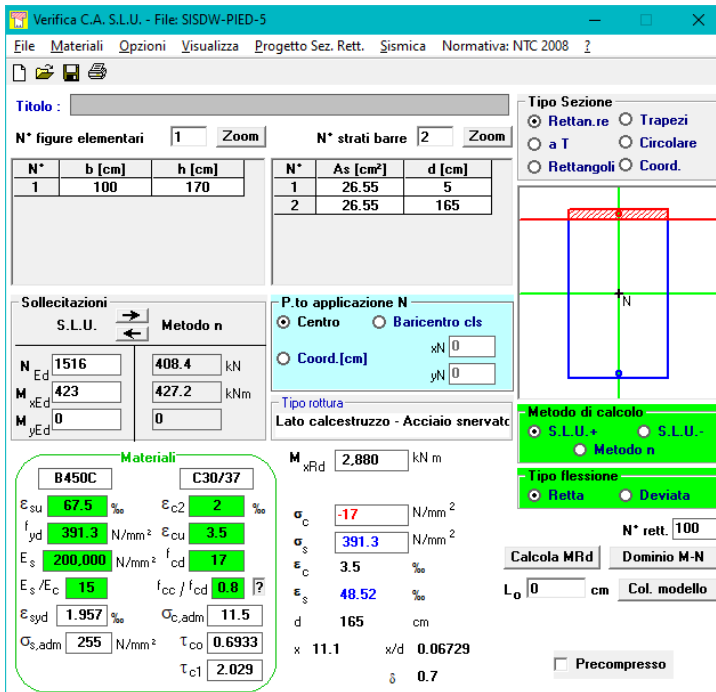
Sezione 2-2
 SLV – Sisma Giu



Sezione 3-3
 SLV – Sisma Giu



Sezione 4-4
 SLV – Sisma Giu



Sezione 5-5
 SLV – Sisma Giu

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISDW-CAL-6

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

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	26.55	5
			2	26.55	85

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

Diagramma della sezione rettangolare con barre d'acciaio.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	1429	408.4	kN
M _{xEd}	451	427.2	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

ϵ_{su}	67.5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391.3	N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5	%
E_s	200,000	N/mm ²	f_{cd}	17	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.957	%	$\sigma_{c,adm}$	11.5	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm ²	τ_{co}	0.6933	
			τ_{c1}	2.029	

M_{xRd} 1.411 kN m

σ_c -17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

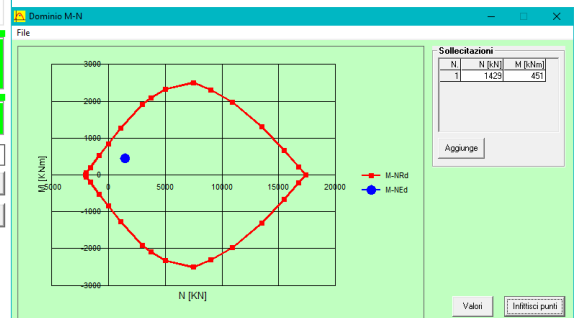
ϵ_s 3.5 %

ϵ_s 24.26 %

d 85 cm

x 10.72 x/d 0.1261

δ 0.7



Sezione 6-6
 SLV – Sisma Giu

Verifica C.A. S.L.U. - File: SISDW-CAL-7

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

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	90	1	26.55	5
			2	26.55	85

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

Diagramma della sezione rettangolare con barre d'acciaio.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	1145	408.4	kN
M _{xEd}	83	427.2	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

ϵ_{su}	67.5	%	ϵ_{c2}	2	%
f_{yd}	391.3	N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5	%
E_s	200,000	N/mm ²	f_{cd}	17	
E_s/E_c	15		f_{cc}/f_{cd}	0.8	?
ϵ_{syd}	1.957	%	$\sigma_{c,adm}$	11.5	
$\sigma_{s,adm}$	255	N/mm ²	τ_{co}	0.6933	
			τ_{c1}	2.029	

M_{xRd} 1.303 kN m

σ_c -17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

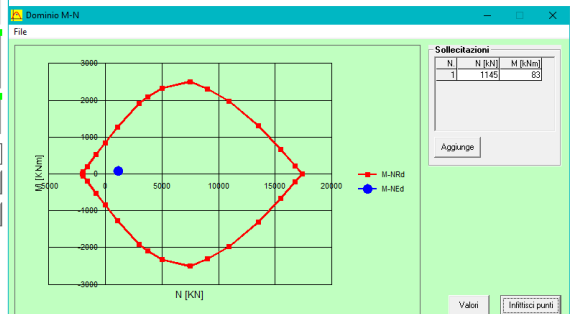
ϵ_s 3.5 %

ϵ_s 27.9 %

d 85 cm

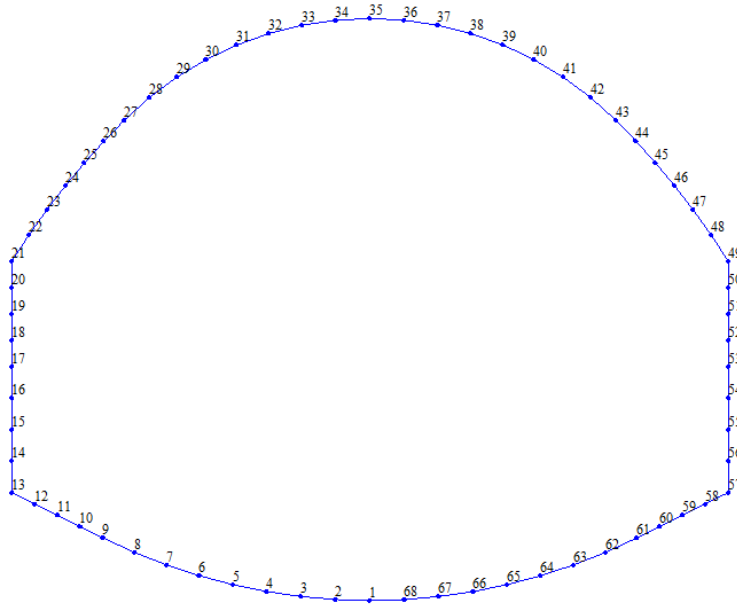
x 9.476 x/d 0.1115

δ 0.7

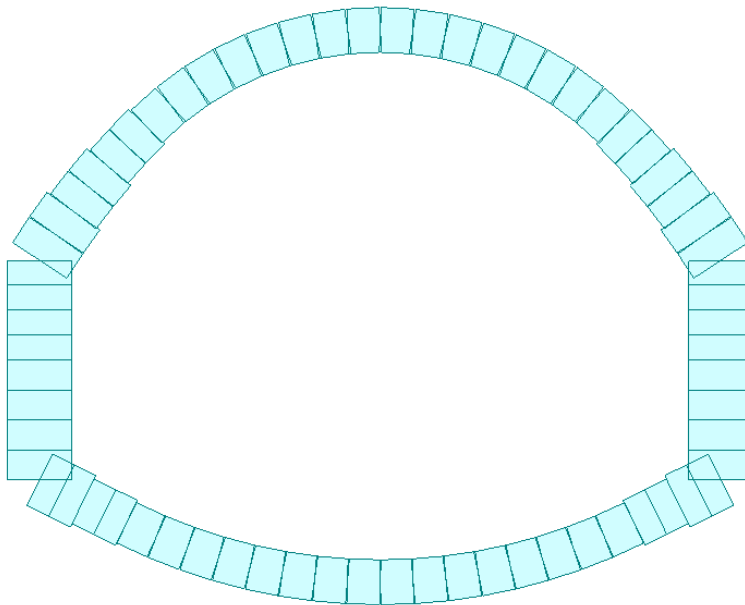


Sezione 7-7
 SLV – Sisma Giu

6. Allegato 2 - Tabulati di calcolo



Numerazione dei nodi del modello



Vista estrusa del modello

Node	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	0	0	-4.46097
2	-0.65891	0	-4.44199
3	-1.31564	0	-4.38513
4	-1.96801	0	-4.29057
5	-2.61385	0	-4.15862
6	-3.25103	0	-3.98973
7	-3.87744	0	-3.78445
8	-4.49099	0	-3.54346
9	-5.08966	0	-3.26756
10	-5.52527	0	-3.0514
11	-5.96088	0	-2.83524
12	-6.39649	0	-2.61907
13	-6.8321	0	-2.40291
14	-6.8321	0	-1.80218
15	-6.8321	0	-1.20145
16	-6.8321	0	-0.60073
17	-6.8321	0	0
18	-6.8321	0	0.501009
19	-6.8321	0	1.002018
20	-6.8321	0	1.503028
21	-6.8321	0	2.004037
22	-6.49924	0	2.510869
23	-6.15742	0	2.98969
24	-5.80641	0	3.44402
25	-5.44554	0	3.876995
26	-5.07374	0	4.291384
27	-4.68961	0	4.689605
28	-4.20736	0	5.126685
29	-3.6846	0	5.514393
30	-3.12635	0	5.848993
31	-2.538	0	6.127265
32	-1.9252	0	6.346527
33	-1.29386	0	6.50467
34	-0.65006	0	6.600168
35	0	0	6.632104
36	0.65006	0	6.600168
37	1.293859	0	6.50467
38	1.925198	0	6.346527
39	2.537996	0	6.127265
40	3.126352	0	5.848993
41	3.684599	0	5.514393
42	4.207362	0	5.126685
43	4.689605	0	4.689605
44	5.073741	0	4.291384
45	5.445539	0	3.876995
46	5.806413	0	3.44402
47	6.157423	0	2.98969
48	6.499241	0	2.510869
49	6.832104	0	2.004037
50	6.832104	0	1.503028
51	6.832104	0	1.002018
52	6.832104	0	0.501009
53	6.832104	0	0
54	6.832104	0	-0.60073
55	6.832104	0	-1.20145
56	6.832104	0	-1.80218
57	6.832104	0	-2.40291
58	6.396494	0	-2.61907
59	5.960884	0	-2.83524
60	5.525274	0	-3.0514
61	5.089664	0	-3.26756
62	4.490994	0	-3.54346
63	3.877439	0	-3.78445
64	3.251033	0	-3.98973
65	2.613852	0	-4.15862
66	1.968007	0	-4.29057
67	1.31564	0	-4.38513
68	0.658912	0	-4.44199

No	Type	Material		Section		Thickness		L/A/V	Value	Unit Weight (kN/m³)	Total Weight (kN)
		No	Name	No	Name	No	Name				
1	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
2	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
3	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
4	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
5	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
6	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
7	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
8	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
9	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.4863	25	12.1574
10	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.4863	25	12.1574
11	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.4863	25	13.981
12	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.4863	25	13.981
13	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
14	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
15	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
16	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
17	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
18	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
19	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
20	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
21	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6064	25	19.7068
22	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.5883	25	19.1201
23	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.5741	25	16.5062
24	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.5636	25	16.2048
25	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.5567	25	13.9183
26	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.5533	25	13.8325
27	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
28	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
29	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
30	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
31	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
32	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
33	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
34	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
35	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
36	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
37	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
38	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
39	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
40	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
41	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
42	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6508	25	14.644
43	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.5533	25	13.8325
44	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.5567	25	13.9183
45	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.5636	25	16.2048
46	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.5741	25	16.5062
47	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.5883	25	19.1201
48	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6064	25	19.7068
49	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
50	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
51	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
52	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.501	25	16.2828
53	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
54	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
55	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
56	BEAM	1	C30/37	8	P130	-	-	L	0.6007	25	19.5236
57	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.4863	25	13.981
58	BEAM	1	C30/37	6	P115	-	-	L	0.4863	25	13.981
59	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.4863	25	12.1574
60	BEAM	1	C30/37	2	P100	-	-	L	0.4863	25	12.1574
61	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
62	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
63	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
64	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
65	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
66	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
67	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317
68	BEAM	1	C30/37	1	AR	-	-	L	0.6592	25	14.8317

Elem	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
1	SLU	J[1]	-2130.88	0	-61.36	0	-1149.29	0
2	SLU	J[2]	-2128.55	0	10.46	0	-1125.72	0
3	SLU	J[3]	-2117.63	0	84.43	0	-1054.38	0
4	SLU	J[4]	-2098.73	0	162.35	0	-933.41	0
5	SLU	J[5]	-2072.77	0	245.84	0	-759.82	0
6	SLU	J[6]	-2040.95	0	336.23	0	-529.59	0
7	SLU	J[7]	-2004.78	0	434.53	0	-237.92	0
8	SLU	J[8]	-1965.92	0	541.32	0	120.55	0
9	SLU	J[9]	-1906.54	0	711.87	0	551.45	0
10	SLU	J[10]	-1844.41	0	879.3	0	938.29	0
11	SLU	J[11]	-1783.17	0	1047.83	0	1406.83	0
12	SLU	J[12]	-1721.76	0	1215.15	0	1957.03	0
13	SLU	J[13]	-1977.46	0	-873.24	0	2588.79	0
14	SLU	J[14]	-1952.08	0	-687.31	0	2120.19	0
15	SLU	J[15]	-1926.7	0	-504.69	0	1762.35	0
16	SLU	J[16]	-1901.32	0	-326.38	0	1512.97	0
17	SLU	J[17]	-1875.94	0	-153.37	0	1369.16	0
18	SLU	J[18]	-1854.77	0	-13.84	0	1327.47	0
19	SLU	J[19]	-1833.6	0	120.77	0	1354.47	0
20	SLU	J[20]	-1812.44	0	249.89	0	1447.57	0
21	SLU	J[21]	-1701.98	0	671.57	0	-1603.86	0
22	SLU	J[22]	-1627.26	0	597.38	0	-1238.73	0
23	SLU	J[23]	-1555.88	0	524.94	0	-926.27	0
24	SLU	J[24]	-1489.79	0	455.43	0	-660.99	0
25	SLU	J[25]	-1426.54	0	386.62	0	-438.62	0
26	SLU	J[26]	-1368.01	0	319.93	0	-255.96	0
27	SLU	J[27]	-1303.54	0	293.81	0	-110.73	0
28	SLU	J[28]	-1228.15	0	281.89	0	36.68	0
29	SLU	J[29]	-1157.85	0	259.91	0	175.32	0
30	SLU	J[30]	-1095.62	0	229.48	0	298.93	0
31	SLU	J[31]	-1043.83	0	192.99	0	402.45	0
32	SLU	J[32]	-1004.07	0	153.33	0	482.5	0
33	SLU	J[33]	-977.01	0	113.72	0	537.66	0
34	SLU	J[34]	-962.31	0	77.34	0	568.59	0
35	SLU	J[35]	-958.71	0	47.1	0	578	0
36	SLU	J[36]	-965.26	0	17.35	0	568.59	0
37	SLU	J[37]	-983.45	0	-17.41	0	537.66	0
38	SLU	J[38]	-1014.27	0	-54.18	0	482.5	0
39	SLU	J[39]	-1057.72	0	-89.74	0	402.45	0
40	SLU	J[40]	-1112.84	0	-120.99	0	298.93	0
41	SLU	J[41]	-1177.75	0	-145.17	0	175.32	0
42	SLU	J[42]	-1249.86	0	-160.15	0	36.68	0
43	SLU	J[43]	-1320.31	0	-205.76	0	-110.73	0
44	SLU	J[44]	-1378.67	0	-270.32	0	-255.96	0
45	SLU	J[45]	-1439.69	0	-334.37	0	-438.62	0
46	SLU	J[46]	-1505.63	0	-399.98	0	-660.99	0
47	SLU	J[47]	-1574.62	0	-465.73	0	-926.27	0
48	SLU	J[48]	-1649.25	0	-533.69	0	-1238.73	0
49	SLU	J[49]	-1791.27	0	372.96	0	-1603.86	0
50	SLU	J[50]	-1812.44	0	249.89	0	-1447.57	0
51	SLU	J[51]	-1833.6	0	120.77	0	-1354.47	0
52	SLU	J[52]	-1854.77	0	-13.84	0	-1327.47	0
53	SLU	J[53]	-1875.94	0	-153.37	0	-1369.16	0
54	SLU	J[54]	-1901.32	0	-326.38	0	-1512.97	0
55	SLU	J[55]	-1926.7	0	-504.69	0	-1762.35	0
56	SLU	J[56]	-1952.08	0	-687.31	0	-2120.19	0
57	SLU	J[57]	-1661.23	0	-1383.19	0	2588.79	0
58	SLU	J[58]	-1721.76	0	-1215.15	0	1957.03	0
59	SLU	J[59]	-1783.17	0	-1047.83	0	1406.83	0
60	SLU	J[60]	-1844.41	0	-879.3	0	938.29	0
61	SLU	J[61]	-1885.25	0	-766.45	0	551.45	0
62	SLU	J[62]	-1931.51	0	-653.56	0	120.55	0
63	SLU	J[63]	-1976.45	0	-549.18	0	-237.92	0
64	SLU	J[64]	-2018.22	0	-453.12	0	-529.59	0
65	SLU	J[65]	-2055.18	0	-364.71	0	-759.82	0
66	SLU	J[66]	-2085.91	0	-282.86	0	-933.41	0
67	SLU	J[67]	-2109.26	0	-206.16	0	-1054.38	0
68	SLU	J[68]	-2124.42	0	-132.93	0	-1125.72	0

Elem	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
1	SLV+	J[1]	-2177.5	0	12.23	0	-365.55	0
2	SLV+	J[2]	-2172.47	0	35.03	0	-308.91	0
3	SLV+	J[3]	-2155.23	0	57.06	0	-237.84	0
4	SLV+	J[4]	-2126.21	0	80.1	0	-152.5	0
5	SLV+	J[5]	-2086.2	0	105.81	0	-51.86	0
6	SLV+	J[6]	-2036.26	0	135.61	0	66.11	0
7	SLV+	J[7]	-1977.77	0	170.67	0	204.34	0
8	SLV+	J[8]	-1912.32	0	211.82	0	366.44	0
9	SLV+	J[9]	-1833.43	0	312.44	0	556.49	0
10	SLV+	J[10]	-1765.21	0	425.98	0	736	0
11	SLV+	J[11]	-1697.81	0	540.25	0	970.91	0
12	SLV+	J[12]	-1630.09	0	653.9	0	1261.24	0
13	SLV+	J[13]	-1382.83	0	-1058.87	0	1606.96	0
14	SLV+	J[14]	-1365.84	0	-856.07	0	1031.95	0
15	SLV+	J[15]	-1348.86	0	-656.99	0	577.69	0
16	SLV+	J[16]	-1331.87	0	-462.42	0	241.7	0
17	SLV+	J[17]	-1314.88	0	-273.11	0	21.06	0
18	SLV+	J[18]	-1300.72	0	-119.79	0	-77.18	0
19	SLV+	J[19]	-1286.55	0	28.92	0	-99.74	0
20	SLV+	J[20]	-1272.39	0	172.59	0	-49.04	0
21	SLV+	J[21]	-1222.29	0	430.94	0	-72.28	0
22	SLV+	J[22]	-1195.87	0	336.21	0	145.88	0
23	SLV+	J[23]	-1172.67	0	247.58	0	304.29	0
24	SLV+	J[24]	-1153.44	0	165.71	0	410.44	0
25	SLV+	J[25]	-1136.75	0	88.2	0	470.11	0
26	SLV+	J[26]	-1123.42	0	16	0	487.64	0
27	SLV+	J[27]	-1113.46	0	-18.45	0	466.15	0
28	SLV+	J[28]	-1106.98	0	-34.05	0	413.54	0
29	SLV+	J[29]	-1103.14	0	-47.47	0	351.63	0
30	SLV+	J[30]	-1102.57	0	-58.14	0	281.91	0
31	SLV+	J[31]	-1105.61	0	-65.16	0	206.34	0
32	SLV+	J[32]	-1112.21	0	-67.44	0	127.52	0
33	SLV+	J[33]	-1121.84	0	-63.84	0	48.81	0
34	SLV+	J[34]	-1133.46	0	-53.38	0	-25.74	0
35	SLV+	J[35]	-1145.55	0	-35.37	0	-91.44	0
36	SLV+	J[36]	-1159.14	0	-15.47	0	-144.6	0
37	SLV+	J[37]	-1177.18	0	1.54	0	-186.36	0
38	SLV+	J[38]	-1200.34	0	17.49	0	-218.16	0
39	SLV+	J[39]	-1228.57	0	34.38	0	-240.23	0
40	SLV+	J[40]	-1261.12	0	54.11	0	-251.47	0
41	SLV+	J[41]	-1296.6	0	78.3	0	-249.59	0
42	SLV+	J[42]	-1333.11	0	108.12	0	-231.37	0
43	SLV+	J[43]	-1372.23	0	101.49	0	-192.92	0
44	SLV+	J[44]	-1408.57	0	68.42	0	-159.84	0
45	SLV+	J[45]	-1446.13	0	35.59	0	-145.41	0
46	SLV+	J[46]	-1486.7	0	2.08	0	-150.14	0
47	SLV+	J[47]	-1528.56	0	-31.56	0	-175.01	0
48	SLV+	J[48]	-1573.69	0	-66.23	0	-221.55	0
49	SLV+	J[49]	-1441.3	0	747.25	0	-291.93	0
50	SLV+	J[50]	-1455.47	0	543.78	0	31.72	0
51	SLV+	J[51]	-1469.63	0	334.84	0	252.04	0
52	SLV+	J[52]	-1483.8	0	120.66	0	366.36	0
53	SLV+	J[53]	-1497.97	0	-98.58	0	372.1	0
54	SLV+	J[54]	-1514.95	0	-367.88	0	232.34	0
55	SLV+	J[55]	-1531.94	0	-643.9	0	-71.24	0
56	SLV+	J[56]	-1548.92	0	-926.31	0	-542.56	0
57	SLV+	J[57]	-1784.16	0	-862.75	0	1185.35	0
58	SLV+	J[58]	-1826.66	0	-725.71	0	799.09	0
59	SLV+	J[59]	-1869.84	0	-587.92	0	479.66	0
60	SLV+	J[60]	-1913.41	0	-447.79	0	227.8	0
61	SLV+	J[61]	-1948.01	0	-363.25	0	44.24	0
62	SLV+	J[62]	-1992.43	0	-288.93	0	-132.82	0
63	SLV+	J[63]	-2035	0	-223.56	0	-263.07	0
64	SLV+	J[64]	-2074.19	0	-166.91	0	-352.39	0
65	SLV+	J[65]	-2108.6	0	-118.43	0	-406.44	0
66	SLV+	J[66]	-2137.03	0	-77.33	0	-430.46	0
67	SLV+	J[67]	-2158.46	0	-42.63	0	-429.13	0
68	SLV+	J[68]	-2172.12	0	-13.18	0	-406.41	0

Elem	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN*m)	Moment-y (kN*m)	Moment-z (kN*m)
1	SLV-	J[1]	-2227.54	0	10.42	0	-461.64	0
2	SLV-	J[2]	-2222.75	0	39.66	0	-403.12	0
3	SLV-	J[3]	-2205.9	0	68.15	0	-325.93	0
4	SLV-	J[4]	-2177.43	0	97.7	0	-230.16	0
5	SLV-	J[5]	-2138.11	0	129.97	0	-114.8	0
6	SLV-	J[6]	-2089.05	0	166.4	0	22.26	0
7	SLV-	J[7]	-2031.6	0	208.12	0	183.97	0
8	SLV-	J[8]	-1967.37	0	255.97	0	373.97	0
9	SLV-	J[9]	-1888.41	0	364.87	0	596.35	0
10	SLV-	J[10]	-1818.78	0	485.45	0	803.07	0
11	SLV-	J[11]	-1749.97	0	606.87	0	1068.63	0
12	SLV-	J[12]	-1680.64	0	727.32	0	1393.01	0
13	SLV-	J[13]	-1476.5	0	-1067.01	0	1776.1	0
14	SLV-	J[14]	-1454.44	0	-864.21	0	1196.2	0
15	SLV-	J[15]	-1432.38	0	-665.13	0	737.05	0
16	SLV-	J[16]	-1410.32	0	-470.56	0	396.17	0
17	SLV-	J[17]	-1388.26	0	-281.25	0	170.64	0
18	SLV-	J[18]	-1369.86	0	-127.93	0	68.32	0
19	SLV-	J[19]	-1351.46	0	20.78	0	41.68	0
20	SLV-	J[20]	-1333.06	0	164.45	0	88.3	0
21	SLV-	J[21]	-1264.99	0	468.72	0	-205.54	0
22	SLV-	J[22]	-1232.91	0	372.65	0	34.68	0
23	SLV-	J[23]	-1204.36	0	282.36	0	213.67	0
24	SLV-	J[24]	-1180.53	0	198.89	0	339.03	0
25	SLV-	J[25]	-1159.48	0	119.52	0	416.64	0
26	SLV-	J[26]	-1142.4	0	45.61	0	450.94	0
27	SLV-	J[27]	-1128	0	9.7	0	445.15	0
28	SLV-	J[28]	-1116.41	0	-7.67	0	409.94	0
29	SLV-	J[29]	-1107.99	0	-23.55	0	364.21	0
30	SLV-	J[30]	-1103.42	0	-37.3	0	309	0
31	SLV-	J[31]	-1103.13	0	-47.92	0	245.87	0
32	SLV-	J[32]	-1107.13	0	-54.22	0	177.1	0
33	SLV-	J[33]	-1114.93	0	-54.96	0	105.78	0
34	SLV-	J[34]	-1125.52	0	-49.02	0	35.8	0
35	SLV-	J[35]	-1137.42	0	-35.61	0	-28.3	0
36	SLV-	J[36]	-1151.62	0	-20.27	0	-82.85	0
37	SLV-	J[37]	-1171.09	0	-7.66	0	-128.96	0
38	SLV-	J[38]	-1196.47	0	4.15	0	-167.96	0
39	SLV-	J[39]	-1227.65	0	17.28	0	-199.87	0
40	SLV-	J[40]	-1263.84	0	33.73	0	-223.36	0
41	SLV-	J[41]	-1303.57	0	55.24	0	-235.81	0
42	SLV-	J[42]	-1344.87	0	83.02	0	-233.6	0
43	SLV-	J[43]	-1388.39	0	74.6	0	-212.4	0
44	SLV-	J[44]	-1428.36	0	39.72	0	-194.89	0
45	SLV-	J[45]	-1469.74	0	5.32	0	-197.11	0
46	SLV-	J[46]	-1514.74	0	-29.87	0	-219.66	0
47	SLV-	J[47]	-1561.29	0	-64.92	0	-263.62	0
48	SLV-	J[48]	-1611.84	0	-101.03	0	-330.64	0
49	SLV-	J[49]	-1497.41	0	739.11	0	-422.97	0
50	SLV-	J[50]	-1515.81	0	535.33	0	-103.48	0
51	SLV-	J[51]	-1534.21	0	326.09	0	112.53	0
52	SLV-	J[52]	-1552.61	0	111.65	0	222.4	0
53	SLV-	J[53]	-1571.01	0	-107.79	0	223.57	0
54	SLV-	J[54]	-1593.07	0	-377.22	0	78.23	0
55	SLV-	J[55]	-1615.13	0	-653.2	0	-230.95	0
56	SLV-	J[56]	-1637.2	0	-935.35	0	-707.79	0
57	SLV-	J[57]	-1833.29	0	-942.58	0	1355.87	0
58	SLV-	J[58]	-1877.4	0	-798.65	0	932.47	0
59	SLV-	J[59]	-1922.19	0	-654.08	0	579.22	0
60	SLV-	J[60]	-1967.17	0	-506.91	0	296.9	0
61	SLV-	J[61]	-2001.65	0	-417.03	0	86.28	0
62	SLV-	J[62]	-2045.06	0	-336.19	0	-123.04	0
63	SLV-	J[63]	-2086.78	0	-264.26	0	-281.26	0
64	SLV-	J[64]	-2125.28	0	-201.06	0	-394.24	0
65	SLV-	J[65]	-2159.18	0	-146.05	0	-467.66	0
66	SLV-	J[66]	-2187.25	0	-98.46	0	-506.77	0
67	SLV-	J[67]	-2208.47	0	-57.3	0	-516.27	0
68	SLV-	J[68]	-2222.07	0	-21.42	0	-500.15	0

Node	Load	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX ([rad])	RY ([rad])	RZ ([rad])
1	Rara1	0	0	-0.059998	0	0	0
2	Rara1	0.000034	0	-0.060097	0	-0.000292	0
3	Rara1	0.000045	0	-0.06039	0	-0.000572	0
4	Rara1	0.000013	0	-0.060863	0	-0.000827	0
5	Rara1	-0.000079	0	-0.061489	0	-0.001045	0
6	Rara1	-0.000241	0	-0.062237	0	-0.001212	0
7	Rara1	-0.000475	0	-0.063063	0	-0.001312	0
8	Rara1	-0.000774	0	-0.063916	0	-0.00133	0
9	Rara1	-0.001116	0	-0.064736	0	-0.001248	0
10	Rara1	-0.001368	0	-0.065293	0	-0.001147	0
11	Rara1	-0.001595	0	-0.065798	0	-0.000988	0
12	Rara1	-0.001792	0	-0.066234	0	-0.000837	0
13	Rara1	-0.001954	0	-0.066597	0	-0.000634	0
14	Rara1	-0.002254	0	-0.066618	0	-0.000453	0
15	Rara1	-0.002462	0	-0.066639	0	-0.000305	0
16	Rara1	-0.002594	0	-0.06666	0	-0.00018	0
17	Rara1	-0.00266	0	-0.06668	0	-0.00007	0
18	Rara1	-0.002671	0	-0.066697	0	0.000017	0
19	Rara1	-0.002643	0	-0.066714	0	0.000102	0
20	Rara1	-0.002575	0	-0.06673	0	0.000192	0
21	Rara1	-0.002463	0	-0.066747	0	0.000289	0
22	Rara1	-0.002281	0	-0.066888	0	0.000399	0
23	Rara1	-0.002067	0	-0.067062	0	0.00048	0
24	Rara1	-0.001827	0	-0.067269	0	0.000563	0
25	Rara1	-0.001571	0	-0.067505	0	0.00062	0
26	Rara1	-0.001305	0	-0.067768	0	0.000674	0
27	Rara1	-0.001036	0	-0.068052	0	0.000701	0
28	Rara1	-0.000735	0	-0.068416	0	0.000709	0
29	Rara1	-0.000474	0	-0.068801	0	0.00068	0
30	Rara1	-0.000268	0	-0.069183	0	0.000619	0
31	Rara1	-0.000121	0	-0.069537	0	0.000529	0
32	Rara1	-0.000031	0	-0.069839	0	0.000416	0
33	Rara1	0.000009	0	-0.07007	0	0.000286	0
34	Rara1	0.000014	0	-0.070214	0	0.000146	0
35	Rara1	0	0	-0.070263	0	0	0
36	Rara1	-0.000014	0	-0.070214	0	-0.000146	0
37	Rara1	-0.000009	0	-0.07007	0	-0.000286	0
38	Rara1	0.000031	0	-0.069839	0	-0.000416	0
39	Rara1	0.000121	0	-0.069537	0	-0.000529	0
40	Rara1	0.000268	0	-0.069183	0	-0.000619	0
41	Rara1	0.000474	0	-0.068801	0	-0.00068	0
42	Rara1	0.000735	0	-0.068416	0	-0.000709	0
43	Rara1	0.001036	0	-0.068052	0	-0.000701	0
44	Rara1	0.001305	0	-0.067768	0	-0.000674	0
45	Rara1	0.001571	0	-0.067505	0	-0.00062	0
46	Rara1	0.001827	0	-0.067269	0	-0.000563	0
47	Rara1	0.002067	0	-0.067062	0	-0.00048	0
48	Rara1	0.002281	0	-0.066888	0	-0.000399	0
49	Rara1	0.002463	0	-0.066747	0	-0.000289	0
50	Rara1	0.002575	0	-0.06673	0	-0.000192	0
51	Rara1	0.002643	0	-0.066714	0	-0.000102	0
52	Rara1	0.002671	0	-0.066697	0	-0.000017	0
53	Rara1	0.00266	0	-0.06668	0	0.00007	0
54	Rara1	0.002594	0	-0.06666	0	0.00018	0
55	Rara1	0.002462	0	-0.066639	0	0.000305	0
56	Rara1	0.002254	0	-0.066618	0	0.000453	0
57	Rara1	0.001954	0	-0.066597	0	0.000634	0
58	Rara1	0.001792	0	-0.066234	0	0.000837	0
59	Rara1	0.001595	0	-0.065798	0	0.000988	0
60	Rara1	0.001368	0	-0.065293	0	0.001147	0
61	Rara1	0.001116	0	-0.064736	0	0.001248	0
62	Rara1	0.000774	0	-0.063916	0	0.00133	0
63	Rara1	0.000475	0	-0.063063	0	0.001312	0
64	Rara1	0.000241	0	-0.062237	0	0.001212	0
65	Rara1	0.000079	0	-0.061489	0	0.001045	0
66	Rara1	-0.000013	0	-0.060863	0	0.000827	0
67	Rara1	-0.000045	0	-0.06039	0	0.000572	0
68	Rara1	-0.000034	0	-0.060097	0	0.000292	0