



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA  
DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA MOBILITÀ NEL  
TERRITORIO DELLE PROVINCE DI TREVISO E VICENZA

# SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

## CONCESSIONARIO



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

Società di progetto ai sensi dell'art. 156 D.LGS 163/06  
subentrato all'ATI



SIS Scpa  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

Consorzio Stabile fra le Imprese:



SACYR S.A.



INC S.p.A.

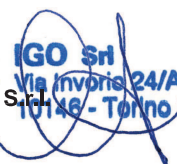


SIPAL S.p.A.



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

## PROGETTISTA



**Ingegneria Grandi Opere S.r.l.**  
Via Inverio, 24/A  
10146 Torino

### RESPONSABILE PROGETTAZIONE



**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO**  
1211 *Dott. Ing. Claudio Dogliani*

### RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE



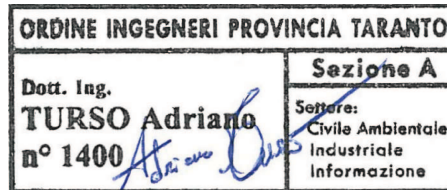
### SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA E DELLE OPERE CIVILI



### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE



### GEOLOGO



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

## PROGETTO DEFINITIVO

(C.U.P. H51B03000050009)

LOTTO 2 - TRATTA "B"  
dal Km. 29+300 al Km 38+700

### TITOLO ELABORATO:

## PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA

OPERE D'ARTE MINORI: OPERE DI ATTRAVERSAMENTO  
PC.2B.01 - Tipo 4 - Roggia Seriola - (km 30+098.67)  
Relazione di calcolo canaletta

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

SCALA: -

| REV. | DESCRIZIONE     | REDATTO | DATA       | VERIFICATO | DATA       | APPROVATO | DATA       |
|------|-----------------|---------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| 0    | PRIMA EMISSIONE | SICS    | 20/02/2012 | IGO        | 24/02/2012 | SIS       | 29/02/2012 |
|      |                 |         |            |            |            |           |            |
|      |                 |         |            |            |            |           |            |

### IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giuseppe FASIOL

### IL COMMISSARIO:

Ing. Silvano VERNIZZI

### VALIDAZIONE:

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

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

**COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA  
DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA  
MOBILITA' NEL TERRITORIO DELLE PROVINCE DI  
TREVISO E VICENZA**

**SUPERSTRADA A PEDAGGIO  
PEDEMONTANA VENETA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**OPERE D'ARTE MINORI  
ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO – PONTI CANALE  
PC.2B.01 - TIPO 4 – ROGGIA SERIOLA  
RELAZIONE DI CALCOLO CANALETTA**

# INDICE

|  |                  |
|--|------------------|
| <b><u>INDICE</u></b> .....                           | <b><u>2</u></b>  |
| <b><u>1. DESCRIZIONE DELLE OPERE</u></b> .....       | <b><u>3</u></b>  |
| 1.1. LE OPERE PROGETTATE .....                       | 3                |
| 1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....                  | 3                |
| 1.3. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI .....   | 3                |
| <b><u>2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI</u></b> ..... | <b><u>9</u></b>  |
| 2.1. GENERALITÀ.....                                 | 9                |
| 2.2. DATI SISMICI.....                               | 9                |
| 2.3. COMBINAZIONI DI CARICO .....                    | 10               |
| 2.4. VERIFICHE .....                                 | 10               |
| <b><u>3. VERIFICHE CANALETTA IN C.A.</u></b> .....   | <b><u>12</u></b> |
| 3.1. SCHEMI DI CALCOLO.....                          | 12               |
| 3.2. AZIONI SUL CANALE .....                         | 13               |
| 3.3. VERIFICHE IN DIREZIONE LONGITUDINALE .....      | 13               |
| 3.4. VERIFICHE IN DIREZIONE TRASVERSALE .....        | 18               |

# 1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il calcolo della canaletta in c.a., 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 espone 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

L'opera si presenta con una sezione ad "U", costituita cioè da una soletta inferiore di spessore 0.20 m , da due montanti di spessore 0.20 m e sezione utile di dimensioni 2.5x1.5 m.

## 1.2. 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;
- Norma tecnica UNI ENV 1992-1-1:1993, Eurocodice 2 progettazione delle strutture di calcestruzzo;

## 1.3. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI

La forte importanza che riveste la durabilità dell'opera in funzione dell'ambiente nel quale è inserita, ha comportato una notevole attenzione alle tipologie dei materiali da utilizzarsi per le strutture da realizzare. Si consideri, infatti, che il manufatto deve garantire adeguati livelli di sicurezza anche dopo l'inevitabile degrado dei materiali dovuto al tempo ed all'azione degli agenti atmosferici.

Tutti questi elementi ambientali costituiscono dei fattori importantissimi dai quali non è possibile esulare quando si stabilisce la tipologia dei materiali che saranno impiegati per la realizzazione dell'opera, pensando questo nell'ottica di garantire alla stessa una vita media compatibile con l'investimento che si sta realizzando.

### 1.3.1. Classi di esposizione ambientale

Ai fini di una corretta prescrizione del calcestruzzo, occorre classificare l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale sarà inserito. Per "ambiente", in questo contesto, si intende l'insieme delle azioni chimico-fisiche alle quali si presume che potrà essere esposto il calcestruzzo durante il periodo di vita delle opere e che causa effetti che non possono essere classificati come dovuti a carichi o ad azioni indirette quali deformazioni impresse, cedimenti e variazioni termiche.

In funzione di tali azioni, sono individuate le classi e sottoclassi di esposizione ambientale del calcestruzzo elencate nella tabella che segue.

Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006

| Classe esposizione norma UNI 9858   | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1 | Descrizione dell'ambiente  | Esempio  | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|---|--|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>   |  |  |  |                      |                             |                              |
| 1   | X0   | Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto. | Interno di edifici con umidità relativa molto bassa.<br>Calcestruzzo non armato all'interno di edifici.<br>Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva.<br>Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.  | -                    | C 12/15                     |                              |
| <b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>   |  |  |  |                      |                             |                              |
| Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente. |  |  |  |                      |                             |                              |
| 2 a   | XC1  | Asciutto o permanentemente bagnato.  | Interni di edifici con umidità relativa bassa.<br>Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.   | 0,60                 | C 25/30                     |                              |
| 2 a   | XC2  | Bagnato, raramente asciutto.   | Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni.<br>Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.   | 0,60                 | C 25/30                     |                              |
| 5 a   | XC3  | Umidità moderata.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.  | 0,55                 | C 28/35                     |                              |
| 4 a<br>5 b  | XC4  | Ciclicamente asciutto e bagnato.   | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido.<br>Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.  | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| <b>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>  |  |  |  |                      |                             |                              |
| 5 a   | XD1  | Umidità moderata.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.  | 0,55                 | C 28/35                     |                              |
| 4 a<br>5 b  | XD2  | Bagnato, raramente asciutto.   | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piscine).   | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| 5 c   | XD3  | Ciclicamente bagnato e asciutto.   | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti.<br>Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria.<br>Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto. | 0,45                 | C 35/45                     |                              |



| Classe esposizione norma UNI 9858  | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206 -1 | Descrizione dell'ambiente  | Esempio   | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|--|--|--|---|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>   |  |  |   |                      |                             |                              |
| 4 a<br>5 b   | <b>XS1</b>                                       | Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.       | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.  | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
|  | <b>XS2</b>                                       | Permanentemente sommerso.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersi in acqua.  | 0,45                 | C 35/45                     |                              |
|  | <b>XS3</b>                                       | Zone esposte agli spruzzi o alle maree.  | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.   | 0,45                 | C 35/45                     |                              |
| <b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *</b>  |  |  |   |                      |                             |                              |
| 2 b  | <b>XF1</b>                                       | Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.                           | Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo.<br>Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.                            | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| 3  | <b>XF2</b>                                       | Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.                          | Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.  | 0,50                 | C 25/30                     | 3,0                          |
| 2 b  | <b>XF3</b>                                       | Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante                             | Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.  | 0,50                 | C 25/30                     | 3,0                          |
| 3  | <b>XF4</b>                                       | Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.       | Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.     | 0,45                 | C 28/35                     | 3,0                          |
| <b>6 Attacco chimico**</b>   |  |  |   |                      |                             |                              |
| 5 a  | <b>XA1</b>                                       | Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1    | Contenitori di fanghi e vasche di decantazione.<br>Contenitori e vasche per acque reflue.   | 0,55                 | C 28/35                     |                              |
| 4 a<br>5 b   | <b>XA2</b>                                       | Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 | Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.   | 0,50                 | C 32/40                     |                              |
| 5 c  | <b>XA3</b>                                       | Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1    | Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive.<br>Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale.<br>Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali. | 0,45                 | C 35/45                     |                              |
| <p>*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:<br/> - moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;<br/> - elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.</p> <p>***) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.</p> |  |  |   |                      |                             |                              |

Tabella 1.1: Classi di esposizione e requisiti minimi del calcestruzzo in funzione della classe d'esposizione

Le resistenze caratteristiche  $R_{ck}$  della tabella precedente sono da considerarsi quelle minime in relazione agli usi indicati in funzione della classe di esposizione. Le miscele non presenteranno un contenuto di cemento minore di  $280 \text{ kg/m}^3$ . La definizione di una soglia minima per il dosaggio di cemento, risponde all'esigenza di garantire in ogni caso una sufficiente quantità di pasta di cemento, condizione essenziale per ottenere un calcestruzzo indurito a struttura chiusa e poco permeabile. Nelle normali condizioni operative, il rispetto dei valori di  $R_{ck}$  e a/c della tabella precedente può comportare dosaggi di cemento anche sensibilmente più elevati del valore minimo indicato.

Facendo riferimento alla tabella precedente, la classe di esposizione attribuita ai vari elementi strutturali costituenti le opere è così riassunta:

- Canaletta in c.a. XC2;

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

| <b>CALCESTRUZZO</b>        |                    |             |
|----------------------------|--------------------|-------------|
| Rck                        |                    | 35 MPa      |
| $\alpha_{cc}$              |                    | 0.85        |
| $\gamma_c$                 |                    | 1.5         |
| fck                        | = 0.83×35 =        | 29.05 MPa   |
| fcd                        | = 0.85×29.05/1.5 = | 16.46 MPa   |
| <b>ACCIAIO DA ARMATURA</b> |                    |             |
| tipo                       |                    | B450 C      |
| fyk                        |                    | 450 MPa     |
| $\gamma_s$                 |                    | 1.15        |
| Es                         |                    | 210'000 MPa |
| fyd                        | = 450/1.15 =       | 391 MPa     |

### 1.3.2. Copriferro minimo e copriferro nominale

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

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ .

I valori di copriferro minimo in funzione delle classi di esposizione del calcestruzzo sono indicati nella tabella seguente. La tolleranza di posizionamento delle armature  $h$ , nel caso di strutture gettate in opera, dovrà essere assunta pari ad almeno 5 mm. Considerando la classe di esposizione ambientale delle diverse sottostrutture, si dovranno adoperare dei copriferri adeguati come prescritti nella tavola delle prescrizioni dei materiali allegata al progetto. Nel caso specifico sarà considerato un valore pari a 4 cm.

| Ambiente                         | Classe di esposizione | $C_{min}$ (mm) |
|----------------------------------|-----------------------|----------------|
| Molto secco                      | X0                    | 15             |
| Umido senza gelo                 | XC1 XC2               | 20             |
| Debolmente aggressivo            | XC3 XA1 XD1           |                |
| Umido con gelo                   | XF1                   |                |
| Marino senza gelo                | XS1 XD2               | 30             |
| Moderatamente aggressivo         | XA2 XC4               |                |
| Umido con gelo e sali disgelanti | XF3                   |                |
| Marino con gelo                  | XF2                   |                |
| Fortemente aggressivo            | XS2 XS3XA3 XD3 XF4    | 40             |

Tabella 1.2 – Copriferro minimo e classi di esposizione

### 1.3.3. Caratteristiche dei costituenti il calcestruzzo

#### *Cemento*

Si utilizzeranno unicamente i cementi previsti nella Legge 26 Maggio 1965 n° 595 che soddisfino i requisiti di accettazione elencati nella norma UNI ENV 197/1, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

#### *Acqua d'impasto*

L'acqua d'impasto, di provenienza nota, dovrà avere caratteristiche costanti nel tempo, conformi a quelle della norma UNI EN 1008.

#### *Aggregati*

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste nella parte 1<sup>a</sup> della norma UNI 8520. Le caratteristiche dovranno essere verificate in fase di qualifica delle miscele. In caso di fornitura di aggregati da parte di azienda dotata di Sistema Qualità certificato secondo norme UNI EN ISO 9000, saranno ritenuti validi i risultati delle prove effettuate dall'Azienda.

### 1.3.4. Caratteristiche delle miscele

#### *Granulometria degli aggregati*

Per la realizzazione di calcestruzzi con classi di resistenza maggiori di C 12/15 gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse. Nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione sarà dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione del Direttore dei Lavori.

Le classi granulometriche saranno mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento, teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

#### *Dimensione massima nominale dell'aggregato*

La massima dimensione nominale dell'aggregato è scelta in funzione dei valori di copriferro ed interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera utilizzati per la compattazione dei getti; come previsto nel punto 5.4. della norma UNI 9858, la dimensione massima nominale dell'aggregato non dovrà essere maggiore:

- di un quarto della dimensione minima dell'elemento strutturale;
- della distanza tra le singole barre di armatura o tra gruppi di barre d'armatura (interferro) diminuita di 5 mm;
- di 1,3 volte lo spessore del copriferro che vale 30 mm.

Dalla analisi dei dati citati si evince che la massima dimensione dell'inerte non potrà superare i 40 mm di diametro.



***Rapporto acqua/cemento***

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla norma UNI 8520 parti 13<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> per la condizione "satura a superficie asciutta", nella quale l'aggregato non assorbe né cede acqua all'impasto. Facendo riferimento inoltre alla classe di esposizione ambientale, il rapporto acqua cemento non potrà superare il valore  $a/c = 0,60$ .

## 2. SCHEMATIZZAZIONE DELLE AZIONI

### 2.1. GENERALITÀ

Il calcolo delle azioni agenti sulla canaletta, è stato svolto secondo le prescrizioni impartite dalla normativa vigente in materia e già citata nella parte introduttiva della relazione. Sono stati considerati quindi i carichi permanenti determinati dal peso proprio delle strutture e dal peso dell'acqua contenuta all'interno della canaletta, nonché la spinta esercitata dall'acqua sui piedritti. Ai fini delle verifiche strutturali sono state considerate anche le forze sismiche impresse dal terremoto di progetto.

### 2.2. DATI SISMICI

Di seguito si riportano i dati sismici adoperati per l'analisi strutturale dell'opera in oggetto e riferiti, a vantaggio di sicurezza, alla zona con accelerazione maggiore tra quelle ricadenti nella tratta in oggetto.

| Parametri indipendenti |         | Parametri dipendenti |         |
|------------------------|---------|----------------------|---------|
| STATO LIMITE           | SLV     | S                    | 1.142   |
| $a_n$                  | 0.270 g | $\eta$               | 0.707   |
| $F_n$                  | 2.386   | $T_B$                | 0.142 s |
| $T_C^*$                | 0.305 s | $T_C$                | 0.425 s |
| $S_S$                  | 1.142   | $T_D$                | 2.682 s |
| $C_D$                  | 1.395   |                      |         |
| $S_T$                  | 1.000   |                      |         |
| q                      | 1.414   |                      |         |

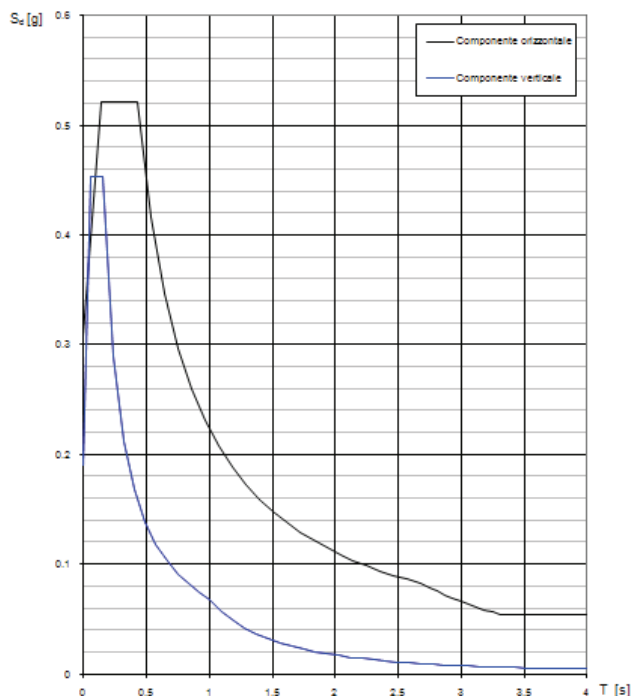


Figura 3.1: Spettri di risposta

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

## 2.3. COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano i coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU ed i coefficienti  $\psi$  adoperati per le definizioni delle combinazioni di carico.

### COEFFICIENTI PARZIALI

| COEFFICIENTI PARZIALI PER GLI STATI LIMITE ULTIMI |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|
| CARICHI   | EQU  | A1   | A2   | SISM |
| Permanenti ( $\gamma_{ei}$ )                      | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
|   | 1.10 | 1.35 | 1.00 | 1.00 |
| Permanenti non strutturali ( $\gamma_{e2}$ )      | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
|   | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.00 |
| Variabili ( $\gamma_{oi}$ )                       | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|   | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 0.00 |
| Variabili da traffico                             | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|   | 1.50 | 1.35 | 1.15 | 0.00 |

## 2.4. VERIFICHE

### 2.4.1. Verifica di resistenza

La verifica consiste nel controllare che il valore della resistenza di calcolo risulti superiore alla sollecitazione agente.

### 2.4.2. Verifica a fessurazione

La verifica consiste nel controllare che il valore di calcolo dell'apertura delle fessure rispetti le limitazioni imposte dalla normativa. La normativa definisce lo stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Tabella 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       | $w_d$      | Stato limite   | $w_d$      |
| a                  | Ordinarie             | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_2$ | ap. fessure    | $\leq w_3$ |
|                    |                       | quasi permanente       | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
| b                  | Aggressive            | frequente              | ap. fessure        | $\leq w_1$ | ap. fessure    | $\leq w_2$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
| c                  | Molto aggressive      | frequente              | formazione fessure | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |
|                    |                       | quasi permanente       | decompressione     | -          | ap. fessure    | $\leq w_1$ |

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo  $w_d$ , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

### 2.4.3. Verifica delle tensioni di esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente}$$

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk}$$

### 3. VERIFICHE CANALETTA IN C.A.

#### 3.1. SCHEMI DI CALCOLO

Lo schema utilizzato per modellare la canaletta in direzione longitudinale è quello di una trave su due appoggi con sbalzi laterali, avente le dimensioni di seguito riportate e corrispondenti a quelle del modulo base costituente l'intera canaletta disposta sul ponte.

|       |         |                                  |
|-------|---------|----------------------------------|
| $L_1$ | 2.00 m  | (lunghezza primo e terzo tratto) |
| $L_2$ | 8.00 m  | (lunghezza secondo tratto)       |
| $L$   | 12.00 m | (lunghezza totale)               |

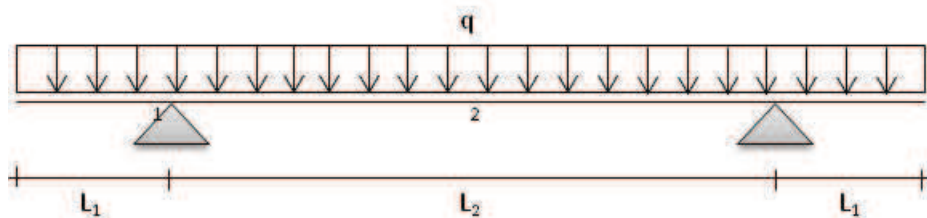


Figura 3.1: Schema di calcolo longitudinale della canaletta

Gli schemi utilizzati per modellare gli elementi della canaletta, pareti e fondello, in direzione trasversale, sono i seguenti:

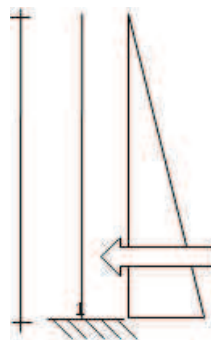


Figura 3.2: Schema di calcolo utilizzato per le pareti

- FONDELLO : schema di trave su due appoggi

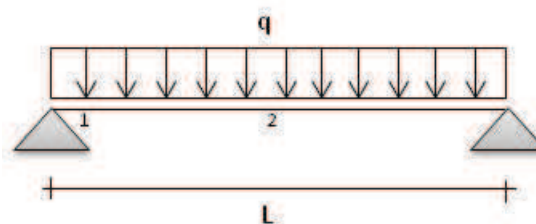


Figura 3.3: Schema di calcolo utilizzato per fondello



## 3.2. AZIONI SUL CANALE

### Direzione trasversale

#### Solettone di fondo

|                               | SLU-STA | SLU-SIS | SLE |
|-------------------------------|---------|---------|-----|
| Momento massimo appoggi (kNm) | -8      | -42     | -6  |
| Taglio massimo appoggi (kN)   | 34      | 36      | 25  |
| Momento massimo campata (kNm) | 21      | 23      | 16  |

#### Pareti

|                                 | SLU-STA | SLU-SIS | SLE |
|---------------------------------|---------|---------|-----|
| Taglio massimo alla base (kN)   | 15      | 34      | 11  |
| Momento massimo alla base (kNm) | 8       | 42      | 6   |

### Direzione longitudinale

#### Sezione ad U

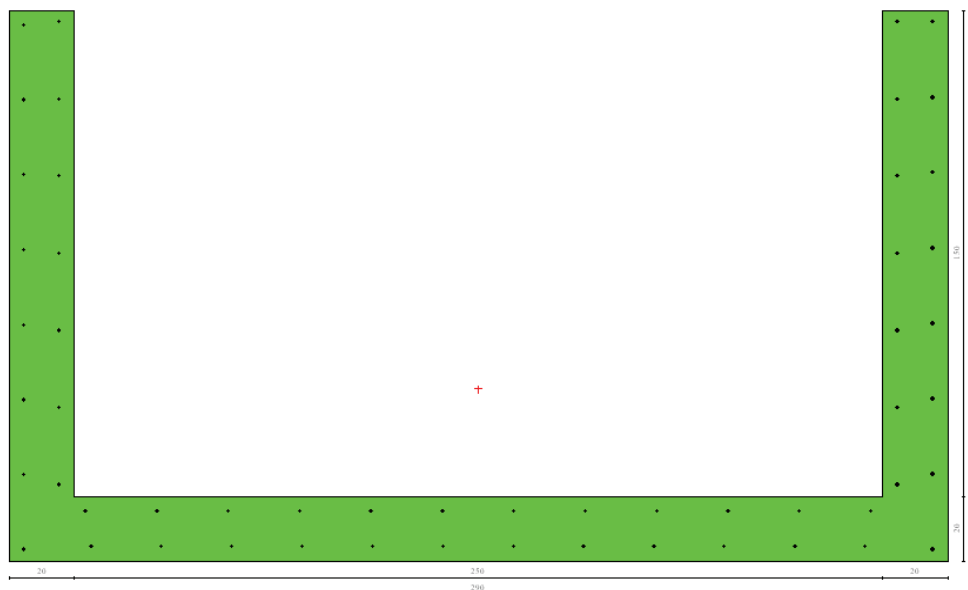
|                               | SLU-STA | SLU-SIS | SLE  |
|-------------------------------|---------|---------|------|
| Momento massimo appoggi (kNm) | -176    | -189    | -130 |
| Taglio massimo appoggi (kN)   | 351     | 377     | 260  |
| Momento massimo campata (kNm) | 527     | 566     | 390  |

**Tabella 3.1: Sintesi delle azioni sulla canale**

## 3.3. VERIFICHE IN DIREZIONE LONGITUDINALE

### 3.3.1. Verifiche a flessione

Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche di resistenza per il calcolo dell'armatura longitudinale della sezione ad "U" della canaletta in c.a. Si è considerata in tutti gli elementi della canaletta in c.a. un'armatura di pelle Ø12/20.



- MOMENTO MASSIMO APPOGGI

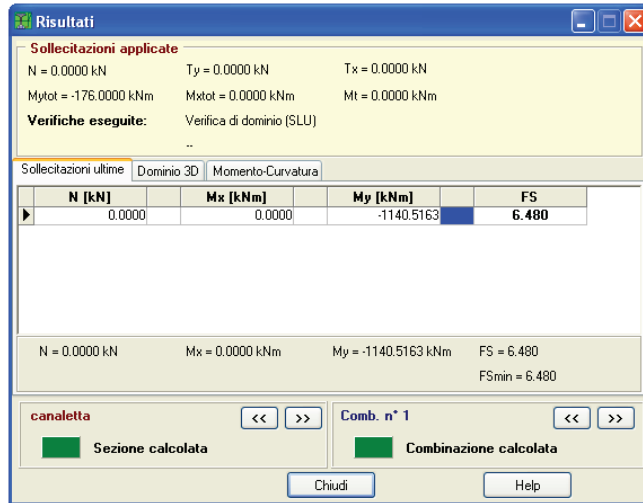


Figura 3.4: Verifica di resistenza COMB FONDI - SLU

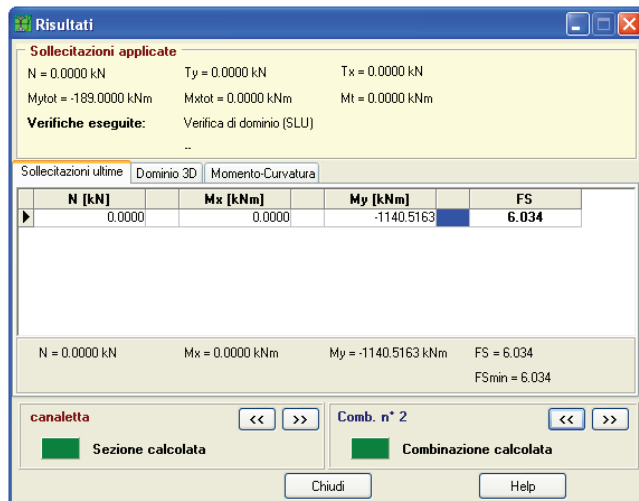


Figura 3.5: Verifica di resistenza COMB SISMICA - SLU

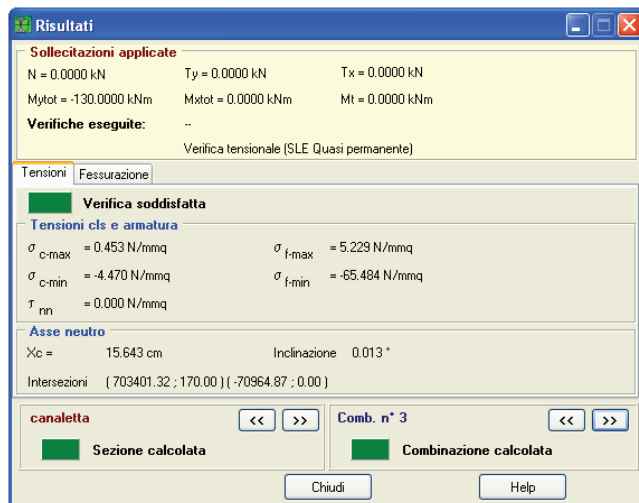


Figura 3.6: Verifica tensionale QUASI PERM - SLE

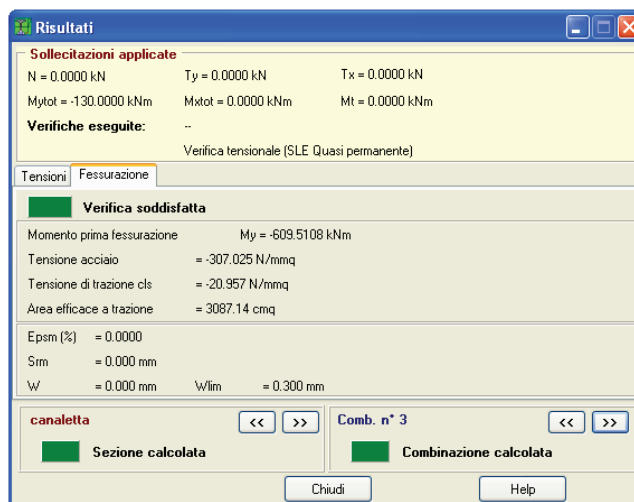


Figura 3.7: Verifica fessurazione QUASI PERM - SLE

- MOMENTO MASSIMO CAMPATA

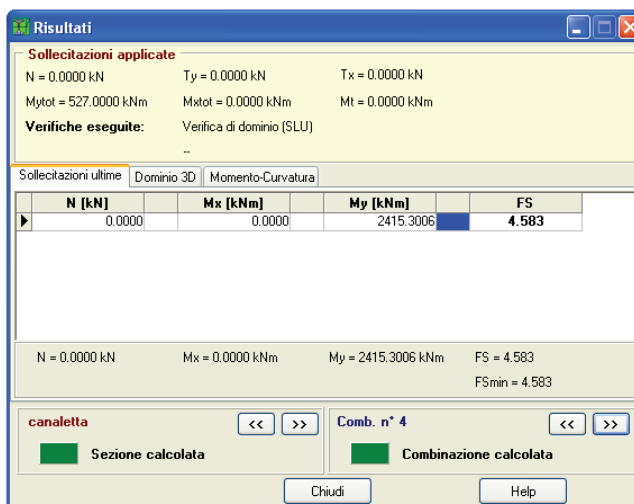


Figura 3.8: Verifica di resistenza COMB FOND - SLU



Figura 3.9: Verifica di resistenza COMB SISMICA - SLU

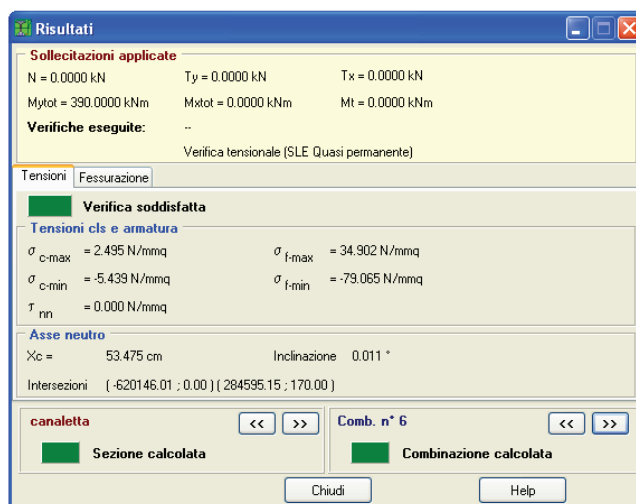


Figura 3.10: Verifica tensionale QUASI PERM - SLE

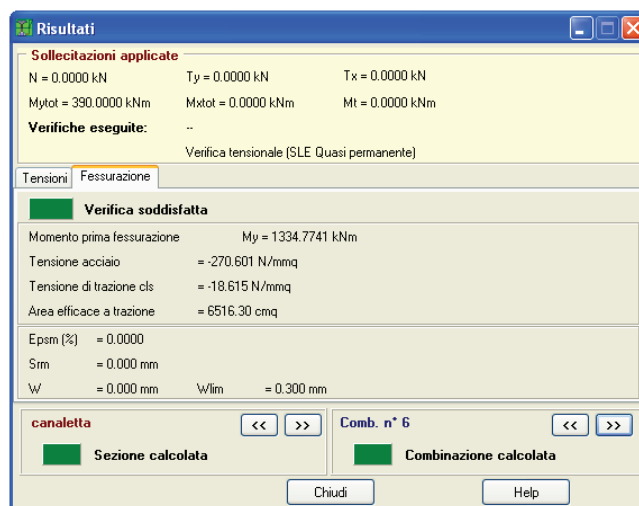


Figura 3.11: Verifica fessurazione QUASI PERM - SLE

### 3.3.2. Verifica a taglio

Il taglio massimo agente viene assorbito dalle due costole laterali, pertanto, per la verifica a taglio, si considera il valore  $V/2$ . Per assorbire tale azione tagliante si dispone, per parete, una barra f16/100 in direzione longitudinale.

#### Geometria sezione

|          |           |  |
|----------|-----------|--|
| $b_w$    | 0.20 m    | (larghezza minima della sezione)                         |
| H        | 1.70 m    | (altezza della sezione)                                  |
| c        | 0.04 m    | (copriferro)   |
| $V_{Ed}$ | 188.50 kN | (azione di taglio sollecitante di calcolo)               |
| $N_{Ed}$ | 0.00 kN   | (azione normale di compressione sollecitante di calcolo) |

## PC.2B.01 – Tipo 4 – Roggia Seriola – Relazione di calcolo canaletta

**4.1.2.1.3.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

|               |                        |   |
|---------------|------------------------|---|
| $b_w$         | 200 mm                 | (larghezza minima della sezione)  |
| $d$           | 1660 mm                | (altezza utile della sezione)   |
| $A_s$         | $\phi 12 / 20$         | (armatura al lembo teso 1° strato)                                      |
|               | $\phi / 20$            | (armatura al lembo teso 2° strato)                                      |
| $A'_s$        | $\phi 12 / 20$         | (armatura al lembo compresso 1° strato)                                 |
|               | $\phi / 20$            | (armatura al lembo compresso 2° strato)                                 |
| $A_{sl}$      | 226 mm <sup>2</sup>    | (area armatura longitudinale)   |
| $k$           | 1.06                   | (parametro che tiene in conto l'effetto dell'ingranamento degli inerti) |
| $v_{min}$     | 0.20                   |   |
| $\rho_l$      | 0.0007                 | (rapporto geometrico di armatura longitudinale)                         |
| $A_c$         | 332000 mm <sup>2</sup> | (area sezione in calcestruzzo)  |
| $\sigma_{cp}$ | 0 N/mm <sup>2</sup>    | (tensione media di compressione nella sezione)                          |
| $V_{Rd}$      | 66.96 kN $\geq$        |   |

**Verifica a taglio non soddisfatta. Necessario inserire armatura a taglio o modificare la geometria della sezione.**

**4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

|                    |                          |  |
|--------------------|--------------------------|--|
| $b_w$              | 200 mm                   | (larghezza minima della sezione)                               |
| $d$                | 1660 mm                  | (altezza utile della sezione)                                  |
| $\alpha$           | 90 °                     | (inclinazione staffe rispetto all'asse trave)                  |
| $\text{sen}\alpha$ | 1                        |  |
| $\text{ctg}\alpha$ | 6.13E-17                 |  |
| $\theta$           | 21.80 °                  | (inclinazione puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse trave) |
| $\text{ctg}\theta$ | 2.5                      |  |
| $A_{sw1}$          | $\phi 16 / 100$          | (armatura staffe 1° tipo)                                      |
| $n_{b1}$           | 1                        | 201.06 (numero di braccia)                                     |
| $A_{sw2}$          | $\phi / 20$              | (armatura staffe 2° tipo)                                      |
| $n_{b2}$           | 1                        | 0.00 (numero di braccia)                                       |
| $A_{sw3}$          | $\phi / 20$              | (armatura staffe 3° tipo)                                      |
| $n_{b3}$           | 1                        | 0.00 (numero di braccia)                                       |
| $A_{sw4}$          | $\phi / 20$              | (armatura staffe 4° tipo)                                      |
| $n_{b4}$           | 1                        | 0.00 (numero di braccia)                                       |
| $A_{sw}$           | 201 mm <sup>2</sup>      | (area armatura trasversale)                                    |
| $A_{sw}/s$         | 0.20 mm                  |  |
| $f_{yd}$           | 391.30 N/mm <sup>2</sup> | (resistenza di calcolo acciaio)                                |
| $V_{Rsd}$          | 293.86 kN                | (resistenza di calcolo a taglio trazione staffe)               |
| $\sigma_{cp}$      | 0 N/mm <sup>2</sup>      | (tensione media di compressione nella sezione)                 |
| $\alpha_{cc}$      | 0.85                     | (coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata)     |
| $f_{cd}$           | 15.87 N/mm <sup>2</sup>  | (resistenza di calcolo calcestruzzo)                           |
| $\alpha_c$         | 1                        | (coefficiente maggiorativo)                                    |
| $f'_{cd}$          | 7.93 N/mm <sup>2</sup>   | (resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo)           |
| $V_{Rcd}$          | 817.41 kN                | (resistenza di calcolo a taglio compressione calcestruzzo)     |
| $V_{Rd}$           | 293.86 kN                | (resistenza a taglio)  |

$V_{Rcd} > V_{Rsd} \Rightarrow$  La resistenza a taglio della sezione corrisponde alla resistenza di calcolo a taglio trazione.

|                    |           |  |
|--------------------|-----------|--|
| $\theta$           | 21.80 °   | (inclinazione puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse trave) |
| $\text{ctg}\theta$ | 2.5       |  |
| $V_{Rsd}$          | 293.86 kN | (resistenza di calcolo a taglio trazione staffe)               |
| $V_{Rcd}$          | 817.41 kN | (resistenza di calcolo a taglio compressione calcestruzzo)     |
| $V_{Rd}$           | 293.86 kN | (resistenza a taglio)  |

**Verifica a taglio soddisfatta.**



### 3.4. VERIFICHE IN DIREZIONE TRASVERSALE

#### 3.4.1. Verifiche pareti : Flessione

Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche di resistenza per il calcolo dell'armatura delle pareti. Si dispongono 6f16 a metro per il lembo interno a contatto con l'acqua e 5 f12 a metro per il lembo esterno.

- MOMENTO MASSIMO ALLA BASE

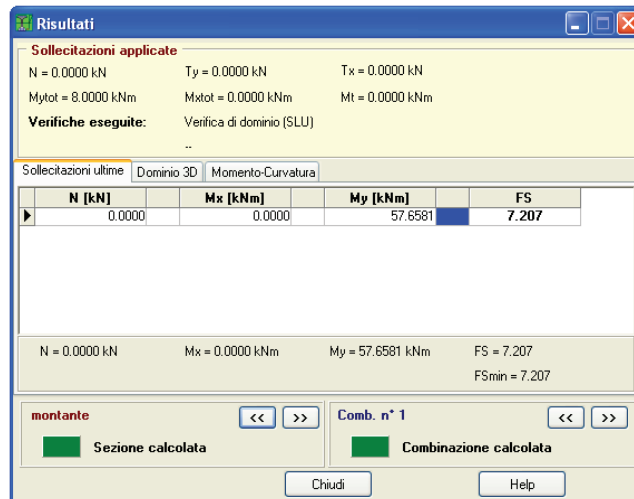


Figura 3.12: Verifica di resistenza COMB FOND - SLU



Figura 3.13: Verifica di resistenza COMB SISMICA - SLU



Figura 3.14: Verifica tensionale QUASI PERM - SLE

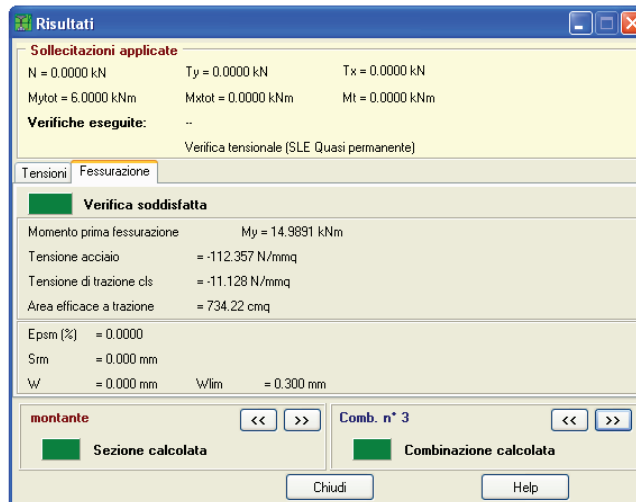


Figura 3.15: Verifica fessurazione QUASI PERM - SLE

### 3.4.1. Verifiche pareti : Taglio

Per la verifica a taglio delle pareti, secondo quanto di seguito riportato, non sono richieste apposite armature.

#### Geometria sezione

|          |          |  |
|----------|----------|--|
| $b_w$    | 1.00 m   | (larghezza minima della sezione)                         |
| H        | 0.20 m   | (altezza della sezione)                                  |
| c        | 0.04 m   | (copriferro)   |
| $V_{Ed}$ | 34.00 kN | (azione di taglio sollecitante di calcolo)               |
| $N_{Ed}$ | 0.00 kN  | (azione normale di compressione sollecitante di calcolo) |

**4.1.2.1.3.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

|               |                        |   |
|---------------|------------------------|---|
| $b_w$         | 1000 mm                | (larghezza minima della sezione)  |
| $d$           | 160 mm                 | (altezza utile della sezione)   |
| $A_s$         | $\varnothing 16 / 20$  | (armatura al lembo teso 1° strato)                                      |
|               | $\varnothing / 20$     | (armatura al lembo teso 2° strato)                                      |
| $A'_s$        | $\varnothing 12 / 20$  | (armatura al lembo compresso 1° strato)                                 |
|               | $\varnothing / 20$     | (armatura al lembo compresso 2° strato)                                 |
| $A_{sl}$      | 1571 mm <sup>2</sup>   | (area armatura longitudinale)   |
| $k$           | 1.50                   | (parametro che tiene in conto l'effetto dell'ingranamento degli inerti) |
| $v_{min}$     | 0.34                   |   |
| $\rho_l$      | 0.0098                 | (rapporto geometrico di armatura longitudinale)                         |
| $A_c$         | 160000 mm <sup>2</sup> | (area sezione in calcestruzzo)  |
| $\sigma_{cp}$ | 0 N/mm <sup>2</sup>    | (tensione media di compressione nella sezione)                          |
| $V_{Rd}$      | 86.92 kN $\geq$        |   |

**Verifica a taglio soddisfatta.**

### 3.4.1. Verifiche fondello : Flessione

Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche di resistenza per il calcolo dell'armatura del fondello. Si dispongono f20/20 ad entrambi i lembi della sezione.

#### - MOMENTO MASSIMO APPOGGI

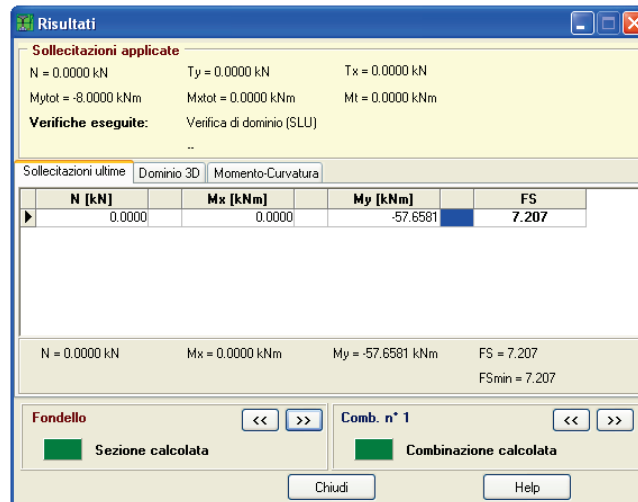


Figura 3.16: Verifica di resistenza COMB FOND - SLU

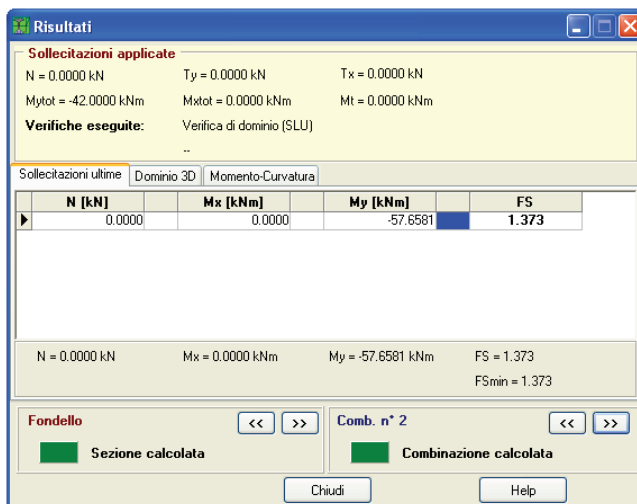


Figura 3.17: Verifica di resistenza COMB SISMICA - SLU

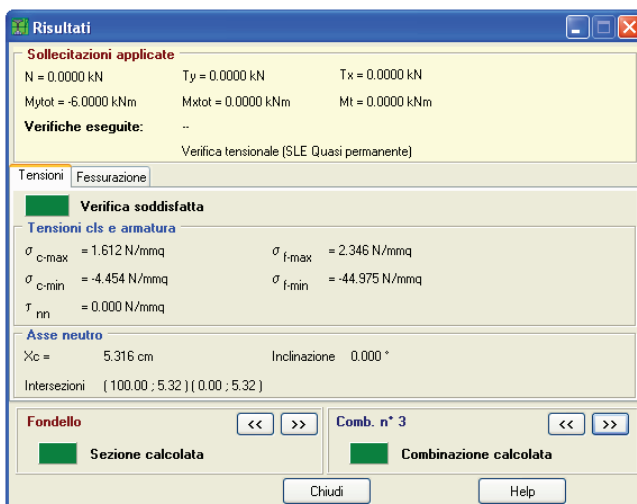


Figura 3.18: Verifica tensionale QUASI PERM - SLE

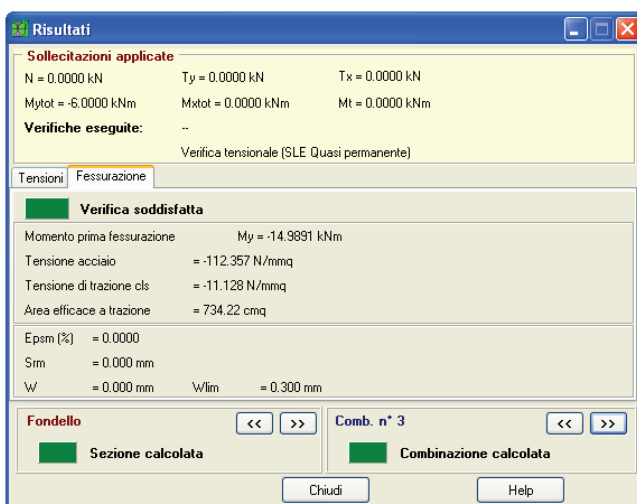


Figura 3.19: Verifica fessurazione QUASI PERM - SLE

- MOMENTO MASSIMO CAMPATA

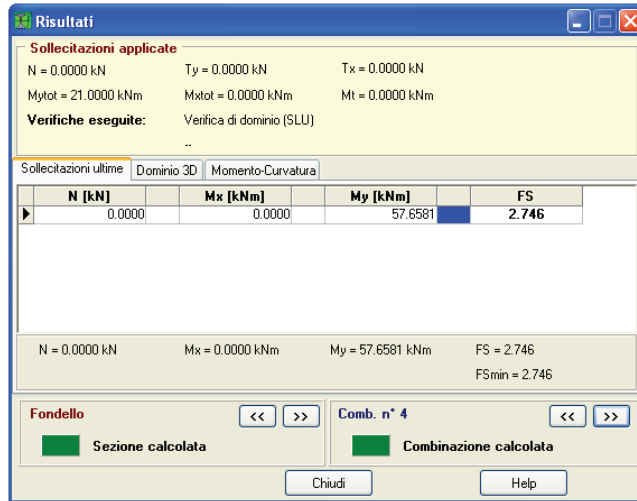


Figura 3.20: Verifica di resistenza COMB FOND - SLU

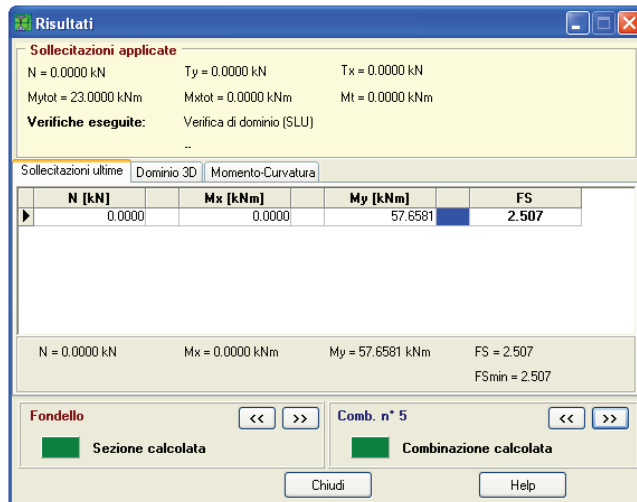


Figura 3.21: Verifica di resistenza COMB SISMICA - SLU



Figura 3.22: Verifica tensionale QUASI PERM - SLE



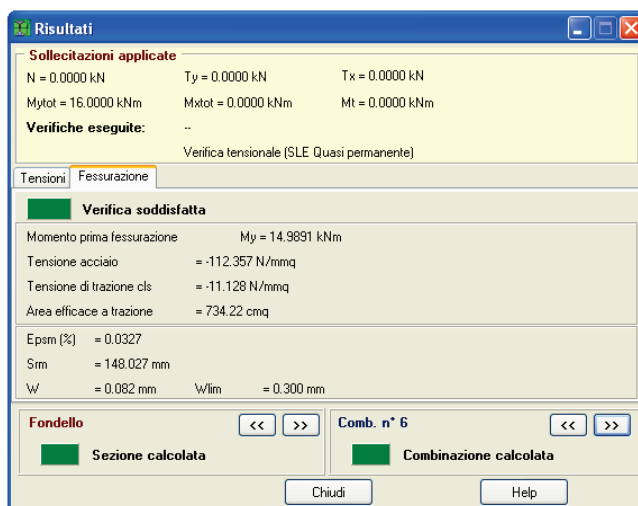


Figura 3.23: Verifica fessurazione QUASI PERM - SLE

### 3.4.1. Verifiche fondello : Taglio

Per la verifica a taglio del fondello, secondo quanto di seguito riportato, non sono richieste apposite armature.

#### Geometria sezione

|          |          |  |
|----------|----------|--|
| $b_w$    | 1.00 m   | (larghezza minima della sezione)                         |
| H        | 0.20 m   | (altezza della sezione)                                  |
| c        | 0.04 m   | (copriferro)   |
| $V_{Ed}$ | 36.00 kN | (azione di taglio sollecitante di calcolo)               |
| $N_{Ed}$ | 0.00 kN  | (azione normale di compressione sollecitante di calcolo) |

#### 4.1.2.1.3.1 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

|               |                        |   |
|---------------|------------------------|---|
| $b_w$         | 1000 mm                | (larghezza minima della sezione)  |
| d             | 160 mm                 | (altezza utile della sezione)   |
| $A_s$         | ∅16 /20                | (armatura al lembo teso 1° strato)                                      |
|               | ∅ /20                  | (armatura al lembo teso 2° strato)                                      |
| $A'_s$        | ∅16 /20                | (armatura al lembo compresso 1° strato)                                 |
|               | ∅ /20                  | (armatura al lembo compresso 2° strato)                                 |
| $A_{sl}$      | 2011 mm <sup>2</sup>   | (area armatura longitudinale)   |
| k             | 1.50                   | (parametro che tiene in conto l'effetto dell'ingranamento degli inerti) |
| $v_{min}$     | 0.34                   |   |
| $\rho_l$      | 0.0126                 | (rapporto geometrico di armatura longitudinale)                         |
| $A_c$         | 160000 mm <sup>2</sup> | (area sezione in calcestruzzo)  |
| $\sigma_{cp}$ | 0 N/mm <sup>2</sup>    | (tensione media di compressione nella sezione)                          |
| $V_{Rd}$      | 94.37 kN ≥             |   |

**Verifica a taglio soddisfatta.**

Figura 3.24: Verifica a taglio