



# REGIONE DEL VENETO

## SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

### CONCESSIONARIO

### CONTRAENTE GENERALE



**SPV SpA**  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

IL DIRETTORE TECNICO:  
Geom. Giovanni Salvatore D'Agostino



SIS Scpa  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

Consorzio Stabile fra le Imprese:



Sacyr Construcción S.A.



INC S.p.A.



SIPAL S.p.A.



INFRAESTRUCTURAS S.A.  
Paseo de la Castellana, 83-85  
28046 Madrid



**SIS Scpa**  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

### PROGETTISTA

**ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO**

Dott. Ing. <b>TURSO Adriano</b> n° 1400	<b>Sezione A</b> Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione
---	--

### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE

**ORDINE INGEGNERI PROV. BIELLA**

INGEGNERE  
**MASSIMILIANO BUZZI**

LAUREA SPECIALISTICA  
Sezione: A  
N° 5472 / A

### GEOLOGO



### DIRETTORE DEI LAVORI

**ORDINE INGEGNERI PROV. BIELLA**

INGEGNERE  
**ELENA MARIA REPETTO**

LAUREA SPECIALISTICA  
Sezione: A  
N° 9700 / A

Il presente elaborato è Valido per Costruire solo se firmato digitalmente ai sensi del D.Lgs 82/2005

N. Progr. \_\_\_\_\_  
Cartella N. \_\_\_\_\_

### PROGETTO ESECUTIVO

VARIAZIONE PROGETTUALE  
dal KM 79+300 al KM 79+900

LOTTO 3 - TRATTA "D"  
Dal Km 75+625 al Km 87+700

### TITOLO ELABORATO:

**PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA  
OPERE D'ARTE MINORI: OPERE DI ATTRAVERSAMENTO  
PC3D004-0 - CANALE S.ANDRA' - RAMO 1 - SCARICO SERESER**  
Relazione di calcolo spalle

P V V S R A P P C 3 D 0 0 4 - 0 0 1 0 0 0 2 R A 0

SCALA: -

REV.	CL	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	PR	Integrazione progetto esecutivo relativa alla variazione progettuale dal km 79+300 al km 79+900	SIPAL	30/09/2020	SIPAL	01/10/2020	SIS	02/10/2020

### IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Elisabetta Pellegrini

### VALIDAZIONE:

PROTOCOLLO : \_\_\_\_\_

DEL: \_\_\_\_\_



# INDICE

<b><u>1. DESCRIZIONE DELLE OPERE</u></b> .....	<b>3</b>
1.1. LE OPERE PROGETTATE.....	3
1.2. STRATEGIA DI PROTEZIONE SISMICA .....	3
1.3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	4
1.4. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI .....	4
1.5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	5
<b><u>2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI</u></b> .....	<b>6</b>
2.1. CARICHI SULL' IMPALCATO .....	6
2.1.1. PESO PROPRIO STRUTTURA ( $G_1$ ) E CARICHI PERMANENTI ( $G_2$ ).....	6
2.1.2. AZIONE DEL VENTO ( $Q_5$ ) .....	6
2.1.3. AZIONE DEL SISMA ( $Q_6$ ) .....	6
2.2. SPINTA LATERALE DEL TERRENO .....	6
2.2.1. METODO DI CULMANN (METODO DEL CUNEO DI TENTATIVO) .....	6
2.2.2. SPINTA IN PRESENZA DI SISMA .....	7
2.3. SOVRACCARICO DI CANTIERIZZAZIONE .....	7
2.4. DATI SISMICI.....	8
2.5. COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
<b><u>3. VERIFICHE</u></b> .....	<b>11</b>
3.1. VERIFICHE DI SPOSTAMENTO.....	11
3.2. VERIFICHE ALLO SLU .....	11
3.3. VERIFICHE ALLO SLE .....	11
<b><u>4. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO</u></b> .....	<b>12</b>
4.1. SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO .....	12
4.2. ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI.....	12
<b><u>5. ESAME DEI RISULTATI</u></b> .....	<b>13</b>
5.1. SPALLA NORD .....	13
5.1.1. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEGLI STRATI DI TERRENO .....	13
5.1.2. DESCRIZIONE PARETI .....	13

5.1.3. FASI DI CALCOLO.....	15
5.1.4. INVILUPPI SPOSTAMENTO NOMINAL .....	21
5.1.5. INVILUPPI RISULTATI PARATIA NOMINAL .....	23
5.1.6. TABELLA INVILUPPI TASSO DI SFRUTTAMENTO .....	26
5.1.7. VERIFICHE A SLE .....	34
5.1.8. VERIFICA MURETTO DI CONTENIMENTO SISMICO.....	36
5.1.9. VERIFICA ARMATURA CORDOLO .....	36
<b>5.2. SPALLA SUD.....</b>	<b>47</b>
5.2.1. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA E DEGLI STRATI DI TERRENO .....	47
5.2.2. DESCRIZIONE PARETI .....	47
5.2.3. FASI DI CALCOLO.....	49
5.2.4. INVILUPPI SPOSTAMENTO NOMINAL.....	54
5.2.5. INVILUPPI RISULTATI PARATIA NOMINAL .....	56
5.2.6. TABELLA INVILUPPI TASSO DI SFRUTTAMENTO .....	59
5.2.7. VERIFICHE A SLE .....	68
5.2.8. VERIFICA MURETTO DI CONTENIMENTO SISMICO.....	70
5.2.9. VERIFICA ARMATURA CORDOLO .....	71
<b>5.3. VERIFICA ARMATURA BAGGIOLI .....</b>	<b>72</b>

## 1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il calcolo delle spalle del Ponte canale PC3D004-0, descritto in questo documento, è stato affrontato sulla base dei metodi di calcolo indicati dalla normativa vigente in materia e più dettagliatamente riportate nei paragrafi successivi.

Nella relazione si descrivono i problemi di carattere strutturale che sono stati affrontati nel corso della progettazione e per essi vengono esposte le modalità di soluzione e le procedure di calcolo adottate per la determinazione delle dimensioni delle strutture principali.

La relazione si completa mediante una serie di elaborati che consistono in tabelle schematiche riportanti le caratteristiche della sollecitazione utilizzate alla base della verifica degli elementi strutturali costituenti l'opera, nonché le verifiche di resistenza dei materiali, eseguite nelle sezioni più significative e maggiormente sollecitate.

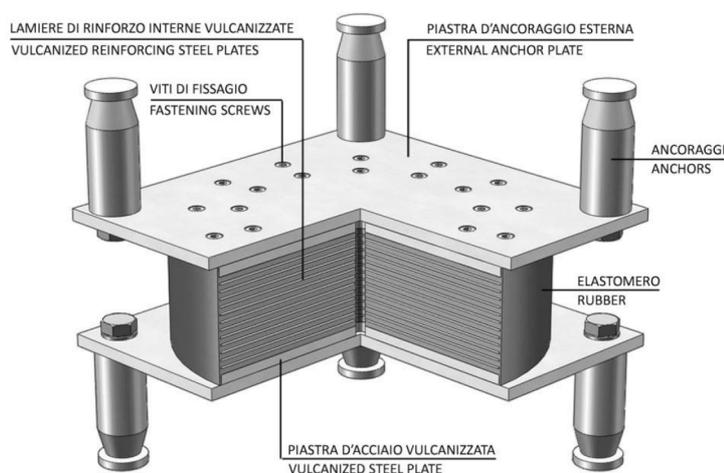
### 1.1. LE OPERE PROGETTATE

La presente relazione ha per oggetto il calcolo e la verifica delle spalle che accolgono l'impalcato dell'opera PC3D004-0. L'opera sarà realizzata in moduli verticali in c.a. affiancati, le cui dimensioni e caratteristiche geometriche si evincono dagli elaborati grafici di progetto riportate per il CA3D006-0.

Di seguito sono riportate le analisi e le verifiche eseguite.

### 1.2. STRATEGIA DI PROTEZIONE SISMICA

La protezione sismica dell'opera è garantita mediante l'isolamento totale del ponte. In particolare verranno disposti isolatori elastomerici sulle spalle.



**Figura 1.1: Isolatore elastomerico**

Gli isolatori elastomerici sono costituiti da strati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) alternati a piastre di acciaio, aventi prevalente funzione di confinamento dell'elastomero, e

vengono disposti nella struttura in modo da sopportare le azioni e deformazioni orizzontali di progetto, trasmesse mediante azioni parallele alla giacitura degli strati di elastomero, ed i carichi permanenti ed accidentali verticali, mediante azioni perpendicolari agli strati stessi. Sono caratterizzati da ridotta rigidezza orizzontale (per garantire il disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura da quella del terreno), elevata rigidezza verticale (per sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti) ed opportune capacità dissipative. Il dimensionamento dell'isolatore viene fatto in modo da mantenere lo stesso in campo elastico, per terremoti di progetto derivanti dalla mappatura sismica come da D.M. 14/01/2008.

La riduzione della risposta sismica orizzontale si ottiene incrementando il periodo fondamentale della costruzione per portarlo nel campo delle minori accelerazioni di risposta e limitando, dunque, la massima forza orizzontale trasmessa.

Tale logica progettuale si traduce, in termini operativi, nella necessità di effettuare un'analisi elastico lineare per la definizione della forza al limite elastico dell'isolatore; in particolare si effettua un'analisi modale a spettro di risposta, congruente con le prescrizioni del Testo.

### 1.3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La progettazione degli elementi strutturali è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente in merito al dimensionamento delle strutture e per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale. Le norme di riferimento adottate sono riportate nel seguito:

- Legge 5 Novembre 1971 n° 1086 – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- NTC2008 – Norme Tecniche delle costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008;
- Circolare del 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/01/2008;
- Norma tecnica UNI ENV 1992-1-1:1993, Eurocodice 2 progettazione delle strutture di calcestruzzo.

### 1.4. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI

Per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali utilizzati, fare riferimento alla "Relazione materiali" specifica per l'opera in oggetto.

## 1.5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

In questo paragrafo sono indicate le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni utilizzati per la determinazione della spinta agente sulla spalla.

### RILEVATO

▶ Peso di volume del terreno.....	18,00	kN/m <sup>3</sup>
▶ Peso di volume saturo del terreno.....	20,00	kN/m <sup>3</sup>
▶ Angolo di attrito interno.....	35°	
▶ Angolo di attrito terra- muro.....	23,33°	
▶ Coesione .....	0.00	Mpa

### TERRENO FONDAZIONE – AL3

▶ Peso di volume del terreno.....	19.50	kN/m <sup>3</sup>
▶ Peso di volume saturo del terreno.....	20.50	kN/m <sup>3</sup>
▶ Angolo di attrito interno.....	40.5°	
▶ Angolo di attrito terra- muro.....	40.5°	
▶ Coesione.....	0.001	Mpa

## 2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI

### 2.1. CARICHI SULL' IMPALCATO

Il calcolo delle azioni agenti sulla spalla è stato svolto secondo le prescrizioni impartite dalla normativa vigente in materia, già citata nella parte introduttiva della relazione. Sono stati considerati quindi i carichi permanenti, determinati dal peso proprio delle strutture e dal peso degli allestimenti fissi presenti, nonché la spinta esercitata dai terrapieni agenti a ridosso della spalla. I carichi accidentali presi in considerazione sono quelli derivanti dalle istruzioni tecniche in merito alle azioni del vento e le forze sismiche impresse dal terremoto di progetto.

#### 2.1.1. Peso proprio struttura ( $g_1$ ) e carichi permanenti ( $g_2$ )

E' costituito dal peso di tutti gli elementi strutturali e di finitura che vanno a costituire l'impalcato completo.

#### 2.1.2. Azione del vento ( $q_5$ )

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi. Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite. La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

#### 2.1.3. Azione del sisma ( $q_6$ )

Si rimanda al capitolo dedicato.

Dal momento che la risposta viene valutata mediante un'analisi dinamica lineare, la stessa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti. Gli effetti sulla struttura sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$E = 1 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

## 2.2. SPINTA LATERALE DEL TERRENO

### 2.2.1. Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della

spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $p$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

### 2.2.2. Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come:

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come:

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

## 2.3. SOVRACCARICO DI CANTIERIZZAZIONE

Si considera un sovraccarico uniformemente distribuito di 10 kN/m<sup>2</sup> per simulare la fase di cantierizzazione, ossia il passaggio dei mezzi a monte dell'opera e l'eventuale stoccaggio dei materiali.

## 2.4. DATI SISMICI

Di seguito si riportano i dati sismici adoperati per l'analisi strutturale dell'opera in oggetto. Per il sito di riferimento è stato considerato il comune di Volpago del Montello:

SLV

$a_g$	0.372
$F_0$	2.408
$T_c^*$	0.359

### PARAMETRI SPETTRO DI RISPOSTA

Per la verifica sismica delle strutture si prende in considerazione lo stato limite ultimo di salvaguardia della Vita (SLV).

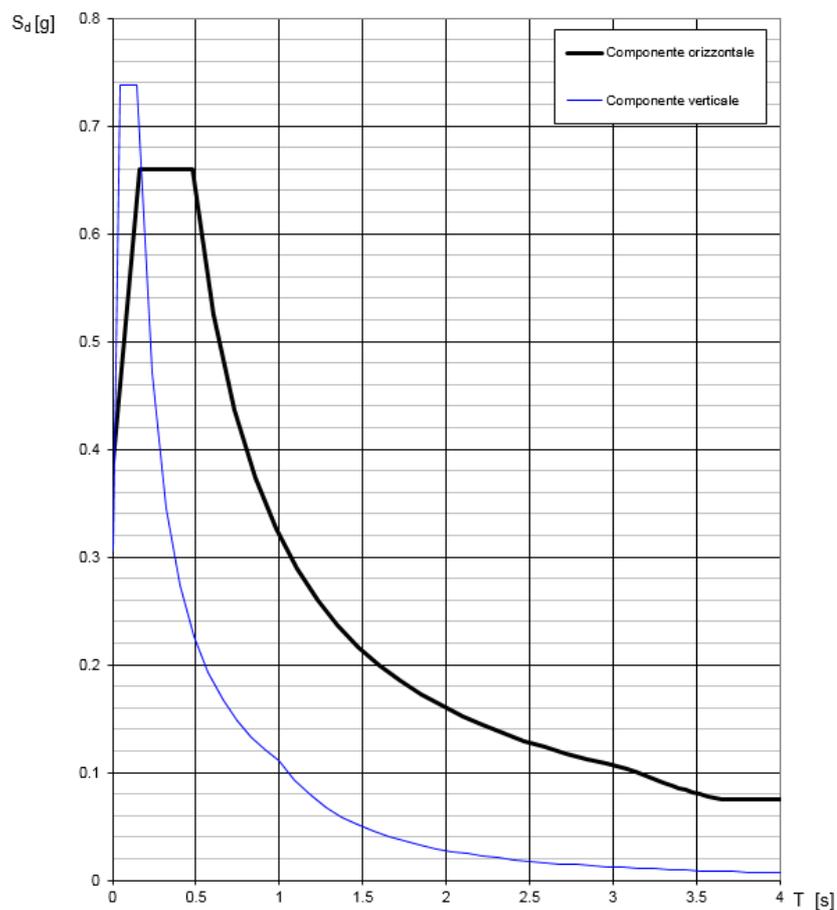


Figura 2.1: Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

## 2.5. COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano i coefficienti parziali di sicurezza per le azioni definite nel capitolo 6 delle NTC '08 associati alla progettazione geotecnica.

### Coefficienti Azioni

Nome	Carichi Permanenti Stavorevoli (F_dead_load_unfavo)	Carichi Permanenti Favorevoli	Carichi Variabili Stavorevoli (F_live_load_unfavo)	Carichi Variabili Favorevoli	Carico Sismico (F_seism_load)	Pressioni Acqua Lato Monte (F_WaterDR)	Pressioni Acqua Lato Valle (F_WaterRes)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_UPL_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_UPL_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_UPL_QDStab)	Carichi Permanenti Destabilizzanti (F_HYD_GDStab)	Carichi Permanenti Stabilizzanti (F_HYD_GStab)	Carichi Variabili Destabilizzanti (F_HYD_QDStab)
Simbolo	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{QE}$	$\gamma_G$	$\gamma_G$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$	$\gamma_{Gdst}$	$\gamma_{Gstb}$	$\gamma_{Qdst}$
Nominal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SLE (Rara)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A1+M1+R1	1.35	1	1.35	0	0	1.3	1	1	1	1	1.3	0.9	1
A2+M2+R1	1	1	1.15	0	0	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.3	0.9	1

### Coefficienti Materiali

Nome	Parziale su $\tan(\phi')$ (F_Fr)	Parziale su $c'$ (F_eff_cohes)	Parziale su $S_u$ (F_Su)	Parziale su $q_u$ (F_qu)	Parziale su peso specifico (F_gamma)
Simbolo	$\gamma_\phi$	$\gamma_c$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_{qu}$	$\gamma_\gamma$
Nominal	1	1	1	1	1
SLE (Rara)	1	1	1	1	1
A1+M1+R1	1	1	1	1	1
A2+M2+R1	1.25	1.25	1.4	1	1
SISMICA STR	1	1	1	1	1
SISMICA GEO	1.25	1.25	1.4	1	1

### Coefficienti Resistenze

Nome	Parziale resistenza terreno (es. Kp) (F_Soil_Res_walls)	Parziale resistenza Tiranti permanenti (F_Anch_P)	Parziale resistenza Tiranti temporanei (F_Anch_T)	Parziale elementi strutturali (F_wall)
Simbolo	$\gamma_{Re}$	$\gamma_{ap}$	$\gamma_{at}$	
Nominal	1	1	1	1
SLE (Rara)	1	1	1	1
A1+M1+R1	1	1.2	1.1	1
A2+M2+R1	1	1.2	1.1	1
SISMICA STR	1	1.2	1.1	1
SISMICA GEO	1	1.2	1.1	1

Nell'approccio 1 sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

### 3. VERIFICHE

#### 3.1. VERIFICHE DI SPOSTAMENTO

Le Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni impongono che il lo spostamento massimo in fase sismica sia limitato al 5% dell'altezza totale della paratia.

#### 3.2. VERIFICHE ALLO SLU

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

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

$$R_d > E_d$$

Essendo  $R_d$  la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate, ed essendo  $E_d$  il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

Nello specifico si verifica  $M_{rd} > M_d$ , per la pressoflessione, e  $V_{rd} > V_d$  per il taglio, essendo  $M_{rd}$  e  $V_{rd}$  il momento e il taglio resistente, e  $M_d$  e  $V_d$  il taglio agente

#### 3.3. VERIFICHE ALLO SLE

##### **Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio**

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_{c-max} \leq 0,60 f_{ck}$  per la combinazione caratteristica rara;
- $\sigma_{c-max} \leq 0,45 f_{ck}$  per la combinazione caratteristica quasi permanente.

Per la struttura in oggetto i limiti tensionali da considerare nelle verifiche sono pertanto:

C25/30

combinazione di carico rara:  $\sigma_c < 15,00$  N/mm<sup>2</sup>

combinazione di carico quasi permanente:  $\sigma_c < 11,25$  N/mm<sup>2</sup>

##### **Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio**

Per l'acciaio la tensione massima per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione  $\sigma_{s-max} \leq 0,80 f_{yk}$ .

Essendo per l'acciaio tipo B450C  $f_{yk}=450$  N/mm<sup>2</sup>, il limite tensionale da considerare nelle verifiche è pertanto:  $\sigma_s < 360$  N/mm<sup>2</sup>.

## 4. SCHEMATIZZAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

### 4.1. SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO

Partendo dalle caratteristiche meccaniche del terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti, il programma esegue le verifiche dei diaframmi considerando tratti di lunghezza unitaria, restituendo le armature necessarie per metro lineare di opera.

### 4.2. ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

La schematizzazione in elementi finiti avviene in questo modo:

- si analizza un problema piano (nel piano Y-Z): i gradi di libertà nodali attivi sono lo spostamento laterale e la rotazione fuori piano: gli spostamenti verticali sono automaticamente vincolati (di conseguenza le azioni assiali nelle pareti verticali non sono calcolate);
- la parete flessibile di sostegno vera e propria è schematizzata da una serie di elementi finiti BEAM verticali;
- il terreno, che spinge contro la parete (da monte e da valle) e che reagisce in modo complesso alle deformazioni della parete, è simulato attraverso un doppio letto di molle elasto-plastiche connesse agli stessi nodi della parete;
- i tiranti, i puntoni, le solette, gli appoggi cedevoli o fissi, sono schematizzati tramite molle puntuali convergenti in alcuni punti (nodi) della parete ove convergono parimenti elementi BEAM ed elementi terreno.

## 5. ESAME DEI RISULTATI

### 5.1. SPALLA NORD

#### 5.1.1. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi_{cv}$	$\phi_p$	$c'$	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Av	exp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur	
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	°	kPa	kPa				kPa	kPa				kPa		kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	
1	AL3	19	20	40.5			1		Constant			105000	105000										
2	riempimento	19	19	35			0		Constant			70000	70000										

#### 5.1.2. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -16.2 m

Muro di sinistra

Armatura      Lunghezza segmenti : 1 m

    Rinforzo longitudinale 1

        Lunghezza : 5.6 m

        Materiale :

        Quota iniziale : -1.2 m

        Barre di sinistra 1

            Numero di barre : 5

            Diametro : 0.026 m

            Distanza dal bordo : 0.067 m

        Barre di destra 1

            Numero di barre : 5

            Diametro : 0.02 m

            Distanza dal bordo : 0.064 m

        Staffe 1

            Numero di staffe : 1.6

            Copertura : 0.04 m

            Diametro : 0.014 m

            Lunghezza : 5.6 m

            Quota iniziale : -1.2 m

            Passo : 0.25 m

    Rinforzo longitudinale 2

        Lunghezza : 5.4 m

        Materiale :

        Quota iniziale : -6.8 m

        Barre di sinistra 1

            Numero di barre : 7

            Diametro : 0.026 m

            Distanza dal bordo : 0.067 m

        Barre di destra 1

PV\_V\_SR\_AP\_PC\_3\_D\_004-001\_0\_002\_R\_A\_0

Numero di barre : 5  
Diametro : 0.02 m  
Distanza dal bordo : 0.064 m

## Staffe 1

Numero di staffe : 1.6  
Copertura : 0.04 m  
Diametro : 0.014 m  
Lunghezza : 5.4 m  
Quota iniziale : -6.8 m  
Passo : 0.25 m

## Rinforzo longitudinale 3

Lunghezza : 4 m

Materiale :

Quota iniziale : -12.2 m

## Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5  
Diametro : 0.026 m  
Distanza dal bordo : 0.067 m

## Barre di destra 1

Numero di barre : 5  
Diametro : 0.02 m  
Distanza dal bordo : 0.064 m

## Staffe 1

Numero di staffe : 1.6  
Copertura : 0.04 m  
Diametro : 0.014 m  
Lunghezza : 4 m  
Quota iniziale : -12.2 m  
Passo : 0.25 m

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

## Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 1.2 m

Materiale :

Quota iniziale : 0 m

## Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5  
Diametro : 0.02 m  
Distanza dal bordo : 0.058 m

## Barre di destra 1

Numero di barre : 5  
Diametro : 0.016 m  
Distanza dal bordo : 0.056 m

## Staffe 1

Numero di staffe : 1  
Copertura : 0.04 m  
Diametro : 0.008 m  
Lunghezza : 1.2 m  
Quota iniziale : 0 m  
Passo : 0.4 m

Sezione : sezione

Area equivalente : 1.2 m

Inerzia equivalente : 0.144 m<sup>4</sup>/m  
Materiale calcestruzzo : C25/30  
Tipo sezione : Solid  
Spessore : 1.2 m  
Efficacia : 1

Sezione : paragh

Area equivalente : 0.4 m  
Inerzia equivalente : 0.0053 m<sup>4</sup>/m  
Materiale calcestruzzo : C25/30  
Tipo sezione : Solid  
Spessore : 0.4 m  
Efficacia : 1

### 5.1.3. Fasi di Calcolo

#### Stage iniziale

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -31 m

Falda di destra : -31 m

Carichi

Carico lineare in superficie : mezzi cantiere

X iniziale : -11 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

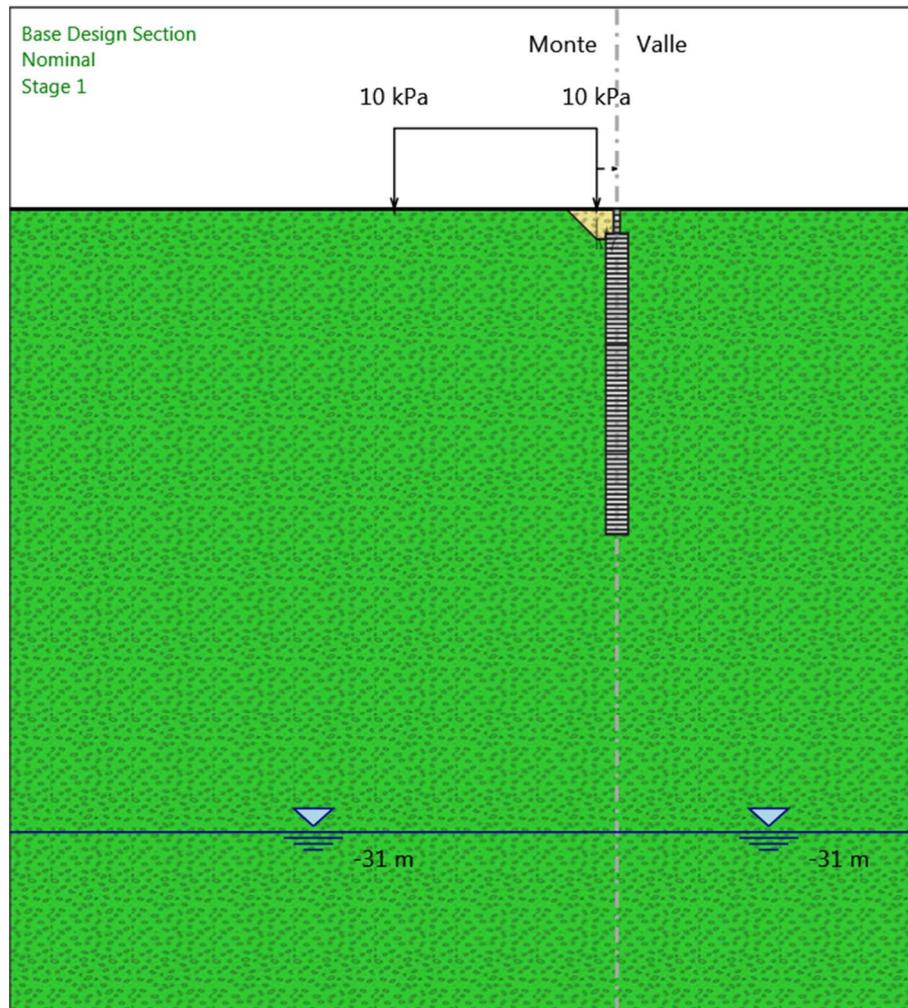
Quota di fondo : -16.2 m

Sezione : sezione

Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m  
 Quota di fondo : -1.2 m  
 Sezione : paragh



### Stage provvisorio

#### Scavo

##### Muro di sinistra

Lato monte : -1.5 m

Lato valle : -8.2 m

##### Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;0)

(-2.5;0)

(-1;-1.5)

(0;-1.5)

##### Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8.2 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -31 m

Falda di destra : -31 m

Carichi

Carico lineare in superficie : mezzi cantiere

X iniziale : -11 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -16.2 m

Sezione : sezione

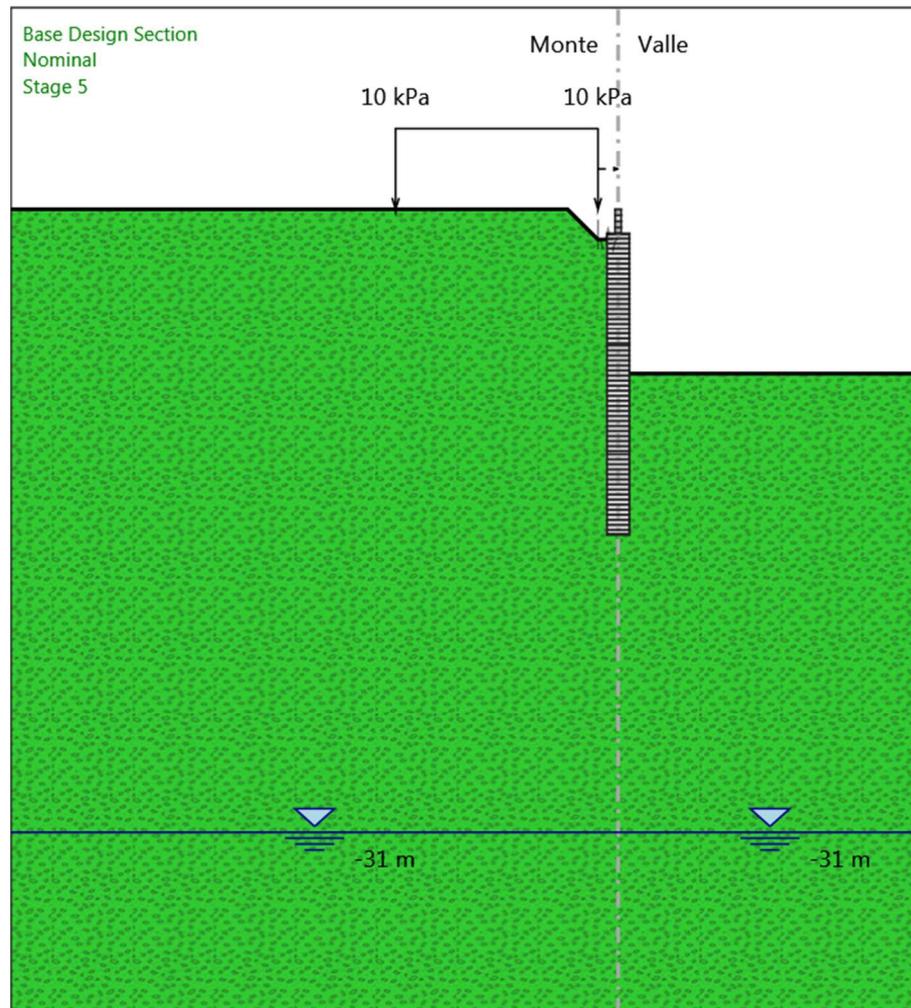
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh

Stage definitivo statico

## Scavo

## Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7 m

## Falda acquifera

Falda di sinistra : -31 m

Falda di destra : -31 m

## Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -16.2 m

Sezione : sezione

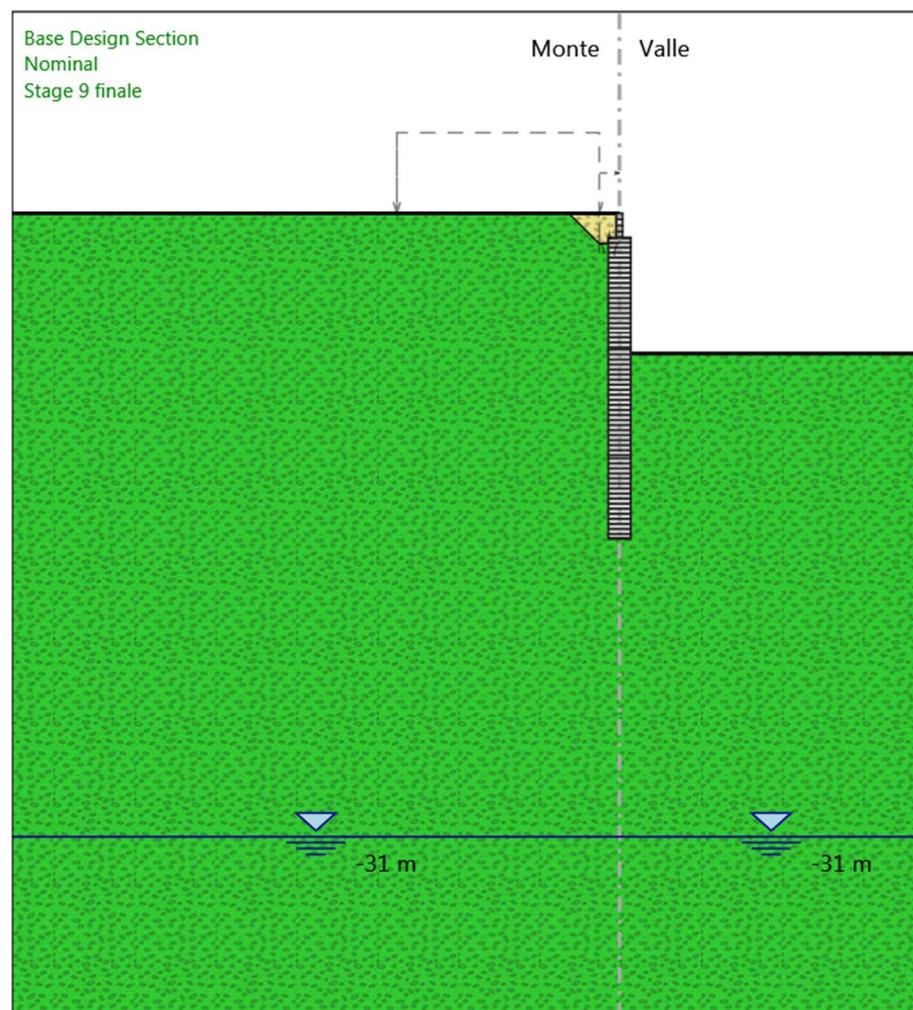
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh

Stage definitivo sismico

Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7 m

Falda acquifera

Falda di sinistra : -31 m

Falda di destra : -31 m

Carichi

Carico puntuale alla paratia : sismica PC

Quota : -1.5 m

Px : 35 kN/m

Pz : 1 kN/m

: 0 kNm/m

X : 0 m

Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -16.2 m

Sezione : sezione

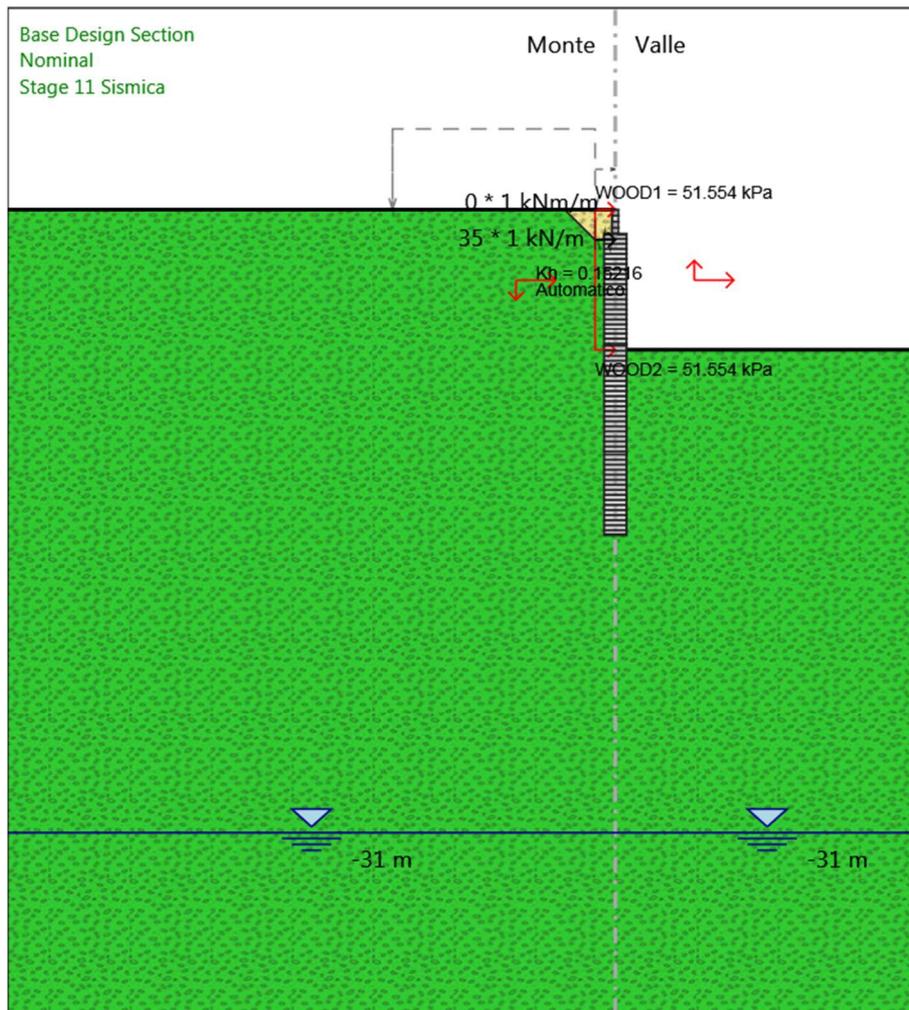
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh



### 5.1.4. Involuppi Spostamento Nominal

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento		Muro: LEFT	
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
0	0	46.412	
-0.2	0	45.658	
-0.4	0	44.905	
-0.6	0	44.151	
-0.8	0	43.398	
-1	0	42.645	
-1.2	0	41.892	
-1.4	0	41.139	
-1.6	0	40.387	
-1.8	0	39.634	
-2	0	38.882	
-2.2	0	38.13	
-2.4	0	37.378	
-2.6	0	36.627	
-2.8	0	35.876	
-3	0	35.126	
-3.2	0	34.377	
-3.4	0	33.629	
-3.6	0	32.882	
-3.8	0	32.136	
-4	0	31.391	

## PC3D004 – Canale S.Andrà – Ramo 1 – Scarico Sereser - Relazione di calcolo spalle

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento		
Z (m)	Muro: LEFT	
	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-4.2	0	30.648
-4.4	0	29.906
-4.6	0	29.166
-4.8	0	28.429
-5	0	27.693
-5.2	0	26.96
-5.4	0	26.23
-5.6	0	25.502
-5.8	0	24.778
-6	0	24.057
-6.2	0	23.34
-6.4	0	22.627
-6.6	0	21.918
-6.8	0	21.213
-7	0	20.513
-7.2	0	19.819
-7.4	0	19.13
-7.6	0	18.447
-7.8	0	17.771
-8	0	17.101
-8.2	0	16.438
-8.4	0	15.782
-8.6	0	15.134
-8.8	0	14.494
-9	0	13.862
-9.2	0	13.237
-9.4	0	12.622
-9.6	0	12.014
-9.8	0	11.415
-10	0	10.825
-10.2	0	10.242
-10.4	0	9.668
-10.6	0	9.103
-10.8	0	8.545
-11	0	7.995
-11.2	0	7.453
-11.4	0	6.918
-11.6	0	6.391
-11.8	0	5.87
-12	0	5.356
-12.2	0	4.848
-12.4	0	4.346
-12.6	0	3.85
-12.8	0	3.36
-13	0	2.874
-13.2	0	2.393
-13.4	0	1.916
-13.6	0	1.443
-13.8	0	0.973
-14	0	0.595
-14.2	0	0.371
-14.218	0	0
-14.399	0	0
-14.4	-0.419	0.148
-14.6	-0.879	0.084
-14.8	-1.337	0.084
-15	-1.794	0.084
-15.2	-2.249	0.084
-15.4	-2.705	0.084
-15.6	-3.159	0.084
-15.8	-3.614	0.084
-16	-4.068	0.084
-16.2	-4.522	0.084

## 5.1.5. Involuppi Risultati Paratia Nominal

Tabella Involuppi Momento Nominal paraghiaia

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Momento	Muro: paragh 2
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.03	0
-0.4	0.126	0
-0.6	0.333	0
-0.8	0.698	0
-1	1.269	0
-1.2	2.092	0

Tabella Involuppi Momento Nominal diaframma

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-1.2	2.092	0
-1.4	3.274	0
-1.6	11.924	0
-1.8	21.087	0
-2	30.812	0
-2.2	41.144	0
-2.4	52.131	0
-2.6	63.819	0
-2.8	76.255	0
-3	89.486	0
-3.2	103.559	0
-3.4	118.519	0
-3.6	134.416	0
-3.8	151.293	0
-4	169.2	0
-4.2	188.182	0
-4.4	208.287	0
-4.6	229.56	0
-4.8	252.05	0
-5	275.802	0
-5.2	300.864	0
-5.4	327.282	0
-5.6	355.102	0
-5.8	384.373	0
-6	415.141	0
-6.2	447.451	0
-6.4	481.352	0
-6.6	516.89	0
-6.8	554.111	0
-7	593.063	0
-7.2	633.701	0
-7.4	674.648	0
-7.6	714.84	0
-7.8	753.216	0
-8	789.443	0
-8.2	823.662	0
-8.4	856.018	0
-8.6	884.894	0
-8.8	909.233	0
-9	928.132	0
-9.2	941.817	0
-9.4	950.522	0
-9.6	954.483	0
-9.8	953.938	0
-10	949.122	0

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-10.2	940.27	0
-10.4	927.618	0
-10.6	911.395	0
-10.8	891.832	0
-11	869.155	0
-11.2	843.589	0
-11.4	815.356	0
-11.6	784.674	0
-11.8	751.762	0
-12	716.832	0
-12.2	680.097	0
-12.4	641.78	0
-12.6	602.116	0
-12.8	561.332	0
-13	519.635	0
-13.2	477.229	0
-13.4	434.315	0
-13.6	391.093	0
-13.8	347.826	0
-14	304.895	0
-14.2	262.679	0
-14.4	221.555	0
-14.6	181.898	0
-14.8	144.351	0
-15	109.658	0
-15.2	78.568	0
-15.4	51.761	0
-15.6	29.905	0
-15.8	13.664	0
-16	3.536	0
-16.2	0	0

Tabella Inviluppi Taglio Nominal paraghiaia

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: paragh 2
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.152	0
-0.2	0.477	0
-0.4	1.035	0
-0.6	1.827	0
-0.8	2.853	0
-1	4.113	0
-1.2	4.113	0

Tabella Inviluppi Taglio Nominal diaframma

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-1.2	5.912	0
-1.4	43.248	0
-1.6	45.819	0
-1.8	48.623	0
-2	51.662	0
-2.2	54.934	0
-2.4	58.44	0
-2.6	62.18	0
-2.8	66.154	0
-3	70.362	0
-3.2	74.804	0
-3.4	79.48	0
-3.6	84.39	0
-3.8	89.534	0
-4	94.911	0

## PC3D004 – Canale S.Andrà – Ramo 1 – Scarico Sereser - Relazione di calcolo spalle

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-4.2	100.523	0
-4.4	106.368	0
-4.6	112.448	0
-4.8	118.761	0
-5	125.308	0
-5.2	132.089	0
-5.4	139.105	0
-5.6	146.354	0
-5.8	153.837	0
-6	161.554	0
-6.2	169.504	0
-6.4	177.689	0
-6.6	186.108	0.149
-6.8	194.76	1.05
-7	203.19	1.86
-7.2	204.731	2.585
-7.4	204.731	3.227
-7.6	200.961	3.791
-7.8	191.883	4.282
-8	181.132	4.703
-8.2	171.099	5.06
-8.4	161.776	5.356
-8.6	144.382	5.596
-8.8	121.698	5.783
-9	94.491	5.922
-9.2	76.267	6.017
-9.4	63.327	6.071
-9.6	50.844	7.389
-9.8	38.832	24.08
-10	27.302	44.256
-10.2	16.257	63.264
-10.4	5.7	81.114
-10.6	0	97.817
-10.8	0	113.385
-11	0	127.83
-11.2	0	141.166
-11.4	0	153.406
-11.6	0	164.562
-11.8	0	174.648
-12	0	183.674
-12.2	0	191.585
-12.4	0	198.324
-12.6	0	203.918
-12.8	0	208.484
-13	0	212.031
-13.2	0	214.57
-13.4	0	216.11
-13.6	0	216.337
-13.8	0	216.337
-14	0	214.656
-14.2	0	211.079
-14.4	0	205.619
-14.6	0	198.285
-14.8	0	187.735
-15	0	173.466
-15.2	0	155.451
-15.4	0	134.032
-15.6	0	109.283
-15.8	0	81.206
-16	0	50.639
-16.2	0	17.678

### 5.1.6. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento

#### Tassi di sfruttamento a Monemto paraghiaia

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.002
-0.8	0.004
-1	0.008
-1.2	0.013

#### Tassi di sfruttamento a Monemto diaframma

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-1.2	0.002
-1.4	0.004
-1.6	0.012
-1.8	0.02
-2	0.029
-2.2	0.039
-2.4	0.05
-2.6	0.06
-2.8	0.072
-3	0.085
-3.2	0.099
-3.4	0.114
-3.6	0.129
-3.8	0.146
-4	0.164
-4.2	0.183
-4.4	0.204
-4.6	0.225
-4.8	0.248
-5	0.272
-5.2	0.298
-5.4	0.325
-5.6	0.354
-5.8	0.384
-6	0.416
-6.2	0.45
-6.4	0.486
-6.6	0.523
-6.8	0.24
-7	0.435
-7.2	0.466
-7.4	0.498
-7.6	0.53
-7.8	0.562
-8	0.594
-8.2	0.624
-8.4	0.654
-8.6	0.682
-8.8	0.708
-9	0.731
-9.2	0.751
-9.4	0.768
-9.6	0.782
-9.8	0.791
-10	0.795

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	
-10.2	0.795	
-10.4	0.79	
-10.6	0.782	
-10.8	0.769	
-11	0.752	
-11.2	0.732	
-11.4	0.709	
-11.6	0.683	
-11.8	0.655	
-12	0.624	
-12.2	0.35	
-12.4	0.771	
-12.6	0.722	
-12.8	0.671	
-13	0.618	
-13.2	0.565	
-13.4	0.511	
-13.6	0.457	
-13.8	0.403	
-14	0.351	
-14.2	0.3	
-14.4	0.251	
-14.6	0.205	
-14.8	0.162	
-15	0.123	
-15.2	0.088	
-15.4	0.058	
-15.6	0.034	
-15.8	0.015	
-16	0.004	
-16.2	0	

Tassi di sfruttamento a Taglio paragliaia

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0.001	
-0.6	0.001	
-0.8	0.002	
-1	0.003	
-1.2	0.003	

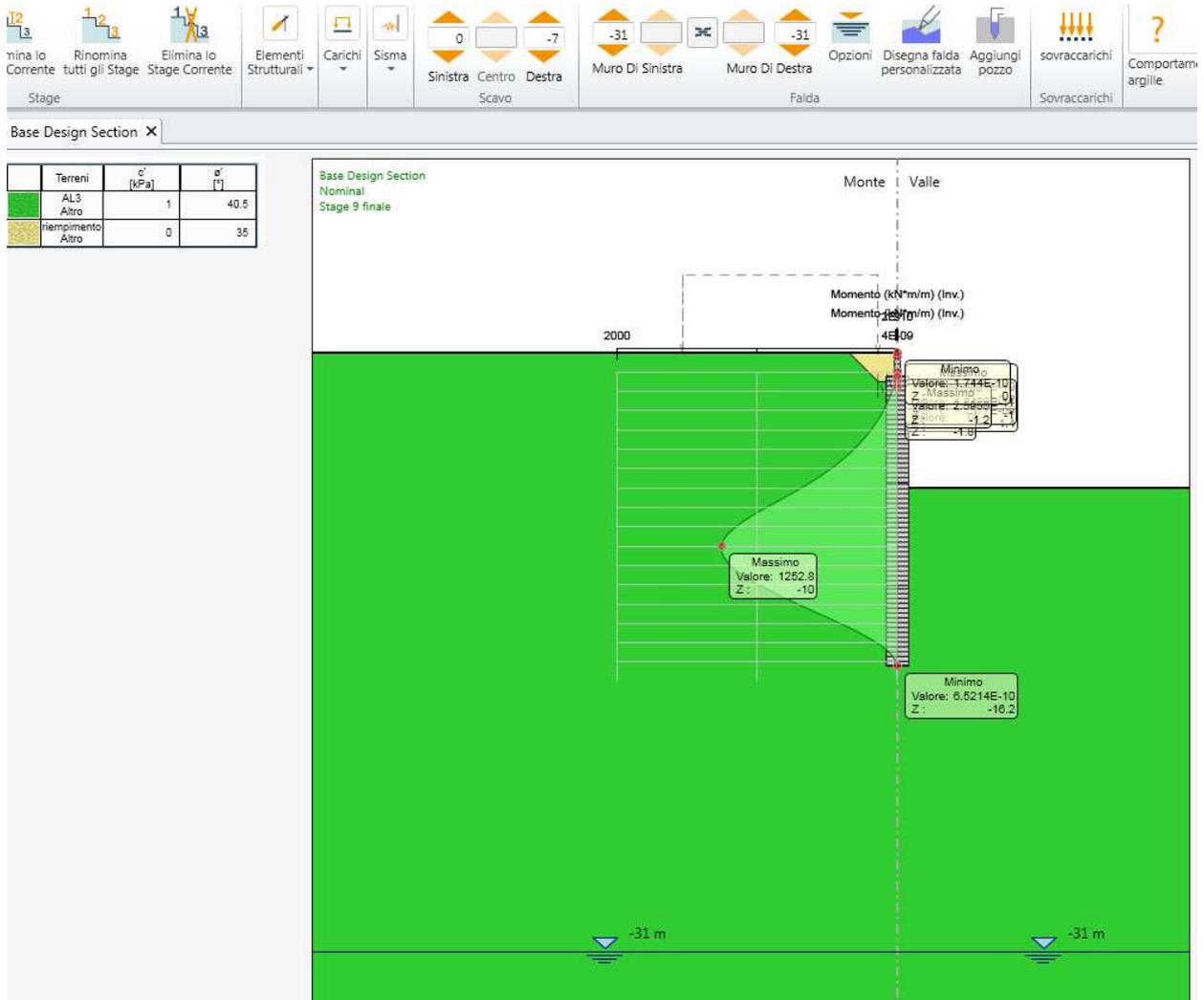
Tassi di sfruttamento a Taglio diaframma

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.2	0.001	
-1.4	0.01	
-1.6	0.01	
-1.8	0.01	
-2	0.011	
-2.2	0.011	
-2.4	0.012	
-2.6	0.013	
-2.8	0.014	
-3	0.015	
-3.2	0.016	
-3.4	0.017	
-3.6	0.018	

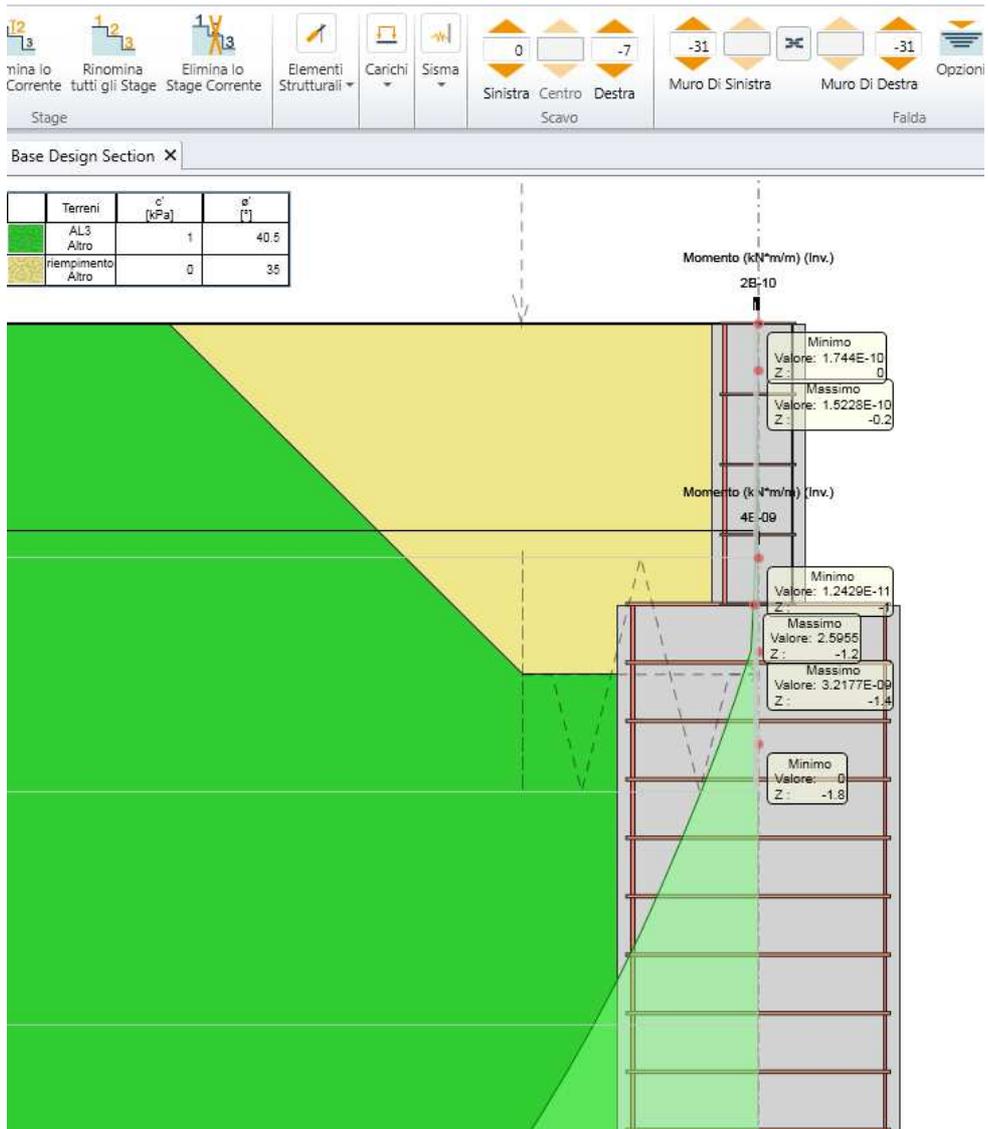
Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-3.8	0.019
-4	0.02
-4.2	0.022
-4.4	0.023
-4.6	0.025
-4.8	0.026
-5	0.028
-5.2	0.029
-5.4	0.031
-5.6	0.032
-5.8	0.034
-6	0.036
-6.2	0.038
-6.4	0.04
-6.6	0.042
-6.8	0.044
-7	0.046
-7.2	0.047
-7.4	0.048
-7.6	0.048
-7.8	0.047
-8	0.047
-8.2	0.046
-8.4	0.044
-8.6	0.041
-8.8	0.038
-9	0.034
-9.2	0.03
-9.4	0.026
-9.6	0.022
-9.8	0.019
-10	0.014
-10.2	0.012
-10.4	0.015
-10.6	0.019
-10.8	0.025
-11	0.03
-11.2	0.034
-11.4	0.038
-11.6	0.042
-11.8	0.045
-12	0.048
-12.2	0.051
-12.4	0.053
-12.6	0.055
-12.8	0.056
-13	0.057
-13.2	0.058
-13.4	0.058
-13.6	0.058
-13.8	0.057
-14	0.056
-14.2	0.055
-14.4	0.052
-14.6	0.049
-14.8	0.046
-15	0.042
-15.2	0.037
-15.4	0.032
-15.6	0.026
-15.8	0.019
-16	0.012
-16.2	0.004

Si riportano di seguito gli inviluppi delle sollecitazioni di Momento, Taglio e degli spostamenti

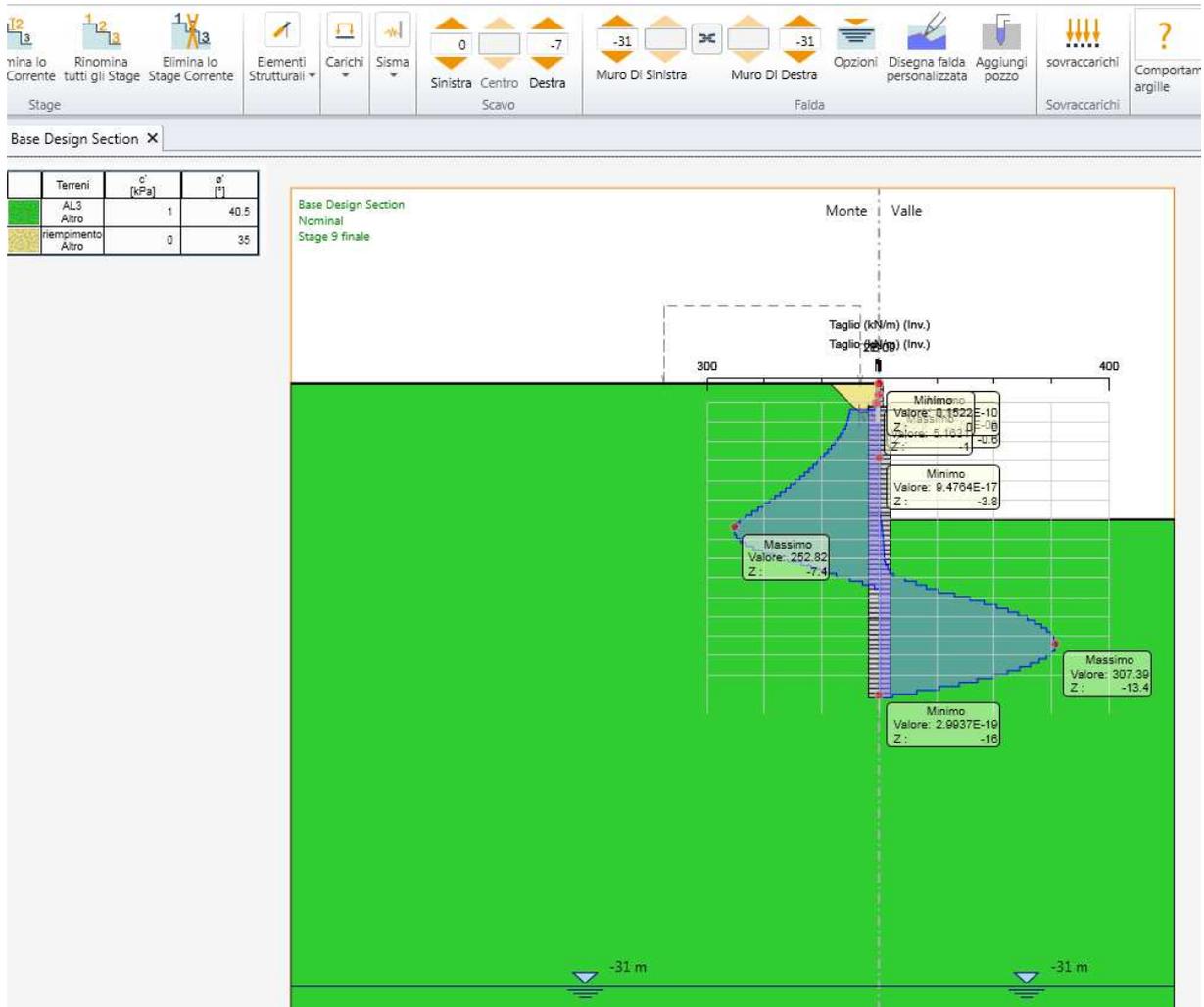
PV\_V\_SR\_AP\_PC\_3\_D\_004-001\_0\_002\_R\_A\_0



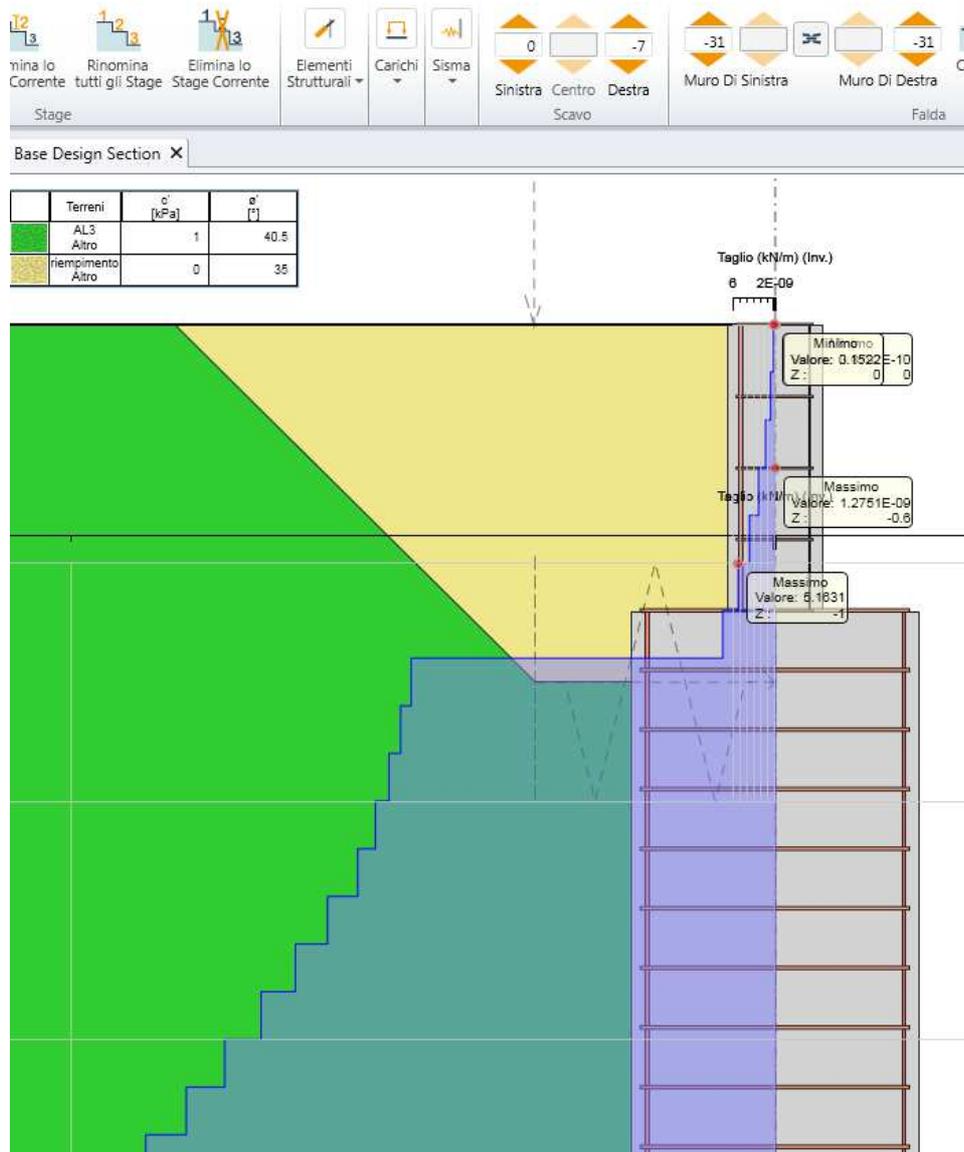
Inviluppo diagramma di Momento diaframma



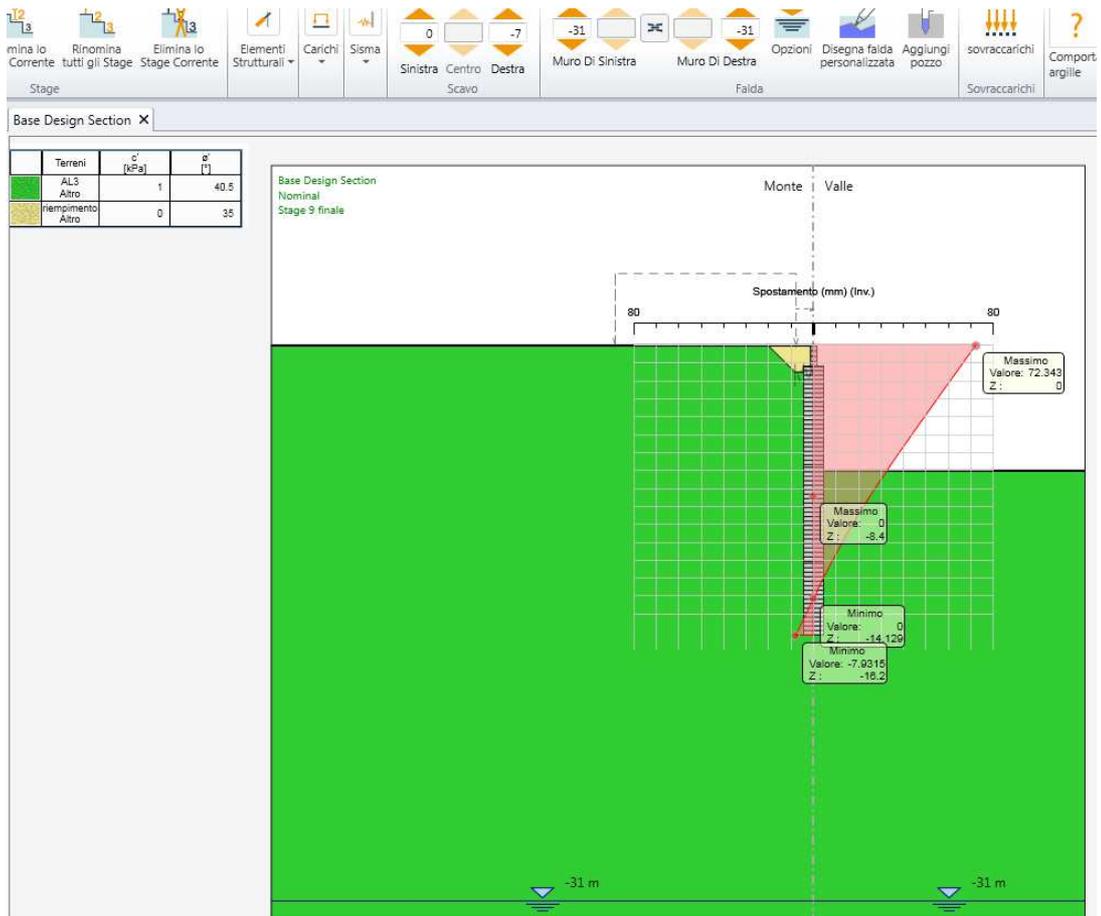
Inviluppo diagramma di Momento paragliaia



Inviluppo diagramma di Taglio diaframma



Inviluppo diagramma di Taglio paraghiaia



Inviluppo diagramma degli spostamenti

## 5.1.7. Verifiche a SLE

M SLE rara =684.72kNm

Verifica C.A. S.L.U. - File: verifica tens SP1

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

Titolo : \_\_\_\_\_

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	37.17	113.3
			2	15.71	6.4

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

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  684.72 kNm  
M<sub>yEd</sub>  0

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

Materiali: B450C C25/30

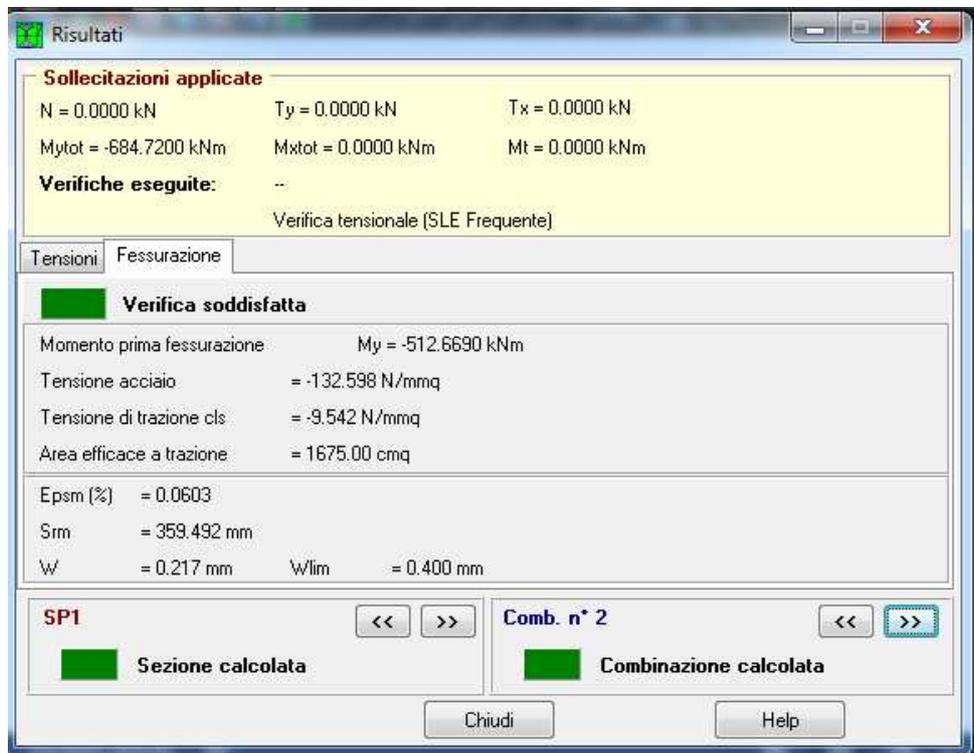
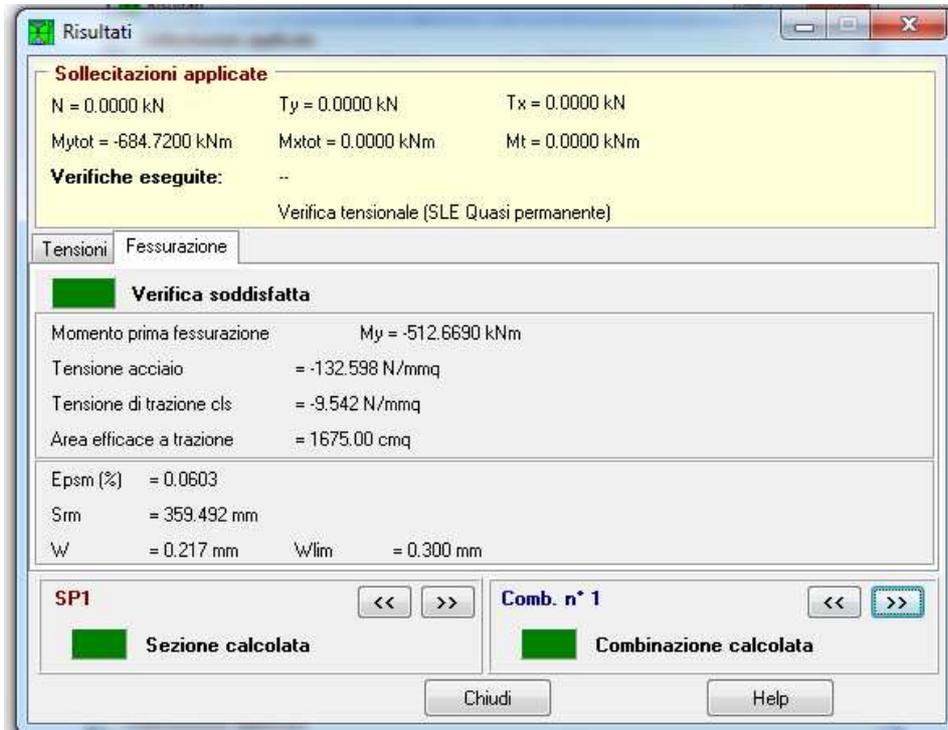
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰	$\sigma_c$	-4.042 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰	$\sigma_s$	177.1 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200 000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$	14.17	$\epsilon_s$	0.8854 ‰
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.8	d	113.3 cm
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	97.5	x	28.9
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$	0.6	x/d	0.2551
		$\tau_{c1}$	1.829	$\delta$	0.7588

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

Siccome la tensione del calcestruzzo rispetta il limite anche per la combinazione quasi permanente, tale verifica è automaticamente soddisfatta.

La verifica a fessurazione è stata effettuata, a favore di sicurezza con lo stesso Momento sollecitante:

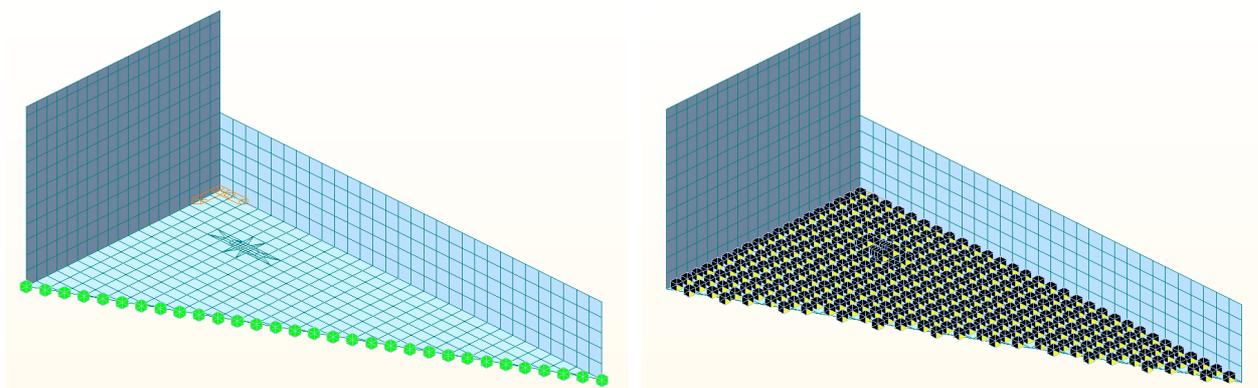


### 5.1.8. Verifica muretto di contenimento sismico

Tale verifica non risulta vincolata in quanto il muretto sismico è impossibilitato al movimento dalla spalla del CA3D006-0 lato Treviso e dal muro in attacco al PC3D004-0 lato Vicenza; pertanto si dispongono  $\Phi 12/20$  sia verticalmente che orizzontalmente.

### 5.1.9. Verifica armatura cordolo

Per verificare l'armatura del cordolo si è definito un modello agli elementi finiti sul quale si sono fatti agire i carichi dovuti all'impalcato e gravanti sul baggio posizionate sulla parte del cordolo a sbalzo. Il cordolo è stato modellato come elemento plate incastrato all'estremità inferiore, mentre come terreno presente al di sotto della piastra di base, sono state inserite delle molle aventi rigidità pari alla  $K_w$  di Winkler associata all'unità geotecnica.



Si riportano nel seguito le verifiche sezionali condotte con il software commerciale Aztec SAX 10.0 della Aztec Infomatica.

#### Impostazioni verifiche SLU

#### **Coefficienti di sicurezza del c.a.**

Coefficienti sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50
Coefficienti sicurezza calcestruzzo a trazione	1.50
Coefficienti sicurezza dell'acciaio	1.15
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficienti di sicurezza della sezione	1.00

Dati

**Nome sezione:** cordolo parallelo spv

Tipo sezione Rettangolare

Base 100.0 [cm]

Altezza 60.0 [cm]

**Caratteristiche geometriche**

Area sezione 6000.00 [cmq]

Inerzia in direzione X 5000000.0 [cm<sup>4</sup>]

Inerzia in direzione Y 1800000.0 [cm<sup>4</sup>]

Inerzia in direzione XY 0.0 [cm<sup>4</sup>]

Ascissa baricentro sezione  $X_G = 50.00$  [cm]

Ordinata baricentro sezione  $Y_G = 30.00$  [cm]

**Elenco ferri***Simbologia adottata*

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine

X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]

Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]

d Diametro ferro espresso in [mm]

$\omega$  Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	$\omega$
1	95.90	54.90	22	3.80
2	72.95	54.90	22	3.80
3	50.00	54.90	22	3.80
4	27.05	54.90	22	3.80
5	4.10	54.90	22	3.80
6	4.10	5.10	22	3.80
7	27.05	5.10	22	3.80
8	50.00	5.10	22	3.80

9	72.95	5.10	22	3.80
10	95.90	5.10	22	3.80

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

N sforzo normale espresso in [kN]

M<sub>Y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]

M<sub>X</sub> momento lungo X espresso in [kNm]

M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]

T<sub>Y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]

T<sub>X</sub> taglio lungo X espresso in [kN]

VD verifica di dominio

VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente,

TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0.0000	-142.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	0.0000	380.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	0.0000	-120.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
4	0.0000	-105.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEF
5	0.0000	-103.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

X<sub>c</sub> posizione asse neutro espresso in [cm]

α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X <sub>c</sub>	α	(xi; yi)	(xf; yf)
3	13.65	0.00	(100.00; 13.65)	(0.00; 13.65)
4	13.65	0.00	(100.00; 13.65)	(0.00; 13.65)
5	13.65	0.00	(100.00; 13.65)	(0.00; 13.65)

**Risultati tensionali***Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione

 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
3	2.774	0.000	0.000	26.063	-125.681
4	2.427	0.000	0.000	22.805	-109.971
5	2.381	0.000	0.000	22.371	-107.876

**Sollecitazioni ultime***Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione

 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN] $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm] $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza

**Combinazione n° 1**

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0.0000	0.0000	<u>-384.7050</u>	2.71

**Combinazione n° 2**

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0.0000	0.0000	<u>384.7050</u>	1.01

**Risultati fessurazione***Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione

 $M_X$  Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm] $M_Y$  Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm] $\sigma_f$  Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm<sup>2</sup>] $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cm<sup>2</sup>] $\epsilon$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [°] $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm] $w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_X$	$M_Y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
4	0.0000	-129.7614	-135.904	-10.181	1275.00	0.0000	0	0.0000
5	0.0000	-129.7614	-135.904	-10.181	1275.00	0.0000	0	0.0000

**Inviluppo verifiche tensionali***Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione

scc tensione di compressione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]sct tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm<sup>2</sup>]sfl tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - cordolo parallelo spv**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	2.774	14.940	-9.415	2.558	-125.681	26.063	315.000	3
SLEQP	2.381	11.205	-8.081	2.558	-107.876	22.371	450.000	5
SLEF	2.427	24.900	-8.238	2.558	-109.971	22.805	450.000	4

Inviluppo verifiche fessurazione*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione

sf tensione nell'acciaio espresso in [N/mm<sup>2</sup>]sc tensione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]Aeff Area efficace a trazione espresso in [cm<sup>2</sup>]

Eps Deformazione espressa in [%]

sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]

w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]

Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - cordolo parallelo spv**

<b>TC</b>	<b>sf</b>	<b>sc</b>	<b>Aeff</b>	<b>Esp</b>	<b>sr</b>	<b>w</b>	<b>wl</b>	<b>Comb.</b>
SLEQP-135.904	-10.181	125.037	125.037	0.0000	0.000	0.000	0.300	5
SLEF-135.904	-10.181	125.037	125.037	0.0000	0.000	0.000	0.400	4

Dati

**Nome sezione:** cordolo perp spv

Tipo sezione Rettangolare

Base 100.0 [cm]

Altezza 60.0 [cm]

**Caratteristiche geometriche**

Area sezione 6000.00 [cmq]

Inerzia in direzione X 5000000.0 [cm<sup>4</sup>]

Inerzia in direzione Y 1800000.0 [cm<sup>4</sup>]

Inerzia in direzione XY 0.0 [cm<sup>4</sup>]

Ascissa baricentro sezione  $X_G = 50.00$  [cm]

Ordinata baricentro sezione  $Y_G = 30.00$  [cm]

**Elenco ferri***Simbologia adottata*

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine

X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]

Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]

d Diametro ferro espresso in [mm]

$\omega$  Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	$\omega$
1	95.90	54.90	22	3.80
2	72.95	54.90	22	3.80
3	50.00	54.90	22	3.80
4	27.05	54.90	22	3.80
5	4.10	54.90	22	3.80
6	4.10	5.10	22	3.80
7	27.05	5.10	22	3.80
8	50.00	5.10	22	3.80

9	72.95	5.10	22	3.80
10	95.90	5.10	22	3.80

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

N sforzo normale espresso in [kN]

M<sub>Y</sub> momento lungo Y espresso in [kNm]

M<sub>X</sub> momento lungo X espresso in [kNm]

M<sub>t</sub> momento torcente espresso in [kNm]

T<sub>Y</sub> taglio lungo Y espresso in [kN]

T<sub>X</sub> taglio lungo X espresso in [kN]

VD verifica di dominio

VT verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente,

TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0.0000	-369.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
2	0.0000	380.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	SI	NO
3	0.0000	-299.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLER
4	0.0000	-225.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEQP
5	0.0000	-263.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	NO	SLEF

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione

X<sub>c</sub> posizione asse neutro espresso in [cm]

α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	X <sub>c</sub>	α	(xi; yi)	(xf; yf)
3	13.65	0.00	(100.00; 13.65)	(0.00; 13.65)
4	13.65	0.00	(100.00; 13.65)	(0.00; 13.65)
5	13.65	0.00	(100.00; 13.65)	(0.00; 13.65)

**Risultati tensionali***Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione

 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [N/mm<sup>2</sup>] $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
3	6.911	0.000	0.000	64.940	-313.155
4	5.200	0.000	0.000	48.868	-235.652
5	6.079	0.000	0.000	57.121	-275.451

**Sollecitazioni ultime***Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione

 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN] $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm] $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza

**Combinazione n° 1**

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0.0000	0.0000	<u>-384.7050</u>	1.04

**Combinazione n° 2**

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0.0000	0.0000	<u>384.7050</u>	1.01

**Risultati fessurazione***Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della combinazione

PV\_V\_SR\_AP\_PC\_3\_D\_004-001\_0\_002\_R\_A\_0

$M_x$  Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]

$M_y$  Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]

$\sigma_f$  Tensione nell'acciaio, espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

$\sigma_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

$A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cm<sup>2</sup>]

$\epsilon$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]

$S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]

$w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
4	0.0000	-129.7614	-135.904	-10.181	1275.00	0.0778	373	0.2905
5	0.0000	-129.7614	-135.904	-10.181	1275.00	0.0972	373	0.3627

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione

scctensione di compressione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

sct tensione di trazione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

sf tensione limite nell'armatura espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

Comb. Combinazione critica

### **Sezione n° 2 - cordolo perp spv**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLER	6.911	14.940	-23.458	2.558	-313.155	64.940	315.000	3
SLEQP	5.200	11.205	-17.653	2.558	-235.652	48.868	450.000	4
SLEF	6.079	24.900	-20.634	2.558	-275.451	57.121	450.000	5

### Inviluppo verifiche fessurazione

#### *Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione

sf tensione nell'acciaio espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

sc tensione nel cls espresso in [N/mm<sup>2</sup>]

Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - cordolo perp spv**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP-135.904	-10.181	125.037	0.0778	373.286	0.291	0.300	4	
SLEF-135.904	-10.181	125.037	0.0972	373.286	0.363	0.400	5	

**Verifica a taglio**

Cordolo	Vsd[kN]	Vrd[kN]	Vrsd[kN]	Vrcd[kN]	Vrd*[kN]
100 x 60					
Cavallotti Ø 12/40x40	450,00	230,21	697,02	1430,46	697,02

La verifica risulta soddisfatta.

## 5.2. SPALLA SUD

### 5.2.1. Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry kN/m <sup>3</sup>	$\gamma$ sat kN/m <sup>3</sup>	$\phi'$ °	$\phi_{cv}$ °	$\phi_p$ °	$c'$ kPa	Su kPa	Modulo Elastico Eu	Evc kPa	Eur kPa	Ah kPa	Av exp kPa	Pa	Rur/Rvc kPa	Rvc kPa	Ku kPa	Kvc kN/m <sup>3</sup>	Kur kN/m <sup>3</sup>
1	AL3	19	20	40.5			1		Constant	105000	105000								
2	riempimento	19	19	35			0		Constant	70000	70000								

### 5.2.2. Descrizione Pareti

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -18.2 m

Muro di sinistra

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 6.3 m

Materiale :

Quota iniziale : -1.2 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.024 m

Distanza dal bordo : 0.066 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.02 m

Distanza dal bordo : 0.064 m

Staffe 1

Numero di staffe : 1.6

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.014 m

Lunghezza : 6.3 m

Quota iniziale : -1.2 m

Passo : 0.25 m

Rinforzo longitudinale 2

Lunghezza : 10.7 m

Materiale :

Quota iniziale : -7.5 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 9

Diametro : 0.026 m

Distanza dal bordo : 0.067 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.02 m

Distanza dal bordo : 0.064 m

Staffe 1

Numero di staffe : 1.6

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.014 m

Lunghezza : 10.7 m

Quota iniziale : -7.5 m

Passo : 0.25 m

Armatura Lunghezza segmenti : 1 m

Rinforzo longitudinale 1

Lunghezza : 1.2 m

Materiale :

Quota iniziale : 0 m

Barre di sinistra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.02 m

Distanza dal bordo : 0.058 m

Barre di destra 1

Numero di barre : 5

Diametro : 0.016 m

Distanza dal bordo : 0.056 m

Staffe 1

Numero di staffe : 1

Copertura : 0.04 m

Diametro : 0.008 m

Lunghezza : 1.2 m

Quota iniziale : 0 m

Passo : 0.4 m

Sezione : sezione

Area equivalente : 1.2 m

Inerzia equivalente : 0.144 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Solid

Spessore : 1.2 m

Efficacia : 1

Sezione : paragh

Area equivalente : 0.4 m

Inerzia equivalente : 0.0053 m<sup>4</sup>/m

Materiale calcestruzzo : C25/30

Tipo sezione : Solid

Spessore : 0.4 m

Efficacia : 1

### 5.2.3. Fasi di Calcolo

#### Stage iniziale

##### Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : 0 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

0 m

##### Carichi

Carico lineare in superficie : mezzi cantiere

X iniziale : -11 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

##### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : sezione

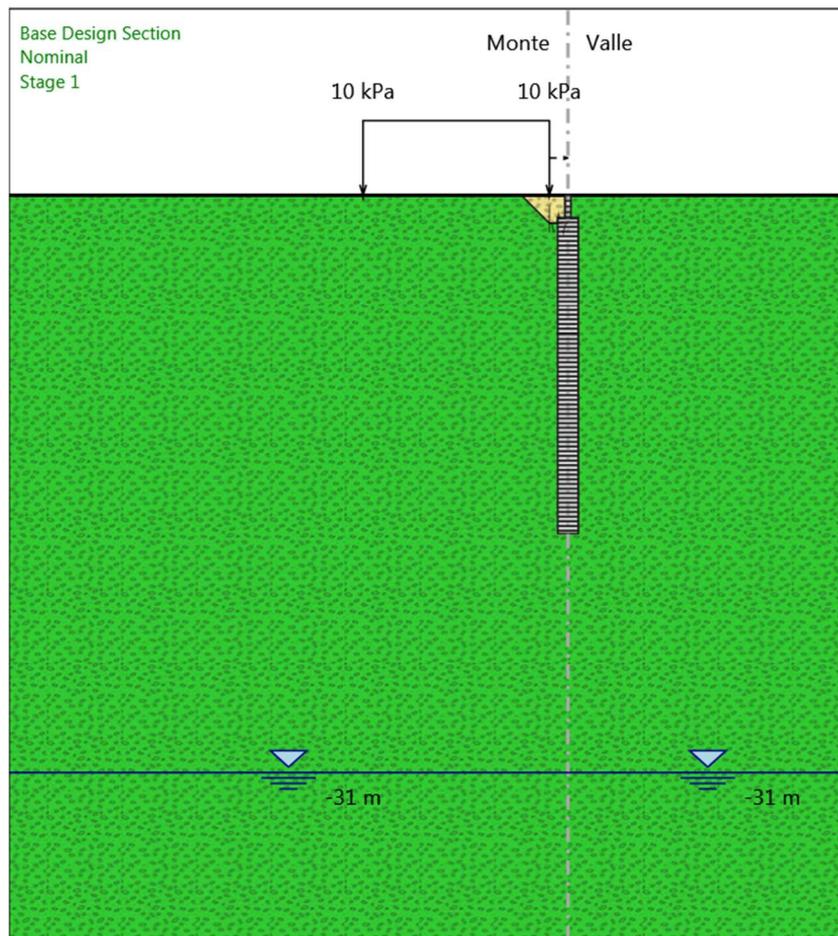
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh

Stage provvisorio

## Scavo

## Muro di sinistra

Lato monte : -1.5 m

Lato valle : -8.9 m

## Linea di scavo di sinistra (Irregolare)

(-30;0)

(-2.5;0)

(-1;-1.5)

(0;-1.5)

## Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-8.9 m

## Carichi

Carico lineare in superficie : mezzi cantiere

X iniziale : -11 m

X finale : -1 m

Pressione iniziale : 10 kPa

Pressione finale : 10 kPa

#### Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : sezione

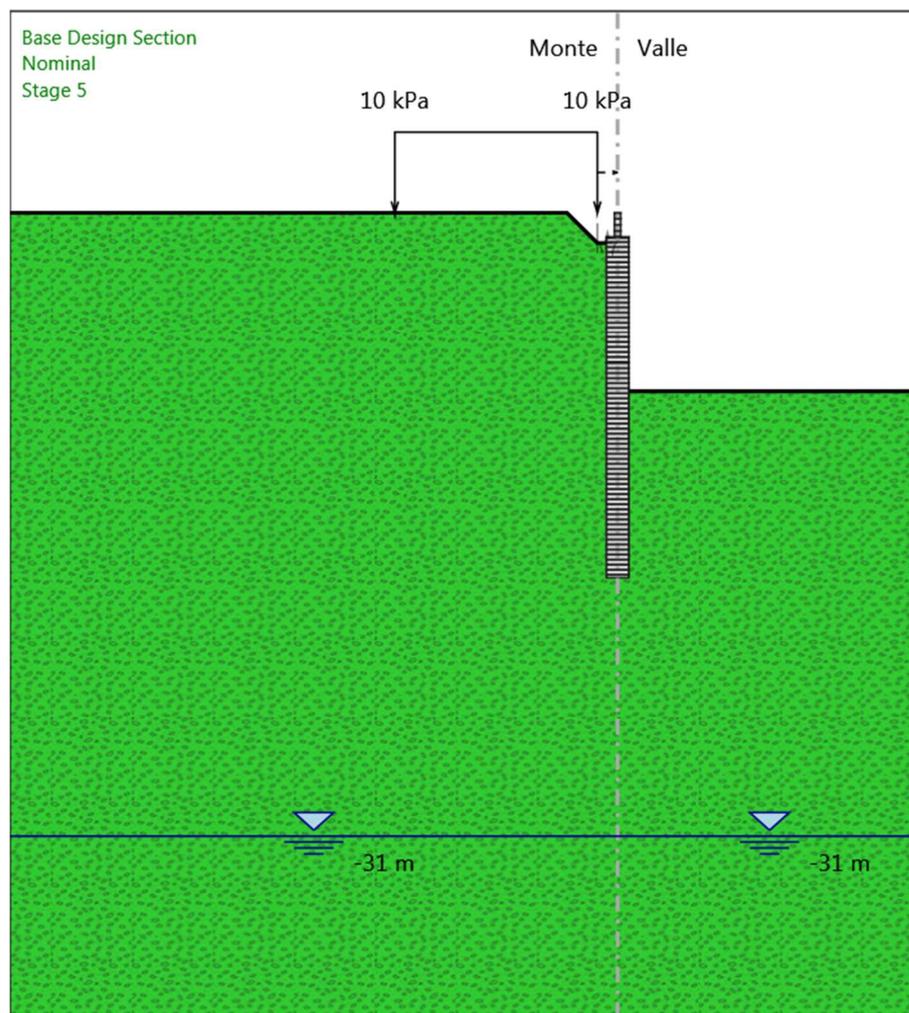
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh



Stage definitivo statico

## Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.8 m

## Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : sezione

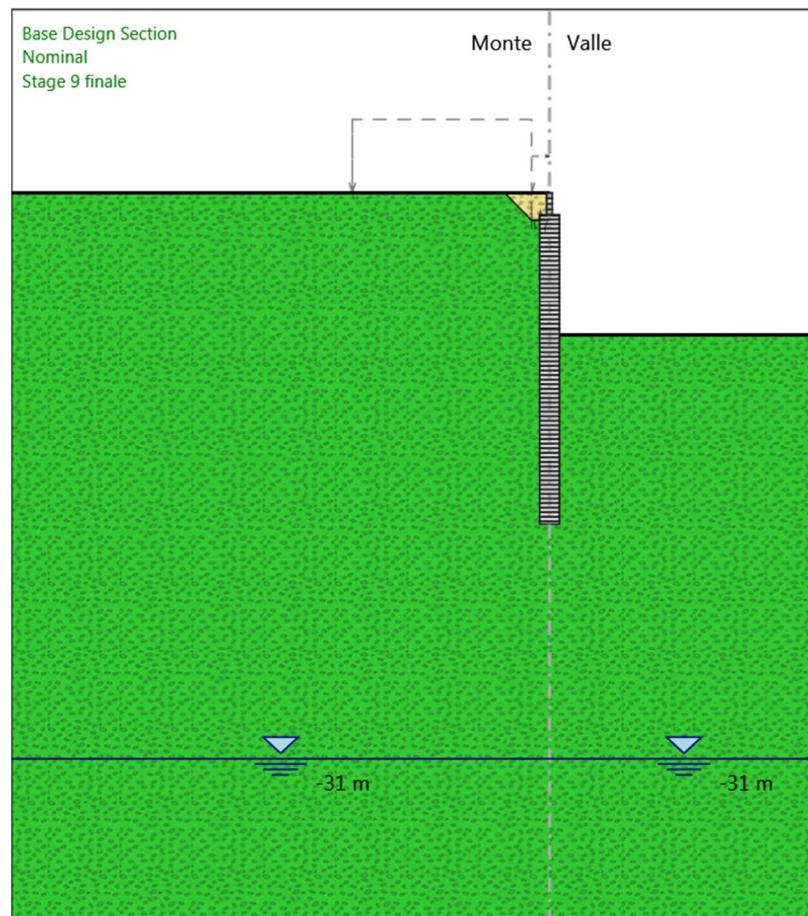
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh



Stage definitivo sismico

## Scavo

Muro di sinistra

Lato monte : 0 m

Lato valle : -7.8 m

Linea di scavo di sinistra (Orizzontale)

0 m

Linea di scavo di destra (Orizzontale)

-7.8 m

## Carichi

Carico puntuale alla paratia : sismica PC

Quota : -1.5 m

Px : 35 kN/m

Pz : 1 kN/m

: 0 kNm/m

X : 0 m

## Elementi strutturali

Paratia : WallElement

X : 0 m

Quota in alto : -1.2 m

Quota di fondo : -18.2 m

Sezione : sezione

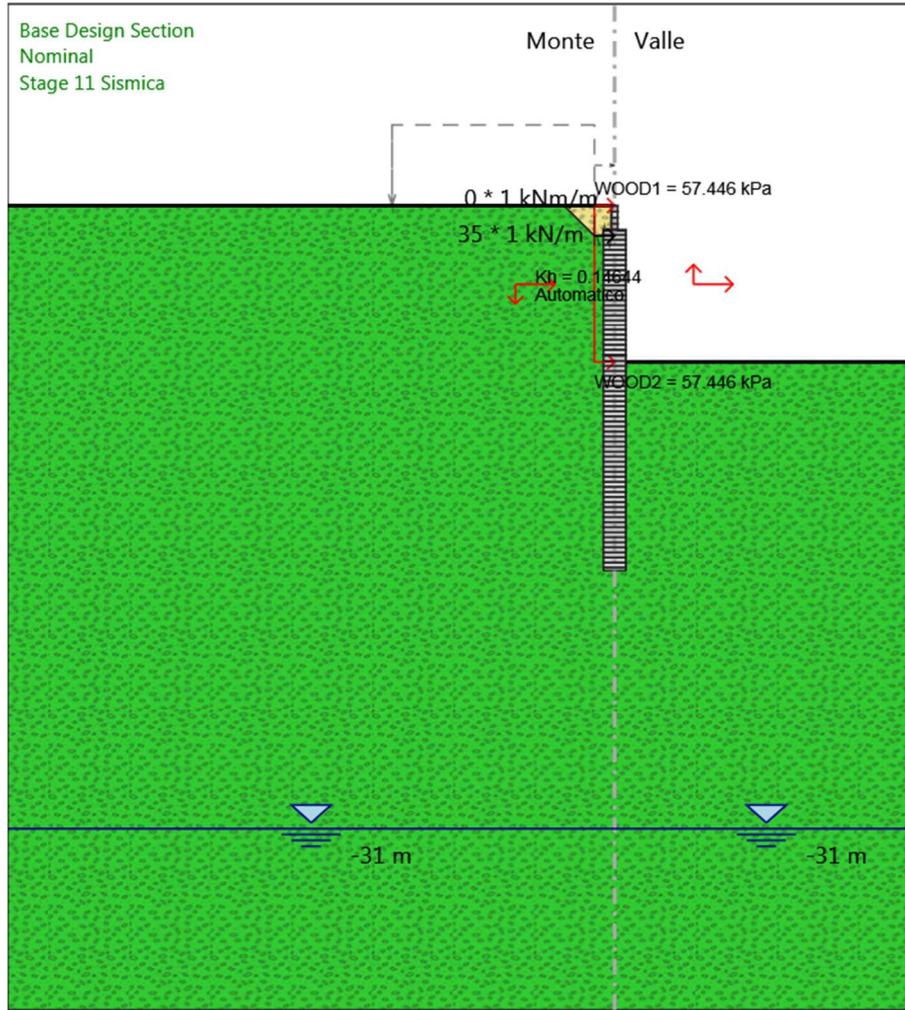
Paratia : paragh 2

X : 0 m

Quota in alto : 0 m

Quota di fondo : -1.2 m

Sezione : paragh



### 5.2.4. Involuppi Spostamento Nominal

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
0	0	54.051	
-0.2	0	53.23	
-0.4	0	52.409	
-0.6	0	51.587	
-0.8	0	50.766	
-1	0	49.945	
-1.2	0	49.124	
-1.4	0	48.304	
-1.6	0	47.483	
-1.8	0	46.663	
-2	0	45.842	
-2.2	0	45.023	
-2.4	0	44.203	
-2.6	0	43.384	
-2.8	0	42.565	
-3	0	41.747	
-3.2	0	40.93	
-3.4	0	40.114	
-3.6	0	39.299	
-3.8	0	38.485	
-4	0	37.672	
-4.2	0	36.861	
-4.4	0	36.051	

## PC3D004 – Canale S.Andrà – Ramo 1 – Scarico Sereser - Relazione di calcolo spalle

Design Assumption: Nominal Involuppi: Spostamento			Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)	
-4.6	0	35.244	
-4.8	0	34.438	
-5	0	33.635	
-5.2	0	32.833	
-5.4	0	32.035	
-5.6	0	31.239	
-5.8	0	30.447	
-6	0	29.658	
-6.2	0	28.872	
-6.4	0	28.09	
-6.6	0	27.313	
-6.8	0	26.54	
-7	0	25.772	
-7.2	0	25.009	
-7.4	0	24.252	
-7.6	0	23.5	
-7.8	0	22.755	
-8	0	22.016	
-8.2	0	21.285	
-8.4	0	20.561	
-8.6	0	19.845	
-8.8	0	19.137	
-9	0	18.438	
-9.2	0	17.748	
-9.4	0	17.068	
-9.6	0	16.397	
-9.8	0	15.736	
-10	0	15.086	
-10.2	0	14.446	
-10.4	0	13.816	
-10.6	0	13.197	
-10.8	0	12.589	
-11	0	11.991	
-11.2	0	11.404	
-11.4	0	10.827	
-11.6	0	10.26	
-11.8	0	9.704	
-12	0	9.158	
-12.2	0	8.622	
-12.4	0	8.096	
-12.6	0	7.579	
-12.8	0	7.071	
-13	0	6.572	
-13.2	0	6.082	
-13.4	0	5.6	
-13.6	0	5.125	
-13.8	0	4.658	
-14	0	4.199	
-14.2	0	3.746	
-14.4	0	3.3	
-14.6	0	2.859	
-14.8	0	2.424	
-15	0	1.995	
-15.2	0	1.57	
-15.4	0	1.149	
-15.6	0	0.732	
-15.8	0	0.45	
-16	-0.091	0.255	
-16.2	-0.498	0.116	
-16.242	0	0	
-16.265	0	0	
-16.4	-0.903	0.11	
-16.6	-1.306	0.104	
-16.8	-1.707	0.097	
-17	-2.108	0.091	
-17.2	-2.507	0.09	
-17.4	-2.905	0.09	
-17.6	-3.303	0.09	
-17.8	-3.701	0.091	

Design Assumption: Nominal Inviluppi: Spostamento		Muro: LEFT
Z (m)	Lato sinistro (mm)	Lato destro (mm)
-18	-4.099	0.091
-18.2	-4.497	0.091

### 5.2.5. Inviluppi Risultati Paratia Nominal

Tabella Inviluppi Momento Nominal paraghiaia

Design Assumption: Nominal Inviluppi: Momento		Muro: paragh 2
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
0	0	0
-0.2	0.029	0
-0.4	0.121	0
-0.6	0.32	0
-0.8	0.675	0
-1	1.23	0
-1.2	2.031	0

Tabella Inviluppi Momento Nominal diaframma

Design Assumption: Nominal Inviluppi: Momento		Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-1.2	2.031	0
-1.4	3.185	0
-1.6	11.794	0
-1.8	20.906	0
-2	30.567	0
-2.2	40.822	0
-2.4	51.719	0
-2.6	63.302	0
-2.8	75.619	0
-3	88.715	0
-3.2	102.637	0
-3.4	117.431	0
-3.6	133.142	0
-3.8	149.818	0
-4	167.504	0
-4.2	186.246	0
-4.4	206.091	0
-4.6	227.085	0
-4.8	249.273	0
-5	272.703	0
-5.2	297.419	0
-5.4	323.469	0
-5.6	350.899	0
-5.8	379.754	0
-6	410.082	0
-6.2	441.927	0
-6.4	475.336	0
-6.6	510.356	0
-6.8	547.033	0
-7	585.412	0
-7.2	625.54	0
-7.4	667.462	0
-7.6	711.226	0
-7.8	756.878	0
-8	804.375	0

## PC3D004 – Canale S.Andrà – Ramo 1 – Scarico Sereser - Relazione di calcolo spalle

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Momento	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN*m/m)	Lato destro (kN*m/m)
-8.2	852.333	0
-8.4	899.681	0
-8.6	945.348	0
-8.8	988.955	0
-9	1030.641	0
-9.2	1069.337	0
-9.4	1104.016	0
-9.6	1133.757	0
-9.8	1157.967	0
-10	1176.863	0
-10.2	1190.665	0
-10.4	1199.594	0
-10.6	1203.873	0
-10.8	1203.72	0
-11	1199.356	0
-11.2	1190.995	0
-11.4	1178.852	0
-11.6	1163.135	0
-11.8	1144.055	0
-12	1121.813	0
-12.2	1096.611	0
-12.4	1068.646	0
-12.6	1038.114	0
-12.8	1005.204	0
-13	970.104	0
-13.2	933	0
-13.4	894.083	0
-13.6	853.555	0
-13.8	811.614	0
-14	768.435	0
-14.2	724.19	0
-14.4	679.05	0
-14.6	633.182	0
-14.8	586.751	0
-15	539.919	0
-15.2	492.847	0
-15.4	445.748	0
-15.6	398.924	0
-15.8	352.67	0
-16	307.281	0
-16.2	263.049	0
-16.4	220.385	0
-16.6	179.826	0
-16.8	142.037	0
-17	107.555	0
-17.2	76.915	0
-17.4	50.651	0
-17.6	29.296	0
-17.8	13.382	0
-18	3.442	0
-18.2	0	0

Tabella Inviluppi Taglio Nominal paraghiaia

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: paragh 2
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
0	0.146	0
-0.2	0.457	0
-0.4	0.999	0
-0.6	1.771	0
-0.8	2.775	0
-1	4.009	0
-1.2	4.009	0

Tabella Involuppi Taglio Nominal diaframma

Design Assumption: Nominal	Involuppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-1.2	5.766	0
-1.4	43.048	0
-1.6	45.56	0
-1.8	48.303	0
-2	51.277	0
-2.2	54.482	0
-2.4	57.918	0
-2.6	61.584	0
-2.8	65.481	0
-3	69.609	0
-3.2	73.968	0
-3.4	78.558	0
-3.6	83.378	0
-3.8	88.429	0
-4	93.711	0
-4.2	99.224	0
-4.4	104.968	0
-4.6	110.942	0
-4.8	117.148	0
-5	123.584	0
-5.2	130.251	0
-5.4	137.148	0
-5.6	144.277	0
-5.8	151.636	0
-6	159.227	0
-6.2	167.048	0
-6.4	175.099	0
-6.6	183.382	0.18
-6.8	191.895	1.031
-7	200.64	1.796
-7.2	209.615	2.479
-7.4	218.82	3.082
-7.6	228.257	3.611
-7.8	237.485	4.07
-8	239.791	4.462
-8.2	239.791	4.792
-8.4	236.74	5.065
-8.6	228.332	5.283
-8.8	218.039	5.452
-9	208.426	5.575
-9.2	193.483	5.656
-9.4	173.394	5.698
-9.6	148.705	5.705
-9.8	121.051	5.705
-10	94.479	8.216
-10.2	77.995	11.082
-10.4	65.225	13.948
-10.6	52.892	16.547
-10.8	41.004	21.823
-11	29.563	41.804
-11.2	18.569	60.718
-11.4	8.019	78.58
-11.6	0	95.405
-11.8	0	111.209
-12	0	126.009
-12.2	0	139.822
-12.4	0	152.663
-12.6	0	164.55
-12.8	0	175.498
-13	0	185.524
-13.2	0	194.582
-13.4	0	202.64
-13.6	0	209.706
-13.8	0	215.896
-14	0	221.222
-14.2	0	225.7

Design Assumption: Nominal	Inviluppi: Taglio	Muro: WallElement
Z (m)	Lato sinistro (kN/m)	Lato destro (kN/m)
-14.4	0	229.341
-14.6	0	232.158
-14.8	0	234.16
-15	0	235.359
-15.2	0	235.491
-15.4	0	235.491
-15.6	0	234.123
-15.8	0	231.269
-16	0	226.945
-16.2	0	221.162
-16.4	0	213.318
-16.6	0	202.796
-16.8	0	188.945
-17	0	172.41
-17.2	0	153.2
-17.4	0	131.32
-17.6	0	106.775
-17.8	0	79.568
-18	0	49.701
-18.2	0	17.208

## 5.2.6. Tabella Inviluppi Tasso di Sfruttamento

### Tassi di sfruttamento a Momento paraghiaia

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
0	0
-0.2	0
-0.4	0.001
-0.6	0.002
-0.8	0.004
-1	0.008
-1.2	0.013

### Tassi di sfruttamento a Monemto diaframma

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-1.2	0.003
-1.4	0.004
-1.6	0.013
-1.8	0.023
-2	0.034
-2.2	0.046
-2.4	0.058
-2.6	0.071
-2.8	0.084
-3	0.099
-3.2	0.115
-3.4	0.132
-3.6	0.15
-3.8	0.169
-4	0.19
-4.2	0.212
-4.4	0.235
-4.6	0.26
-4.8	0.287

## PC3D004 – Canale S.Andrà – Ramo 1 – Scarico Sereser - Relazione di calcolo spalle

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Momento - Caver
-5	0.315
-5.2	0.344
-5.4	0.376
-5.6	0.409
-5.8	0.444
-6	0.481
-6.2	0.52
-6.4	0.56
-6.6	0.603
-6.8	0.648
-7	0.696
-7.2	0.745
-7.4	0.797
-7.6	0.413
-7.8	0.441
-8	0.47
-8.2	0.499
-8.4	0.529
-8.6	0.559
-8.8	0.588
-9	0.617
-9.2	0.645
-9.4	0.672
-9.6	0.698
-9.8	0.721
-10	0.742
-10.2	0.761
-10.4	0.777
-10.6	0.789
-10.8	0.799
-11	0.804
-11.2	0.805
-11.4	0.803
-11.6	0.797
-11.8	0.788
-12	0.776
-12.2	0.762
-12.4	0.744
-12.6	0.724
-12.8	0.702
-13	0.678
-13.2	0.653
-13.4	0.625
-13.6	0.596
-13.8	0.566
-14	0.534
-14.2	0.502
-14.4	0.469
-14.6	0.436
-14.8	0.402
-15	0.368
-15.2	0.333
-15.4	0.3
-15.6	0.266
-15.8	0.233
-16	0.202
-16.2	0.171
-16.4	0.143
-16.6	0.116
-16.8	0.091
-17	0.069
-17.2	0.049
-17.4	0.032
-17.6	0.019
-17.8	0.008
-18	0.002
-18.2	0

Tassi di sfruttamento a Taglio paraghiaia

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
0	0	
-0.2	0	
-0.4	0.001	
-0.6	0.001	
-0.8	0.002	
-1	0.003	
-1.2	0.003	

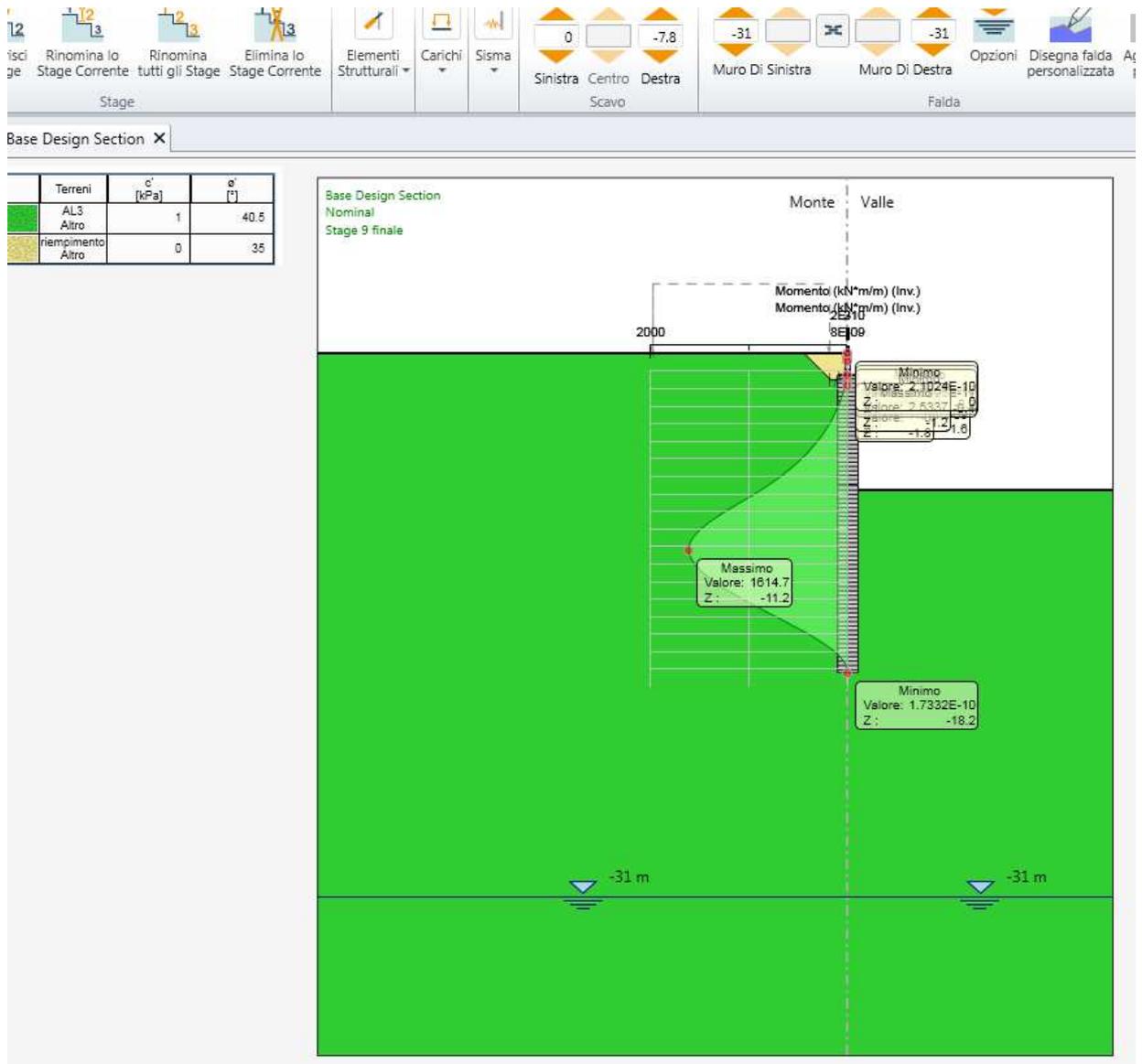
Tassi di sfruttamento a Taglio diaframma

Inviluppi	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	
-1.2	0.001	
-1.4	0.01	
-1.6	0.01	
-1.8	0.01	
-2	0.011	
-2.2	0.011	
-2.4	0.012	
-2.6	0.013	
-2.8	0.014	
-3	0.015	
-3.2	0.016	
-3.4	0.017	
-3.6	0.018	
-3.8	0.019	
-4	0.02	
-4.2	0.021	
-4.4	0.023	
-4.6	0.024	
-4.8	0.026	
-5	0.027	
-5.2	0.029	
-5.4	0.03	
-5.6	0.032	
-5.8	0.034	
-6	0.036	
-6.2	0.037	
-6.4	0.039	
-6.6	0.041	
-6.8	0.043	
-7	0.045	
-7.2	0.047	
-7.4	0.05	
-7.6	0.052	
-7.8	0.054	
-8	0.055	
-8.2	0.056	
-8.4	0.056	
-8.6	0.056	
-8.8	0.056	
-9	0.055	
-9.2	0.053	
-9.4	0.051	
-9.6	0.048	
-9.8	0.044	
-10	0.04	
-10.2	0.035	
-10.4	0.03	
-10.6	0.024	
-10.8	0.018	

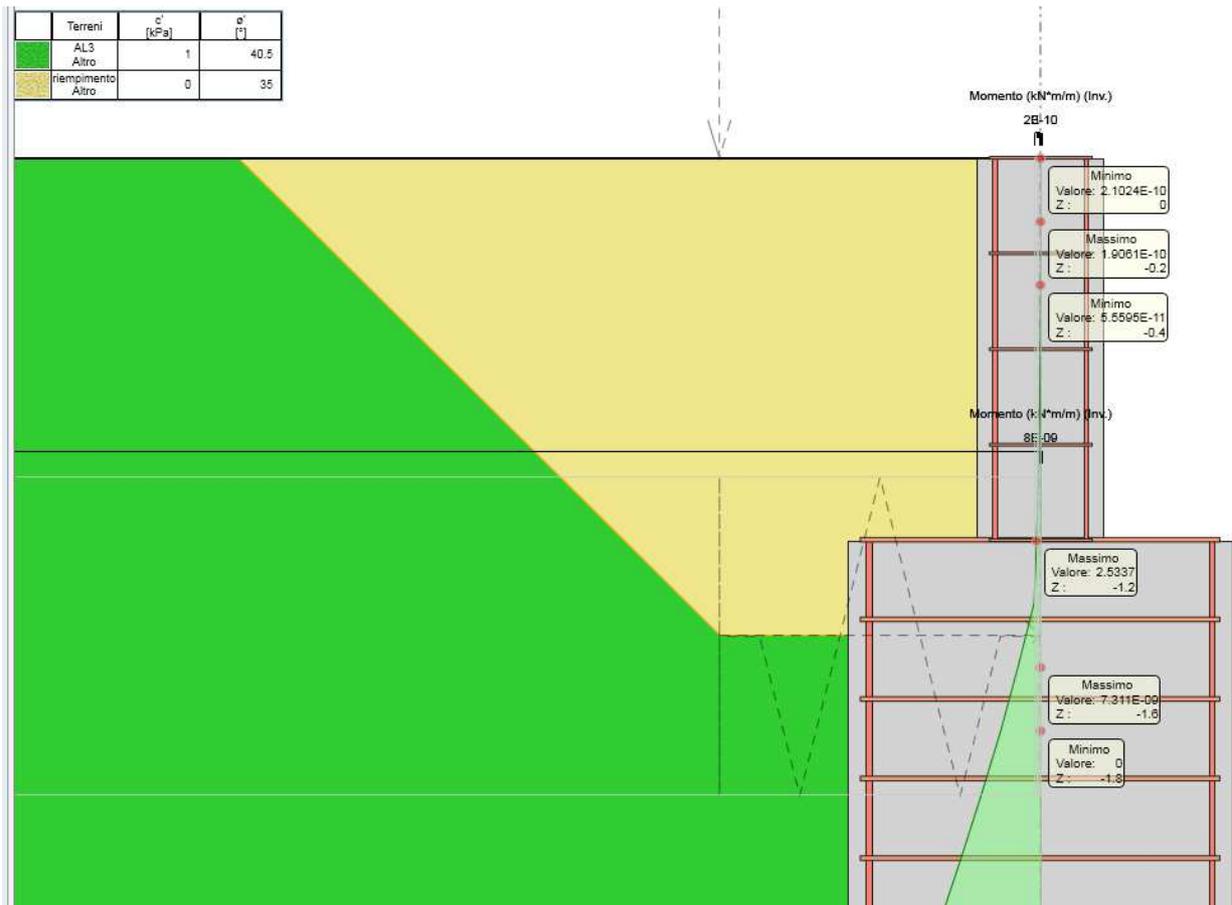
## PC3D004 – Canale S.Andrà – Ramo 1 – Scarico Sereser - Relazione di calcolo spalle

Inviluppi Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver	LEFT
Z (m)	Tasso di Sfruttamento a Taglio - Caver
-11	0.014
-11.2	0.011
-11.4	0.015
-11.6	0.018
-11.8	0.023
-12	0.028
-12.2	0.033
-12.4	0.037
-12.6	0.042
-12.8	0.045
-13	0.049
-13.2	0.052
-13.4	0.055
-13.6	0.057
-13.8	0.059
-14	0.061
-14.2	0.062
-14.4	0.063
-14.6	0.064
-14.8	0.064
-15	0.064
-15.2	0.064
-15.4	0.064
-15.6	0.063
-15.8	0.062
-16	0.06
-16.2	0.057
-16.4	0.054
-16.6	0.051
-16.8	0.047
-17	0.042
-17.2	0.037
-17.4	0.032
-17.6	0.026
-17.8	0.019
-18	0.012
-18.2	0.004

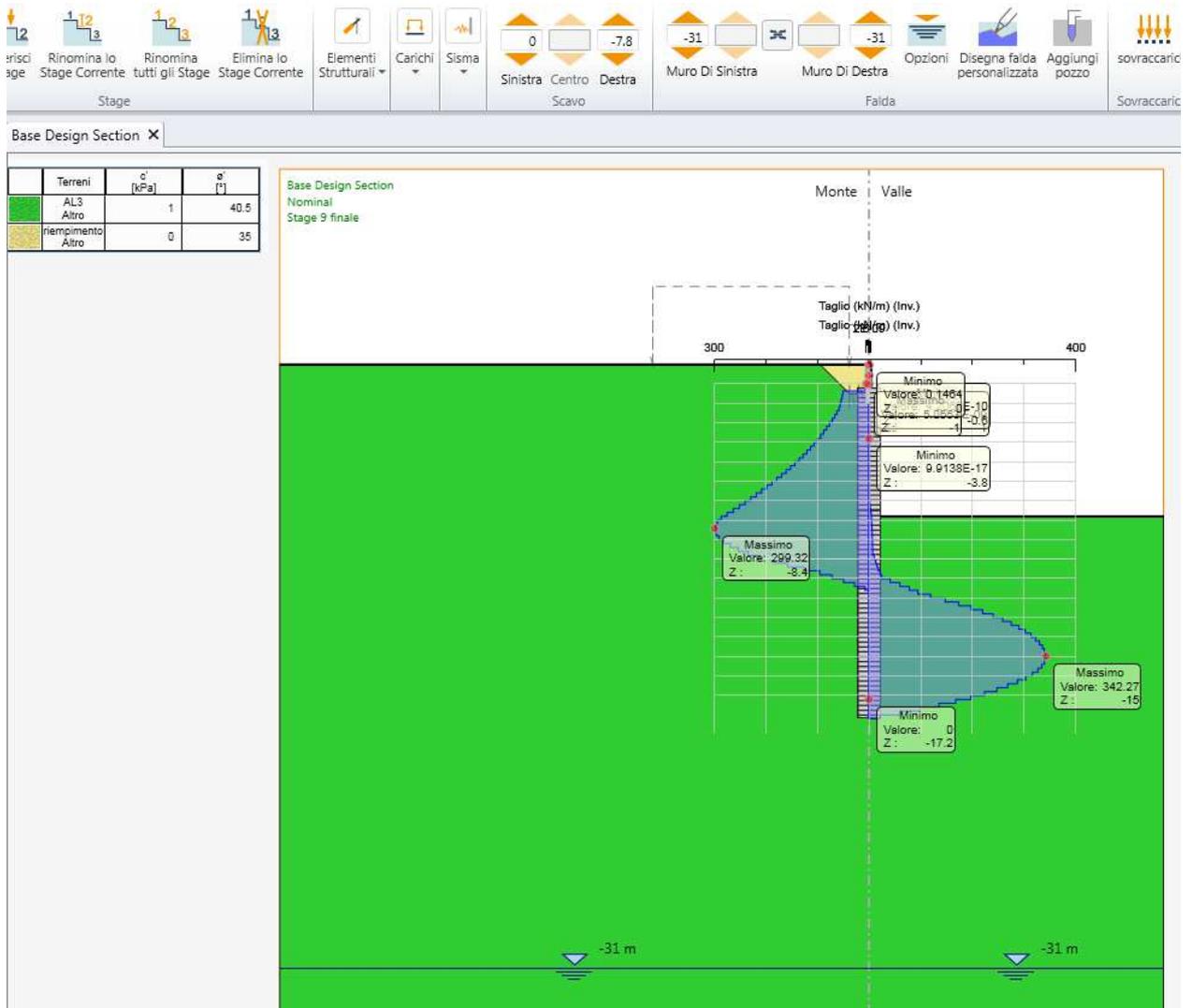
Si riportano di seguito gli involuپی delle sollecitazioni di Momento, Taglio e degli spostamenti



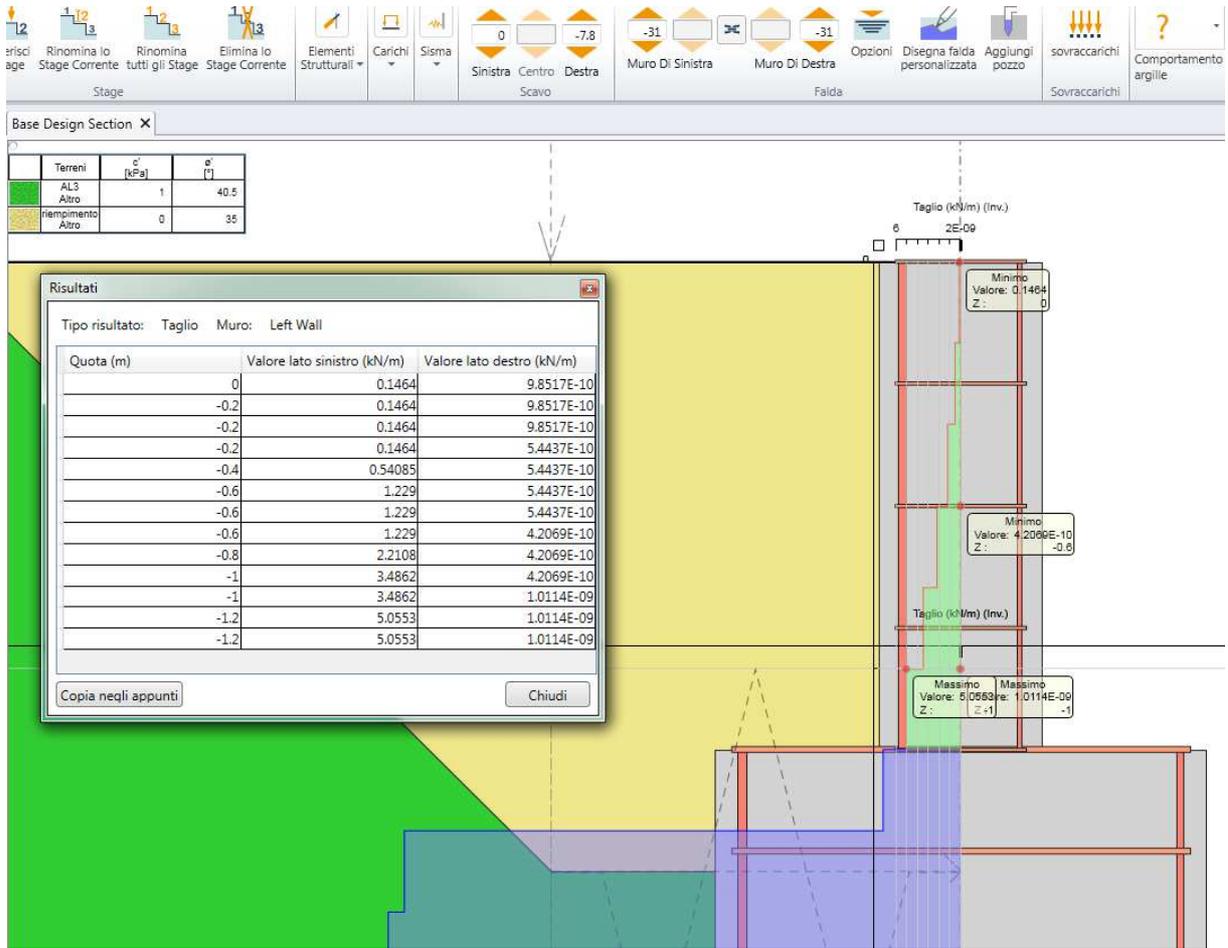
Involuppo diagramma di Momento diaframma



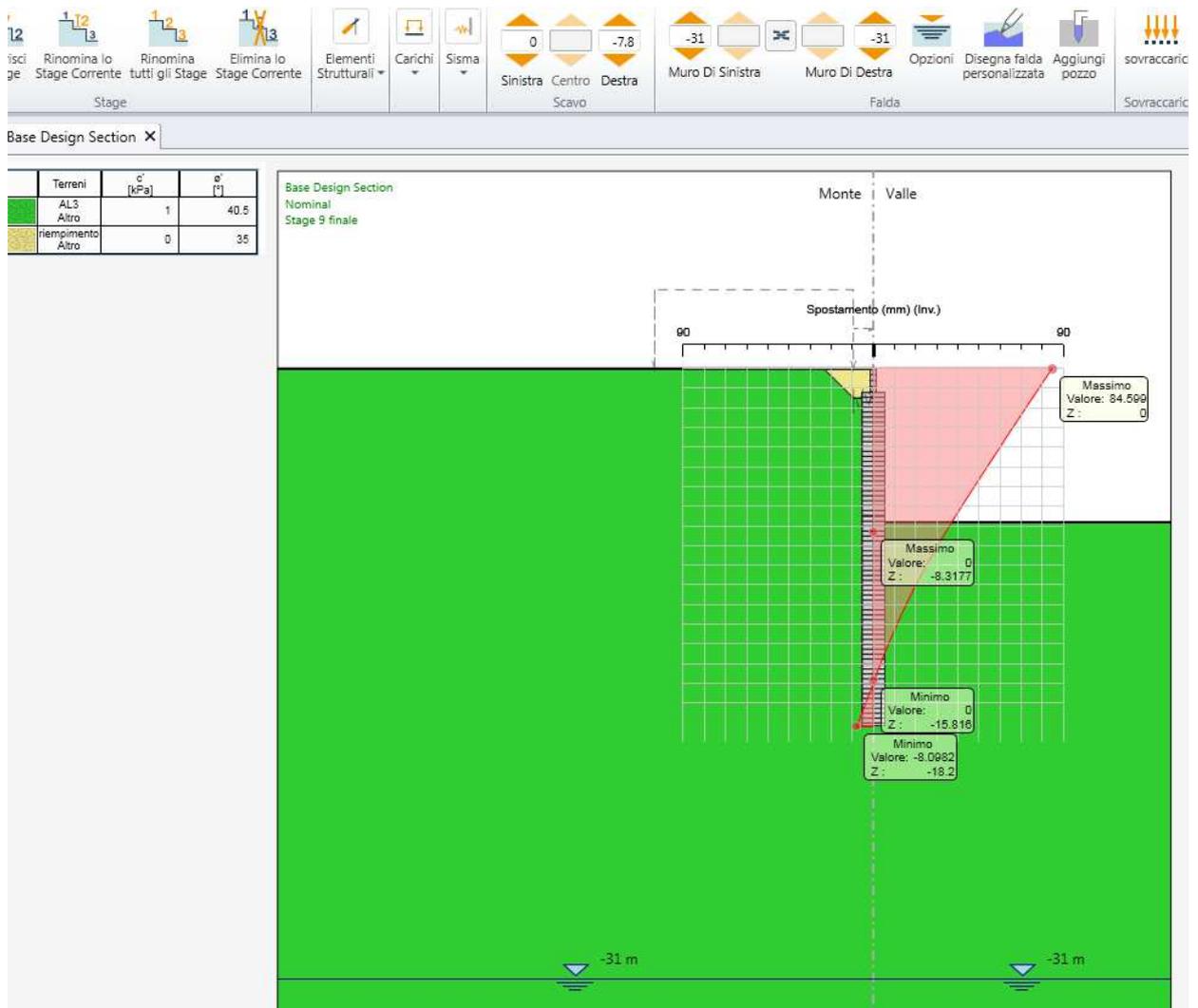
Inviluppo diagramma di Momento paragliaia



Involuppo diagramma di Taglio diaframma



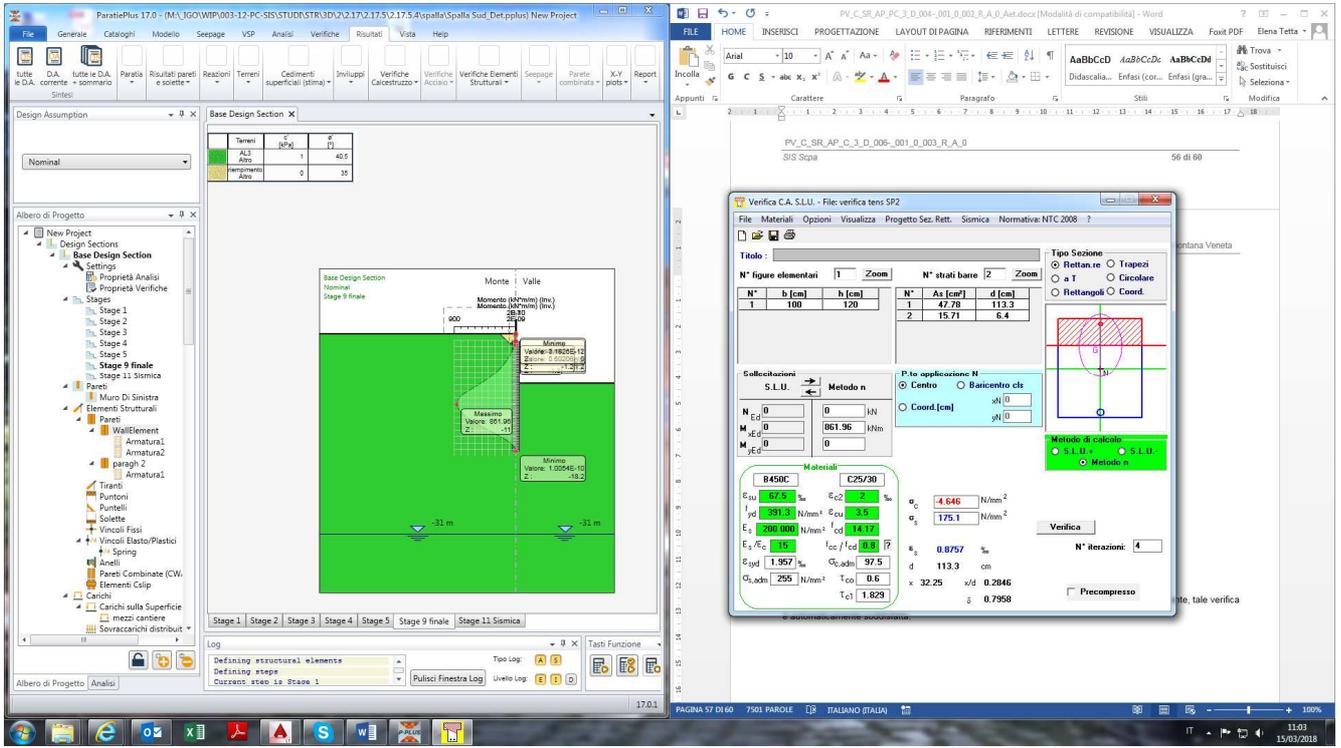
Inviluppo diagramma di Taglio paraghiaia



Inviluppo diagramma degli spostamenti

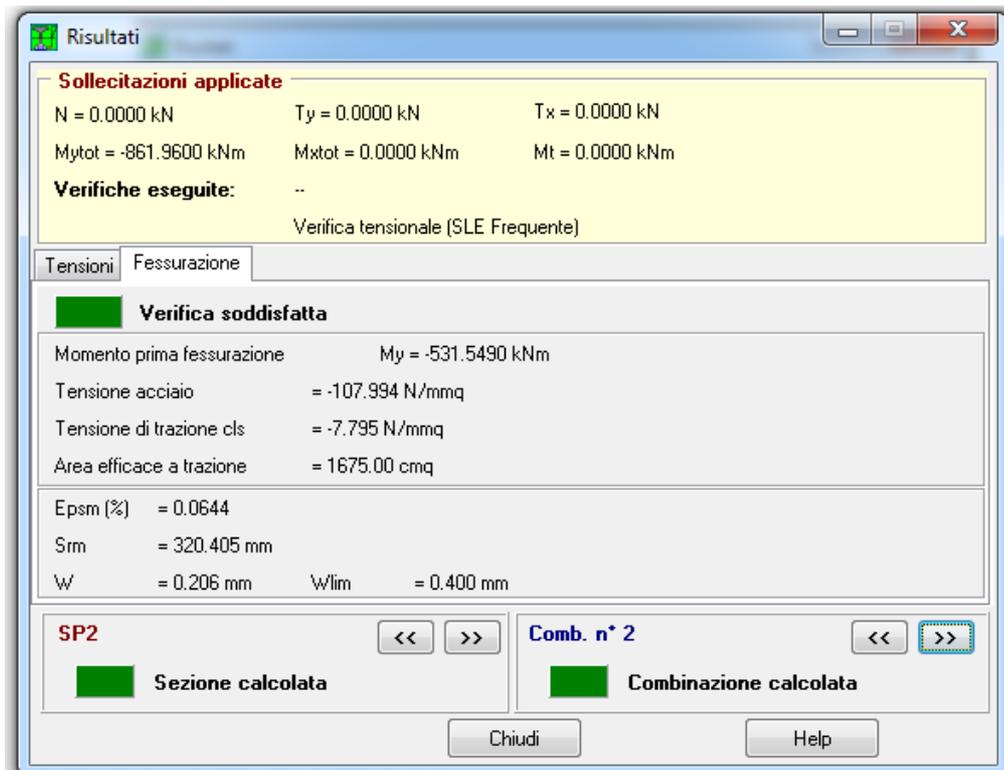
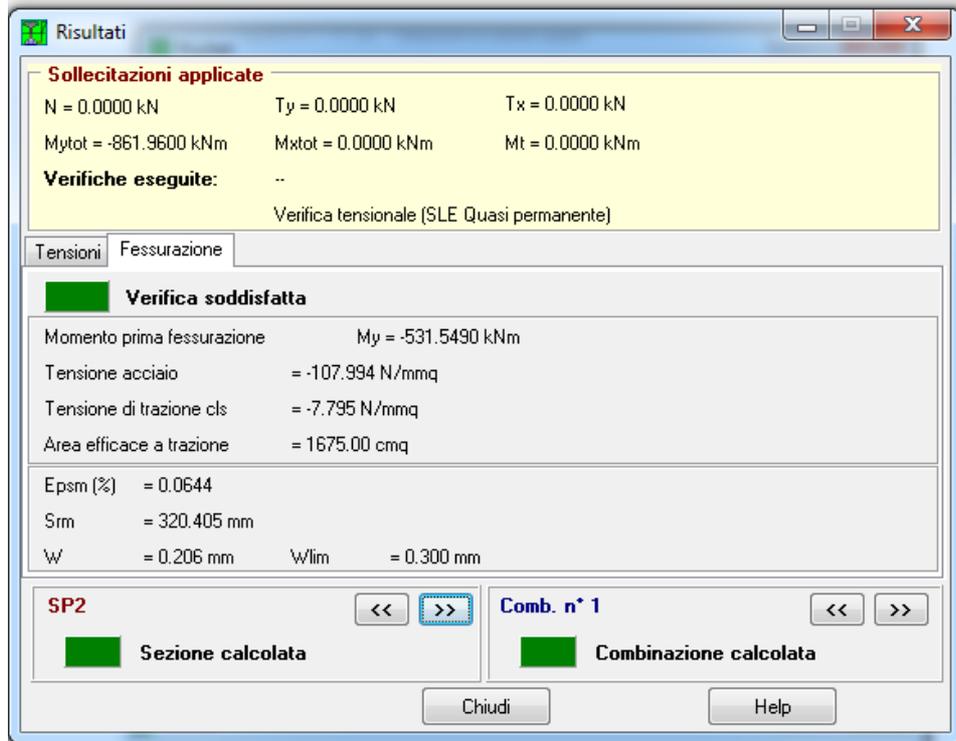
### 5.2.7. Verifiche a SLE

M SLE rara = 861.96kNm



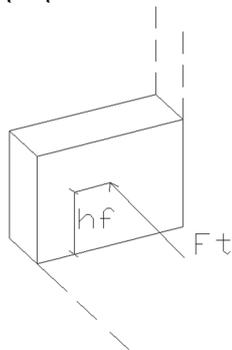
Siccome la tensione del calcestruzzo rispetta il limite anche per la combinazione quasi permanente, tale verifica è automaticamente soddisfatta.

La verifica a fessurazione è stata effettuata, a favore di sicurezza con lo stesso Momento sollecitante:



### 5.2.8. Verifica muretto di contenimento sismico

Per le verifiche allo SLU si considera il muretto laterale di contenimento dell'azione sismica come una mensola incastrata alla base, nel cui baricentro si considerano applicati la forza sismica trasversale e il peso proprio del muro. Ai fini delle verifiche in condizioni di esercizio, si considerano invece come azioni sollecitanti quelle dovute al vento e al peso proprio del muro combinati come definito dalla normativa.



**Schema azione trasversale su muretto**

Si riporta la verifica solamente per il muretto sismico lato Vicenza, in quanto lato Treviso risulta contrastato dalla spalla del CA3D006-0.

<b>Geometria muretto di contenimento</b>			
$H_{par}$ ( $B_{mens\ orizz}$ )	<b>1.76</b>	m	Altezza muro laterale
$S_p$	<b>0.50</b>	m	Spessore muro
$L_m$ ( $B_{mens\ vert}$ )	<b>1.90</b>	m	Lunghezza muro

$A_{S, vert\ tesa}$	$A_{S, vert\ compressa}$	$A_{S, orizz\ tesa}$	$A_{S, orizz\ compressa}$
<b>Φ20 /10</b>	<b>Φ20 /20</b>	<b>Φ20 /10</b>	<b>Φ20 /20</b>
5969 mm <sup>2</sup>	2985 mm <sup>2</sup>	5529 mm <sup>2</sup>	2765 mm <sup>2</sup>

	$N_{PP}$ [kN]	T [kN]	$M_{mens\ vert}$ [kNm]	$M_{mens\ orizz}$ [kNm]
Comb SLU	56.4	215	189.33	193.63
Comb SISMICA	41.8	834	734.27	750.96
Comb SLE Rara	41.8	143	126.22	129.09
Comb SLE Frequente	41.8	29	25.24	25.82

	M <sub>Res, mens vert</sub>	M <sub>Res, mens orizz</sub>	FS <sub>mens vert</sub>	FS <sub>mens orizz</sub>	T [N/mm <sup>2</sup> ]	FS <sub>tranciamento</sub>
Comb SLU	868.30	814.40	4.59	4.21	12.5	18.11
Comb SISMICA	868.30	814.40	1.18	1.08	48.4	4.67

Muretto Sismico	Vsd[kN]	Vrd[kN]	Vrsd[kN]	Vrcd[kN]	Vrd*[kN]
100 x 60 Spilli Ø 12/20x20	834,00	335,94	1112,75	1347,34	1112,75

La verifica risulta soddisfatta.

### 5.2.9. Verifica armatura cordolo

La verifica del cordolo per questa spalla risulta meno restrittiva rispetto a quello presente sulla spalla Nord in quanto il cordolo non risulta a sbalzo ma si appoggia su un diaframma di risvolto lato Vicenza. Di conseguenza, verrà predisposta la stessa armatura utilizzata per il cordolo della spalla Nord.

### 5.3. VERIFICA ARMATURA BAGGIOLI

La verifica è condotta con lo schema di biella compressa – tirante, considerando come massima azione tagliante quella dovuta all'azione del sisma longitudinale (a favore di sicurezza viene utilizzata una forza maggiorata pari a 300 kN).

Geometria sezione		
$b_w$	0.80 m	(profondità mensola tozza)
H	0.80 m	(altezza mensola tozza)
a	0.15 m	(aggetto mensola tozza)
c	0.04 m	(copriferro)
$V_{Ed}$	300.00 kN	(azione di taglio sollecitante di calcolo)
$H_{Ed}$	0.00 N	

Materiali		
<u>Calcestruzzo</u>		
$\gamma_{cls}$	25 kN/m <sup>3</sup>	(peso specifico del calcestruzzo armato)
<input type="text" value="C30/37"/>	1	(classe di resistenza calcestruzzo)
	4	
$f_{ck}$	30 N/mm <sup>2</sup>	
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cm}$	38 N/mm <sup>2</sup>	
$E_{cm}$	32837 N/mm <sup>2</sup>	
<u>Acciaio</u>		
B450C		(tipo di acciaio)
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	
$\gamma_s$	1.15	

4.1.2.1.5_ Resistenza di elementi tozzi, nelle zone diffuse dei nodi		
$b_w$	800 mm	(profondità mensola tozza)
d	760 mm	altezza mensola tozza)
a	210 mm	(aggetto mensola tozza)
$A_s$	$\phi 16 / 12$ $\phi 16 / 12$	(armatura al lembo teso 1° strato)
$f_{yd}$	391.30 N/mm <sup>2</sup>	(resistenza di calcolo acciaio)
$A_{sl}$	1399 mm <sup>2</sup>	(area armatura longitudinale)
l	302	
$\lambda = \text{ctg}\psi$	0.44	
$\psi$	60 °	
$P_{Rs}$	1239.61 kN	
$\alpha_{cc}$	0.85	(coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata)

	17.00 N/mm <sup>2</sup>	(resistenza di calcolo calcestruzzo)
f	Sbalzo di piastra senza staffatura	
	1.00	1
P <sub>Rc</sub>	3459.92 kN	
<b>Verifica soddisfatta.</b>		

---

**Verifica a strappo**

---

n° ferri	12	
A <sub>s</sub>	2412.7 mm <sup>2</sup>	
V <sub>rd</sub>	545.1 kN	
<b>Verifica soddisfatta.</b>		1.82